

(案)

提 言

未来の学術振興構想（2026 年版）



令和8年（2026年）〇〇月〇〇日

日 本 学 術 会 議

この提言は、日本学術会議科学者委員会学術研究振興分科会及び同分科会未来の学術振興構想評価小委員会が中心となり審議を行ったものであり、日本学術会議として公表するものである。

日本学術会議 科学者委員会学術研究振興分科会

委員長	森田 一樹	(第三部会員)	日本製鉄株式会社顧問／東京大学名誉教授／大阪大学大学院工学研究科特任教授
副委員長	山本 晴子	(第二部会員)	国立研究開発法人国立循環器病研究センター理事
幹事	早川 誠	(第一部会員)	専修大学法学部教授
幹事	山崎 典子	(連携会員)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所教授
	野口 晴子	(第一部会員)	早稲田大学政治経済学術院教授
	岩崎 博史	(第二部会員)	東京科学大学総合研究院細胞制御工学研究センター教授
	玉腰 暁子	(第二部会員)	北海道大学大学院医学研究院教授
	藤原 康弘	(第二部会員)	独立行政法人医薬品医療機器総合機構理事長
	奥村 幸子	(第三部会員)	日本女子大学理学部数物情報科学科教授
	中野 貴由	(第三部会員)	大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻教授
	光石 衛	(第三部会員)	東京大学名誉教授／帝京大学先端総合研究機構特任教授
	丹下 健	(連携会員)	国立研究開発法人森林研究・整備機構理事長
	前川 知樹	(連携会員)	日本歯科大学新潟生命歯学部先端研究センター客員教授
	宮川 剛	(連携会員)	藤田医科大学研究推進本部総合医科学研究部門医科学研究センターシステム医科学研究部門教授

日本学術会議

科学者委員会学術研究振興分科会未来の学術振興構想評価小委員会

委員長	森田 一樹	(第三部会員)	日本製鉄株式会社顧問／東京大学名誉教授／大阪大学大学院工学研究科特任教授
	依田 高典	(第一部会員)	京都大学大学院経済学研究科研究科長
	植木 朝子	(第一部会員)	同志社大学文学部国文学科教授
	勝野 正章	(第一部会員)	東京大学大学院教育学研究科教授
	小長谷有紀	(第一部会員)	武雄アジア大学学長
	鈴木 基史	(第一部会員)	京都大学名誉教授
	戸谷 圭子	(第一部会員)	明治大学専門職大学院グローバルビジネス研究科

			教授
野口	晴子	(第一部会員)	早稲田大学政治経済学術院教授
芳賀	満	(第一部会員)	東北大学高度教養教育・学生支援機構教授
早川	誠	(第一部会員)	専修大学法学部教授
広井	良典	(第一部会員)	京都大学名誉教授
三成	賢次	(第一部会員)	一般財団法人阪大微生物病研究会監事
吉岡	洋	(第一部会員)	京都芸術大学文明哲学研究所教授
磯部	祥子	(第二部会員)	東京大学大学院農学生命科学研究科生産・環境生物学専攻園芸学研究室教授
岩崎	博史	(第二部会員)	東京科学大学総合研究院細胞制御工学研究センター教授
岡田	眞里子	(第二部会員)	大阪大学蛋白質研究所教授／インペリアル・カレッジ・ロンドン名誉客員教授
北川	雄光	(第二部会員)	学校法人慶應義塾副学長・常任理事
竹山	春子	(第二部会員)	早稲田大学理工学術院教授
玉腰	暁子	(第二部会員)	北海道大学大学院医学研究院教授
藤原	康弘	(第二部会員)	独立行政法人医薬品医療機器総合機構理事長
村上	伸也	(第二部会員)	大阪大学名誉教授
村山	美穂	(第二部会員)	京都大学野生動物研究センター教授
山口	香	(第二部会員)	筑波大学体育系教授
山田	泰広	(第二部会員)	東京大学大学院医学系研究科分子病理学分野教授
山本	晴子	(第二部会員)	国立研究開発法人国立循環器病研究センター理事
奥村	幸子	(第三部会員)	日本女子大学理学部数物情報科学科教授
岸本	康夫	(第三部会員)	東京大学先端科学技術研究センター戦略推進室特任研究員／大阪大学特任教授／JFEスチール株式会社スチール研究所主席研究員
倉本	圭	(第三部会員)	北海道大学大学院理学研究院教授
腰原	伸也	(第三部会員)	東京科学大学教育本部特命教授／筑波大学数理物質系客員教授
小藺	英雄	(第三部会員)	早稲田大学理工学術院教授／東北大学数理科学共創社会センター教授
齋藤	政彦	(第三部会員)	神戸学院大学経営学部教授／神戸大学名誉教授
三瓶	政一	(第三部会員)	大阪大学名誉教授
下條	真司	(第三部会員)	青森大学ソフトウェア情報学部教授／大阪大学名誉教授
田浦	健次郎	(第三部会員)	東京大学執行役／副学長
竹内	徹	(第三部会員)	東京科学大学名誉教授
中野	貴由	(第三部会員)	大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専

		攻教授
中村 卓司	(第三部会員)	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立極地研究所教授
福島 孝典	(第三部会員)	東京科学大学総合研究院教授
宮崎 恵子	(第三部会員)	一般財団法人日本舶用品検定協会調査研究部専任部長 (国際担当)
相澤 清晴	(連携会員)	東京大学大学院情報理工学系研究科教授
浅見 真理	(連携会員)	国立研究開発法人国立環境研究所環境リスク・健康領域上級主席研究員・水道水質研究和光分室長
飯嶋 徹	(連携会員)	名古屋大学素粒子宇宙起源研究所教授
石塚真由美	(連携会員)	北海道大学理事／副学長
梅津 理恵	(連携会員)	東北大学金属材料研究所教授
大谷 壽一	(連携会員)	慶應義塾大学医学部／薬学部教授／慶應義塾大学病院薬剤部長
岸本喜久雄	(連携会員)	東京工業大学名誉教授
塩見淳一郎	(連携会員)	東京大学大学院工学系研究科総合研究機構／機械工学専攻教授
高倉 喜信	(連携会員)	京都大学白眉センターセンター長
田近 英一	(連携会員)	東京大学大学院理学系研究科教授
谷口倫一郎	(連携会員)	九州大学名誉教授
丹下 健	(連携会員)	国立研究開発法人森林研究・整備機構理事長
坂内 博子	(連携会員)	早稲田大学理工学術院教授
前川 知樹	(連携会員)	日本歯科大学新潟生命歯学部先端研究センター客員教授
宮川 剛	(連携会員)	藤田医科大学研究推進本部総合医科学研究部門医科学研究センターシステム医科学研究部門教授
宮崎 恒二	(連携会員)	大学共同利用機関法人人間文化研究機構理事
山崎 典子	(連携会員)	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所教授

本提言の作成に当たり、以下の職員が事務及び調査を担当した。

事務	佐々木 亨	参事官 (審議第二担当) (令和6年7月まで)
	新田 浩史	参事官 (審議第二担当) (令和8年8月まで)
	渡邊英一郎	参事官 (審議第二担当) (令和8年7月から)
	柳原 情子	参事官 (審議第二担当) 付参事官補佐 (令和6年5月まで)
	角田美知子	参事官 (審議第二担当) 付参事官補佐 (令和6年10月から)
	齊藤 美穂	参事官 (審議第二担当) 付審議専門職 (令和7年3月まで)

調査	野田 太輝	参事官（審議第二担当）付審議専門職（令和7年4月から）
	稲元 祥吾	参事官（審議第二担当）付審議専門職付（令和6年3月まで）
	佐藤 有純	参事官（審議第二担当）付審議専門職付（令和8年3月まで）
	加瀬 流空	参事官（審議第二担当）付審議専門職付（令和8年4月から）
	奥和田久美	上席学術調査員

要 旨

1 背景と目的

日本学術会議は、2021 年 4 月に取りまとめた「日本学術会議のより良い役割発揮に向けて」で示された改革の方向性を具体化するため、科学的助言機能の強化を始めとする取組を進めてきた。特に、独立した立場から社会課題を発見し、中長期的な未来社会を展望した提言を行うため、「中長期的視点」「俯瞰的視野」「分野横断的検討」を重視した見直しを進めている。

一方、気候変動やカーボンニュートラルへの対応、新型コロナウイルス感染症への対処などを通じて、学術・科学技術に対する社会の期待や学術と行政の関係も大きく変化している。こうした状況の下、日本学術会議は第 21 期以降、学術振興の指針として「マスタープラン」を策定してきたが、社会環境の変化や、分野横断性・学際性、中長期的視点等に関する内外の指摘を踏まえ、第 25 期に従来の方式を改め、新たに「未来の学術振興構想（2023 年版）」を策定した。

同構想では、今後 20～30 年先を見据えた 19 の「グランドビジョン」と、その実現に必要な「学術の中長期研究戦略」を提示した。しかし、その後の学術研究の進展や社会情勢の変化を踏まえると、一部内容の更新や新たな戦略の検討が必要となっている。そこで第 26 期科学者委員会学術研究振興分科会は、2023 年版の基本的枠組みを維持しつつ、「学術の中長期研究戦略」の追加募集及び既存構想の改訂を行い、「未来の学術振興構想」の充実・発展を図ることとした。

2 「未来の学術振興構想（2026 年版）」の策定経緯

「未来の学術振興構想（2026 年版）」は、日本学術会議科学者委員会学術研究振興分科会が 2025 年 3 月に公表した改訂方針に基づき策定された。同方針では、多様な分野・視点を有する科学者コミュニティからのボトムアップによる提案を重視し、第 25 期に策定した 19 の「グランドビジョン」を基盤として、その実現に必要な「ビジョン」と「学術研究構想」からなる「学術の中長期研究戦略」を充実・発展させることを基本的な考え方とした。

これを受け、本分科会は、「未来の学術振興構想（2023 年版）」に掲載された「学術の中長期研究戦略」を継続的に活用しつつ、新たな戦略の追加募集及び既存戦略の改訂を公募により実施した。その結果、多様な学術分野からの提案に加え、複数の研究コミュニティが連携する学際的・分野横断的な構想や、人文・社会科学分野が中核的に関与する提案等、広く 199 件の応募があった。提案された「学術の中長期研究戦略」については、本分科会の下に設置した未来の学術振興構想評価小委員会において審査・評価を行った。評価に当たっては、「ビジョン」の豊かさや実現可能性に加え、学術研究構想の学術的意義、社会的価値、成熟度、優位性及び必要性などの観点から総合的な検討を行い、併せて各戦略が「グランドビジョン」の実現に果たす役割についても評価した。また、提案内容や学術研究の進展等を踏まえ、19 の「グランドビジョン」を基本としながら必要な見直しを行った。

さらに、本提言が日本の学術振興の方向性に影響を与え得ることを踏まえ、策定プロセスにおいては利益相反の排除と公正性の確保を重視した。提案者等は自らの提案の審査・評価に関与しないこととし、本分科会及び評価小委員会の委員についても提案への関与を制限するなど、公平かつ透明な審査・評価体制の下で策定を進めた。

3 グランドビジョン

本提言は、今後 20～30 年先を見据えた中長期的な視点から、日本が振興すべき学術の将来像を示すものである。ここで提示する 19 の「グランドビジョン」は、「未来の学術振興構想（2023 年版）」において、多様な科学者コミュニティからのボトムアップ型提案を基に策定されたものであり、本提言ではその基本的な枠組みを継承している。2026 年版は、学術研究の進展や社会環境の変化を踏まえつつ、各「グランドビジョン」の実現に必要な「学術の中長期研究戦略」の充実・発展を図るものである。

未来の学術を展望するに当たっては、既存の学術分野の枠組みにとらわれず、中長期的、学際的、そしてグローバルな視点から検討することが不可欠である。日本学術会議は、人文・社会科学、生命科学、理学・工学を網羅する科学者コミュニティとしての特性と、国際的な学術ネットワークとの連携を活かし、分野横断的かつ国際的な観点から学術の将来像を検討してきた。19 の「グランドビジョン」は、科学者の自由な発想に基づく提案を基礎としており、学術の本質である真理の探究を重視しながら、その成果を社会へ還元することを目指している。そこには、人間や社会への理解を深める学術、自然界の真理を探究する基礎科学、人類の健康や安全で豊かな生活に貢献する応用科学など、学術が本来有する多様で普遍的な価値が包含されている。

一方で、気候変動、カーボンニュートラル、サーキュラーエコノミー、感染症対応など、現代社会が直面する複雑な課題に対しては、個別分野のみでは解決が困難であり、従来の学問領域を超えた融合的な学術の発展が求められている。人文・社会科学分野では、歴史、文化、言語等に関する深い洞察とともに、デジタル技術を活用したデータ基盤の整備と知識共有が重要となる。また、生命科学分野では、生命現象の包括的理解を進めることで、精密医療、創薬、ワンヘルス（すべての生物の健康）の発展や、生物界全体のウェルビーイングの実現への貢献が期待される。さらに、持続可能社会の実現に向けたエネルギー、資源循環、革新的材料に関する研究、AI やサイバー空間、量子情報科学などの新たな学術領域の発展は、社会変革の基盤となる。加えて、量子ビーム科学や宇宙科学、理論物理学を始めとする基礎科学は、自然界の根源的理解を深めるとともに、多様な学術分野の発展を支える役割を担う。

本提言における 19 の「グランドビジョン」は、2023 年版で示された学術の将来像を継承しつつ、学術の普遍的価値と社会的要請の双方を踏まえ、未来社会の形成に貢献する学術振興の方向性を示すものである。

4 おわりに

日本学術会議は、2023 年 9 月に提言「未来の学術振興構想（2023 年版）」を公表した。

2023 年版で初めて提示された 19 の「グランドビジョン」は、多様な科学者コミュニティから提案された将来像を基礎としながら、さらに分野横断的・俯瞰的な視点から整理・体系化されたものである。一方で、当時から継続的な検討や将来的な更新の必要性も指摘されていた。さらに、2024 年に開催された学術フォーラムにおいても、学術研究構想及び「グランドビジョン」の実現に向けた課題が議論された際に、学術の進展や社会・環境の変化に応じて構想を継続的に発展させることの重要性が改めて確認され、その後の学術研究の進展や社会情勢の変化を踏まえ、2023 年版を改訂することとなった。なお、2026 年版では、一部の「グランドビジョン」については、名称や記述内容の更新は行われたが、基本的枠組みを継承し、19 のまま削除・追加はせず、その実現と一層の充実に必要な「学術の中長期研究戦略」の追加募集及び既存戦略の見直しを中心に、未来の学術振興構想評価小委員会の審査・評価を経て、改訂を行った。

本提言は、日本の学術振興の中長期的な指針として、多様な学術分野の発展と分野横断的な連携を促進するとともに、学術政策や関係省庁、大学その他の研究教育機関における具体的施策や取組の推進に活用されることを期待するものである。さらに、広く社会に共有されることで、学術と社会の対話を深め、未来社会の創造に貢献することを期待してここに提言する。

目 次

1	背景と目的.....	1
2	「未来の学術振興構想（2026 年版）」の策定経緯.....	3
(1)	「未来の学術振興構想（2026 年版）」の策定プロセス概要.....	3
(2)	「学術の中長期研究戦略」の公募・審査・評価及び「グランドビジョン」の策定経緯.....	3
①	「学術の中長期研究戦略」の公募.....	3
②	「学術の中長期研究戦略」の審査及び評価.....	4
③	「グランドビジョン」の策定経緯.....	5
(3)	策定プロセスにおける利益相反排除の方針.....	5
3	グランドビジョン.....	5
(1)	総論.....	5
(2)	グランドビジョン.....	8
①	言語・コミュニケーション研究の充実を踏まえた現代社会問題のデータ解析による解決策の提示.....	8
②	長い時間軸・大きな空間軸・多様な視点からの人と社会の科学.....	10
③	文化論と歴史学のグローバル化による文系諸学の再構築と国際協働.....	12
④	地球の生命環境と食料供給を持続させるための学術創生.....	14
⑤	生命現象の包括的理解による真のウェルビーイングの創出.....	16
⑥	ビッグデータ駆動による生命科学の新たな発展.....	18
⑦	ヒトの知性を知る、創る、活かすための学術の創生.....	20
⑧	超スマート社会における人の能力拡張と AI との共生.....	22
⑨	サイバー空間の構築・活用による価値創造.....	24
⑩	データ基盤と利活用による学術界の再構築.....	26
⑪	数学・数理科学・量子情報科学が切り拓く未来社会.....	28
⑫	観測技術革新による地球システムの理解と地球変動予測への展開.....	30
⑬	地球規模の環境危機にレジリエントな持続的社会的構築.....	32
⑭	エネルギーと環境の両立的課題解決.....	34
⑮	持続可能社会に資する革新的な物質・材料の開拓.....	36
⑯	量子ビームを用いた極限世界の解明と人類社会への貢献.....	38
⑰	太陽系探査の推進と人類のフロンティア拡大.....	40
⑱	宇宙における天体と生命の誕生・共進化の解明.....	42
⑲	自然界の基本法則と宇宙・物質の起源の探求.....	44
4	おわりに.....	46
表 1	応募提案数・内訳.....	47
表 2	グランドビジョン及び学術の中長期研究戦略の一覧.....	48
<参考文献>		61

<参考資料>	62
参考資料 1 第 26 期「未来の学術振興構想」の改訂方針について	62
参考資料 2 提言「未来の学術振興構想（2026 年版）」策定の流れ	69
参考資料 3 公募要領	70
参考資料 4 第 26 期「未来の学術振興構想」改訂における審査・評価プロセス及び「グランドビジョン」の具体化に向けたプロセスについて	78
参考資料 5 審議経過	83
<付録>	86

1 背景と目的

日本学術会議においては、2021 年 4 月に取りまとめた「日本学術会議のより良い役割発揮に向けて」（第 182 回総会決定）[1]で示された改革の方向性を具体化すべく、様々な取組を進めてきた。なかでも、取組の柱の一つに掲げられた科学的助言機能の強化については、独立した立場からより広い視野に立った社会課題の発見や中長期的に未来社会を展望した対応の在り方についての提案に対する社会の期待に応えるべく、特に「中長期的視点と俯瞰的視野と分野横断的な検討」を重視した見直しを進めた。

また、日本学術会議を取り巻く社会の状況を見渡せば、気候変動やカーボンニュートラルを始めとするサステナビリティへの取組に対する関心の高まり、新型コロナウイルス感染症の世界的拡大への社会の対応等に見られるように、国民生活における学術や科学技術への期待や関心、学術と行政との関わり等にも様々な変化が生じている。

こうした中、日本学術会議では、第 21 期以降、学術的意義の高い大型研究計画を広く網羅的に体系化する「マスタープラン」を期ごとに策定[2, 3, 4, 5]し、各学術分野における活発な議論を通じて日本の学術の強化・発展に寄与してきた。しかしながら、前述のようなこの間の社会環境の変化に加え、日本学術会議の存在や役割について社会が注目するなか、自らも科学的助言機能の強化に関して見直し新たな仕組みに移行しつつある状況や、分野横断や学際的な取組が不十分、中長期的な視点の欠如、分野の偏りがあるのではないかな等の「マスタープラン」に対する内外の様々な意見も踏まえる必要がある。そこで第 25 期において、従来の「マスタープラン」は策定しないこととし、2023 年 9 月、日本の学術の将来像を掲げ、広く周知する目的で、新たに提言「未来の学術振興構想（2023 年版）」[6]を策定した。

同提言では、図 1 にその全体像を示すように、多様な科学者コミュニティから、今後 20～30 年先を見通した学術振興の「ビジョン」と、その実現に必要な「学術研究構想」が提案された。同提言では、この「ビジョン」と「学術研究構想」を併せて「学術の中長期研究戦略」としている。さらに、提案された「学術の中長期研究戦略」の「ビジョン」を、その内容や目指す方向性を踏まえて整理・集約し、今後 20～30 年先を見通した学術振興の方向性として、19 の「グランドビジョン」を提示した。

それぞれの「グランドビジョン」には、その実現に資する複数の「学術の中長期研究戦略」が位置付けられている。19 の「グランドビジョン」は、社会からの要請を念頭に置きつつ、多様な科学者コミュニティの自由な発想に基づく「ビジョン」を取りまとめたものであり、この点が「未来の学術振興構想」の大きな特徴の一つである。

その後、前回の「学術の中長期研究戦略」の応募から 3 年程度が経過し、学術研究の進展や社会情勢等、学術を取り巻く環境にも変化が生じている。また、提示された 19 の「グランドビジョン」を改めて俯瞰することにより、その実現や充実に資する新たな「学術の中長期研究戦略」の提案も期待される。前期に「未来の学術振興構想」を取りまとめた際にも、例えば、新たな「グランドビジョン」や、それを構成する「ビジョン」を追加するなど、「学術の進展、社会や環境の変化に伴い、将来しかるべき時期に更新されるべきである。」として、継続的な検討の必要性を指摘している。

これらを踏まえ、第 26 期科学者委員会学術研究振興分科会（以下「本分科会」という。）において検討した結果、「未来の学術振興構想」を改訂することとした。ただし、前期の提言の発出から間もないことから、今回は大幅な見直しは行わず、19 の「グランドビジョン」の実現及びより一層の充実に資する「学術の中長期研究戦略」を追加募集するとともに、既に掲載されている「学術の中長期研究戦略」についても、「学術研究構想」の進展等を踏まえた改訂を行い、これらを反映した「未来の学術振興構想」の改訂版を取りまとめることとした。

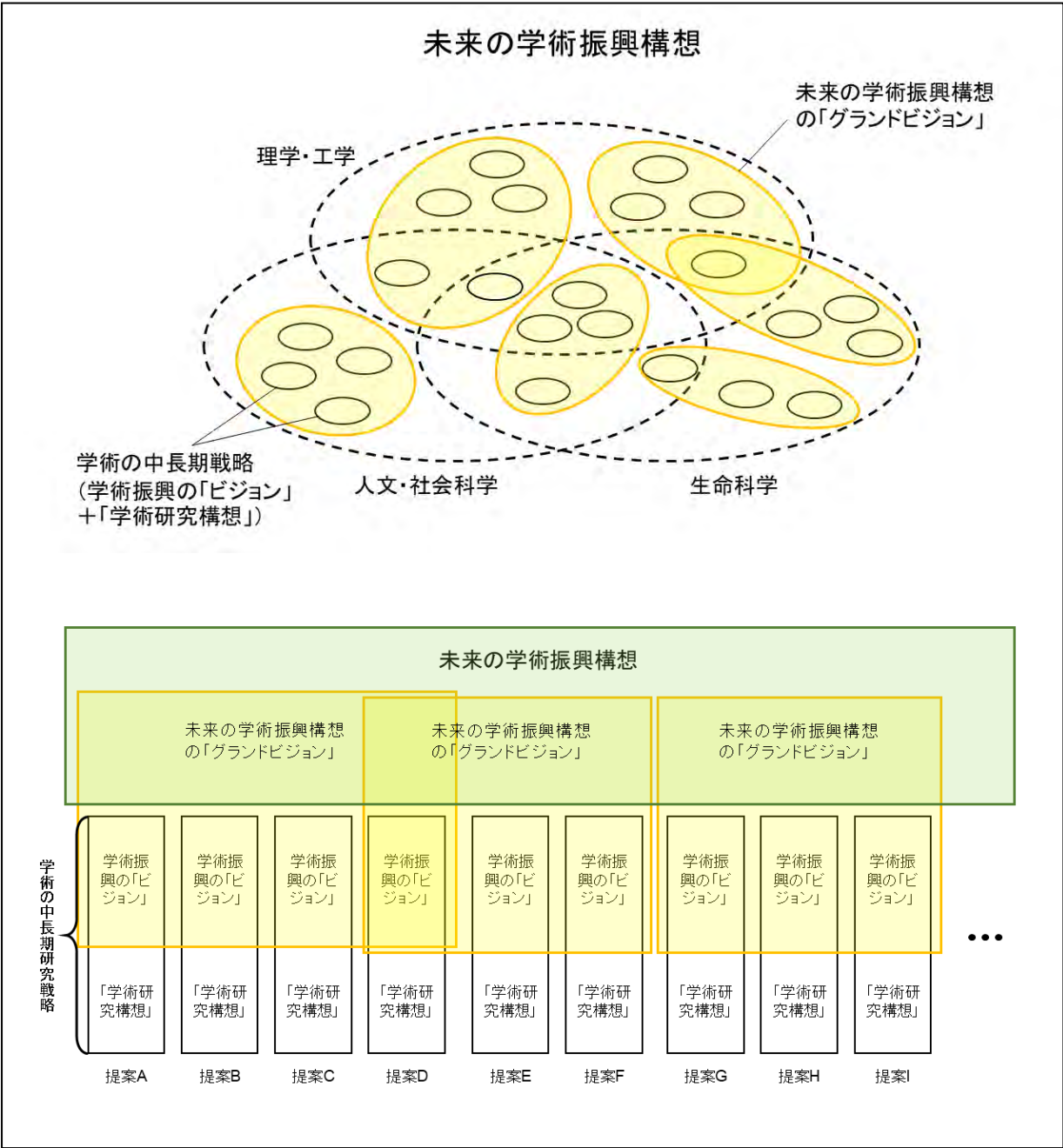


図 1 「未来の学術振興構想」の全体像のイメージ
(出典)「未来の学術振興構想 (2023 年版)」を基に一部改変

2 「未来の学術振興構想（2026 年版）」の策定経緯

(1) 「未来の学術振興構想（2026 年版）」の策定プロセス概要

本分科会は、2025 年 3 月 18 日に、「第 26 期『未来の学術振興構想』の改訂方針について」（以下「改訂方針」という。）を公表した（参考資料 1 参照）。そこでは、「未来の学術振興構想」の改訂に当たって、政府や行政の主導ではなく、多様な分野や視点に基づく科学者コミュニティからのボトムアップを重視し、第 25 期に策定した 19 の「グランドビジョン」を改めて明確化し、その実現に必要な学術振興の「ビジョン」とその実現に必要な「学術研究構想」から構成する「学術の中長期研究戦略」を具体化していくことが不可欠であること、また、その検討に当たっては、幅広い分野にまたがって最先端の科学者が真摯に議論する必要があることを確認している。

本分科会は、上記策定方針に沿って、以下の策定プロセスのとおり進めた（参考資料 3、4 参照）。

- ① 「未来の学術振興構想（2023 年版）」の「学術の中長期研究戦略」については引き続き掲載することを原則とし、19 の「グランドビジョン」の実現に必要な「学術の中長期研究戦略」を、公募形式により追加募集する。
- ② 小委員会を設置し、提案された各「学術の中長期研究戦略」について、審査・評価を行う（主に書面審査（必要に応じヒアリング審査も検討））。
- ③ 一定以上の評価（参考資料 4 に具体的な評価方法を記載）を得た各「学術の中長期研究戦略」の「ビジョン」に基づき、「未来の学術振興構想」の「グランドビジョン」に分類する。必要に応じ新たな「グランドビジョン」を検討する。
- ④ 本分科会において、上記を整理・統合し、「グランドビジョン」とその実現に必要な「学術の中長期研究戦略」の最終リストを取りまとめる。
- ⑤ 日本学術会議における通常の査読プロセスに従い、日本学術会議からの「提言」として発出する。
- ⑥ 各「学術の中長期研究戦略」については、「未来の学術振興構想」に非掲載となったものも含めて審査結果を日本学術会議のウェブサイト上で公表する（希望しない提案は非公開とする。）。

なお、2023 年版と同様に、本分科会における審議を経て、「ビジョン」も含めた「学術の中長期研究戦略」としてリストアップを行い、これらを公表することとした。

(2) 「学術の中長期研究戦略」の公募・審査・評価及び「グランドビジョン」の策定経緯

具体的な策定経緯は、以下のとおりである。

① 「学術の中長期研究戦略」の公募【上記(1)①】

本分科会は公募（2025 年 4 月 1 日～10 月 1 日）により、「学術の中長期研究戦略」の提案募集を応募区分Ⅰ（追加募集）と応募区分Ⅱ（2023 年版に掲載された「学術の中長期研究戦略」の改訂）に分けて行った（参考資料 3 参照）。その結果、199 件の「学術の中長期研究戦略」の応募が得られた（表 1 参照）。

応募区分Ⅰでは、提言「未来の学術振興構想（2023 年版）」において提示した 19 の「グランドビジョン」の実現に必要な「学術の中長期研究戦略」を追加募集した。多くの科学者コミュニティからの提案、特に、複数の研究コミュニティが連携した複合的な「ビジョン」・「学術研究構想」や、人文・社会科学分野が中核的に関わる提案について積極的に募集した。また、「学術研究構想」については、人材育成（若手育成）及び実施体制におけるダイバーシティの観点を含めることを求めた。なお、「学術の中長期研究戦略」の提案者は、i) 研究・教育機関長又は部局長（国公立大学、大学共同利用機関法人、研究開発法人）、ii) 学協会長（「学協会」とは、日本学術会議が指定する「協力学術研究団体」を指す）、iii) 日本学術会議の会員及び連携会員、iv) 若手研究者のいずれかとした。

応募区分Ⅱでは、提言「未来の学術振興構想（2023 年版）」に掲載の「学術の中長期研究戦略」の提案者に、改訂版への掲載を前提に、学術研究構想の進展、国内外の研究の動向、所属する「グランドビジョン」との関連や同じ「グランドビジョン」に所属する他の「学術の中長期研究戦略」の内容等を踏まえて、「ビジョン」や「学術研究構想」の積極的な再考による改訂を依頼した。なお、提案者は「未来の学術振興構想（2023 年版）」の既提案者とするが、人事異動等に伴う変更は可とした。

② 「学術の中長期研究戦略」の審査及び評価【上記(1)②③】

応募のあった「学術の中長期研究戦略」については、本分科会において決定した「第 26 期『未来の学術振興構想』改訂における審査・評価プロセス及び『グランドビジョン』の具体化に向けたプロセスについて」（参考資料 4 参照）に基づいて、本分科会の下に設置した「未来の学術振興構想評価小委員会」（以下「本小委員会」という。）を中心に審査・評価を実施した。本小委員会は、2023 年版策定時の同小委員会の一部の委員、日本学術会議に設置している 30 の分野別委員会から推薦された委員及び一部の本分科会委員から構成され、それぞれの「グランドビジョン」に提案された「学術の中長期研究戦略」について専門的知見及び多様な学術的知見から審査・評価できるよう、各委員は 1～2 の「グランドビジョン」を担当した。

まず、提案されたすべての「学術の中長期研究戦略」は申出のあった「グランドビジョン」に分類され、2023 年版から継続の提案と追加募集による新規提案について審査・評価を行った。なお、審査に先立ち、それぞれの提案について、属する「グランドビジョン」の適性を確認し、必要に応じて所属の変更を行った。

各「学術の中長期研究戦略」の審査・評価に際して、具体的には、「ビジョン」については、i) 「ビジョン」の豊かさ、ii) 「ビジョン」を実現するための学術研究構想となっているかの 2 つの観点から、学術研究構想については、i) 学術上の意義又は社会的な価値、ii) 成熟度、iii) 優位性、iv) 必要性の 4 つの観点から、及び「グランドビジョン」を実現する上での重要度についてそれぞれ審査・評価を行った。

③ 「グランドビジョン」の策定経緯

2023 年版に掲載した 19 の「グランドビジョン」を基本に「学術の中長期戦略」の募集を行ったが、提案された内容によっては「グランドビジョン」そのものの改訂や追加も想定されたため、各担当の小委員会委員による「グランドビジョン」の確認、改訂も行った（表 2 参照）。新規・更新提案を検討した結果、既存 19 の「グランドビジョン」の改訂・充実によって包含可能であり、新たに独立した「グランドビジョン」を設ける必要はないと判断した。なお、「グランドビジョン」の策定経緯については、「未来の学術振興構想（2023 年版）」を参照されたい。

(3) 策定プロセスにおける利益相反排除の方針

提言「未来の学術振興構想（2026年版）」は、今後20～30年先を見通した学術振興の「グランドビジョン」を提示するとともに、当該「グランドビジョン」の実現に必要な「学術の中長期研究戦略」を網羅し、日本の学術研究の振興について一定の方向性を示唆するものであるため、実際の科学技術関係予算の配分等に直接関与するものではない。しかしながら、日本学術会議会員・連携会員が「未来の学術振興構想」の策定に関与する場合には、提案の審査・評価・実現のための支援という公的な立場と一研究者としての立場の両方を有するため、相反する緊張関係（利益相反）の状態に入ることとは否めない。策定プロセスに関わる関係者は、日本学術会議会員・連携会員としての高い見識の下で、日本学術会議声明「科学者の行動規範について―改訂版―」[7]（平成25年1月）の利益相反の条項を踏まえて、公平で公正な審査・評価を行うことが求められる。

これらに配慮するため、『第 26 期「未来の学術振興構想」改訂に関わる利益相反排除のための方針』として以下を定めた。

- ① 新規の「学術の中長期研究戦略」の公募に際して、提案者及び連絡担当者並びに若手研究者が提案する際の承認を行った部局長及び推薦者は、本分科会委員及び本小委員会委員になることはできない。
- ② 「未来の学術振興構想（2023 年版）」に掲載された「学術の中長期研究戦略」の改訂に際して、提案者（提案者の変更を行った場合は変更前の提案者を含む）及び連絡担当者並びに若手研究者が提案する際の承認を行った部局長及び推薦者は、本分科会及び本小委員会における当該提案の審査・評価には関与できない。
- ③ 本分科会委員及び本小委員会委員の利益相反の有無については、本分科会及び本小委員会においてそれぞれ確認する。

3 グランドビジョン

(1) 総論

本提言は、中長期的な視点に立つという観点から、今後 20～30 年先を見据えて振興すべき学術を展望している。

未来の学術を考えると、個々の学術のこれまでの発展の経緯に捉われることなく、中長期的な視点、学際的な視点、グローバルな視点が重要であることは論を俟たない。

日本学術会議は人文・社会科学、生命科学、理学・工学にまたがる広い分野を網羅し、国際的にも活躍する第一線の科学者から構成されている。また、多くの学術に関する国際団体及び海外の科学者の代表機関と連携した活動を行っている。これらを活かし、以下に提示する19の「グランドビジョン」の検討においては、分野横断的、かつ、学際的な視点に立って未来の学術を検討し、国際協働や知識の共有など、公共的資源の観点を重視するとともに、学術は本来普遍的なものであってグローバルに通用すべきものであることを勘案し、グローバルな状況を反映した立案を行っている。

また、中長期的に将来の学術を考えると、種々の制約に捉われず、「科学者が自由な発想に基づいて」ビジョンの作成や研究の企画立案をすることこそが、独創性のある学術の進展を生む。その際、学術の自由と自律性を尊重することを基本としつつ、学術が社会において果たす公共的役割を踏まえ、その意義や成果について社会に対する説明責任を果たすことも重要である。以下に示す19の「グランドビジョン」は、多様な科学者コミュニティがボトムアップ的に将来進展すべき学術の提案を「未来の学術振興構想（2023年版）」として取りまとめたものを2026年版として改訂したものであり、科学者の自由な発想に基づいていることが大きな特徴の一つであり、かつ、重要な点である。本提言が示す「グランドビジョン」を推進することによって得られる自然や人間における真理や事実に関する知と、その追究と応用によって実現される成果が人類社会にもたらす貢献は極めて大きい。

このようにして見えてきた20～30年先の学術の「グランドビジョン」を俯瞰すると、我々の心を豊かにする学術、我々が生きる社会の課題を分析し未来社会を構想する学術、生物学・物理学・化学等の領域において真理を探究することによって人類に夢と新しい知見を与える学術、それらの知識体系を活用することによって医学や工学のように人類の健康や安全で豊かな生活に貢献する学術等、多岐にわたっている。これらは人類が永年にわたり培ってきた学術そのものであり、普遍的でもある。

一方で、SDGsが目指す「誰一人置き去りにしない」世界や、カーボンニュートラルやサーキュラーエコノミーに立脚した持続可能社会をいかに実現するか、また、感染症の世界的な拡大にいかに対応するかという課題等、昨今の諸課題は科学技術だけでも、また、政策だけでも解決することができない。これらに対応し、地球環境に配慮しつつ、活力ある未来社会を実現する学術が、従来の学術分野の垣根を越えて融合的に、長期的、かつ、グローバルな視点から生まれつつある。

さらに、学術を取り巻く環境に目を向ければ、地政学的な不安定化が進む中、研究安全保障に配慮しつつ、国際的な学術交流・協力を維持・発展させることが求められている。また、人口構造の変化や超高齢化への対応は、社会の持続可能性にも関わる重要な課題である。加えて、将来にわたる学術の持続的な発展のためには、若手、女性、国際的な人材を含む多様な研究人材が活躍できる環境を整備することが不可欠である。これらは個別の学術分野にとどまらず、今後の学術振興全体に関わる横断的な課題として捉える必要がある。

分野間の融合はこれだけに留まらない。人文・社会科学を中心とする学術においては、

国際社会を構成する国々や地域の共存・共栄と相互理解の促進という目標に向けて、人々の認識、歴史、文化、言語、習慣等の多様性を反映した詳細かつ膨大な資料に対して深い洞察を行うために、従来の研究手法を重視しつつ、デジタル技術を積極的に活用し、データ基盤を構築するとともに、透明性と公平性をもって国内外で共有化するような学術を進展させる。また、最先端の科学技術を駆使した観測技術による古墳の透視等の例においても、理学・工学分野と人文・社会科学分野との学術の融合が見られる。

デジタル技術の活用は、データ基盤の構築やアーカイブ化を中心に地球の生命環境やヒトを含むすべての生物に関する生命科学分野においても活発である。これらの学術は、農業を始めとする食料供給に関する学術等とともに、地球温暖化に伴う気候変動に関する地球が許容できる限界であるプラネタリーバウンダリーに関する学術に大きく貢献する。また、生命現象の包括的理解を進めることにより、プレジジョンメディシン（精密医療）、創薬、ワンヘルスに関する学術が進展し、その成果が疾病の予防・治療や健康の維持・増進、人と自然が調和した持続可能な社会の実現に貢献することで、地球上の生物の真のウェルビーイングの実現につながる。

上記の学術の他に、エネルギーの生成とその利活用に関する学術、革新的な物質・材料の開拓、資源循環に関する学術の進展も、持続可能社会の実現に資する。

デジタル技術を始めとする情報技術はそれ自身も進化し、現実世界の制約を超えたサイバー空間（仮想空間）を構成する。サイバー空間上にフィジカル空間（現実空間）を再現すること、両者の密接な連携の確立、人間の能力を超える人工知能（以下「AI」という。）と人間との共生によって、人間の能力は、秩序をもって拡張し、また、物理学と情報科学が新しい形で統一された量子情報科学に関する学術の進展がもたらされる。

物理学を中心とした先鋭的な学術の進展は他の多くの学術分野の発展を促す。例えば、量子ビームは、物質起源の探究に留まらず、広く物質科学、生命科学、材料科学において物質の性質、構造を探究する有効な手段として応用範囲は広い。また、我々の地球を含む太陽系の探査活動を始めとし、宇宙における天体の誕生と進化を探究し、天体諸階層の多様性の起源を探ると同時に、生命の普遍性を解明する学術を進展させる。さらに、理論物理学と最新の計算科学を駆使することによって、既知の物理法則を超えた自然界の新たな基本原理を発見するとともに、宇宙と物質の起源を解明する学術を進展させる。これらは真理の追究であると同時に、地球上の人類の在り方を理解する試みである。

以下に、このような特徴や方向性を有する「未来の学術振興構想（2026 年版）」として、19 の「グランドビジョン」を提言する。

(2) グランドビジョン

① 言語・コミュニケーション研究の充実を踏まえた現代社会問題のデータ解析による解決策の提示

概要: 共同体の疲弊やコミュニケーション障害等に伴い生じている現代社会の諸問題に対して、言語・コミュニケーションに関する人文科学の研究を充実させ、それらの成果を踏まえつつ、データ科学の方法によってデータを因果的に解析することで、原因と結果との関係を明確化し、包括的かつ実効性のある解決策を提示する。人々の共生の必要性を再確認しつつ、包摂社会の実現を目指す。

キーワード: 言語、コミュニケーション、共同体、データ・因果解析

ア 背景

現代社会では、パンデミックの影響もあり、人々の孤立が進む一方で、階層間や世代間等での分裂や対立が顕著となってきた。また、国際的には国家や民族の対立や紛争が激化している。こうした社会問題は、歴史的、あるいは、社会的に様々な要因が重なり絡み合っ生じてきた、極めて複合的な事象である。その根底にあるのは、人と人とのつながりの在り方の問題である。言語の多様性による意思疎通の障壁、社会における共同体の疲弊や解体が人々のつながりを難しくし、社会問題を生み出し、また増幅している。人々のコミュニケーション上のトラブルは、時代や地域を問わず生じるものであるが、近年は、国内の様々な母語をもつ人々とのコミュニケーションが喫緊の課題となっており、さらにデジタルコミュニケーションが日常生活に普及・定着して、新たな状況が生まれている。こうした背景の中で、コミュニケーション・トラブルを軽減・解消することで社会が直面する諸問題をより効果的に解決していく政策が求められている。

イ 目的・目標

言語・コミュニケーション研究を充実させ、それらを踏まえつつ社会科学の方法によってデータを因果的に解析すること、つまり、信頼・利他性・互惠性といった共同体メカニズムの理解に必要なデータに基づき、集合的意思決定がどのように行われ、人々の利他的行為がいかんして醸成されるかを実証的に明らかにすることによって、グローバル化の下で多文化共生が求められる現代における共同体形成を実現していく。言語・コミュニケーション・共同体に関わる研究を密接な連携の下に進めることによって、包摂社会の実現を目指し、コミュニケーション・トラブルの軽減・解消を軸に社会が直面する諸問題をより効果的に解決していくための方策を具体的政策の形で提示していく。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

現代の社会問題の解決を目指す人文・社会科学では、理工系分野とも互いに連携しつつ、学際的、かつ、分野融合的に研究することが必要不可欠になっている。言語研究に関しては、個別言語の差異や特異性の背後に確として存在する人間言語の

普遍性とともに関連する認知能力の包括的な解明を主眼においた研究は未だ存在しない。コミュニケーションに関しては、言語事象の観察を丁寧に行い、認知科学の並行処理等も考慮した実証的・学際的研究が求められている。特に、これまでの言語学の研究は、なごやかな談笑会話のような協調的なコミュニケーションを前提にすることが圧倒的に多かったが、コミュニケーションのトラブルの増大・激化という社会問題解決のためには、相手と感情的に対立する非協調的な言語コミュニケーションについて、日本語社会の実態に即し総合的・包括的に研究する必要がある。

エ 中長期の学術構想

言語関係においては世界トップレベルの先端的言語理論研究拠点の確立を目指し、言語を基盤とする人間知性の可能性と限界を明らかにし、言語によるコミュニケーションや共同体形成に貢献できるようにする。コミュニケーション研究では、すべての人々の間で起こりうるコミュニケーション・トラブルに関して、フィールド調査を行い、非協調的な会話、トラブルの記録資料をデータベース化した上で、その分析からトラブルの解消・軽減を図る方策を検討する。また、日本社会において言語の面で弱い立場に置かれがちな人々の言語実態を研究することで、社会とのつながりを回復させていく。言語には、発達、加齢、障がい、疾病等、様々な要因によってもたらされる可変性が存在する。それらを包括する一般理論を構築することによってコミュニケーションを促進できると考えられるため、特に高齢者や障がい児の言語認知面、子どもや定住外国人の言語教育面、少数者・下位者や非専門家の言語環境面の三つの課題について解決に向けた研究を進める。

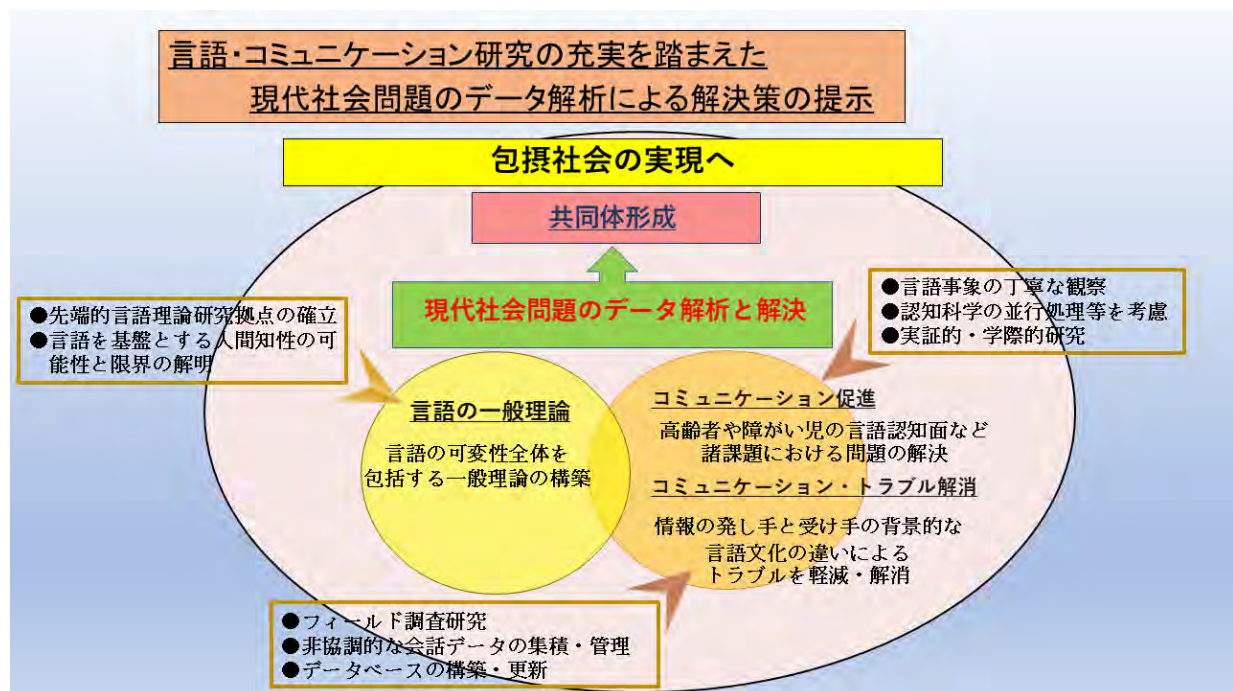


図2 現代社会問題解決策提示のメカニズム

(出典) 2023 年版にて独自に作成したものを一部改変

② 長い時間軸・大きな空間軸・多様な視点からの人と社会の科学

概要：自然環境、人類、文化、社会に関する多様なデータ基盤と組織間のネットワーク体制を構築することにより、デジタル技術を活用し、人類の発生から現代に至る長い時間軸と世界の諸地域に広がる空間軸の両面から俯瞰する、社会に開かれた多分野協働型の科学を目指す。

キーワード：人類史、グローバル、共生、共創、デジタル・トランスフォーメーション (DX)、ネットワーク、総合知、持続可能性

ア 背景

様々な現実的な課題を前に、細分化・個別化された学術の専門分野を超えた俯瞰的な視野が必要とされ、AI も劇的に進化、検証可能な真正性のあるデータに基づいた学術と、社会とのより強い関わりを求める声が大きくなっている。ゲノムや地磁気に関する研究によっては、人類の歴史に関する多くの新たな知見がもたらされ、多くの組織連携により、更なる進展が期待されている。異なる分野の研究者が協働し、幅広い人々が学術データや研究成果へアクセスする上で、デジタル技術が大きな役割を果たしている。多分野の研究者によるこうした協働を更に促進するためには、データの共有のみならず、様々な用途に適したデータの取り出し方も開発されることが必要とされている。

イ 目的・目標

本構想は、多様性という観点から自然環境、人類、文化、社会を捉え、人々の間の、そして環境との調和のとれた社会の在り方を考える基礎を形作ることを目指す。そのために、種としての人類の発生から現代に至る長い時間軸、世界の諸地域に広がる空間軸で、自然環境、人類、文化、社会に関するデータ基盤を整え、世代を超える視野を持つ人文・社会科学が主導して、これらのデータを駆使し、多様な研究を推進する。同時に、多様なステークホルダーが関与する開かれた学術の創出を目指す。計画能力を有するホモ・サピエンスとして、世代間倫理に則り、未来を起点として（バックキャストして）現代の課題に対処し、持続可能な社会を実現する。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

数値化されたデータの活用が進む一方、先史時代の石器等の道具、絵画等の造形・芸術、多様な文字で書かれた文書、それらに関する画像・音声等の記録は、まだ十分活用されるに至っていない。これらの膨大な量の記録は、とりわけ歴史や地域研究等の分野での重要な研究資料になるが、デジタル化以前に、現存資料の保存体制の存続すら危ぶまれている。このため、欧米では画像や記録文書のデータ化が積極的に進められつつあるが、日本ではデジタル保存や共有データ化が遅れている。日本国内に有する様々な研究成果・研究資料を共有利用可能な形にして次世代に残し、新たな知を模索することは、日本の学術界が果たすべき国際的な責務である。

エ 中長期の学術構想

本構想では、データ基盤、ネットワーク体制を構築・活用し、多分野が連携して、長い時間軸、大きな空間軸、多様な視点で自然環境、人類、文化、社会を捉え、同時に、学術の世界に閉ざされることなく、広く社会に開かれた融合的・総合的な人と社会の新たな科学を模索していく。特に、今後10年程度で必要とされる取組は、1) 人文・社会科学分野のデジタル・トランスフォーメーション（以下「DX」という。）と、その他の分野との連携、2) デジタル化による多様な研究資源の構築とその活用を通じた新たな研究手法の開発、3) 多分野の連携及び多くのセクターの参画、4) 信頼できるデータを安全に管理し、批判的に考察し、活用する技術的・制度的枠組みの形成、5) 分野内・分野間の機関・組織ネットワークの構築、6) シナジー効果を目指した共同利用・共同研究体制の拡大、7) 具体的な研究テーマを設定した大規模研究の実施である。これらの取組を通じ、社会とともに歩む新たな学術の在り方についての議論を進め、未来を起点として現代の課題に対処し、持続可能な社会の実現に寄与していく。

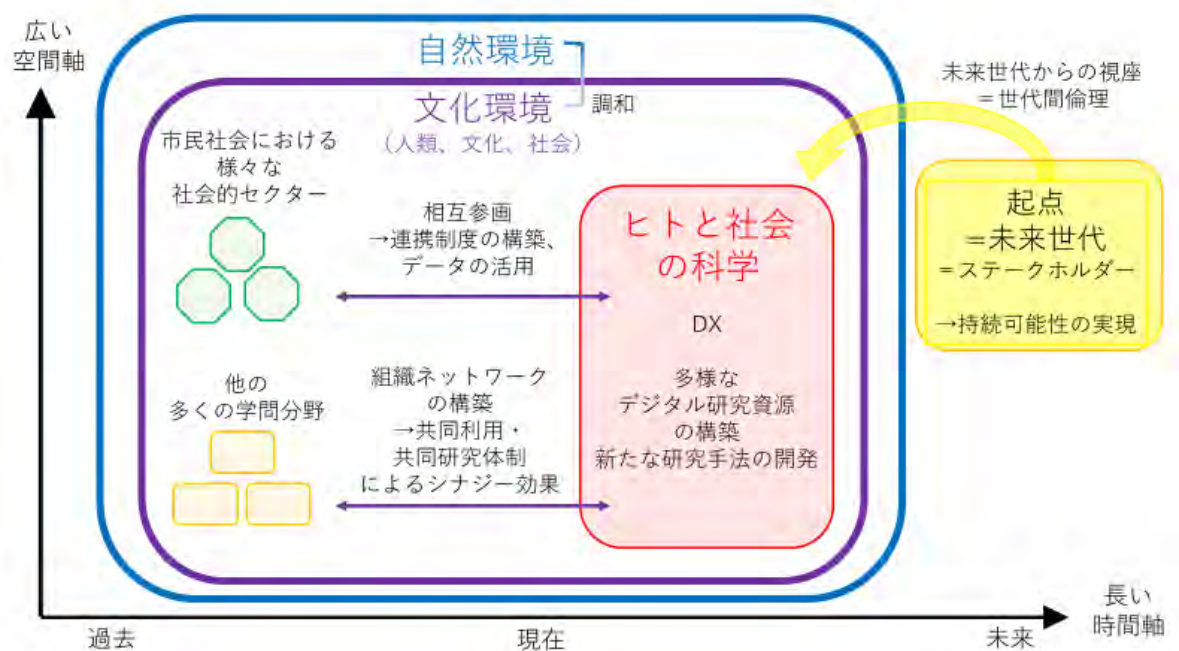


図3 融合的・総合的な学術の新たな形
(出典) 2023年版にて、独自に作成

③ 文化論と歴史学のグローバル化による文系諸学の再構築と国際協働

概要：日本文化や歴史学に着目しつつ、グローバルな位置付けを明らかにし、特定国の文化を理解し相対化することで価値・理念の普遍性を見出していく。文化や歴史を語るデータの偏りを意識し、英語・日本語以外の多言語史料も参照し、グローバルな視点からの相対的位置付けを明確化することで、日本の文系諸学をボトムアップする。

キーワード：日本文化、歴史学、多言語史料

ア 背景

日本からの人文学における国際発信の在り方は、自然科学分野や社会科学分野とは一線を画す。例えば、歴史学には、日本史や西洋史といった特定の地域に着目した場合もあれば、地域を超えて相対的に世界の歴史を捉えようとするグローバルヒストリー研究が展開されている。文化に関しても、各国が独自の文化を持つという捉え方と、文化の特殊性を外から見る場合の多様な見方と位置付けがある。このように、特定の国において発展した歴史、哲学、思想に着目する観点と、外部からの理解・解釈・位置付けに着目する観点の両アプローチによって、人文学はより広く新たな展開を模索することができる。グローバルヒストリーの理論的構築も進められてはいるが、それぞれの国が所有し、蓄積するデータには少なからぬ違いがある。また、歴史資料が英語に大きく偏る傾向があり、さらに文化や歴史を考察する際に日本語によるデータだけに依拠しては、その相対化、国際化に限界がある。

イ 目的・目標

本ビジョンでの目的は二つある。第一に、特定の国を超え、さらには国と国との関係性の下に形成された歴史の事実を明らかにする際の歴史データの偏りに注目する。非英語史料を積極的に発掘し、検討することを通して、日本の近代歴史学をよりグローバルに、次なる世代へと受け継いでいくことができる。グローバルな視点からの歴史研究は、日本に留まらない世界的な歴史的事実とそこにおける歴史的教訓の共有を目標とすることで、翻って歴史的事実の新たな発見の可能性も高める。そこでは、英語と日本語以外の多言語史料を多言語に翻訳し、編纂する作業も極めて重要である。

第二に、日本文化の特殊性の強調に留まることなく、よりグローバルな視点から特定の文化を相対化し、個別性をグローバルという枠組みで捉え直すことを目的とする。特定国の文化論を個別に完結させることなく、相対的に位置付けることで、文化の普遍性を見出し、グローバルな価値理解を促す。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

グローバルヒストリーの視点は、既に国内外にあって活発に議論されてきた。例えば、日本における東洋史・西洋史の多言語史料の翻訳と史料集の編纂の実績を最大限活用することで、広く日本以外の国々の研究者と連携した編纂作業に発展する

ための準備は整備されつつあるが、十分ではない。

日本文化研究については、大学共同利用機関法人人間文化研究機構が国際的に認知され、研究実施の場として位置付けられてきたが、日本語以外での日本文化研究は相対的にその活力を失いかけている。そこで、日本文化を広くアピールし、他国の文化との比較も含め、文系諸学の再構築と国際協働を進める。

エ 中長期の学術構想

歴史的事実や文化は特定の国の中だけでは完結せず、何が起こったのか、何が事実なのかという疑問は多面的・複層的な様相を持つ。過去にあった出来事を理解し、事実を紐解く作業も、また多面的でなくてはならない。歴史的事実について複数のテキストでの確認はもとより、歴史を語り伝える際に使用する言語の違いを考慮することが重要である。ここで提案する学術構想では、注目する対象のみならず、使用言語や活用資料に関して国際協働を重要視する。非西洋史学や日本文化について使用言語の幅を広げ、多様な視点や枠組みから検討をすることで、歴史、あるいは、文化について、グローバルな視点からの新たな人文学の展開を先導し、日本における文系諸学の再構築と一層の国際協調を目指す。

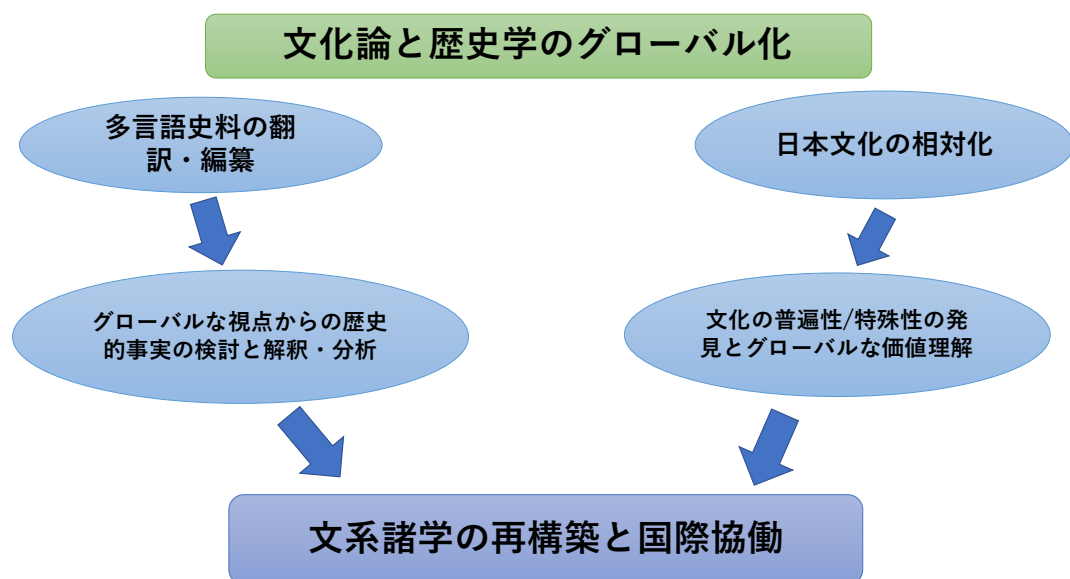


図4 文系諸学の今後の発展

(出典) 2023年版にて独自に作成したものを一部改変

④ 地球の生命環境と食料供給を持続させるための学術創生

概要：植物の頑健な成長力や環境可変能力の基盤を集中的に研究し、未利用植物の遺伝的能力にも着目する。微生物、動物、人間活動等も含めて、生命や生態系が持つ潜在能力を総合的に分析する。これらにより、持続可能な地球環境と環境変容に適応した持続可能な食料供給システムのストラテジー構築を目指す。

キーワード：気候変動、サステナビリティ、植物の能力、生命系の統合理解、データサイエンス、モニタリング、脱炭素社会、生物圏

ア 背景

地球温暖化に伴う気候変動により、地球規模で様々な問題が顕在化し、環境の変容は地球が許容できる限界（プラネタリーバウンダリー）を超えつつあるのではないかと危惧されている。生物資源の減少、天然資源の枯渇、生態系の劣化が大きな問題となっている一方で、人口は爆発的に増え続けており、世界の人口増加に見合う食料供給も喫緊の課題である。しかしながら、農業も含めた産業活動の発展が地球環境の変容を引き起こしたという事実を考えると、食料増産技術の開発だけでは問題は根本的には解決されない。

植物は約5億年前に陸上に進出し、生物が生息できる地球環境を形成した。現在も地球バイオームの根幹をなし、光合成によりエネルギーを生み出す「生産者」としてすべての生物の存在を支えている。また、森林は地球温暖化の主因である温室効果ガスの吸収源として脱炭素社会構築の鍵を握るだけでなく、地球規模での水循環や生物多様性保全等に大きく貢献している。このように、植物は地球環境の維持に大きな役割を担うが、植物が持つ能力はその一端が理解されているだけである。多くの種が急激に絶滅しつつあるということや、農業における特定の作物種・品種への偏重による多様性低下も見逃せない問題である。

イ 目的・目標

人類には地球環境の持続性を高め、環境を損なうことなく持続可能な食料システムを構築することが求められている。これを実現するために、環境に適応して頑強に生き抜き、さらに周囲の環境を変えるという植物の生命力の根本原理を解明し、未利用な遺伝資源の活用や微生物との共生など、その能力を更に拡張する技術を開発する。さらに、自然科学だけではなく社会科学との分野横断研究を推進し、総合知として人間活動も組み込んだ持続可能な地球環境の維持モデル及び地球環境に調和した持続可能な食料システムを構築する。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

日本では、各研究領域では質の高い研究が展開されている。ただし、植物科学の先進国の多くは農業国でもあり、基礎研究から応用研究までがシームレスにバランスよく発展しているのに対し、日本の場合には、分野横断的な研究という面では遅れが見られる。

エ 中長期の学術構想

地球上の様々な環境に適応しながら生育する植物の成長や環境適応を、分子から個体、生態系、微生物や動物との相互作用まで階層を超えて集中的に研究し、植物の頑健な成長力や環境可変能力の基盤を明らかにする。現在は顧みられない作物や未利用の植物も研究対象とする。植物、微生物、動物、さらに相互作用から成り立つ生態系について生命活動をモニタリングするシステムの構築やデータの AI 解析の技術開発を進める。このとき、基礎植物科学、育種学、生態学、林学、工学等植物に関わる学問分野を横断し、総合的な研究を展開する。地球環境問題の解決に向けて、生物圏機能や生物多様性機能を解明し活用するための科学を強化する。さらには、人間活動も組み込んだ総合的データを取得・分析し、陸海域を超越した微生物から植物・動物・人類までの生命系の統合理解モデルを確立する。これにより、環境の変容に適応した持続可能な食料供給システムのストラテジー構築を目指す。

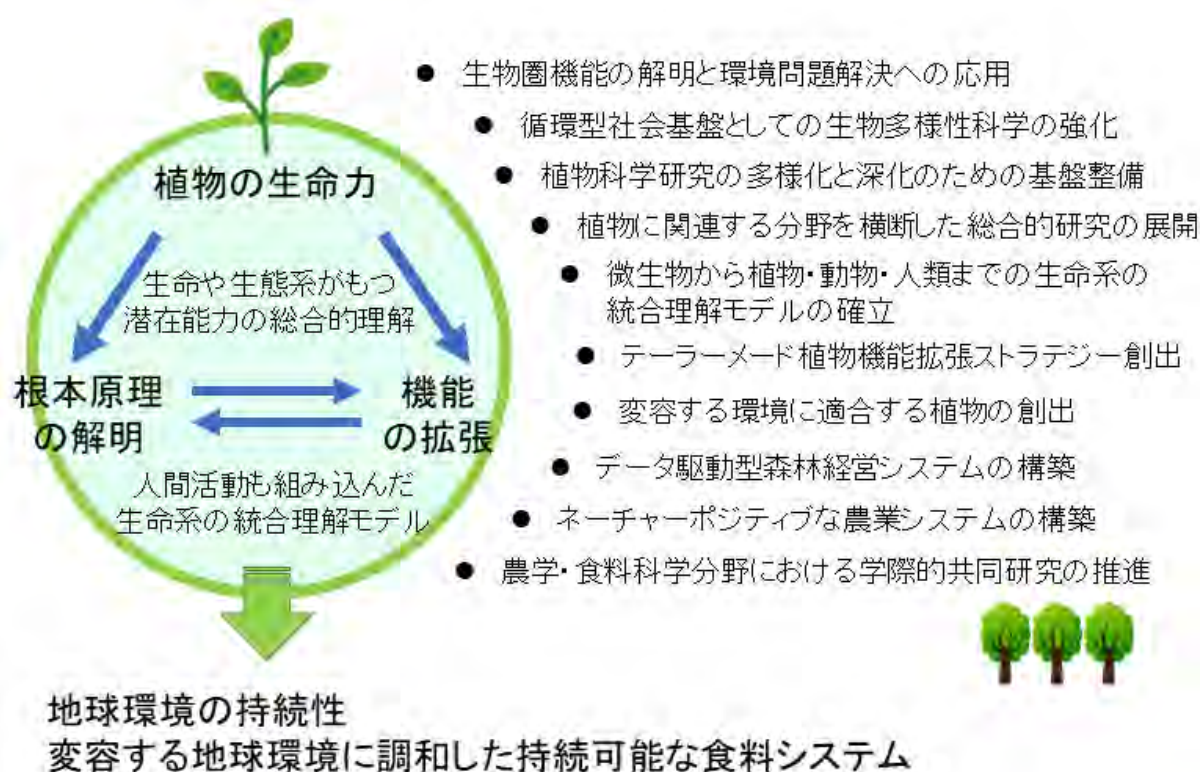


図5 地球の生命環境と食料供給を持続させるための総合的研究とストラテジー構築
(出典) 2023 年版にて独自に作成したものを一部改変

⑤ 生命現象の包括的理解による真のウェルビーイングの創出

概要：ヒトと動物のボーダレスな健康維持に向けて、それらの生命現象を網羅的、かつ、包括的に解明し、その成果を保健・医療へと展開する。さらには、ヒトを含めて生物全体が本来の生を営んでいるかを探求するための知の統合により、すべての生物が幸福に生き得る、真のウェルビーイングの創出を目指す。

キーワード：生命科学、健康、医療、創薬、ワンヘルス、マルチオミクス、デジタルツイン、オープンサイエンス、プレジジョンメディシン、プレジジョンヘルス

ア 背景

世界に先駆け超高齢社会へと突入している日本では、とりわけ、単に生命としての寿命ではなく、「健康寿命」、さらには心の豊かさと喜びに満ちた「幸福寿命」の延伸が追求されている。これを実現することは、日本の喫緊の課題であるのみならず、全世界に対して極めて重要な示唆を提示することとなる。ウェルビーイングの重要性が着目されるようになるにつれ、これまで以上に、健康や病気の状態を含む生命現象を断片的ではなく、全体像として、より包括的に理解することが求められるようになった。また、ヒトに限らずすべての生物の保護と健康を考えることなく、この地球上で真のウェルビーイングを創出することはできない。ヒトを含めて生物全体が本来の生を営んでいるかを探求するための「知の統合」が求められている。

イ 目的・目標

医学・歯学・薬学・看護学・獣医学・工学等の垣根を越えて、あらゆる生物の生命現象を横断的に学術対象として捉え、先進のマルチオミクス（遺伝子やたんぱく質の網羅的な解析）やイメージング（生体の状態を画像等で可視化すること）、超精密デジタルツイン¹、AI等の解析技術を駆使し、さらに先進の生体工学を応用し、健康とは何か、疾患とは何か、幸福とは何かを追求する。それらの成果を得るために、データサイエンス、オープンサイエンスの考え方を深化させ、それらの利活用を通じて、生命現象の包括的理解を進め、プレジジョンメディシン（精密医療）、プレジジョンヘルス（精密健康）、創薬、ワンヘルスへの展開を加速させる。最終的に、健康で幸福な生物界、すなわち、地球上で真のウェルビーイングの創出を目指す。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

世界的に、ヒトに限定しないすべての生物の健康を目指すワンヘルスの学理確立が注目されている。日本の生物系や医療系の分野においても、マルチオミクス等の研究領域で世界を先導する萌芽的業績が挙げられている。一方で、全世界的なデジタル技術の急進的技術革新を背景に、広汎な学術分野でデータ駆動科学が推進され始め、生物系や医療系の分野も新たな展開を見せている。しかし、日本においては、バイオバンクやバイオリソースの保存・共有、生命現象に関する巨大データベース

¹ 「デジタルツイン」については、3 (2) ⑨サイバー空間の構築・活用による価値創造にて説明。

の構築とデータ共有、医療ビッグデータの利活用等の面では遅れが見られる。デジタルツイン、メタバース等の情報技術も積極的に取り入れた分野横断的なオールジャパンの融合研究体制の構築が期待されている。

エ 中長期の学術構想

医学・歯学・薬学・獣医学等の分野でマルチオミクスやイメージングの研究成果により膨大な生体情報が蓄積されつつあるが、今後はこれらに更にオルガノイド（3次元的細胞集合体のミニ臓器）を用いた研究成果によるデジタルデータ等も加えて、量子コンピュータ上に精密なデジタルツインを構築し、健康の理解、生体反応の予測、様々な疾患の発症・進行の分子機序解明を進展させる。その過程にはデータサイエンスやオープンサイエンスの考え方が不可欠であり、情報工学等との学際的な融合研究は必須である。これらの成果に、個々の患者の遺伝情報、生活習慣、診療情報等を包括的に加味し、予防、早期診断、早期治療等へつなげ、医療システムを真のプレシジョンメディシンへと移行することで、ヒトのプレシジョンヘルス、幸福寿命の延伸達成を目指す。さらには、ヒトに留まらず、動物等のウェルビーイングもボーダレスに探究し、地球上のすべての生物の保護・健康を念頭においた生命科学の学際的アプローチを進め、生命現象の包括的理解による真のウェルビーイングの創出を模索する。

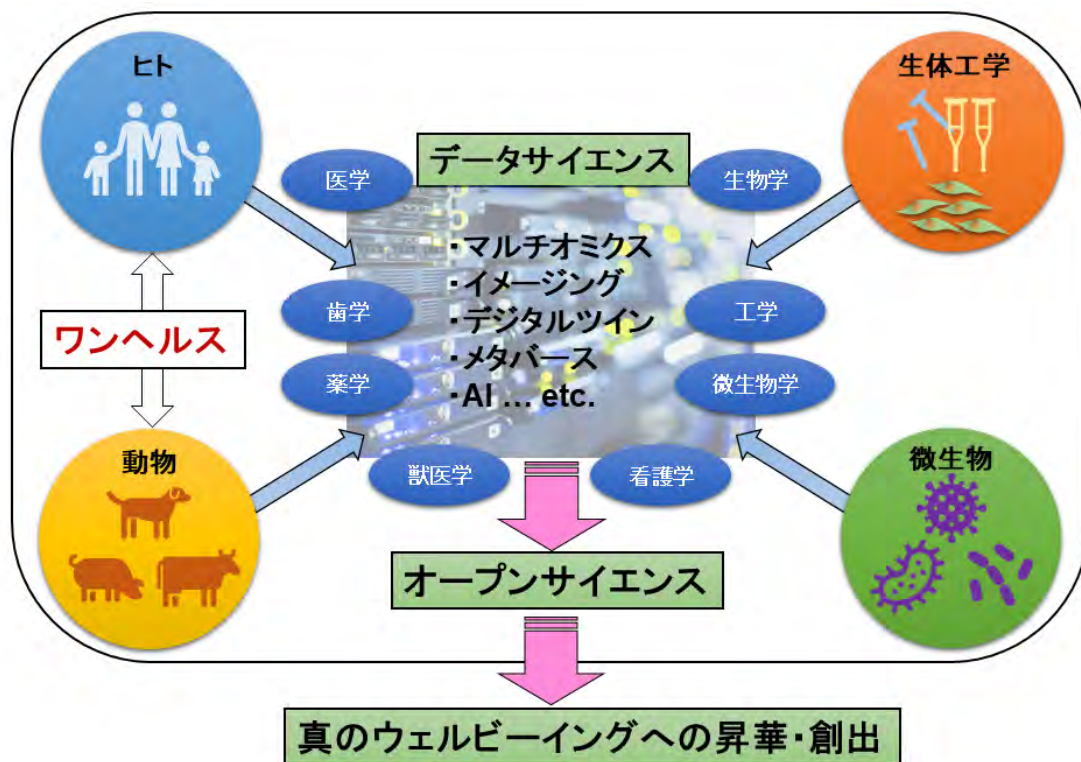


図6 生命現象の包括的理解による真のウェルビーイングの創出

（出典）2023年版にて独自に作成したものを一部改変

⑥ ビッグデータ駆動による生命科学の新たな発展

概要：生命科学に関するビッグデータの収集・保全・分析を推進し、また、新たな知見の創出プロセスを広く公開することで自然や環境の変化に関する教育を促進し、次世代の研究人材を育成していく。そのための研究拠点群形成とそのネットワーク構築に注力し、ビッグデータ駆動による生命科学を発展させる。

キーワード：デジタル保全、AI、統計、生命科学教育、リテラシー、データ基盤

ア 背景

多様な生態系のモニタリングや観測は、多様な科学、特に生命科学の基盤となる様々なビッグデータを形成しており、これらのデータ解析により、生命科学等の分野における新しい発見と環境課題の解決を生み出すことができる。アジアは多様な生態系と生物多様性を有しており、日本の学術体制はこれら自然の変化を正確に把握し、エビデンスに基づいて必要な対策を提案し得る可能性を有する。一方で、日本の研究力が論文の質・量という点で近年連続的に下降しており、ビッグデータを扱うための研究インフラ整備や、それを支える高度な統計教育・学際的な協力体制の遅れが根本的な課題となっている。近年、文部科学省による統計学の高度人材育成に向けた指導教員養成拠点の設置など、政策的な環境整備も始まっているが、これらと生命科学分野の実践的な研究・教育現場を有機的に結び付ける体制の構築が急務である。ビッグデータ駆動による新たな知見の創出プロセスを広く市民に伝え、生命科学リテラシーを促進することにより、生命科学を理解・活用する能力を育む努力が必要である。

イ 目的・目標

日本とアジア地域における自然科学者と歴史・文化の国際的研究者が協力し、アジア地域、国、県、市等のスケールで自然生態系・景観の成り立ちとそこで育まれた歴史と文化の相互関係を明らかにし、それらの活動から得られる自然界の生物標本やその分析によるゲノム、染色体等の多様なデータ収集と医学歯学を含む生命科学、さらにはデジタル保全及びビッグデータ解析を進められる研究拠点群（ナショナルバイオデータベース）を形成する。研究拠点群のデータ収集や解析の過程を公開し、全国ネットワークを持つ教育拠点として機能させ、情報・統計教育を含めた生命科学教育を進展させることで、日本の研究力の底上げにつなげる。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

欧米では、既に環境連続観測や現地踏査とバイオリギング（記録装置を動物の体に取り付け、行動等を調べる手法）等による試料採集・観測のデジタルデータを解析し、自然資源と生物多様性に対する環境変化の影響を大陸レベルで長期評価できるネットワーク拠点が整備されている。中国も国家戦略として、ビッグデータによる科学研究に巨費を投入している。欧米や中韓では大学・大学院における情報学や統計学を含む教育も盛んであり、統計エキスパートを多様な学術分野の研究者と共

同研究させることで学術全体を發展させようと図っている。現在、環境連続観測等の拠点としてはAGB（Asia Green Belt）諸国の観測サイトがあり、一方、環境保全に関しては各文化施設や宗教団体が情報・物的・人的交流という形での活発な国際交流を進めている。自然科学者はこれらと連携することで、より広域のネットワークを形成し得る。

エ 中長期の学術構想

国際連携の下で生まれていく生命科学に関するビッグデータを、収集・保全・分析していく研究プロセスを広く公開し、自然や環境の変化に関する教育を行うことで、生命科学リテラシーの向上を図る。特に自然史科学や生命科学を、人文・社会科学、情報科学等との連携を前提とし、AIも駆使して自然界の様々な情報の統合的解析を行えるように發展させる。人材育成には、研究拠点群形成とネットワーク形成が有効であり、各地に存在する既存の自然史系博物館や国際博物館会議（ICOM）との連携も図る。研究拠点群は、自然史科学や生命科学の専門家とともに情報科学や統計学のスキルを合わせ持った融合型人材の育成、自然史博物館のような市民との接点としての機能、生命科学リテラシー教育拠点としての機能を同時に担う。初等・中等教育の時点から生命科学に対する児童生徒の興味関心を高め、大学教育への円滑な接続を図り、市民の生命科学や環境問題へのリテラシーを向上させる。コロナ禍を経験した社会において、健康・医療に対する関心がより高まっている現状に照らし、このような拠点は市民のウェルビーイング向上に貢献し得る。拠点を中心として、生命科学ビッグデータを生み出し、分析する研究者が、市民とともに循環型ネットワークを形成することで、生命科学は継続的に發展し得る。

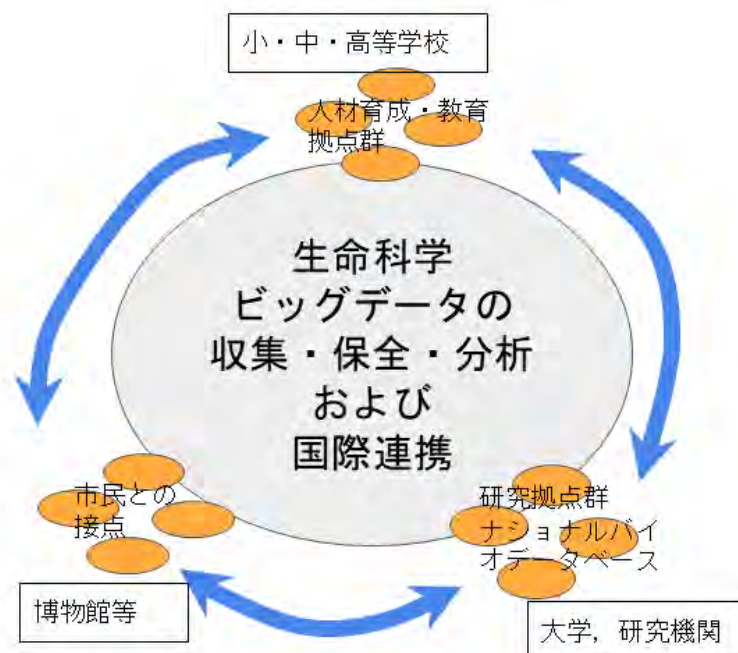


図7 ビッグデータ駆動による生命科学リテラシーの促進

（出典）2023年版にて独自に作成したものを一部改変

⑦ ヒトの知性を知る、創る、活かすための学術の創生

概要： ヒト及び種々のモデル動物において脳の情報処理の過程を多層的に計測し、データ公開することにより、省エネルギーで高性能の演算性能を発揮する脳の普遍原理を理解する。ヒト特有の知性、精神神経疾患の発現機構、ヒトのこころや文化、言語の本質に迫るため、霊長類やヒトの脳における研究を推進する。また、異分野融合により、こころの病等の社会問題の解決につながる研究体制を構築し、さらには脳型人工知能の開発と人間機能の拡張を見据える。

キーワード： 脳の動作原理、言語、こころ、精神神経疾患、脳型人工知能

ア 背景

数十億年の進化を経て誕生した生物は、人工物と比べ圧倒的に省エネルギーで高い機能を発揮する。なかでもヒトの脳という組織は全身と外界の情報を集約し、計算・解釈・統合し、その結果を全身へ出力し、制御する複雑な知的有機体であるが、その複雑さゆえに多くの謎も秘めている。知性・情動・意識の発現といった生き物の活動を司る脳は、言語・芸術・抽象的思考といったヒト特有の創造的な知的活動の源となる器官であり、しかも最先端コンピュータ以上の高エネルギー効率での演算性能を発揮する。脳の動作原理を理解することは、人類が問い続けるべき重要な課題の一つと言える。脳の異常はうつ病やアディクション（依存症）等こころに起因する問題や、アルツハイマー病のような神経疾患の原因となる。脳とこころの問題を解決し、ヒトの幸福感を向上するためにはこころを扱う学問の確立が必須である。そのために、実験施設やバイオリソースを整備し、人文・社会科学、医学、情報科学等、多岐にわたる分野横断的研究を展開することが急務である。特に、脳の動作原理に基づく人間機能の改善や拡張を図るために、神経科学とロボット工学、人工知能、認知科学、身体科学との融合が必要不可欠である。

イ 目的・目標

多様なモデル動物や、ヒトの脳の一部を再現した三次元培養組織オルガノイドや、異なる脳領域のオルガノイドを組み合わせたアセンブロイド及びヒトそのものなどにおいて分子や細胞、神経回路レベルの情報表現を多階層的に研究することにより、脳の機能とその破綻の普遍原理を解明する。ヒト特有の知性、精神神経疾患の発現機構、ヒトのこころや文化、言語の本質に迫るために、霊長類及びヒトにおける脳研究を推進すると同時に、心理学、行動科学、医学、数理科学、社会学、情報科学、言語学や美学等、複数の学術分野にまたがる多層的なアプローチを行う。また、それらがこころの病やアディクション等の社会的問題の解決につながる研究体制を、法学・社会福祉学等も含めて構築する。脳の動作原理に着想した、省エネルギーで高度な情報処理を行う脳型人工知能の開発及びロボット工学と融合した人間の機能拡張も視野にいたった研究を展開する。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

大規模脳活動記録や、細胞や組織中の遺伝子・タンパク質などを位置情報とともに網羅的に解析する空間マルチオミクス解析のような先端的観測技術の劇的な進歩に伴い、計測データが大規模化しており、モデル動物の管理も国際的な共同研究により進められている。米国や欧州が中心となる研究ネットワークは、動物の脳活動や遺伝子発現を記録した大規模なデータベースを公開している。霊長類やヒトの脳活動に関しては、日本を含む国際連携により、脳の遺伝子／分子発現パターンや脳活動・連絡性をマッピングする研究が行われている。しかし、脳の動作原理の解明は依然として人類に残された最大の科学的難題の一つである。一方で、著しい発展を遂げている人工知能（AI）は脳科学研究に必要不可欠な存在になっており、脳の情報処理機構の知見をAIへ応用する動きも国際的に活発化している。さらに、欧米では神経心理学・神経倫理学・神経哲学等、人文社会科学と脳科学との融合が深化しているのに対し、日本ではこのような分野横断的連携の拡充が課題である。

エ 中長期の学術構想

今後 20 年スケールで、多様なモデル動物やヒト細胞を用いたオルガノイド・アセンブロイドにおいて神経活動や遺伝子発現、領野間の連絡性等、多階層大規模計測データを取得し、脳と複雑に統合された全身も含め、脳の基本原理の全容を解明する研究を強力に推進する。実験とデータ科学を融合した研究を展開する拠点、国際社会にデータを提供するデータベース拠点としての脳天文台（天文台になぞらえ、脳に関する大規模・標準化データを収集・蓄積し、広く研究者に提供する研究基盤）を整備し、海外の国際研究拠点との連携を図る。また、日本の霊長類研究の強みを活かし、ヒト固有のこころや知性、疾患、多様性に迫り、人類の様々な課題解決に貢献するために、人文・社会科学も含めて幅広く分野を超えて協働できる持続可能な研究体制を構築する。さらには、解明した脳の機能を計算機模倣・再現したニューロツインを開発して精神神経疾患治療や創薬に応用する一方、脳のように省エネルギーで情報処理を行える脳型人工知能の創生及び人間機能の改善と拡張も模索する。



図8 提案されているプロジェクトの俯瞰的構想

（出典）2023 年版にて独自に作成したものを一部改変

⑧ 超スマート社会における人の能力拡張と AI との共生

概要：情報技術の加速的な進展により、汎用で自律的な AI が社会に浸透し、AI と人が共生する超スマート社会が生まれる。非言語情報を含めた人と AI の相互作用が進み、サイバー・フィジカルが融合し、人の能力拡張が行われ、多様で分野総合的な取組が進行する。

キーワード：多様性、ヒューマンインターフェイス、サイバー・フィジカル、言語資源、非言語情報、コンテンツ、アート、ELSI、アクセシビリティ

ア 背景

大規模言語モデル（以下「LLM」という。）の構築が進められ、マルチモーダルな処理も発展し、画像認識・生成技術も飛躍的に進化している。実世界からリアルタイムで収集するセンサーデータに基づいてサイバー・フィジカルの融合も進み、デジタル人文学の発展等多様で総合的な取組も進行しつつある。近い将来、様々な AI エージェントが人の能力を拡張・強化し、社会生活のあらゆる場面で人と共存する「パートナー」になると見込まれている。

イ 目的・目標

人の活動を支援し、人と共存する、汎用性の高い自律的な AI の実現は、情報技術における究極的な目標ともいえる挑戦的課題である。そのような AI は、人の行動のあらゆる局面で、個人の能力を拡張していく。また、ネットワークとセンシング技術の高度化がもたらすサイバー・フィジカルな情報環境の下で、リアルタイムで相互に協調する種々の AI エージェントの実現は、自律的に人を支援する社会基盤の構築へとつながる。ただし、そのような AI に対する、人や社会の側からの受容性を総合的に理解しておく必要もある。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

2022 年に生成 AI が注目を集め始め、AI が身近で使われることを、世界が強く意識することとなった。教育の現場等でも、その功罪についての議論が行われている。画像の生成 AI はプロンプトから見事な画像を描画することができ、言語系の生成 AI は人と区別できないレベルでの文章の読解生成やコーディングが可能となり、誰でも容易に使うことができる ChatGPT 等の登場の社会的インパクトは極めて大きかった。さらに現在は、人間と AI が互いの思考や行動に合わせて変化し続ける「双方向の適応 (Bidirectional Adaptation)」が中心的な研究課題となり、AI がユーザーの長期的な文脈や個別の価値観、専門的な「暗黙知」を理解し、共有メンタルモデルを構築するプロセスが重視されている。

エ 中長期の学術構想

情報技術の進展と普及により、人が能力を拡張していくことは間違いない。学界は先行して情報技術の数十年後の社会での役割を示していくことが求められて

おり、実空間とサイバー空間が連携した環境で、汎用性が高く自律的なAI と人が共生する社会を目指すために、基盤的な技術研究と人や社会に関する研究の推進が必要である。

個別研究テーマの例として、段階別に以下を挙げることができる。社会実装に向けた段階にある技術研究としては、日本主導のマルチモーダル（異なる複数の情報（文字・画像・音）を同時に理解し、関連付けて処理する技術）な大規模モデルの構築、計算知能のための大規模並列分散システム、地域文化情報のデジタル化・共有化とそのアクセシビリティ向上等。実証・普及段階にある技術研究としては、AI の協調・連携を行う通信パラダイム、AI プラットフォームを実現する半導体技術、感情を含む非言語情報を扱う基盤技術等。将来に向けて技術的・学術的な検証が必要な技術研究としては、サイバー・フィジカル情報環境下でのアバターやロボットによる人の能力拡張、コンテンツ・アート・音響の情報処理等。一方、人とAI の共存が個人のウェルビーイングの向上に結び付くことが重要であり、そのための人や社会の研究としては、人に内在する強靱性の強化、技術進展に対する人・社会の受容性の強化、人や文化の特性・多様性の考慮、そして、倫理・法・著作権等の制度等の課題に対する研究が挙げられる。特にデータ基盤構築等は他の多くのグランドビジョンとも深く関連しており、研究コミュニティは、それらの科学的意義や実現可能性等の議論も深めなければならない。

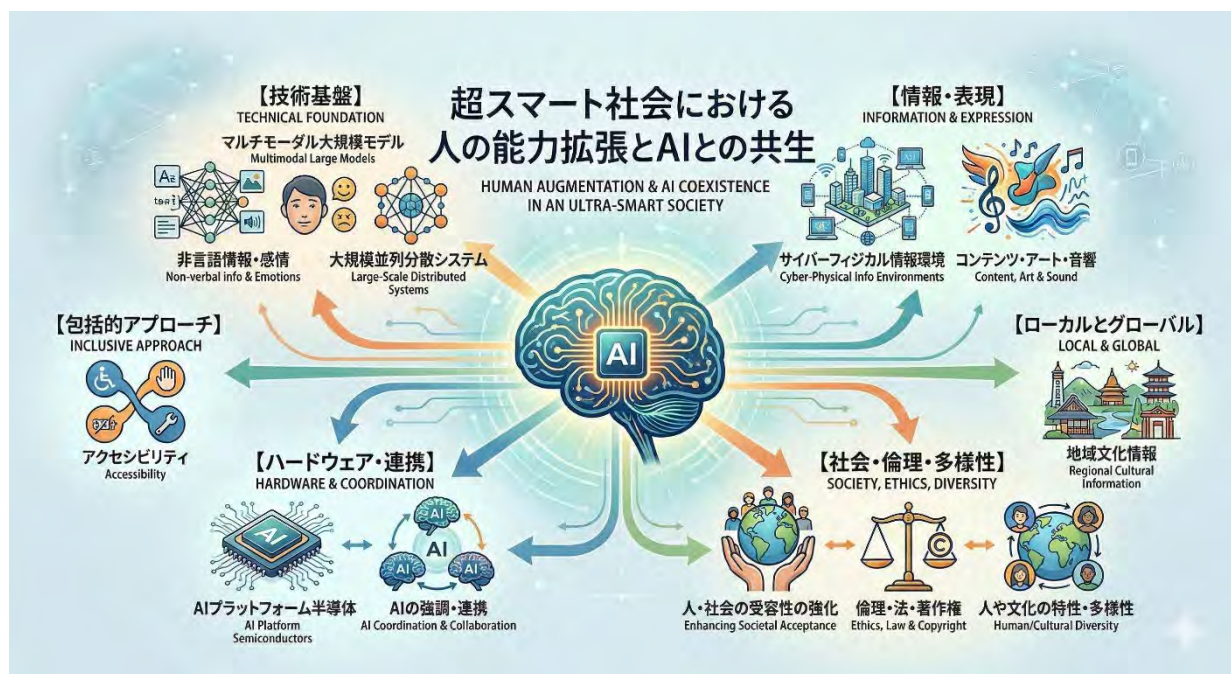


図9 超スマート社会における人の能力拡張とAI との共生
（出典）本提言にて、独自に作成（Generated by AI）

⑨ サイバー空間の構築・活用による価値創造

概要: サイバー空間上に現実の世界を再現することや、仮想世界を構築することで、高度なシミュレーションの実現や人々の生活をより豊かにする新たな技術やシステムの創造を目指す。

キーワード: デジタルツイン、メタバース、シミュレーション、予測モデル、AI、バーチャルリアリティ、セキュリティ

ア 背景

サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることで、経済発展と社会的課題解決が両立した人間中心の社会（Society5.0²）の構築が求められている。サイバー空間とはコンピュータやネットワーク上に構築された仮想的な空間を指し、サイバー空間を活用するものとして、デジタルツインとメタバースがある。デジタルツインは、現実空間の双子（ツイン）をサイバー空間内に実現することで、シミュレーションや最適化等を行うものである。メタバースは、メタ（超）とユニバース（宇宙）を合わせた造語で、サイバー空間内に作られた人間の活動空間であり、コミュニケーション等の人間活動だけでなく、現実世界を超える体験も行われる。アバターをデジタルツイン上で活動させてシミュレーションを行うなど、両者を融合・補完させる方向性での検討も行われている。サイバー空間を対象とする研究では、様々な視点から潜在的可能性や問題点について理解し、サイバー空間の活用法の開発やその改善も行われようとしている。

イ 目的・目標

サイバー空間では現実の制約を超えた空間が構築でき、試行や実験を通じて、より豊かな人々の生活を模索できる可能性がある。現実世界と比較してエネルギー消費量が少ないことも特徴であり、サイバー空間での活動によって地球環境への負荷を軽減することも期待される。一方、サイバー空間におけるプライバシーやセキュリティの問題、ELSI 等、今後の検討を要する問題点や課題も存在する。学術研究は、種々の試行や実験とともに、これらの問題や課題についても解決策を模索することが求められる。日本が強みを持つ現場の「実践知」や高精度な物理モデルをサイバー空間に反映・融合させることによる独自の価値創造が期待される。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

世界中で、エネルギー・交通・物流マネジメント、気象・気候分野や医療分野等様々な分野において、デジタルツインを用いたシミュレーションや予測モデルの開発が精力的に進められている。また、製造分野では製造プロセスの最適化や製品品質の向上を目指す研究が行われている。AI や機械学習等の技術との組み合わせで、高度なデータ解析や予測モデル構築も進められている。メタバースに関する研究も

² 内閣府科学技術政策、Society 5.0 https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html

盛んであり、サイバー空間内での AI やバーチャルリアリティ（仮想現実感）等の技術開発、音楽、文学等のデジタルアートにおける文化的表現の分析や創造性の追求、仮想経済や社会システムの検討、仮想世界における教育やコミュニケーションの方法論の研究等、広範囲で検討されている。

エ 中長期の学術構想

サイバー空間を対象とする学術研究は、今後ますます多様な形で進展し、人々の暮らしにとって重要な役割を果たしていくことが期待されている。今後 10 年スケールで取り組むべき社会的に重要な検討課題としては、デジタルツインによる創薬・医療の革新、未来モデル都市のデザイン、持続可能な物流、地球変動予測と防災・減災、生物の健康と地球・宇宙環境の維持、多様なリスクマネジメント等が挙げられる。社会実装に向けては、日本独自の精密なシミュレーション技術と現場の実践知を融合・活用しつつ、人間と AI の共創、コンピューティング技術の高度化に加えて、サイバー空間におけるプライバシーやセキュリティの問題、ELSI に対する制度整備も同時に進める必要がある。その上で、さらに生活の質向上のためのメタバースの創成、人々の価値観の変化・社会の不確かさ・複雑さなども含めたサイバー空間構築等が検討されていくことになる。



図 10 サイバー空間の利活用について提案されているプロジェクト構想

（出典）Society5.0 科学技術政策（内閣府）を基に、2023 年版にて独自に作成したものを一部改変

⑩ データ基盤と利活用による学界の再構築

概要：あらゆる分野のデータを集約するデータ基盤、さらに進化させた知識基盤の整備を進め、同時に利活用し得る人材を育成することでデジタル変革を推し進め、学界を再構築していく。

キーワード：学術情報基盤、知識基盤、資料保全、データ駆動型研究、オープンサイエンス

ア 背景

現代では、学術の進化を継続的に支えるためにデータ基盤の構築とその公開が欠かせない。例えば、世界中の研究者が公開データを利用して月面上の水の存在や系外惑星の存在等、予想外の事象まで実証できるようになった。しかし、日本の学界はビッグデータやオープンサイエンスの恩恵を十分に享受できておらず、その主原因として、国内の統一データ基盤の未構築が挙げられる。人文学や社会科学においてもビッグデータの機械学習等による解析やシミュレーションが重要視されつつあるが、利用技術習得が十分に進んでいない。また、エビデンスに基づく政策形成（以下「EBPM」という。）が徐々に可能となってきたものの、日本における進展は道半ばであり、今後は政府・地方自治体に信頼し得る組織体制を構築し、海外からの評価も得ていく必要がある。データ基盤を高度な知識基盤へと進化させ、あらゆる学問分野で利活用人材を育成し、日本の学界全体をデジタル変革していくことが急務である。

イ 目的・目標

官民が連携し、様々な分野のデータを収納できる国家的なデータ基盤を整備し、あらゆる学問分野の研究者の利用を可能にする。データの解釈・関係付け、知識の汎化・体系化等の過程において自動化も進める。データ基盤を新たな知の創造につながる知識基盤とするために、必要な人材育成と技術開発を優先的に行う。一次資料の収集・保全、デジタル化を経て、資料のアーカイブ化、データベース構築及びキュレーション（整理・編集）、更には、アウトリーチも含めたシステムの確立を通じて、循環型の知のエコシステムを構築し、他分野と協働しやすくすることで、どの学問分野も自律的に社会課題解決への寄与を目指すことができる。例えば、地域研究体系を強化し、地域政策の効果検証の水準を上げ、地域社会の将来に関する提案力強化を目指す。ビッグデータ駆動型教育による LX（学習変革）の推進等も目標とする。産官学においてオールジャパンが連携し、同時に国際的な広がりも持つ、オープンサイエンス型のネットワーク構築が有効と考えられる。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

2012 年の米国の戦略計画「ビッグデータイニシアティブ」を機に、ビッグデータ時代が到来し、各国でデータ基盤整備や人材育成が進められた。各国・各地域に蓄積された書物や文書類のデジタル化と公開が国家的事業として進められ、データの

ビジュアル分析が進み、新たな手法の確立プロジェクトも進んでいる。欧米中韓印等の中核的大学では、統計学専攻コースが学内や地域産業界のコンサルテーションに当たり、大学全体のデータサイエンス化を支援する例が見られる。日本においても、政府統計調査に基づく公的データの利活用が始まり、国際水準の探索的分析が可能となってきた。また、AI 時代に突入し、その元となる信頼のおけるデータの収集、保全がますます重要になってきている。

エ 中長期の学術構想

学術界全体のデジタル変革の具体策は、1) 国内のデータ基盤・知識基盤の整備、2) データ基盤・知識基盤を中心とした学問の再構築、3) AI、計算科学、デジタルツイン技術、可視化等の分野融合的人材育成と技術開発、4) 知識基盤の世界とのネットワーク化、5) 知識基盤を広く解放し、利用を促すアウトリーチ、6) EBPM の基盤確立とデジタルツイン利用、7) 個人情報・法人情報等に関する法整備を含めた ELSI の検討、8) 日本の独自性及び国内各地の独自性に配慮したデータ収集と利用方法の確立である。また、その設備体制として、高性能スーパーコンピュータ群と、知識処理をサポートするための計算機群への大容量高速ネットワークアクセス整備を進める。

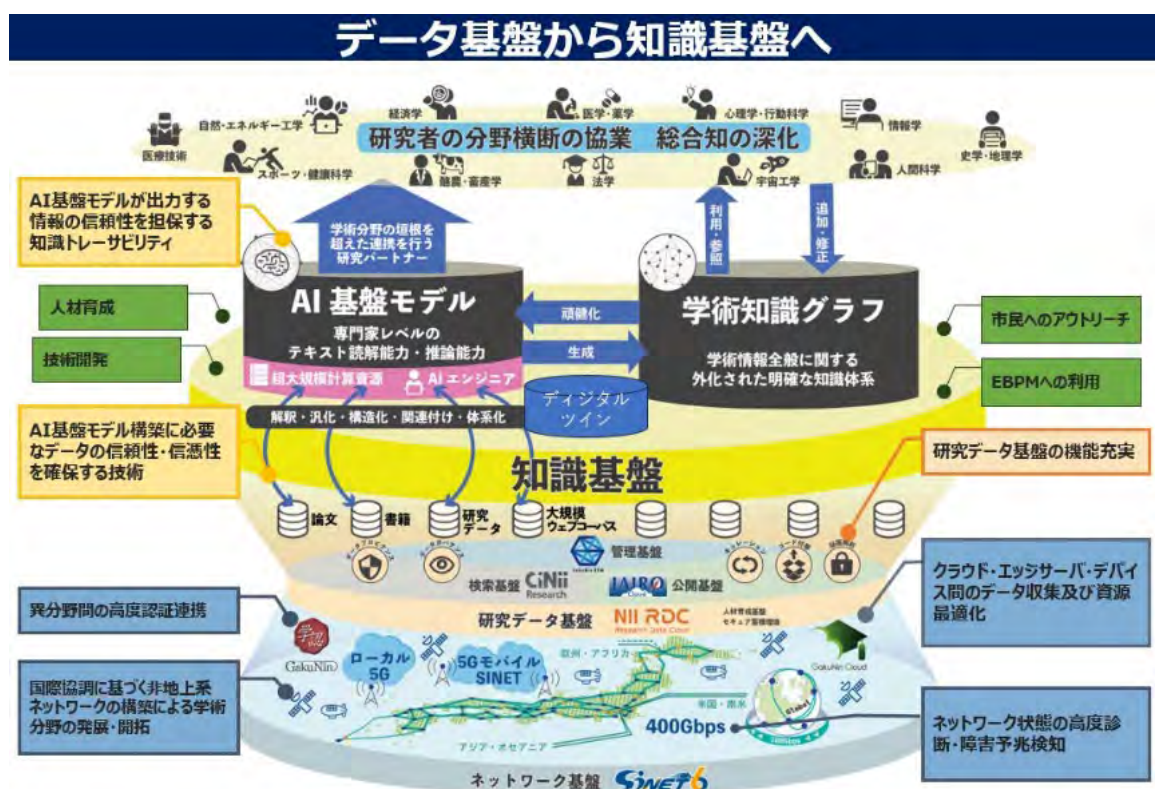


図 11 データ基盤とその利活用による学術の発展

(出典) 学術の中長期研究戦略「データ基盤から知識基盤へ」を基に、2023 年版にて独自に作成

⑪ 数学・数理科学・量子情報科学が切り拓く未来社会

概要：数学・数理科学、量子情報科学等を基盤とした拠点形成と連携ネットワーク構築により、高い研究レベルを維持し、未来の産業構造と社会変革の基となる研究展開と人材育成の継続的推進を目指す。

キーワード：ネットワーク形成、連携プラットフォーム、国民教育、知の循環、基盤構築

ア 背景

数学・数理科学は、未来の産業創造と社会変革のための共通基盤を支える横断的な科学技術として位置付けられてきた。また、物理と情報が新しい形で統一された量子情報科学においても、情報という概念の普遍性と量子力学の適用範囲の多様性に基づいた多様な研究が進みつつある。

イ 目的・目標

社会においてデジタル化やデータ活用が進むにつれ、数学・数理科学、量子情報科学の果たすべき役割は多岐にわたり、多様性と重要度が増していく。日本の数学・数理科学、量子情報科学の高い研究レベルを維持し、同時に、他の諸科学や産業界との連携により科学技術イノベーションへと展開する仕組みを構築していく。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

米国ではNSF (National Science Foundation) が2004年からPriority Areaの一つとして数理科学を推進し、重点的に予算措置している。量子情報科学に関しては、欧州で2018年にEU Quantum Flagship³が立ち上がり、米国で2018年に「国家量子イニシアティブ法」が成立した。日本でも数学・数理科学と諸科学・産業との協働研究推進が始まり、量子情報科学についても使命達成型の研究開発へ向けて政策が進められているが、今後も高いレベルを維持し続けるために更なる推進力が求められる。

エ 中長期の学術構想

数学・数理科学において、研究の深化と創造性を目指すために全国の各大学等に分散している研究者の裾野の広がりを持続し、研究環境の整備・向上を通じて先端研究を推進し、高い研究レベルを維持する。さらに、研究成果を科学技術イノベーションへと展開し、インクルーシブ、かつ、サステナブルな未来社会を実現するために、他の諸科学や種々の産業との連携プラットフォームを発展させ、様々な課題解決に寄与する体制を構築する。なかでも、数学・数理科学はすべての学問分野・科学技術・文化・産業・政策等の基盤であり、数学・数理科学、データサイエンスの教育を充実させ、人材育成につなげる。一方、整備が進められている量子技術イ

³ EU, Quantum Flagship <https://qt.eu/>

ノベーション拠点の参画組織と、大学等に分散する量子情報科学の研究グループを有機的に結び付けることで「量子情報科学ネットワーク拠点」を構築し、量子情報科学の振興とともに、ネットワーク拠点を起点とした学術とイノベーションの「知の循環」を目指す。「知の循環」によって、物理・情報から材料・化学・生命・環境・宇宙に至るまで、量子情報という概念の普遍性と多様性を活かした分野横断型の学術基盤の創成が見込まれる。また学術基盤を社会が内包する多種多様なニーズへと結び付け、汎用量子コンピュータ、量子インターネット、量子センシング、量子マテリアル、量子ソフトウェア等の量子技術を基に、AI、セキュリティ、材料、エネルギー、創薬、ロジスティックス等における技術革新を誘発創出し、超高度情報化社会の技術基盤構築に貢献する。本グランドビジョンの実現に必要な「学術の中長期研究戦略」及び関連分野の研究戦略が、時代や国際的状况に適応したものになっていることを継続確認し、人材育成や諸科学・産業界との連携等について産官学で継続的に意見交換し、連携の方向性を決めていく。

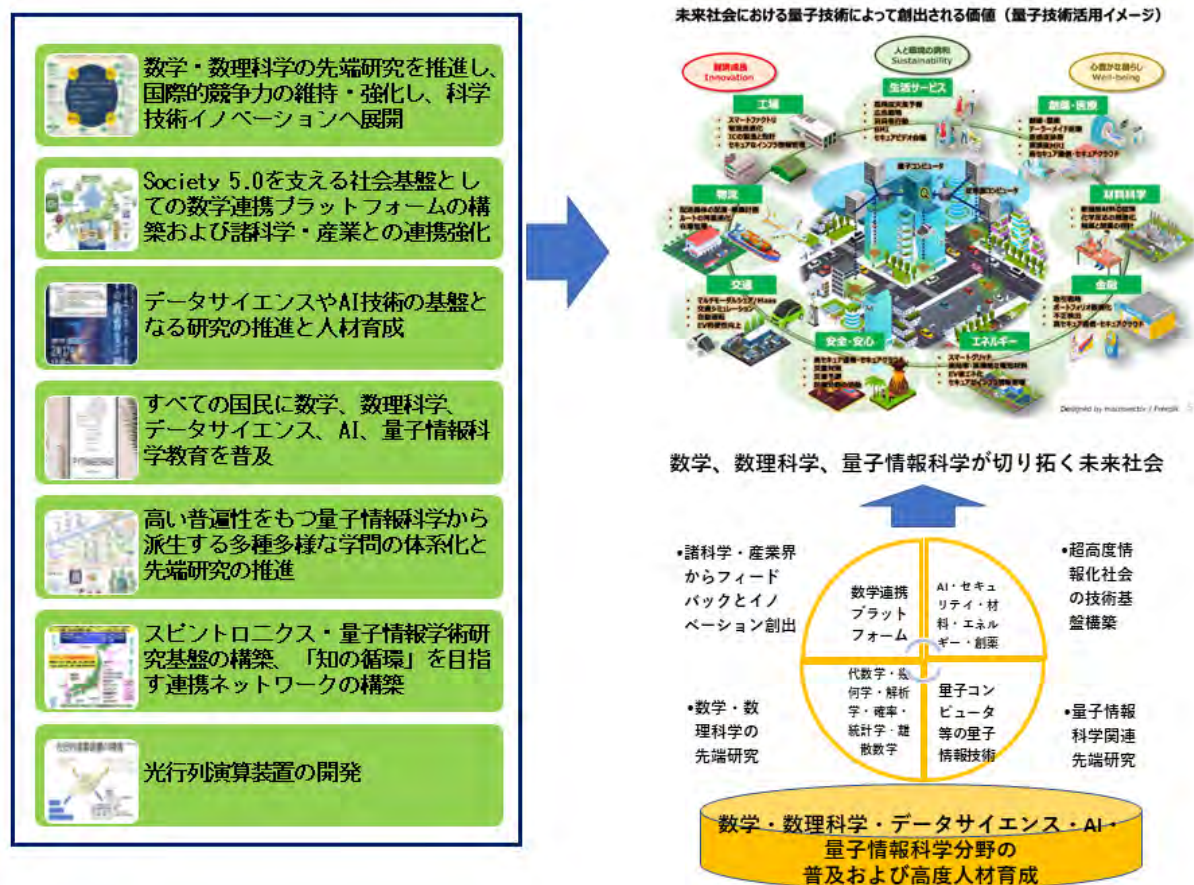


図 12 数学・数理科学・量子情報科学が切り拓く未来社会
(出典) 内閣府資料⁴を基に、2023 年版にて独自に作成

⁴ 内閣府、「量子未来社会ビジョン」（2022 年 4 月 22 日統合イノベーション戦略推進会議決定）
https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/ryoshimirai_220422.pdf

⑫ 観測技術革新による地球システムの理解と地球変動予測への展開

概要：革新的な観測技術を駆使し、地球の内部から深海・海洋・陸上・大気・磁気圏まで、現在の地球の状態と生起する諸現象や活動を、地球を一つのシステムとして捉えて解明することを目指す。宇宙から海底まで、赤道から極域まで先端的観測を幅広く展開するとともに、数値モデルや地球のデジタルツインを構築し、将来の地球変動予測へとつなげる。

キーワード：地球観測、地球システム変動、気候変動予測

ア 背景

地震・火山・極端気象等の突発的、あるいは局所的に起こる様々な自然現象は、人類の生存に甚大な影響を及ぼす事象である。加えて、温室効果ガスの増加により地球の気候と我々の生活環境が大きく変化しつつあり、全地球的に重大関心事となっている。地球で起こる様々な変化・変動を捉え、それらに対する適応策を講じるため、地球を一つの巨大で複雑なシステムとして理解することが重要と考えられている。一方、地球の様々な領域の様々な物理量について、従来以上の精度・時間分解能・観測期間、空間分解能・広領域での計測を実施し、高精度に分析することが可能となり、また、計算機技術の発達により、地球システムを大規模に、かつ、高分解能で精緻に数値モデル化することが可能になってきた。革新的な観測技術や最新のツールを活用した地球システムの理解が人類の将来を大きく変え得る状況になりつつある。

イ 目的・目標

先鋭化した観測技術・計測技術・分析技術を駆使することで、これまで以上に高い解像度で地球システムを捉えることを目指す。地球システムの理解を深めるために、多様な観測データやそれらの分析によって、相互に影響し合う構成要素とプロセスを解明していく。また、今後の地球の変動を予測するためには、それらを包括した数値モデルの構築、デジタルツインの構築が必要となる。地球の内部から表層にかけての固体地球、深海、海洋、陸上、大気、そして磁気圏や地球近傍の宇宙を含めて、両極から赤道に至る広い領域を、様々な時間空間スケールで過去から現在について把握し、今後の地球変動予測につなげることを目標とする。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

地球観測に関して日本が世界をリードしてきた技術は、ミュオグラフィ(ミュオンによる透視)、ニュートリノ検出、深海アルゴフロート、「ちきゅう」による深海掘削、超高压技術、南極砕氷観測船、衛星搭載マイクロ波放射計・降水レーダ等の先端的測器、フェーズド・アレイ・アンテナ、高分解能質量分析計、地球シミュレータ等多岐にわたる。これらの強みを活かし、地球システムの理解に挑むことは、日本の大きな国際貢献になる。今後は先端的な地球観測を更に発展させつつ、広範な分野連携・分野融合も進め、地球の変動予測の精度向上へとつなげる必要がある。

エ 中長期の学術構想

上記目標の実現のために、具体的には、ミュオグラフィやニュートリノ検出の技術を発展させ、掘削技術や超高压実験の更なる進展により、長年にわたり未解明である地球の核、マントル、地殻等の内部構造やダイナミクスを明らかにするとともに、海洋・大気等の様々な現象の内部構造にも光を当てていく。また、アルゴフロートによる深海の広域観測や南海トラフの掘削孔を活用したモニタリング等で、深層循環や巨大地震発生のメカニズム等の解明を大幅に進展させる。一方、大型レーダや広域ネットワーク観測等を発展させ、太陽からのエネルギーの流れを明らかにし、地球上のみならず地球近傍の宇宙環境まで幅広く地球システムの理解を広げる。プラットフォームとしての人工衛星、航空機、砕氷船、研究船等、海洋に加えて深海の無人探査等を充実させることによって、大気成分分析や素過程の研究、南極の氷床の変化と海面上昇・気候影響、北極域の急激な温暖化などの、海洋・陸域・大気までの広域の高精度観測による情報収集等により、地球規模の変動をより詳細に明らかにできる。さらに、超高压実験技術、高分解能質量分析技術等、日本が得意としてきた実験・分析技術を活用する。これらは本グランドビジョンの目的以外にも材料開発・医療技術等幅広い分野での研究に貢献し得る。これらの膨大な観測データや数値モデルを駆使し、地球のデジタルツインを構築する。類似のアプローチは、他の惑星のデジタルツイン構築にも活かし得る。これら成果発信は、気候変動等への適応策に活かしていくとともに、将来の地球変動予測へと展開する。

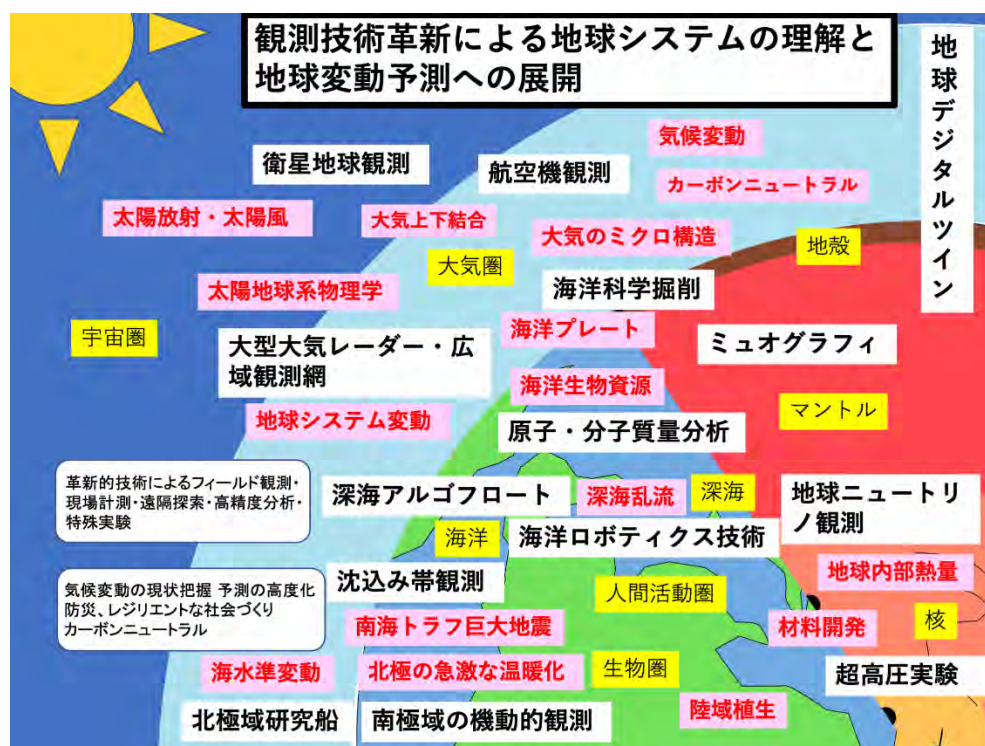


図 13 観測技術革新による地球システムの理解と地球変動予測への展開概念図

(出典) 2023 年版にて独自に作成したものを一部改変

⑬ 地球規模の環境危機にレジリエントな持続的社会的構築

概要：環境危機が顕在化するなか、人間活動が地球環境と調和したレジリエントな社会の構築を目指すため、複合的要因を織り込んだ統合モデルを示し、自然にポジティブな食料システム、水や物質の循環システムと調和した資源利用、激甚気象災害にレジリエントな都市等の持続的社会的構築のシナリオを提示する。それらのシナリオ実現に必要な生物資源や技術革新に向けた研究を異分野協働により推進する。

キーワード：環境危機、物質循環、統合モデル、安心・安全な社会

ア 背景

人間活動は生物圏の持続性を脅かし、また、気候変動に伴う激甚気象災害の頻度の高まりは社会と経済を様々な角度から脅かしている。パリ協定では、世界の平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求する目標が掲げられたが、地球温暖化の緩和は国連のSDGsの一環でなくてはならない。すなわち、温暖化対策は、貧困や飢餓の撲滅等の世界中の人々の生活向上と生態系の保全による持続可能な人類社会の実現と両立させる必要がある。経済・社会・生物圏の持続的な未来を構築するためには、個別の開発目標の最大化によって生じ得るトレードオフを最小限に留め、人間活動が地球環境と調和するレジリエントな社会構築のシナリオを選択・実現していく必要がある。

イ 目的と意義

地球環境問題の解決に向けて、環境危機にレジリエントな持続的社会的構築に向けた研究を自然科学から人文・社会科学までの多様な研究分野が協働して総合的に推進する。そのために、トレードオフやシナジー等の関係を理解した上で、科学的データに基づいた統合モデル等によって複数のシナリオを多様なステークホルダーからなる市民社会に明示する。ビッグデータサイエンス等も活用して研究分野による知識の違いを解消し、ステークホルダー間の合意形成を図りつつ協働を促す。選択したシナリオの実現に必要な生物資源や技術革新については、幅広い研究分野が連携して実現することで、地域社会と国際社会のより良い未来を構築するという社会的意義を果たせる。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

地球環境問題解決と持続的社会的構築は、全世界で取り組むべき喫緊の課題として、多くの分野で認識されている。トレードオフの関係にある課題も多く、地球規模の食料需要増加が地球温暖化と生物多様性減少につながることは、国連食料システムサミットや農林水産省の「みどりの食料システム戦略」策定等での注目点になっている。資源分野では、再生可能エネルギーや循環型経済への転換が、防災分野では、気候変動に伴う激甚自然災害や複合的災害に強靱な都市改造計画や迅速復興を可能とする減災体制の必要性が議論されている。これらに対し、総合的な持続的社会的構築を目指す地球環境研究・サステナビリティ科学の国際的研究プラットフォーム

オーサムである Future Earth が 2012 年に設立され、分野横断的な協働体制構築に向けた活動を行っている。日本においても日本学術会議を中心に日本委員会が設置され、現在は 41 機関が参加・活動しているが、多様な研究分野が有機的に結び付いた研究体制構築までには至っていない。

エ 中長期の学術構想

「地球規模の環境危機にレジリエントな持続的社会の構築」を目標として、多様な研究分野が協働して総合的研究を行うための基盤を整備する。具体的には、地域から全球までの水や物質の循環や生態系・人間活動の観測体制を強化し、データ共有によって研究分野による知識の違いを解消し、複合的要素を取り込んだ統合モデルによって、よりレジリエントへ向かう社会変革の方向性をシナリオの形で提示する。気候変動の進行に適応した安心・安全な将来社会を実現するための技術としては、例えば、持続的食料生産のための品種開発、森林吸収源の機能強化、生物圏機能の活用、深海炭素隔離技術開発、生物多様性を基盤とした循環型経済への社会変革、環境性能が高く激甚気象災害にも耐え得る都市計画・住居開発等に着目して、分野融合的な研究活動を進める。

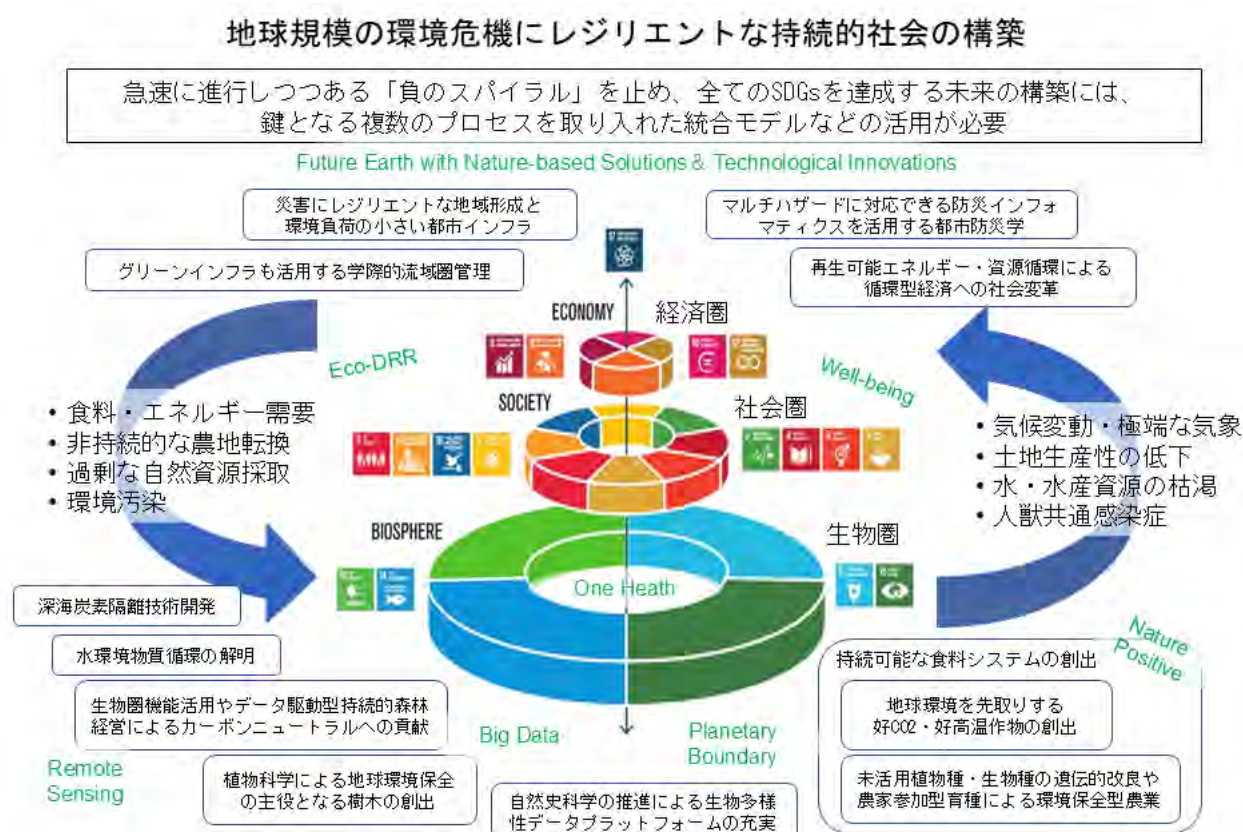


図 14 持続的社會構築に向けた学術構想の概念図

(出典) Stockholm Resilience Centre の図⁵を基に、2023 年版にて独自に作成したものを一部改変

⁵ Stockholm University, Stockholm Resilience Centre <https://www.stockholmresilience.org/>

⑭ エネルギーと環境の両立的課題解決

概要：持続可能で安全・安心な社会を構築するために、エネルギーと環境の喫緊の問題に対して、多様な観点から連携しつつ研究推進することで、両立的課題解決を模索する。

キーワード：エネルギー源、核物理、プラズマ物理、物性科学、再生可能エネルギー、地球環境保全

ア 背景

理工学の分野において、エネルギーとは物理的な仕事を行うことができる能力を表す概念であり、化学エネルギー、電気エネルギー、熱エネルギー、機械的エネルギー等、様々な形で存在している。生活や生産の基盤となる重要な要素である一方で、エネルギーの生成や利用の際に大気汚染や温室効果ガス（二酸化炭素等）の排出は、気候変動等地球環境への悪影響が問題視されており、生物多様性の喪失や生態系の破壊といった環境問題にも長期的な影響が懸念されている。気候変動や環境問題の深刻化に伴って、エネルギーと環境に関する学術研究の重要性が一層高まっている。地球環境を保全し、持続可能な社会を実現する上で、これらの課題には両立的解決が求められる。

イ 目的・目標

これまでのエネルギーに関する学術分野は、エネルギーの生成、変換、保存、輸送、利用等を対象としており、環境負荷の少ないエネルギー源や持続可能なエネルギー源の利用、省エネルギー等のエネルギー利用効率の向上、エネルギーの安定的な供給の確保等を課題としている。一方、これまでの環境に関する学術は、大気、水、土壌、生物、人間等を対象に、環境状態の把握、環境変化の原因・メカニズム、環境への影響、環境保全や再生等を課題としている。エネルギーと環境問題は相互に密接に関連しており、今後は両者に関わる学術を連携させて、両立的解決策を模索する。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

いずれも課題の緊急性から、国内外で精力的に研究がなされている。エネルギーに関する研究としては、再生可能エネルギー（自然界から継続的に生成されるエネルギー源に由来して持続的に利用できるエネルギー）に関する研究が活発に行われており、太陽光や風力、水力、地熱等のエネルギー源が広く利用されるようになってきている。再生可能エネルギーの普及に伴って蓄電池技術や水素エネルギーの利用等、エネルギーを貯蔵するための技術についても多くの研究がなされている。また、バイオマス（植物や動物等の有機物質）から作られるエネルギーや原子の持っているエネルギーを核分裂（原子力エネルギー）、あるいは、核融合によって安全に取り出し利用することについても研究が進められている。環境問題に関する研究としては、資源の循環利用を促進する技術、排出される二酸化炭素を削減、あるいは、

吸収する技術、環境汚染への対策技術等についての研究が進められている。この他、エネルギーの効率的な使用に向けて、エネルギー需要予測やエネルギー供給の最適化等に AI を利用することなどについても研究がなされている。

エ 中長期の学術構想

エネルギーと環境の課題を両立解決していくために、研究コミュニティは多様な形で連携しつつ、人々の暮らしや環境保全に重要な役割を果たしていく。今後 10 年スケールで取り組むべきは、環境影響に配慮した上での、エネルギーの生成とその利活用の高効率化に資する核物理、プラズマ物理・物性科学等の基礎学理探求、エネルギーの有効利用のための低温工学、超電導工学・熱工学等の工学、電動化技術や水素エネルギーの有効活用等の社会実装等である。同時に、これらに対する社会的・経済的な観点からの追求も進める。分野横断的な連携はもちろんのこと、時間や空間のスケールが異なる様々な課題や技術を包括的に考慮した学術連携が必要である。また、人類全体の課題であることから、国際的な連携の下に学術を展開することが求められる。

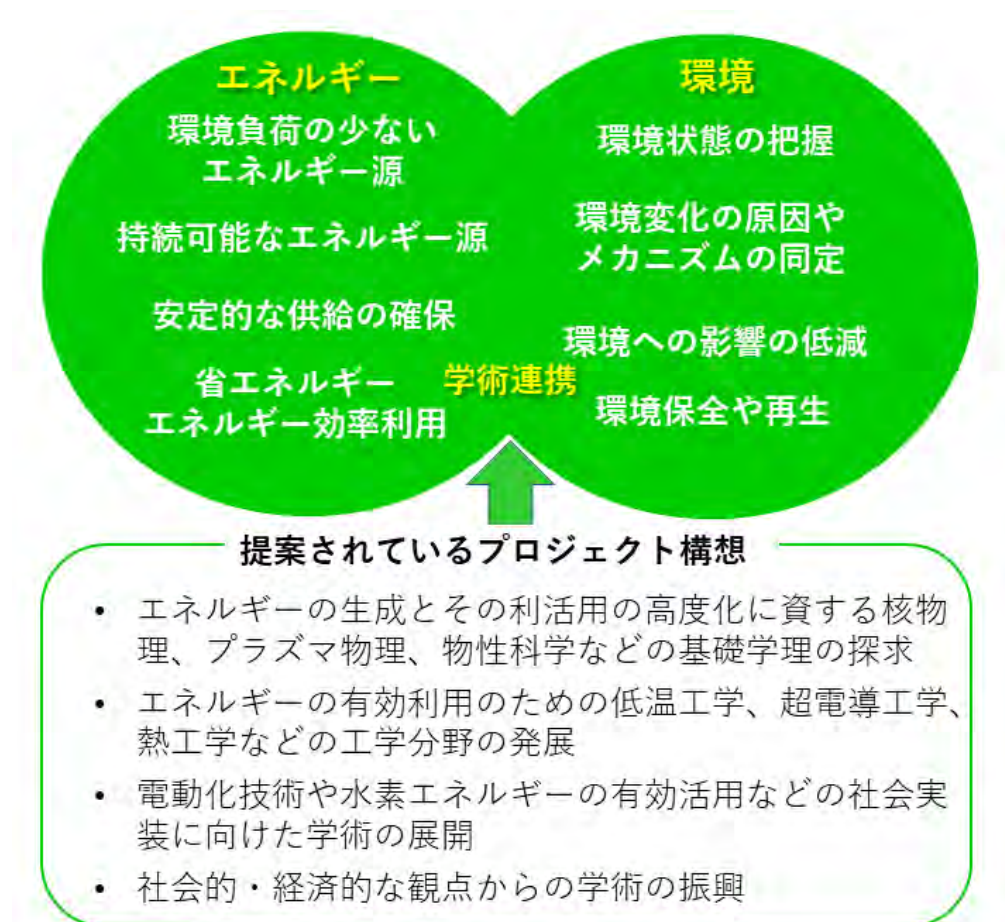


図 15 エネルギーと環境問題について提案されているプロジェクト構想

(出典) 2023 年版にて、独自に作成

⑮ 持続可能社会に資する革新的な物質・材料の開拓

概要：日本が高い競争力を有する物質・材料の研究・開発において、特に、(A)資源の量的・空間的偏在による利用限界、(B)生産過程の副産物や利用後の廃棄による環境汚染、(C)エネルギー利用による温暖化ガス排出の3つの課題に着目して、人材を育成しつつ新物質創製と材料生産プロセスにおける革新を目指し、持続可能な社会の構築に貢献する。

キーワード：物質創製・合成、評価法、機能物質、生産プロセス革新、エネルギー転換、環境負荷低減、資源循環

ア 背景

人間は、古来より身の回りにある物質を材料として活かして様々な道具・デバイスを生み出し、今日の豊かな暮らしを築き上げてきた。例えば、PCには軽量・堅牢な合金による金属シャーシー、磁性体を用いた高密度ハードディスク、高純度材料やその接合技術に支えられた半導体回路、通信に用いられる半導体レーザー、光ファイバー網、高周波無線チップ等が使われており、現代社会は物質・材料並びにその生産プロセスの革新に支えられているといえる。物質・材料の研究分野は、(1)新物質・材料の開発・合成、(2)物質・材料の生産・加工プロセス、(3)物質機能評価手法の開発・新制御手段・新機能開拓、という3つの分野に大別される。日本では、好奇心に基づく独自の基礎的研究と人材育成がこれら3つの分野で行われてきており、機能材料開拓を目指した分野間の協創も見られ、それらは加工貿易の繁栄にも大きく寄与した。また世界を先導する多くの優れた基礎的研究成果が生み出され、導電性ポリマー、不斉合成、高効率カップリング反応、ワイドギャップ半導体光電デバイス、金属有機構造体(MOF)等の成果がノーベル賞に輝いた。また、産業界の高度製品生産を支えてきたのは、高度な材料開発に加え、高効率生産・ナノスケール加工等のプロセス科学である。

イ 目的・目標

多彩な物質・材料科学とその生産技術も、今や新たな課題に直面している。特に、(A)資源の量的・空間的偏在による利用限界、(B)生産過程における副産物、利用後の廃棄による環境汚染、(C)エネルギー利用による温暖化ガス排出において、一層の革新的研究成果が求められている。(1)～(3)の研究分野の知見を生かし、知的資産確保を含め、新たな革新的成果によって、上記(A)(B)(C)の3つの課題の解決へと導くことこそが、世界の物質関連研究とプロセス技術を先導してきた日本に課せられた責務であり、それらは持続可能な社会の構築へ向けて人類全体に対する責務でもある。また、それらの過程は、日本の次世代を担う人材の育成にとっても重要な機会である。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

日本の物質・材料関連分野は、複数のノーベル賞に輝くなど世界的にも高く評価

されてきたが、今や物質開拓の量的・網羅的研究は新興国との競争激化に晒されている。例えば、計算・情報科学との融合によって蓄積した膨大な知見を活かすべく、AIを用いるビックデータサイエンス拠点の構築、量子ビームや強磁場サイエンス等大型施設との共同研究の拡張等が重要視されている。人材育成も含めた産学連携研究と実用展開、スタートアップの創出を狙う取組も注目されている。

エ 中長期の学術構想

前述の3つ (A) (B) (C) の課題を乗り越え、(1)～(3)の研究分野の知見を生かし、資源循環、カーボンニュートラル、気候変動等、人類全体に迫る問題解決に向けて中心的な役割を果たしてゆく。例えば、低消費電力高速情報処理デバイス、そのためのトポロジカル物質（物質中の電子の量子力学的状態が持つ幾何学的性質（トポロジー）を反映し、特異な物性を示す物質の総称）、高効率固体光エネルギー変換デバイス、水素科学を活かした炭素中立材料とその生産プロセスの開発、身近な繊維材料などの高機能化、元素戦略やそのための生産プロセスの革新等が具体的な重要テーマと位置付けられる。また、量子物質（トポロジカル物質や量子スピン系）は量子科学、量子制御、量子計算等において国際的注目を集めつつあり、他の学術構想との連携を目指す提案も必要となっている。関連分野の協創的な共同研究スタイルが、人材育成も含め、今後の日本の発展の鍵を握る。



図 16 本学術構想と提案されているプロジェクトの俯瞰図

(出典) 2023 年版にて独自に作成したものを一部改変

⑩ 量子ビームを用いた極限世界の解明と人類社会への貢献

概要：加速器による高エネルギー粒子の強度増強、放射光・レーザー光施設の増強を進め、物質の究極構造や機能の解明を目指す。量子ビームは、科学研究の最先端を切り拓くとともに、共通ツールとして分野間の融合研究を促進し得る。基礎科学の推進とともに、工学研究や文理融合研究の促進によって、産業・文化的な貢献も果たしていく。

キーワード：加速器科学、大強度ビーム、レーザー科学、時空間イメージング、物質の構造・機能とダイナミクスの解明

ア 背景

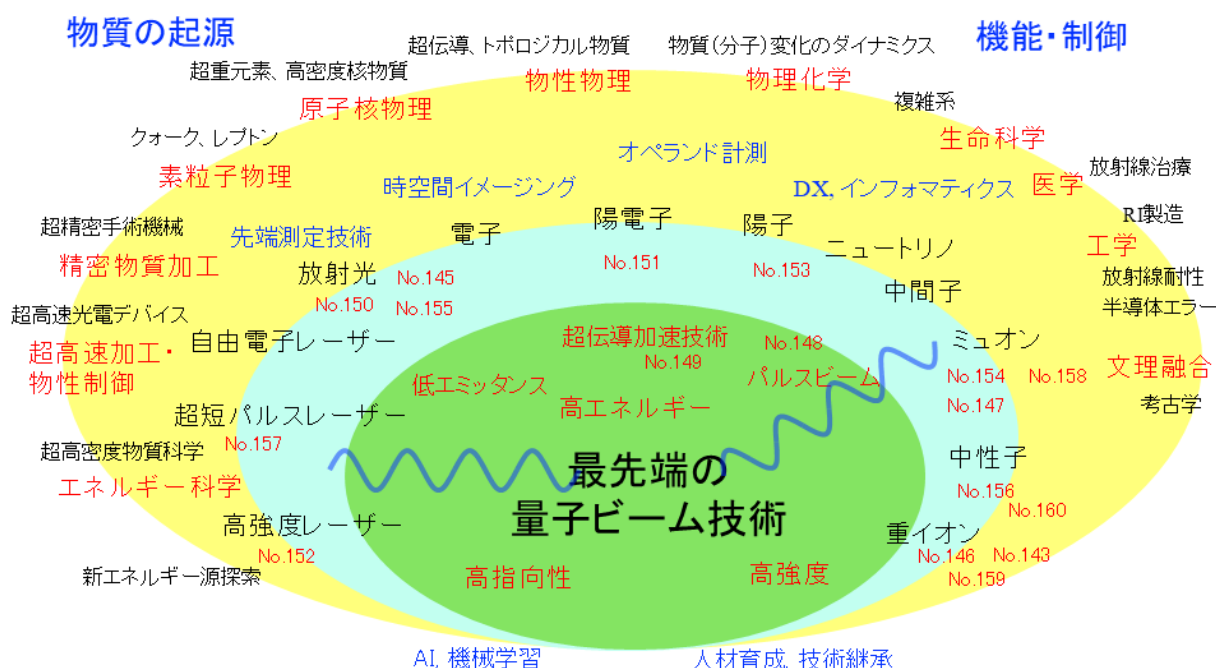
加速器による電子、陽子、イオン等の荷電粒子や、中性子、ミュオン、中間子、ニュートリノ等の二次粒子、さらに放射光、レーザー光等の様々な量子ビームが物質探究の有効な手段として用いられ、その応用範囲は、素粒子・原子核物理学における物質起源の探究から、物質科学、生命科学、材料科学等の広範な分野に広がっている。従来の加速器開発は、素粒子・原子核研究で見られたように、より高いエネルギーと強度を実現して、研究対象を高空間分解能で精密測定することを主軸に進んできたが、近年では、ビームのコヒーレンスを利用した高時間分解能による時空間イメージング等の新計測技術も発展し、物質内部や生命体で起こる現象や機能の動的機構の解明等へ研究対象が展開している。また、ミクロ領域だけでなくマクロな構造物、例えば、橋梁や古墳の透視といった工学研究や文理融合研究等も進んでおり、産業界や文化の発展に貢献し得るツールにもなっている。

イ 目的・目標

量子ビームは、自然現象では得難い極限的な量子状態を人工的に作り出し、最先端の科学研究を切り拓くとともに、共通ツールとして分野間の融合研究を促すことができる。量子ビームの開発課題としては、加速器による一次ビーム（電子、陽子、重イオン）及び二次ビーム（陽電子、中性子、ミュオン、中間子、ニュートリノ）の強度の増強と高品質化（低エミッタンス化）、放射光、自由電子レーザー、超短パルスレーザー、高強度レーザー等の光子ビーム生成や研究用原子炉の高度化に加え、さらに新たな加速技術の開発があり、これらを発展させる基盤技術と施設の一層の充実を図っていく。同時に、各研究対象の先端測定技術の高度化や量子ビームの複合利用によって、高時空分解能イメージング技術や、非破壊で物質内部の現象のあるがままの姿を捉える「その場観測」（オペランド計測）技術等を発展させる。量子ビーム施設の高度化と最先端計測技術の開発推進を同時に進めることにより、宇宙や物質の起源に迫る基本的対称性や極限的な量子状態の探究、身の回りの物質や生命体における新たな量子現象や量子物質の発見、その時間的发展と機能発現のメカニズムの解明等を進める。さらに、量子ビームの超精密加工プロセス等の工業応用、新型メス等の医用産業応用、それらの社会実装を通じて、より良い社会の実現に貢献する。

多くの科学研究の基盤となる量子ビーム施設計画が世界各地で進展し、国際競争が加熱している。日本も各地に様々な量子ビーム研究施設を有し、それぞれの特徴を活かした素粒子・原子核、物性物理、材料とその加工、生命科学・医学、新エネルギー科学等に関わる独創的な研究で世界をリードしてきた。今後も量子ビーム技術を活用した研究を深化・拡充し、日本の研究の優位性を維持していく必要がある。国際協力による高度技術開発の推進や、研究施設の公開利用による積極的な世界貢献も、日本の優位性維持、将来的各種資源確保にとっても必要不可欠である。

まずは、加速器による高エネルギー粒子の強度増強、放射光・レーザー光施設の増強を進め、それらを基盤として極限的量子状態を生成・解明し、その時間的发展を追うことで、物質構造と機能の起源解明を目指す。時空間イメージング等の先端測定技術を充実させ、複数の量子ビームで得た多次元情報の統合的解析技術を開発する。膨大となる多次元データ解析のためには情報科学との連携も必要である。さらには、超伝導技術を活用した効率的な加速技術の開発、AI ロボットや機械学習支援による装置運転、計測・分析環境の一層の充実、技術継承のための人材育成等も重要事項である。他の学術構想とも連結させ、それらが掲げる目標達成と分野融合による新たな学術創成を目指していく。量子ビームを共通ツールとし、物質の究極の姿を解明しようとする人類の知的好奇心を満たすとともに、工学や文理融合研究を通じて、広く人類社会への貢献も果たしていく。



39

⑪ 太陽系探査の推進と人類のフロンティア拡大

概要：探査機を用いた太陽系天体（太陽・月・惑星・小天体等）の科学探査によって、太陽系の構造と現象、起源と進化の解明を目指す。日本の強みであるサンプルリターンや宇宙輸送技術等を更に発展させ、月・火星を対象とした国際宇宙探査にも参画することで、科学的成果の創出に加えて重力天体探査及び有人宇宙活動関連技術を獲得し、人類のフロンティア開拓・拡大に貢献していく。

キーワード：太陽系探査、サンプルリターン、宇宙輸送、有人宇宙活動

ア 背景

私たちの太陽系は今から約 46 億年前に形成され、現在まで様々に変遷・進化してきた。これまで、欧米を中心に数多くの太陽系探査が行われ、太陽系天体の多様性と普遍性が明らかになった。その一方、小惑星や彗星等の始原天体は太陽系形成期の名残である可能性が高く、太陽系や地球の起源を明らかにできることから、日本は「はやぶさ」、「はやぶさ 2」による小惑星サンプルリターンミッションを実施し、世界をリードしてきた。今後、更なる挑戦的な探査ミッションが計画・推進されている。これと並行して、国際協力の下、国際宇宙ステーション（以下「ISS」という。）において有人宇宙活動が行われてきたが、今後活動の場は月周回有人拠点（ゲートウェイ）や月面へと移り、その後人類は火星を目指すことになる。このため、中長期的には月・火星探査が世界的な潮流である。

イ 目的・目標

太陽系探査は、太陽や惑星・衛星・小天体等太陽系の現在の姿を明らかにするとともに、それらの起源と進化の理解をもたらす。これらは人類にとって未知の世界の探求であり、今後も様々な発見をもたらすことが確実である。同時にそれらは地球の客観的理解にもつながる。小惑星や彗星、火星、氷天体の探査も、生命の起源やハビタブル（生命が居住可能な）惑星環境の理解につながる。国際宇宙探査には日本も積極参画し、科学的成果の創出や宇宙物資補給技術で貢献していく。これらを通じて、重力天体離着陸技術や有人宇宙滞在技術等の獲得によって、人類のフロンティア拡大に貢献していく。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

太陽系探査は、これまで米国や欧州が中心となって画期的成果が得られてきた。日本も、「ひので」、「かぐや」、「あかつき」、「はやぶさ」、「はやぶさ 2」、「SLIM」等、太陽・月・金星・小天体等を対象に、独自の科学的成果を挙げてきた。近年、中国やインド等が太陽系探査／宇宙開発において目覚ましい成果を挙げつつあり、今後ますます国際競争が激しくなることが確実である。日本も国際協力を強く推進するとともに、日本独自の戦略的なミッションが議論・検討されている。一方、ISS で培った国際協力に基づく有人宇宙活動は、今後は月・火星有人探査として展開されることになり、これらにも参画することが決まっている。限られた宇宙科学予算の

なか、ボトムアップとトップダウンをうまく組み合わせ、日本の強みを活かした太陽系探査計画を策定する仕組みの構築と、そのための人材育成、産業界の積極的な参画を促す基金事業が動き出している。

エ 中長期の学術構想

今後も国際協力による太陽系探査に積極的に参画するとともに、独自の戦略的探査を強力に推進していく。太陽系探査の持続的な展開には研究コミュニティの支援及び人材育成の体制の確立が急務であり、これを早期に実現する。日本の強みであるサンプルリターン技術を発展させ、太陽系や生命の起源等の解明につなげる小天体探査を実施する。太陽活動については、紫外線やX線・ガンマ線等の多様な波長領域を用いた衛星観測によってその物理メカニズムを明らかにするとともに、その地球への影響予測（宇宙天気予報等）の精度向上により社会に貢献する。月・火星探査により地球-月系の初期進化やハビタブル惑星環境の理解を含む科学的成果を挙げつつ、宇宙輸送ネットワークを構築し、さらに国際宇宙探査における有人宇宙活動の展開と月等への定住化に資する諸技術を獲得していく。



図 18 太陽系探査の推進と人類のフロンティア拡大

（出典）本提言にて、独自に作成

⑩ 宇宙における天体と生命の誕生・共進化の解明

概要：宇宙における天体の誕生と進化を探究し、天体諸階層の多様性の起源を探ると同時に、その帰結としての生命の普遍性の解明を目指す。物理学、天文学、地球惑星科学、化学、生命科学等にわたる学際的研究課題を掲げ、国際競争と国際協力に基づく多様で相補的な観測プロジェクトを基盤として進める研究領域であり、自然科学における最も根源的な問いへの探究であるといえる。

キーワード：宇宙史、銀河進化、太陽系外惑星、マルチメッセンジャー天文学、アストロバイオロジー

ア 背景

宇宙には、惑星、恒星、星団、銀河、銀河団等に代表される様々な天体種族が存在する。それらは質量にして約 20 桁もの範囲に渡り、下位の天体が重力的に集団化して上位の構造を形成するという階層構造を成している。各階層に属する天体が示す多様性と普遍性を様々な手法を用いて観測的に詳らかにし、理論と有機的に組み合わせながらそれらの誕生と進化を解明することは、自然界の理解を目指す自然科学の極めて重要な課題の 1 つである。

イ 目的・目標

138 億年の宇宙史を通じて多様な天体が誕生と進化を繰り返し、その過程で合成された元素が宇宙空間を循環し、その帰結として生命が誕生する。このように宇宙とは、天体と生命が共進化する舞台にほかならない。宇宙史の解明は人類が永遠に問い続ける挑戦的課題であり、宇宙における生命の普遍性の探求は自然科学における最も根源的な問いである。宇宙の探求は、同時に先端的観測技術や大規模シミュレーション、ビッグデータ解析のフロンティア領域でもある。知的好奇心に基づく真理探求は、その過程で新たな技術を生み出し社会に還元されることで人々の日常生活にも恩恵をもたらす。

ウ 国内外の学術研究の状況・動向

日本はこれまで、ノーベル物理学賞の対象となったニュートリノ天文学・物理学の開拓を始め、地上のすばる望遠鏡、宇宙からの X 線・赤外線観測衛星等、世界的研究を牽引してきた。観測対象は、より遠方へ、より過去へという方向性に加え、生命を育む環境としての惑星を太陽系外で探すことで宇宙と生命の普遍性の理解へと広がっている。一方で、大型化が進む観測的天文学・宇宙物理学においては、ALMA 望遠鏡をはじめとして国際協力の枠組みの下での共同開発・共同研究が不可欠であり、それらに対する日本の貢献は高く評価されている。現在、数多く提案されている国際共同観測計画においても、日本が持つ優れた事績と技術を活かした参画が期待されている。近年は、電波、赤外線、紫外線、X 線、ガンマ線、さらにはニュートリノ、宇宙線、重力波等、種々の観測手法を組み合わせることで天体現象を総合的に理解するマルチメッセンジャー天文学、太陽系外惑星に生命活動を探るアストロバ

イオロジー等への展開が世界的潮流となっている。

エ 中長期の学術構想

このグランドビジョンは、天体の多様性を探ることを通じて宇宙史をより深く解明するものである。今後数十年スケールで達成すべき具体的テーマの例として、宇宙再電離の起源の解明、宇宙における第一世代天体の発見、ガンマ線バーストの解明、巨大ブラックホールの形成と銀河との共進化、星・惑星形成過程の解明、高エネルギー宇宙線の起源、太陽系外惑星の大気分光とバイオシグニチャーの探査等が挙げられる。以下の俯瞰的構想図で示されているように、様々な波長の電磁波・高エネルギー粒子・重力波等、多角的、かつ、相補的な複数の観測施設が必要であり、日本主体の中規模計画から国際大型計画への参画まで様々な可能性を検討していく必要がある。実際にどの計画にどのようにコミットしていくかは、学際的研究コミュニティ等でのボトムアップの議論を経て、科学的意義・実現可能性等の観点を踏まえ競争的に絞り込まれていく。



図 19 本グランドビジョンに関する観測施設・プロジェクトの俯瞰

(関係する学術構想を英語名(略称含む)にて記載)

(出典) 2023 年版にて独自に作成したものを一部改変

⑱ 自然界の基本法則と宇宙・物質の起源の探求

概要：加速器や地下実験室等による素粒子・ハドロン・原子核実験の成果を総合し、理論物理学と最新の計算科学を駆使することで、既知の物理法則を超えた自然界の新たな基本原理を発見するとともに、宇宙と物質の起源の解明を目指す。

キーワード：素粒子物理、原子核・ハドロン物理、ダークマター、重力波、初期宇宙、スーパーコンピュータ

ア 背景

私たちが住む宇宙がいかなる物質からどのような原理で作られているのかという問いは、古くから人類のたゆまぬ好奇心の対象であった。20 世紀に飛躍的進展を遂げた物理学においては、素粒子からなる微視的な世界と一般相対論が記述する巨視的な宇宙という、大きさにして 60 桁以上離れた両極限が密接な関係にあることが示唆されている。

微視的世界に関しては、高エネルギー加速器を用いた実験的検証を経て、素粒子の分類と物質の質量やエネルギーの起源を統一的に与える標準理論が 21 世紀初頭に確立した。一方で、四つの力の階層性と統一、物質・反物質の非対称性等に代表される根源的な問題は未解決のままである。また、標準理論の限界を示唆するかもしれない現象も報告されており、自然界の基本法則の究極理論構築へ向けた研究が展開されている。

一方、誕生後 138 億年を経た宇宙は、その大半が標準理論では説明できない未知のダークマターとダークエネルギーによって占められている。現在、加速膨張を続けている宇宙は、ブラックホールや高密度星等の多様な天体が誕生と消滅を繰り返す現場でもある。これらの宇宙の諸現象を統一的に理解するとともに、宇宙の始まりから現在に至る歴史を、基本法則を用いて説明することは物理学の最大目標の一つであり、巨視的世界を記述する一般相対論と微視的世界を支配する量子力学を無矛盾に取り込んだ理論体系の完成が待ち望まれている。

イ 目的・目標

実験研究では、日本がこれまで培ってきた加速器技術を基盤にした大強度フロンティアとエネルギーフロンティア実験を継続して発展させる。さらに、地下実験による新現象や新粒子探索、重力波や宇宙ニュートリノ観測による宇宙の始まりからの歴史の検証等、相補的な精密実験の成果を基に、物質世界像・宇宙像を深化させていく。理論研究においては、最新の計算科学に基づくシミュレーションによる定量的検証の重要性も増している。これらのアプローチを連携して素粒子、原子核、相対論、宇宙物理を統合し、自然界の基本法則に基づく宇宙史の解明を目指す。

ウ 国内外の研究の動向

20 世紀後半から世界の基礎物理学の最先端研究を牽引してきた日本は、その経験と実績を活かし、今後も最先端基礎研究を先導し続けていくことが期待されている。

本グランドビジョンの達成に必要な高エネルギー加速器や宇宙観測による研究のほとんどは、巨大な経費を必要とする国際共同プロジェクトとして提案され、実行されている。日本主導のプロジェクトは日本グループの特色と独自性を活かして着実に進め、他国主導のプロジェクトでも、成果が最大化されるように、国際的視点から環境確立に協力する必要がある。国際競争と国際協力が同時に進行するビッグサイエンスでは、研究コミュニティの徹底した科学的検討と議論の積み重ねが重要である一方、迅速な判断・合意形成も不可欠である。

エ 中長期の学術構想

高エネルギー粒子加速器を用いた実験としては、新粒子の直接探索、標準理論を構成するクォーク・レプトン・ボゾンを使った標準理論の精密検証、質量の起源や反物質消滅の謎の解明に繋がる対称性の破れの検証、原子核やハドロン粒子の構造やその相互作用の解明を、実験室における再現・検証も組み合わせつつ行っていく。非加速器実験としては、ニュートリノ放出を伴わない二重ベータ崩壊探索、陽子の寿命の探索、ダークマター粒子の直接検出を行う。さらに宇宙物理学の実験・観測としては、重力波を用いた一般相対論の精密検証、多波長時間領域天文学、重力波天文学、宇宙背景重力波検出を用いた宇宙のインフレーション理論の検証、遠方天体からの高エネルギーニュートリノ検出を推進する。



図 20 本グランドビジョンに関する実験・観測の俯瞰

(出典) 2023 年版にて独自に作成したものを一部改変

4 おわりに

日本学術会議は、2023 年 9 月に提言「未来の学術振興構想（2023 年版）」を発出したが、その後の学術研究の進展や社会情勢等取り巻く環境の変化を受けて改訂を行い、ここに「未来の学術振興構想（2026 年版）」を提言する。大幅な見直しはせず、19 の「グランドビジョン」の実現及びより一層の充実のために必要な「学術の中長期研究戦略」を追加募集するとともに、2023 年版の提言に掲載した「学術の中長期研究戦略」の「学術研究構想」の進展等に伴う改訂を実施し、それらを踏まえて、「未来の学術振興構想」の改訂を実施したものである。応募のあった「学術の中長期研究戦略」については、本分科会の下に設置した「未来の学術振興構想評価小委員会」を中心に審査・評価を実施し、「学術の中長期研究戦略」の追加・改訂に伴う「グランドビジョン」の改訂についても併せて検討を行った。

2023 年版で初めて策定が試みられた「グランドビジョン」は、科学者コミュニティから提案された各「ビジョン」を単純に束ねただけではなく、更に一段高い分野横断的な視点から検討を加えて、明確化していたが、本提言でカバーされていない分野及び課題等については、継続的検討の必要性が示されていた。また、2024 年 10 月に本分科会が主催した学術フォーラム「未来の学術振興構想—実現に向けて—」[8]では、提言策定経緯と内容の紹介に続き、学術研究構想と「グランドビジョン」の実現に向けた課題について議論・総括された。学術フォーラム参加者によるアンケートの結果も踏まえて、学術の進展、社会や環境の変化に伴い、提言内容は将来しかるべき時期に更新されるべきであることが確認され、今回の改訂に至った。

「学術の中長期研究戦略」の追加提案は既存の 19 の「グランドビジョン」に分類され、一部の「グランドビジョン」については、名称や記述内容の更新は行われたが、19 のまま削除・追加されることなく、大きな改訂には至っていない。

本提言が、日本の多様な学術振興の指針として国民に広く認知されるとともに、政府及び研究資金配分機関においては中長期的な学術政策の立案や研究資源の戦略的な配分の参考として、大学をはじめとする研究教育機関においては将来を見据えた研究戦略の形成に、また、科学者コミュニティにおいては分野を越えた連携や新たな学術の創出に活用され、それぞれの具体的な施策や予算措置につながることを期待し、ここに提言「未来の学術振興構想（2026 年版）」を発出する。

表 1 応募提案数・内訳

分野		提案件数
人文・社会科学		9
生命科学		20
理学・工学		78
分野融合		92
	人文・社会科学と生命科学	2
	人文・社会科学と理学・工学	18
	生命科学と理学・工学	10
	3 分野すべて	62
合計		199

応募提案数		199
	うち応募区分Ⅰ（追加募集）	24
	うち応募区分Ⅱ（2023 年版提言に掲載された「学術の中長期研究戦略」の改訂）	175
非掲載となった提案数		2
掲載提案数		197

（出典）本提言にて、独自に作成

表2 グランドビジョン及び学術の中長期研究戦略の一覧（提案者は令和7年10月1日現在）

① 言語・コミュニケーション研究の充実を踏まえた現代社会問題のデータ解析による解決策の提示

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分 ⁶
1	先端的语言理論研究拠点	定延 利之（日本言語学会会長、日本学術会議会員）	更新
2	現代日本社会におけるコミュニケーション問題の解消を目指すウェルフェア言語学の構築	前川 喜久雄（国立国語研究所所長）	更新
3	多文化共生社会におけるコミュニケーション・トラブルの軽減・解消に向けた総合的言語学の構築	定延 利之（日本言語学会会長、日本学術会議会員）	新規

② 長い時間軸・大きな空間軸・多様な視点からの人と社会の科学

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
4	環境と心性を架橋する共感共創知としてのグローバル人文学の創成	関 雄二（人間文化研究機構国立民族学博物館館長、日本学術会議連携会員）	更新
5	海外エキスパート・サーベイ調査を通じて見える日本と諸外国との関係の総合的研究	遠藤 貢（日本国際政治学会理事長、日本学術会議連携会員）	更新
6	グローバル地域研究のネットワーク型共同研究・共同教育体制の構築	木部 暢子（大学共同利用機関法人人間文化研究機構機構長、日本学術会議連携会員）	更新
7	地球電磁気学と考古学・人類学の連携による第四紀研究の新たなパラダイム構築	中村 卓司（地球電磁気・地球惑星圏学会会長、日本学術会議会員）	更新
8	ヒトを理解する「知」を総合した霊長類学	河村 正二（一般社団法人日本霊長類学会会長）	更新
9	「人類史」総合研究体制の構築	海部 陽介（日本人類学会会長、日本学術会議連携会員）	更新
10	グリーン社会変革を推進する学術領域の確立及び産学公連携による共創	山極 壽一（大学共同利用機関法人人間文化研究機構総合地球環境学研究所所長、日本学術会議連携会員）	更新
11	多様性が高度に組み込まれた社会構築のための人文情報学的地域社会論創成	西谷 大（人間文化研究機構国立歴史民俗博物館館長）	更新
12	合意形成と協働による課題解決に向けた先端経済理論と異分野融合研究	関口 格（京都大学・経済研究所所長）	更新
13	デジタル時代に即した人間文化社会研究の包括的な基盤構築	永崎 研宣（慶應義塾大学教授、一般財団法人人文情報学研究所主席研究員、日本学術会議連携会員）	更新
14	Japan Psych Bank の構築と運用による国民が well-being を実感できる社会の実現	齋木 潤（京都大学大学院人間・環境学研究科教授・副研究科長、日本学術会議連携会員）	新規

⁶ 応募区分Ⅰ（追加募集）を「新規」、応募区分Ⅱ（2023年版提言に掲載された「学術の中長期研究戦略」の改訂）を「更新」と記載

③ 文化論と歴史学のグローバル化による文系諸学の再構築と国際協働

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
15	日本文化研究国際化推進構想	井上 章一（大学共同利用期間法人人間文化研究機構国際日本文化研究センター所長）	更新

④ 地球の生命環境と食料供給を持続させるための学術創生

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
16	植物科学で切り拓く地球生命の未来	長谷部 光泰（公益社団法人日本植物学会会長）	更新
17	データ駆動型持続的森林経営システムの構築に向けた学術研究の展開	杉山 淳司（京都大学名誉教授、日本学術会議会員）	更新
18	100億の人類に食をもたす作物や地球環境保全の主役となる樹木の創出	長谷部 光泰（公益社団法人日本植物学会会長）	更新
19	テラリフォーミングを実現する植物機能拡張学の創出	経塚 淳子（一般社団法人日本植物生理学会会長、日本学術会議連携会員）	更新
20	顧みられない未利用種（NUS）の遺伝的改良に基づく持続可能な agro-ecosystem の確立	中園 幹生（一般社団法人日本育種学会会長、日本学術会議連携会員）	更新
21	変わりゆく地球環境と調和した持続可能な食料システムの構築のための学術振興	中嶋 康博（女子栄養大学栄養学部教授、日本学術会議会員）	更新
22	未来の循環型社会を支える社会基盤としての「生命の樹」の重点的拡充	中田 和人（筑波大学・生命環境系長）	新規
23	地球環境と調和的な社会の実現に必要な生物圏機能の活用法の開拓	北島 薫（京都大学農学研究科教授、日本生態学会会長、日本学術会議会員）	新規

⑤ 生命現象の包括的理解による真のウェルビーイングの創出

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
24	「いのち彩る医療」を実現するバイオマテリアル界面科学の構築	塙 隆夫（大阪大学大学院工学研究科特任教授、日本学術会議会員）	更新
25	健康・幸福寿命の延伸に資するスマート歯科医学・歯科医療の実現	西村 理行（大阪大学教授、日本学術会議連携会員）	更新
26	グライコームを起点とする生命科学ビッグバン	門松 健治（東海国立大学機構名古屋大学・岐阜大学糖鎖生命コア研究所所長、日本学術会議連携会員）	更新
27	健康寿命延伸・QOL 向上のための ICT 人工臓器研究開発の進展	松宮 護郎（日本人工臓器学会理事長）	更新
28	霊長類研究拠点	中村 克樹（京都大学・ヒト行動進化研究センターセンター長・教授）	更新
29	デジタルツインによる創薬と医療のパラダイムシフト	石井 伊都子（日本薬学会会頭、日本学術会議連携会員）	更新
30	高深度トランスオミクスアプローチに基づく革新的医学研究	石橋 達朗（国立大学法人九州大学総長）	更新
31	生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設立計画	永井 健治（大阪大学・産業科学研究所教授、一般社団法人日本生物物理学会代表理事、日本学術会議連携会員）	更新
32	社会を支える生命医科学統合データ基盤の確立	有田 正規（国立遺伝学研究所教授、日本学術会議連携会員）	更新

33	生体－人工物の融合を通じて高い QOL を実現する持続可能な社会・生態系のための革新的生体医工学の創成	黒田 知宏（公益社団法人 日本生体医工学会理事長、日本学術会議会員）	更新
34	相互支援による地域共生社会の成熟・深化に向けたケアサイエンス研究ネットワーク拠点	熊谷 晋一郎（東京大学・先端科学技術研究センター教授、日本学術会議会員）	更新
35	ワンヘルスの実現に向けた生命科学研究のサステナブル循環システムの構築	岡村 康司（大阪大学大学院医学系研究科教授、日本学術会議会員）	更新
36	患者主体的医療体制の実現とそれを支えるヘルスリテラシー教育体制を構築	山本 康次郎（一般社団法人日本医療薬学会会頭）	更新
37	One Medicine による創薬・先端医療研究の革新と Sharing Medicine の実現	吉田 和弘（国立大学法人東海国立大学機構岐阜大学学長）	更新
38	脳天文台を中核とする脳型重層研究・バンク網が導く多様な個の脳・こころと環境のウェルビーイングが共存する「和の社会」構想	高橋 良輔（京都大学特定教授、日本学術会議会員）	更新
39	Society 5.0 における Wellness の壁を越える研究領域の推進	東野 輝夫（京都橘大学工学部教授・研究科長、日本学術会議連携会員）	更新
40	” 守護天使チーム ” による究極の個別化医療と見守り社会の実現	横井 英人（一般社団法人日本医療情報学会代表理事）	更新
41	グローバル・エイジング下での持続可能な制度設計を目的とした産・官・学の協働・協創による次世代型データ整備事業	野口 晴子（早稲田大学・政治経済学術院教授、日本学術会議会員）	更新
42	「脳」宇宙解明のための国際拠点・「脳」天文台の整備	山中 宏二（日本神経科学学会理事長）	更新
43	ミクロコスモスに挑む生命シミュレータの創成	加藤 晃一（自然科学研究機構・生命創成探究センター教授・研究力強化戦略室長、日本学術会議連携会員）	更新
44	高精細微生物利用・制御イノベーションの革新	中田 和人（筑波大学・生命環境系系長）	新規
45	疾患概念の社会的結合と確率的理解を基盤とした新しい健康研究戦略	野出 孝一（佐賀大学学長、日本学術会議会員）	新規

⑥ ビッグデータ駆動による生命科学の新たな発展

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
25	健康・幸福寿命の延伸に資するスマート歯科医学・歯科医療の実現（再掲）	西村 理行（大阪大学教授、日本学術会議連携会員）	更新
32	社会を支える生命医科学統合データ基盤の確立（再掲）	有田 正規（国立遺伝学研究所教授、日本学術会議連携会員）	更新
36	患者主体的医療体制の実現とそれを支えるヘルスリテラシー教育体制を構築（再掲）	山本 康次郎（一般社団法人日本医療薬学会会頭）	更新
43	ミクロコスモスに挑む生命シミュレータの創成（再掲）	加藤 晃一（自然科学研究機構・生命創成探究センター教授・研究力強化戦略室長、日本学術会議連携会員）	更新
46	生態学と人文社会科学の学際融合研究に基づく日本初の観光戦略のアジアグリーンベルトへの展開と科学立国による国力強化	木庭 啓介（京都大学・生態学研究センター教授／センター長）	更新
47	諸学術分野に必要な大学院統計学教育システム研究開発を支援する中核機関および大学院のネットワーク型連携活動を通じた日本の大学院教育研究能力の高度化	山下 智志（情報・システム研究機構統計数理研究所所長、日本学術会議連携会員）	更新

48	国立沖縄自然史博物館の設立—自然史科学の推進による自然の解明は人類の持続可能性へ貢献する—	岸本 健雄（お茶の水女子大学・サイエンス&エデュケーション研究所研究協力員、東京工業大学名誉教授、一般社団法人国立沖縄自然史博物館設立準備委員会代表理事）	更新
49	身心一体科学でつなぐウェルビーイング科学～実践的研究-教育可視化ネットワーク拠点	梅津 理恵（一般社団法人日本女性科学者の会（SJWS）会長、日本学術会議連携会員）	更新
50	染色体ラボを拠点とした生命科学分野における教育および研究力の高度化の実現へ向けて	田辺 秀之（一般財団法人染色体学会理事長）	更新

⑦ ヒトの知性を知る、創る、活かすための学術の創生

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
1	先端的言語理論研究拠点（再掲）	定延 利之（日本言語学会会長、日本学術会議会員）	更新
8	ヒトを理解する「知」を総合した霊長類学（再掲）	河村 正二（一般社団法人日本霊長類学会会長）	更新
28	霊長類研究拠点（再掲）	中村 克樹（京都大学・ヒト行動進化研究センターセンター長・教授）	更新
38	脳天文台を中核とする脳型重層研究・バンク網が導く多様な個の脳・こころと環境のウェルビーイングが共存する「和の社会」構想（再掲）	高橋 良輔（京都大学特定教授、日本学術会議会員）	更新
42	「脳」宇宙解明のための国際拠点・「脳」天文台の整備（再掲）	山中 宏二（日本神経科学学会理事長）	更新
51	心の科学を羅針盤とした未来社会像の構築	四本 裕子（東京大学教授、日本学術会議連携会員）	更新
52	アディクション学の創成および発展	池田 和隆（国立精神・神経医療研究センター精神保健研究所精神薬理研究部部長、日本学術会議連携会員）	更新
53	心理科学総合研究所構想	坂田 省吾（新潟医療福祉大学心理健康学科教授、日本学術会議会員）	更新
54	脳科学と AI による芸術創造力の理解	中村 宏（東京大学大学院情報理工学系研究科研究科長）	更新
55	人の生体機能の理解と知能の拡張を基盤とした「人工頭脳学」の創成	鈴木 健嗣（国立大学法人筑波大学システム情報系系長、日本学術会議連携会員）	新規

⑧ 超スマート社会における人の能力拡張と AI との共生

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
54	脳科学と AI による芸術創造力の理解（再掲）	中村 宏（東京大学大学院情報理工学系研究科研究科長）	更新
56	創発共進化計算知能プラットフォーム	安田 恵一郎（進化計算学会会長、日本学術会議会員）	更新
57	各科学分野間の持続的共創をもたらす先進的な情報処理技術開発のための国産 AI 情報基盤の構築	栗原 聡（一般社団法人人工知能学会会長）	更新
58	情報環境との相互作用で生ずる行為や感情の正負・強弱原理の解明に基づいた人の内在的強靱性を高める機構の実現	中小路 久美代（公立はこだて未来大学教授、日本学術会議連携会員）	更新
59	生命・芸術・社会科学と調和する豊かな社会のための新しい音響科学	谷口 隆晴（神戸大学大学院理学研究科教授）	更新

60	全ての人が対等で人間性豊かなコミュニケーションができる非言語情報通信基盤の構築	石山 和志（東北大学電気通信研究所所長）	更新
61	人の能力を拡張・強化し、持続可能な生存を実現する生存情報学研究構想	橋本 隆子（千葉商科大学学長補佐教授、日本学術会議連携会員）	更新
62	人文知を基盤とした AI 技術の応用による真の無障壁社会の実現	前川 喜久雄（国立国語研究所所長）	更新
63	どこでも AI メタバースによる Society 5.5 の現出	中村 宏（東京大学大学院情報理工学系研究科研究科長）	更新
64	AI/人間共存社会における新しいコミュニケーションパラダイムの実現	川添 雄彦（NTT チーフエグゼクティブフェロー）、森永 聡（日本電気株式会社グローバルイノベーションユニット上席主席研究員）	更新

⑨ サイバー空間の構築・活用による価値創造

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
29	デジタルツインによる創薬と医療のパラダイムシフト（再掲）	石井 伊都子（日本薬学会会頭、日本学術会議連携会員）	更新
35	ワンヘルスの実現に向けた生命科学研究のサステナブル循環システムの構築（再掲）	岡村 康司（大阪大学大学院医学系研究科教授、日本学術会議会員）	更新
65	Society 5.0 において国民の安全・安心を確保しイノベーション・価値創造を加速するソフトウェアエコシステムの革新的基盤技術	松本 健一（奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科情報科学領域教授、日本学術会議連携会員）	更新
66	人・社会の不確かさ・複雑さを含めた拡張デジタルツイン構築と計算情報科学基盤創成	越塚 誠一（東京大学・大学院工学系研究科教授、日本学術会議会員）	更新
67	フィジカル空間とサイバー空間を融合した“未来を見る望遠鏡”	剣持 貴弘（一般社団法人日本シミュレーション学会会長）	更新
68	地球型惑星のデジタルツイン	竹見 哲也（公益社団法人日本気象学会理事長・京都大学防災研究所教授、日本学術会議連携会員）	更新
69	データ駆動型社会に向けた力学基盤の強化による社会的・産業的課題解決への貢献	高木 周（東京大学・工学系研究科教授、日本機械学会筆頭副会長、日本学術会議会員）	更新
70	未来エネルギー技術予測とそれに基づいたメタバース及び実空間での未来エネルギーモデル都市構築	石橋 達朗（国立大学法人九州大学総長）	更新
71	統合的リスク情報システム科学の確立と社会実装を加速するネットワーク型研究	山下 智志（情報・システム研究機構統計数理研究所リスク解析戦略研究センター所長、日本学術会議連携会員）	更新
72	人-AI 共創メタバース	稲見 昌彦（日本バーチャリアリティ学会評議員、日本学術会議連携会員）	更新
73	総合知をデジタルスレッドでつなぐ持続可能な次世代海上輸送ネットワークの構築	鈴木 英之（日本船舶海洋工学会会長）	新規
74	高度情報処理基盤構築のための光・量子非ノイマン型計算機を用いたアナログツインコンピューティング技術の創出	石山 和志（東北大学電気通信研究所所長）	新規

⑩ データ基盤と利活用による学術界の再構築

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
25	健康・幸福寿命の延伸に資するスマート歯科医学・歯科医療の実現（再掲）	西村 理行（大阪大学教授、日本学術会議連携会員）	更新
32	社会を支える生命医科学統合データ基盤の確立（再掲）	有田 正規（国立遺伝学研究所教授、日本学術会議連携会員）	更新
41	グローバル・エイジング下での持続可能な制度設計を目的とした産・官・学の協働・協創による次世代型データ整備事業（再掲）	野口 晴子（早稲田大学・政治経済学術院教授、日本学術会議会員）	更新
43	マイクロコスモスに挑む生命シミュレータの創成（再掲）	加藤 晃一（自然科学研究機構・生命創成探究センター教授・研究力強化戦略室長、日本学術会議連携会員）	更新
47	諸学術分野に必要な大学院統計学教育システム研究開発を支援する中核機関および大学院のネットワーク型連携活動を通じた日本の大学院教育研究能力の高度化（再掲）	山下 智志（情報・システム研究機構統計数理研究所所長、日本学術会議連携会員）	更新
75	「宇宙・地球研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築」	岡田 誠（日本地質学会会長）	更新
76	公共学術史の確立と、そのための装置整備	関 雄二（人間文化研究機構国立民族学博物館館長、日本学術会議連携会員）	更新
77	異分野・社会との連携のための共通言語「データサイエンス」の学際的な研究・教育拠点の形成	竹村 彰通（日本学術会議数理科学委員会数理統計学分会第25期委員長、日本学術会議連携会員）	更新
78	データ駆動による課題解決型人文学の創成	渡部 泰明（大学共同利用機関法人人間文化研究機構国文学研究資料館館長、日本学術会議会員）	更新
79	参加型人文学資料保全研究プロジェクト	渡部 泰明（大学共同利用機関法人人間文化研究機構国文学研究資料館館長、日本学術会議会員）	更新
80	証拠に基づく政策形成研究を加速するわが国公的マイクロデータ等研究利活用の全国ネットワーク環境整備	椿 広計（情報・システム研究機構データサイエンス共同利用基盤施設副施設長、日本学術会議連携会員）	更新
81	空間データの利活用を通じた地域の課題解決に関する政策支援システムの構築	小口 高（東京大学・空間情報科学研究センター教授、日本学術会議会員）	更新
82	ビッグデータ可視化を中核とした、情報科学と文化・芸術科学の文理融合	田中 覚（立命館大学教授、日本学術会議連携会員）	更新
83	教育・学習ビッグデータ駆動型教育による学習変革（LX: Learning Transformation）の推進拠点の形成	山内 祐平（日本教育工学会会長）	更新
84	地理空間情報の蓄積と活用 のための研究基盤形成	矢野 桂司（立命館大学教授、日本学術会議会員）	更新
85	ビッグデータから科学的知見を獲得する分野横断的視考基盤の開発	藤代 一成（駒澤大学グローバル・メディア・スタディーズ学部専任教授、日本学術会議連携会員）	更新
86	データ基盤から知識基盤へ	黒橋 禎夫（国立情報学研究所所長、日本学術会議会員）	更新
87	薬用遺伝資源の持続可能な利用のための情報データの系統的統合・集積と利用	山崎 真巳（千葉大学大学院薬学研究院教授、日本学術会議会員）	更新

88	物理ベースサロゲートモデルによる市民参加型 EBPM の実現と環境政策革新に向けた中長期研究戦略	小山田 耕二（大阪成蹊大学データサイエンス学部学部長・教授、日本学術会議連携会員）	更新
89	計算社会科学研究のための大規模データベース・データ解析・シミュレーション拠点の形成	上東 貴志（神戸大学・計算社会科学研究センターセンター長・教授、日本学術会議会員）	更新

⑪ 数学・数理科学・量子情報科学が切り拓く未来社会

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
77	異分野・社会との連携のための共通言語「データサイエンス」の学際的な研究・教育拠点の形成（再掲）	竹村 彰通（日本学術会議数理科学委員会数理統計学分会第 25 期委員長、日本学術会議連携会員）	更新
80	証拠に基づく政策形成研究を加速するわが国公的ミクロデータ等研究利活用の全国ネットワーク環境整備（再掲）	椿 広計（情報・システム研究機構データサイエンス共同利用基盤施設副施設長、日本学術会議連携会員）	更新
90	スピントロニクス・量子情報学術研究基盤と連携ネットワーク	大矢 忍（東京大学・大学院工学系研究科教授）	更新
91	数学・数理科学を横串とした総合知学術研究拠点	太田 裕道（北海道大学・電子科学研究所所長）	更新
92	革新的アルゴリズムおよび最適化基盤 ―社会実装体制の構築―	河原林 健一（国立情報学研究所・東京大学教授、日本学術会議連携会員）	更新
93	量子情報科学	北川 勝浩（大阪大学量子情報・量子生命研究センターセンター長／特任教授）	更新
94	世界を牽引する数学・数理科学の深化・創造と新たな科学技術イノベーションへの展開	石毛 和弘（一般社団法人日本数学会理事長）	更新
95	訪問滞在型研究の確立による数理科学の振興と社会共創	富永 悌二（東北大学総長）	更新
96	光行列演算装置の開発	中村 宏（東京大学大学院情報理工学系研究科長）	更新
97	分野横断学術基盤としてのマス・フォア・インダストリの確立と社会基盤としての数学連携プラットフォームの構築	梶原 健司（九州大学マス・フォア・インダストリ研究所所長、日本学術会議連携会員）	更新
98	文理芸の融合研究	西森 拓（明治大学・先端数理科学インスティテュート所長）	更新
99	数学・数理科学を基盤とする AI-VR-3D 造形の統合研究拠点の創成	杉山 由恵（大阪大学大学院情報科学研究科教授、日本学術会議連携会員）	更新
100	ソフトウェア検証、高信頼 AI 技術および形式化された数学の確立	石山 和志（東北大学電気通信研究所所長）	新規

⑫ 観測技術革新による地球システムの理解と地球変動予測への展開

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
68	地球型惑星のデジタルツイン（再掲）	竹見 哲也（公益社団法人日本気象学会理事長・京都大学防災研究所教授、日本学術会議連携会員）	更新
101	地球惑星科学・諸科学・社会とのミュオグラフィ連携研究基盤構築	田中 宏幸（東京大学・国際ミュオグラフィ連携研究機構機構長）	更新
102	太陽地球系結合過程の研究基盤形成	山本 衛（京都大学・生存圏研究所所長／教授）	更新

103	震源近傍観測・破壊再現実験による沈み込み帯プレート地震メカニズム研究の新展開 - 「次の次の」南海トラフ巨大地震予測に向けて	古村 孝志（東京大学地震研究所所長）	更新
104	ジオミクス創成：網羅的分子解析のための革新的分析技術開発による宇宙、地球、生命科学	豊田 岐聡（日本質量分析学会会長、大阪大学副学長・教授・理学研究科副研究科長（研究・産学連携推進担当））	更新
105	地球表層システム変動の解明に向けた地殻～マントルのフロンティア科学の実践	和田 隆志（金沢大学学長）	更新
106	革新的な高圧技術に基づく地球深部物質科学と材料科学の新たな学際融合分野の創成	入船 徹男（愛媛大学・先端研究院先端研究院長）	更新
107	機動的観測の展開による南極域の環境変動の解明と全球への影響評価	野木 義史（情報・システム研究機構国立極地研究所所長）	更新
108	有人・無人航空機による気候・地球システム科学研究の推進	竹見 哲也（公益社団法人日本気象学会理事長）	更新
109	深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化	江淵 直人（一般社団法人日本海洋学会会長）	更新
110	地球ニュートリノ観測が切り拓く新しい地球未来像	渡辺 寛子（東北大学ニュートリノ科学研究センター准教授）	更新
111	衛星全球地球観測による気候・地球システム科学研究の推進	松永 恒雄（日本リモートセンシング学会会長）	更新
112	海洋ロボティクスの革新による海洋状況把握と深海研究の推進	中谷 武志（国立研究開発法人海洋研究開発機構グループリーダー代理、日本学術会議連携会員）	新規
113	北極域で急速に進行する温暖化と環境変化の監視・解明・影響評価	飯島 慈裕（東京都立大学教授、日本学術会議連携会員）	新規

⑬ 地球規模の環境危機にレジリエントな持続的社会の構築

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
17	データ駆動型持続的森林経営システムの構築に向けた学術研究の展開（再掲）	杉山 淳司（京都大学名誉教授、日本学術会議会員）	更新
18	100 億の人類に食をもたらず作物や地球環境保全の主役となる樹木の創出（再掲）	長谷部 光泰（公益社団法人日本植物学会会長）	更新
20	顧みられない未利用種（NUS）の遺伝的改良に基づく持続可能な agro-ecosystem の確立（再掲）	中國 幹生（一般社団法人日本育種学会会長、日本学術会議連携会員）	更新
21	変わりゆく地球環境と調和した持続可能な食料システムの構築のための学術振興（再掲）	中嶋 康博（女子栄養大学栄養学部教授、日本学術会議会員）	更新
22	未来の循環型社会を支える社会基盤としての「生命の樹」の重点的拡充（再掲）	中田 和人（筑波大学・生命環境系長）	新規
23	地球環境と調和的な社会の実現に必要な生物圏機能の活用法の開拓（再掲）	北島 薫（京都大学農学研究科教授、日本生態学会会長、日本学術会議会員）	新規
48	国立沖縄自然史博物館の設立—自然史科学の推進による自然の解明は人類の持続可能性へ貢献する—（再掲）	岸本 健雄（お茶の水女子大学・サイエンス&エデュケーション研究所研究協力員、東京工業大学名誉教授、一般社団法人国立沖縄自然史博物館設立準備委員会代表理事）	更新
87	薬用遺伝資源の持続可能な利用のための情報データの系統的統合・集積と利用（再掲）	山崎 真巳（千葉大学大学院薬学研究院教授、日本学術会議会員）	更新
114	マルチハザード都市防災学の創出と実践	石川 正俊（東京理科大学学長）	更新

115	レジリエントな未来を拓く超学際流域圏マネジメント学の創成	池内 幸司（公益社団法人土木学会会長）	更新
116	建築分野の複合災害対応、ストック活用、ネットゼロ達成に関する研究	小野田 泰明（日本建築学会会長、日本学術会議連携会員）	更新
117	持続可能な地球社会像の構築	沖 大幹（東京大学大学院工学系研究科教授、日本学術会議会員）	更新
118	地球の環境事変にレジリエントな地域形成に向けた戦略構築	山野 博哉（東京大学大学院・理学系研究科教授、日本学術会議連携会員）	更新
119	水環境における物質循環と生態系の完全理解に基づいた持続可能社会の確立を目指した超分野融合学術体系の構築	亀屋 隆志（公益社団法人日本水環境学会会長）	更新
120	カーボンニュートラルと資源循環を達成するプロセス・プロセスシステム学の構築	永松 治夫（公益社団法人化学工学会会長）	更新
121	深海炭素貯留の技術的実現可能性と社会的妥当性の学際評価	川口 慎介（海洋研究開発機構主任研究員、日本学術会議連携会員）	新規
122	水素科学（ハイドロジェノミクス）の社会貢献	折茂 慎一（一般社団法人水素科学技術連携研究会代表理事・会長、日本学術会議連携会員）	新規
123	循環としなやかさで人と社会のウェルビーイングを紡ぐサステナブル繊維イノベーション～物質科学と社会的価値の統合による新しい繊維科学のパラダイム～	辻井 敬亘（一般社団法人繊維学会会長）	新規

⑭ エネルギーと環境の両立的課題解決

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
124	カーボンニュートラル・サーキュラー社会の熱利用を支える基盤研究	公益社団法人日本伝熱学会	更新
125	水素社会に対応するゼロエミッション航空機の研究開発	澤井 秀次郎（一般社団法人日本航空宇宙学会）	更新
126	プラズマ物理の学際的展開—集団現象の理解に向けて—	山田 弘司（自然科学研究機構・核融合科学研究所所長）	更新
127	SDGs の達成に資する電波資源の科学・商業・公共利用におけるレギュラトリーサイエンスに基づくハーモナイゼーション	八木谷 聡（日本学術会議第三部 URSI 分科会委員長、金沢大学理工研究域電子情報通信学系・先端宇宙理工学研究センター教授、日本学術会議連携会員）	更新
128	低温プラズマの学術とイノベーション推進のための研究戦略	堀 勝（名古屋大学・低温プラズマ科学研究センター特任教授、名古屋大学名誉教授）	更新
129	物性科学連携研究体～エネルギー技術革新を通じて 22 世紀の理想社会実現の 基盤形成に貢献する研究ネットワーク・オブ・ネットワークス～	渡辺 芳人（分子科学研究所所長）	更新
130	インターネット型エネルギープラットフォームに基づくレジリエントな自立分散型エネルギー社会を実現するレギュレーション確立に向けた文理融合研究の推進	横川 慎二（国立大学法人電気通信大学 i-パワードエネルギー・システム研究センター教授）	更新
131	持続的なイノベーションに資するオープンな原子力研究基盤の創造	越塚 誠一（日本原子力学会会長、日本学術会議会員）	更新
132	2050 年以降への持続的カーボンニュートラル社会を実現する低温工学および超電導工学体系の創出	秋田 調（公益社団法人低温工学・超電導学会代表理事・会長）	更新

133	表面科学と真空技術のシナジー効果による次世代科学技術の推進	渡邊 聡（公益社団法人日本表面真空学会会長、日本学術会議連携会員）	更新
134	超高圧電子顕微鏡を基軸とした革新的計測分野の創出～産業課題解決を志向した本邦だけが成し得るオペランド・三次元ナノ観察技術開発	光岡 薫（大阪大学・超高圧電子顕微鏡センターセンター長）	更新
135	複合原子力科学の深化と融合研究拠点の強化 ―新試験研究炉に資する学術基盤の構築―	黒崎 健（京都大学複合原子力科学研究所所長）	新規

⑮ 持続可能社会に資する革新的な物質・材料の開拓

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
122	水素科学（ハイドロジェノミクス）の社会貢献（再掲）	折茂 慎一（一般社団法人水素科学技術連携研究会代表理事・会長、日本学術会議連携会員）	新規
123	循環としなやかさで人と社会のウェルビーイングを紡ぐサステナブル繊維イノベーション ～物質科学と社会的価値の統合による新しい繊維科学のパラダイム～（再掲）	辻井 敬亘（一般社団法人繊維学会会長）	新規
136	材料科学・工学アライアンスに基づくクローズドループリサイクル材料開発戦略	吉見 享祐（公益社団法人日本金属学会会長）	更新
137	世界をリードする粉末焼結法の革新的創成技術開発～外場焼結、積層造形、焼結理論、超硬合金、焼結磁石の研究とSDGs（リサイクル等）への波及	尾崎 由紀子（一般社団法人粉体粉末冶金協会会長、日本学術会議会員）	更新
138	持続可能な地球環境と社会幸福に貢献する高分子フロンティア	伊藤 耕三（東京大学特別教授、日本学術会議連携会員）	更新
139	オールバンド光電子融合分野の開拓	松尾 慎治（電子情報通信学会エレクトロニクスソサイエティ会長、日本学術会議連携会員）	更新
140	元素戦略2.0：融合的元素活用と元素循環	茶谷 直人（広島大学・大学院先進理工系科学研究科研究科長、日本学術会議連携会員）	更新
141	資源循環と環境負荷低減の両立のためのサーキュラーエコノミー研究戦略	所 千晴（早稲田大学教授、日本学術会議連携会員）	更新
142	未踏強磁場科学による物質材料研究の飛躍	廣井 善二（東京大学物性研究所所長）	更新
143	持続可能な社会基盤構築に繋がる重元素研究の推進	櫻井 博儀（理化学研究所・仁科加速器科学研究センターセンター長、日本学術会議会員）	更新
144	0→1 の発見を 1→100 の生産につなげる実用プロセス開発・イノベーション拠点	北川 尚美（東北大学大学院工学研究科研究科長補佐／教授、日本学術会議会員）	新規

⑯ 量子ビームを用いた極限世界の解明と人類社会への貢献

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
143	持続可能な社会基盤構築に繋がる重元素研究の推進（再掲）	櫻井 博儀（理化学研究所・仁科加速器科学研究センターセンター長、日本学術会議会員）	更新
145	複雑・不均一系の分子ダイナミクスに挑む量子光科学拠点の構築	渡辺 芳人（自然科学研究機構分子科学研究所所長、日本学術会議連携会員）	更新
146	J-PARC での高強度重イオンビームによる超高密度物質の研究	初貝 安弘（筑波大学数理物質系数理物質系長）	更新

147	MLF 第 2 ターゲットステーション：中性子・ミュオン科学の新たな展開	小林 隆（J-PARC センターセンター長）	更新
148	量子ビーム施設統合マルチプローブ学術研究基盤	浅井 祥仁（大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構機構長）	更新
149	超伝導加速器研究拠点	小関 忠（大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設長）	更新
150	新学術分野の創成と社会課題の解決を実現する先端放射光科学	山本 雅貴（日本放射光学会会長）	更新
151	大強度低速陽電子ビームによる物性科学・基礎科学の革新的展開	長嶋 泰之（日本陽電子科学学会会長）	更新
152	世界を先導できる大型パワーレーザー施設による国際中核拠点の構築	兒玉 了祐（大阪大学・レーザー科学研究所所長、日本学術会議連携会員）	更新
153	高エネルギー大強度陽子ビームが拓く核子エンジニアリング社会	小林 隆（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 J-PARC センターセンター長）	更新
154	21 世紀の量子プローブ「ミュオン」を用いた学際科学の新展開	足立 匡（日本中間子科学学会会長）	更新
155	紫外線域の高輝度小型放射光源を基盤とする国際研究・人材育成拠点の形成と動的局所構造解析による量子物質科学・量子生命科学の推進	島田 賢也（広島大学・放射光科学研究所所長）	更新
156	中性子ビーム利用の中長期研究戦略	大竹 淑恵（日本中性子科学学会会長）	更新
157	アト秒レーザー科学研究施設（ALFA）	山内 薫（東京大学アト秒レーザー科学研究機構特任教授、日本学術会議連携会員）	更新
158	大強度高品質ミュオン粒子ビームによる宇宙の起源の解明と新しい科学分野の開拓	上野 一樹（大阪大学大学院理学研究科准教授）	更新
159	大強度重イオンビームが先導する量子科学フロンティア	高梨 弘毅（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・先端基礎研究センター先端基礎研究センター長）	新規
160	研究用原子炉による中性子科学が切り拓く未来	廣井 善二（東京大学・物性研究所所長）	新規

⑰ 太陽系探査の推進と人類のフロンティア拡大

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
161	国際宇宙探査と連携した戦略的火星探査	今村 剛（日本惑星科学学会会長）	更新
162	惑星探査コンソーシアム	今村 剛（日本惑星科学学会会長）	更新
163	次期太陽観測衛星計画：SOLAR-C（高感度太陽紫外線分光観測衛星）	藤本 正樹（宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所所長）	更新
164	長期有人宇宙活動を支える宇宙生命科学の基盤整備	高橋 昭久（日本宇宙生物科学会理事長）	更新
165	人類のフロンティア拡大を牽引するシームレスな宇宙輸送ネットワークの実現	澤井 秀次郎（一般社団法人日本航空宇宙学会会長）	更新
166	太陽 X 線・ガンマ線観測衛星 PhoENiX	浅井 歩（京都大学大学院理学研究科附属天文台准教授、日本学術会議連携会員）	更新

167	月での持続可能な社会の構築を目指した「アカデミック・ハブ」構想による分野横断的な学術の振興	澤井 秀次郎（一般社団法人日本航空宇宙学会会長）	更新
168	人類の宇宙圏進出を支える「宇宙人間学：アストロ・ヒューマニクス」の創出	鈴木 健嗣（国立大学法人筑波大学システム情報系系長、日本学術会議連携会員）	新規

⑱ 宇宙における天体と生命の誕生・共進化の解明

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
169	宇宙望遠鏡 JASMINE による近赤外時系列位置・測光天文学で拓く天の川銀河と系外惑星の探究	渡部 潤一（自然科学研究機構・国立天文台上席教授、日本学術会議連携会員）	更新
170	惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画 (LAPYUTA)	今村 剛（日本惑星科学会会長）	更新
171	国際電波望遠鏡計画 SKA0 による現代天文学の開拓	土居 守（自然科学研究機構国立天文台台長）	更新
172	惑星間宇宙望遠鏡による新時代のダストフリー天文学の創成	山口 宏（関西学院大学・理学部学部長）	更新
173	GTA 国際宇宙ガンマ線天文台	荻尾 彰一（東京大学・宇宙線研究所所長）	更新
174	30m光学赤外線望遠鏡 TMT による天文学・宇宙物理学の革新と太陽系外惑星における生命の探求	川合 真紀（大学共同利用機関法人 自然科学研究機構機構長、日本学術会議連携会員）	更新
175	南天における PeV 領域ガンマ線広視野連続観測 (Mega ALPACA)	荻尾 彰一（東京大学・宇宙線研究所所長）	更新
176	NASA 6m 紫外線可視近赤外線望遠鏡 Habitable Worlds Observatory への参加	住 貴宏（大阪大学理学研究科教授、日本学術会議連携会員）	更新
177	多波長・マルチメッセンジャー観測による初期宇宙探査・極限時空探査	和田 隆志（国立大学法人金沢大学学長）	更新
178	南極テラヘルツ望遠鏡による南極天文学の開拓と銀河進化の解明及び宇宙論パラメータの決定	永田 恭介（筑波大学学長）	更新
179	極高エネルギー宇宙線国際共同観測実験 (Global Cosmic Ray Observatory, GCOS) による次世代天文学の開拓と極限宇宙物理現象の解明	藤井 俊博（大阪公立大学准教授）	更新
180	赤外線観測用冷却宇宙望遠鏡で革新する銀河と惑星の起源の研究	山田 亨（宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 宇宙科学研究所宇宙物理学研究系教授、日本学術会議連携会員）	更新
181	次世代大型電波干渉計 ngVLA でもたらず宇宙史と生命の理解の新機軸	土居 守（自然科学研究機構国立天文台台長）	更新
182	大型サブミリ波望遠鏡 LST 計画の実現に基づくサブミリ波帯多次元掃天天文学の創出	新永 浩子（鹿児島大学准教授、日本学術会議連携会員）	更新
183	IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台によるニュートリノ天文学の長期的展開	横手 幸太郎（千葉大学学長）	更新
184	冷却宇宙望遠鏡 PRIMA による赤外線天文学の革新	長尾 透（愛媛大学・宇宙進化研究センター教授、日本学術会議連携会員）	新規

⑲ 自然界の基本法則と宇宙・物質の起源の探求

No.	学術の中長期研究戦略の名称	提案者	区分
146	J-PARC での高強度重イオンビームによる超高密度物質の研究（再掲）	初貝 安弘（筑波大学数理物質系数理物質系系長）	更新
158	大強度高品質ミュー粒子ビームによる宇宙の起源の解明と新しい科学分野の開拓（再掲）	上野 一樹（大阪大学大学院理学研究科准教授）	更新

183	IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台によるニュートリノ天文学の長期的展開（再掲）	横手 幸太郎（千葉大学学長）	更新
185	高エネルギー加速器による素粒子原子核物理学の研究	浅井 祥仁（大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構機構長）	更新
186	チリ・アタカマ高地からの CMB 観測 - Simons Observatory および次世代望遠鏡群	横山 順一（東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構機構長）	更新
187	ハドロン衝突型加速器におけるビーム軸方向での素粒子研究の開拓	音野 瑛俊（九州大学・理学研究院准教授）	更新
188	大型液体キセノンを用いた宇宙暗黒物質直接検出実験（XLZD 実験計画の推進）	横山 順一（東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構機構長）	更新
189	カムランド高性能化による極低放射能環境でのニュートリノ研究	井上 邦雄（東北大学ニュートリノ科学研究センターセンター長）	更新
190	国際高エネルギー量子科学フロンティア：海外施設で展開する QCD 研究	小谷 元子（理化学研究所・開拓研究所開拓研究所長、日本学術会議連携会員）	更新
191	基礎科学と量子技術の協働で開拓する量子と重力の未踏領域	石橋 達朗（国立大学法人九州大学総長）	更新
192	大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験（ハイパーカミオカンデ計画の推進）	荻尾 彰一（東京大学・宇宙線研究所所長）	更新
193	宇宙の起源と根本法則を探る	藤本 正樹（宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所所長）	更新
194	大型低温重力波望遠鏡 KAGRA 計画（略称：KAGRA）	梶田 隆章（東京大学・宇宙線研究所卓越教授、日本学術会議連携会員）	更新
195	宇宙重力波望遠鏡 B-DECIGO による天文学・宇宙物理学の新展開	横山 順一（東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構機構長）	更新
196	EIC 実験による物質階層構造の起源探究：クォーク・グルーオンから核子・原子核へ	大越 慎一（東京大学大学院理学系研究科研究科長、日本学術会議連携会員）	新規
197	LHC 加速器・高エネルギー原子核衝突実験 ALICE で拓く宇宙初期物質 QGP 生成とハドロン化機構の解明	初貝 安弘（筑波大学数理物質系数理物質系長）	新規

（出典）以上、本提言にて独自に作成

＜参考文献＞

- [1] 日本学術会議、「日本学術会議のより良い役割発揮に向けて」、2021 年 4 月 22 日.
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-25-s182-2.pdf>
- [2] 日本学術会議科学者委員会学術の大型研究計画検討分科会、報告「学術の大型施設計画・大規模研究計画 マスタープラン 2011」、2011 年 9 月 28 日.
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-21-h135-1.pdf>
- [3] 日本学術会議科学者委員会学術の大型研究計画検討分科会、提言「第 22 期学術の大型研究計画に関するマスタープラン（マスタープラン 2014）」、2014 年 2 月 28 日.
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-t188-1.pdf>
- [4] 日本学術会議科学者委員会学術の大型研究計画検討分科会、提言「第 23 期学術の大型研究計画に関するマスタープラン(マスタープラン2017)」、2017 年 2 月 8 日.
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-23-t241-1.html>
- [5] 日本学術会議科学者委員会研究計画・研究資金検討分科会、提言「第 24 期学術の大型研究計画に関するマスタープラン（マスタープラン 2020）」、2020 年 1 月 30 日.
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-24-t286-1.html>
- [6] 日本学術会議科学者委員会学術研究振興分科会、提言「未来の学術振興構想（2023 年版）」、2023 年 9 月 25 日.
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-25-t353-3.html>
- [7] 日本学術会議、声明「科学者の行動規範—改訂版—」、2013 年 1 月 25 日.
<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/pdf/kohyo-22-s168-1.pdf>
- [8] 日本学術会議科学者委員会学術研究振興分科会、学術フォーラム「未来の学術振興構想 —実現に向けて—」、2024 年 10 月 4 日.
<https://www.scj.go.jp/ja/event/2024/364-s-1004.html>

＜参考資料＞

参考資料 1 第 26 期「未来の学術振興構想」の改訂方針について

第 26 期「未来の学術振興構想」の改訂方針について

2025 年 3 月 18 日

日本学術会議科学者委員会
学術研究振興分科会

1. 背景と目的

日本学術会議においては、2021 年 4 月に取りまとめた「日本学術会議のより良い役割発揮に向けて」（第 182 回総会決定）で示された改革の方向性を具体化すべく、様々な取組を進めてきた。中でも、取組の柱の一つに掲げられた科学的助言機能の強化については、独立した立場からより広い視野に立った社会課題の発見や中長期的に未来社会を展望した対応の在り方についての提案に対する社会の期待に応えるべく、特に「中長期視点と俯瞰的視野と分野横断的な検討」を重視した見直しを進めた。

また、日本学術会議を取り巻く社会の状況を見渡せば、気候変動やカーボンニュートラルを始めとするサステナビリティへの取組に対する関心の高まり、新型コロナウイルス感染症の世界的拡大への社会の対応等に見られるように、国民生活における学術や科学技術への期待や関心、学術と行政との関わり等にも様々な変化が生じている。

こうした中、日本学術会議では、第 21 期以降、学術的意義の高い大型研究計画を広く網羅的に体系化する「マスタープラン」を期ごとに策定し、各学術分野における活発な議論を通じて我が国の学術の強化・発展に寄与してきた。しかしながら、前述のようなこの間の社会環境の変化に加え、日本学術会議の存在や役割について社会が注目する中、自らも科学的助言機能の強化に関して見直し新たな仕組みに移行しつつある状況や、分野横断や学際的な取組が不十分、中長期的な視点の欠如、分野の偏りがあるのではないかな等の「マスタープラン」に対する内外の様々な意見も踏まえる必要がある。そこで第 25 期において、従来の「マスタープラン」は策定しないこととし、2023 年 9 月、新たに提言「未来の学術振興構想（2023 年版）」（以下、「未来の学術振興構想」という。）を策定した。

「未来の学術振興構想」では、今後 20～30 年頃まで先を見通した学術振興の 19 の「グランドビジョン」を提示し、それぞれの「グランドビジョン」について、その実現の観点から必要となる「学術の中長期研究戦略」（今後 20～30 年頃まで先を見通した学術振興の「ビジョン」とその実現に必要な「学術研究構想」）を示している。19 の「グランドビジョン」は、多様な科学者コミュニティから提案された将来振興すべき学術の「ビジョン」を取りまとめたものであり、社会からの要請を念頭に科学者の自由な発想に基づいていることが大きな特徴の一つであり、かつ、重要な点である。

しかしながら、前回の「学術の中長期研究戦略」の応募から 3 年程度が経過し、学術研究の進展や社会情勢等取り巻く環境の変化を受け、「未来の学術振興構想」の一部に

改訂の必要が生じているのではないかと考える。また、提示された 19 の「グランドビジョン」を俯瞰することで新たな戦略の提案も期待される。前期に「未来の学術振興構想」を取りまとめた際には、例えば、新たな「グランドビジョン」及び「グランドビジョン」を構成する「ビジョン」を追加するなど、「学術の進展、社会や環境の変化に伴い、将来しかるべき時期に更新されるべきである。」と、今後も継続的な検討が必要であることを指摘している。

これらを踏まえ、第 26 期科学者委員会学術研究振興分科会（以下「本分科会」という。）において検討した結果、「未来の学術振興構想」を改訂することとした。なお、前期の提言の発出から間もないことから大幅な見直しはせず、19 の「グランドビジョン」の実現及びより一層の充実のために必要な「学術の中長期研究戦略」を追加募集するとともに、「未来の学術振興構想」に掲載した「学術の中長期研究戦略」の「学術研究構想」の進展等に伴う改訂を実施し、それらを踏まえての「未来の学術振興構想」の改訂とする。

2. 策定の意義

学術は、自然・人間における事実と真理の追究、及びその追究から得られた知に基づく人類社会への貢献を目的とし、自由で創造的な研究環境を基盤として発展してきた。

こうした中、学術の進展に伴い、20 世紀後半からは、研究プロジェクトの大型化、必要となる研究施設の高度化・大規模化が進んだ。さらに 21 世紀に入ってから学術分野の融合や学際化、国際化が急速に深化する等、学術研究は一層複雑化し、従来の延長線上から将来の展望を描くことは困難となってきた。

このような先を見通し難い状況の中で、未来を見据えて学術研究を振興し、人類社会に貢献していくためには、多様な分野や視点に基づく科学者コミュニティからのボトムアップを重視し、周到な議論と準備を通じて、学術研究の中長期的「グランドビジョン」を明確化し、その実現に必要な「学術の中長期研究戦略」を具体化していくことが不可欠である。

「グランドビジョン」や「学術の中長期研究戦略」の検討に当たっては、幅広い分野にまたがる最先端の科学者が真摯に議論することが必要である。そして、純粋に学術的な見地から、検討・審査・評価を行うことにより、初めて、今後 20～30 年頃まで先を見通した学術振興の「グランドビジョン」を提示し、その「グランドビジョン」実現に必要な「学術の中長期研究戦略」をリストアップすることが可能となる。

こうした取組は、政府や個別の学協会で行うより、人文・社会科学、生命科学、理学・工学の全ての分野を網羅した第一線の科学者で構成され、政府から独立して職務を行う日本学術会議が主体的に実施していくことがより相応しく、極めて有意義であると考えられる。

さらに、「グランドビジョン」の検討やその実現に必要な「学術の中長期研究戦略」の取りまとめを行う過程で、学術分野ごとや複数の学術分野間において中長期的な研究の方向性や道筋が活発に議論され、様々なステークホルダーとの情報・意見交

換等が行われることにより、科学者コミュニティ全体の活性化、新たな知的基盤の形成促進も期待できる。こうした観点からも、我が国の科学者コミュニティを代表する日本学術会議が実施すべきものといえる。

3. 「未来の学術振興構想」の策定

1) 策定プロセス

- ① 第 25 期に公表した「未来の学術振興構想」をさらに発展及び充実させることを目的として、「未来の学術振興構想」において提示した 19 の「グランドビジョン」の実現に必要な「学術の中長期研究戦略」を公募により追加募集する。
- ② 「未来の学術振興構想」に掲載の「学術の中長期研究戦略」は、引き続き「未来の学術振興構想」改訂版（仮称）に掲載することを原則とする。改訂版への掲載に当たっては、「未来の学術振興構想」に掲載の「学術の中長期研究戦略」の提案者へ、「学術研究構想」の進展等を踏まえた「学術の中長期研究戦略」の改訂を依頼する。
- ③ 学術研究振興分科会において、上記①及び②により提案された「学術の中長期研究戦略」を複数の大括りの分野に分類する。
- ④ 各「学術の中長期研究戦略」については、本分科会の下に、日本学術会議の会員及び連携会員等から構成する小委員会を設置し、評価を行う。具体的には、小委員会内に上記③の分類に対応するワーキング・グループを設置し、各「学術の中長期研究戦略」について、主に i) 学術上の意義又は社会的な価値、ii) 成熟度、iii) 優位性、及び iv) 必要性の 4 つの観点から、評価を行う（主に書面審査（必要に応じヒアリング審査も検討））。
- ⑤ 一定以上の評価を得た各「学術の中長期研究戦略」の「ビジョン」に基づき、「未来の学術振興構想」の「グランドビジョン」に分類する。必要に応じ新たな「グランドビジョン」を検討する。
- ⑥ 学術研究振興分科会において、「グランドビジョン」とその実現に必要な「学術の中長期研究戦略」のリストを取りまとめるとともに、各「学術の中長期研究戦略」のうち主に「ビジョン」の記載内容を参考にしながら（併せて「学術研究構想」の記載内容も参照しながら）、「未来の学術振興構想」の「グランドビジョン」の具体化・改訂を行い、日本学術会議の意思の表出として取りまとめる。
- ⑦ 日本学術会議での査読プロセスに従い、意思の表出として発出する。
- ⑧ 「学術の中長期研究戦略」については、「未来の学術振興構想」に非掲載となったものも含めて審査結果を日本学術会議のウェブサイト上で公表する（希望しない提案は非公開とする）。

2) 公募（追加募集）

- ① 公募の対象とする「学術の中長期研究戦略」は、専門的な知見に根差した今後 20 ～30 年先を見通した学術振興の「ビジョン」と、その実現のために今後 10 年程度で実施することが必要な「学術研究構想」の双方で構成する。提案に当たって

は、「未来の学術振興構想」において提示している 19 の「グランドビジョン」のうち最も関連する「グランドビジョン」の番号、人文・社会科学、生命科学、理学・工学、分野融合のいずれに該当するか、代表的なキーワードを 3 つ程度明記することとする。

- ② 「学術の中長期研究戦略」は、複数の学術分野に関わる提案や複数の学術分野に裨益することが想定される提案を推奨する。また、個別の学術分野のみに関わる研究については、「ビジョン」が明確で分野に変革をもたらすような先鋭的な提案を推奨する。
- ③ 「学術研究構想」は、「研究計画」又は「施設計画」のいずれかとし、それぞれの規模については、以下を想定することとする。
 - i. 「研究計画」：科学研究費補助金等で実施困難なものであることを前提とするが、特に予算総額の下限は定めない（調査の継続期間等の予算以外の要因で“実施困難”な計画も含む）。
 - ii. 「施設計画」：国策としてトップダウンで整備する施設との区別を明確にするため、予算総額（国際共同事業については国内負担分）については概ね 2000 億円を上限とするが、特に下限は定めない。
- ④ 「研究計画」及び「施設計画」については、③に加え、以下の要件に合致するものとする。
 - i. 「研究計画」については、「ビジョン」に立脚した「研究計画」であって、学術分野の重要課題について、長期間にわたって多くの研究者が参画し、観察、観測、調査、研究を推進する、あるいは大規模なデータ収集のための長期的実施体制やデータベースを構築し、その効果的な利用を推進する等、大きな規模の計画的研究の展開によって新たな知を創造する計画であること。
 - ii. 「施設計画」については、「ビジョン」に立脚した施設計画であって、最先端の研究を拓くことを目的として、多くのコミュニティの研究者が共同して利用・研究するための施設、及びそれに付随する装置や設備に関する建設・整備・運用計画であること。
- ⑤ 「学術研究構想」は、分野融合の提案（特に文理にまたがる提案）を歓迎する。また、「学術研究構想」に含まれる「研究計画」及び「施設計画」においては、人材育成（若手育成）と実施体制におけるダイバーシティの観点を提案に含めること。

3) 「未来の学術振興構想」に掲載の「学術の中長期研究戦略」の改訂

- ① 「未来の学術振興構想」に掲載の「学術の中長期研究戦略」の提案者は、「学術研究構想」の進展等を踏まえた「学術の中長期研究戦略」の改訂ができるものとする。
- ② 「学術の中長期研究戦略」の改訂に当たっては、学術研究構想の進展のみならず、国内外の研究の動向、また、所属する「グランドビジョン」との関連や同じ「グランドビジョン」に所属する他の「学術の中長期研究戦略」の内容等を踏まえて、

「ビジョン」や「学術研究構想」の積極的な再考を推奨する。

4) 提案者

- ① 3. 2) の提案者は以下のとおりとする。
 - i) 研究・教育機関長又は部局長（国公立大学、大学共同利用機関法人、研究開発法人）
 - ii) 学協会長（本改訂方針における「学協会」とは、日本学術会議が指定する「協力学術研究団体」を指す。）
 - iii) 日本学術会議の会員及び連携会員
 - iv) 若手研究者（所属部局長の承認を得て、かつ、日本学術会議の会員又は連携会員3名以上（会員1名を含むこと）の推薦がある者に限る。）
- ② 研究・教育機関長又は部局長、学協会長からの提案については、各々について最大3件までとする。日本学術会議の会員及び連携会員並びに若手研究者からの提案については、1人1件とする。

4. 利益相反

「未来の学術振興構想」の改訂においては、会員ないし連携会員や分野別委員会の協力を得るととともに、透明性・公平性を確保し、以下のとおり、審査等における利益相反に留意することとする。

1) 利益相反

「未来の学術振興構想」は、今後20～30年頃まで先を見通した学術振興の「グランドビジョン」を提示するとともに、当該「グランドビジョン」の実現に必要な「学術の中長期研究戦略」を網羅し、我が国の学術研究の振興について一定の方向性を示唆するものであるため、実際の科学技術関係予算の配分等に直接関与するものではない。しかしながら、日本学術会議会員・連携会員が「未来の学術振興構想」の策定に関与する場合には、提案の審査・評価・実現のための支援という公的な立場と一研究者としての立場の両方を有するため、相反する緊張関係（利益相反）の状態に入ることとは否めない。

よって、策定プロセスに関わる関係者は、日本学術会議会員・連携会員としての高い見識の下で、日本学術会議声明「科学者の行動規範について一改訂版一」（平成25年1月）の利益相反の条項を踏まえて、公平で公正な審査・評価を行うこととする。

2) 利害関係者の排除

策定プロセスの公正性を確保するため、提案者は本分科会及び本分科会の下に設置される小委員会における当該提案の審査・評価には関与しないこととする。また、本分科会及び小委員会委員は、3. 2) 公募（追加募集）における提案者及び連絡担当者等になることはできないこととする。なお、利害関係者の排除の詳細については後日公表する。

5. スケジュール

2025 年 4 月 1 日（火） 公募開始

2025 年 10 月 1 日（水） 公募締め切り

2025 年 11 月頃 「学術の中長期研究戦略」評価及び「グランドビジョン」
検討を開始

2026 年春頃 「未来の学術振興構想」改訂版（仮称）（案）取りまとめ

2026 年夏頃 「未来の学術振興構想」改訂版（仮称）公表

「未来の学術振興構想」

=複数の「グランドビジョン」+「グランドビジョン」
毎に複数の学術の中長期研究戦略

(総合化・取りまとめ)

未来の学術振興構想の「グランドビジョン」(19+α)

学術振興の「ビジョン」



(分類)

「学術の中長期研究戦略」

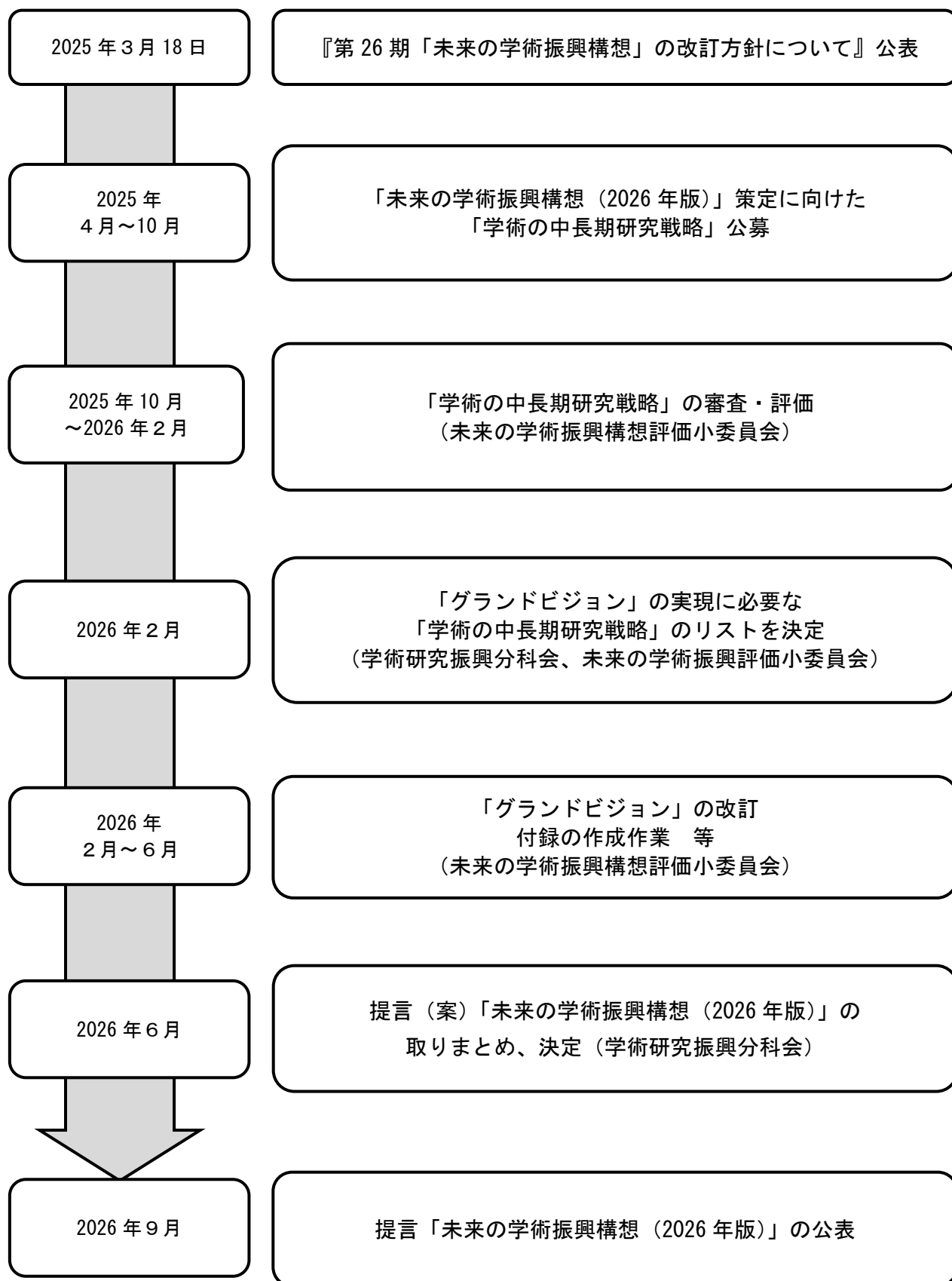
「学術研究構想」



(ボトムアップによる提案)

- ・ 研究教育機関長又は部局長
- ・ 学協会長
- ・ 日本学術会議の会員・連携会員
- ・ 若手研究者 (一定の要件を満たすもの)

参考資料2 提言「未来の学術振興構想（2026年版）」策定の流れ



「未来の学術振興構想」の改訂に向けた
「学術の中長期研究戦略」の公募等について

日本学術会議科学者委員会
学術研究振興分科会

1. 未来の学術振興構想の背景と目的

日本学術会議においては、2021 年 4 月に取りまとめた「日本学術会議のより良い役割発揮に向けて」（第 182 回総会決定）で示された改革の方向性を具体化すべく、様々な取組を進めてきました。中でも、取組の柱の一つに掲げられた科学的助言機能の強化については、独立した立場からより広い視野に立った社会課題の発見や中長期的に未来社会を展望した対応の在り方についての提案に対する社会の期待に応えるべく、特に「中長期的視点と俯瞰的視野と分野横断的な検討」を重視した見直しを進めてまいりました。

また、日本学術会議を取り巻く社会の状況を見渡せば、気候変動やカーボンニュートラルを始めとするサステナビリティへの取組に対する関心の高まり、新型コロナウイルス感染症の世界的拡大への社会の対応等に見られるように、国民生活における学術や科学技術への期待や関心、学術と行政との関わり等にも様々な変化が生じております。

こうした中、日本学術会議では、第 21 期以降、学術的意義の高い大型研究計画を広く網羅的に体系化する「マスタープラン」を期ごとに策定し、各学術分野における活発な議論を通じて我が国の学術の強化・発展に寄与してきました。しかしながら、前述のようなこの間の社会環境の変化に加え、日本学術会議の存在や役割について社会が注目する中、自らも科学的助言機能の強化に関して見直し新たな仕組みに移行しつつある状況や、分野横断や学際的な取組が不十分、中長期的な視点の欠如、分野の偏りがあるのではないかな等の内外の様々な意見も踏まえ、第 25 期において、従来の「マスタープラン」は策定しないこととし、2023 年 9 月、新たに提言「未来の学術振興構想（2023 年版）」（以下、「未来の学術振興構想」という。）を策定しました（注 1）。

「未来の学術振興構想」では、今後 20～30 年頃まで先を見通した学術振興の 19 の「グランドビジョン」（注 2）を提示し、それぞれの「グランドビジョン」について、その実現の観点から必要となる「学術の中長期研究戦略」（今後 20～30 年頃まで先を見通した学術振興の「ビジョン」とその実現に必要な「学術研究構想」）を示しました。19 の「グランドビジョン」は、多様な科学者コミュニティから提案された将

来振興すべき学術の「ビジョン」を取りまとめたものであり、社会からの要請を念頭に科学者の自由な発想に基づいていることが大きな特徴の一つであり、かつ、重要な点であると考えております。

しかしながら、前回の「学術の中長期研究戦略」の応募から3年程度が経過し、学術研究の進展や社会情勢等取り巻く環境の変化を受け、「未来の学術振興構想」の一部に改訂の必要が生じているのではないかと考えています。また、提示された19の「グランドビジョン」を俯瞰することで新たな戦略の提案も期待されます。前期に「未来の学術振興構想」を取りまとめた際には、例えば、新たな「グランドビジョン」及び「グランドビジョン」を構成する「ビジョン」を追加するなど、「学術の進展、社会や環境の変化に伴い、将来しかるべき時期に更新されるべきである。」と、今後も継続的な検討が必要であることを指摘しています。

これらを踏まえ、第26期科学者委員会学術研究振興分科会（以下「本分科会」という。）において検討した結果、「未来の学術振興構想」を改訂することとしました。なお、前期の提言の発出から間もないことから大幅な見直しはせず、19の「グランドビジョン」の実現及びより一層の充実のために必要な「学術の中長期研究戦略」を追加募集するとともに、「未来の学術振興構想」に掲載した「学術の中長期研究戦略」の「学術研究構想」の進展等に伴う改訂を実施し、それらを踏まえて、「未来の学術振興構想」の改訂を実施します。

なお、「未来の学術振興構想」は、政府の予算への直接の反映等を意図するものではないことを申し添えます。

2. 「学術の中長期研究戦略」の公募等

別添の「第26期『未来の学術振興構想』の改訂方針について」（注3）に従い、第25期に策定した「未来の学術振興構想」をさらに発展及び充実し、「未来の学術振興構想」改訂版（仮称）（以下、「改訂版」という。）を策定することを目的として、「未来の学術振興構想」において提示した19の「グランドビジョン」の実現に必要な「学術の中長期研究戦略」を追加募集するとともに、「未来の学術振興構想」に掲載の「学術の中長期研究戦略」の改訂を依頼します。

「学術の中長期研究戦略」は、専門的な知見に根差した今後20～30年先を見通した学術振興の「ビジョン」と、その実現のために今後10年程度で実施することが必要な「学術研究構想」の双方から構成されます（注4）。

本戦略の提案については、科学者コミュニティから積極的に御提案いただきたいと考えておりますが、特に複数の研究コミュニティが連携した複合的な「学術の中長期研究戦略」、人文・社会科学分野が中核的に関わる「学術の中長期研究戦略」の提案を期待しております。

応募いただいた提案は、本分科会等において一定の絞り込みを行った上で、「未来の学術振興構想」において提示した19の「グランドビジョン」をベースとして、本

分科会等において俯瞰的、かつ、分野横断的に検討して分類・グループ化し、必要に応じ、新たな「グランドビジョン」の追加も検討します。

なお、追加募集に対する提案については「未来の学術振興構想」において提示している 19 の「グランドビジョン」（注 2）のうち、どの「グランドビジョン」の実現に必要な「学術の中長期研究戦略」であるか、最も関連のある「グランドビジョン」の番号（該当する「グランドビジョン」がない提案も可能ですが、極力、19 の「グランドビジョン」との関連を検討してください。）、また、人文・社会科学、生命科学、理学・工学、分野融合のいずれに該当するか、代表的なキーワードを 3 つ程度明記していただきます。それらの情報も参考に、「グランドビジョン」の策定に向けた検討を行います。本分科会等における検討の結果、申請と異なる「グランドビジョン」に分類されたり、関連する「グランドビジョン」がないものとして申請していた場合でも、検討の結果、既存の 19 の「グランドビジョン」に分類される可能性もありますので、予めご了承ください。

「グランドビジョン」とその実現に必要な「学術の中長期研究戦略」をリスト化し、日本学術会議の意思の表出として取りまとめ、公表する予定です。

3. 公募等の対象

公募等の対象は下記のとおりです。

1) 応募区分 I：追加募集

- ① 「未来の学術振興構想」において提示した 19 の「グランドビジョン」の実現に必要な「学術の中長期研究戦略」を追加募集します。
- ② 追加募集に対する提案については、「未来の学術振興構想」において提示した 19 の「グランドビジョン」のうち最も関連する「グランドビジョン」の番号（該当する「グランドビジョン」がない提案も可能ですが、極力、19 の「グランドビジョン」との関連を検討してください。）、人文・社会科学、生命科学、理学・工学、分野融合のいずれに該当するか、代表的なキーワードを 3 つ程度明記してください。
- ③ 公募の対象である「学術の中長期研究戦略」は、専門的な知見に根差した今後 20～30 年先を見通した学術振興の「ビジョン」と、その実現のために今後 10 年程度で実施することが必要な「学術研究構想」の双方から構成されます。
- ④ 「学術研究構想」は、複数の学術分野に関わる提案や複数の学術分野に裨益することが想定される提案を推奨します。また、個別の学術分野のみに関わる研究については、「ビジョン」が明確で分野に変革をもたらすような先鋭的な提案を推奨します。
- ⑤ 「学術研究構想」は、「研究計画」又は「施設計画」のいずれかとし、それぞれの規模については、以下のとおりです。
 - i. 「研究計画」：科学研究費補助金等で実施困難なものであることを前提とす

るが、特に予算総額の下限は定めない（調査の継続期間等の予算以外の要因で“実施困難”な計画も含む）。

- ii. 「施設計画」：国策としてトップダウンで整備する施設との区別を明確にするため、予算総額（国際共同事業については国内負担分）については概ね 2000 億円を上限とするが、特に下限は定めない。
- ⑥ 「研究計画」及び「施設計画」については、③に加え、以下の要件に合致するものとします。
- i. 「研究計画」については、「ビジョン」に立脚した「研究計画」であって、学術分野の重要課題について、長期間にわたって多くの研究者が参画し、観察、観測、調査、研究を推進する、あるいは大規模なデータ収集のための長期的実施体制やデータベースを構築し、その効果的な利用を推進する等、大きな規模の計画的研究の展開によって新たな知を創造する計画であることが必要です。
 - ii. 「施設計画」については、「ビジョン」に立脚した施設計画であって、最先端の研究を拓くことを目的として、多くのコミュニティの研究者が共同して利用・研究するための施設、及びそれに付随する装置や設備に関する建設・整備・運用計画であることが必要です。
- ⑦ 「学術研究構想」は、分野融合の提案（特に文理にまたがる提案）を歓迎いたします。また、「学術研究構想」に含まれる「研究計画」及び「施設計画」においては、人材育成（若手育成）と実施体制におけるダイバーシティの観点を含めてください。
- ⑧ 実施体制等については、関係協力機関とよくコミュニケーションを取った上で提案をしてください。

2) 応募区分Ⅱ：提言「未来の学術振興構想（2023 年版）」に掲載の「学術の中長期研究戦略」の改訂

- ① 「未来の学術振興構想」に掲載の「学術の中長期研究戦略」は、原則、改訂版に掲載しますが、「学術研究構想」の進展等を踏まえた「学術の中長期研究戦略」の改訂ができるものとし、当該「学術の中長期研究戦略」の提案者へ改訂を依頼します。
- ② 学術研究構想の進展のみならず、国内外の研究の動向、また、所属する「グランドビジョン」との関連や同じ「グランドビジョン」に所属する他の「学術の中長期研究戦略」の内容等を踏まえて、「ビジョン」や「学術研究構想」の積極的な再考を推奨します。
- ③ 「学術の中長期研究戦略」の定義等は、上記応募区分Ⅰ③～⑦と同様です。
- ④ 「未来の学術振興構想」に掲載の「学術の中長期研究戦略」のうち、改訂版への掲載が困難な「学術の中長期研究戦略」がある場合には、【意向表明】においてその意向をお示しください。

4. 提案者

応募区分Ⅰの「学術の中長期研究戦略」の提案は、(i) 研究・教育機関の長又は部局長（国公立大学、大学共同利用機関法人、研究開発法人）、(ii) 学協会長（本公募要領における「学協会」とは、日本学術会議が指定する「協力学術研究団体」を指す。）、(iii) 日本学術会議の会員及び連携会員、(iv) 若手研究者（応募区分Ⅰにおいては、2026年3月31日の時点で満45歳以下の者（※）であって、所属部局長の承認を得て、かつ、日本学術会議の会員又は連携会員3名以上（会員1名を含むこと）の推薦がある者）に限る。

応募区分Ⅱの提案者は、「未来の学術振興構想」の既提案者とする（ただし、人事異動等に伴う提案者の変更は可）。

応募区分Ⅰについては、応募区分Ⅱの提案数に関わらず提案者(i)及び(ii)は最大3件まで、提案者(iii)及び(iv)は1件のみ、それぞれ提案することができます。

また、選考の公平性を確保するため、提案者が、その当該提案の審査・評価に関与することはありません。

※ただし、産前・産後休業又は育児休業を取得した者については、満45歳以下の制限にその日数を加算することができます。

5. 公募期間

2025年4月1日(火)～2025年10月1日(水)

申請件数等の把握及び改訂作業の効率化のため、申請を検討されている場合には、申請意向の表明として、下記に沿って登録してください。

【意向表明のお願い】

<応募区分Ⅰについて>

「学術の中長期研究戦略」の提案を考えられている方は、2025年8月1日（金）までに、以下のURLにより事前の情報提供をお願いいたします。また、若手研究者についてはこの時点での所属部局長の承認は不要です。

なお、情報提供の有無は審査には一切影響はございません。

※応募区分Ⅰ意向表明様式 URL：<https://forms.office.com/r/mPkddwq2TH>

※情報提供事項

- ・ 「学術の中長期研究戦略」の名称(日本語のみ、仮題で可。80字以内。)
- ・ 提言「未来の学術振興構想（2023年版）」において提示している19の「グランドビジョン」（注2）のうち最も関連する「グランドビジョン」の番号
- ・ 提案分野【人文・社会科学、生命科学、理学・工学、分野融合※】
※前記3分野のうち、2分野以上にまたがるもの。
- ・ 提案のキーワード（3～5個）
- ・ 提案予定者の氏名、所属機関、役職等
- ・ 提案の要旨（800字以内。可能な範囲で可。）

<応募区分Ⅱについて>

提言「未来の学術振興構想（2023年版）」に掲載の「学術の中長期研究戦略」の提案者は、必ず2025年8月1日（金）までに、以下のURLにより「未来の学術振興構想」改訂版への掲載の意向等情報提供事項を回答してください（ただし、8月1日（金）より前に応募区分Ⅱ応募様式から申請された方は意向表明は不要です）。

※応募区分Ⅱ意向表明様式 URL：<https://forms.office.com/r/ysGn5tYMs2>

※情報提供事項

- ・ 「学術の中長期研究戦略」の名称(日本語のみ、提言「未来の学術振興構想（2023年版）」に掲載の「学術の中長期研究戦略」と同一の名称としてください。)
- ・ 提言「未来の学術振興構想（2023年版）」における当該「学術の中長期研究戦略」番号
- ・ 提言「未来の学術振興構想（2023年版）」における当該「学術の中長期研究戦略」が所属するグランドビジョンの番号
- ・ 提案予定者の氏名、所属機関、役職等（前回提案時から変更がある場合には、変更後の内容を記載してください。)
- ・ 「未来の学術振興構想」改訂版への掲載の意向【有り、無し】
 - （前項において「有り」と回答した場合）「学術の中長期研究戦略」改訂の予定の有無【有り、無し、検討中】
 - （前項において「無し」を選択した場合）「未来の学術振興構想」改訂版への掲載の意向無しの理由（500字以内）

6. 応募方法

提案に当たっては、応募区分に応じた下記 URL の様式に従い提案書を作成し、ウェブを通じて応募を行ってください。

「未来の学術振興構想」に掲載された「学術の中長期研究戦略」の提案者は、当該「学術の中長期研究戦略」の改訂の有無に関わらず、必ず応募区分Ⅱにより申請を行ってください（本申請をもって、改訂版への掲載の意向を正式に確認したことといたします。）。なお、諸般の事情により「未来の学術振興構想」改訂版（仮称）への掲載が困難な「学術の中長期研究戦略」がある場合には、上記【意向表明】においてお申し出ください。

応募区分Ⅰ 応募様式 URL : <https://forms.office.com/r/vPUV5YRxbY>

応募区分Ⅱ 応募様式 URL : <https://forms.office.com/r/NeuN2veUNn>

7. 提案書の記載内容

記入項目、内容、分量等の詳細については、上記様式及び下記 URL より参照してください。

「未来の学術振興構想」の改訂に向けた「学術の中長期研究戦略」の公募等について

URL : <https://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/kenkyukeikaku/26koubo.html>

8. 説明会の開催

2025 年 4 月 24 日（木） 16 時～17 時に公募等説明会（オンライン開催）を実施いたしますので、下記の URL よりご登録下さい。

公募説明会登録フォーム URL : <https://forms.office.com/r/jKK0NuDJ0J>

9. ご質問、お問い合わせ

本件に関するお問い合わせは、下記フォームでお問い合わせください。

日本学術会議事務局審議第二担当

問合せフォーム URL : <https://forms.office.com/r/WNpFL7WT6F>

また、多数の方から質問があったものについては、FAQ を日本学術会議のウェブサイト内に順次用意しますのでご覧ください。

10. その他

「未来の学術振興構想」に掲載することになった「学術の中長期研究戦略」については、日本学術会議が意思の表出に掲載するための資料等を作成していただくことになりますので、よろしくお願いいたします。

なお、審査の透明性担保の観点から、「学術の中長期研究戦略」の審査結果については、原則として日本学術会議のウェブサイト上で公表する予定です。

（注１）提言「未来の学術振興構想（2023年版）」

URL：<https://www.scj.go.jp/ja/info/kohyo/kohyo-25-t353-3.html>

（注２）提言「未来の学術振興構想（2023年版）」の19のグランドビジョン

URL：<https://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/kenkyukeikaku/kousou23.html>

（注３）第26期「未来の学術振興構想」の改訂方針について

URL：<https://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/kenkyukeikaku/pdf26/hoshin.pdf>

（注４）「未来の学術振興構想」の全体像のイメージ

URL：<https://www.scj.go.jp/ja/member/iinkai/kenkyukeikaku/pdf26/image.pdf>

参考資料4 第26期「未来の学術振興構想」改訂における審査・評価プロセス及び「グランドビジョン」の具体化に向けたプロセスについて

第26期「未来の学術振興構想」改訂における審査・評価プロセス及び 「グランドビジョン」の具体化に向けたプロセスについて

2025年10月30日
日本学術会議科学者委員会
学術研究振興分科会

1. 「未来の学術振興構想」改訂版（仮称）の審査・評価の担当組織

(1) 組織

- ① 学術研究振興分科会（以下「本分科会」という）
- ② 未来の学術振興構想評価小委員会（以下「評価小委員会」という）

(2) 評価小委員会等の構成

① 評価小委員会

i 評価小委員会の構成

評価小委員会は、90名以内の会員又は連携会員若しくは会員又は連携会員以外の者で構成する。本構成は、幹事会の承認を経て最終決定とする。

評価小委員会には、事情のある者を除き、本分科会の委員も入ることとする。

ii 委員長選出

評価小委員会委員長は、評価小委員会において互選で選出される。

iii 役員会の設置

評価小委員会には、評価小委員会委員長、各グランドビジョンの代表者（後述）から構成される役員会を設置する。

2.(1)②v、2.(1)③iii、2.(2)②v、3.(1)②及び3.(2)③における評価小委員会の意思決定は、本役員会の意思決定をもって代えるものとする。

iv 「グランドビジョン」ごとの担当

2023年版で取りまとめられた19の「グランドビジョン」にそれぞれ3～5名程度ずつ審査・執筆担当の委員を割り振る。各担当には本分科会の委員（評価小委員会委員を兼ねる委員に限る。）を1名以上入れることとする。新規の「グランドビジョン」を作成する場合も同様とし、必要に応じて委員の追加も検討する。

v 各「グランドビジョン」の代表者

各「グランドビジョン」から、iiiの役員会に参加する代表者を1名ずつ決定する。

2. 審査・評価プロセス

(1) 応募区分Ⅰ：追加募集

① 応募提案の取りまとめと送付

- i 本分科会及び日本学術会議事務局（以下「事務局」という）は、提案された「学術の中長期研究戦略」について、資格等の確認を行い、審査の対象とする提案を確定する。
- ii 分科会において、提案された「学術の中長期研究戦略」を 19 のグランドビジョンに分類する。
- iii 事務局は、小委員会委員に担当する「グランドビジョン」の「学術の中長期研究戦略」及び評価用紙を直接送付する（メール等電子媒体による。）。

② 提案の評価

- i 評価小委員会において、利益相反の考え方、提案の評価方法を確認する。なお、利益相反の定義については、「第 26 期「未来の学術振興構想」改訂に関わる利益相反排除の方針」（2025 年 8 月 28 日科学者委員会学術研究振興分科会）（以下「利益相反排除の方針」という）を参照のこと。
- ii 評価小委員会委員は、「学術の中長期研究戦略」の目的・意義を十分に理解の上、担当する「グランドビジョン」の全応募提案を、事前確認の上、自らの見識の下で厳正に評価し、その結果を評価用紙に記入して事務局に送付する。事前確認及び評価の方法はそれぞれ以下③及び④に示す。
- iii 事務局は、評価小委員会委員の評価結果を集計し、その結果を評価小委員会に報告する。その際、評価した評価小委員会委員の名は伏せる。
- iv 評価小委員会は、当該分野の評価結果を、本分科会に報告する。
- v 評価小委員会及び本分科会において、各「学術の中長期研究戦略」を「未来の学術振興構想」に掲載するか否か、再審査を行うかを検討し、決定する。

③ 事前確認

- i 評価小委員会委員は、各「学術の中長期研究戦略」について評価を行う前に、下記項目について事前に各「グランドビジョン」担当者内で確認を行う。
 - ア 現在の「グランドビジョン」のままでよいか（他にふさわしい「グランドビジョン」はないか）。
 - イ 他の「グランドビジョン」にも属する必要があるか。
 - ウ 既存の「グランドビジョン」にない新たな「グランドビジョン」を設け、分類する必要があるか。
 - エ 他の「学術の中長期研究戦略」と内容が重複していないか。
- ii 該当する項目があった場合、事務局にその旨を伝達する。事務局は評価小委員会及び本分科会に報告する。
- iii 評価小委員会及び本分科会において、他の「グランドビジョン」に分類し直すか等の対応について検討を行う。

④ 評価項目

評価小委員会委員は個別に、下記項目に関して２段階で絶対評価を行う。2023 年版も参考に、「未来の学術振興構想」に掲載する「学術の中長期研究戦略」としてふさわしい水準である提案を「○」とし、ふさわしい水準を下回る場合には「×」とする。「×」とした場合はその理由を付することとする。

i 【学術振興の「ビジョン」について】

ア 「ビジョン」の豊かさ

イ 「ビジョン」を実現するための学術研究構想となっているか

ii 【学術研究構想について】

ア 学術上の意義又は社会的な価値（学術的な意義、分野融合の意義・効果、国内外の研究動向と当該構想の位置付け、国際協力・国際共同）

イ 成熟度（実施機関と実施体制、諸経費、実施計画・スケジュール、これまでの準備状況、共同実施体制）

ウ 優位性（当該構想の国際的な我が国の優位性）

エ 必要性（当該構想に我が国が取り組む必要性、社会的価値）

(2) 応募区分Ⅱ：提言「未来の学術振興構想（2023 年版）」に掲載の「学術の中長期研究戦略」の改訂

① 応募提案の取りまとめと送付

i 本分科会及び事務局は、提言「未来の学術振興構想（2023 年版）」に掲載の「学術の中長期研究戦略」（以下「前期戦略」という）について、改訂意向等の確認を行い、審査の対象とする提案を確定する。内容に変更のない前期戦略についても審査の対象とする。

ii 分科会において、前期戦略を 19 の「グランドビジョン」ごとに分類する。

iii 事務局は、評価小委員会委員に当該分野の「学術の中長期研究戦略」及び評価用紙を直接送付する（メール等電子媒体による。）。

② 提案の評価

i 評価小委員会において、利益相反の考え方、提案の評価方法を確認する。なお、利益相反の定義については、利益相反排除の方針を参照のこと。

ii 評価小委員会委員は、「学術の中長期研究戦略」の目的・意義を十分に理解の上、担当する「グランドビジョン」の全応募提案を、事前確認の上、自らの見識の下で厳正に評価し、その結果を評価用紙に記入して事務局に送付する。事前確認及び評価の方法はそれぞれ以下③及び④に示す。

iii 事務局は、評価小委員会委員の評価結果を集計し、その結果を評価小委員会に報告する。その際、評価した評価小委員会委員の名は伏せる。

iv 評価小委員会は、当該分野の評価結果を、本分科会に報告する。

v 評価小委員会及び本分科会において、各「学術の中長期研究戦略」を「未来の学術振興構想」に掲載するか否か、再審査を行うかを検討し、決定する。

③ 事前確認

- i 評価小委員会委員は、各「学術の中長期研究戦略」について評価を行う前に、下記項目について事前に各「グランドビジョン」担当者内で確認を行う。
- ア 現在の「グランドビジョン」のままでよい（他にふさわしい「グランドビジョン」はないか）。
- イ 他の「グランドビジョン」にも属する必要がないか。
- ウ 大幅な改訂がある場合、応募区分Ⅰと同等レベルの視点で審査を行う必要はないか。
- ii 該当する項目があった場合、事務局にその旨を伝達する。事務局は評価小委員会及び本分科会に報告する。
- iii 評価小委員会及び本分科会において、他の「グランドビジョン」に分類し直すか等の対応について検討を行う。

④ 評価項目

評価小委員会委員は個別に、下記項目に関して２段階で絶対評価を行う。「未来の学術振興構想」に掲載する「学術の中長期研究戦略」としてふさわしい水準である提案」を「○」とし、ふさわしい水準を下回る場合には「×」とする。「×」とした場合はその理由を付することとする。

i 【学術振興の「ビジョン」について】

ア 「ビジョン」の豊かさ

イ 「ビジョン」を実現するための学術研究構想となっているか

ii 【学術研究構想について】

ア 学術上の意義又は社会的な価値（学術的な意義、分野融合の意義・効果、国内外の研究動向と当該構想の位置付け、国際協力・国際共同）

イ 成熟度（実施機関と実施体制、諸経費、実施計画・スケジュール、これまでの準備状況、共同実施体制）

ウ 優位性（当該構想の国際的な我が国の優位性）

エ 必要性（当該構想に我が国が取り組む必要性、社会的価値）

3. 「グランドビジョン」の具体化に向けたプロセス

(1) 「グランドビジョン」の分類

- ① 評価小委員会は、2. の評価結果を基に、各「学術の中長期研究戦略」を「ビジョン」に基づき、各「グランドビジョン」に分類し、必要に応じて新たな「グランドビジョン」の要否も検討し、本分科会に報告する。
- ② 評価小委員会及び本分科会は、上記①の「グランドビジョン」の分類案を踏まえ、分野横断的な視点から検討を加え、「グランドビジョン」とその実現に必要な「学術研究構想」のリストを決定する。

(2) 「グランドビジョン」の改訂

- ① (1)②の結果を踏まえ、本分科会において、「未来の学術振興構想」の「グランドビジョン」の改訂に向けた検討を行う。

- ② 上記①の検討を踏まえ、評価小委員会においてそれぞれの担当者が「グランドビジョン」を必要に応じて改訂・作成し、評価小委員会及び本分科会に報告する。
- ③ 評価小委員会及び本分科会において、全体を取りまとめる。

4. 守秘義務と評価の非公開審議について

本策定作業に関わる本分科会委員及び各評価小委員会委員並びに事務局関係者には、提案内容及び評価の結果について守秘義務が課せられる。また、本分科会及び評価小委員会における評価に関する審議は非公開とする。

5. スケジュール案

2025 年

- 10 月 1 日（水） 「未来の学術振興構想」の策定に向けた「学術の中長期研究戦略」の公募締切
- 10 月 30 日（木） 未来の学術振興構想評価小委員会（第 1 回）開催
 - ・役員決定
 - ・WG について
 - ・審査・評価プロセスについて
- 10 月下旬～ 11 月下旬 小委員会委員に当該分野の「学術の中長期研究戦略」及び評価用紙を送付。小委員会委員は提案の評価を実施。
- 11 月 12 日（水） 提案の事前確認の締切。事前確認結果は各グランドビジョン担当の代表者から事務局に送付。
- 11 月下旬～ 12 月上旬 小委員会委員の評価結果を事務局にて集計後、小委員会に報告。
小委員会において評価結果を取りまとめ（小委員会開催）。本分科会及び評価小委員会において、「未来の学術振興構想」に掲載する「学術の中長期研究戦略」を決定。

2026 年

- 1 月 本分科会及び評価小委員会において「グランドビジョン」とその実現に必要な「学術研究構想」のリストを決定。
- 2 月 小委員会において「グランドビジョン」を改訂。
- 3 月 本分科会及び評価小委員会において全体取りまとめ。

参考資料5 審議経過

令和6年

- 2月28日 科学者委員会 学術研究振興分科会（第1回）
- 1) 役員の選出
 - 2) 第25期の活動及び提言「未来の学術振興構想（2023年版）」について
 - 3) 今期の活動方針について
 - 4) 学術フォーラム企画案について
 - 5) その他
- 9月9日 科学者委員会 学術研究振興分科会（第2回）※メール審議
議題：提言「未来の学術振興構想（2023年版）」に関するアンケート調査企画案について
- 11月28日 科学者委員会 学術研究振興分科会（第3回）
- 1) 学術フォーラム「未来の学術振興構想—実現に向けて—」（10/4）の総括
 - 2) 提言「未来の学術振興構想（2023年版）」のフォローアップ
 - 3) 今期の活動方針について
 - 4) 提言のアップデートについての概要
 - 5) その他

令和7年

- 1月17日 科学者委員会 学術研究振興分科会（第4回）
- 1) 「未来の学術振興構想」の改訂の方針について
 - 2) 個別論点の検討について
 - 3) 今後の検討スケジュールについて
 - 4) その他
- 3月18日 科学者委員会 学術研究振興分科会（第5回）
- 1) 改訂方針案について
 - 2) 公募要領案について
 - 3) 意思の表出の申出書について
 - 4) 今後のフォローアップ活動について
 - 5) その他
- 8月28日 科学者委員会 学術研究振興分科会（第6回）
- 1) 「学術の中長期研究戦略」の公募状況について
 - 2) 未来の学術振興構想評価小委員会の設置について
 - 3) 未来の学術振興構想の策定における審査・評価プロセスについて
 - 4) その他

- 9月24日 科学者委員会 学術研究振興分科会（第7回）
- 1) 「学術の中長期研究戦略」の公募状況について
 - 2) 未来の学術振興構想評価小委員会の委員推薦について
 - 3) 未来の学術振興構想の策定における審査・評価プロセスについて
 - 4) その他
- 10月30日 科学者委員会 学術研究振興分科会 未来の学術振興構想評価小委員会（第1回）
- 1) 小委員会の概要について
 - 2) 役員の選任
 - 3) 委員の辞任、追加について
 - 4) 審査・評価プロセスについて
 - 5) グランドビジョンごとの担当者について
 - 6) その他
- 令和8年
- 1月15日 科学者委員会 学術研究振興分科会 未来の学術振興構想評価小委員会（第2回）
- 1) 審査結果を踏まえた「学術の中長期研究戦略」の分類・掲載等の検討
 - 2) 今後のプロセスについて
 - 3) その他
- 2月12日 科学者委員会 学術研究振興分科会（第8回）及び未来の学術振興構想評価小委員会（第3回）合同会議
- 1) 審査結果を踏まえた「学術の中長期研究戦略」の分類・掲載等の検討
 - 2) 今後のプロセスについて
 - 3) その他
- 3月26日 科学者委員会 学術研究振興分科会（第9回）
- 1) 提言のフォローアップについて
 - 2) その他
- 6月8日 科学者委員会 学術研究振興分科会（第10回）及び未来の学術振興構想評価小委員会（第4回）合同会議
- 1) 提言「未来の学術振興構想（2026年版）」（案）について
 - 2) 提言のフォローアップについて
 - 3) その他
- 7月6日 科学者委員会 学術研究振興分科会（第11回）※メール審議
議題：提言案「未来の学術振興構想（2026年版）（仮題）」の承認について

7月17日

科学者委員会 学術研究振興分科会（第12回）※メール審議

議題：市民公開講座 未来の学術振興構想：共に創ろう 30年後の日本！の開催について（案）の承認について

<付録>

- 付録 1 「学術の中長期研究戦略」一覧
- 付録 2 「学術の中長期研究戦略」概要
- 付録 3 各グランドビジョンに属する
「学術の中長期研究戦略」の新旧比較

(令和 7 年10月 1 日時点)

付録 1 「学術の中長期研究戦略」一覧

(令和 7 年10月 1 日時点)

※ 付録 1 「学術の中長期研究戦略」一覧のうち、「所属するグランドビジョンの番号」が示すグランドビジョンは以下のとおり。

<グランドビジョン一覧>

- ① 言語・コミュニケーション研究の充実を踏まえた現代社会問題のデータ解析による解決策の提示
- ② 長い時間軸・大きな空間軸・多様な視点からの人と社会の科学
- ③ 文化論と歴史学のグローバル化による文系諸学の再構築と国際協働
- ④ 地球の生命環境と食料供給を持続させるための学術創生
- ⑤ 生命現象の包括的理解による真のウェルビーイングの創出
- ⑥ ビッグデータ駆動による生命科学の新たな発展
- ⑦ ヒトの知性を知る、創る、活かすための学術の創生
- ⑧ 超スマート社会における人の能力拡張とAIとの共生
- ⑨ サイバー空間の構築・活用による価値創造
- ⑩ データ基盤と利活用による学術界の再構築
- ⑪ 数学・数理科学・量子情報科学が切り拓く未来社会
- ⑫ 観測技術革新による地球システムの理解と地球変動予測への展開
- ⑬ 地球規模の環境危機にレジリエントな持続的社会的構築
- ⑭ エネルギーと環境の両立的課題解決
- ⑮ 持続可能社会に資する革新的な物質・材料の開拓
- ⑯ 量子ビームを用いた極限世界の解明と人類社会への貢献
- ⑰ 太陽系探査の推進と人類のフロンティア拡大
- ⑱ 宇宙における天体と生命の誕生・共進化の解明
- ⑲ 自然界の基本法則と宇宙・物質の起源の探求

<付録 1> 「学術の中長期研究戦略」一覧

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
1	先端的言語理論研究拠点 (Frontier Research Institute for Linguistic Theory)	人間言語に関する先端的 理論を構築する世界トップ レベルの研究拠点を設立 する。理論を科学的に検証 するとともに、人間の創造 的思考能力の本質、人間 知性の可能性と限界を明 らかにし、未来社会への道 筋を切り拓く。	施設 計画	先端的言語理論研究拠点 (Frontier Research Institute for Linguistic Theory)	人間言語の本質に迫るこ とを目指して、言語の普遍 原理、変異可能性、神経基 盤の解明に取り組む。既 存の言語資料への過度な 依存から脱却し、存在可能 な言語すべてを包括的に 対象とする理論駆動型の 研究を進める。	言語という人間独自の認 知能力の謎を解き明かす 先端理論の構築は、「人間 とはどのような存在なの か」という問いに答えること であり、我々人間の社会と 文明が未来に向けて進む べき道筋を示す意義を有し ている。	人間知性の可能性と限界 を明らかにするとともに、 科学技術によって人間の 限界を乗り越える方法、情 報処理技術と人間の望ま しい関係性などを示唆する ことで、21世紀後半以降の 社会と文明のあるべき姿を 示す。	【実施計画】 R9：設立準備WGにて検討 R10－R11：外部有識者を加えた設立準備委員会にて設置場所・組織体 制 を決定 R12－：段階的に運用 【所要経費】 総額25億円 【実施機関と実施体制】 既存の教育研究機関と連携しつつ、独立した研究施設を設置する。国際 的に活躍する研究者が管理・運営を担い、国際公募で決定したチーム リーダーのもとで編成されたチームが研究を進める。	①、⑦
2	現代日本社会におけるコ ミュニケーション問題の解消 を目指すウェルフェア言語 学の構築(Toward Welfare Linguistics: Overcoming communication barriers in the society)	高齢者や障害児、子ども や定住外国人など、日本 社会において弱い立場に 置かれがちな人々の言語 実態を研究することで、 SDGsが目指す「誰一人置 き去りにしない」世界の実 現につながる言語的基盤 を整備する。	研究 計画	現代日本社会におけるコ ミュニケーション問題の解 消を目指すウェルフェア言 語学の構築(Toward Welfare Linguistics: Overcoming communication barriers in the society)	現代日本社会の課題に対 し、①障害児や高齢者の 言語認知面の課題、②子 どもや定住外国人の言語 教育面の課題、③非専門 家や少数者・下位者の言 語環境面の課題、の三つ の柱を立て「ウェルフェア 言語学」を構築する。	現代日本の社会問題を言 語という視座から一貫して 捉えた総合的研究は従来 なく、この種の研究は、関 心を共有する研究者が共 同研究できるよう、大規模 調査に基づく言語情報の データベースを整備して初 めて可能になる。	本研究構想は市民生活に 直結するものであり、言語 における多様な障壁を可 能な限り取り除き、日本に 暮らす一人ひとりの人生を 豊かにし、誰もが社会に参 加して自己の能力を発揮 できることを企図するもの である。	【実施計画】 R9－R10：調査準備 R11－R13：本調査の実施とデータの収集 R14－R16：データの整備と共同研究の推進 R17－R18：共同研究の成果の公開 【所要経費】 総額2,640,000千円 【実施機関と実施体制】 他機関との連携および関係諸学会との協力の下、国語研が主導し、実施 する。国語研では三つの分野それぞれに統括リーダーを置き、六つの各 領域に調査及び結果処理等の担当者を配置する。	①
3	多文化共生社会におけるコ ミュニケーション・トラブルの 軽減・解消に向けた総合的 言語学の構築(Establishing a Comprehensive Linguistics for Mitigating and Resolving Communication-related Problems in Multicultural Societies)	共生社会を真に実現する ために、情報の内容ではな く発信方法(ものの言いよ う／書きぶり)に起因する コミュニケーション・トラブル に光を当て、当事者たちの 背景的な言語文化の違い として実証的に解明する。	研究 計画	多文化共生社会における コミュニケーション・トラブル の軽減・解消に向けた総合 的言語学の構築 (Establishing a Comprehensive Linguistics for Mitigating and Resolving Communication- related Problems in Multicultural Societies)	言語の諸側面や社会文化 的属性に関する言語学及 び周辺領域の知見を総動 員し、日本社会でどのよう な「ものの言いよう／書き ぶり」がどのように解釈さ れてトラブルが生じ得るか を解明し、予見、防止の基 礎を築く。	本構想は、言語研究の各 分野間のつながりを強化 し、言語の全体像を明瞭に する。また、現実の発話や テキストを、非協調的なも のまで含めて扱うことによ り仮説を吟味精錬し、言語 に対する人間の理解を推 進・深化する。	引きこもり、いじめ、炎上等 をもたらす「情報内容は伝 わっても、自分のことはわ かってもらえない」というコ ミュニケーション・トラブル は、全言語社会に共通す る問題で、取り組みは社会 の喫緊の課題である。	【実施計画】 R9：コーパスを設計、データ管理運営委員会発足 R10－R11：コーパス構築 R12－R17：段階的に運用 R18：施策の提言を発出 【所要経費】 総額20億8600万円 【実施機関と実施体制】 日本言語学会は言語系学会連合の諸学会、大学、必要に応じて国際学 会と連携し、データ分析を組織的に進める。成果をまとめ、コミュニケー ション・トラブル軽減・解消のための提言を発出する。	①
4	環境と心性を架橋する共感 共創知としてのグローバル 人文学の創成(Global humanities as a new bridge between environment and the human mind)	グローバル化とデジタル化 が急加速する地球環境で 「人はどう生きるべきか」と いう問いに答えるために環 境と心性の連環という未開 拓の問題に対峙し、グロー バル人文学を構想すること で、地球社会の未来予想 図を描く。	研究 計画	環境と心性を架橋する共 感共創知としてのグローバ ル人文学の創成(Global humanities as a new bridge between environment and the human mind)	環境と心性の連環モデル を構築して時間的にも空間 的にも分野間でも複雑に 連関する現代の地球社会 の問題を可視化すること で、近代科学の根底にある 西洋的人文知からグロー バル人文学に基づく科学 知の創成へと繋げる。	異なる心性の人びとがどう やって違いをこえて地球社 会の共創に協働できるかと いう問いに向けて、既成分 野にはない方法論的視座 として、従来の文化・文明・ 世界システムの思考に代 わる人間・環境学の視座を 提供する。	人と自然の相互作用の根 源的かつ包括的理解に よって個人の心性に係る 嗜好や感性を抱合した視 点を提供し、「異なる心性 の人びとが、どうやって違 いをこえて環境問題に協働 できるのか」という問題の 解決に貢献できる。	【実施計画】 R8－R9：研究センターと研究拠点整備 R10－R14：理論モデル構築への研究推進 R15－R17：グローバル人文学の創成 【所要経費】 総額3,240,000千円 【実施機関と実施体制】 新研究領域の国際的卓越拠点として機能させるために国立民族学博物 館にグローバル人文学研究センターを設置、他の四つの共同研究拠点と 協働してプロジェクトを実施する。	②
5	海外エキスパート・サーベ イ調査を通じて見える日本と 諸外国との関係の総合的研 究(A General Study of Japan in a Globalizing World through Overseas Expert Surveys)	諸外国の研究機関に在職 する専門家を対象としたエ キスパート・サーベイ調査 を実施し、その結果の経 時・地域間比較分析を通し て日本と諸外国との関係を 総合的に研究し、変動する 世界の中で日本の姿を再 考する。	研究 計画	海外エキスパート・サーベ イ調査を通じて見える日本 と諸外国との関係の総合 的研究(A General Study of Japan in a Globalizing World through Overseas Expert Surveys)	高度にネットワーク化され た21世紀における国家の 能力の評価指標となる「情 報力」を測る海外エクス パート・サーベイ調査を10 年間実施し、情報ネット ワーク型国家としての日本 と諸外国との総合的関係 を把握する。	国際関係学が論じてきた 国家態様の変容を勘案し つつ、サーベイ調査を踏ま えて日本の情報力の分布 状況や政策努力効果を分 析し、貿易国家として飛躍 した日本のネットワーク型 国家としての実相を社会科 学的に考察する。	国民の日本の国際貢献へ の期待が中長期的に増大 すると予想される中、本研 究の成果を広く利用可能 な形で公開することで政府 や民間団体の証拠に基づ いた政策決定(EBPM)を推 進し、国民の期待に沿うも のとなる。	【実施計画】 初年度－第2年度：海外協力機関と連携し、調査方法と質問項目の作成 第3－4年度：第1回サーベイ調査・分析・レポート作成 第5－10年度：第2～4回サーベイ調査・分析・最終報告書作成 【所要経費】 総額639,000,000円 【実施機関と実施体制】 日本国際政治学会と学会外の情報学専門家とが連携し地域班と分析班 を構築する他、総合的な分析を行う上で、学会内外から公募研究を募る 体制を整え、データ利用の促進、若手研究者の育成を行う。	②

No.	「学術の中長期研究戦略」の名称	学術振興の「ビジョン」の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
6	グローバル地域研究のネットワーク型共同研究・共同教育体制の構築(Network-based Research and Education System of Global and Area Studies)	グローバルな課題・現象を巨視的に俯瞰し、分野横断的に取り組むグローバル地域研究の基盤を構築する。組織のネットワークを形成し、人文社会科学のDXを推進するとともに、広く社会に開かれた学術の実現を目指す。	研究計画	グローバル地域研究のネットワーク型共同研究・共同教育体制の構築(Network-based Research and Education System of Global and Area Studies)	地域研究、地球環境学、生命科学、情報学等の分野の研究機関を中核とする共同利用・共同研究体制により、国内外の研究者が参画する、AI等を活用するグローバル課題の解明・解決に向けた研究を推進する。	地球規模でのマクロな視点と様々な地域でのミクロな視点を交錯させることで、課題解決に向けた個別・具体的な方策に加え、「グローバル」という視点そのものに関する学術的な議論を深化させる。	世界の諸社会における、環境等のグローバルな課題の解決に向けた取り組みに資するだけでなく、当該社会が参加する超学際的な学術のあり方を提示し、広く社会に開かれた学術を実現する。	【実施計画】 R8 組織体制構築 R10- 共同研究、研究資源構築、手法の開発 R16 中間評価に基づく体制、活動の見直し R17- 次期に向けた計画策定 【所要経費】 総額 5,122,460(千円) 【実施機関と実施体制】 大学共同利用機関、大学附置研究所、研究センターなど主要な関連組織を中核として、幅広い機関・組織が参画するネットワークにより、事業を推進。地域研究コンソーシアムと全面的に連携。	②
7	地球電磁気学と考古学・人類学の連携による第四紀研究の新たなパラダイム構築(Construction of a new paradigm for Quaternary research through collaboration between geomagnetism, archaeology and anthropology)	地球電磁気学をはじめとする地球科学的手法と考古学・人類学の考え方や技術を共有・統合することで、第四紀の開始時にまで溯って人類の進化してきた環境とその変動に関する新たな知見を探り出す。	研究計画	地球電磁気学と考古学・人類学の連携による完新世・人新世研究の新たなパラダイム構築(Construction of a new paradigm for Holocene/Anthropocene research through collaboration between geomagnetism, archaeology and anthropology)	約1.2万年前以降の日本および東アジア地域を対象に、古地磁気年代推定法の適用可能年代の拡張と精緻化、人類棲息環境の復元・考察に資する新たな分野融合的指標、データ・モデルを用いた環境変動の考察を行う。	完新世の地磁気変動は地球表層環境に影響することが予想され、より詳細な地磁気環境の復元が必要であり、日本のデータの高精度化だけでなく、データが少ない東アジア地域への展開も重要である。	人類史と棲息環境に関する人類共通の知的関心に対し、新たな切り口・材料をもって年代推定・環境因子等の情報を提供する。また、技術の他分野への適用は経済的価値・文化的価値を含む。	【実施計画】 R8－R10: 過去3000年を目指した地磁気方位・強度と環境プロキシ作成 R9－R14: 対象区間の延長および完新世環境変動の推定 【所要経費】 総額20億円 (総額のみ記載) 【実施機関と実施体制】 地磁気永年変化モデルの延長と高精度化→岡山理科大学等の複数機関 磁性をはじめとする環境変動プロキシの構成→九州大学等の複数機関 電磁気環境の人類活動への影響→武蔵野美術大学等の複数機関	②
8	ヒトを理解する「知」を統合した霊長類学(The integrative “knowledge” of primatology for understanding humans)	現代人の諸問題の解決には文理協働してヒトをとらえ直す必要がある。霊長類のゲノム、からだ、こころ、社会の研究と、野生サル類の保全及び非医学系実験用サル類の整備を伴った学際的「知」の創造と統合を目指す。	研究計画	総合霊長類学のネットワーク拠点の形成(The formation of network-based reserch centre on integrative primatology)	以下の5つの基幹的機能を有する「総合霊長類学」の新しいネットワーク拠点を形成する。1)大型機器と実験設備、2)研究用リソース、3)情報科学解析技術、4)社会実装フィールド、5)次世代文理統合人材の育成	学際的「知」の創造は、情報化社会を迎え、ますます人工環境への対応が強いられる人間と、動物として進化したヒトとの調和、さらにはサルを含む野生動物との共存に向けた漢方薬的処方方をこれからの時代にもたらし。	今後、公共財源の減少により大学や研究拠点の統合や合併が予想される時代の中で、中核拠点モデルから分散型組織の有機的ネットワークにより研究、実践を進めていく研究構想は、将来像を見据える上でも有益である。	【実施計画】 R8－R9: 拠点実施体制の整備 R10－R15: 中核研究拠点(第1期)の認定 R16－R17: 中核研究拠点(第2期)の認定 【所要経費】 総額30億円 【実施機関と実施体制】 文理研究領域をまたぐ研究拠点を研究プログラムで結ぶとともに、5つの基幹的機能を繋いだ「総合霊長類学」ネットワーク型研究拠点を順次認定していく。	②, ⑦
9	「人類史」総合研究体制の構築(Platform for integrative study on human history)	全人類が共有する歴史という性格を持ち、人の身体・文化・社会が多様化した経緯を解明するなど、人間理解への大きな潜在力を有する「人類史」について、文理共同の組織的研究を推進する体制構築を目指す。	研究計画	「アジア人類史」の総合的研究(Holistic study on the Asian human history)	アジア地域において、人・文化・社会が現代のように多様化した経緯をさぐる総合的研究を実施する。さらに「人類史学会連合」(仮称)の創設に向け、関連学協会の連合体の最適な運営母体を探り構築する。	身体形質変異を生じる遺伝的基盤、身体特徴と生理機能の関係、文化の多様化が生じる要因などについて多くのブレークスルーを期待できる。連合体の構築はそれを促し、広い視野を持った次世代研究者の育成に資する。	人の多様性の意味と共通性への理解が深化することは、医療・人間工学・環境デザインなどに貢献するだけでなく、社会における適切な人間観の醸成に寄与し、SDGsが掲げる不平等解消・公正・平和への基礎を与える。	【実施計画】 R9: 個別研究開始、学協会ネットワーク整備 R10－R17: 個別研究と連合体構想の推進 R18: 人類史学会連合(仮称)発足 【所要経費】 総額20億円 【実施機関と実施体制】 総括事務局を東京大学総合研究博物館に置き、個別研究プロジェクトはテーマごとにリーダーあるいは実施機関を定める。連合体構想については、関連学協会の代表に運営委員会に参加してもらう。	②
10	グリーン社会変革を推進する学術領域の確立及び産学公連携による共創(Establishing an Academic Field to promote the Green Social Transformation and Co-creation through Industry-Academia-Government Collaboration)	自然環境と人類社会の抱える諸課題を地域から地球に至る規模で解決し、持続可能にするグリーン社会変革は急務である。先行事例を研究すると同時に、国内外の各地域において産学公民が連携し、変革を実装・拡大する。	研究計画	グリーン社会変革を推進する学術領域の確立及び産学公連携による共創(Establishing an Academic Field to promote the Green Social Transformation and Co-creation through Industry-Academia-Government Collaboration)	地球研が主導・ハブ機関となり、全国のグリーン社会変革の地域事例に着目し、各地の事象を、多角的に捉え分析するとともに、それを広げる方策を見出し、促進するための新たな学術領域の創出を目指す。	社会的ニーズが高まっているが、学術的な展開が容易でない「総合知」や「知のエコシステム」に対し、学術的に体系化した議論を行う。また、学際・超学際研究のブレークスルーも目指す。	地域住民が、環境問題やウェルビーイングを、総体的かつ主体的に捉えること、大学が地域に目指して寄り添って研究を進めることを研究デザインの基本に置いている。国民の理解と信頼、支持を獲得したい。	【実施計画】 R8－R9: 構想・研究始動 R10－R13: 拡大構想 R14: 国際展開 R15－R17: 成熟・完成期 【所要経費】 総額10,015百万円 【実施機関と実施体制】 地球研が主導・ハブ機関となり、持続可能な社会を共創する大学等コアリションに参画している約200大学やフューチャー・アースを始めとする幅広い学術ネットワークと連携・共創する。	②

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想					所属する グランド ビジョン の番号	
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値		実施計画等
11	多様性が高度に組み込まれた社会構築のための人文情報学的地域社会論創成 (Development of a Theory of Local Communities Based on the Digital Humanities for the Construction of Societies with a High Degree of Embedded Diversity)	「多様性が高度にインクルードされた地域社会」の実現を目指す。そのため、人文情報学などの学際研究による高度な地域社会論を構築し、AI時代に多様なデータを多様なまま理解しつつ根拠を明確にして研究を進める。	研究計画	地域歴史文化の相互理解のための人文情報学基盤 (Establishment of collaboration research network for Japanese cultural resources)	10年間で地域歴史文化のデータ構築と人文情報学的研究手法を開発し、継承モデルを確立する。大学・自治体・博物館等と連携して資料の収集・デジタル化を進め、AI解析や遠読により地域文化研究の基盤を整備する。	消失の危機にある地域歴史文化資料を記録・保全し、国内外から利用可能なデータ基盤を整備することで、日本の地域文化の継承と国際発信を進めるとともに、多様な地域社会の理解を深める社会基盤の形成に貢献する。	分野横断的で体系化された人文学研究により地域文化の多様性を明らかにし、持続可能な社会の実現に貢献する。拠点で若手研究者と地域文化を担う人材を育成し、地域社会とともに学ぶパブリックな学問を構築する。	【実施計画】 R9－R11: 中核拠点形成と基盤構築 R12－R14: 主要機関との連携 R14－R18: 大学との連携拠点構築とDH実践 【所要経費】 総額100億円 【実施機関と実施体制】歴博および国語研を中心に東京大学史料編纂所・奈良文化財研究所・神戸大学などで中心的計画を実施。関連する地域の大学とともにデータ構築とDH連携を行う。	②
12	合意形成と協働による課題解決に向けた先端経済理論と異分野融合研究 (Economic and interdisciplinary research of consensus building and collaboration)	今後の経済学は、新しいビッグデータ収集方法の開発を進め、データサイエンスを導入し、分野複合的な現代的社会課題の解決に取り組む。本構想は、経済学を主軸としつつ課題解決に向けた分野融合研究を行う。	研究計画	合意形成と協働による課題解決に向けた先端経済理論と異分野融合研究 (Economic and interdisciplinary research of consensus building and collaboration)	現代社会の解決困難な課題はコモンズの悲劇であり、解決には社会の協働が必須である。協働メカニズムの解明のため人文知を経済学と融合し、データ整備と実証研究を通じて、科学的根拠に基づく政策提言を可能にする。	合意形成や協働メカニズムの設計について、ソーシャルキャピタルに関する研究と組み合わせ、制度設計の理論を発展させる。社会の動学的最適化を実践することで、社会科学各分野に経済理論の有効性をアピールする。	コモンズの悲劇に起因する現代的社会経済課題を解決に導き、社会の安定に寄与し、SDGsの項目の多くに貢献する。世界的な共有資源の管理に取り組む日本に、その国際社会貢献を更に向上させるような提案を行う。	【実施計画】 R8－R10: 理論研究、データ整備、統計手法の開発 R11－R15: 理論研究とデータ拡充、統計解析とそれに基づく分野融合研究 【所要経費】 総額4億8,100万円 【実施機関と実施体制】 京都大学経済研究所を中心に、附属組織である先端政策分析研究センター内に社会科学統合研究教育ユニットを置き、学内の人文社会科学系の全部局、医学研究科、情報学研究科と連携する。	②
13	デジタル時代に即した人間文化社会研究の包括的な基盤構築(A Comprehensive Digital Infrastructure for Humanities and Social Science)	人文・社会科学における国際的なDXの動向を適切に踏まえ、日本文化の特性に配慮したDXを実現することで、日本における知識の形にあわせた知の社会還元や総合知を実現するエコシステムが必要とされている。	研究計画	デジタル時代に即した人間文化社会研究の包括的な基盤構築(A Comprehensive Digital Infrastructure for Humanities and Social Science)	多元的な情報の提示とその有機的な再利用を可能とするデジタル時代に即した人文・社会科学のための包括的な研究基盤を情報学との協力の下に構築することで、国際的にも相互運用可能なデジタル研究環境を実現する。	本研究構想の成果を通じ、人文・社会科学各分野の方法論を適切に反映し得るデータ基盤が構築される契機がもたらされ、研究成果がより適切かつ多様な形で社会に還元され、研究手法の反省的發展にもつながる。	本構想により、当該諸分野における研究の過程及びその成果をデジタル上で容易かつ効率的に提供される環境が持続的に提供される。当該分野の成果へのアクセスの容易化は様々な社会的課題の解決のきっかけをもたらす。	【実施計画】 初年度: 研究体制の整備 第2－第8年度: 研究体制の運用と継続的見直し 第9－第10年度: 持続的運用に向けた体制の整備 【所要経費】 総額4,974,000千円 【実施機関と実施体制】 人文・社会科学諸分野に全体として対応し得る研究機関を中心として、各分野の主な研究機関が連携して参画する。	②
14	Japan Psych Bankの構築と運用による国民がwell-beingを実感できる社会の実現 (Japan Psych Bank: A large database of human mind as a basis for the society in which people realize well-being)	心理学が社会課題の解決に貢献するためには、従来の次元を超えた大規模データを収集・解析する必要がある。個人情報の保護と個別のサポートを一体化した研究システムを運用するために国立心理科学研究所を設置する。	施設計画	Japan Psych Bankの構築と運用による国民がwell-beingを実感できる社会の実現 (Japan Psych Bank: A large database of human mind as a basis for the society in which people realize well-being)	基礎研究と認知症など心の諸問題の予兆発見・介入を一体化した心理学の研究・教育システムの基盤となるプラットフォームの構築と維持管理を通して「Well-beingを実感できる社会の実現」に貢献する。	人の心の共通性と個別性の包括的な理解を可能にする枠組みにより、心理学における再現可能性問題の克服と、エビデンスに基づく個人に対する詳細な心理的サポートを通じた基礎研究と応用研究の統合に貢献する。	大規模データの解析から、心の個別性と共通性を踏まえた有効な助言を実現し、有効性に基づくより積極的なデータ提供による研究の高度化を通じて、国民のwell-beingの基盤を支えるインフラを確立する。	【実施計画】 R9－R14: 建設期間 R9－R14: 部分運用 R15－R19: 本格運用 【所要経費】 総額640億円 【実施機関と実施体制】 心理科学研究所は(1)情報収集部門、(2)情報分析部門、(3)成果還元部門を有機的に連携して厳重な個人情報保護、最先端の研究推進、個人に即した成果のフィードバックを実現する。	②
15	日本文化研究国際化推進構想 (Japanese Studies Internationalization Initiative)	日本文化研究の国際的な進展に向けて、絶えず影響し合い変化していく集合体として日本文化を捉え直し、海外の視点を国内の研究に採り入れ、国内の研究成果を海外に発信し、異文化間の対話を創出していく。	研究計画	日本文化研究国際化推進構想 (Japanese Studies Internationalization Initiative)	日英両言語による日本文化に関するコンテンツ作成と発信。海外の研究成果や研究資料の総合的なオンライン・データベースの構築、国内外の研究者の議論の場としてのオンライン・フォーラムの提供を実現する。	日本文化研究において海外の研究手法を採り入れた専門分野間や地域間の橋渡しとなる融合的な研究手法の具現化を目指すことにより、日本文化論への新たな文脈における知の視点と学術的価値を創出することができる。	海外の日本研究の視点を国内の研究に取り込むことで、日本文化の独自性・共通性を見出し、日本社会の国際化の促進につなげ、優れた研究成果の発信を通じ、日本文化理解と日本研究の国際的プレゼンス向上に貢献する。	【実施計画】 R6-R8: 準備期間(制度・連携・協力体制の構築) R9-R10: 始動期間(技術的問題の克服) R11-R15: 実施期間(成果発信) 【所要経費】 総額910,745千円 【実施期間と実施体制】 日文研が中心となって実施し、日本文化研究分野の専門知識を有する編集者、翻訳学の専門家、IR分野の専門家それぞれ2名～3名を雇用し、日文研専任教員との連携を取る。	③

No.	「学術の中長期研究戦略」の名称	学術振興の「ビジョン」の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
16	植物科学で切り拓く地球生命の未来(Plant Science Makes the Future of Life on Earth)	植物は、光エネルギーと二酸化炭素をバイオマスへと変換することによって地球バイオームの根幹をなす。植物科学の一層の学問的発展によって、地球規模で生物の持続可能性を実現する具体的かつ根本的な解決策を示す。	研究計画	植物科学で切り拓く地球生命の未来(Plant Science Makes the Future of Life on Earth)	植物が持つ多彩な生命機能を明らかにし、生物の持続可能性を実現するため、多様性と独創性を備えた植物研究の支援、植物科学高等大学院教育プログラムの構築、先進的ボタニカルガーデン創設の3つの目標を設定する。	植物は生物学的多様性が極めて大きく特殊な生命機能を持つが、そのしくみの多くは未だ明らかではない。植物が持つ多彩な生命機能は、環境・食糧・エネルギーなどの地球規模の課題を解決できる可能性を秘めている。	植物が持つ生命機能の理解は、地球環境や持続可能性の問題に対する根本的な解決策となる可能性を秘めており、植物科学の革新的発展がもたらす社会的価値、経済的・産業的価値は非常に高い。	【実施計画】 R9－R12:建設期間および運用準備期間 R11－R13:部分運用 R14－R19:本格運用 【所要経費】 総額2,000億円 【実施機関と実施体制】 (実施機関)国公立大学、理化学研究所、大学付属演習林および植物園。 (実施体制)植物科学研究に従事する大学所属教職員および研究員。	④
17	データ駆動型持続的森林経営システムの構築に向けた学術研究の展開(An academic promotion for data-driven sustainable forest management systems)	高度化されたモニタリング技術で森林の環境や成長、生物多様性などのデータを高精度に取得し、データ駆動型持続的森林経営システムを構築し、森林吸収源機能強化と森林資源による大規模な化石資源代替を実現する。	研究計画	データ駆動型持続的森林経営システムの構築に向けた学術研究の展開(An academic promotion for data-driven sustainable forest management systems)	気候変動に適応したデータ駆動型持続的森林経営システムを構築するために、森林生態系モニタリング、土地利用の最適化、伐採木材資源の利用拡大・高付加価値化、林業の持続性に関する研究を総合的に推進する。	低コスト・高精度な森林生態系モニタリングや世界人口増加・気候変動に適応した土地利用の判定技術、木材の機能性を高める技術の開発、新たな林業システムの提案などに学術的な意義がある。	森林は、住民の生活基盤を支えるローカルコモンズであり、地球環境を支えるグローバルコモンズでもある。持続的森林経営の確立は、地球環境保全にとって重要な課題の解決に資するものである。	【実施計画】 R8:情報収集・研究手法確立 R9－R12:技術開発研究 R13－R17:実装研究 【所要経費】 総額75億円 【実施機関と実施体制】 日本学術会議農学委員会林学分会委員を中心に運営委員会を構築し、運営委員会委員が研究サブテーマの担当者となり、大学や研究機関の研究者を集めて研究を推進する。	④, ⑬
18	100億の人類に食をもたらず作物や地球環境保全の主役となる樹木の創出(Creation of plants for feeding the ten billion and for environment conservation)	現在の 대기CO ₂ 濃度の増加と気温上昇に、植物のもつ環境適応能によって追随することは不可能である。食料確保や地球環境保全のために、激変中の環境に適合した植物を創出し続けなければならない。	研究計画	100億の人類に食をもたらず植物の創出(Creation of crop plants for feeding the ten billion)	国内4地点に、「地球環境変化を先取りする好高温・好CO ₂ 植物創出」のためのコンソーシアム拠点を設置し、植物分子生理学・作物学などの研究室を置く。拠点は大学院の機能ももつ。	高温応答、CO ₂ 応答を種々の植物種で精査し、その素過程を明らかにする。これらの知見の蓄積を基礎として、各環境において生産が最大となる植物をテラーメイドで創出する。	100億に安全な食を提供し、地球環境保全の主役となる好CO ₂ ・好高温植物を創出するための基礎研究を基盤としてテラーメイド植物の社会実装をめざす。	【実施計画】 R9－R10:コンソーシアム等設置 R11－R13:国際化、教育活動開始 R14－R18:創出した植物の社会実装 【所要経費】 総額704億円 【実施機関と実施体制】 コンソーシアムを4地点に設置する。各大学から大学院生も受け入れ、充実したコースワークを含む大学院教育を行う。テラーメイド植物の社会実装を目指した基礎研究を行う。	④, ⑬
19	テラリフォーミングを実現する植物機能拡張学の創出(Plant Augmentation towards Terra-Reforming)	地球環境の修復と地球外惑星への進出に向け、植物機能拡張学を創出する。植物の生き抜く力と環境を変える力を駆動する原理を理解し、植物能力を強化・向上させるテラーメイド植物機能拡張ストラテジーを創出する。	研究計画	テラリフォーミングを実現する植物機能拡張学の創出(Plant Augmentation towards Terra-Reforming)	テラ(リ)フォーミングを見据え、植物の特性や能力を引き出し、目的に応じてそれらを自在に組み合わせ、過酷な環境に耐え、物質の生産や循環を支え、旺盛に繁殖し、環境を整える最適な植物をデザイン・開発する。	植物のもつ多彩な能力の発掘・理解を通し、生物界全体の潜在的な能力発揮の態様について洞察を深めることが可能となるとともに、テラ(リ)フォーミングを可能とする新たな分子デザインや植物機能拡張に繋がる。	植物機能拡張を通し高レベルの環境調和型社会を実現するための知見と技術を創出して工芸分野や農業分野、バイオマス産業分野等の発展に貢献するとともに、植物の力を活用した日本発の新産業興業も見込める。	【実施計画】 R8－R15:研究・制御環境拠点(新設)での植物機能の実体解明 R16－R20:テラーメイド植物機能拡張ストラテジー創出 【所要経費】 総額2,000億円 【実施機関と実施体制】 日本列島の寒帯から亜熱帯地域にまたがる既存の研究リソース拠点や基盤研究の共同利用施設に加え、全国に研究拠点3カ所と制御環境拠点5カ所を新設し、オールジャパンの研究体制を構築する。	④
20	顧みられない未利用種(NUS)の遺伝的改良に基づく持続可能なagro-ecosystemの確立(Establishing a sustainable agro-ecosystem based on genetic improvement of NUS)	世界の多様な地域に適応してきたNUS(顧みられない未利用種)を先端の育種技術で改良し、食料安全保障と自然との共存を両立できるNature positiveな農業システムを構築するための研究を提案する。	研究計画	顧みられない未利用種(NUS)の遺伝的改良に基づく持続可能なagro-ecosystemの確立(Establishing a sustainable agro-ecosystem based on genetic improvement of NUS)	ゲノム編集、ゲノミック選抜などの先端の育種技術を適用して自然共存型伝統農業を支えてきたNUSを革新的に改良することにより、持続可能で地域コミュニティに利益が還元されるシステムの基盤を構築する。	地球環境変動下での食料安全保障という観点からNUSの改良、増産は不可欠である。また、NUSを栽培する家族農業が培ってきた知識体系と科学的知識体系との融合により、新しい農業システムの構築が可能になる。	本構想では、NUSの遺伝的改良を通して持続可能性の高い農業システムの構築を目指しており、多様な食の安定供給や生産者への社会・経済的安定基盤の提供などを通して社会の持続可能性の確保につながる。	【実施計画】 R9－R10:対象NUSの決定と現地調査 R11－R13:遺伝研究、データ科学研究 R13－R18:先端の育種技術による改良 【所要経費】 総額230億円 【実施機関と実施体制】 多数の大学、国公立研究機関、民間の研究開発機関、農業生産者などがネットワークを形成する。代表機関が全体を統括し、サブテーマごとに選定する責任機関が中核となってサブテーマを実施する。	④, ⑬

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
21	変わりゆく地球環境と調和した持続可能な食料システムの構築のための学術振興(Establishing sustainable food systems under the changing global environment)	アグロフードチェーンすべての工程のグリーン化を意味する緑の革命3.0を実現するために、陸海域を超越したデータ連携と解析、微生物から植物・動物・人類までの生命系の統合理解モデルを確立する。	研究計画	変わりゆく地球環境と調和した持続可能な食料システムの構築のための学術振興(Establishing sustainable food systems under the changing global environment)	統合データベース・ライブラリ構築、統合モニタリングサイト設置・運営、データサイエンス基盤の開発を進める。食料システムを制御する科学的体系を確立し、国内外への政策提言や産業創生の一層の促進を図る。	「緑の革命3.0」による人類の食の地球レベルでのグリーン化は、現代のサイエンスが取り組むべき再重要課題の一つである。多様な分散型社会を志向したパラダイムシフトや人と自然との共生社会の提案が期待できる。	人類の生命と健康を支えるには良質な十分な量の食料生産が不可欠であり、さらにそれを生態系と調和させた形で成し遂げる学術的基盤を作ることはSDGsの目標とも合致する。	【実施計画】 R6－R10: 統合モニタリングサイト、データサイエンス基盤建設期間 R7－R10: 部分運用 R10－R16: 本格運用 【所要経費】 総額354億円 【実施機関と実施体制】 日本学術会議農学委員会と食料科学委員会の委員を中心に運営委員会を組織し、運営委員会委員の中からそれぞれのサブテーマの担当者を選任	④, ⑬
22	未来の循環型社会を支える社会基盤としての「生命の樹」の重点的拡充(Priority Expansion of the “Tree of Life” as a Social Infrastructure Supporting the Future Circular Society)	循環型社会の実現に向けて、非モデル生物のオミクス解析と実体生物による検証を並行して重点的に推進し、生物多様性を網羅した「生命の樹」(生物学の「知」)を構築し、未来の循環型社会の基盤を盤石にする。	研究計画	未来の循環型社会を支える社会基盤としての「生命の樹」の重点的拡充(Priority Expansion of the “Tree of Life” as a Social Infrastructure Supporting the Future Circular Society)	「生命の樹総合研究拠点(仮称)」を形成し、未知生物を含む非モデル生物の実体に基づく生物学研究の重点的推進により、生物多様性を網羅した「生命の樹」を拡充し、循環型社会の実現に資する応用研究を展開する。	非モデル生物の実体生物を用いた検証によりモデル生物中心の生物学から脱却し、生物学の知見を落とし穴のない正確かつ網羅的なものにするこで、わが国の生物学全体を底上げするとともに、生物利用の多様化を促す。	地球規模課題を解決する循環型社会の構築では「生命の樹」が基盤となる。不完全な「生命の樹」を基盤とすると予期せぬ落とし穴に直面し得る。その損失を回避するため生物多様性を網羅した「生命の樹」を拡充する。	【実施計画】 1－2年目: 体制整備、研究開始 3－7年目: 研究継続、生命の樹重点拡充 8－10年目: 研究継続、応用研究展開 【所要経費】 総額145億円 【実施機関と実施体制】 筑波大学を中核とし、筑波研究学園都市に「生命の樹総合研究拠点(仮)」を形成。公募による全国の研究者でネットワークを構築。「生命の樹研究サポートセンター(仮)」で全国の研究を支援。	④, ⑬
23	地球環境と調和的な社会の実現に必要な生物圏機能の活用法の開拓(Developing methods to utilize biospheric functions for realizing a society in harmony with the global environment)	生物圏機能の本質を解明する基礎科学から、地球環境問題の解決に資する応用科学までを学際的かつ包括的に推進し、新興の研究領域「統合生物圏科学」を確立する。	研究計画	生物圏機能を活用した人間社会と地球環境の調和(Harmonization of human society with the global environment through the utilization of the biospheric functions)	気候変動対策や生物多様性保全の基盤となる生物圏機能を保全・強化するため、観測・測定データを網羅的に収集してモデルやAIで統合的に分析する超学際的な研究開発を推進し、持続可能社会の実現に貢献する。	「統合生物圏科学」の確立は大きな学術的インパクトがあり、基礎研究から気候変動対策や自然再興といった社会ニーズに応える応用研究の推進の基盤となる。	農林水産業の場であり人々のウェルビーイングの基盤となる環境を提供する生物圏の機能的理解が気候変動や生物多様性喪失への対策の鍵となることを示すことは、持続可能社会に向けた国民の理解を醸成する。	【実施計画】 R8－R9: 研究コンソーシアム確立 R10－11: 観測サイト設置、予備実験 R12－13: 観測ネットワーク拡充、高精度生物圏モデル開拓 R14－: 操作実験実施、IPCCやIPBESへの成果インプット、生物圏モデルの改良、デジタルツイン開発 【所要経費】 総額100億円 【実施機関と実施体制】 4つの国立大学と海洋研究開発機構のを主要参加機関とするコンソーシアム	④, ⑬
24	「いのち彩る医療」を実現するバイオマテリアル界面科学の構築(Biomaterials interface science realizing medicine to enjoy colorful life)	「生きがいを持ち楽しむための医療」をビジョンとして提案する。このビジョンは人間の「生きがい」を維持するために必須であり、今後30年間に起こる技術革新によって医療の目的は病気の克服から顕著に変化する。	研究計画	バイオマテリアル界面科学－生物と無生物との界面－(Interface science in biomaterials－bio－abio interface)	界面反応データの収集と蓄積によりアプローチする「バイオマテリアルDX」、材料相と生物相との界面現象を解明する「材料－生体反応科学」、並行して生体適合・機能表面をデザインする「表面創出科学」を実施する。	金属・無機・有機材料及び分子の表面と体液・軟組織・硬組織との界面で起こる現象を科学する新学術を提案する。この実現は、地球上で広範囲に存在する「非生物固体－生物間」の界面反応」を規定する学理の礎となる。	本構想によって蓄積、データベース化された知識と技術を産業界と連携して活用することで医療関連産業のさらなる振興と国際競争力の増進をもたらすものと期待される。「特定重要技術」及びSDGs実現の基盤となる。	【実施計画】 R9－R10: 準備・整備期 拠点の整備 R11－R14: 研究加速期 研究の進捗 R15－R18: 学術理論構築期 理論、汎用的技術の構築 【所要経費】 総額78億円 【実施機関と実施体制】 全体拠点: NIMS、連携拠点: 東京科学大、阪大、東北大、東大、名工大、名大、京大、九大、産総研、理研、ナノ医療イノベーションセンター、ふくしま医療機器開発支援センターなど	⑤
25	健康・幸福寿命の延伸に資するスマート歯科医学・歯科医療の実現(Establishing smart dentistry for extending health and well-being)	Society5.0およびIndustry4.0を基盤とし、さらなる展開も見据えた超未来型の歯科医学と歯科医療を実現し、高度なパーソナル歯科医療、予測歯科医療および先制歯科医療の確立を目指す。	研究計画	健康・幸福寿命の延伸に資するスマート歯科医学・歯科医療の実現(Establishing smart dentistry for extending health and well-being)	歯科医学と情報科学の融合を加速化し、次世代型パーソナル歯科医療、予測歯科医療、未来型歯科再生医療、先制歯科医療、革新的バイオマテリアル開発、歯科デジタルツインを確立し、Well-beingを貢献する。	歯科医学と情報科学を融合・共創させることにより、生命現象や口腔の疾患の病態の統合的な理解が格段に進み超未来型歯科医学研究にパラダイムシフトする。	人間生活の根幹である「より良く、食べる、生きる、暮らす」を充実させ、「すべての人に健康と福祉を」、「質の高い教育をみんなに」、「働きがいも経済成長も」、「産業と技術革新の基盤をつくろう」に貢献できる。	【実施計画】 R6－R9年度: 8つの実施体制を整備 R10－R11年度: 8つの活動テーマを本格実施 R12－R16年度: 連携を進め、拠点としてのシナジー効果を目指す 【所要経費】 総額60億円 【実施機関と実施体制】 大阪大学が中心となり、会員・連携会員が所属している機関と連携する。	⑤, ⑥, ⑩

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
26	グライコームを起点とする生 命科学ビッグバン(Life Science Big Bang through Glycome Explosion)	ゲノム、タンパク質と糖鎖 は我々を形作る”3大生命 鎖”であり、特に糖鎖研究 は、我が国が国際的な優 位性を有する。糖鎖情報を含 む生命科学の基盤整備 拡張とその社会還元の達 成を実現する。	研究 計画	グライコームを起点とする 生命科学ビッグバン(Life Science Big Bang through Glycome Explosion)	学際的なチームを形成し、 体系だったアプローチに よって生物全体を網羅する グライコームの基盤を形成 するものであり、基礎科学 への貢献と社会還元を目 指している。	現代の生命科学において も困難な糖鎖修飾の解析 を、生物の多様性を含めて 網羅的に行うためには長 期的なビジョンが必要であ り、本構想は基礎生命科 学の基盤構築においても 意義深い。	糖鎖は、生命を正しく理解 するための最後のピース であり、糖鎖を含んだ新し い生命像を世界に先んじ て獲得することは、莫大な 経済効果を生む医療、健 康産業の発展に直結す る。	【実施計画】 R5－R15: TOHSAの基盤構築 R10－R25: TOHSAのモデル生物による拡充 R15－R35: TOHSAの本格運用 【所要経費】 総額1100億 【実施機関と実施体制】 東海国立大学機構(名古屋大学・岐阜大学 糖鎖生命コア研究所)、自然 科学機構、創価大学	⑤
27	健康寿命延伸・QOL向上の ためのICT人工臓器研究開 発の進展(Artificial organs with information and communication technology (ICT))	高機能人工臓器として疾 患重症化やフレイルの予 防機能を加え、健康寿命 延伸とQOL向上を図る。体 内植込型人工臓器や接 触・非接触センサーによ り、生体情報のリアルタイム ビッグデータベースを構 築、活用する。	研究 計画	健康寿命延伸・QOL向上 のためのICT人工臓器研 究開発の進展(Artificial organs with information and communication technology (ICT))	機能代替を行うと共に患者 バイタルサイン、治療デー タの収集、評価を行い、予 防効果をもたらすICT人工 臓器を目指す。収集ビク データ処理、利用技術開 発で文理融合による新しい 医療機器産業の発展を目 指す。	患者医療データのリアルタイム 計測、解析から治療へ の応用は前例がない。補 助人工心臓や人工腎臓患 者透析液からの生体情報 などからビッグデータを構 築し、重症化予防の治療 戦略を可能にできれば学 術的意義は大きい。	健康寿命延伸・QOL向上 は、高齢化社会である我 が国の生産性、経済的機 能の維持に資する。未知な る生体機能を対象とした研 究は高い知的価値を有す る。国産治療機器の技術 蓄積は経済安全保障上も 重要な意味を持つ。	【実施計画】 R9－R10: 研究計画、人材育成プログラム立案 R9－R11: 研究環境連携確立。人工臓器研究開始 R12－R15: 本格運用 【所要経費】 総額261億円 【実施機関と実施体制】 研究基幹拠点4大学、文理融合研究に特化した学際研究基幹拠点3大学 が候補。学際領域人材育成拠点として医学部、看護学部、臨床工学部、 工学部、人文社会学部からの人材の参画を図る。	⑤
28	霊長類生物医科学研究拠 点(Biomedical Primate Research Center)	将来的に感染症や精神 神経疾患等の研究に必要な 研究用サル類を自国生産 する体制を築き、産学の隔 てなく研究を実施できる世 界基準の研究拠点を設立 し、日本国民の健康や安 全を守る。	施設 計画	霊長類研究拠点(Primate Research Center)	国際基準を満たす飼育施 設と研究施設を設立し、研 究用アカゲザル・ニホンザ ル等を自国で繁殖飼育す る体制を築く。研究施設に は先端機器を設置し、産学 共同研究や国際共同研究 を推進する。	国民の健康や安全のため に不可欠な、老化・感染 症・精神神経疾患等の病 態解明が進み、ワクチン開 発や創薬研究に大きく貢 献できる。国際共同研究が 加速できる。サル類を用い た研究の適正化が図られ る。	大学や公的研究機関だけ ではなく製薬企業などの産 業界も利用可能な世界基 準の研究施設を有する霊 長類研究拠点を設立する ことで、ワクチンや薬剤等 の開発が可能となり、国民 の健康や安全を守ることに つながる。	【実施計画】 R8－R10: 委員会等の組織・建設期間 R10－R12: 部分運用(サル類の繁殖・供給。研究を公募。) R13－R17: 本格運用 【所要経費】 総額300億円 【実施機関と実施体制】 京都大学と自然科学研究機構のNBRP「ニホンザル」における経験や知識 を活用する。運営委員は、関連省庁の研究機関や学会や日本製薬工業 協会などから選出し、全体的方針を決める。	⑤, ⑦
29	デジタルツインによる創薬と 医療のパラダイムシフト (Digital Twin for Paradigm Shift in Drug Discovery and Medicine)	コンピューター上の患者個 人のデジタルツインに、マ ルチオミクス情報と分子レ ベルの構造と機能が統合 され、創薬に活用されるこ とにより、創薬と医療は個 人から集団へと展開する 新たなパラダイムシフトを 加速する。	研究 計画	創薬パラダイムシフトを目 指したデジタルツイン創薬 フォーラム(Digital Twin Drug Discovery Forum for Realization of Drug Discovery)	実験に基づくリアルな研究 と計算科学やAIなどのデジ タル技術を相互補完的に 融合させる「デジタルツイン 創薬フォーラム」を設置し、 デジタルツイン創薬におけ る革新的イノベーションを 加速させる。	患者のデジタルツインに含 まれる、分子から細胞、さ らには個体レベルに至る 膨大な情報をデジタル技 術で解析することで、未知 の生命現象や疾患原因が 発見され、新たな医療およ び学術研究が展開する可 能性がある。	患者固有のデジタルツイン に基づく一人の患者のた めの個別創薬では、小規 模な臨床試験で新薬開発 が可能となり、長期の大規 模試験や巨額投資を不要 にすることで、患者負担や 医療コストを低減する社会 的意義がある。	【実施計画】 R8-R10: デジタルツイン創薬フォーラムの開設 R11-R13: リアル研究とデジタル研究の融合研究 R13-R17: デジタルツイン創薬の実施 【所要経費】 総額121億円 【実施機関と実施体制】 初期は、日本薬学会がフォーラムの立ち上げを担い、次に独立の事務局 および運営組織を創設する。薬学会を構成する部会の枠を超えて新たに ユニットを設置し、広く参画団体を募集しフォーラムの活動基盤とする。	⑤, ⑨
30	高深度トランスオミクスアプ プローチに基づく革新的医学 研究(Innovative medical research based on a high depth trans-omics approach)	複数のオミクスデータを統 合し階層縦断的かつ1細胞 に至る深さで生命システ ムを理解することを目指す 学問分野「高深度トランス オミクス」を創成し、これに 基づく革新的医学研究に 取り組む。	研究 計画	高深度トランスオミクスアプ プローチに基づく革新的医学 研究(Innovative medical research based on a high depth trans-omics approach)	複数のオミクスデータを統 合し生命システムの階層 縦断的かつ1細胞に至る 深さで理解する「高深度ト ランスオミクス」に取り組 み、これに基づく革新的医 学研究を推進する。	非バイアスのデータ駆動型 アプローチを階層縦断的 にかつ高深度で施行すること によって、生命の作動原理 や病気の原因の理解だけ でなく、バイオマーカー同 定や創薬のチャンスを飛躍 的に増大させることが可能 になる。	「高深度トランスオミクス」 は革新的医学研究の世界 的な展開に大きな寄与を し、我が国の研究開発の 国際競争力を強化するも のであり、同時に国民の健 康と福祉への貢献につな がる社会的価値の高い研 究戦略である。	【実施計画】 R8－R12: 高深度トランスオミクス技術の確立 R12－R16: ヒトの病気の理解を目指す応用研究 【所要経費】 総額160億円 【実施機関と実施体制】 九州大学生体防御医学研究所、東京医科歯科大学難治疾患研究所、熊 本大学発生病学研究所、徳島大学先端酵素学研究所を中心に他大学と も連携し、オールジャパン型ネットワーク体制を構築する。	⑤

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想					所属する グランド ビジョン の番号	
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値		実施計画等
31	生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設立計画 (Plan to establish a life science crossover research hub-center)	計測・AI・数理・ロボティクスを統合し、同一試料から多階層データを取得・知識化して循環させる国家的旗艦拠点を構築し、オープンサイエンスを推進する。	施設計画	生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設立計画 (Plan to establish a life science crossover research hub-center)	同一試料から多階層データを自動取得する生命アトラスイメージングシステムを高度化し、AI・数理で知識化して循環させる国家的ネットワーク型旗艦拠点を構築する。	分子から個体に至る多階層情報を同一試料から取得・高次統合し、AI・数理により知識化することで、生命理解を平均像から個別のなり解・予測可能な理解へ飛躍させる。	患者個々の個性・特性に応じた治療や創薬を行う個別医療や個別創薬につながる点で社会的な価値がある。加えて農業やバイオマテリアル産業にまでその効果は波及し、新たな経済的・産業的価値の創出も期待される。	【実施計画】 R8-R10: 基盤整備・要素技術確立 R11-R13: 融合・国際展開 R14-R16: 知識基盤完成・社会実装 【所要経費】 総額500億円 【実施体制】 日本生物物理学会主導の国家的「クロスオーバー生命科学旗艦研究所」が実施機関となり、大阪大学、理化学研究所、NJRC・ABiS・BINDS等と連携して推進する。	⑤
32	社会を支える生命医科学統合データ基盤の確立 (Establishment of biological and medical data infrastructure for the public good)	安価なゲノム解析が普及する超情報時代には、人間とAIの協働の下、倫理・再利用・公共性を備えた政府主導のデータ基盤整備が必要。	施設計画	社会を支える生命医科学統合データ基盤の確立 (Establishment of biological and medical data infrastructure for the public good)	統合データ基盤には、DB・スパコン/生成AI基盤・人材育成・ELSI対応の4要素を有機的に結合し、国際的整合性を踏まえて一体的に設計・運用することが不可欠。	ヒトを含む生命の情報学を高解像度に蓄積・AI解析するデータ駆動型科学へ転換し、ELSIと分野融合を備えた学術基盤の再構築を達成できる。	統合データ基盤は、研究効率化を超えて社会に恩恵をもたらす持続的インフラであり、ELSIを組み込んだ運用の下で国際的先進性と医療・経済的効果をもたらす。	【実施計画】 R9-R10: 準備組織の設置と中核拠点の公募 R11-R18: データ基盤の構築と運用 【所要経費】 総額328億円 【実施機関と実施体制】 NBRPやJBIFといった国レベルプロジェクトと理研・ROISが連携してAI4Scienceの基盤となる。	⑤、⑥、 ⑩
33	生体－人工物の融合を通じて高いQOLを実現する持続可能な社会・生態系のための革新的生体医工学の創成 (Innovative biomedical engineering for sustainable society and ecosystem with QOL)	少子高齢化社会における活力維持と生態系との調和を図るため、生体と人工物の相互作用の解明及び融合システムの構築を推進し、技術倫理と人文社会科学の融合により持続可能社会の実現に貢献する。	研究計画	生体レジリエンス: 疾患からの自己回復能力を賦活化する生体医工学の創成 (Bio-resilience: Medical and Biological Engineering for self-healing ability)	関連学会の連携により研究基盤を構築し、生体レジリエンス強化の学理と計測制御技術を確立してQOL向上に資する医療福祉技術を創出するとともに、生命倫理に配慮した社会実装を推進する。	ストレス増大と高齢化に対応し、生体レジリエンスを高める計測・介入技術を開発して個別化医療を推進するとともに、専門人材育成と医療基盤強化を通じ持続可能な医療体制の確立に資する。	QOLを維持しつつ寿命延伸を図るため、介入最小化と回復促進を実現する生体医工学の学理確立と社会実装を推進し、将来の医療需給逼迫に対応するとともに国際競争力向上を目指す。	【実施計画】 R8-R12: 拠点間連携体制・地域支援体制の構築、探索的臨床研究の本格化 R13-R17: 拠点見直し、教科書編纂、各段階の医療システム検討と公募研究 【所要経費】 総額1850億円 【実施機関と実施体制】 関連学会連合の中立的コンソーシアムが拠点指定・公募で研究を推進し、産学連携と人材育成を含む全国的医工連携体制を構築する。	⑤
34	相互支援による地域共生社会の成熟・深化に向けたケアサイエンス研究ネットワーク拠点 (Care science network hub for maturing and deepening community symbiosis society)	ケアサイエンスはケア技術と理念、概念の改革、ケアに関わる重層的課題を解明し、政策提言や保健・医療・福祉システムの改革に繋げることで、全ての人がケアを「自分ごと」とし、地域共生社会を成熟、深化させる。	研究計画	相互支援による地域共生社会の成熟・深化に向けたケアサイエンス研究ネットワーク拠点 (Care science network hub for maturing and deepening community symbiosis society)	(1)未来のケア技術開発、(2)ケアのジェンダーギャップ、(3)多文化・地域共生社会の構築、(4)共生の場所のデザインの4研究側面を関連付け、全ての市民がケアを共創する理論とネットワークを構築する。	全ての市民が、セルフケアを含む【ケアリテラシー(人間の身体性、社会性を基盤に、常にケアを受け、自らもまたケアと社会の担い手となる自覚と技術)】を高め、相互支援により成り立つ地域共生社会が実現する。	教育、医療、福祉にまたがる公共の福祉は社会基盤そのものであり、その維持発展に資する本研究は社会的価値が高い。また、すべての人のウェルビーイングに寄与する基盤形成を行う点で公共性と社会的価値を有する。	【実施計画】 R8-R12: 研究課題の遂行と統合 R13-R15: 社会実装 【所要経費】 総額15.3億円 【実施機関と実施体制】 (1)東京大学、(2)広島大学、(3)東京都立大学、(4)東京電機大学の4研究拠点と、それを統括するネットワーク拠点で実施する。	⑤
35	ワンヘルスの実現に向けた生命科学研究のサステナブル循環システムの構築 (Sustainable circulation system for life science research to achieve One Health)	生体解析とDXを統合し、生物と地球・宇宙環境の相互影響を予測する。ワンヘルスの実現を目指して、10年間で仮想生物・疾患シミュレータを整備し、産官学国際連携による共創循環型研究教育基盤を構築する。	研究計画	ワンヘルスの実現に向けた生命科学研究のサステナブル循環システムの構築 (Sustainable circulation system for life science research to achieve One Health)	生体計測と情報解析を統合し、ヒトと生物を再現するバーチャル生物と生体シミュレータを構築し、国際連携のもと、課題発掘～予測・実証～社会還元フローを良循環できる共創型の研究教育プラットフォームを構築する。	異分野融合と産学連携により、分子から個体までの階層横断的解析データおよび生体と環境因子の相互作用解析データを統合してシミュレータを構築し、ワンヘルスの実現に向けて迅速な予防・治療戦略創出を目指す。	ヒトや生物間の相互作用理解により感覚共有社会を拓き、価値観と創造性に変革を生み出す知的価値は大きく、全生物と地球・宇宙環境の保護と健全の維持に貢献し、生体分子解析から革新的医薬品創製を促す。	【実施計画】 R5-R15 生体シミュレーター、バーチャル生物の構築 【所要経費】 総額150億円 【実施機関と実施体制】 国立研究開発法人(生理学研究所、医薬基盤研究所、医薬品食品衛生研究所、環境研究所)、名古屋大学、京都大学、大阪大学を中核機関とする。エクスポソームのデータ収集は環境研を中心に行う。	⑤、⑨

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想					所属する グランド ビジョン の番号	
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値		実施計画等
36	患者主体的医療体制の実現とそれを支えるヘルスリテラシー教育体制を構築 (Realization of a patient-subjective medical system and construction of a health literacy education system to support it)	患者が主体的に選択をする患者主体的医療を実現するために、治療や予後の社会活動に関する疑似体験技術を構築するとともに、ヘルスリテラシーを身につける教育体制を構築する。	研究 計画	患者主体的医療体制の実現とそれを支えるヘルスリテラシー教育体制を構築 (Realization of a patient-subjective medical system and construction of a health literacy education system to support it)	医薬品の有効性安全性に関する複数のBDと個人の経年的蓄積データをAI学習により融合し、個々における病状経過や予後の仮想体験(VR)を実現化すると並行し、ヘルスリテラシーを深める教育体制を構築する。	本研究では身体症状のデジタル化を対象とし、膨大なデータより個々に必要な情報を選択する個別化が可能となる。この技術はヒトの脳の主観的感覚である認知、即ち感情のデジタル化に繋がると考えらる。	国民の医療に対する理解度が深まり主体的に医療を選択できるようになるだけでなく、国民一人一人が社会全体の利益を理解した上で理性的に判断できるようになり、健全な社会の構築につながる。	【実施計画】 R8－R9:後予測モデルVRの開発、ヘルスリテラシー教育の構築 R9－R11:部分運用と教育の実践 R12－R15:検証と改善 【所要経費】 総額14億円 【実施機関と実施体制】 国立大学病院を中心とする5つの医療機関で研究を実施し、日本医療薬学会でとりまとめる。	⑤、⑥
37	One Medicineによる創薬・先端医療研究の革新とSharing Medicineの実現 (Sharing Medicine: Innovation in drug discovery and advanced medical research)	医学と獣医学をOne Medicineの視座のもとヒトと動物で発症する疾患の共通点・相違点に係るデータベースを活用し本質的な病態機序の解明により、疾病予防・克服へ大きな社会変革をもたらす。	研究 計画	One Medicineによる創薬・先端医療研究の革新とSharing Medicineの実現 (Sharing Medicine: Innovation in drug discovery and advanced medical research)	「One Medicine」を取り入れた創薬研究は、国際的にわが国が後れをとる医薬品開発の成功率を高めるだけでなく、新学術領域「Sharing Medicine(人獣共通医療学)」の開拓を目指す。	従来の動物からヒトのみならず、ヒトから動物への応用研究が活性化されるため、比較生物と比較医学が融合した新しい学術領域が醸成される。	早期診断や未病に資する新規技術の創出による医療費削減を実現する。また感染症のみならずがんや精神神経疾患、生活習慣病等から、国民や国民が共に暮らす伴侶動物の生命を守り、人獣共に健康な共生社会を実現する。	【実施計画】 R8－R12:データ基盤構築、モデル作出 R13－R17:新規シーズの開発、対象疾患・モダリティの拡大 R18－:新学術領域”Sharing Medicine”を確立 【所要経費】 総額200億円 【実施機関と実施体制】 東海国立大学機構連携拠点のCOMITが実施主体となり、東海地域で治療まで一気通貫の創薬・先端医療研究を推進し、全国でヒトと動物の医薬品・医療機器を創出し、Sharing Medicineを実現する。	⑤
38	脳天文台を中核とする脳型重層研究・バンク網が導く多様な個の脳・ところと環境のウェルビーイングが共存する「和の社会」構想(A brain-inspired hub-network style research institute leading “Pax new-Japonica” based on the scientific understanding of the native code of the brain, constituting the human mind)	先端的な多階層脳観測技術を備えた新設中核機関をハブとした研究網を活用して脳のネイティブコードを理解し、健康な脳や疾患脳のモデル化と状態・リスク予測を可能にするヒト脳デジタル生物学を創生する。	施設 計画	脳天文台を中核とする脳型重層研究・バンク網が導く多様な個の脳・ところと環境のウェルビーイングが共存する「和の社会」構想(A brain-inspired hub-network style research institute leading “Pax new-Japonica” based on the scientific understanding of the native code of the brain, constituting the human mind)	地方から中核機関の最先端実験系を使う研究網を構築することで、脳ネイティブコードの生成と解読に必須の分子・細胞メカニズムを解明し、次世代型BMIによるブレインテック応用や精神・神経疾患の克服に繋げる。	網羅的に記録した脳活動データを全国から集約するデータドリブン解読と計算モデリングによる相補的戦略による脳ネイティブコードの解読は、脳の情報処理原理の統合的理解の礎となる。	地方から中核機関の研究リソースを使う新しい組織体は地方創生の切り口となり、ヒト脳ネイティブコードの解読はヒトの生涯ウェルビーイング向上や疾患克服、脳機能拡張技術として経済的・産業的にも重要である。	【実施計画】 R9－R11:建設・研究網構築期間 R12－R13:中核機関本格運用・研究網部分運用 R14－R18:全体本格運用 【所要経費】 総額1055億円 【実施機関と実施体制】 中核機関:自然科学機構(生理学研究所) 連携機関:東京大学、京都大学、名古屋大学、大阪大学、理化学研究所、国立・精神神経医療研究センター、国際電気通信基礎技術研究所	⑤、⑦
39	Society 5.0におけるWellnessの壁を越える研究領域の推進(Promotion of Research Areas Beyond the Wellness Barrier in Society 5.0 Era)	生成AIとセンシングデータ・医療データを融合させ個々人の健康状況に応じた健康増進ICTやデジタル治療技術の開発が可能になり、情報×医療×社会制度×ELSIを推進する異分野融合研究拠点の創設が望まれる。	研究 計画	Society 5.0におけるWellnessの壁を越える研究領域の推進(Promotion of Research Areas Beyond the Wellness Barrier in Society 5.0 Era)	Wellnessを実現する異分野横断的研究拠点を構築し、ゼロエナジーIoTデバイス網の構築技術や人やモノの状況認識技術、未病改善、健康増進、デジタル治療技術や大規模シミュレーション技術の創出を図る。	Wellnessを実現する研究領域の推進で、個々人の健康状況を考慮した革新的な健康増進ICTやデジタル治療技術の開発が可能になると共に、安心できる生活空間の提供や自然な行動変容支援が可能になる。	AIを活用した医療・健康分野の新技術の考案など情報学や医工学分野の科学技術の向上が図られると共に、適切な法制度の設計やELSI問題を含めた社会受容性の向上、トラストの確立、創出技術の社会実装が進む。	【実施計画】 R8－R9:研究拠点形成 R8－R17:研究準備・本格運用 R11－R17:社会実装実験 【所要経費】 総額80億円 【実施機関と実施体制】 大阪・東京・京都大学、国立情報学研究所の他、理化学研究所、東北・筑波・東京科学・電気通信・慶應義塾・横浜国立・名古屋・奈良先端科学技術大学院・九州の各大学、関連企業などが参画する。	⑤
40	“守護天使チーム”による究極の個別化医療と見守り社会の実現(Personalized medicine and social support system through teams of guardian angels)	個々人に特化した“守護天使”たちがチーム体制で人を見守り、その人の個性と場面に応じた適切な助言により「個人が個人らしく生きる」ことをサポートする究極の個別化医療と見守り社会の実現を目指す。	研究 計画	“守護天使チーム”による究極の個別化医療と見守り社会の実現 (Personalized medicine and social support system through teams of guardian angels)	1)医療情報の大規模統合解析基盤の開発に基づき、2)多様な領域で健康医療AI研究を加速し、3)各観点で開発された複数のAI出力を統合し適切な個別化介入を行うための方法論を学際的検討により確立する。	専門特化した複数のAI出力を統合し医師・患者・健康者に対する個別化した助言へつなげる方法論の確立は、学際的協調を要する未達課題で、個別化医療と個々を尊重する見守り社会実現のためのブレークスルーとなる。	多様な観点での最適解のバランスの取り方や人間とAIの良い関係性に関し国民の理解が得られる社会デザインを可能とすると共に、健康医療情報活用による多様な産業創出と人材育成、SDGs目標3・11へ貢献する。	【実施計画】 R6－R9:統合データ解析活用センター整備・各種学際研究開始 R10－R15:センター運用・実データ検証・一般研究者公開 【所要経費】 総額100億円 【実施機関と実施体制】 一般社団法人日本医療情報学会(総括代表)、関連する全国大学医療情報学関連講座、医療情報関連の一般財団・社団法人、人工知能学会、社会医学・臨床系各学会、人文社会系各学会等	⑤

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想					所属する グランド ビジョン の番号	
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値		実施計画等
41	グローバル・エイジング下での持続可能な制度設計を目的とした産・官・学の協働・協創による次世代型データ整備事業(Next-generation data development project through collaboration/co-creation among industry, government, and academia toward sustainable institutional design under global aging)	グローバル・エイジング下、喫緊の課題となっている持続可能な制度設計に資する「科学的エビデンス」創出のためには、産・官・学の協働・協創によるデータの基盤整備と利活用による学術の発展が急務である。	研究計画	グローバル・エイジング下での持続可能な制度設計を目的とした産・官・学の協働・協創による次世代型データ整備事業(Next-generation data development project through collaboration/co-creation among industry, government, and academia toward sustainable institutional design under global aging)	因果推論を根拠とするEBPM－PDCAサイクルの実装を目途に、文理融合によるプラットフォームを構築し、ELSIの克服や国民的合意形成を見据えつつ、次世代型社会統計システムの整備と基礎研究を行う。	産・官・学の協働・協創により、代表性のある行政管理情報と民間が保有するビッグデータを基盤とする次世代型社会統計システムが整備されれば、評価可能な制度や政策の幅が広がり、政策科学の地平を拓くことになる。	課題解決への道筋が十分に示されていないグローバル・エイジング下において、政策科学の地平を拓く新たな価値創造へ向け、文理融合を旨とする産・官・学が協働・協創可能なプラットフォームを構築する。	【実施計画】 R8－R9: 調査・研究開発へ向けた準備期間 R9－R12: ELSI検討・関係箇所との交渉 R12－R17: 基盤整備・解析を本格化 【所要経費】 総額10,062,140,000(円) 【実施機関と実施体制】 早稲田大学・総合研究機構に附置されているソーシャル&ヒューマン・キャピタル研究所、東京大学・政策評価研究教育センター、11カ国30以上の大学・研究機関によるコンソーシアムを組織	⑤, ⑩
42	「脳」宇宙解明のための国際拠点・「脳」天文台の整備(The Japan Brain Observatory, an international center for the “brain” universe)	宇宙で最も複雑なシステムである脳を近年進化が著しい高度な技術で徹底的に観測し、その機能と破綻の普遍原理の理解を通じて、ヒト型の人工知能開発などの産業応用に資することを目指す。	施設計画	「脳」宇宙解明のための国際拠点・「脳」天文台の整備(The Japan Brain Observatory, an international center for the “brain” universe)	動物脳、iPS細胞由来の脳オルガノイド/アセンブロイドを対象とし、計測データを、系統的・網羅的に取得・公開し、この大規模データを活用し、脳の普遍原理と高次脳機能、その演算処理方式の理解、AIへの実装を行う	全身からの情報入力とその制御、複雑な行動、そして苦しみや幸せを含む心の創発を行う脳を、大規模観測手法を用いて、その基本原理を明らかにし、演算に用いることで、分野横断的な新しい学術創生を行う	消費電力が低くCO2 排出量が少ないヒト脳型の AIを開発し、少子高齢化社会へむけて、脳健康維持と疾患克服、幸福感の向上、さらに社会・産業活動の一部を AI やロボットが代替し、脳機能の補助や拡張が可能となる。	【実施計画】 R8－R10: 人材のリクルート、機器や動物の導入と稼働準備 R10－R15: マルチオミクス/神経活動・行動データの標準化・系統的取得と公開、2) オルガノイド、アセンブロイドの研究技術と倫理・法的基盤の確立 R15－R20: 産業界も含め国内外で活用される基盤データベースの運用、脳AIの実装 【所要経費】 総額360億円 【実施機関と実施体制】 実施機関: 生理学研究所、日本の「脳」天文台は、国際協力体制と脳科連の提案するネットワーク内の大きな「ノード」の一つとして機能し、個別の研究室や企業(人文系、社会科学系研究室を含む)への研究支援と独自の研究開発を並行して行う。女性比率、外国人比率に数値目標を設定しダイバーシティ確保を目指す。	⑤, ⑦
43	マイクロコスモスに挑む生命シミュレータの創成(Creating a Life Simulator to Explore the Microcosmos)	生命のドグマを階層縦断的に拡張することで生命の営みを予測するシミュレータを創成する。これにより分子ネットワークのダイナミクスから細胞の動態を予測し、さらに生命体の高次機能に至るまで一貫通貫に理解する。	研究計画	マイクロコスモスに挑む生命シミュレータの創成(Creating a Life Simulator to Explore the Microcosmos)	大規模データを集積・統合・解析するための体制を整備し、分子から個体に至る階層を繋ぐナレッジベースを構築するとともに、これを活用するためのメタベースと実空間を併用したオープンサイエンスの場を創出する。	ラボオートメーションや仮想空間での研究が加速し、オープンリソースやナレッジベースが構築されることで、これまでスモールサイエンスとして進展してきた生命科学がビッグサイエンスへと変革することが加速される。	ナレッジベースを活用した社会共創は、未来型医療・創薬・農業の発展、環境浄化、生態系保護等、人類が抱える課題を解決するとともに、人類に新たな生命観をもたらし、人文・社会科学にも広範な波及効果を与える。	【実施計画】 R8－R10: ネットワーク型拠点形成 R8－R11: ハブ拠点整備 R9－R15: ビッグデータ統合・解析 R10－R17: 実験検証 【所要経費】 総額1,100億円 【実施機関と実施体制】 自然科学研究機構生命創成探究センターが、慶應義塾大学、東海国立大学機構、海洋研究開発機構、名古屋市立大学、大阪大学、鳥取大学、産業技術総合研究所等と連携することにより推進する。	⑤, ⑥, ⑩
44	高精細微生物利用・制御イノベーションの革新(Advancing Innovation in High-Precision Microbial Utilization and Control)	高精細微生物利用・制御研究の拠点を構築し、対象とする微生物ごとに進められてきた研究を集積し、異分野研究者の密接な連携により、微生物機能のイノベーションに関する分野横断的な大規模研究を進める。	施設計画	高精細微生物利用・制御イノベーションの革新(Advancing Innovation in High-Precision Microbial Utilization and Control)	日本の優れた微生物研究と量子・情報技術などの先端分野を結集し、学際的ネットワーク拠点として高精細微生物研究開発センターを設立し、基礎研究と応用技術の両面でオープンイノベーションを推進する。	集団全体の挙動や共生関係にも影響する、同一種の細胞ごとに異なる機能を持つ不均一性の研究及びそれを解析する量子・情報技術を含めたテクノロジー開発は微生物学のみならず、全生物学にイノベーションをもたらす。	人間の健康、動植物(昆虫含)の多様性維持、作物の生育促進など微生物は環境・健康・食といった幅広い領域に関わっており、微生物の高精細利用・制御研究は地球規模での課題解決に重要である。	【実施計画】 R8－R15: 高精細微生物開発センターの設置準備・建築。 R8－R27: 解析・制御・利用技術の基礎・応用研究 【所要経費】 総額134億円 【実施機関と実施体制】 筑波大学生命環境系/微生物サステナビリティ研究センターを中心とし、山口大学、国立遺伝学研究所とともに実施。金沢大、北海道大、宇都宮大、茨城大、産総研やコンソーシアムが参画。	⑤
45	疾患概念の社会的結合と確率的理解を基盤とした新しい健康研究戦略(A New Health Research Strategy Based on the Social Embeddedness and Probabilistic Understanding of Disease Concepts)	疾患を社会等と結合する概念と捉え、自己責任論やスティグマを克服。ゲノム・環境・社会因子を統合した「統合的精密健康モデル」への転換を提示し、疾患を確率的連続体としての再構築し、精密健康社会を実現	研究計画	疾患概念の社会的結合と確率的理解を基盤とした新しい健康研究戦略(A New Health Research Strategy Based on the Social Embeddedness and Probabilistic Understanding of Disease Concepts)	佐賀大を核に、精密健康の規範確立、技術の共通言語化、制度の再設計を3層で推進。疾患を確率的連続体として再定義し、スティグマ解消と持続可能な社会保障制度の構築を目指す、文理融合型の変革的学術研究。	疾患を生物学的異常から「社会的装置」へ再定義。ゲノム等の不可抗力因子を可視化し、自己責任論を解体する。データ科学と政策を結合し、技術時代に適した健康の定義と社会システムを刷新する学術的基盤となる。	リスクを確率で可視化し、患者を自己責任の呪縛から解放する。ライフコース上の最適介入点による精密健康の提供により、一律の予防介入を脱し、医療費適正化と社会保障の持続可能性を担保する新たなモデルを示す。	【実施計画】 R8－R11: 理論整備・基礎研究 R12－R14: 技術開発・検証 R15－R17: 社会実装 【所要経費】 総額50億円 【実施機関と実施体制】 佐賀大学を中心とし、日本循環器学会、日本学術会議、英国バイオバンク、米国All of Us計画等と連携。医学・農学・理工・人文社会科学の多機関・多分野融合体制で実施する。	⑤

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
46	生態学と人文社会科学の学際融合研究に基づく日本初の観光戦略のアジアングリーンベルトへの展開と科学立国による国力強化 (Tourism strategies from Japan to the Asian Green Belt based on interdisciplinary research in ecology, humanities and social sciences: snowballing research development to enhance national strength)	日本を含むアジアングリーンベルトの生態系と歴史・文化遺産との相互関係を解明する。各生態系を順次巡る学術体系的旅行パッケージを提案し、旅行者を地方に分散させ、各生態系への学術的理解を高める。	研究計画	アジアングリーンベルトに展開する生態系・生物多様性保全と歴史文化遺産保全に向けた総合的研究 (Interdisciplinary research on ecology and social sciences in Asian Green Belt)	アジアングリーンベルトにおける各生態系と当該地域の歴史や文化について、「各地域で育まれた歴史、文化および景観は、当該地域の自然生態系や生物多様性との相互作用において成立する」との仮説を検証する。	アジアングリーンベルトの生態系と人間社会の成り立ちを解明する研究は、自然環境と密接した人間社会の成り立ちと在り方に関わり、環境変動の時代における自然と人との新たな関係性の構築に資する。	本研究は、SDGsの多くの項目に該当し、カーボンニュートラルや30by30を効率的に進めるための根幹を成す。生物多様性は、TNFDやネイチャーポジティブ等、国民の関心が大変高いトピックである。	【実施計画】 R9－R12:研究計画・遂行 R13:国際シンポジウム開催 R14－R17:研究遂行 R18－:国際シンポジウム開催、総括 【所要経費】 総額185億4000万円／10年間 【実施体制】 京大大学生態学研究センター、日本長期生態学研究ネットワーク、京都大学人文科学研究所、京都大学東南アジア地域研究研究所、京都大学研究連携基盤	⑥
47	諸学術分野に必要な大学院統計学教育システム研究開発を支援する中核機関および大学院のネットワーク型連携活動を通じた日本の大学院教育研究能力の高度化(Enhancement of graduate education and research capabilities in statistics)	独自の統計エキスパート育成拠点を各大学内に整備した欧米中韓印等に対し、統計エキスパート人材育成ネットワークの形成により、各学術分野の大学院等の発展に必要な国際水準の統計教育システムを迅速に実装する。	研究計画	統計エキスパート人材育成システムの研究開発と日本の大学院教育研究への展開(R&D of a Human Resource Development System for Statistical Experts)	「統計エキスパート人材育成コンソーシアム」のネットワーク型連携活動を拡大し、若手研究者の力量開発を行うことにより、多様な学術分野の大学院教育で、国際水準の「統計エキスパート育成システム」を確立する。	欧米中韓印の中核大学に比べ、我が国では、今日の学術や社会の急速なデータサイエンス化を支える研究者層が圧倒的に不足しており、多様な学術分野で、これに対応した研究能力の効果的な改善が期待される。	本構想を実現すれば、我が国のデータサイエンスの中核人材となる統計エキスパートを輩出できる大学院教育の体制が確立され、Society 5.0に必要なリーダークラスの産官学への定常投入が可能になる。	【実施計画】 R9－R17:各期2年間16名・計8期の研修を実施、若手研究者を大学院統計教員に育成。参画機関は人材育成システムを構築。 【所要経費】 総額55億円 【実施機関と実施体制】 情報・システム研究機構統計数理研究所を中核機関、全国の多様な大学院等を参画機関とするコンソーシアムを形成して推進。大学統計教員の深刻な不足に鑑み恒久的仕組みが必要。	⑥、⑩
48	国立沖縄自然史博物館の設立―自然史科学の推進による自然の解明は人類の持続可能性へ貢献する― (Establishment of the National Museum of Natural History, Okinawa ―Understanding nature through the promotion of natural history science contributes to the sustainability of humankind―)	環境破壊の進行により人類の存続が脅かされている。この課題に対処するため、国立自然史博物館を沖縄に設立し、地球と生命に関する大量のデータを収集・解析・統合し自然との共生を目指す研究・教育を推進する。	施設計画	国立沖縄自然史博物館の設立―自然史科学の推進による自然の解明は人類の持続可能性へ貢献する― (Establishment of the National Museum of Natural History, Okinawa ―Understanding nature through the promotion of natural history science contributes to the sustainability of humankind―)	国立沖縄自然史博物館は情報科学を駆使し、自然史情報インフラ「ビッグデータ自然史科学」を創設する。博物館としては前例の無い自然史科学大学院を併設して、自然史科学の研究と後継者育成の教育を進める。	生物多様性が世界で最も豊かで、かつ解明が進んでいない東・東南アジアにおいて、国立沖縄自然史博物館を設立し、国内外の自然史研究機関とネットワークを構築して、自然史研究を飛躍的に発展させることができる。	大量の自然史標本を収集・保管・研究・展示して、自然環境の変遷を捉え、その原因を探ることで将来予測に貢献し、生物多様性保全と資源の適正活用の方策を提言する。加えてSDGs達成の中心的な役割を担う。	【実施計画】 R9－R13:建設期間 R12－R13:部分運用 R14－:本格運用(R14に沖縄復帰60周年記念開館) 【所要経費】 総額1,922億円 【実施機関と実施体制】 国立沖縄自然史博物館設立準備委員会が設立活動を主導、同設立実行委員会が国の施策としての基本構想を策定、予算化後は同準備室が開館を準備、開館後の実施機関は国立沖縄自然史博物館。	⑥、⑬
49	身心一体科学でつなぐウェルビーイング科学～実践的研究―教育可視化ネットワーク拠点(Well-being Science Connecting Body-mind Integrative Science – Research-Education Linkage)	人生100年時代を健やかに生き抜く方策として、学習者が自ら取り組もうとする力を養うために自分を科学的に思考し文理融合的に体と心のつながりを理解する「身心一体科学」を体系的に確立し、教育に適用する。	研究計画	身心一体科学でつなぐウェルビーイング科学～実践的研究―教育可視化ネットワーク拠点(Well-being Science Connecting Body-mind Integrative Science – Research-Education Linkage)	基礎調査10年、実践10年、定着5年の25年で構成されており、日本女性科学者の会の北海道から九州までの全国6ブロック地域に「教育可視化ネットワーク拠点」と「身心一体科学研究拠点」を設けて活動を進める。	文部科学大臣表彰科学技術賞授賞の身心一体科学は、体軸制御調律運動の実践により自己の変化を体感し発見し細胞レベルで理解する科学。教育への適用により、個人のウェルビーイングや自ら学ぶ力を養成できる。	一般市民にヘルスリテラシーが身に付き、医療費の削減にもつながり、教育プログラムとして世界に発信でき、真のウェルビーイングに基づく新しい人間像を生み出せる。	【実施計画】 R8－R17:基礎調査 R18－R27:実践 R28－R32:定着 【所要経費】 総額18,800万円 【実施機関と実施体制】 実施機関は、日本女性科学者の会の6ブロックの各代表の機関とする。本会は幅広い自然科学系分野に所属する研究者から構成される学術団体であり、多様な分野の研究者で実施体制を構成できる。	⑥
50	染色体ラボを拠点とした生命科学分野における教育および研究力の高度化の実現へ向けて(Toward advanced education and research based on the Chromosome Laboratories)	「染色体ラボ」とは生物試料を材料とした染色体標本の作成、観察が実施可能な教育研究のラボを指す。日本全国に散在する染色体ラボを発掘し、生命科学教育のネットワーク形成と連携を図り、研究力の高度化を目指す。	研究計画	染色体ラボを拠点とした生命科学分野における教育および研究力の高度化の実現へ向けて(Toward advanced education and research based on the Chromosome Laboratories)	生物分類群ごとの中核的な染色体ラボを拠点とし、染色体標本作成の実践的教育研究の場所と機会を充実させ、ラボ間ネットワークを通じて、生物材料と教育コンテンツの共有を図り、科学教育の高度化を進める。	日本の研究力は危機的な状況であるが、これを好転させる方策が、染色体ラボを拠点としたネットワークシステム構築による抜本的な科学教育の学習スタイルの変革であり、高度な研究力を持った人材の育成が期待できる。	染色体ラボでの教育研究システムは、「探究」の導入による主体的、対話的学習の実例となり、教育研究者、医療、博物館等、幅広いジャンルでの人材輩出が期待され、SDGs4、5、9番に貢献できる可能性が高い。	【実施計画】 R8－R10:染色体ラボの拠点形成 R10－R12:ラボ間ネットワーク形成と運用方法の検討 R12－R15:染色体ラボの本格運用 【所要経費】 総額30億円 【実施機関と実施体制】 染色体ラボ間のネットワークの整備により生物材料と教育コンテンツの共有化を進め、生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点および国立沖縄自然史博物館の設設計画との連携を強化しながら実施する。	⑥

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
51	心の科学を羅針盤とした未来社会像の構築 (Formulating a vision of future society based on the science of the mind)	心の科学を羅針盤とし、また、心の科学を中心に人間に関するあらゆる研究分野をリフレーミングし有機的に連携させることにより、学術の振興を目指す。	研究計画	心の科学を羅針盤とした未来社会像の構築 (Formulating a vision of future society based on the science of the mind)	様々な学術研究や社会問題を心の科学に基づいて分析しリフレーミングし、研究分野横断型の学術研究の体制を構築するとともに、人材を育成するための制度を構築する。	既存の枠組みを脱却して、人間の心という視点で問題をリフレーミングすることで、あるべき領域融合の形を実現する。	社会に生きる人間のこころに関するデータの集約により、知的価値、経済的・産業的価値を生み出し、心の科学の素養を持つ人材の産学官で活躍する人材の育成を通して、人間の幸福を蔑ろにしない社会を実現する。	【実施計画】 R6－R9:リフレーミング、構想、立ち上げ R10－R12:研究推進 R13－R16:社会実装 【所要経費・実施機関と実施体制】 具体的な研究計画の提案ではないため、体制や経費は提案しない。	⑦
52	アディクション学の創成および発展 (Creation and development of addiction science)	医学的・社会的に深刻な問題を惹起するとともに個人や社会に役立つこともあるアディクションを対象として「アディクション学」を創成し、功罪両面の状況および原理を明らかにし、対策法・活用法を確立する。	施設計画	アディクション研究拠点形成によるアディクション学の創成 (Creation of addiction science by establishing an addiction research center)	アディクションを研究対象として、多くの関係機関との連携ハブとなり学際的かつ総合的研究を推進する拠点を形成する。国内外の関連機関と連携協定を締結して、共同研究・支援研究を推進し、人材育成を図る。	多様化するアディクションに国として対応していく上で、物質依存と行動嗜癖を包括的に取り扱い、分野・領域を横断したアディクション研究が必要である。	市販薬乱用、オンラインカジノなどアディクション問題への関心は高い。一方、患者への偏見も強く、国民の理解が深まる必要がある。予防・治療・社会実装を通じて適切に対応することは、SDGsにも貢献する。	【実施計画】 R9－R12:アディクション研究拠点設立。建屋建設。 R13－R16:連携体制の維持・発展。 R17－R20:アディクション学の確立と先導。 【所要経費】 総額410億円 【実施機関と実施体制】 アディクション研究拠点をハブとして、既存の研究・医療機関および関連団体や関連企業との連携体制を構築する。	⑦
53	心理科学総合研究所構想 (Plan of the Integrated Institute for Psychological Sciences)	「こころ」の科学的研究は重要である。様々な学問分野とも深く関係しており、人間研究と言い換えることもできる。「こころ」を探究する上で脳科学や情報科学を融合した心理科学総合研究所が必要である。	施設計画	心理科学総合研究所構想 (Plan of the Integrated Institute for Psychological Sciences)	日本国民誰もが「こころ」について知りたいと思っても、直球で答えることのできる機関が存在しない。国立の機関として心理科学総合研究所を設立してこころの研究に関する心理科学総合研究設立構想を提案する。	「こころ」の研究は、心と行動の研究である。健全で豊かな社会性を育み、協調性を回復し、創発的知性を生みだす社会を再構築する上でブレークスルーとなるポイントは複数脳の理解に展開している点である。	「こころ」の問いに答えられる心理科学総合研究所は先端基礎研究と、関連諸分野との融合研究の結果として知的価値を生み出し、心の病で苦しんでいる国民を救い、活力有る人材を再生でき経済的・産業的価値を高める。	【実施計画】 R10－R12:建設期間 R13－R23:本格運用 【所要経費】 総額184億円 【実施機関と実施体制】 心理科学総合研究所を新たに設立して実施機関となる。先端基礎、融合、社会展開の3部門を設置して運営委員会を実施体制とする。	⑦
54	脳科学とAIによる芸術創造力の理解(Understanding Artistic Inspiration via Brain Science and AI)	世界へ誇る文化やコンテンツを多く有するわが国の魅力を発揮させるため、芸術の創造課程を脳科学とAIにより解明。芸術の発達のメカニズムを文理融合アプローチで解明し、テクノロジーを利用した芸術を創成。	研究計画	脳科学とAIによる芸術創造力の理解(Understanding Artistic Inspiration via Brain Science and AI)	芸術を中心として、脳科学と情報学を融合し、文理融合型学際的学問領域としてアート・インフォマティクスを創成。最先端の情報学を活用し、アートの営みを生む脳の情報処理や身体運動のメカニズムを解明。	芸術を理解する学術的必要性は、人間の知覚、運動、感性のメカニズムの本質を理解することに他ならない。これらの知見が次世代のロボティクス研究に波及し、人間機能の拡張、人間・ロボットの共生社会に資する。	学術論文を中心とする従来の学術的な形にとどまらず、アート・インフォマティクスミュージアムの建設によって広く国民全体がアクセス可能にするといった形で研究成果を人類全体で共有していく。	【実施計画】 R8－R10 研究ネットワーク構築 R11－R15 アートインフォマティクス確立 R16－R17 アートインフォマティクスミュージアム建設 【所要経費】 総額400億円 【実施機関と実施体制】 東京大学情報理工学系研究科が中心となり、学内外の組織と研究ネットワークを構築。最終的には東京大学総合研究博物館と連携して、アート・インフォマティクスミュージアムを建設。	⑦, ⑧
55	人の生体機能の理解と知能の拡張を基盤とした「人工頭脳学」の創成 (Cybernetic Brain Science: A Constructive Approach to Human Intelligence and Biological Functions)	人工知能は人間機能の一部しか再現していない。本ビジョンは脳と身体統合的神経系に基づく「人工頭脳学」を提唱し、学際研究により人間機能の理解・再現と障がい克服を目指す新学問領域を確立する。	施設計画	人の生体機能の理解と知能の拡張を基盤とした「人工頭脳学」の創成基盤 (Cybernetic Brain Science)	本構想は人工頭脳学の研究拠点を設立し、ロボティクス・神経科学・AI・制御工学を統合しつつ大規模シミュレーションを活用して、人間の頭脳と身体との相互作用を解明する世界的研究基盤を構築する。	「人間を理解し設計する工学」という新たな学術体系を創成し、これまで分断されてきた人工知能、神経科学、認知科学、身体科学を統合し、人間理解を基盤とする次世代工学の国際的研究領域を確立する。	医療・福祉では運動・認知リハビリテーションの個別最適化や疼痛の制御、介護負担の軽減に寄与する。産業では人間機械システムの設計指針を確立する。熟練技能の定量化・継承と生活機能の維持・拡張に貢献する。	【実施計画】 R8－R10:建設期(設計・体制構築と施設・基盤整備) R11－R14:第1期(コアモデルの実装とデータ基盤) R14－R17:第2期(標準化・国際展開と社会実装) 【所要経費】 総額300億円 【実施機関と実施体制】 筑波大学システム情報系と各研究センター、附属病院ならびにつくばに拠点を置く国立研究開発法人により実施	⑦

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
56	創発共進化計算知能プラットフォーム(Emergent coevolutionary computational intelligence platform)	計算知能分野における先進的なアルゴリズムを開発し、大規模並列分散システムへ実装することで、計算的イノベーションを実現する人・計算機・アルゴリズムが一体となったプラットフォームを形成する。	研究 計画	創発共進化計算知能プラットフォーム(Emergent coevolutionary computational intelligence platform)	先進的な計算知能のアルゴリズム開発、大規模並列分散システムへの実装、研究者ネットワークの形成を通して、人・計算機・アルゴリズムが一体となって共に進化し、社会の問題を解決するプラットフォームを形成する。	進化計算によるブラックボックス最適化と、機械学習やニューラルネットワークなどの人工知能技術を統合し大規模計算基盤上で実装することにより、困難かつ大規模な最適化問題を解決することが可能となる。	イノベーションを加速するために、そのプロセスを自動化しつつ創発的に新たな最適解を生成するプラットフォームを構築することができれば、社会全体の最適化に対して大きなインパクトを与えることが期待される。	【実施計画】 R8－R9: 計算資源整備・プロジェクト立ち上げ R9－R10: プラットフォーム開発・試験運用 R11－R16: 本格運用 【所要経費】 総額58億円 【実施期間と実施体制】 共同利用・共同研究拠点(中核機関・ハブ)を公募 JHPCN/HPCI・進化計算学会など関係学会	⑧
57	各科学分野間の持続的共創をもたらす先進的な情報処理技術開発のための国産AI情報基盤の構築 (Construction of AI Infrastructure for advanced ICT among scientific fields)	AI開発にて米中に追従するだけでなく人を理解し人に寄り添う、より高い知能を持つ次世代AIを世界に先駆けて生み出し、AIが社会に遍在し人と共生するスマートかつ持続性のある寛容なモラル社会の実現を目指す。	施設 計画	国産の大規模マルチモーダルAIモデルの構築と維持・拡張基盤の整備 (Constructing a domestic multimodal foundation AI model and its infrastructure)	産官学の大型プロジェクトとして信頼できる国産の大規模基盤モデルを構築し、研究者・開発者が等しく大規模基盤モデルを安心・安定して利用できる環境を実現し、産業の活性化と次世代AIの研究開発を促進させる。	文脈の理解や論理的思考、概念の理解、時間的流れの把握や共感力といった「人との共生のための重要な能力」が現在のAIには欠落しており、大規模基盤モデルを土台とすることで、これを実現する研究が可能となる。	日本語ならではの表現や日本文化に根付いた大規模基盤モデルを構築することで、AIが日本社会に根付くことができる。また、基盤モデルを外国製に依存することは経済安全保障の観点からも避ける必要がある。	【実施計画】 R8－R9: 計算機システム・拠点設計・施工 R8－R14: AI構築のための継続的な基礎研究・開発 R13－R18: 具体的産業活用促進 【所要経費】 総額5,000億円 【実施機関と実施体制】 計算基盤は産総研等の現状の資産のフル活用を含めた新規構築を進める。産官学からの人材が自由に研究開発できるようにするための独立した新会社を立ち上げる。	⑧
58	情報環境との相互作用で生ずる行為や感情の正負・強弱原理の解明に基づいた人の内在的強韌性を高める機構の実現 (Cultivating Human Resilience through Uncovering the Emotional and Behavioral Dynamics of Information-Environment Interaction)	人の内在的強韌性を高め、不確実性を受け入れる力や多様性への配慮を涵養し、技術の真正性や説明責任を理解し受容する力を育むことで、イノベーションが滞りなく展開される社会環境を実現することを目指す。	研究 計画	情報環境との相互作用で生ずる行為や感情の正負・強弱原理の解明に基づいた人の内在的強韌性を高める機構の実現 (Cultivating Human Resilience through Uncovering the Emotional and Behavioral Dynamics of Information-Environment Interaction)	先進的情報技術が生み出す情報環境が人の心身に与える正負の増幅作用を分野融合で導く人と情報環境の包括的相互作用モデルにより解明し、負の影響を抑えつつ創造性や内在的強韌性を高める技術と社会実装を主導する。	心理的文脈を統合した学際的研究により先進的情報技術による感情増幅の負の側面を抑制し、人の内在的強韌性を強化する技術設計を提案する。倫理に配慮したデータ共有基盤を構築し、国際的な標準化に貢献する。	生成AI等の先進技術と人の相互作用を解明し、心身の健全性とメンタルの強化を促進する。ELSIや国際的なAI原則に整合する枠組みを提示し、教育・医療等の新産業創出やSDGsの達成に貢献する。	【実施計画】 R8－R10: 分野融合研究加速、プラットフォーム(PF)準備 R11－R13: 社会実装、PF試行 R14－R17: PF運用 【所要経費】 総額46.6億円 【実施機関と実施体制】 はこだて未来大を中心機関とし、京大、産総研、東大、東北大、北大等をJapan ACM SIGCHI Local Chapterにより橋渡しし、分散型研究拠点プラットフォームを構成。	⑧
59	生命・芸術・社会科学と調和する豊かな社会のための新しい音響科学(New acoustics for affluent society in harmony with life, art and social science)	分野融合の横系と、各分野毎の縦系のマトリクス組織からなる音響環境研究所を創設し、生命・心理・社会科学と連携して世界最先端の技術開発を行い、Society5.0の実現に貢献する新たな音響学を構築する。	施設 計画	生命・芸術・社会科学と調和する豊かな社会のための新しい音響科学(New acoustics for affluent society in harmony with life, art and social science)	音響環境研究所では、自動車騒音、聴覚系や発声系のモデル構築、楽器の発音機構など、音響に関する諸問題について、多様な分野の研究者が連携した分野複合型研究を行う。成果はオープンにし、社会に還元する。	音響学には、理工学・人文科学・芸術・生命科学などの様々な学術分野が関係するが、これまでは各分野ごとに独立に研究が進められてきた。音響環境研究所は、これらの分野の融合研究の核となり、連携を加速する。	近年、社会目標として、経済成長に加えて、精神的な豊かさなどが求められている。音環境は、これに与える影響が大きく、本構想における新たな音響学は、音環境に関する課題解決に向けたイノベーションを創出する。	【実施計画】 R6－R9: 準備期間。既存技術を発展させつつ設備導入を進める。 R10－R15: 本格運用。研究を深化させつつ連携を深める。 【所要経費】 総額55億1千万円 【実施機関と実施体制】 研究所では自動車業界を核として分野横断研究を進める。そのために、生体・医学研究ユニット、音の場・社会空間研究ユニット、音響機器研究ユニット、音響数理モデル研究ユニットを設置する。	⑧
60	全ての人が対等で人間性豊かなコミュニケーションができる非言語情報通信基盤の構築(Humanity-rich telecommunication with nonverbal info provides equality for all)	アクセシブル・インクルーシブでダイバースな未来社会実現のため、非言語情報の機微を適切に伝達することによって全参加者が対等で豊かな遠隔コミュニケーションができる基盤を築く幅広い学際的研究を実施する。	研究 計画	全ての人が対等で豊かなコミュニケーションができる非言語情報通信基盤の構築(Rich telecommunication with nonverbal information which provides equality for all)	非言語情報に関する次の学際研究を実施。対人コミュニケーション、AI、通信基盤、セキュリティ、豊かなコミュニケーションを実現するXRやユーザインタフェース、社会実装に向けた倫理・法・社会的課題の検討。	日常の対人コミュニケーションで重要な役割を持つ非言語情報の機微のやりとりを遠隔コミュニケーションで実現することは、それを人間性豊かなものにするために不可欠であるが、研究蓄積は十分とは言えない。	現在の通信技術では欠落してしまっている様々な非言語情報の機微のやりとりを、未来の遠隔通信で実現することは、対人コミュニケーションを豊かにし、ひいては社会全体を豊かにしてゆくことにつながる。	【実施計画】 R8－R10: 萌芽探索研究 R11－R15: 基盤技術確立 R15－R17: 統合・試作 【所要経費】 総額7,500(百万円) 【実施機関と実施体制】 情報通信分野の共同利用・共同研究拠点である東北大学 電気通信研究所が中心となり、国内外の研究機関・企業等との共同研究で実施	⑧

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
61	人の能力を拡張・強化し、持続可能な生存を実現する生存情報学研究構想(Survival Informatics Research Initiative for Sustainable Human and Society)	サイバー・フィジカルが融合する生存空間で、多様な人々が生き生きと参画できる社会を目指し、情報学と種々の学術領域が連携して、人間の能力拡張と課題解決、研究者と一般市民による国際的な社会受容基盤作りを行う。	研究計画	人の能力を拡張・強化し、持続可能な生存を実現する生存情報学研究構想(Survival Informatics Research Initiative for Sustainable Human and Society)	ロボットやアバター(CA)の活用による身体・認知・知覚能力拡張と、それにより発生するELSIデータの収集、分野連携の分析・解決を行う。研究者と一般市民が共に議論し、CAとの共生の会受容性を高める。	情報学と異分野の学術領域との連携の下、CAとの共生の社会実装を行い、新たに生まれるELSI課題を発見・分析・解決する研究開発を行う。同時に、一般市民と共に、社会制度課題等を解決する基盤を構築する。	CAによる人間の身体能力拡張から生まれる技術課題の研究開発、生成されるELSIに関する大規模データを共有・活用するためのデータ基盤の構築。来たるべきCAとの共生社会に向けた社会受容基盤の構築。	【実施計画】 R8:身体能力拡張技術、ELSI課題発見 R9:ELSI課題解決、 R10－R11:社会実装、一般市民との議論 【所要経費】 総額30億円 【実施機関と実施体制】 千葉商大/甲南大、環境知能分科会で生存情報学に関連する研究開発を行っている研究者	⑧
62	人文知を基盤としたAI技術の応用による真の無障壁社会の実現(Realization of a Truly Barrier-Free Society through Humanities-based AI)	人文学が蓄積してきた知識と技術をAI技術とともに創造的に活用することで、情報バリアを解消した真の無障壁社会を作り、人々を文化的に豊かに生きやすくし、多様な文化に活力を取り戻す。	研究計画	言語データ解析による人文知を基盤としたアーカイビングシステムの構築:「人文知コンシェルジュ」サービスの実装(Creating humanities-based archive systems using linguistic data analysis)	人文学的専門知識をAI・自然言語処理技術と融合させ、これまでに手が付けられていない多くの情報を機械可読・アクセス可能にし、デジタルデータとオープンサイエンスに依拠した新しい人文学を推進する。	オープンサイエンスを基盤とした人文学DXの実践の基盤となるだけでなく、人文学内部での垣根を越えた融合研究にも資する真に利用価値のあるデータ利用環境を構築する。	電子化された過去の文化資源へのアクセスを飛躍的に向上させることで、利用しやすく国民の知的好奇心に答えられるアーカイブを整備し、多様で豊かな文化にふれられるよう貢献する。	【実施計画】 R9－R10:基礎設計・データ収集整備 R11－R13:解析技術開発、データ解析 R14－R16:データ連携、アーカイブ・UI開発 R17－R18:サービスの実装 【所要経費】 総額1,957,600千円 【実施機関と実施体制】 国立国語研究所に設置する「言語アーカイブ解析センター」が中心となり、人間文化研究機構と所属機関、情報・システム研究機構、国立国会図書館等が連携。	⑧
63	どこでもAIメタバースによるSociety 5.0の現出(Emergence of Society 5.0 via Ubiquitous AI Metaverse)	AIとメタバースがあらゆるデバイスに浸透したどこでもAI社会を実現させる。安心安全に子どもや高齢者が見守られ、常時健康管理や生産性向上、視覚・聴覚障害者などが不自由なく暮らせる社会を実現する。	研究計画	どこでもAIメタバースによるSociety 5.0の現出(Emergence of Society 5.0 via Ubiquitous AI Metaverse)	本学術研究は、(1)AI間の協調・対話に関する研究、(2)AIプラットフォームを実現する半導体技術の研究、(3)メタバースを実現するデジタルインフラの構築の三本柱で構成される。	挑戦的で最先端のAI半導体研究が萌芽し、多様な生活環境、産業界、重要インフラなど、あらゆる場面での研究が爆発する。AIネットワークとメタバースが融合し、金融、医療、教育などへの応用研究も広がる。	誰もがユビキタスAIの開発に参入して市場投入できる社会基盤を築き、日本の製造業の発展と経済に大きく寄与する。安全安心に弱者を見守り、健康管理や生産性向上、視聴覚障害者などが不自由のない社会を実現する。	【実施計画】 R8－R11:基礎応用研究とプロトタイプ開発 R12－R14:実社会への大量導入と標準化 R15－R17:産業化で誘発される新研究 【所要経費】 総額700億円 【実施機関と実施体制】 東京大学・情報理工学系研究科が中心的機関としてリードする。学内の多数の関連部署、日本の大学、国研、企業との連携、さらには国際的な協力体制を活用し、実施体制を確立する。	⑧
64	AI/人間共存社会における新しいコミュニケーションパラダイムの実現(Realization of a new communication paradigm for Human-AI organic society)	AIが普及し、膨大に存在する社会において、個々の社会システムの運用を安全に行いつつ、人間社会をより高いレベルで支えるAI/人間共存社会を実現する新しいコミュニケーションパラダイムの技術確立を提案する。	研究計画	AI/人間共存社会における新しいコミュニケーションパラダイムの実現(Realization of a new communication paradigm for Human-AI organic society)	通信保障、セキュリティ、AIの相互交渉、倫理・法制度などのレイヤーで構成される新しいコミュニケーションスタックの設計と各技術の研究を行う。並行して、社会合意・社会受容性の醸成や国際標準化の検討も行う。	AI間の連携こそが有益なケースは多いが、現状のAI間自動交渉による協調・連携技術は、本構想で掲げる超スマート社会の実現レベルには、原理・基盤・制度の全ての点で達しておらず、学術的にも挑戦的な取り組みである。	調整が効率的になされる経済パラダイムを実現することで、より高度なレベルでの超スマート社会を実現し、AI化による産業競争力の優位性の源泉となる。	【実施計画】 R6－R9:技術確立 R7－R10:実証実験、制度設計と社会受容醸成 R9－R10:社会実装と実運用 R11以降:国内外へ展開 【所要経費】 総額20億円 【実施機関と実施体制】 電子情報通信学会を中心とし、これらの技術を使う立場にある様々な分野の学会とも連携する。	⑧
65	Society 5.0において国民の安全・安心を確保しイノベーション・価値創造を加速するソフトウェアエコシステムの革新的基盤技術(Fundamental and Innovative Technologies of Software Ecosystem towards Society 5.0)	ソフトウェアとその社会的総体であるエコシステムを主要な媒体として、国民の安全・安心を確保しイノベーション・価値創造を加速するプラットフォームを実現する。	研究計画	Society 5.0において国民の安全・安心を確保しイノベーション・価値創造を加速するソフトウェアエコシステムの革新的基盤技術(Fundamental and Innovative Technologies of Software Ecosystem towards Society 5.0)	学術振興ビジョン実現に向けた学術研究を、「アート思考・デザイン思考」、「質の高い失敗からの学びと創意工夫」、および、「Human in the Loop」という3つの視点で推進する。	Human in the Loopの下、アート思考・デザイン思考は、多様な知識をソフトウェアエコシステムとして具体化し、質の高い失敗からの学びと創意工夫は、ものづくりと学びの一体化を加速する。	グローバル性の高いソフトウェア開発・エコシステム構築において、失敗から学ぶというアプローチは、リスク低減と価値創造に資する経験・知見の国際的な共有を強力に推進する新たな明確な道筋を示す。	【実施計画】 R8－R10:基礎技術の開発、PoC R11－R13:展開技術の開発、PoV R14－R17:社会実装、PoB 【所要経費】 総額70.55億円 【実施機関と実施体制】 奈良先端科学技術大学院大学(中核機関)、工学院大学、和歌山大学、大阪工業大学、公立はこだて未来大学、神戸大学、近畿大学、岡山大学、大阪大学	⑨

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
66	人・社会の不確かさ・複雑さを含めた拡張デジタルツイン構築と計算情報科学基盤創成 (Creation of Computational Information Science Foundation for Extended Digital Twins with Uncertainty and Complexity of Human/Society Modeling)	人・社会とシステム・サービスの不確かさ・複雑さを含めた拡張デジタルツイン構築のために、計算力学と機械学習・生成AIの融合、知の抽出とAIによる代替可能性、認知科学等を含めた文理融合研究を進める。	研究計画	人・社会の不確かさ・複雑さを含めた拡張デジタルツイン構築と計算情報科学基盤創成 (Creation of Computational Information Science Foundation for Extended Digital Twins with Uncertainty and Complexity of Human/Society Modeling)	計算力学・機械学習と生成AIの融合、知の抽出とAIによる代替、人の感情や限合理性に関する認知科学、ネットワーク科学、エージェント技術によるシステム・サービスの社会的価値評価を含めた研究を進める。	暗黙知・経験知・科学知の知識グラフによる構造化、人の感情や限定合理性に個々人の個性差等を含めた認知科学的アプローチ、ネットワーク科学を用いたシステム・サービスの社会的価値評価は新しい取組である。	システム・サービスの社会的価値に関する科学的評価は経済的・産業的価値を生む。日本の製造業がモノ売りからコト売りとして提供すべきスマート・サービスの設計・開発が可能となり、世界における地位が向上する。	【実施計画】 R7－R8: 社会的情報基盤整備 R9－R12: 基盤確立と仮想的社会実装 【所要経費】 総額43億円 【実施機関と実施体制】 中核拠点を東京大学大学院工学系研究科とし、人工物工学研究センター、人文社会学研究科、経済学研究科等及び、ダイキン、日立等の企業技術者らと連携する。	⑨
67	フィジカル空間とサイバー空間を融合した“未来を見る望遠鏡”(“Future-Telescope” Interlocking Physical-Space and Cyber-Space)	地球温暖化で高まる未来への不安に対し、科学に基づく将来像の提示が求められている。MMI計算処理法とXRを融合した未来を見る望遠鏡で物理法則に基づき未来現象を可視化し、科学への信頼回復を目指す。	研究計画	フィジカル空間とサイバー空間を融合した“未来を見る望遠鏡”(“Future-Telescope” Interlocking Physical-Space and Cyber-Space)	自然の突発現象(含自然災害)を科学的に忠実に解明する計算処理法を確立し、それを実装する最適シミュレータと現象を忠実に表現するサイバー空間を備えた未来を見る望遠鏡を構築し、学術・社会に新風を吹かせる。	自然現象解明のための物理法則に忠実なマクロ・ミクロ連結階層 (MMI) 手法の確立は、未踏の遠非平衡科学の開拓に繋がる。この開拓は、従来の要素還元から未来に展開する新しい科学の地平を拓く。	自然現象(オーロラや太陽フレア等)や自然災害(地震や地磁気逆転等)の振る舞いを人が直接肌で感じ取ることができるサイバー空間を備えた未来を見る望遠鏡館の存在は科学への信頼とリテラシーに大きく貢献する。	【実施計画】 R8－R10: MMIの高度化・汎用化、アーキテクチャ検討、XR連携 R11－R13: 未来を見る望遠鏡の構築 R14－R17: 非平衡現象の解明、未来を見る望遠鏡館構築 【所要経費】 総額379.1億円 【実施機関と実施体制】 日本シミュレーション学会及び核融合科学研究所	⑨
68	地球型惑星のデジタルツイン (Digital twins of terrestrial planets)	地球の精緻なデジタルツインを構築し、古気候、将来予測、異常天候研究を行うとともに、防災・減災等に役立つ情報を生成する。地球から金星や火星のデジタルツインに発展させ、惑星間を比較して統一的理解を目指す。	研究計画	大気水圏科学データの蓄積・解析基盤形成 (Atmospheric and Hydrospheric Science Archive Platform (AHSAP))	地球デジタルツインの検証に有用な気象庁データを長期保管する「大気水圏科学データの蓄積・解析基盤」(AHSAP)を整備する。気象学・地球惑星科学だけでなく学際研究を行い、教育、防災・減災に役立つ情報を生成する。	数値予報実験やデータ同化実験により温帯低気圧や熱帯低気圧の再現性や予測可能性、誤差成長のメカニズムや、ビッグデータを有効に利用するためのデータ同化及び機械学習の研究を行い、予測可能性の限界に挑戦する。	数値天気予報データを地学の教職課程、防災リテラシーの向上、地球惑星科学やデータ科学の人材育成、経済的・産業的価値の創出に活用し、食糧の安定供給、カーボンニュートラル、持続可能な成長、SDGsに貢献する。	【実施計画】 R9-R10: 準備・開発期間 R11-R13: 重要課題研究期間 R14-R18: 挑戦的課題研究期間 【所要経費】 総額650億円 【実施機関と実施体制】 主管機関: 京大防災研。協力機関: JAMSTEC、JAXA EORC、NICT、筑波大、東京大学AORI、京大RISH、福岡大、名大ISEE、琉大	⑨, ⑫
69	データ駆動型社会に向けた力学基盤の強化による社会的・産業的課題解決への貢献 (Contribution to solving social and industrial problems by strengthening the foundation of mechanics for a data-driven society)	動的現象をサイバー空間上に再現するデジタルツインにおいて、力学は極めて重要な役割を果たす。本提案では力学を基盤としたコア学術の発展を促進し、社会的・産業的に重要な課題を解決する研究開発環境を強化する。	研究計画	データ駆動型社会に向けた力学基盤の強化による社会的・産業的課題解決への貢献 (Contribution to solving social and industrial problems by strengthening the foundation of mechanics for a data-driven society)	サイバー空間上の国際研究所VICMechの創設し、防災・自然災害・気象、カーボンニュートラル社会の実現、超高齢化社会への対応を主テーマとする。実世界では、国内に2拠点、海外に6拠点を設置する。	領域を横断した学術の相乗効果を追求して行く必要があり、応用領域が明確に共有された中で実システムの制御・設計に向けた学術の発展が必要となる。その過程で新たな学術領域が創成されていく。	データ駆動型の情報科学と力学を融合させた新たな研究アプローチや、現実空間をサイバー空間上に再現するデジタルツインの構築は、学術界のみならず製造業をはじめとした産業界においても大きな革新をもたらす。	【実施計画】 R9－R11: 拠点・ネットワークの構築 R12－R16: 拠点・ネットワークの拡充 R17－R18: 拠点・ネットワークの完成(年会、サマースクール、テーマ別WS開催) 【所要経費】 総額80億円 【実施機関と実施体制】 国内2拠点(東日本と西日本に1つずつ)。海外サテライト6拠点(米2拠点、アジア2拠点、欧州2拠点)設立。ポスドク・大学院生50名が各拠点を移動しつつ研究推進する体制を構築。	⑨
70	未来エネルギー技術予測とそれに基づいたメタバース及び実空間での未来エネルギーモデル都市構築 (Future City Modeling in Metaverse/Real Space based on Energy Technology Forecast)	本構想はカーボンニュートラル(CN)成熟期(例えば2070～2100年迄に実現)への視野拡大によって、未来エネルギー技術を予測し、メタバースの活用によりそれらを実装した有望な未来エネルギー社会像を示す	研究計画	未来エネルギー技術予測とそれに基づいたメタバース及び実空間での未来エネルギーモデル都市構築 (Future City Modeling in Metaverse/Real Space based on Energy Technology Forecast)	CN成熟期に向けた未来エネルギー都市の予測・設計・構築には多分野の総合知結集が不可欠であり、それ自体がイノベーションを次々に創出するプラットフォームとなり得る。	未来革新技術を予測し、それらをメタバースも活用して高度に繋いだモデル都市を創造し、あるべき脱炭素社会を探索する本構想は、近未来に必要なとされる新しい学術基盤を創成するものである。	本構想によりCN初期およびCN成熟期を科学的に描画することで、日本のCN初期からCN成熟期へのwell-being向上を伴う移行を最短で実現することに貢献できる。	【実施計画】 R6－R10: 未来革新技術の予測 R11－R13: 予測精度の向上と未来革新技術データを組み込んだメタバースの構築 R14以降: CN初期の実モデル都市を脱炭素化された実都市として設計・提案し、民間資金も活用した事業プロジェクトを立ち上げる。革新技術の実証研究とそこに住む人々の意識やwell-beingの評価 【所要経費】 総額54,644百万円 【実施機関と実施体制】 九州大学エネルギー研究教育機構が中核となり、全学的な取り組みとして他大学や他機関とも連携して実施	⑨

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
71	統合的リスク情報システム 科学の確立と社会実装を加速するネットワーク型研究 (Establishing the Integrated Risk Information System Science with the Research Network of Excellence for its Foundation of Social Implementation)	リスク科学は個別領域の専門知はあるが統合的な融合知は未形成である。本申請は個別分野で発達したリスク科学を元に、融合知による新学術領域を形成し、リスクに対する合理的な意思決定の画期的な方法論を確立する。	研究計画	統合的リスク情報システム科学の確立と社会実装を加速するネットワーク型研究 (Establishing the Integrated Risk Information System Science with the Research Network of Excellence for its Foundation of Social Implementation)	個別分野の知から構築された融合知を各リスク分野へ展開し、分野を跨るリスク対応方法を検討する実装拠点を構築する。専門家育成と啓発を目指す教育エコシステムを開発し、教育研究拠点ネットワークを形成する。	個別リスク科学領域の多様性を記述する方法が確立し、その成果の体系化について理解がすすみ、複数領域を横断する複合リスクや分野を跨ぐ連鎖リスクへの対応も可能となる。横断的専門教育カリキュラムも完成する。	俯瞰的リスク科学形成は、安全・安心の期待に沿う。学術ネットワークの常設は、機動的な対応が可能となる。専門知に基づく演繹的方法とデータに基づく帰納的方法との架橋は学術的インフラとなる。	【実施計画】 R8－R9: 中核拠点、実施拠点配置 R8－R14: 定常研究運営 R10、R12、R14: 国際報告、外部評価 【所要経費】 総額33.3億円 【実施機関と実施体制】 中核拠点: 統計数理研究所 教育拠点: 筑波大学 研究拠点: 東京大学、島根大学、統数研、筑波大学 実装拠点: 統数研、電気通信大学、一橋大学、ヘルスデータサイエンティスト協会、自殺総合対策学会	⑨
72	人-AI共創メタバース (Human-AI Collaborative Metaverse)	脳内世界モデルをAIが外在化する「人-AI共創メタバース」を構築し、脳活動・感情推定・BCIにより非言語的な共感や共同創造を可能にする。人とAIが協働する知的活動の場を実現する。	研究計画	人-AI共創メタバースプロジェクト (Human-AI Collaborative Metaverse Project)	脳内世界モデルを生成AIで外在化し、現実と仮想を統合する知的基盤を構築する。主要課題は解析、生成VR、BCI等。	脳内世界モデル解読と生成AIを統合し、生成VRと非言語IFを実現することで脳科学・AI・VR・HIを前進させる。	身体的制約や言語の壁を超える共創環境を提供し、教育・医療・芸術・産業で社会参加と遠隔協働を拡大する。	【実施計画】 R8－R9: 準備 R9－R12: 基礎研究 R12－R15: 統合・実証 【所要経費】 総額約350億円(10年間) 【実施機関と実施体制】 日本VR学会に研究センターを設立。脳科学・AI・VR・人文社会科学の研究者が参画	⑨
73	総合知をデジタルスレッドでつなぐ持続可能な次世代海上輸送ネットワークの構築 (Building the Sustainable Maritime Transportation Network by Connecting Holistic Knowledge with Digital Threads)	日本の海運・造船の実践知と生成AI・デジタルスレッドを統合し、経済合理性と環境持続性を両立する持続可能な海上物流を探究し、世界の海洋利用と文化に貢献する。	研究計画	生成AIとデジタルスレッドで繋ぐ海上輸送システムのプロダクトライフサイクルに関する総合知の構築 (Building Holistic Knowledge on the Product Lifecycle of Maritime Transportation Systems through Generative AI and Digital Threads)	デジタルスレッドと生成AIで船舶ライフサイクルのデータを統合し、脱炭素化と経済合理性を両立する海上輸送ネットワーク最適化のオープン研究基盤を構築する。	複雑システムの設計論、暗黙知の形式知化、AI時代のライフサイクル・システムズエンジニアリング方法論の三課題に挑戦し、情報・認知・社会科学を融合した新学理を創出する。	脱炭素化と持続可能な海上物流の実現により、経済安全保障・SDGs・国際平和に貢献し、日本の造船・海事産業の生産性と国際競争力を強化する。	【実施計画】 R7－R9: 基盤構築(デジタルスレッド試作・コンソーシアム発足・生成AIシステム試作) R10－R13: 技術開発 (AI統合・実験基盤完成・代替燃料船等の設計・運航実証・社会経済モデル構築) R14－R16: 統合・実証(産業実装・標準化・エコシステム自走化・政策提言) 【所要経費】 総額230億円 【実施機関と実施体制】 大阪大学工学研究科を中核推進機関として、全国の大学・海上技術安全研究所・造船産業界が連携するオールジャパン体制で推進する。	⑨
74	高度情報処理基盤構築のための光・量子非ノイマン型計算機を用いたアナログツインコンピューティング技術の創出 (Development of Analog Twin Computing Technology Using Photonic and Quantum Non-Von Neumann Computers for Building Advanced Information Processing Infrastructure)	光・量子技術を活用した「アナログツインコンピューティング」を開拓し、分子構造探索や時系列予測、信号処理などを光学的に実現することで、超高速かつ低消費電力な革新的計算技術の確立を目指す。	研究計画	高度情報処理基盤構築のための光・量子非ノイマン型計算機を用いたアナログツインコンピューティング技術の創出 (Development of Analog Twin Computing Technology Using Photonic and Quantum Non-Von Neumann Computers for Building Advanced Information Processing Infrastructure)	光・量子技術を基盤とした非ノイマン型計算機の新しい枠組みを創出することを目指す。特に、物理系が本来持つ特長を最大限に活かし、デバイスレベルから計算方式を再構築する。	従来の物理コンピューティングは、デジタル計算の弱点を担うアクセラレータとしての位置づけにとどまっている。本研究では物理系本来の振る舞いをそのまま計算資源として生かすアプローチを提案する。	光・量子技術を用いた非ノイマン型計算により、創薬・材料開発の高速化、気象・環境データのリアルタイム低消費電力処理、超高速省電力ICT基盤を実現し、産業競争力を強化する。	【実施計画】 R8－R10: 材料・デバイスの検討及び設計 R11－R13: アナログツインコンピューティングシステムの構築 R14－R15: プロトタイプシステムの実証および実用化に向けた取り組み R16－R17: アナログ計算アーキテクチャの構築と標準化への取り組み 【所要経費】 総額25億円 【実施期間と実施体制】 東北大学電気通信研究所の光・量子デバイス研究者が中心となり、学内関連部局とともに実施する。	⑨
75	宇宙・地球研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築 (Building of archive and curating system for astrogeoscience material)	高い国際研究競争力を維持するため、国内外で採取された貴重な資料を統一データベースで管理し、国内外の研究者に提供する体制を整備し、各世代での学際融合研究のみならず、世代を跨いだ研究協力体制を構築する。	施設計画	宇宙・地球研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築 (Building of archive and curating system for astrogeoscience material)	宇宙・地球研究資料のデジタル化、オープンアクセス化、アーカイブ化とそれらを網羅する統合データベースの構築を行い、それらの保管・提供を統括する『宇宙・地球研究資料アーカイブセンター』の新設を提案する。	短期的には日本の地球科学において国際競争力のある岩石・化石試料を基盤とした研究分野を支え、長期的には未来の研究者との共同研究として研究技術が高度に発達した30年後を見据えた科学の発展に寄与する。	古地形、地盤データ、資源資料及び研究資料の博物館、初等教育機関、国際機関及びマスメディアへの貸出の一括管理は日本の産業、国土開発、資源探査、領土確保、生涯学習及び初等教育にも貢献することが期待される。	【実施計画】 R9－R10: 施設建設・統合データベース構築 R9－: 資料のデジタル・オープンアクセス・アーカイブ化 R11－: 本格運用 【所要経費】 総額245億円 【実施機関と実施体制】 地球惑星科学系の7学会(日本地質学会等)、4博物館(国立科学博物館、ふじのくに地球環境史ミュージアム等)および5研究機関からなる宇宙・地球研究資料コンソーシアムが実施する。	⑩

No.	「学術の中長期研究戦略」の名称	学術振興の「ビジョン」の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
76	公共学術史の確立と、そのための装置整備 (Establishment of Public Science History and Preparation of the Infrastructure)	国立学術アーカイブズの構築によって学術史をいっそう社会に定着させ、非専門家も議論に加われるしくみを確立して研究プロセスの再検討をおこない、あらたな発見をうながし、研究分野間の対話をも加速させる。	施設計画	国立学術アーカイブズの構築(Building National Scientific Archives)	すぐれた業績を残した研究者のフィールドノートや実験ノート、写真、ビデオなどを今後30年間にわたって収集し、整理したうえで保存するとともに、閲覧その他の活用に供する国立学術アーカイブズを設立する。	研究資料の整理の円滑化と詳細なアノテーション付与を可能にする。また、学術的知見のアウトリーチと学術活動プロセスを見なおす機会を増やし、学術的な着想を効率的に共有できるようにする。	学術のプロセスを透明化し、非専門家でも過去の岐路にまで立ちかえってオルタナティブな学術発展を構想できるようになる。そして、学術の見通しを制度的に多様化させ、成果を社会的に受容しやすくしていく。	【実施計画】 R6－R8:建設期間:人選と体制づくりを含む R9－R15:部分運用:研究部37名、事務部38名 R16以降:本格運用:研究部91名、事務部95名 【所要経費】 総額705億円 【実施機関と実施体制】 研究スタッフ37名(フィールドサイエンス系22名、その他15名) 事務スタッフ38名(保存系5名、運営系5名、研究協力系6名、広報企画系6名、情報発信系6名、財務系4名、デジタル機器系6名)	⑩
77	異分野・社会との連携のための共通言語「データサイエンス」の学際的な研究・教育拠点の形成 (Establishment of research and education hub of data science for collaboration)	データサイエンスの人材育成を加速させ、その統計数理基盤を担うべく、次の2つを促進する。(1)学際的な研究・教育拠点の形成とシンクタンクの構成、(2)科学行政官、チーフ・サイエンス・オフィサーの育成。	研究計画	異分野・社会との連携のための共通言語「データサイエンス」の学際的な研究・教育拠点の形成 (Establishment of research and education hub of data science for collaboration)	データサイエンスの学際的な研究・教育拠点を形成する。データサイエンスに目が効き、イノベーションを俯瞰して未来への展望を構想できる科学行政官、及び民間のチーフ・サイエンス・オフィサーを養成する。	データ革命の中で統計科学とその基礎である数理統計学の重要性が増している。統計科学はビッグデータの分析の信頼性を確保するために不可欠であり、分野融合的な研究体制を構築し研究を推進する必要がある。	本構想では以下の2つを主要な柱とする。 1. データサイエンスの学際的な研究・教育拠点の拡大・整備 2. データサイエンスの科学行政官及びチーフ・サイエンス・オフィサーの養成	【実施計画】 R9－R11:大学間組織構築 R12－R14:大学院整備 R15－R19:社会還元 R16－R19:実務界との共同研究体制構築 【所要経費】 総額34億円 【実施機関と実施体制】 統計エキスパート人材育成コンソーシアムの加盟機関を実施機関とする。隣接分野、実務界との研究協力体制の構築、人材交流により、研究・教育・開発・試行を一貫して行える体制を作る。	⑩, ⑪
78	データ駆動による課題解決型人文学の創成(Model Building in the Humanities through Data-Driven Problem Solving)	デジタル化の急速な進展に伴い、膨大なデータが文献情報資源として蓄積されつつある。新たなデータ駆動型研究を創成することによって、先人たちの英知を〈総合知〉として現代社会に生かすことが可能になる。	研究計画	データ駆動による課題解決型人文学の創成(Model Building in the Humanities through Data-Driven Problem Solving)	人文学分野の研究をデータ駆動型に再構築し、持続可能な社会を実現するためのデータインフラストラクチャーを人文学分野に築き、その利活用を通して他分野と協働し得る課題解決型の人文学を創成する。	画像データの機械可読化と検索の高度化に基づく古典籍ビックデータを用いたデータ駆動型の人文学研究の創成は、世界的に先駆けて人文学研究の Paradigm Shiftを行うものとして大きな意義を有している。	思想と感情の歴史のみならず、災害史などの様々な分野に関わる事柄が記録されている古典籍の画像データを機械可読化し公開することによって、多くの分野や様々な位相の人々の利活用が可能になる。	【実施計画】 R6－R15:研究基盤データベースのデータ拡充・高度化、異分野融合によるデータ駆動型研究の推進 【所要経費】 総額54億円 【実施機関と実施体制】 国文研を実施主体とし、学術協定書及び覚書を交わしている諸機関等とともに遂行する。このほか協定によらない形でも地域や民間企業等の多様なステークホルダーと共同で研究、事業等を展開する。	⑩
79	参加型人文学資料保全研究プロジェクト(Preservation and research projects on Japanese classics & archives with citizens)	歴史の根源を担う資源の保全は喫緊の課題である。高齢世代の生きがいをこうした地域資料の保持に向け、他分野の研究者と共に、内容面だけではなくモノとして残された情報に光をあて、新たな研究領域の開拓に繋げる。	施設計画	国文学研究資料館古典資料学際共創プロジェクトセンター(仮称)設置計画 (Establishment of Center for Transdisciplinary Knowledge with Japanese Classics)	自然科学分野と人文・社会科学分野との学際的連携と、アカデミア以外の多様な関係者との共創を目指す研究・研修拠点を設置し、市民に直結しやすいという人文学分野の特徴を活用し、それらとの「協働」を目指す。	知の生産形態を、従来の「ディシプリン型」から「トランスディシプリン型」へと変え、新たな知を創造し、他分野、海外の研究者、市民との交流の中で、その独創的な探求力により、社会的課題解決などに取り組む。	本計画は、高齢者を含んだ多くの市民参加型の事業となり得るものであり、現場と情報技術やAI等を駆使した遠隔地相互での取組として実施することで、地域連携プラットフォーム構築の支援に通じるものとなる。	【実施計画】 第1年次:準備室設置、建物設計等 第2年次:建設開始、設備搬入等 第3年次以降:センター発足、共同研究開始等 【所要経費】 総額55.3億円 【実施機関と実施体制】 国文研を実施主体とし、人間文化研究機構の支援をあおぎ、国文研が学術協定書及び覚書を交わしてきた諸機関とともに遂行する。	⑩
80	証拠に基づく政策形成研究を加速するわが国公的マイクロデータ等研究利活用の全国ネットワーク環境整備 (Research Environment for Evidence-Based Policy Making by Official Microdata)	政府・自治体が収集あるいは公費で取得された調査票情報をデータ分析可能とする研究環境を全国研究機関に設置する。研究者と自治体等がこの環境を活用することで、政策形成研究が加速し社会課題解決も加速する。	研究計画	証拠に基づく政策形成研究を加速するわが国公的マイクロデータ等研究利活用の全国ネットワーク環境整備(Research Environment for Evidence-Based Policy Making by Official Microdata)	国などが保有する公的マイクロデータを実証研究に継続活用できるネットワークを全国規模で構築し、マイクロデータ分析を、全国大学が政府・自治体と連携し計画的に行うことで事実に基づく政策形成・発展に貢献する。	わが国研究者の実証研究力量の向上が図られるとともに、国際研究競争力の確保、国民生活の向上及び社会経済の発展に資する政策科学研究の促進、エビデンスに基づく科学的な施策の立案・評価の推進が可能となる。	「事実に基づく政策形成」の質・量の向上に大きく寄与することで、社会・経済の運営における公平性・効率性の確保を通じて、国民生活の向上に寄与する。	【実施計画】 R9－R11:制度再設計とシステム拡充 R9－R18:拠点展開と中央拠点強化 R9－R18:利活用研究と技術開発研究推進 【所要経費】 総額36.4億円 【実施機関と実施体制】 情報・システム研究機構が事務局を担い、大学・行政23機関、公的マイクロデータ管理者・研究者など109名が参加する「公的統計マイクロデータ研究コンソーシアム」が事業をマネジメントする。	⑩, ⑪

No.	「学術の中長期研究戦略」の名称	学術振興の「ビジョン」の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
81	空間データの利活用を通じた地域の課題解決に関する政策支援システムの構築 (Establishing a Policy Support System for Regional Problems Using Spatial Data)	地域に関する文系と理系の知識を融合し、ビッグデータを活用したGISによる新たな知見を加えることにより、地域政策の効果検証の水準を上げ、地域の将来予測を総合的に行うことで、新たな学知の創造をめざす。	研究計画	空間データの利活用を通じた地域の課題解決に関する政策支援システムの構築(Establishing a Policy Support System for Regional Problems Using Spatial Data)	本研究戦略は、東京大学・空間情報科学研究センターがこれまで蓄積してきた膨大な空間情報と内外の研究機関とのネットワークを活用し、客観的・的確な検証と提言を行える外部評価システムの形成をめざすものである。	国土・地域関係の大規模データとGISによる地図類は、幅広い分野の研究者に基礎的な素材を提供し、国土・地域政策における効果検証は、地域政策形成の方法論を進展させ、海外の政策への学術的提言に貢献する。	本構想は、自然災害や経済的ショックなどに対しレジリエントな国土空間を維持し、人口減少の下でも活力のある地域社会を創出することをめざすもので、高い社会的価値を有する。	【実施計画】 R8－R10:大規模データベースの構築とGISによる分析 R11－R14: 現地での地域政策の効果検証 R15－R17: 総合的な検証作業 【所要経費】 総額7億円 【実施機関と実施体制】 東京大学空間情報科学研究センターを中心に地域研究のバブを形成し、日本地理学会とともに地域政策の効果検証に関する研究グループを立ち上げ、共同研究を実施。	⑩
82	ビッグデータ可視化を中核とした、情報科学と文化・芸術科学の文理融合 (Integration of Information and Culture/Art Sciences with Big Data Visualization)	研究のDX化にともない、研究データがビッグデータ化している。そこで、情報科学分野で発展したビッグデータ可視化の技術を中核として、文化・芸術科学の研究を支援する汎用ビジュアル分析環境を実現する。	研究計画	ビッグデータ可視化を中核とした、情報科学と文化・芸術科学の文理融合(Integration of Information and Culture/Art Sciences with Big Data Visualization)	(1)超高精細可視化技術、(2)超高精細・高視認性VR技術、(3)AIによる心の可視化技術を開拓し、文化・芸術科学分野のビッグデータの分析と利活用を支援する汎用ビジュアル分析環境を構築する。	本研究戦略が画期的なのは、ビッグデータのビジュアル分析の対象として文化・芸術科学を取り上げる点である。同分野のデータの多様性に対処できる技術の開発は、多彩な分野への波及効果も期待される。	多種・多様・多元的なビッグデータのビジュアル分析の環境を、人々の日々の思考活動に必須の社会インフラとして提供する価値は大きい。これは、SDGsの健康、福祉、教育、住みよい社会の目標にも寄与する。	【実施計画】 R6－R8: 基盤技術開発 R9－R10: プロトタイプ構築 R11－R12: テスト公開 R13－R15: 本格運用 【所要経費】 総額1,000,000千円 【実施機関と実施体制】 統括: 立命館大学・慶應義塾大学・お茶の水女子大学。分担: 東洋大学・亜細亜大学・愛知学院大学・京都精華大学・奈良先端科学技術大学院大学・奈良文化財研究所・東京都市大学・神戸大学	⑩
83	教育・学習ビッグデータ駆動型教育による学習変革(LX: Learning Transformation)の推進拠点の形成(Promoting Learning Transformation through Big Data-driven Education and Learning)	未来社会において教育・学習ビッグデータ駆動型教育によるLX(学習変革)を推進する。教育・学習データの獲得と人工知能を活用した解析により、LX時代に求められる人材育成システムの構築、教育改革を進める。	研究計画	教育・学習ビッグデータ駆動型教育による学習変革(LX: Learning Transformation)の推進拠点の形成(Promoting Learning Transformation through Big Data-driven Education and Learning)	教育・学習ビッグデータを集約する研究・教育拠点を形成し、人工知能を活用した教育・学習ビッグデータの解析に基づく教育・学習の支援に関する研究を行うとともに、LX時代に求められる人材育成システムを構築する。	教育・学習データ分析によるエビデンスに基づく教育・学習支援が可能になり、児童・生徒・学生への個別最適化学習、教員に支援に関する研究を行う自治体、国における教育改革へと展開することが期待できる。	LXの推進によって、不安定、不確実、複雑で予測困難(VUCA)な時代において必要となるコンピテンシーを有した人材育成を行うことで、今後の日本の発展に貢献することができる。	【実施計画】 R8－R9: 教育・学習データの取得・解析方法の検討 R9－R11: 教育・学習モデルの開発・運用 R12－R15: 研究・教育拠点の形成、学習変革(LX)の推進 【所要経費】 総額19.5億円 【実施機関と実施体制】 国内の教育・学習ビッグデータの統括を行う拠点を形成することを目的として、日本教育工学会を中心に関連学会や大学(特に、教育・学習データの分析を行う部署)、企業と連携して推進する。	⑩
84	地理空間情報の蓄積と活用のための研究基盤形成 (Research Infrastructure for Archiving and Utilization of Geospatial Information)	分野を越えた地理空間情報の蓄積と活用を高度な情報技術で推進し、新たな総合知の形成を目指す。膨大かつ多様な地理空間情報を収集・蓄積・公開するための技術的、制度的、倫理的、教育的問題の課題を明らかにする。	研究計画	地理空間情報の蓄積と活用のための研究基盤形成(Research Infrastructure for Archiving and Utilization of Geospatial Information)	近年のGIS・地理情報科学の進展や新たな地理空間情報の出現等の状況を視野に入れ、地理空間情報コンソーシアム(仮)を設立して、膨大かつ多様な地理空間情報を収集・蓄積・公開するための研究基盤を形成する。	情報技術の進展に対応させて、「地域の知」としての地理空間情報を蓄積・分析・公開する。歴史学、言語学等に見られるデジタル人文学の空間論的転回や、地球環境問題等の文理融合的な総合知の形成に貢献する。	地理情報科学はGIS産業という巨大市場を形成している。交通車両の自動運転やメタバース空間等、地理空間情報の重要性や情報基盤が拡大している。地理教育や国や地方自治体での地理空間情報の活用が期待される。	【実施計画】 R6－R10: 第1フェーズ(研究プロジェクトの運用) R11－R15: 第2フェーズ(新たな取り組みや研究プロジェクトの運用) 【所要経費】 総額48億円 【実施機関と実施体制】 東京大学空間情報科学研究センター、京都大学東南アジア地域研究研究所、立命館大学アート・リサーチセンターが幹事となって、地理空間情報コンソーシアム(仮)を設立	⑩
85	ビッグデータから科学的知見を獲得する分野横断的視考基盤の開発 (Development of a cross-disciplinary visual thinking infrastructure for scientific discovery from big data)	ビッグデータから高精度かつ高速度で科学的知見を獲得する、分野横断的な視覚分析の枠組みとして、視考基盤ソフトウェアを開発し、諸科学への応用により学術のなお一層の進展に資する。	研究計画	ビッグデータから科学的知見を獲得する分野横断的視考基盤の開発(Development of a cross-disciplinary visual thinking infrastructure for scientific discovery from big data)	利用者の主体的な可視化に介入に加えて、可視化結果の定量的分析や知見獲得に向け、深層学習を効果的に採り入れた、データ駆動型サイエンスのソフトウェアプラットフォームを提供する。	視考基盤は、視覚分析論の枠組みとして既に普及している可視化発見プロセスに、深層学習層を加えたものである。それにより、専門家と同等以上の効果を生むバイパス処理や出自管理を実現する。	可視化の利用人口は1億人のオーダに達し、その社会的価値は計り知れない。視考基盤ソフトウェアの普及により、可視化を一般人の教養として幅広く定着させ、SDGsの目標「質の高い教育をみんなに」他に資する。	【実施計画】 R9－R10: 共通課題策定 R11－R13: 視考基盤開発 R14－R16: 視考基盤効果検証 R17－R18: 産業誘導と学会組織創設 【所要経費】 総額500,000千円 【実施機関と実施体制】 総合工学委員会・科学的知見の創出に資する可視化分科会とXR ベース協働可視化小委員会により実施する。実施本部は駒澤大学におき、立命館大学も研究開発拠点に加える。	⑩

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
86	データ基盤から知識基盤へ (From Data Platform to Knowledge Infrastructure)	多様な研究者の協働により学術研究が総合知として深化し、複合的な社会課題を解決していくためには、データの解釈、知識の体系化を自動化し、分野を横断する新たな知の創造を支援する知識基盤の構築が必要である。	施設 計画	データ基盤から知識基盤へ (From Data Platform to Knowledge Infrastructure)	深層学習によるAI基盤モデルをベースとする知識基盤を構築する。また知識基盤に大量のデータを提供する次世代研究データ基盤を構築する。さらに非地上系ネットワークを構築する。	多様な分野の論文で学習したAI基盤モデルが分野横断連携を支援する。日本の学術研究の主権、日本文化の地位を守る意味でも、我が国におけるAI基盤モデルの構築・運用体制の確立は重要である。	今後、人間とAIの共存は必須である。本構想による総合知の深化と社会課題解決は国民の幸福に資するだけでなく、AI基盤モデルの開発・運用は経済的・産業的にも直接的な貢献が期待できる。	【実施計画】 R8－R11: 開発、運用開始 R12－R14: 機能充実、性能最適化、高安定化 R15－R17: 高度化 【所要経費】 総額1,400億 【実施機関と実施体制】 NIIを中心に主要大学・研究機関等と協力して進める。大学ICT推進協議会等とも連携しユーザコミュニティの意見やニーズを反映させる。	⑩
87	薬用遺伝資源の持続可能な利用のための情報データの系統的統合・集積と利用 (Systematic integration of data for sustainable utilization of medicinal plants)	生薬・薬用植物の持続可能な利用を目指して、国内の生薬・薬用植物に関する情報データの系統的集積と利用を実現する。	研究 計画	薬用遺伝資源の持続可能な利用のための情報データの系統的統合・集積と利用(Systematic integration of data for sustainable utilization of medicinal plants)	拠点ネットワーク構築し、国内の生薬・薬用植物に関する情報データの系統的集積と利用を実現する。	生薬・薬用植物の情報拠点ネットワークを構築し、国内における生薬・薬用植物の分布、栽培および導入等の情報を系統的に集積・共有することによって、生薬・薬用植物の持続可能な利用のための拠点形成を実現する。	薬用遺伝資源の情報データの系統的統合・集積と利用は、超高齢化社会における健康寿命延長や社会情勢や環境の劇的变化によらない資源確保につながる。	【実施計画】 R8－R11: 拠点ネットワーク構築 R9－R15: 導入栽培記録、ゲノム科学基盤データ、化合物情報および利用実績情報の集積 【所要経費】 90億円 【実施機関と実施体制】 全国の薬学部・薬科大学附属植物園、高知県立牧野植物園、日本植物園協会第四部、千葉大、理研CSRS、かずさDNA研究所、NAIST、医薬基盤研究センター等	⑩、⑬
88	物理ベースサロゲートモデルによる市民参加型EBPMの実現と環境政策革新に向けた中長期研究戦略 (Physics-Based Surrogate Models for Citizen-Driven EBPM and Environmental Policy Innovation)	PINNIに基づくPSMと生成AIを統合し、直感的なWhat-if 分析と自然言語説明により、市民参加型EBPMを実現する。	研究 計画	物理ベースサロゲートモデルによる市民参加型EBPMの実現と環境政策革新に向けた中長期研究戦略 (Physics-Based Surrogate Models for Citizen-Driven EBPM and Environmental Policy Innovation)	PINNIにより物理的妥当性を備えたPSMを構築し、生成AIと統合して市民参加型EBPMを実現する。	PINNIにより物理法則を組み込んだPSMを開発し、生成AIと連携してEBPMを実現し、環境政策の透明性と合意形成を向上させる。	PSMと生成AIにより市民参加型EBPMを実現し、政策への信頼向上、学術価値拡張、産業応用、SDGs達成に貢献する。	【実施計画】 R8－R10: 基盤技術整備 R11－R13: 要素技術開発 R14－R15: 国際連携による汎用性確認 R16以降: 事業化と持続的運営 【所要経費】 総額21.55億円 【実施機関と実施体制】 京都大学を中心に国際連携し、三部門体制で基盤開発から社会実装まで推進し、成果共有と多様な参画を促進する。	⑩
89	計算社会科学研究のための大規模データベース・データ解析・シミュレーション 拠点の形成 (Databases, Data Analysis, and Simulations for Computational Social Science)	ビッグデータ、機械学習、シミュレーション等が社会現象に関わる学術研究に円滑に活用され、我が国における計算社会科学研究、さらには文理融合を中心とした異分野融合研究が飛躍的に活性化する研究体制を構築する。	施設 計画	計算社会科学研究のための大規模データベース・データ解析・シミュレーション拠点の形成 (Databases, Data Analysis, and Simulations for Computational Social Science)	研究者からの要望により、必要に応じて新たにデータを収集し、研究者が活用しやすい形でデータを整備・提供する。研究者からの要望に応じて、データ解析技術とシミュレーション・システムの共同利用環境を提供する。	社会科学分野はこれまでデータドリブンではないアプローチが主流であったため、本高層によりデータドリブンの研究が盛んに行われることで、社会科学全般に対して大きな波及効果が生み出されることが期待できる。	計算社会科学においては人種、差別、犯罪等に関する研究も盛んに行われているため、我が国において解決不可能と思われる様々な社会問題に対しても、新たな視点から解決策が提示される可能性がある。	【実施計画】 R9－R17: 設備・人的体制の構築・整備 R11－R19: 要望の公募 R11－R16: 部分運用 R17－R18: 本格運用 【所要経費】 総額2,259,000千円 【実施機関と実施体制】 関連機関と連携し、神戸大学計算社会科学研究センターを実施中心機関とする。女性・外国人を含む12名の若手研究者を新規雇用し、ダイバーシティーを重視した若手人材育成をより積極的に行う。	⑩
90	スピントロニクス・量子情報学術研究基盤と連携ネットワーク (Research Network for Spintronics and Quantum Information Science & Technology)	今後10年で培われるスピントロニクスの学理と要素技術を、今後20～30年でより進化させ互いに融合し、さらに高度な学術と技術、デバイスを創製する。社会基盤技術に革新的な変革をもたらす。	研究 計画	スピントロニクス・量子情報学術研究基盤と連携ネットワーク (Research Network for Spintronics and Quantum Information Science & Technology)	スピントロニクスは電荷とスピンを用いた将来の量子情報エレクトロニクスの中核となる分野である。多数の卓越した国内研究機関を連携ネットワークで結び国際共同研究拠点として整備し、イノベーションを引き起こす。	スピントロニクスは、物理学、化学、材料科学、電子工学、磁気工学、情報工学およびそれらを融合する学際領域で世界的に大きな潮流となっている。将来の革新的情報技術の構築への大きな貢献が期待できる。	本構想は日本の学術と基礎科学分野を広い範囲で強化し、エレクトロニクスや情報技術関連の産業の発展に大きく貢献する。日本における種々の中核産業の活性化をもたらし、Society 5.0の実現に貢献する。	【実施計画】 R7－R9: 基盤強化と融合領域の開拓 R10－R14: 学理の確立と産業展開への橋渡し R15－R17: 社会実装と国際発信 【所要経費】 総額60億円 【実施機関と実施体制】 実施機関: 東大 実施体制: 北大、東北大、筑波大、東大、早稲田大、東京農工大、科学大、慶應大、名古屋大、京大、阪大、広大、九大、産総研、物材機構、理研、民間企業数社と共同で実施。	⑪

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
91	数学・数理科学を横串とした総合知学術研究拠点 (Research Center for integrated knowledge on the basis of mathematics)	人類社会が直面する課題解決に向けたビジョンとして、学術研究に立ち返り、数学・数理科学を横串とした文理融合の総合知研究を進めるための新しい学術研究拠点の確立する。	研究計画	数理科学を横串とした総合知学術研究の展開 (Development of integrated knowledge research on the basis of mathematics)	理学・工学・医学・社会学・経済学・心理学の研究者を有機的に結びつける数学・数理科学を軸とした、横断型研究組織「数理総合知学術研究センター」を設立する。	総合知学術研究は、専門性の高い既存学術分野間の垣根を真に越え、これまでの学術分野の連携だけでは解決することができないと考えられる課題に挑戦することを可能とする新しい研究手法を与えることである。	総合知の頭脳循環が起こり、次々と社会貢献・社会実装を可能とする数学を基盤とした学術研究が創出されることが期待され、その波及効果によってこれまで解決困難であった社会問題、環境問題の解決が見込まれる。	【実施計画】 R8－R9: 数理総合知研究推進事業の先行実施による部分運用 R10－R17: 数理総合知連携強化事業、合知人材育成事業を込めた本格運用 【所要経費】 総額1,000,800,000円 【実施機関と実施体制】 北海道大学、電子科学研究所附属社会創造数学研究センター、理学研究院数学部門所属が中心になって実施する。	⑪
92	革新的アルゴリズムおよび最適化基盤 ―社会実装体制の構築―(Innovative Algorithms, Foundation of Optimization, and its social implementation)	アルゴリズム、最適化分野で世界を先導し、次世代の科学技術における革新を先導するような概念や手法を開拓していくことが、わが国の国家戦略として必須である。本研究計画は、この役割をはたす国際的拠点を目指す。	研究計画	革新的アルゴリズムおよび最適化基盤 ―社会実装体制の構築―(Innovative Algorithms, Foundation of Optimization, and its social implementation)	本提案では、現代の人間社会を動かしているアルゴリズムの急速な発展を、広く自由に利用できる学術体系として公開し、科学のすべての分野に影響を持つ学術コアとして発展させることを目標とする。	現代の人間社会を動かしているアルゴリズム、すなわち論理的手続き処理における近年の急速な発展を、広く利用できる学術体系として公開し、科学のすべての分野に影響を持つ学術コアとして発展させることにある。	我が国が将来的に発展していくためには、巨大IT企業の理論研究者のような人材を育てなければならない。本提案を遂行することにより、巨大IT企業の理論研究者のような人材を輩出する研究組織の立ち上げが可能である。	【実施計画】 R5－R9: 基礎研究とフィージビリティスタディを中心とする期間 R10－R14: 基礎研究から応用研究へと発展する期間 【所要経費】 総額47億円 【実施機関と実施体制】 データセンタでもある国立情報学研究所(NII)を中核的な共同研究拠点とし、東工大、京都大学、東京大学をサテライトとする。	⑪
93	量子情報科学(Quantum Information Science)	量子情報科学が持つ極めて高い普遍性から派生する多種多様な知を学術的な立場から体系化し、体系化された多様な知を元に新しい価値と技術イノベーションを創出し、量子情報科学を中心とした「知の循環」を生み出す。	研究計画	量子情報科学(Quantum Information Science)	国内の「量子情報科学」の研究機関の学術研究の連携体制を構築し、国際的な連携強化に繋げ、量子情報科学の学術フロンティアを開拓し、多様な量子人材育成を行う。	アカデミアを中心とした「好奇心駆動型の量子情報科学」と社会実装を目指す「使命達成型の量子情報科学」が両輪となった研究活動を進めることで、多種多様な革新的ブレークスルーへと繋がる。	「量子情報科学」は情報時代の多様な課題を解決し、その進展を飛躍させるものであり、大きな社会的価値がある。産業競争力の強化、カーボンニュートラルの実現、安全とセキュリティの確保など影響は計り知れない。	【実施計画】 R9－R11: 連携組織整備 R11－R16: 連携組織強化・学術基盤を確立 R17－R18: 国内外連携の強化 【所要経費】 総額486億円 【実施機関と実施体制】 連携中核機関: 大阪大学QIQB・理研RQC、QIH参画国立研究所: 5機関、大学設置センター: 8機関、大学: 28校など	⑪
94	世界を牽引する数学・数理科学の深化・創造と新たな科学技術イノベーションへの展開(Deepening and creation of mathematical sciences at the leading level of the world and its development to new technology innovation)	数学・数理科学の学問としての深化と創造を推進し、国際競争力を強化する。数学・数理科学の研究に邁進できる環境を整え、高度な数学の成果を他分野融合により科学技術イノベーションや社会の発展につなげる。	研究計画	世界を牽引する数学・数理科学の深化・創造と新たな科学技術イノベーションへの展開(Deepening and creation of mathematical sciences at the leading level of the world and its development to new technology innovation)	全国に分布する研究者の裾野の広がりを維持し活力を保ち若手を育成する「数学・数理科学公募プロジェクト研究」を整備し、数学・数理科学の国際研究拠点における国際共同研究事業の拡充を提案する。	複雑でダイナミックな現象から本質を見抜く抽象的思考を柔軟に行う研究者を育成し数学・数理科学の深化・発展に寄与すると共に、諸科学・産業との協働による研究活動を拡大して「知識創造立国」を実現させる。	数学・数理科学が中心となって諸科学・産業との協働によるイノベーションを継続的・組織的に推進する基盤を構築する。知的価値のみならず、経済的、産業的にも価値のある人材育成に貢献することに社会的意義がある。	【実施計画】 R8－R11: 施設選定 R10－R11: 部分運用 R12－R17: 本格運用 【所要経費】 総額72億86百万円 【実施機関】 全国の大学・研究所。京大RIMSと大阪公立大OCAMIが中心。統数研、明大MIMS、九大IMI、日本応用数理学会、統計関連学会連合、北大MSC、東北大CCS、阪大MMDSと連携。	⑪
95	訪問滞在型研究の確立による数理科学の振興と社会共創(Establishing co-creative society through intensive collaboration programs)	学術振興の基盤となる数理科学の発展を促進するために重要な役割を果たす訪問滞在型研究拠点において人文社会科学や産業界との連携に広がる共創体制を構築し、世代を超えた頭脳循環を実現することを目指す。	研究計画	訪問滞在型研究の確立による数理科学の振興と社会共創(Establishing co-creative society through intensive collaboration programs)	知の創出センターのテーマプログラムや学生向けPBL型企業課題解決プログラム、等を通して広く社会の問題に取り組み、数理科学を核とする訪問滞在型研究拠点を整備し、未来の学術の基盤となる構想を提案する。	社会とのインタラクションを駆動力とし、多様な頭脳の相互作用を通して数理科学のフロンティアの拡張と価値創造に挑戦するプラットフォーム組織としての訪問滞在型国際拠点が形成される。	本構想は、数理科学の社会的活用をめぐる様々な不安や懸念に向き合いつつ、産業界とも連携して様々な社会的諸課題の数理的解決を生み出し、それによってWell-beingな社会の実現を目指すものである。	【実施計画】 R8－R9: 各企画の試行期間 R10－R12: 各企画の拡大試行期間 R13－R17: 各企画の本格運用とフォーラム全体会議開催 【所要経費】 総額2,490,000千円 【実施機関と実施体制】 本ビジョンは東北大学において訪問滞在型研究の運営経験を蓄積してきている知の創出センターと、数学関係部局の連携によって設置されている数理科学共創社会センターが中核となって実施する。	⑪

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
96	光行列演算装置の開発 (Development of optical matrix processing unit)	省電力・省スペース・光速 で動作する光演算による 行列積演算装置を開発する。 行列積演算はAI、VRから 計算科学まで先端技術で 最も重要な演算であり、学 術的・社会的なインパクト は極めて大きい。	研究 計画	光行列演算装置の開発 (Development of optical matrix processing unit)	省エネルギー/スペース、 超低遅延/損失、光速で動 作する行列演算装置を開 発する。シリコンフォトニ クス、メタマテリアル等の 光技術や光演算用の行列演 算法の開発など、ハード/ソ フトウェア協調アプローチ を行う。	現代のデジタル世界にお けるコンピューティングにお いて行列積は最重要の演 算要素である。そのため、 行列積の効率化は非常に 広範囲に影響を与えること ができる。	光技術は一般に CMOS電 子回路技術と比べて省エ ネルギーという特性を持つ ため、産業的意義はもとよ り、持続可能社会を目指す 我が国において、本構想 は大きなブレークスルーを もたらす。	【実施計画】 R8－R12:光演算装置の実装・開発 R13－R15:部分的に実運用 R16－R17:社会実装に向けた実アプリケーション開発 【所要経費】 1,500億円 【実施機関と実施体制】 東京大学情報理工学系研究科を中心とした共同実施体制で行う。3つの グループ(1.光演算装置及び周辺のエコシステムを実装、2.その性質を数 理的に解明、3.実応用)に分かれて進める。	⑪
97	分野横断学術基盤としての マス・フォア・インダストリの 確立と社会基盤としての数学 連携プラットフォームの構築 (Mathematics for Industry and Collaboration Platform as Social Infrastructure)	AI技術などが社会基盤を 再構築しつつある中、社会 にインパクトを与える科学 技術に活用され社会基盤 となる数学の質と量が国の 浮沈の鍵を握る。社会の 要請に数学が一体として 応える体制がわが国の将来 に必須である。	研究 計画	分野横断学術基盤としての マス・フォア・インダストリの 確立と社会基盤としての数学 連携プラットフォームの構築 (Mathematics for Industry and Collaboration Platform as Social Infrastructure)	学術シーズとニーズをつな ぐ連携機能の抜本的拡充、 産学連携研究の安定な実践 体制整備、知的アセット価値 化や知財管理等の制度基盤 や連携研究支援体制の構築 を共同利用・共同研究拠点 の資源も活用して実施する。	本構想によりマス・フォア・ インダストリが具現化され、 数学を応用し社会・産業・ 諸科学分野の課題が解決さ れるとともに、連携活動を通 じ数学の新たなシーズが発掘 され、数学として魅力ある新 研究領域が開拓される。	分野横断的学術基盤としての 数学が活用され、人類が直面 する課題解決、合理的な意思 決定を支援し社会システムの変 革を促す基盤構築、DXによる 社会機能の高度化などを通じて、 豊かで公正な社会の実現に 貢献する。	【実施計画】 R5:IMIリエゾン戦略部門、IMI東京分室設置 R6:人員配置完了、活動開始 R9:外部有識者の招聘とMAPの 自己点検評価 R14:2度目の自己点検評価 【所要経費】 総額19,000,000千円 【実施機関と実施体制】 幹事拠点:九州大学マス・フォア・ インダストリ研究所 協力拠点:全国16ヶ所の数学・ 数理科学研究機関	⑪
98	文理芸の融合研究(Fusion of mathematical sciences, humanities and arts)	人間・動物の行動、知覚、 感性、芸術など、数学との 親和性が必ずしも高くない と思われてきた分野を数理 の視点から系統的に俯瞰し、 社会行動の理解、生活の質の 向上、ひいては人間の生きが いの増進に寄与する。	研究 計画	文理芸の融合研究(Fusion of mathematical sciences, humanities and arts)	文理芸融合・ライフサイエ ンスと数理科学の融合を推進 する。とくに、人間の感性を 系統的に扱える数理的枠組み の確立と既存手法では捉え きれない生命現象を表現する 数学的基盤の整備を進め、 諸課題への適用を目指す。	これまで数理的な視点から の研究が未踏であった、生物 の社会行動、知覚・認識、感 性、芸術などの分野に数理 的視点を付与する過程で、異 分野融合が進展するととも に、一般社会の数理科学への 認識のあり方が変わる。	人類の目標が経済的利便性の 向上から人間性の確保、安ら ぎ等へと変移している。その ため、日常レベルでの便宜性 の向上や感受性の充足など、 社会・人間・生命を横断的に 取り扱う数理科学の整備は今 後重要性を増す。	【実施計画】 R8－R9:体制構築と基本設備 整備 R10－R17:本格運用と自己点 検 【所要経費】 2,890,000千円 【実施機関と実施体制】 明治大学先端数理科学イン スティテュート 協力機関: 九州大学マス・フォア・イン ダストリ研究所、山口大学時 間学研究所、武蔵野大学数理 工学センター、ペンシルバニ ア大学数理生物学センター。	⑪
99	数学・数理科学を基盤とする AI-VR-3D造形の統合研究拠 点の創成(Creation of integrated research center for AI-VR-3D modeling based on mathematics)	数学・数理科学を基軸に AI・VR・3D造形を理論的に 統合する拠点を創成する。 数理的定式化と検証可能性 を中核に据え説明可能なAI と高精度VR技術を確認し、 量子情報科学との接続を見 据えた基盤を構築する。	施設 計画	数学・数理科学を基盤とす るAI-VR-3造形の統合研究 拠点の創成 (Establishment of an Integrated Research Center for AI-VR-3D Modeling Founded on Mathematics and Mathematical Sciences)	AI支援・VR支援センターを 新設し3D造形支援と連携す る統合施設を整備する。 数学基盤のAI解析、幾何学 的精度を担保するVR・造形 技術、触覚再現の定量化を 推進し、若手人材育成と分 野横断連携を組み込む。	AIの説明可能性確立、VR・ 3D造形の数理的標準化、 触覚再現の定量化に加え、 量子アルゴリズム理論との 接続を図り、理論と応用を 架橋する融合学術領域を形 成する。数学を中核に据え 国際的独自性を有する。	医療分野をはじめとする社会 課題解決に資する高度技術 基盤を形成する。診断支援、 術前シミュレーション、人材 育成を通じて、医療安全性向 上と新産業創出に寄与し、 SDGs3に貢献する基盤構築 を目指す。	【実施計画】 R7－R8:センター設置・設備 整備 R9－R12:人材育成・連携推 進 R13－R16:成果検証・設備 更新 【所要経費】 総額353,145千円 【実施機関と実施体制】 大阪大学を実施機関とし、 データバリティフロンティア 機構、数理・データ科学教育 研究センター、サイバーメ ディアセンター、情報科学研 究科の4部局連携体制で運 営する。	⑪
100	ソフトウェア検証、高信頼AI 技術および形式化された数学 の確立(Software Verification, Trusted AI Technologies, and the Establishment of Formalized Mathematics)	未来社会でソフトウェアと AIを安全に活用するため、 誤りや脆弱性を排除し、数 学的保証に基づく高信頼基 盤を確立する。演繹的検証、 自動検証、証明付きソフト ウェア構成、数学基盤形式 化を推進する。	研究 計画	ソフトウェア検証、高信頼 AI技術および形式化された 数学の確立(Software Verification, Trusted AI Technologies, and the Establishment of Formalized Mathematics)	安全性が要求されるソフト ウェアには完全な検証が不 可欠である。本研究はソフ トウェア検証技術と数学基 盤形式化を進展させ、AI技 術との融合も視野に安全で 信頼できる社会基盤の確立 を目指す。	演繹的検証・自動検証・数 学形式化を通じ、計算と論 理の対応の理解を深化させ 、計算理論・論理学・最適 化・AI研究の発展を促す とともに、AIの数理的解析 や数学知識の形式化と保存 を可能にする。	演繹的検証や自動検証によ り社会インフラを支えるソ フトウェアの信頼性を高め、 安全で持続可能な社会基盤 を実現するとともに、証明付 き開発や数学知識の形式化 により教育・産業にも貢献 する。	【実施計画】 R8－R10:演繹的検証、自動 検証、証明付きソフトウェア 構成、数学基盤の形式化の 4つの柱の基盤整備 R11－R13:各柱を発展させ 相互に連携 R14－R17:4つの柱を統合 的に展開し、学術的・社会 的応用へ結実 【所要経費】 総額8,000百万円 【実施機関と実施体制】 東北大学電気通信研究所を 中心に研究を開始し、共同 利用・共同研究拠点としての 機能を活用して国内外の研 究機関との連携を拡大し、 本分野の研究を推進する。	⑪

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想					所属する グランド ビジョン の番号	
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値		実施計画等
101	地球惑星科学・諸科学・社会とのミュオグラフィ連携研究基盤構築(Muography Cooperative Research Infrastructure for Earth, Planetary, Other Scienc)	我が国が世界をリードするミュオグラフィの限界を乗り越え、レジリエントな社会や低炭素社会を実現するために人類が今直面している課題を解決するための新たな地球内部探査技術学理を探求する。	研究 計画	地球惑星科学・諸科学・社会とのミュオグラフィ連携研究基盤構築(Muography Cooperative Research Infrastructure for Earth, Planetary, Other Scienc)	「Multi-Aspect Geo-Muographic Array (MAGMA)」を構築することで、新たな地球観測学理を大成する。並行して関連分野、社会との連携を深め、連携コミュニティを育て上げる。	素粒子ミューオンの強い透過性は過去半世紀以上研究者達を魅了して来た。ミュオグラフィの限界の探求は火山や次世代地下資源の透視を可能とする近未来の地球内部探査の技術体系を大成するための根源的テーマである。	本研究基盤は社会基盤、文化遺産の監視・保全に即展開でき、古代、近世から現在に至るまで持続してきた街を未来へとつなげるレジリエントな社会づくりへの貢献を強く期待されている。	【実施計画】 1年目－5年目：建設期間 6年目－10年目：部分運用 10年目－：本格運用 【所要経費】 総額106億円 【実施機関と実施体制】 東京大学国際ミュオグラフィ連携研究機構が国際ミュオグラフィ研究所と連携して推進する。	⑫
102	太陽地球系結合過程の研究基盤形成 (Study of coupling processes in the solar-terrestrial system)	太陽放射エネルギー、太陽風プラズマの流れと地球大気圏・電磁気圏の応答過程を観測し太陽地球系を太陽から地球に至る複合システムとして理解する。人類の宇宙利用や顕在化する地球環境問題の解決に貢献する。	施設 計画	太陽地球系結合過程の研究基盤形成 (Study of coupling processes in the solar-terrestrial system)	赤道MULレーダー、EISCAT_3Dレーダー、次世代太陽風観測装置、広域地上観測網からなる観測装置群を整備し、太陽風変動から地球の全緯度域の電離圏・超高層・中層大気変動を観測・長期モニタリングする。	太陽地球系物理学の全領域の一体的な長期観測を実現、国際共同研究によって時間特性やエネルギー密度が極端に異なる現象の個別研究を融合することで、エネルギー再配分と物質輸送に関するブレークスルーを得る。	赤道大気のレーダー観測は極端気象の予報改善さらに地球環境の監視・予測に貢献する。太陽風および宇宙プラズマ研究は衛星の安全運用に寄与する。電波科学、信号処理技術、データ解析技術等で産学振興に貢献する。	【実施計画】 R9－R12：赤道MU設置 R9－R11：広域観測網、太陽風観測装置設置 R9－R11：EISCAT_3D第2期用送信機設置 R12－R18：本格運用 【所要経費】 総額125億円 【実施機関と実施体制】 京大生存圏研究所(赤道MU) 国立極地研(EISCAT_3D, 赤道MU) 名大宇宙地球環境研究所(太陽風観測装置、広域観測網、EISCAT_3D) 九大国際宇宙惑星環境研究センター(広域観測網)	⑫
103	震源近傍観測・破壊再現実験による沈み込み帯プレート地震メカニズム研究の新展開 –「次の次の」南海トラフ巨大地震予測に向けて– (New perspectives of subduction zone earthquake dynamics through experiments across-scales)	沈み込み帯で頻発する巨大地震・火山災害に対し、南海トラフでの海底・孔内観測や実験等の分野融合研究を推進を通して、巨大地震の発生予測に挑戦し、災害軽減と世界の持続的発展に貢献することを目指す。	研究 計画	震源近傍観測・破壊再現実験による沈み込み帯プレート地震メカニズム研究の新展開 –「次の次の」南海トラフ巨大地震予測に向けて– (New perspectives of subduction zone earthquake dynamics through experiments across-scales)	構造探査・地震監視・再現実験を統合し、海底・地下観測と試料分析により多階層の地震像を解明し、予測科学の確立を通じて、防災力向上、日本と世界の国土強靱化、持続的発展に貢献する。	広域観測と微視的実験を統合し、震源近傍の変動観測と断層・岩石過程の再現から地震発生要因を解明し、固体地球の予測科学を創成して災害軽減に貢献するとともに、新たな地球科学を切り拓く。	災害大国日本において、海底ケーブル網と孔内観測、掘削・再現実験を統合することによって世界をリードする予測研究を推進し、人文社会学・工学などとの連携により国土強靱化と持続可能な社会基盤の構築に貢献する。	【実施計画】 R8－R9：孔内観測システム製作・物質実験拠点建設 R10－R13：観測システム設置・試験運用、岩石実験 R14－R17：運用 【所要経費】 総額115.9億円 【実施機関と実施体制】 東大学地震研(ERI)、JAMSTEC、高知コアセンター(KCC)をハブとする。孔内観測所・光ファイバー地震・歪計はERI/JAMSTEC、物質研究はKCCと連携。	⑫
104	ジオミクス創成：網羅的分子解析のための革新的分析技術開発による宇宙、地球、生命科学(GeoOMICS: Comprehensive Molecular Profiling for Earth, Space and Life Sciences)	革新的分析技術開発により、生態圏を構成する原子・分子群の変化を総体的に捉え理解する新たな学術【ジオミクス(GeoOMICS)】を創成する。気候変動・自然災害の予測や医療革新、生活の質の向上に寄与する。	研究 計画	ジオミクス創成：網羅的分子解析のための革新的質量分析技術開発による宇宙、地球、生命科学(GeoOMICS: Mass Spectrometry-centric Earth, Space and Life Sciences)	ジオミクスに不可欠な質量分析を革新する。我が国の強みを活かした独創的な技術開発により分析性能・装置を進化させる。さらに異分野融合によりジオミクスを推進し、20～30年後の社会を変革する学術を振興する。	我が国が有する質量分析技術を結集し、各分野の研究者が思い描く「夢」を叶える機器を実現する。これにより世界に先駆けて新しいサイエンスで成果を出し、世界をリードしていく。加えて次世代を担う人材を輩出する。	「我々はどこから来たのか。我々は何者か。我々はどこへ行くのか。」という人類共通の大命題に切り込んでいく。開発した装置には経済的・産業的な波及効果が、研究成果には生活の質の向上などへの展開が期待される。	【実施計画】 R8－R10：コア拠点とサテライト14拠点を設置、コア技術開発 R11－R17：拠点間で連携してジオミクス推進 【所要経費】 総額215億円 【実施機関と実施体制】 コア拠点(大阪大)、サテライト拠点(北海道大、東北大、東京大、横浜市立大、名古屋大、京都大、大阪大、鳥取環境大、高知コアセンター、山梨県富士山科学研究所)、質量分析学会、地球化学会	⑫
105	地球表層システム変動の解明に向けた地殻～マントルのフロンティア科学の実践 (Advancing Frontier Science of the Crust – Mantle to Understand Earth Surface System Variations)	地殻～上部マントルに至るフロンティアを国際海洋科学掘削プロジェクトの段階的な実施により開拓し、次代を担う俯瞰的かつ先導的な視野を持つ若手国際人材を育成し、地球規模課題の解決に資する学術基盤を創成する。	研究 計画	地球表層システム変動の解明に向けた地殻～マントルのフロンティア科学の実践 (Advancing Frontier Science of the Crust – Mantle to Understand Earth Surface System Variations)	太平洋底の海洋プレートを対象に、科学掘削を段階的に実施し、地殻～上部マントルに関連した鉛直標準データと時系列データを取得する。既存試料・計測データを再利用するバーチャル航海によって若手人材を育成する。	太平洋底掘削は、プレート沈み込み型海洋底の上部～下部地殻境界の実体、上部地殻の組成・構造と熱水循環系、地殻内生命圏の実態解明と共に、人類未到のマントルへの到達を実現するために不可欠なデータを提供する。	マントル掘削プロジェクトを実現し、日本国民に遍く夢と誇りを与える。全球規模かつ中・長期的な地球システム変動予測等に寄与するのみならず、人類の持続可能性に資する経済的・産業的価値の創造につながる。	〃【実施計画】 R7－R12：西太平洋底掘削調査 R8－R17：バーチャル航海 R8－R12：太平洋底海洋プレート掘削提案申請 【所要経費】 総額195億 【実施機関と実施体制】 プログラムの運用・実施主体は文部科学省及び海洋研究開発機構。プロジェクトに係る日本人研究者は、ほぼ全員がJ-DESC(正会員50機関、賛助会員6企業、個人会員5名)に所属している。	⑫

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
106	革新的高圧技術に基づく地球深部物質科学と材料科学の新たな学際融合分野の創成(Promotion of cross-disciplinary fields by innovative high-pressure technology)	超高压技術の革新と量子ビームラインの高度化を通じ、従来の限界を打破する圧力発生や新材料開発などを推進する。独自技術を基盤とした他分野との連携により、地球深部物質科学の新たな発展と融合分野の創成を図る。	研究計画	コンソーシアム組織の形成による地球深部物質科学と超高压材料科学の基盤強化(Consortium for promotion of high-pressure mineralogy and materials science)	幅広い分野の研究者が参画するコンソーシアムを形成し、量子ビームラインの高度化や、革新的高圧技術の開発をすすめ、これらに基づく地球深部物質科学と超高压材料科学の学際的研究の促進のための基盤を強化する。	地球・惑星内部の物質構成や化学組成の解明に加え、ダイナミクス・進化過程の解明や系外惑星内部の物質探査が促進される。超高圧力の他分野への応用は、従来にない物質の開発を可能にし、新しい融合分野を生み出す。	目に見えない地球や惑星深部がどんな物質でできている、どのように形成されたかという、知的好奇心に応える基礎科学の深化とともに、巨大地震発生予測の基盤を与え、また新素材の開発を通じた経済効果をもたらす。	【実施計画】 R6－R7:コンソーシアム立ち上げ・中規模設備の設置 R8－R9:BL高度化・大型高压合成装置建設 R10－R15:本格運用 【所要経費】 総額65.5億円 【実施機関と実施体制】 愛媛大学地球深部ダイナミクス研究センターを中心とし、5つの中核拠点を核としたコンソーシアムを形成し、共同利用・共同研究拠点「先進超高压科学拠点」の枠組みを利用して実施する。	⑫
107	機動的観測の展開による南極域の環境変動の解明と全球への影響評価(Antarctic environmental changes and assessment of their global impacts)	未だ十分明らかになっていない南極域での実態を解明することにより、現在進行している温暖化等の環境変動シグナル及びその全球影響を定量的に把握し、将来予測の精度を上げる事を可能にする展望が開ける。	研究計画	機動的観測の展開による南極域の環境変動の解明と全球への影響評価(Antarctic environmental changes and assessment of their global impacts)	全球環境の将来予測への貢献を念頭に、過去から現在、未来の南極環境変動の学際的研究を推進し、今後20～30年で、温暖化による南極環境変動の解明とそれによる全球への影響の評価を目指す。	南極氷床周辺域での統合的観測は、南極環境変動の理解に留まらず、地球環境の将来を予測する気候モデルの検証に対しても重要なデータを提供し、分野横断型の極域観測、環境変動研究の一層の飛躍に貢献する。	本計画で進展する地球環境変動の理解は、環境変化とその対策、新たな環境に適応した産業活動など、社会・経済の国際動向を左右するため、得られる知見は人類社会の今後の適応方策に関する重要な情報となりうる。	【実施計画】 R9－R10:砕氷船・観測拠点・無人観測機・基盤拠点等整備 R11:部分運用 R12－R17:本格運用 R18:成果取りまとめ 【所要経費】 総額993億円 【実施機関と実施体制】 国立極地研究所を中心に、現場観測は北海道大学、京都大学、東京海洋大学、高知大学等、モデル研究は東京大学とJAMSTEC等を軸とし、南極観測事業でのネットワークを活かし推進する。	⑫
108	有人・無人航空機による気候・地球システム科学研究の推進(Promotion of climate and earth system sciences using manned/unmanned aircrafts)	気候変動の把握と予測高度化に必要なマイクロ量観測と素過程解明を目指し、専用の航空機を導入し、地上・衛星観測やモデル研究を統合した大気・海洋・陸域植生等、分野横断の次世代気候・地球システム研究を推進する。	研究計画	有人・無人航空機による気候・地球システム科学研究の推進(Promotion of climate and earth system sciences using manned/unmanned aircrafts)	わが国初となる地球観測専用の共同利用の有人・無人航空機を整備し、大気、海洋、植生、雪氷、固体地球等の地球科学分野を横断した観測・研究の実現により、気候・地球システム科学研究を飛躍的に推進する。	航空機観測は直接性・機動性・広域性の3つの特徴により地球科学分野での進展が期待できる。発展の著しい数値モデルや衛星観測の評価にも重要な役割を持つ。研究対象のアジア・北極域観測は気候変動研究の要となる。	航空機観測研究による成果は気候変動、大気汚染、台風や線状降水帯など国民生活に直結するものであり、大きな社会的意義を持つ。航空機は災害時の機動的な状況把握に活用できるため、安心安全な社会に直結する。	【実施計画】 R8－R9:航空機観測・共同利用体制の構築 R9－R13:個別分野の研究 R14－R17:分野間シナジー観測 アジア・北極域 【所要経費】 総額166億円 【実施機関と実施体制】 実施機関は名古屋大学宇宙地球環境研究所飛翔体観測推進センターが務め、全国の研究者からなる航空機観測推進委員会及び観測部会・WGを設け、観測研究計画の立案・公募・支援等を実施する。	⑫
109	深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化(Global deployment of Deep Argo floats toward accurate prediction of future climate and ecosystem changes)	気候および物質循環・海洋生態系の変動に深く関わる「深海」について、観測による実態解明と高精度数値シミュレーションにより、正確な将来予測を実現し、食料生産や災害に関するリスクを定量的に評価する。	研究計画	深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化(Global deployment of Deep Argo floats toward accurate prediction of future climate and ecosystem changes)	深海アルゴフロートの全球展開で得た乱流強度分布を組み込み、過去／将来の気候・海洋環境変動を高精度に数値予測するとともに、古海洋環境変動への生物応答の情報も取り入れ、将来の海洋生物資源のアセスメントを行う。	深海乱流強度の全球分布の解明により、深層海洋循環に制御された将来／過去の気候変動・海洋物質循環像が一新されるとともに、海底コア試料の古生物学的解析との組み合わせで、生物海洋学の革新的進歩が期待できる。	気候変動／海洋生物資源変動の高精度予測により、災害に関するリスク評価、食糧供給の安定化に貢献する。また、国民の海洋への興味を深めることで海洋人材の育成に寄与し、海洋産業創出や国際的競争力強化に繋げる。	【実施計画】 R8－R10:フロート改良と試験展開 R11－R13:フロート展開とモデルとの融合 R14－R17:観測と高精度モデルの全球展開 【所要経費】 総額232億円 【実施機関と実施体制】 海洋研究開発機構、東京大学大気海洋研究所、水産研究・教育機構、気象庁、気象研究所、国内各大学海洋物理系研究室による実施ならびに既存の国際観測プログラムを活用	⑫
110	地球ニュートリノ観測が切り拓く新しい地球未来像(Opening a new vision of the Earth's future by leading geo- neutrino observation)	地球内部熱量理解に变革を与えた地球ニュートリノ観測を一つのツールとし、「地球深部理解」を目的とする研究分野間に未開の連携関係を紡ぎ、未知の变革をもたらす知見を見出す新たな科学分野の創出を目指す。	施設計画	地球ニュートリノ観測が切り拓く新しい地球未来像(Opening a new vision of the Earth's future by leading geoneutrino observation)	実施・建設・計画中のニュートリノ実験の抱える不可避の問題を克服する海洋底地球ニュートリノ観測によりマントル起源の地球ニュートリノの直接観測を実現し、放射化熱量の既知化で地球理解に視点の革新をもたらす。	地球内放射性物質起源のニュートリノ観測により地球形成や活動の理解に必要な熱量とその分布、特に地球体積の8割を占めるマントルを唯一無二の方法で直接観測することにより、人類の2世紀にも渡る謎を解明する。	地球の誕生史や地球の継続性に新たな知見を得ることは知的好奇心を満たし知り得たことによる安心感を生む。日本発の学際的分野を現在・将来に渡って主導することは教育・人材育成、基礎科学への理解増進につながる。	【実施計画】 R8－R9:要素技術開発・基盤形成 R10－R12:大型検出機設計 R13－R14:開発 R15－R16:建設 R17－:観測開始 【所要経費】 総額105億円 【実施機関と実施体制】 東北大学ニュートリノ科学研究センターが中心となり推進し、国内外の大学・研究機関の参加拡大も予定。	⑫

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
111	衛星全球地球観測による気候・地球システム科学研究の推進 (Satellite Base Global Earth Observation to promote science research for climate and earth system)	地球温暖化、気候変動等の問題解決に資する地上観測・航空機観測・衛星観測、数値モデルおよび地球デジタルツインを効果的に組み合わせた全球衛星地球観測システムの構築を提案。	研究計画	衛星全球地球観測による気候・地球システム科学研究の推進 (Satellite Base Global Earth Observation to promote science research for climate and earth system)	TFの地球観測ガイドデザインに基づき、衛星地球観測を実施。観測データ、モデルとの連携による4次元デジタルツインも効果的に活用し、衛星全球地球観測による気候・地球システム科学研究を推進。	日本が強みを有するあるいは国際的なニーズの高いGCOSで定義されたECVを重点的に観測する次世代全球地球観測システムを構築すると共に、気候変動・地球環境問題の解明に貢献。	SDGsの開発目標17項目のうち14項目への対応。ならびに、SDGsへの直接的貢献以外にも、本提案で得られるデータは様々な社会的価値を創出。	【実施計画】 25年間 (5ミッション×5年想定) 【所要経費】 総額2,000億円 【実施機関と実施体制】 TF: ミッション提案、人工衛星開発・運用・データ公開の実施: JAXA等の連携を想定	⑫
112	海洋ロボティクスの革新による海洋状況把握と深海研究の推進 (Advances in maritime domain awareness and deep-sea research through innovations in marine robotics)	海洋ロボティクス、特にAUVの核心は全自動にある。有人支援依存を打破し、完全無人展開やネットワーク化により探査システム全体の自動化を実現。地震、資源等の観測を新たな次元へと進化させる。	研究計画	海洋ロボティクスの革新による海洋状況把握と深海研究の推進 (Advances in maritime domain awareness and deep-sea research through innovations in marine robotics)	AUVを中核とした技術革新により、高頻度・高解像度な深海探査基盤の構築を目指す。システム全体の自動化を推進し、機動的観測ネットワーク構築を通じ、わが国における観測インフラの長期的基盤強化に貢献する。	「オンボード意思決定」を実装し、従来の事後解析型から「その場で知を積み重ねる観測」へ転換。複合システム全体としての自律性の設計という新たな学術的課題を提示し、工学理論を深化させる。	深海探査の自動化は、災害予測や資源管理の精度を高め安全・安心に直結。産業競争力強化や安全保障上の状況把握能力向上、SDGs等国际的責任の履行を通じ、海洋国家日本の持続的発展に大きく貢献する。	【実施計画】 R8－R11: 開発・基盤整備 R12－R14: 統合実証 R15－R17: 本格運用。社会実装と常時運用体制の確立を推進。 【所要経費】 総額300億円 【実施機関と実施体制】 JAMSTECを核とし、東大、海技研、民間企業等が連携。研究船等を共同利用拠点とし、要素技術の検証から社会実装までを多機関共同で推進する体制を構築する。	⑫
113	北極域で急速に進行する温暖化と環境変化の監視・解明・影響評価 (The Arctic at the Forefront of Global Warming: Monitoring, Understanding, and Impact Assessment of Environmental Change)	温暖化が最速で進行する北極域。環境変化の実態把握と影響評価が急務だがデータが致命的に不足している。北極域研究船「みらいⅡ」等を核とした統合的観測網を構築し、人間社会を含む影響評価や将来像の提示を図る。	研究計画	北極域で急速に進行する温暖化と環境変化の監視・解明・影響評価 (The Arctic at the Forefront of Global Warming: Monitoring, Understanding, and Impact Assessment of Environmental Change)	北極域の急速な環境変化の実態と生態系や人間社会への影響の解明、将来像の提示を目的とし、北極域のデータギャップを解消する統合観測網を構築、自然科学・人文社会科学の学際的研究を推進し、知見を発信する。	「温暖化の最前線」としての北極の環境変化の理解。地球全体の持続可能な未来の実現に必要な北極変化の理解と新たな知見や将来像の創出・提示。学際的な研究の深化と地域社会のレジリエンス強化。	本構想の推進は、気候災害や環境汚染への対策立案・被害軽減・予防に必要な不可欠。産業界からも北極航路や資源利用など北極域の持続可能な利活用の観点で関心が高い。さらに本構想はSDGsの達成にも資する。	【実施計画】 R8－R12: 実態評価に繋がる統合観測網の構築。影響評価に関する連携研究の推進 R13－R17: 国際極年(2032-2033)を中心とした国際連携観測。文理連携による将来像の提示。 【所要経費】 総額280億円 【実施機関と実施体制】 JAMSTEC、国立極地研究所、北海道大学、東京都立大学など連携して「みらいⅡ」や観測拠点を核とする統合観測網を構築し、自然科学と人文社会科学が連携する学際的研究を推進	⑫
114	マルチハザード都市防災学の創出と実践 (Multi-Hazard Urban Disaster Prevention/Mitigation Science)	持続可能でダイバーシティに配慮した安全・安心な社会の構築に貢献するため、新たな時間・空間連鎖型マルチハザード都市防災学を創出・実践することをビジョンとする。	研究計画	マルチハザード都市防災学の創出と実践 (Multi-Hazard Urban Disaster Prevention/Mitigation Science)	1)マルチハザード現象の総合知、2)データサイエンスを駆使した防災インフォマティクスの確立、3)ハード・ソフト対策イノベーションの創出、4)リスク評価手法の構築、5)人材育成、の5項目を行う。	世界初の実物スケールマルチハザード実験施設とメタバースが連動した同シミュレータも世界で初めて開発し、発生頻度が希なマルチハザード現象の素過程理解や対策技術開発に大きく寄与する。	気候変動が進む中、都市部にマルチハザードが発生する場合、壊滅的な被害が想定されるため、マルチハザード都市防災学の創出と実践により被害の大幅な抑制と速やかな都市機能の回復が期待できる。	【実施計画】 R7－R8: 建設期間 (マルチハザード都市防災イノベーションセンター) R9－R11: 部分運用 R12－R16: 本格運用 【所要経費】 総額330億円 【実施機関と実施体制】 実施機関は東京理科大学であり、マルチハザード都市防災イノベーションセンターを設立する。本センターを核に、外部機関と連携するネットワーク型研究体制とする。	⑬
115	レジリエントな未来を拓く超学際流域圏マネジメント学の創成 (Creation of Transdisciplinary Watershed Management Science for Resilient Future)	気候変動に対しレジリエントな流域圏の構築に貢献するため、統合流域圏水システム科学、人間社会系流域圏デザイン学、自然生態系流域圏創成学で構成される新たな基礎学術領域を創出する。	研究計画	レジリエントな未来を拓く超学際流域圏マネジメント学の創成 (Creation of Transdisciplinary Watershed Management Science for Resilient Future)	河川流域圏を単位として、統合流域圏水システム科学、人間社会系流域圏デザイン学、自然生態系流域圏創成学の3つの人間社会と水を中心とした統合的分野を創成する。土木工学が本構想のコアとなり統合化を図る。	顕在化した気候変動に対して、水に関する適応を主軸にし、得られた方法論をあらゆる人間社会や自然環境の問題解決へ展開するパラダイムシフトを目指す。超学際的な学問体系への収れんを目的とする。	強靱で活力ある流域圏の基盤を構築する。被害を減らす発想から正の価値を生み出しSDGsに貢献する。社会実装を通じた政策策定へ貢献する。健全な流域圏に関する市民のリテラシー向上を目指す。	【実施計画】 1－2年目: 企画・調整期間 3－5年目: 研究期間 6－8年目: 統合期間 9－10年目: 領域完成期間 【所要経費】 総額約170億円 【実施機関と実施体制】 土木学会を中軸とし、関連学会 (農学、経済学、社会学など) のコンソーシアム体制で実施する。	⑬

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
116	建築分野の複合災害対応、 ストック活用、ネットゼロ達 成に関する研究 (Research on disaster resilience, stock management, and net zero in the field architecture)	地震などに加えて水害・土 砂災害等の気候災害へ対 応、建築ストックの活用、 および、ネットゼロにより 安全で持続可能、かつ、健 康で快適な居住環境を建 築分野において実現する 必要がある。							⑬
117	持続可能な地球社会像の 構築 (Vision of a sustainable global society)	地域からグローバルまで 相互に矛盾なく持続可能な 地球社会を構築するため、 自然科学・社会科学・人文 学の研究者と社会の関係 者が超学際研究を実践す る研究領域を確立し、世界 のFuture Earth研究を先導	研究 計画	持続可能な地球社会像の 構築 (Vision of a sustainable global society)	マルチスケールでの大気・ 水・海・陸・生態系間の相 互作用の解明から、エネル ギー・食料・土地の利用を めぐる人と自然の健全性と 相互作用網の理解を深 め、資源・地域・ステークホ ルダー間のネクサス研究 の基盤をなす	地球環境の科学的知見 を、人間社会の視点から相 互作用と因果のマトリック ス構造として提示し、複数 の人間活動・環境指標の 間のトレードオフ/シナジ ーを考慮した定量的な対策 シナリオをマルチスケール で構築する	地球の生存の限界が迫る なか、経済発展と環境保全 を両立した地球人間圏の 持続可能性の追求のため の科学的基盤を構築、分 野・世代・地域を横断し総 合的・統合的にとらえた社 会変革による地球環境問 題の解決につなげる	【実施計画】 R8：予備研究 R9－R17：本格実施 自然と社会の統合システム知の構築と地球環境問 題の解決方法と考え方の提供。 【所要経費】 総額85億円 【実施機関と実施体制】 東京大学、総合地球環境学研究所、海洋研究開発機構、国立環境研究 所、京都大学、長崎大学、北海道大学と、フューチャー・アース日本委員 会所属の市民、学術界、政府、産業界等の41機関	⑬
118	地球の環境事変にレジリエ ントな地域形成に向けた戦 略構築 (Co-designing a region resilient to global environmental change)	地球環境問題および自然 災害の課題を、それが出 現する具体的な「地域」に 注目し、さまざまなリスクを 統合的にとらえ、地域資源 を活用したリスクの低減と レジリエンスの向上に向け た戦略を構築する	研究 計画	地球の環境事変にレジリ エントな地域形成に向けた 戦略構築 (Co-designing a region resilient to global environmental change)	ハザード、暴露・脆弱性に 基づく地域リスクの統合評 価を行って地域性を明らか にするとともに、リスク低減 とレジリエンス確保のため、 地域の自然資源の活用による介入策の検討を行う。	統合リスク評価から地域レ ジリエンス向上への戦略構 築は、理念を超えた具体 的な超学際的科学の構築 と実践に大きく寄与し、地 球科学分野における災害 対応のみならず、各種の 危機への対処への展開が 期待できる。	地球の環境事変による災 害は、社会的に重要な課 題である。地域の自然資 源の活用はさまざまな環境 事変に対応し地域のレジリ エンスを高めることが期待 され、SDGsやネイチャーポ ジティブの達成にも貢献す る。	【実施計画】 R8－R9：ハザード・暴露・脆弱性評価、地域の統合リスク評価 R10－R11：リスクと介入策、NbSの可能性評価 R12－：地域での実践 【所要経費】 総額12億円 【実施機関と実施体制】 東京大（データ基盤、総括）、国立環境研（気候変動）、名古屋大減災連携 センター（災害）、地球研（地域連携）、JpGU地球人間圏科学セクション （地域実践）	⑬
119	水環境における物質循環と 生態系の完全理解に基づ いた持続可能社会の確立を 目指した超分野融合学術体 系の構築 (Building a Transdisciplinary Academic Framework Aimed at Establishing a Sustainable Society Based on a Comprehensive Understanding of Material Cycles and Ecosystems in Water Environments)	異分野融合による超学際 的取り組みにより、水環境 における物質循環と生態 系を完全可視化する「水環 境デジタルツイン」を構築 し、科学的根拠に基づく意 思決定が備わった持続可 能社会の構築に貢献す る。	研究 計画	水環境における物質循環 と生態系の完全理解に基 づいた持続可能社会の確 立を目指した超分野融合 学術体系の構築 (Building a Transdisciplinary Academic Framework Aimed at Establishing a Sustainable Society Based on a Comprehensive Understanding of Material Cycles and Ecosystems in Water Environments)	これまでに培った水環境の 専門性を異分野と融合さ せ、水環境における物質 循環と生態系を完全可視 化するデジタルツイン技術 により流域や水処理過程 を再現することで、合理的 な環境管理施策を実現す る。	物理法則に従うだけでなく 化学・生物的变化が複雑 な水環境モデリングの限界 を異分野融合により突破 することで構築する「水環 境デジタルツイン」は、最 先端知見を共有するハブと して高い学術的価値を有 する。	可視化された水環境にお ける様々な現象を住民と共 有することで、科学的根拠 に基づく説得力ある行政施 策が可能となる他、SDGs の効率的な達成や民間に よる知的財産の活用にも 貢献する。	【実施計画】 R8－R11：水環境デジタルツイン構築 R12－：水環境デジタルツイン実装 【所要経費】 総額16.6億円 【実施機関と実施体制】 水環境デジタルツイン研究委員会が異分野とのハブの役割を担う	⑬
120	カーボンニュートラルと資源 循環を達成するプロセス・プ ロセスシステム学の構築 (Process system studies to achieve carbon neutrality and circular economy)	CO2排出削減が困難な産 業の排出量実質ゼロを実 現しつつ、国内産業の国際 競争力を強化することを 目的として、バックキャスト による炭素自立ビジョンの 社会実装を推進する仕組 みの醸成に取り組む。	研究 計画	カーボンニュートラルと資 源循環を達成するプロセ ス・プロセスシステム学 の構築 (Process system studies to achieve carbon neutrality and circular economy)	化石資源に変わる炭素源 (木質バイオマス、使用済 み製品等)による社会実現 に必須なシナリオ構築、プ ロセス開発、循環システム 構築、リスク・競争力評価 を行い、ステークホルダー の役割を明確にし、社会実 装する。	未来社会の構築に貢献す る化学と化学技術の革新 と、科学(化学)と社会のか わりの考察を可能とし、 広くかつ有機的に知が連 携する研究領域である。	カーボンニュートラルなエ ネルギーや製品の供給が 可能となり、炭素循環社会 の実現に貢献する。加え て、炭素循環研究分野の 指導的人材を輩出し、その 結果、カーボンニュート ラル社会実装の方法論を国 内外に展開する。	【実施計画】 R7－R8：XRL解析、経済性評価 R7－R10：プロセス開発、循環システム構築 R11－R16：本格運用、PDCA 【所要経費】 総額20億円 【実施機関と実施体制】 東大、北大、東北大、阪大、九大、岡大、早大、室蘭工大、国環研、産総 研が中心となり、化工学会地域連携カーボンニュートラル推進委員会が ファシリテートし、産学官民連携で取り組む。	⑬

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想					所属する グランド ビジョン の番号	
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値		実施計画等
121	深海炭素貯留の技術的実現可能性と社会的妥当性の学際評価(Deep-sea carbon sequestration: A transdisciplinary assessment of technological feasibility and social legitimacy)	深海炭素貯留(DCS: Deep-sea Carbon Sequestration)をCCSに次ぐ炭素隔離戦略として位置づけ、自然科学・人文科学を統合した知的基盤を世界に先駆けて構築する。	研究計画	深海炭素貯留の技術的実現可能性と社会的妥当性の学際評価(Deep-sea carbon sequestration: A transdisciplinary assessment of technological feasibility and social legitimacy)	本研究構想では、①自然科学による小規模設置実験・生態系応答の評価研究、②人文科学による世代間倫理・科学技術史からの評価、③社会科学による国際海洋法との整合性や環境経済学的な合理性の検討、を柱とする。	深海科学技術・人文科学・社会科学の各分野を架橋し、2050年ネットゼロ実現に向けた新しい知的基盤を提供する。	国民に対して、気候危機に対する科学的・倫理的・制度的な包括的知見を提供し、未来社会の選択肢を広げ、専門家や為政者と国民を交えた新たな対話の場の醸成につながりうる。	【実施計画】 R8－R8: 体制構築 R9－R12: 個別研究 R13－R17: 統合研究 【所要経費】 総額14億円 【実施機関と実施体制】 JAMSTECが中核実施機関となり、JAMSTEC、関西大学、および早稲田大学からの参画予定者が呼びかけ人となり体制を構築する。	⑬
122	水素科学(ハイドロジェノミクス)の社会貢献 (Social Contributions of Hydrogen Science (Hydrogenomics))	水素科学プラットフォームを構築し、水素が関与する学問分野を高度に融合することで水素科学を深化させる。さらに異分野連携・産学官連携・国際連携を推進し、多彩な分野を通じて、革新的な社会貢献を果たす。	研究計画	高次水素機能を拡張した水素科学(ハイドロジェノミクス)の深化 (Further Development of Hydrogen Science (Hydrogenomics) by Expanding Higher-Order Hydrogen Functions)	水素が関与する研究開発では結合多様性や高次水素機能が重要となる。理想的な結合性からの逸脱や連続的遷移が高次水素機能の支配要因となるが、その精密解析・制御には水素科学プラットフォームの構築が必要である。	水素の「結合多様性」により、材料中の水素は「高密度化」や「高速移動」、表面での「高活性化」が可能となる。理想的な結合性からの逸脱などの精密解析・制御は、水素科学での核心的ブレイクスルーにつながる。	水素科学の深化は、水素・燃料電池の普及、材料の信頼性や安全性の向上、創薬・高度医療技術への展開など広範な技術開発に資する。さらに、経済・産業・SDGsへの貢献および若手研究者へ知的価値も継承する。	【実施計画】 R9－R11: 組織・設備構築、研究開始 H12－R15: 各種解析技術構築、運用 H16－R18: 研究加速、革新的な社会貢献 【所要経費】 総額40億円 【実施機関と実施体制】 日本全国から多くの研究者が参画できるよう各研究拠点の整備を進め、水素科学技術連携研究会に加盟の約15社の企業を中心にした産学官連携により、社会実装に向けた技術開発を推進する。	⑬、⑮
123	循環としなやかさで人と社会のウェルビーイングを紡ぐサステナブル繊維イノベーション ～物質科学と社会的価値の統合による新しい繊維科学のパラダイム～ (Sustainable Fiber Innovation Spinning Human and Social Well-being through Circularity and Resiliency ~ New Paradigm of Fiber Science by Integration of Material Science and Social Values ~)	「循環」と「しなやかさ」を統合原理に据えた繊維イノベーションの生態系を構築する。資源循環・ウェルビーイング機能・指標化と知・技・人の継承DXを基盤に「新時代の繊維学」を提示し、グローバル展開する。	研究計画	循環としなやかさで人と社会のウェルビーイングを紡ぐサステナブル繊維イノベーション ～物質科学と社会的価値の統合による新しい繊維科学のパラダイム～ (Sustainable Fiber Innovation Spinning Human and Social Well-being through Circularity and Resiliency ~ New Paradigm of Fiber Science by Integration of Material Science and Social Values ~)	川上～川下を束ねる未踏科学分野ー循環統合マテリアル繊維学、ウェルビーイングテキスタイル学、データ駆動ものづくりデザイン学、繊維の知・技・人継承DX、サステナビリティ・ガバナンス基盤学ーを開拓する。	川上・川中・川下そして物質科学・人文社会学の壁を越えて、繊維の分子設計から再資源化を貫く学理、ウェルビーイング機能の伸展、製造から認証の統合、デジタルアーカイブ化を体系的に確立する点にある。	新時代の繊維学を確立し、「循環」と「しなやかさ」を核に、人びとの健康・安全・快適を高めつつ資源とエネルギーの無駄を削るのみならず、国際標準化を後押しし、日本発の持続可能な価値づくりを世界へ広げうる。	【実施計画】 R9: 体制整備 R10－R12: 第1期(組織展開と要素技術の確立) R13－R15: 第2期(グローバル展開の加速) R16－R18: 第3期(新学際分野形成と社会実装) 【所要経費】 総額70億円 【実施機関と実施体制】 繊維系三学会を核に、関連の学協会、大学等研究機関、公的機関、企業等が連携して、オールジャパンの「智の結集」体制を構築する。	⑬、⑮
124	カーボンニュートラル・サーキュラー社会の熱利用を支える基盤研究(Basic Research on Heat Utilization for Carbon-Neutral and Circular Society)	カーボンニュートラル・サーキュラー社会や災害への対応等、従来学術の延長線では十分対応できない課題が顕在化している。熱技術の不連続な変化を実現するために、これを支える新たな学術体系を再構築する。	研究計画	カーボンニュートラル・サーキュラー社会の熱利用を支える基盤研究(Basic Research on Heat Utilization for Carbon-Neutral and Circular Society)	貴重なグリーン燃料の徹底的な省エネルギー利用、ヒートポンプによる熱供給、供給リスクの高い材料からの転換などの大きな課題解決のために、熱技術をゼロベースから見直すための新たな学術体系を再構築する。	変動、汚れ、物性のばらつき等、これまで熱工学における数式やモデル化に馴染みにくく敬遠されてきた外乱にも正面から向き合うことで、ロバストな実学としての新たな学術体系が再構築される。	新たな社会課題に基づき学界や業界の縦割り構造を打破した上で、ニーズとシーズの間で要求機能や制約条件を共有し協業できれば、日本の強みである素材や部品産業に大きなブレイクスルーが期待される。	【実施計画】 R6－R7: 連携体制構築 R8－R9: 機能試作実施 R10－R11: 本格運用 【所要経費】 総額41.2億円 【実施機関と実施体制】 大学、国家研究機関、企業が連携した異分野融合のコンソーシアムを立ち上げる。	⑭
125	水素社会に対応するゼロエミッション航空機の研究開発 (Advancement of CO2 Zero-Emission Aircraft Technology for Hydrogen Society)	脱炭素化に資する水素燃料化・電動化技術を航空機に適用する。水素燃焼エンジン・水素燃料電池開発の推進や水素の社会受容性強化・大気影響評価を行い、研究開発を通じ幅広い分野横断に取り組む人材育成を進める。	研究計画	水素社会に対応するゼロエミッション航空機の研究開発(Advancement of CO2 Zero-Emission Aircraft Technology for Hydrogen Society)	脱炭素化に資する水素燃料化・電動化技術を航空機に適用する。水素燃焼エンジン・水素燃料電池開発の推進や水素の社会受容性強化・大気影響評価を行い、研究開発を通じ幅広い分野横断に取り組む人材育成を進める。	水素燃料・水素航空機分野の構築により、航空産業の国際競争力強化と科学技術立国としての推進力確保、水素社会実現や気象・大気科学の研究力向上が期待される。	水素燃料航空機開発を通じて日本の優位技術を高め、水素利用の安全性理解や空港での活用促進、気象学発展やSDGs推進にも寄与する社会的価値の高い取組である。	【実施計画】 R7－R10: 概念設計 R8－R12: 設備整備・要素試験 R12－R15: 実証(飛行・大気観測・インフラ) 【所要経費】 総額230億円 【実施機関と実施体制】 日本航空宇宙学会・日本気象学会を中核とした産官学連携	⑭

No.	「学術の中長期研究戦略」の名称	学術振興の「ビジョン」の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
126	プラズマ物理の学際的展開—集団現象の理解に向けて—(Interdisciplinary Development of Plasma Physics —Study on Collective Phenomena)	プラズマ物理が注目するのは集団現象であり、現実世界を理解するという問題意識を宇宙・天体、大気・海洋、生命、社会などの科学と共有している。これらの分野と連携し、集団現象に関する科学を発展させる。	研究 計画	プラズマの高精度計測で解明する集団現象の物理 (Physics of Collective Phenomena Elucidating with Precision Plasma diagnostics)	集団現象というテーマを共有する分野との学際的協力によりプラズマ物理を発展させるための研究基盤を建設する。プラズマ内部で起こる現象を制御し、高い精度で計測する実験により、集団現象に関わる物理課題に挑む。	プラズマが荷電粒子の集団であるために光や電磁場によって計測・制御できることを活かした先端的研究によって、これまで見えなかった事象の発見、メカニズムの解明、さらに新しい概念や方法論の発明をもたらす。	プラズマ物理は、天体の内部で起こるエネルギー発生を地上で再現し、エネルギー源として利用しようという研究であり、その推進は、学術の振興と、革新的技術による新エネルギーの獲得という二重の社会貢献となる。	【実施計画】 R8:プラズマ生成部の転換1, 計測システム構築 R8－R12:フェーズ1運用 R9－R13:プラズマ生成部の転換2, 計測システム構築 R13－R17:フェーズ2運用 【所要経費】 総額513億円 【実施機関と実施体制】 自然科学研究機構・核融合科学研究所が中核となり、国内外の広い分野の研究者を巻き込んだ、学際的・国際的共同研究プロジェクトとして推進する。	⑭
127	SDGsの達成に資する電波資源の科学・商業・公共利用におけるレギュラトリーサイエンスに基づくハーモナイゼーション(Harmonization among Multiple Uses of Radio with Regulatory Science for SDGs)	SDGs達成に、世界中で利用可能な電磁波、電波を公平かつ有効に活用し、エネルギー、環境、医療、災害、経済等の社会問題を解決し、誰もが安心・安全な社会を構築し維持発展する未来ビジョンを具現化する。	研究 計画	SDGsの達成に資する電波資源の科学・商業・公共利用におけるレギュラトリーサイエンスに基づくハーモナイゼーション (Harmonization among Multiple Uses of Radio with Regulatory Science for SDGs)	レギュラトリーサイエンスを基本理念とし、電波の科学・産業・公共利用に係わるすべてのステークホルダーが合意できる技術的条件を、科学的かつ論理的に導出・実行するための文理・融合・複合領域の学術を振興する。	電波を利用し影響を受けるステークホルダーに応じた有効性とリスクの相反等を科学的指標を提供してハーモナイズするための自然科学と社会科学のマルチディシプリナリーな学術研究の創出と人材育成が期待できる。	電波利用に関する不確実性のリスクと改善に必要なコストや責任範囲を明示し、電波資源の公正・効率的な利用への国民の理解を促すことで、SDGs達成に貢献し産業振興と国民福祉に資する多様な電波利用が実現する。	【実施計画】 R8－R9: 拠点構築 R9－R11: 事例毎の共存条件、導入等実施 R12－R17: ステークホルダー毎の評価と継続 【所要経費】 総額106.5億円 【実施機関と実施体制】 URSI日本(日本学術会議URSI分科会・電子情報通信学会URSI委員会)の下に設置した電波資源利用ハーモナイゼーション小委員会を中心に産官学国際連携で実施	⑭
128	低温プラズマの学術とイノベーション推進のための研究戦略(Strategic promotion of radical innovations in low-temperature plasma sciences)	低温プラズマ科学は、超低消費電力半導体製造、環境・エネルギー、医療、農水産業、航空、宇宙開発など未来産業の学術基盤である。低温プラズマの学術的理解を基に新たな価値を創成し、社会システムの変革を目指す。	研究 計画	低温プラズマの学術とイノベーション推進のための研究戦略(Strategic promotion of radical innovations in low-temperature plasma sciences)	未来社会をデザインするための羅針盤となる低温プラズマの学術を構築する。プラズマの複雑多様な非平衡反応に関する高信頼性データを集積して、体系化し、多様なイノベーションを興す研究エコシステムを構築する。	低温プラズマの非平衡・物理化学反応場において、1) 活性種生成、2) 表面反応、3) 選択性・自己組織化、4) 計測、シミュレーション、5) データベースの集積、を通して低温プラズマ科学の体系化と深化を進める。	低温プラズマ科学技術は、持続可能で安全安心な未来社会の創造に必須である。ITの高度化や省エネ化、環境浄化、未来医療や農水産業など、国力を高めるイノベーション創生の土壌や人材育成にも価値が高い。	【実施計画】 R7－R12: AI導入仮想実験環境構築 R12－R17: 国際的運用、省エネルギー革新プロセス技術 R17－: プラズマ未来医療と食料増産システム 【所要経費】 総額160億円 【実施機関と実施体制】 名古屋大学低温プラズマ科学研究センターを全国29機関の中心機関として「最先端プラズマ科学グローバルイノベーション拠点」を構築し、日本をリーダーとする世界的な研究推進体制を構築	⑭
129	物性科学連携研究体～エネルギー技術革新を通じて22世紀の理想社会実現の基盤形成に貢献する研究ネットワーク・オブ・ネットワークス～(Energy Innovation by the Joint Research Laboratories on Materials Science)	共共拠点が主体となり全国の機関による共創研究体制を構築し、共同利用とデータ利活用を広め、学際的人材育成を促す。物性科学深化と融合分野創成を推進し、エネルギー問題解決に資する新物質・新物性を創造する。	研究 計画	物性科学連携研究体～エネルギー技術革新を通じて22世紀の理想社会実現の基盤形成に貢献する研究ネットワーク・オブ・ネットワークス～(Energy Innovation by the Joint Research Laboratories on Materials Science)	参画5機関は化学・物理・材料科学のトップ研究所群である。各分野の多様な研究コミュニティと連携し、1) 異分野融合による物性科学の戦略的連携研究体制、2) トップ研究人材の育成・交流の仕組み、の構築を行う。	22世紀の理想社会のため、人文・社会科学、総合工学等の他分野研究者の協力を得て、社会の基盤形成に貢献する物性・物質・材料科学の学際融合制、2) トップ研究人材の育成・交流の仕組み、の構築を駆使し社会要請に的確に応えるものである。	物性科学研究は豊かでグリーンな理想的人間社会の構築、安全・安心・安価なエネルギーシステムの実現に寄与する。先進国のみならず電力利用が困難な人々の生活改善に繋がりますSDGs目標7「エネルギー」に貢献する。	【実施計画】 以下の施策を10年間継続して行う。 A. 基礎研究体制の充実、B. トップリーダー育成、C. 新融合学術分野創成、D. 研究活動支援 【所要経費】 総額100億円 【実施機関と実施体制】 本構想は5研究所で実施し、各研究所に共創研究ラボを置く。分子科学研究所は本連携研究体の運営を行う。5研究所の共同利用・共同研究機能の連携により、戦略的共同研究を可能にする。	⑭
130	インターネット型エネルギープラットフォームに基づくレジリエントな自立分散型エネルギー社会を実現するレギュレーション確立に向けた文理融合研究の推進(Transdisciplinary research for establishing optimal regulations supporting resilient, decentralized independent societies based on an internet-style energy platform)	2050年CN実現に向け、多様な再エネを統合し、グローバルサウスと共創して展開可能なインターネット型エネルギー社会のレギュレーションプロトコルを、文理融合研究を通じて確立する。	研究 計画	グローバルサウスを舞台とする自立分散型エネルギーマネジメントにおけるELSIの実践研究としてのサステナブルレギュレーション研究の推進 (Advancing Sustainable Regulation Research as Practical ELSI Research in Decentralized Energy Management Systems Set in the Global South)	多摩三大学の異分野研究者による議論を通じて、自立分散型エネルギー社会の実装をELSIの観点から支援するプロトコルと基盤を構築し、三大学連携で課題抽出から政策提言まで行い、国際共創を推進する。	本構想の実現には、個人・地域間のエネルギー共有を支えるELSIに基づく最適な規範設計が不可欠であり、理工系と倫理・政治哲学、経済・防災分野を統合する文理融合型学術と教育の確立が求められる。	脱炭素を軸にグローバルサウスと共創し、我が国の国際的プレゼンス向上と産業競争力強化を図るとともに、研究・教育連携によりIT人材不足を補い、デジタル競争力の将来基盤を強化する。	【実施計画】 R6－R7: 建設期間 R8－R10: 部分運用 R11－R13: 本格運用 【所要経費】 総額3,110,000千円 【実施機関と実施体制】 電気通信大学、東京外国語大学、東京農工大学の強みを融合した研究活動と、社会実装活動を目的に設置した『西東京三大学共同サステナビリティ国際社会実装研究機構』を主体として実施する。	⑭

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想					実施計画等	所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値		
131	持続的なイノベーションに資 するオープンな原子力研究 基盤の創造 (Creation of open nuclear research infrastructure contributing to sustainable innovation)	原子力の研究コミュニティ を拡張し、新しい研究グ ループがユニークな原子 炉コンセプトを提案したり、 新たな放射線利用研究を スタートし易くするために、 既存の研究インフラの現代 化とオープン化を推進す る。	研究 計画	持続的なイノベーションに 資するオープンな原子力 研究基盤の創造 (Creation of open nuclear research infrastructure contributing to sustainable innovation)	日本中の原子力・放射線 研究施設でタイミングを合 わせて、施設のミッションと ユーザの再定義、実験設 備のスマート化、管理業務 のデジタル化等を推進す る。ユーザの新規参入を支 援する取り纏め機関を定 義する。	原子力学に新しいプレイ ヤーを誕生させる。スター トアップによる原子炉の提 案、既存の原子力研究イ ンフラを用いた新サービ スの提案、原子力利用の拡 大に懸念をもつシンクタン クの研究力強化等を期待 する。	原子力エネルギー利用は 政策の影響を受けるが、そ の本質的な長所自体は変 わらないので、将来の社会 環境の変化に対応できる 基盤が整備される。また電 力需要増加や廃棄物管理 等の予見可能な社会課題 の解決に資する。	【実施計画】 R7: 検討の具体化(学会内) R8: 関係機関との意向確認 R9: 既存制度の組合せによる試行 R10以降: 本格実施を希望 【所要経費】 総額100億円 【実施機関と実施体制】 取り纏め機関には、日本原子力研究開発機構を想定。全国の研究施設 (約30拠点を想定)に参加を募る。	⑭
132	2050年以降への持続的 カーボンニュートラル社会を 実現する低温工学および超 電導工学体系の創出 (Cryogenic and Superconducting Systems for Carbon-neutral Society after 2050)	2050年以降の持続的な カーボンニュートラル社会 の実現には、核融合発電、 超電導送電、超電導発電 機、超電導エネルギー貯 蔵などと液体水素技術を 結合しCO2排出を極小化 する超電導工学体系の発 展が必要である。	研究 計画	2050年以降への持続的 カーボンニュートラル社会 を実現する低温工学およ び超電導工学体系の創出 (Cryogenic and Superconducting Systems for Carbon-neutral Society after 2050)	以下のレイヤー毎に研究 構想を展開する。 ・CN社会を俯瞰するレイ ヤー1 ・エネルギーフローを分析 するレイヤー2 ・要素技術あるいは個別の 機器の必要性能を明確化 し研究開発に取り組むレイ ヤー3	液体水素温度超電導応用 機器の研究開発は緒につ いたばかりであり、2050年 以降への持続的カーボン ニュートラル社会を実現す る低温工学および超電導 工学体系が実現できれば 地球環境問題に世界的規 模で貢献できる。	2050年までのカーボン ニュートラル社会の実現に 不可欠な研究開発であり、 国内外に対する社会的価 値は極めて大きい。	【実施計画】 R8－R17: 国内外の情報収集 R8－R17: 既存の調査と研究結果の集約 R8－R17: 相互に研究開発状況とその成果を共有 【所要経費】 総額17,000百万円(10年間) 【実施機関と実施体制】 本学術研究構想は低温工学・超電導学会およびその賛助会員(54社)を 含む会員(約900名)が実施する。	⑭
133	表面科学と真空技術のシナ ジー効果による次世代科学 技術の推進 (Promotion of future science via synergy effect of surface and vacuum science)	社会基盤を支える材料の 複合化とデバイスの微細 化に伴い、表面・界面の研 究とそのため不可欠な 真空技術の開発が特に重 要となり、そのシナジー効 果が我が国の科学技術の 国際競争力強化に不可欠 である。	研究 計画	表面科学と真空技術のシ ナジー効果による次世代 科学技術の推進 (Promotion of future science via synergy effect of surface and vacuum science)	「高度な表面・界面観察技 術による表面・界面の精密 理解」、「新規環境・エネ ルギー・バイオデバイスの開 発」、「次世代真空技術の 先導」「表面科学者や真空 技術者の育成」をプラット フォーム構築を基に行う。	本提案による計測・観察技 術の革新的発展や新規薄 膜材料開拓は、エネ ルギー課題の解決や高性能 デバイスの開発などに直 接繋がるだけでなく、医療・ 創薬のバイオ分野から宇 宙開発まで多様な分野に 大きく貢献する。	本提案はSDGsの基礎研 究であり、国民の生活水 準・幸福の維持に欠かせ ない科学技術となるだけ でなく、地方拠点の形成よ る地域活性化や高度人材 育成、そして半導体産業な どの国際競争力の向上を 実現する。	【実施計画】(R8開始の場合) 1.プラットフォーム構築 R8－R9: 環境整備期間、R10－R11: 開発期間 R12－R13: 部分運用、R14－: 本格運用 2.人材育成 R8: 準備期間、R9－: 本格運用 【所要経費】 総額105億円 【実施機関と実施体制】 日本表面真空学会内の研究部会・技術部会がテーマ毎に参加研究者を 束ね、連携した研究を実施する。本会若手部会メンバーを中心に広いダイ バーシティを包含する体制の構築を推進する。	⑭
134	超高压電子顕微鏡を基軸と した革新的計測分野の創出 ～ 産業課題解決を志向し た本邦だけが成し得るオペ ランド・三次元ナノ観察技術 開発 (Innovative measurement field created by the high voltage electron microscopes)	20-30年後の様々な産業 課題解決に向けて、超高 圧電子顕微鏡の研究・計 測ネットワークを構築し、実 用材料の動的挙動の根源 である反応素過程をナノス ケール分解能でオペラン ド・三次元観察する技術を 開発する。	研究 計画	超高压電子顕微鏡研究・ 計測ネットワークによる学 術的深化と共通計測基盤 の構築および産業の革新 を志向したオペランド・三次 元ナノ解析技術の開拓 (Research network to develop operando/three- dimensional nano-analysis technology)	超高压電子顕微鏡を運用 する国内5機関による研 究・計測ネットワークを構 築し、材料挙動の反応素 過程を観察可能なオペラン ド三次元計測手法の技術 開発を行い、超高压電子 顕微鏡を基軸とした計測分 野の創出を目指す。	汎用TEMで観察されるナノ スケール構造と放射光など で計測されるミクロンス ケールのはざまにあり、材 料機能に決定的な影響を 与える重要なスケール領 域の精緻な顕微解析を達 成するという学術上の革新 を成し遂げる。	20-30年後の経済的・産業 的価値につながる様々な 現象の解明が期待でき、 SDGsの目標に挙がってい るエネルギー効率向上や クリーンエネルギー活用 にも貢献できる。	【実施計画】 R8: 研究・計測ネットワークの拡充 R9－R14: 必要機器整備と計測技術開発 R15－R17: 応用計測と更なる要素技術開発 【所要経費】 総額58億円 【実施機関と実施体制】 大阪大学、九州大学、名古屋大学、北海道大学、日立製作所の5機関連 携によって実施する。大阪大学が全体統括を担い、7台の超高压電顕そ れぞれが持つユニークな特長を生かした計測を分担する。	⑭
135	複合原子力科学の深化と融 合研究拠点の強化 ―新試 験研究炉に資する学術基盤 の構築― (Deepening Integrated Radiation and Nuclear Science and Strengthening the Interdisciplinary Research Hub ― Building an Academic Foundation Contributing to the Next Test Research Reactor)	原子力が生み出す放射線 を共通基盤とする学際融 合科学「複合原子力科学」 を深化・展開し、学術と社 会を結ぶ新たな研究体系 として確立する。	施設 計画	複合原子力科学の深化と 融合研究拠点の強化 ―新 試験研究炉に資する学術 基盤の構築 (Deepening Integrated Radiation and Nuclear Science and Strengthening the Interdisciplinary Research Hub ― Building an Academic Foundation Contributing to the Next Test Research Reactor)	原子力が生み出す放射線 の多面的特長を学術的に 活用する7研究ユニットか ら成る複合原子力研究拠 点を設け、新試験研究炉 プロジェクトを実践の場と し、基礎から応用・社会実 装に至るまでの学術基盤 を形成する。	放射線の多面的な物質相 互作用特性は、医療・生 命・材料・環境・工学・エネ ルギーを横断する新たな 学術体系を切り拓く潜在力 を持つ。複合原子力科学 は、放射線を媒介とする学 術横断的統合を推進す る。	複合原子力科学は、放射 線・原子力技術を共通基 盤に、多様な学術分野を 有機的に結びつける新た な研究体系であり、新試験 研究炉プロジェクトと接続 し、学術成果を社会的実装 へと橋渡しする。	【実施計画】 R9－R11: 基盤整備と準備期間 R12－R14: 研究ユニット展開 R15－R18: 研究棟稼働と新試験研究炉との接続 【所要経費】 総額210億円 【実施機関と実施体制】 京都大学複合原子力科学研究所を実施機関する。7つの研究ユニットか ら成る複合原子力研究拠点を設け、複合原子力科学研究所棟に結集し、放 射線を共通言語とする融合研究、人材育成を行う。	⑭

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
136	材料科学・工学アライアンス に基づくクローズドループリ サイクル材料開発戦略 (Materials Initiative for Closed-loop Recycling)	クローズドループリサイク ル(CLR)材料開発戦略を学 術振興の柱とし、資源自立 と脱炭素を両立。ものづく りを変革し、人材育成で国 際競争力と社会の持続性 を高める。	研究 計画	材料科学・工学アライア ンスに基づくクローズドル ープリサイクル材料開発戦略 (Materials Initiative for Closed-loop Recycling)	材料資源自立とCNを前提 に、日本金属学会がハブ 機関となり国研・大学・高 専等や企業を有機的に接 続してCLR重視の材料科 学を推進。連携体制と人材 育成で低環境負荷な持続 可能社会を実現する。	循環型・低環境負荷を性 能と並ぶ中核概念とし、循 環設計とデータ駆動・計測 を統合して材料科学を刷 新する本構想は、我が国 の世界的優位性を示し、学 術的意義が極めて高い。	多様な先端材料を基盤と するCLR戦略の成功は、持 続的社会的発展、経済安 全保障の強化、SDGs達成 に貢献する社会的価値の 高い取組である。	【実施計画】 R6－R9:準備・整備期 R10－R12:協働研究開発加速期 R13－R15:起業化支援加速期 【所要経費】 総額103億円 【実施機関と実施体制】 日本金属学会がハブ機関を務め、会員所属機関である国研・大学・高専 等および企業をスポーク機関として有機的に接続する。また、材料科学・ 工学分野に関わる他の学協会と緊密な関係を図る。	⑮
137	世界をリードする粉末焼結 法の革新的創成技術開発 ～外場焼結、積層造形、焼 結理論、超硬合金、焼結磁 石の研究とSDGs(リサイク ル等)への波及(Powder sintering technology for Innovative and creation leading the world)	画期的省エネの外場焼 結、部品複雑化等を可能と する積層技術を発展させ る。焼結理論・シミュレ ーションを再構築する。世界 をリードする超硬合金工具 と焼結磁石を躍進させる。 粉末冶金材料でリサイクル を実現させる。	研究 計画	世界をリードする粉末焼結 法の革新的創成技術開発 ～外場焼結、積層造形、焼 結理論、超硬合金、焼結磁 石の研究とSDGs(リサイク ル等)への波及(Powder sintering technology for Innovative and creation leading the world)	金属、セラミックスなどで共 通に利用できる粉末焼結 法技術(A～C)とリサイク ル技術(F)の基礎学の構築 を目指す。また具体的な材 種として超硬合金と焼結磁 石に絞って(D,E)、ナノ構造 制御の材料科学的手法を 確立する。	外場焼結の新焼結機構、 積層技術の微細複相組織 制御、焼結理論・シミュ レーションの再構築、超硬 合金の超微粒組織と超強 度の機構解明、焼結磁石 の材料設計、粉末冶金材 料での分離・生成プロセス の構築を実現させる。	省エネへの貢献(A)、便利 な素形材技術としての適用 (B)、職人技からの脱却 (C)、高性能工具による加 工機械の進歩(D)、高性能 磁石によるモータの高効率 化(E)、資源環境問題や SDGsへの貢献(F)。	【実施計画】 R8－R9:基本装置の導入 R10－R11:試作機や試作材の設計 R12－R14:試作機や試作材を製作 R15－R17:データ解析、機構解明 【所要経費】 総額30億円 【実施機関と実施体制】 Aは岸本(岡山大)、Bは野村(東北大)、近藤(大阪大)、Cは品川(九州 大)、Dは川上(東北大)、北本(科学大)と高木(産総研)、Fは高木(産総 研)、川上(東北大)、尾崎(阪大)、石原(京大)が主担当。企業等が連携。	⑮
138	持続可能な地球環境と社会 幸福に貢献する新高分子フ ロントニア(New Polymer Frontier for Sustainable Global Environment and Social Well-being)	高分子科学を分子科学と して再構築することで、環 境に配慮した革新材料を 開発し、プラスチックの資 源循環を達成する。これに より、当該分野の次世代人 材育成と、持続可能な社会 と社会幸福の実現に貢献 する。	研究 計画	持続可能な地球環境と社 会幸福に貢献する新高分 子フロンティア(New Polymer Frontier for Sustainable Global Environment and Social Well-being)	高分子の合成、物性、加 工、分解を分子レベルで制 御・解析すると共に情報科 学を融合し、分野・世代・ ジェンダー・産学の壁を越 えて共同研究を行うこと で、持続可能な高分子材 料と極限マテリアルの開発 を加速する。	最新の分子科学と情報科 学の進歩を基盤として高分 子科学の学問体系を再構 築すると共に、人文・社会 学者等を含めた総合知に よる協業により、持続可能 な社会と社会幸福の実現 に貢献する学術的基盤を 構築する。	産官学共創により科学知 を社会的・経済的価値に昇 華させることで、医療、電 気・電子、輸送等における 安全・安心やエネルギー・ 環境問題の解決に貢献 し、新産業の創出も含めた 製品やサービスとして社会 実装を図る。	【実施計画】 R9－R10:体制整備 R11－R12:組織展開 R13－R14:世界展開 R15－R16:社会還元 R17－R18:新学際分野開拓 【所要経費】 総額50億円 【実施機関と実施体制】 東京大学と京都大学に拠点をおき、全国に8校程度の幹事機関を選定し て主要組織を構成し、さらに全国の大学からの参加協力を促す、いわゆ る智の結集によるオールジャパン体制を組織する。	⑮
139	オールバンド光電子融合分 野の開拓 (Pioneering novel integration of photonics and electronics in all frequency- band)	広範囲の周波数で電気信 号、電波、光を統合的に扱 い、人間の脳のような知的 電子システムとオールバン ドシステムの開発を推進 し、革新的ICTの創発と 2050ゼロカーボン社会を目 指す。	研究 計画	オールバンド光電子融合 分野の開拓 (Pioneering novel integration of photonics and electronics in all frequency-band)	分野融合と人材育成によ る半導体技術革新を提 案。産学官協創拠点で知 識を集積しテストベッド構 築によるオープンイノー ベーションを加速。高信頼・超 低消費電力ICTの実現によ る2050ゼロカーボン社会を 目指す。	多様な分野の人材がアン ダーワンルーフで研究・教 育を進める「場」を創出し、 オールバンド光電子融合 システムを実現。これによ り、半導体や通信という従 来の枠を超えた新しい学 理を拓く可能性がある。	消費電力削減とダイバー シティに富む優秀な人材活 用による革新的半導体産 業構築と有無線融合ICT基 盤の創出をによる2050年 ゼロカーボン社会への寄 与、そして「誰一人取り残さ れない」社会を追求する。	【実施計画】 初期3年:研究環境構築 中期4年:要素技術本格研究・システム応用基礎検討 後期3年:応用デバイス、システム実証研究、本格運用 【所要経費】 総額380億円 【実施機関と実施体制】 国研・大学を協創ハブとした知的集積拠点による産学官連携を加速。	⑮
140	元素戦略2.0:融合的元素活 用と元素循環(Element Strategy 2.0: Integration and Circulation of Elements)	原子操作・化学増幅・元素 融合型物質創成・元素循 環に関する研究を異分野 融合により推進し、既存の 学問分野と物質観にとらわ れない革新的機能を持つ 元素融合型新物質を創出 するための学術基盤と技 術を確立する。	研究 計画	元素戦略2.0:融合的元素 活用と元素循環(Element Strategy 2.0: Integration and Circulation of Elements)	全元素活用/元素計測/元 素データプラットフォームお よび元素戦略推進本部を 設置し、原子操作・化学増 幅・元素融合型物質創成・ 元素循環に関する研究を 協奏的に実施することで、 元素の革新的高度利用を 目指す。	全元素を精緻に配置・再編 成させる元素科学の共通 学理を確立し、革新的機能 を持つ元素融合型新物質 の効率的合成法と元素循 環の学理を開発すること で、人類の存続に資する学 術を格段に発展させる。	資源枯渇、資源偏在リス ク、地球温暖化、エネル ギー問題、経済安全保障 問題に学術面から決定的 解決策をもたらす、カーボ ンニュートラル、循環経済、 SDGs、GXの達成を通じた 真の持続可能社会の構築 に貢献する。	【実施計画】 初年度－2年度:体制整備期間 2年度－10年度:本格運用 【所要経費】 総額2,000億円 【実施機関と実施体制】 全元素活用プラットフォーム:各地域に1,2大学ずつ。元素計測プラット フォーム:産学協同で3拠点。元素データプラットフォーム:3拠点。元素戦 略推進本部:国の支援のもと研究所を新設。	⑮

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
141	資源循環と環境負荷低減の両立のためのサーキュラーエコノミー研究戦略(Circular Economy Research Strategy)	エネルギー・廃棄物・資源・環境負荷への制約を解決しつつWell-beingを向上し経済を活性化させるサーキュラーエコノミー実現のため、既存学術体系を再構築するための中核センターを設置する。	研究計画	資源循環と環境負荷低減の両立のためのサーキュラーエコノミー研究戦略(Circular Economy Research Strategy)	CE実現の下に既存の学術体系の再構築をはかるための中核センター「サーキュラーエコノミー研究戦略センター」を設置し、国内外の関連機関が一体となって情報とデータを管理するバーチャル組織として活動を行う。	従来型の幅広い学術分野からそれぞれのエキスパートが集合し、各分野の学理を基に総合化し、経済・社会・環境の調和を目指したCE実現のための「資源循環学」のもとに結集する学術のイノベーションである。	エネルギー・資源・廃棄物・環境負荷の各制約解決の両立を最上段の目的としたサーキュラーエコノミーを実現するための研究戦略を推進するためのものであり、SDGsの多くの項目に直接的・間接的に貢献する。	【実施計画】 R9－R11: センター設立。データプラットフォーム作成。 R12－R14: 試行事業開始。 R15－R18: 本格事業開始。CEシンクタンク化。 【所要経費】 総額10億円 【実施機関と実施体制】 本提案は構想段階であり具体的な実施機関との相談は開始していないが、資源、素材、化学、循環、廃棄物処理、環境に関連する多くの学協会との速やかな連携が可能である。	⑮
142	未踏強磁場科学による物質材料研究の飛躍 (Development of materials research in unexplored high-magnetic-field science)	強磁場コラブラトリーを基盤とし、未踏領域の強磁場科学推進のため革新的強磁場環境を構築し、物質・材料研究に貢献する。物質・材料研究の飛躍的発展を担う国際統合強磁場科学卓越研究機構へと発展させる。	施設計画	未踏強磁場科学による物質材料研究の飛躍 (Development of materials research in unexplored high-magnetic-field science)	広域科学分野に対応する設備・環境を整備し、未踏強磁場科学を推進する統合的な強磁場研究機構の形成を、(1) 超強磁場極限科学研究、(2) 精密強磁場科学研究、(3) 学際融合科学研究、の観点から目指す。	磁場は時間反転対称性を制御可能な唯一無比の環境であり、物質材料科学に加えて、宇宙物理、生命現象、量子センシング、情報科学における量子制御、加速器技術、などにおいて強磁場による研究の新展開が期待される。	強磁場利用研究は、物質材料、エネルギー、環境、医療分野で大きな社会的役割を果たし、経済、産業、SDGsへの大きな寄与が期待される。その研究成果は基盤的貢献として広く社会に還元される。	【実施計画】 R8－R11: パルス磁場, DC磁場 建設 R12－R15: パルス磁場 部分運用 R16－R18: 本格運用 【所要経費】 総額77億円 【実施機関と実施体制】 東京大学、東北大学、大阪大学の現行スタッフに支援スタッフ32名を加え、超強磁場極限科学系、精密強磁場科学系、学際融合科学系の3系において、約20種類の強磁場装置を運用する。	⑮
143	持続可能な社会基盤構築に繋がる重元素研究の推進 (Heavy-element research that leads to the construction of sustainable society)	50-100年後の出口を見据え、「核分裂現象」を中心に据えた、低エネルギー原子核物理学を推進するため、理化学研究所加速器施設「RIビームファクトリー」の重イオンビーム増強による重元素領域の拡大を図る。	施設計画	持続可能な社会基盤構築に繋がる重元素研究の推進(Heavy-element research that leads to the construction of sustainable society)	核分裂の時間発展に関連した(1) 初期状態からの構造変化、(2) 核分裂の多体トンネル現象の直前の状態、(3) 散逸を伴う時間発展、に関連した研究を推進し、核分裂の理解を進める。	核分裂研究の対象となる重元素領域の拡大、反応を利用した励起エネルギーの観測・制御、核分裂アイソマー利用した核分裂直前の情報取得、核分裂直前に現れるエキゾチックな形状などの研究を推進できる。	新たに開拓する重元素領域の研究により原子力研究の根本的な基礎基盤を担い、原子核科学の知的基盤をもった優秀な人材を創出するだけでなく、安心安全な新たな原子核エネルギー創出につながる。	【実施計画】 R8－R15: 建設期間(加速器および検出器群) R13－R15: 部分運用(加速器の一部の建設が進行) R16－: 本格運用 【所要経費】 総額606.5億円 【実施機関と実施体制】 理研、東大、KEKの共同研究体制により、国際公募による実験課題選定を実施	⑮, ⑯
144	0→1の発見を1→100の生産につなげる実用プロセス開発・イノベーション拠点 (Innovation Hub for Practical Process Development: Bridging 0→1 Discoveries to 1→100 Production)	カーボンニュートラルに資する新技術の実用化には、失われていく従来プロセス技術の集約、量産化やプロセス化の壁を突破するための新たなサイエンスの体系化、専門知の継続・発展のための人材育成が急務である。	施設計画	0→1の発見を1→100の生産につなげる実用プロセス開発・イノベーション拠点の創設と新たなスケールアップサイエンスの構築 (Creating an Innovation Hub for Practical Process Development: Bridging 0→1 Discoveries to 1→100 Production and Establishing a New Scale-Up Science)	本拠点にエンジニアリングの高度な専門知を集積、新技術を実生産につなげる量産化やプロセス化の壁を超える方法論を体系化、研究成果を実用化につなげる専門的な技術支援と、実用化を推進できる人材育成を実施する。	本拠点では、量産化に伴う課題と解決法を学ぶスケールアップサイエンス、プロセス全体の環境適合性と経済性を俯瞰的に評価する手法、技術知と事業知の両輪に基づく探索的アプローチなど新たな学問を体系化する。	本拠点は、経済的・産業的価値が非常に高く、カーボンニュートラルや持続可能な社会実現にも大きく貢献する。失われつつある日本のものづくり技術を集積・発展させることで、貴重な知的価値を次世代に継承する。	【実施計画】 R7－R8: 拠点創設、技術支援と教育支援開始 R9－R10: 拠点施設建設、量産化設備導入 R11－: 本格運用 【所要経費】 総額30億円 【実施機関と実施体制】 東北大学実用プロセス開発・イノベーションセンター、工学・環境科学研究科	⑮
145	複雑・不均一系の分子ダイナミクスに挑む量子光科学拠点の構築(Advanced Photonics Center of Molecular Dynamics in Heterogeneous and Complex Systems)	未踏の評価技術開拓と分析支援環境の構築で、量子光科学研究拠点を形成。分子ダイナミクスの学術開拓により複雑系の機能評価と制御に貢献。資産と技術を継承し学術分野の基盤強化により次世代産業の応用基盤創出。	施設計画	複雑・不均一系の分子ダイナミクスに挑む量子光科学拠点の構築(Advanced Photonics Center of Molecular Dynamics in Heterogeneous and Complex Systems)	現在の低エネルギー小型放射光施設は老朽化問題から持続性に限界。放射光やレーザーを一元集約し、未活用の生命科学に適合する新しい分析法開発やイメージング機能強化により、技術伝承と人材育成に取組む。	分子科学分野の基礎学術的基盤の強化を継承し、未活用の生命科学分野の広帯域計測科学のブレークスルーを目指す。共同利用の視点で小型放射光とレーザーを同等に提供する研究センターにより持続的な発展を目指す。	光科学の進展はエネルギーや環境、食や医薬の安全性の課題解決に役立つ。光計測と光操作・光制御によって異分野の融合学問が発展し、複雑・不均一試料へ適用させることで、未来の科学技術イノベーションへ誘う。	【実施計画】 R8－R14: 実験設備開発と既存設備の高度化と運用 R15－R16: 放射光中核施設建設 R17－: 新センター本格運用 【所要経費】 総額150億円 【実施機関と実施体制】 自然科学研究機構分子科学研究所が主体となり極限光科学イノベーションセンター新設、分子研内各センター、基礎生物学研究所、生理学研究所と連携	⑯

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
146	J-PARCでの高強度重イオンビームによる超高密度物質の研究 (Study of super high-density matter with high-intensity heavy-ion beams at J-PARC)	加速器J-PARCにおける次世代実験計画「重イオン加速計画プログラム」を推進し、重イオン衝突による超高密度極限という科学のフロンティアを開拓する。	研究 計画	J-PARCでの高強度重イオンビームによる超高密度物質の研究 (Study of super high-density matter with high-intensity heavy-ion beams at J-PARC)	J-PARC重イオン衝突実験により、量子色力学(QCD)相転移、QCD臨界点の探索、超高密度クォーク物質、ストレンジネス物質の性質など、高密度QCDに関する最先端研究を推進する。	加速器技術、実験遂行技術、解析計算技術などの発展と次世代の人材を育成し、高密度・ストレンジネス物質の世界的拠点となり、素粒子・原子核・物性物理学をつなぐ学術を創生する。	重力波観測による中性子星内部の高密度物質研究とは相補的に、重イオン衝突という異なる人工的な手法を用いて、宇宙最高密度物質の性質を明らかにすることは、これまでの物質の概念に新たな知見をもたらす。	【実施計画】 R8－R13:建設・準備期間 R14－R16:KEKブースターを用いた試験的運用 R17－:新規ブースターを用いた本格運用 【所要経費】 総額200億円 【実施機関と実施体制】 筑波大、原子力機構JAEA、高エネ加速器機構KEKを中心とし、以下の大学・研究機関が連携する。東京、広島、長崎総科、奈良女、東北、京都、大阪、理研、名古屋、上智、国際教養など	⑬, ⑰
147	MLF第2ターゲットステーション:中性子・ミュオン科学の新たな展開 (MLF Second Target Station: Innovative Developments in Neutron and Muon Science)	大強度陽子加速器施設 (J-PARC) 物質・生命科学実験施設 (MLF) における世界最高パルス強度の中性子およびミュオンビームを用いた利用研究を展開し、我が国における高度な量子ビーム利用の一翼を担う。	施設 計画	MLF第2ターゲットステーション:中性子・ミュオン科学の新たな展開 (MLF Second Target Station: Innovative Developments in Neutron and Muon Science)	第2中性子・ミュオン源 (TS2)を増設し、中性子はMLFの20倍以上の輝度、同時に50倍～100倍のミュオン強度増大を実現することで、新たなサイエンスの創出と利用者拡大による展開を目指す。	TS2の特徴を活かした新たなサイエンス展開は基礎的な学術研究から産業利用まで幅広い。30年先を見据えれば中性子ーミュオンのマルチビームは3次元構造と電子構造の多次元相関の研究に不可欠な手法になる。	TS2では、実空間での物質の観測が可能になるため、食に関する研究分野、水に関する研究分野、環境問題や資源問題に関連する研究、文化財・考古学・古代生物学等広く社会課題解決への幅広い展開が期待される。	【実施計画】 R11－R12:設計期間 R13－R17:建設期間 R18－R20:ビーム調整 R21－:本格運用 【所要経費】 総額600億円 【実施機関と実施体制】 KEKおよびJAEAで共同運営されているJ-PARCセンターが主体となる。	⑬
148	量子ビーム施設統合マルチプローブ学術研究基盤 (Multi-probe Research Infrastructure with Integrated Quantum Beam Facilities)	物質をあるがままにプローブする時代を支えるのは、X線・中性子・ミュオン・陽電子のような量子ビームであり、量子ビーム施設統合マルチプローブ学術研究基盤の構築・強化による統合型量子ビーム科学が鍵となる。	施設 計画	量子ビーム施設統合マルチプローブ学術研究基盤 (Multi-probe Research Infrastructure with Integrated Quantum Beam Facilities)	超伝導ライナックによる軟X線自由電子レーザーを中核とした新施設を建設し、量子マルチビーム研究を進める。低速陽電子ビーム強度の向上、ミュオン・中性子顕微鏡、トランススケールイメージングなどの計画を含む。	量子マルチビーム研究により、物質から引き出せる情報量が豊富になるとともに、それらの多次元相関が統合的に解明できる。観測対象とする物質群の拡大も進み、“あるがままの”新たな物質観を生み出す。	物質には総合知としての様々な情報が内在し、それらが階層化・ネットワーク化して相互作用している。物質の原子配列と電子状態の多次元相関を明らかにする統合型量子ビーム科学は各種SDGsへ貢献する。	【実施計画】 R8－R10:設計期間 R11－R14:建設期間 R14－R15:試験運転 R15－:共同利用運用 【所要経費】 総額368億円 【実施機関と実施体制】 KEK物構研を中心とし、加速器・共通基盤施設の機構内連携、NINS分子研・広島大HiSOR・東大ISSP・大阪大RCNP・スイスPSIの機構外連携により実施する。	⑬
149	超伝導加速器研究拠点 (Superconducting Accelerator Research Center)	より高いビームエネルギー、より大きなビーム強度という二つの方向性を軸に、超伝導技術をより高度化することで加速器の高性能化、さらには持続可能なシステムとしての高効率化、小型化を目指す開発研究を行う。	施設 計画	超伝導加速器研究拠点 (Superconducting Accelerator Research Center)	超伝導空洞の高性能化、大電力高周波源の高効率化、超伝導電磁石の高磁場化と耐放射線性能の向上等の研究を推進。大強度電子ビーム照射、EUV-FEL評価、超伝導BNCT、超伝導電磁石評価等の設備建設も行う。	超伝導加速空洞と超伝導電磁石の性能を飛躍的に向上させる研究開発は、加速器物理学の進展につながるのと同時に、加速器を利用する多くの学術分野の発展に大きな貢献を果たすことが期待される。	超伝導を用いた加速器の高効率化と小型化は、核医学薬剤の生成や加速器BNCT等の医学応用、ナノセルロースの効率的な生成やEUV-FELによる半導体用加工技術の開発等の産業応用を通じて社会に貢献する。	【実施計画】 「Nb3Snを用いた小型大強度電子ビーム照射設備」 1-5年目:開発研究、6-10年目:施設建設 「次世代半導体用EUV-FEL評価設備」 1-5年目:実証機開発、6-10年目:実証機の増強 「クライストロンの高効率化」 1-4年目:開発研究、プロトタイプ製作、5-10年目:実機量産 「超伝導BNCT設備」 1-8年目:設計、開発、建設、9-10年目:運転、性能評価 「超伝導電磁石評価設備」 1-2年目:線材試験設備等の整備、2-6年目:磁石試験設備の整備、線材開発 1-7年目:12T大口径2極磁石開発、8-10年目:大口径2極磁石20T試験 【所要経費】 総額 243.3億円 【実施機関と実施体制】 高エネルギー加速器研究機構の加速器研究施設、共通基盤研究施設が中心となりFNAL、DESY、CERN、LBNL、BNL、京大、東北大、NIMSなど国内外の研究機関と連携して進める。	⑬
150	新学術分野の創成と社会課題の解決を実現する先端放射光科学 (Synchrotron Radiation Research for Innovative Science and Abundant Society)	多角・複合的精密解析と動的イメージングを基盤とする先端放射光科学プラットフォームを構築し、学術・産業の重要課題を解決する。	研究 計画	新学術分野の創成と社会課題の解決を実現する先端放射光科学 (Synchrotron Radiation Research for Innovative Science and Abundant Society)	国内11放射光施設の連携により光源・手法開発、人材育成、量子ビーム・理論融合、物質・生命情報基盤を構築する。	放射光の光源・計測技術革新により、自然科学から人文科学まで広範な分野でブレークスルー創出の基盤を確立する。	温暖化、エネルギー、環境、医療、食の安全等の社会課題解決を支える基盤技術として国民生活に貢献する。	【実施計画】 R7－R11:設備整備、人材育成、データ基盤構築 R12－R16:新設備を基盤とする新技術開発・新光源計画 【所要経費】 総額80億円 【実施機関と実施体制】 国内放射光11施設を中核に大学・研究機関が連携し、光源開発・計測技術・人材育成を一体的に推進する体制を構築する。	⑬

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
151	大強度低速陽電子ビームによる物性科学・基礎科学の革新的展開 (Innovation on materials and basic science employing ultra-high intensity slow-positron beams)	我が国の低速陽電子ビーム生成技術や今後開発される新規技術を用いて、大強度低速陽電子ビームを実現する。これを用いて新たな機能性材料や量子技術開発、新規基礎研究を開拓し、産業・文化的な貢献も果たしていく。	研究計画	大強度低速陽電子ビームによる物性科学・基礎科学の革新的展開 (Innovation on materials and basic science employing ultra-high intensity slow-positron beams)	従来よりも1桁高強度の大強度低速陽電子ビームを実現し、機能性材料や量子技術、純レプトン束縛系、陽電子・電子ペアプラズマ等の研究等を展開する。人材育成と量子ビーム連携を行い、さらなる発展を目指す。	低速陽電子ビームの大強度化によって、物質科学から原子物理学、素粒子物理学、宇宙物理学、プラズマ物理学、量子化学、生命科学等に至る様々な分野に波及する成果を上げることができるようになる。	陽電子研究は経済的・産業的価値が大きい。本構想の展開でSDGsへの貢献も期待できる。基礎サイエンスの観点からは人類の知的価値を創造することになり、次世代のノーベル賞の温床になり得る成果も期待できる。	【実施計画】 R9－R10: 現状調査および概念設計 R11－R13: 各部設計、R14－R15: 製作・設置 R16: 試運転、R17: 実験開始 【所要経費】 総額120億円 【実施機関と実施体制】 本構想に参画するのは、国内の20ほどの国公私立大学、国立研究機関、企業研究所である。それを束ねるのが会員数140名の日本陽電子科学会で、外国籍の研究者も在籍している。	⑬
152	世界を先導できる大型パワーレーザー施設による国際中核拠点の構築 (Towards the global center of excellence with a world-leading large power-laser facility)	日本の強みを活かした独自の高繰り返し大型パワーレーザー施設を実現し、エネルギー密度の高い極限学術の開拓で世界を先導するとともに、産業構造の变革やグローバル人材の育成にも大きく貢献する。	施設計画	多様な知が活躍できるパワーレーザー国際共創プラットフォーム (Global Innovation and Co-Creation Hub Driven by Next-Generation High-Repetition Power Laser Facility and Science)	日本の強みであるレーザー技術を結集した高繰り返し大型パワーレーザー施設を実現し、固体・プラズマ・電磁場の高エネルギー密度極限状態を体系的に探究し、新たな学際領域を創出する国際的学術拠点の形成を目指す。	日本の先端レーザー技術を統合した高繰り返しパワーレーザー施設により、固体・プラズマ・電磁場の高エネルギー密度極限状態を体系的に解明し、量子科学・宇宙物理・核融合など新しい学際領域の創出を目指す。	世界初の高繰り返し大型パワーレーザー施設を整備し、固体・プラズマ・電磁場の極限状態を開拓で学術的発見と人材育成を推進し、新材料・医療・宇宙・エネルギー分野への波及により持続可能社会に貢献する。	【実施計画】 R9－R14: 建設期間(既存装置の改修,新広帯域レーザー増幅媒質の開発,新增幅システム導入) R15－R16: 部分運用 (システムの総合試験,共同利用を想定した運用体制構築) R17－R18: 本格運用 (AI駆動適応型最適制御技術を確立,多様なユーザーに対応) 【所要経費】 総額400億円 (第1フェーズ) 【実施機関と実施体制】 大阪大学を実施責任機関とし、QST関西研など7大学・研究機関を中心に産業界(184社)と連携したオールジャパン体制でレーザー技術開発を行い、国内外の研究者コミュニティによる学術開拓を推進する。	⑬
153	高エネルギー大強度陽子ビームが拓く核子エンジニアリング社会 (Nucleon engineering society opened up by high-energy and -intensity proton beam)	J-PARCの陽子ビームと中性子を最大限活用した「核子エンジニアリング」により、2050年カーボンニュートラル達成、Society5.0の実現等の未来社会実現のための様々な工学的課題解決を目指す。	施設計画	大強度加速器J-PARCを活用した核子エンジニアリング施設計画 (Nucleon engineering facility program with high-intensity accelerator J-PARC)	J-PARCの陽子ビーム利用、またビームを標的に入射して生成する2次中性子利用により、幅広いニーズに対応可能な実験施設である。施設には、放射化した試料を取扱うためのホットセルを設置する。	既存のJ-PARC加速器を最大限活用し、(1)加速器施設や原子カシステム材料の照射、(2)半導体ソフトエラー試験、(3)RI製造、(4)陽子ビーム利用の各分野の多様な陽子ビーム利用のニーズに応える。	原子力材料照射による原子力への理解促進によるカーボンニュートラルに貢献、ソフトエラーに強い半導体デバイス開発によるSociety5.0の実現、医療用RI製造等により、社会的価値創成に資する。	【実施計画】 －R10: 仕様検討・詳細設計 R11－R15: 照射施設建設 R16－R20: 照射施設運転・ホットラボ建設 R21－: 全施設運用 【所要経費】 総額 400億円 【実施機関と実施体制】 日本原子力研究開発機構が主体的な実施機関となり、実験施設のユーザーコミュニティの支援及び様々な研究機関、大学、産業界等との協力により推進	⑬
154	21世紀の量子プローブ「ミュオン」を用いた学際科学の新展開 (Interdisciplinary Science Using the 21st Century Quantum Probe “Muon”)	ミュオン科学は自然科学から人文科学・産業まで広がり、文化財分析など文理融合が進展している。将来、人類が遭遇する問題を解決するため、礎となる学際的な人材の育成をミュオン科学を通して行うことを提案する。	研究計画	21世紀の量子プローブ「ミュオン」を用いた学際科学の新展開 (Interdisciplinary Science Using the 21st Century QuantumProbe “Muon”)	ミュオン科学の学際研究を推進するため拠点大学に研究センターを設立し、国際的強みである国内のミュオン施設2拠点 (MuSIC・MUSE)を活かして分野融合と人材育成を進める構想である。	本センターに在籍する第一線の研究者・技術者により、ミュオンを用いて基礎研究から社会実装などの応用まで幅広く展開する。さらに、センター内外との連携による新たな研究領域を開拓する。	次世代電池や水素利用技術による「多くの人々がクリーンエネルギーを利用できる社会」の実現に資する。また、社会インフラ診断技術の実現により、「産業基盤の強化」や「持続可能なまちづくり」に貢献する。	【実施計画】 R9－R10: 国内施設で専用装置の建設、可搬型ミュオン源の基礎研究 R12－R18: 専用施設の運用、可搬型ミュオン源の実証試験 【所要経費】 総額67億円 【実施機関と実施体制】 大阪大学 (希望)にミュオン科学研究センターを設置し、センター専有ビーム活用、可搬型ミュオン源開発、次世代測定開発、分野融合推進の各部門に教授・准教授・助教を配し、センター長が統括	⑬
155	紫外線域の高輝度小型放射光源を基盤とする国際研究・人材育成拠点の形成と動的局所構造解析による量子物質科学・量子生命科学の推進 (High-brilliance compact synchrotron for science and human resource development)	紫外線域の高輝度小型放射光源を基盤とした、物質の動的現象や生体物質などの機能発現メカニズムを解明する国際研究拠点、および放射光先端計測・AI・DX技術を一貫して学ぶことができる人材育成拠点を構築する。	施設計画	紫外線域の高輝度小型放射光源を基盤とする国際研究・人材育成拠点の形成と動的局所構造解析による量子物質科学・量子生命科学の推進 (High-brilliance compact synchrotron for science and human resource development)	放射光を用いたスピン・電子構造解析の空間分解能を100倍向上し、物質の局所電子状態の動的変化を解明する。また円二色性分光の時間分解能を1000倍向上し、生体高分子の機能発現メカニズムを解明する。	基底状態から励起状態までの電子状態計測によるスピントロニクス材料や高温超伝導等の量子現象解明や、時間分解円二色性分光による生命機能発現機構解明により、量子物質および量子生命科学的研究に新展開をもたらす。	放射光を広く共同利用に供し、産学官連携強化による地域振興やSDGsやカーボンニュートラル実現に向けた学術・応用研究に貢献する。また放射光先端計測、AI・DX技術に通じた専門人材育成にも貢献する。	【実施計画】 R9－R11: 建設期間(実験棟、蓄積リング) R12－R13: 部分運用 (ビームライン調整) R14－R18: 本格運用 【所要経費】 総額64億円 【実施機関と実施体制】 実施機関: 広島大学放射光科学研究所 実施体制: 装置の設置は専門の業者に依頼。建設・調整はセンター教員および技術職員が実施。(KEKなどから助言)。学生やポスドクも適宜参加。	⑬

No.	「学術の中長期研究戦略」の名称	学術振興の「ビジョン」の概要	学術研究構想					所属する グランド ビジョン の番号	
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値		実施計画等
156	中性子ビーム利用の中長期研究戦略(Mid-to-long-term Research Strategy of Neutron Beam Applications)	中性子は物質科学・生命科学から環境・エネルギー・インフラまで多様な分野で利用される。以下の四施策を通じて「だれもが活用でき、社会に開かれた中性子利用」を目指す。	研究計画	中性子ビーム利用いつでもどこでもだれでも、みんなで(Neutron Beam Applications, Anytime, Anywhere, Everyone, Together)	中性子ビーム利用が社会のイノベーション基盤として学術的・社会的・産業的価値の創造を最大化し、我が国の学術・産業基盤の強化に貢献するための中長期戦略を構築する。	中性子ビームは、非破壊かつ高精度で物質の構造と動的挙動を可視化できる特異な計測手法であり、物質・材料科学や生命科学に加えて、エネルギー機能材料、食品、社会インフラなど広い分野への貢献が可能。	本構想により中性子ビーム利用計測技術の高度化と社会実装が進むことで、我が国の持続可能エネルギー社会の実現、産業競争力、文化的・技術的自立性が強化される。	【実施計画】 R8－R18: J-PARC MLF、および、JRR-3の安定運転。新試験研究炉の建設を推進。TS2やJRR-5などの次世代中性子施設の設計更新へと段階的に反映。 【所要経費】 総額2,800億円 【実施機関と実施体制】 高エネルギー加速器研究機構、日本原子力研究開発機構、理化学研究所、産業技術総合研究所、総合科学研究機構、北海道大学、東北大学、茨城大学、東京大学、京都大学	⑬
157	アト秒レーザー科学研究施設(ALFA) (Attosecond Laser Facility (ALFA))	超短パルス光源の技術と軟 X 線領域のアト秒パルス発生技術に基づいた最先端アト秒レーザービームラインを国内外のユーザーのために提供し、先端技術に基礎を置くイノベーションの創出を目的として設置する。	施設計画	アト秒レーザー科学研究施設(ALFA) (Attosecond Laser Facility (ALFA))	先端光源開発技術を集約したアト秒レーザー光源施設を共同利用・共同研究拠点として建設・設置・運営し、日本の研究者が国際的なリーダーとしてアト秒レーザー科学を牽引する。	アト秒領域の物質の時間応答は、ペタヘルツ(10 の 15 乗ヘルツ: ペタヘルツ)周波数の領域での変化となり、ペタヘルツで応答する物質開発に資する。	我が国の研究者、技術者が長年にわたって培ってきた超短パルス光源の技術と軟 X 線領域のアト秒パルス発生技術に基づいた最先端アト秒レーザービームラインを国内外のユーザーのために提供する。	【実施計画】 R8－R9: ALFAプロトタイプへ光源設置と計測系の導入、施設の基本設計および実施設計 R10－R11: 建設期間・部分運用(レーザー光源および計測装置群の設置と試運転・調整) R12: 本格運用(ALFAのビームラインのユーザー利用の開始。国内外、産・官・学からの利用研究の促進) R12以降: 最先端光源のアップグレード 【所要経費】 総額120億円 【実施機関と実施体制】 全国の大学、研究機関、民間企業の研究者の協力の下にアト秒ビームラインを整備し、国内外の幅広い分野の研究者に提供する。	⑬
158	大強度高品質ミュオン粒子ビームによる宇宙の起源の解明と新しい科学分野の開拓(New Scientific Field of High-Intensity & Quality Muon Beam to Study Universe)	ミュオン粒子素粒子物理学プラットフォームを形成、発展させ、連携研究開発により大強度高品質ミュオン粒子ビームを実現し、宇宙の起源の解明を目指す。物質科学・地球科学等の応用研究とも融合し、新分野創成も目指す。	研究計画	大強度高品質ミュオン粒子ビームによる宇宙の起源の開拓(New Scientific Field of High-Intensity & Quality Muon Beam to Study Universe)	既存のミュオン粒子素粒子物理実験の研究開発を進めると共に、他分野も含めた連携体制を構築・拡大し、各研究を融合させることで次世代大強度高品質ミュオン粒子ビームの実現や応用研究のための基盤を形成する。	独立に要素開発が進む先端技術を融合することで大強度高品質ミュオン粒子ビーム技術のブレークスルーが実現でき、素粒子研究のさらなる発展や新しい学術分野の創成も期待できる次世代の基盤技術となりうる。	ミュオン粒子は次世代材料開発やイメージング等に利用され経済・産業界に大きな影響を与えている。本技術はこの関係を量・質ともに変化させ、社会インフラ老朽化調査の刷新など豊かな国民生活に大きく貢献する。	【実施計画】 R8－R15: ビーム大強度化・高品質化・次世代測定技術の原理実証 R16－R25: 各技術の実現 R26－R35: 技術融合による次世代ミュオン粒子ビーム利用の実現 【所要経費】 総額50.3億円 【実施機関と実施体制】 大阪大学・高エネルギー加速器研究機構等の若手研究者を中心としたプラットフォームにより実施。既に確立している国際研究ネットワークにより国内外の研究機関と協力し、多様な人材育成を展開。	⑬, ⑭
159	大強度重イオンビームが先導する量子科学フロンティア(Quantum science frontier led by high-intensity heavy-ion beams)	超重元素の『安定の島』に向かう極限原子核を対象とする超重元素科学で世界をリードする。スマート社会の実現とエネルギー問題解決のための研究開発と合わせ、世界的な量子科学フロンティア拠点を構築する	研究計画	大強度重イオンビームが先導する量子科学フロンティア(Quantum science frontier led by high-intensity heavy-ion beams)	元素の存在限界の解明を目指した新たな超重原子核の開拓と核分裂過程の解明を行うとともに、スピントロニクス素子を実現する重イオンビーム加工技術を創成する。	『安定の島』に向かう原子核を開拓して新領域の核分裂を観測することにより、元素と原子核の存在限界が明らかになる。また、元素周期表が再構築される。	元素の起源の解明は、国民の知的好奇心を高める。省電力で耐放射線性の高いスピントロニクス素子によるスマート社会の実現と宇宙開発の拡大、および喫緊のエネルギー供給に資する安全な軽水炉が実現される。	【実施計画】 R9－R13: 超伝導加速器の構築、建屋建設、実験装置の高度化 R14－R18: 本格運用による成果の創出 【所要経費】 総額200億円 【実施機関と実施体制】 日本原子力研究開発機構(他機関とも協力)	⑬
160	研究用原子炉による中性子科学が切り拓く未来(Shaping the Future through Neutron Science at Research Reactors)	本構想では、研究基盤の更新・高度化を通じて、研究用原子炉による中性子科学を推進し、新学術体系を確立する。これにより、サステナブル社会、量子情報技術、健康長寿、食と資源循環、文化財保全に貢献する。	施設計画	研究用原子炉による中性子科学が切り拓く未来(Shaping the Future through Neutron Science at Research Reactors)	サステナブル社会の実現と国際的リーダーシップの確立に向け、装置群の高度化、試料環境と調製体制、データ基盤、人材・共同利用体制の“四本柱”を強化し、基礎から応用まで一貫して推進する研究基盤を構築する。	本構想の意義は、中性子科学を核とした学術基盤を強化し、幅広い分野にブレークスルーをもたらすことである。これにより、サステナブル社会を実現し、学術体系を刷新し、人類の知的フロンティアを切り拓く。	本構想はエネルギー、食、資源循環、建築・防災、文化財保全などの多面的な社会課題の解決に貢献し、SDGsの目標達成に直結するとともに、国民生活の質向上と持続可能な社会基盤を支える。	【実施計画】 R8－R10: 既存装置の基盤整備 R11－R13: 装置高度化 R14－R15: 新型装置を稼働 R16－R17: 研究成果の総括・重点分野横断での学理統合 【所要経費】 総額200億円 【実施機関と実施体制】 東京大学、日本原子力研究開発機構、京都大学、東北大学が実施機関である。大学・国研・産業界を結ぶコンソーシアムを整備し、研究者・技術者・利用者が一体となり実施する。	⑬

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
161	国際宇宙探査と連携した戦略的火星探査 (Japanese strategic Mars exploration in the international space exploration)	国際協働により人類のフロンティア拡大が格段に進む今後約20年を見据えて、3つの火星探査計画を戦略的に連続実施することにより、水の起源・分布・進化、生命環境に着目した独自の科学成果と工学技術を獲得する。	研究計画	戦略的火星探査: 国際宇宙探査と連携した火星宇宙天気・気候・水環境探査 (MIM) 計画 (Strategic Mars exploration: International MIM (Mars Ice Mapper) project)	ハビタブル惑星成立の条件は何なのか、という人類の根源的な問いに対し、国際協働による火星探査計画MIMIにおいて、周回機に搭載する2つの科学機器パッケージと小型着陸実証機を担当することで挑む構想である。	水の貯蔵と散逸過程に着目した火星探査により、惑星がハビタブル環境を持つか否かを推定する知的基盤と、宇宙放射線環境等の将来の火星有人探査に不可欠な知見、重力天体着陸に関する幅広い工学技術獲得を実現する。	本構想は知的資産を創出し人類の活動域を拡大する国際的な営みであり、STEM教育への有用な教材提供や理工学分野の人材育成に資する。火星着陸技術獲得は多様な産業シーズを包含しSDGsにも貢献可能である。	【実施計画】 R10: ミッション定義審査 R13: 詳細設計審査 R17: 打ち上げ R18: 火星到着、科学観測開始 R20: ノミナル科学観測終了 【所要経費】 総額380億円(TBD) 【実施機関と実施体制】 国際協働探査の中の日本担当分はJAXA(宇宙航空研究開発機構)が実施主体であり、科学検討や搭載機器開発等には、国内外研究機関から約90名(学生を除く)の研究者が参画	⑰
162	惑星探査コンソーシアム (Planetary Exploration Consortium of Japan)	人類圏の宇宙拡大の中で月・火星の科学が国際宇宙探査に貢献するとともに、惑星探査と天文観測が繋がろうとしている。分野融合、産学連携、国際協調と、惑星の起源や生命生存環境の探究が共に発展する未来を目指す。	施設計画	惑星探査コンソーシアム (Planetary Exploration Consortium of Japan)	今後20年間の惑星科学分野の発展を見据えて研究基盤を整備し、バーチャル研究所として共同利用する。分野融合や産学連携、国際協調を進めて、日本が世界最高水準の科学成果を創出するための環境を形成する。	原始惑星系円盤内の化学進化と物質輸送を明らかにして惑星系形成論を実証するための新たな学術領域を形成するとともに、国際宇宙探査に参加して、月・火星の科学を進めて生命生存環境の探究に重要な制約を与える。	技術開発では民間企業との共同技術開発を取り入れる。科学振興のためにデータ利用ツールのインターフェースの簡素化に務める。全国の科学館・博物館と協力して、地球外サンプルの一般公開を促進する。	【実施計画】 R8: 資金調達 R8－R9: 装置改良 R8－R16: 火星大気モデル向上 R8－R10: 分析施設設計、建設 R8－R13: 探査データ公開等 【所要経費】 総額 30.5億円 【実施機関と実施体制】 搭載機器開発＝立命館大、立教大、宇宙研。探査シミュレーション＝京都市大、国立天文台、神戸大。地球外サンプル分析＝東京大、宇宙研。探査データアーカイブ＝会津大。本部＝会津大	⑰
163	次期太陽観測衛星計画: SOLAR-C(高感度太陽紫外線分光観測衛星)(Next generation solar observation satellite project: SOLAR-C)	宇宙での高温プラズマの形成、そのプラズマで満たされた宇宙空間が如何に発展したか、特に太陽が地球や惑星に影響を与える仕組みの解明は、太陽系での生命と居住性の条件を確立する上で最も根源的な問いである。	施設計画	次期太陽観測衛星計画: SOLAR-C(高感度太陽紫外線分光観測衛星)(Next generation solar observation satellite project: SOLAR-C)	太陽の彩層からコロナに至る温度領域を隙間なくかつ1桁以上性能向上した極端紫外線分光観測の実現により、太陽表面から太陽コロナ・惑星間空間への磁気エネルギーと質量の輸送過程や散逸過程を定式化し検証する。	太陽の物理現象を通じて宇宙の物理現象を敷衍するための基礎物理過程の知見、また地球環境・社会インフラに影響を与える太陽の磁気活動に関する知見を得て、地球に生命が誕生した時の太陽地球環境の理解に繋げる。	太陽の活動が実社会に与える影響は大きい。本計画は単に知的な好奇心に基づく価値に留まらず、高度化した社会的基盤の安全性確保にとって必要な学術的知見を得る。開発で獲得される技術は衛星の高度化等に貢献する。	【実施計画】 R5－R9: 衛星開発期間 R10－R10: 射場試験・打上げ R10－R12: ノミナル運用 【所要経費】 総額235億円 【実施機関と実施体制】 JAXA宇宙科学研究所が実施主体で、国立天文台が望遠鏡開発を主導、名古屋大学が科学センタ運営する。フライト品一部は米国・欧州各国が国際協力のもとで開発する。	⑰
164	長期有人宇宙活動を支える宇宙生命科学研究の基盤整備 (Establishment of Space Planet Habitation Science)	宇宙環境を利用した多様な宇宙生命科学、理学、工学に加え、広範な科学、宇宙法や文化に関する社会科学等、多様で調和のとれたコミュニティと連携し、「宇宙惑星居住科学の確立」を目指す。	研究計画	長期有人宇宙活動を支える宇宙生命科学研究の基盤整備 (Establishment of Space Planet Habitation Science)	宇宙横断的学際学術コミュニティの継続的な連携の下、宇宙生命実験の機会を広げるプラットフォームを整備し、月面における動植物育成研究設備の設計・設置、それらを利用した宇宙実験系やCELSSを構築する。	文理の枠を超え1つの「宇宙横断的学際学術コミュニティ」の下、ヒトが同じ生態系の中で安心、安全の下で生きるための横断的学際研究を展開することで、新たな研究領域が開拓されることが期待される。	宇宙滞在でのリスクや課題を克服し、人類が安心・安全に宇宙に進出するための学術研究構想で、日本が世界を先導して宇宙惑星居住科学を進めることの社会的価値は、我が国のみならず、国際的にも絶大である。	【実施計画】 R7－R10: 宇宙生命実験標準ユニットの開発 R10－: 宇宙実験実施 R7－R14: CELSS構築に向けた設計、設置、運用の準備 【所要経費】 総額135億円 【実施機関と実施体制】 宇宙惑星居住科学連合を中心に、JAXA、宇宙環境利用研究に携わる国内の大学、研究機関が参画し、国家プロジェクトとして、オールジャパン体制で本構想を強力的に推進する。	⑰
165	人類のフロンティア拡大を牽引するシームレスな宇宙輸送ネットワークの実現 (Realization of a space transportation network to expand the human frontier)	宇宙輸送はあらゆる宇宙活動を支える基盤であり、宇宙空間における人類活動拠点の展開を見据え、地球圏宇宙の拡大を牽引することを目的として地上から月惑星圏を網羅する宇宙輸送ネットワークを確立する。	研究計画	人類のフロンティア拡大を牽引するシームレスな宇宙輸送ネットワークの実現 (Realization of a space transportation network to expand the human frontier)	地上から月惑星圏を網羅する宇宙輸送ネットワークを確立するために、エアブリーザを搭載した独自の輸送システム、軌道上の中継拠点、軌道間輸送機システムを構築し、人類のフロンティア拡大を牽引する。	多岐にわたる基盤学術分野を、超高温、極低温、超高圧、高真空、無重量といった極限的環境条件へ拡張するとともに、宇宙での社会形成や規範作りを見据えて分野横断的な連携により新しい学術領域の創成を目指す。	宇宙太陽光発電によるエネルギー変革とSDGsへの貢献、宇宙での産業創生とあらたな芸術や文化の創造、宇宙探査や宇宙物理学による知的価値の創出など、人類全体に有形・無形の大きなベネフィットをもたらす。	【実施計画】 R5－R12: 再使用型輸送機の実現に向けたキー技術研究 R13－R23: 再使用型輸送機や補給機のサブシステム飛行実証 R24－R33: 二段式再使用輸送機の運用と単段式輸送機の実用化研究 【所要経費】 総額700億円 【実施機関と実施体制】 日本航空宇宙学会と日本ロケット協会が主体的に推進する。ガスタービン学会、ターボ機械協会、マイクログラビティ応用学会、惑星科学会、スペースロー研究会、JAXAの各機関と連携する。	⑰

No.	「学術の中長期研究戦略」の名称	学術振興の「ビジョン」の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
166	太陽X線・ガンマ線観測衛星 PhoENiX (Solar X-ray and Gamma-ray Observation Satellite: PhoENiX)	宇宙・物質・空間の起源と太陽系・生命の起源に迫るため、高いエネルギーにまで達するプラズマ加速現象の普遍性と、太陽や恒星におけるプラズマ加速現象が惑星の環境と居住可能性に与える影響の理解を目指す。	施設 計画	太陽X線・ガンマ線観測衛星 PhoENiX (Solar X-ray and Gamma-ray Observation Satellite: PhoENiX)	太陽フレアをはじめとする太陽での高エネルギープラズマ現象を研究対象とし、人工衛星を用いて、世界初となる定常的な軟X線～硬X線の2次元集光撮像分光観測と高精度の硬X線～軟ガンマ線の偏光分光観測を行う。	粒子の加速を含めた太陽フレアの理解に大きなブレークスルーをもたらすとともに、様々な宇宙プラズマ環境での高エネルギー現象の理解の足掛かりを築く。加えて、宇宙天気研究の観点からも極めて重要な役割を果たす。	太陽フレア粒子の加熱・加速・輸送とエネルギー分配を解明し、宇宙天気予測と社会影響把握に貢献 (SDGs11)。日本のX線観測の伝統を継承し、人材育成 (SDGs4) と産業技術革新 (SDGs9) にも波及。	【実施計画】 R9頃：提案 R10頃～R17頃：設計、製作、試験 R18頃：打ち上げと観測開始 R18頃～R19頃：運用 R20頃～：延長運用 【所要経費】 総額約180億円 【実施機関と実施体制】 宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所 (ISAS/JAXA) の公募型小型計画の枠組みで実施する。実施機関はISAS/JAXAを想定。計画採択後にISAS/JAXA内に体制構築予定。	⑰
167	月での持続可能な社会の構築を目指した「アカデミック・ハブ」構想による分野横断的な学術の振興(Promotion of cross-disciplinary studies through the “Academic Hub” concept aimed at building sustainable societies on the moon)	月での持続可能な社会構築・維持・発展を目標に、理工学そして人文社会科学分野をも横断・融合した分野での理論構築と実証を目指す。研究者が集い、研究成果を還元する役割も担う「アカデミック・ハブ」を構築する。	施設 計画	月での持続可能な社会の構築を目指した「アカデミック・ハブ」構想による分野横断的な学術の振興 (Promotion of cross-disciplinary studies through the “Academic Hub” concept aimed at building sustainable societies on the moon)	将来の月での持続可能な社会構築を目指し以下の分野を促進する。 ・月面探査 ・資源リサイクリング実証 ・遠隔とその場の複合操作による建設実験 ・多様な構成員社会のシステム検証 ・持続可能な月面社会プロトタイプ創成	閉鎖空間内完全循環型社会の創成による地球規模課題の解決への寄与。 月の地質・内部構造・環境等の調査による理学研究の発展への寄与 アルテミス計画で建設される月面基地に科学技術による国際貢献を行う。	理学、工学、人文社会科学などの分野横断を意識し、人の生活圏が宇宙に広がることにより、新しい価値観が醸成される。「デジタル」「グリーン」「バイオ」「先端素材・材料」の領域を中心に産業構造変革に繋がる。	【実施計画】 R5～R8：ミッションシナリオ作成、セレクション R8～R10：設計、建設、部分運用 R10～：本格運用 【所要経費】 総額2,000億円 【実施機関と実施体制】 大学、JAXA、民間企業、地方自治体等がアクセスしやすい仮想的組織を目標に準備室を設置し、日本航空宇宙学会を中心に「宇宙惑星居住科学連合」に参画する学協会から支援をえて検討チームを選。	⑰
168	人類の宇宙圏進出を支える「宇宙人間学：アストロ・ヒューマニクス」の創出 (“Astro-Humanics”: A New Integrated Discipline of Engineering and Human Sciences Supporting Human Expansion into Space)	有人宇宙活動の長期化に向け、宇宙での人間の身体・精神のウェルビーイングを中心に、宇宙医学・居住環境・宇宙輸送を統合する新学問「宇宙人間学」を創出し、人類の持続的宇宙生活基盤を構築する。	研究 計画	人類の宇宙圏進出を支える「宇宙人間学：アストロ・ヒューマニクス」の創出 (“Astro-Humanics”: A New Integrated Discipline of Engineering and Human Sciences Supporting Human Expansion into Space)	宇宙医学・ウェルビーイング、宇宙農業、宇宙建設、宇宙推進、人文社会科学の五領域を統合し、宇宙での人間中心の生活圏を支える新たな総合学問を確立するとともに、それを地球でのサステナビリティ技術に還元する。	本構想は、人類が宇宙を新たな生活圏として持続的に利用するための学術基盤を構築するものであり、宇宙における人間のウェルビーイングを中心に据えた、医学・農業・建設・輸送の総合科学である点に独創性がある。	本構想は、宇宙研究を通じて多様な社会価値を創出する。宇宙医学は健康寿命延伸や医療技術の発展に、宇宙農業や資源循環技術は持続可能社会に、宇宙スポーツや文化活動は新産業創出や人類の協調と平和に貢献する。	【実施計画】 R8～R12：アストロ・ヒューマニクスセンター、高効率宇宙推進、大型高真空チャンバー共用、宇宙農産物生産、宇宙医学研究施設を整備し、運用を開始 R13～R17：上記5つの基盤施設間の有機的ネットワーク機能を構築し、分野融合の新たな価値を創出 【所要経費】 総額800億円 【実施機関と実施体制】 全体を統括する「アストロ・ヒューマニクスセンター」を筑波大学に設置し、JAXAをはじめとする国立研究機関や、関連する多くの民間企業と連携して研究を実施する。	⑰
169	宇宙望遠鏡JASMINEによる近赤外時系列位置・測光天文学で拓く天の川銀河と系外惑星の探究 (Exploring the Milky Way Galaxy and exoplanets by near-infrared space telescope, JASMINE)	近赤外線宇宙望遠鏡を用いて、天の川銀河の形成進化の探究と、生命居住可能領域にある地球型系外惑星の探索を行い、「人類はなぜ宇宙にいるのか」「我々は宇宙で孤独なのか」という根源的な疑問の解明に貢献する。	施設 計画	JASMINE (赤外線位置・測光天文観測衛星) (JASMINE (Japan Astrometry/photometry Satellite Mission for INfrared Exploration))	JAXA宇宙科学研究所の公募型小型での実現を目指す天文観測衛星計画である。銀河系中心核領域の星の高精度な位置天文情報を求めるとともに、中期M型星周りの生命居住可能領域にある地球型惑星の探索も行う。	世界で初めて得られる銀河系中心核領域の星の高精度な距離と運動の情報をもとにして中心核構造の起源・進化が解明できる。また中期M型星の大気観測・生命探査へつながらる他に類を見ない地球型惑星サーベイとなる。	星の高精度な運動情報などは人類の知的財産としての価値が高い。さらに開発中の我が国初の衛星搭載可能な高性能赤外線検出器が完成すれば、国際的プレゼンスの向上や国内産業の活性化につながる。	【実施計画】 R7～R13：開発期間、衛星打上げ R14～R21：運用、データ解析、カタログ作成と公開 【所要経費】 総額：JAXA宇宙研公募型小型計画の予算による対応 【実施機関と実施体制】 JAXA宇宙研、国立天文台、京都大学、宮城教育大学、東京大学、UCL、ESA、ハイデルベルグ大学、東北大学、新潟大学、弘前大学、等。	⑱
170	惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画 (LAPYUTA) (Life-environmentology, Astronomy, and Planetary Ultraviolet Telescope Assembly (LAPYUTA))	人類の基本的な科学目標である、宇宙の物質と空間の起源の理解と生命の可能性の探求に対し、惑星探査と相補的な望遠鏡を活用して今後10年で先鞭をつけ、その後の大型計画と国際協力により理解の深化を目指す。	研究 計画	惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画 (LAPYUTA) (Life-environmentology, Astronomy, and Planetary Ultraviolet Telescope Assembly (LAPYUTA))	1)太陽系内天体の生命生存可能環境と進化、2)系外惑星大気の特徴づけと表層環境推定、3)銀河Ly α ハロー観測による銀河形成の普遍性、4)中性子星合体による重元素合成、に紫外線宇宙望遠鏡により取り組む。	木星の氷衛星と金星・火星の大気進化は生命生存可能環境の探求に向けた調査の焦点であり、系外惑星大気観測と組み合わせる理解を深める。銀河形成と重元素の起源は物質と空間の起源の理解に残された基本問題である。	太陽系内・系外の惑星の観測を通して、生命生存可能環境の形成・進化に関する普遍的な知見を獲得するとともに、地球環境の未来予測に寄与する。キー技術を通して、宇宙ミッションの重要技術の安定供給にも貢献する。	【実施計画】 R6～R8：プロジェクト準備期間(3年) R9～R17：プロジェクト期間：開発(6年)・運用(3年) R18～R26：後期運用期間(最長9年) 【所要経費】 180億円 【実施機関と実施体制】 実施機関はJAXA宇宙科学研究所で、国内外17機関・大学から58名の研究者が参加している。現在はプロジェクト準備期間にあり、最終選定に向けた検討を進めている。	⑱

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
171	国際電波望遠鏡計画SKAO による現代天文学の開拓 (Development of Modern Astronomy by International Radio Telescope SKAO)	宇宙の初期状態、惑星の 誕生過程、生命始原物質 の生成などの重要課題を 国際競争力あるSKAOに参 画して解決に挑む。多分野 を融合した学問を開拓し、 学術情報基盤の開発や データ科学の推進を通じ社 会に貢献する。	施設 計画	国際電波望遠鏡計画 SKAOによる現代天文学の 開拓 (Development of Modern Astronomy by International Radio Telescope SKAO)	従来の10倍近い性能を達 成するセンチメートル・メ ートル波電波干渉計を国際 協力で建設し運用する。日 本は宇宙再電離・宇宙磁 場・パルサーを科学目標に 定め、性能評価やデータ 解析地域センターの開発 に貢献する。	世界最大のセンチメー トル・メートル波電波干渉計 でなければ達成できない 様々な科学目標に挑む。 日本の大型望遠鏡に従来 なかった波長域の研究が 加わることで相乗的に国際 的に優れた研究成果の創 出に貢献できる。	期待される多くの新発見は 国民に勇気と興奮をもたら す。国際性ある研究者の 育成、国際親善、情報通 信・ビッグデータ処理・AI技 術の開発、ほか国連SDGs の4、7、9、10、17への貢 献。	【実施計画】 R3－R8: 建設期間 R9－R11: 部分運用 R12－R51: 本格運用 【所要経費】 総額3437億円(R3－R12) 日本の所要経費は100.53億円(R3－R12) 【実施機関と実施体制】 世界16カ国が参加する政府間機構SKA天文台が運営。日本は連携国とし て参加し、名古屋大学と国立天文台を中核に大学等とも役割を分担し参 加する。	⑱
172	惑星間宇宙望遠鏡による新 時代のダストフリー天文学 の創成 (Opening a New Era of Astronomy with Interplanetary Space Telescopes)	宇宙や銀河の起源解明を 目的として、可視・赤外域 における初期宇宙起源の 宇宙背景放射を深宇宙か ら地球近傍ダストの影響な く究極の精度で観測する革 新的な「惑星間宇宙望遠 鏡」を開発し、新時代の天 文学を創成する。	研究 計画	惑星間宇宙望遠鏡による 新時代のダストフリー天文 学の創成 (Opening a New Era of Astronomy with Interplanetary Space Telescopes)	宇宙望遠鏡をダストが希薄 な惑星間空間へ投入し、可 視・赤外域における究極精 度の宇宙背景放射観測に より、宇宙の晴れ上がり前 後の未開拓時代の原初天 体や背景ニュートリノ崩壊 光子を捉えることで宇宙史 を解明する。	宇宙背景放射観測による 原初天体や背景ニュートリ ノ崩壊の初検出は宇宙の 起源と進化の解明や物理 学に革命的な進歩をもたら すとともに、惑星探査軌道 をもつ宇宙望遠鏡の新概 念は天文学にパラダイム シフトをもたらす。	ノーベル賞級の科学成果 を生み出すとともに、将来 の宇宙開発に適用しうる革 新的な惑星探査技術の開 発に寄与する。惑星間空 間を航行する革新的な宇 宙望遠鏡は国民からの関 心や理解が得られる。	【実施計画】 R8－R13: 技術実証 (OPENS-0計画の実現) R14－R19: 本格的なIPSTの提案と開発 R20－R25: IPST pathfinder計画の実施 【所要経費】 総額200億円程度 【実施機関と実施体制】 本研究構想は関西学院大学がとりまとめ、技術開発はOPENS-0計画を 推進するJAXA宇宙科学研究所と関係する国内の大学が協力して行う。	⑱
173	CTA国際宇宙ガンマ線天文 台 (CTA International Cosmic Gamma Ray Observatory)	宇宙の進化および基本法 則を解明するために、宇宙 ガンマ線観測により、星や 銀河の進化および物質起 源と関係しているブラック ホールの形成・進化、宇宙 線の起源、ダークマターの 解明および基礎物理法則 の検証を行う。	施設 計画	CTA国際宇宙ガンマ線天文 台 (CTA International Cosmic Gamma Ray Observatory)	宇宙からの超高エネル ギーガンマ線を観測する、 次世代の国際宇宙ガンマ 線天文台であり、3種類の 口径からなる計73台の大 気チェレンコフ望遠鏡をス 페인とチリに設置し、全 天を観測する。	CTAは極限天体のガンマ 線観測を約120億光年先ま で可能とし、マルチメッセ ンジャー観測の重要な柱とな る。現行の人工加速器で 届かない高エネルギー領 域でダークマター探索や基 礎物理法則検証ができる。	CTA天文台は、人類の想 像を遥かに超えた極限的 な宇宙の姿や宇宙の進化 を明らかにし、社会的関心 に応えることができる。望 遠鏡建設に新たな先端技 術、ビッグデータ処理技術 などを利用しており産業的 価値が高い。	【実施計画】 H28－R12: 北サイト建設 R4－R12: 南サイト建設 H30－R31: 北サイト観測運用 R12－R31: 南サイト観測運用 【所要経費】 総額175億円 (北32・南20年間運営の場合)、総額102億円 (10年間運営 の場合) 【実施機関と実施体制】 25か国約1500名のCTAコンソーシアムが推進し、ERICが運営機関。主要 国は独、伊、仏、西、日本。日本は東京大学宇宙線研究所を中心に名古 屋大学など30機関約130名が参加。	⑱
174	30m光学赤外線望遠鏡 TMTによる天文学・宇宙物 理学の革新と太陽系外惑星 における生命の探求 (30m- Telescope TMT – Breakthroughs in Astronomy and Probe of Exoplanetary Life)	口径30m光学赤外線望遠 鏡TMTの建設により、地球 型系外惑星や宇宙の初代 星、宇宙膨張史等の理解 を一新し、人類の究極の課 題である「惑星形成と生命 誕生の解明」「宇宙の全貌 の理解」を目指す。	施設 計画	30m光学赤外線望遠鏡計 画TMT (Thirty Meter Telescope (TMT))	従来の10m級望遠鏡を解 像度で3倍、感度で100倍 上回る圧倒的な性能を実 現する光学赤外線望遠鏡 TMTをハワイ島マウナケア に国際協力で建設し、天文 学と関連学術分野の発展 に寄与する。	地球型系外惑星の直接撮 像に初めて挑み、惑星大 気の組成を光の分光に よって調べ、酸素等の生命 の存在を示す分子を探る。 初代星の誕生時期を同定 し、その紫外線放射や超 新星爆発が銀河形成に与 える影響を解明する。	国際的な研究・技術開発を 通じて大学の研究・教育水 準向上およびグローバ ル化を促進し、科学技術に広 く学生の関心を引付ける。 大型構造物の精密制御や 大型高精度光学系の量産 を必要とする産業への応 用が期待できる。	【実施計画】 H26－R18: 建設期間 R19－R69: 本格運用 【所要経費】 総額38億ドル 【実施機関と実施体制】 自然科学研究機構 (国立天文台)、米国カリフォルニア大学・カリフォルニ ア工科大学、カナダ国立研究機関、インド科学技術庁、米国天文学連合 (AURA) (米国国立科学財団 (NSF))	⑱
175	南天におけるPeV領域ガン マ線広視野連続観測 (Mega ALPACA) (Wide Field-of- View PeV Cosmic Gamma- Ray Survey in the Southern Sky (Mega ALPACA))	マルチメッセンジャー天文 学の欠けたワンピースであ る南天でのPeVガンマ線の 観測を実現することで、宇 宙線を利用した宇宙・素粒 子原子核・太陽地球物理、 考古学、防災等の多彩な 学術研究領域を発展させ る。	研究 計画	南天におけるPeV領域ガン マ線広視野連続観測 (Mega ALPACA) (Wide Field-of-View PeV Cosmic Gamma-Ray Survey in the Southern Sky (Mega ALPACA))	南米アンデス山脈の高地 に総面積1平方キロメー トルの観測装置を設置し、未 開拓の南天におけるPeV (可視光の1000兆倍のエ ネルギー) 領域宇宙ガンマ 線の広視野連続観測を世 界最高感度で行う。	宇宙線をPeV領域まで加 速している宇宙粒子加速 天体の発見とその正体の 解明、PeV銀河系内拡散 ガンマ線の観測による宇 宙線の銀河系内拡散の解 明、宇宙線中の太陽の影 の観測による宇宙天気予 報等が期待される。	マルチメッセンジャー天文 学を通して、「人類の知の 地平を開く」ことに資する。 また、巨大太陽フレアに伴 う磁気嵐の到来は、社会イ ンフラへの大脅威である が、宇宙天気予報の新た なブロープとして社会に貢 献する。	【実施計画】 R10－R10: 建設準備 R11－R15: 観測装置設置、部分観測 R16－R25: 本観測 【所要経費】 総額65億円 【実施機関と実施体制】 東大、横国大、神奈川大、宇都宮大、信州大、大阪公大、サンアンドレス 大、情報学研、中部大、都立産技高専、日大、理研、原子力機構、大阪電 通大、広島市立大、長野工科短大、グアダラハラ大等	⑱

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
176	NASA 6m紫外線可視近赤 外線望遠鏡Habitable Worlds Observatoryへの参 加(Participation to NASA 6m IR/O/UV Space Telescope: Habitable Worlds Observatory)	生命の起源の理解は、人 類最大の課題である。系 外惑星の発見は、我々の 価値観を一変させた。今 後、我々の最大の挑戦は、 地球型岩石惑星の大気成 分を観測し、生命居住環境 及び生命活動の痕跡を探 すことである。	施設 計画	NASA 6m紫外線可視近赤 外線望遠鏡Habitable Worlds Observatoryへの参 加(Participation to NASA 6m IR/O/UV Space Telescope: Habitable Worlds Observatory)	NASAの超大型宇宙望遠 鏡Habitable Worlds Observatoryに、日本が参 加し、1)系外惑星におい て、生命居住環境及び生 命の痕跡の探索、2)広範 囲な一般宇宙物理学研 究、を遂行する。	初の地球外生命発見と言 う世界で唯一の歴史的計 画に貢献することの重要性 は言うまでもない。日本の 研究者にこの世界最高水 準の装置へのアクセスを 可能にするのは、広い分 野の研究者にも大きな資 産となる。	初めての系外生命探索の 知的価値は非常に高い。 ハッブル宇宙望遠鏡の後 継機として美しい天体画像 と共に全世界に衝撃的な 科学成果を生み出し感動 を与えると期待されてお り、それらの知的価値は非 常に高い。	【実施計画】 R5－R11:技術実証 R13－R22:代製作 R23－R28:打上 運用期間:10年間(+15年) 【所要経費】 総額\$11B(日本貢献分:約225-405億円) 【実施機関】 JAXA、国立天文台、各研究機関	⑬
177	多波長・マルチメッセン ジャー観測による初期宇宙 探索・極限時空探索 (Exploration of the early universe and the extreme space-time by multi- wavelength and multi- messenger observation)	宇宙で最初の天体形成期 である初期宇宙の物理状 態の変遷を理解すること と、重力波やニュートリノを 含めた「マルチメッセン ジャー天文学」を推進する ことでブラックホールの誕 生や進化を理解する。	研究 計画	ガンマ線バーストを用いた 初期宇宙・極限時空探索 計画 HiZ-GUNDAM(High- z Gamma-Ray Bursts for Unravelling the Dark Ages Mission : HiZ-GUNDAM)	高感度の広視野X線モニ ターと可視光・近赤外線望 遠鏡を搭載した科学観測 衛星により、初期宇宙で発 生するガンマ線バースト現 象やマルチメッセンジャー 天体を迅速に同定し、大型 望遠鏡と連携して物理情 報を獲得する。	初期宇宙における星形成・ 宇宙再電離・重元素合成 などの歴史的な変遷と、重 力エネルギーを源泉とする 粒子加速や希土類元素の 生成などを観測すること で、「宇宙の物質と空間の 起源」について理解する。	遠方宇宙の探索は人類の 根源的な欲求であり、ブ ラックホールの観測は我々 の存在する時空を深く理解 することにつながる。「何 故、我々の宇宙はこのよう な姿なのか?」という問い に、科学的に答えを見出 す。	【実施計画】 R10:プロジェクト化 R11－R15:製作期間 R15－R18:運用・観測・成果創出 【所要経費】 総額180億円(JAXA公募型小型計画として実施) 【実施機関と実施体制】 実施責任:宇宙科学研究所および金沢大学(PI) 東北大、山形大、理研、関西学院大、甲南大、京都大、東京都市大、千葉 工業大学、広島大学、宇宙線研など45名の研究者	⑬
178	南極テラヘルツ望遠鏡によ る南極天文学の開拓と銀河 進化の解明及び宇宙論パラ メータの決定(Pioneering of Antarctic Astronomy and Elucidation of Galactic Evolution by Antarctic Terahertz Telescope)	南極内陸部の新ドームふ じ基地に大口径テラヘルツ 望遠鏡を建設しテラヘルツ 天文学を切り開き、銀河形 成と宇宙論の大きな未解 明問題に挑む。さらに、国 際的な天文観測拠点を新 ドームふじ基地に形成す る。	施設 計画	南極12mテラヘルツ望遠鏡 計画(Antarctic 12-m Terahertz Telescope Project)	南極内陸部新ドームふじ 基地に超広視野12mテラ ヘルツ望遠鏡を建設し、銀 河の誕生・進化の解明と宇 宙論パラメータの矛盾にせ まる。いまだ未開拓の領域 であるテラヘルツ天文学を 推進する。	テラヘルツ帯の原子・分子 輝線や星間ダストの熱放 射の観測によって、銀河・ ブラックホールの形成・進 化の解明につながる。ま た、宇宙論パラメータの決 定に有用な重力レンズ天 体の多数検出が期待され る。	天文学および科学への支 援、子供たちが科学に関 心を持つという教育的効果 が期待される。南極という 厳しい環境での低温技術 や柔軟かい地盤上での建 築技術の創出、テラヘルツ 技術の開発につながる。	【実施計画】 R8－R9:詳細設計・製造 R10－R12:筑波大学に仮組、性能評価 R13－R15:建設 R15:観測開始 【所要経費】 総額94.3億円 【実施機関と実施体制】 望遠鏡の建設・運用は、筑波大学を中心とする大学連合を軸に、南極天 文コンソーシアムが実施する。南極新ドームふじ基地の建設・運用、輸送 などは、国立極地研究所と協力して実施する。	⑬
179	極高エネルギー宇宙線国際 共同観測実験(Global Cosmic Ray Observatory, GCOS)による次世代天文学 の開拓と極限宇宙物理現象 の解明(Clarifying Universe's Extremely Energetic Phenomena and Emerging Ultra-High- Energy Cosmic-Ray Astronomy with the Global Cosmic Ray Observatory (GCOS))	宇宙に存在する宇宙線 は、激烈な極限宇宙物理 現象、宇宙の成り立ち、多 様な天体の進化にも重要 な役目を担っている。本ビ ジョンでは宇宙線の起源解 明およびその応用分野を 含む『宇宙線学』の飛躍的 な発展を目指す。	施設 計画	極高エネルギー宇宙線国 際共同観測実験(Global Cosmic Ray Observatory, GCOS)による次世代天文 学の開拓と極限宇宙物理 現象の解明(Clarifying Universe's Extremely Energetic Phenomena and Emerging Ultra-High- Energy Cosmic-Ray Astronomy with the Global Cosmic Ray Observatory (GCOS))	本構想では、世界中の宇 宙線観測装置の拡張・新 設によってGCOSを実現 し、現在より一桁以上高い 感度によって「極高エネル ギー宇宙線天文学」を飛躍 的に成長させることで極限 宇宙の新しい姿を明らかに する。	宇宙空間において最大の エネルギーを持つ「極高エ ネルギー宇宙線」の起源・ 加速機構は明らかになっ ておらず、現在の天文学、 宇宙物理学、素粒子物理 学において解明すべき最 重要課題のひとつとなっ ている。	黎明期にある「極高エネル ギー宇宙線天文学」を飛躍 的に成長させ、極限宇宙 の新しい姿を観る次世代 の天文学となることは、社 会においても知的好奇心 を刺激する研究内容とな らう。	【実施計画】 R9－R11:検出器デザインの決定 R12－R16:検出器の設置開始、初期解析 R17－R19:定常観測開始、物理解析結果の公表 【所要経費】 総額250億円 【実施機関と実施体制】 GCOSは、テレスコープアレイ実験とピエールオージェ観測所の主要機関 を中心とした国際共同研究で推進する。国内では、GCOS-Japanコンソー シアムに参加する12機関で実施する。	⑬
180	赤外線観測用冷却宇宙望 遠鏡で革新する銀河と惑星 の起源の研究(Research on galaxies and planets innovated with an infrared space telescope)	世界最先端の研究力の維 持には光学赤外線天文学 の大型計画もスペースへ 進出することが必須。銀河 と惑星の起源の解明を目 指す宇宙望遠鏡GREX- PLUSを打ち上げる。取得 データは世界の天文学の レガシーとなる。	施設 計画	赤外線観測用冷却宇宙望 遠鏡で革新する銀河と惑 星の起源の研究 (Research on galaxies and planets innovated with an infrared space telescope)	近中間赤外線帯の超広視 野撮像機能と高分散分光 機能を持つ、口径1メート ル級の宇宙望遠鏡GREX- PLUSを開発する。検出器 冷却には世界最高性能を 誇る国産の宇宙用機械式 冷凍機技術を活用する。	最遠方銀河(宇宙の一番 星)の発見や、銀河形成の 物理過程とΛCDM構造形 成シナリオの検証。惑星系 形成領域のスノーラインの 時間空間進化を観測し、惑 星系形成過程や地球型惑 星上の水の起源を解明。	銀河と惑星の起源に関す る研究は国民の関心が極 めて高く、学术界屈指のキ ャーコンテンツである。 GREX-PLUSの開発は主に 日本国内で行なうため、経 済的・産業的価値も高い。	【実施計画】 R4:「銀河進化・惑星系形成観測ミッション時限WG」設置 R6:戦略的中型計画候補に位置付けられる R10－R18:開発期間 R19－R24:運用期間(R29頃まで延長) 【所要経費】 総額395億円 【実施機関と実施体制】 宇宙望遠鏡GREX-PLUSは宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所が戦 略的に進める中型計画の候補である。赤外線宇宙望遠鏡「あかり」衛星 や、すばる望遠鏡などの開発に携わった研究者を含む100名以上が参 加。	⑬

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想					実施計画等	所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値		
181	次世代大型電波干渉計 ngVLAでもたらす宇宙史と 生命の理解の新機軸 (New breakthrough in understanding the history of universe and life with the ngVLA)	宇宙誕生から現在に至る 物質の大循環を探究し、銀 河形成や太陽系誕生過程 の理解を飛躍的に高める ことで、人類が存在する条 件が宇宙史の中でいかに 整えられてきたのかという 疑問に対して一貫した視座 をもたらす。	施設 計画	次世代大型電波干渉計 ngVLAでもたらす宇宙史と 生命の理解の新機軸 (New breakthrough in understanding the history of universe and life with the ngVLA)	ngVLAは米国が主導する 大型電波干渉計の国際計 画で、初期運用を経て 2040年代に本格稼働す る。合計263台のアンテナ を用いて、主にセンチ波帯 で既存の望遠鏡を圧倒す る集光力と解像度を実現 する。	ngVLAは塵に遮られない 長波長観測で原始惑星系 円盤や分子雲を探り、他波 長望遠鏡とも連携して、惑 星系形成の多様性・生命 誕生の初期化学条件・宇 宙史における物質の大循 環等に革新的かつ一貫し た知見を与える。	地球型惑星や生命の起源 に深く関係するngVLAの成 果は、人類の宇宙観に革 新的な影響を与える。大規 模計画として低コストで高 性能装置を量産する必要 があり、産業界に新たな発 想に基づく開発領域をもた らす。	【実施計画】 R5－R9: 設計・試作準備 R10－R14: 試作機製造・試験観測 R15－R21: 本格建設・初期運用 R22－: 本格運用 【所要経費】 総額3.6億～6.5億米ドル 【実施機関と実施体制】 日本では自然科学研究機構国立天文台が実施機関である。国立天文台 ngVLA検討グループは米国側と実施内容を協議しており、大学研究者と ともに科学的・技術的検討を進めている。	⑱
182	大型サブミリ波望遠鏡LST 計画の実現に基づくサブミリ 波帯多次元掃天文学の 創出 (Astronomical exploration based on the Large SubmillimeterTelescope)	星・惑星や銀河の「材料」 の観測に適したサブミリ波 帯において、アルマと相補 的なディスカバリー・スペ ースを切り拓く。大規模掃天 観測に基づき、天体・構造 形成と進化の理解を格段 に発展させる。	施設 計画	大型サブミリ波望遠鏡LST 計画の実現に基づくサブミ リ波帯多次元掃天文学 の創出 (Astronomical exploration based on the Large SubmillimeterTelescope)	超広域撮像能力(アルマ比 1万倍以上)と超広帯域分 光能力(アルマ比10倍以 上)を持つ望遠鏡と観測装 置を開発する。空間・宇宙 論的奥行き・時間軸・偏光 という多次元の掃天観測を サブミリ波帯で初めて実現 する。	宇宙最初期の銀河を酸素 イオン輝線やγ線バースト 逆行衝撃波により系統的 に探索・発見する。スニヤ エフ・ゼルドビッチ効果を用 いた構造形成の研究や探 査機と連携した惑星大気 研究など幅広い分野の発 展に寄与する。	超伝導検出器開発は、超 低消費電力増幅器など量 子コンピューターの要素技 術開発との相乗効果により 我が国のイニシアチブ向上 に資する。電力を太陽光発 電と蓄電で賄う構想は、産 業界への波及効果が期待 される。	【実施計画】 R17年頃までに建設開始、R21年頃までに初期科学運用開始 【所要経費】 総額450億円 【実施機関と実施体制】 欧州が主導するAtLAST計画と統合し国際共同建設・運用を予定。国内実 施機関の候補はアルマの運用を担う国立天文台がまず挙げられる。日本 側分担案の検討やコミュニティでの合意形成を進める。	⑱
183	IceCube-Gen2 国際ニュート リノ天文台によるニュートリ ノ天文学の長期的展開 (The vision of neutrino astronomy with IceCube- Gen2 international observatory)	ニュートリノ放射天体を同 定し、宇宙物理学上最大 の謎の一つである高エネ ルギー宇宙線の起源を明 らかにする。完全な国際共 同実験の枠組みで運営し、 新しい融合研究分野であ るマルチメッセンジャー天 文学を推進する。	研究 計画	IceCube-Gen2 国際ニュート リノ天文台によるニュート リノ天文学の長期的展開 (The vision of neutrino astronomy with IceCube- Gen2 international observatory)	ニュートリノ放射天体を同 定し、宇宙物理学上最大 の謎の一つである高エネ ルギー宇宙線の起源を明 らかにする。完全な国際共 同実験の枠組みで運営し、 新しい融合研究分野であ るマルチメッセンジャー天 文学を推進する。	ニュートリノは電荷を持た ず、かつ宇宙論的距離を 他粒子と衝突せずに伝播 するため、高エネルギー極 限宇宙探査にとって理想 的なメッセンジャーである。	南極氷河という厳しい環 境下で使われる検出器の要 求仕様は高く、多くの応用 技術のシーズとなる。研究 成果を解説する一般講演 会には常に多数の参加者 があり、社会の関心は高 い。	【実施計画】 R9 検出器製作開始 R11－R17 南極点現地建設 R18－R38 本格運用 【所要経費】 486億円(日本負担分52億円プラス運転経費10億円/10年) 【実施期間と実施体制】 世界13か国による国際共同実験。日本では千葉大学ハドロン宇宙国際研 究センター(ICEHAP)と大阪公立大学。ICEHAPがアジア・太平洋のハブ機 関。	⑱, ⑲
184	冷却宇宙望遠鏡PRIMAによ る赤外線天文学の革新 (Revolutionizing Infrared Astronomy with the Cryogenic Space Telescope PRIMA)	星や惑星の誕生・銀河や 巨大ブラックホールの成長 といった天文学分野におけ る未解明の謎に、冷却宇 宙望遠鏡を用いた超高感 度観測によって迫る。これ により人類の宇宙観を刷 新することを目指す。	施設 計画	冷却宇宙望遠鏡PRIMAによ る赤外線天文学の革新 (Revolutionizing Infrared Astronomy with the Cryogenic Space Telescope PRIMA)	冷却宇宙望遠鏡PRIMAを 国際協力により実現させ、 超高感度での赤外線観測 を可能にすることで、惑星 形成の初期状態、銀河と 巨大ブラックホールの進 化、重元素とダストの生 成・進化、という課題を解 決する。	原始惑星系円盤から惑星 誕生に至る道筋を高感度 分光観測により解明し、広 域撮像観測により塵に覆 われた銀河と巨大ブラック ホールの成長を捉え、広帯 域分光観測により重元素と 塵の宇宙史の中での進化 を理解する。	PRIMAが取り組む課題は 日本の科学者が世界を牽 引する成果を挙げてきた分 野であり、国民の知的好奇 心に応えてきている。 PRIMAによる一層の成果 創出は、国民に更なる宇 宙像の理解をもたらすと期 待できる。	【実施計画】 R8: ミッション採択 R8－R13: 開発期間 R14－R19: 打ち上げ・運用 【所要経費】 総額10億ドル 【実施機関と実施体制】 宇宙科学研究所が実施機関となり、広島大学、愛媛大学、筑波大学、東 京都市大学、名古屋大学、関西学院大学等に所属する研究者が参加し て戦略的海外共同事業として実施する体制を目指している。	⑱
185	高エネルギー加速器による 素粒子原子核物理学の研 究 (Particle and Nuclear Studies with High Energy Accelerators)	物理学に基づいた時空と 物質構造と宇宙進化の全 体像を真に統一的に記述 するための本質的な鍵を 得る挑戦を、高エネルギー 加速器(欧州のLHC、日本 のSuperKEKBとJ-PARC) の素粒子原子核実験で行 う。	施設 計画	高エネルギー加速器によ る素粒子原子核物理学の 研究 (Particle and Nuclear Studies with High Energy Accelerators)	LHCでのATLAS実験、 SuperKEKBのBelle II実 験、J-PARCの実験と技術 開発を進める。産業・医療 応用まで波及する。国外か ら多様な国籍・世代・性 別・キャリアの共同研究者 が参画する。	素粒子原子核研究の国際 的な一大拠点として、新し い物理の探索と標準模型 を超える理論の構築、 クォーク多体系のQCDに 基づく理解を進めている。 実験をタイムリーに実現し 豊かな研究成果を出し続 ける。	宇宙の歴史や物質の成り 立ちに対する深い理解は、 人類全体が共有する新た な英知の創造としての社会 的・文化的意義を持ち、国 家・社会のあらゆる分野 の発展の基盤と原動力にな る。国民の関心と期待も高 い。	【実施計画】 十年以上にわたり運転、運用、性能向上、高度化を継続する。 【所要経費】 総額 概ね2,000億円 【実施機関と実施体制】 加速器や実験施設に建設国・機関が責任を持ち、専門家で構成される国 際諮問委員会が進捗や方針を評価する方式が確立している。国内外の 研究者コミュニティが協力する体制を組んで実施する。	⑲

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
186	チリ・アタカマ高地からの CMB観測 – Simons Observatoryおよび次世代 望遠鏡群(CMB observations from Atacama plateau in Chile – The next generation)	「宇宙のはじまりとは？」と いう人類究極の問いに、宇 宙マイクロ波背景放射 (CMB)望遠鏡“群”を用い て挑む。宇宙・素粒子物理 学と工学・情報・数理分野 等の先進技術(量子工学 や通信技術等)を発展・融 合する。	研究 計画	チリ・アタカマ高地からの CMB観測 – Simons Observatoryおよび次世代 望遠鏡群(CMB observations from Atacama plateau in Chile – The next generation)	CMB偏光望遠鏡群(国際 共同計画Simons Observatoryとその拡張、 次世代プロジェクト)をチ リ・アタカマ高地に建設し、 CMB偏光の精密観測によ る初期宇宙の探索を実現 する。	原始重力波の検出は究極 の宇宙論インフレーション の検証であり、ニュートリノ の検証であり、ニュートリノ の検証であり、宇宙の暗黒成分の研究 は新物理と宇宙の未来の 探求である。確立する技術 は、量子コンピューターや データサイエンスの発展に も資する。	CMB観測の技術は、ゲリラ 豪雨等の早期予測等に役 立つ技術として期待されて いる。科学成果より、宇宙・ 素粒子に関する興味を老 若男女問わず向上する。 SDGs17の「質の高い教育 をみんなに」への貢献に繋 がる。	【実施計画】 R5－R14:7台の望遠鏡、およそ14万個の超伝導検出器を使って観測 R15－R25:さらに約3倍規模で観測 【所要経費】 総額67億円 【実施機関と実施体制】 東京大学(カブリIPMU、理学系研究科、RESCEU)、京都大学、東北大学、 理研、KEK、岡山大学、諏訪東京理科大学と共に、学術成果を最大化でき る体制・設備・人材を整備する。	⑰
187	ハドロン衝突型加速器にお けるビーム軸方向での素粒 子研究の開拓(Exploring particle physics in the forward direction at hadron colliders)	ハドロン衝突型加速器の 衝突点前方においてMeV からGeVの質量を持つ新 粒子の探索と、TeV領域の エネルギーを持つニュート リノの測定を推進し、素粒 子標準模型を超える物理 の発見に挑戦する。	研究 計画	素粒子標準模型を超える 新物理に向けた FASER 実験と FPF 計画の推進 (Pushing forward with the FASER experiment and FPF project for particle physics)	CERNのLHCにおいてビー ム軸方向480m地点に検出 器を設置したFASER実験 を完遂し、620m地点に新 たな大規模施設となるFPF を建設し、FASER2実験と FASERnu2実験を開始す る。	MeVからGeVの質量を持つ 新粒子は暗黒物質の正体 解明に繋がる可能性を持 つ。TeV領域のエネルギー を持つニュートリノ研究は 世界初の取り組みであり、 多彩な測定を通じて素粒 子標準模型を超える物理 に迫る。	極微の世界を司る新たな 法則の発見は人類の素粒 子に対する描像を変革し 大きな知的財産となる。本 構想で開発する半導体検 出器や原子核乾板は様々 な技術の集積であり、その 発展は社会の礎となる。	【実施計画】 R8－R13:FASER実験の推進、FPF計画の準備 R13以降:FPF計画の各実験を開始 【所要経費】 総額20億円 【実施機関と実施体制】 九州大学が中心となる機関として、千葉大学、名古屋大学、新居浜工業 高等専門学校が参加して推進する。令和8年現在、日本の研究機関から 約20名の研究者と大学院生が参加している。	⑰
188	大型液体キセノンをを用いた 宇宙暗黒物質直接検出実 験(XLZD実験計画の推進) (Direct Dark Matter Search with a large liquid xenon detector (XLZD))	宇宙の大半を占める暗黒 物質の正体解明を通じて 標準模型を超える新物理 を探究し、宇宙の進化と物 質の起源を統一的に理解 する基礎科学基盤を構築 する。	研究 計画	大型液体キセノンをを用いた 宇宙暗黒物質直接検出実 験(XLZD実験計画の推 進)(Direct Dark Matter Search with a large liquid xenon detector (XLZD))	本構想は60-80トン級液体 キセノン検出器で暗黒物質 の直接検出の究極感度を目 指すとともに、同一装置で 世界をリードした二重ベ ータ崩壊探索にも取り組む。	暗黒物質の粒子的実在を 地球近傍で直接検証し、標 準模型を超える新物理の 解明に挑む。同一検出器 で二重ベータ崩壊も探索し 物質起源の理解を前進さ せ、自然法則の拡張に道 を開く。	宇宙の根源的謎の解明は 広く社会の関心を喚起し、 知的基盤の深化に資す る。国際最先端の実験へ の参画を通じて高度人材 を育成し、極低放射能・放 射線計測技術の高度化は 産業基盤の発展にも寄与 する。	【実施計画】 R5－R9 :R&D・デザインレポート R10－R13:建設・調達期間 R14－R15:部分運用 R16－R26:本格運用 【所要経費】 総予算約380億円 【実施機関と実施体制】 XLZDコラボレーション:主に日米欧からなる約450名、76機関 国内:神戸大学、名古屋大学、東京大学	⑰
189	カムランド高性能化による 極低放射能環境でのニュ ートリノ研究(Neutrino Research at the Ultra-low Radioactivity Environment with Upgraded KamLAND)	宇宙の歴史・将来の系統 的理解を目的とし、極低放 射能環境でのニュートリノ 研究を通して、素粒子・原 子核・天文学・地球科学研 究を幅広く連携させる。	研究 計画	カムランド高性能化による 極低放射能環境での ニュートリノ研究(Neutrino Research at the Ultra-low Radioactivity Environment with Upgraded KamLAND)	カムランドを高性能化し、0 ν2β探索・ニュートリノ地 球科学・低エネルギー ニュートリノ天文学で世界 をリードする。並行して整 備する極低放射能施設は 共同利用に供し、コミュニ ティの発展にも寄与する。	0ν2β探索は、「物質の起 源や力の統一」を究明する 最優先課題である。ニュ ートリノ地球科学は、地球内 部の独自の知見をもたら す。低エネルギーニュ ートリノ観測はマルチメッセン ジャー天文学の一角をな す。	宇宙の始まりや地球の成 り立ちの謎への挑戦は、知 的好奇心を喚起し、理科離 れ対策の一助となる。世界 をリードする最先端研究環 境は、教育・人材育成に貢 献する。極低放射能技術 は産業に応用できる。	【実施計画】 R8－R9:建設期間(観測停止) R10－:観測開始 【所要経費】 総額163億円 【実施機関と実施体制】 東北大学RCNSを核とした国際共同研究で実施。極低放射能施設は、東 北大学RCNSと大阪大学RCNPが連携して整備・運営し、順次参加機関を 拡大。	⑰
190	国際高エネルギー量子科学 フロンティア:海外施設で展 開するQCD研究 (International high-energy quantum science: QCD research at overseas facilities)	CERN・BNL・GSI/FAIRを用 いた国際共同原子核実験 を推進し、QCD解明に向け 実験・理論・計算を統合す るプラットフォームを構築し 日欧米連携を形成する。	研究 計画	国際高エネルギー量子科 学フロンティア:海外施設 で展開するQCD研究 (International high-energy quantum science: QCD research at overseas facilities)	国際大型加速器を基盤に QCD研究と実験を統合し 日米欧連携を強化、国際 ネットワークを通じ人材・技 術・知識の循環を促進し次 世代人材育成と量子技術 の発展・社会実装を推進す る。	物質の起源や質量生成な どの根源問題に対し、QCD に基づき高温・高密度・高 エネルギー領域の国際実 験を統合して理解を進め、 国際ネットワークの構築と 人材育成・社会応用を推 進する。	本構想は国際プラット フォームを形成し研究者間 で知識・手法を共有、共同 研究を促進することで分野 横断的発展と社会還元を 実現し、若手育成と知的資 源の持続的循環を確立す る。	【実施計画】 －R12:実験準備期間 R12－R15:テスト・実験開始 R15－:本格運用 全期間:実験・理論ネットワーク構築 【所要経費】 総額40億円 【実施機関と実施体制】 理研をハブに国内大学等と連携し、CERN・GSI・BNLと結ぶ国際共同研究 ネットワークを構築する。	⑰

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
191	基礎科学と量子技術の協働 で開拓する量子と重力の未 踏領域 (Quantum aspects of gravity linking quantum technologies and deep space sciences)	マクロな物体の量子状態を 実現し、宇宙空間での重力 の量子力学的性質の実験 的検証を目指す。時空量 子連携研究機構を中心拠 点として、基礎科学、量子 技術、宇宙利用が融合す る新学術領域を開拓する。	施設 計画	基礎科学と量子技術の協 働で開拓する量子と重力 の未踏領域 (Quantum aspects of gravity linking quantum technologies and deep space sciences)	世界初となるミリグラムス ケールの物体の量子もつ れを実現し、将来の宇宙環 境利用まで見据えたオプ トメカ系の量子制御実験と理 論研究を推進する。重力 の量子性検証の基盤を確 立し、関連分野の人材育 成を推進する。	重力の量子性はこれまで 全く検証されていない基礎 科学最大の未解明課題で ある。量子技術に応用した 未踏の重力と量子の世界 の開拓は、古典と量子の 境界の理解と重力の概念 を変革することが期待され る。	量子力学と一般相対論 は、現代物理学の柱であ るとともに、社会変革の基 盤となる学問である。本学 術研究構想は基礎科学だ けでなく、量子技術と宇宙 利用のイノベーションにつ ながる取り組みとしても社 会的価値がある。	【実施計画】 R8－R10: 部分運用 R11－R17: 本格運用 【所用経費】 130億円 【実施機関と実施体制】 九州大学時空量子連携研究機構を中心として、学習院大学、名古屋大 学、神戸大学、JAXA、国立天文台、九州工業大学、理化学研究所、慶應 大学、東京大学、等の各機関から研究者が協力する。	①9
192	大型先端検出器による核子 崩壊・ニュートリノ振動実験 (ハイパーカミオカンデ計画 の推進)(Nucleon Decay and Neutrino Oscillation Experiment with a Large Advanced Detector (Hyper- Kamiokande project))	次世代の大型先端検出器 を活用した核子崩壊・ ニュートリノ振動実験の推 進により、素粒子大統一理 論へも到達するエネル ギースケールの基本法則 や宇宙の物質進化の謎の 解明を目指す。	施設 計画	大型先端検出器による核 子崩壊・ニュートリノ振動実 験(ハイパーカミオカンデ計 画の推進)(Nucleon Decay and Neutrino Oscillation Experiment with a Large Advanced Detector (Hyper-Kamiokande project))	大型先端検出器「ハイパ ーカミオカンデ」を建設し、J- PARC大強度陽子加速器 の増強と近中距離検出器 の高度化と組み合わせた 世界最先端の実験を行 い、素粒子と宇宙に対する 知見を広げる。	核子崩壊探索とニュートリ ノ三世代構造の解明を通じ て、素粒子理論の新たな パラダイムの確立を目指 す。またニュートリノが、宇 宙物質の進化に果たした 役割の理解につなげる。	日本におけるニュートリノ 研究は、2つのノーベル物 理学賞受賞に象徴される ように、国民による認知度 が高い。世界最大のニュ ートリノ検出器や大強度加 速器の開発・建設等、経済・ 産業界への波及も期待さ れる。	【実施計画】 R2－R8: 建設期間 R9－R29: ハイパーカミオカンデ装置運転 R9－R19: J-PARC1.3MW運転 【所要経費】 総額約1,545億円 【実施機関と実施体制】東京大学と高エネルギー加速器研究機構が計画 を推進している。国内の参加機関に加えアジア、ヨーロッパ、アメリカ、アフ リカと世界約20カ国からの参加も予定する。	①9
193	宇宙の起源と根本法則を探 る (Explore the origin of the universe and fundamental laws of nature)	宇宙マイクロ波背景放射 の精密観測により、インフ レーション宇宙仮説を検証 し、もって「宇宙誕生の瞬 間とは?」、「宇宙・時空を つかさどる究極の物理法 則とは?」という問いに迫 るのが「ビジョン」である。	施設 計画	LiteBIRD — 熱いビッグバ ン以前の宇宙を探索する マイクロ波背景放射偏光 観測宇宙望遠鏡 (LiteBIRD － Space telescope for cosmic microwave background polarization)	宇宙マイクロ波背景放射 の偏光観測に特化した宇 宙望遠鏡を打ち上げ、イン フレーションの証拠となる 特徴的な偏光パターンを 検出するとともに、宇宙論・ 素粒子物理学・宇宙物理 学において新たな知見をも たらす。	インフレーション宇宙仮説 の検証は、現代宇宙論最 大の課題に答えるもので、 我が国が世界をリードでき る格好の機会である。 LiteBIRD衛星に必要な極 低温観測技術は、様々な 研究や産業への応用が期 待できる。	熱いビッグバン以前の宇 宙に観測で迫ると言うだけ でも、国民に計り知れない 知的興奮をたらす。また、 望遠鏡で培われた観測技 術は、微量分析等の産業 応用も期待でき、科学技術 立国を目指す日本にとって 価値は大きい。	【実施計画】 R8－R10: プロジェクト準備段階 R11－R18: 衛星の設計・製作・試験、打上げ R19－R22: 初期運用、定常観測 【所要経費】 総額550億円 【実施機関と実施体制】 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) を中心に、東京大学、岡山大学を始めと する国内機関、欧州およびカナダの海外機関との協力体制により実施す る。	①9
194	大型低温重力波望遠鏡 KAGRA 計画 (略称: KAGRA) (The Large-scale Cryogenic Gravitational Wave Telescope (KAGRA))	電磁波でしか宇宙を見るこ とができなかった人類が、 新たに重力波というメッ センジャーを獲得したこと によりその幅が広がった。重 力波により、人類に与えら れた宿題を解き明かす一 歩を進める。	施設 計画	地上の重力波望遠鏡によ るマルチメッセンジャー天 文学の展開 (Multi- messenger astrophysics with ground-based gravitational wave telescopes)	KAGRAの高感度化を達成 し、更に高周波数帯でア ップグレードすることで、中性 子星連星合体事象などを 観測し、国際重力波観測 ネットワークにおける重要 拠点として基礎学術を推進 する。	ブラックホールや中性子星 からなる連星合体などの観 測数は今後飛躍的に伸び てゆく。これにより、ハッ ブル定数の独立な測定、重 元素合成、相対論的ジェ ットの解明など宇宙論的なブ レークスルーに貢献する。	中高大学生に知的な刺激 を与え教育に貢献する。子 どもたちに夢を与え、次世 代の科学技術を発展させ るための好循環を生み出 す。最先端の技術の開拓 がもたらす産業的価値も高 く、また地域の活性化にも 貢献する。	【実施計画】 R8－R10: 調整、アップグレード R10－R13: 観測 R13－R16: アップグレード R16－R19: 観測、その後も同様。 【所要経費】 総額180億円 【実施機関と実施体制】 東京大学宇宙線研究所がホスト機関、加えて国立天文台および高エネ ルギー加速器研究機構が共同ホストとして推進する。コラボレーターは東ア ジアを中心に総勢400人規模である。	①9
195	宇宙重力波望遠鏡B- DECIGOによる天文学・宇宙 物理学の新展開 (New Era of Astrophysics with Space Gravitational-Wave Antenna B-DECIGO)	重力波による観測は、宇宙 の誕生と進化、自然界を司 る物理法則、物質と生命の 起源といった謎に迫り、人 類の自然に対する理解を 飛躍させるとともに、日常 生活へと生きる精密計測・ 宇宙技術を発展させる。	研究 計画	宇宙重力波望遠鏡B- DECIGO (Space Gravitational-Wave Antenna B-DECIGO)	宇宙機3機の編隊飛行に よって基線長100kmのレー ザー干渉計を構成し、重 力波を観測する。連星合 体の時刻と方向を事前予 告し、電磁波望遠鏡を含め たマルチメッセンジャー観 測に質的な発展をもたら す。	中性子星やブラックホール の連星系の合体時の観測 を可能にし、宇宙における 重元素の起源、宇宙の誕 生と進化への知見、高エ ネルギー天体現象や原子核 物理への知見、など幅広 い科学的成果を期待する。	国際的な天文学の中心と して、国民の理解と知的活 動を高める一端となりえ る。実用面では、衛星サイ ズの制約を打破する精密 編隊飛行技術は、宇宙観 測・自然災害・気候変動観 測への応用が想定される。	【実施計画】 ミッション公募提案後 4年間: 根幹技術開発 プロジェクト開始後 4年間: 基本設計・詳細設計 その後 4年間: 実機製作 2040年代: 観測運用 【所要経費】 総額500億円(国内負担分) 【実施機関と実施体制】 宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の戦略的中型ミッションを想定。JAXA、東 京大学、名古屋大学、法政大学、電気通信大学、国立天文台、京都大学 などが協力体制。	①9

No.	「学術の中長期研究戦略」 の名称	学術振興の「ビジョン」 の概要	学術研究構想						所属する グランド ビジョン の番号
			提案の 種別 (研究/ 施設)	学術研究構想の名称	学術研究構想の概要	学術的な意義	社会的価値	実施計画等	
196	EIC実験による物質階層構造の起源探究:クォーク・グルーオンから核子・原子核へ(Exploring the Origins of the Hierarchical Structure of Matter with the EIC: From Quarks and Gluons to Nucleons and Atomic Nuclei)	電子イオン衝突型加速器(EIC)を起点に、クォーク・グルーオンから核子・原子核に至る物質階層構造の起源を量子色力学に基づき統一的に理解し、マルチスケール量子科学という新たな学術領域を確立する。	研究計画	EIC実験による物質階層構造の起源探究:クォーク・グルーオンから核子・原子核へ(Exploring the Origins of the Hierarchical Structure of Matter with the EIC: From Quarks and Gluons to Nucleons and Atomic Nuclei)	EIC国際共同実験を核に、半導体検出器・ストリーミング型データ収集・AI/HPC解析を統合した研究基盤を整備し、実験・理論・計算を融合する国際共同研究体制を構築して物質階層構造の解明を推進する。	クォーク・グルーオンから核子・原子核へと至る物質階層構造の創発機構を量子色力学に基づき解明することは、物質の質量・スピンの起源や核構造の理解に直結する現代物理学の根本課題である。	EIC研究により物質の起源に迫る知的価値を社会に示すとともに、半導体検出器やAI・HPC解析など先端技術の発展と国際共同研究を通じた人材育成により、日本の科学技術基盤と国際的存在感の強化に貢献する。	【実施計画】 R8－R12:建設期間 R13－R15:部分運用 R16－:本格運用 【所要経費】 総額95億円 【実施機関と実施体制】 東京大学QNSIを中核に阪大RCNPとの国際量子物理ネットワーク(IQPN)と理研FQSPが連携し、国内大学・研究機関と国際共同ePI実験を推進するオールジャパン体制	⑬
197	LHC加速器・高エネルギー原子核衝突実験 ALICEで拓く宇宙初期物質QGP生成とハドロン化機構の解明(Probing the Early Universe: Quark-Gluon Plasma Formation and Hadronization in High-Energy Nuclear Collisions with ALICE at the LHC)	物質は陽子・中性子から成るが、その質量の約98%の起源は未解明である。初期宇宙物質QGPを生成し、量子半導体検出器と高速データ解析により陽子質量誕生と物質化過程を解明する。	研究計画	LHC加速器・高エネルギー原子核衝突実験 ALICEで拓く宇宙初期物質QGP生成とハドロン化機構の解明(Probing the Early Universe: Quark-Gluon Plasma Formation and Hadronization in High-Energy Nuclear Collisions with ALICE at the LHC)	陽子質量起源、カラーグラス凝縮、QGP誕生の解明を目指す。LHC・ALICEでALICE2、FoCal、ALICE3を段階的に推進し、革新的実験により世界最先端成果を創出する。	初期宇宙物質QGPの解明は、物質生成や質量起源に迫る重要課題である。本計画ではALICE・FoCal・ALICE3によりQGP物性、グルーオン飽和、カイラル対称性回復を実証する。	本構想は宇宙起源と物質生成の根源課題に挑み知的価値を創出する。半導体検出器やAI・ビッグデータ技術の医療・産業応用を促進し、国際研究を通じて次世代人材育成と国の競争力強化に貢献する。	【実施計画】 R8－R11:建設期間(FoCal) R12－R15:FoCal 物理測定、ALICE3検出器開発 R16－R23:ALICE3建設・導入、ALICE3物理データ取得 【所要経費】 総額82億円 【実施機関と実施体制】 筑波大学を中心に国内大学・研究機関と連携し、CERN・ALICE国際共同研究の下でFoCal建設、ALICE2解析、ALICE3検出器開発を推進する。	⑭

※No.116については、学術振興の「ビジョン」のみを掲載することとなった。

付録2 「学術の中長期研究戦略」概要

(令和7年10月1日時点)

※ 概要資料左上に記載のグランドビジョンの番号は、当該「学術の中長期研究戦略」が所属するグランドビジョンを示している。

<グランドビジョン一覧>

- ① 言語・コミュニケーション研究の充実を踏まえた現代社会問題のデータ解析による解決策の提示
- ② 長い時間軸・大きな空間軸・多様な視点からの人と社会の科学
- ③ 文化論と歴史学のグローバル化による文系諸学の再構築と国際協働
- ④ 地球の生命環境と食料供給を持続させるための学術創生
- ⑤ 生命現象の包括的理解による真のウェルビーイングの創出
- ⑥ ビッグデータ駆動による生命科学の新たな発展
- ⑦ ヒトの知性を知る、創る、活かすための学術の創生
- ⑧ 超スマート社会における人の能力拡張とAIとの共生
- ⑨ サイバー空間の構築・活用による価値創造
- ⑩ データ基盤と利活用による学術界の再構築
- ⑪ 数学・数理科学・量子情報科学が切り拓く未来社会
- ⑫ 観測技術革新による地球システムの理解と地球変動予測への展開
- ⑬ 地球規模の環境危機にレジリエントな持続的社会的構築
- ⑭ エネルギーと環境の両立的課題解決
- ⑮ 持続可能社会に資する革新的な物質・材料の開拓
- ⑯ 量子ビームを用いた極限世界の解明と人類社会への貢献
- ⑰ 太陽系探査の推進と人類のフロンティア拡大
- ⑱ 宇宙における天体と生命の誕生・共進化の解明
- ⑲ 自然界の基本法則と宇宙・物質の起源の探求

先端的言語理論研究拠点

① ビジョンの概要

人間言語の可能な形式と構造に関する先端的理論を構築するための世界トップレベルの研究拠点を設立する。物理学及び数学と連携することで理論を自然科学の中に適正に位置づけ、理論の予測と帰結を生命科学と情報科学を融合した手法で科学的に検証する。学術的目的の達成とともに、言語を基盤とする人間の創造的思考能力の本質、ひいては人間知性の可能性と限界を明らかにすることで、人間社会の未来に向けた道筋の開拓に貢献する。

② ビジョンの内容

21世紀を迎えて最初の四半世紀が経過した現在、学術の未来に向けたビジョンに求められるのは、次の四半世紀を経て到来する21世紀の後半を見据えて来るべき社会の課題を予見し、人間が進むべき道筋を示すことである。そのためには、人間知性の本質に対する理解を深め、その限界を認識した上で、限界を乗り越える方向性を示す必要がある。この取り組みに欠かせないのが、人間言語の理解である。人間は言語という認知機能を有することによって他の生物にはない創造的、抽象的思考能力を獲得し、他の個体との情報共有を可能にし、さらには世代を超えて情報を蓄積することで、独自の社会・文化と文明を築きあげた。その点から考えて、言語こそが人間知性の真の基盤であると言える。本申請ではこのような認識のもとに、先端的言語理論の研究を通して学術と人間社会の未来に貢献することを提案する。

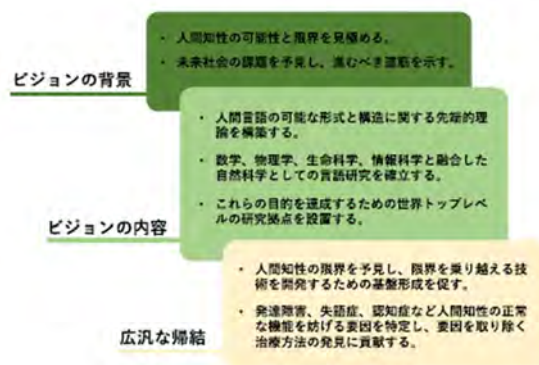


図1 ビジョンの背景・内容・帰結

過去数十年あまりの現代言語理論の発展によって、人間言語の設計・発達・進化を駆動する要因は遺伝的要因、環境的要因、一般法則・自然法則に分解され、その根源には「離散的記号を組み合わせることにより無限の抽象的階層構造を作り出す能力」の存在が明らかになりつつある。この能力がある種の「単純性・最適性」の原理に従っていると考えることにより、人間がもつ言語能力の普遍的特性を説明できるが、この原理の本質に関しては、それが物理法則の反映であろうという推測以外には、明確な理解は得られていない。また生成される階層構造の数学的特性を経験的に有意義な形で捉えられないことがわかっている。しかし、人間言語の本質を捉えるために有効な新たな数学的枠組みは未だ設定されていない。

これらの課題を克服し、いわば「言語の物理学・数学」として先端的言語理論を構築するためには、言語に深い興味を有する物理学者や数学者と、物理学や数学の発想を理解し共有する言語学者が日常的に意見交換をし、共通の問題意識をもって課題達成のための努力をすることが必要である。また、「言語の科学」を真の意味で自然科学に位置付けるには、物理学のように理論の予測や帰結を実験によって検証するサイクルの確立が不可欠である。そのためには、革新的な脳機能計測技術・解析方法の開発など、情報科学や生命科学の研究者との密接な協働のもとで進めることが求められる。このような作業は既存の学術的枠組みには収まらないため、研究の拠点となる新たな施設を設立することで最も効果的に推進できる。

なお、設立される新たな施設は、言語理論研究の意義と目標を理解し共有する複数分野の研究者が既存の研究領域からの制約を離れて新たな研究領域を開拓し、かつ継続的に発展させて未来に向けて受け継いでいく持続可能な拠点となる。

③ 学術研究構想の名称

先端的言語理論研究拠点

④ 学術研究構想の概要

人間言語をめぐるのは、近年の情報技術の発展を背景に、言語資料を大量に解析するデータ駆動型研究が脚光を浴びてきた。しかし人間の生物学的特性に根差しつつ言語の本質に迫るためには、一部の言語にしか存在しない大規模データに依存する研究は意味がない。既に消失した過去の言語やまだ存在しない未来の言

語までをも研究対象に含める必要があり、そのためには、未だ観測されていない素粒子の存在を物理理論が予測できるように、可能な人間言語の形式と構造を明示的に予測できる理論駆動型の研究が必要である。

本申請では、(1) 離散無限性に代表される人間言語の中核的普遍性を理論的に明確化すること(2) 歴史的・地理的多様性に加えて、加齢、障害、疾病等、様々な要因によってもたらされる人間言語の変異可能性を包括的に説明する一般理論を構築すること(3) 人間言語の神経生物学的基盤について、優位半球の前頭葉・側頭葉を中心とするネットワーク内で言語がどのように表現され、処理されているのかを明確化することとおして、人間言語の理論構築ならびにその検証に集中的に取り組む。

⑤ 学術的な意義

人間が未来に向けて進むべき道を考えるためには、人間とはどのような存在なのかという問いに答えることが必要であり、そのためには人間の認知的固有性に関する

科学的探究が不可欠である。言語の示す離散無限性は、他の動物のコミュニケーションシステムには見られない際立った特徴であり、さらに抽象的・論理的思考能力、数学的計算能力、音楽などの芸術を産み出す創造能力など、ヒト独自の認知能力に広汎な帰結をもたらしている。故に言語に関する先端的理論の構築は、ヒトの認知的固有性とその本質がどこに求められるかを理解する重要な手がかりを与えてくれる。

さらに、人間言語の示す多様性、歴史的変遷、言語獲得の過程、失語症や発達障害の結果として観察される変異可能性の全てを統一的に説明できる先端的理論の構築はいまだかつて挑戦されたことのない壮大な取り組みであり、また、高齢化が進む日本では、言語の神経基盤の理論を通じて認知症・失語症等の言語障害の病態を理解することは、極めて大きな社会的意義を持つ。加えて、言語処理や言語障害をも対象とする理論研究は先天性言語障害児に対する教育方法を確立することにも貢献しうる。本拠点において構築される先端的言語理論は、現時点では医学的・工学的な応用に直接結びつくものではないが、21世紀後半に人間の脳の理解に基づく情報処理技術の革命的発展が起こるとすれば、その基盤を構築し道筋を示す重要な役割を担うと考えられる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

人間言語の普遍性の包括的な解明ならびにその変異可能性の統一的説明を主眼においた研究拠点はこれまでに存在しない。故に、本構想で提案される先端的言語理論研究の拠点は、普遍性と多様性の根源的把握を目的とした世界で唯一無二の価値を有すると考えられる。

⑦ 社会的価値

人間の知的活動は言語に深くかつ本質的に依存しており、人間独自の広汎な知的活動が言語を基盤にして発展してきたと考えられることから、人間言語の本質を捉え、人間の認知的固有性を明確にする研究成果は、人間の本性と社会のあり方を考えるための決定的に重要な手がかりとなると考えられる。研究拠点から生み出される成果は、我が国の目指す「人間」中心の社会構造の変革に対して独自の貴重な貢献が期待できる。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

言語学会内に構想を取りまとめたメンバーを中心に、外部有識者を加えて「設立準備委員会」を構成し、複数の候補地の中から設置場所を決定するとともに、(1) 言語の普遍原理研究チーム、(2) 言語の変異可能性研究チーム、(3) 言語の神経基盤研究チームの設置ならびに国際公募によるメンバー選出を行う。本申請で設置を提案する研究拠点は、理論研究に特化したものであるため、共同で使用するディスカッションスペースやチームで使用するミーティングスペースなどの賃料と所属する研究者の人件費及び研究費が必要経費の中心となり、10年間の運営費は25億円程度を推定している。

⑨ 連絡先

定延 利之（日本言語学会会長）

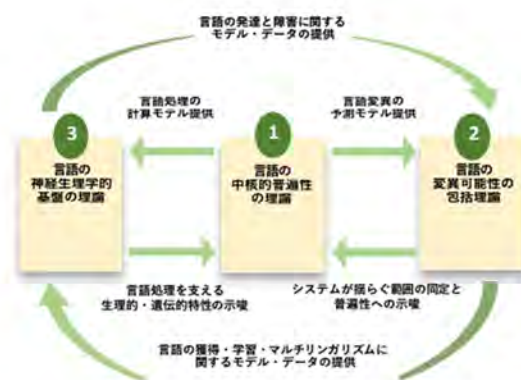


図2 学術研究構想の概要

現代日本社会におけるコミュニケーション問題の解消を目指すウェルフェア言語学の構築

① ビジョンの概要

本研究のビジョンは、日本社会で弱い立場に置かれがちな人々の言語実態を研究することで、SDGs が目指す「誰一人置き去りにしない」世界の実現につながる言語的基盤を整備することである。具体的には、従来看過されてきた言語的課題を、高齢者や障がい児の言語認知面の課題、子どもや定住外国人の言語教育面の課題、社会的少数者や非専門家の言語環境面の課題の三つに分け、問題解決に向けた基盤整備に取り組む。

② ビジョンの内容

【現代日本社会の三つの課題】

日本社会の急速な変化に伴い、日本語における「置き去り」は、次のような形で顕在化するようになった。

第一は、言語認知面の課題である。超高齢社会の到来により、難聴や認知症等で言語能力が低下しがちな高齢者の意思疎通の難しさが深刻化する一方、障害を持つ子どもの言語生活でも、ろうなどの機能障害に加え、対人コミュニケーション上の発達障害、文字認識上の学習障害が見られ、その支援体制は十分ではない。

第二は、言語習得面の課題である。国語教育では、経済的格差の拡大に伴い、学習機会の差による言葉の乖離が進行し、進学校と教育困難校の二極化が顕著になっている。日本語教育では、社会のグローバル化により、日本語が不自由な外国人定住者がコミュニケーション上の多様な問題を抱え、その対策が急がれる。

第三は、言語環境面での課題である。現実社会でもネット社会でも人権侵害が横行し、少数者に対する差別的言動や上下関係によるハラスメントが表面化している。また、専門知識の高度化に伴い、高度な専門知識を持つ専門家と持たない非専門家の溝が埋まらず、学術・医療等のコミュニケーション不全が起きている。

【「ウェルフェア言語学」構想】

本学術構想ではこうした社会的要請に応えるため、国立国語研究所の言語生活研究のノウハウを生かし、

I 障がい児や高齢者の言語認知面の課題に取り組む「ウェルフェア言語認知学」

II 子どもや定住外国人の言語教育面の課題に取り組む「ウェルフェア言語習得学」

III 非専門家や少数者・下位者の言語環境面の課題に取り組む「ウェルフェア言語環境学」

という三つの柱を立てて「ウェルフェア言語学」を推進し、大規模の調査・分析を行うことで現代日本社会の言語問題の実態を明らかにすると同時に、言語研究の観点から問題解決に向けた基盤整備に取り組む。

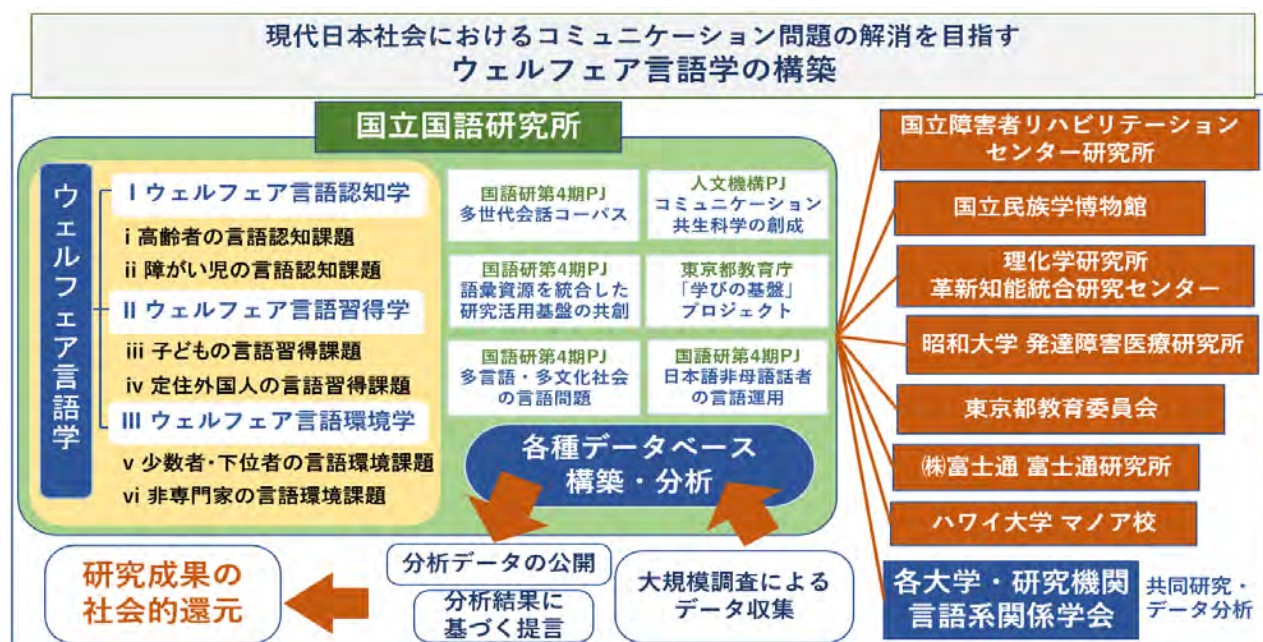


図1 「ウェルフェア言語学」の構想

③ 学術研究構想の名称

現代日本社会におけるコミュニケーション問題の解消を目指すウェルフェア言語学の構築

④ 学術研究構想の概要

本構想の枠組みは次の3分野6領域からなる。

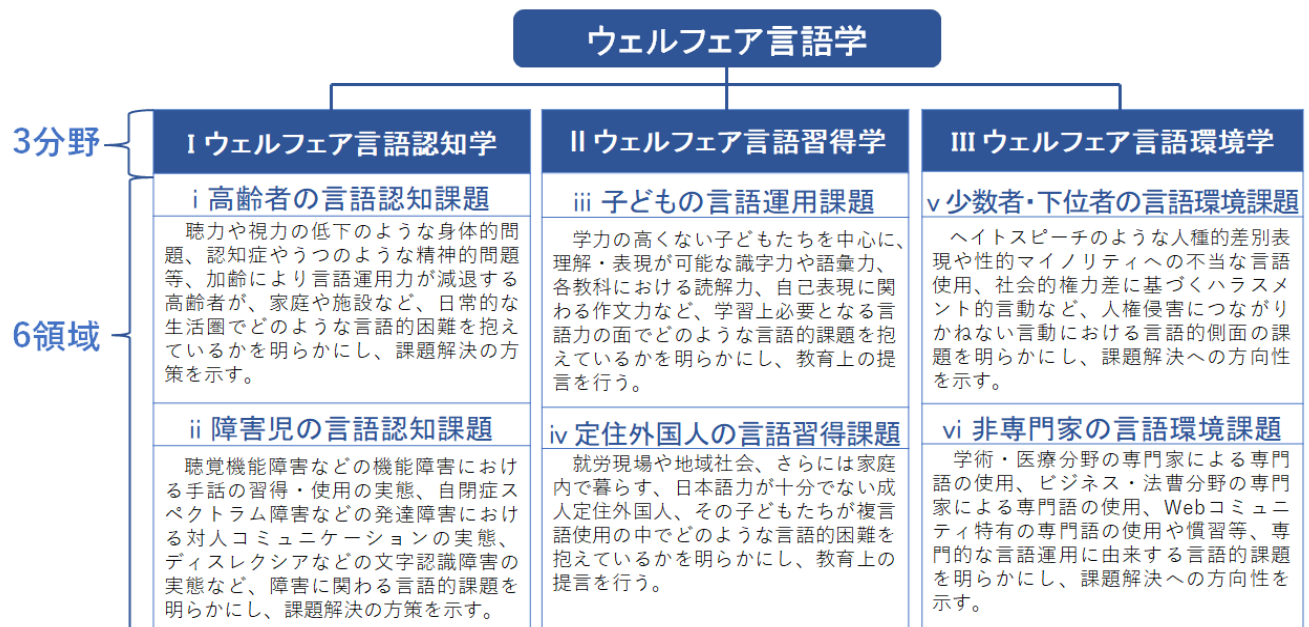


図2 「ウェルフェア言語学」の枠組み

⑤ 学術的な意義

上述のような言語問題群は、研究者個人の問題関心に基づく局所的な研究は存在するものの、言語という一貫した視座から実態を捉える総合的な研究はこれまでない。また、この種の研究は、問題関心を共有する研究者が共同で研究できるよう、大規模調査による基礎情報のデータベースを準備して初めて可能になるもので、その意味でも本学術構想の学術的重要性は際立っている。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本学術構想が示唆を得ている「ウェルフェア・リングイスティクス」は、言語障害、小言語、方言、アイデンティティ、老人語、差別、女性語、言語教育、表記、情報機器、情報選択、言語管理などを扱う、裾野の広いものであった。関連の深い社会言語科学会を中心に理念の継承は試みられているが、学としての体系化を志す動きは見られず、特に言語学的観点からの研究や領域横断的な学際研究が不足している。

⑦ 社会的価値

本研究構想は、言語面での障壁を可能な限り取り除いて日本に暮らす一人ひとりの人生を豊かにし、誰もが社会に参加して自己の能力を発揮できることを言語の面から企図する、国民の生活に直結するものである。

知的価値の面では、3分野6領域において、研究者個人では従来集めることが困難であったデータを組織的に収集し、共有・公開を行うという点で、研究データとしての資料的価値は高く、研究資源のみならず、政策立案のエビデンスにもなりうるものである。経済的・産業的価値についても、公開データをAIの学習データとして活用し、人間による評価との相違を検証することで、医療産業、教育産業、情報産業をはじめ、人間のコミュニケーションを扱う産業に対する高い汎用性を有し、経済的・産業的な波及効果が期待される。

⑧ 実施計画等について

国立国語研究所は、日本社会における日本語を中心とした言語生活の調査・研究を行ってきた機関として70余年の蓄積があり、その調査・研究の成果を広く社会に還元してきた。本研究構想は、そうした伝統を踏まえ、他機関との連携および関係諸学会との協力の下、国立国語研究所が主導し、実施する。

全体のスケジュールとしては、1～2年目に実態把握のための調査準備を行い、3～5年目に本調査を実施し、データを収集する。6～8年目に公開に向けたデータの整備を行い、共同研究を推進しつつ、9～10年目に収集したデータおよび研究成果を公開するという流れとなる。

実施体制としては、三つの分野それぞれに統括リーダーを置き、六つの各領域に調査及び結果処理等を担当する担当者を2名ずつ配置する。2名のうち1名はテニユア教員、もう1名は若手の特任助教とする。10年間の所要経費の総額は2,640,000千円を想定している。

⑨ 連絡先

前川 喜久雄（国立国語研究所）

多文化共生社会におけるコミュニケーション・トラブルの軽減・解消に向けた 総合的言語学の構築

① ビジョンの概要

コミュニケーションのトラブルには、コミュニケーションに参加する者の属性に関連するものとは別に、参加者の属性を問わない、より一般的なものがある。後者のトラブルの多くは、やり取りされる情報の内容の問題としては片付けられず、むしろ情報の発信方法（ことばの発し方／書き方、いわゆる「ものの言いよう／書きぶり」）に問題の本質がある。共生社会を真に実現するには、コミュニケーション・トラブルを招いた「ものの言いよう／書きぶり」とその解釈に関する当事者たちの背景的な言語文化の違いを実証的に解明する必要がある。

② ビジョンの内容

現代社会におけるコミュニケーションのトラブルには、コミュニケーションに参加する者の属性（たとえば日本語の運用能力が十分ではないこと）に関連するものとは別に、参加者の属性を問わず、誰もが巻き込まれ得る、より一般的なものがある。後者のトラブルの多くは、やり取りされる情報内容の問題（たとえば双方の主張の対立、衝突）としては片付けられない。主張の食い違いが特に見当たらない状況での、何気ないひと言が、受け取り手の怒りを買ひ、陰湿ないじめ、凄惨な暴力事件や、電子コミュニケーションにおける炎上に発展することは、現代社会において珍しくない。これらのコミュニケーション・トラブルでは、発し手の意図する情報内容は、問題なく受け手に伝達されているが、受け手に「わかってもらえる」状態には至っていない。

むしろ問題の本質は、情報の発信の方法（ことばの発し方／書き方、いわゆる「ものの言いよう／書きぶり」）にある。発し手の「ものの言いよう／書きぶり」から醸し出される態度が、受け手を傷つけ、おびやかし、怒りに火を付けることになる。こうしたトラブルは現在、増大・激化の一途を辿っている。

「多文化共生」という概念は、マクロなレベルに限って意味を持つものではない。日本語（共通語）を母語とする者の集団に限っても「ものの言いよう／書きぶり」に関する言語文化は一律ではなく、世代やジェンダー、地域、電子コミュニティその他、様々な区分による集団ごとの文化が併存している。コミュニケーション・トラブルを軽減・解消し、真の多文化共生社会を実現するには、「ものの言いよう／書きぶり」とその解釈に関する当事者たち（情報の発し手と受け手）の背景的な言語文化の違いをまず認めた上で、これを実証的に解明し、トラブル予見、防止の基礎を築く必要がある。

③ 学術研究構想の名称

多文化共生社会におけるコミュニケーション・トラブルの軽減・解消に向けた総合的言語学の構築

④ 学術研究構想の概要

本構想は、日本社会のコミュニケーション・トラブルに光を当て、集中的な考察を通して、その原因及び激化の過程を明らかにし、これを軽減・解消するための基礎的な知見を築くものである。本構想の問題意識は「コミュニケーションの中で、トラブルがどのように生じ、激化していくのか」「そこに言語がどのように関わっているのか」という、時代や地域を問わない一般的なものだが、日本語という言語、そして日本文化、日本社会という個別言語社会の事情も深く考察する。より具体的には、本構想は日本社会においてどのような「ものの言いよう／書きぶり」がなされ、どのように解釈され、トラブルが引き起こされ得るかを実証的に明らかにする。そのために、言語の諸側面（語用・談話・意味・音声・構文・語彙・文字等）や、発し手と受け手の社会文化的属性に関する言語学の知見を総動員し、周辺の学問領域とも適宜連携をはかる。データとしては、協調的なコミュニケーションのデータだけでなく、現状では一部の研究者に分析が委ねられている、企業や公共団体の窓口等での非協調的なコミュニケーションの記録もデータに含めて仮説を吟味精錬し、

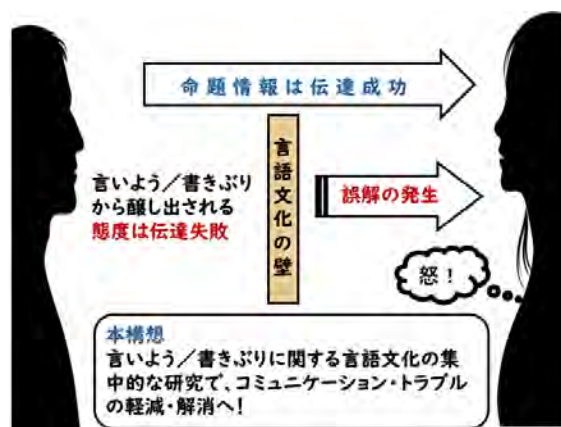


図1 ビジョンと構想の関係

実証性を高める。さらに、過去に生じたコミュニケーション・トラブルも文献調査することによって、現在そして今後の日本社会における言語コミュニケーションの特質を把握し、トラブル予見、防止の基礎を築く。

⑤ 学術的な意義

「ものの言いよう／書きぶり」に関する本構想の分析は、言語に関する人間の理解を以下3点により推進・深化する。

第1点は、分野間のつながりに関するものである。語用・談話・意味・音声・構文・語彙・文字等、言語の諸側面の知見の総合は、研究分野間のつながりを強化し、言語の全体像を明瞭にしてくれる。

第2点は、パフォーマンスとのつながりに関するものである。伝統的な言語研究は抽象的な記号の体系を考察の中心に置くことで多大な成果を生み出したが、その一方で発話や書記の現実、パフォーマンスとして周辺に位置付けられ、等閑視されがちであった。本構想の中で、研究分野がそれぞれに現実の発話やテキストとの接点を持つことは、知見の実証性を高めることにつながる。

第3点は、非協調的なコミュニケーションに光を当てることである。これまでの多くの言語研究は「観察対象を協調的なコミュニケーションの言語に絞る」という前提を明示的・暗示的に持っている。トラブルを含んだ非協調的なコミュニケーションにも光を当てることにより、言語全体に対する理解が進むことが期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

コミュニケーション・トラブルの研究は、音声（感情音声研究）、語用（インポリートネス、アイロニー、ディスコーダンス研究）、語彙（罵倒語研究）等、局所的には展開されているが、全面的な言語研究は未だなされていない。また、日本語発話の「丁寧さ」は英語発話の「ポライトネス」とは原理が異なると指摘されているように、日本語のコミュニケーションには英語中心の既存の理論枠組みでは説明しきれない部分があると言われる。日本語社会の現実のコミュニケーション・トラブルに光を当てる本構想は、それらの理論枠組みの発展にも貢献することが期待される。

⑦ 社会的価値

現在、日本国内で当事者が推計146万人（内閣府、2022）とされる引きこもり、さらにはいじめ、電子コミュニケーションにおける炎上等に関連しているのは、「情報内容は伝わっても、自分のことはわかってもらえない」というコミュニケーション・トラブルである。通信技術の進展の影に隠れて顕在化しにくい、このトラブルは、現代のすべての言語社会に共通して見られる大きな問題であり、これらの問題に対する取り組みは社会の喫緊の課題である。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール

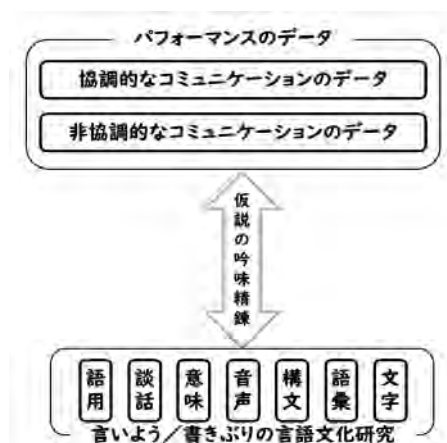
初年度に、日本言語学会内でのアクティブなメンバーを中心に、外部有識者も加えた「コーパス設計委員会」を組織し、コミュニケーション・トラブルに関するコーパスのデザイン、データの収集、アノテーション、管理方法に関する方針を決定すると共に、データ管理運営委員会を発足させる。データ管理運営委員会は決定された方針に基づきコーパスを構築する。データベースのデータ分析を組織的に進めるため、日本言語学会は言語系学会連合の諸学会、大学、必要に応じて国際学会との連携を図る。諸研究の成果をとりまとめ、それらに基づき、言語コミュニケーション・トラブルの軽減・解消のための施策の提言を発出する。

・所要経費

10年間の総経費として20億8600万円程度を想定している。

⑨ 連絡先

定延 利之（日本言語学会会長）



2 本構想の概要

環境と心性を架橋する共感共創知としてのグローバル人文学の創成

① ビジョンの概要

グローバルデジタル環境下の地球社会で「人はどう生きるべきか」という問いに答えるには、新たな個人と世界の関係性を可視化し、環境と心性の連環という未開拓の問題に対峙する必要がある。近代科学の根底にある西洋的人文知を、人と自然の共感共創知として創生するグローバル人文学により新たな科学知へ展開させ、地球社会のあり方を共に考える空間としての学術と社会のフォーラムを構築し、地球社会を共創する未来図を描く。

② ビジョンの内容

現代のグローバル化とデジタル化の急加速は、グローバルデジタル環境の出現、個人と地球社会の間の空間域の流動化、既存の価値（在来知や文明的価値）の資源化、社会の様々なアクターの地球社会の構成員化を生じさせ、人類が経験したことがないレベルで個人と地球社会を接合しようとしている。新たな個人と世界の関係性の可視化には、地域性をミクロに人間の内面性やマクロにグローバルな広がりで捉える視点を持ち、地球社会の物質循環の基層にも影響を及ぼす環境と心性の連環という人と自然の相互作用環の根源的かつ包括的理解に係る未開拓の問題に対峙する必要がある。

この問題を考察する前提の共通認識として、環境と人口をめぐる地球規模の変動では社会や経済が自然や生態と深く関係すること、グローバルデジタル環境下の社会は地球を狭くしつつも有限であること、地球社会の持続可能性と個人の幸福の追求は深く関係すること、そして今や地球環境の危機は私たちの心のあり様「心性」の危機となったことが挙げられる。そこからの問題意識として、私たちの考え方や感じ方はどこまで自然環境の影響を受けているのか、その影響は他者との付き合い方・社会の作り方・世界のあり方の点でどこまでどのように及ぶのか、自然環境が異なれば必ずと異なるのならばなぜどのように異なるのか、だとすれば地球規模の環境変動はどのような影響を与え、いかに互いの問題として理解しあえばいいのかが挙げられる。異なる心性の人びとがいかに差異を超えて地球社会の共創のために協働できるのかという問いに答えるには、地域性をミクロに人間の内面性やマクロにグローバルな広がりで捉える視点とともに、地球社会における環境と心性の連環へのアプローチが不可欠となるが、そのためには文理共創的な視座を含む新たな学知としての方法論的視座が必要になる。

近年のコロナ禍は、地球社会における個人と共同体のつながりを根底から揺るがす現象として、個人の実践が、地域社会や国家システムを超越して地球社会へと直截に影響を与え、地球社会と個人が対峙することになった。人びとの皮膚感覚である「地球社会」の実相を捉える研究が必要であり、そのために「個人」の周囲に「社会」「地域」「世界」を設定し、「個人」を包摂する価値体系としての「文化」「文明」「世界システム」を解明してきた従来の分析モデルに代わる（図1）、環境と心性の連環モデルを構築することで（図2）、時間的にも空間的にも分野間でも複雑に連関している現代の地球社会の問題を可視化する研究枠組みが求められている。人間が個として自然との相互作用の場で創出する空間、自然資源と文化資源が接続し関与する生活空間、地域性や文明的価値が関与する社会空間やグローバル地域空間の中で、グローバルデジタル環境が生む相互作用環の様相を究明しなければならない。社会・経済系と自然・生態系の相互作用を、環境と心性の関係性に係る問題系として整理しなおすことで、情報科学や認知科学、哲学とも協働し、AIやロボット工学への応用を見据える新しい視座から、人新世において「人はどう生きるべきか」という問いに答えることが可能となる。

人間の存在自体に環境が内在化することにより無自覚な人文学を再構築することで、近代科学の根底にある西洋的人文知を、人と自然の共感共創をめぐる大きな物語として描き直すグローバル人文学に基づく科学知の創成へと繋げる。これからの人文学の果たす役割は、地球社会のあり方を共に考える空間としての学術と社

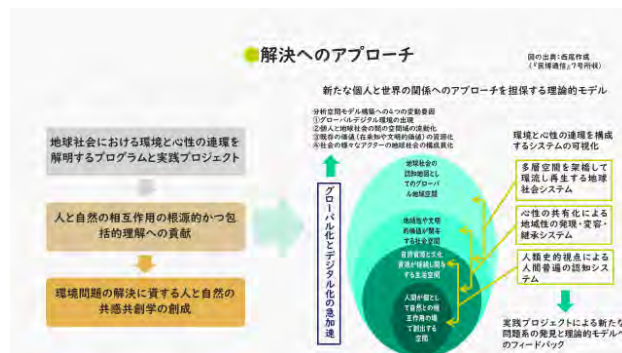


図1 問題の背景とその解決に向けた研究戦略

会のフォーラムを構築し、私たちが個人としていかに地球社会を共創するかについての未来図を描くことである。

③ 学術研究構想の名称

環境と心性を架橋する共感共創知としてのグローバル人文学の創成

④ 学術研究構想の概要

環境と心性の連環モデルを構築して、時間的にも空間的にも分野間でも複雑に関連する現代の地球社会の問題を可視化する。人間が個として自然との相互作用の場で創出する空間、自然資源と文化資源が接続し関与する生活空間、地域性や文明的価値が関与する社会空間やグローバル地域空間の中で、グローバルデジタル環境が生む相互作用環の様相を究明する。社会・経済系と自然・生態系の相互作用を、環境と心性の関係性に係る問題系として整理しなおすことで、情報科学や認知科学、哲学とも協働し、AIやロボット工学への応用を見据える新しい視座から、人新世において「人はどう生きるべきか」という問いに答える。

⑤ 学術的な意義

異なる心性の人びとがどうやって違いをこえて地球社会の共創に協働できるかという問いに向けて、既成分野にはない方法論的視座として、従来の文化・文明・世界システムの思考に代わる人間・環境学の視座を提供する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

個人と社会や文化の関係を解明してきたのが文化人類学だが、個人の内面領域を保留してきた点で課題が残る。歴史学は個人の内面領域を社会動態に接合した反面、その発生や変容のプロセスは保留したままである。社会科学である地域研究は人類の普遍性を追求するベクトルと、人類が直面する課題解決を志向するベクトルという両極的展開の中で、自律的な学問領域としての理念が希薄になりつつある。本研究構想は、自然科学系学問との文理共創可能な普遍性を追求し、地域研究の学問的存在意義を問い直す。

⑦ 社会的価値

人と自然の相互作用の根源的かつ包括的理解で、個人の心性に係る嗜好や感性を抱合した視点を提供し、「異なる心性の人びとがどうやって違いをこえて環境問題に協働できるのか」という問題の解決に貢献する。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

R8-R9： 地球社会における環境と心性の連環を解明するプログラムと実践プロジェクトを立ち上げる。国際的な研究資源や人的資源についての包括的な情報収集を行い、具体的な段階と目標を設定する。

R10-R14： 人と自然の相互作用の根源的かつ包括的理解を目標として、環境と心性の連環を構成するシステムの可視化を行い、新たな問題系の発見と理論的モデルへのフィードバックを行う。

R15-R17： 新たな個人と世界の関係へのアプローチを担保する理論的モデルを構築し、それによって環境問題の解決に資する人と自然の共感共創知としてのグローバル人文学の創成を図る。

<実施機関と実施体制>

中心拠点として機能する国立民族学博物館に「グローバル人文学研究センター」を設置、東京外国語大学アジア・アフリカ言語文化研究所（言語とコミュニティ）、総合地球環境学研究所上廣環境日本学センター（環境と社会倫理）、関西学院大学（ナラティブ・ポリティクス）、京都大学学術越境センター（人間と自然の共生）に共同研究拠点を置く。

<総経費> 3,240,000 千円

⑨ 連絡先

西尾 哲夫（人間文化研究機構国立民族学博物館）



図2 地球社会における環境と心性の連環モデルと具体的なプロジェクトの研究領域

海外エキスパート・サーベイ調査を通じて見える日本と諸外国との関係の総合的研究

① ビジョンの概要

変動する世界の中で日本の姿を再考することが日本の国際関係学において焦眉の課題となっている。本提案は、諸外国の研究機関に在職する専門家を対象としたエキスパート・サーベイ調査を中心としたものである。政治、外交、経済、文化等に関する半構造的な項目を網羅したエキスパート・サーベイ調査を実施し、その結果をデータ化して経時・地域間比較分析を行い、日本と諸外国との関係を総合的に研究する。

② ビジョンの内容

本研究のビジョンは以下の3点からなる。

■ 分野横断型

本研究は、諸外国の政治、経済、文化、歴史などを専門とする地域研究者と、サーベイ調査の企画・実施を担当する社会科学系研究者、ネットワーク分析、AIを用いたテキスト分析などを専門とするデータサイエンスの情報学系研究者を糾合するものである。学問の分業によって分断されてきた三者の有機的連携を通じて克服し、既存研究で想定されない知見を得ることを狙う。

■ グローバルな視点と国際共同研究

海外エキスパート・サーベイ調査の実施やデータ分析の過程で、世界諸地域の研究機関と連携・協力することとなり、実質的な国際共同研究に発展する。このように本研究では、目的と方法がグローバルなレベルで融合することが想定される。

■ 学術的・社会的意義の統合

本研究で得られる知見は、国際関係学の発展に寄与するだけでなく、日本政府の政策立案や諸外国との貿易、投資、文化交流、情報通信などに携わる企業や民間団体にも有用であると考えられる。また、本研究は世界の研究拠点との学術交流を活性化し、海外での日本研究の発展にも寄与する。

③ 学術研究構想の名称

海外エキスパート・サーベイ調査を通じて見える日本と諸外国との関係の総合的研究

④ 学術研究構想の概要

本提案は、世界の諸地域の研究機関に在職する専門家を対象とした「海外エキスパート・サーベイ調査」を10年間実施し、日本と諸外国との総合的関係を把握することを目的とする。そこで重要となるのが、「情報ネットワーク型国家」という現代の国家に関わる概念である。21世紀における国々は外交、貿易、金融、文化交流などという伝統的な紐帯だけでなく、インターネット、電子商取引やSNS、サプライチェーンなどという新技術によって高度にネットワーク化されている。その中で国家の能力は、情報ネットワークの集中度、管理能力、発信能力からなる「情報力」によって評価される。本研究は、日本の情報力の評価者を海外エキスパートに見出し、彼らの知見の内容・分布・変化を調査することによって、情報ネットワーク型国家としての日本の世界における姿を透視しようとするものである。日本は、他の主要先進国と比べて情報ネットワークの構築において劣位にあるとしばしば指摘されるが、本研究によって、その実態はどのようなものなのか、各地域・政策領域によってどのように異なるのか、政策努力によってどの程度改善されているのかなどについて精緻に分析できる。

⑤ 学術的な意義

本研究は、国際関係学で論じられている国家の態様の変容を勘案しつつ、現代世界における日本の姿を、社会科学の分析的視点から考察しようとするものである。近代国家の黎明期において、領域内で社会的安定、経済的繁栄などを追求した国家は、国際的な主権体系の下で内国民主義を唱え、国民国家へと転換した。19世紀中葉から20世紀後半にかけて、国家は経済的繁栄を図り、貿易の促進・管理能力を強化された

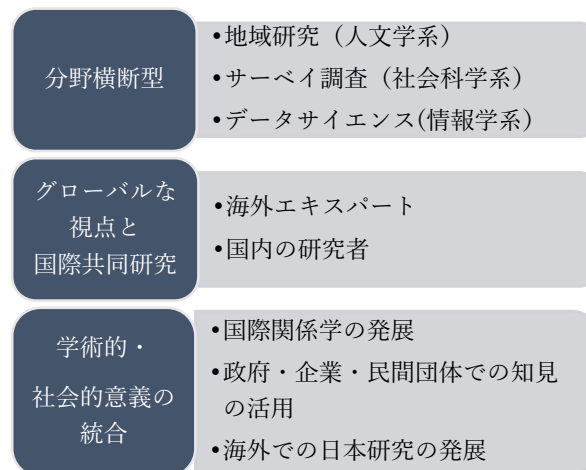


図1 本研究の3つのビジョン

「合法的国家」として台頭するようになった。21 世紀に入り、情報技術の進歩やグローバル化の中で国家の能力はネットワークの管理力や情報発信力によって評価されるようになった結果、現代国家は「ネットワーク型国家」として位置付けられている。本研究は、グローバル・ネットワークにおける日本の情報力を外国のエキスパートの所見によって測定し、日本の情報力の地域的な分布や政策領域に関わる分布および政策努力の効果などを吟味し、ネットワーク型国家としての日本の実相を考察する。とくに、貿易国家として飛躍した日本が現代的なネットワーク型国家の素養をどの程度保有するに至っているのが焦点となる。また、研究期間中に発生する外生的ショックが日本の情報力にどのような影響を及ぼすのかについて因果的な分析を行うことも視野に入れる。

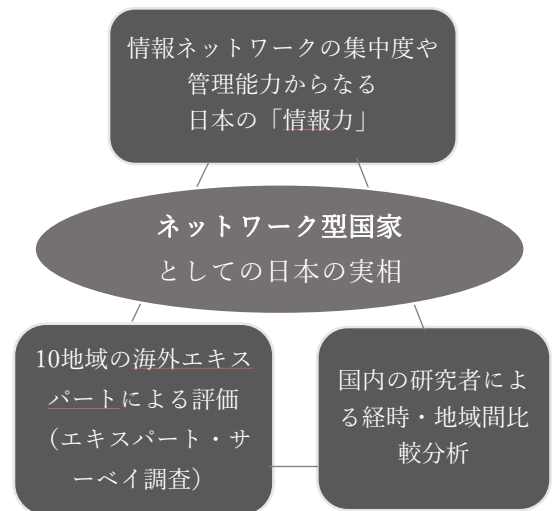


図2 本研究の構想と意義

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

エキスパート・サーベイ調査は海外の研究機関でも実施されている。例えば、米国シンクタンクは紛争予防や危機緩和に関して、米国政府の政策担当者に対して継続的に知見を提供している。本研究構想は情報ネットワーク国家としての日本の姿を把握することにあるため、特定の政策領域だけではなく複数の主要な政策領域の諸課題を取り上げる。その結果、変動する世界の中での日本の姿を可視化し、取り組むべき政策課題に優先順位付けを行うための判断材料を提供することが可能になる。

⑦ 社会的価値

令和3年に内閣府が実施した「外交に関する世論調査」で、国民の日本の国際貢献への期待は回復傾向にあり、中長期的に増大していくと期待される。本研究の成果は広く利用可能な形で公開することによって日本政府や民間団体の証拠に基づいた政策決定（EBPM）を推進し、国民の期待に沿うものとなる。

⑧ 実施計画等について

実施計画：初年度と第2年度に世界10地域毎にグループを形成し、質問票作成、サーベイ調査対象者選定を行う。第3年度に第1回サーベイを実施し簡単な分析を行い、第4年度に対象地域へ研究者を派遣し、サーベイ結果の報告とフォローアップの質問を行い、データ分析の結果への理解を深める。第5年度以降、同様の手順を繰り返し全4回のサーベイを実施した後、最終の第10年度に経時的变化も踏まえて、最終報告書を作成する。なお、研究期間中、各回のサーベイ調査の結果は適宜レポートとして公表する。

実施機関と体制：本研究は日本国際政治学会と、学会外の情報学（データサイエンス）の専門家と連携により実施する。学会所属の地域研究者からなる地域班は、これまで学術交流を行ってきた海外研究機関と連携して、対日関係に知見を持ち、データ分析上妥当な人数の研究者を対象としたサーベイ調査の企画・実施を行う。データ入力、AIを用いたデータ化、データ解析は、これらの分析方法に精通している学会員および学会外のデータサイエンスの専門家からなる分析班が実施する。総合的な分析を行ううえで、学会内外から公募研究を募る体制を整え、データ利用の促進、若手研究者の育成を行う。実施組織の構成員は、ジェンダーバランスを考慮しつつ、次世代を担う若手・中堅の研究者を中心に構成する。

所要経費：総額 639,000,000 円

(1) 運営費・研究成果公開関連費：プロジェクトスペース借上費（年100万円×10年）、ウェブサイト作成・改修費（120万円×4回）、ウェブサイト保守管理費（年7万円×10年）、非常勤職員雇用経費（年200万×1名×10年）、RA（データ打ち込み）雇用経費（年40万円×10名×10年）、作業用PC（一台30万円×10台）、講演会開催費（海外エキスパート招へい有）（250万×3回）

(2) 調査実施経費：質問項目作成等の連絡費（年1万円×150名×10年）、旅費（70万円×15人×10か国・地域×4回）、調査対象者謝金（4万円×15人×10国・地域×4回）、RA雇用（20万円×10国・地域×4回）

(3) 調査結果分析経費：公募研究（100万円×20件×4回）、分析成果報告会実施経費（100万円×4回）、報告書作成経費（200万円）

⑨ 連絡先 遠藤 誠治（一般財団法人 日本国際政治学会理事長）

グローバル地域研究のネットワーク型共同研究・共同教育体制の構築

① ビジョンの概要

世界各地で起きている社会の分断や環境問題などの課題、また新たに生じている多様な動きを、長い時間の流れ、大きな空間の広がりの中で俯瞰し、分野横断的に取り組むグローバル地域研究の基盤を構築する。多分野・多組織間のネットワークを形成し、デジタル技術を活用した人文社会科学の DX を推進しつつ、文化、社会、環境の多様性を前提として、グローバルな課題に向き合い、広く社会に開かれた学術の実現を目指す。

② ビジョンの内容

地球環境や感染症、災害、国境を越える経済や政治の動きなどの現象はグローバルな課題とされ、諸分野において研究がなされている。しかし、これらの現象が生起する場は個々の地域である。地域研究は、複数の分野が一つの地域を見る分野横断的な研究領域であり、これまで、世界の諸地域での長期の観察に基づく社会、文化、歴史などの研究を通じて、その多様なあり方を明らかにしてきた。近年では、研究対象となる地域をグローバルな動きとの関係で捉える研究が主流となっている。

グローバルとローカルの関係は必ずしも一方的ではなく、相互作用として理解する必要がある。今後の地域研究は、従来の研究の蓄積を踏まえつつ、グローバルと地域の

相互作用に着目し、生態、環境、資源利用、医療、災害復興など地球規模での課題を理解し、その解決に向けた取り組みを進めるため、これらの分野との連携強化と持続的な研究体制の構築が求められる。

また、情報学との協働により、過去、現在、未来にわたる地域研究の成果を人類の共有財産として整備し、AI 等を活用した新たな分析手法とともに公開することは、人文社会科学の DX に寄与し、世界に対する大きな貢献となりうる。

さらに、これまで研究対象とされてきた社会の人々と共に、グローバルとローカルな課題について、異なる視点から考える知的空間を構築し、様々なステークホルダーが参画する、社会に開かれた学術を実現する。

加えて、多分野に通じた人材、情報科学を活用する人材、世界諸地域の社会との学術連携を担う人材の育成を進める。

本ビジョンの実現に向けて、国内外の多数の研究拠点、多様なセクターを含む共同体制を整え多くの研究者が参加する研究・教育、社会・国際連携を効果的に進める。法人や分野を超えた組織間のネットワークは、今後の大学・研究機関等の活動を持続的・多面的な行うためのモデルとなりうるものである。

③ 学術研究構想の名称

グローバル地域研究のネットワーク型共同研究・共同教育体制の構築

④ 学術研究構想の概要

本構想は、上記ビジョンの実現に向けた学術基盤として、グローバル地域研究のネットワーク型共同研究・共同教育体制の構築を目指すものである。特に、地球環境学、生命科学との連携を強化し、グローバル課題の解明・解決に向けた研究を推進する。また、情報学分野とも連携し、研究成果、研究資料等を信頼性の高いデータとして活用するための体制を整備するとともに、生成 AI を活用した人文社会科学の研究手法の開発とその教育への応用を進める。

本構想では、大学共同利用機関や大学附置研究所など、地域研究および地球環境問題等に関する研究拠点を中核とするネットワーク体制を構築し、共同利用・共同研究体制を通じて、国内外の研究者が参画可能な研究プロジェクト、教育プログラムを推進する。また、このネットワーク体制により、現地研究拠点や研究者招聘プログラム、海外機関との連携関係の共同利用を進める。



図1 計画イメージ図

⑤ 学術的な意義

地球規模でのマクロな視点と様々な地域でのミクロの視点を交錯させることで、課題解決に向けた個別・具体的な方策に加え、「グローバル」という視点そのものに関する学術的な議論を深化させる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

近年、地球環境問題などグローバルな課題に関する研究が増加している一方で、個別社会のコンテクストに踏み込む研究も萌芽的に現れている。また、地域研究に携わる若手研究者は、地域における環境問題などに強い関心を示しており、本構想は両者を結びつける研究を発展させる原動力となりうる。

⑦ 社会的価値

世界の諸社会における環境等の課題解決に資するだけでなく、当該社会が参画する超学際的な学術のあり方を提示し、広く社会に開かれた学術を実現する。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

- R08 地域研究の中核機関からなる協議体を人間文化研究機構に設置、本構想の具体案を検討
- R10 関連組織によるグローバル地域研究ネットワークの設立、研究・教育・社会連携部会設置
- R10- 地球環境、社会の分断等に関わる異分野融合研究の予備研究の開始
 - 研究成果・資料等のデジタル化、統合検索データベース・AI 活用手法の開発開始
 - 大学院教育プログラムの調査、海外研究拠点の整備、海外機関との連携体制の構築
- R11- 目的別教育プログラムの試行、運営体制ならびに活動の評価
- R16 評価に基づく体制、活動の見直し、目的別教育プログラムの実施
- R17- 第二フェーズに向けた計画策定（～2036）、成果とりまとめ

<実施機関と実施体制>

大学共同利用機関や大学附置研究所、研究センターなど、地域研究ならびに地球環境問題に関わる主要組織等から成る協議体を設置し、研究テーマや地域、機能に応じて、その他の関係する組織間のネットワークを形成する。これにより、多くの研究者が共同研究・共同事業に参加する体制を構築する。

地域研究に関係する研究機関、研究組織、大学院研究科・専攻、学会、政府系研究機関、政府系国際交流団体、NGO などからなる地域研究コンソーシアム（JCAS）と全面的に連携し、事業を推進する。

<総経費> 5,122,460 千円

<所要経費>

総額 5,122,460（単位：千円）

研究基盤構築経費（1,900,000）、設備費（610,000）、共同研究経費（1,300,000）、人件費（1,264,460）、委員会等経費（48,000）

⑨ 連絡先

木部 暢子（人間文化研究機構）

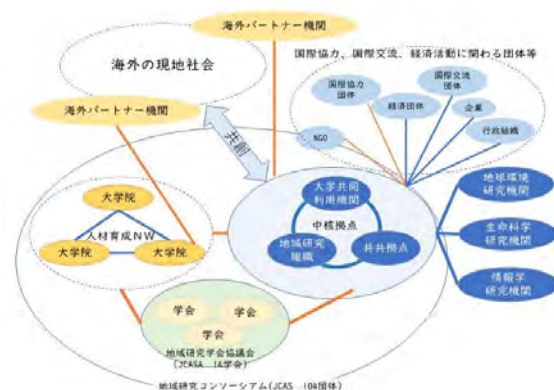


図2 ネットワーク体制図

地球電磁気学と考古学・人類学の連携による第四紀研究の新たなパラダイム構築

① ビジョンの概要

過去数十年に渡って培われてきた地球電磁気学的手法は、我が国の考古学・人類学の発展にも寄与してきたが、さらに各分野の考え方や技術を共有・統合することで、今後 20～30 年の間に活発な技術革新とパラダイムシフトを起こす。新たな学問的ツールをもって人類の進化してきた環境とその変動に関する新たな知見を探り出し、第四紀の開始時にまで溯って理解して、今後の自然と共生可能かつ持続可能な人類社会の設計に貢献する。

② ビジョンの内容

地球の磁場（地磁気）は外核における電磁流体现象で生成され、絶えず変動している。「チバニアン時代」の認定の鍵となった極性の反転（地磁気逆転）を用いた年代測定は過去 1.7 億年前～現在の区間で広く地球科学に利用されているが、人類学・考古学は約 260 万年前に始まる第四紀を主な対象とするため、より短い周期と高い測定精度が必要な地磁気方位と強度の変化（地磁気永年変化）の活用も求められる。過去 2000 年間の永年変化を利用した「考古地磁気年代推定法」は我が国で約 40 年間利用されてきたが、人類学の年代決定に貢献できるそれよりも古い時代の詳細な地磁気変化の研究は発展途上である。一方、衛星等を用いた地球環境観測は大気上層～磁気圏におけるダイナミクスを明らかにしつつあるが、適応可能な時間は高々百年程度である。現代文明の発展と人類社会を継続させていくためには、千～100 万年というスケールでの地磁気変動とそれに応答する地球環境変動の理解も必要であり、古地磁気等により長期的な磁場変動の様子が明らかになれば、かつての人類が経験した種々の急激な地磁気変動による環境変化も見つかることが期待される。

生命としての人類の進化や棲息環境の変動の推定をするために、本ビジョンでは、地球電磁気学など地球惑星科学者と人類学・考古学の研究者がお互いの手法・ノウハウ・パラダイムを持ち寄り以下の中長期目標を設定して、さらなる相互理解と融合を深めていく。

[1] 第四紀を通して適用可能な古地磁気年代推定法の開発と精緻化。人類学・考古学・地球科学の多彩な試料から、方位と強度の詳細な地磁気永年変化モデルを構築し、それを利用した年代推定法と高感度・高速測定を可能にする機器の開発を行う。

[2] 第四紀の人類の進化環境の復元・考察に資する新たな分野融合的指標（プロキシ）の開発。物質の磁性を測定し酸化状態等を評価する岩石磁気学、鉱物の定量や状態を明らかにする岩石学・鉱物学、場としての環境を解明する地質学や古環境学、物質中の電子状態から被熱や年代を探るルミネッセンス法などを結集し、主に無機的な遺物・遺構からの物理・化学的情報を考古学や人類学に提供する。

[3] 上記の研究を統合して第四紀の人類の進化環境の変動について考察し、宇宙空間まで活動領域を拡げた現在の人間社会のさらなる発展に貢献する知的基盤を構築する。

③ 学術研究構想の名称

地球電磁気学と考古学・人類学の連携による完新世・人新世研究の新たなパラダイム構築

④ 学術研究構想の概要

②にあげた中長期計画の中でも、約 1.2 万年前～現代の人間社会に直接つながる完新世・人新世を時間的な対象に、我が国を含む東アジア～東南アジア地域を空間的な重点的な対象として以下の骨子で研究を行う。

[1] 古地磁気年代推定法の適用可能年代の拡張と精緻化。適用可能年代を現行の約 2000 年前から新たに完新世開始まで拡張し、人新世を含む最近の期間については年代推定精度を現在の 10 倍にまで向上させる。

[2] 完新世～人新世の人類棲息環境の復元・考察に資する新たな分野融合的指標（プロキシ）の開発。人類学・考古学では気候変動の視点が取り入れられるようになって久しいが、新たに地磁気変動の視点、たとえば地磁気強度と気候変動が相互に影響する可能性も取り入れる。

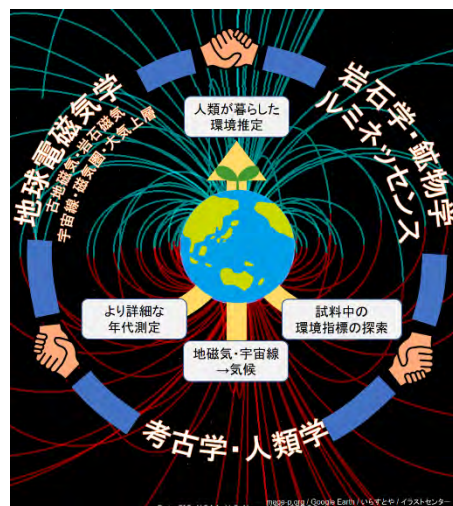


図1 諸問題と研究分野の連携イメージ

[3] 上記の研究を統合し、完新世・人新世における人類棲息環境の変動について考察することで、地表のみならず上空～宇宙空間まで活動領域を広げた人間社会のさらなる発展に貢献する知的基盤を構築する。

⑤ 学術的な意義

最終氷期後温暖化が進み人類が発展を始めた完新世は地磁気の強度が現在の約 0.5～2 倍の間の変動をしていたと考えられるが、変動は地球表層環境にも影響すると予想され、より詳細な地磁気環境の復元が必要である。今世紀初頭より欧州を中心に世界各地域での完新世地磁気変動研究が進められてきたが、全地球的な考察のためには異なる経度帯に位置する東～東南アジア地域でのより詳細な研究が重要である。また、東南アジアは地球惑星科学的視点を考古学・人類学へ導入する余地がある学術的フロンティア地域である。本構想に参画する研究者が有する国際的なコネクションを活かし研究を行う。

本構想は現代にいたる人類の生存環境を明らかにする研究のひとつである。成果は広い意味での歴史学、考古学、人類学、第四紀科学などの自然・人文・社会科学にインパクトを与えるほか、各手法を現代の諸問題にも活かすことも期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

電磁気学的な記録は主に無機物中に残るため、有機物が対象である放射性炭素年代法・年輪年代法等とは独立に考古学・人類学における年代測定法として発展してきた。とくに、今世紀になって欧州では巨大な予算と人員が充てられた計画が動き考古地磁気年代研究は飛躍した。本構想は同計画にも刺激を受けて日本を含むアジア地域で考古・人類学試料および火山噴出物や堆積物も組み合わせた古地磁気年代法を確立させるのがひとつの目標である。また、人間の生活に関連する古環境推定法などを包括的に含み、新たな考古学・人類科学の一軸を形成することを狙っている。

⑦ 社会的価値

人類の生息環境に関する我々の知的関心に対し、本研究構想は新たな切り口と材料をもって研究考察の基礎たる年代推定の他に電磁気を中心とした環境に関する情報を提供する。また、本構想がもたらす科学的手法や技術の他分野（法学・環境科学・災害科学・物理探査等）への適用は経済的・文化的価値を創造する。本構想は SDGs 掲げる 17 の国際目標のうちとくに「11. 持続的住環境の保持」、「13. 気候変動に対する理解」に貢献するほか、地球規模の環境危機に対する回復可能性と社会の持続に関する基礎的知見を提供する。

⑧ 実施計画等について

④で挙げた計画の骨子を実現するため、以下のような研究を計画する。（カッコ内は参画研究者の所属組織）

[1] 地磁気永年変化モデルの延長と高精度化のために、まず紀元前 1000 年頃の中東地域で観測された「地磁気スパイク」が東アジアでも観測できるかを確認する。その後さらに年代を遡るとともに、考古遺跡・遺物・火山岩・堆積物の試料を増やしデータの信頼性を上げていく。考古学・人類学試料については分担研究者と綿密な試料の絞り込みを行い、埋蔵文化財関係機関に働きかけて収集する。（岡山理科大学・九州大学・高知大学・昭和医科大学・大阪大学等）

[2] 遺物・遺跡、さらに火山岩・堆積物など地質試料も対象に岩石磁気測定を行い、複数の磁性パラメータを抽出する。これらは温度や酸化状態に敏感な鉄の挙動を反映した気候のプロキシである可能性が高いため、より微細な情報を取り出す手法を構築する。さらに、鉱物学・岩石学、ルミネッセンスでも同様の情報を反映したパラメータを探索する。これらを組み合わせ 5 年程度の期間内に複合指標の構築を目指す。

→（岡山理科大学・九州大学・立正大学・高知大学・海上保安大学校等）

[3] 全地球的な双極子磁場変動と地域的な非双極子磁場の影響を定量評価し、雲の生成量などを通じた緯度ごとの地球気候への影響を調査する。さらに、年代学と環境復元の成果を統合し、完新世～人新世の人類棲息環境を復元して人類活動の条件を与える。→（沖縄科学技術大学院大学・岡山理科大学・九州大学等）

経費としては、人件費（PD 等）として約 8 億円、設備・機器費として約 6 億円、運用費・調査経費・旅費・消耗品費等として約 4 億円、データ管理経費等その他の経費として約 4 億円の合計 20 億円を予定している。他に、現在も国内のコミュニティに参加を呼び掛けており、また、韓国やベトナムなど東～東南アジアの各国研究者と協力して進める。

⑨ 連絡先

畠山 唯達（岡山理科大学フロンティア理工学研究所）

ヒトを理解する「知」を総合した霊長類学

① ビジョンの概要

現代人の抱える諸問題には、動物として進化したヒトと、人工環境と人為選択によって進化した人間との乖離が関係する。その解決には、自然科学と人文社会科学とが協働して知見を統合し、生物進化と文化進化の融合体としてヒトをとらえ直す必要がある。そこで霊長類のゲノム、からだ、こころ、社会の研究と、野生サル類の保全及び非医学系実験用サル類の整備を伴った学際的「知」の創造と統合を目指す総合霊長類学の拠点の形成を提案する。

② ビジョンの内容

サル類（ヒト以外の霊長類）の研究は、ニホンザルが生息している我が国では、野生サル類の生息しない欧米先進国とは異なる発展を遂げてきた。特に、ヒトの進化プロセスの解明を標榜し、サル類の社会や生態から、心理、行動、脳、身体、生理、細胞、遺伝、さらに化石の研究まで、広範な自然科学領域の研究者が連携し、国際的に活躍してきた。また、その黎明期から、民俗学や生態人類学、社会学などの人文社会科学領域との協働が活発であるという、他国や他の動物の研究にはない文理統合の特色がある。

サル類の研究は、対象そのものの理解のみならず、進化の観点から医学研究に対しても背景となる情報を与える。現代人を悩ます肥満などの成人病や感情障害等が「疾患」となったのは、人間が築き上げた生活環境と人為選択の方向性が、ヒトが本来進化してきたあり方と乖離することに原因の多くを発すると考えられる。文理の「知」の統合は、野生サル類の保全の研究と実践にも欠かせない。我が国では、サル類が人間と共存するアプローチが実践されてきた。それは、科学知だけでなく在来知を活かし、地域住民が保全活動に主体的に参加し、サル類を含む自然環境を保全することが、地域の発展や地域コミュニティの結束を促し、自然資源の有効で持続的な活用を目指すものである。「我々はどこからきたのか、我々は何者なのか、我々はどこへ行くのか」。それをサル類に学び、人間の持続的社会と自然との共存に資する科学的な問いを深めるために、学際的「知」の創造と統合を実現する「総合霊長類学」のネットワーク拠点の構築を提案する。

③ 学術研究構想の名称

総合霊長類学のネットワーク拠点の形成

④ 学術研究構想の概要

本研究構想は、ヒトの生物学的特性の理解に基づき、人間の文化的特性の進化的理解を進める総合的研究を推進し、人間理解の学際的「知」の創造と統合により、現代人が抱える心身や社会の問題の機序と原因を理解し、解決に導く処方を探る「総合霊長類学」の新しいネットワーク拠点を形成するものである。ただし、医学系の実験モデル動物としてのサル類の維持・繁殖・供給を目的とする医学研究拠点の形成は、No. 28「霊長類研究拠点」の学術研究構想に含まれ、本研究構想には含まれない。両学術研究構想は俯瞰的には相補的な関係にあり、共にヒト/人間を含む霊長類に関する総合的科学を推進する。

この新たな「総合霊長類学」ネットワーク拠点は、文理様々な研究領域の核となる研究者が一つの機関に集中する従来型の拠点ではなく、それぞれの研究領域で強みを持つ機関に所属しながら、研究設備やデータ、情報を相互に共用し、かつ、リアルにも人材交流しながら、次世代人材育成を図るプラットフォームを運営する。そのネットワーク拠点は、1) サル類とヒト/人間の基礎的研究の推進を介した次世代文理統合人材の育成、2) 大型分析機器の共用とサル類の非医学系動物実験環境の共用、3) 非医学系実験用サル類とゲノムや標本などの研究用リソースの共用、4) 情報科学的解析技術の開発と共用、社会実装、の4つの基幹的機能を有する。文理の中核的拠点を結び、一つの核となることで、情報交換と実践の国際展開を組織し、国際比較研究を強力に推進する。

⑤ 学術的な意義



図1 総合霊長類学のネットワーク拠点の形成

我が国では、従来型の一極集中的な中核的研究拠点として、京都大学霊長類研究所があった。設立以降、基礎生物学の幅広い研究領域の研究者が所属し、総合的研究の推進と国内外の研究者の人材交流、そして次世代人材教育を中心的に担ってきた。しかし、その教育研究拠点の喪失に加え、いわゆる発展途上国等での教育研究活動の勃興を前にして、我が国が培ってきた研究基盤をベースとしつつも、現在の霊長類研究の多様な展開や社会的重要性の高まりに対応した新たな形態の拠点形成が求められている。

学際的「知」の創造は、情報化社会を迎え、ますます人工環境への対応を強いられる人間と、動物として進化したヒトとの調和ある共存に向けた漢方薬的処方をこれからの時代にもたらす。サル類という共通の研究対象の特性を多角的なアプローチで解き明かす営為は、多くのブレークスルーを成してきた。これら人間理解のブレークスルーは、現代人が抱える心身や社会の問題の機序と原因を全体像から理解し、解決に導く処方を模索する重要な鍵である。

また、サル類保全の社会実装においては、学術的発想のみでなく、行政や民間など研究者以外のコミュニティとの協働が必須である。それぞれの地域固有の人々の関係性や繋がり（ソーシャルキャピタル）を構築し直すことで、社会的要請に応じた保全活動の展開が期待される。さらに、情報技術との更なる共創により、地球環境や人間活動のモニタリングといった情報をも組み込み、サル類保全の実践研究を推進するネットワークの形成は、共存アプローチによる保全活動の実装のみならず、国際的なインパクトも高い。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内外で情報技術を基礎研究に取り込み先端化する取り組みが盛んであるが、その多くは研究領域ごとの先端化を促進し、細分化に拍車をかけている。本研究構想は、我が国における独自の霊長類研究の研究基盤を反映し、研究領域の連携を強化し、文理をまたいだ学際的「知」の創造と総合を目指す点で、極めてユニークであるとともに、我が国の「総合霊長類学」のさらなる発展と現在人の抱える諸問題の解決への処方を模索する中心的取り組みと考える

⑦ 社会的価値

「我々はどこからきたのか、我々は何者なのか、我々はどこへ行くのか」。それをサル類に学び、人間の持続的社会と自然との共存に資する科学的かつ文化・社会的な問いを深めるために、非医科学系実験用サル類の整備を伴った学際的「知」の創造と統合を目指す総合霊長類学のネットワーク拠点の構築が必要とされている。今後、公共財源の減少により大学や研究拠点の統合や合併が予想される時代の中で、中核拠点モデルから分散型組織の有機的ネットワーク（プラットフォーム型）により最先端の研究や実践を進めていく本研究構想は、日本の将来像を見据える上でも有益である。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

初年度～2年度にネットワーク拠点の実施体制の整備を行い、3年度～8年度に中核研究拠点（第1期）を認定し、ネットワーク型の共同研究を開始する。9年度～10年度に中核研究拠点（第2期）の新規認定により研究プログラムの組み替えと研究活動の新陳代謝を促進し、新たな課題の掘り起こす。

<実施機関と実施体制>

ネットワーク拠点は、特定の研究機関に一極集中して運営されるものではなく、分散しかつ有機的に更新することで、先端的研究の蛸壺化や文理の分離を防ぎ、絶えずダイバーシティーを維持する実施体制をとる。

<総経費> 30 億円

<所要経費>

【設備費】 4 億円（2 億円×2 年（初年度～2 年度））

【備品費】 5 億円（5000 万円×10 年）

【消耗品費】 3 億円（3000 万円×10 年）

【旅費】 研究旅費：1.2 億円（1500 万円×8 年（3～10 年度））

【人件費・謝金】 若手研究員雇用費：16 億円（800 万円×20 名×10 年）

【その他】 8000 万円（800 万円×10 年）

⑨ 連絡先

河村 正二（東京大学大学院新領域創成科学研究科）

「人類史」総合研究体制の構築

① ビジョンの概要

「全人類が共有する歴史」という性格を持ち、「人の身体・文化・社会が多様化した経緯」を解明するなど、人間理解への大きな潜在力を有する人類史について、文理共同の組織的研究を推進する体制構築を目指す。

② ビジョンの内容

近年、ホモ・サピエンスの起源についての解明が進んできたことを受け(図1)、これを軸にした「人類史」と呼ばれる新たな歴史記述が試みられるようになってきた。このアプローチは、異なる立場にいる全人類の歴史を俯瞰的に描こうとすること、万年スケールあるいはそれ以上の長期的視点で「全ての成り立ち」を解明しようとする、歴史に文化や社会のみならず生物学・自然科学的視点を加味した総合的人間観を供することなどの諸特徴を

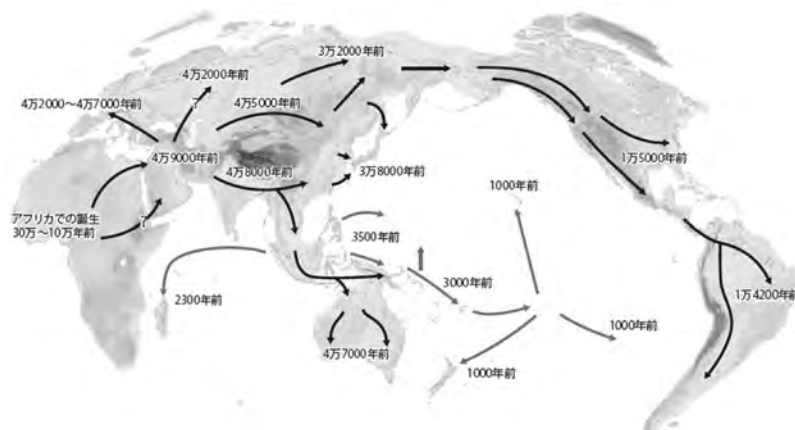


図1 ホモ・サピエンスの起源と拡散。30万～10万年前頃のアフリカに起源し5万年前以降に全世界へ広がった。

有する。これは究極的に「人類多様性の意味」を理解し、人々の相互理解を深め、他集団への誤解や偏見を軽減し、“あるべき人間観”へと我々を導く効力を持ち得る。

このような人類史研究を学術コミュニティが組織的に推進し、その知識を広めていくことは、平和で健全な社会実現へ向けて極めて有益であるにちがいない。そこで関連諸分野(霊長類学、生物人類学、考古学、歴史学、文化人類学、民俗学、地域研究、生態学、環境学など)において100年前後におよぶグローバルな研究蓄積をもつ我が国の強みを活かしながら、これらを融合させて人類史研究を活性化させる基盤を構築する。具体的には、分野横断型の大規模研究を実施しつつ、各分野が定期的に相互学術交流する場として、数十の既存学会が協調する「人類史学会連合」(仮称)を創設し、研究の活性化とともに、そのような総合的素養を持つ次世代研究者の育成を目指す。

③ 学術研究構想の名称

「アジア人類史」の総合的研究

④ 学術研究構想の概要

ビジョンで示したモデル研究の1つとして、アジアにフォーカスし、当地域において人・文化・社会が現代のように多様化した経緯をさぐる総合的研究を実施する。さらに「人類史学会連合」(仮称)の創設に向け、関連学協会の連合体の最適な運営母体を探り構築する。

⑤ 学術的な意義

【背景と重要性】アジアの人・文化・社会が多様であることは広く認識されているが、その本質(実態や成因)については学術的に不明な点が多いばかりでなく、一般社会での誤解も蔓延している。そもそも「アジア」は欧州の東方世界を指す語として欧州でつくられた語であり、アジアの住人に「アジア人」としての一体感や共通の歴史認識というものは、事実上存在してこなかった。しかしグローバル化の中で域内の経済・文化的つながりが深まる一方、安全保障環境も激変するなど、現在のアジアには希望と不安定さが入り乱れている。このような中、アジア諸地域の人々が知られざる互いのつながりを理解し、相手に対する敬意を持って共存の道を探ることの必要性は、かつてないほど増しているといえる。つまり「アジア」の住人が自身の地域とその歴史を理解し、「アジア人」とは何か、その中での自分たちは誰なのかを考えるべき時がきている。これまでの研究から、アジア人の集団間の多様性のルーツは意外に浅く、基本的には5万年程度の歴史しか持たないことがわかっている。また近年のゲノム人類学の成果は、人種や民族とよばれる集団単位がかつて考えられていたほどの実態を持たず、“歴史的虚構”の側面を持つという歴史学・文化人類学からの指

摘を立証しつつある。ただしこうした研究は、技術開発で先行し活発な学際交流の伝統がある欧州主導で進んでいる現状を否めない。日本の諸学問分野はこれまでそれぞれにアジア研究をリードしてきており、このテーマに多大な貢献を果たす蓄積と潜在力を持ちつつも、専門分化の進行と文理に隔てられている教育体系の弊害などのため、構造的に協調の機会が乏しく、巨視的視点からの研究実践がうまく機能してこなかった。

【期待される成果と効果】本計画で、共通祖先集団から現代に至る多様化の歴史を追うことにより、身体形質変異を生じる遺伝的基盤、身体特徴と生理機能の関係、文化の多様化が生じる要因などについて数々のブレークスルーを期待できる。このような「アジア人の本質」に関わる基礎的知見は、地域の医療や健康管理、人間工学や居住環境デザインなどの暮らしの改善計画立案に活かすことができるもので、人類学以外の他分野への波及効果も大きい。さらに、伝統的な国別の歴史研究はナショナリズムと結びついたり政治利用されたりする危険性を孕むが、アジア人類史という観点はそれを乗り越えるものである。この取り組みにより、アジア地域の共通性と多様性の理解を各段に高めると期待され、それは人々の相互理解を促進し、地域の安定的発展に貢献するものとなる。これら一連の研究と同時進行で、「人類史学会連合」（仮称）の創設を目指すことも本計画の要である。連合体構想は、個々の研究者が異分野の最先端動向あるいは一般社会のニーズを容易に把握できる環境を整えるもので、異分野協創によるブレークスルーが生まれ、広い視野を持つ次世代研究者が育つ場となることを目指す。さらに、不確かなニュースが溢れAIが台頭する現実世界で適切な情報発信を継続することは学術コミュニティの使命であるが、とりわけ人類学関連のそれは、人間の尊厳を守ることにつながる重要使命である。多くの専門家が多彩な分野の最先端知識を共有する場を設けることは、適格な情報の発信源を増やすことに直結し、大きな効果をのぞめる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

アジア人類史への関心は国際的に高まっており、欧州や豪州を中心にアジア人の大規模ゲノム解析や遺跡調査が活発に行われている。本計画はアジア域内外の諸外国との協調を重視しながら、日本がこれまで蓄積してきた関連諸分野の知見を共有・統合し、国内研究体制のベースアップをはかるものである。

⑦ 社会的価値

人の多様性の意味と共通性への理解が深化することは、医療・人間工学・環境デザインなどに貢献するだけでなく、社会における適切な人間観の醸成に寄与し、SDGs が掲げる不平等解消・公正・平和への基礎を与える。歴史上、数多の思想家や哲学者らがそれぞれの人間論を提唱してきたが、本計画は、時代に左右される個人的見解ではなく、人類史という切り口から、エビデンスに基づいて、学術コミュニティとして隙のない人間理解を目指すものである。とりわけ近年のアジアでは、各国がそれぞれに経済成長や発展を遂げる中で、対立やきしみも多く生まれている。特に国別に編纂される歴史には、不一致や齟齬を免れない側面があり、社会の不安定化要因の1つとなっている。そのような現代であるからこそ、国家単位の歴史記述を越え、広く深い視点から人間全体の歴史を問い、そこからみえてくる多様性の意味と人としての共通性に目を向けることが重要であろう。そうした人間観の共有は、究極的に地域内での相互理解を促進し、平和と安定に資するはずである。

⑧ 実施計画等について

【実施計画】

R9：個別研究開始、学協会ネットワーク整備

R10－R17：個別研究と連合体構想の推進

R18：人類史学会連合（仮称）発足

【所要経費】

総額 20 億円（設備備品・消耗品費：5.5 億円、研究・招聘旅費：2.5 億円、事務局運営費：1 億円、若手研究員雇用費：10 億円、その他：1 億円）

【実施機関と実施体制】

総括事務局を東京大学総合研究博物館に置き、個別研究プロジェクトはテーマごとにリーダーあるいは実施機関を定める。連合体構想については、関連学協会の代表に運営委員会に参加してもらう。

⑨ 連絡先

海部 陽介（東京大学総合研究博物館）

グリーン社会変革を推進する学術領域の確立及び産学公連携による共創

① ビジョンの概要

自然環境と人類社会の抱える諸課題を地域から地球に至る規模で解決し、持続可能にするためのグリーン社会変革は急務である。そのためには学術領域の確立のみならず、学術と社会実装を往来し、産学公民の多様な主体が包摂的に対策を共創し、持続させる必要がある。そこで、国内外の大学等との連携関係を発展させ、グリーン社会変革の事例を研究すると同時に、国内外の各地域において産公民と連携し、変革を社会実装・拡大する。

② ビジョンの内容

地球環境の悪化に加え、社会の分断と対立の進行などが叫ばれて久しい。これらの諸課題を地域から地球に至る規模で解決し、持続可能にするための「グリーン社会変革」が急務である。

原因やメカニズムの解明もままならない地球環境問題に対して、大きく分けて2つの視点がある。一つは、既に起こりつつある環境の変化、特に悪影響に対して、私たちの暮らしや営みそのものを、適応させていくということである。情報技術やAIの発展により、現状や予測に関する分析の確度は高まっている。それらも

駆使し、将来を予測しながら生存していくための術や仕組みを、早急に整えていく必要がある。他方、中長期的にも肝要なのが、未然防止原則に則った緩和策である。地球環境問題については、個別の事象について、原因やメカニズムと、それに基づく解決策を明示することは難しい。しかし、明らかなことは、私たちの日々の暮らしや営みが、無意識か否かにかかわらず、環境負荷となり、複雑に絡み合い、環境破壊を引き起こしているということである。従って、私たちの暮らしや営みの改革なくして、環境課題解決はあり得ない。つまり、グリーン社会変革とは、技術に重度に依存せず、根底にある私たちの意識を変えるところから始め、そこから暮らしや営みを変え、抜本的な課題解決につなげるアプローチと言える。国家や国際社会が志向してきたものとは異なる視点を持つが、同時にグローバルな環境問題の解決にも貢献することが期待できる。

グリーン社会変革は、世界各地で萌芽しつつある。それらは全て、地域（コミュニティ）レベルで起こっている。そういった地域では、人の暮らしや営みを、様々な形で持続たらしめる「暗黙知」が残っていたり、見直されたりしており、それを手がかりに、自分たちの在り方を、根底から問い直し、自分たちの手で課題解決をめざそうと動いている。また、過去には、地域が点であったものが、情報技術やAIも活用することにより、軽々と越境し、集合知となり、コレクティブインパクトが生まれるようになってきている。グリーン社会変革の主流化に向けては、学術領域を創出するフェーズに入ってきたと考えられる。そこで、全国の200以上の大学等が参画し、大学共同利用機関法人人間文化研究機構総合地球環境学研究所（地球研）が事務局を務める「持続可能な社会を共創する大学等コアリション（コアリション）」の参画大学等が、フューチャー・アース等の他の学術組織とともに、共創によりグリーン社会変革の事例を学術的に研究する。

他方、グリーン社会変革により、根底から地球環境問題解決を目指し、持続可能な社会を構築するためには、社会実装も待ったなしであり、学術と社会実装を往来しながら、取り組む必要がある。そのためには、産学公民の多様な主体（アクター）が包摂的に対策を共創し、持続させる仕組みが求められる。国内外の各地において産公民と連携し、全国・世界への実装・拡大を目指す。

③ 学術研究構想の名称

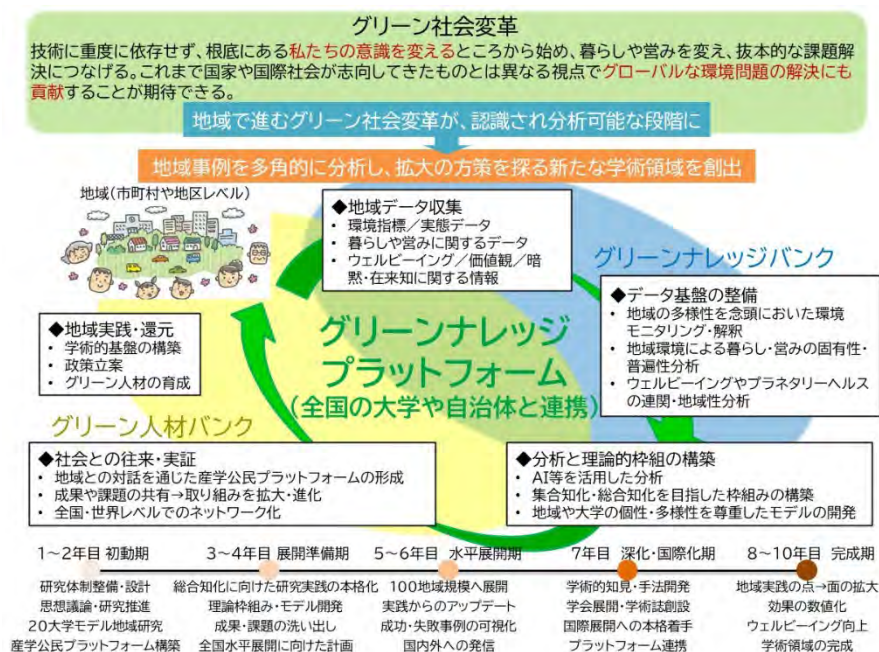


図1 グリーン社会変革の推進イメージ及び展開スケジュール

④ 学術研究構想の概要

地球研が主導・ハブ機関となり、全国のグリーン社会変革の地域事例に着目し、各地の事象を、多角的に捉え分析するとともに、それを広げる方策を見出し、促進するための新たな学術領域の創出を目指す。

具体的には、グリーン社会変革が萌芽している複数の地域に着目し、取り組みの概要や各種環境データに加え、地域の暗黙知・在来知、そこに暮らす人の意識やウェルビーイングなどの指標群を調査・収集する。得られたデータ群については、学際的な研究チームにより、AI 等も用いて分析を行う。集合知・総合知にするという目的と同時に、各地域や大学の個性や多様性が活かされることも重要であり、両輪で検討できるような理論的枠組みやモデルの開発を目指す。これらの学術的活動は、社会実証と往来して行われることで、社会実装性や拡大性が高まる。そのため、地域との対話に応じて、企業（産）、行政（公）、NPO・住民（民）も含むプラットフォームを、地域単位で立ち上げて社会実証を後押しする。同時に、成功事例や課題を共有し、取り組みを拡大・進化させるため、全国や世界単位のつながりも創出する。成果の還元としては、学術的基盤の構築のほか、政策提言や、教育・共創プログラム、そのプログラムを通じて生み出されるグリーン人材などが想定され、再び地域に還元されることにより、プラスのスパイラル効果を生み出すことを目指す。

⑤ 学術的な意義

地球環境問題というテーマは、総合知が求められる典型例と考えられる。グリーン社会変革はまさに、自然科学のみに依存せず、人文・社会科学の知にも根ざした総合知を創出し、社会課題解決へ活用することに他ならない。それを、明示的に掲げ、実践する点において、まず意義があると考えられる。加えて第7期科学技術・イノベーション基本計画に向けた検討においては、「科学技術・イノベーション全体像の中で、「知」を得るエコシステムの強化が必要」と強調されている。まさに、当該構想と合致するものであり、次なる学術振興に貢献できるものと考えられる。なお、総合知も、知のエコシステムも、社会的ニーズは高いものの、学術的に体系化した議論をすることは容易ではない。しかし、地球研が四半世紀にわたって追究してきた学際・超学際（TD）研究の経験やネットワークを、棚卸的に活かすことで、ブレイクスルーが可能となる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

地球環境問題については、テーマ別に、分野や対象に応じて分化され、国内外で活発に研究が行われてきた。専門学会や学術誌も多く存在する。他方、地域においては、これらテーマは独立して存在しているわけではなく、渾然一体となって表れている。当該構想においては、地域住民等の主体性により、課題解決に向けた糸口を見出すことが肝要であることから、テーマを統合し、総体として環境問題を捉えることが求められる。そこで、情報技術やAI 等も駆使し、総合知化を目指す。なお、社会課題に対応するための研究方法論としては、アクションリサーチが長い伝統をもち、実践されてきた。また、TD 研究も欧米を中心に発展しつつある。当該構想では、地域住民の主体性を確保した研究展開を基本とし、限界を突破する。

⑦ 社会的価値

地域住民が、環境問題やウェルビーイングを、総体的かつ主体的に捉えること、大学が地域に目指して寄り添って研究を進めることを研究デザインの基本に置いている。国民の理解と信頼、支持を獲得したい。

⑧ 実施計画等について

1～2年目に、思想・考え方に関する議論、セクション別の研究、モデル地域における調査・研究、各地域における産学公民プラットフォームの構築等を進める。3～4年目に総合知化に向けた研究実践やモデルの開発、モデル地域における研究を行い、全国へ水平展開する計画を立てる。5年目以降、大規模に水平展開する。7年目には、国際展開にも本格的に取り組む。8～10年目には、住民のウェルビーイング関連指標の向上や、モデル地域の活力向上も期待される。グリーン社会変革を推進する学術領域としては、完成期に到達する。

地球研が主導・ハブ機関となる。まずコアリションに参画している約200の大学が連携対象となる。また、セクション別の研究については、コアリションに加え、広く学術ネットワークから、参画者を募る。

総経費 10,015 百（設備 1,000 百、消耗品 100 百、地球研人件費 1,415 百、他人件費 4,900 百 他）万円

⑨ 連絡先 浅利 美鈴（総合地球環境学研究所 副所長・教授・グリーンナレッジセンター長）

多様性が高度に組み込まれた社会構築のための人文情報学的地域社会論創成

① ビジョンの概要

「多様性が高度にインクルードされた地域社会」実現を目指す。そのために学問の側から二つのテーマを提起する。一つは、人文情報学などの分野融合研究に基づく高度な地域社会論である。地域社会のありかたをマクロな情報処理とミクロな人文の目から分析する。もう一つはAI時代における昨今、第一の目的を達成するための「多様なデータを多様なまま理解し、かつ多量のデータを処理する」人文情報学的研究を行う。

② ビジョンの内容

30年後の社会のために人文学が果たすべき役割の一つに「多様性が高度にインクルードされた社会」構築への貢献があると考えます。ここでいう社会とは、多様な地域社会文化の差異を意識することなく、多くの人の生のあり方を当然のように受け入れ、経済や技術的障壁なくその多様性を享受できる社会である。しかし、現在の状況は、経済的・技術的な障壁を乗り越え社会の多様性を享受する状況には至っていない。地域の文化多様性の重要性は総論として認めつつも「東京のコピー」が結果的にもてはやされてきた。社会や文化の多様性と経済は二項対立的としてとらえられ、経済を優先する構造の中で近代社会は展開してきた。結果的に地域社会の多様性が失われるだけでなく、その均一社会の中で「多様性を認めない」社会へとこれまでは進んできたといえるであろう。さらに言えば、この状況は21世紀に頻発する自然災害からの文化復興などの障壁にもなっている。この状況を転換させるためには、社会や文化そのものが、経済性や先進性において劣後しない構造を作ることが求められる。すなわち二項対立を廃し、経済性を維持しつつ地域文化多様性を残し発展することである。多様な地域文化のあり方が社会に入り込む社会を作ること、より長期的には大きな差別や偏見のない「包摂的な社会」につながると考えられる。

このような社会像のもとで、学問の側がなすべきテーマとして二点を提案したい。第一により高度な地域社会論の構築である。地域社会の多様性を考えるだけでなく、交流・排除・包摂・許容といった関係を社会全体の中で位置づけて考えるような議論する必要がある。そのためには、日常・災害時問わず失われつつある社会文化の情報を記録する情報基盤とそれを用いて地域社会の多様性を明らかにする人文情報学的方法論が不可欠である。大枠を分析し、それをミクロの理解へと往還する研究には、情報技術が欠かせない。第二に、AI時代における「細かい差異のある情報をそのまま処理できる技術」の必要性である。コンピュータは大量データを一方向に整理して解析することを得意とするが、その過程で少数派の差異が見えなくなる側面もある。したがって、細かな差異を理解し、その差異を前提として大量データを処理するモデルが求められる。こうした問いを人文学と情報学が共有することが、30年後に目指す社会の基礎となる高度な地域社会論を推進する力になると考える。

③ 学術研究構想の名称

地域歴史文化の相互理解のための人文情報学基盤

④ 学術研究構想の概要

上記のビジョンを実現するために、まず10年間で求められるのは、地域歴史文化のためのデータ構築とそのデータを用いた人文情報学的研究手法の開発、地域歴史文化の継承モデルの確立である。基礎的なデータがなければAI的活用も困難であるため、地域の大学・自治体・博物館・図書館等と連携し拠点を設け、災害や人口減少・過疎化で失われる資料の救出・記録を含む収集とデジタル化を進める。地域歴史文化資料のデジタル生データ（画像・音声・動画）でなく、それらを情報発見可能なデータ（テキスト等）や数値解析可能なデータへと変換することも求められる。そのためのAI解析技術やクラウドソーシング技法などの構築も当然に必要となるであろう。各地域の大学等と連携し大量のデータを蓄積することで地域の状況を大きく把握する「遠読の地域社会論」の第一段階を実践することができる。

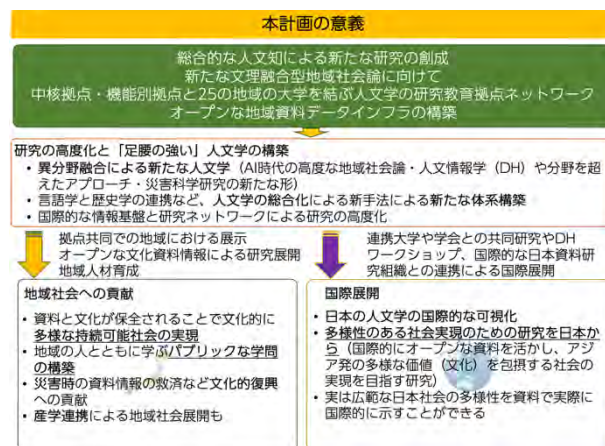


図1 本計画の意義

具体的には、日本各地の歴史文化の基礎をなす有形無形の文化資料の把握と研究、データ化、歴史文化を担う人材育成を一体的に行う拠点を各地の大学等に形成し、これを全国的な中核研究機関の研究蓄積や資料情報基盤と結合させる。これにより多様な地域文化資料の保存と研究及び社会的活用を進めるための強靱な学術研究プラットフォームを構成するとともに、地域文化を担う人材を育成して地域文化の継承発展の基盤を形成する。さらに、日本文化研究の国際的発信力を強化し、多様で重層性を持つ日本文化の理解を豊かにする。当初5年間で、各地に10拠点を形成し、その成果を受け、10年後には、全国すべての地域への対応を可能とするため、25拠点を形成する。

⑤ 学術的な意義

人文学のうち日本文化に関する分野では、研究対象が日本語（日本列島内の各地の多様な言語を含む）や日本文化に根ざしたものであるため、これまで研究成果が日本語で発信されてきたが、近年は研究成果の国際的な発信が求められている。一方、日本の各地域は多様な社会を持ち、その根拠となる多様な歴史文化資料を有しているが、これらが社会全体の中で計画的に記録・保全されないまま現在に至っている。そのため、地域社会の衰退とともに、消失の危機にさらされている。近年多発している災害も拍車をかけている。これらから、地域と世界に発信する日本歴史文化資料情報のデータ基盤を整備し、それらを国内外に発信する中核拠点の形成は急務である。拠点形成は、以下のような学術的な意義を持つ。

- ・人文学の高度化と研究手法の開拓：人文学の諸分野を融合した研究、人文学に情報技術を応用した人文情報学（DH）などの研究を進めることにより、人文学・社会科学の諸学が分野を超えて共有できる本質的・根源的な問いに対する探究を高度化させていくアプローチを可能にする。人文学を中心としつつも、多様な分野（人文学の中の異分野連携も含む）の研究と協働し、地域住民や企業、自治体などとも連携した、総合的な研究を推進するあり方が求められる。このような、人文学によるチーム型研究の手法の開拓も、本研究課題を遂行する上で、学術的意義を持つ。

- ・人文学の国際化：有名な資料だけではなく、地域の詳細な資料について、海外からアクセス可能になることで、日本の地域社会のありようを国際的に研究することが可能となる。これは人文学の国際化にも貢献する。また、国際的なDH研究の中に、多様な地域社会を分析するための手法とモデルの提案を行う。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

〔国内〕日本学術会議は「文化財の次世代への確かな継承」（2014年）、「音声言語及び手話言語の多様性の保存・活用とそのための環境整備」（2017年）など多様な文化資料を保存し次世代につなぐための提言を行っており、これらへ対応する研究と事業が求められる。〔国外〕ユネスコが「文化的多様性に関する世界宣言」を採択（2001年）、『世界消滅危機言語地図』（2009年）を発表しており、対応が国際的に強く求められている。2022年には国際DH会議が東京で行われるなど、東アジアのDHは国際的にも注目されている。

⑦ 社会的価値

総合化された体系的な人文学によって、人類の共有財産である地域文化の多様性を明らかにすることは、持続可能な社会を実現することにつながる。拠点において、このような分野横断的な人文学研究を担う若手研究者、及び地域の文化を担う若手人材を育成することで上記を達成する。地域の人々とともに学ぶパブリックな学問を構築する。

⑧ 実施計画等について

- ・地域拠点と人材育成：大学で地域の研究を行い、人文情報学を学び、データを実践的に作成する人材育成に重点を置いた拠点、及びこれまでの地域文化に関わる教育を高度化した教育モデル実践に重点を置いた拠点を展開し、各々モデルケースとする。それぞれのモデルを展開し、10年間で25の拠点を作る。その後、基盤データを国際的に展開するとともに、これらの基盤を活用した、人文学の総合化を実践し、新たな人文学の確立を行うとともに、多様で持続的な地域歴史文化を理解し、その創生に貢献しうるようなシステムと研究モデル構築を実施する。データ基盤・組織ネットワーク化・人材育成の総経費として100億を想定する。

- ・人文学の総合化と異分野連携：情報化されたデータを受けつつ、特に歴博と国語研を中心とした歴史学と言語学の連携によるモデルケース構築を行うとともに歴史・言語を主たる対象とした研究機関と連携して研究を進める。

⑨ 連絡先 後藤 真（人間文化研究機構 国立歴史民俗博物館）

合意形成と協働による課題解決に向けた先端経済理論と異分野融合研究

① ビジョンの概要

今後の経済学は、純粋にアカデミックな理論、実証面での研究を続ける一方、新しいビッグデータ収集方法の開発を進め、データサイエンスを導入して新たな研究の地平が開拓されていく。更に、現代的社会課題が分野複合的なために、その解決には異分野連携による総合的な人文社会科学の枠組みの構築が必要である。本構想は、経済学を主軸としつつコモンズの悲劇の解決を目指す理論面、実証面からの分野融合研究を行う。

② ビジョンの内容

経済学にはこれまで理論面、実証面共に膨大な研究蓄積があるが、今後は基礎科学として学術的興味からの研究を深化させる一方、総合人文社会科学ともいべき課題解決のための実学的かつ分野融合的な研究分野が成立していく。これにより、人口問題、環境問題、格差問題等、単一分野では解決が難しい近年の重要な社会経済課題の解決策の提示が見込まれる。

今後の経済学研究では、急速に進歩するデータサイエンスの活用と新しいデータ収集方法の発展が進む。官庁統計や個々の研究者の独自調査、民間データ会社によるデータ収集は、必ずしも効率的ではない。現在多くのプラットフォーム企業が、膨大なリアルタイムの業務データを収益に結びつけているが、データ取得技術や体制と法制度が整えば、大規模データを公益のために有効活用できる。その実現のためには情報技術の進歩に加えて、データ収集について人文・社会科学研究者の知見の結集が必須である。

数十年後には、社会は新しい重要課題に直面する。経済社会問題に共通するのは個の利益と全体での最適性の対立であり、そのような状況はコモンズの悲劇と呼ばれ、人口問題や環境問題はその典型例である。この提案では、コモンズの悲劇の解決に関する理論および実証研究をテーマとして掲げ、長期的に活用可能な研究成果を提供し、社会還元に貢献する。

③ 学術研究構想の名称

合意形成と協働による課題解決に向けた先端経済理論と異分野融合研究

④ 学術研究構想の概要

現代社会の解決困難な長期的課題は人口問題、環境問題と格差問題に尽きる。第一と第二は、典型的なコモンズの悲劇で、国際社会は合意形成に苦闘している。格差は社会の様々なレベルで生じ、急速なデジタル化がこれを加速させる。いずれの課題も社会の持続可能性に危機をもたらし、その解決のためには企業、地域、国家などの組織がその役割を果たす必要がある。それには個人的利害が必ずしも一致しない成員たちが、社会全体のために協働することが必須である。最先端の分析手法としてゲーム理論が考えられるが、それだけでは問題解決に至らず、新しい接近方法の開発と応用が求められている。何よりも、既存の人文社会科学の知見と結びついて、社会全体の協働のために必要なメカニズムを明らかにすることが必要である。それには、人文知と経済学の分析枠組の融合が不可欠で、かつ人間行動の分析である以上生命科学的側面も必要となり、これこそ新しい社会科学の創出を意味する。本構想は、組織における協働の促進メカニズムに関する学術的成果を蓄積することに尽きない。むしろ、人口、環境と格差の問題解決に向けた公共財（データ）の充実・整備および、政策立案の基盤となる理論的枠組みの提供と大規模な実証研究や社会経済実験による計量的な政策効果の検証、これらを通じた科学的根拠に基づく政策提言に力点を置く。

⑤ 学術的な意義

現在の理論経済学において、合意形成や協働メカニズムの設計は、望ましい行動を各経済主体が自発的に選びたいように環境を整える、制度設計の理論の一つに含められる。一方で、多数の人々の利害が交錯する社会において解決策を決め、多数の人々が長期にわたって自発的にそれを実行するには、多様性・動学・情報などの側面を取り込む形で、理論を更に発展させる必要がある。

現実の社会経済が抱えている多くの問題に共通するのは、人々の利害が社会的最適と一致しないコモンズの悲劇であり、その解決は軋轢を軽減して社会的コストを低下させる。豊かなソーシャルキャピタル（SC）を有する社会では、人々がその解決策を自発的に実行する傾向が高いことを示す事例が報告されている。実際にはSCがどのような個人や社会に多く蓄積され、どのようにコモンズの悲劇の解決に寄与し、どうすればその蓄積を促進できるか、経済理論分析に依拠しつつデータを用いて明らかにする。

本提案の分析ツールであるゲーム理論については近年、学習あるいは進化の要素を取り込んだ協力行動や、多人数からなる社会を分析対象とする研究の流れがある。また制度設計理論の基盤をなす情報の経済学分野でも、動学的な環境への理論の拡張や、より複雑な利害構造・情報構造への一般化など、先端的研究が活発である。本構想の学術的重要性の一つは、これら理論面での進展を以って取り組むべき実戦的問題を広く提供し、それが更に理論を発展させる好循環を生み出す点にある。

一主体の最適化行動に留まらない社会の動学的な最適化の実践は、社会科学各分野に向けて経済理論の有効性を強力にアピールして、多様な学問分野における経済学的分析手法の理解・習得・援用が期待される。更に、この研究によって政策的に SC を醸成・蓄積して社会の運営コストを下げ、社会厚生を向上させる方法を構築する。これは社会の安定や平和的な発展に資する社会科学全体からの重要な貢献となる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

ソーシャルキャピタル (SC) に焦点を当てた最先端の研究として、Chetty, Raj, et al. (2022a, b.) が最高水準の総合科学誌 Nature に掲載されている。210 億の友人関係のデータ等を用いて SC を指標化し、SC と所得の上昇移動との関係性を検証している。国内においてもビッグデータや AI を使った計算社会科学的研究が注目されており、今後はこのような研究が進展すると考えられる。本構想は、ゲーム理論に基づく理論研究を行うとともに、データ分析を進める予定である。

⑦ 社会的価値

本研究提案は、ソーシャルキャピタルの構築とそれを用いた政策立案を進め、コモンズの悲劇に起因する現代的社会経済課題を解決に導く。社会の安定につながるため、経済的にも社会的にもその価値は測りしれない。また、SDGs の項目「貧困をなくそう」「すべての人に健康と福祉を」「エネルギーをみんなにグリーンに」等に大きな貢献となる。また、エネルギー資源や海洋資源に乏しい日本は、世界的な共有資源を管理する方策を積極的に提案しているが、更なる改善策を提案することで、日本の国際社会貢献を更に向上させる。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

ソーシャルキャピタル (SC) 等の重要概念に関連して、各問題を個別的に定式化する応用理論的研究と、経済学として取り組むべき問題に共通する側面とその分析手法に関わる基礎理論的研究を、期間を通じて並列的に行う。基礎理論的研究の場合、全世界的かつ同時進行的に多数の研究が進められ、これら研究グループと競争しつつも協働することが重要になる。経済研究所の共同利用・共同研究拠点と同様の柔軟かつ国際化した研究組織体制を構築・維持して、長期にわたり研究実施体制を運営する。

SC の実証研究は、これまで収集してきた滋賀県長浜市の医学データ、社会科学データを用いて、どのような個人や集団に SC の蓄積が進んでいるか、SC の蓄積がコモンズの悲劇を防ぐかなどの問題について因果分析を行い、SC 蓄積を促進できる手段についての因果分析に向かう。並行して、情報学と法学の研究者と連携した個票データの自動収集の技術的、制度的課題を検討し、巨大プラットフォーム企業との連携によるデータ取得の可能性を探る。約 5 年でこれらの研究を推進した後は、データベース化や、データサイエンスの手法を用いた実証分析を行う。

<実施機関と実施体制>

京都大学経済研究所を中心として、附置組織である先端政策分析研究センター (CAPS) 内に社会科学統合研究教育ユニットを置き、学内の人文社会科学系の全部局に加えて医学研究科、情報学研究科と連携する体制を構築している。これに加えて、ソーシャルキャピタル研究の専門家によって構成されている日本社会関係学会 (近藤克則会長) の協力を仰ぐ予定である。

<総経費> 4 億 8100 万円

<所要経費>

年あたり、研究を主導・コーディネートする研究者 (教授 1 名・准教授 1 名) (3000 万円)、助教等 1 名 (500 万円)、事務職員 1 名 (300 万円)、RA 2 名 (120 万円)、研究費旅費 (200 万円)、アンケート等 (350 万円)、サーバーレンタル (120 万円)、AI ツール (120 万円)、研究会等開催費用 (100 万円) を計上する。

⑨ 連絡先

関口 格 (京都大学経済研究所)

デジタル時代に即した人間文化社会研究の包括的な基盤構築

① ビジョンの概要

人文・社会科学における国際的な DX（デジタル・トランスフォーメーション）の動向を適切に踏まえ、日本文化の特性に配慮した DX を実現することで、日本における知識の形にあわせた知の社会還元や総合知を実現するエコシステムを構築する。

② ビジョンの内容

人文・社会科学の多くの分野では、印刷技術の発展とともに、紙媒体を中心とした研究成果の共有とアウトリーチのエコシステムが形成されてきた。しかし、デジタル媒体が普及した現在、社会における知識獲得行動は大きな変革を遂げつつある。単にデジタル媒体が紙の役割を代替するだけでなく、デジタル媒体の特性を活かした参照方法が開発され利用されるようになってきている。さらに近年では人工知能技術の高度化が進み、社会における知識獲得行動は新たな局面に入りつつある。

一方、研究活動に関わる人々においても、デジタル媒体は「オープンサイエンス」等の新しい在り方を提供しつつある。このような状況では、研究の成果とプロセスの双方において、DXが必要となる。デジタル媒体は紙媒体における印刷技術と同様に分野にかかわらず共有できる部分があるものの、一方で、より可用性を高めるためには各分野の特性にあわせたデータの構築・共有手法が必要となる。テキストや統計データ、画像、音声、動画、3D等、様々なタイプのデータを含む人文・社会科学分野においても各分野に応じた多様なデータが存在し、それぞれに応じたデータの構築・共有手法や、それらを前提とした成果の共有手法があり得る。すでに欧米先進国では人文・社会科学分野においても情報学と連携しつつ、人文・社会科学分野内の各分野の特性に応じた手法の開発と運用が進んでおり、教育体制も整備されている。そこで、日本でもこれに互換性を持つ手法を普及させることが喫緊の課題となる。しかし、国際的な手法をそのまま採り入れるだけでは、日本文化の特性が不可視なものとなる危険性がある。その問題意識から国際的な手法を深くかつ適切に検証し、場合によっては国際的な手法の側を変革することで日本の特性を踏まえた学術情報をデジタル媒体において適切に扱えるようにすることは、日本の将来にとってきわめて重要な課題である。そして、この種の問題には、倫理的・法的・社会的課題(ELSI)への対応が必要となる。

以上の事項は、人文・社会科学分野においてそれぞれの専門性を活かすための DX（人社専門性 DX）と言うべきものである。日進月歩の情報技術に対応した持続可能なエコシステムとして人社専門性 DX が実現されることにより、人文・社会科学分野の研究及びその成果は横断的な学術的な課題に対しても社会的課題の解決においてもデジタル時代の日本において確かな有用性を発揮することになる。

③ 学術研究構想の名称

デジタル時代に即した人間文化社会研究の包括的な基盤構築

④ 学術研究構想の概要

本学術研究構想は、デジタル時代に即した人間文化社会研究、すなわち、人文・社会科学のための包括的な基盤を、情報学との協力の下に構築するものである。

人文・社会科学分野における多くの分野では、国際的にはそれぞれの分野の特性を活かした様々なデジタル研究基盤構築に向けた潮流があり、国際標準規格化されている分野もある。我が国がこの種のデジタル研究基盤を今後構築していくにあたっては、既存の枠組みを踏まえることで国際的な連携が容易となり、総合知等の分野横断的な研究活動に資するところも大きくなる。この種の事柄を組織的に調査し、各分野の特性を活かした研究データ基盤を構築することで、よりよい横断的な研究環境の構築が可能となる。これにより、関連分野の研究者がデジタル媒体の特性を活かす形で容易に研究データや研究成果を共有し、広く社会に還元できるようにすることが本研究構想の目標である。

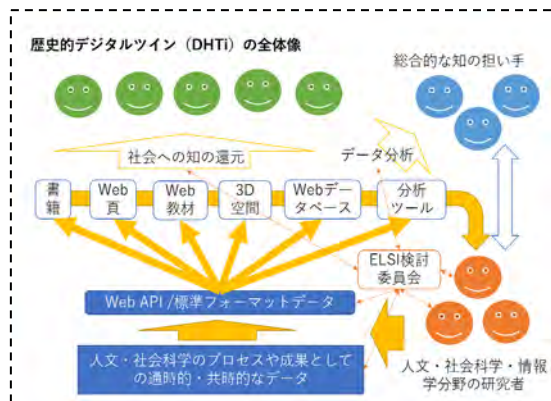


図1 歴史的デジタルツイン (DHTi) の全体像

Japan Psych Bank の構築と運用による国民が well-being を実感できる社会の実現

① ビジョンの概要

エビデンスに基づく心の科学である心理学が社会課題の解決に貢献するためには多様な学術分野と連携して、従来の次元を超えた大規模データを収集・解析する必要がある。個人情報保護しつつ、個人に対する個別のサポートも可能とする心に関する研究と課題解決を一体化したシステムを確立、運用するために国立心理科学研究所を設置する。

② ビジョンの内容

心理学の基礎研究は、科学的な厳密性はあるが現実の諸問題の解決には無力といわれてきた。他方、現実場面への応用を目指す心理学研究は、しばしば過度に実践主義的となりエビデンスを軽視することがある。心理学におけるこの分断は心理学研究が持つ「今、ここ」への過度の執着に由来する。この姿勢が実践研究における個別事例の偏重に繋がり、基礎研究における歴史的、地理的文脈の軽視に繋がっている。心理学は今こそ幅広い時間軸（過去から未来まで）、空間軸（世界中の地域的多様性、個人の多様性）を視野に入れた科学に変貌すべき時である。本構想は歴史学、考古学、地理学とい

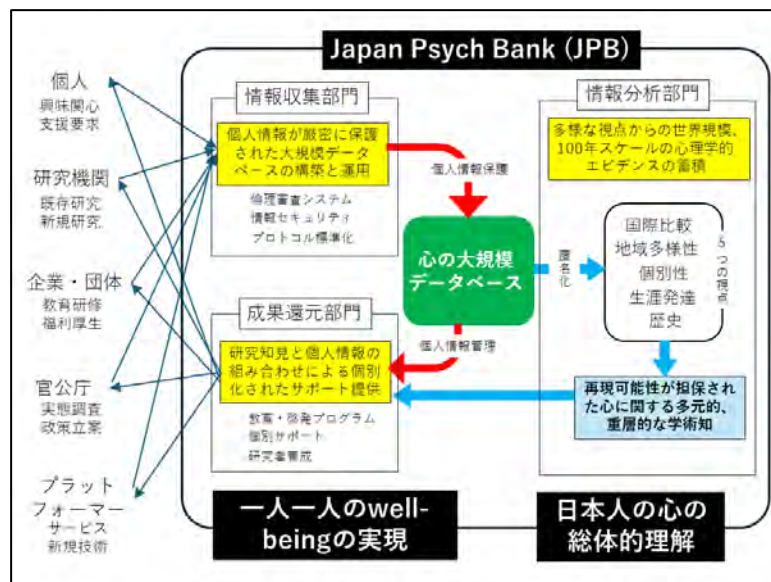


図1 Japan Psych Bank の概要

った大きな時間軸、空間軸を持ってこなかった心理学のスコープを拡大して、基礎研究と実践研究が一体化した学術領域の再構築を目指す。このために最も必要なことは、大きな時間軸・空間軸・多様な視点に基づく従来とは次元の異なる心に関する大規模データベースの構築である。心の大規模データベースの構築・運用には多くの課題があるが、個人情報の保護と情報管理、その上での個人に対する解析結果に基づくフィードバックを提供できるシステム構築が求められる。本構想が提案する Japan Psych Bank (JPB) の特徴は情報提供者への積極的なフィードバックであり、多様な情報を提供すればするほど、より具体的、現実的なサポートを受けられる仕組みを構築する。Well-being を阻害する根拠のない言説が流布する現在、国家事業として信頼性の高い情報を提供することは国民一人一人に対する「心の安全保障」となりうる。

③ 学術研究構想の名称

Japan Psych Bank の構築と運用による国民が well-being を実感できる社会の実現

④ 学術研究構想の概要

日本政府が掲げる「国民が Well-being を実感できる社会の実現」という政策目標を実現するためには精神的 well-being の向上が不可欠である。問題解決においては、調査・実験と、臨床的取り組みを統合して、医療分野における大規模医療情報システムの利活用という枠組みにならったプラットフォームが必要である。この目標の実現のために心の理解と精神的 well-being の増進に向けた Japan Psych Bank (JPB) の構築を提案する。個人情報厳密に保護しながら心に関する大規模データベースを構築し、匿名化したデータを研究に利用して新たな知見を蓄積しつつ、知見を活用してデータ提供者の個性を反映したテイラーメイドのフィードバックを提供できるシステムを目指す。多様なデータを日本社会のあらゆる層から生涯の各段階にわたって継続的に収集し、100年規模で蓄積・解析しながら、文化間比較、人類進化の視点も取り入れ、従来とは次元の異なる心の科学研究を実現する。心に関する構成概念は社会とともに変容することを踏まえ、データと理論枠組みを有機的に関連した研究を進める。JPB の運用はその規模、情報管理の必要性から国の事業として進める必要があり、この事業推進主体として国立心理科学研究所という組織を設立する。研究所の主要任務は、基礎研究と認知症など心の諸問題の予兆発見・介入を一体化した心理学の研究・教育システムの基盤となるプラットフォームを構築、維持管理することである。こうした事業を通して「Well-being を実感で

きる社会の実現」に貢献する。

⑤ 学術的な意義

これまでの心理学は質問紙や実験課題を小さなサンプルに適用して一般的な法則を導き出そうとしてきた。この基礎心理学の研究モデルは近年「再現可能性問題」という危機に陥っている。この解決のためには、対象の特性変数や実験や調査時の文脈情報をできる限り収集した上で大規模データを収集し、心の働きの多様性と一般的な規則性を包括的に理解する必要がある。協力者の同意のもとで、多様な調査や実験課題のデータを年齢、性別、民族、職業を含む多くの特性情報や調査や実験の時間的空間的文脈情報を可能な限り収集して、これを数十万人規模で集約することにより、一般的傾向とともに、特性変数、文脈変数の影響についても詳細な理解を可能にする。JPB は行動の共通特性とその変異を包括的に明らかにするために、協力者の特性変数と、実験、調査の文脈情報をできるだけ詳細に収集し、多くの研究者が共有できるプラットフォームを構築する。本事業は心理学における再現可能性問題の克服に貢献し、心理学の学術的な信頼性の回復に寄与することができる。

同時に、心理学分野における基礎研究と応用研究の分断に終止符を打つことが期待できる。人の心の共通性と個別性を包括的に理解することが可能になれば、エビデンスに基づく個人に対する詳細な心理的サポートの道が開ける。本事業は、心理学研究を研究と応用が一体化された一つのスペクトラムとして再構造化して、一般国民からの期待にもこたえることのできる学問分野を構築するという意義がある。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

心理学分野においては、世界的に見ても大規模データベースの構築は進んでいない。大規模医療データベースや World value survey のような大規模社会科学データベースの一部として主として質問紙調査の大規模データベースは作られているが、心理学実験のデータは含まれていない。このように当該構想のような試みは今のところ存在せず、世界的に見ても先駆的な事業と位置付けることができる。

⑦ 社会的価値

本構想は心の問題に対する様々な成果還元を目指しているが、それらは決して一般論を語るものではない。医学研究が多数のバイオマーカーを用いて個人の健康管理に助言を与えているように、心に関する多様なデータを収集し、その個別データに基づいた有効性の高い心に関する助言を実現できる。こうしたシステムの構築は、より多くの一般の方々が心理学実験や調査に積極的に参加してもらうことで心理学研究の知見のさらなる高度化に繋がり、こうした好循環を実現することで、国民が well-being を実感できる社会という政府目標の実現に対して大きな役割を果たすことができる。

⑧ 実施計画等について

本構想では、Japan Psych Bank を実施、運営するための機関として、「国立心理科学研究所」を設立する。計画期間の前半 5 年間で研究所を設立し、後半 5 年間で研究所による本格的な事業を推進する。研究所は国内外の多くの心理学及び関連分野の研究施設と連携してそこで収集されたデータを広く利用するが、同時に研究所内で小規模な研究機関では実施の難しい実験施設（MRI 装置、集団行動の最先端計測が可能なスタジオ、VR 実験施設など）を整備し、共同利用を進める。こうして、所属機関に関わらず、最先端の実験・調査をできる体制を構築する。

JPB は個人の心の働きに関する情報を保護・管理し、これらを分析して有効活用する方策を研究し、その成果を個人に還元する。これにより well-being の増進に役立つ知見を得て、社会課題の解決に向けた政策立案、個人に対するアドバイスを行う。このため、心理科学研究所は（１）情報収集部門、（２）情報分析部門、（３）成果還元部門の３部門を設置し、これらを有機的に連携して目的を達成する。情報収集部門は日本人の心に関する大規模データベースに収容される情報収集、情報分析分野はデータ解析による、well-being に関する様々な知見と付加価値の創出、成果還元部門は得られた研究成果の発信や啓発活動を任務とする。

所要経費は心理科学研究所建設費 50 億、設備 40 億、研究所運営経費 500 億（100 億 x 5 年）、研究所設置準備経費 50 億、の合計 640 億円である。

⑨ 連絡先

齋木 潤（京都大学大学院人間・環境学研究科）

日本文化研究国際化推進構想

① ビジョンの概要

今後の日本文化研究の国際的な進展に向けて、絶えず影響し合い変化していく集合体として日本文化を捉え直し、海外の日本文化研究の多様な視点を国内の研究に採り入れるとともに、国内の研究成果を海外へ発信し、双方向の異文化間対話を創出していく。

② ビジョンの内容

海外の多様な視点を国内の研究に採り入れる方法として、国内外研究者による「日本文化」に関する学術的論考を集積した『国際日本文化研究叢書』を刊行する。同叢書を国内外の日本研究者に広く普及させることで、日本研究の新たな視座を紹介するとともに、日本研究の活性化を図る。

また、海外での日本文化研究成果のデジタル・アーカイブを活用したオンライン・データベースを構築し（パブリック・ドメインである開国以前の日本関係欧文図書の翻刻・翻訳から着手し、段階的に国内外の研究成果のDB化を進める。併せてAI機械翻訳と人手による校閲・修正を組み合わせた多言語化の手法開発も推進する）、さらに国内外の日本文化研究者が様々な研究課題を自由に議論できるオンライン・フォーラムを立ち上げ、国内外の日本研究の相互作用を創出し、日本文化をグローバルな視点で捉える土壌を築き、熟成させていく。

③ 学術研究構想の名称

日本文化研究国際化推進構想

④ 学術研究構想の概要

(1) 国際日本文化研究センター（日文研）の監修の下で国内外の日本研究者に日本語と英語で「日本文化研究」のコンテンツの作成を依頼し、その集積を『国際日本文化研究叢書』として刊行し、国内外の研究者に相互の日本研究を発見してもらうきっかけとする。

(2) 海外での日本文化研究成果及び研究対象となる資料の画像データ、また国内の研究成果を網羅的に掲載するオンライン・データベースを構築し、多様性に富む総合的な人文知を形成する。

(3) 国内外の日本文化研究者が様々な研究課題について自由に議論できるオンライン・フォーラムを実現する。

⑤ 学術的な意義

長い伝統に基づいた専門的な研究方法を用いる国内の日本文化研究においては、各文化現象について専門知識の蓄積がされてきたが、ほかの文化現象との相関関係についての考察や日本文化の全体像の俯瞰、世界の諸文化の文脈における位置づけといったグローバルな視点での研究に、多くの課題が残されている。

一方、海外での日本研究はリージョナル・スタディーズとして位置づけられ、より体系化された研究成果が生み出されている。国際理解を深めるために必要な条件は、日本文化を世界の諸文化の集合体の中に位置づけて、その関連性も含めて解明していくことである。文化の全体像を明確に把握するためには、専門分野間や地域間の橋渡しとなる研究手法の方向性を具現化する必要がある。

本構想は、このような橋渡しとなる研究の実現に向けた取り組みである。『国際日本文化研究叢書』のような、形として残る知識の体系を提供することで、国内外の研究者はそれを常に参照できるようになる。また、オンラインのプラットフォームの提供により、国内外の相互作用を常時維持し、相互作用の結果として、国内外の日本文化研究を活性化し、新たな知の視点と学術的価値を創出していく。

データ蓄積や翻訳技術の開発においても、コンテンツ収集、翻訳作業、オンライン・データベース化、データの蓄積と活用の各段階を一巡させた後は、コンテンツを順次追加し、再びこのサイクルを長期的に循環させていく。この過程を通じて、データベースの高度化やAI翻訳を活用した多言語化技術の発展と、異なる研究領域のデータ同士が相互に有機的につながっていく効果が期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

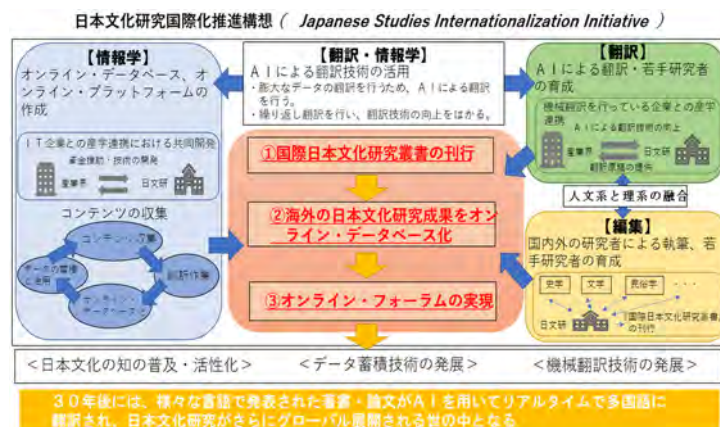


図1 日本文化研究国際化推進構想 概要図

これまでの国内における日本文化研究は、各分野領域に限定・特化した専門的知識に基づいた学術研究成果が生成・蓄積されてきたが、国際性・学際性という点ではなお成熟・発展の余地が残されている。一方、海外の日本文化研究においては、伝統的な学問体系のなかに社会学などの研究手法をも取り入れた革新的・挑戦的な研究成果が生み出されている。

異文化を背景とする研究者による視点からみた日本文化には、国内研究では気付かなかった意外な別の側面が投射される。このような海外の研究視点を取り込みつつ、国内の研究成果を海外に積極的に発信し、国内外でそれぞれの手法で独自に進展してきた優れた研究成果を相互に有機的に結び付け、双方向の学術交流を通じて世界における日本研究の融合体を創出する基盤として本構想を位置付けている。

⑦ 社会的価値

世界がグローバル化する中で、異文化間の対話が極めて重要な役割を果たす。海外の日本研究の視点を国内の研究に取り込むことにより、日本文化の独自性を投影させ、ほかの文化との共通性を見出す知的価値の付加を通じて、日本社会の国際化の促進につながる。さらに、国内の優れた研究成果を海外に積極的に発信することで、世界における日本文化理解の深化と日本研究の国際的プレゼンス向上に貢献する。

また、海外の日本文化研究の成果をオンライン・データベース上の一箇所に集積収集し、拡張させることにより、日本文化研究者コミュニティの資料調査を効率化させることにより、教育、相互理解、レジリエンスなどの点でSDGsへの貢献にもつながると期待される。

加えて、新型コロナウイルス感染症のような不測の事態によって研究活動のための移動が困難になる可能性は今後もある。地理的制約を受けないオンライン上への情報集積は学術発展性を担保する基盤ともなろう。

⑧ 実施計画等について

(1) 準備期間（1～3年目） 日文研内の制度設計を検討するとともに、「国際日本研究」コンソーシアムとの連携を行い、連携・協力可能な機関や企業への連絡・協議を開始する。叢書の構成・編集や本構想のプラットフォーム構築、機械翻訳の技術革新・精度向上についてそれぞれの国際ワークショップを開催する。

(2) 始動期間（4～5年目） 編集・翻訳・情報学チームに必要な人材を雇用・編成し、計画作成を開始する。編集チームは教員と連携し叢書の構成を検討、AI 機械翻訳を活用した校閲・修正システムの開発方針を検討し、各分野の専門用語などの校閲用データベース及び修正システムのデータの蓄積に努める。情報学チームはプラットフォームと技術的課題について検討する。叢書の内容・編集やプラットフォーム構築・改良、AI 翻訳の校閲・修正システムの技術革新・改善についての国際ワークショップを開催する。

(3) 実施期間（6～10年目） 叢書のコンテンツごとに、国内外の研究者による国際シンポを開催し、その成果を叢書に盛り込む体制を整えるとともに、海外執筆者の原稿を編集・翻訳し、叢書の最初の10冊を順次刊行する。DB及びオンライン・フォーラムのプラットフォームを構築し、コンテンツの収集と公開を実施する。

日文研が中心となって実施する。日本文化研究の知識を有する編集者、トランスレーション・スタディーズ及びIT分野の専門家それぞれ2～3名程度の雇用が必要である。これらの専門家と日文研教員とが連携することで、日本文化研究の国際化に関する相乗効果を得られる。在籍する専任教員20名が、自分の専門分野から国内外の研究者から執筆者の人選を行い、編集チームの調整の下で叢書のコンテンツを充実させる。海外の研究成果を日本語に翻訳するために、翻訳・情報学チームが連携して、既存のAI 機械翻訳を活用した効率的な校閲・修正システムの開発を進めていく。専門用語の翻訳作業では各教員の協力も得る。機械翻訳の精度向上には、翻訳対象分野のコンテンツに関連する大量の訓練データの入力が必要であるため、日文研単独ではなく、当該分野の専門家から支援を受ける仕組みを構築しなければならない。様々な分野の対訳データの収集のために「国際日本研究」コンソーシアムとの具体的な連携体制を検討していく。データの集積・活用を実現させるために、情報学チームを編成し、人間文化研究機構の人間文化研究創発センター及びデータベース構築や機械翻訳の開発に取り組んでいる国内外の企業・研究機関と連携を模索する。国内外の院生や若手研究者を積極的に関わらせる体制を整備し、研究者育成の機会も創出していく。

<総経費> 910,745千円(概算) (1)人件費(必要人員:8名):612,000千円、(2)海外研究員の謝金:61,665千円、(3)DB制作:45,080千円、(4)叢書印刷費用等:92,000千円、(5)その他費用:100,000千円

⑨ 連絡先

井上 章一（大学共同利用機関法人 人間文化研究機構 国際日本文化研究センター）

植物科学で切り拓く地球生命の未来

① ビジョンの概要

植物は、光エネルギーと二酸化炭素をバイオマスへと変換することによって、地球バイオームの根幹をなしている。植物をはじめとする光合成生物は、30 億年かけて地球を生物が生育可能な環境に代え、今も光を生命へと換え続けている。植物科学は生物の持続可能性と発展において極めて大きな役割を担っており、近未来に予想される地球規模の環境問題に対処するためにも、今後より一層の学問的発展が求められる

② ビジョンの内容

現在の地球上には様々な環境地帯に適応した優れた生命機能を持つ植物が数多く生育している。これらの植物は、地球生命史を通じた壮大な進化実験によって、各地域の環境に適応する生命機能、あるいは卓越した効率性を生み出す機構を創出することに成功した生物である。だが、こうした多様性と重要性を持つ植物が持つ生命機能のしくみの多くは未だ明らかではない。また一方で、植物は過去 250 年で約 600 もの種が絶滅しており、これらの植物が持つ多彩な生命機能が理解されることなく、失われている。植物が持っている多様な生命機能を理解し、地球環境および食糧問題への対策として活用するとともに、植物資源の保全を進めることは、地球規模の課題である。これらの諸問題を解決するためには、現在の植物科学研究をより多様化・深化させ、革新的発見を生み出すことができる研究基盤と社会ネットワークを構築する必要がある。本計画では、植物の多様性に照らし合わせ、数多くの少人数の研究グループで実施される独自性の高い研究を広範に支援する以下の方策を実施する。

① オンサイトのみならずインターネットを介した遠隔地から解析装置の利用を可能とする解析拠点“プラントフロンティアサイエンス (PFS)”と、研究室横断的な交流とコラボレーションを活発化させるオンライン共同ラボスペース (メタバース・ラボ) の構築。② 大学院生や若手研究者、さらにライフイベントにより一時的に研究を離れている人を対象とした、オンデマンドで植物科学を学ぶことが可能なバリアフリー高等大学院プログラムの構築。③ 植物種の保存機関として、また人々の植物科学リテラシー向上に果たす場としても活用することを目的とした日本各地に存在する植物園設備の刷新。多彩な植物を対象とした多様な研究者による広範な研究活動を推進し、革新的な植物科学研究シーズを間断なく創出する研究基盤を構築することによって、地球規模で生物の持続可能性を実現する具体的かつ根本的な解決策を示す。

③ 学術研究構想の名称

植物科学で切り拓く地球生命の未来

④ 学術研究構想の概要

植物科学によって植物が持つ多彩な生命機能を明らかにし、地球規模で生物の持続可能性を実現する具体的かつ根本的な解決策を示す。この目的を達成するため、本構想では「(1)植物科学研究における多様性と独創性、同時に領域横断的な研究の支援を通じたプラントフロンティアサイエンスの創発」、「(2)様々な学生および研究者が利用可能なバリアフリー植物科学高等大学院教育プログラムの構築」、「(3)世界トップクラスのボタニカルガーデンの創設」の3つの目標を設定する。

⑤ 学術的な意義

【提案の背景】

植物は、その多彩な生命機能によって環境問題や食糧問題、エネルギー問題などの地球規模の課題を解決できる可能性を秘めている。だが、植物の生物学的多様性は非常に大きく、植物が持つ様々な特徴的な生命機能のしくみの多くは未だ明らかではない。また近年の解析技術の発展に伴い、従来は解析が難しかった多くの植物も分子レベルまで理解することが可能となっている。

【学術的重要性】

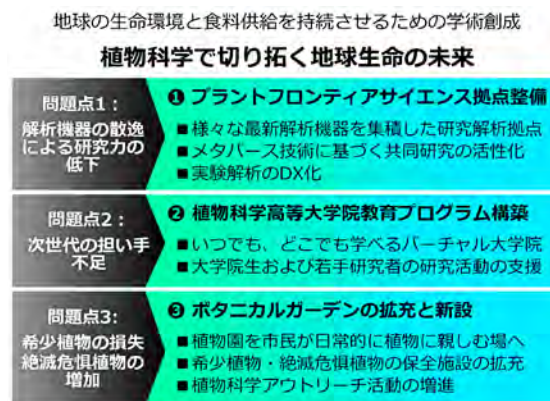


図1 本研究計画の概念図

陸上植物や藻類、さらにシアノバクテリアを含む植物の生物学的多様性は極めて大きく、また生命機能も多様だが、それらの仕組みの多くは未解明のまま残されている。このため、特定の植物種あるいは研究領域に限定せず、植物科学を構成する基礎研究を広範かつ長期的に支援し、独創性の高い革新的な研究を生み出すことによって、植物だけでなく生命全体に関わる普遍的な生命現象を明らかにできる可能性がある。

【期待されるブレークスルーと研究成果及び様々な効果】

本計画によって明らかになることが期待される植物の生命機能を活用することによって、エネルギー問題・食糧問題・温暖化など、現代の人類が抱える地球規模の問題に対して答えられる可能性がある。例えば光合成機構を活用したクリーンエネルギー生産技術の確立や、穀物の生合成機構の理解や新たな穀物植物種の発見・開発による食糧問題の直接的な解決策なども期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

世界各国でバイオエコノミーに関する国家戦略が選定され、脱炭素や低炭素社会の実現にむけたクリーンエネルギー社会への転換などを目的とした研究開発に注目が高まっている。だが食糧生産性の向上、環境変動の抑制、生物多様性の維持など、いずれの地球規模の課題においても植物科学の広範な基礎研究の発展がなければ実現は困難である。本研究計画では植物科学における基礎研究の革新的発展を促す研究体制の構築を目指す。

⑦ 社会的価値

地球規模の環境問題、食糧問題、エネルギー問題については、多くの国民の関心が日に日に高まっている。植物は、地球規模の諸問題を一気に解決できる可能性を秘めており、植物科学の革新的発展がもたらす社会的価値、経済的・産業的価値は非常に高い。

⑧ 実施計画等について

① プラントフロンティアサイエンス拠点 (PFS)

【実施計画】解析機器の段階的な導入および技術支援員の配置と並行して仮想空間上の共同ラボスペース「メタバースラボ」の構築を進め、オンサイトのみならずインターネットを介した遠隔地から解析装置の利用を可能とする。

【実施機関】PFS 設置機関は国公立大学あるいは理化学研究所などとし、また可能な限り各機関において不要となった解析機器のリユースを進めることで経費を抑制する。

【所要経費】総額 980 億円（内訳：建設費 20 億円、解析機器費 510 億円、サーバー設備費 400 億円、拠点支援研究員雇用経費 40 億円、共同利用支援 10 億円）

② 植物科学高等大学院教育プログラム

【実施計画】植物科学研究に従事する教職員を中心としたオンライン植物科学大学院プログラムを構築するとともに、若手研究者を対象とした研究支援制度を確立し、挑戦的・萌芽的な研究活動を始めるサポートを行う。

【実施機関】植物科学に関する学術研究を行っている大学所属の研究者を中心としたワーキンググループによって行う。

【所要経費】総額 420 億円（内訳：オンデマンド教材開発費 200 億円、オンデマンド大学院運営費 100 億円、若手研究助成支援 100 億円、教育支援研究員雇用経費 20 億円）

③ ボタニカルガーデン

【実施計画と実施機関】日本各地の大学付属の演習林や植物園に植物の保全管理および展示に適した施設を整備し、一般市民を対象としたアウトリーチ活動を開催する。

【所要経費】総額 600 億円（内訳：建設改修費 450 億円、維持管理費 100 億円、植物育成支援研究員雇用経費 50 億円）

⑨ 連絡先

公益社団法人日本植物学会

データ駆動型持続的森林経営システムの構築に向けた学術研究の展開

① ビジョンの概要

地球温暖化に伴う気候変動を緩和するための脱炭素社会の構築には、温室効果ガス排出削減と吸収源機能強化が不可欠である。高度化されたモニタリング技術で森林の環境や成長、生物多様性などのデータを高精度に取得し、データ駆動型持続的森林経営システムを構築し、森林の吸収源機能強化と森林資源による化石資源の大規模な代替を実現し、今世紀半ばでの温室効果ガス排出実質ゼロの達成に貢献する。

② ビジョンの内容

地球温暖化による気候変動が顕在化し、脱炭素社会の実現が喫緊の課題となっている。森林は代表的な吸収源であり、SDGs では持続的森林経営の重要性があげられている。気候変動は、森林の吸収源機能低下の要因にもなる。現在の急速な地球温暖化に、森林生態系が適応できないことが危惧されている。速やかに森林の吸収源機能を強化し地球温暖化に対して有効策を講じるとともに、気候変動のもとでの持続的森林経営のための学術研究の発展が求められている。また持続的森林経営には、木材の循環利用のための造林や木材の生産、流通、加工、利用の各段階での技術開発、それらを環境影響と経済性を考慮しつつバランス良く繋ぐシステムの構築に向けた研究の推進が必要である。気候変動下での持続的森林経営には、従来の現存量や成長量に加え、生物多様性や土地利用の適切さを評価・検証する KPI（重要業績評価指標）も持続性の重要な指標となる。データ駆動型持続的森林経営システムを構築して森林の吸収源機能の強化と化石資源の大規模な代替を実現し、今世紀半ばでの温室効果ガス排出実質ゼロの達成に貢献する。

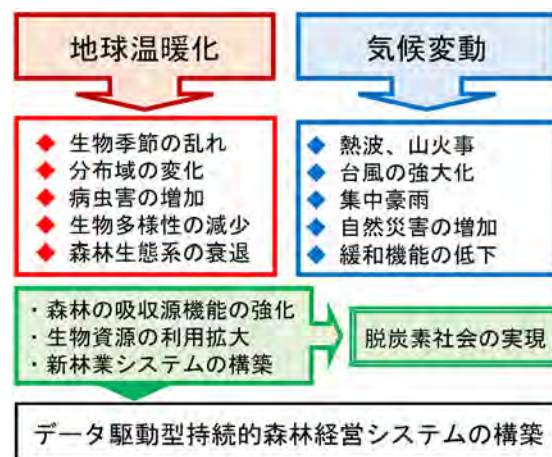


図1 社会的背景とビジョンの概要

③ 学術研究構想の名称

データ駆動型持続的森林経営システムの構築に向けた学術研究の展開

④ 学術研究構想の概要

脱炭素社会の達成に向け、化石資源から生物資源利用への変換を進めるとともに森林の吸収源機能を高めることを目的に、森林生態系のモニタリングデータに基づく気候変動に適応したデータ駆動型持続的森林経営システムを構築するための研究を総合的に推進する。

日本学術会議林学分科会を中心に運営委員会を設置し、関連分野の研究者の参画を得て4つのサブグループを組織して研究を推進する。「サブグループ(1) 森林生態系モニタリング」では、リモートセンシング技術革新と高速通信ネットワークを活用したフィールドでのモニタリング技術革新を進め、マクロスケールからミクロスケールまでのモニタリングシステムを構築し、オープンデータ化、アーカイブ化の手法、ならびに、それらのビッグデータを可視化するための技術や KPI を開発する。「サブグループ(2) 土地利用の最適化」では、土地生産力や気候変動予測に基づいた土地利用の最適化のための研究を推進する。荒廃した土地を持続可能な経営が行える森林に再生させるための研究を推進する。30by30 の観点も踏まえて、順応的な森林ゾーニングの策定手法に関する研究を推進する。「サブグループ(3) 「伐採木材資源の利用拡大・高付加価値化」では、中高層木造建築物に適した部材開発やセルロースナノファイバーや生分解性バイオプラスチックなどの新機能素材開発の推進とともに、健全な森林の存在が収入源となるような木材以外の森林資源の利用拡大を推進する。「サブグループ(4) 林業の持続化」では、森林の持続的な経営管理を担う新たな林業に必要な造林、木材の生産、流通、加工、利用、廃棄・資源化等の効率化と低コスト化に資する研究を推進する。

⑤ 学術的な意義

(1) 森林生態系モニタリング：高解像度衛星や UAV、地上レーザー、毎木調査で得られるマクロスケールからミクロスケールまでのモニタリングデータを組み合わせて、森林吸収源機能に関わる森林現存量変化や生物多様性を低コスト・高精度で取得するための技術開発を行う点にある。

(2) 土地利用の最適化：持続可能な食料生産や陸域植生による吸収源機能発揮など、人類社会の将来にとって最適な土地利用モデルを、地質や地形、土壌特性や水資源、気候変動予測などに基づいて提案する点にある。

(3) 伐採木材資源の利用拡大・高付加価値化：AI とデータ科学を活用して森林資源の循環利用の各過程の経済性・環境影響評価技術を開発し、その成果を新たな建築資材や機能性材料の開発研究の推進に反映させる点にある。

(4) 林業の持続化：森林吸収源機能を最大限活用する林業を社会システムの中に位置づけ、持続的森林経営の担い手として林業の新たなシステムを提案する点にある。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

気候変動による森林生態系の衰退や土壌有機物の分解促進による森林の排出源化が指摘されている。森林吸収源強化に関してカーボンオフセット市場など持続的森林経営が収益に繋がる仕組みの研究が進められている。森林モニタリングでは、UAV の撮影画像や地上レーザ計測データも利用可能になり、革新的な技術開発と利用の拡大が期待されている。それらのビッグデータの AI 等による指標開発も急速に進展している。本研究は森林モニタリングの高度化に資するものである。

⑦ 社会的価値

森林は、多面的機能発揮によって住民の生活基盤を支えるローカルコモンズであり、地球環境を支える人類共有のグローバルコモンズでもある。我が国の持続的な森林経営の知見を活用し、国内の森林経営を持続的なものにしていくとともに、世界の森林の持続的な経営の確立に向けて貢献する。

⑧ 実施計画等について

(1) 森林生態系モニタリング：1 年目：大学演習林等の航空機 LiDAR データの集約と精度解析、2～5 年目：高解像度衛星データを用いた森林基盤データ取得技術開発、生物多様性モニタリングシステムの構築、6～10 年目：低コスト・高精度な森林基盤データ取得技術開発の継続

(2) 土地利用の最適化：1 年目：森林機能の可視化手法の開発方針確立、2～5 年目：AI を用いた森林機能の変化の抽出と診断技術開発、6～10 年目：森林経営や気候変動が森林機能に及ぼす影響の予測・評価手法の開発、生態系サービスを活用した防災・減災等のグリーンインフラの在り方も踏まえた森林ゾーニング

(3) 伐採木材資源の利用拡大・高付加価値化：1 年目：木材由来の新機能材料の LCA データの集約、2～5 年目：AI・データ科学を活用した森林資源循環利用の各過程の経済性・環境影響評価、6～10 年目：経済性評価・環境影響評価に基づく新機能材料の環境性能改善

(4) 林業の持続化：1 年目：森林吸収源機能を最大限活用する社会システム構築の研究方針確立、2～5 年目：気候変動下での森林資源造成・管理技術開発と地域社会システムの構築、6～10 年目：持続的森林経営を担う林業の新たなシステムを提示

実施機関と実施体制

運営委員会が統括していくが、サブテーマにおける中心課題については、運営委員会委員の中から担当者を指定し推進を図る。サブテーマ(1)を東京大学森章教授が、サブテーマ(2)を京都先端科学大学田中和博教授が、サブテーマ(3)を京都大学五十田博教授が、サブテーマ(4)を京都大学栗山浩一教授が、それぞれ担当する。担当者は、関連分野の研究者を集め、研究計画と中核となる実施機関の具体化を図る。航空レーザ計測データや長期成長測定試験地、木材利用の研究部門を有する大学や研究機関との連携を図る。

総経費 75 億円

所要経費：10 年間の総予算 75 億円の各サブテーマの所要経費の見込額は以下の通りである。

- | | |
|-------------------------------|---------------------|
| (1) 森林生態系モニタリング(15 億円) | (2) 土地利用の最適化(10 億円) |
| (3) 伐採木材資源の利用拡大・高付加価値化(30 億円) | (4) 林業の持続化(20 億円) |

⑨ 連絡先

杉山 淳司(京都大学)

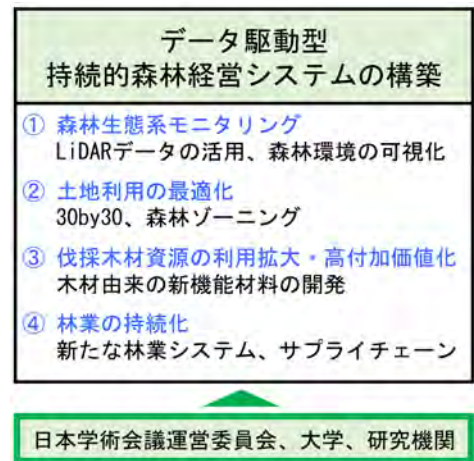


図2 実施計画と実施体制

100 億の人類に食をもたす作物や地球環境保全の主役となる樹木の創出

① ビジョンの概要

現在の大気 CO₂ 濃度の増加と気温上昇の速度は、これまでに生物大量絶滅をもたらした環境変化と同程度に速く、植物のもつ環境適応能による追従は不可能である。食料確保や地球環境保全のためには、激変中の環境に適した植物を創出し続けるためのコンソーシアム拠点の設置が急務である。

② ビジョンの内容

南極の氷床コアの解析によれば、過去 80 万年間の大気 CO₂ 濃度は、氷期の約 200ppm～間氷期の約 280ppm を推移し、平均気温の変動幅は 6～10℃であった。約 1 万年前からは間氷期にあたり、約 280ppm だった CO₂ 濃度は、産業革命以降の化石燃料消費や森林破壊

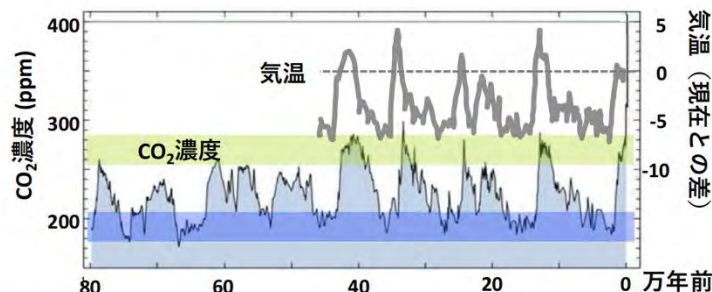


図1. 南極の氷床コア分析による過去80万年間のCO₂濃度と気温 (Lüthi et al. 2008, EPICA 2004)。

により上昇し、現在は 410ppm を越え、今世紀半ばには 600ppm に達するとされる。今世紀末の気温は、産業革命以前よりも 3～5℃高くなると予測されている (IPCC 2022)。地球環境変化といえば温暖化が注目されるが、植物にとっては CO₂ 濃度も重要である。現在の 2 倍の CO₂ 濃度で植物を栽培しても光合成速度や成長速度はそれほど増加しない。低下することも多い。この原因は、現生の植物が 80 万年以上にわたって安定していた CO₂ 環境に適応しているためである。

世界の人口は 80 億人を超え、今世紀半ばには 100 億人に達する。この人口増加に見合った安定した食糧供給、代替エネルギーとしてのバイオマス生産、環境保全は、人類の存続のための大きな課題である。今後も生態系サービスや植物サービスを享受するためには、激変中の環境に適した植物を創出し続けなければならない。本ビジョンは、種々の植物種において CO₂ 応答・高温応答に関する諸経路を丁寧に洗い出し、栽培地による環境の違いや種特性に応じてそれらをテラーメイド操作することにより植物生産を最適化し、さらに地球環境の変化に追従した tuning を継続するという方針で植物を創出し、社会実装するための提案である。このためには、植物分子生理学・作物学・栄養学・土壌学・育種学・フェノミクスの研究者などによる緊密なコンソーシアムを構築し研究を推進するのが有効である。「地球環境変化を先取りする好高温・好 CO₂ 植物創出」のためのコンソーシアムを緯度の異なる 4 地域に設置し研究を推進する。

本ビジョンにおいては、最初の 10 年間は、好高温・好 CO₂ 作物やバイオマスエネルギー植物の創出をめざし、その後、地球環境保全の主役となる樹木に関する研究にも着手する。

③ 学術研究構想の名称

100 億の人類に食をもたす植物の創出

④ 学術研究構想の概要

我が国の緯度の異なる 4 地点に、コンソーシアムを設置する。各拠点には 5 研究室を設置し、植物分子生理学・作物学・栄養学・土壌学・育種学・フェノミクスなどの研究者をおく。拠点は大学院の機能も持ち、植物科学の諸分野の丁寧な教育を通して、自発的・良心的で視野の広い研究者の育成をめざす。各拠点には、植物の一生を追跡できる自然光型大型温室を併設する。

⑤ 学術的な意義

テラーメイド植物創出を可能にするには、高温応答、CO₂ 応答を種々の植物種で精査し、その素過程を一つ一つ明らかにする必要がある。これらの治験を組み合わせ、調節機構を最適に tuning する。パレットに多くの絵具を準備し、キャンバス毎にそれらを調合しつつ塗り付けるイメージである。また、本研究の遂行には、分子生理学のキレのある解析とともに、環境への深い理解と正確な計測が必須である。「A という情報伝達経路が B に重要な機能を果たしている」という通常の分子生理学的研究のアウトプットにとどまらず、植物の生育現場での phenomics 評価を通した定量的実証をめざす。中心課題の一つは光合成の制御となろう。植物の成長は光合成に依存している。光合成は、成熟葉の光合成能力 (source 活性) と、成長中の器官・非光合

成器官の呼吸・貯蔵器官や生殖器官などの光合成産物受入れ活性（sink 活性）とのどちらかあるいは双方によって律速される。したがって、このバランスは植物の成長にとって極めて重要である。バランスに関与するいくつかの機構が同定されているが、これらのうちのどれが、どの程度、どの局面で機能しているのかは解析されていない、これらの相互作用についても知見が乏しい。

このような解析を通して植物の創出をするという本構想は、従来の育種学の地平を越えるものである。パレットの分子生理学的知見（絵具）を増やし、従来の精鋭品種や有力品種を素材に、栽培地の環境に応じてテーラーメイドな tuning を行うことで、好高温・好 CO₂ 植物を創出し社会実装する。



図2. パレットに多くの絵具を準備し、キャンバス毎に調合し描き分ける。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

地球環境変化が食料生産に及ぼす影響に関する研究は世界でも行われている。たとえば、イネ、ソルガム、などに特化したプロジェクトがあげられよう。また、分子生理学の成果にもとづく作物の改変も行われている。国際イネ研究所では Gates 財団によるイネの C4 化プロジェクトが進行中である。しかし、大気 CO₂ 濃度が高まっている現在、イネに CO₂ 濃縮機構をもたせ C4 植物にするよりも、我が国で進行中の、イネの炭酸固定酵素(Rubisco)を CO₂ 親和性は低い最大活性が高い C4 の酵素と入れ替える、あるいは、Rubisco 活性化酵素を高温耐性のものと入れ替えるなどの研究の方が生産に直結していると思われる。国内外で、野外の変動光が注目されている。自然光温室を基本とする大型フェノミクス施設を併設する意義は大きい。

⑦ 社会的価値

地球の人口が 100 億に達しようとしている現状にあって、100 億に安全な食を提供し、地球環境保全の主役となる好 CO₂・好高温植物を創出するための基礎研究から社会実装をめざすプロジェクトである。我が国の食料自給率を高めるとともに、世界人類の食に貢献する。我が国がハイテク農業国として復活する契機ともなる。また、細分化した植物科学の底入れの役割も果たす。植物科学の良心的プロジェクトはすべて SDGs の多くの項目に繋がる。特に本研究の提案は SDGs に本質的に貢献する。

⑧ 実施計画等について

コンソーシアムを緯度の異なる 4 地点に設置する。本構想にも利用できる既存の関連施設が存在し、十分な広さの土地がある大学や研究所を選んで、コンソーシアム拠点となる研究室と大型設置フェノミクス施設を設置する。各コンソーシアム拠点/大型フェノミクス施設には、管理運営職員 5 名、技術職員 20 名、常駐研究員 20 名、博士研究員 20 名を置く。共同研究施設として、各大学や研究所の研究者の参画も受け入れる。博士研究員は常駐研究員の研究室に配属するのではなく、自発的なテーマによって拠点が雇用する。連携大学院として各大学から大学院生も受け入れ、充実したコースワークを含む大学院教育を行う。3 年目には国際共同研究の開始、5 年目には創出した植物の社会実装栽培の開始をめざす。

総経費は 10 年間で 704 億円。その内訳は、好 CO₂・好高温植物創出のためのコンソーシアム拠点および大型フェノミクス施設のデザインおよび建設、維持のための費用(小計 300 億円)。初期設備(小計 40 億円)。人件費(244 億円)。経常研究費(小計 120 億円)である。

⑨ 連絡先

公益社団法人日本植物学会

テラリフォーミングを実現する植物機能拡張学の創出

① ビジョンの概要

地球環境の修復（緑化リフォーミング）と、地球外惑星への進出（テラフォーミング）の実現に向けて、植物機能拡張学を創出する。具体的には、植物の「頑健に生き抜く力」と「周囲の環境を変える力」を駆動する原理を理解し、植物能力を強化・向上させる「テーラーメイド植物機能拡張」戦略を創出する。

② ビジョンの内容

地球上のあらゆる生物は植物の物質生産の恩恵を受けている。しかし昨今の激しい環境変動は、植物が有する能力の限界を超えており、さまざまな問題が地球規模で頻発している。そこで本研究構想では、植物が有する能力を自在に向上させるべく、植物機能拡張学を創出する（図1）。

計画1：植物機能の実体解明

植物は環境に応じて成長・生殖する「生き抜く力」と、土壌改変といった「環境を変える力」を併せ持つ。そこで、各能力のメカニズムを解明し、機能拡張の基盤とする。

計画2：緑化リフォーミング

解明した機構をもとに、複雑な環境条件を再現できる制御環境拠点において、目的の植物能力を引き出す手法を開発する。最適な植物種や栽培法を組み合わせる「テーラーメイド植物機能拡張」戦略を創出して多様な植物群を開発し、地球各地の環境改善を進める。

計画3：惑星テラフォーミング

計画2の技術を駆使し、極限環境下でも生息域を広げて生命環境を形成できる機能拡張植物を創出する。

③ 学術研究構想の名称

テラリフォーミングを実現する植物機能拡張学の創出

④ 学術研究構想の概要

本学術研究構想では、植物が過酷な環境を「頑健に生き抜く力」と「周囲の環境を変える力」の基本原則を包括的に理解し、その有効利用に資する新たな学術基盤として「植物機能拡張学」を創出する。具体的には、植物が環境変動を的確に感知し様々なストレスに適応する原理を明らかにするとともに、極限環境において真に発揮される潜在能力や、一部の植物が進化の過程で獲得した驚異的な環境適応機構を発掘し、その原理を解き明かす。また、陸上・海洋光合成機構の理解を進め、バイオマス・物質生産の原理を明らかにするとともに、植物が過酷な環境下においても子孫を残し、生存領域を拡大させる繁殖戦略の原理を解明する。加えて、植物が自然生態系の中でロバストな生物共生圏を構築し、生物多様性の基盤を構築する原理を明らかにする。これらの各基本原則を構成する要素を抽出し、その作動原理を原子・分子レベルで理解する。これらの基本原則の理解に基づき、植物の様々な特性や能力を引き出し、目的に応じてそれらを自在に組み合わせ、過酷な環境に耐え、物質の生産や循環を支え、旺盛に繁殖し、環境を整える最適な植物をデザイン・開発し、テラ（リ）フォーミングを可能とする「テーラーメイド植物機能拡張」戦略を創出する。

⑤ 学術的な意義

地球史上において植物は太陽光エネルギーを光合成という形で固定し、その植物の繁殖によって地球上の生命は繁栄することができた。植物科学分野は、エネルギー問題、食料問題、環境問題の解決に直接的に関わる学術分野であり、人類社会のセーフティーネット確保に通じる重要な科学分野である。本構想では植物のもつ多彩な能力を、全地球圏におけるエネルギー供給、環境形成、生態系維持機能などの普遍的価値へと昇華させるべく、植物生理学の基本概念を発展させ、「極限環境」において真に発揮される植物のポテンシャルを発掘・理解する。植物が進化の過程で獲得してきた特異的且つ驚異的能力にスポットをあて、データサイエンスやAI技術等との融合研究を通じて、極限環境を生き抜く有用遺伝子・メカニズムの探索に重点的に取り組む。それにより得られる基礎的知見に立脚し、様々な学際的・社会的分野融合を通じて、テラ（リ）フ



図1 本構想の概要

フォーミングを可能とする新たな分子デザインや植物機能拡張に取り組む。植物が支える生物叢は、人類はもちろんのこと、微生物や動物の生命維持に密接に関わる。したがって、独自の進化を遂げた植物を理解することは、生物界全体の潜在的な能力発揮の態様について洞察を深める意義がある。植物科学の専門知から見出された核心的命題の解決に取り組むことで、人類社会の発展に貢献する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

SDGs 達成に向けて、植物基礎研究を核とした取り組みは世界的に活発化しており、例えば、植物由来の実用製品や高付加価値食品を作るプロジェクト (UK ケンブリッジ大)、植物培養細胞で食糧問題を解決する試み (フィンランド VTT)、宇宙進出を見据えた植物基礎研究プロジェクト「Plants for Space」(オーストラリア) などがある。翻って国内では、カーボンニュートラル研究事業が強力に展開されているものの、植物基礎研究を中心に据えた大型研究事業は限られている。本構想はこうした現状を打破すべく、より高次の視野をもって新たな植物科学創出を狙う。これは世界的研究潮流への呼応であるとともに、植物生理学分野における日本の世界的優位性に立脚した、類のない構想である。

⑦ 社会的価値

日本人はかつて、植物由来資源を上手く利用し、驚異的な高レベルでの環境調和型社会を実現した。さらに自然災害の多い国であり、日常的にさまざまな悪環境を経験している。本構想はこうした背景から着想したものであり、国民の気質に馴染みやすく理解が得られやすいものとする。さらに植物機能拡張によって SDGs 項目の達成に直接的に貢献しうる新知見と新技術が期待される。加えて、日本の伝統工芸分野との連携や、農業分野、植物バイオマス産業分野との連携など、十分な社会的波及効果もある。将来的には、日本発の新産業興業も見込まれることから、本構想は高い社会的価値を有している。

⑧ 実施計画等について

【実施計画・スケジュール】 計画1のテラ(リ)フォーミングに必要な4つの基本原理の要素を抽出し、計画2の緑化リフォーミングの方法論を確立し、テラーメイド植物機能拡張ストラテジーの創出を目指す。
計画1：植物機能の実体解明

- 1a) 変動環境へのパイオニアとなる植物の環境ストレス克服の原理の理解
- 1b) 光合成を起点とするバイオマス・物質生産の原理の理解
- 1c) 植物の繁殖戦略の原理の理解
- 1d) 他の生物叢を巻き込むロバストな生物共生圏構築の原理の理解

計画2：緑化リフォーミング

各原理の中核をなす鍵分子・メカニズムを人為的に制御する基盤技術を確認し、目的の環境に応じて自在に組み合わせ、「テラーメイド植物機能拡張」ストラテジーを創出する。

【実施機関と実施体制】 日本列島は南北にわたり、寒帯から亜熱帯地域までを含むため、テラ(リ)フォーミングに資する科学的知見を取得するために理想的な地理的優位性を持つ。実際に日本には、この特徴を活かした植物科学研究拠点も組織・運営されており、日本の植物科学が国際的に目覚ましい成果を積み重ねてきた所以となっている。この利点を最大活用して、オールジャパンで効果的な実施体制をしく。研究リソース拠点や基盤研究の共同利用施設に代えて、全国に図2に示す研究拠点3カ所と制御環境拠点5カ所を新設する。

⑨ 連絡先

一般社団法人 日本植物生理学会



図2 新設する研究・制御環境拠点案

顧みられない未利用種 (NUS) の遺伝的改良に基づく持続可能な agro-ecosystem の確立

① ビジョンの概要

Nature positive な農業システム構築のため、顧みられない未利用種 (neglected and underutilized species: NUS) を先端的育種技術で改良する。改良にはゲノム編集やゲノミック選抜などの技術を利用するとともに、農家参加型でデータ収集を行い、農家の畑における性能強化につながる遺伝子の特定と改良を行う。また、社会学・経済学を含めた総合知のもと、同システムを小規模でも持続的な産業とする研究を行う。

② ビジョンの内容

農業はこれまで自然破壊や資源枯渇を引き起こしてきた。劣化した生態系は農業生産力を低下させ、地域社会の生活と食料安全保障を脅かしている。こうした問題の解決には、自然を回復し、自然と共存できる Nature positive な農業システムの構築が不可欠である。本提案では、世界の多様な地域に適応してきた NUS を先端的育種技術で改良し、環境保全性の高い農業システムを確立するための研究を提案する。現在、世界の農地の約半数は4種の作物の栽培で占められている一方、何百もの NUS が高度に多様化した小規模生産のもとで栽培され、多くの人々の生活や食料を支えている。NUS がもつ環境適応性や機能性は農業システムの持続可能性の強化に有効だが、その潜在能力の解放にはゲノム編集やゲノミック選抜などの先端的育種技術が不可欠である。本構想では、様々な地域で栽培されてきた NUS を改良することで持続可能な農業システムの構築を目指す。また、先端的育種技術に加え、高速世代促進施設、大規模隔離栽培施設、フェノミクス施設を整備して NUS の改良基盤を構築する。なお、NUS の多様性と環境適応性は、遺伝要因、環境要因、社会的要因の相互作用で形成されたものであり、農家参加型品種選抜 (participatory varietal selection: PVS) の利用が有効である。センシング技術を用いて PVS を行い、オミクスデータと組み合わせて、農家の畑における性能強化につながる遺伝子の特定と改良に結びつける。また、得られたデータを民主的に活用し、栽培の効率化、トレーサビリティの強化、マイクロファイナンスへの活用など、小規模農家の経済基盤の強化につなげる。NUS の多様性は地域経済や文化に適応する中で形成されたものであり、その活用には社会学、経済学を含めた総合知が必要である。そこで、栽培・流通・消費に関わる様々なステークホルダーと連携し、これら地域で小規模でも持続的で環境保全的な産業を興す取り組みにつなげる必要がある。



図1 NUSを用いた持続可能な農業システムの構築

③ 学術研究構想の名称

顧みられない未利用種 (NUS) の遺伝的改良に基づく持続可能な agro-ecosystem の確立

④ 学術研究構想の概要

現在、Nature negative な農業から Nature positive な農業へのパラダイム・シフトが必要となっており、長い歴史の中で自然と共存してきた伝統農業や、それを支えた在来種への注目が高まっている。こうした在来種の多くは NUS であり、これまで体系的な育種が行われてこなかった。本構想では、NUS を遺伝的に改良し、不耕起栽培・低投入栽培に適した作物、土壌微生物叢を豊かにするカバークロップ、アクアポニクスに適した作物などを作出する基盤を構築する。改良には、ゲノム編集、ゲノミック選抜、交雑鍵遺伝子の操作、異種ゲノムの融合、染色体の倍加などが適用されるが、これら技術がもつ技術的制約の打破も必要となる。なお、NUS の栽培農家は持続可能な農業や食文化に関する知識をもつ。こうした知識のもとで重要形質を定め、農家参加型の評価・選抜システムを構築する。農家が自ら記録しなくても自動・半自動で評価データが得られ、それらデータが土壌・気象・微生物叢などの環境データ、作物のゲノム等のオミクスデータとともに解析され、解析結果が重要形質の責任遺伝子同定や効率的選抜に利用される。なお、NUS を用いた農業を持続可能にするために、NUS を用いた農業の社会的・文化的意義に関する研究に加え、フェアトレードやカーボンクレジット等をもとに地域コミュニティに利益が還元されるシステムの研究と構築も必要となる。

⑤ 学術的な意義

現在、世界で商業栽培されている食用植物は 150 種にすぎず、このうちわずか4種が人間の摂取カロリー

の60%以上を占める。これは、食料安全保障の観点から大きな問題である。加えて、栄養失調、貧困、生態系劣化、気候変動などの問題に対応するために、栄養価が高く、環境ストレスに強い NUS を活用した農業システムの構築が切実に求められている。また、NUS を栽培する小規模・家族農業はアグロエコロジーの実践に必要となる知識体系を培ってきたが、こうした体系を科学的知識体系と融合させることで新しい農業システムの構築に結びつけることができる。その実現のためには、実験室とフィールドを社会につなぎ、農村社会を豊かにし、生態系の再生にも貢献する超学際的な分野の創設が必要だが、その学術的・社会的意義は大きい。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

NUS の活用は、地域生態系と食料源の保護につながるだけでなく、その高い栄養価を活かして「隠れた飢餓」の解決にもつながる。また、適切な市場開拓を行うことで、貧しいコミュニティに経済的な恩恵を授けることもできる。このような視点から、NUS について伝統的知識体系と科学的知識体系を結びつけるような学際的研究が開始されている。本構想は、NUS の大きな課題である歴史的な「遺伝的改良の不足」を、様々な育種技術を適用することで補い、NUS を栽培・収穫・加工しやすく、付加価値の高い作物として改良することを目標としており、NUS を活用した Nature positive な農業の実現に大きく貢献するものである。

⑦ 社会的価値

本構想は、NUS の遺伝的改良を通して持続可能な農業システムの構築を目指すものであり、我々の社会の持続可能性の確保につながる。本構想での取り組みは、飢餓（目標 2）や貧困（目標 1）の解決だけでなく、持続可能な消費と生産（目標 12）の実現や、農村において伝統的農業を支えてきた農民や女性に社会・経済的安定基盤を提供することで、不平等の是正（目標 10）やジェンダー平等（目標 5）にもつながる。さらに、Nature Positive な農業の実現により気候変動の軽減（目標 13）や陸上資源の保護・回復（目標 15）にもつながる。なお、本構想の実現には、生産、流通、消費に関わる全てのステークホルダーとともに社会を変革していくトランスフォーマティブ・イノベーションが必要となる。こうしたイノベーションの実現への取り組みは、食料システムの維持・継続について社会全体で考えるための重要な機会となる。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：モデルとなる地域と NUS を選定して開始するが、将来的には様々な地域と NUS に適用するため、研究期間中に対象地域と NUS を増やしながら技術・ノウハウの汎用化を進める。

1～2 年目：モデルとなる地域と NUS を対象地域の社会的状況も考慮して決定。モデル NUS の材料収集と遺伝解析のための材料育成を開始。国内における大型施設の設計と建設。

3～5 年目：材料育成ができた NUS の遺伝解析、有用遺伝子の同定。NUS に対するゲノム編集技術の最適化とゲノミック選抜試験を開始。世代促進法の開発、表現型計測・オミクス計測技術開発も並行して実施。モデル地域では、栽培試験と環境評価、農家参加型選抜を開始。経済生産のための技術的・社会的問題の洗い出し、NUS の栽培が地域の生態系に及ぼす影響を生物学的・経済学的視点から評価。

5～10 年目：交雑鍵遺伝子の操作、異種ゲノムの融合、染色体の倍加など、より高度な技術を用いた改良の実施。また、大型施設を活用して多様な NUS に対応できる基盤を構築。さらに、農家圃場からデータを収集するシステムを稼働し、データ科学的アプローチで最適化された栽培法を提案。

実施機関と実施体制：当該研究は、多数の大学、国公立研究機関ならびに民間の研究開発機関がネットワークを形成して実施する。具体的には本構想に関連する研究分野について研究教育を行う大学、国立研究開発法人、公益財団法人や民間研究開発機関、民間企業や農業生産者など、様々なステークホルダーが参画して研究を推進する。これら参画機関の中から選出された代表機関が全体を統括する。また、サブテーマを設定し、サブテーマごとに研究課題と担当機関を全国の多様な研究開発機関から公募・選出する。各サブテーマの担当機関から選定された責任機関が中核となってサブテーマを実施する。国際連携は、国際農業研究協議グループ (CGIAR) の研究機関や食料生産に関わる研究を実施している主要な国際機関や国外の大学と行う。

総経費 230 億円（人件費（10 年×100 人）：100 億円、研究開発費：1,000 万円/課題×50 課題×10 年、高速世代促進大型施設：2 億円×5、組換え体対応栽培施設：2 億円×5、フェノミクス施設：10 億円×3、農家圃場データ収集システム：10 億円×1、大型施設の維持管理費（10 年間）：20 億円）

⑨ 連絡先

福岡 浩之（タキイ種苗株式会社 研究農場）

変わりゆく地球環境と調和した持続可能な食料システムの構築のための学術振興

① ビジョンの概要

生物資源の減少、天然資源の枯渇、気候変動、生態系劣化といった地球環境の変容が進む中、人類の生命と健康を支える持続可能な食料システムの構築を目的として、アグロフードチェーンすべての工程のグリーン化を意味する「緑の革命 3.0」を実現するために、農学・食料科学分野における学際的共同研究を推進することで、陸海域を超越したデータ連携と解析、微生物から植物・動物・人類までの生命系の統合理解モデルを確立する。

② ビジョンの内容

20 世紀における食料・栄養供給をめぐる科学技術の進展は、人類の爆発的な人口成長と健康改善に大きく貢献した。その驚異的な食料供給の増加は、地球規模でみて無尽蔵な生物資源、天然資源を前提にする増産パラダイム型研究開発と、それに関連した諸産業の発展によって支えられてきた。ただし食料問題は解決した訳でなく、その後も人口の増加は続き、食料需要は増え、いまだに世界には多くの栄養不良の人々が存在していて楽観できる状況ではない。しかし 20 世紀における地球規模での産業活動の膨張と市民生活の都市化の拡大によって、いわゆるプラネタリーバウンダリーを超えた環境変容が進んでいることから、これら食料問題解決のために単純な食料増産策は採用できないとされている。

環境制約がある中で有効な食料供給を拡大するには、個々の生産体系を進歩させるだけでなく、食料システムとワンヘルスの視点からの分野横断的研究開発が必要である。陸海域生態系機能情報のオンサイトモニタリング拠点の展開、レジリエントな分散型社会の実現を目指す食料システムの設計、エシカル要素や食文化を考慮したパーソナル食支援手法とカスタマーセントリックな食料システムの開発、持続可能な食料システムに係る新規科学手法利用や未利用生物資源活用のレギュラトリーサイエンスの強化、気候変動や森林破壊に伴う新興感染症の発生予測や防疫体制の確立などの検討を進める。

③ 学術研究構想の名称

変わりゆく地球環境と調和した持続可能な食料システムの構築のための学術振興

④ 学術研究構想の概要

変わりゆく地球環境と調和した持続可能な食料システムの構築を目的として、アグロフードチェーンにおける食料生産、資源管理、加工、流通、消費、廃棄物処理のすべての工程のグリーン化を意味する「緑の革命 3.0」を、次の 3 つのモジュールにより展開する。まず、統合データベース・ライブラリ構築、統合モニタリングサイト設置・運営、データサイエンス基盤の開発を進める。その上でモニタリングシステムの確立・充実により地球環境と生態系を絶えず把握し、食料システムに関わる人間活動に対してそれらがどのように応答しているかを精度良く把握し、食料システムに関わる人間活動の適切な制御するための科学的体系の確立し、国内外への政策提言や産業創生の一層の促進を図る。

⑤ 学術的な意義

人類の「食」の地球レベルでのグリーン化を「緑の革命 3.0」として実現することは、現代のサイエンスが取り組むべき再重要課題の一つである。それは食料を生産する段階と流通・消費する段階に分けて取り組む。農業を起点とした食料の生産段階では気候変動に適応した作物の育種などでの最新のデータサイエンスの活用、畜産業を起点とした食料の生産段階では温室効果ガスの排出削減や病害虫・人獣共通感染症の対策といった課題に応える新たな技術開発、水産業を起点とした食料の生産段階では人類が海洋生態系から受けてきた恵みのデータ化と資源管理ルール設計、流通・消費段階では購買・調理・摂食など一連の食行動のビッグデータ化によるビジネス創出、そして環境に負荷を与えない食料生産への昆虫利用が検討されている。

多様な分散型社会を志向したパラダイムシフトも重要課題となる。地域社会が独立・連携して資源・生態系サービスの利用やエネルギー自給を達成すれば、ロバストネスの向上やレジリエントな社会の実現が可能となる。健全な人間生活を支えて人と自然との共生を維持するオルタナティブな社会の提案が期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

当該構想に含まれる食料資源・環境中物質を扱う学術領域の一つである天然物化学は、生体及び環境中に存在する生命のキーとなる天然物・生理活性物質を見つける学問分野であり、作用機構を知り、大量合成供

給で社会の問題解決に応用する。

一方、エネルギー資源が乏しいわが国では、保有国土としても必ずしも広いわけではないことから、微生物機能を活用することは持続的社会構築のために重要だと認識されている。応用微生物学、応用酵素学は長年世界をリードしてきており、さらなる発展をはかる基盤が用意されている。

⑦ 社会的価値

人類の生命と健康を支えるには良質な十分な量の食料生産が不可欠であり、さらにそれを生態系と調和させた形で成し遂げる学術的基盤を作ることとはSDGsの目標とも合致する。食が足りることがいかに平和に重要か、平和であることが地球環境の悪化防止にいかに関重要か近年実感されており、安定的で持続的な食料システムの研究は極めて重要である。

⑧ 実施計画等について

まず、運営委員会を中心に計画を取り仕切る基盤となる「緑の革命 3.0 統合ベースメント」を構築する。そこに「緑の革命 3.0 学術協議会（仮：以下、協議会と略す）」を設立し、その協議会の下には生産分科会（仮）、消費分科会（仮）などを設置する。協議会において、「緑の革命 3.0 研究ミッション（仮）」や行動目標を策定する。本構想に対して関連学協会から申請された具体的な学術研究活動を統合データベース・ライブラリ構築、統合モニタリングサイト設置・運営、データサイエンス基盤の開発の3つの活動にグルーピングする。その後、10年間をめぐり毎年協議会および分科会を開催して、各計画からの学術の進展状況について情報共有する。途中5年目に中間報告を作成する。この協議会には国内外の産業界・行政機関からの参加も可能でそれぞれの目的に応じてコンソーシアムを立ち上げる。そこでの取り組みは、「変わりゆく地球環境と調和した持続可能な食料システムの構築」につながるように、学際的な共同研究や産業創生につながるための産学連携プラットフォームとして機能するように運営する。

日本学術会議農学委員会と食料科学委員会の委員を中心に運営委員会を組織する。運営委員会委員の中からそれぞれのサブテーマの担当者を選任する。運営委員会は、各サブテーマの担当者と情報共有してサブテーマ間の調整を図り、研究全体の進捗を管理する。

所要経費は「海域生態系機能情報のオンラインモニタリング拠点」の経費としては220億円、「微生物機能開発センター」の経費としては134億円を見積もっている。

⑨ 連絡先

中嶋 康博（日本栄養大学栄養学部）

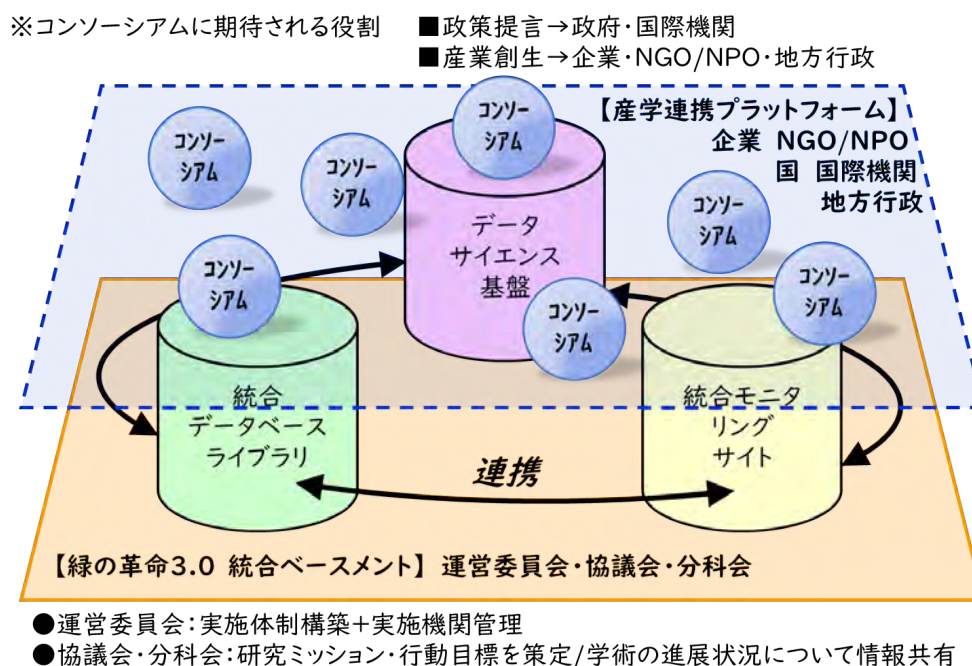


図1 緑の革命3.0推進体制

未来の循環型社会を支える社会基盤としての「生命の樹」の重点的拡充

① ビジョンの概要

人類は、地球規模課題の解決に向け循環型社会を目指しており、さらに地球外への移住も見据えている。循環型社会の実現には、生物の効果的利用が重要であり、生物学の「知」（生命の樹*）が社会基盤として必要になる。環境及び野生型生物のオミクス解析に加え実体生物による検証を並行して重点的に推進する事で、生物多様性を網羅した太く大きな「生命の樹」を構築し、未来の循環型社会の基盤を盤石にする。（※本構想における「生命の樹」は、人類がもつ生物学の「知」を、生物多様性や進化も含めて一本の樹木として表現したもの。「生命の樹」の葉や枝は私たちが知っている生物種とそれらの進化を、枝や幹の太さは研究によって得た生物学の知見の深さを表す。樹木は条件が整えば無限成長すると言われている。無限に発展を続ける生物学の象徴として「生命の樹」と表現する。）

② ビジョンの内容

人類は、地球温暖化、食糧危機、エネルギー問題、生物多様性の喪失など深刻な地球規模課題に直面している。これらの課題解決に向け、脱炭素化、スマート農業・漁業、再生可能エネルギー開発、生態系保全などに取り組み、持続可能な社会構築に向けて歩み始めている。また、月や火星など地球外天体への移住も実現させる計画が進んでいる。消費一辺倒な社会から循環型の社会への変革には、生物やその機能を基盤とした様々な技術開発の必要性が増し、失敗しない生物利用のためには生物多様性を網羅した正しい生物学の「知」が必要になる。生物学自体も生命の一様性

よりもむしろ生命の多様性に焦点が当てられていくと思われる。人類が持つ生物学の「知」を「生命の樹」とするならば、「生命の樹」は将来の循環型の持続可能な社会において重要な社会基盤の一つとなる。しかし、現在の「生命の樹」は少数のモデル生物などの知見に基づいており、空白だらけの細くて偏った樹といえる。例えば、地球上には1,000万種ほどの生物が存在すると見積もられるが、発見済みの種は180万種程度で、ゲノム配列が解読されているのは4,000種程度、各遺伝子の機能がよく調べられているのはモデル生物であるほんの一部だけである。人類が目指す将来の地球、社会を考えると、多様な生物を網羅した「生命の樹」を拡充することは急務である。現代の生物学は、オミクス解析技術が飛躍的に進歩している一方で、オミクス解析はあくまでも「推定」であり、その推定のためにはリファレンス（例えば既知の遺伝子配列）が必要である。つまりその推定はモデル生物のみをリファレンスとした知見であり、それに基づいた「意思決定」（政策、対策、技術開発など）にはどこかに大きな落とし穴が存在する危険性がある。これからの生物学はオミクス解析の進展を推進しつつ、多様な野生型生物（非モデル生物）を用いた検証を重点的に推し進める必要がある。その知見は、持続的な環境保全と開発を可能にし、未知の有用生物資源を失うことなく利用可能にし、より効率の良い循環システムの技術開発や材料開発をもたらすことが期待できる。生物多様性を網羅した「生命の樹」を重点的に拡充することによって、未来の循環型社会の基盤が盤石になるのである。

③ 学術研究構想の名称

未来の循環型社会を支える社会基盤としての「生命の樹」の重点的拡充

④ 学術研究構想の概要

生物多様性を網羅した生命の樹を構築するため、「生命の樹総合研究拠点（仮称）」を形成する。そこに最新の生物学研究機器が整備された「生命の樹研究サポートセンター（仮称）」を設置し、全国共同利用機器として運用する。また、実体生物を対象とした研究のハイスループット化につながる技術開発を行う。特に未知生物が多いとされる昆虫を含む無脊椎動物、菌類、原生生物、細菌、古細菌を対象として、効率良く新生物を発見し、実体生物のオミクスデータ整備を進める。同時に、それら野生型生物の形態、生態、代謝、生理、生殖、発生、細胞、遺伝子機能などを上記の最新機器を駆使して効率よく解析し、モデル生物で得られた知見がこれら野生型生物にも適用できるか否かを実体生物を用いて検証するとともに、新たな生物機能や新たな生物資源を発見する。これらの知見をすべて統合し、生物多様性を網羅した「生命の樹」を拡充するとともに、関連研究機関等の協力を得て、循環型社会の実現に資する応用研究を展開する。



図1 本構想の概要

⑤ 学術的な意義

生物学は、オミクス解析技術が飛躍的に向上したことにより、今や環境 DNA だけからでも生物機能や生物間相互作用を「推定」できるようになっている。この研究の流れは生物学の主流となっていくと思われるが、それはあくまで「推定」であり、実体生物を用いた実験・観察等による検証は大幅に遅れている。結果として、その「推定」が一人歩きし、あたかも「事実」として扱われる懸念がある。また、この「推定」には既知の情報がリファレンスとして必要であり、適切なリファレンスが無い未知の生物や未知の機能の情報は完全に欠落した状態で「推定」がなされるため、学術的解釈において無視されてしまう。これではいくら情報が蓄積しても、モデル生物中心の生物学からは脱却できない。本構想によって生物多様性を網羅した「生命の樹」を拡充することで、人類が循環型社会の構築を進める上でますます重要となる生物学の知見を、落とし穴のない正確で網羅的なものにすることができる。生物多様性を網羅した生命の樹は循環型社会の実現や宇宙進出に欠かせない生物を利用した技術開発の基盤となる。具体的には、カーボンニュートラルなどより適切で効果的な地球温暖化対応や、より包括的な生態系維持、新しいバイオエネルギーや食糧、医薬品、工業原料などの有用生物資源の発掘などに不可欠な知見を提供する。また、取り組み自体がわが国の生物学全体の底上げになり、多くの他分野との融合が期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

コンピューター上での様々な「推定」を基に生物学が飛躍的に進展している。しかし、これはあくまでも「推定」であり、我々は「わかった気になっている」だけとも言える。当該構想は、これを「わかった！」に変える取り組みであり、我が国の生物学全体を牽引し、未来の循環型社会の基盤として「生命の樹」を盤石にするものと位置付けられる。また、環境 DNA に特化した地球レベルの大型プロジェクトは海外や日本においても積極的に進められているが、本構想で推進する、未発見生物を含めた野生型生物においてオミクスデータ解析と実体生物をもとにした実験・観察を並行して重点的に進める取り組みは、未だない。本提案構想により我が国全体の生物学のレベルが向上すれば、世界における次代の生物学を牽引できると考える。

⑦ 社会的価値

人類が進めている循環型社会の構築や環境・生態系保全、地球外惑星等への移住計画では、「生命の樹」を基盤とした社会構築が必須である。これをモデル生物偏重の不完全な「生命の樹」に基づいて進めると、大きな落とし穴に社会が直面する可能性がある。このような危険性や経済的損失を軽減するために、生物多様性を網羅した「生命の樹」が必要である。食糧自給、エネルギー安全保障、新たな経済発展などの観点からも生物多様性を網羅した「生命の樹」の拡充は重要であり、経済的・産業的価値の高い取り組みである。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール

筑波研究学園都市を中心とした「生命の樹総合研究拠点（仮称）」を構築する。その拠点に「生命の樹研究サポートセンター（仮称）」を設置し、最先端研究設備を整備して全国共同利用化する。また、実体生物研究のハイスループット化につながる技術開発を行う。全国から公募研究課題を募り、全国規模の生命の樹研究者ネットワーク形成を行う。拠点内に①未知生物研究班、②野生型生物オミクス解析班、③野生型生物機能実証班、の3つの部門を置き研究を実施する。2年に1回程度全体集会を開催し進捗を確認する。新たに得られた知見をもとに、循環型社会の実現に資する応用研究も展開する。10年目には研究成果を総括するとともに、循環型社会構築に向けた次の10年の計画を立案する。

・実施機関と実施体制

中核機関は筑波大学とする。筑波研究学園都市を中心に「生命の樹総合研究拠点」を形成する。また、「生命の樹研究サポートセンター（仮称）」を設置して最先端機器を全国共同利用機器として整備し、大型・高額機器には専門の技術職員（オペレーター）を配置し、研究者の研究を強力にサポートする。

・総経費 145 億円

生命の樹総合研究拠点（仮称）：65 億円

拠点構成研究者の研究遂行費：40 億円（500 万円/人/年 X80 人 X10 年）

公募研究遂行費：40 億円（500 万円/人/年 X80 人 X10 年）

⑨ 連絡先 中田 和人（筑波大学生命環境系）、石田 健一郎（筑波大学生命環境系）

地球環境と調和的な社会の実現に必要な生物圏機能の活用法の開拓

① ビジョンの概要

地球システムの中でも生物圏は、人々のウェルビーイングに不可欠な地球環境の形成と維持の要として、気候変動問題を解決し、自然再興（ネイチャーポジティブ）を実現するための鍵である。本提案は、生物圏機能の本質を解明する基礎科学から、地球環境問題の解決に資する応用科学までを学際的かつ包括的に推進し、新興の研究領域「統合生物圏科学」を確立し、温室効果ガス排出の実質ゼロを目指す「カーボンニュートラル」と生物多様性の回復を目指す「自然再興」の両方に資する。

② ビジョンの内容

生物圏は、海洋と陸域の生物が生息する全領域を指し、生物圏は熱帯から極地にまで様々な環境の数百万種とも言われる多様な生物から構成されており、その複雑な相互作用が周囲のエネルギーや物質の動態に影響を与えることで生息に適した環境を維持・形成している。このような生物圏の機能を理解し活用するためには、生物ゲノムから地球全体にわたるスケールを縦断し、様々な学問分野を横断する超学際的な研究が必要である。本ビジョンでは、生物圏の機能を活用することで地球環境問題の解決に資する学問分野を創出するため、次の4課題を超学際的に連携し「統合生物圏科学」の確立を推進する。1) 生物圏の機能と動態、さらに環境応答を決定する相互作用に関する理解を深化させる、2) 多様な生物圏をカバーする高精度・多変量・長期の観測によって機能や構造の多様性に関するデータを蓄積する、3) AIなどのデータ科学的手法によって観測データを分析し潜在的な関係性や変化傾向を検出する、4) 生物間相互作用や環境応答に基づく予測モデルを構築して将来の環境変動の影響評価や対策（自然に基づく対策：NbS）検討を実施する。これらを統合して、生態学や気象学などの既存科学をベースとしつつも、分野の垣根を超えて統合的な視点で生物圏とそれを包含する地球システムの本質に迫る新しい自然観をもたらしうる研究領域を提示する。生物圏全域を監視し解析するプラットフォームの確立は国際的にも重要度が高いが、現地観測との協働による検証や、モデルを用いた詳細分析と一体的に実施される活動は世界的にも希少である。本ビジョンを通じて国内の研究コンソーシアムを強化し、研究設備の拡充や若手人材の育成を図ることは研究水準を大きく向上させる。

③ 学術研究構想の名称

生物圏機能を活用した人間社会と地球環境の調和

④ 学術研究構想の概要

持続可能社会の基盤となる生物圏機能を保全・強化し、それにより気候変動対策や生物多様性保全を実施するための超学際的な研究開発を推進する。このために、海洋から陸域にわたる広大で複雑多様な生物圏に関する観測・測定データを網羅的に収集して統合的に分析し、変動する環境下で生物圏が進化により獲得した生存戦略・最適化・レジリエンスの本質に迫る理解を深化させる。特に、観測空白域が顕著であるアジア太平洋地域を中心に人工衛星、ドローン、地上・水上センサーネットワーク、環境DNAなど最新の観測技術を駆使する観測ネットワークを展開・拡充し、生物圏機能の現状とその環境影響（人間活動による劣化を含む）の実態解明を進める。高性能計算機やAI解析も最大限活用して、未発見の因果関係や潜在的リスクをこれまでにない深さ・範囲で探索し、新しい生物圏のデジタルツインを開発することで観測情報を統合化し、リアルタイムに進行する生物圏変化の全体像把握や、将来の気候・土地利用変化に対する影響評価・対策評価を支援する統合的生物圏情報・知見基盤を構築する。

⑤ 学術的な意義

地球の持続可能性を指標化したプラネタリー・バウンダリー分析では、遺伝子・機能の両面における生物圏の健全さの喪失が最も高リスクな要因に挙げられており、他にも生物圏が関与する生物地球化学的循環、気候変動、土地利用、淡水資源も持続可能性の範囲を逸脱していることが示されている。これらの問題を是正するためにも、生物科学、地球科学、環境科学、社会科学の多様な分野を横断する新たな学術分野「統合生物圏科学」の確立は大きな学術的インパクトがあり、基礎研究から気候変動対策や自然再興といった社会ニーズに応える応用研究の推進の基盤となる。さらに、「統合生物圏科学」を進める中で浮上したより本質的な課題（概念、分類など）に関しては、個別の研究分野にフィードバックされることで新視点での研究を促進するなど多様な波及効果をもたらすことが期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

気候変動対策と生物多様性保全の同時達成の必要性という社会的挑戦に対応するために、生物圏に関する研究が国内外で進められ、温室効果ガスフラックス観測や環境 DNA 観測の国際ネットワークや、人工衛星によって広域観測が行われ、植物・土壌形質の大規模データも構築されるなど、国際協働体制による研究が進められるようになった。また、生物圏モデルの開発は、植生動態・炭素循環など生態学的視点のものと、気候予測を主目的とする地球システムモデルの生物圏部分を扱うものの、両面で進められている。それらの研究は国外でも進行しているが、国内でも 1990 年代より生物圏を扱うモデルの開発実績があり、当該構想は、国内研究の長所を補強しつつ短所を改善するものであり、学術の発展に大きく寄与することが期待される。

⑦ 社会的価値

農林水産業の場であり人々のウェルビーイングの基盤となる環境を提供する生物圏の機能的理解が気候変動や生物多様性喪失への対策の鍵となることを示すことは、持続可能社会に向けた国民の理解を醸成する。また、生物圏がもつ公益的機能の経済的価値を評価する基礎データを提供し、特に炭素の吸収蓄積によるクレジット制度などへの直接的な貢献に繋がる。また、地球環境変化への適応に資する知見を提供することで、農林水産業や製造業・サービス産業、防災・減災、人間健康など様々な面で社会に貢献する。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール

1-2 年目には、研究コンソーシアムを立ち上げて、設立シンポジウムの開催、関連学会を中心とした検討、データ基盤構築準備（DIAS 利用を含む）、観測・実験サイトの検討などを行い、3-4 年目の観測・実験サイトの設置と予備実験の実施、データ基盤構築を可能とする。5-6 年目には、国際シンポジウムの開催、新たな設備による観測と実験の実施、データ基盤の利活用、高精度生物圏モデルの設計と開発などをを目指す。7 年目以降は、広域ネットワークによる観測と操作実験の実施、衛星観測事業との連携、IPCC や IPBES など国際アセスメントへの成果インプット、生物圏モデルの改良を達成する。10 年目をめどに、次期課題の構想と提案などを計画・実施する。全期間を通じて、日本学術会議によるシンポジウムの提案、研究成果を集成するための特集号や書籍の出版、関連学会でのシンポジウム、分野関連系と若手研究者育成の促進を目的とした研究集会の開催、一般向け公開講座・出前授業の実施などを行う。主要参加機関(京都大学、東北大学、東京大学、北海道大学、海洋研究開発機構)の代表による運営委員会によってコンソーシアム全体の管理運営を行い、日本学術会議と密に連携をとり、社会情勢や学術動向を踏まえて必要に応じて研究計画をアップデートする。国際モデル相互比較プロジェクトなどに参加し、国内研究のプレゼンスを高め、世界水準の成果を実現するよう研究を進める。IPCC、IPBES、GEO、LTER などの国際プログラムに参加するメンバーを通じて国際動向を把握し、本構想の成果を踏まえた国際貢献を促進していく。総経費 100 億円は、広域観測ネットワークの展開（24 億円）、代表的生態系における操作実験（24 億円）、生物圏データベース開発・解析の情報基盤（16 億円）、生物圏デジタルツイン開発費（25 億円）、若手人材育成支援費用（5 億円）、アウトリーチ活動（6 億円）にあてて。

⑨ 連絡先

北島 薫（京都大学名誉教授）、伊藤 昭彦（東京大学大学院農学生命科学研究科）

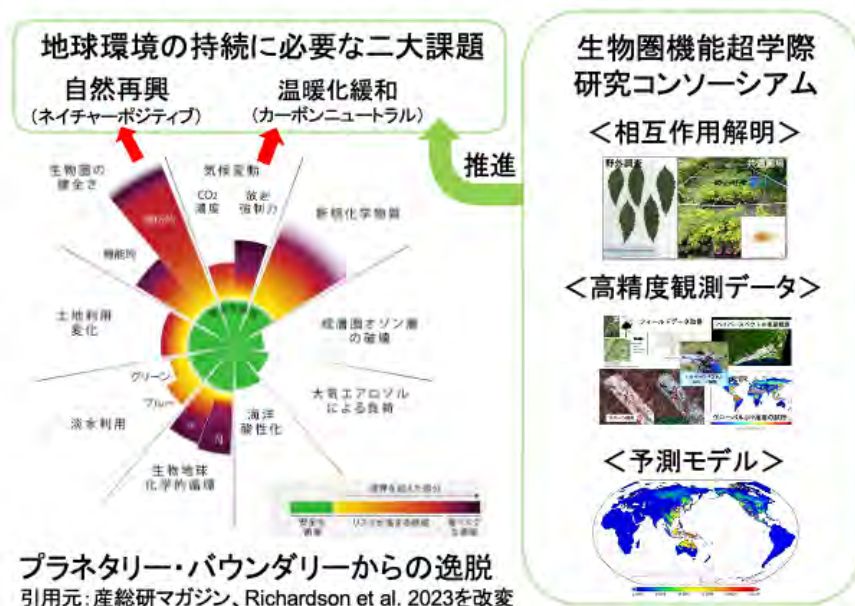


図1 プラネタリー・バウンダリーからの逸脱

「いのち彩る医療」を実現するバイオマテリアル界面科学の構築

① ビジョンの概要

「生きがいを持ち楽しむための医療」。今後 30 年間に起こる技術革新によって医療の目的が顕著に変化する中で、このビジョンは人間の「生きがい」を維持するために必須である(図 1)。

② ビジョンの内容

今後 30 年の間に、病気や怪我の克服による生きるための医療から、生きることを楽しむための医療への目的の顕著な変化が起こり、医療の価値観の変革が必要となる。健康寿命の延伸と各自が生きがいを持ち、不治の病をなくし、ストレス障害をなくすために、永遠の健康寿命が求められるようになる。このヒューマンフレンドリーな社会の実現に向けては、革新的医療機器・技術の創出が必要となる。

③ 学術研究構想の名称

バイオマテリアル界面科学—生物と無生物との界面—

④ 学術研究構想の概要

医療機器、人工臓器、人工器官などを構成する固体材料(ハードマテリアル)及び生体機能ゲルや DDS キャリアを構成する超分子などのソフトマテリアルの生体適合性と生体機能性(組織形成能、抗菌性、抗血栓性など)は、材料表面と生物相間の界面反応の結果として発現する。すなわち、バイオマテリアルの性能を支配する生体適合性や生体機能性は、材料表面と生体組織との物理化学・生化学反応によって支配される。その機構解明は連続的に機能する生体機能界面の創製につながるが、これまで、分子レベルから細胞・組織レベルまでを包含した界面反応を統一的・体系的に理解し、その制御指針を構築しようとする学術研究は存在しなかった。本学術研究構想では、界面反応データの収集と蓄積により界面現象にアプローチする「バイオマテリアル DX」、材料相と生物相との界面現象を nm から mm のレベルの空間的階層性を持って、また ms から年の時間的階層性を持って解明する「材料—生体反応科学」、これらと平行して生体適合表面・生体機能表面をデザインする「表面創出科学」(分子科学表面機能創出及び固体表面機能創出)を実施する(図 2)。

⑤ 学術的な意義

本学術研究構想では、界面反応の解明を第一義とし、金属・無機・有機材料及び分子の表面と体液・軟組織・硬組織との界面を対象として、これらの材料と生体組織との反応を横断的に捉え直し、非生物相である固体と生物相との界面で起こる現象を科学する新学術を提案するものである。

固体表面での水分子の吸着から生体組織形成までの反応を、感染・炎症などの生体反応を包含して明らかにするためには、界面で起こるシグナル伝達を含む生物学的現象解明が必要である。現象解明には、表面科学、材料科学、分子生物学、細胞生物学、細菌学、免疫学が、一方、問題解決には、生体材料学、生体医工学、医学、歯学の知識が必要であり、これらの研究者の共同研究により、多分野にまたがる新たな研究領域を創成し既存分野を凌駕する新分野まで展開することができる。

本構想の遂行により、感染・炎症までを包含する界面現象の解明とその理論の一般化、生体材料における生体適合性の新たな概念及び定義の構築、これによって可能となる生体機能表面の創出が期待できる。この実現は、非生物相である固体材料と生物相との共存に関わる広範囲に及ぶ学理全体の発展を促すものとなる。

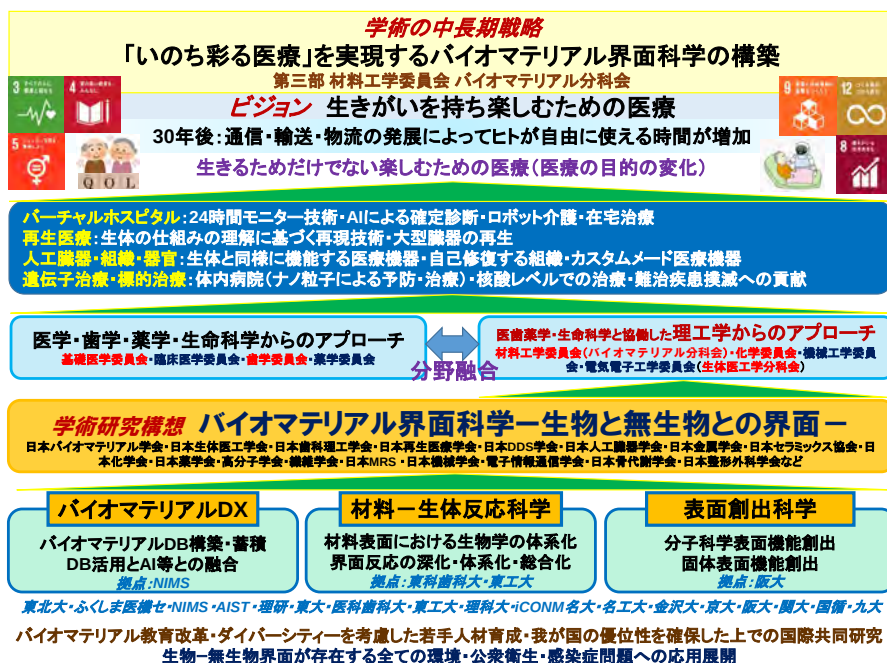


図 1 本学術振興構想のビジョン・背景・実施項目の概要

また、本研究の推進過程及び完成後には、広義の非生物－生物共存の科学への貢献、表面科学・工学への貢献、医歯薬学の革新が期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

従来の生体材料学、人工臓器学、再生医療、医学、歯学の分野においては、本構想の視点は、世界的に見ても完全に欠落した状態で放置され、応用研究が優先して行われてきた。つまり、世界的にみても従来の生体材料学、人工臓器学、再生医療、医学、歯学の分野において、

本研究領域の視点は完全に欠落した状態で放置され、応用研究が優先して行われてきた。

⑦ 社会的価値

財政再建や税制面からの医療費の削減と国民生活面からの健康寿命の延伸は、いずれも不可避で喫緊な課題である。新たな医療技術がもたらす物心両面での恩恵は、財政面でも健康推進面でも計り知れないものがある。本構想によって蓄積され、データベース化された知識と技術を産業界と連携して活用することで医療関連産業のさらなる振興と国際競争力の増進をもたらすものと期待される。

⑧ 実施計画等について

【実施計画】第1期：準備・整備期（令和9～10年度） 中核および連携拠点の研究設備の整備、研究ネットワークの整備、共用設備の整備と全国共同利用への展開。

第2期：研究加速期（令和11～14年度） 研究ネットワーク、共用設備を活用した研究の進捗。

第3期：学術理論構築期（令和15～18年度） 各研究を統合し、AIによるマテリアルの生体機能発現に関する一般的理論、普遍的原理、これを制御する汎用的技術の構築。分子から細胞、組織までの高度な階層系を人工系として取り込む新しい科学の創出。

【実施機関】全体拠点機関：物質・材料研究機構（NIMS）、連携拠点機関：東京科学大、産業技術総合研究所（産総研）、東北大、東大、阪大、名工大、名大、京大、九大、理科大、理研、ナノ医療イノベーションセンターなど

【所要経費】総額 78 億円（780 百万円）

⑨ 連絡先

塙 隆夫（東京科学大学・大阪大学大学院工学研究科・神戸大学大学院医学研究科）



図2 本学術振興構想の実施項目とその効果

健康・幸福寿命の延伸に資するスマート歯科医学・歯科医療の実現

① ビジョンの概要

近年、生命としての寿命だけでなく、「健康寿命」、さらには心の豊かさと喜びに満ちた「幸福寿命」の延伸が訴求されており、その実現には口腔保健の維持増進は必須である。そこで、Society5.0 および Industry4.0 (第4次産業革命)を基盤とし、さらなる展開も見据えた超未来型の歯科医学と歯科医療を実現し、高度なパーソナル歯科医療、予測歯科医療および先制歯科医療の確立を目指す学術振興構想を考案した。

② ビジョンの内容

我が国は、良質な医療の普及と高度化により、世界トップレベルの「平均寿命」を堅持している。一方、少子化の進行と未曾有の超高齢社会を迎えている。社会が成熟期にある我が国では、身体の寿命だけを念頭に置いた「平均寿命」のみならず、生涯健康に過ごす「健康寿命」の延伸が求められている。さらに日々の生活が充実感に富み、喜びに満ちた「幸福寿命」の重要性に国民が注目している。「幸福寿命」を伸ばすため、人としての営みを支える「より良く食べる、話す、暮らす」の充実が必須であり、口腔の健康はその実現に不可欠である。歯学においても従来型の歯科医療から予防歯科医療、予測歯科医療への変貌が求められている。また糖尿病、心疾患、脳疾患等の発症や病態進行にも、口腔健康状態の関与が明らかになり、口腔から全身を把握、理解することの重要性に焦点をあてた、「口腔からの先制医療」の社会実装が切望されている。その方略としての高度なパーソナル歯科医療や予測歯科医療と先制歯科医療を結実するためには、これらを支える超未来型の歯科医学の確立と充実が必要である。国民と社会が期待する「健康寿命」と「幸福寿命」の延伸を目指した、高度なパーソナル歯科医療、予測歯科医療と先制歯科医療の展開は、超スマート社会にも合致し、情報科学の活用無くしては成立し得ない。さらにCOVID-19によるパンデミックを経験し、細菌やウイルスなどの病原体の主要侵入・増殖部位である口腔で種々の感染症を抑止する重要性が判明した。以上を鑑みて、本学術振興構想では、生命科学、医学、薬学およびマテリアル工学に根ざした歯科医学および歯科医療に、バイオインフォマティクス(BI)、AI、ビッグデータ、ICT、IoTといった学術や技術を融合させた Digital Transformation (DX)を導入し、Society5.0 および Industry4.0を核とした歯科医学を推進し、パーソナル歯科医療、予測歯科医療および先制歯科医療の実現を追求する。さらに「幸福寿命」の実現のために Well-being の観点から歯学を俯瞰する。そこで、歯科医学・歯科医療と人文社会学と連携し、Dental Digital Well-being in Dentistryを踏まえた学術構想を展開し、「健康寿命」と「幸福寿命」の実現をビジョンとする。

③ 学術研究構想の名称 健康・幸福寿命の延伸に資するスマート歯科医学・歯科医療の実現

④ 学術研究構想の概要

1. 歯科医学研究と BI および AI をはじめとする情報科学との融合を加速化させ、世界的にも稀有な発展型の Society5.0 および Industry4.0 を基盤とした次世代型パーソナル歯科医療を実現する。
2. AI やパーソナルゲノム情報を基盤にして、口腔領域の未病に対する医療と予測歯科医療の確立を目指す。
3. 歯周組織、歯および顎口腔領域の歯科再生医療の推進を加速し、生涯にわたり、歯科における2大疾患である、う蝕・歯周病により「口が支える QoL」が脅かされることが無い、超未来型歯科医療を構築する。
4. トランスオミクスと医療情報を活用し、「健康寿命」と「幸福寿命」の延伸する先制歯科医療を実現する。
5. 歯科マテリアル学、デジタル技術、AI 技術、BI と生命科学を融合させ、バイオマテリアルを開発する。
6. 細菌やウイルスの経口感染の防止、口腔細菌叢と種々の疾患に関連する研究および SARS-CoV-2 ウイルスの感染の標的、唾液腺を基盤に、口腔から感染の抑止し、将来のパンデミックに備える。
7. IT、ICT、IoT、ロボット工学の歯科医療への導入を促進し、歯科医療における DX を世界に先駆けて開花させる。サイバー上で口腔疾患を多角的に検討するための歯科デジタルツインを創生する。
8. 人文・社会科学分野との連携・共創により、口腔機能と心の豊かさの調和を希求する歯科医療を確立し、Well-being の観点から高齢者や障がい者が、幸せに「食べる・味わう」を支える歯科医療を推進する。

⑤ 学術的な意義

【背景】歯科医学に留まらず、生命科学分野において、BI や AI を活用した研究が推進されており、歯科医療においてもビッグデータ、ICT、IoT、ロボット工学の必要性が高まっている。また医療全般に関する知識、技術および環境が飛躍的に高度化し、超長寿国である我が国で、「健康寿命」のみならず、「幸福寿命」の延伸

が求められ、Well-being を念頭に置いた歯科医学と歯科医療の推進が不可欠である。

【学術的重要性】基礎、臨床および橋渡し歯科医学研究において、BI や AI を連携し、融合させた研究を展開することにより、真に歯科医学と情報科学が融合、共創した、別次元の歯科医学が創生される。特に、BI によるトランスオミクス情報の解析が進む中、生命現象や口腔の疾患の病態についての統合的な理解が格段に進むと期待される。またマテリアル研究領域に AI や BI を融合させた、マテリアルインフォマティクスへと変貌させる。そして歯科医学と情報科学の融合により、超未来型歯科医学研究にパラダイムシフトする。

【期待されるブレークスルーと研究成果と波及効果】

1. 情報科学とビッグデータを活用した融合研究を展開し、従来では解析あるいは解明できなかった異次元の研究成果を挙げ、歯科医学領域が飛躍的に進展し、22 世紀に向けた歯学の発展が期待される。
2. AI、ICT、IoT を取り入れた歯科医療の DX 化が確立され、医療格差の解消、高度なパーソナル歯科医療、予測歯科医療と先制歯科医療の確立、ひいては国民の「幸福寿命」、「健康寿命」の延伸に大きく寄与できる。
3. これまで立ち遅れていた文理融合を真の意味で実現し、Well-being を基盤とした歯科医療の発展が実現し、それを支持する歯科医学の新領域を開拓できる。
4. 本構想は、他の医学、薬学、生命科学分野の研究に対してもロールモデルとなり、波及効果をもたらす。
5. 歯学分野における再生医療および創薬において革新的発展が期待でき、医療機器への依存度を低減した歯科医療 5.0 へと変貌することができる。
6. 我が国の保険診療の悉皆データは世界最大級のヘルスケアデータバンクであり、生活習慣病と口腔疾患の連関を解明する基盤として活用できる。これら情報は年々蓄積し、AI によって解析されるため、新たな知見、情報、価値が持続的に生みだされ、サステイナブルに発展できる。
7. 歯や口腔の様々な歯の先天性疾患について、その遺伝子変異を同定するパネル診断を早期に実現することが可能となり、口腔疾患を統合的に理解し、将来における新規の治療・予防手段の確立に寄与する。
8. 口腔機能を評価するセンシングデバイスを医療情報プラットフォームと連結し、口腔の疾患の状態や口腔のヘルスケアを評価するための情報収集および解析のための新たなツールの開発が期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

我が国においては、歯周病研究、骨生物学研究、顎顔面口腔発生学研究、感染症研究、さらには口腔と全身との関わりに関する研究を中心として、より広域な生命科学等との横断的研究が歯学から発信されている。本構想で進める研究構想と研究拠点形成は、未来の歯学研究・歯科医療のあるべき姿を実現し、超未来型歯学研究の国際拠点が我が国に構築し、本構想は、我が国の歯学領域が世界の学術を牽引する。

⑦ 社会的価値

人間生活の根幹である「より良く、食べる、生きる、暮らす」を充実させ、「すべての人に健康と福祉を」、「質の高い教育をみんなに」、「働きがいも経済成長も」、「産業と技術革新の基盤をつくろう」に貢献できる。

⑧ 実施計画等について

1. 始動時期：R6～R9 年度：拠点中心機関を中心に、活動テーマである 8 つの実施体制整備を開始した。
2. 本格活動開始時期：R10～R11 年度：8 つの活動テーマを本格実施する。
3. 推進・発展的活動時期：R12～R16 年度：本格実施した 8 つの活動テーマの連携を進め、拠点としてのシナジー効果を目指す。また、8 つの活動テーマの成果を人文・社会系分野を含めた視点から評価検討する。

【実施機関と実施体制】実施の中心となる機関は、大阪大学が担い、拠点の研究活動、教育活動、社会貢献等に関する方針を参画研究機関と協働して推進する。当初の拠点への参画研究機関は、大阪大学、北海道大学、東北大学、新潟大学、東京医科歯科大学、東京歯科大学、昭和大学、鶴見大学、奈良県立医科大学、徳島大学、岡山大学、広島大学、九州大学とするが、状況により、他の研究機関の参画も可能としている。

【ダイバーシティとの関連】歯学研究において、情報科学系、すなわち Dry 解析研究ならびに人文・社会系を活用させる研究は、この課題を物理的に改善することに非常に有効である。したがって、これらの融合分野からアプローチする歯学研究を推進することで、女性研究者の育成および登用が促進される。

総予算額：6 億円 x 10 年、合計 60 億円

設備費 6 億円、実験試薬 20 億円、受託研究費 12 億円、人件費 20 億円、旅費 1 億円、その他 1 億円

⑨ 連絡先 西村 理行（大阪大学大学院歯学研究科）

グライコームを起点とする生命科学ビッグバン

① ビジョンの概要

ゲノム、タンパク質と糖鎖は我々を形作る“3大生命鎖”であり、糖鎖研究は、我が国が国際的な優位性を有する数少ない研究分野の一つである。生命科学の20-30年後の将来像を描く時、(1)糖鎖情報を含む生命科学の基盤整備拡張と(2)その社会還元が喫緊の課題であり、日本が積極的に先導して、その長期ビジョンの達成を実現する。

② ビジョンの内容

ゲノム、タンパク質と糖鎖は我々を形作る“3大生命鎖”である。糖鎖は全ての細胞を覆い、あらゆる細胞間相互作用に貢献しているものの、極めて多様な構造の解析に専門性と技術を要するため、糖鎖を巻き込んだ包括的な生命科学研究はこれまで進まなかった。この課題を打破するためにロードマップ2020「ヒューマングライコームプロジェクト(HGA)」が生命科学系諸学会の支持の下、現在オールジャパン体制で開始され、2023年に大規模学術フロンティア促進事業として順調に進行中である。HGAは、ヒト糖鎖関連情報をTOHSAというナレッジベースに集積し、各種データベースとの統合により、神経、がん、感染症など様々な分野の研究者による融合研究の常態化を目指している。

デジタルトランスフォーメーションの時代を迎えた生命科学の20-30年後の未来予想図を考えると、今後注力すべき課題が二つ見えてくる。一つは生命科学の基盤整備拡張である。正しい生命像を描くためにはヒトのみならず生物全体(動物、植物、菌類、原生生物、細菌・古細菌)の糖鎖解析(全グライコーム解析)と3大生命鎖情報統合が必須となるが、不明な点が山積している。“全グライコーム解析とその生合成機構の解明”は、将来的に合成化学やAIによる糖鎖を含む新規有用物質の創成の基礎ともなる。即ち、整備拡張された生命科学の基盤は、基礎科学への貢献に留まらず、産学連携を通じて新規物質創成技術を開発し、広範な学術分野に革命をもたらし、生命鎖が紡ぐ命の統合理解に結びつくことが期待される。そして二つ目は、学術成果の社会還元である。HGAが集積する膨大なヒト糖鎖関連情報を全グライコームに展開し、長期的ビジョンに立ってバイオ情報の統合を進め、より広範な視野での地球規模の社会貢献を見据えることができる。例えば、ヒト疾患に関わる病原菌の糖鎖構造の解明は、それらに対抗する画期的なワクチン開発に寄与できるであろうし、地上最大のバイオマス資源である植物細胞壁の構造と代謝を理解すれば、それらを資源としたエネルギー源の開発に資することができる。一方で、これらの社会還元に関しては、研究者の自助努力のみでは不可能であり、成果を国民にいち早く還元するための産学連携展開を見据えた支援体制構築が必須である。上記二つの課題解決はいわば「グライコームを起点とする生命科学ビッグバン」を導くのであり、世界で共通な喫緊の課題であるが、我が国はそれを主導できる。

③ 学術研究構想の名称

グライコームを起点とする生命科学ビッグバン

④ 学術研究構想の概要

次世代ゲノム解析を始めとする長足の技術革新を生み出してきた現代の生命科学においても、未だにゲノム解析だけでは理解できない事象が存在する。その代表的なものの一つは生物の糖鎖の全体像を表すグライコームである。これまで生物の糖鎖多様性は我々の想像を絶するものがあることが明らかになってきており、殆どの場合、情報学は、これらの新規糖鎖修飾の分子機構の解明には無力である。本学術構想は、学際的なチームを形成し、ユニークかつ体系だったアプローチによってこの全生物のグライコームという巨大なknowledge gapに立ち向かうものであり、その成果は単に基礎科学への貢献に留まらず、医療応用やエネルギー資源を始めとした実用化、社会還元に資するものとなる。HGAが糖鎖ナレッジベースTOHSAを世界に向けて公開することで、10-20年後には我が国が先導するこのムーブメントを着実に発展させ、国民の健康を国民



図1 グライコームを起点とする生命科学ビッグバンの概要図

のデータで守るために、コホート研究を拡大し、自動糖鎖解析装置の開発を加速する。ヒトだけでなく多くのモデル生物の糖鎖関連情報も TOHSA に収めることで、TOHSA ナレッジベースの飛躍的拡大を図る。この基盤形成は糖鎖創薬、糖鎖診断などに繋がり、さらに産業化（医療、健康、新素材産業）において我が国が他を圧倒する道を拓く。

⑤ 学術的な意義

日本の糖鎖科学は、これまでヒトの全糖鎖遺伝子の 60%以上の解明に関与しており、“最初の一步”を踏み出す能力に長けている。この最初の一步の重要性は、その大部分が不明であるといっても過言ではないグライコーム研究においては論を俟たないものの、長期的なビジョンなしでは、このような“すぐに役に立つ”類の研究とは一線を画するプロジェクトを推進することができない。

本研究の遂行にあたっては、まずは生物全体をカバーするモデル生物の専門家の参画が不可欠である。その上で、糖鎖解析の専門家はもちろん、タンパク質発現、情報科学といった多様な分野のスペシャリストがそれぞれの強みを発揮して初めて強力に推進できるものである。それらの体系だった研究によって得られる知識の生物学的重要性は俄には判明しないであろうが、量子コンピューターを導入しないと解釈しきれないだろう未開拓領域（未知のグライコーム）の大きさを考えると、間違いなく我々の根本的な糖鎖合成の理解は格段に深まることが期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

わが国では、糖鎖合成・分解酵素の探索や応用、糖鎖関連遺伝子の同定（日本がその 6 割を同定）及び機能解析において、他の追従を許さない圧倒的な糖鎖研究基盤を築いた。それが大きな起爆剤となり 2000 年頃を境として、世界の糖鎖研究が糖鎖構造の網羅解析とそれにより得られるデータを用いた糖鎖機能の解明へと急速にシフトしており、米加で糖鎖研究者の共同体が組織された他、欧米の主要大学でグライコミックスの研究が設立されるなど注視すべき進展があった。2022 年度に日本では糖鎖分野では初めて糖鎖生命科学連携ネットワーク型共同利用・共同研究拠点(JGN)が認定され、HGA と一体的に糖鎖研究を推進している。このような大規模かつ網羅的な研究計画は世界初の試みであり、ヒトから全生物に広げたその発展的な試みが本構想である。

⑦ 社会的価値

糖鎖は、生命を正しく理解するための最後のピースであり、本構想によって新しい生命像を世界に先んじて獲得することは、国民の健康と命を守ることに直結する。そこには莫大な経済効果を生む医療、健康産業の発展が追随する。本計画は SDGs のうち「3」を筆頭に「1」「2」「4」「9」「10」などのゴールに貢献できる。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：本構想では、生物全体の網羅的糖鎖関連情報の解読を目指している。この計画の実現には、まず HGA で開発途上の自動糖鎖解析装置の完成と活用が必須である。また、モデル生物を扱う数多くの研究機関と連携して加速的に情報を蓄積することが必要である。さらに、ヒト以外の生物には未知（未同定/難同定）糖鎖構造の存在が想定されるため、参照する糖鎖構造を化学合成する必要がある。そのために、自動糖鎖合成装置の開発を計画している。その開発によりヒトに存在しない未知糖鎖の革新的な医療および健康分野、エネルギー、材料科学への応用など数多くの社会還元が予想される。

実施機関と実施体制：本研究を行うための卓越した新しい知の持続的創出を可能にするために最適化された機関間ネットワーク体制の構築が重要であり、東海国立大学機構の名古屋大学・岐阜大学糖鎖生命コア研究所(iGCORE)が実施主体となり、自然科学研究機構(NINS)と創価大学(GaLSIC)が連携し HGA の運用が始まっている。この 3 研究所連携体制を基盤に、複数の国内外の機関と連携をとる。

総経費：1100 億 本経費は研究設備、革新的技術開発を伴う量子コンピュータなどの活用などを含めた最先端設備のほか(600 億)、プロジェクトの革新を成す生命科学データ基盤を構築するための運営費(250 億)、異分野融合や新規の生命学術研究を先導するための経費(250 億)で構成される。

⑨ 連絡先

門松 健治(東海国立大学機構 糖鎖生命コア研究所)

健康寿命延伸・QOL 向上のための ICT 人工臓器研究開発の進展

① ビジョンの概要

次世代人工臓器機能として、抗感染性・生体親和性、小型化・高性能化、低エネルギー駆動およびエネルギー伝送・生成システム、自律制御・常時情報交換（ICT 化）の研究推進を図る。高機能人工臓器の実現により、疾患重症化やフレイルの予防機能を加え、健康寿命延伸と QOL 向上を図る。体内植込型人工臓器や接触・非接触センサーを用いて、生体情報の Real time ビッグデータベースを構築し、ヘルスケアに活用する。

② ビジョンの内容

次世代人工臓器の課題は、すべての人工臓器が一時的補助ではなく永久使用対応となることであり、下記のような技術の進化が必要である。1) 抗感染性および生体組織との親和性：人工臓器表面に生体親和性を付与し生体とシームレスに結合することで生体組織と同等の抗感染性を実現する。2) 小型化・高性能化：生体にとって異物であり小型であることが望ましい。各臓器の必要機能を極小な体積で実現する技術が必要である。3) 低エネルギー駆動およびエネルギー伝送・生成システム：埋植型人工臓器の駆動エネルギーについて、外部供給に代わる方法が必要である。また生体臓器と同レベルでのエネルギー駆動を可能にする技術も必要である。4) 自律制御・常時情報交換（ICT 化）：埋植後の人工臓器が自律制御でき、作動状況を常時観察できることが望ましい。究極的には生体側の神経と接合して生体臓器と同等の制御の達成を目指す。

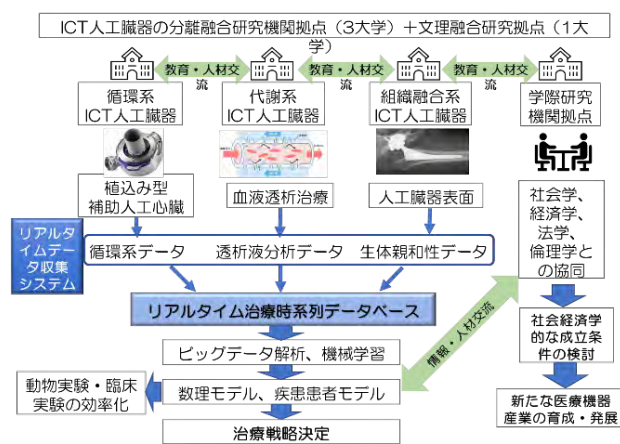


図1 学術研究構想の概要

こういった高機能人工臓器を実現することにより、より軽症状態で装着し、機能代替を行うと共に患者バイタルサイン、治療データの収集、評価を行い、予防効果をもたらす ICT 人工臓器が重要な開発目標となる。このために、体内植込型人工臓器や接触・非接触センサーを用いて、生体情報を集積し、正確で欠損のない Real time ビッグデータベースを構築する。そして、新しい人工知能を用いて、人工臓器をベースとした新しい疾患治療体系を確立する。これらをヘルスケアに用いることにより、患者の状態を real time で定量化、視覚化し、病気の進展を予測するとともに、未病へのアプローチにつなげることが可能となる。また、様々な生体情報を集め、そのデータをもとに各患者のアバターを仮想空間で構築する。これらに対するヒト病態模擬試験機器を開発し、研究の迅速化と効率化、有効性と安全性評価の高度化を図り、30 年後にはアイデアから実用化まで 5-10 年で達成できるような社会を実現する学術知の創出を目指す。さらに、医療機器によって新価値を創出し社会変革を起こすための文理融合のレギュラトリサイエンスの学術振興も図る。

③ 学術研究構想の名称

健康寿命延伸・QOL 向上のための ICT 人工臓器研究開発の進展

④ 学術研究構想の概要

医療経費を押さえつつ健康寿命延伸・QOL 向上を図り社会を活性化するためには、予防に重点を置き、医療のアウトカムの最大化と効率化を図る必要がある。より軽症状態で装着し、機能代替を行うと共に患者バイタルサイン、治療データの収集、評価を行い、予防効果をもたらす ICT 人工臓器の実現を目指す。ICT 人工臓器から収集されるビッグデータの処理、利用技術の開発、社会経済学的な成立条件の検討、個人データの保護、活用などレギュラトリサイエンスや法学、経営学、社会学、倫理学等の幅広い文系分野との協同を行うことで新しい医療機器産業の発展を目指す。

医療機器の研究開発は、基礎、応用研究、臨床応用まで、長期間を要するため、この間の研究開発を資金的、知識的にサポートする研究プラットフォーム(PF)を形成し、若手研究者がイノベーションを起こせる研究環境を創造する。今までの人工臓器研究で培った医学・工学の学際的国内ネットワークに文系研究拠点を加え、特徴ある人工臓器研究応用拠点をオンラインで繋いだバーチャル教育・研究 PF を形成し、若手医学者、工学者、看護師、臨床工学士、社会学者らを対象として本 PF で新しい知識を実践的に多職種連携のもとで修得できる超大学院レベルの人工臓器スペシャリスト育成システムを文理融合の形で創り上げる。

⑤ 学術的な意義

患者医療データのリアルタイムでの計測、解析、治療への応用は緒についたばかりであり、複雑な生体機能の模擬、予測にはさらなるイノベーションが必要である。例えば、補助人工心臓では、装着患者の血行動態やホルモン情報をリアルタイムで収集することで、患者の循環維持能のきめ細かい把握、軽症心不全から重症化に至る循環系情報収集が行え、重症化防止のための治療戦略を検討するビッグデータ構築が可能となる。また、人工腎臓・アフェレシスなどの代謝系人工臓器を用いた治療では、後半に血圧の低下、脚の攣りなどの予測不能なイベントが生じるが、本研究によりこれらも予測可能となる。血圧の変化は多因子性であるが、血液透析で常時廃棄されている使用後透析液から非侵襲的に得られる生体情報も合わせて利用することで、予測精度を向上させることが可能なる。

革新的治療機器である人工臓器を実用化して人・社会にイノベーションをもたらすためには、in vitro 試験と動物試験を含む非臨床試験、治験を含む臨床試験のデータを総合して有効性と安全性を示す必要がある。従来法では有効性およびリスクの評価に長い年月が必要で、実用化へ至るまでにおよそ 20 年を要する。ICT 化人工臓器を革新的治療機器の有効性と安全性評価にも活用し、新治療機器の研究開発迅速化と評価の高度化を図る。医療新技術の応用は倫理、経済、社会の観点からも大きな影響を与える。そこで、医療機器によって新価値を創出し社会変革を起こすための文理融合学術領域の創出も図る。ICT 人工臓器から収集されるビッグデータの処理、利用技術の開発、社会経済学的な成立条件の検討、個人データの保護、活用、社会の変化による医療供給システムの変化について、レギュラトリサイエンスや法学、経営学、社会学、倫理学等の幅広い文系分野との協働を行うことで新しい社会知の醸成を行う。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

ヘルスケア分野で心拍数、血圧などのリアルタイム収集が行われ始めているが、疾患治療のための大規模なデータ収集に関しては国内外において実施されていない。代謝系人工臓器による間歇的治療中のデータに関しては、治療後の患者状態を推定する試みが始まっているが、大規模データ収集には至っていない。また、植込型補助人工心臓でも、リアルタイム生体循環系データの収集には至っていない。軽症時に用いられる治療用人工臓器を ICT 化して患者データ収集ツールとしての機能も付加することは世界でも未だに試みられていないが、患者ビッグデータのデータベース化に有効な手段と考える。本研究により、QOL 向上、健康寿命延伸を図れると共に、先進的な医療機器開発環境整備が行え、日本が世界の医療機器開発をリードできる。

⑦ 社会的価値

国民の健康寿命延伸・QOL 向上を目指した本試みは、高齢化社会である我が国の生産性、経済的機能の維持に資する試みであり、国民全体のウェルビーイングの向上を目指すもので SDGs への貢献も多大である。国民が最も関心を寄せている健康寿命延伸に直接関わる取り組みであると共に、未知なる生体機能を対象とした研究であるため高い知的価値を有している。ほとんどの治療機器を輸入に頼っている我が国の状況からは、国産治療機器の技術蓄積、実現は経済安全保障問題の上からも重要な意味を持つ。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール 令和 6-7 年度(第 1 期);研究基幹拠点にて 10 年間の研究計画、人材育成教育プログラムを立案し、環境整備を行う。令和 8-11 年度(第 2 期);研究基幹拠点と学際領域人材育成拠点のバーチャル研究環境連携を確立。各拠点に人材育成用研究科を整備し、人材育成教育プログラムを開始。漸次、人工臓器研究を開始。令和 12-15 年度(第 3 期);ICT 人工臓器実証実験を開始。研究の進展にともない、企業と連携して ICT 人工臓器の実用化を目指す。

実施機関と実施体制 研究基幹拠点として、東京大学、大阪大学、東北大学、九州大が、文理融合研究に特化した学際研究基幹拠点には東京科学大学、早稲田大学、東京女子医科大学等が候補となる。学際領域人材育成拠点として候補大学の医学部、看護学部、臨床工学部、工学部、人文社会学部からの人材の参画を図る。

総経費 261 億円、10 年間の研究費:基幹拠点 10 億円 x 4=40 億円、人材育成拠点 5 億円 x 12 拠点=60 億円
令和 9 年度:拠点設備整備費 計 20 億円、運営費 計 1.1 億円、人件費 計 13 億円、研究費 計 10 億円

令和 9 年度~15 年度:運営費 1.1 億円/年、人件費 13 億円/年、研究費 10 億円/年 計 24.1 億円/年

⑨ 連絡先

松宮 護郎(千葉大学大学院医学系研究院心臓血管外科学)

霊長類生物医科学研究拠点

① ビジョンの概要

日本は研究用サル類の大半を輸入に頼ってきた。しかし現在、必要なサル類の入手が困難となり、創薬研究や基礎研究が滞っている。老化・精神神経疾患・感染症等のサルを用いなければ実施困難な研究に必要な研究用サル類を自国生産できる体制を構築し、産学の隔てなく世界基準の環境で研究を実施できる拠点を設立し、日本国民の健康や安心・安全を守る。

② ビジョンの内容

大きな社会問題となっている老化のメカニズムと理解と対策、精神神経疾患や発達障害の病態解明や治療法の開発、さらには新たな感染症への対策には、ヒトと神経系や免疫系が近いサルを用いた研究が不可欠である。日本では、基礎研究に用いる一部のサルを除き、年間 4000 頭程度の研究用サル類を輸入に頼ってきた。しかし、新型コロナウイルス感染症の拡大を契機に、世界的に研究用サル類が不足する事態となった。こうした事態を受けて、米国や韓国等では、今後のパンデミックに対応できるように研究用サル類を自国生産する計画をスタートさせた。中国では、研究用サル類を戦略物資と位置付け、輸出を止めるとともに、他国から多くのサル類を購入している。日本では、アカゲザルの流通がほぼなくなった。創薬研究に主に用いられてきたカニクイザルも、価格が 5 倍以上に高騰し、且つ入手が困難になった。日本において研究に必須のサル類を自国で飼育繁殖し、安定した供給システムを構築することが喫緊の課題である。さもないと、今後日本から新たな治療薬やワクチンや治療法が開発されなくなるだけでなく、新たな知の創造にも大きな問題が生じることになる。日本で主に研究に用いられてきたアカゲザル・ニホンザル・カニクイザルに加え、近年生命科学研究で盛んに用いられるようになってきたコモンマーモセットを安定生産し、各種に応じた環境で飼養保管できる施設が必要である。特に、認知機能が高度に発達しているアカゲザルとニホンザルを中心とした安定生産が、他国との差別化も考えると重要である。



図1 研究用サル類

③ 学術研究構想の名称

霊長類生物医科学研究拠点

④ 学術研究構想の概要

コアとなるのは繁殖飼育施設と研究施設である。いずれも世界基準を満たすものとする。

繁殖飼育施設：アカゲザル・ニホンザル・カニクイザル・マーモセットを繁殖飼育する。それぞれに適した施設設計があり、ニホンザルおよびアカゲザルは京都大学の実績を参考に建設する。繁殖飼育施設には、健康管理に必要な検査や治療の施設等も含む。

研究施設：実験スペース、飼育スペース、操作スペース、大型機器スペース、オフィスからなる。

⑤ 学術的な意義

国民の健康や安全のために不可欠な、感染症研究・精神神経疾患研究・老化研究、ワクチン開発や創薬研究を維持することができる。以下のような波及効果が期待できる。



図2 霊長類医科学研究拠点の概要

1) サル類を集約的に研究利用することで、世界をリードする最先端の多くの研究成果の発信が可能。ヒト

に近い脳神経系や免疫系を有するサル類を用いた基礎研究を総合的に推進することで、精神神経疾患や発達障害・感染症・免疫疾患・老化などの解明につながる。

2) 多分野の研究者が集うことで、新たな学際的研究や挑戦的な研究が提案でき、分野融合のみならず、新たな学問分野の提案も期待できる。

3) 自然発症型に近い遺伝子改変疾患モデルを作出することにより、治療法の開発や創薬に大きく貢献。

4) 国際基準を満たす繁殖飼育施設と研究施設を整備することで、欧米等の研究予算獲得が可能となり国際共同研究が加速度的に推進できる。海外からの委託研究も受けることが可能。

5) サル類を用いた研究のノウハウを含めた技術や知識の継承が可能。

6) オールジャパンで、サル類を用いた研究の必要性・重要性を理解してもらう啓蒙活動の実施が可能。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

現在、世界的に研究用のサル類が不足している状況である。米国では、新たに研究用サル類を自国生産できる計画を推進している。EU 諸国でも独国や蘭国の大規模な霊長類研究センターを中心として、研究やリソースの安定化を図っている。また、韓国やタイでも国の支援によるサル類の繁殖計画を推進している。日本が生命科学分野で後進国にならないためにも、本提案の構想が重要である。

⑦ 社会的価値

国民の健康や安全を守ることが国としてもっとも重要である。新興感染症のパンデミックへの対策、神経変性疾患・精神疾患・発達障害の病態解明や治療法の開発に必要な研究用サル類を、自国で繁殖飼育し、輸入に頼らないシステムを構築することで、日本の医療を最先端の状態に保ち、諸外国に頼らない医療システムを構築する。また、脳機能を中心とした老化の理解が進むことで、予防法の開発等に結びつき、健康寿命の延長にもつながると考えられる。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>初年度：運営委員会を組織。土地を確保し、アカゲザルおよびニホンザルの繁殖飼育施設と研究施設の設計。2年度：繁殖飼育施設および研究施設の建築。飼育設備の導入。母群サルを導入し、繁殖飼育を開始。4年度に開始する研究の公募。研究設備の選定・導入。3年度：国際認証（AAALACの認証）の申請。繁殖飼育施設の増築。飼育設備の導入。5年度に開始する研究の公募。4年度：研究の開始。研究施設の増築。研究設備の導入。カニクイザルおよびマーモセット用の繁殖飼育施設の建築。母群個体の調達。6年度に開始する研究の公募。5年度：研究の拡大。個体の提供を開始する。カニクイザルとマーモセットの繁殖飼育を開始。7年度に開始する研究の公募。6年度～10年度：アカゲザル・ニホンザル・カニクイザル・マーモセットにおける繁殖体制の強化。国際共同研究の強化。産学連携の強化。

これまでナショナルバイオリソースプロジェクト「ニホンザル」を推進してきた京都大学（ヒト行動進化研究センター）と自然科学研究機構生理学研究所の経験や知識を活用する。運営委員は、関連省庁の研究機関・関連学会・日本製薬工業協会等などから選出し、オールジャパンの体制を構築する。

<総経費>300 億円

飼育施設 90 億円（アカゲザル 30 億円、ニホンザル 20 億円、カニクイザル 20 億円、コモンマーモセット 20 億円）、飼育設備 10 億円、研究施設 120 億円、研究設備 30 億円

10 年間の運営費・研究費（繁殖用サルの購入費含む）50 億円

⑨ 連絡先

中村 克樹（京都大学ヒト行動進化研究センター）

デジタルツインによる創薬と医療のパラダイムシフト

① ビジョンの概要

患者個人のゲノム情報などを含むマルチオミクス情報と細胞から個体に至る分子レベルの構造・機能情報をコンピューター上に再現し、超精密デジタルツインを構築する。デジタルツインは疾患のビッグデータとともに人工知能（AI）開発に活用されるとともに疾患原因や治療標的の決定さらには創薬およびデジタル臨床試験に活用される。デジタルツインと AI 技術の融合により超精密医療が実現し医療世界にパラダイムシフトをもたらす。

② ビジョンの内容

30 年後の世界では、ゲノム情報やプロテオミクス、メタボロミクス情報が一人の患者について 1 細胞レベルで高感度・高速に網羅的解析され、低コストかつ短時間で得られるようになる。その結果、膨大な患者情報が蓄積される。さらに、クライオ電子顕微鏡単粒子解析、X 線／中性子結晶構造解析、細胞内 NMR といった構造解析技術が共創的に活用され、細胞から個体に至る精緻でダイナミックな構造や機能が解明される。

こうして得られた情報はコンピューター上に集積され、細胞、組織、臓器、個体へと階層的に統合される。そこから原子・分子レベルの情報を含む超精密なデジタルツインが構築される。デジタルツインは患者ごとに生成され、その数は超巨大化し、超精密人工知能（AI）の開発にも活用される。個人固有のデジタルツインと AI を組み合わせることで、食品、環境因子、医薬品などが生体に及ぼす影響を予測・再現できる。さらに、加齢に伴う不可逆的な変化や経時的な疾患発症過程までも再現可能となり、アンチエイジングや予防医療への応用が進展する。

デジタルツインと AI は、疾患原因の特定、治療方針や標的分子の決定を可能にする。創薬 AI はバイオ医薬や低分子医薬など多様な医薬モダリティーを設計し、個人のデジタルツインを用いた臨床試験で薬効や副作用を検証する。候補薬は構造最適化を経てデジタル医薬として決定され、AI 合成ロボットによって超高速・高純度・低コストでリアル医薬が製造される。その後、オルガノイドや臓器チップを利用したマルチオミクス情報に基づく薬効・副作用評価が行われ、最終的な候補薬が選定される。

こうして創薬された治療薬はまず一人の患者で臨床試験され、さらに他の患者のデジタルツインを通じて適応可能な患者群が特定される。これにより、従来の「多数の患者を対象とする大規模臨床試験を前提とした創薬」から、「一人の患者のために創薬し、そこから多数の患者へ展開する創薬」へとパラダイムシフトが起こる。結果として、従来は膨大な費用と期間を要した創薬が、個々の患者に即した低コストかつ短期間の創薬へと変革する（説明図 1）。

③ 学術研究構想の名称

創薬パラダイムシフトを目指したデジタルツイン創薬フォーラム

④ 学術研究構想の概要

デジタルツインを活用した創薬におけるパラダイムシフトの実現に向け、リアルワールド研究の革新とデジタルワールドへの橋渡しとして「デジタルツイン創薬フォーラム」を設置し、薬学・創薬関連分野における学際的かつ融合的な活動を推進する。

本フォーラムを通じて実験に基づくリアルな研究と計算科学や AI などのデジタル技術を両者を相互補完的に融合し、デジタルツイン創薬における革新的イノベーションを加速させる。

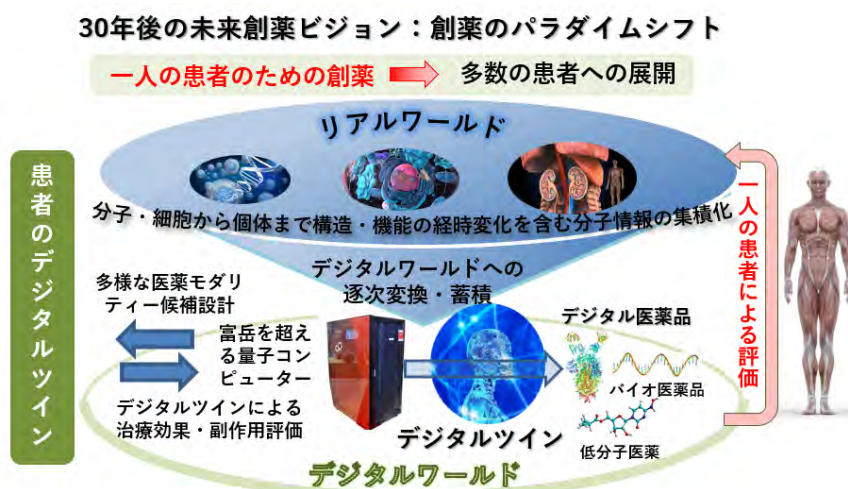


図 1 患者のデジタルツインによる創薬のパラダイムシフト

さらに、レギュラトリーサイエンスの進展と規制制度の変革のため、デジタルツインを用いた臨床試験や法的・倫理的取り扱いについての基礎研究を開始し、将来の制度設計に資する知見を提供する。

⑤ 学術的な意義

本構想では、細胞構造生物学、マルチオミクス研究、薬理学研究、化学合成研究、コンピュータサイエンスなどの学術領域を統合的に融合・進化させ、患者固有のデジタルツインの構築を促進する。これにより、創薬は一人の患者に固有のデジタルツインを用いて実施されるだけでなく、各患者が持つ固有のデジタルツインを活用した臨床試験を経て、多数の患者へと展開される。こうしたアプローチは、従来の多数を一括して対象とする創薬の枠組みから大きく転換するものであり、創薬におけるパラダイムシフトを引き起こす。

患者のデジタルツインには、分子レベルから細胞、さらには個体に至るまでの分子および構造情報が組み込まれるが、生命科学が発展している現在においても、生体現象のすべてを網羅することはできない。ビッグデータで事前学習した AI を活用し、患者のデジタルツインを解析する過程で、未知の生命現象や疾患原因の発見につながり、新たな医療技術や学術研究に発展する可能性がある。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

すでに諸外国では、ビッグデータで事前学習した AI を活用し、低分子創薬を短期間で臨床試験まで進めた例や、1 細胞 RNA シーケンスデータを活用して点変異による疾患予測や核酸医薬の開発の例など、AI を用いた創薬事例が増加している。

本デジタルツイン創薬の基本構想は、生体の経時的変化を、原子・分子レベルから細胞・組織・臓器・個体へとボトムアップ的にデジタル空間上に再構築することを目指し、デジタルツイン構築のための疾患原因の学術的解明、独自の AI 開発、高純度・超高速 AI 合成ロボット技術、さらには新たなレギュラトリーサイエンス理論の構築、などを統合的に研究することで、革新的デジタルツイン創薬の実現を目指す点が、本構想の最大の特色である。

⑦ 社会的価値

患者固有のデジタルツインを使用する一人の患者のための個別創薬においては、個人のゲノム情報やオミクス情報に基づき、個別の臨床試験が行われることになるため、患者や国民に対する啓発活動を通して、臨床試験への理解（リテラシー）が格段に進む。小規模な臨床試験での新薬開発が可能になり、長期にわたる大規模臨床試験や巨額の投資が不要となり、また、使用が特定の患者に限定される高額な医薬品の適用範囲の拡大に繋がるなど、患者負担や医療コストが低減するという社会的意義がある。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

初年度～3 年度：デジタルツイン創薬フォーラムを開設し、分子・複合体や細胞内構造といった階層毎のユニットを設ける。

4 年度～6 年度：リアル研究およびデジタル研究の進展と融合研究を開始する。

7 年度～10 年度：デジタルツイン創薬を実施する。

<実施機関と実施体制>

初期は、日本薬学会（以下、薬学会）がフォーラムの立ち上げを担い、次に独立した事務局および運営組織を創設する。薬学会を構成する 10 部会の枠を超えて新たにユニットが創設し、広く参画団体を募集しフォーラムの活動基盤とする。

<総経費>

121 億円

<所要経費>

フォーラム事務局運営経費：10 年間で 1 億円。研究費：計 6 ユニット、1 ユニット年間 2 億円、10 年間の経費 120 億円

⑨ 連絡先

石井 伊都子（日本薬学会）

高深度トランスオミクスアプローチに基づく革新的医学研究

① ビジョンの概要

生命システムと病気の理解に基づく健康の増進は人類最大の課題であるが、その理解のためには各種生体分子の複雑なネットワークの制御メカニズムを解き明かすことが必要である。複数のオミクスデータを統合し階層縦断的かつ1細胞に至る深さで生命システムを理解することを目指す学問分野「高深度トランスオミクス」を創成し、これに基づく革新的医学研究に取り組む。

② ビジョンの内容

トランスオミクスは各階層のオミクスデータを情報科学・統計数学的解析により階層縦断的に統合し分子グローバルネットワークを同定して生体システムを解析する学問領域である。トランスオミクスはセントラルドグマの多階層分子情報を一度に俯瞰できるだけでなく、生まれつきの疾患感受性(ゲノム)、環境との相互作用で蓄積する変化(エピゲノム)、表現型・症状と直結する変化(タンパク質、代謝物)を時間軸に沿って同定し理解することを可能にする。しかし、トランスオミクスは二つの大きな課題を抱えている。一つは膨大な数の生体構成分子を効率的かつ網羅的に高感度で計測する技術が未発達であること(計測技術の問題)、もう一つは計測により取得された生体成分のビッグデータの解析および情報抽出に対する数学的手法が確立されていないことである(情報処理の問題)。本学術研究構想では、各階層における最先端のオミクス解析技術をベースに生命科学家と数学者が有機的に連携することによりこの二つの問題を克服し、トランスオミクス研究の道筋を拓いてその成果を医学生物学研究へ応用することを主目的とする。つまりゲノム、エピゲノム、トランスクリプトーム、プロテオーム、メタボロームの各階層におけるビッグデータの取得とデジタルトランスフォーメーションを目指して、未来志向型、オールジャパン型の研究ネットワーク体制を構築し、我が国がこの新しい学問分野で国際先導的役割を果たすことを目指す。

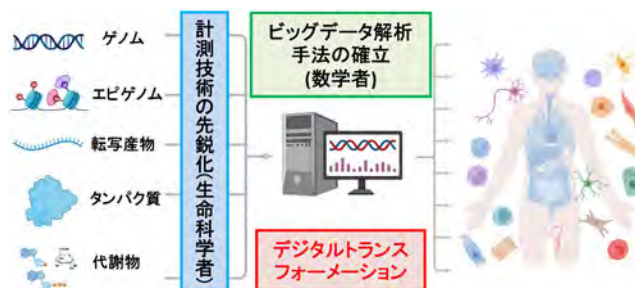


図1 高深度トランスオミクスアプローチに基づく革新的医学研究

③ 学術研究構想の名称

高深度トランスオミクスアプローチに基づく革新的医学研究

④ 学術研究構想の概要

生命システムはゲノム、エピゲノム、転写物、タンパク質、代謝物の多階層にまたがる分子ネットワークにより制御されているため、各階層を個別に行っても複雑な分子ネットワークの制御メカニズムを明らかにすることはできない。この問題を克服するため、複数のオミクスデータを統合し生命システムの階層縦断的かつ1細胞に至る深さで理解する「高深度トランスオミクス」に取り組み、これに基づく革新的医学研究を推進する。各種オミクス解析技術が開発され各国でオミクス研究が進行中であるが、単層解析がメインで複数の階層データを統合した縦断的な解析は進んでいないのが現状である。その大きな原因がデータの品質であることから、まず各階層のデータの品質を向上させるための計測、データ解析技術の改良ならびに新技術の開発に取り組む。次に、多階層のデータ解析に適した計測技術の最適化ならびにデータ統合プロセス技術の開発を行い、単なるデータ統合ではなく目的とする階層横断的な解析を行う真のトランスオミクスを実施可能なトランスオミクス技術基盤を構築する。さらに、トランスオミクスの高深度化のために、局在解析、1細胞解析を可能にするための高解像度化、高感度化に向けた技術開発についても取り組む。また、構築した技術、システムを用いて、従来のような研究者の経験や勘に頼る個別的な仮説駆動型アプローチから、大規模な客観的データに基づく非バイアスのデータ駆動型アプローチを階層縦断的に施行するトランスオミクス研究に取り組む。高齢化社会で特に重要視される慢性疾患・難治性疾患(生活習慣病を含む)を中心に、各種疾患におけるトランスオミクス解析を行い、ヒトの病気の新しい予測・予防・診断・治療法の開発やバイオマーカーの同定による創薬開発に取り組む。さらに、トランスオミクス、またはその成果のコホート研究への適用を試み、病気の診断・予測・予防のさらなる高度化を図る。

⑤ 学術的な意義

従来のような研究者の経験や勘に頼る個別的な仮説駆動型アプローチから、大規模な客観的データに基づく非バイアスのデータ駆動型アプローチを階層縦断的にかつ高深度で施行する「高深度トランスオミクス」によって、生命の作動原理や病気の原因を理解するだけでなく、バイオマーカー同定や創薬のチャンスを飛躍的に増大させることが可能になる。また、トランスオミクスアプローチをベースとしたコホート研究への応用（ゲノムコホートの発展型）および機械学習やシミュレーションなどの最新のインフォマティクスを用いた次世代のシステムバイオロジーとの融合など今後の新しい試みにおけるキーテクノロジーとして大きな寄与が期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

各階層におけるオミクス研究は個別研究または国際協調で現在進行しつつあるが、これら多階層のオミクスデータを縦断的に活用する試みは世界的に見ても単なるデータ統合だけの形式的なものになっている状況であり、多階層のデータを効果的に用いた真のトランスオミクスは実施されていない。近年注目されている1細胞解析においては、NGSを用いたゲノミクス、トランスクリプトミクスが国内外で盛んに進められているが、増幅できないプロテオーム、メタボロームの解析についてはほとんど進んでいない状況である。1細胞解析においても実績を有する各オミクスのスペシャリストを有する高深度オミクスサイエンスセンターが当該構想の技術開発と応用研究の世界的な中心拠点としての重要な機能を果たすことが期待される。

⑦ 社会的価値

これまで困難であった高深度のトランスオミクスを実施可能な技術を開発することにより、生命システムのメカニズムを階層縦断的かつ1細胞に至る深さで理解することが可能になる。さらに、高深度トランスオミクスに基づく革新的医学研究が展開されることにより、高齢化の進む我が国で顕在化している慢性疾患・難治性疾患の発症予測・予防・診断法の開発のみならず、細胞リプログラミングによる疾患治療法の開発やバイオマーカーの同定による創薬開発が可能になる。高深度トランスオミクスは、我が国の国際競争力を強化するものであり、同時に、国民の健康と福祉への貢献につながる社会的価値の高い計画と位置づけられる。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール

【R8～R12年度の計画：高深度トランスオミクス技術の確立】

まず各オミクス階層における網羅的高深度計測技術を確立するため、最先端のオミクス解析技術を有する九州大学生体防御医学研究所附属高深度オミクスサイエンスセンターを中核として、最新設備を導入し新たな技術開発を行うと同時に、各階層間における相互作用を数理科学的に解析する方法論の確立を目指す。また、関連する生命科学や生命情報学などの分野と連携しヒト生命の理解に向けた研究情報基盤を整備するとともに、国内外の大学病院、バイオバンクなどの臨床サンプルを保有する機関との連携体制を構築する。

【R12～R16年度の計画：ヒトの病気の理解を目指す応用研究】

研究開始から5年で開発、蓄積した研究基盤を活用し、我が国の高齢化社会で特に重要視される慢性疾患・難治性疾患（生活習慣病を含む）を中心に、病気に関するトランスオミクス研究を推進し、ヒトの病気の新しい予測・予防・診断・治療法の開発とバイオマーカーの同定による創薬開発に取り組む。さらに、トランスオミクスによる応用研究の成果をコホート研究へ適用することにより、病気の診断・予測・予防の高度化研究開発に取り組み、次世代の医療システムの構築を試みる。

実施機関と実施体制

高深度トランスオミクスにかかわる網羅的生体分子計測技術の開発およびデータ取得機関（計測チーム）として、九州大学生体防御医学研究所、東京医科歯科大学難治疾患研究所、熊本大学発生医学研究所、徳島大学先端酵素学研究所を中心に、他大学とも連携し、オールジャパン型ネットワーク体制を構築する。

経費 総計 160 億円（10 年間合計）

【研究運営費】：70 億円（7 億円/年×10 年間）

【設備費】：50 億円（R8 年度）、40 億円 R12 年度）

⑨ 連絡先

馬場 健史（九州大学生体防御医学研究所）

生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設立計画

① ビジョンの概要

計測・AI・ロボティクスを高度に統合し、同一試料から得られる分子・細胞・組織・個体の多階層データを標準化・知識化し、オープンサイエンスとして循環的に活用可能とすることで、基礎生物学のみならず医学、薬学、農学、畜産学等の広範な生命科学および関連分野を革新する世界的旗艦研究拠点を形成する。さらに、数理科学や量子光科学との融合を通じて総合知を創出し、若手人材育成と社会的価値創造を推進し、持続的な学術と社会の発展に貢献する。

② ビジョンの内容

生命科学は近年、革新的計測技術、AI・数理科学、ロボティクスの進展によりデータ駆動型研究へと大きく変貌している。しかし、異なる階層・手法で取得されたデータの単純な統合では、個別医療や精密創薬、さらには社会的課題解決に十分応えられない。本ビジョンはこの限界を打破するため、「同一試料から分子・細胞・組織・個体に至る多階層データを高次に統合し、AIと数理科学により知識化するとともに、標準化されたデータ基盤として保存・管理し、オープンサイエンスとして社会に開放する国家的旗艦拠点」の構築を目指す。

中核となる「生命アトラスイメージングシステム（仮称）」により同一試料の多階層情報を自動取得し、データ基盤と連結して知識抽出・シミュレーションへと展開することで、「データから知識への循環システム」を確立する。これにより、生命現象における個性創発の原理を解明し、予測可能な生命科学へと転換する。

さらに本構想は、数理科学、量子光科学、人文社会科学との融合を通じて総合知を創出し、次世代の複合知人材を育成する。欧米・中国が国家規模で研究拠点整備と国際標準形成を進める中、日本独自の先端計測技術と学際的人材を結集する本拠点は、世界的競争環境において主導的役割を果たす基盤となる。

本構想は学術の持続的発展と社会実装を加速し、人類の健康と福祉、持続可能な社会の実現に貢献する新たな学問パラダイムを提示する。

③ 学術研究構想の名称

生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設立計画

④ 学術研究構想の概要

本構想は、同一試料から分子・細胞・組織・個体に至る多階層の画像・オミクス情報を自動取得し、AIと数理科学により統合・知識化する「生命アトラスイメージングシステム（仮称）」を中核とする国家的旗艦研究拠点の設立を目指す。これにより、個別化医療や精密創薬、農業・産業応用に資するデータ駆動型研究を高度化し、生命現象の本質的理解と予測可能性を飛躍的に高める。改訂にあたり、生命医科学データ基盤、数理科学の深化、量子光科学拠点、生命シミュレーター、データ基盤から知識基盤への展開、文理芸融合など、学術の中長期研究戦略との接続を明確化した。これにより、計測科学とデータ基盤の統合にとどまらず、数理モデル、シミュレーション、量子計測、人文社会科学の視座を包含する真の学際的総合知拠点を形成する。さらに、物質・デバイス領域共同研究拠点、ABiS、BINDS等の国内ネットワークおよびGlobal BioImaging



図1 生命科学クロスオーバー研究機関拠点の概要

生命現象における個性創発の原理を解明し、予測可能な生命科学へと転換する。

さらに本構想は、数理科学、量子光科学、人文社会科学との融合を通じて総合知を創出し、次世代の複合知人材を育成する。欧米・中国が国家規模で研究拠点整備と国際標準形成を進める中、日本独自の先端計測技術と学際的人材を結集する本拠点は、世界的競争環境において主導的役割を果たす基盤となる。

本構想は学術の持続的発展と社会実装を加速し、人類の健康と福祉、持続可能な社会の実現に貢献する新たな学問パラダイムを提示する。

③ 学術研究構想の名称

生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設立計画

④ 学術研究構想の概要



図2 生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の波及効果

との国際協力を通じて、FAIR 原則に基づくオープンサイエンス体制を構築し、世界の研究者に広く開放する。あわせて、計測・数理・情報・人文を横断する教育プログラムを整備し、社会実装を担う複合知人材を育成する。本構想は、日本独自の先端技術と人材資源を結集し、世界的競争環境において主導的役割を果たすとともに、学術と社会の双方に革新をもたらす。

⑤ 学術的な意義

同一試料において原子・分子、細胞、組織、個体に関する多階層データを取得・高次統合し、AI と数理科学により知識化・再構成するとともにオープンサイエンス基盤として循環させることで、生命の動作原理に関する理解を断片的・平均的なものから包括的・個別的かつ予測可能なものへ深化させ、個性創発の仕組み解明と新たな学術パラダイムの確立に迫る。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

欧米・中国では、革新的顕微鏡技術の開発と大規模データ共有が国家規模で推進され、マックス・プランク研究所や EMBL、Janelia、Allen Institute 等を中心に、マルチモーダル計測と AI 統合が加速している。中国科学院も巨額投資により研究を牽引し、FAIR 原則に基づくデータ共有と AI 解析の標準化が国際標準となりつつある。一方、日本は独創的成果を有しながら国家的旗艦拠点は未整備である。本構想は欧米にはない我が国独自の技術と視点を活かし、イメージングを核に量子光科学・数理科学・文理芸融合を統合する総合知拠点を形成し、世界を先導する位置づけにある。

⑦ 社会的価値

個別医療や精密創薬の実現にとどまらず、新たな育種法の創出や微生物を活用した有用物質生産など農業・バイオマテリアル産業へ波及し、オープンサイエンスに基づく知識基盤の整備を通じて新たな経済的・産業的価値を創出するとともに、国際競争力の強化と地方創生に寄与し、持続可能な世界の構築に貢献する点に社会的価値がある。

⑧ 実施計画等について

計画は 3 期に分かれる。第 1 期（1～3 年、研究所建設並びに国家基盤整備）では「生命アトラスイメージングシステム（仮称）」の高度化、生命動態操作法、オミクス大規模解析法、AI・数理科学によるイメージング・オミクス統合解析法、量子光計測技術、計測プローブ等の要素技術を戦略的に確立する。第 2 期（4～6 年、融合・国際展開期）では同システムを活用した共同研究を国内外に公募し、生命現象のモデル化と予測可能な生命シミュレータを開発し、国際標準の形成を主導する。第 3 期（7～10 年、社会実装・知識基盤完成期）では統合ビッグデータベースを完成させ、知識循環型基盤として医療・創薬・農業・産業へ展開する。日本生物物理学会が主導して新設する国家的「クロスオーバー生命科学旗艦研究所」が実施機関となり、理化学研究所、自然科学研究機構、ABiS 等と連携して国際的共同利用・共同研究体制を構築し、オープンサイエンスと我が国の研究力回復を牽引する。所要経費は 500 億円。

⑨ 連絡先

永井 健治（大阪大学産業科学研究所）

社会を支える生命医科学統合データ基盤の確立

① ビジョンの概要

ゲノム解析技術が成熟し、あらゆる生体・環境からゲノムデータを安価に得られるようになった。ゲノム医学やバイオ・遺伝子バンクが普及し、ヒトゲノムのみならず地球生命全体の多様性を網羅・共有できる。この超情報時代において科学は知識探究から責任ある情報管理・共有へと重心を移す。人間とAIの協働を前提に、政府主導で、倫理性・再利用性・公共性を基軸とした「データ基盤」の設計と運用が求められる。

② ビジョンの内容

人新世とよばれる時代に入り、生命医科学を取り巻く環境は急速に進歩している。さらに近年は、生成AIによる自然言語処理・画像解析・統合分析の能力が加わり、これまで以上に多様で大量のデータを即時に解釈・再利用可能になっている。これらのデータは社会の共有財として保存され、倫理的・法的・社会的課題(ELSI: Ethical, Legal and Social Issues の略)を考慮しつつ再利用されるべきである。未来の科学者は、こうした高度データを駆使し、地球という有限資源を持続可能なたちで活用するための科学的基盤を構築する必要に迫られる。

日本が科学先進国として持続的な発展を遂げるためには、(1) ゲノムや医療・環境情報を適切に保存・管理するデータベース、(2) それら膨大なデータをリアルタイムに解析・運用可能とする高速・大容量ネットワークとスーパーコンピュータ、そして(3) AIと協働しながらデータを活用し、政策や産業や教育に還元する多様な人材の育成の3点が不可欠である。これらデータベース・スパコン・人材を一体的に捉えた「統合データ基盤」の設計と実装こそが、日本が世界の知的基盤構築をリードする鍵となる。国を挙げてその制度設計に取り組み、国際的なガバナンス基準とも整合して展開することが求められる。このような基盤は市民の理解と信頼の上に成り立つため、データの利活用に対する国民的合意形成や教育活動も不可欠である。

③ 学術研究構想の名称

社会を支える生命医科学統合データ基盤の確立

④ 学術研究構想の概要

本提案が目指す「統合データ基盤」には、には、データベース、スパコン、人材に加え、生成AIインフラの4要素が不可欠である。これらは分離して存在するのではなく、有機的に結合される。そして国際的なガバナンスや倫理的・法的・社会的課題(ELSI)を考慮した制度設計と運用が求められる。

データベース: 中核組織として既存機関を統合・連携させた国立バイオデータベースセンター(DBセンター)を設置する。収集対象の選定や標準化、メタデータ整備、用語統一などに積極的に関与し、研究現場との協働で高品質なデータを長期的に確保する。特にAIと親和性の高い語彙整備やオントロジー構築が鍵となる。

スパコンおよびAIインフラ: DBセンターと不可分の関係にあるのが、データ処理・AI学習・統合解析のための高性能計算基盤である。クラウドと複数拠点の計算資源を連携させた分散型計算環境を構築する。生成AIの学習・推論には専用ノード(GPU/TPU等)が不可欠であり、今後の科学における中核的役割を果たす。

人材育成・運用体制: DBセンターと教育機関が連携し、キュレーター、AI技術者、コンサルタントなど多様な人材を育てる体系的な研修教育プログラムを整備する。AI活用に必要な検証・説明責任も教育内容に含む。

倫理的・法的・社会的課題(ELSI): 個人情報やセンシティブデータを多数扱う「統合データ基盤」においては、ELSIへの対応が制度・技術の両面で必須である。DBセンター内に専門部門を設置し、ゲノム・医療・環境データに伴うプライバシー・同意管理・法制度整合の諸課題に対応する体制を整備する。AIが生成した成果物の責任の所在や再利用条件など、著作権を超えた新たな法制度への準拠も検討すべきである。



図1 国立バイオ統合データ基盤の設置

⑤ 学術的な意義

科学の究極的な目標が人類のより良い未来の構築にあるならば、ヒトという生命体の動作原理を理解することは極めて重要である。もはや理論やモデルだけでは科学の前進は困難になり、極めて多様かつ高次元なデータを、時空間的に大量かつ高解像度で収集・蓄積し、それをもとに AI を駆使して解析・仮説生成・検証を繰り返す、データ駆動型科学への転換が求められている。

とりわけ、ヒトゲノムや医療・環境データは個人と社会に深く関わるため、収集・解析・再利用には倫理的・法的・社会的配慮（ELSI）が不可欠である。「知識のフロンティア開拓」という従来科学の価値観では不十分であり、個々の研究者が自らの研究時間という制約の中で「何を知るべきか」「どこまで知るべきか」という哲学的課題にも答える必要がある（例えば生殖医療）。ELSI の適切な制度設計は、学術への信頼と受容を保証する基盤であり、AI の学習データ整備や出力の検証可能性にも影響する。

また、本構想が対象とする生命情報はヒトに限らず、あらゆる地球生命を含む。日本は島嶼国として豊かな生物多様性を有するうえ、自国の資源を体系的に記述し、管理できる技術と人材も備えている。しかし、制度設計やスケーラビリティ、分野間の連携不足により、オープンサイエンスや学術 AI の本格的活用は道半ばである。本構想は、分野融合と ELSI を統合した科学モデルの実装であり、生成 AI 時代における日本の学術基盤の再構築と世界貢献の柱となる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内ではプロジェクト毎にデータベース戦略やデータ共有政策が異なり、一貫した国の方針が見えづらい。国外には米国の NCBI、欧州連合の EBI、韓国 KOBIC のように国立と呼べる中核データセンターが政府直轄でヒトゲノムを含む生命科学データの集約を実施する。EU では、AI 統合解析や倫理対応を含む分散型情報利活用基盤である欧州健康医療データスペース（EHDS）の整備が進み、「次世代データエコシステム」へ移行する。

⑦ 社会的価値

本構想が目指す統合データ基盤は、単なる研究効率の向上を超え、社会全体に恩恵をもたらす持続的インフラである。本構想は UNESCO の「オープンサイエンス勧告」を具現化し国際的にも先進的である。ヒトゲノム情報のような個人識別符号まで対象に含む本構想では、ELSI 対応を組み込んだ組織的運用が不可欠である。同意取得・ライセンス整備・様式の統一などを統合的に進め経済的・医療的インパクトの最大化を図る。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

第1～2年度：準備組織の設置と中核拠点の公募・制度設計

準備組織は、国内におけるトップレベル拠点を含む研究機関と省庁や研究資金配分機関（AMED、JST 等）が参画し、データ共有政策、予算制度、評価制度、ELSI 基本方針、生成 AI の整備方針等について協議する。中核となるデータ資源とその維持管理機関を公募形式で選定する。

第3～4年度以降：データ基盤の本格構築・運用開始

準備組織を DB センター執行部に位置づけ、データ整備・解析・再利用までが統合された科学情報基盤の構築を開始する。この段階で、ユーザ目線での柔軟なデータ利活用環境を確立する。

<実施機関と実施体制>

ナショナルバイオリソースプロジェクト（NBRP）や日本生物多様性情報イニシアチブ（JBIF）と理研・情報システム研究機構が連携し「AI for Science」の基盤として機能する。中核となる DB センターは、政府が「ナショナル」の名を冠して設置し、その組織は公募により選定する。とりわけクロスアポイントメントによる人的エフォート確保、文理融合人材の交流・共同研究制度、AI 基盤モデル活用による、企業・市民向けの情報提供サービス、恒久財源に基づく運用と意思決定会議体の設置、ELSI 専任部門の設置を実現する。

<総経費> 328 億円（初期2年の準備に4億円、本格稼働の8年間に40億円／年）

主な内訳：中核センター運営・維持費用、クロスアポイントによる人件費、データベース整備・キュレーション業務、生成 AI モデルの構築・運用、分散スパコン間ネットワーク運用、トレーニング・ELSI 部門運営

⑨ 連絡先

有田 正規（情報・システム研究機構 国立遺伝学研究所）

生体－人工物の融合を通じて高いQOLを実現する持続可能な 社会・生態系のための革新的生体医工学の創成

① ビジョンの概要

少子高齢化社会における我が国の活力を維持し、さらに生態系と調和がとれたエコシステムの実現には、ヒトを含む生体と人工物の相互作用を理解する科学と、その学理に基づく高度な生体－人工物融合システムを実現する工学体系を構築し、ヒトのQOLの向上とともに生態系との調和をも考慮したシステムを実現することが必須である。同時に技術倫理分野における社会科学・人文科学との融合を図り持続可能な社会の実現に貢献する学術を振興する。

② ビジョンの内容

少子高齢化が進む中、我が国の活力維持と生態系と調和した社会の実現が求められている。人々の生活の質 (Quality of life) を高めるためには、加齢に伴い低下する心身機能を補償・拡張する工学技術の開発と、生体と人工物・情報環境が調和的に融合するシステムの構築が不可欠である。そのため、生体応答を適切に引き出す刺激・制御技術、制御・環境適応原理のモデル化、多次元生体情報の計測と解析基盤の確立を進める。あわせて、人文社会科学と融合し、倫理・個人情報保護に配慮した社会実装を図る。さらに、治療効果と侵襲の客観的評価に基づく最適化支援や、持続可能社会に資する人工システムの開発を推進する。今後10年は、生体が本来備える回復機能～レジリエンス～を強化する学理と計測制御技術の確立に重点的に取り組む。



図1 QOLの向上からレジリエンスの強化へ

③ 学術研究構想の名称

生体レジリエンス：疾患からの自己回復能力を賦活化する生体医工学の創成

④ 学術研究構想の概要

関連学会が連携し研究者ネットワークを構築、少子高齢社会の課題解決に向けQOLを生涯維持する基礎学理と医療・福祉等の新技術を開発する。生命倫理と人文社会学的検討を踏まえ社会実装を推進し、生体の回復機能～レジリエンス～強化のための計測制御技術、低侵襲治療技術、埋込・遠隔機器等を、生活習慣病や認知症、がん等を対象に開発する。

⑤ 学術的な意義

過剰な情報曝露による精神的ストレスの増大や高齢化に伴う機能低下により、生体の適応・回復能力を維持強化する医療への要請が高まっている。平均寿命の延伸に加え、QOLを保ちながら健康寿命を伸ばす技術、

慢性疾患の悪化防止や副作用低減、介入最小化が求められる。また、資源制約や社会的コストの観点からも持続可能な医療体制の構築が急務であり、そのための学術振興と異分野専門人材の育成、医療機器産業基盤の強化が必要である。学術的には、生体の回復力（レジリエンス）を高めるニューロ・バイオフィードバック技術を開発し、ストレス検知・評価と個人差を踏まえた計測解析により抗ストレス機能を強化する体系を構築する。植込み型デバイスや最適介入法の開発を通じて生体機能を維持し、「平均寿命－健康寿命」の短縮を目指す。さらに、医学・工学等の連携により新領域を創成し、農学・環境学への波及、AIを活用した生体シミュレータの開発、人材育成と研究力向上にも貢献する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

疾患予防・治療・リハビリと Well-being は今後も国家重要政策であり、生命理解と制御を担う医工学の発展が不可欠である。国内ではAMEDが神経回路や情報処理機構の解明を推進し、海外でもNIH Brain InitiativeやEU Human Brain Project、STIMCODEが臨床応用や倫理・法整備を含め、生体システム全般への展開を進めている。

⑦ 社会的価値

医療は平均寿命延伸中心から、QOLを維持しつつ健康寿命を伸ばす方向への転換が求められる。慢性疾患の回復促進や悪化防止、介入最小化と副作用低減が課題であり、2040年には需給逼迫による医療崩壊の懸念もある。生体医工学の学理確立と社会実装を通じ、低侵襲で持続可能な医療福祉体制を構築し、国際競争力向上を目指す。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

2～5年度は公募で拠点を追加選定し、拠点間・地域連携体制と研究者支援を整備する。生活習慣病、認知症等、がん、フレイルを対象に、生体レジリエンスの観点から基礎研究と臨床知見収集を進め、4年度より探索的臨床研究を本格化する。規制対応や産学連携による事業化検討、専攻設置も行い、5年目に中間評価を実施。6～10年度は拠点見直し、教科書編纂、各段階の医療システム検討と公募研究を継続し、成果公開と効率的な研究環境整備を進める。

＜実施機関と実施体制＞

日本生体医工学会と関連学会が連携し、AIMBEに類似した中立的コンソーシアムを形成して推進課題を設定、指定・公募により研究を実施する。既存研究組織を課題実施機関に指定し、若手研究者を派遣する制度を整備する。医学部と理工学部が連携可能な大学から拠点を選定し、地域の産学連携機関と協働して医工連携・臨床研究の場を構築する。生命倫理や個人情報管理、規制対応に関する教育を関連学会と連携して行い、研究者のリテラシー向上を図る。国内競争に偏らず、オールジャパン体制で異分野融合研究と成果の実用化を産業界とともに推進する。

＜所要経費＞

（１）コンソーシアム運営費：10年総額5億円（事務局運営、人件費、広報等）

（２）拠点運営費：10拠点・10年総額850億円

初期整備200億円、設備整備150億円、更新100億円、運用100億円、人件費100億円、研究費200億円

（３）課題研究費：10年総額1000億円

ボトムアップ型50億円、プロジェクト型50億円

総額約1855億円

⑨ 連絡先

黒田 知宏（公益社団法人 日本生体医工学会）

「ケアサイエンス」は Society 5.0 のもとケア技術と理念、概念の改革を進め、ケアに関わる重層的課題を解明し、エビデンスに基づき政策提言や保健・医療・福祉システムの改革に寄与する。それにより、全ての人々が「自分ごと」として自らケアの探求と実践を行う人となるソーシャルエンゲージメントの基盤を作る。そして、全ての人々がケアを受け、共に創ることで安心して暮らし続けることができる未来の多文化・多世代・地域共生社会を成熟、深化させる。

ケアとは、他者及び自身への関心と相互作用を基盤とした気遣いや配慮、世話等の態度や行為を意味し、それを実践するための技術を含めて、解決すべき課題や解決法、適切なあり方がこれまで多学問分野それぞれで議論されてきた。「ケアサイエンス」は分野横断によってこの議論に横串を通し、市民、行政、企業等と共に技術研究やケアの理念、それらを含むケアの概念そのもののアップデート、また実践活動を推進し、未来社会の構築をめざす新たな学術領域である。

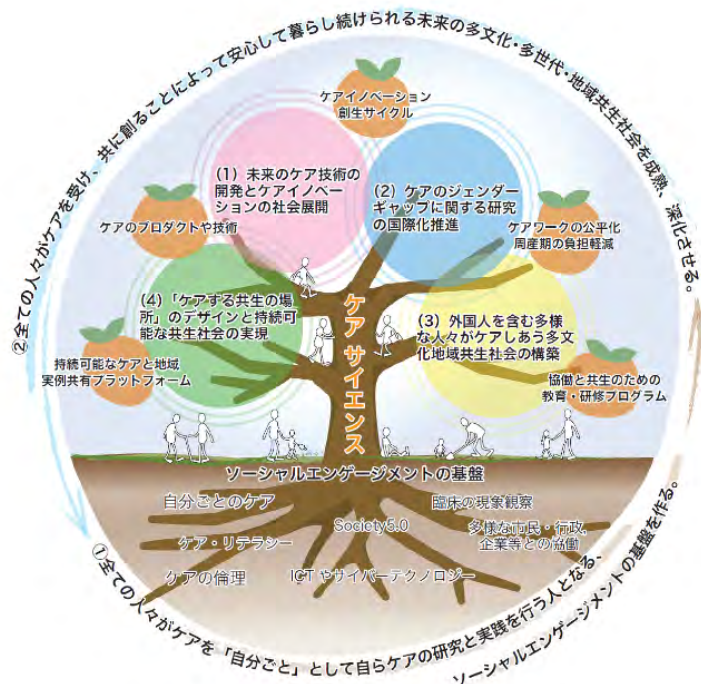
この取り組みによって、[1]全ての人々がケアを「自分ごと」として自らケアの探求と実践を行い、相互支援につなげるソーシャルエンゲージメントの基盤を作り、[2]全ての人々がケアを受け、共に創ることによって安心して暮らし続けることのできる未来の多文化・多世代・地域共生社会を成熟、深化させる。

このビジョンは、持続可能な開発目標における「3. すべての人に健康と福祉を／5. ジェンダー平等を実現しよう／8. 働きがいも経済成長も／9. 産業と技術革新の基盤をつくろう／10. 人や国の不平等をなくそう／11. 住み続けられるまちづくりを」に関わるケア研究であり、取組み課程においてこの目標を達成し、ケアによる社会変革を起こすことを目論む。

相互支援による地域共生社会の成熟・深化に向けたケアサイエンス研究ネットワーク拠点

4 側面での研究である、(1) 未来のケア技術の開発とケアイノベーションの社会展開、(2) ケアのジェンダーギャップに関する研究の国際化推進、(3) 外国人を含む多様な人々がケアしあう多文化・地域共生社会の構築、(4) 「ケアする共生の場所」のデザインと持続可能な共生社会の実現、を相互に関連付けながら進め、全ての市民がケアを共創する統合的ケアサイエンスの理論とネットワークを構築する。また、研究の持続的発展と国際交流に向けて、ケア研究基盤ネットワーク拠点を構築する（図1）。

高度経済成長期、人口拡大の時代に構築された日本の現行社会システムは、本来は一体不可分である広義の公共の福祉をケアが分断され、社会的再生産と経済的生産の不均衡を招いている。人口減少を伴う超少子・



195

超高齢社会を迎えた未来の日本を暮らしやすく幸福な持続可能社会にするため、Society5.0の推進とともに社会の価値観、制度を抜本的に変革する必要がある。その一つの方略が、専門性や属性、年齢等にかかわらず、全ての者がセルフケアを含む【ケアリテラシー（人間の身体性、社会性を基盤に、常にケアを受け、自らもまたケアと社会の担い手となる自覚と技術）】を高め、相互支援により成り立つ地域共生社会の実現である。

2) 学術的重要性、期待されるブレークスルーと研究成果及び様々な効果と意義

4側面での1.学術的重要性と2.期待されるブレークスルーと研究成果及び様々な効果を説明する。

(1) 未来のケア技術の開発とケアイノベーションの社会展開

1.看護理工学によるモノづくりと科学への市民参加の融合は、未来のケアイノベーション創生と誰もがケア提供者になることを可能にする。2.利用者本位のケアプロダクトは療養者自身のニーズ発掘とそのソリューションを生み、将来のケア技術を世界に先駆けて開発できる。

(2) ケアのジェンダーギャップに関する研究の国際化推進

1.ケアワークの適正な評価と男女平等な分配によりジェンダーによる負担の偏在を解消してあらゆる分野でのジェンダー視点の主流化につなげる。2.社会実装型の研究によって、ケアに関わるジェンダーギャップの解消とプレコンセプションケアやヘルスケアへの社会意識の変革を通して少子化を改善する。

(3) 外国人を含む多様な人々がケアしあう多文化地域共生社会の構築

1.外国人、専門職、地域住民等とのケア相互作用は、ケアを「別のだれか」に押しつける搾取の構造から脱し、真に相互支援の仕組みの基盤となる。2.インフォーマルなケア提供者、地域住民やサービス利用者を対象とする啓発・教育プログラムの開発、多文化地域共生社会の構築にも寄与する。

(4) 「ケアする共生の場所」のデザインと持続可能な共生社会の実現

1.人間の実存の身体とケアをつなぐ、「実存の場所」を介した社会保障の観点は、社会の持続可能性と公共施設再編の土台となる。2.社会制度の具現である公共施設と機能の脱等質・脱特定機能・脱広域市場性による再編は社会の改革そのものであるといえる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国際的には、欧米を中心にケア研究ネットワーク作りが進んでいるが、本研究課題は、各研究側面を統合し全ての市民が共にケアを創造する新たな社会システムを構築、深化させるもので、この統合性は今後、世界のケア研究を牽引する。

⑦ 社会的価値

教育、医療、福祉にまたがる公共の福祉は社会基盤そのものであり、その維持発展に資する本研究は社会的価値が高い。また、すべての人のウェルビーイングに寄与する公共性を有する。

⑧ 実施計画等について

本研究構想は、4研究拠点と、それを統括するネットワーク拠点で実施する（図2）。日本学術会議「少子高齢社会におけるケアサイエンス分科会」にて、(1) 東京大学、(2) 広島大学、(3) 東京都立大学、(4) 東京電機大学の4拠点と連携を進めている。総経費は15.3億、1-2年目30千万円、3-7年目76.5千万円、8-10年目46.5千万円を予定。

⑨ 連絡先 西村 ユミ（東京都立大学）



図2 研究のフロー

ワンヘルスの実現に向けた生命科学研究のサステナブル循環システムの構築

① ビジョンの概要

生体解析と DX 技術を統合し、全ての生物の健康・活動状態と、それが地球・宇宙環境に及ぼす影響との円環を予測し、ワンヘルスの実現を目指す。今後 10 年間でバーチャル生物や生体・疾患シミュレータを構築し、課題発掘～予測・実証～社会還元フローを効率的かつ持続的に循環させる。このデジタルツインに基づく共創循環型研究教育プラットフォームは、文理融合、産官学連携・国際連携の推進、人材涵養にも貢献する。

② ビジョンの内容

30 年後の未来社会は、環境や生体に異次元の攪乱を与え、未知の重大疾患を誘引しうる。この予測不能な危機的課題へ柔軟に対応するには、ヒトに限らず全ての生物の保護・健康と地球・宇宙環境の健全を一体として捉えて実現する「ワンヘルス」の学理が必要である。そこで、先進技術を駆使して分子から個体・集団までの計測・分析を実施し、その結果に基づいてバーチャル生物や生体・疾患シミュレータを構築し、これらを基盤に生物と環境との相互作用や環境の状態を予測する技術へと発展させ、22 世紀を見越した持続可能な社会環境基盤を創る。生物およびその環境との相互作用に関する実験結果と、

生物から地球・宇宙環境までのあらゆる情報を包有するデータサイエンスを、量子コンピュータなどで統合し、限りなく生体に近く、かつ予測不能な外乱を評価できるバーチャル生物やヒトの生体・疾患シミュレータを構築する。このデジタルツインに基づく超統合的サイエンスは、全生物の健康と、地球・宇宙環境の健全な状態を理解すると共に、工学技術の発展や宇宙進出の影で起こりうる環境ストレスやヒトを含む生態系の揺らぎ、生体恒常性の破綻（未病）を予測する。バーチャル生物を活用して、イノベーションの創出を目指す産学連携を推進すると共に、知を継承するための共創循環型の人材育成、ひいては世界をリードする科学者の涵養に貢献する。日本生理学会、日本解剖学会、日本薬理学会が協働して生体の仕組みや疾患・病態の機構を解明し、全ての生物の保護・健康や地球・宇宙環境の保全へと異分野融合を展開することで、ワンヘルスの実現に向けた生命科学研究の循環システムを構築する。本提案は、領域横断的に科学的データ収集の学際的インフラ整備を提案するとともに他の国内外の学会や企業などとの有機的な連携・融合を推進する。

③ 学術研究構想の名称

ワンヘルスの実現に向けた生命科学研究のサステナブル循環システムの構築

④ 学術研究構想の概要

ワンヘルスを実現させるためには、既に動いている「バーチャルヒューマン」や「ヒューマンメタバース」と連携しうる「生体シミュレータ」を基盤に、ヒト以外のあらゆる生物の生理現象や環境応答・適応を細胞レベルから個体・集団レベルに至るまで丸ごと再現できる「バーチャル生物」へと展開させる必要がある。そのため、①クライオ電顕から生体分子・薬間相互作用を読み解くインターラクトーム解析や生物の臓器連関を模倣する臓器チップなど、生体システムの各階層をシームレスに繋ぐための最先端計測技術や情報解析技術の深化、②個々の解析データを統合した「生体シミュレータ」や「バーチャル生物」の作製、③それらの利活用による医療基盤技術の開発、を推進し、10 年間でヒトに限りなく近いモデルやデータベースを集約した研究基盤設備を構築する。このデジタルツインを基盤に、生物個体レベルのフィジオーム解析や、ヒトやヒト以外の動物間の相互作用（個体間インタラクトームやポピュレーション）解析、さらには環境因子（植物、細菌・ウイルス、化学物質など）の複合曝露や宇宙での生活による影響（エクスポソーム解析）、生物が地球・宇宙環境に及ぼす影響の解析へと研究・教育領域の裾野を広げ、国際連携のもと、課題発掘～予測・実証～社会還元フローを良循環できる共創型の研究教育プラットフォームを構築する。

⑤ 学術的な意義

【提案の背景】新興感染症に限らず、テクノロジー発展の裏側で、想定外の環境変化や生態系攪乱は容易に



図1 本事業の概略

起こりうる。こうした諸々の課題を克服するためには、「ワンヘルス」の実現が必要である。異分野融合や産学連携、実用化が強く求められる中、基礎医歯薬学・獣医学の研究と教育を推進し、知を継承・発展していくためには、ワンヘルスを見据えた基礎研究と応用との循環ループを効率よく回すシステムを確立し、22世紀に向けて持続可能な社会環境基盤を創る必要がある。

【学術的重要性】本提案は、現在進行中の大型プロジェクトや大規模設備との連携・発展を見据えた取組である。ヒューマン・マシン・インターフェース(HMI)や分子・細胞・組織／臓器・個体の各階層におけるインタラクトーム解析、多臓器円環(連関)解析などは、生体恒常性を理解し、医療に貢献する意味で重要である。さらに30年後を見据えて、ヒトに影響しうる動物や植物、細菌やウイルスなど、あらゆる環境因子との相互作用を網羅的に解析し、全ての情報を統合したシミュレータを構築する必要がある。バーチャルヒューマンを基盤に、様々な生物へと研究ネットワークを広げることで、未知の疾患に対しても予防・治療する戦略を迅速に提案し、適応することが可能となる。

【期待されるブレークスルーと研究成果及び様々な効果とそれらの意義】ワンヘルスの実現を目指した研究ネットワークを構築することで、以下のような研究成果の創出や伝統知を継承する人材育成が期待できる。HMIの利活用：ユビキタスセンサー等を活用して全ての生物の機能および環境変化に対して生物が受ける負荷の計測は、医療、多臓器円環の包括的理解、環境科学・疫学・社会科学分野との国際連携強化に貢献する。生物・疾患マップの構築とその応用：本ビッグデータの共有化は研究・教育の両面の効率化と深化に役立つ。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

欧米はヒト大規模データを収集し Adverse Outcome Pathway に基づくリスク評価を展開しているが、日本は緻密な計測・解析技術を要する実験データに優位であり、研究者が連携することで、世界をリードする独創的なデータベースの構築が可能となる。ヒトの病態・疾患発症の後天的要因については、エクスポソームという概念が提唱され、欧米諸国を中心に大規模なデータ取得が進められているが、学問としては未確立である。日本から国際的に共有可能な標準データや予測モデルを提供し、ワンヘルスの視点で世界に貢献する。

⑦ 社会的価値

ヒトとヒト、生物と生物との相互作用の理解により、生物間の感覚シェアリングが可能となる社会の到来が期待でき、人類の価値観・考え方・創造性に大きな変革を生み出すことの知的価値は極めて大きい。また、全ての生物の保護と健康、さらには健全な地球・宇宙環境を維持することの価値は計り知れない。薬の標的となる生体分子との相互作用の解明は、画期的な医薬品の創製・開発につながる。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞今後10年間で、インタラクトーム解析やフィジオーム解析で収集したデータを統合し、ユビキタスセンサーを利用して個々の生理現象や環境因子の複合的曝露による影響をデータとして取得して生物と地球・宇宙環境との相互作用を解析し、生体シミュレーターを構築する。

＜実施機関と実施体制＞国立研究開発法人(生理学研究所、医薬基盤研究所、医薬品食品衛生研究所、環境研究所など)、名古屋大学、京都大学、大阪大学を中核機関とする。環境研を中心に個人差(年齢差や性差)に関するエクスポソームのデータを国際的に収集する。

＜総経費＞ 150億円

＜所要経費＞【整備費】ネットワークのインフラ整備(10億円)、企業・ベンチャー参入型設備(10億円)

【10年間の運営費】共創循環型研究教育センター(2*10億円)、企業・ベンチャー参入型設備(10億円)

【10年間の研究費】共創循環型研究教育センターおよび企業・ベンチャー参入型設備等(10*10億円)

⑨ 連絡先

岡村 康司(大阪大学大学院医学系研究科)

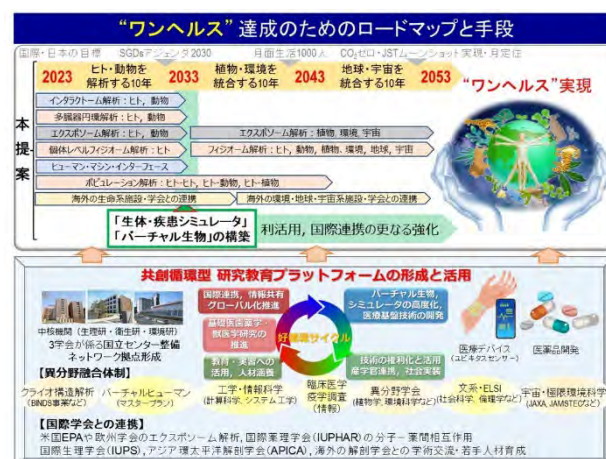


図2 ロードマップ

患者主体的医療体制の実現とそれを支えるヘルスリテラシー教育体制を構築

① ビジョンの概要

医療が高度化・複雑化していく中で、DXをはじめとする膨大な医療・健康関連データの蓄積が進み、患者個別の医療の最適化が可能になりつつある。一方で、ヘルスリテラシーの欠如ため、得られた情報に基づいて患者が主体的に選択をする患者主体的医療は実現できていない。そこで、選択支援を目的として、治療や予後の社会活動に関する疑似体験技術を構築するとともに、ヘルスリテラシーを身につける教育体制を構築する。

② ビジョンの内容

本来、患者中心の医療とは、患者が治療内容について有効性や安全性を具体的に理解し、経済的背景など患者自身の背景を加味した上で、患者が主体的に選択する医療を指す。しかし、現状では患者の同意書を担保として医療が実行されているものの、複雑で高度な治療に関しては医療者が主導的に説明し治療法が選択されている。その理由の一つとして、患者に基本的なヘルシーリテラシーの欠如していることが挙げられる。

近未来においては、医療における DX が進み、生まれたときから個人の健康管理情報が収集され、AI などパターン化された選択肢が提示される時代が来ることが予想される。現時点で既に、血圧、心拍数、酸素飽和度、血糖値などの生体情報センサーが実用化され、連続的に集積されたデータが利用可能になっている。今後、呼吸のモニターによる酸化ストレスの評価、サイトカインや薬物の体内濃度、さまざまな薬効評価指標が連続的にモニターされ、個々の薬物治療前後の病態変化が数値化される。

現時点では、医薬品の副作用で、臭覚、味覚、痛覚、吐き気、不安、眠気などは、患者の感覚として表現され現時点で数値化されておらず、ナラティブ・ベイスド・メディシン（物語りと対話に基づく医療）に頼らざるを得ない場面も多いが、これらの情報を集積し脳波や fMRI の解析などを用いてこれらの副作用症状をデジタルデータとすることも可能になる。

これらの症状を反映した脳波変化を何らかの手段で再現し、患者が治療前の情報として仮想体験可能で患者主体的に選択ができるようになった場合、個々は社会全体の幸福や利益を考慮できる功利主義も同時に理解しておく必要がある。例えば、ワクチンの接種、保険診療における高額な医薬品の使用の制限、治験への参加などがある。本研究では、理性的な判断を行うためには、社会モデルを組み込んで治療後の人生まで仮想体験できるような仮想現実技術の開発と、個人の健康維持や社会全体の医療の持続性を判断するヘルスリテラシーが醸成を目的とする。

③ 学術研究構想の名称

患者主体的医療体制の実現とそれを支えるヘルスリテラシー教育体制を構築

④ 学術研究構想の概要

未来において的確な患者主体的医療を実現するために、研究は1) 病状経過や予後の仮想体験 (VR) を実現と2) ヘルスリテラシー教育体制の構築とした。

「病状経過や予後の VR を実現」は、副作用のデジタルデータの開発、生体情報センサーと薬物動態データの融合により有効性の評価、およびそれらのデータの集積し、統合する。一方、個人の健康データを経年的に蓄積し、先ほど示したテーマ別のデータを組み合わせ AI 学習にて統合し、病状経過や予後の VR を実現する。その結果、患者は、これらの情報を得た上で、治療の選択や人生の選択を行うことが



図1 健康データへの社会モデルの組み込み

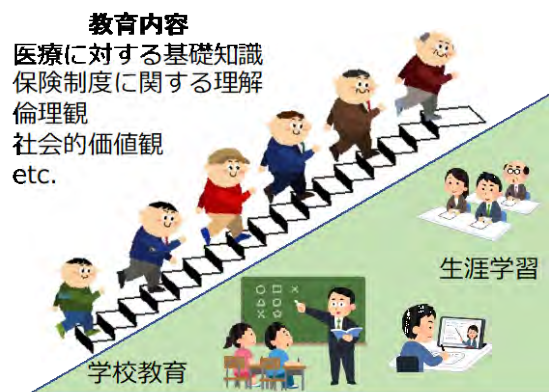


図2 ヘルスリテラシー教育体制の構築

できる。

一方、人は社会生活を送る以上、倫理態度など社会的に責任などを果たさなくてはならない。前述の研究を行うと同時に、ヘルスリテラシーについて国民全体が学べる体制を構築する。

⑤ 学術的な意義

本研究により、社会実装を組み込んだ病状経過や予後の仮想体験が実現しヘルスリテラシーが身につけば、国民の医療に対する理解度が深まり、社会全体の利益を国民一人一人が理解した上で理性的に判断できるようになり、健全な社会の構築につながる。

本研究にて、副作用のデジタルデータの確立を挙げているが、これはバイタルサインの他に、医薬品の副作用で、臭覚、味覚、痛覚、吐き気、不安、眠気などは、患者の主観でしか語ることができなかった身体症状を、脳波などの計測データとしてデジタル化することを考えている。実際、患者の主訴は治療上有益な情報であり、これが実装できれば、副作用を客観的に評価することが可能となり、対策や治療計画の改善につながる。本研究では医学的に対処が必要となる身体症状のデジタル化をテーマとしているが、ヒトの脳が主観的感觉として処理している認知をデジタル化する技術は、感情のデジタル化にもつながるなど、その応用範囲は極めて広い。また、仮想現実技術による疑似体験は既に心的外傷後ストレス障害（PTSD）治療などに応用されている他、環境保護意識を高めるなど様々な行動変容を引き起こすことも可能である。健全な社会の構築につながる重要な技術として、様々な分野で応用されることが期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

健康をテーマとするセンサー技術やデータベースは現在複数あり、今後も乱立することが見込まれる。既に禁煙指導や血圧管理においてはスマホアプリが健康保険適用となっているが、多種多様の膨大な健康情報を適切に選択・判断するツールはなく、それを目指した教育体制も存在しない。さらに、感覚として捉えられる副作用を計測データとして処理し個人の健康情報を組み合わせれば、より患者の幸福につながる医療の選択が可能となることが期待できる。

⑦ 社会的価値

病気やその経過、その後の選択など、ヘルスリテラシーを身につけることは国民にとって有益であり、必要な事項である。また、病気となっても主体的に人生が送れることになり。さらには、社会的利益も同時に考えられる知識を持った国民となることで、長期的に安定した社会が実現できる。

⑧ 実施計画等について

実施計画 1. 医療機関の診療データベースと個人の健康管理データとの統合：モデル医療機関で、個人の計測データと医療機関の診療データの紐づけ、症例蓄積（臨床研究開始・症例蓄積および予後調査（1～3年）、蓄積したデータから予後予測モデルを構築（3～5年）、予測モデルの検証、改善（6～10年）

2. 数値化されていない健康情報のデジタル化：臨床研究による副作用情報と計測データの集積（1～5年）、AIによる数値化モデルの構築・最適化（4～8年）

3. 医療データを再現し疑似体験を可能とするVRの開発（3～10年）

4. ヘルスリテラシー教育の体制構築：教育体制・カリキュラムの設計（1年）、教育プログラムトライアル（2～4年）、トライアル評価（4～5年）、リテラシー教育の実施（5～10年）、成果の検証（9～10年）

総経費 14億円

所要経費 1. 医療機関の診療データベースと個人の健康管理データとの統合（5億円）、2. 数値化されていない健康情報のデジタル化（2億円）、3. 医療データを再現し疑似体験を可能とするVRの開発（2億円）、4. ヘルスリテラシー教育の構築（5億円）、総額14億円を見込んでいる。この先10年間できることとしては、1、2、3でありこれには、コンピューター、ソフト、VR機材、データ管理費、人件費などを複数の施設で行うことから、これらの10年間で9億と見積もることができる。テーマ4についてはVRができてから本格始動となることが最も効果的であると予想される。したがって、初期の10年間に関しては、5施設での教育基盤の構築するための、教材の作成、人件費、教育専門家の協力などに充てることを考えここでは1億円が必要となり、10年間で10億と見積もった。

⑨ 連絡先

崔 吉道（日本医療薬学会）

One Medicine による創薬・先端医療研究の革新と Sharing Medicine の実現

① ビジョンの概要

医学と獣医学を One Medicine の視座のもと融合し、Sharing Medicine（人獣共通医療学）という新たな学術領域を確立する。我が国の医学・獣医学領域に分散する様々なリソースの集中・共有により、ヒトと動物で発症する疾患の共通点・相違点の把握を含めた本質的な病態機序の理解により、医学・医療に革新的進歩を生み出し、疾病の予防・克服において大きな社会変革をもたらす。

② ビジョンの内容

わが国では、成功率の高い創薬シーズの開発・育成の体制構築が急務である。また、伴侶動物に対する医療の高度化を背景に動物用医薬品開発の必要性が高まっているが、ヒト医薬品に比べ市場規模が小さいことが制約となり、動物用医薬品開発が十分に進んでいない。このような背景から動物医療の現場では、ヒト医薬品の動物への流用、ヒト医薬品として承認されなかった医薬品の動物用医薬品としての承認が散見される。このような背景から、ヒト医薬品開発と連動した動物用医薬品の開発の必要性があると考えた。

そこで、今後 20～30 年間で、医学-獣医学の連携の必要性を示す「One Medicine」の概念を昇華させ、ヒトと動物における医療資源の共有を目指し、Sharing Medicine という新学術領域を確立する。すなわち、ヒトと動物の間における共通・類似疾患の病態機序の比較により、疾患の本質的理解を加速させるための学術環境を整備する。具体的には、ヒトや動物の各疾患を精緻に再現した疾患モデル動物の開発、自然発症動物症例をモデル活用する革新的臨床横断試験などを通じて、ヒトおよび動物用の医薬品・医療機器の開発を一体的に推進した成功例を蓄積する。また、医学および獣医学領域における創薬研究のプロセス共通化により、ヒトおよび動物の医薬品等の開発コストの低減可能なことを証明する。以上のような成功例の蓄積により、Sharing Medicine が実現可能であることを社会にアピールしていく。その後、全国の医学系・獣医学系大学、製薬企業等とのネットワーク形成を通じて、Sharing Medicine に基づく創薬研究が加速すれば、ヒト用医薬品等の開発の迅速化・低コスト化が実現する。さらに、動物用医薬品等の開発についても多様化・低コスト化が実現し、動物医療の質の向上が期待できる。

我が国が先導として Sharing Medicine という新学術領域を確立することは、ヒトはもちろん動物の健康寿命の延伸に貢献することで社会に大きな変革をもたらすと共に、創薬・先端医療研究における我が国のプレゼンス回復、さらには世界の先導を担うことが大いに期待できる（図 1）。

③ 学術研究構想の名称

図 1 Sharing Medicine の実現

One Medicine による創薬・先端医療研究の革新と Sharing Medicine の実現

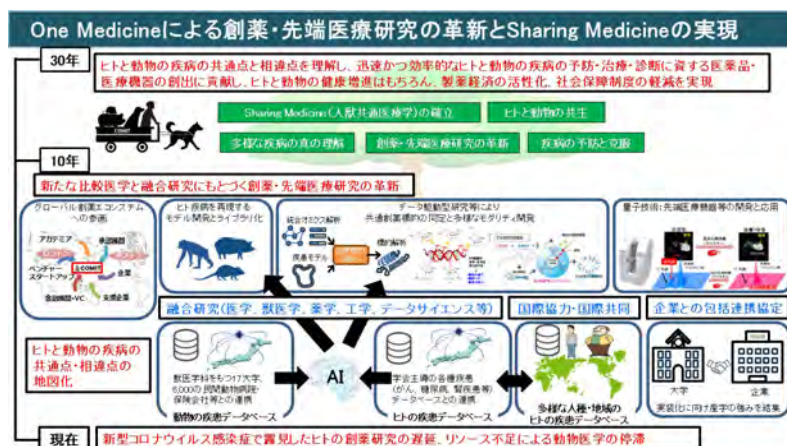
④ 学術研究構想の概要

本構想では、「ヒトと動物の疾病は共通」、すなわち「One Medicine」という視座にたち、

- 1) 比較生物学に軸足を置いた構造生物学、インフォマティクス、細胞・再生医学に基づくシーズの開発、
- 2) 比較医学に基づく疾患モデル動物や量子技術、AI を駆使した先端医療機器によるシーズの育成、
- 3) 医学、獣医学、薬学、工学等の研究者が分野横断的かつ国内外で施設横断的に連携し、有望な創薬シーズを高度に選別し、

革新的横断臨床試験により迅速に治験につなげる体制づくりを提案する。

さらに、創薬標的の同定から創薬シーズの開発・育成、革新的臨床横断試験、治験までの研究プロセスを一貫通貫で管理・推進し、医薬品・医療機器開発企業との共同研究や知財導出を支援できる人材を育成し、国内の大学・研究機関に配置し、連携を強化することで、オールジャパン体制でわが国の創薬研究を一気に加



速させるとともに、グローバル創薬エコシステムを形成し、世界の創薬・先端医療研究を先導する。

⑤ 学術的な意義

ヒトの疾病研究の多くが、他の動物モデルより遺伝子改変が先行したマウスを用いたものであり、必ずしもヒトの疾患を精緻に模倣しておらず、創薬研究への障壁となっている。さらに動物疾患の研究は、研究者の数や研究費等のリソースが制限となり、ヒトとの比較が困難かつ創薬研究への応用に高いハードルが存在する。これらの現状を受け、本構想では、疾病症状や兆候、病態生理、細胞、分子の各レベルでヒトと動物の共通点と相違点を解析し、創薬研究を加速させる。さらに、ヒトと動物の疾病に関して共通する創薬標的を同定し、種を超えた治療薬の創出が可能になる。本構想の着手により、わが国が世界の創薬・先端医療研究の先導的役割を担うと共に、One Medicine の視座のもと開発した一つの予防薬、治療薬、診断薬が、ヒトはもちろん、伴侶動物に用いられる姿、すなわち「Sharing Medicine」が実践される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

わが国に限らず全世界におけるヒト医薬品の治験成功率はきわめて低い。また、伴侶動物に対する医療の高度化を背景に動物用医薬品開発の必要性が高まっているにも関わらず、ヒト医薬品に比べ市場規模が小さいことが主な制約となり、その開発は十分に進んでいない。本構想で整備するヒトの疾病を精緻に再現する中小動物による疾患モデルのライブラリ、伴侶動物の自然発症例を用いた革新的横断臨床試験を活用した創薬・先端医療研究を推進する仕組みは存在せず、わが国初の創薬・先端医療研究を加速する新基盤になる。

⑦ 社会的価値

本構想により、ヒトならびに動物の疾病の予防、治療、診断に資する医薬品・医療機器を創出し、Sharing Medicine（人獣共通医療学）を実現する過程において、創薬・先端医療研究を強力に推進し、早期診断や未病に資する新たな技術の創出による医療費削減を実現する。また、感染症のみならずがんや精神神経疾患、生活習慣病等から、国民や国民が共に暮らす伴侶動物の生命を守り、人獣共に健康な共生社会を実現する。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：

【1～5年目】ヒトと動物の疾病の共通点、相違点の地図化に向けた各種データのデータベース構築ならびにデータベースを活用した動物モデル作出・ライブラリ化を進め、国内外との共同研究や受託研究に活用できる体制を整備する。さらに動物の自然発症例に対して有効性を確認する横断臨床試験を実践する。

【6～10年目】作出した疾患モデル動物や自然発症動物、先端医療機器を用いて臨床 POC 取得が期待できる新規シーズの有効性・安全性試験を進める。

【10年目以降】One Medicine の視座にもとづき開発・臨床応用された医薬品・医療機器を普及させ、新たな学術領域「Sharing Medicine（人獣共通医療学）」を確立する。

実施機関と実施体制：本構想では、「岐阜大学 高等研究院 One Medicine トランスレーショナルリサーチセンター」と「名古屋大学 One Medicine 生命-創薬共創プラットフォーム」が連携した東海国立大学機構の連携拠点である「One Medicine 創薬シーズ開発・育成研究教育拠点（COMIT）」が実施主体となり、国内外の大学・研究機関、企業等と共に「One Medicine」という視座のもと、創薬標的の探索と基礎研究とシーズ開発・育成を通して、ヒトならびに動物の疾病の予防、治療、診断に資する医薬品・医療機器を創出し、Sharing Medicine（人獣共通医療学）を実現する。本構想の初期には、岐阜大学及び名古屋大学、岐阜薬科大学等有する創薬シーズを、迅速かつ効率的に名古屋大学の橋渡し研究支援機構、臨床中核病院につなぎ、非臨床試験、治験・臨床研究まで一気通貫の創薬・先端医療研究を推進する。動物の疾病データベースの構築と伴侶動物の自然発症例を用いた革新的横断臨床試験は、全国の獣医学科を有する大学、動物の医療保険会社等を入りに全国 6,000 の動物病院との連携も予定する。

総経費：計 200 億円/10 年（設備・運営費 160 億円/10 年、施設費 40 億円/10 年）

所要経費：経費の計画は 200 億円であり、その内訳は、本構想の核心を成すヒトと動物の疾病の共通点・相違点の地図化に伴う比較情報基盤ならびに動物病院の臨床データ情報の構築費のほか、最先端設備や共同・受託依頼に応じた動物施設の経費で構成される。

⑨ 連絡先

秋山 治彦（岐阜大学高等研究院 One Medicine トランスレーショナルリサーチセンター）

脳天文台を中核とする脳型重層研究・バンク網が導く 多様な個の脳・こころと環境のウェルビーイングが共存する「和の社会」構想

① ビジョンの概要

先端的な多階層観測技術を備えた「脳天文台（仮称）」をハブとし、強固に結んだ研究網で最先端の脳科学研究を行う。多階層の神経活動観測とデータ科学により脳のネイティブコードを理解し、ヒトのこころの動きや精神・神経疾患のシミュレーションを可能にするヒト脳デジタル生物学の創生を通じて脳と AI が共存する「和の社会」の創生に貢献する。本構想は日本神経科学学会の構想（No. 42）と相補的である。

② ビジョンの内容

ヒト脳は約 1,000 億個の神経細胞が 100 兆個のシナプス結合を介して結合する局所回路と大域回路が織りなす重層回路網である。神経細胞同士がどのようなアルゴリズムで回路網間を通信しているのか、神経細胞間の情報処理ルールいわば神経系の「ネイティブコード」を解明することは神経科学の究極の目的の一つである。そこで、本構想では、神経科学者と AI・工学研究者を集約した先鋭的な脳天文台（仮称）を新規に整備し、神経活動を網羅的に観測するに留まらず、生体脳あるいは脳由来素材と AI を人工的に接続するインターフェイスを開発し、神経・シナプス活動の網羅的な計測と、神経活動操作を組み合わせることで、脳重層ネットワーク内における情報処理ルール（ネイティブコード）を解明する。さらに、分子・細胞レベルの操作を介して、ネイティブコードによる情報の生成と解読に必須の分子・細胞メカニズムを解明する。これにより精神・神経疾患等による神経回路内の情報伝達異常のメカニズム解明を推進する。脳天文台と全国の研究機関を強固に結合し、地方にしながら世界最先端の脳 AI 融合研究を可能にするインフラストラクチャーを構築し、地方の研究者もネットワークを介して脳天文台の脳-AI 接続実験に参加する。「Society5.0 における人間と AI が共存する和の社会の実現のためには、人間特有の「脳とこころ」の多様性解明が不可欠である。ネイティブコードの解明は、人間のウェルビーイングに深く関わる意識下の「こころ」状態モニターの開発を通じて文理融合にも寄与することが期待される。さらに脳機能拡張や精神疾患の「こころ」の解明については倫理的・法的な視点が欠かせない。本ビジョンは、一人ひとりの人間性を尊重し、持続可能な世界の構築に貢献するものである。以上の活動を通じて、「ヒト脳デジタル生物学」を創生する。



図1 脳型重層研究網

③ 学術研究構想の名称

脳天文台を中核とする脳型重層研究・バンク網が導く多様な個の脳・こころと環境のウェルビーイングが共存する「和の社会」構想

④ 学術研究構想の概要

中核機関を中心に、ネイティブコードの解読を進め、その生成と解読に必須の分子・細胞メカニズムを解明する。高速ネットワークを活用することで時間遅れなしに全国から接続可能であり、地方にしながら最先端の実験系にアクセスしデータを取得するシステムを構築する。脳の演算処理及びニューロツイン（創薬に活用できる細胞内構造/神経回路のバーチャル疾患モデル、脳機能の一部を代替するデジタルデバイス等）及び分子・細胞操作による知見を疾患研究・治療開発に展開し、最終的にヒト脳全体のモデル化と高効率 AI の創出を目指す。「ヒト脳デジタル生物学」実現のための脳研究網は、優れた情報処理能力を持つ脳に学び、複数の研究拠点を地方の機関に分散配置して拠点の実験環境にアクセスすることで多階層のネットワーク型脳研究を推進する。またこのような研究に活用する脳資源を安定的に確保するためヒト iPSC 由来脳オルガノイド・アセンブロイドや脳外科残余検体を収集・維持管理・利活用する次世代脳バンクを整備する。

⑤ 学術的な意義

ネイティブコードの解読は、生体脳と AI 等の人工脳をシームレスに繋げる BMI 技術の礎となる。脳のふるまいを統合的・網羅的に観測したデータに基づき解読するアプローチに必要な巨大なデータ収集の限界を突破するため、網羅的に記録した脳活動データを集約し、研究を遂行する集中型脳科学研究施設が国際的にも提案されている。本提案はさらにその先を見据え、集中型脳科学研究施設を中核としつつも、最先端のネットワーク技術を用いて研究網を全国展開することで、地域格差なく有機的に最先端研究ができる融合型研究体を目指す点が極めて独創的である。脳をより統合的に深く理解しデジタル情報として再構築するためには、分野を横断し利用される大規模な共同研究設備・体制が必要である。異分野連携を主体としてデータサイエンススキルを含む各種技術の習得可能な拠点として若手をバックアップし、世界への雄飛を支援する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国際的には「次世代型ブレイン・オブザーバトリー」と呼ばれる研究所群の設立が提唱されている。さらに、米国 Brain Initiative や Allen Institute による神経活動や細胞の網羅的計測あるいは欧州 EBRAINS による脳デジタル研究基盤の充実が目覚ましい。日本には同様の取り組みがなく、脳研究網と生体脳を含む次世代脳バンク網を連結し、シナプス研究や霊長類神経科学、ヒト脳オルガノイド研究といった日本の強みをさらに発展させて新しい問題にアプローチすることが必要である。こうした多階層研究を推進するためには、整備が進められている死後脳バンクに加え、ゲノム情報と紐づいた残余脳外科検体等及び脳画像・脳波等の貴重なヒト脳資源を統合的に利活用する全国的な脳研究資源基盤の整備も必要である。

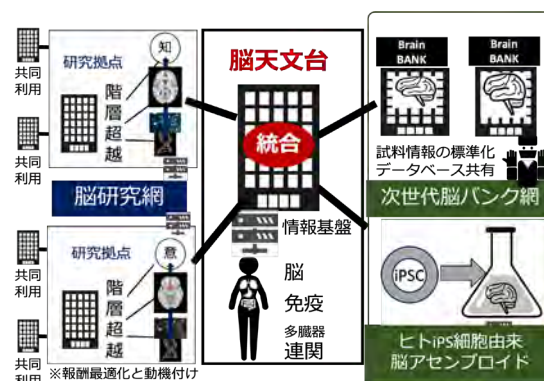


図2 脳天文台を中核とした研究体制

⑦ 社会的価値

脳型重層研究網構想は、少子高齢化と大都市への資源集約が進んでいる日本における学術研究のあり方を根本的に変える、競争型でなく調「和」型の研究構想である。最新の情報技術で中核と強固に結んだ研究網の構想は地方創生の一助ともなる。日本人が伝統的に理想とした「和」を、脳と AI の対立ではなく、両者の共存を内含した普遍的な概念として再定義し、日本発の思想として世界に発信する。また市民に向けたメッセージとして、脳の健康維持や疾患克服、生涯にわたる幸福感とウェルビーイングの向上は喫緊の課題である。脳機能の補助・拡張技術は、労働人口減少や認知症をはじめとする精神神経疾患の増加に対する切り札となる。ネイティブコードとその分子・細胞基盤の解明を通じて目指す精神・神経疾患の克服や低消費電力・低 CO2 排出のヒト型 AI の開発は、学術的価値だけでなく経済的・産業的にも重要であり、脳科学の知見に基づく革新的な情報処理技術の実現は Society5.0 とその先に向けた大きな技術革新となるであろう。

⑧ 実施計画等について

初年度に、自然科学研究機構に置く中核拠点「脳天文台（仮称）」設立に着手し（神経科学学会が提案する「脳」天文台）、「地方研究拠点」は既存建物を改修する。ネットワークで中核拠点と地方研究拠点を結ぶための協議会を設置する。次世代脳バンクは国立精神・神経医療研究センターなどの国研に設置することを想定している。2～3年目に「脳天文台（仮称）」計測系を立ち上げ、神経細胞間の情報処理ルール（ネイティブコード）の解読研究に着手し、速やかに最先端多階層観測技術を共同利用として活用しやすい基盤を構築し、地方からネイティブコード解明研究に主体的に参画できる体制を構築する。オルガノイド、線虫、昆虫、哺乳類など多種脳のネイティブコードの差異の解明とその細胞・分子基盤を比較研究する。女性比率、外国人比率に数値目標を設定しダイバーシティ確保を目指す。総経費は 1055 億円であり、その内訳は「脳天文台（仮称）」建設費 300 億円、運営費 30 億円 10 年間（計 600 億円）、「地方研究拠点と連携機関の整備」初期費用 200 億円、運営費 10 億円 10 年間（計 300 億円）、「次世代脳バンク」初期費用 30 億円 2 年間及び 10 億円 8 年間（計 140 億円）、「情報基盤整備」初期費用 5 億円、運営費 1 億円 10 年間（計 15 億円）。

⑨ 連絡先

高橋 良輔（日本学術会議会員、京都大学）、花川 隆（日本学術会議連携会員、京都大学）

Society 5.0 における Wellness の壁を越える研究領域の推進

① ビジョンの概要

生成 AI とセンシングデータ・医療データを融合させることで、個々人の健康状況を考慮した革新的で新しい健康増進 ICT やデジタル治療技術の開発が可能になりつつあり、生成 AI と異分野コンテンツの統合利用技術の創出を推進する研究開発組織の創設が望まれる。B5G/6G を活用した革新的な健康・医療・介護分野のイノベーションも期待でき、日本の産業競争力向上や医療費削減にも寄与すると考えられる。

② ビジョンの内容

B5G/6G を含むネットワークや IT の進歩が AI や IoT の急速な発展を促すことにより、実世界のあらゆる活動から取得したデータをサイバー空間で解析し、社会のスマート化や健康社会の構築に役立てるデータ駆動型社会を迎えつつある。特に、ここ数年で情報学の対象が大きく拡大し、生成 AI の利活用などが社会全体で進んでいる。今後 B5G/6G 通信網が普及すると、Mobile SINET の情報通信基盤などを活用して、SINET6 と多くの地域社会を結んだ超高速ネットワークが構築され、学術研究組織と地方自治体や地域の病院・介護施設などとの連携が急速に進んでいくものと考えられる。例えば認知症患者の治療や見守りは、従来のような病気の改善や医療・看護・介護の対応から、街中での徘徊の監視・適切な行動変容の誘導などの新技術の併用により、認知症患者自身にとっても安心できる生活空間の提供や自然な行動変容支援が可能になってくる。

健康医療分野においては、バイタル情報などのセンシングデータと医療データを融合させ、個々人の健康状況を考慮した経時的な病状変化の推定や未病検知などにも活用できる革新的で新しい健康増進技術やデジタル治療技術、健康増進・介護の効率化などを目指した先進的な IoT 機器の創出、などが求められている。先進的なモノ作り技術を持つ日本の特徴を活かし、その産業競争力の向上や国民の医療費削減、健康寿命の向上のためにも、ICT や AI をベースにした異分野コンテンツの統合利用技術の創出を推進する研究開発組織の創設が求められ、その組織が中心となり新たな学術的成果を発出することで、Society 5.0 が標榜する「誰一人取り残さない」超スマート社会の実現が可能になる（図 1）。

③ 学術研究構想の名称

Society 5.0 における Wellness の壁を越える研究領域の推進

④ 学術研究構想の概要

健康・医療・介護分野の研究者、法学や社会科学分野の研究者、ICT の研究者を繋ぐ研究組織を早急に構築し、新たな Wellness を実現する異分野横断的研究領域の推進を図るべきである。その組織では、(a) デジタル治療や見守りに活用可能な高機能・高信頼性低消費電力 IoT 機器の開発、(b) 高度な人やモノの行動認識技術の考案、(c) 行動経済学や心理学に基づく行動変容技術の創出、(d) 個人データの分散保存・管理のための ICT 基盤開発、(e) AI を活用した医療・健康分野の新技術の考案など、情報学や医工学分野の科学技術の基礎力の向上を図ると共に、(f) 適切な法制度を設計し、ELSI 問題を含めた社会受容性の向上やトラストの確立、標準化の推進などの研究や活動を実施し、(g) 国や自治体、病院、市民対話を通じて、サービスの実現、実証、改善というサイクルを回して、創出技術の社会実装と高度化が図られると予想される。

⑤ 学術的な意義

電力供給が不要なゼロエネルギー IoT デバイス網の構築や人やモノの状況認識に関する技術の創出は、最近の IoT 分野で最も活発な研究課題の一つである。一方、健康・医療・介護分野の AI の開発など、ライフデザイン・イノベーションを創出するには、個人の健康情報などの収集のみならず、各人の医療データの分類・グループ化を行うことで、各人の健康や医療、年齢などの特性に応じた AI を構築することが可能になる。また、シミュレーション技術を活用することで、測定データが足りない部分をシミュレーションで高精度に補完したり、現在の個々人の特質を把握したり、将来を予測することが可能になる。

一般に Wellness を意識した社会のスマート化を図るには、エッジコンピューティングの概念に基づく都市

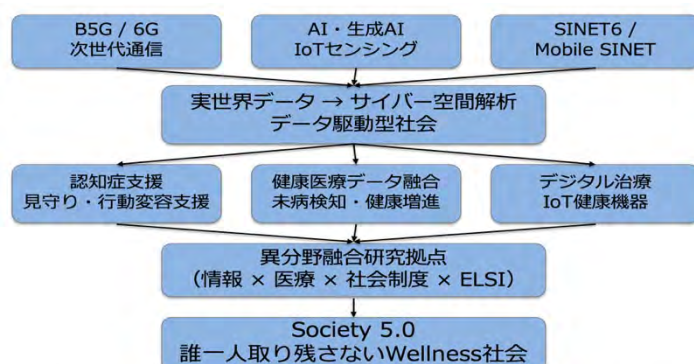


図 1 データ駆動型Wellness社会を実現する研究構想

街区の仮想空間・デジタルツイン技術の開発や、効率的な B5G/6G 通信網の活用、医療情報とパーソナルヘルスレコード (PHR)、個人の活動状況情報の連携技術の開発などの学術的課題が存在する。また、ICT や AI を併用した新たなデジタル治療技術の開発など学術的にもインパクトの大きな研究成果の創出が期待できる。さらに、SINET6 またはその後継と多くの地域社会を結んだネットワークを構築することが可能になり、学術研究組織と地方自治体との連携や、地方自治体同士の連携も可能になる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

米国では、大統領科学技術諮問委員会 (PCAST) 報告書で「ビッグデータ」や「IoT」、「サイバー・フィジカル・システム」、「周波数の有効利用のためのスペクトラム」など、大規模 IoT デバイス網の構築や活用を目指した研究推進が謳われ、NSF でも Smart & Connected Health (SCH) プロジェクトを推進している。欧州委員会の Horizon Europe プロジェクトにおいても、IoT ネットワークを活用した医療、エネルギー、環境、交通分野の研究プロジェクトが多数推進され、世界中で新たな Wellness 関連技術の創出が行われている。

⑦ 社会的価値

ライフデザイン分野のイノベーションは、少子高齢化が進む日本において、国民の理解も高く、その知的価値も大きい。SDGs との関連においても、「すべての人に健康と福祉を」や「産業と技術革新の基盤を作ろう」などの SDGs テーマとも関連し、多様な産業分野における SDGs 対応における有益な知見を提供できる。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>：2026 年度～35 年度の 10 年間
当初 2 年間（研究拠点形成経費）：研究推進のための研究拠点を設立し、IoT デバイス研究部門（ゼロエナジーIoT デバイス網の構築技術の創出）、状況認識技術研究部門（人やモノの状況認識技術や機械学習技術の開発）、ライフデザイン研究部門（未病改善、健康増進、デジタル治療などの研究や大規模シミュレーション技術の創出）、異分野連携研究部門（医療×情報・AI、ELSI・プライバシー）、社会実装実験支援部門（Mobile SINET 社会実装実験）、人材育成部門（生成AIなどを活用する次世代研究者の育成）（情報系・医療系研究者の連携、ELSI・プライバシー保護技術の研究）、人材育成部門、社会実装実験支援部門（Mobile SINET をベースとした社会実装実験）を設置する（図 2）。

10 年間の期間全体（研究拠点運営経費）：構築した 6 部門に

研究者を雇用し、研究開発費（運営費）、人材育成部門合計 4 億円程度の経費を各年度計上する。

2029 年度～7 年間（社会実装実験経費）：B5G/6G 通信網や Mobile SINET 情報通信基盤を用いて幾つかの市町村で社会実装実験を実施し、その有効性を評価・検討する。社会実装実験は中規模の都市街区、高齢化問題などを抱える地方の市町村、妊婦や子育て支援を実施している自治体などで、高齢者の見守り、妊婦や子育て支援、ライフデザインなどのテーマを設定して実施する。

<実施機関と実施体制>：大阪大学、国立情報学研究所、東京大学、京都大学の何れかの機関に研究拠点を形成し、協力機関として、理化学研究所、東北大学、筑波大学、東京科学大学、電気通信大学、慶應義塾大学、横浜国立大学、名古屋大学、奈良先端科学技術大学院大学、九州大学などが参画する。Oxford 大学などの海外大学、国内外の通信キャリア、電機メーカーなどとも連携し、有機的な研究ネットワークを構築する。

<総経費> 80 億円

（人件費 15 億円、運営費 15 億円、人材育成費 10 億円、設備費 12 億円、社会実装実験経費 28 億円）

下記の (a)～(g) の研究・人材育成のための経費と社会実装実験経費を計上。

- (a) 高機能・高信頼性低消費電力 IoT 機器の開発
- (b) 高度な人やモノの行動認識技術の考案
- (c) 行動経済学や心理学に基づく行動変容技術創出
- (d) 個人データの分散保存・管理の ICT 基盤開発
- (e) AI を活用した医療・健康分野の新技術の考案
- (f) 法規制・ELSI 問題やトラストの確立
- (g) 国や自治体、病院、市民対話を通じた社会実装

⑨ 連絡先

東野 輝夫（京都橘大学 工学部 情報工学科・教授/大阪大学 大学院情報科学研究科・特任教授）

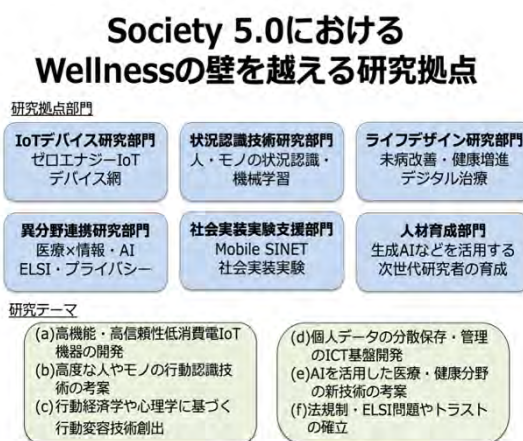


図 2 提案する研究拠点案

“守護天使チーム”による究極の個別化医療と見守り社会の実現

① ビジョンの概要

人は生きていく上で場面に応じて様々なロールを担い、場面に応じた判断や行動が必要となる。社会に溶け込んだ高度な AI に裏打ちされ、ロールごとに存在する様々な “守護天使エージェントたち” が個々人に特化した賢いパートナーとしてチーム体制で人を見守り、その人の個性と場面に応じた適切な助言により「個人が個人らしく生きる」ことをサポートする究極の個別化医療と見守り社会の実現を目指す。

② ビジョンの内容

“守護天使エージェント”とは、適切なタイミングで個人に特化した適切な助言を伝える未来における個人のパートナーとしての何らかの知的存在を指す。様々なロールごとに開発されていると予想されるが、個々の守護天使はその領域に特化したエキスパートに過ぎない。医学的視点のみならず、人権と自由意思の尊重、生活背景、社会全体の最適化、医療受診機会の平等化、倫理、医療制度、医療・病院管理、公衆衛生など多様な立場や観点によって個々の守護天使の助言の最適解は異なり、時には相反する可能性もある。複数の守護天使の各々の観点での最適解を、どのようにバランスをとって統合し、個別化した介入を行うのか。またどのようなマンマシンインタフェースを用い、どのような介入を行うべきなのか。さらに人はそれをどのように受容するべきであるか。これは、個人が個人らしく生きるため、「個々の価値観までを含めた究極の個別化医療と健康見守り」の実現をめざし、医学・情報学・人工知能・哲学・法学、倫理を始め多様な学問での学際的協調を通じて今後 30 年間のスパンで取り組むべき学問領域である。

③ 学術研究構想の名称

“守護天使チーム”による究極の個別化医療と見守り社会の実現

④ 学術研究構想の概要

直近の 10 年間では、必要なデータ基盤の整備、基礎的要素技術と方法論の開発、ならびに倫理的・社会的観点からの検討と社会的コンセンサスの醸成を行う。これは以下の 3 つの柱からなる。(柱 1)健康医療ビッグデータによる医学医療情報の大規模統合解析と医用 AI 応用基盤の開発。(柱 2)医師に対する診断診療支援や医学知の創出、患者や健常者に対する行動変容・疾病管理や予防医学的助言、社会最適化や医療・介護費適正化の観点での推奨方針、各種医療専門職業業務支援など、健康医療分野の各領域で“守護天使”開発に向けた AI 技術研究の推進。(柱 3)個々の領域で開発された複数の AI の出力を、バランスをとって統合し、個人の特性を加味した上で個別化した助言や介入を行うための新しい方法論の確立。

これらはさらに以下の項目に細分化される。(A)各種生体センサーと IoT により生活や介護データを収集管理する個人健康情報管理システム(PHR)の標準化と普及による高品質の医療データ生成システムの構築、(B)次世代医療基盤法を活用した個人の健康医療情報を統合する匿名加工化健康医療情報データベース(FHDB)の整備、(C)FHDB を活用する医学医療統合データ解析活用センターの構築、(D)これを活用した個別領域における AI 開発の推進、(E)複数の AI の出力を統合し人を支援する方法論の開発、(F)個々人の特性をキャプチャしそれに基づいて AI からの助言内容を個別化する技術の開発、(G)個人への適切な介入の在り方と方法、また個人の自由意思や多様な生き方の尊重と医学的見地からの助言、社会としての最適化、など様々な観点のバランスの取り方についての学際的議論と倫理的・社会的観点からのコンセンサスの醸成

⑤ 学術的な意義

現在の医用 AI 研究は「特定の専門的タスク」の支援を機械学習等によって実現するものであり、各観点で最適化された AI を組み合わせ、個人の特性を加味した上で個別化した助言や介入を行うという機構については未だ実現しておらず、挑戦的学術課題である。これには患者の全身状態や生活背景まで含めトータルで考えた最適な診療方針、医療・介護費の適正化や労働人口の確保・健康寿命の延伸といった社会持続性やマクロな視点での最適化、自由意思と人権・多様な生き方の尊重など、様々な観点のバランスをとる必要があり、倫理、法、哲学的な観点も含めた新しい方法論の確立が必要である。これにより、「個人が個人らしく生きる」ことをサポートする究極の個別化医療と持続可能な見守り社会実現へのブレークスルーとなる。

また、この開発には次世代医療基盤法上で生成する健康医療ビッグデータが必須の基盤である。事業者毎に散在する膨大な保健・医療・介護データを、次世代医療基盤法上で個人の一貫したデータとして統合し、

匿名加工化して得た大量のデータを活用し、応用統計技術や機械学習を駆使することで、旧来の研究では実現しえない規模と速度で人類に役立つ新たな医学知を量産する基盤が構築される。膨大な医療リアルワールドデータ(RWD)から生み出された新たな知は次なる基礎研究の萌芽を促し、さらに多くのデータを生み出す循環をもたらす。また、AI 研究者にこのような大規模医療データ利用が可能な環境を提供することで、医用 AI 研究を飛躍的に推進させ、多くのデータ・アナリストと医用 AI 研究者を育成しうる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

「経済財政運営と改革の基本方針 2022」においては、医療・介護分野での DX の推進、PHR の推進、全国医療情報プラットフォーム、電子カルテ情報の標準化、AI の推進などが盛り込まれた。当該構想は、これら喫緊の課題が推進されることを前提とした上で、その後 20～30 年スパンで実現されるべきビジョンに向けた研究計画である。複数の AI 出力を統合・個人へ最適化し、個別化医療と健康見守りを行う機構は未踏領域である。また、AI 活用に関する倫理的原則や法的枠組みの整備も国内外で進められているが、健康医療分野での個人への介入の在り方と社会的コンセンサスの醸成は未だ十分とは言えない。本研究は、これらの実現を健康医療ビッグデータの大規模統合解析基盤を基に学際協調により目指す点が大きな特色である。

⑦ 社会的価値

個人の人権や自由意思・価値観の尊重と、社会持続性・マクロ最適化とのバランスの取り方について、議論が醸成され、技術的・倫理的知見が集積されることで、健康見守り社会の実現における人間と AI との良い関わり方について国民の理解が得られる社会デザインが可能となる。また、健康医療情報ビッグデータを社会インフラとして利活用推進することで、広く個々人の幸福に資する“守護天使”開発が活性化し、多様な産業創出と人材育成に繋がる。SDGs では開発目標 3、11 に貢献する。

⑧ 実施計画等について

【実施計画】

【柱 1】臨床課題指向型構造化次世代電子カルテシステムを設計し、2 年次よりシステムを開発、全国的主要医療機関の既存情報システムとのデータ連動機構を各メーカーと共同開発し主要医療機関に導入する。3 年目を目処に FHDB の構築を行い、3～4 年次で FHDB と臨床課題指向型構造化次世代電子カルテシステム、生体センサーおよび IoT を駆使した標準化 PHR との連動設計を行い、5 年次から本格的な FHDB 集積を開始する。【柱 2】FHDB を元に医用 AI 開発研究を支援する解析センターを 4 年度までを目処に構築し、安全にアクセスできるサテライトを全国数カ所に展開、運営を開始する。また 5～6 年度から一般研究者に広く公開し、各領域での医用 AI 開発を推進する。【柱 3】初年度より人工知能、社会医学諸領域、倫理、社会学等の分野との学際的協調により、複数 AI の出力を統合し人を支援する新しい方法論とその在り方について検討・設計を行うと共に要素技術の開発を行う。FHDB の構築に合わせ 3 年目より実データを用いた検証研究を開始する。また、各個別領域にて開発された学習済み標準モデルに対し、FHDB 解析により抽出された個々人の特性情報に基づいて個別化するための要素技術開発を行う。さらに、AI の出力結果を統合した個人への適切な介入の在り方について学際協調による検討を行い、法整備の状況とも合わせ社会コンセンサスの醸成に取り組む。

【実施・協力機関】一般社団法人日本医療情報学会（総括代表）、関連する全国大学医療情報学関連講座や医療情報関連の財団法人・社団法人、一般社団法人人工知能学会、社会医学・臨床系各学会、人文社会系各学会、生体医工学、センシング技術、マンマシンインタフェースに関係する情報処理系各学会等

【所要経費】総額:100 億円

(1) 医学医療統合データ解析活用センター整備 総額 45 億円（初期経費(1～3 年):臨床情報統合 DB 構築 34 億円(内訳)健康医療情報収集・名寄せ・匿名加工化基盤 30 億円(100 施設分)、センター 4 億円(DB 構築、開発)、運用経費(4～10 年目):11 億円(内訳)システム運営 0.5 億円/年×7 年 計 3.5 億円、人件費:1 億円/年(15 人)×7 年 計 7 億円、その他:0.5 億円) (2) 開発研究 総額 45 億円(内訳)統合 DB・解析システム研究開発:5 年 計 10 億円、PHR 標準化と普及推進 5 年 計 5 億円、個別領域での医用 AI 応用システム研究開発:7 年 計 7 億円、複数 AI 統合手法の研究開発と学際的検討:8 年 計 8 億円、次世代電子カルテシステム研究開発:5 年 計 10 億円、データ解析と社会実装:7 年 計 5 億円 (3) 管理的経費:10 年 計 10 億円

⑨ 連絡先

小笠原 克彦（一般社団法人日本医療情報学会）

グローバル・エイジング下での持続可能な制度設計を目的とした 産・官・学の協働・協創による次世代型データ整備事業

① ビジョンの概要

グローバル・エイジングは、21 世紀において国際協調が求められる喫緊な政策課題の 1 つである。「超高齢社会」では、高齢期における罹患率の圧縮と健康寿命 (healthy life expectancy: 以下、HALE) の延伸や経済社会における生産性・効率性・衡平性の向上等、ヒトの生命と社会双方の網羅的な理解による Well-being の創出が重要な鍵となる。急激な人口減少下で、制度の持続可能性を模索する日本社会から得られる「科学的エビデンスに基づいた教訓」に対する国際的な関心は高く、そのためのデータ基盤整備とその利活用による学術の発展が急務である。

② ビジョンの内容

高齢化の進展は、平均寿命の大幅な延伸を反映しているが、World Health Statistics 2022 では、HALE の延伸が平均寿命の延伸より若干遅く、高齢期に障がいと伴に生活する年数が長期化傾向にあることが指摘されている。HALE の更なる延伸には、人々の行動や生活習慣を改善する抜本的な政策的取組や生命科学領域におけるブレークスルーが必要となる (図 1 参照)。

第 2 に、総人口に占める高齢者割合の増加に起因する生産年齢人口の激減は、労働力不足や国内需要の減少による経済規模の縮小、ひいては人々の well-being に直結する社会保障や教育に投入可能な社会資源の枯渇につながる。また、投票人口の多い高齢者を優遇するシルバー民主主義の発生により、稀少な社会資源の配分に更なる歪みが生ずる可能性もある。したがって、政策形成過程も含め、経済社会におけるあらゆる局面での生産性・効率性・衡平性の向上が、超高齢社会に共通する課題となる。

第 3 に、2011 年に、The Lancet が、日本で年金・医療に係る国民皆保険制度の導入後 50 年が経過したことを記念する特集号を公刊した。その中で、繰り返し強調されたのが、世界に先駆けて「超高齢社会」に突入した日本社会から得られる「科学的エビデンスに基づいた教訓」の重要性である。世界的に見て寛容な社会保障のチョイス・セットを提供している社会が、急激な人口減少の下、制度の持続可能性をいかに担保するのか、国際的な関心は極めて高い。

③ 学術研究構想の名称

グローバル・エイジング下での持続可能な制度設計を目的とした産・官・学の協働・協創による次世代型データ整備事業

④ 学術研究構想の概要

本構想では、人々の well-being に直結する持続可能な制度設計のための基礎研究を目途とした、産・官・学の協働・協創による大規模なデータ整備事業を行う。COVID-19 パンデミックを契機とする産・官・学の連携は、政策形成過程の再構築にとって望ましい反面、因果推論を根拠とする「科学的根拠に基づいた政策立案・評価 (Evidence-Based Policy Making: 以下、EBPM)」と、それに根差した「立案・Plan、実行・Do、評価・Check、改善・Action」(以下、EBPM-PDCA サイクル) を当然の政策手段として根付かせるために克服すべき課題は多い。本構想では、経済学、政治学、法学、公衆衛生学、社会疫学、情報工学等文理融合を基盤とする産・官・学のプラットフォームを構築し、米国の National Bureau of Economics Research (以下、NBER) 等との連携を図りつつ、国際的に比較可能なデータ整備と基礎研究を行う (図 2 参照)。

⑤ 学術的な意義

本事業により、悉皆性・代表性は高いが、情報が限定的な行政管理情報特有の短所を克服し、次世代型の社会統計ビッグデータ・システムが構築されれば、因果推論を根拠とする EBPM-PDCA サイクルに資する科学的・実践的価値の高いエビデンスの創出に貢献することになる。学問領域を問わず、こうしたリアルワール

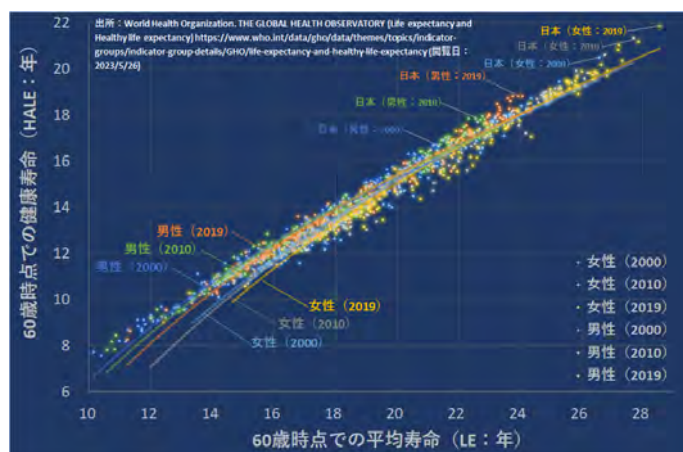


図 1 60 歳時点での平均寿命と健康寿命の相関図 (182 カ国)

ドデータに対する世界的な関心が高まりつつある理由は、それが、エビデンスレベルが最も高くゴールドスタンダードとされてきた実験的手法を補完する重要なリソースだからだ。他方で、リアルワールドデータの課題は、政策介入の結果が、純粋にその政策介入に起因するのか、見せかけの相関なのかを識別することの困難さにある。これは「内生性」と呼ばれ、純粋な政策効果を見極める際に重要な鍵となる。計量経済学では、内生性に対処するため、リアルワールドデータを疑似的にランダム化する因果推論の手法が数多く開発されてきた。悉皆性・代表性のある行政管理情報に、モバイル空間統計やSNS上のテキスト情報等、民間が保有するビッグデータを突合することができれば、評価可能な制度や政策の幅が広がり、政策科学の地平を拓くことになるだろう。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

2006年における老人保健法改正は、日本における医療・介護に係るビッグデータ時代の「幕開け」であった。以降、要介護認定情報・介護レセプト等情報（介護DB）等、国が保有する大規模データベースの連結と第三者提供が続々と開始され、研究が蓄積されつつある。但し、行政管理情報では、観察可能な情報が限られており、人口学的・社会経済学的属性を観察することができない。2018年に施行された次世代医療基盤法により、居住地や所得等の情報の連結可能性が模索されているが、本事業では、倫理的・法的・社会的課題（Ethical, Legal and Social Issues：以下、ELSI）の克服と国民的合意形成も視野に入れ、こうした動向を更に推進すべく、データ整備と質の高いEBPMの創出に寄与する基礎研究を行う。

⑦ 社会的価値

本事業の社会的価値は、世界に先駆け超高齢社会となった日本において、悉皆性・代表性のある次世代型のデータを整備し、課題解決への道筋が十分に示されていないグローバル・エイジング下での持続可能な制度設計に寄与する科学的エビデンスを創出することである。政策科学の地平を拓く新たな価値創造へ向け、「行政機関個人情報保護法」の下、収集された情報を、どのような法的根拠に基づき、公益性が高いと認められる研究に提供していくかについて、分析者がこれまで殆ど着目しなかったELSIの検討を行い、国民的合意形成に資する産・官・学が協働・協創可能なプラットフォームを構築する。

⑧ 実施計画等について

令和8-9年度にかけて、本事業の目的を遂行するための準備を行う。具体的には、①今後10年間に5回実施するJapanese Study of Aging and Retirement（以下、JSTAR）の調査対象者25,000名を二段階無作為抽出により選定し、Computer-Assisted Personal Interviewingについて、委託業者の専門調査員に対する短期間集中トレーニングを実施。②各省庁が主幹する大規模調査と行政管理情報に対する二次利用申請を行い、包括的な管理運用を行うシステムを開発。③民間に集積されている各種統計について、各企業とのライセンス契約を締結。令和6-8年度にかけて、本事業で集積される情報の突合は一部法改正を必要とすることから、ELSIの検討を行う。令和9年以降は、データの基盤整備と解析とを本格化させ、得られた成果については、シンポジウム等を通じて広く一般に公開するとともに、国内外の学会や英文査読誌に投稿を行う。実施機関は、早稲田大学・総合研究機構に附置されているソーシャル&ヒューマン・キャピタル研究所と東京大学・政策評価研究教育センターを中心とする共同実施体制を想定している。また、NBERや11カ国30以上の大学機関によるコンソーシアムを組織する。所要経費総計は10,062,140（千円）。内訳は、設備備品費として425,000（千円）、消耗品費として8,140（千円）、国内外の学会・セミナー等への旅費として470,000（千円）、人件費・謝金として2,070,600（千円）、その他（調査委託費・シンポジウム開催費・民間からのデータ購入費・共有研究室の賃料・論文公刊に係る経費等）として7,088,400（千円）を計上する。

⑨ 連絡先 野口 晴子（早稲田大学・政治経済学術院）

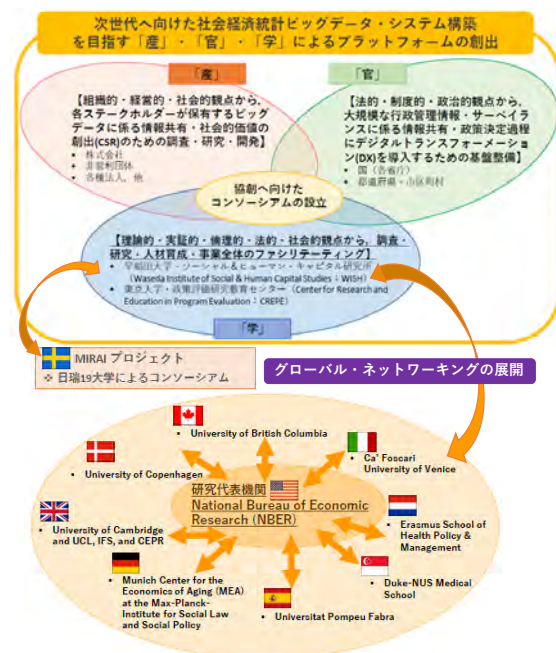


図2 産・官・学の協働・協創による次世代型社会統計ビッグデータ・システム整備事業（概念図）

「脳」宇宙解明のための国際拠点・「脳」天文台の整備

① ビジョンの概要

宇宙で最も複雑なシステムと言われる脳は、苦しみと幸せの源泉であり、また、生活を支えるすべての社会活動を制御・実現するメカニズムでもある。私たち自身に内在する深淵な小宇宙の振る舞いを、近年進化が著しい高度な技術で徹底的に観測し、その機能と破綻の普遍原理の理解を通じて、疾患克服と幸福感の向上、ヒト型の人工知能開発などの産業応用に資することを目指す。

② ビジョンの内容

哺乳類の脳は、小宇宙に喩えられるように膨大な数のシナプスと神経細胞から構成される。本ビジョンでは、あらゆる先端手法を駆使して脳を徹底的に観測し、大規模データを蓄積・公開し、その活用を加速させる「脳」天文台を設置することを提言する。「脳」天文台では、正常な脳と疾患に罹患した脳に対して先端的観測技術を用い、ミクロからマクロまでの多階層データを系統的に取得・公開する。観測された各種の大規模データを活用しつつ、種を超えた脳の普遍原理についての仮説構築、齧歯類や霊長類などの動物脳・脳オルガノイド/アセンブロイドなどの脳素材での演算方式を理解し、その AI への実装の可能性探索と応用基盤整備や脳の機能を計算機の中で模倣し再現した「ニューロツイン」の開発も行う。国内外の分野を超えた研究者がこの施設とデータベースを利用する。国内外の研究拠点と連携したネットワークのハブとして、精神・神経疾患の解明と治療、生涯を通じての幸福感の向上、ヒトの脳機能の代替えと拡張を始めとする関連産業での応用など、ヒトのための脳科学研究を推進する。

③ 学術研究構想の名称

「脳」 宇宙解明のための国際拠点・「脳」 天文台の整備

④ 学術研究構想の概要

ヒト正常および疾患脳とともに、モデル動物（遺伝子異常や環境/身体要因を反映させた各種モデル等）の脳、iPS 細胞由来の脳のオルガノイド/アセンブロイド等を対象とする。疾患がどのようにトリガーされそれぞれの病態にどのように遷移していくのかについてのデータを、これらを予防・治療すると期待される物質・技術などの効果も合わせ、系統的・網羅的に取得し公開する。先端技術の開発も同時に行う。観測された大規模データを活用しつつ、脳の普遍原理と高次脳機能についての仮説構築、動物脳および脳オルガノイド/アセンブロイド等の演算処理方式の理解およびその AI への実装の可能性探索と応用基盤整備、ニューロツイン（創薬に活用できる細胞内構造/神経回路のバーチャル疾患モデル、脳機能の一部を代替えるデジタルデバイス等）の開発を進め、将来的にはヒト脳全体のモデル化を目指す。脳のようにエネルギー効率に優れた人工知能の開発も将来的に視野に入れる。

⑤ 学術的な意義

提案の背景：脳の先端的観測技術は劇的に進歩・大規模化しており、一研究室がそれらを備えることが困難となり、若手研究者の育成方法も大きな問題となっている。近年、優れた疾患モデル動物が多く開発されているが、個別の研究室による研究は断片的である傾向も強い。AI等の技術発展によりニューロツインの開発が現実味を帯びてきたが、脳のふるまいを統合的・網羅的に観測したデータが不足している。そこで、脳活動を大規模に記録し、データを解析・共有するための集中型脳科学研究施設が国際的に提案されている。

学術的重要性：脳は、全身の臓器・細胞の隅々と密接に繋がり、高度に組織化されたネットワークとして、全身からの情報入力とその制御、複雑な行動、そして苦しみや幸せを含む心の創発まですべての脳機能を生み出す。これまで個別の分野の科学者は通常、1つの脳領域、特定の行動の文脈で、1つまたは少数の細胞から断片的に活動を記録してきたが、近年、複数の脳領域にわたって数千～数万の細胞の活動を記録するこ



図1 国内外の研究拠点としての「脳」天文台

とができるようになってきた。この種の大規模観測手法は、高度な機器とデータインフラに依存しており、個々の研究室での導入・運用は困難で非経済的である。脳をより統合的に深く理解しデジタルに再構築するためには、分野を横断し利用される大規模な共同研究設備・体制が必要である。疾患克服や産業応用に加え、人文社会系の研究を進める上での基礎ともなり、生涯にわたるウェルビーイングの向上に寄与する。データサイエンススキルを含む各種技術の習得可能な拠点として若手をバックアップし、世界への雄飛を支援する。期待されるブレークスルーと研究成果は、実施計画の欄の目標を参照。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

2022年にNeuron誌にて、「次世代型ブレイン・オブザバトリー」として研究所群を設立すべきことが、国際チームによって提唱された。大規模脳科学プロジェクトとして、米国のBrain InitiativeやEUのHuman Brain Project、EUと米国の10の研究室からなるThe International Brain Laboratory等があり、脳天文台の構想もこれらから生まれ、データやツールの解析・共有を進め国際協力体制の構築が提案されている。また、オルガノイド/アセンブロイド等を広範に活用するための研究基盤を構築する国際的動向がある。日本ではこのようなタイプの試みはまだ無く、脳の疾患モデル動物研究、脳イメージング研究、シナプス研究、神経計算論研究など日本の強みを活かし発展させることのできる脳天文台の設立が急務である。

⑦ 社会的価値

少子高齢化社会へむけて、脳の健康維持と疾患克服、生涯にわたって得られる幸福感・ウェルビーイングの向上は喫緊の課題である。労働人口の減少は不可避であり、社会・産業活動の一部をAIやロボットが代替し、脳機能の補助や拡張を行うことが望まれる。消費電力が低くCO2排出量が少ないヒト型のAIが開発できればSDGsへの貢献は多大である。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：施設の設置から当初の2年で人材のリクルート、機器や動物の導入と稼働準備を行う。5年後の目標として、1)トランスレータブルな遺伝・環境要因操作による疾患モデル動物のマルチオミクス/神経活動・行動データの標準化・系統的取得と公開、2)オルガノイド、アセンブロイドの研究技術と倫理・法的基本盤の確立、3)光学・磁気・超音波等による低侵襲計測・刺激技術/大規模脳計測データ取得法の開発、4)動物モデルとヒトで共通するバイオマーカー・精神神経治療ターゲット候補の抽出、5)脳情報処理を用いた超並列処理システムの開発、6)脳機能とその破綻の基本原理についての仮説・モデルの考案・提示、7)細胞内構造/神経回路など素過程や脳の個別機能のデジタルツインの作成、10年後の目標として、8)産業界も含め国内外で活用される基盤データベースの運用、2)上記5の革新的技術の汎用化/普及とヒト応用の実現、9)上記6の基本原則・仮説の証明と応用、10)精神・神経疾患の発症機序の理解と治療ターゲットの同定、11)消費電力が低く自ら問題設定し研究を行うようなヒト型人工知能の開発、12)ニューロツインの実用化を目指す。

実施機関と実施体制：日本の「脳」天文台は、上記国際協力体制と脳科連の提案するネットワーク内の大きな「ノード」の一つとして機能し、個別の研究室や企業（人文系、社会科学系研究室を含む）への研究支援と独自の研究開発を並行して行う。女性比率、外国人比率に数値目標を設定しダイバーシティ確保を目指す。所要経費：■総予算 360 億円（初期投資 210 億円＋運営費 150 億円）。■初期投資 210 億円。研究施設、動物飼育施設、宿泊施設を含む建設費に 60 億円。各種神経活動計測機器・施設の整備・購入に 90 億円（高磁場 MRI、3D 電子顕微鏡、神経活動イメージング用顕微鏡、各種オミクス解析関連装置、行動実験施設、スーパーコンピュータ、サーバーなど）。■運営費 年間 15 億円×10 年間＝150 億円。年間の人件費 6 億円、研究開発費 5 億円、動物管理・機器管理と共同利用・共同研究 4 億円の計 15 億円／年。

⑨ 連絡先 山中 宏二（名古屋大学・環境医学研究所）



図2 「脳」天文台研究構想の進め方

ミクロコスモスに挑む生命シミュレータの創成

① ビジョンの概要

ビッグサイエンスへと変革を遂げつつある生命科学の大きな目標は、分子ネットワークのダイナミクスから細胞の動態を予測し、さらに生命体の高次機能に至るまで一貫通貫に理解することである。生命のドグマを階層縦断的に拡張することで生命の営みを予測するシミュレータを創成し、これによりミクロコスモスに挑む時代が到来する。

② ビジョンの内容

生命科学は現在、スモールサイエンスからビッグサイエンスへの大変革の真っ只中にある。この変革は、前世紀末期に勃興したゲノミクスに端を発する生命情報の網羅的収集を基軸としており、その成果は、タンパク質3次元構造の高精度予測を実現するとともに、細胞内の分子ネットワークの全体像を俯瞰し、天文学的な複雑性を帯びた糖鎖が担う生命情報の解読を促しつつある。すなわち、生命情報のデジタル性に基づく古典的なセントラルドグマは、大規模データの集積と人工知能の支援により著しく拡張されつつある。

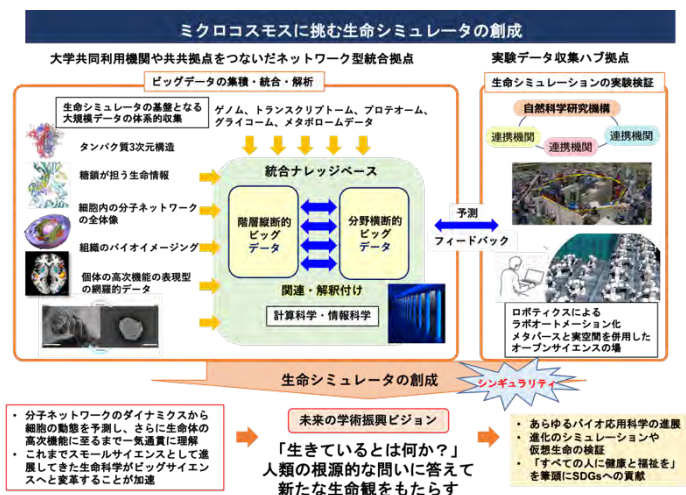


図1 学術の中長期研究戦略

こうした潮流の中で、分子ネットワークのダイナミクスから細胞の動態を予測し、さらに生命体の高次機能に至るまで一貫通貫に理解することが次世代の生命科学の課題である。すなわち、生命のドグマを階層縦断的に拡張することで生命の営みを予測する生命シミュレータの創成が生命科学の大きな目標となるであろう。生命シミュレータを創成することは、大規模な仮説の生成と検証のサイクルを実現し、生命に関する科学的発見を自律的に行うシステムの創成というグランドチャレンジも内包している。膨大な仮説の検証においては、生命の設計図の合成や書き換えとロボティクスによる実験自動化が重要な役割を演ずる。

このビジョンの実現は、「生きているとは何か？」という人類の根源的な問いに答えて新たな生命観をもたらすとともに、医学・薬学・農学・工学をはじめ、あらゆるバイオ応用科学の進展を促す。さらに、生命シミュレータを用いたミクロコスモスの探査によってもたらされる生命のパラダイムシフトは、人文・社会科学との融合を通じて豊かな未来社会の創造に資するであろう。

③ 学術研究構想の名称

ミクロコスモスに挑む生命シミュレータの創成

④ 学術研究構想の概要

分子レベルから個体レベルにいたる各階層をつなぐ情報を体系的に収集するための拠点を構築し、生命シミュレータのプロトタイプを完成する。そのために、我が国で稼働している大型施設（放射光、中性子線、スーパーコンピュータ等）やクライオ電子顕微鏡、NMR 分光器、質量分析装置などの設備ネットワークを統合するとともに、大規模データの集積・統合・解析の拠点を整備し、全てのデータを統合的に搭載したナレッジベースを構築する。これをもとに計算科学と情報科学を結集した生命シミュレータのプロトタイプの創成に取り組む。大規模データの取得にはロボティクスによるラボオートメーション化が不可欠である。これは、実験操作の単なる省力化・迅速化・遠隔化にとどまらず、これまで暗黙知にとどまっていた熟練した実験者の技量・ノウハウを学習し、それをプログラムとして共有したロボット群による次世代型の研究環境の構築を促すものである。集積された大規模データをナレッジベースとして格納するためのシステムと、データを運用・活用するためのメタバースと実空間を併用したオープンサイエンスの場を構築する。

⑤ 学術的な意義

これまでスモールサイエンスとして進展してきた生命科学研究はビッグサイエンスへと大変革を遂げつつあり、この変革は家内制手工業から近代工業への産業革命にしばしば喩えられる。本構想が指向するラボオートメーションや仮想空間での共同研究が加速し、オープンなリソースやナレッジベースが構築されること

で、研究者は研究のアイデアとプロジェクトの企画を出すことに専念し、実験のデザイン、実験データ取得、データの解析、統合されたデータの解釈と新規な概念の創出というプロセスの分業化が進む状況を迎えることになる。これは、研究プロジェクトの成果発信の手法やプロジェクトに関わる研究者のモチベーションや評価のあり方にも変革をもたらすに違いない。

人工知能の支援により読み解かれる大規模データは、生命情報のデジタル性に基づく古典的なセントラルドグマを拡張している。ゲノムに直接コードされていないタンパク質の翻訳後修飾についても大規模な網羅的データに基づいた予測がいずれ可能となるであろう。大規模データを基盤として創成されるナレッジベースは、分子ネットワークのダイナミクスから細胞およびその集団の動態を予測することを可能とする生命シミュレータの基盤となる。これに加えて、組織・器官・個体の階層のデータを統合することにより、細胞系譜から高次機能発現に至るまで一貫して理解することができるようになる。すなわち、生命のドグマを階層縦断的に拡張することで生命の営みを予測するシミュレータを創成すれば、その応用範囲は医療や創薬、未来型農業や生態系保護などにも至る。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

ゲノミクスに端を発するオミクスアプローチはこれまで欧米に先導されており、タンパク質の立体構造予測システムの開発やミニマム・セルの創成やヒトゲノムの合成・書き換えと言った合成生物学的プロジェクトを主導するに至っている。また、欧米や中国は卓越した大規模施設を擁しており、ハード面では圧倒的に水をあけられている。海外ではビッグ・テックが情報技術開発を推進しているが、この面でも日本は圧倒的に立ち遅れている。こうした状況を打破するためには、セクターの壁を越えたオールジャパン体制での共創が不可欠である。

⑦ 社会的価値

ライフサイエンスの統合的ナレッジベースを活用した社会共創によって人類にもたらされる恩恵は枚挙にいとまがない。その成果は、未来型農業の推進により食料問題を解決する（SDGs 2）とともに、疾患や薬効の予測、テーラーメイド医療、バイオ医薬・ワクチン開発、微生物による環境浄化など健康・福祉に革新をもたらす（SDGs 3）。さらに、生態系の保護（SDGs 6・14・15）や環境負荷の軽減によるエネルギー問題解決（SDGs 7）などにも貢献する。また、進化のシミュレーションや仮想生命の検証などを通じて、人類に新たな生命観をもたらし、社会科学・心理学・哲学・宗教・芸術などにも広範な波及効果を与える。こうしたパラダイムシフトは、物心ともに豊かな未来社会を創造するであろう。

⑧ 実施計画等について

本研究構想は、分子から個体に渡る体系的な情報収集を行い、生命シミュレータのプロトタイプを完成する。当初の5年は主に、1)国内外の連携機関をつないだネットワーク型拠点の形成、2)実験データ収集のハブとなる拠点の整備、3)統合的ナレッジベースの構築、の3つを柱として実施し、大規模データの集積を行う。それと並走し、4)ビッグデータの統合と解析、5)シミュレーションの実験検証の基盤を整え、10年の間に全ての情報を統合して生命シミュレータのプロトタイプを構築する。

自然科学研究機構、特にその直轄センターである生命創成探究センター（ExCELLS）が、連携機関との緊密な連携・協力を通して本プロジェクトを推進する。自然科学研究機構は、研究開発に必要な設備の充実を図り、放射光、磁気共鳴、バイオイメージングなど個別の階層で高度化しつつある大型設備のネットワーク化を推進するとともに、オープンミックスラボを整備し、コミュニティを横断する異分野融合研究を加速する。既に ExCELLS は、メタボロミクスなどを基軸に統合システムバイオロジーを推進する慶應義塾大学先端生命科学研究所、グライコミクス研究を推進する糖鎖生命科学連携ネットワーク型拠点の中核である東海国立大学機構、生命の起源を探究する海洋研究開発機構、先端医療と創薬の共創拠点を要する名古屋市立大学など国内外の研究機関連携している。さらに、本構想の実現に向けて大阪大学蛋白質研究所、鳥取大学染色体工学研究センター、産業技術総合研究所等との連携を計画している。本研究学術構想の10年間の経費は1,100億円であり、その内、設備費および人件費を含む研究費を870億円、運営費を230億円と見積もっている。

⑨ 連絡先

加藤 晃一（自然科学研究機構・生命創成探究センター）

高精細微生物利用・制御イノベーションの革新

① ビジョンの概要

微生物を対象とする研究領域は、環境保全、生物多様性、バイオテクノロジー、食の安全、感染症など人類の安心・安全と生活の質の向上にとって重要である。本事業では(1)高精細微生物利用研究、(2)高精細微生物制御研究の拠点を構築する。真菌、アーキア、細菌等、対象とする微生物ごとに進められてきた研究を集積し、異分野研究者の密接な連携により、微生物機能のイノベーションに関する分野横断的な大規模研究を進める。

② ビジョンの内容

21世紀に入り、人動物の腸内細菌、植物/作物の根圏微生物の研究が進み、人間の健康、動植物(昆虫含)の多様性維持、作物の生育促進などに、微生物が重要かつ必須であることが明らかになってきた。また、人・動物に関わる微生物、植物/作物に関わる微生物、環境(物質循環)に関わる微生物を統合的に理解し、微生物の利用または制御が重要となってきた。

従来の研究は、主にゲノム解析などのオミクス

ス技術により進められてきたが、微生物学の進展により、同種の微生物でも一部の細胞は異なった機能・性質を持ち、それが微生物の集団全体の挙動に影響することがわかってきた。この微生物の細胞集団の不均一性は、微生物と共生する人間・動物・植物/作物への正負の影響しており、従来のオミクス技術では解決できないボトルネック課題である。そこで、本計画では、細胞集団の不均一性までテクノロジーを用いた高精細微生物解析に基づいた新たな微生物利用・制御を可能にし、そして微生物に関わる研究課題全てに革新的イノベーションを発動させる。また、微生物研究を、医歯薬学、理学、工学分野とのオープンイノベーションによる技術革新に導くことが重要である。そこで、本事業は、日本の微生物分野の優れた個別研究さらにそれを推進するテクノロジー(量子・情報)などの最先端研究を学際的な大規模ネットワーク拠点として連結することで、優れた研究開発成果を世界に発信する。具体的には、光量子イメージング、セルソーティング、マイクロデバイス等の近年の革新技術を取り入れることにより、高精細微生物解析技術を構築する。このために高精細微生物研究開発センターを設立し、ネットワーク拠点の研究者へ革新探索技術を提供することで、基礎研究とイノベーションの革新を導く。

③ 学術研究構想の名称

高精細微生物利用・制御イノベーションの革新

④ 学術研究構想の概要

本計画では、光量子イメージングやセルソーティング、マイクロデバイスなどの革新技術を活用し、細胞レベルの不均一性を解析する高精細微生物解析技術を構築する。これにより、微生物の新たな利用・制御を可能にし、健康維持や生物多様性保全、作物生育促進に革新をもたらす。本事業は、日本の優れた微生物研究と量子・情報技術などの先端分野を結集し、学際的ネットワーク拠点を形成する。高精細微生物研究開発センターを設立し、基礎研究と応用技術の両面でオープンイノベーションを推進することで、バイオマスやエネルギー生産、環境浄化、創薬など幅広い分野に波及効果をもたらし、世界に先駆けた研究成果を発信することを目指す。

⑤ 学術的な意義

自然界では、微生物やその機能は様々な物理化学的環境下に置かれ、同種異種の微生物、動植物などとの相互作用により多様な生理的機能を発揮する。この詳細な機構が明らかになれば、生命・環境・食料に関する多くの社会問題の解決に資する微生物の有用機能が現前すると期待される。微生物研究は、幅広い領域と密接に関わっていることから、これらの地球規模での課題解決にも重要である。同じ遺伝子からなる細胞集団でも不均一な遺伝子発現そして異なった重要な性質を有する細胞が少数存在することを高精細に解析する

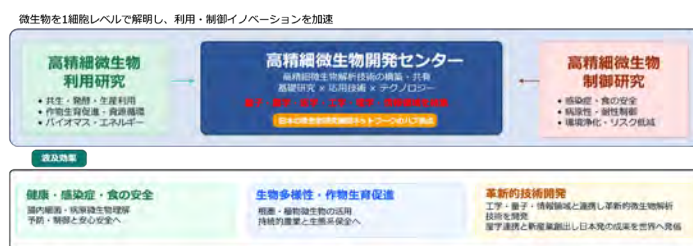


図1 ビジョンの概要

技術を汎用化することが出来れば、これまでの微生物学のみならず動物・植物を含む全生物学に寄与する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

これまでの国策は、微生物が関わる個別の課題に対する支援に留まっている。諸外国では、微生物学部が俯瞰的な視野で研究を担うのに対し、我が国には微生物学部が存在しないために、農・医歯薬・理・工学部がばらばらに微生物を研究しており、分野間の情報は寸断されている。海外では米国微生物学連盟や欧州微生物学連盟などの大組織を中心とした微生物関連の大規模研究（バイオ燃料やシステム生物学等）が国策として推進されており、我が国の新たな学術大型研究として微生物学領域の体制を構築することは重要である。

⑦ 社会的価値

本計画は、微生物の高精細解析技術を基盤とし、人間・動植物の健康や多様性維持、作物の生育促進に革新をもたらすものである。微生物の不均一性に着目し、従来のオミクス技術では解明困難であった課題に挑み、生命科学の新たな地平を切り拓く。食の安全、感染症対策、環境浄化など生活に直結する課題の解決に貢献し、安心・安全な社会の実現に寄与する。経済的・産業的には、バイオマス、創薬、農業技術など多分野への応用が可能であり、新産業創出の基盤となる。さらに、SDGsの「健康と福祉」「飢餓の撲滅」「環境保全」等の目標達成にも資する。学際的ネットワーク拠点の構築により、国内外の研究連携を強化し、日本発のイノベーションを世界に発信する。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール

1. 研究推進

以下の計画に従い、各拠点をコアとした有用物質生産、環境浄化、食料増産、健康に関わる研究を行う。
令和8年度～15年度：「高精細微生物利用研究」拠点と「高精細微生物制御研究」拠点では、(1)開発すべき有用機能の調査、(2)未培養微生物・遺伝子・酵素資源の調査・探索、(3)微生物の動態解析と環境モニタリング系の構築、(4)複合微生物・微生物・タンパク質・遺伝子・生体低分子の機能解明、(5)複合微生物解析・制御・利用技術の構築の基礎研究を推進する。「微生物機能開発センター」では、高精細な微生物の培養環境制御と精密発酵の技術の開発を目指し、(1)先進顕微鏡（超解像度、ラマン分光等）とイメージング技術、(2)マイクロ流体デバイスによる微生物の微小培養系、(3)各種セルソーティング技術を微生物のスクリーニング用にチューンし活用することを目指す。

令和15年度～27年度：「高精細微生物利用研究」拠点と「高精細微生物制御研究」拠点では引き続き基礎研究を推進する。イノベーションに資するバイオテクノロジー開発の研究もあわせて推進する。

2. 微生物ネットワーク構築推進

微生物の機能・構造上の多様性を反映して、個々の微生物の解析・利用技術も多様であることから、これらを補い合うための研究者間のネットワークが極めて重要である。高精細微生物開発センターは、このためのハブとして機能させる。

令和8年度～15年度：(1)センターの設置準備・建設、(2)ネットワーク事務局の設置、(3)微生物機能研究設備の導入、(4)共同研究体制の構築・教員研究員の配置支援

令和8年度～27年度：(5)国際協力・評価体制の構築、(6)共同研究推進

・実施機関と実施体制

筑波大学生命環境系/微生物サステナビリティ研究センター（MiCS）を中心とし、山口大学中高温微生物研究センター、国立遺伝学研究所とともに実施する。また、参画機関として、金沢大学ナノ生命科学研究所、北海道大学低温科学研究所、宇都宮大学、茨城大学、産業技術総合研究所、企業コンソーシアムが参画する。

・総経費 134 億円

・所要経費

(1) 高精細微生物開発センターの建設 35 億円（筑波大学）、(2) 高精細微生物開発設備・備品 35 億円、(3) 人件費 27 億円、(4) 消耗品費 36 億円、(5) その他 1 億円

⑨ 連絡先

野村 暢彦（筑波大学生命環境系、微生物サステナビリティ研究センター、高等研究院）

疾患概念の社会的結合と確率的理解を基盤とした新しい健康研究戦略

① ビジョンの概要

疾患は生物学的現象であると同時に、社会・文化・言語・心理・経済と結合する概念である。本提案は、高血圧等の慢性疾患が伴う自己責任論や偏見（スティグマ）を克服するため、ゲノム・環境・社会因子を統合した「統合的精密健康モデル」へのパラダイムシフトを提示する。哲学・経済・言語・AI・データ科学を融合し、疾患概念を「確率的連続体」として再構築することで、精密健康（Precision Health）社会を実現する。

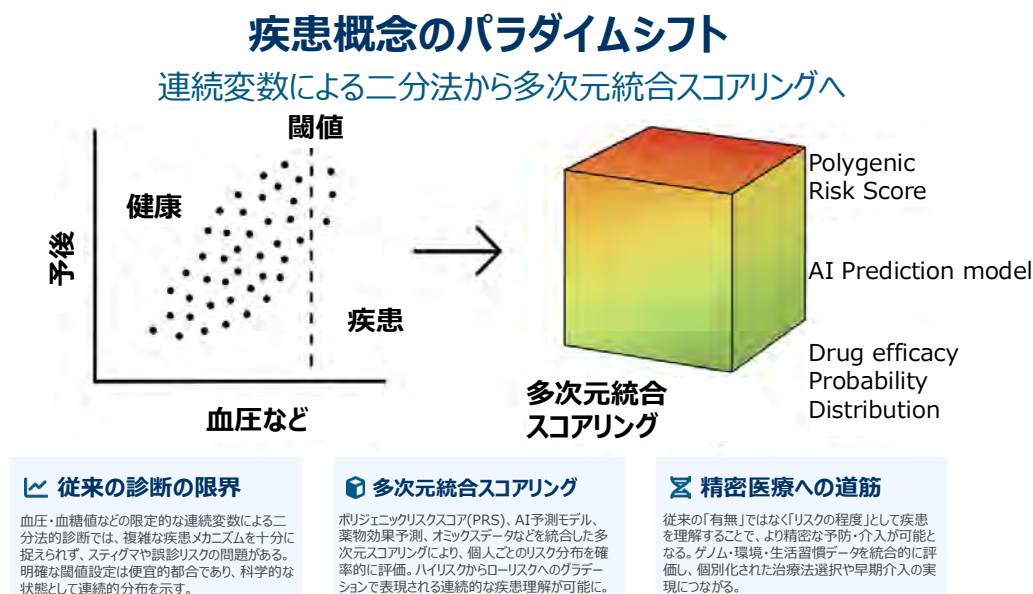


図1 疾患概念のパラダイムシフトの概念図

② ビジョンの内容

現代の二元論的（0/1）診断は、スティグマや適切な介入の遅れを招いている。例えば「生活習慣病」という呼称自体が自己責任論を強化し、管理不良の一因となっている。本提案は、Polygenic Risk Score（PRS：ポリジェニックリスクスコア）や PolySocial risk Score（PSS）、AI 予測を統合し、健康状態を「確率的連続体（スペクトラム）」として捉え直すものである。

- **戦略1**：精密健康の規範確立：個人で制御不可能な「偶発性（ゲノム・環境）」を加味した多次元統合スコアに基づき、「病気は個人の怠慢」という規範を無効化し、公正な健康規範を創出する。
- **戦略2**：共通言語化とデータ実装：オミックスを含む多次元データを「多次元統合スコアリング」として次元圧縮（抽象化）し、医療・行政・教育の壁をデータで突破する「共通言語」を構築する。
- **戦略3**：社会制度の再設計 佐賀大学を中核としたライフコースデータの解析により、人生の「最適介入点」を解明し、持続可能な社会保障制度を提言する。

③ 学術研究構想の名称

疾患概念の社会的結合と確率的理解を基盤とした新しい健康研究戦略

④ 学術研究構想の概要

ビジョン実現に向け、以下の3層構造による有機的な連携体制を構築する。

- **ミクロ（技術実装）**：佐賀大学を拠点に、医農理工融合によるライフコースデータ解析と「多次元統合スコアリング」技術の確立、介入効果の科学的実証を担う。
- **メゾ（社会的妥当性）**：日本循環器学会等の学術団体と連携し、リスク告知が心理・行動に与える影響を分析。副作用のないリスクコミュニケーション手法を開発しガイドラインへ直結させる。
- **マクロ（規範策定）**：日本学術会議を核に、確率論的免罪機能を包含する新しい健康規範の策定と、UK バイオバンクや米 All of Us 計画との国際標準化を推進する。

⑤ 学術的な意義

本構想は、医学の主眼を「疾患概念の再定義」へと転換し、社会のオペレーションシステムの刷新を目指すものである。疾患をゲノムや環境由来の「確率的連続体」と捉え直すことで、二元論的診断に伴う自己責任論から患者を解放する「確率論的理解」および「確率論的免罪」を提唱する。あわせて、病名のラベルが招く道徳的重圧を排除し、リスクの傾斜に応じた公平な資源配分と持続可能な社会制度の基盤、心理学・言語学に基づくリスクコミュニケーションを開発する。さらに、行政の枠組みを超えたデータ連携を実現し、日本学術会議主導のEBPMにおける先駆的モデルを提示する。

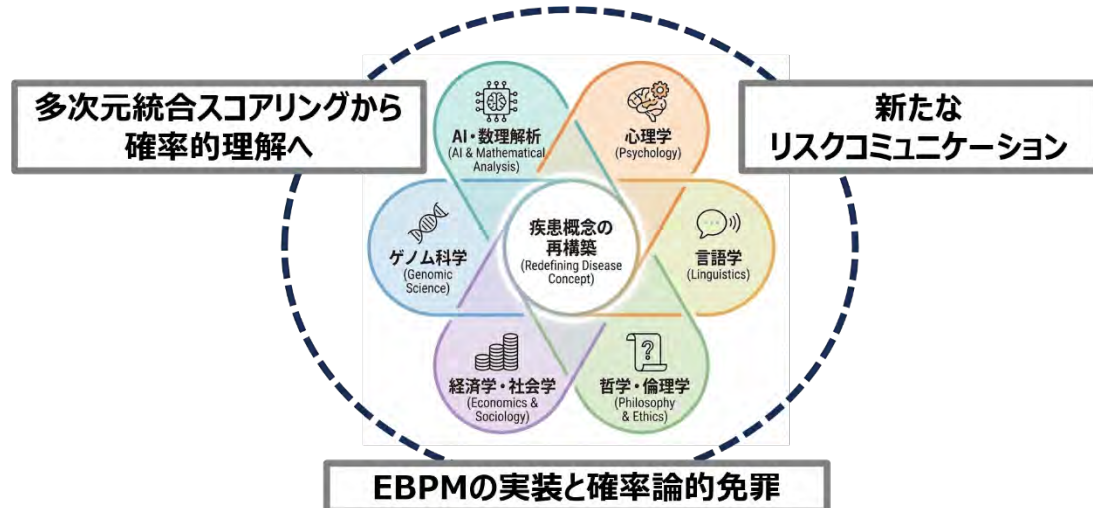


図2 疾患概念と社会的結合の学際的研究

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

欧米（UK Biobank 等）では大規模コホートと PRS 研究、さらにはマルチオミックスに基づくさらなる精密医療、社会的要因を含めた多面的なリスク評価が進んでいるが、それらは主に「診断予測精度の向上」を目指す技術的アプローチに留まっている。また、国内の他の大型構想（デジタルツイン等）も「生体機能の再現」を主眼としている。対して本構想は、技術を前提としつつ、「疾患概念の OS の書き換え」と「社会制度（保険・行政）の再設計」を主眼とする点に決定的な独自性がある。「技術を使ってどう治すか」ではなく、「技術時代に合わせて、病気と健康の定義をどう更新し、社会システムを最適化するか」という上位レイヤーの課題に挑む、世界でも類を見ない社会システム変革型の学術研究である。

⑦ 社会的価値

技術と人間性が高度に調和した「成熟社会の新たなモデル」の提示である。リスクを「確率」として可視化し、変えられない因子（ゲノム・環境）を認めることは、患者を「自己責任」の呪縛から解放（免罪）し、スティグマのない包摂的な社会を実現する。同時に、個人のライフコース上の「最適介入点」を見極めた「精密健康（Precision Health）」の提供は、一律の予防介入による無駄を省き、医療費の適正化と社会保障制度の持続可能性を担保する。科学技術立国・日本が、データと倫理を調和させ、国民の幸福（Well-being）に直結する解決策を世界に示す意義は極めて大きい。

⑧ 実施計画等について

実施体制：佐賀大学を中心とした大学（医学部・文学部・社会学部）と研究機関の合同。国際ゲノム研究チームと連携。スケジュール：10 年間。前半（1～4 年）は疾患概念の理論枠組みを整備し、倫理・哲学・言語・心理学的側面からの基礎研究を行う。中盤（5～7 年）はゲノム・AI によるリスク予測技術の開発と国際共同研究による検証を進める。後半（8～10 年）に統合的精密健康モデル（IPHM）を提示し、ガイドライン策定や政策提言を通じて社会実装を完了する。

経費：10 年間で総額 50 億円規模を想定（人件費、データ収集、国際会議、AI インフラ整備）。

⑨ 連絡先

野出 孝一（佐賀大学）、水野 篤（聖路加国際病院）

生態学と人文社会科学の学際融合研究に基づく 日本初の観光戦略のアジアグリーンベルトへの展開と科学立国による国力強化

① ビジョンの概要

日本の植生をいくつかの群団に分け、それぞれの生態系と歴史・文化遺産を研究し、これらの相互関係を解明する。また、得られた成果を群団ごとにまとめ、各生態系と地方自治体を順次巡る生態学を基盤とする体系的旅行パッケージを提案する。これにより、主に海外旅行者を地方に分散させつつ、わが国の各生態系・自治体の自然科学と人文社会科学の理解を高める。さらに、この研究をアジアグリーンベルトにまたがる規模に拡大する。

② ビジョンの内容

いくつかに分けられた日本の植生について、各群団中の生態系とそこに含まれる地方自治体の歴史や文化の研究者コミュニティによる資料調査研究とを合わせ、県・市・町などのさまざまなスケールにおける自然生態系・景観の成り立ちと、そこで育まれた歴史と文化との相互関係を明らかにする（図1）。これにより得られた成果を植生群団ごとにまとめ、各生態系と地方自治体を順次巡る生態学的体系を持つ旅行

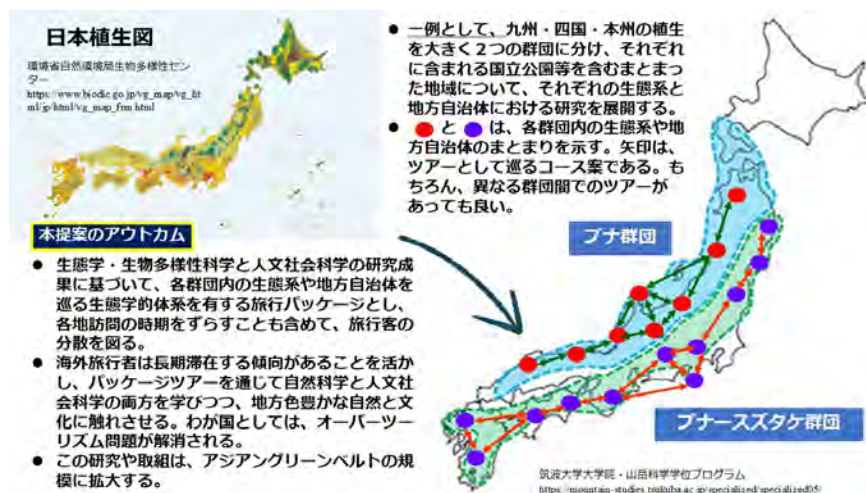


図1 本提案で実現すること

パッケージとして提案する（図1）。当該パッケージにより、今まで無名であった小さな自治体を持つ豊かな生態系と優れた歴史・文化遺産がクローズアップされ、日本の各地方自治体へと旅行者が分散されてオーバーツーリズム問題を解消することによって、旅行・観光の持続可能性が高まる。また、上記と同様の研究を、日本と歴史的に関係の深いアジア諸国の生態系・自然環境や歴史・文化遺産についても行う。

本研究は、将来的に科学技術以外の産業で日本に富をもたらすだけでなく、その富を生態系・生物多様性保全研究や歴史文化遺産などの人文社会科学研究へと配分することにより、これらの研究がさらに強化され、自然生態系や歴史文化遺産についての基礎研究に対する国民的・社会的理解を高め、国際交流を活性化し、これらの基礎研究に夢を持って研究者を目指す若者を増やしてゆくであろう。

③ 学術研究構想の名称

アジアグリーンベルトに展開する生態系・生物多様性保全と歴史文化遺産保全に向けた総合的研究

④ 学術研究構想の概要

南北に長い国土を有する日本は、豊かで多様な生態系を自国内でモニタリング出来る希有な国の1つと言える。日本には、大学や国公立研究所等によって運営される全国の56サイトからなる日本長期生態学研究ネットワーク（JaLTER）があり、珊瑚礁からアルプス高山帯までの重要生態系をカバーする観測網を有している。また、日本はアジア太平洋地域生物多様性観測ネットワーク（AP-BON）や Asia-Pacific Network for Global Change Research（APN）などの活動を通じて、アジア諸国の生態系・生物多様性のネットワークにおいてリーダーシップを執ってきた。さらに、1000年を越える文化の歴史を持つ日本では、国や地方自治体による運営や法人格を持つもので数多くの歴史や文化の博物館や研究所が運営され、加えて民間組織も文化施設や国際交流を進めている。本提案では、「各地域で育まれた歴史、文化および景観は、当該地域の自然生態系や生物多様性との相互作用において成立する」との仮説を検証する（図2）。

⑤ 学術的な意義

AGB（Asia Green Belt）は、東南アジアから日本付近にかけて降水量が多く、季節変化の大きさは世界的

にも類を見ない。気候変動や人間活動による環境変化が AGB では他地域よりも迅速かつ顕著に現れやすく、世界の人口の 60%以上が集中しているため、生態系・生物多様性が深刻な脅威にさらされている。さらに AGB には豊かな生態系と共に、長年にわたり人間活動による歴史・文化が形成されてきた。これまで自然科学系と人文社会科学系の研究コミュニティは別々に活動してきたが、これらが融合することで、人間活動が生態系と景観に与えた影響の歴史的・文化的背景が解明されると期待される。

このような人の影響が色濃い日本の生態系の成り立ちを精査する研究は、わが国の文理融合的地域研究の発展をうながす。自然科学と人文科学の融合研究は、自然環境と密接した人間社会の成り立ちと在り方を精査することにより、環境変動の時代における自然と人との新たな関係性の解明に資する（図 2）。

また、本提案は上記の研究を AGB 諸国に拡大し、生態系・生物多様性と歴史・文化が国の枠組みを超えて関連し合う、より複雑かつ魅力的な国際的複合ネットワークの構築を提案する。その結果、当該ネットワークには多様な立場の研究者が参画し、革新的な異分野融合研究を創出する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

今回提案する計画は、わが国に既存の生態系長期モニタリングのネットワークを駆使し、欧米よりも広くかつ多様な生態系における長期・学際的生態系観測網を構築し、環境変化に最も鋭敏かつ社会・経済的にも重要な生態系を扱う点で、国際的リーダーシップを取れる。

⑦ 社会的価値

本研究は、SDGs の多くの項目に該当し、カーボンニュートラルや環境省による 30by30 を効果的かつ効率的に進める根幹となる。生物多様性は、2010 年の生物多様性条約第 10 回締約国会議（名古屋）をきっかけに全国各地で関連の様々な取り組みが行われており、さらに多くの経済活動が自然環境に強く依存していることに鑑みて世界経済フォーラム年次総会（ダボス会議）が提案・設立した TNFD（自然関連財務情報開示タスクフォース）への対応が必要となる等、国民の関心が大変高いトピックである。また、第 6 期科学技術・イノベーション基本計画にも生態系・生物多様性研究の必要性が盛り込まれ、環境省の次期生物多様性国家戦略における 2050 年ビジョン「自然と共生する社会」にも該当する。環境省はじめ各省の推進する「ネイチャーポジティブ経済移行戦略」が推進される中で、地域の持続可能性にも貢献する。

⑧ 実施計画等について（図 2）
 <実施計画・スケジュール>
 令和 9 年度から 12 年度にかけて研究計画を策定し、研究を実施する。令和 13 年度には、国際シンポジウムを開催し、その成果を以降の研究遂行に活用する。令和 14 年度から 17 年度にかけて研究を進め、令和 18 年度に再び国際シンポジウムを開催すると共に、研究の総括を行う。

⑧ 実施計画等について（図 2）

<実施計画・スケジュール>

令和 9 年度から 12 年度にかけて研究計画を策定し、研究を実施する。令和 13 年度には、国際シンポジウムを開催し、その成果を以降の研究遂行に活用する。令和 14 年度から 17 年度にかけて研究を進め、令和 18 年度に再び国際シンポジウムを開催すると共に、研究の総括を行う。

<実施体制>

京大大学生態学研究センター、日本長期生態学研究ネットワーク、京都大学人文科学研究所、京都大学東南アジア地域研究研究所、京都大学研究連携基盤

<所要経費>

185 億 4000 万円／10 年間

⑨ 連絡先

木庭 啓介（京大大学生態学研究センター）



図 2 本提案の実施体制と仮説

諸学術分野に必要な大学院統計学教育システム研究開発を支援する中核機関および 大学院のネットワーク型連携活動を通じた日本の大学院教育研究能力の高度化

① ビジョンの概要

日本の学術が欧米同様に高度化するには、大学院修了者等の統計活用への知の体得の大幅加速が必要である。これには人材育成ネットワーク活動の形成が効果的である。

② ビジョンの内容

現代統計学は、数理科学、計算機科学等の融合科学であり、人工知能やロボティクスの数理的基礎理論を与えている。また、統計学は「科学の文法」とも称され、全ての学術分野の研究課題、社会課題を横断的かつ効率的に解決する科学的プロセスも定義している。

各学術分野の大学院等の発展に必要な国際水準の統計教育システムを迅速に実装するには、高度統計教育システム開発の学術横断的司令塔機能を果たす中核拠点を大学共同利用機関等に設置し、各学術分野に必要な教育システム開発を一元的にマネジメントする仕組みの確立が効果的である。加えて、この中核拠点がハブとなり、大学院等の高度教育研究機関と統計エキスパート人材育成ネットワークを形成し、開発した教育システムを大学院研究教育の現場で改善することが効果的である。

中核拠点の主たる活動として必要なのは、大学・研究機関に所属する社会科学、医学・生物科学、理工学等の専門知を有する若手研究者の中から、当該学術分野のデータ駆動型研究教育に興味のある者を選抜し、統計学に関する大学院レベルの学術分野横断必須知識と、当該学術分野の最新専門知識を体系的かつ実践的に供給することである。

更に、多様な若手研究者に、大学院で教育研究指導できる力量を与え、「大学院統計教員」に系統的に育成することが、当該分野の高度教育システム確立にとって不可欠である。

こうして系統育成された大学院統計教員が、中長期的には当該学術分野に必要な統計学、計量諸科学ないしはデータサイエンスを推進するとともに、当該分野の次世代統計エキスパートを育成する中心的役割を果たさなくてはならない。本ビジョンは、独自の統計エキスパート育成拠点を各大学内に整備した欧米中韓印等に対抗するためにも、わが国学術横断的科学技术戦略の中心に置かれなければならない。

③ 学術研究構想の名称

統計エキスパート人材育成システムの研究開発と日本の大学院教育研究への展開

④ 学術研究構想の概要

本構想は2021～2025年度に実施される文部科学省「統計エキスパート人材育成プロジェクト」の拡大・恒久化提案である。同プロジェクトの研修生受入れが終了した後の2027年度に開始し「統計数理研究所大学統計教員育成センター」を中核機関として、全国の多様な大学院等と形成した「統計エキスパート人材育成コンソーシアム」のネットワーク型連携活動を拡大し、多様な学術分野の大学院教育で、国際水準の「統計エキスパート育成システム」を確立する。

中核機関は参画大学院等と連携して、多様な学術領域で研究指導能力を有すると共に統計学の基礎を理解する若手研究者を対象に集中的な研修育成を行い、次の3つの力量の開発を系統的に行う：

- 1) 大学院レベルでの最新の統計教育が可能な大学院教員としての力量
- 2) 統計を活用した大学院生等に適切な研究指導ができる大学院研究指導者としての力量
- 3) 統計的方法の支援を必要とする産官学の共同研究を適切に指導・コンサルテーションできる力量

コンソーシアム参画大学院等が、自らに適した「統計エキスパート人材育成システム」を中核機関や研修修了生と共に確立することで、国際水準を超える教育研究システムが実装される。

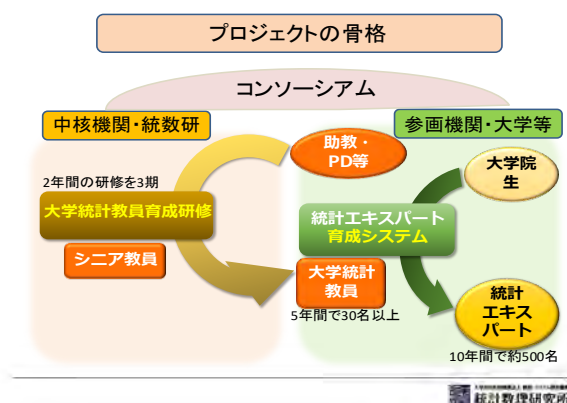


図1 統計エキスパート人材育成プロジェクト骨格

⑤ 学術的な意義

本提案は、国際学術コミュニティに対してインパクトのある学術成果を提示することではなく、わが国大学・大学院の歴史的事情を鑑みて、わが国の学術水準を横断的に向上させる方策を推進することに学術意義がある。

わが国を除いて、学内に統計学専攻を配置することが常識となっている欧米中韓印の中核大学では、統計学専攻が学内や地域産業界などに必要な統計・数値的研究コンサルテーションに当たり、今日の学術のデータサイエンス化を支援してきた 70 年近くの歴史がある。

わが国でも、Society 5.0 の確立を目指し、数理・データサイエンス・人工知能教育の学部レベルでのリテラシー教育、応用基礎教育は開始し、学部教育を全学的に支える教育センター設置は中核大学で近年進んでいる。しかし、今日の学術や社会の急速なデータサイエンス化を支える研究者層が圧倒的に不足しており、学部統計教育も 70 年間あまり進化していない。

本構想を継続的に実施し、日本の多様な学術分野で、それぞれに適合した大学院教育を体系的に改革することを通じて、日本の学術研究能力を効率的・効果的に改善することが期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

米国大学院には、2021 年現在 162 の統計科学専攻が設置され、年間 5,128 人の統計学修士を輩出している。日本は 5 校に満たない。大学院の研究能力強化を担う教員は、深刻な不足となっており、この問題を解消する。

⑦ 社会的価値

特定の専門分野でデータに基づく教育研究指導が可能な大学院統計教員を 1 期（2 年間）16 名、9 年間で 8 期の研修で最小 128 名輩出する事ができる。現在進行中のプロジェクト研修修了生を合わせて約 160 名が我が国のデータサイエンスの中核人材となる。研修修了生が毎年 3 名以上統計エキスパートを輩出できれば、2030 年代後半には毎年およそ 500 名の T 型人材を産官学に供給する体制が確立することとなる。2020 年時点で米国は、毎年約 1,000 名の修士統計専門職を産官学へ投入可能な大学院教育を実装済みである。本構想を速やかに実現すれば 15 年遅れではあるが、これに人口比で追い越す状況の実現が期待できる。Society 5.0 確立に必要なリーダークラスがこの構想によって産官学に定常投入可能になる。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュールは、2027 年 4 月から 2035 年 3 月までとする。

中核機関は、参画機関研究者毎年 16 名程度 2 年研修、大学院修士指導教員として認定する。

更に参画機関研修修了生を毎年 4 名程度 2 年追加研修、大学院博士指導教員として認定する。

上記研修生 1 名当たり、大学院等で統計学教育研究指導の経験が豊富なシニア教員 2 名（統計関連学会連合幹部クラス）をメンターとして配置する。

参画機関統計エキスパート人材育成システムを中核機関・研修生・研修修了生と共に研究開発、実際の大学院教育に活用し、PDCA サイクルで改善する。

実施機関と実施体制は、情報・システム研究機構 統計数理研究所 大学統計教員育成センター（2022 年 1 月設置施設）を中核機関として、「統計エキスパート育成コンソーシアム（2021 年 8 月設立）」に加入する多様な全国大学院等の参画機関（2023 年現在 29 機関）で推進する。わが国の大学統計教員不足の深刻な状況を考えれば、恒久的仕組みとすべきである。

総経費として、55 億円：2027 年度～2035 年度の 9 年間計上する。

⑨ 連絡先

千野 雅人（統計数理研究所）



図2 統計エキスパート人材育成コンソーシアム
会員

国立沖縄自然史博物館の設立 —自然史科学の推進による自然の解明は人類の持続可能性へ貢献する—

① ビジョンの概要

地球温暖化問題に見られるように、環境破壊の進行により人類の存続が脅かされている。この課題に対処するには、自然を理解し、継続的に監視しなければならない。そのために自然史科学研究を強力に推進する必要がある。本提案は国立自然史博物館を生物多様性の宝庫である東・東南アジアの中心に位置する沖縄に設立し、地球と生命に関する大量のデータを収集・解析・統合して、自然と人類の共生に向けた研究・教育に貢献することを目指す。

② ビジョンの内容

人類は、自らの存続が危ぶまれる事態に直面している。人間活動による二酸化炭素の大量排出は地球温暖化や海洋酸性化を招いている。80 億人を超えるまでに増加した人口による自然開発の規模はますます拡大し、人類にとって有用な資材の源である生物多様性は急速に損なわれつつある。また、自然災害の被災範囲は拡大し、人間社会を脅かす感染症のパンデミックも現実のものとなってしまった。

こうした事態に立ち向かうための最重要な基盤は、自然の変化を正確に把握し、エビデンスに基づいて必要な対策を提案できる学術的な体制の創出である。ここに提案する国立沖縄自然史博物館はこの要請に応えるものである。本館は、日本を含むアジア地域における自然史科学の学術拠点として、自然の変化を知るために不可欠な種々の標本や画像、環境データ（海洋や気象に関するものを含む）を収集し解析するとともに、それらを統合したデータベースを構築する。

ここに提案する学術振興のビジョンは自然史科学の分野に留まらず、持続的な社会を担うべき学術分野との連携を前提としている。過去の環境や自然を記録・解析できる地球科学、環境変化を定量的に評価する AI を活用したコンピュータ科学の協働によって自然界の様々な情報を統合的に解析し、その結果に基づいて社会科学分野とも連携して社会的提言を行うことで、持続可能性のある共生社会の構築が可能となる。

本提案は、自然史博物館の本来の機能である自然界の変遷の研究と、その記録を半永久的に継承し活用する役割を、抜本的に強化することを提唱している。たとえば、従来の生物標本は防腐処理をして保存され、形態学的研究や分類学的研究などに用いられてきたが、DNA 研究の急進によって、生物標本に含まれるゲノム情報の解析が可能となり、生物の進化や生態などの研究を超えた様々な分野でその成果を飛躍的に活用できるようになった。そのため、国立沖縄自然史博物館は、基礎科学はもとより医学、農学、水産学などの幅広い分野の基礎資料を蓄積・提供する機関として重要な機能を果たすことになる。また、地球科学的研究は、防災、資源探査などにも直結する。自然史研究は自然と結びついた社会や文化と切り離すことができず、環境と文明の関係を理解するためにも必要不可欠である。従って、自然史科学と社会科学との統合的な学術分野を展望することも視野に入れている。

さらに、沖縄の地政学的な位置を考えると、国立沖縄自然史博物館は東・東南アジア地域の自然の記録を収集し、生物多様性の高い同地域のモニタリングを推進するセンターとなるべきである。日本の高度経済成長の歴史を振り返ると、自然界の記録は急速に失われ、数十年前の生物の分布記録さえ分からないことが多い。急速な経済的発展が進行中の東・東南アジア地域においても自然界の記録を残し、持続的な社会の構築を助けるためには速やかな行動が必要である。

国立沖縄自然史博物館の開館から 20～30 年後には、日本の自然史科学研究は東・東南アジア社会の持続性の維持に大きく貢献しているであろう。この博物館は人類の持続可能性を確保する施策を提案できる拠点となり、様々な応用研究や未知の自然資源発見を促すことで、日本の国際的な地位を向上させ、社会と自然の共生を実現できる自然観を次世代においても確立することに貢献する。



図1 国立沖縄自然史博物館構想

③ 学術研究構想の名称

国立沖縄自然史博物館の設立—自然史科学の推進による自然の解明は人類の持続可能性へ貢献する—

④ 学術研究構想の概要

国立沖縄自然史博物館は設立決定から5年で開館し、(1)自然との共生を発想できる展示を行い、(2)自然史観光の新旗手として経済波及効果をもたらす。(3)博物館としては前例の無い自然史科学大学院を併設して、自然史科学の研究と教育の後継者育成を進め、(4)持続可能な発展目標（SDGs）達成の推進機関、および(5)世界自然遺産「奄美大島、徳之島、沖縄島北部および西表島」に関する活動の推進機関となる。(6)共同利用機関として、県内外の自然史系博物館と連携して学芸員や研究者との研究・教育活動における相互協力関係を強固にする。(7)沖縄自然史科学賞の新設により自然史科学分野をリードする。(8)生物多様性ホットスポットである東・東南アジア各国と協力して野外調査を進め、(9)自然史標本を収集・保管・研究し、(10)獲得した莫大な自然史情報を、情報科学と連携し、前例のない情報インフラ「ビッグデータ自然史科学」を創設する。さらに、(11)社会的貢献を目指した様々な国際的活動に貢献する。

⑤ 学術的な意義

東・東南アジア地域は世界で最も生物多様性が高い地域であるが、その解明は進んでいない。国立沖縄自然史博物館は国際協力によるネットワークを活用して自然史標本を収集し、国内外の自然史系博物館と連携し、自然史情報を共有する。このようにして集積した莫大な自然史情報を、AIを駆使し、解析・統合することにより、「ビッグデータ自然史科学」を創出・推進する。「ビッグデータ自然史科学」の成果は、環境変動の解明、資源探査、工学的応用等の応用研究を進展させると同時に人類の持続可能性を高めるための地球環境政策の立案を促す。地球環境の破壊が進行する前に、人類に役立つ未知の生物種、未知の次世代省エネルギー素材、未知の自然構造・機能、未知の食料・医薬資源等の発見に国立沖縄自然史博物館は貢献する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

ヨーロッパは主にアフリカ、アメリカは主に中南米で、それぞれの国立自然史博物館を活用して自然史科学研究を進めてきた。しかし、東・東南アジア地域では大型の自然史博物館は存在せず、自然環境の研究は進んでいないばかりか、自然破壊と生物多様性の減少は続いている。国立沖縄自然史博物館は、この自然史科学研究の空白地帯における自然の解明を強力に推進する。

⑦ 社会的価値

国立沖縄自然史博物館は、自然史標本を比較して自然環境の変遷を捉え、その原因を探ることで将来予測に貢献し、生物多様性保全と資源の適正活用の方策を提言する。同時に、様々な応用研究に資することで経済的価値をもたらす。加えて、SDGs達成に国立沖縄自然史博物館は中心的役割を担う。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞ 国立沖縄自然史博物館は設立決定から開館まで5年を予定している。

＜実施機関と実施体制＞ 国立沖縄自然史博物館の設立活動は、一般社団法人国立沖縄自然史博物館設立準備委員会（以下、準備委員会）が主体となって進めている。国立沖縄自然史博物館の設立が国の施策となった際には、国立沖縄自然史博物館設立実行委員会（以下、実行委員会）を組織して基本構想を提示する。実行委員会には準備委員会の主要メンバーに加え、学会連合等の学術コミュニティ、設立地となる沖縄県や市、そして琉球大学を含む県内研究・教育組織等からも委員を選ぶ。その際、委員構成のダイバーシティーに配慮し、女性や外国人も積極的に選任する。実行委員会は、国立沖縄自然史博物館の役割、設置目的、研究・教育方針、館内組織構成、施設概要等の基本構想を確定する。その後、博物館開館までの業務は国立沖縄自然史博物館準備室が担当する。

＜総経費＞ 1,922億円=702億円（建設費）+780億円（10年間の運営費）+440億円（10年間の研究費）

＜所要経費＞ スタッフ数は研究部門（教授制）100名、研究支援部門50名、教育普及部門50名、事務部門（理事、館長を含む）100名の合計300名。建物は、研究棟（2棟）、標本棟（2棟）、展示棟、教育・管理棟＋ゲストハウス（外部研究者用）＋大型駐車施設。自然環境の研究と教育・普及活動のためフィールドステーション（分館）を3カ所に設置。

⑨ 連絡先

岸本 健雄（お茶の水女子大学、一般社団法人国立沖縄自然史博物館設立準備委員会）

身心一体科学でつなぐウェルビーイング科学～実践的研究－教育可視化ネットワーク拠点

① ビジョンの概要

人生 100 年時代を思慮深く健やかに生き抜くために、教育にもっと科学的思考を取り入れる必要がある。問題解決する力や意欲の育成のためには「教授法」の開発だけでは困難であり、学習者自身が自ら取り組もうとする態度が必要である。その態度を養う方策として、最も身近な自分について科学的に思考し文理融合的に体と心のつながりを理解する「身心一体科学」(跡見 2018, 2024) を学校教育や生涯教育に適用する。それと同時に、「身心一体科学」を科学体系として確立するために、1. 身体と細胞との関係および、2. 脳と身体との関係について細胞科学、脳科学的なアプローチによる研究を進める。

② ビジョンの内容

わが国の子どもたちは「理科離れ」が問題となっている。新学習指導要領では理数教育に重点が置かれ、科学的な見方や考えから他者と関わりながら主体的に問題解決を図ろうとする人材育成の醸成を目指している。しかし、問題解決する力や意欲の育成のためには、アクティブ・ラーニングや、ICT 教育、STEAM 教育による文理融合型学習のような「教授法」の開発だけでは困難であり、子ども自身が自ら取り組もうとする態度が必要である。そのような意欲を引き出すには、「教授法」と両輪となる、健康な精神や身体の「ウェルビーイング」な状態が重要であると言える。そこで本提案では、自分の身体の中に棲む細胞(いのち)の可能性を生かす「身心一体科学」とウェルビーイングをつなぐ細胞の可視化や自分自身を対象にした実験的な科学教育を構想する。そのために、効果の実証されている身体トレーニング(体軸制御調律運動、跡見 2018, 2024 図 1) を取り入れ、体軸制御「皮膚触覚入力-体幹筋群-脳神経系」回路を醸造する。一方、その背景となる「適応・可塑メカニズム」を細胞と身体と脳の可視化により理解する研究、未だ科学的に解明されていない日本文化の能や武術の身体技法を先端機器により可視化する研究を進め、「身心一体科学」を科学の一分野として確立する。自分の身体の声をよく聞く態度から「ウェルビーイング」な状態を求める意思を幼少期から育て、自身や他人を尊重する心を育むためには、教育に科学の思想や概念をもっと取り入れ、理論的な説明を味わったり深く思考したりするために必要な「耐久性」や「自主性」を身に付け、人生 100 年時代を思慮深く健やかに生き抜くために、幼児教育からこそ身の回りの自然現象に興味をもち、自ら「なぜ」「知りたい」と考える態度を育てておくことが肝要である。そのために身心一体科学的アプローチによって自分の体を調整し、それに伴う心の変化に興味関心をもたせる働きかけが非常に効果的であると考えている。その興味関心は、自分で情報を収集し思考して自ら判断する力の源になろう。しかし一方で、将来の「知りたい」のためには、先端科学の発展により蓄積された膨大な科学的知見はあまりにも断片的で羅列的である。本ビジョンには、それら知見から成る「統合知」を構築する構想も含まれており、その膨大な作業には女性科学者の包括力が活かされるであろう。Society5.0 時代を心身ともに健やかに生き抜くために、科学的ビジョンを包括した教育を展開し、科学を一般市民に広く還元する新しい科学教育体系の構築をめざす。

効果の実証されている身体トレーニング(体軸制御調律運動、跡見 2018, 2024 図 1) を取り入れ、体軸制御「皮膚触覚入力-体幹筋群-脳神経系」回路を醸造する。一方、その背景となる「適応・可塑メカニズム」を細胞と身体と脳の可視化により理解する研究、未だ科学的に解明されていない日本文化の能や武術の身体技法を先端機器により可視化する研究を進め、「身心一体科学」を科学の一分野として確立する。自分の身体の声をよく聞く態度から「ウェルビーイング」な状態を求める意思を幼少期から育て、自身や他人を尊重する心を育むためには、教育に科学の思想や概念をもっと取り入れ、理論的な説明を味わったり深く思考したりするために必要な「耐久性」や「自主性」を身に付け、人生 100 年時代を思慮深く健やかに生き抜くために、幼児教育からこそ身の回りの自然現象に興味をもち、自ら「なぜ」「知りたい」と考える態度を育てておくことが肝要である。そのために身心一体科学的アプローチによって自分の体を調整し、それに伴う心の変化に興味関心をもたせる働きかけが非常に効果的であると考えている。その興味関心は、自分で情報を収集し思考して自ら判断する力の源になろう。しかし一方で、将来の「知りたい」のためには、先端科学の発展により蓄積された膨大な科学的知見はあまりにも断片的で羅列的である。本ビジョンには、それら知見から成る「統合知」を構築する構想も含まれており、その膨大な作業には女性科学者の包括力が活かされるであろう。Society5.0 時代を心身ともに健やかに生き抜くために、科学的ビジョンを包括した教育を展開し、科学を一般市民に広く還元する新しい科学教育体系の構築をめざす。

③ 学術研究構想の名称

身心一体科学でつなぐウェルビーイング科学～実践的研究－教育可視化ネットワーク拠点

④ 学術研究構想の概要

本研究は、基礎調査 10 年(1 期)、実践 10 年(2 期)、定着 5 年(3 期)の 25 年で構成されており、日本女性科学者の会(SJWS)の 6 ブロック地域(北海道、東北、関東圏、東海、関西・中四国、九州)に「教育可視化ネットワーク拠点」と「身心一体科学研究拠点」を設けて活動を進める。本研究構想の中核は、「身心一体科学」体系を確立し、体軸制御調律運動による自ら学ぶ力と深い思考力をもつ人材育成に貢献しうる新し

わたしたちは、「すごい能力をもつ細胞」が生きる身体で生きている

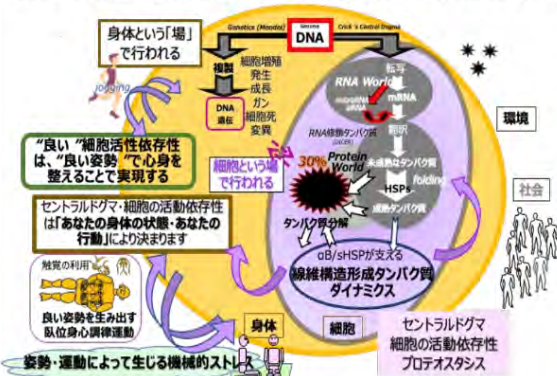


図1 STEAM教育としての「身心一体科学」

考え方と方法 — 細胞・体軸・エネルギー代謝を意識でつなぐαB-クリスタリン適応理論(跡見順子 2024 東京大学出版会)

い科学教育プログラムを確立することである。一般市民の科学リテラシーの実態をふまえて体軸制御調律運動を行い疫学的な追跡調査から本運動の効果検証を行う。

⑤ 学術的な意義

【提案の背景】「身心一体科学」とは、分離しがちな自分の身体と心を、多細胞生物の細胞の適応生存理論(1. メカニカルストレス応答、2. 活動依存性)とその鍵分子・分子シャペロンαB-クリスタリン、脊椎動物原型の臥位で自分で自分の身体に意識的に働きかける体軸制御調律運動の実践による自己の変化を言語化し、働きかけに応答できる自己を体感し発見し理解する科学で、細胞レベルのエビデンスも得られている(Shimizu et al. 2016 他)。一方、教授法の改善が長年行われてきているにも関わらず進む、子どもたちの「理科離れ」へブレークスルーをもたらす教育効果が期待できる。

【学術的重要性】身心一体科学は、2015 年文部科学大臣表彰科学技術賞理解増進部門で授賞し重要性が十分に評価されている。本科学体系の確立と普及には、一般市民にも広く認知されトレーニング効果をより多くの人に享受してもらう必要があるため、学校教育や生涯教育へ適用する。

【期待されるブレークスルー】幼児教育から適応する「身心一体科学」教育体系は、個人の生涯にわたるウェルビーイングに役立ち、自ら学ぶ力の育成に関して、従来の教授法の工夫に頼っていた教育法にブレークスルーをもたらすと考えられる。

【研究成果及び様々な効果】自ら学ぶ力や意欲の育成が進めば、わが国の学校教育全体の教育効果が目覚ましく向上するであろう。体軸制御調律運動は体育やスポーツ分野への適用も考えられ、特にスポーツ選手のパフォーマンス向上にも大きな効果が期待される。方法は非常に安易でわかりやすく誰にでも安全に導入ができる点で、一般市民レベルで広く波及効果が見られると予想している。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

「身心一体科学」は跡見(2018, 2024)が提唱した科学体系で、わが国から発信できるオリジナル分野であり、身体の回復力を細胞レベルで説明する報告は国内外でも見られない。さらに人文科学分野でも心を細胞レベルで説明する研究は未だない。「身心一体科学」によるアプローチは日本文化に基づくものであり、ICT 教育や STEAM 教育などの国外の教育法をそのまま適用するのではなく、わが国の子どもたちの学ぶ意欲を引き出すプログラムとして、日本の子どもたちや教師も馴染みやすい。

⑦ 社会的価値

本科学教育プログラムは、一般市民が、ヘルスリテラシーを身に付け、人生 100 年時代を健やかに生き抜くことをめざすものである(図 2)。医療費の削減にもつながり多くの一般市民にとって受け入れやすく理解を得やすい内容である。わが国にマクロやミクロの可視化で世界をリードする企業があることも強みとし「自分を科学する」教育を日本の教育の柱にできれば、具体的なプログラムとともに世界に発信でき、真のウェルビーイングに基づく新しい人間像を生み出すことができる。

⑧ 実施計画等について

実施計画として、最初の 10 年(本構想第 1 期)は、「調査・実践と概念の普及」を行う。教育拠点ごとに 1,000 人規模のアンケートを行い、理科教育の実態を把握し基礎データとする。調査結果から教育プログラムを考案し、学校現場や一般市民への実践教育に着手し、被験者の疫学的追跡調査を行う。調査結果を研究拠点と相互に関連させながら体軸制御調律運動も改善し、その普及と定着を図る。10 年目はそれまでの総括を行い、次の 10 年間に行う教育プログラムの改善に備える。実施機関は、日本女性科学者の会(SJWS)の 6 ブロックの各代表拠点機関とする。所要経費は、6 拠点総計として、アンケート実施費用が 1,400 万円、会議費用(施設費、人件費等)1,500 万円、教育プログラム用備品(蛍光顕微鏡、計測機器等)9,300 万円、教育プログラム実施のための消耗品 6,600 万円の合計 18,800 万円を必要とする。

⑨ 連絡先 跡見 順子(帝京大学)

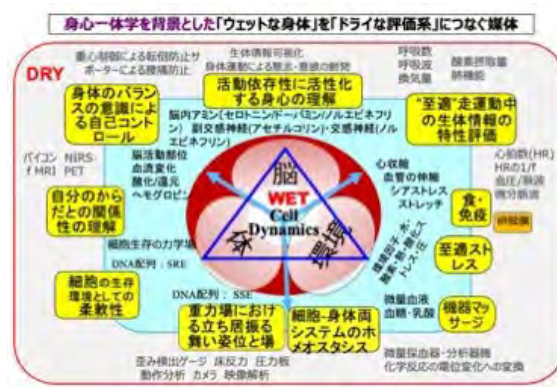


図 2 身心一体科学がうみだす社会と産業 自分を科学するには、身心一体科学を背景とした「ウェットな身体」を「ドライな評価系」につなぐ媒体の開発が必要である。

染色体ラボを拠点とした生命科学分野における教育および研究力の高度化の実現へ向けて

① ビジョンの概要

「染色体ラボ」とは、生物試料を材料として染色体標本を作成し、染色体観察を主軸とした教育研究活動を行うラボを指す。対象はあらゆる生物種。日本全国に散在する「染色体ラボ」を教育研究拠点として発掘し、生命科学教育や個別研究を集約して、中学高校から大学院における、教育機関ネットワーク形成を図るとともに、大学・研究機関との連携を通じて、中長期的に日本全国における研究力の高度化の実現を目指す。

② ビジョンの内容

生命科学の根幹を成すゲノム全体の鳥瞰図が「染色体」である。生命の歴史は染色体に刻まれている、と言われるように、遺伝学や進化学をはじめ、細胞生物学、ゲノム科学、分子生物学、人類遺伝学、腫瘍生物学、育種学、応用農学など、染色体とゲノムの概念を中核にした学問は、生命科学の全般に渡っており、染色体なくしては語ることはできない。本提案では、日本全国に散在する「染色体ラボ」を教育研究拠点として発掘し、染色体標本作成をベースとした生命科学教育と染色体に関する個別研究を集約して、中学高校から大学、大学院における、教育機関ネットワークを形成するとともに、各大学、研究機関との連携による人材育成を通じて、中長期的に研究力の高度化の実現を目的とする。学術の中長期研究戦略のうち、生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設立計画 (No. 31)、国立沖縄自然史博物館の設立 (No. 48) との連携、結節を計画的に遂行しながら、ビジョンの実現を目指していく。

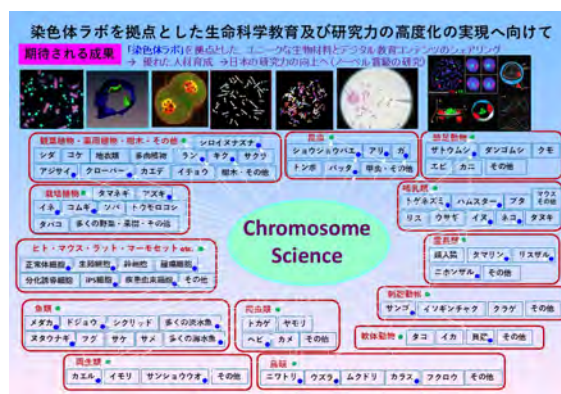


図1 染色体ラボのネットワーク形成

- 1) 各染色体ラボでの生物材料、使用機器、プロトコル等を提示し、共有可能かどうかの情報交換を行う。
- 2) 染色体に関する現有的教育コンテンツを提示し、デジタル教育コンテンツとして採用すべきものを対象学年ごとに分類・整備し、オリジナル教科書の作成を試みるとともに、AI を駆使した教材の高品質化を図る。
- 3) 各染色体ラボにて、デジタル教育コンテンツの利活用やシェアリングするシステムの構築や方法論を確立し、ラボ間でのネットワーク形成を確立する。
- 4) 大学や研究機関等のみならず、中学高校の理科教員の実験室、博物館、動物園、植物園、水族館などのスタッフ個人レベルでラボスペースも「染色体ラボ」として認定し、全国的な「染色体ラボ」の展開を目指す。
- 5) 認定された「染色体ラボ」のネットワークを生かしつつ、生命アトラスイメージングシステムの骨子としての連携、AI を駆使したビックデータ検索と可視化技術の開発と性能の向上、国立沖縄自然史博物館の展示内容への教育コンテンツやイメージデータのシステム連携などを図り、生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設立計画 (No. 31)、国立沖縄自然史博物館の設立 (No. 48) との連携、結節を強化する。

③ 学術研究構想の名称

染色体ラボを拠点とした生命科学分野における教育および研究力の高度化の実現へ向けて

④ 学術研究構想の概要

生物分類群ごとの中核的な染色体ラボを拠点とし、染色体標本作成の実践的教育研究の場所と機会を提供し、ラボ間ネットワークの形成を通じて優れた人材育成を図り、日本の研究力の高度化の実現を目指す。

⑤ 学術的な意義

【背景と学術的重要性】NISTEP の報告によると、日本の研究力は過去 20 年間連続的に下降しており危機的な状況にある。この原因の 1 つは「理科離れ」に表されるように、理科教育の抜本的な改革が急務である。新学習指導要領により、高校教育では「探究的学習」の導入が成されたが、メンデルの遺伝の法則やヒトの遺伝医学、生命倫理に関する内容が乏しく、中高生の生物学基礎にて染色体を十分に理解する学習の機会が失われているのは明白である。この状況を好転させるには、染色体を中心とした生命科学教育を充実させるシステム構築に他ならない。その手段として、日本全国の「染色体ラボ」の拠点形成を通じて、教育システムの体制の整備を図り、高度な研究力を持った人材の育成に繋げていく。

【期待されるブレークスルー】 日本全国での染色体ラボ間でのネットワーク形成を進めつつ、既存のNCBN、NBRP 等と連携をすることで、新たな染色体研究の発露となりうる点で多くのブレークスルーが期待できる。

【研究成果および様々な効果】 最初の 10 年間で染色体ラボを運営するシステムを構築し、受講した若い世代が 10-30 年後には生命科学の根幹を成す染色体の理解に精通した高度な研究力を持った人材になりうる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

過去 20 年余りの自然科学系の論文数の推移より、日本の研究力は危機的な状況であることが窺える。NISTEP によると、①1998-2000 年には全論文数で日本は米国について 2 位、②2008-2010 年には 3 位に、③2018-2020 年には 5 位に下降している。Top10%補正論文数においても、①、②、③の年代で、日本は 4 位、6 位、12 位と急降下している。逆に急上昇を示しているのは中国とインドである。インドでは初等中等教育における理科教科書に、1) 5 年生環境学で親子の遺伝などの基礎、2) 10 年生理科で遺伝と進化の基礎、3) 12 年生生物で染色体を中心とした遺伝的多様性、メンデル遺伝と進化を深く学ぶ、という特徴がある。

⑦ 社会的価値

染色体ラボでの教育研究システムは、「探究」の導入による主体的、対話的学習の実例となり、教育研究者、医療、博物館等、幅広いジャンルでの人材輩出が期待され、SDGs の 4、5、9 番に貢献できる可能性が高い。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

【初年度】「染色体ラボ」の認定と会合を開催し、教育研究拠点ネットワーク形成に向けた検討を開始する。

【2-3 年度】生物材料および染色体標本作成プロトコルを共有し、オリジナル教科書の作成を進める。

【4-10 年度】「染色体ラボ」をスタートし、学生が各染色体ラボを訪問し、体験型教育研究を受ける。染色体ゲノム解析研究等を進め、論文として成果報告を目指す。手法としては、FISH 法の応用や 3D-FISH 法、ゲノム編集を組み合わせた機能解析、マイクロダイセクション技術を駆使した染色体構造、NGS やロングリードシーケンシング技術を取り入れた最新ゲノム解析、Hi-C 解析、超解像イメージングや透明化技術の応用、AI や IT 技術を駆使した理論研究など、新しい展開を積極的に取り組みながら実施する。また、生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設立計画 (No. 31)、国立沖縄自然史博物館の設立 (No. 48) との連携による新たな体制づくりやシステム連携などを確立し、染色体ラボ構想を実現する。

<実施機関と実施体制>

染色体ラボの具体的候補としては、染色体学会の現会員の所属研究機関を想定する。北海道大学、弘前大学、岩手大学、新潟大学、千葉大学、東京大学、総合研究大学院大学、東邦大学、神奈川大学、東京農業大学、日本大学、中部大学、藤田医科大学、長浜バイオ大学、福井県立大学、富山大学、大阪大学、大阪教育大学、関西福祉科学大学、神戸大学、徳島大学、岡山大学、広島大学、鳥取大学、国立遺伝学研究所、国立科学博物館、理化学研究所、国立成育医療センター研究所、農研機構、水研機構、産総研などが挙げられ、既に染色体ラボとして機能しており、ラボ間でのネットワーク形成に寄与できる体制にある。本提案の「染色体ラボ」プロジェクトの事務局は千葉大学に設置する。生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設立計画 (No. 31)、国立沖縄自然史博物館の設立 (No. 48) のそれぞれの所属機関である、大阪大学、京都大学、お茶の水女子大学、国立沖縄自然史博物館設立準備委員会等にも、ハブとしての実施機関となっていただくことを想定する。

<所要経費>

本構想は、研究運営期間として 10 年間を想定する。

【設備備品費】顕微鏡、デジタル教材、実験機器等：6 億円 (1000 万円 x30 箇所 x 2 回)

【消耗品費】実験試薬、器具等：15 億円 (500 万円 x30 箇所 x10 年)

【人件費・謝金】事務局運営、IT 整備：8 億円 (800 万円 x10 名 x10 年)

【旅費・会議費】研究打ち合わせ旅費、会議等：3 千万円 (300 万円 x10 年)

【通信費・その他】機器修理、役務等：7 千万円 (700 万円 x10 年)

合計 30 億円

⑨ 連絡先

田辺 秀之 (総合研究大学院大学・統合進化科学研究センター)

心の科学を羅針盤とした未来社会像の構築

① ビジョンの概要

本提案では、人間の心に関する知見を、学問分野を越えて共有し利用する未来社会像を提案する。心の科学を羅針盤とし、また、心の科学を中心に人間に関するあらゆる研究分野をリフレームし有機的に連携させることにより、学術の振興を目指す。

② ビジョンの内容

現代社会の多くの問題は「こころ」の問題としてリフレーミングすることができる。例えば、現代社会の深刻な問題の一つである「分断」においては、分断されたもの同士が互いの論理を理解することが困難であり、また、社会構造や為政者の判断が分断された個人やグループに影響を及ぼす。多様性の推進に関しても、社会を構成する人々のこころに焦点をあてずに制度設計のみが変更されると、多様な考え方やライフスタイルを持つ人間同士が互いに認め合い向き合って生きる社会の実現は困難となり、さらなる分断を招きかねない。人類の永続的な進化に目を向け、分断あるいは極論すれば人類の滅亡を避けるためには、政策立案や社会実装、SDGs に表されるような持続可能な社会の実現に心の科学を取り入れる必要がある。

現在の学術研究においては、領域横断・分野融合の必要性が認識されているが、研究のアウトプットや社会実装の段階では、その効果が現れているとは言い難い。情報や技術の増加に伴い、個人の研究者が専門性を高めつつ領域横断型の質の高い研究を行うことも困難を増している。本申請で提案する「ビジョン」は、各分野の専門家がそれぞれの専門性を極める中で、「心の科学」の価値を共有し、分野を越えて社会問題の解決につながる可能性をもつ基礎・応用研究に取り組み、研究成果の共有や社会設計・技術開発が行われるという未来の形である。

③ 学術研究構想の名称

心の科学を羅針盤とした未来社会像の構築

④ 学術研究構想の概要

本構想は、(1)学術研究の体制と(2)人材育成の2つを柱とする。

まず(1)として、様々な学術研究や社会問題を心の科学に基づいて分析しリフレームする。そして、学術推進や社会問題解決に向けて、こころのデータを集約し利用するための分野融合的体制を構築する。既存の分野を横断的に繋ぐことにとどまらず、学術的問いや社会課題を人の「こころ」という視点から分析し、こころの問題として捉え直しそれに沿ったデータ取得や活用方法を提供することを通して、研究や問題解決へのアプローチの次元を増やすリフレーミングを提案する。

(2)では、「こころ」の視点と高い専門性を併せ持つことで、高い視座を持ち産学官民で活躍する人材を育成するための制度を構築する。今後の学術を担う人材の育成において、既存の領域の枠組みを越えた視座を持ち、社会に生きる人々のこころの問題を認識したうえで社会に貢献できる専門家の育成が急務である。日本国内の多くの大学では、心の科学を扱う講義や実習が個別の学部・研究科単位に散在しているため、心の科学に直接的に関連する内容であっても提供される教育が限定的である。そこから、分野を限定せずにさまざまな専門分野を学ぶ学部学生・大学院生に、それぞれの専門分野における人の心の科学的検証を学ぶ仕組みが必要となる。本提案では、分野・大学の枠をこえた心の科学教育の仕組みを提案する。

本提案は、特定の大学や研究者への大型予算の集中という形ではなく、多様な分野の多様な研究が、直接的または間接的に社会や学術に貢献できる心の科学研究の在り方を構築する重要性を訴えるものである。

⑤ 学術的な意義

本申請で提案するビジョンは、学術的問いや社会課題を人間の「こころ」という視点から分析し、こころの問題として捉え直し（リフレームし）、それに沿ったデータ取得や活用方法を提供するものである。

人間に関するデータを個別の研究で測定して報告するのではなく、動的で多次元的な人間のデータを大規模に測定し、利用可能な形で世界に公開する仕組みを構築する。

提案の背景には、技術開発、法、経済、社会に関する各領域の学術研究と、人を対象とする心の科学が、必ずしも有機的かつ効率的に連携できていないという問題がある。既存の学問領域を横断的に繋げるという試みが続いているが、情報や技術の増加に伴い、個人の研究者が専門性を高めつつ領域横断型の真に質の高い

研究を行うことも困難になりつつある。人間の心や行動のデータ取得には、正しい指標の選択、測定技術、条件設定、個人データ保護に対する配慮など、学術的に確立された方法論に基づく必要もある。そこで、既存の枠組みを脱却して、人間の心という視点で問題をリフレーミングすることで、あるべき領域融合の形を目指す。

また、多くの心理学・神経科学研究で取得された人の心に関するデータの共有は各研究者の判断に任せられているという現状がある。集約されれば大きな価値を持ちうる研究であっても、実験計画、参加者属性、データの性質が統一的なものでないため、データ活用は困難である。しかし、一部の研究グループに資源を集中しても、基礎研究の土台はもろくなる一方で、多様な研究が展開することには繋がらない。そこで、国内の多様な研究者が透明性のある研究計画を立て、データ共有によりインセンティブが得られる仕組みの構築の実現を目指す。

学術研究のリフレーミングと共に、大学・大学院の教育プログラムの連携を推進することで、分野を超えて心の科学を理解する人材の育成も目指す。本申請が提案する教育システムにより、各分野の専門教育を受ける学部生・大学院生が、それぞれの専門分野の課題を「こころ」の観点から考え、その「こころの問題」を他分野と連携して解決に導くことが可能となるであろう。産・官・民で活躍している人材のリカレント教育の場としても活用できる。本申請の提案は、教育プログラムの新規立ち上げを目指すものではなく、「こころ」という視点から、既存の教育制度を大きく変えずにリフレーミングすることによって学修者の視野を広げるものである。運営のために研究者・大学教職員の負担が増え、昨今指摘されている日本の研究力の低下を加速させてしまわないよう、慎重に計画・運営することで、研究力を持続的に高めうる次世代の人材を育成することが可能となる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

神経科学分野では、人工知能に利用可能な 73,000 の自然画像に対する人間の脳活動を高解像度で撮像したデータが公開されるなど、人工知能への応用を考慮に入れたデータシェアリングが進んでいる。また、人工知能が下す道徳的判断に関して、オンライン実験プラットフォーム「モラルマシン」の実験により、道徳的判断に個人差や文化間の倫理的差異が反映されることが報告されている。さらに、米国国防高等研究計画局 (DARPA) は、人間の専門家と協調した意思決定アルゴリズムの開発を開始するなど、正しい答えが存在しない困難な領域において、「こころ」と人工知能アルゴリズムの整合性を定量化する流れが始まっている。国内では、理化学研究所の生命科学データ共有開発ユニットや JST のバイオサイエンスデータベースセンター (NBDC)、AMED による医学研究推進のためのデータシェアリングなどが稼働しているが、社会に生きる人間の心に関する国レベルでの包括的研究やデータシェアリングは進んでいない。

⑦ 社会的価値

地球温暖化問題に関する世代間公正性、社会の分断、多様性と包括性の理解、少子化、不登校、引きこもり、感染症対策と活動規制のジレンマ、SNS における誹謗中傷、格差社会、災害対策など、現代社会が抱える問題には、須くこころの問題が関係している。社会に生きる人間のこころに関する幅広いデータを集約し、人工知能への応用もふまえて利用可能な状態で共有することは、知的価値、経済的・産業的価値に直結する。また、経済や産業が発展した未来社会で、心の科学の素養を持つ人材の産学官での活躍することにより、人間の幸福を蔑ろにしない社会の実現を目指すことができる。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール

1～3年目：[学術] 社会問題のリフレーミング、必要とする「こころのデータ」のリスト作成。[人材育成] 心の科学横断教育プログラム構想、立ち上げ、リカレントプログラム開始。

4～6年目：[学術] 研究推進、データの公開、産学官民の連携。[人材育成] 心の科学横断教育プログラム修了者輩出。

7～10年目：[学術] 社会実装。[人材育成] 産学官民での活躍、心の科学に基づいた社会設計。

総経費 具体的な研究計画の提案ではないため、実施体制や経費は提案しない。

⑨ 連絡先

四本 裕子（心理学・教育学委員会心の研究将来構想分科会、東京大学大学院総合文化研究科）

アディクション学の創成および発展

① ビジョンの概要

医学的・社会的に深刻な問題を惹起するとともに個人や社会に役立つこともあるアディクションを対象として「アディクション学」を創成し、功罪両面の状況および原理を明らかにし、対策法・活用法を確立する。

② ビジョンの内容

アディクションは、薬物やアルコールなどの物質の使用をやめられなくなる物質依存とゲームやギャンブルなど特定の行動をやめられなくなる行動嗜癖を含めた概念である。アディクションは、人類の歴史とともに医学的問題と社会問題を惹起してきた。また、市販薬乱用やオンラインカジノなど近年新たなアディクション問題が続々と生じており、未来社会においても新たなアディクション問題が生じると見込まれる。一方、適度に物事にのめり込むことで、大事を成したり生活の質を上げたりすることもある。物事にのめり込む現象であるアディクションを総合的に研究する必要がある。アディクションは脳における分子・細胞レベルの現象であり様々な心身の疾病と関連する。また、アディクションを作り出す情報や装置などもあり工学も深く関与する。自由と規制など社会システムのあり方や行動経済学などとも関係する。文化や遺伝子配列の多様性も影響することから、国際連携とともに国ごと個人ごとの調査・研究も必要である。学術研究構想により、アディクションの功罪両面を分子科学レベルから社会科学レベルまで多階層的に明らかにして社会応用するアディクション学が創成されると期待される。

③ 学術研究構想の名称

アディクション研究拠点形成によるアディクション学の創成

④ 学術研究構想の概要

アディクションを研究対象として、多くの関係機関との連携ハブとなり学際的かつ総合的研究を推進する拠点を形成する。精神医学、薬理学、毒性学、ゲノム科学、疫学、心理学、看護学、リエゾン学、法学、社会学、教育学、経済学などの研究部門・研究室を設置するとともに、事務局内に他機関連携推進部署を設置し専門家を配属する。国内外の関連機関と連携協定を締結して、共同研究・支援研究を推進し、人材育成を図る(図1)。

⑤ 学術的な意義

アディクションの研究・対策の必要性がうたわれているが、実態調査は不

充分であり、実質的な対応はまだほとんどなされていない。多様化するアディクションに国として対応していく上で、包括的な研究・教育・治療体制を整備することが必要である。アディクションには個人の脳という問題に加えて、人としての生き方、社会とのかかわり、特に教育とのかかわりが重要である。したがって、アディクションに関する医学・生物学的研究のみならず、哲学、法曹、教育学分野の関係者との連携の構築・拡充が急務である。アディクションを正しく理解し、適切な防止策や治療・改善方法を確認するために、物質依存と行動嗜癖を包括的に取り扱い、分野・領域を横断したアディクション研究が必要である。

本構想は、アディクション研究拠点を拡充させることで、関係機関との連携を強化して、学際的な新たな学術分野である「アディクション学」を創成するものであり、学術的価値は高い。異分野融合による統合知によって初めて効果的に学術分野を創成できる。社会ニーズの高いテーマであることから、応用的な学術領域としての価値が高く、一方、動物の根源的な行動制御機構ともかかわるものであり、理学的価値も高いと考えられる。本構想の実施により、法学、教育学、社会学、経済学、情報工学などに波及する効果を持つ。

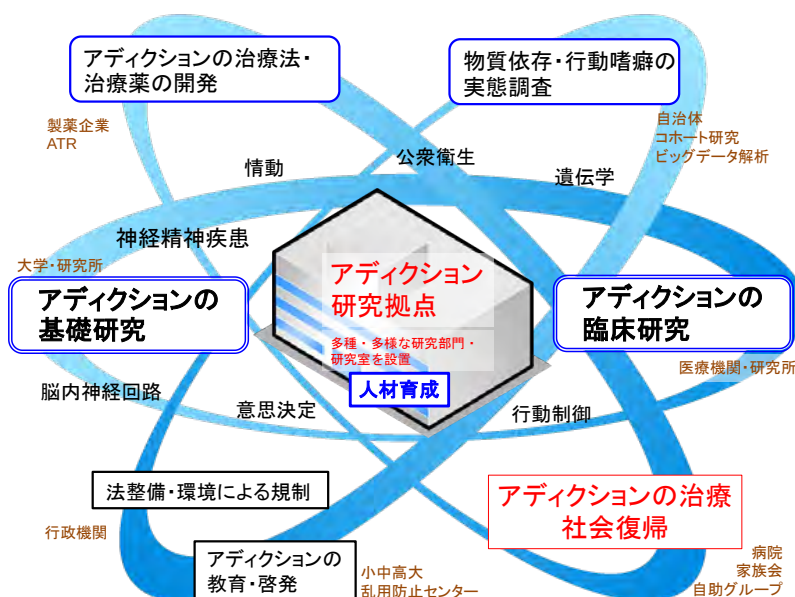


図1 アディクション研究拠点形成の構想

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

欧米においてはアディクションを専門に行う研究機関・研究所が存在するのに対して、日本においては小規模なアディクション研究拠点が設置準備の段階である。このため、日本におけるアディクション研究者は、互いに連携して情報共有・共同研究などを進めてはいるが、予算不足や所属機関同士でのシステムの違いなどにより、国民にとって意義のある有機的連携は行えていない。本構想では、物質依存と行動嗜癖を包括的に取り扱い、分野・領域を横断したアディクション研究が行えるよう

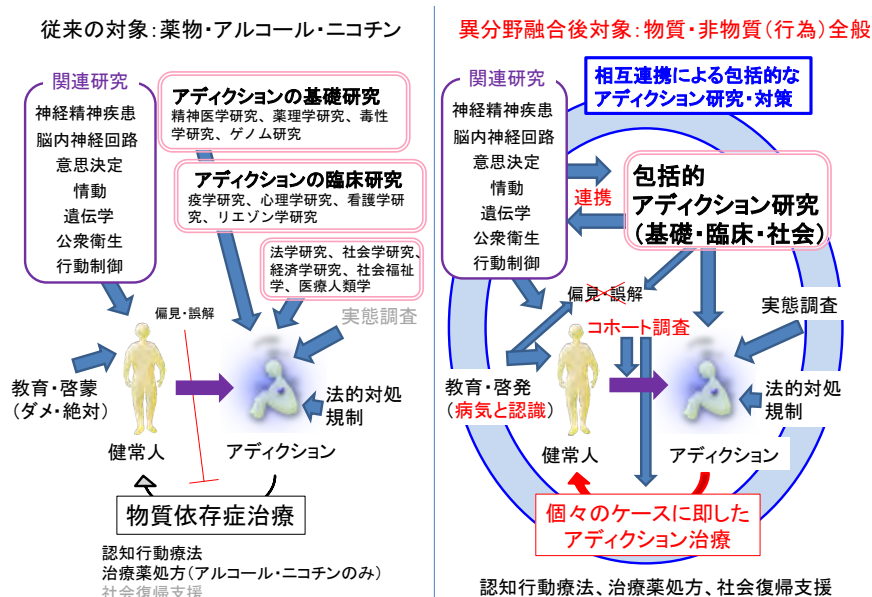


図2 アディクション学創成による異分野融合的問題対策

な体制・研究機関の設立を提言する（図2）。特に、多様性のある行動嗜癖に関する研究は、世界的に見ても未だ限られており、いち早く日本が本格的に取り組むことにより、本分野を先導することが可能となる。

⑦ 社会的価値

市販薬乱用、オンラインカジノなど、アディクション問題への国民の関心は極めて高い。一方、アディクション患者への偏見も強く、研究者や医療従事者も含めた国民のアディクションへの理解が深まる必要がある。アディクションは医学的、社会的、その他の学術分野においても重要であり、アディクション学の知的価値は高い。また、多くの依存性物質が治療薬として医療現場で活用されており、ギャンブルやゲームにはレクリエーションとしての価値があり、eスポーツなど新産業も生まれていることから、経済的・産業的価値も高い。アディクションは、WHOが定めるSDG時代の健康での17項目の第3項目の5番目に“Strengthen the prevention and treatment of substance abuse, including narcotic drug abuse and harmful use of alcohol”として明記されており、アディクション問題への適切な対応はSDGsへ貢献するものである。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

初期4年間（2027-2030年度）：アディクション研究拠点の設立。建屋建設と設備・装置の整備。国内外の連携機関との協定締結、共同研究の開始。セミナー等の定期的開催の開始。人材育成プログラムの構築と開始。
 中期4年間（2031-2034年度）：研究拠点の拡充。設備・装置の再整備、連携体制の維持・発展。国内外の連携機関との共同研究の拡充・整理。セミナー等の定期的開催の継続。人材育成プログラムの継続・発展。
 後期4年間（2035-2038年度）：研究拠点とその連携体制によるアディクション学の確立と先導。設備・装置の再整備。連携体制の維持・発展。国内外の連携機関との共同研究の拡充・整理。セミナー等の定期的開催の継続。人材育成プログラムの継続・発展。産学連携の拡充。社会実装の重点化。

<実施機関と実施体制> アディクション研究拠点をハブとして、既存の研究・医療機関および関連団体や関連企業との連携体制を構築する（図1）。

<所要経費> 総額 410 億円

建設費（装置、設備等を含む）：200 億円（建屋（通常設備・什器含む）：100 億円、情報システム設備：40 億円、動物実験設備：30 億円、実験装置：30 億円）

10 年間の運営費（研究費を除く）：210 億円（人件費：160 億円、施設維持費：50 億円（5 億円/年））

⑨ 連絡先

池田 和隆（国立精神・神経医療研究センター）

心理学総合研究所構想

① ビジョンの概要

「こころ」の科学的研究は重要である。様々な学問分野とも深く関係しており、人間研究と言い換えることもできる。「こころ」を探究する上で脳科学や情報科学を融合した研究機関が必要である。時代の要請でもある学際領域として心理科学総合研究所構想を提案する。

② ビジョンの内容

「こころ」と社会の関わりは、コロナ禍を経て近年益々重要性を増している。その基礎研究が求められているが対応する組織がない。日本の主要な研究大学には本格的な心理学部は存在せず、心理学教育は断片的な形でしか行われていない。これは、心理学という一学術分野における問題にとどまらず、日本で文理融合が進みにくい大きな要因ともなっている。心理学は「こころ」という人文・社会科学的なテーマを行動データに基づく科学的手法で扱うという意味で文理をつなぐ要の位置にあり、日本はその要が不在のまま文理融合を目指す状況になっている。こうした現状を踏まえて、行動研究のための国立の心理科学総合研究所を創ることを提案する。欧米諸国においては、心理学は常に時代の最先端の知と切り結ぶ

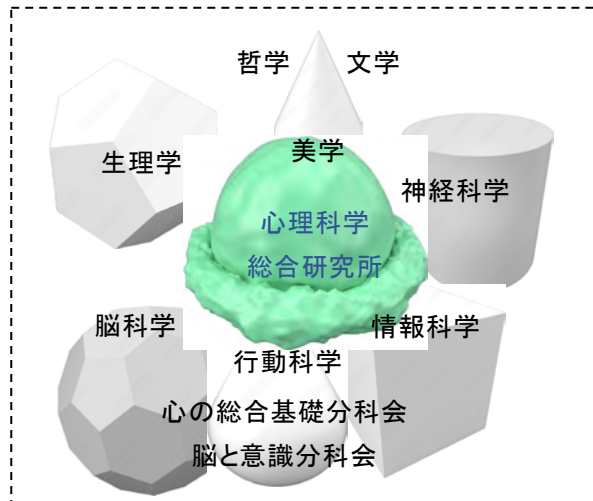


図1 心理科学総合研究所構想

ことで発展してきた学術分野である。基盤として脳科学や AI などの現在の最先端の知と連携することで CSTI などが提言している文理をつなぐ総合知を確立するための要の役割を果たすことができる。ソクラテスは自己を知れと述べ、アリストテレスは、人間は社会的動物だと述べたが、この自己と社会を結ぶのが社会脳である。

「こころ」と社会を社会脳研究に置き換えることもできる。「社会的存在としての脳（社会脳）」の仕組みを、人文社会科学も取り込んだ視野から捉え直す必要がある。自己と対峙する社会との軋轢によって生まれるストレスやコンフリクトは、調和的社会からの人々の逸脱を招きがちである。ストレスを軽減し、健全で豊かな社会性を保持するには、社会脳の仕組みを解明し、その機能を高めてその適応力やレジリエンスを回復させねばならない。そのための基礎研究がとても重要である。他分野との研究連携も重要であり、グランドビジョン「ヒトの知性を知る、創る、活かすための学術の創生」の役割は益々重要になっている。「こころ」の研究は、ヒトの知性を知る、創る、活かすために非常に重要である。心理科学総合研究所を中心とする「こころ」の解明はその中心的な基礎研究であり、グランドビジョン実現のための大きな可能性を秘めている。

③ 学術研究構想の名称

心理科学総合研究所構想

④ 学術研究構想の概要

「こころ」とは心を研究する哲学、文学、心理学から生理学、脳科学、神経科学、情報科学等、関係する学問分野は限りなく広い。日本国民の誰もが「こころ」について知りたいと思っても、直球で答えることのできる機関が存在しない。国立の機関として心理科学総合研究所を設立してこころの研究に関するリーダーシップの役割を果たし続けられる組織の確立を目指す。「こころ」を追求する上で心理学を中核に脳科学や情報科学も融合した総合研究機関が必要である。日本学術会議「脳と意識」分科会から提言「融合社会脳研究の創生と展開(2017)」を発出し、重点大型研究計画マスタープラン2020において「融合社会脳研究センター構想」を提案して融合領域で採択された。第25期から「心の総合基礎分科会」も立ち上がり、心理学の将来について熱く議論していく中で、融合領域で基礎研究としての「こころ」を多元的に研究する機関が必要であるとの合意が形成された。それに基づき心理科学総合研究所の設立構想を新たに提案する。

⑤ 学術的な意義

「社会的存在としての脳（社会脳）と心」の仕組みを、人文社会科学も取り込んだ視野から捉え直す必要

がある。心と行動の関係を明確にするのが基礎心理の得意とする研究手法である。提案の背景には逼迫した現代社会の問題意識がある。ストレスを軽減し、社会からの逸脱を防ぎ、健全で豊かな社会性を保持するには、未解明の社会脳の仕組みを心と行動の関係から解明し、その機能を高めて適応力や復元力を回復させねばならない。心の前頭葉基盤を探索する心理学と連携した新しい人文社会科学群、医学や人工知能（AI）、社会ロボット学など認知科学的アプローチをとる情報学が相互に連携して心理科学を基盤とした新学問体系を確立することが喫緊の課題となる。「こころ」の研究は、心と行動の研究である。研究成果は、社会意識の衰退を招く学習・発達などの前頭葉障害、レジリエンスの欠如、いじめ、虐待やギャンブルを含むプロセス依存症などの社会適応不全などの予防や回復についての問題解明にも貢献するものである。多くの精神疾患は心理科学を基盤とした社会脳をめぐる環境要因を心理・社会的観点から検討してゆくことで予防できる。脳と心と行動の関係に注目するには、人文社会諸科学を融合させて先端研究を展開し、他では不可能な新学術領域を開拓する必要がある。ブレークスルーとなるポイントは従来の脳研究が単独脳理解であったものを自己と他者を含む複数の人々のインタラクティブな複数脳の理解にも展開している点である。このために研究の中心となる大きな研究施設として心理科学総合研究所の設置が必要である。

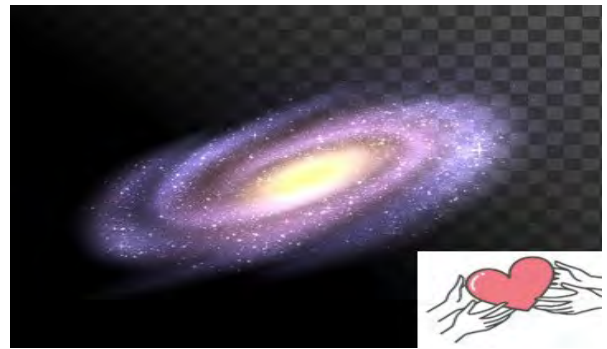


図2 時間と空間の広がりをもつ心理科学総合研究所
大きな視点からの心理科学ネットワークの形成

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内外の研究動向をみると、前頭葉が道徳的判断と関与し、そこが社会脳の司令塔であることが明らかになりつつある。社会脳研究は神経心理学、神経倫理学や神経哲学など、異分野融合性をもつ新たな学問分野に展開しつつある。複数名の協力作業で、各々の脳活動を測定すると、前頭葉が神経同期し、複数の脳の働きが協調的な脳の活動に収束してゆくことも示されており、自己と他者を協調的に結ぶ融合性が示されている。融合社会脳の革新的な新領域を含む心理科学総合研究所はオーソドックスな研究所構想であるが、国内には心理科学を中心とした大規模研究所はなく、欧米や中国からも大幅に遅れている。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内外の研究動向をみると、前頭葉が道徳的判断と関与し、そこが社会脳の司令塔であることが明らかになりつつある。社会脳研究は神経心理学、神経倫理学や神経哲学など、異分野融合性をもつ新たな学問分野に展開しつつある。複数名の協力作業で、各々の脳活動を測定すると、前頭葉が神経同期し、複数の脳の働きが協調的な脳の活動に収束してゆくことも示されており、自己と他者を協調的に結ぶ融合性が示されている。融合社会脳の革新的な新領域を含む心理科学総合研究所はオーソドックスな研究所構想であるが、国内には心理科学を中心とした大規模研究所はなく、欧米や中国からも大幅に遅れている。

「心理科学総合研究所」創設の意義は心と行動の観点から新たな知を開拓し、人文社会系の人間の心についての豊かな沃野を、fMRI や新技術などの理系のクワ（脳イメージング技術）で深く耕し、そこに新たな学問を創生するという文理融合の融合性と挑戦性にある。細分化された知を文理横断的に俯瞰する総合性が認められ、異分野の研究者の協働を促す点で融合性を持ち、卓越した国際性を併せもつことになる。

⑦ 社会的価値

「こころ」に関連する問いにストレートに答えることのできる心理科学総合研究所設置は国民の理解も容易に得られる。そこから産み出される先端基礎研究と、関連諸分野との融合研究の結果として知的価値を生み出し、経済的・産業的価値を高める効果も期待できる。何より心の病で苦しんでいる国民を救い、活力有る人材を再生できることで日本の明るい未来へと期待を持たせることが可能となる。

⑧ 実施計画等について

10 年間の実施スケジュールと経費見積もりを下記に列举した。

心理科学総合研究所建設に 50 億、設備に 34 億、10 年間の運営経費 50 億、高速ハブネットワーク構築に 50 億を見積もっている。総経費は 184 億円。心理科学総合研究所を新たに設立してそこが実施の機関となる。国内外の関連施設と連携して 5G ネットワーク体制を整備する。また、国内の関連研究機関と高速ハブネットワークで結ぶことで、ウェブなどで共同研究を進める。日本国内の心理科学総合研究所設立構想であるが、世界的広がりをもつ開いた研究所にする構想である。異分野の研究者のディスカッションをもとに、具体的な研究テーマを洗い出し、協力体制を構築する。心理科学総合研究所としては、地下にイメージング装置を設置し、フロア（1 階）に融合オープンラボフロアを置き異分野の研究者がオンラインで社会的インタラクションができる社会脳の実験環境を構想している。心理科学総合研究所は運営委員会のもと、先端基礎研究、融合研究、社会展開の 3 部門を設置して実施体制とする。

⑨ 連絡先 坂田 省吾（広島大学）

脳科学と AI による芸術創造力の理解

① ビジョンの概要

わが国は世界へ誇る文化やコンテンツを多く有し、しばしば魅力的な国として紹介される。その魅力を最大限に発揮させるため、芸術の創造課程を脳科学と AI により解明する。人類が芸術を発達させてきたメカニズムを文理融合アプローチで解明するとともに、最先端のテクノロジーを利用した新たな芸術を創成する。

② ビジョンの内容

わが国が世界に存在感を示していくために、経済力などのハード・パワーを強化するだけでなく、わが国の魅力によって望む結果を得るソフト・パワーの重要性が議論されている。昨今の新型コロナウイルスのパンデミック、武力による国際紛争、急激なインフレや円安など、不安定な国際情勢では、ソフト・パワーの重要性は再認識されている。ソフト・パワーが機能する条件として、「他国がその国の文化に魅力を感じる」と「国内と国外で政治的な価値観に恥じない行動」が論じられている（「立法と調査」320、2011）。

ソフト・パワーの象徴は、芸術をはじめとする文化的な営みである。わが国は世界へ誇る文化やコンテンツを多く有し、しばしば魅力的な国として紹介される。内閣府も日本の魅力を発信し、日本の経済成長につなげるブランド戦略として、「クールジャパン戦略」を推進している。そのような世界的地位・社会情勢を鑑み、本提案では、芸術の創造課程の真理に脳科学と AI で迫り、その知見を活用して日本文化の魅力を最大限に発信する。提案する研究分野を「アート・インフォマティクス」と呼ぶことにする。

アート・インフォマティクスは、どのように人類がアートを発達させてきたかを文理融合アプローチで解明する。また、そこから得られた知見に基づき、人間の知性や感性を理解し、次世代の AI/ロボットに組み込むことで、来るべき高齢化社会において、人間とロボットの心地よい共生のあり方を示す。

芸術作品は、当然ながら脳の情報処理の様式から生まれる。私たちの脳は、大量の情報を時々刻々と受け取り、本質的と思われる情報を抽出し、意志決定・行動している。その表出の高度化を極めるのが芸術活動である。脳はどのように本質的な情報を抽出し、表出するのかを理解する脳科学や心理学に加え、芸術の進化（芸術理論）を数理的に理解するための情報学、さらには、これらの知見に基づき、最先端のテクノロジーを利用した芸術の創成は、わが国において長期的戦略のもとに推進すべき、文理融合型の学問領域である。

③ 学術研究構想の名称

脳科学と AI による芸術創造力の理解

④ 学術研究構想の概要

図1に示したように、芸術を中心として、脳科学と情報学を融合し、新たな文理融合型学際的学問領域としてアート・インフォマティクスを創成する。アート・インフォマティクスでは、最先端の情報学を活用し、アートの営みを生む脳の情報処理や身体運動のメカニズムを解明し、時代とともに変遷してきたアートの進化を新たな視点で解析する。その基盤技術は、脳科学をはじめ、ロボット技術、自然言語処理、AI、メタバース、それに Brain-Machine Interface (BMI)、Brain-Computer Interface (BCI) などである。これらの現在の研究から発展する未来の研究として、脳型情報処理や人工意識、ダンスロボットや身体性を生かした計算、言語からの情報の獲得、脳埋め込み型チップのような人工デバイスによる新たなウェルビーイングなどが考えられる。これらの研究意義をアート・インフォマティクスの観点から再定義することで、文理融合型の研究領域を創成する。国内外で研究ネットワークを構築し、研究を推進することで、大きな波及効果を生む。

⑤ 学術的な意義

伝統文化・芸能に加え、アニメ、マンガ、ゲーム等のコンテンツ、ファッションやデザイン、ロボットや環境技術など、日本発の文化的な営みは、わが国の魅力として世界的に高く評価されてきた。これらのわが国のソフト・パワーを強化していくためには、芸術や文化の進化を系統的に解析したり、予測したりするアート・インフォマティクスの創成が必要である。

本研究において、芸術とは、脳に訴求する情報を同定する実験的な試みである。芸術を理解する学術的重要性は、人間の知覚、運動、感性のメカニズムの本質を理解することに他ならない。脳への訴求力は、自然界の統計情報、これまでの個々人の経験、脳や身体の生来的なダイナミクスなどに依存する。これらの特徴は、大量のデータを計測・解析する工学的・情報学的アプローチにより検証できる。

脳や身体の生来的なダイナミクスを利用した情報処理技術は、現在の AI には使われていないが、アートには欠かせない。逆にロボットは、ヒトとは全くことなる身体特性を有することができるので、人間のダンスやスポーツとは異なる新たな芸術分野を創成する可能性も期待される。人間の機能を拡張して、これまで不可能だったことも実現できる。

芸術の進化を情報学として整理・理解し、テクノロジーを利用した新たな芸術を創成するためには、人間の脳や身体を理解を深めることが欠かせない。さらには、脳や身体のダイナミックな情報処理に学ぶ新たな計算概念

の創成も学術的重要性は極めて高い。芸術を生む脳や身体の仕組みは、新たな計算機の開発に資する。

アート・インフォマティクスによるロボットのアート創造が、わが国を代表する産業的なコンテンツとなることを目指す。当研究科は、実世界情報処理やヒューマノイドロボティクスで世界的な研究を牽引してきた。アート・インフォマティクスにより、私たちの知覚、運動、感性などの本質に迫れば、これらの知見が次世代のロボティクス研究に波及し、人間・ロボットの共生社会に資するであろう。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

東京大学では、情報学の重要性の高まりに合わせて 2001 年に情報理工学系研究科を設立し、情報科学技術の教育研究を推進している。人間・ロボットの共生を目指した研究として、21 世紀 COE プログラム「情報科学技術戦略コア」や「東京大学 IRT 研究機構」を推進してきた。芸術を科学の対象として、人間のこころを知るための研究も国内で盛んに行われている。たとえば、新学術領域「質感脳情報学」、「多元質感知」や学術変革領域「深奥質感」、「情動情報解読による人文系学問の再構築」、そしてムーンショット目標 9「2050 年までに、こころの安らぎや活力を増大することで、精神的に豊かで躍動的な社会を実現」などが挙げられる。

⑦ 社会的価値

本構想は、情報学とアートの融合による新たな学術分野を創成する。本来的に人間を対象とする学術分野は、あらゆる国民からのフィードバックが非常に重要である。よって、学術論文の出版や新たな研究ネットワークの構築といった従来の学術的な形にとどまらず、アート・インフォマティクスミュージアムの建設によって広く国民全体がアクセス可能にするといった形でも研究成果を人類全体で共有していく。これにより、国民の直感的理解や知的好奇心を満たすという意味での社会的な価値が得られる。また、アート・インフォマティクスミュージアムを観光資源とした地域振興や関連グッズの販売など、経済的・産業的価値も高いといえる。さらに、本研究は人間と共生するロボットの開発にもつながるため、SDGs への貢献も期待できる。

⑧ 実施計画等について

東京大学情報理工学系研究科が中心となり、学内外の組織と研究ネットワークを構築し、学際融合型のアート・インフォマティクスを構築する。情報学サイドからは、次世代の AI/ロボット開発に向けた新しい脳型計算機の開発に着手する。特に、アートが脳のダイナミクスを反映して生まれていることに着目し、動的な計算資源を活用したパラダイムに基づいてフォン・ノイマンボトルネックを超えることを目指す。脳科学サイドからは、人類の芸術活動に関わる脳内メカニズムを文理融合アプローチで解明する。芸術作品や技術などの形でのアウトプットも積極的に奨励し、多様な形での学術振興の理想的な形を構築し、未来の学術の模範となることを目指す。最終的には東京大学総合研究博物館と連携して、アート・インフォマティクスミュージアムを建設し、広く一般に公開し、わが国を代表する文化資産として定着するところまで目指す。

10 年間の研究費（設備費・人件費・コンテンツ開発費など）に 200 億円、アート・インフォマティクスミュージアムの建設に 200 億円を計上する。

⑨ 連絡先

中村 宏（東京大学大学院情報理工学系研究科）

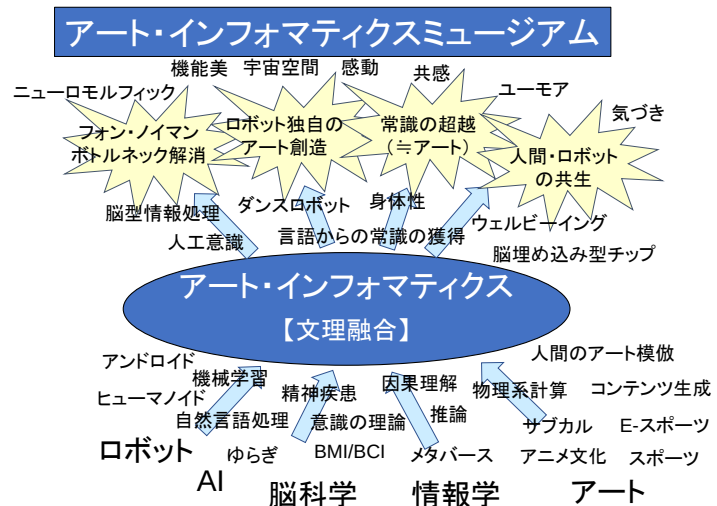


図1 アート・インフォマティクス研究構想

人の生体機能の理解と知能の拡張を基盤とした「人工頭脳学」の創成

① ビジョンの概要

近年の人工知能の成功は、脳神経機能の理解を目指した神経回路の構成論的理解に端を発している。しかし、人工知能が模擬することが出来た機能は、画像処理や自然言語処理など、限られた人機能に過ぎない。本ビジョンでは、人間機能の拡張や改善を目指した工学、さらには、人機能全体の再現による新しい人工物の設計を目指した工学の体系を「人工頭脳学」として定義し、その創成の基盤整備を提案する。

② ビジョンの内容

人間機能の模倣に抵抗の少ない文化的背景を持つ我が国では、人工ニューラルネットワーク研究を中心に人工知能研究の黎明期を支えてきた。神経科学、情報科学、計測制御工学など多様な分野が「知能理解」を旗印に議論を重ね、発展してきたのである。近年の欧米における AI の成功もこれらの成果に基づいているが、その焦点は画像処理や自然言語処理に偏り、当初の「人間理解」からは乖離しつつある。一方、認知科学・神経科学の進展により、暗黙知や感覚行動プログラムが、末梢神経や迷走神経を含む生体の神経ネットワーク全体に実装されていることが明らかになりつつある。運動・思考・情動などの制御は脳皮質のみならず、脊髄や自律神経系が環境との相互作用を介して実現されており、「知」は脳と身体不可分の結合として生起していると考えられる。本ビジョンでは、人工知能が扱ってきた「知」とは異なる、しかし本質的に人間機能にとって重要な機能を「頭脳」と定義する。そして、頭脳の人工的実現と、頭脳の制御を行う新しい学理の創成を目指す。



図1 人工知能から人工頭脳へ

運動・思考・情動などの制御は脳皮質のみならず、脊髄や自律神経系が環境との相互作用を介して実現されており、「知」は脳と身体不可分の結合として生起していると考えられる。本ビジョンでは、人工知能が扱ってきた「知」とは異なる、しかし本質的に人間機能にとって重要な機能を「頭脳」と定義する。そして、頭脳の人工的実現と、頭脳の制御を行う新しい学理の創成を目指す。

このビジョンの実現には、ロボット工学、人工知能、認知科学、神経科学、身体教育学を統合する学際的研究拠点の形成が不可欠である。短期目標としては、中枢神経に加え、自律神経や脊髄神経系を含む全体的な神経系モデルを実現する人間頭脳の構成モデル、すなわち「人工頭脳」の構築が求められる。さらに、装着型ロボットなど、人工頭脳と人との協働的な制御論を展開する。設立する研究拠点の活動により、人間頭脳の構成原理が解明され、根源的な人間理解とその応用による機能補完技術にイノベーションを引き起こす。したがって、このビジョンの帰結として、人類はすべての中枢ならびに末梢神経疾患に起因する障がいから開放される「End of Disability」の時代を迎え、新しい社会的発展の実現が期待される。

③ 学術研究構想の名称

人の生体機能の理解と知能の拡張を基盤とした「人工頭脳学」の創成基盤

④ 学術研究構想の概要

本構想は、人工頭脳学の研究ビジョンを実現するために、人工頭脳学の新しい研究拠点を設立するものである。本拠点は、既存の学問領域を越えて、ロボット工学、認知神経科学、制御工学、人工知能、身体教育学といった基幹分野の研究チームを結集し、それぞれの研究基盤を高度化させつつ、相互に連携することで新たな統合知を創出する仕組みを備える。具体的には以下の五つの柱となる研究と設備を整備する。第一に、認知神経科学チームは、人全身神経機能イメージング装置を用いて、全脳から末梢神経に至る多元的な神経活動を同時計測し、身体運動と認知の統合メカニズムを解明する。第二に、計算論実装チームは、動物脳機能イメージング装置を活用し、遺伝子操作や光学的介入と組み合わせることで、理論モデルの妥当性を実証する。第三に、身体神経系大規模シミュレーションチームは、並列演算型スーパーコンピュータによって脳神経系と身体運動系を統合的に再現し、数理モデルと実験データの統合解析を行う。第四に、装着型ロボットデバイス開発チームは、計測および介入可能な新規ロボットデバイスを開発し、ヒトと動物を対象とする実験研究を支える。第五に、身体性社会行動研究チームは、大規模モーションキャプチャスタジオを拠点に、複数主体間の身体的相互作用や社会的共感形成過程を精密に計測・分析する。これらを統合することで、

頭脳と身体の動的相互作用を解明し、人間理解と次世代工学の革新に資する世界的研究拠点を構築する。

⑤ 学術的な意義

本構想の学術的重要性は三点に集約される。第一に、本構想は「人間を理解し制御する工学」という未踏の学理を確立しようとする点である。実験的データに基づいた数理モデル化、大規模シミュレーション、さらにロボットやデバイスによる構成を統合することで、人間頭脳の設計理論を確立する。第二に、本構想は既存分野の断片化を克服し、ロボット工学、人工知能、神経科学、認知科学、身体教育学を横断的に結びつける。これにより、知識体系の分断を超えて、統合的な「頭脳」理解を学術的基盤として確立できる。第三に、本構想は日本が伝統的に強みを持つ分野-神経科学の計算論的研究、装着型ロボティクス、身体性認知科学、VR技術-を結集し、国際的に独自性のある研究領域を形成する点である。最終的に、医学・医療分野の新しい方法論の発見と開発、工学分野では、ヒューマノイドや外骨格型ロボットの設計に寄与し、AI研究に新たな基盤を提供する。さらに、人文社会科学においても、技能継承や教育制度の設計、少子高齢化社会における身体知の保存といった課題に新たな理論的枠組みを提供する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

我が国は人工ニューラルネット研究の創生期をリードしてきたが、近年では、生成AIや深層学習を中心に海外に後塵を拝している。一方、動物を対象とした神経科学や、計算論的神経科学、身体性認知科学においては我が国の特徴を活かした活動が行われている。そして、装着型ロボティクスやバーチャルリアリティ研究では、筑波大学を中心に、世界最先端の研究が継続されている。これら我が国の強みを「人間頭脳」を中心に統合することで、諸外国が未だ実現できていない統合的知能の実現と、根源的な人間理解を実現する。

⑦ 社会的価値

(1)医療・福祉：運動・認知リハの個別最適化、自律神経症状や疼痛の制御、介護負担の軽減、(2)産業：ヒューマノイド/HMIの設計指針・評価指標の確立、(3)教育：人工頭脳に基づく教育最適化、(4)社会：熟練技能の定量化・移転と生活機能の維持・拡張、を同時に実現する。科学的エビデンスにもとづく介入プロトコルと汎化可能なモデルを社会に接続し、福祉と生産性の両立を日本から実証する。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール

(1)0-3年：設計・体制構築と基盤整備(HPC先行導入、MRI・施設構築、SOP/規程整備)を経て竣工・試運転まで完了。(2)3-7年：基幹課題を本格運用しデータ基盤・国際共同研究を拡張、中間評価を踏まえ「人工頭脳」コアモデルと介入実証を確立。(3)7-10年：標準化・国際展開と社会実装を推進し、最終評価・成果公開と次期フェーズ計画へ接続。

・実施機関と実施体制

本構想は、筑波大学(システム情報系、サイバニクス研究センター、計算科学研究センター、人工知能研究センター、エンパワースタジオ、附属病院)、つくば市に拠点を置く国立研究開発法人等を中核候補として連携し推進する。両者は共同で筑波大学内に『人工頭脳学国際研究センター(仮称)』を設置し、研究・人材・設備を相互活用する。

・研究体制

(1)認知神経科学、(2)計算論実装、(3)身体神経系大規模シミュレーション、(4)装着型ロボットデバイス開発、(5)身体性社会行動の5ユニット+共通基盤(実験支援・データ/HPC・安全)で構成。クロスアポイントメントや技術職の相互派遣、大学院教育(共同指導、企業連携PBL)を実施する。

・総経費 300億円(中核拠点建設費や運営費を含む)

⑨ 連絡先

鈴木 健嗣(システム情報系)、井澤 淳(システム情報系)



図2 実施期間と実施体制

創発共進化計算知能プラットフォーム

① ビジョンの概要

進化計算やニューラルネットワーク等の計算知能分野における先進的なアルゴリズムの開発、そのスーパーコンピュータやインタークラウドなど大規模並列分散システムへの実装を通して、大規模かつ複雑な問題に対し自動的に新たな最適解を創発的に生成する計算的イノベーションを実現するため、人・計算機・アルゴリズムが一体となったプラットフォームを形成し、「問題解決基盤」として社会課題の解決に貢献する。

② ビジョンの内容

進化計算やニューラルネットワークを含む計算知能 (Computational Intelligence) は、狭義の人工知能技術のみならず群知能や人工生命なども含む広い意味での知的な振る舞いを計算機上に実現する研究分野である。特に進化計算は、探索型人工知能の一つとして、対象とする問題の知見が十分に得られていない場合にも利用可能な「ブラックボックス最適化」を実現するアルゴリズムであり、数学的な定式化が難しい多様な問題を解決する手法として多岐にわたって活用されている。また、ニューラルネッ

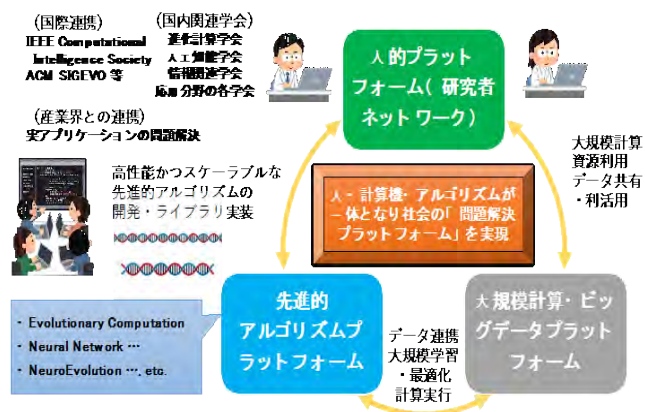


図1 提案するビジョンの概要

トワークに代表される分散型知能や、様々な知識表現をもつ記述型知能を融合させ、最適な人工知能を探索し、実現する技術として活用することが可能である。本構想では、さらなるイノベーションを推進するため、先進的なアルゴリズムの開発に加え、世界規模でスーパーコンピュータやクラウドシステムが相互接続されたインタークラウドなど大規模並列分散システムへ実装することにより、人・計算機・アルゴリズムが一体となり社会の「問題解決プラットフォーム」を実現することを目指す。これにより、大規模かつ複雑な問題に対して「創発的に」新たな「解」を生成する計算的イノベーションを実現し、社会課題の解決に貢献する。

③ 学術研究構想の名称

創発共進化計算知能プラットフォーム

④ 学術研究構想の概要

進化計算やニューラルネットワークを含む計算知能は、狭義の人工知能のみならず群知能や人工生命等も含む広い意味での知的な振る舞いを計算機上に実現する研究分野であり、広く社会課題の解決に用いられている。特に進化計算は最適設計や最適スケジューリングなど社会における問題解決に広く用いられており、新たな解を見出す創発の可能性も含め、さらなるイノベーションを実現する技術として期待されている。また、スーパーコンピュータやインタークラウドなど超大規模並列分散システムが整備されつつあり、特に人工知能の分野ではビッグデータを活用することで、部分的に人間の能力を超える学習能力を実現することが可能となっているが、人工進化を実現するためにはさらに多くの計算量、データ量が必要となる。進化計算学会では、先進的なアルゴリズムを開発する研究者を支援するとともに、進化計算コンペティションとして、最適設計問題や社会課題の解決に関わる最適化問題を設定し、その実行のためのシステムをクラウド上に構築しており、研究者が開発したアルゴリズムによる最適解の探索を実行し、その成果を共有する。これにより、小規模ではあるが先進的なアルゴリズム、クラウド上のシステム、研究者ネットワークによる共創により、複雑かつ困難な問題を解決するプラットフォームを実現している。

本提案ではさらなるイノベーションを推進するため、先進的な計算知能のアルゴリズム開発、スパコンやインタークラウド等の大規模並列分散システムへの実装、研究者ネットワークの形成を通して、人・計算機・アルゴリズムが一体となって共に進化し、社会の問題を解決するプラットフォームを形成することを目指す。

⑤ 学術的な意義

人工知能技術を実社会に適用する際には、大量の入力情報と共に最適な解を導出するための技術が必要になる。進化計算のアルゴリズムが、その代表的な手法として注目され、国内外での研究が活発に進められている。進化計算は、対象となる問題の事前情報を用いずに解の探索を進められること、同時に複数の解を探

索できることから多目的最適化問題の解決に適していることなどが、その特長である。人工知能と人工進化を組み合わせた研究についても、神経進化 (Neuro Evolution) など活発に研究がなされている。実設計問題への適用にあたっては、大量のデータを入力データとしつつ大規模計算基盤での実装が求められるが、分散計算や並列計算などの大規模計算が容易に連携可能なプラットフォームを準備することにより、産学の高度な連携が可能となる。設計最適化など実問題への適用にあたり、スーパーコンピュータ上での計算シミュレーションと最適化計算を組み合わせることで、物理的なプロトタイプの開発を最小限とするなど設計最適化に要するコストを大幅に削減でき、大規模計算システムと最適化、さらには機械学習やニューラルネットワークなどの人工知能を組み合わせた統合的な最適設計プラットフォームを実現することによる実社会へのインパクトは大きい。さらに、社会シミュレーションと最適化や人工知能のアルゴリズムを組み合わせることで、社会政策の最適化など最適社会の実現に必要なプラットフォームとなることも期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国際的には、IEEE (電気電子技術者協会) と ACM (コンピュータ学会) で研究者コミュニティが組織されており、日本からも多数の研究者が参加し、論文賞や発表賞を多数受賞している。計算知能の分野では国内で活発な研究活動がなされており、特に多目的進化計算アルゴリズムの開発では、日本が世界をリードしている。人工知能については国内外の研究成果を踏まえて開発されたライブラリを利用することが一般的となりつつあるが、実問題を有する研究者や民間企業等が少ないオーバーヘッドで利用できるプラットフォームが求められている。このような背景の下、本構想においては先進的な計算知能アルゴリズムの開発だけではなく、そのサービスとしての実装、大規模計算を前提としたスケーラビリティを強く意識した研究開発を加速するためのプラットフォームの構築、研究者ネットワークの形成、発展を目指すものである。

⑦ 社会的価値

本戦略は、複数の学術界を連携し、日本が得意とする大規模計算技術を活用しながら、その研究成果を産業界に結びつけるものである。本学会が研究対象としている最適化アルゴリズムは、最適な社会を実現するために必須の技術となっている。特にイノベーションを加速するために、そのプロセスを自動化しつつ創発的に新たな最適解を生成するプラットフォームを構築することができれば、社会全体の最適化に対して大きなインパクトを与えることが期待される。すでに、学会として実社会応用への取り組みを始めており、先端的な取り組みをしている企業との共同企画も始まっている。これらを具体的に推進することで、より必要とされる分野に日本の科学技術力を進展させると共に、速やかな産業応用を展開することが可能となる。

⑧ 実施計画等について

令和 8～9 年を目途に本構想の実現に必要な計算資源を整備し、プロジェクトを立ち上げ、アルゴリズム開発に関わる研究者ネットワーク、実問題の解決を必要とする民間企業等との連携ネットワークを形成する。令和 10 年までにプラットフォームシステムの開発を進め、並行して必要となる計算資源の調達手続きを進める。本構想の実現にあたっては、ハブとなる共同利用・共同研究拠点を公募し、アルゴリズムの開発ならびに人材育成については、進化計算学会、人工知能学会等の関連する学会と連携し、計算基盤については学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点 (JHPCN)、革新的ハイパフォーマンクス・コンピューティング・インフラ (HPCI) と連携した分散拠点を配置し、全国規模での体制を構築する。民間企業との連携については、産業応用のための連携ネットワークを構築するとともに、計算基盤については、クラウドプロバイダー、データセンター企業等との連携ネットワークを形成する。さらに地域課題の解決に向けて地域企業や地域データセンターとの連携も意識し、各地域の大学や企業とも連携した全国的な研究者ネットワークを形成する。プラットフォームを実現するシステムソフトウェアの開発として 3 億円、中核拠点の教職員人件費として 1 億円/年、拠点ネットワークの運営経費として 1 億円/年程度の経費が必要である。計算基盤の拡充経費として、各地域における分散拠点となるセンター等へ計算資源を配備するために 5 億円 x 5 拠点で総額 25 億円、パブリッククラウドとの連携に必要な資源利用経費として 1 億円/年が必要となる。計算資源の配備については、スパコンなど既存の大規模計算資源を活かしつつ補正予算など公募事業による予算獲得も含め検討し、量子計算や最適化専用計算機など、本構想の実現に必要な先進的な計算資源を優先して調達する。

⑨ 連絡先

棟朝 雅晴 (北海道大学)

各科学分野間の持続的共創をもたらし先進的な情報処理技術開発のための 国産 AI 情報基盤の構築

① ビジョンの概要

人を理解し人に寄り添う、高い知能を持つ完成された次世代 AI を世界にさきがけて生み出し、AI が社会に遍在し人と共生する実空間・サイバー空間が融合したスマートかつ持続性のある寛容なモラル社会によって国を豊かにする好循環社会の実現を目指す。そのための高い自律性・汎用性・知能を持つ次世代 AI を実現するため、国産での大規模基盤モデルの構築を中心とする大型 AI 研究開発拠点を整備する必要がある。

② ビジョンの内容

2022 年後半に登場した生成 AI は、単なる AI 技術のレベルアップどころか、誰もがその技術を容易に享受できるという AI の民主化を実現した。無論、利便性の高い技術の登場は混乱も生み出し、アーティストの職が奪われる懸念や、著作権や知的財産の侵害の懸念など、新たな創造の可能性の道が開かれたというポジティブな受け止めがされる一方、ネガティブな捉えられ方もされている。一方、サイバー空間を見れば、SNS の社会浸透がもたらした混乱は深刻さが加速的に増すばかりである。フェイク情報が飛び交い、個々人は推薦システムが作り出すフィルターバブルの中で偏った情報に接し、その影響はサイバー空間を飛び出し実社会の分断化を加速させることになった。これらの解決策が人と共生できる AI の実現にある。ただし、その AI は現在の IT 技術としての道具型 AI から脱却し、高い自律性と汎用性をもつ次世代 AI へのアップグレードが必須となる。そして、これを実現する上で重要となるのが、「大規模マルチモーダル基盤モデル」の構築である。単にこれまでのテクノロジーが目指してきた効率化や合理化のみを求めるのではなく、人の気持ちを理解し、人に寄り添うことができる次世代 AI が仲介に入ることによって人の認知負荷を低減させ、不寛容さと分断が進む現在の殺伐化する社会を、本来の人間社会にあったはずのお互いに寛容なモラル社会に変容させこれを持続させることを可能とする。そして、AI が人と共生することは、お互いが影響し合うことの結果、AI が人の創造力をさらに向上させることに繋がる。効率化には限界があり、ゼロから生み出す力の向上こそが今の日本に必要な要素であり、新たな知を多く生み出すことで、テクノロジーの進化を加速させ国を豊かにする好循環を実現することができる。

③ 学術研究構想の名称

国産の大規模マルチモーダル AI モデルの構築と維持・拡張基盤の整備

④ 学術研究構想の概要

国産の大規模基盤モデルの構築と、これを土台として人と共生する AI を実現する事業を早急に開始する必要があると 2023 年から主張しているところであるが、ソブリン AI という名称にて経済安全保障の観点から 2026 年となりようやく国も動き出した状況にある。ただし、AI 研究開発分野における 3 年のブランクはあまりに大きく、現時点で最先端を目指すことが断念されているのは残念なところであるが当然であろう。多様な情報を統合した大規模マルチモーダル AI モデルの社会に与える影響は計り知れない。汎用 AI の実現を加速させ、さまざまな分野での圧倒的な効率化と生産性をもたらす社会基盤としたいところであるが、大規模 AI モデルの構築には膨大な良質のデータと膨大な計算リソースが必要で、構築した後も、維持管理をしつつ、常にモデルを成長させるための持続的な研究開発体制が必須である。現時点でその実現は資金・人材において豊富な米中研究機関に限られるのが現状である。一方、今後の AI システムが大規模 AI モデルに基づいて研究・開発されることを考えると、その基盤を外国製に依存することは「経済安全保障」の観点から避ける必要がある。国内においても複数研究拠点にて独自に大規模言語モデルの構築が進んでいるが、その高い開発費および維持コストの回収に苦心している。大規模 AI モデルはそれ自体が利益を生み出すことはないが、これを応用して初めて価値が生まれる情報基盤なので、その意味で、国産大規模 AI モデルは産官学が連携して国策として構築・運用すべきであり、そのための研究開発拠点の形成が急務である。ただし、巨額の開発費を投入しても、米国ビッグテックによる AI の劣化版を作るに止まるとなれば国民から経費を投入する同意を得ることは難しいと考える。その意味でも、単に「後追い」ではなく「日本ならではの斬新な取り組み」をプロジェクトに入れ込む必要があると考える。AI for Science における強力な仮説生成能力であったり、持続的学習機構、そして AI に高い自律性を付与するための技術などの実現である。このような日本独自の価値

を入れ込みつつ、真に産官学の統合による大規模 LLM の開発プロジェクトが立ち上がるとすれば、現状の日本における AI 研究開発の国際的な立ち位置の劇的な向上と、国内産業の活性化に大きく寄与すると考える。

⑤ 学術的な意義

大規模言語モデルにより汎用性の高い AI の実現が現実となったものの確率的に文章を生成できるようになっただけであり、推論や因果推定、共感、メタ認知、時間軸の把握など、人の知能たらしめる能力はまだ実現されてはいない。これらの能力を実現することが次世代 AI 実現に向けた大きな課題であり、これらのテーマにおいては日本がリーダーシップを発揮できる可能性が残されている。大規模モデルの活用法においても、これにより、単に文や画像を生成するだけでなく、これまでの AI におけるアキレス腱であった「暗黙知や常識」の活用という極めて大きな可能性を秘めている。これらの活用は、人に信頼される「高い自律性・汎用性を持つ AI」の実現を可能とし、この実用化はあらゆる産業・教育に波及する。常に人の相棒として人と共生する AI システムの実用化は、AI の日本ならではの活用形態であり、少子高齢化とそれに付随する介護問題・労働力補填問題に直面する日本において、国力に与える影響は絶大である。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

EU や欧米では、AI の自律性については日本とは立場が異なり、AI は道具的立場であるべきという考えを固持している。この状況において、常に人の相棒として人と共生する自律・汎用 AI の実用化は、多様性・包容力のある日本社会ならではの AI 活用形態であり、少子高齢化とそれに付随する介護問題・労働力補填問題に直面する日本において、国力に与える影響は絶大である。「AI で」ではなく「AI が」偉大な科学的発見をする未来も期待できる。そして、人と共生する AI 社会が理解・実現され、そのメリットがあらためて海外に認知され、日本型 AI が世界に波及するという展開さえ見えてくる。

⑦ 社会的価値

今後は、すべてのシステムの基盤には AI が利用されるようになることは自明である。その時、産官学の研究者・開発者の皆が等しく国産の大規模マルチモーダル AI モデルを安定して、そして安心して利用できるようになることが、国内の広範な産業活性化に与える影響は計り知れない。

⑧ 実施計画等について

- ・実施計画：10 年間のプロジェクトを想定している。
 - 1 年目～2 年目 AI 開発環境および学習データ収集維持管理拠点の設置作業
 - 3 年目～10 年目 次世代 AI 実現のための基礎研究・開発・社会実装
 - 5 年目～10 年目 具体的産業活用促進
 - ・実施機関と実施体制：新会社を設立し勤務体系や給与体系を一本化し産官学からの人材を確保しやすくする。ハードウェアは産総研等の現状の資産のフル活用を含めた新規構築を進める。
 - ・総経費 5,000 億円（米国ビッグテックの単なる後追いでの開発となれば数兆円レベルが必要）：
 - 所要経費 (1) 計算環境の整備に 3000 億、大規模基盤モデル開発に 1000 億円程度。
 - (2) 年間 100 億の運営費 x 10 年にて総額 1000 億円程度。（合計 5,000 億円）
- ※構築する大規模マルチモーダル AI モデルは継続的に更新・拡張することが必須であり、運営費には理研 AIP のような研究拠点の組織化に加え、競争的研究推進事業である、JST CREST・さがけ、NEDO AI・ロボット事業、NICT などでの戦略的研究プログラムの設置も検討する。

⑨ 連絡先

栗原 聡（慶應義塾大学理工学部）、本村 陽一（産業技術総合研究所）

情報環境との相互作用で生ずる行為や感情の正負・強弱原理の解明に基づいた人の内在的強靱性を高める機構の実現

① ビジョンの概要

生成 AI を含む先進的情報技術の社会展開には、変革や予期せぬ影響に柔軟に対応できる人と社会が不可欠である。本ビジョンは人の内在的強靱性を高め、不確実性を受け入れる力や多様性への配慮を涵養し、技術の真正性や説明責任を理解し受容する力を育み、イノベーションが滞りなく展開される社会環境を実現する。

② ビジョンの内容

イノベーションの社会展開には技術革新のみならず、受け手である「人」への深い理解と、生成 AI 等の不確実性に対応できる能力の強化が不可欠である。本ビジョンは、以下の3点の実現を通じ、遍在する「情報」を不可避な環境因子と捉え、技術と人が調和する知の体系を創出する。

(1) 人の内在的強靱性の強化：不確実性や未解決の状態を受け入れるネガティブ・ケイパビリティ等の能力を涵養し、人と社会のレジリエンスを高める。

(2) 技術受容性の向上：予期せぬ影響を過度に否定せず柔軟に対応する姿勢や、情報・技術の真正性・説明責任を理解し活用する力を育み、変革に寛容な社会を築く。

(3) 多様性を考慮した倫理的応用：身体・認知・文化的背景の多様性を尊重し、国際的な AI 倫理指針と整合したガイドラインを確立することで、公平性と信頼ある社会実装を推進する。

③ 学術研究構想の名称

情報環境との相互作用で生ずる行為や感情の正負・強弱原理の解明に基づいた人の内在的強靱性を高める機構の実現

④ 学術研究構想の概要

複雑・肥大化し続ける情報環境は人の行為・知識の「増幅器」として機能し、その傾向は強まる一方である。増幅作用が正に働けば、多様な知識の獲得や能力の拡張が促進され、人の社会生活に大きな利益をもたらすが、負に働く場合には不安や劣等感、過度の心理的負荷を引き起こす可能性がある。本構想は、こうした行為・感情の増幅作用の正負・強弱が、人の心理・認知的文脈と提示される情報、さらに AI 生成物の性質によっていかに決定されるのかを解明する。本構想では、情報科学、人文科学、医科学、認知科学などの研究者が結集し、心理・認知的文脈を考慮した人と情報環境の包括的相互作用モデルを構築する。そのモデルに基づき、人の心身の健全性と内在的強靱性を高める先進的情報技術の応用と社会展開を主導する。さらに、生成 AI 時代に不可欠となる情報の真正性や説明責任の確保を組み込み、科学的正当性と人の受容性を両立させるデータ収集・活用方法論を確立する。

⑤ 学術的な意義

【本構想の背景、学術的重要性】

情報環境による行為・感情の増幅作用は、現代社会の喫緊の課題と密接に関連している。正の増幅作用を活用することは、高齢化社会の持続可能性や多様性のある社会の実現に不可欠である。一方で、負の増幅作用は、いじめ、鬱、自殺といった深刻な社会問題に結びつく可能性があり、切迫した課題として認識されている。この背景のもと、本構想が対象とする学術的課題は以下の3点である。

- ・心理・認知的文脈を考慮した学術的理解の欠如：情報環境が行為や感情に影響を与えることは経験的に知られているが、同じ情報でも文脈によって増幅効果は大きく異なり、心理・認知的文脈や AI の出力の不確実性との関係は十分に解明されていない。

- ・増幅作用の活用・抑制に関する非体系的研究：行為・感情の増幅作用をいかに活用し、また抑制するかに



図1 本ビジョンの概要図

については、多分野で研究が行われてきたが、学際的連携や知の統合が不足している。

・研究基盤の不足と属人化：実験参加者の確保やデータ収集は研究者ごとに行われており、データや方法が属人的で再利用が困難であり、適切な収集と共有の仕組みが不足している。

【期待されるブレイクスルーと研究成果及び様々な効果と意義】

・心理・認知的文脈を考慮した増幅作用モデルの解明：情報環境や生成 AI の出力の、心理・認知的文脈に応じた行為・感情に対する増幅作用のモデル化により、技術設計指針の統一的な基盤を提供する。

・分野融合研究によるインタフェース機構の創出：得られたモデルに基づき、正の増幅作用を活用して創造性、生産性、包摂的な生活を促進する機構を生み出し、負の増幅作用を抑制する方策を設計する。これにより、人の内在的強靱性を高める先進的情報技術の応用を実現し、社会課題の解決に貢献する。

・研究データ基盤の整備と方法論の確立：実験参加者の個別管理に依存せず、多様な条件を反映した匿名化・倫理配慮済みのデータセットを構築する。さらに、人を伴う実験に関する実践的知識を集積・共有するプラットフォームを整備し、効率的かつ倫理的に実験を行う教育・トレーニングを提供する。

・波及効果と国際的意義：国際的な AI 倫理原則とも整合する枠組みを提示し、AI の社会実装における国際的な標準化や政策形成に貢献する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本構想は「人」に焦点を当て、人の心理・認知的文脈を考慮した情報環境との相互作用のモデル化を通じて、他の情報学研究を補完し社会展開を支える独自性を有する。国外では、EU における AI Act の制定や OECD・UNESCO による AI 倫理指針により、AI の社会的影響を人間中心に評価・管理する枠組みが整備されつつある。また米国では多様性と倫理性を重視した AI 研究データ基盤の構築が、EU や英国では人間の心理・行動や健康に焦点を当てた研究が行われている。本構想は生成 AI を含む先進技術の社会的影響を明らかにし、その正の活用と負の抑制の双方を実現する学術基盤を構築する点で国際的にも独自性の高い位置付けを持つ。

⑦ 社会的価値

本構想により解明される原理、および創出される知見・方法論・機構は、生成 AI を含む先進的情報技術の健全な応用を導き、人の身体的・精神的健全性を高めるとともに、社会の基盤となる「メンタル」の強靱化を促進する。さらに、人の心理・認知的文脈と情報環境との相互作用から生じる ELSI（倫理的・法的・社会的課題）や RRI（責任ある研究・イノベーション）に対応する枠組みを整備し、国際的な AI 原則と整合性のある方法論とガイドラインを提示することで、国際的な信頼獲得にも資する。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール・所要経費＞ 総経費 46.6 億円

第 1 期（2026～2028 年度） 14.1 億円（設備費：3.0 億円、人件費：6.6 億円。旅費：1.5 億円、共同システム開発・運営費：3.0 億円）

既存研究を礎に分野融合を加速し、プロジェクトを拡大する。人間中心 AI のデータ基盤構築と連携を推進しつつ、分野横断を促すアンバサダープログラムを計画・実施する。

第 2 期（2029～2031 年度） 13.3 億円（設備費：3.0 億円、人件費：7.8 億円、旅費：1.5 億円、共同システム開発・運営費：1.0 億円）

第 1 期の成果を基に社会実装を試行する。シンポジウム開催や海外連携を通じ、成果の国際展開を図る。またデータ基盤と知識共有プラットフォームの試行運用とシステム改良を推進する。

第 3 期（2032～2035 年度） 19.2 億円（設備費：2.5 億円、人件費：13.2 億円、旅費：2.0 億円、共同システム開発・運営費：1.5 億円）

人間中心 AI のデータ基盤と知識共有プラットフォームを本格運用し、効果を検証する。蓄積した情報を精査した上で公開し、学術的正当性と倫理性を備えた実験手法を研究者コミュニティへ還元する。

＜実施機関と実施体制＞

公立はこだて未来大学を中心機関とし、京都大学、産業技術総合研究所、東京大学、東北大学、北海道大学等を Japan ACM SIGCHI Local Chapter により橋渡しし、分散型研究拠点プラットフォームを構成する。

⑨ 連絡先

中小路 久美代（公立はこだて未来大学）、矢谷 浩司（東京大学、Japan ACM SIGCHI Local Chapter 会長）

生命・芸術・社会科学と調和する豊かな社会のための新しい音響科学

① ビジョンの概要

分野融合の横系と、各分野毎の縦系のマトリクス組織からなる音響環境研究所を創設し、生命・心理・社会科学と連携して世界最先端の技術開発を行い、Society5.0の実現に貢献する新たな音響学を構築する。

② ビジョンの内容

計算音響学小委員会では、音の発生、音の伝播、聴覚器官による音響感覚、音楽、騒音等、音に関するあらゆる現象を扱っており、物理学・工学・心理学・感性工学・生理学など幅広い学際領域を成している。すなわち、学術会議の特徴である、単独の学会だけでは扱えない、多岐にわたる、それぞれに最先端な音響関連の現状と課題を議論している。

更に、音響学は騒音問題とも深く関わり、自動車などの機械騒音は環境問題にも関わる社会的課題である。特に、電動走行車や自動走行車の開発などにより、音の問題は大きく変わりつつある。これに対応するには、従来の音響学に加え、生体反応に関する生命科学や音楽などの芸術・心理学を融合した、新たな音響科学の構築が必要である。また、この新しい科学は、ウェルビーイングの実現にも貢献することが期待される。しかし、我が国においては、各分野毎に先端的な研究が進んでいるものの、残念ながら、これらを連携する機能が十分ではなく、シナジー効果が見られない。以上から、本小委員会では、以下に代表される各課題に取り組む「音響環境研究所 (Institute of Acoustic and Environment, iACE)」の創設を提案する。

1) 生命・心理・社会科学と連携した新たな音響学の創出 2) 自動車等の電動化・自動化が求める、芸術を取り入れた新たな音質価値探査 3) 騒音への対応などの環境問題の解決 4) 音によるウェルビーイング

本研究所では、自動車業界を核として諸分野と連携した、強力な学際的音響研究を推進し、世界に先駆け、上記の諸問題に対応する日本独自の理論・技術基盤の構築を目指す。本取組は音響学のみならず、理工学・人文社会科学・生命科学等、多くの分野に関わっており、広範な学問領域の連携強化にも資するものである。これにより我が国の強みをさらに強化すると同時に、様々な分野へ波及させる。

③ 学術研究構想の名称

生命・芸術・社会科学と調和する豊かな社会のための新しい音響科学

④ 学術研究構想の概要

音響に関する諸問題に対して、生命・心理・社会科学と連携して世界最先端の技術開発を行い、Society5.0の実現に貢献する新たな音響学を構築する。

1 自動車騒音の中核問題の研究開発

自動車技術会と連携して行うが、自動車技術会振動騒音・音響評価部門委員会や自動車各社単独では困難な課題に対して、iACEは、まさに実行部隊となる。

2 感性・生理現象への展開

聴覚という生理現象や、そこに影響を及ぼす音楽という物理的・文化的要素を解明する。聴覚系および発声系のサイバーフィジカルモデルを構築したり、楽器の発音機構解明などの研究を行う。

3 オープンイノベーション

設計・実験に使える解析・予測ソフトウェアの研究開発と世界的な研究プラットフォームの構築を行う。研究成果をソフトウェアにまとめ、インターネット上で公開し、オープンイノベーションに貢献する。

⑤ 学術的な意義

自然音に加え、会話、音楽などの生活音が日常にあふれ、道路、空路などの交通音、産業音など、多岐にわたる環境音などから、音響学は、理工学分野の一大テーマである。一方、音響学は、幸福度、安心・安全性、ストレス緩和の面から、人文社会学と深く関係する。更に、私たちの身体は、臓器、筋肉、骨など、それぞれ振動や音を持っており、音響学は生命科学とも深く関わっている。このように、音響学には、様々な学術分野が関係するが、これらは別個のコミュニティで研究が進められてきた。計算音響学小委員会では、多くの学会に帰属するメンバーからなるという学術会議の特徴を活かし、これらを融合すべく議論を進めてきた。特に、自動車産業で培われている技術は、中でも深みと広がりを持ち、まず、この分野で世界のトップを走ることを目指し、それを他の分野へ展開していくことが望ましい。おりしも、自動車産業は100年に一度の

大変革を迎えている。例えば、自動車の電動化や空飛ぶクルマの出現は、騒音を質的に変化させ、騒音をむしろ心地よい音に変換するような、新たな技術が求められる。これに対応する、新たな音響学が必要である。また、この新しい科学は、ウェルビーイングの実現にも貢献する。Society5.0に向けた、これらの新技術の実装には、サイバーフィジカルシステム・ハイパフォーマンスコンピューティング技術との連携も不可欠である。iACE は、これら諸分野からなる融合研究を進めるための核となる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

近年、社会目標として、経済成長に加えて、精神的な豊かさや幸福感などが求められている。音環境は個人、社会への影響が大きく、重要な課題として注目されている。欧米では、この横断的複合分野での研究や新指標の設定への動きが始まっている。例えば、英国王立音楽大学の演奏科学センターでは、心理学・音楽学・工学・医学・教育学などの異分野協働型の「演奏科学」研究拠点を構築し、異なる視点から多分野の専門家が協働し研究を開始した。一方、日本は、個別には優れた研究があるが俯瞰的な研究分野では後れている。

⑦ 社会的価値

上記の通り、現代の社会的目標は、経済的利便性だけでなく、人間性の確保、幸福度、健康度、安らぎ等が重視されはじめている。本構想が目指す、人間の感受性を取り入れた音響学や、iACE が開発しようとするサイバーフィジカル技術は、経済的利便性とウェルビーイングを考慮しており、このような社会における諸課題の解決に向けたイノベーションを創出する。また、この新たな音響学の構築においては、科学的知見として説得力をもつよう、学際的な視点と、それらを包括し、支える数理科学を重視する。また、音響技術の研究は、言語によるハンディキャップの軽減や、協調性・社会性の増強などにもつながる。また、音楽による脳の活性化は、認知症への効用も期待されており、健康と福祉という観点から SDGs にも貢献する。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール 前半、最初の4年間は、我が国の強みである自動車関係の音響技術を発展させ、他の研究を牽引しつつ、設備の導入やシミュレータ・基礎理論の構築など、研究所の共通利用基盤機能確立する。また、各地の大型実験設備、計算資源、データベース等をウェブ上で統合する国際プラットフォームを開発する。後半、5年目以降はそれらを発展させつつ、多様なイノベーションの創出を目指す。

実施機関と実施体制 本提案の実施機関の中核として、iACE を創設し、生体・医学研究ユニット、音の場・社会空間研究ユニット、音響機器研究ユニット、音響数理モデル研究ユニットを設置する。これによって、人文・社会科学、生命科学、理学・工学の各分野からなる横系的組織と、各分野をそれぞれに深掘りする縦系のマトリクス組織を構成する。成果は、iACE にストックしてゆくとともに社会での普及も図る。iACE の研究者をリーダーとして、ダイバーシティを重視しつつ国内外の博士研究員を受け入れ、関連分野の博士修了者の魅力ある受け皿となることを目指す。また、iACE の研究者が、国内外の研究機関や企業に転出できる力量を備えるカリキュラムも構築する。

所要経費：55 億 1 千万円

1. 研究所

- ・研究室、実験室、オフィス建設費、運営費（研究員 18 名、事務員 2 名を含む）等（25 億 8 千万円）

2. 高精度検証実験装置

- ・大型無響室、3次元音振動可視化装置、レーザー計測装置、無響風洞など（2 億 9 千万円）
- ・長期間音響暴露環境室、音響再現室、音響・振動計測システム（5 億 8 千万円）
- ・MRI、人体モデル・生体情報計測システム、精密計測開発環境（6 億 3 千万円）
- ・CT装置、電子顕微鏡、大型 3D 造形装置、運営費など（1 億 8 千万円）

3. シミュレーション・計算基盤施設

- ・振動・音響重点のドライビング・フライトシミュレータ、都市街区音響シミュレータ、人体音響振動シミュレータ、聴覚サイバーフィジカルシミュレータなど（6 億 5 千万円）
- ・ネットワークングプラットフォーム構築・保全（4 億 5 千万円）
- ・IoTシステム、エッジコンピュータ、ワークステーション（1 億 5 千万円）

⑨ 連絡先

谷口 隆晴（神戸大学理学研究科数学専攻）

全ての人が対等で人間性豊かなコミュニケーションができる非言語情報通信基盤の構築

① ビジョンの概要

未来社会は、障がい、文化、ジェンダー等のダイバーシティに寄りそうアクセシブルでインクルーシブな社会であってほしい。それを支える遠隔コミュニケーションシステムでは、日常の対人コミュニケーションの中で重要な役割を担っている非言語情報の機微を適切に伝達することにより、全参加者が対等で豊かな遠隔コミュニケーションができる基盤が整っている必要がある。それを実現する幅広い学際的研究を実施する。

② ビジョンの内容

豊かなコミュニケーションを成立させる重要な鍵の1つは、非言語情報のやりとりである。非言語情報は、言語的な情報(話し言葉や書き言葉)以外の様々な情報を指す。言語情報を補足し、情動の伝達に適しており、他者の真意を読み取る際には言語よりも頼りになることも多い。そのため、未来の遠隔コミュニケーションを豊かなものにするためにも不可欠である。非言語情報は非常に多岐に及ぶ。カメラ等のセンサで捉えた情報を単純に先方に送って表示すれば良いというものではなく、情報



図1 非言語情報通信が拓く未来のイメージ

の出し手と受け手の双方の様々な違いやプライバシー等への配慮が問題を複雑にしている。セキュリティ管理の難しさも加わり、豊かなコミュニケーション実現に向けての壁となっている。未来には、知的なアバターやロボット等も我々の遠隔コミュニケーションの輪の中に入ってくるだろう。そこで、非言語情報を有効に活用して、これらを含めた全参加者が対等でかつ豊かなコミュニケーションができる基盤の実現を目指す必要がある。非言語情報のやりとりには元来、文化やジェンダーや障がい等の個人差による壁があるが、アバターやロボットにも、装備センサ・情報提示装置や運動自由度、また AI 等の頭脳にも多様なバリエーションが予想され、ますます広がるダイバーシティを許容できなければならない。しかし逆に、これらの非言語情報の個性を積極的に用いて初めて、多数のロボット・アバターやそれらの利用者がいる中でのセキュリティや認証のシステムを実現できる可能性もある。本基盤の構築のために、次の6つの学際的な研究課題に取り組む。

- (1) 対人コミュニケーションにおける非言語情報の研究
- (2) 非言語情報の機微を理解する AI の研究
- (3) 非言語情報のための通信基盤技術の研究
- (4) 非言語情報のためのセキュリティ基盤技術の研究
- (5) 非言語情報を活用して豊かなコミュニケーションを実現する XR やユーザインタフェース技術の研究
- (6) 非言語情報通信の社会実装に向けた倫理・法・社会的課題の検討

③ 学術研究構想の名称

全ての人が対等で豊かなコミュニケーションができる非言語情報通信基盤の構築

④ 学術研究構想の概要

多岐に及ぶ非言語情報の夫々について、人の発出情報の意味理解とエンコード化技術、デコード・表出する技術、異なる非言語情報間の関係等の詳細な研究と利用技術の確立が必要である。従来の非言語情報に関する研究は心理学等の分野を中心に理論駆動型で行われることが多かったが、情報科学との協働でデータ駆動型のアプローチで進める。加えて、さらに多様な非言語情報の機微を理解するためには、脳科学や生体・生命科学、医学等の知見も必要であり、幅広い学際研究が有効となる。重要な個人情報である非言語情報の伝送時の安全性の確保には、個々の認証技術の高度化に加えて、従来技術の延長線上にはない新規セキュリティ技術の研究が不可欠となる。大量の非言語情報のためのリアルタイム高信頼通信技術も検討する。また、VR/AR/MR やユーザインタフェース技術を基礎にして非言語情報を活用する豊かなコミュニケーション技術研究も実施する。さらに、社会実装を見据えて、これらの倫理・法・社会的課題の検討も必要である。

⑤ 学術的な意義

オンラインコミュニケーションは、多様な働き方をサポートするツールや日常の便利さに加えて、SDGs の環境・国境・経済的な面での目標達成に向け、重要度を増している。しかし現状では、オンラインでは非言

語情報がうまく伝達できないことを理解した上で、オンラインと対面のコミュニケーションを使い分けているといえる。感情を伝えるコミュニケーションでは、9割を超す情報が言葉ではなく非言語情報によって伝達されるという報告もある等、大きな役割を担っている。このことから、非言語情報が未来の遠隔コミュニケーションを人間性豊かなものにするために不可欠であると言える。非言語情報は非常に多岐に及ぶが、研究が始まっているものは顔表情等ほんの一部である。そこで、様々な非言語情報の機微を理解する研究から始めて知見を蓄え、非言語情報通信技術基盤構築に向けた学際的・包括的な研究を開始することは、学術的に極めて大きな意義がある。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

多岐に及ぶ非言語情報の中で、顔表情は盛んに研究が進んでおり利用例も見かけるが、その他は多くの重要な潜在的情報を含むにも関わらず、基礎研究も世界的に十分に進んでいるとは言えず、学術的にも極めて重要で挑戦的な課題と言える。学際的な体制で今から研究に取り組めば、日本がリードすることができる。このような背景を踏まえ、非言語情報通信の実現に向けた学際融合の基礎検討を開始するため、東北大学 電気通信研究所にサイバー&リアル ICT 学際融合研究センターが 2023 年度に設立され、研究が開始された。

⑦ 社会的価値

SDGs の環境・国境・経済的な面での 2030 年までのいくつかの目標達成に向けて、また多様な働き方を実現する手段として、オンラインコミュニケーションはさらに重要視されている。日常の対人コミュニケーションの中で極めて重要な情報を持ちながら、現在の通信技術では欠落してしまっている様々な非言語情報のやりとりを、未来の遠隔通信で実現することによって、対人コミュニケーションを豊かにすることができ、ひいては社会全体を豊かにしてゆくことにつながる。「言語情報」の AI の成功に倣った「非言語情報」の AI とそれを活用した遠隔コミュニケーションは、非常に大きな経済的・産業的価値を生むであろう。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

「非言語情報通信基盤」の要素技術を確立するために、(1)の研究では、多岐に及ぶ非言語情報のうち重要なものから、対人コミュニケーション研究の知見に基づく実験的方法で検討を進め、それらと人の感情や内面との関係を理解する。(2)の研究では、(1)の知見を基に AI 化を試み、適切にエンコード・デコードする方法を検討する。(3)の研究では、リアルタイム性と高信頼性を確保できる大容量無線通信システム、送受信機等を開発する。(4)の研究では、高精度非言語認証アルゴリズム、それを実現するセキュアハードウェアを高度集積化したセキュアプラットフォーム技術等を確立する。(5)の研究では、リアル空間とバーチャル空間のそれぞれの特徴を活かした XR 技術の研究、非言語情報の AI を利用した XR 技術の研究に取り組む。(6)では、上の進展に合わせて、非言語情報通信の利用に関する倫理的ガイドラインの作成等を目指す。

<実施機関と実施体制>

障がい、文化、ジェンダー等のダイバーシティに寄り沿うアクセシブルでインクルーシブな社会を実現するために、多様な人とロボット・アバタ等が存在する環境で、全ての参加者が対等で人間性豊かなコミュニケーションができるようにすることを目指した「非言語情報通信基盤」を実現するという目標の達成に向け、(1)～(6)の研究を実施する。各研究開発項目では、夫々を確実に推進するために、各分野で十分な研究実績を有する東北大学 電気通信研究所が中心となって研究を開始する。また、同研究所が情報通信分野の共同利用・共同研究拠点として国内外の情報通信分野の研究促進の役目も担っていることも活用しながら、国内外の研究機関との共同研究を広げる。

<総経費> 7,500 百万円

<所要経費> 設備費 2900、消耗品費 370、旅費 750、人件費 3100、その他 380 (百万円)

⑨ 連絡先

北村 喜文 (東北大学 電気通信研究所)

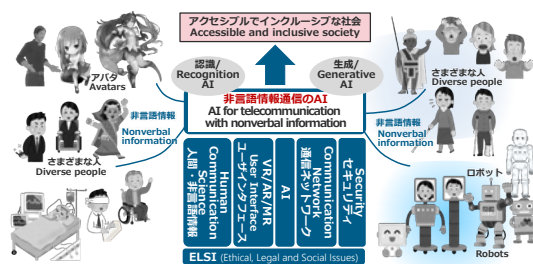


図2 非言語情報通信基盤実現の技術課題と目標

人の能力を拡張・強化し、持続可能な生存を実現する生存情報学研究構想

① ビジョンの概要

サイバー・フィジカルが融合する生存空間で多様な人々が生き生きと参画できる社会を目指し、情報学、医学、社会科学、経済学、環境学、哲学、倫理学等が連携し、1)人間の能力を拡張・強化する研究開発、2)そこから生まれる格差やストレスなど、個人・社会・環境等への影響を分析・解消する研究開発、3)1、2の実現に伴う制度課題等に対し、研究者と一般市民が連携・議論・解決する国際的な社会受容基盤を作る。

② ビジョンの内容

産業革命以降、人類は主に人為的な原因による気候変動、感染症、自然災害、戦争・紛争等、地球規模で我々の生存を脅かす社会課題に直面している。そうした課題に対し情報学は、インターネット、AI という道具を創出し、世界中の個人・社会・経済・環境から様々な知識や知恵を収集可能としつつある。例えば COVID-19 パンデミックでは、世界規模の感染状況を時々刻々と伝え、医療現場に役



図1 CAによる能力拡張例

立つ最新の知見を検索できるシステムが開発された。ウクライナ侵攻では、衛星通信により世界中にその情勢が発信され戦況を左右するほどの影響を与えた。一方でこの道具には大量エネルギー消費による地球環境への影響、社会格差や精神的ストレスを生み出す等の課題も明らかになっている。近年は、Well-being な未来社会実現のためには、今後 20～30 年の長期に亘って、気候変動や資源の持続可能な利用、健康と福祉の維持といった生存に関わる課題を異分野連携で発掘・分析・解決していくことが重要となる。近年は、生成系 AI も急速に発展・普及し、我々人類にとって新たな産業革命が起こっていると言える。そこで 25 期環境知能分科会は情報学の視点から個人や社会の未来生活をイメージし、認知科学、医学、環境学、法律学、社会科学、経済学、心理学等の研究者と共に、この課題を解消する新たな学術領域「生存情報学」を提案している。

生存情報学により、人間は情報学の新たな道具である「自分の分身となるロボットやアバター（サイバネティック・アバター、以下 CA）」を利用し、その能力を人間の限界を超えて拡張・強化できる。「重度障がい者が CA を遠隔操作して働く」、「CA によって、自分が持てる以上の能力や外見を得て、なりたい自分になれる」等が可能となり（図 1）、ダイバーシティ&インクルージョンも期待できる。一方で CA との共生は、社会制度上の問題、メンタルヘルスを含む健康問題、差別、格差、犯罪、環境破壊など、我々の想像を超えた新たな生存課題を生み、顕在化することもわかってきている。これらの課題に取り組むためには、政策立案者、企業、市民社会が連携して行動することが求められる。そこで本研究構想では、異分野の研究者と連携し、未来社会を俯瞰的に捉え、多様な立場・属性の人々を巻き込みつつ、この生存に関わる諸課題を議論・解決方法を研究開発し、CA との共生を適切かつ積極的に促進するプラットフォームを構築する。

③ 学術研究構想の名称

人の能力を拡張・強化し、持続可能な生存を実現する生存情報学研究構想

④ 学術研究構想の概要

★ 第一の柱として、情報学、医学、脳科学、認知科学等が連携し、人間が自らの身体的・認知・知覚能力を拡張・強化する研究開発を推進する。例えば CA を遠隔操作する場合、複数の CA を一度に操作したり、複数の人間が 1 つの CA を共同で操作する状況が考えられ、新たな技術課題も顕在化する。そこで、CA による能力拡張・強化技術の研究開発に加え、社会実装による新たな技術課題を抽出する。ユーザビリティも考慮した研究開発を行う。

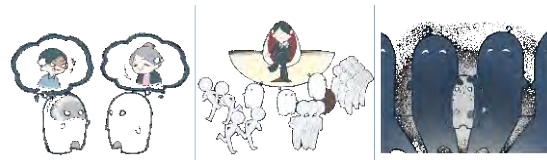


図2 CA との共生によって生まれる ELSI 課題
(左から、信頼の欠如によるストレス、差別意識、メンタルヘルスなど)

★ CA との共生では、CA とのコミュニケーションによる心の打撃や、誰が操作しているかわからない CA に対する不信、CA を介することによって生じる格差や差別、CA 利用による環境への悪影響など、新たな ELSI 課題が生まれる。そこで第二の柱として、第一の柱による社会課題や格差、ストレス・メンタルヘルスなど、個人・社会・経済・環境に及ぼす影響を情報学及び異分野の視点から定量的に分析し、解消する研究開発を

行う。CA との共生により発生する ELSI 課題に関する様々なデータを収集し、異分野の研究者と共有し、各々の視点から定量的に分析を行い、分野連携で解決方法を研究開発する。

★ 第一、第二の柱の成果を特定の国や企業が独占することなく、今後 20～30 年に亘って、安全・安心・信頼性を確保できる「CA 共生の社会受容基盤」も重要となる。第三の柱として、哲学、情報学、法学、倫理学、経済学、社会科学等の研究者と一般市民が連携し、制度課題の解決策を民主的に議論しまとめる国際的な社会受容基盤を構築する仕組みも創成する。

⑤ 学術的な意義

★ 第一の柱：人間が自らの身体・認知・知覚能力を拡張・強化する研究開発

ムーンショット目標 1 では、CA の自在な遠隔操作、身体的技能や経験の相互利用・拡張、ブレインマシンインタフェースによる高度な操作等によって、障がいなど多様な背景を持つ人々の社会参画を推進する研究開発が行われている。一方で、複数の CA を同時に操作する、あるいは 1 台の CA を複数人が操作するといった、社会実装において発生する課題を想定した研究開発が十分に行われているとはいえない。本研究構想では、CA による能力拡張・強化技術に加え、その社会実装による新たな課題の発掘・解決を研究開発する。

★ 第二の柱：CA との共生によって新たに生まれる ELSI 課題を解決する研究開発

CA との共生はダイバーシティ&インクルージョンを実現すると同時に、我々の生存に関わる様々な問題を生む。例えば(1) CA を活用して働く重度障がい者は、現代の社会制度では正当な対価を得ることができない、(2) CA 活用によって、人々は AI に指示する者と、AI の指示を受けて労働する者へと二極分化され、新たな社会階層・格差が生まれる、(3) CA を用いたコミュニケーションでは個人の行動のトラッキングなど監視が進み、プライバシー侵害などが発生する等である。理不尽な誹謗中傷や CA の使いすぎによる依存症、地球規模の環境破壊などもあり、これらの課題は従来の情報学だけでは解決することができない。第二の柱では、人間のスキルや能力、感情、体験等、CA との共生における ELSI 関連のデータを抽出・記録する超大規模データ基盤を構築し、異分野融合の体制（拠点）の下、俯瞰的に研究開発する。

★ 第三の柱：CA に対する国際的な社会受容基盤

第一、第二の研究開発の成果を社会へ還元していくことで、新たなサービスや社会システムが生み出される。それらは今後 20～30 年に亘って成長領域となると予想されるため、一部の企業が独占的に支配することがあってはならない。多くの人々が CA との共生を安全・安心に受容するためには、多様な分野の研究者に加え、一般市民がその利点と課題を客観的かつ公平・公正に認知する必要がある。そこで異分野の研究者と多様な年代・属性をもつ一般市民が連携し、CA との共生における社会制度を含む様々な課題やその解決策を民主的に議論する社会受容基盤を構築する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

「人間と機械の協働環境」については、ドイツ工学アカデミーacatechにおいて、日独の有識者による議論が行われ、提言も出版されている。そこでのポイントは、生産性・効率性・経済性の向上であり、本学術構想で対象とするロボットやアバターとの共生や、それに伴う身体・社会・経済・環境に及ぼす倫理面も考慮した影響については十分に考察されていない。

⑦ 社会的価値

CA との共生により生成される ELSI に関する大規模データを、異分野の研究者間で、共有・効果的に活用するためのデータ基盤も構築する。異分野の研究者と連携し、倫理面を含む課題を対象として検討し解決策を考える、市民を巻き込むグローバルな社会受容基盤が本構想の差別化となる。

⑧ 実施計画等について

2026 年度は、CA との共生の社会実装を推進し、そこで発生する技術課題を分析・明確化し、解決手法の議論を始めると共に、データ収集・共有のためのデータ基盤の構築を開始する。2027 年度は、26 年度に発掘した課題に対する解決策の研究、一般市民を交えたフォーラム設立に着手する。2028 年度以降は、CA との共生において、具体的なサービスを開発する。本研究開発は、応募者である橋本隆子（千葉商科大）、共同研究者である灘本明代（甲南大）の所属機関において、日本学術会議環境知能分科会のメンバーと共に行う。所要総経費は、30 億円程度を見込む。

⑨ 連絡先 橋本 隆子（千葉商科大学）

人文知を基盤とした AI 技術の応用による真の無障壁社会の実現

① ビジョンの概要

進展著しい AI 技術とデジタル人文学の総合的利用により情報（特に文化的情報）へのアクセスを飛躍的に高め、全ての人にとっての無障壁社会を実現する。距離や年齢、障害、言語による障壁をなくして、文化多様性の復元、社会問題の解消、地域の活性化を図り、文化的に豊かで生きやすい社会を作る。

② ビジョンの内容

今日、高度な情報化により膨大な情報へのアクセスが可能になり、一見豊かな生活が実現したかに見える。しかし、これらの情報化は特定の産業や用途に偏っており、いまだそのアクセス方法も複雑で、利用は特定の人に限定されたものとなっている。地方には豊かな言語、文化・伝統が残っているが、それらは現在保存されないまま消滅の危機に瀕している。多くの文化資料、地域文献資料は保存されていたとしても紙のまま資料館、図書館、博物館に収蔵され、方言や伝統文化はアナログ資料のまま収蔵庫奥深く保管されている。こうした過去の膨大な記録へのアクセスには制限が多く、ほとんど活用されないままで眠っている。

一方で、情報のバリアを安易に技術的に取り除こうとする動きが却って、デジタルディバイドを作り、地域格差と地域文化の消滅による画一化や情報格差を作り出している側面もある。この格差が社会的な弱者を生み、地域文化の衰退・文化の画一化を促進しつつある。

このような中、技術的に手に入れやすい情報だけに目を向けさせるのではなく、人文学が蓄積してきた知識と技術を AI 技術とともに創造的に活用することで、情報バリアを解消した真の無障壁社会を作り、人々を文化的に豊かに生きやすくし、多様な文化に活力を取り戻していくことが求められる。このような環境の整備は、たんに工学的な技術提供を受けるだけでは実現せず、対象となる資料に対する深い知見と情熱をもって人文学者が積極的に参加して構築する利用環境によって初めて可能になるものである。

③ 学術研究構想の名称

言語データ解析による人文知を基盤としたアーカイビングシステムの構築：「人文知コンシェルジュ」サービスの実装

④ 学術研究構想の概要

近年の AI・言語処理技術の急速な発展により多くの要素技術がすでに開発されている。しかし、十分な研究や実用化が進んでいない応用領域が数多く存在する。自動音声・文字認識、単語・統語・意味解析、機械翻訳などは現代の大言語では実用化が進んでいるが、各地の方言・危機言語や、数十年前の資料、高齢者・子供・障害者の言葉においては全く不十分な状態である。こうしたマイナーな言語データは、短期的には経済的価値を生むことはなくとも、長期的にはかけがえのない価値を持つものである。価値を最大限に活かして応用するためには、過去から積み重ねられてきた人文学的な英知を欠かすことができない。

本研究構想では、人文学的専門知識・技術を AI・自然言語処理技術と融合させることで、これまでに手が付けられていない多くの情報を機械可読・アクセス可能にし、利用しやすい環境を整備することによって情報バリアを取り除くことを目的とする。そのために、以下の3つの課題を立てて研究を推進する。

- ・蓄積の少ない言語資料のデジタル化・共有化
- ・図書館・博物館・資料館・人文系の諸データの統合
- ・構築した資源にもとづく研究および社会への応用の推進

これらの取り組みを通じて、デジタルデータとオープンサイエンスに依拠した新時代の人文学の推進を図る。同時に、一般市民に向けて文化資源を分かりやすい形で提供し、価値の一元化による差別を解消し、文化的に豊かで生きやすい社会作りに貢献することを目指す。

⑤ 学術的な意義

本研究構想では、蓄積されたデジタル資料の利用価値を大きく発展させるために、文献・画像・音声・動画資料に含まれる多様な日本語のデータを解析し、単語として意味を扱えるように整備する。また、資料中の固有表現を抽出し、固有表現辞典、時空間情報、さらには博物館資料の情報などの人文学知識との関連付けを行う。こうしてデジタル資料と人文知を融合させた、コンテンツの全文検索が可能なアーカイビングシステムを構築する。そのために、方言音声の自動テキスト書き起こし・形態素解析・辞書見出し化・標準語

訳を行い、方言のアーカイブ構築を容易に行えるシステムを開発する。また、図書館・資料館等の前近代から明治期にかけての古文・文語文を解析し、現代語に機械翻訳を行う技術を開発する。

こうして構築するデジタルデータの利用環境は、研究者にとってはオープンサイエンスを基礎とした人文学 DX の実践の基盤となるだけでなく、人文学内部での垣根を越えた融合研究にも資するものとなる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内では、図書や音声・映像などの文化資源の電子化は、長い間デジタル化とメタ情報の整備に留まっており、データの中身に踏み込んだ高度な利用を行うことができない状況が続いてきた。しかし、近年になって深層学習技術の発達により、これらのデジタル情報の中身の解析・活用が重要になってきている。本研究構想は、こうしたマイナーでありながら図書館や博物館資料の多くを占める資源を対象として、言語解析技術を開発して飛躍的にアクセシビリティを向上させる。ヨーロッパでは、Europeana や Gallica などこうした環境整備が進んでおり、日本語の資料でもこれらに伍する環境を整備することが求められている。

⑦ 社会的価値

過去の文化資源へのアクセスを飛躍的に向上させることで、国民の知的好奇心に答えられる利用しやすいアーカイブを整備し、豊かな文化にふれられるよう貢献する。これまで図書館・博物館・研究所等で別々に蓄えられてきた言葉・地理情報・歴史年代・モノ資料の知識を相互に結びつけることにより、各機関が保有する資料の利用価値を高めることが期待できる。

⑧ 実施計画等について

1～2年目に、コンテンツの全文検索が可能なアーカイビング環境を設計、辞書データの整備を実施。方言音声書き起こし、古典籍や近代資料の解析、固有表現抽出を実施する。その後、5年目までに、デジタルミュージアムの機能を大幅に拡張、固有表現データをもとに情報を相互にリンクさせた次世代の利用環境の設計・開発を行う。5～7年目に、方言音声データ（文化庁緊急調査）の解析を完了。前近代のテキストの解析を実施。国語辞典の見出し語、意味分類、地図上の位置、年表、人名などから、各種アーカイブ上の原情報にアクセス可能にする。また、機械翻訳によって古文や方言を現代標準語訳する。最終年度までに、研究者だけでなく国民だれもが使いやすい文化情報アーカイブを「人文知コンシェルジュ」サービスとして実装する。

実施機関と実施体制としては、国立国語研究所が中心となり、人間文化研究機構が実施するデジタルヒューマニティーズ計画を下支えし、新しい人文学の研究環境を整える。そのために国語研内に「言語アーカイブ解析センター（仮称）」を置く。総経費 1,957,600 千円

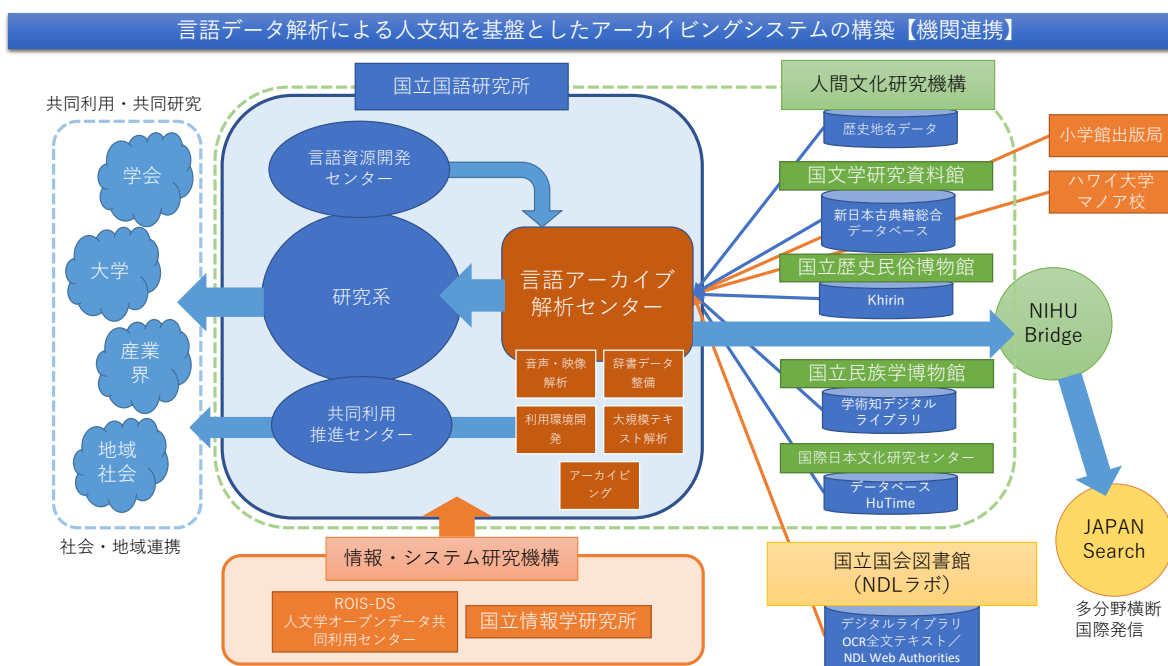


図1 設置する言語アーカイブ解析センターと機関連携

⑨ 連絡先 前川 喜久雄（国立国語研究所）

どこでも AI メタバースによる Society 5.5 の現出

① ビジョンの概要

AI とメタバースがあらゆるデバイスに浸透し、ユビキタス AI メタバースの日本社会を実現させる。情報技術がスマホから飛び出し、インタラクティブな五感体験による超現実感空間を生み出す。子どもや高齢者の見守り、常時健康管理や効果的リスクリングによる生産性向上、視覚・聴覚障害者などが不自由なく暮らせる社会 Society 5.5 を実現する。防犯・防災や、新型感染症への効果的な対策の基盤を構築する。

② ビジョンの内容

過去 20 年、インターネットの普及と携帯網の劇的な発展に伴って、いわゆるユビキタス時代が到来した。今の半導体技術と AI のさらなる進展と産業化を考えれば、次の 20 年後には、ユビキタス AI 時代が到来する。AI はクラウド中心のアーキテクチャと共に発展してきたが、すでに 1 円玉大のチップ上で有機的な学習ができており、今後はユビキタスネットワークを経由して、いつでもどこでも AI 同士が横のつながりで対話をしつつ、さまざまな現場の問題を解決するようになる。

2010 年代のクラウドコンピューティング

は、ユーザからデータを集めて Big Data を形成し、機械学習技術の発展に寄与することになった。一方、この状況はデータを大規模に集める一部の企業に権力やサービスを集中させ、データ資本主義を増長させ、貧富の差を拡大させる一因となった。このような状況を問題視した欧州は 2016 年に GDPR を発行し、ユーザデータの収集や利用に関して厳しい制限を課すようになった。この動きは今も全世界的に広がっている。

この流れを受け、データを集めず ICT システムや AI システムを実現する Edge Computing や Federated Learning が脚光を浴び、その進んだ形として、インターネットのように、横のつながりで自己組織的に AI 同士が連携・協調する。2050 年の家庭では、照明、エアコン、太陽光発電システム、蓄電池、スマートメータ、自動車、スマートフォン、スマートウォッチ、ホーム・セキュリティなどのすべての電子機器は AI チップを搭載し、アイデンティティを持って、あるべき状況を自ら考えつつ近隣のデバイスと対話したり、AI 友達を作ったりしながら、そのコミュニティにとって最適な運用をする。同様に、病院、介護施設、公共施設、工場、建設現場などでも、多様な電子機器が AI コミュニティを作る。AI が本来持つ学習機能によって、その現場に最も適した形に自動的に適合し、人類をサポートする。

我々が使う電子機器や産業用の電子機器は、ソフトウェア製品ではなく、特殊なハードウェア上にソフトウェアを組んだものである。日本の製造業の構造を鑑みれば、電子機器の生産は、特定の企業にしかできないものであってはならず、多くのメーカーが独自の特殊性を生かしつつ挙って生産できる必要がある。そして、家の中では、メーカーの異なる照明 AI とエアコン AI、太陽光発電 AI とが対話する、マルチベンダー環境となる。これはコモンズの理想であり、誰をも受け入れる公平な社会の実現にとって必要不可欠である。

一方で、次世代インターネットとしてのメタバースは、インタラクティブな五感体験の場へと進化していく。物理世界での行動をいかに仮想世界に反映させるかが課題であるが、これを推進するのが物理オブジェクトのデジタル化である。仮想 3D 環境は、物理世界の状態をリアルタイムに反映し、遠隔地での作業、交流、教育などのサービス提供を可能にする。エンターテインメント、金融、医療、教育など、様々な分野の企業が密接に連携し、手を携えてメタバースを開発することになる。

これらにより、子どもや高齢者の見守り、常時健康管理や効果的リスクリングによる生産性向上、視覚・聴覚障害者などが不自由なく暮らせる社会 Society 5.5 を実現することを目指す。防犯・防災や、新型感染症への効果的な対策の基盤を実現し、さらには我が国の将来の競争力の源泉となるべく、本分野の研究を

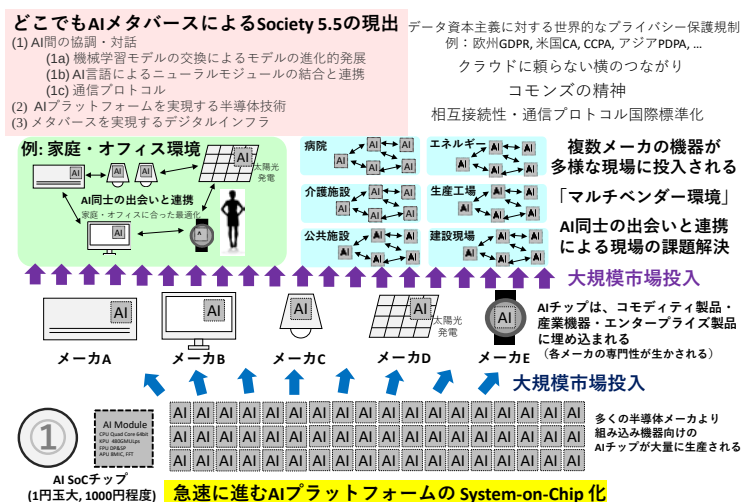


図1 どこでも AI メタバースによる Society 5.5 の現出

ードし、世界の標準化で主導的な役割を果たすことを目指す。

③ 学術研究構想の名称

どこでも AI メタバースによる Society 5.5 の現出

④ 学術研究構想の概要

本学術研究は、以下の三本柱で構成される。

- (1) AI 間の協調・対話に関する研究。機械学習モデルの交換による進化的発展、AI 言語によるニューラルモジュールの結合と連携、マルチベンダー環境を実現するための通信プロトコルを研究する。
- (2) AI プラットフォームを実現する半導体技術の研究。System-on-Chip (SoC) と微細加工技術により、最新の無線技術、テンソル処理、大容量メモリ、マルチコア CPU、I/O、CCD、Lidar などが搭載されたスーパーコンピュータを 1cm 角に凝縮する。
- (3) メタバースを実現するデジタルインフラ。リアルタイムレンダリングされた 3D 仮想世界の相互運用可能なネットワークで、無制限のユーザが同期して持続的に体験でき、アイデンティティ、履歴、資格、オブジェクト、通信、支払いなどのデータの連続性を持つことができるデジタルインフラを構築する。

⑤ 学術的な意義

AI 間の協調対話研究は、多様な生活環境、産業界、重要インフラなど、ありとあらゆる場所のデータを対象とした爆発的な数の応用研究を誘発する。数々のプロトタイプが作られ、より良いプロトコルの開発が進む。これらの成果は国際標準化の動きの中に取り込まれ、より実践的なものとなる。また、SoC と微細加工技術を基調とした挑戦的で最先端の AI 半導体研究が萌芽する。これらの AI ネットワークとメタバースを融合する研究も生まれ、金融、医療、教育など、様々な応用分野での研究が花開く。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本研究構想が描くユビキタス AI に関する研究は、世界的に見ても日が浅く、2022 年になって、分散連合学習という文脈でいくつかの論文が登場するようになってきた。中でも、近隣の AI との間で機械学習モデルを交換して進化的に学習を発展させていく研究は本学以外ではまだ見受けられない。マルチエージェント・システムと呼ぶ強化学習技術や複数ニューラルモジュールの連結に関する研究 (Global Workspace Theory) は、全世界的に最先端の AI 会議で話題になるが、国内では、そこまでではない。これらの研究は AI コミュニティ中心にシミュレーションベースで進められているため、AI モデルの交換やニューラルモジュール連結のための通信プロトコルの研究は見受けられない。本研究構想は、これらのエリアに切り込んでいくものとなる。

⑦ 社会的価値

本構想のユビキタス AI は、マルチベンダー環境を実現できるため、データ資本主義による格差の拡大を是正し、誰もがユビキタス AI の開発に参入して市場投入できる社会を築き上げることにつながる。これは新たな市場を開拓することでもあり、日本の製造業の発展と経済に大きく寄与する。当然 AI は、人々が対応しきれなかった種々の問題の各場面に身をおいて対応を肩代わりするものであり、その貢献は計り知れないものとなる。子どもや高齢者の見守り、常時健康管理や効果的リスクリングによる生産性向上、視覚・聴覚障害者などが不自由なく暮らせる社会の実現、さらに防犯・防災や、新型感染症への効果的な対策の基盤構築など、21 世紀後半の日本社会の基盤となる技術となる。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール

R08-R11 積極的な基礎・応用研究。アプリケーション毎のプロトタイプ開発。プロトコル標準化への布石。

R12-R14 実社会への大量導入に伴う多様な運用と改善。産業界による参入の開始。プロトコル標準化。

R15-R17 産業化による初期の大規模展開。大規模展開プラットフォームで誘発される各分野での新研究。

実施機関と実施体制 東京大学・情報理工学系研究科が中心的機関としてリードする。学内の関連部局は多数あり、日本の大学、国研、企業との連携、さらには国際的な協力体制を活用し、実施体制を確立する。

総経費 700 億円 (70 億円/年)

所要経費 人件費 20 億円/年、施設費 200 億円、データ整備費 20 億円/年、その他 10 億円/年

⑨ 連絡先

中村 宏 (東京大学大学院情報理工学系研究科)

AI/人間共存社会における新しいコミュニケーションパラダイムの実現

① ビジョンの概要

AI が社会の隅々に普及し膨大に存在する社会では、通信保障、セキュリティ、相互交渉、倫理・法制度などのレイヤーで構成される「新しいコミュニケーションスタック」が必要となる。これにより、個々の社会システムの安全な運用と、人間社会をより高いレベルで支える AI/人間共存社会を実現する。本構想は、この AI/人間が共存する世界における、新しいコミュニケーションパラダイムの技術確立を提案する。

② ビジョンの内容

AI はドローン、自動運転車、ロボット、メタバース上のアバター等、多様な形態で社会に普及し、人類と共存する未来が到来しつつある。この世界では、膨大かつ多様な AI が相互に接続・連携し、人間が行っていた調整業務等を自律的に支援する仕組みが不可欠となる。人間のコミュニケーションにおいて相手の確認や信用の判断が自然に行われるように、AI 間でも同様の高度なやり取りを実現する必要がある。かつてネットワークの共通化モデルとして OSI 参照モデルが機能階層を定義し、インターネット技術の発展を支えたように、AI がユビキタスに存在する社会においても、新たなコミュニケーションの仕組みが必要である。本構想では、これを「新しいコミュニケーションスタック」として定義し、その実現を目指す（下図参照）。これは情報通信技術のみならず、AI 同士の自律的行動監視やサイバーセキュリティ、社会規範など、多様な技術と理念を統合した社会変革につながる意欲的な試みである。

③ 学術研究構想の名称

AI/人間共存社会における新しいコミュニケーションパラダイムの実現

④ 学術研究構想の概要

本構想は、Society 5.0 等の国家戦略が目指す超スマート社会の実現に向け、「AI 間の自動交渉による協調・連携」を中心とした新しいコミュニケーションの仕組みを構築し、社会実装することを目的とする。その実現のため、上記コミュニケーションスタックの設計と、それを支える各技術開発、倫理・法制度の研究を推進する。研究開発と並行して、社会合意の形成、国際標準化、制度設計も一体的に進める。本構想の実現と社会的価値の拡大には、AI やエージェントが経済活動の主体となる「エージェント経済圏」の形成が不可欠である。AI エージェントやその機能・サービスが流通するエコシステムを構築することは、日本の産業競争力強化に直結する。この実現には、政策・制度・標準化、実証実験支援等の政府による強力なサポートが求められる。

⑤ 学術的な意義

第4次産業革命（日本再興戦略）や Society5.0（内閣府）、新産業構造ビジョン（経済産業省）に掲げられるように、実世界の様々なシステムを AI により賢く制御することにより、社会価値の増大と産業競争力の向上を狙う動きが世界的に進展している。AI ネットワーク社会推進会議（総務省）等における議論・提言に示されているように、多くの将来像においては、異なるオーナーの下で稼働している複数の人工知能が、協調・連携して働くことが前提とされている。「AI 間の自動交渉による協調・連携」を中心とした新しいコミュニケーションの仕組みを構築、社会実装し、システム間の挙動調整が効率的になされる超スマート社会を実現することを本構想の目的とする。この実現には、通信保障、セキュリティ、AI の相互交渉、倫理・法制度などのレイヤーで構成される新しいコミュニケーションスタックの設計に関する研究とそれを支える各技術開発やルールの研究が必要である。これらの研究開発と並行して、社会合意・社会受容性の醸成や標準や制度の国際的収斂、仕組みの検討も行う。これらの取り組みにより、個々の社会システムの運用を安全に行いつつ、人間社会をより高いレベルで支える AI/人間共存社会を実現することにつなげたい。本研究構想の実現と社会的価値の拡大には、AI やエージェントが経済活動主体となる「エージェント経済圏」の形成・発展が不可欠である。単なる技術開発だけでなく、AI エージェントやその機能・サービスが商材として流通し、エー

スマートシステム間の挙動/利害調整

- ◆ スマート化されたシステムが広く普及し十分に社会価値を発揮するためには、それらの間の挙動や利害を調整する機能がキーになる。→ 個別最適化・内部最適化の限界を突破
- ◆ 既存のデータ共有や協調制御のアーキテクチャは、参加者の内部情報開示や自己決定権利を前提としている。→ 経済主体間の調整では、相談や交渉ベースのしくみが必要/非常に有益



図1 AI 間での自動交渉による協調・連携

ェント間で調達・販売・融資等の有機的な経済活動が営まれるエコシステムを構築することが、日本の産業競争力・社会的価値創出に直接つながる。これに際し、政府の役割はきわめて重要である。政策・制度・標準化・ガイドライン策定、社会実装・普及、海外推進のサポート、既存施策（DATA-EX 等）と連携した実証実験・導入支援が求められる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

AI 間相互運用例である「ドローン運航管理」では、NASA が主導し、Google 等が参加する UTM アーキテクチャが理論・実績の両面で先行し、「交渉」という項目を含むプロトコルを API で公開している。GE 等主導で設立した IIC は、インターネットを活用した消費者へのサービス提供への注力を提唱し、産業上のインターネット活用に関する様々な活動と先進的テストベッド構築や標準化を進めている。AI 自律型エージェント同士の連携・経済圏構築の活発な議論と標準化が進行中で、グローバル競争に対応するため国内の産業実験が急務である。政府主導の大規模実証や制度設計を踏まえた推進が、日本の AI 産業競争力向上に必須で、国内外の研究動向を見ると、海外では、A2A や MCP といった AI エージェント同士あるいは AI エージェントと他のシステムを接続するプロトコルや、AP2 といったエージェントによる支払や決済のプロトコル等の、エコシステムを支える要素技術の開発速度が上がってきている。日本も、社会全体での AI エージェント活用のエコシステム形成、既存の ICT 基盤や政策と連携した実運用レベルでの制度・ルール設計の独自性を強調できる。

⑦ 社会的価値

本構想は、統合制御されていない AI 間でも自動交渉による協調・連携を可能にし、社会・経済活動の調整を劇的に効率化する新たなパラダイムを創出する。これにより、より高度な超スマート社会を実現し、AI 化時代における日本の産業競争力の源泉とすることを目指す。また、実空間で活動する AI 制御機器やロボット間の物理的な干渉を未然に防ぎ、非効率を解消することで、AI がもたらす便益を社会全体が最大限に享受できる基盤を構築する。これは経済的・産業的に極めて大きな価値を持つ。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

1～4 年目：コミュニケーションスタックの構成の検討、これらを構成する ICT 技術の確立

2～5 年目：実証実験及び実証実験特区の指定による制度設計と社会受容性醸成

4～5 年目：社会実装と実運用

6 年目以降：国内外への展開

＜実施機関と実施体制＞

新たなコミュニケーションスタックの確立、技術開発とその社会実装には、様々な分野間協力が不可欠であるが、一般社団法人電子情報通信学会は、コミュニケーションスタックを構成する ICT の様々な分野の技術と、それらの研究開発に取り組んでいる国内外の研究者が多数所属している。本提案の実施は、電子情報通信学会を中心として行う予定である。この学会では、「企業イニシアティブ活動」という社価値創造を目指した活動を進めている。企業とアカデミアが学会という中立な場で、社会課題解決と社会価値創造に取り組む活動であり、これを中心として、学会内外との連携を進める。また、社会実装にあたっては、新しいコミュニケーション技術を使う立場として、様々な分野の学会やアカデミアとの連携も視野に入れた活動とする。

＜総経費＞ 20 億円

＜所要経費＞

本提案の実施にあたっては、技術開発とそれらのシステム化、並びに各ユースケースでの実証にかかる費用が必要となる。ユースケースでの実証や実装には、特区のようなフィールドの確保が必要となる。1 つのユースケースにかかる経費は以下である。4 テーマを行う場合は、総額 20 億円となる。

- ・技術開発にかかる費用 5000 万円×4 年
- ・実証実験にかかる費用 5000 万円×4 年
- ・社会実装と実運用にかかる費用 5000 万円×2 年

※上記金額には、人件費を含む。

⑨ 連絡先

川添 雄彦（NTT）、森永 聡（日本電気株式会社）

Society 5.0において国民の安全・安心を確保しイノベーション・価値創造を加速する ソフトウェアエコシステムの革新的基盤技術

① ビジョンの概要

AI 技術、バイオテクノロジー、量子技術、マテリアル等において広く活用されているソフトウェアとその社会的総体であるエコシステムを主要な媒体として、国民の安全・安心を確保しイノベーション・価値創造を加速するプラットフォームを実現する。

② ビジョンの内容

今日、ソフトウェアは、Society 5.0 を支える下部構造であると同時に、人々の身近に空気のように遍在し、人と社会の新たな結びつきや豊かで多様な芸術や文化を醸成する「人と社会を包み込む上部構造」をも形成している。本研究戦略では、2050 年を見据え、ソフトウェアとその社会的総体であるエコシステムを主要な媒体として、国民の安全・安心を確保しイノベーション・価値創造を加速するプラットフォームを実現する。その目指す社会として、次の3つの学術振興ビジョンを掲げる。

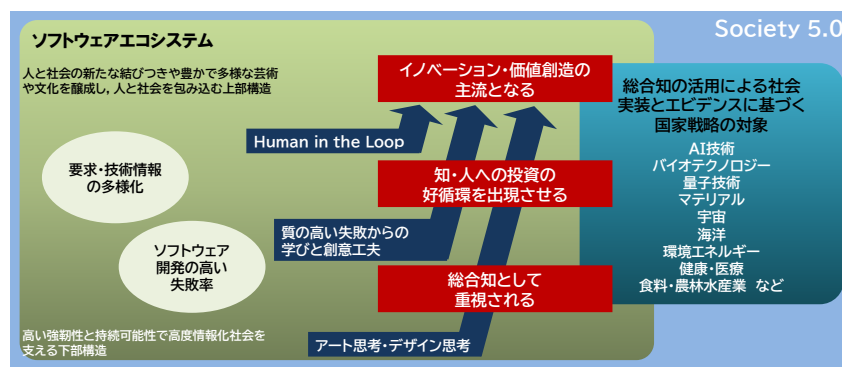


図1 ビジョンと学術研究構想の概要

(1) ソフトウェアエコシステムを総合知として重視する社会

ソフトウェアが扱う情報の拡大は、ソフトウェアとして具体化され知識の拡大でもある。個々のソフトウェアはもちろんのこと、ソフトウェアエコシステム全体としても、安全・安心の確保やイノベーション・価値創造の源泉となる多様な総合知の集積として、社会で広く共有・活用可能であるとの認識を、社会全体で醸成することが重要と考える。

(2) ソフトウェアエコシステムにおいて知・人への投資の好循環が出現する社会

イノベーション・価値創造の原動力は「人（の創造力）」である。特に、総合知の集積には、幅広い分野の人材が必要となる。社会として人材育成に投資することはもちろんであるが、国民それぞれが自らの技術やスキルを磨くことも肝要である。人への投資と創造性発揮に資する多様で実践的な学びや創意工夫が可能となれば、総合知がこれまで以上に生み出され、知・人の間での好循環が出現すると考える。

(3) ソフトウェアエコシステムによるイノベーション・価値創造が主流となる社会

身近な存在であるソフトウェアエコシステムから導き出されるイノベーション・価値創造に、国民の多くが親近感を覚える。その導出過程に総合知が活用され、多様な人材が関与したとなればなおさらである。総合知と多様な人材によって構築されるソフトウェアエコシステム自体にも、これまでにない高い強靱性と持続可能性がもたらされる。その相乗効果により、国民がこれまで以上に「共感」し「満足」するイノベーション・価値創造が主流となる社会が訪れると考える。

③ 学術研究構想の名称

Society 5.0 において国民の安全・安心を確保しイノベーション・価値創造を加速するソフトウェアエコシステムの革新的基盤技術

④ 学術研究構想の概要

(1) アート思考・デザイン思考

アート思考は、人が持つ「自由な発想」を基盤として問題発見とアイデア創出を促進する。デザイン思考は、発見された問題や創出されたアイデアに基づき「創造的な問題解決」を導く。どちらも、イノベーション・価値創造に向けた方法論である。ソフトウェア開発・エコシステム構築において、アート思考・デザイン思考をこれまで以上に実践し、積み重ねていくことで、ソフトウェアエコシステムがイノベーション・価値創造の源泉であるとの認識を社会全体で醸成する。

(2) 質の高い失敗からの学びと創意工夫

質の高い失敗とは、その経験が学びと創意工夫へとつながる失敗である。既知の失敗を繰り返さない技術スキル・問題解決力や未知の事態・リスクへの適応力・回復力を獲得するための失敗、さらには、技術的挑戦力・探究力を高め創造性に溢れる個人や組織へと成長するための失敗が含まれる。質の高い失敗を安全に経験する枠組は、総合知を具体化する実践的な形態として、知への投資、人への投資を促進する。

(3) Human in the Loop

Human in the Loop とは、課題解決プロセスにおいて、一部の判断や制御にあえて人間を介在させることで、AI やデータ（エビデンス）への盲信を防ぐ手法である。エビデンスと総合知の均衡がもたらされることで、ソフトウェアエコシステムは、国民の安全・安心を広くその社会と未来で確保し、国民の「共感」と「満足」を伴うイノベーション・価値創造を加速するプラットフォームとなる。

⑤ 学術的な意義

○提案の背景、学術的重要性

AI などの新たなデジタル技術の進展は、ソフトウェアの重要性と多様性をますます高めている。「要求・技術情報の多様化」や「ソフトウェア開発の高い失敗率」といった技術的課題を解決し、より高い品質のソフトウェアを社会全体で蓄積、共有、循環するための、より一層の技術革新が求められている。

○期待されるブレークスルー、研究成果、様々な効果

「アート思考・デザイン思考」は、最新 AI 技術と相まって、多様な分野に存在する知識をソフトウェアとそのエコシステムとして具体化する手段を広く提供する。また、「質の高い失敗からの学びと創意工夫」は、ものづくりと学びの一体化」をこれまで以上に加速し、ソフトウェア開発の新パラダイム創設にもつながる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

ソフトウェア開発プロジェクトの失敗情報を共有する取り組みは以前より行われているが、失敗事例の提示が中心で、失敗を実際に体験させることに重きは置かれていない。本構想は、セキュリティ技術の高度化を直接的に目指すものではないが、ソフトウェアに対する攻撃や脆弱性といった脅威への対応策は、本構想における「ソフトウェアとして具体化し社会で広く共有・活用されるべき知識」の代表例である。「質の高い失敗からの学びと創意工夫」は、多様な対応策の試行を含んでおり、安全・安心の確保に貢献する。

⑦ 社会的価値

グローバル性の高いソフトウェア開発・エコシステム構築において、ベストプラクティスを国・地域を跨いで画一的に適用することは適当ではない。失敗から学ぶというアプローチは、リスク低減と価値創造に資する経験・知見の国際的な共有を強力に推進する新たで明確な道筋を示すものである。

⑧ 実施計画等について

<スケジュール・所要経費>

第1期（2026～2028年度）：基礎技術の開発、PoC（Proof of Concept）	17 億円	
第2期（2029～2031年度）：展開技術の開発、PoV（Proof of Value）	26.35 億円	
第3期（2032～2035年度）：社会実装、PoB（Proof of Business）	27.2 億円	総額 70.55 億円

<実施機関と実施体制>

○実施の中心となる機関：奈良先端科学技術大学院大学

○主な国内参画機関とその主担当

工学院大学：「アート思考・デザイン思考」技術、和歌山大学：「質の高い失敗からの学び」技術、大阪工業大学：「質の高い失敗からの創意工夫」技術、公立はこだて未来大学：「Human in the Loop」技術、神戸大学：プラットフォーム構築・社会実装、近畿大学：ソフトウェアエコシステムの総合知化、岡山大学：知・人への投資の好循環、大阪大学：イノベーション・価値創造

○主な海外参画機関（予定）

米国：コロラド大学、シンガポール：シンガポールマネジメント大学、タイ：カセサート大学、マヒドン大学
インドネシア：ムハマディア大学スラカルタ校、パプア・ニューギニア：パプア・ニューギニア工科大学
カナダ：ウォータールー大学

⑨ 連絡先 松本 健一（奈良先端科学技術大学院大学）

人・社会の不確かさ・複雑さを含めた拡張デジタルツイン構築と計算情報科学基盤創成

① ビジョンの概要

人・社会とシステム・サービスの不確かさ・複雑さを含めた拡張デジタルツイン構築のために、計算力学と機械学習・生成A Iの融合、人の知の抽出とA Iによる代替可能性、人の感情や限定合理性に関する認知科学的アプローチ、さらに情報と物理の融合のためのネットワーク科学や、生成A I及びエージェント技術、システム・サービスの社会的価値に関する評価を含めた計算情報科学基盤として文理融合研究を進める。

② ビジョンの内容

VUCA (Volatility: 変動、Uncertainty: 不確かさ、Complexity: 複雑さ、Ambiguity: 曖昧さ) の時代と呼ばれる現在の状況において、不確かさの増大が個々人や社会の状況、個別分野に分断された学問体系、さらにグローバル展開する日本の製造業の事業継続性を不透明にしている。人を中心としたCPS (Cyber Physical System) を標榜するSociety5.0の実現のために、製品・システムやサプライチェーン(SC)、ネット・サービスも含めた拡張デジタルツイン構築において、図1に示す人・社会とシステム・サービスの不確かさ・複雑さを含めたモデリング技術をさらに深める必要がある。製品開発や生産工程設計における機能・構造評価技術である計算力学は、物理法則に従う支配方程式から導かれる数理モデルを数値的に解く演繹的手法であるが、それらの解析結果から作り上げる代理(Surrogate)モデルには深層学習(DL)の普遍近似性が利用される。また、製品開発、生産工程設計、さらには生産・物流・SC全般及び販売・サービス業務領域での人の暗黙知や経験知の抽出と構造化、生成A Iによる代替可能性の追求も重要な課題である。機械学習・DLは広義の統計数理手法で、基盤となるBackpropagationにおける確率的勾配降下法は汎用的最適化アルゴリズムであり、計算科学と機械学習の融合は不確かさを含む現実の世界をモデル化・解析・予測する新たなアプローチとなる。さらに、人・社会やSC等企業活動に関するシステム・サービスのモデル化で必要となるネットワーク科学や、生成A I・エージェント技術を加えた体系を、拡張デジタルツイン構築のための計算情報科学基盤として構築する。ネットワーク科学は情報と物理の融合として「関係性の科学」と表現され、Scale Free NetworkやSCネットワークの複雑構造評価に加え、DLとネットワークを組合せたGraph NNも有望な融合技術である。人の限定合理性や感情の定量化に関しては認知科学や行動心理学、行動経済学と融合するアプローチが必要で、ネットワーク時代のシステム・サービスを人や社会への価値創出と考えると、「社会的共通資本」として評価する必要がある数理経済学との融合も重要である。演繹的手法の計算科学と帰納的手法の機械学習・生成A Iの融合に加え、認知科学、行動心理学、行動・数理経済学との文理融合研究として位置づけることで、全地球的課題に取り組む指標であるSDGsやカーボン・ニュートラルの定量的評価にも寄与する拡張デジタルツインを実現するための計算情報科学基盤を構築することが可能となる。

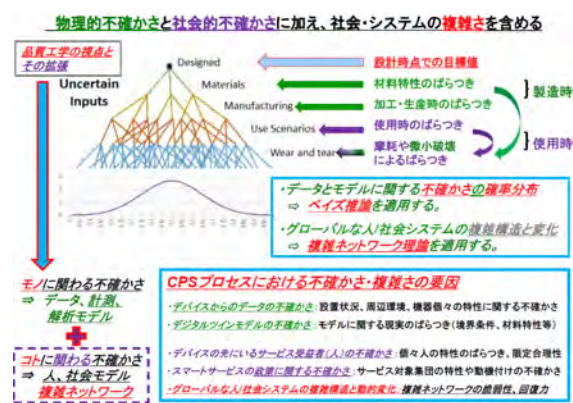


図1 人・社会とシステム・サービスの不確かさ・複雑さを含めたモデリング技術

③ 学術研究構想の名称

人・社会の不確かさ・複雑さを含めた拡張デジタルツイン構築と計算情報科学基盤創成

④ 学術研究構想の概要

計算力学と機械学習及び生成A Iの深い融合や、人の知の抽出とA Iによる代替、人の感情や限定合理性に関する認知科学的アプローチ、情報と物理を融合するネットワーク科学に加え、エージェント技術によるシステム・サービスの社会的価値評価を含め文理融合研究を進める。

1) デザイン思考、モデルベース開発や最適設計を含む設計科学、マルチ・フィジクスや高精度シミュレーションに加えデータ同化や機械学習・DLを含めた計算科学、IoT基盤の情報通信技術やクラウド・プラットフォーム環境構築を含む情報科学、さらに、人の限定合理性や公共サービスの政策評価を行う統計数理アプローチを生成A Iによって融合した、計算情報科学基盤の研究開発を促進する。

2) CPSによって人や機械・人工物から膨大なデータを収集・蓄積・分析するために、計測データや物理モデルに加え拡張デジタルツインを構築する。公共インフラ、人の健康・安心・安全に関わるビッグデータを社会基盤として整備、インフラ老朽化、人口減少や地方過疎化、都市部の交通・物流等の課題を解決するスマート・サービスの社会実装と、それによって実現される「社会的共通資本」としての価値を評価する。

⑤ 学術的な意義

1) 計算力学と機械学習・生成AIの融合(支配方程式や境界条件等の組込み)による高速・高精度な代理モデルの構築や、人の知(暗黙知、経験知、科学知)の抽出と知識グラフ表現を用いた構造化による形式知の探求、人の感情や限定合理性に関して個々人の個性差等を含めた認知科学的アプローチ、さらに情報と物理を融合するネットワーク科学を用いたSCやバリューチェーンのモデル化に加え、システム・サービスの社会的価値に関する評価を行う文理融合研究は新しい取り組みである。自然環境の不確かで大きな変動を想定し、社会における不確かさ・複雑さを含めた人間・社会系のモデル化と複数のシナリオに基づき、人工物システム等が相互作用しながら動く現実社会をAIエージェントにより定量的にシミュレートし、人や機械・人工物から収集される膨大なデータと比較しながら最適化社会の施策実現を行う科学的なアプローチを確立することは新たな試みで、異なる学術分野や現象の相互作用に焦点をあてた新学術分野を創成する。

2) CPS上の現実社会と拡張デジタルツインの双方に含まれる複雑さと不確かさの定量化(Uncertainty Quantification)も重要な学術的意義がある。計測データや物理モデルに関する不確かさは学術的に注目されているが、スマート・サービスの対象である人や社会の不確かさもコトの不確かさとして研究対象とする。人や社会の限定合理性を取り扱う計算科学的手法に関しても、認知科学と行動経済学の融合として新たな学術分野の創成が期待できる。また、不確かさの評価によって災害頻度や事故確率を定量化することができ、社会の安全や持続可能性にも大きく貢献する。特に不確かさを含む様々な量を確率分布として表現することで、計算科学的には確率分布関数の多重積分として表現されるため計算負荷が非常に多く、将来の量子コンピューティングの活用を見据えたアルゴリズムを開発することが必要と考える。

3) 計算力学とデータ駆動型DLの融合として、代理モデルに物理法則を取込むPINNsやOperator Learningを活用するために、異なる数値精度の計算環境を統合利用するソフトウェア基盤の技術開発は喫緊の課題で、CPSプラットフォーム上で行う公共ビッグデータの総合的学習によって得られる学習済ニューラルネットをエッジ側で推論制御に利用する転移学習に関しても日本は世界をリードできると考える。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

最近ドイツではIndustry4.0は完了しIndustry5.0に向かうと宣言しているが、Industry Operatorの視点に限定される。日本でもSociety5.0を実現する提案が多数されているがモノづくりのデジタル化を目指しているものが多く、スマート・サービスの対象としての人や社会をモデルに取り込むものは少ない。

⑦ 社会的価値

日本の製造業の世界における地位向上のために、製品を販売するモノ売りから、CPSを前提としたコネクテッド・プロダクツの機能設計と、コト売りとして提供すべきスマート・サービスの設計・開発が進む。

⑧ 実施計画等について

【実施計画】

R7-R8: 公共インフラ・ビッグデータ基盤整備

R9-R12: 複数の仮想的社会実装

【所要経費】

総額 43 億円

【実施機関と実施体制】

中核拠点を東京大学大学院工学系研究科とし、人工物工学研究センター、人文社会学研究科、経済学研究科等及び、ダイキン、日立等の企業技術者らと連携する。

⑨ 連絡先

平野 徹 (ダイキン工業)

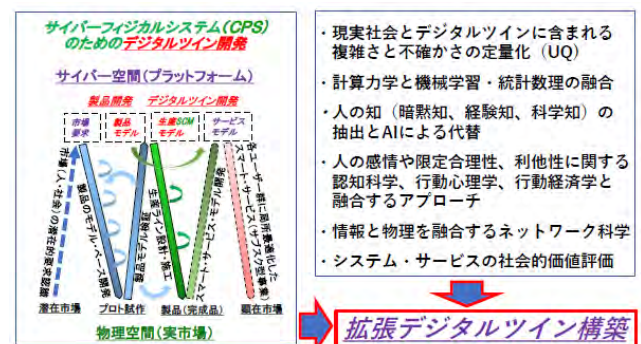


図2 拡張デジタルツイン構築の全体像

フィジカル空間とサイバー空間を融合した“未来を見る望遠鏡”

① ビジョンの概要

昨今の地球温暖化の環境破壊は人々の未来に対する不安を掻き立てる。その背景には、科学が安心して暮らせる未来像を描き出せないことに一因がある。連結階層計算処理法（MMI アルゴリズム）は未来に生起する自然現象を物理法則に則ってありのままに描き出す機能を持つ。MMI シミュレータと XR を融合した「未来を見る望遠鏡」により、科学的根拠に基づき未来現象を可視化し、人々の科学への信頼を取り戻す。

② ビジョンの内容

本研究戦略は、社会的ビジョンと学術的ビジョンの二つを柱として構成される。社会的ビジョンは、地球温暖化の進行や大規模自然災害の頻発などにより、科学が未来に対する明確で信頼できる展望を示せていないとの不信が広がる現状を踏まえ、物理法則に基づく未来像を提示することで科学への信頼を回復することを目的とする。学術ビジョンは、従来の科学が主として物事の成り立ちを解明してきたのに対し、その解明した物理法則体系を出発点として、「未来の空間」の出来事を解明する研究手段を構築する。これを「未来を見る望遠鏡」と名付ける。

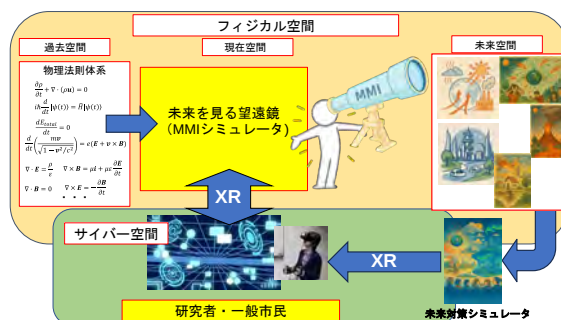


図1 全体構想

本装置は単なるシミュレータではない。その特異性はマクロ階層（現象界）とミクロ階層（粒子界）の世界を自己無撞着に解析できる MMI アルゴリズムを用いることにある。MMI は物理的本質を保ったまま両者を統合し、マクロとミクロが協働して発現する突発現象や異常現象の発展を見ることを可能にする。実際にオーロラ生成過程などの解析を通じてその有効性は実証されている。

本装置は未来の出来事を「フィジカル空間」として見ることができ、XR 技術を用いて「サイバー空間」に映し出すことによって観測者が五感で体験できる機能も備える。加えて、本装置が映し出す自然災害現象を背景データとして、人間の集団行動を模擬する AI 未来対策シミュレーション手法を付加し、一般の市民がその「サイバー空間」で自然現象を自由に体験できる「未来を見る望遠鏡館」を開設する。一般市民が未来対策シミュレータに直接触れることによって科学への信頼向上を図る。

③ 学術研究構想の名称

フィジカル空間とサイバー空間を融合した“未来を見る望遠鏡”

④ 学術研究構想の概要

オーロラや地震を代表とする自然現象では、無限に広がるマクロ空間のエネルギーが特定の領域に流れ込み、その滞留点に集中することで、特異点近傍の粒子群が非平衡状態となり、不安定崩壊を経て蓄積されたマクロエネルギーが爆発的に放出される。この一連の突発的異常現象のプロセスを「爆発仮説」と名づけている。この仮説は、太陽フレア、磁気圏サブストーム、オーロラの出現、積乱雲の発生、地震、火山噴火、地磁気の反転、磁場閉じ込め装置の L/H 遷移やディスラプション、相転移、脳溢血や心筋梗塞などの血流異常現象、細胞間の信号伝達機能不全、タンパク質合成・細胞分裂等々、宇宙空間・気象・固体地球・物性・生命科学のあらゆる自然科学分野に共通する仮説といえる。人間集団が形成する社会においても、戦争や経済恐慌などの突発事象が生じる点で自然の爆発現象と類似の姿を呈する。

本研究基盤は自然科学のみならず、社会科学や人文科学分野にも適用可能な普遍性を有している。分野の違いは、マクロ階層を支配している法則体系とミクロ階層を支配している法則体系がそれぞれ異なっていることである。それぞれの分野の法則体系に適した手法を本研究基盤に組み込むことによって、それぞれの分野の飛躍的な発展に寄与することができる。

⑤ 学術的な意義

提案の背景：従来のシミュレーション研究はマクロとミクロを分離した階層構造として扱い、相互を既知と仮定して解析してきた。しかし、自然界の現象には階層という人工の枠はなく、異なった物性領域にまたがる現象もある。この解析の困難さは自然界は開放系であることからきており、外部エネルギー流入やシス

テムの幾何学形状から局所的非平衡状態が生じ、媒質定数という仮定は成立しない。この課題に応えるものが MMI アルゴリズムであり、本構想の基盤である。

学術的重要性：本研究基盤は、物事のありのままの姿を物理法則に忠実に再現できる機能を備えている。シミュレーションは「非平衡空間」に留まらず、「未来空間」を「予測空間」から「フィジカル空間」へと転換する機能を持ち、観測された複雑な現象を定量的に明かす物理機構解明という従来の受身的立場から、学術を先導する画期的な研究へと昇華できることを意味している。

期待されるブレークスルーと学術成果及びさまざまな効果：本構想は、科学の対象を過去・現在から非平衡空間、さらに未来空間へと広げ、学術分野の閉塞感を打破する。仮定に依らず、物理法則に則って描き出す非平衡科学の研究基盤を提供する。社会科学や人文科学へ波及して、「未来を見る望遠鏡館」を通じて一般市民が未来空間を体験することによって、科学への信頼性と安心感の増大を図る。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

近年、AI やデータ法に基づく未来予測が国内外で広く進展しているが、これらは過去データに基づく統計的予測にとどまり、科学的因果法則に基づく自然現象の再現とは言えない。我が国ではかつてシミュレーション科学で世界を先導したが、計算機開発の潮流の変化により物理法則に立脚したシミュレーション研究は停滞している。本構想は MMI アルゴリズムを基盤に仮定やモデルを排して自然現象を再現し、AI・XR と融合して「未来の空間」と「非平衡の空間」の解明に科学的信頼性をもって挑む革新的枠組みを提示する。

⑦ 社会的価値

「未来を見る望遠鏡館」は子供から高齢者までが自然現象や災害のメカニズムを「サイバー空間」で体験し、科学への信頼回復と科学リテラシー向上に寄与する社会基盤となる。本構想は、科学的根拠に基づいて未来の自然現象を再現する研究基盤であり、「未来の空間」が科学の対象となる学術的転換となる。高性能計算機や可視化技術産業への新しい需要を喚起し、防災・環境政策への科学的根拠を与えるとともに、市民参加型の意思決定を支える基盤を形成して、SDGs 目標 13、11、4 の達成に貢献する。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：本提案は3段階に分けて推進する。第1段階（初期3年間）では、地磁気の逆転機構やオーロラ電子加速による位相空間の特異構造を代表例として MMI シミュレーションを実行し、MMI アルゴリズムの高度化と汎用化を図るとともに、各自然科学分野の典型的な研究課題の洗い出し、最適アーキテクチャの調査・検討、XR 連携を含むデータ蓄積・可視化基盤技術の開発を進める。第2段階（中期3年間）では、MMI シミュレータが出力する「フィジカル空間」と XR による「サイバー空間」を完成させ、MMI シミュレータのアーキテクチャを決定し、本装置を構築する。併せて、AI によるデータ駆動型手法を取り入れ、リアルタイムで変換するソフトウェア方式の最適化、「サイバー空間」装置への実装、異分野連携体制を拡充する。第3段階（後期4年間）では、学術研究として、宇宙空間、核融合、物性、生命分野の代表的な非平衡現象の具体的解明を実現し、社会の突発現象に対して適用できる MMI アルゴリズムを提案するとともに「未来を見る望遠鏡館」を開設して社会実装と普及を図る。

実施機関と実施体制：日本シミュレーション学会は、シミュレーション科学の普及活動に力を注ぎ、企業からの会員の研究委員会への参加も推奨し、また、講習会等を開催してシミュレーションに関係する人材育成に力を入れている。核融合科学研究所は大学共同利用機関として世界最大級のスーパーコンピュータを骨格とする専用シミュレーション研究用解析装置と世界初の大規模 VR 装置を導入し、世界最高水準の成果を挙げた。本計画は両者を中核にシミュレーション科学を「非平衡の世界」から「未来の世界」へと導く研究課題、計算科学の観点からアルゴリズムの開発、新しい並列化技法などに関する共同研究課題を実施する。

所要経費：試験用スーパーコンピュータ借料 50 億円（10 億円/年×5 年）、「未来を見る望遠鏡」開発費及び借料 300 億円（開発費 200 億円、借料 20 億/年×5 年）、電気料 17.5 億円（1 億 5 千万円/年×5 年+2 億/年×5 年）、XR 装置 2.6 億円（0.2 億/年×4 年+0.3 億/年×6 年）、人件費：特任研究員及びポストドク研究員 9 億円（0.05 億円×4 人×10 年=2 億円、0.07 億円×10 人×10 年=7 億円）。総経費 379.1 億円。

⑨ 連絡先

剣持 貴弘（同志社大学/日本シミュレーション学会）

地球型惑星のデジタルツイン

① ビジョンの概要

大気や海洋等を精緻に再現する地球のデジタルツインを構築し、古気候、将来気候予測、異常天候のメカニズム・予測可能性の研究、防災・減災のみならず社会に役立つ高付加価値情報の生成に役立てる。さらに、地球における知見を踏まえ、金星や火星のデジタルツインに発展させる。

② ビジョンの内容

度重なる自然災害は、気候変動や環境の成り立ちについて再考の機会を与え、「自然に対してどのように向き合えば良いのか」という根源的な問いに答えることが学術に求められている。科学は実験で理論を検証することにより発展してきたが、地球を実験室として利用することは困難なので、計算機上に仮想的な地球を構築して実験を行い、観測と比較することにより物理や化学法則、生命活動に関する我々の知見を検証する。

2002年に稼働した仮想地球「地球シミュレータ」を用いて、温暖化予測や、地球惑星科学、計算惑星のモデル開発とシミュレーション研究が進められてきた。本構想は仮想地球・惑星を精緻な「デジタルツイン」に高め、学際研究を誘導する基盤とするとともに、カーボンニュートラルと持続可能な成長を実現し、SDGsが掲げる包摂的な社会の実現に役立つ高付加価値情報を生成する。地球デジタルツインを通じて地球惑星科学と土木工学・建築学との連携を通じて防災対策の社会実装を進め、キュレーションや地学教育を通じて国民の防災リテラシーの向上に貢献する。

本提案は地球型惑星のデジタルツインの構築も見据えており、惑星探査計画への貢献や、金星・火星大気の未解決問題の解明、系外惑星を含めた地球環境の特殊性・普遍性の理解の深化が期待される。

③ 学術研究構想の名称

大気水圏科学データの蓄積・解析基盤形成

④ 学術研究構想の概要

地球デジタルツインは、スーパーコンピュータ上に大気や海洋、陸面、雪氷等地球システムを構成する要素を精緻に再現し様々な実験を行うための基盤である。デジタルツインの検証や改良には、気象庁の現業数値予報データが極めて有用であるが、長期保管されておらず、一定の条件の下でデータの提供・利用が行われている。そこで、本学術構想では、気象庁の現業数値予報データとモデルを長期保管する「大気水圏科学データの蓄積・解析基盤」(AHSAP)を整備する。AHSAPは気象学の発展に多大な寄与をもたらすだけでなく、地球惑星科学はもとより、土木工学や建築学、情報科学、人文・社会科学等関連分野との学際研究を通じて、防災・減災に役立つ情報の生成に活用する。蓄積・解析の基盤技術開発や、モデルやデータ同化・機械学習の研究、キュレーションを実践する。我が国でも、「地球シミュレータ」の実績を活かし、デジタルツインを構築し国際競争力を維持強化するべきである。

⑤ 学術的な意義

●提案の背景

2019年に日本惑星科学連合が改定した地球惑星科学の夢ロードマップにおいて、大気水圏科学では大気水圏の物理・化学・生物システムに関する基礎過程の把握と理解を目標に、高機能観測と常時観測及び高精度予測を行うとしている。高機能観測・常時観測を高精度予測に結びつけるため、気象庁の予報システムを用いた予報実験やデータ同化実験、機械学習の活用により現象の再現性や予測可能性、メカニズムの研究が必要である。我が国においては、アーカイブ化や可視化、キュレーションについての研究が不十分である。

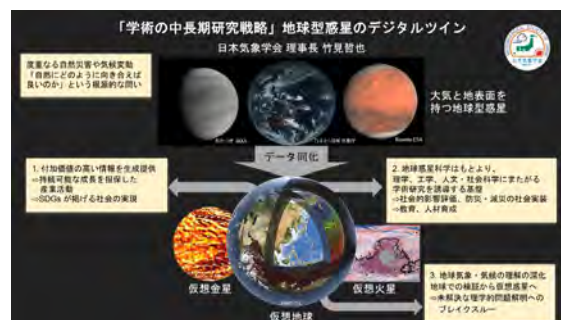


図1 地球型惑星のデジタルツイン

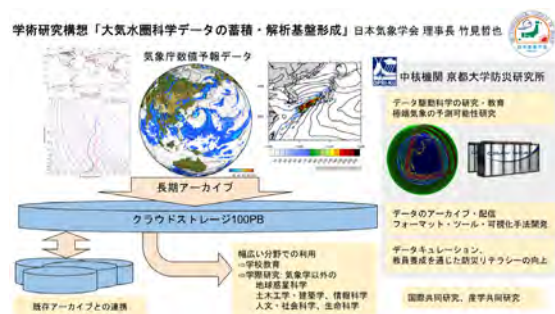


図2 大気水圏科学のデータの蓄積・解析基盤形成

●学術的重要性

温帯低気圧や熱帯低気圧の予測可能性を明らかにするためには、初期値の不確実性とモデルの不完全性、大気に内在するカオス性を切り分け、事例研究を重ねて誤差成長の要因を解明する必要がある

●期待されるブレイクスルーと研究成果

本研究構想を実現することにより、顕著現象の予測可能性に関するデータ駆動型の研究や、非線型観測のデータ同化手法によるリモートセンシングデータの有効利用、機械学習の推定手法を応用したパラメタの動的推定が可能になる。数値予報データのアーカイブや配信について技術的な課題を解決した効率的な手法が見出されることが期待される。加えて、初等中等教育に携わる教員養成のための地学教育を刷新する。

●様々な効果

本構想で開発するアーカイブ技術は、ビッグデータを扱う他分野に対しても波及することが予想される。予測可能性研究において同定された誤差の要因は、予報精度の向上を通じて防災・減災に貢献することが期待される。教員養成課程を通じた地学教育の充実、社会の防災リテラシーを向上させる効果がある。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

米国大気研究大学連合は1980年代からデータアーカイブやツール、データフォーマットの事実上の標準を通じて、国際的な研究を主導している。米国環境予測センターは、予報モデル及びデータ、ツールを無償一般公開している。欧州中期予報センターは、2014年頃から段階的に方針転換し、予報モデルは共同研究の下で加盟国以外の大学・研究機関でも利用可能とし、予報データの一部も準リアルタイムで配信するとともに、欧州連合がカーボンニュートラルと経済成長を両立するためのデジタル戦略、欧州グリーンディールの下で進めているデジタルツイン DestinE の構築を担う。我が国でも、欧米のようにデータアーカイブやツール開発を行う人材を学術側に確保し、世界の気象・気候研究を牽引することが喫緊の課題となっている。

⑦ 社会的価値

地球惑星科学やデータ科学に通じた人材育成を行い、現在社会に求められているデータサイエンティストを養成する。数値天気予報データの高度利用は、気象災害に伴うリスクの回避や、サプライチェーンの設計や見直しに利用可能で、産学共同研究を通じて経済的・産業的価値を創出することが期待される。加えて、貧困、紛争、感染症、気候変動、資源の枯渇といった人類が直面する大きな課題は気象と関係が深い、食糧安定供給や、カーボンニュートラル、持続可能な成長への寄与が可能であり、SDGs に大きく貢献できる。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：最初の2年間程度で、大気水圏科学データの蓄積・解析基盤 AHSAP の基本的な仕組みを整え、データ提供を通じた共同研究に着手できるようにする。第5年度目までに独自の研究成果が得られるように活発に研究開発を行う。後半は前半の研究開発で明らかになったより挑戦的な課題に取り組む。実施機関：内外の大学・研究機関との密接な連携の下、主管機関は共同利用・共同研究拠点である京都大学防災研究所とし、アーカイブ、アナリシス、キュレーションの3チームと技術スタッフで構成する。

総経費：650億円

所要経費：10年間の研究費は650億円でその内訳は以下の通りである。

初期設備費：10億円 京都大学学術メディアセンターに解析・可視化用のコンピュータクラスタを設置するとともに、スタッフの端末を整備する。

運営費：60億円/年 データ格納のためのクラウドストレージを借り上げる。1日当たり5TB程度のデータを30年間程度アーカイブするために半分強、残りを実験データの保管・提供に用いる。クラウドストレージ借料は100GBが月額約500円、年間約6000円なので、100PBを用意するには年間60億円が必要である。

人件費：3億円/年 研究者15名（5名×3チーム）及び技術スタッフ5名を雇用する。各チームは教授クラスのチームリーダー、准教授クラスの主任研究員、助教クラスの研究員、ポスドク2名から構成する。技術スタッフは、並列計算や通信技術等に高度な技能を持ち即戦力となる人材を雇用する。

その他：1億円/年 クラスタの営繕や消耗品、旅費等に支出する。個別の研究費は競争的資金に積極的に応募することで確保する。

⑨ 連絡先

萬納寺 信崇（日本気象学会）

データ駆動型社会に向けた力学基盤の強化による社会的・産業的課題解決への貢献

① ビジョンの概要

動的現象をサイバー空間上に再現するデジタルツインにおいて、力学は極めて重要な役割を果たす。本提案では力学を基盤としたコア学術の発展を促進し、社会的・産業的に重要な課題を解決する研究開発環境を強化する。

② ビジョンの内容

実世界で生じる様々な動的現象をサイバー空間上に再現する「デジタルツイン」において、力学は極めて重要な役割を果たしている。そのような状況下、近年発展が目覚ましい情報科学の分野の手法を取り入れて、実社会により役に立つ力学を構築するための検討が始まっている。従来の力学は、原理原則となる基礎方程式を下に、現象の予測をボトムアップ的に行うものであったが、データ駆動型社会においては、センサにより取得されるデータやデジタルツインから得られる膨大なデータなどを積極的に活用しながら、力学の基礎方程式と関連付けて実現象を予測するデータ同化型の解析が重要な意味を持つ。また、そのような人材の育成および解析ツールの開発と維持を目指す組織体制の構築も極めて重要となる。

本提案では、社会的課題や産業的課題を解決するための実証研究を推進し、アナリシスとシンセシスを基軸とする学術をより強固に連携させた形で力学を基盤とする工学の進展を図る。また、現実と直面する科学技術が関連する課題で、現有の科学的知識だけでは結論がでない課題に取り組むための社会科学的アプローチも重視する。現代社会において技術に関連する者に求められているものは、その技術の問題点を解決する能力だけでなく、広範な情報の中から科学的に真偽がつく問題とそうでない問題を適切に見極め、真偽のつかない問題に対しても意見の多様性を考慮しつつ、指針を示すことである。このようなことを達成していくために、高度化されたシミュレーションモデルと知能化されたデータを中核として、データ駆動科学の最新の手法を積極的に取り入れながら、力学の新たな領域への展開を図る。人材の育成も含めた、このような取り組みによって、我が国の力学研究は大きな飛躍を遂げ、社会や産業において有益な成果を生み出すことが期待される。

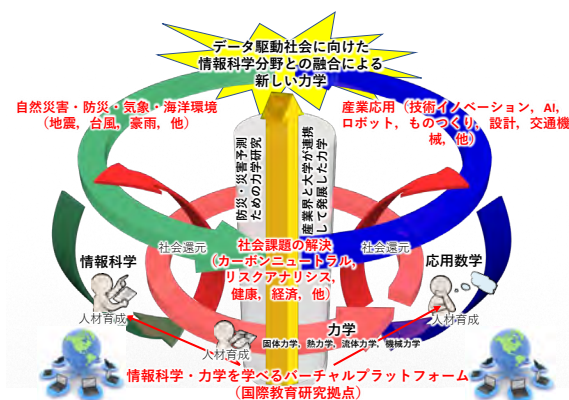


図1 力学分野の新しい学問の潮流とその展開

③ 学術研究構想の名称

データ駆動型社会に向けた力学基盤の強化による社会的・産業的課題解決への貢献

④ 学術研究構想の概要

ビジョンの実現には、サイバー空間と実世界の双方を橋渡しするための力学、すなわち Cyber-Physical Mechanics (CPM) の構築が必要であり、(α) 非平衡・非線形力学を基盤とする理工学とデータ駆動科学の融合による力学の深化、および(β) 若手研究者の育成、が不可欠である。将来的社会課題の解決に貢献する CPM 構築に向けて、(α)(β) を同時進行で行うことが重要である。そこで、ネットワークを駆使してサイバー空間上の国際研究所 Virtual Institute for Cyber-Physical Mechanics (VICMech) の創設を提案する。VICMech が対象とする主な社会課題は、(a) 防災・自然災害・気象、(b) カーボンニュートラル社会の実現、(c) 超高齢化社会への対応である。VICMech は、国内に 2 拠点、海外に 6 つのサテライト (2 + 6) を設置し、サイバー空間上にバーチャルな国際研究所を構築する。

⑤ 学術的な意義

本申請のビジョンを実現するためには、これまでのような領域単独の深耕ではなく、領域を横断した学術の相乗効果を追求して行く必要がある。応用領域が明確に共有された中で、実システムの制御・設計に向けたシンセシスを基軸とした学術の発展が必要となり、そこから新たな学術領域が創成されていくことになる。また従来の力学の領域を超えて、情報通信や医療など、他の学術団体との連携が加速されることにより、力学が貢献できる裾野が広がっていくことが期待されると共に、学術においてもエコシステムによる研究の加速が進むことで、産業界へのインパクトが強化されることも期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本提案で目指すものは、バーチャルツイン構築を視野にいれデータ駆動科学の最新の手法を取り入れた力学の研究・教育体制であり、世界に類をみないものである。世界の力学研究の組織としては国際理論応用力学連合 (IUTAM) があり、そこでは力学または関連科学の科学研究に従事する研究者が参加する数多くのシンポジウムを開催し、研究及び人的交流を支援している。また、その下部組織として各国において力学を基盤とする研究者の組織が存在している。本提案にある組織 (VICMech) においては、最新の情報科学の知見を含めたサイバー空間内のデジタルツイン上での物理現象の理解を目指した Cyber-Physical Mechanics (CPM) の構築を目指し、既存の力学を基盤とする学術の大幅な進化を目指し情報科学の最新の知見を意欲的に取り込む新たな理論応用力学基盤学術の構築を目論むものである。

⑦ 社会的価値

力学は自然科学および工学の基盤を成す学問であり、産業や社会が直面する様々な課題に対して普遍的な価値を持つ。特に、科学技術立国を掲げる我が国において、ものづくりを基盤とした産業の発展や、地震・台風などの自然災害の予測・対策にも力学は重要な役割を果たしている。一方で、我が国は少子高齢化社会を迎えており、人々が多様性を尊重しながら豊かに共生できる社会の実現が求められている。このような社会的転換期においてこそ、基礎学問である力学の解析 (アナリシス) を軸とした知の深化と、得られた知見を統合して新たな価値を創造するシンセシスの推進が極めて重要となる。特に近年、データ駆動型の情報科学と力学を融合させた新たな研究アプローチや、現実空間をサイバー空間上に再現するデジタルツインの構築は、学术界のみならず産業界においても大きな革新をもたらす可能性を秘めている。これにより、従来のような規模拡大を前提とした事業展開から脱却し、新たな価値創出や産業構造そのものの変革が期待できる。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

最初の3年間で拠点とネットワークの構築、中間の5年間でその拡充を図り、終盤の2年間で体制を完成させ、アニュアルミーティング、サマースクール(毎年度)、テーマ別ワークショップ開催(2回/年)などを継続的に行っていく。

<実施機関と実施体制>

本学術振興構想では、国内2拠点、海外サテライト6拠点を設置し、サイバー空間上にバーチャルな国際研究所を構築する。サイバー空間上で実施される教育・研究が重要な意味を持つが、得られた成果の検証および社会実装に向けて、実在する国内2研究拠点は重要な役割を持つ。また、図2に示す様に海外サテライトとしては、米国にデータ駆動型研究の中核1拠点、社会実装拠点1拠点、アジアに、力学理論構築の拠点1拠点、社会実装拠点1拠点、欧州にバイオ医療実装分野で1拠点、非線形力学・最適化理論の中核拠点1拠点を置く予定である。これらの拠点とは別機関として、外国人教員の比率が多い国内の大学機関をハブ機関として設け、国際的人材育成および卓越した業績を有する日本在住の外国人研究者との連携を図る。以上、ここで提案する力学研究の拠点は海外のサテライトとバーチャルネットワークで結ばれた研究所を形成し、自ずと国際色豊かな人材により構成される。また、参加するメンバー(教員、ポスドク、大学院生)については女性・外国人を重点的に採用するだけでなく、研究拠点のある国以外の研究機関からの研究者も積極的に採用し、地域的な Diversity も重視した機関を構築する。

<総経費> 80 億円 (内訳 国内2拠点: 45 億円、海外サテライト6拠点: 35 億円)

<所要経費> VICMech において、ポスドク・大学院生を毎年 50 名程度育成することを計画しており、必要な教員・テクニカルスタッフなどの人件費や環境整備を含めると 8 億円/年程度の予算が必要である。

⑨ 連絡先

高木 周 (東京大学)

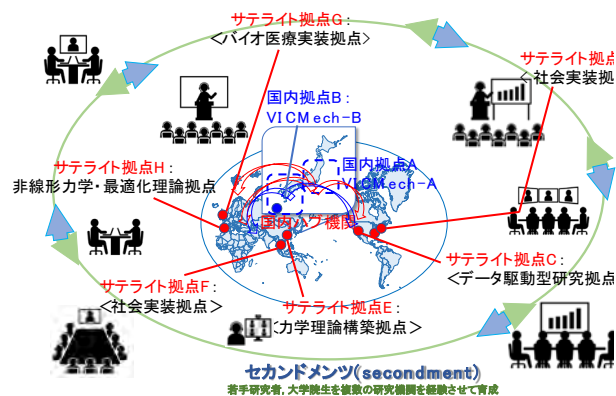


図2 VIC-Mech のイメージ図

未来エネルギー技術予測とそれに基づいたメタバース及び 実空間での未来エネルギーモデル都市構築

① ビジョンの概要

本構想はカーボンニュートラル（CN）成熟期（例えば 2070～2100 年迄に実現）の未来エネルギー技術を予測し、メタバースの活用によりそれらを実装した有望な未来像を示す。CN 成熟期までの視野拡大によって CN 初期（2050 年）に、CN 成熟期へ最短で移行可能なエネルギー構成や CN 成熟期への期待に伴う国内投資の誘発、シームレスな経済成長、および総合知結集による連続的な革新的イノベーション創出が実現される。

② ビジョンの内容

本構想は、各種未来エネルギー技術を予測し、各未来技術を高度に繋いで仮想的に社会実装したモデル都市を CN 成熟期（例えば 2070 年から 2100 年迄に実現）の有望な未来像として示す。これによって、2050 年ビジョンに CN 成熟期までのスコープを付与する。CN 成熟期まで見通したスコープの中で 2050 年ビジョンを位置付けることにより、以下の効果が期待できる。

- a. CN 成熟期へ最短で移行可能な CN 初期（2050 年）のエネルギーポートフォリオが実現される。
- b. CN を時間制約の下で達成しなければならない 2050 年 CN 初期の厳しい状況においても CN 成熟期への期待が国内投資を誘発し、産業の空洞化防止やシームレスな経済成長が実現される。
- c. メタバースも活用した未来エネルギー都市研究に多くの分野の総合知が結集し、エネルギーの連続的な革新的イノベーション創出のプラットフォームが構築される。

本構想が目指す上記ビジョンは下記の予見を前提としている：

(1) 難易度の高い CN を時間制約の下で達成することに起因する非効率な脱炭素エネルギーチェーンが内在する CN 初期

(2) 非効率性が解消された CN 成熟期の有望な未来の可能性

<本構想が目指すビジョンの前提とする未来予見>

(1) CN 初期

日本は現状約 11 億トン CO₂/年相当の温室効果ガス（GHG）を排出しており、実質ゼロとするために再生可能エネルギー（再エネ）の主力電源化、省エネ、原発再稼働等によりエネルギー自給率を高めると共に、熱需要・産業などの電化・水素化を進めていくが、2050 年時点では国内の再エネと原子力を合わせても電力需要のみでさえ賄える見込みがない。そこで海外の豊富な再エネを水素やアンモニアなどのエネルギーキャリアを用いて大量に輸入し脱炭素化を進めることになる。それでも発生する CO₂ はできるだけ回収し固定するか変換して利用・再利用する。しかし、現実的なコストでは回収しきれない CO₂ は大気へ放出されるため、ネガティブエミッション技術等により大気から CO₂ を回収するか海外からクレジットを購入する。この状況は 2050 年という時間的制約の中での CN であり非効率なエネルギーチェーンも混在し、理想的なエネルギーポートフォリオとは異なる。

現在、日本はエネルギーのほとんどを輸入に頼り化石電源比率も高い。今後脱炭素化を進める上でも日射量、風況、土地条件といった再エネコストに関わる面でも欧米諸国と比較して不利であることを踏まえると、日本のエネルギーを取り巻く環境は他の先進国と比べても 2050 年において厳しいものになると予想される。

(2) あるべき CN 成熟期への方向性の転換

2050 年は CN 初期であると同時に重要な転換期と位置付けるべきである。2050 年以降は CN 維持という条件下で、2050 年までに蓄積された上記非効率を徐々に解消しながら CN 成熟期へ向かう過程となりえる。あるべき CN 成熟期では浮体式技術を始めとして再エネ大規模普及のためのコストが下がり、洋上風力等の国内再エネの拡大、あるいは革新的原発の推進などでエネルギー自給率が 100% に近づいていく。こうなるとエネルギー輸入のために海外に流出していた約 20 兆円/年もの国富が国内に還流される。さらに、需要に対して十分な量の国産 CN エネルギーの普及を進めることで化石燃料を消費しない低ランニングコストを背景とした、従量制ではない定額制のエネルギーが広がっていくなどのパラダイムシフトを起こしていく。これらによって産業の国際競争力が大幅に高まることが期待される。

③ 学術研究構想の名称

未来エネルギー技術予測とそれに基づいたメタバース及び実空間での未来エネルギーモデル都市構築

④ 学術研究構想の概要

未来技術・社会を見通し、地域の特徴を活かした未来エネルギー都市モデルを構築する。2050年のCN初期のみならず、脱炭素社会が成熟するCN成熟期も見据えた上で、未来エネルギーモデル都市の研究とそれに基づく都市設計およびモデル都市に導入する未来革新技術の選定を行うことで、地域発の脱炭素社会創生を目指すとともに過渡期からその先の未来に向けてシームレスに日本のエネルギー分野での研究・技術競争力の大幅な向上を目指す。

研究は以下のステップで推進する。

- (1) CN成熟期の未来エネルギー技術を分野ごとに予測する。
- (2) 未来エネルギー技術を高度につないだCN成熟期の未来モデル都市を、まずはメタバースに構築する。
- (3) 脱炭素化された実都市を、CN成熟期の未来モデル都市に最短で移行可能なCN初期のモデル都市として建設し、革新技術の実証研究とそこに住む人々の意識やwell-beingを評価する。

⑤ 学術的な意義

未来革新技術を予測し、それらをメタバースも活用して高度に繋いだモデル都市を創造し、あるべき脱炭素社会を探索する本構想は、近未来に必要とされる新しい学術基盤を創成する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

既存の研究では、新機能を市民のwell-beingに結び付けることはほとんどない。メタバースとエネルギーを結び付けた例はもほとんどなく、本構想は世界をリードし、従来のアプローチの限界（コスト、時間、規模）を克服しwell-beingを考慮した技術の設計、研究、改良を行う最初のモデル都市の構築を目指している。

⑦ 社会的価値

本構想によりCN初期およびCN成熟期を科学的に描画することで、日本のCN初期からCN成熟期へのwell-being向上を伴う移行を最短で実現することに貢献できる。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

R6年度～R10年度： 未来革新技術の予測

R11年度～R13年度： 予測精度の向上と未来革新技術データを組み込んだメタバースの構築

R14年度以降： CN初期の実モデル都市を脱炭素化された実都市として設計・提案し、民間資金も活用した事業プロジェクトを立ち上げる。革新技術の実証研究とそこに住む人々の意識やwell-beingの評価

＜総経費＞ 総額 54,644 百万円（設備費：14,800 百万円、人件費：19,404 百万円、研究費：20,440 百万円）

＜所要経費＞

1) CN成熟期の未来革新エネルギー技術の予測

再エネ利用・貯蔵技術、エネルギー変換、原子力、建築、移動体、農業、AI、量子、ロボット、センシング等に係る研究費 19,040 百万円（設備費：1,400 百万円、人件費：9,240 百万円、研究費：8,400 百万円）

2) 多様な未来革新技術の試行とwell-beingの評価

メタバースにおいて技術と環境の組み合わせを仮想的に試行し、人間のwell-beingの最適化に係る研究費 11,984 百万円（設備費：1,400 百万円、人件費：5,544 百万円、研究費：5,040 百万円）

3) 脱炭素化された実都市と革新技術の実証

CN初期の実モデル都市を設計して複数の地域に提案し民間資金も活用した事業プロジェクトを立ち上げる。23,620 百万円（設備費：12,000 百万円、人件費：4,620 百万円、研究費：7,000 百万円）

⑨ 連絡先

松崎 良雄（九州大学エネルギー研究教育機構）

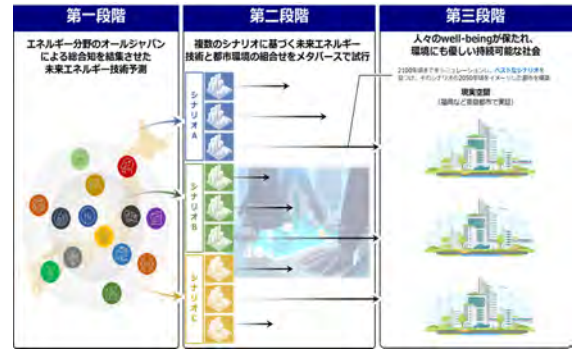


図1 未来エネルギーモデル都市への構想

統合的リスク情報システム科学の確立と社会実装を加速するネットワーク型研究

① ビジョンの概要

金融危機、震災、疫病などの経験により、国民は安全・安心のための俯瞰的なリスク科学の必要性を認識した。しかし、リスク科学は個別学術領域の「専門知」はあるが、統一的な「融合知」は未形成である。本申請は、リスクを4つの構造的分野に再構築することによって個別分野で発達したリスク科学の橋渡しを作り、融合知による新しい学術領域を形成し、リスク対応への合理的意思決定の方法論を飛躍的に改善する。

② ビジョンの内容

本研究の実装は、地震災害、製品・システムの安全性・信頼性、巨大金融危機、自殺など社会経済的に大きな関心をもたれていると同時に、それらの連鎖的生起が危惧される喫緊の社会課題に対して科学的対応の価値は膨大なものである。

多くの学術分野がリスク対応プロセスを独自開発し、リスクの横断的対応を目指す理工系学術も、社会システム工学、情報学、数理科学など多様である。この点に対する重要な解決の道筋は、信頼性工学の物理・化学システム故障事象集約概念である Failure Mode (FM) の拡張である。本提案は社会システムの Risk Mode (RMd) 概念を創生し、その網羅化を目指す。RMd の表出化・発見、その原因や影響の構造化ができれば、社会リスクの統一的理解が可能となり、個別リスク領域が開発した方法の全分野での共有化と共に、複数分野を横断する複合リスクへの対応も可能になる。専門知とデータとの統合による①全ての社会リスク分野で活用しうる RMd の創出 ②RMd の原因と影響の定量的構造化の実現 ③複合的かつ多様な利害関係者が想定される社会システムへのパレート最適視点からのリスク対応プロセスの確立、にある。この目的の機動的達成を図るため、リスク表出学、リスク発見学、リスク構造分析学、リスク対応学の要素を構築し、これまで融合知をなしえなかった個別分野の橋渡しとなる新しい学術領域を形成する。このように、従来個別分野で独自に発展してきた「リスク科学」を融合的に再構築し、実社会における問題解決に大きく貢献できる。

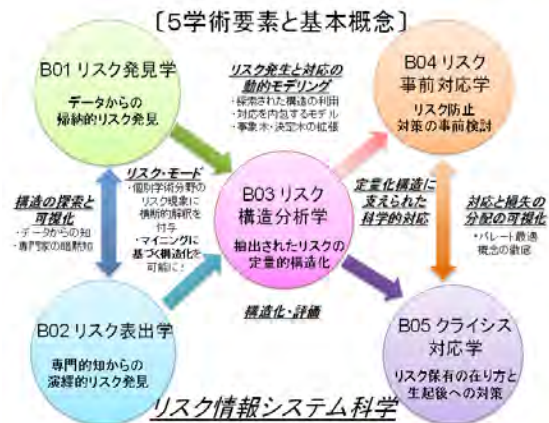


図1 統合的リスク情報システム科学の構成要素

③ 学術研究構想の名称

統合的リスク情報システム科学の確立と社会実装を加速するネットワーク型研究

④ 学術研究構想の概要

個別学術領域に分散する多様なリスク科学方法論を統合的に理解する統合的リスク情報・システム科学の理念と体系、更にその教育システムを整備し、この統合的科学的な研究教育機関が共同利用可能な中核的基盤機関をネットワーク型に配置することを提案する。特に、個別学術領域のリスク関連ミクロ事象を集約し概念化した「リスクモード」の網羅的整備を通じて、領域横断的連鎖リスクの分析・対応を可能とする機動的学術支援・社会課題解決ネットワークシステムを世界に先駆けて構築する。このため、本提案では (1) リスク表出学、(2) リスク発見学、(3) リスク構造分析学、(4) リスク対応学の要素学術を研究開発する拠点を、異なるディシプリンに立脚する研究組織に構築し、それらの融合研究を推進する。構築した学術システムを多様なリスク研究分野へ展開し、分野を跨る複合リスク、連鎖リスクの対応方法検討を目的とする実装拠点を個別学術領域に構築し、必要な機関間融合研究も加速する。これら統合的科学的な体系化を通じて、専門家の系統育成と一般市民啓発とを目指す教育システムを開発し、次世代専門家庭教育拠点ネットワークも

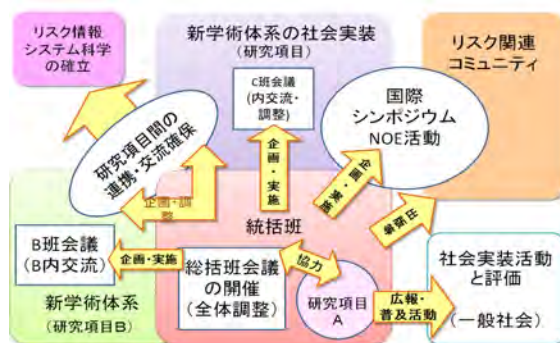


図2 リスク科学構築のための活動イメージ

形成する。一連の研究・実装・教育拠点間の融合型共同研究を統括し、複合的リスク問題の解決手段提供を目指す。

⑤ 学術的な意義

本計画により、先ず個別リスク科学領域の多様性を記述する明確な方法が確立する。例えば自殺予防学のように主として回避の条件を社会的に設計することでリスク対応を図る領域と、金融リスク管理のように期待効用最適化を通じて、リスク対応が図られる領域とを俯瞰的・統合的視点から特徴付け、その対応の差異の必然性を記述可能な定式化が確立する。また、研究成果を体系化することで、リスク性事象発生的一般システムとしての理解が実現し、複数領域を横断する複合リスクや分野を跨ぐ連鎖リスクへの対応も系統的に設計できる。また、統一的リスク対応設計を目的とした横断的専門教育カリキュラムの開発が可能となる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

平成 21 年にリスクマネジメントプロセスとその基礎概念に関する国際標準が合意され、産業界ではリスクアセスメントからリスク対応までのプロセスが共有化された。しかし、この国際標準は抽象的水準にとどまり、リスク対応に寄与する科学的方法論の標準化ではなく、様々なステークホルダーの存する複合リスク、複数領域に跨る連鎖的リスク現象への対応の実装に資するものでない。本計画は、上記の課題の解決方法体系を世界に先駆けて全国の研究機関が共同利用可能な学術システムとして提供する。

⑦ 社会的価値

合理的リスク対応を導くための俯瞰的リスク科学形成は、安全・安心を希求する国民の期待に沿うものである。更に、この種のネットワーク型学術システムの常設は、巨大な社会リスクが発生あるいは発生が予測されるときに機動的な専門家の協力を通じて国民の期待に応えることもできる。また、システム工学、発見科学、統計科学など情報・システム工学内で没交渉的であった学術分野が協同して、専門知に基づく演繹的方法とデータに基づく帰納的方法との架橋を形成しつつ、統合の知を構築する価値も大きい。

⑧ 実施計画等について

- (1) 中核支援拠点である大学共同利用機関統計数理研究所に設置し共同利用研究公募事業を開始する。
 - (2) 中核支援拠点、教育拠点、期間研究拠点の 6 拠点を配置する。
 - (3) 統合リスク科学実現プロセス提案を共有し、実装拠点を 5 つ配置する。
 - (4) 教育拠点の筑波大学リスク・レジリエンス工学学位プログラムで、若手研究者の系統育成を開始する。
- 令和 14 年度までに、教育拠点では学位プログラムを前提とした教育システムの開発を終了する。
令和 10 年度、12 年度、14 年度は国際会議を開催すると共に外部研究者による評価を受ける。

<実施機関と実施体制>

- ・中核支援拠点：大学共同利用機関法人情報・システム研究機構統計数理研究所リスク解析戦略研究センター
 - ・教育拠点：筑波大学大学院理工情報生命学術院システム情報工学研究群
 - ・基幹研究拠点を下記 4 拠点設置し、リスク情報システム科学の基幹要素の研究を行う。
 - リスク表出学拠点：東京大学大学院工学系研究科システム創生学専攻
 - リスク発見学拠点：島根大学医学部附属病院医療情報部（NOE メンバー）
 - リスク構造分析学拠点：統計数理研究所リスク解析戦略研究センター
 - リスク対応学拠点：筑波大学大学院理工情報生命学術院リスク・レジリエンス工学学位プログラム
 - ・実装拠点：統計数理研究所リスク解析戦略研究センター、電気通信大学次世代品質信頼性情報システム融合研究ステーション（NOE 運営委員組織）、統計数理研究所医療健康データ科学研究センター（NOE メンバー）、一橋大学経済研究所、一般社団法人ヘルスデータサイエンティスト協会、自殺総合対策学会
- このほか、「リスク研究ネットワーク（NOE）」の加盟機関が研究推進協力組織となる。

<所要経費> 令和 8-14 年度総額：33.3 億円

拠点立ち上げ経費：12 億円

定常研究運営経費合計：19.8 億円（年間 3.3 億円×6）

国際学会組織開催費：1.5 億円（5000 万円×3）

⑨ 連絡先

加藤 昇吾（大学共同利用機関法人 情報・システム研究機構 統計数理研究所）

人-AI 共創メタバース

① ビジョンの概要

人間は限られた感覚入力から脳内に一貫した世界モデルを構築する。「人-AI 共創メタバース」では、この世界モデルを AI が読み取り、生成技術によりリアルタイムで外在化する。ブレイン・コンピュータ・インタフェース (BCI)、行動予測技術、感情推定技術等を活用し、非言語的な共感や共同創造を可能にする。人と AI が協働し、現実と仮想を往来する新しい知的活動の場を実現する。

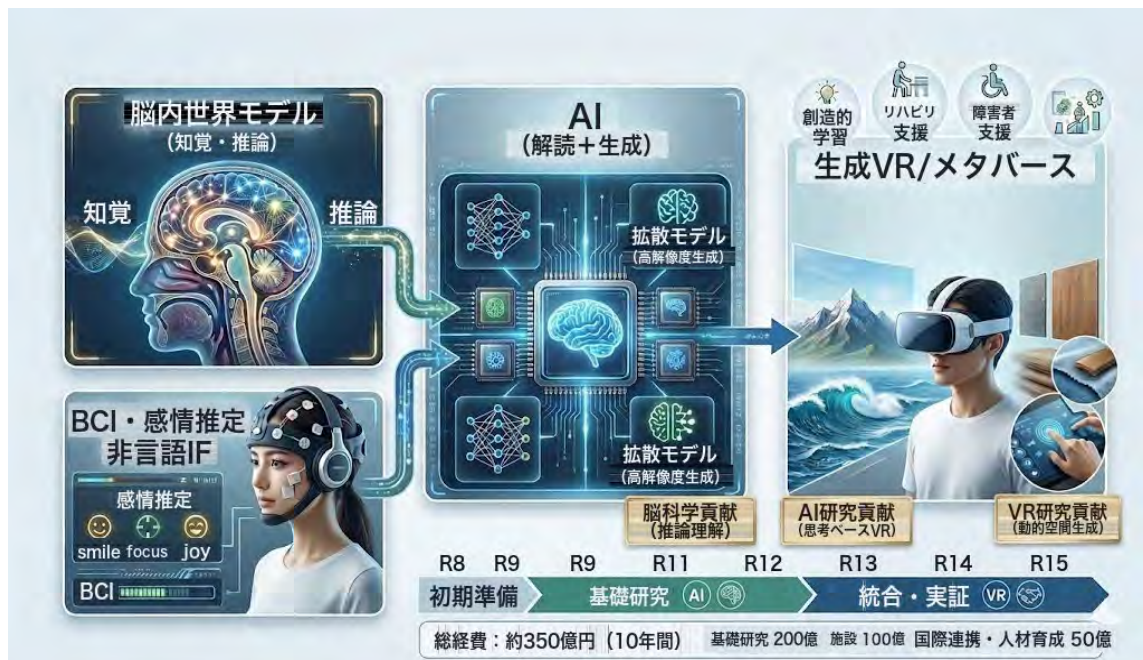


図1 人-AI 共創メタバースの概念

② ビジョンの内容

サイバー空間の構築・活用による価値創造の観点から、人間と AI が共に創造する新しい知の基盤「人-AI 共創メタバース」を提唱する。人間は限られた感覚入力から脳内に一貫した世界モデルを構築するが、本構想ではこの世界モデルを AI が読み取り、生成技術によりリアルタイムで外在化する。とりわけ拡散モデルを中心とする生成 AI は視覚像や空間のリアルタイム生成を可能とし、脳活動から世界モデルを解読する研究は脳内推論の外在化を可能にしつつある。基本理念は、脳内世界モデルを AI が外在化し触知可能な環境として提示することで、人間の認知を拡張し AI と共創する点にある。特色は以下の通りである。

1. 脳活動と生成 AI の融合：脳波や fMRI を活用し、AI が世界モデルを外在化する。
2. 生成 VR インタフェース：ユーザの意図や注視に応じて AI が VR 空間を動的に生成し、触覚・感覚を補完する。
3. 非言語的共創：感情推定や BCI を用いたインタフェースにより、言語を超えた表現や共感の共有を可能にする。

本ビジョンの効果は、創造性の支援と社会的包摂である。生成 VR 環境は思考を即時に空間化する力を持ち、視覚や言語に依存できない人々にも新たな参加の機会を提供する。さらに、アイバン・サザランドが示唆した「人間の想像を現実に近いものにする」理想像を実現する一歩となる。また、脳情報という機微な個人データを扱うことから、プライバシー保護やニューロエシックスを含む法制度・倫理の検討を研究開発と一体的に推進する。人間不在の AI 社会ではなく、人間と AI が協働し新しい世界を共に創り出す基盤の構築を目指す。

③ 学術研究構想の名称

人-AI 共創メタバースプロジェクト

④ 学術研究構想の概要

「人-AI 共創メタバース」は、脳内世界モデルを生成 AI により外在化し、現実と仮想を統合する知的基盤を構築する。研究課題は以下の三つである。

1. ニューロバース解析基盤：脳活動データから世界モデルを抽出し、拡散モデルで高解像度の感覚情報を生成する。
2. 生成 VR インタフェース：ユーザの意図に応じて AI が VR 空間を動的に生成し、没入感を提供する。
3. 思考・感情インタフェース：BCI や感情推定技術を用い、非言語的な意図伝達や共感の共有を可能にする。

この構想により、人間と AI が協働する創造基盤が確立され、学術的・社会的に新たな潮流を切り拓くことが期待される。

⑤ 学術的な意義

1. 脳科学への貢献：従来の脳解読は視覚像の再構成に限られていたが、本構想は脳内世界モデルを AI で外在化し、推論過程の理解に迫る。意識や知覚の神経基盤解明に寄与する。
2. AI 研究への貢献：生成 AI は拡散モデルを基盤とし、画像・映像・3D 復元などに応用されつつある。本構想では脳活動解読と組み合わせることで、人間の思考に基づいた VR 生成を実現し、AI の常識推論や物理推論研究を前進させる。人間と AI の協働モデル構築にも寄与する。
3. VR 研究への貢献：従来の VR は事前設計に依存していたが、本構想はユーザの思考や感情に応じて動的に空間を生成する「生成 VR」を実現する。これにより新たな評価手法や UI デザインが求められ、VR 研究全体に革新をもたらす。

総じて、「人-AI 共創メタバース」は脳科学、AI、VR、人文社会学を横断し、新しい学術領域を切り拓く意義を持つ。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国際的には、生成 AI と拡散モデルを用いた脳活動解読や高解像度画像の再構成が進展している。VR 分野では生成モデルによる動的空間生成が注目され、BCI と VR の統合はリハビリや教育での応用が進み、非言語的コミュニケーション支援の研究も進展している。しかし、脳内世界モデルの解読と生成 VR を統合し、制度設計や価値交換まで包含する総合的構想は存在しない。本構想は世界的にも独自性が高く、日本発の新しい学術潮流を形成する。

⑦ 社会的価値

「人-AI 共創メタバース」は、身体的制約や言語の壁を超える新しいコミュニケーション環境を提供する。障害者・高齢者が非言語的手段で交流でき、社会参加の機会を拡大する。精神疾患や認知症のリハビリにも応用可能である。教育では脳内世界モデルを共有した創造的学習を促進し、産業ではデジタルツインの活用により新ビジネスを創出する。国際的には文化や言語の壁を超えた協働を支援し、人々のウェルビーイング向上に寄与する。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

初期準備 (R8～R9)：研究センター設立、設備整備、倫理・制度検討の開始。

基礎研究フェーズ (R9～R12)：脳内世界モデルの取得と拡散モデル統合技術を開発し、初期版生成 VR を構築する。BCI や感情推定技術を高精度化し、教育・医療向けプロトタイプを試作する。国際共同研究を開始する。

統合・実証フェーズ (R12～R15)：生成 VR 環境を用いた人-AI 共創実証を行い、教育・医療応用を試験運用。成果を国際会議で発表。

<実施機関と実施体制>

日本バーチャルリアリティ学会に「人-AI 共創メタバース研究センター」を設立する。脳科学、AI、VR、ロボティクス、人文社会科学の各分野を代表する研究者がディレクターとして参画する。東京大学、慶應義塾大学、大阪大学、理化学研究所等が基礎研究を担当し、NICT や産総研がプラットフォーム開発を担う。

<総経費>

約 350 億円 (10 年間) を想定。基礎研究・実証実験に 200 億円、施設・機器更新に 100 億円、国際連携と人材育成に 50 億円を配分する。

⑨ 連絡先

稲見 昌彦 (東京大学先端科学技術研究センター／日本バーチャルリアリティ学会)

総合知をデジタルスレッドでつなぐ持続可能な次世代海上輸送ネットワークの構築

① ビジョンの概要

海に囲まれた日本は舟で文化を育み、船で世界と繋がってきた。しかし経済合理性を追求してきた海上輸送はいま、環境持続可能性の課題に直面している。本構想は、日本の海運・造船が培ったシミュレーションと実践知を生成 AI とデジタルスレッドで統合し、地球科学・人文社会科学と総合知を創成することで持続可能な海上物流を探究し、海洋探査・洋上風力発電・CCS などへの応用も含めた世界の海洋利用に貢献する。

② ビジョンの内容

四方を海に囲まれた日本にとって、貿易の 99%以上を担う海上物流は、経済と国民生活の生命線に他ならない。歴史を振り返れば、舟が文化を運び、シルクロードが文明の交流を促したように、活発な物流は新たな文化を育む土壌となってきた。エネルギーや食料の多くを海外に依存する我が国にとって、この海上物流ネットワークの維持・強化は、文化と生活を守る上で不可欠である。しかし今、この生命線が岐路にある。国際海事機関 (IMO) の「2050 年ネットゼロ」目標達成には代替燃料への転換が必須だが、「グリーン・プレミアム」として物流コストを押し上げる。このコスト増は島嶼国や途上国の生活必需品の価格に直結し、負担の偏在を通じて世界の安定を揺るがす「サプライチェーンの混乱リスク」をはらむ。我々はこの構造的課題を、工学と人文社会科学の融合で解くべき人類社会の持続可能性の問題と捉え、経済合理性と環境持続性を両立し誰もが豊かさを享受できるグローバル物流ネットワークの再構築を目指す。鍵は、船舶ライフサイクル全体のデータや実践知、経済・社会システムの知見を、生成 AI とデジタルスレッドで繋ぎ総合知として活用することである。物流ネットワーク全体のマクロ層と各船舶の設計からリサイクルまでのミクロ層のデジタルスレッドを構築し、生成 AI で連携解析して経済・社会・環境の指標を同時最適化する意思決定支援基盤を創出する。熟練設計者の「匠の技」を AI が形式知化し若手の成長を促すなど、人間の能力拡張の基盤ともなる。さらに運航船舶を地球の IoT センサーとし海況・気象データを収集することで、海洋資源管理、洋上風力発電、CCS、災害レジリエンスなどの海洋開発や地球科学にも貢献するオープンサイエンス基盤となる。

海はグローバル・コモンズである。強靱かつ持続可能な海上物流基盤の確立は世界の安定と繁栄に貢献し、海洋国家日本の未来を守ることにつながる。我々はこの研究で未来の豊かな人間社会をデザインしていく。

海はグローバル・コモンズである。強靱かつ持続可能な海上物流基盤の確立は世界の安定と繁栄に貢献し、海洋国家日本の未来を守ることにつながる。我々はこの研究で未来の豊かな人間社会をデザインしていく。

③ 学術研究構想の名称

生成 AI とデジタルスレッドで繋ぐ海上輸送システムのプロダクトライフサイクルに関する総合知の構築

④ 学術研究構想の概要

本構想はデジタルスレッドで現状を正確に把握し、経済合理性だけでなく脱炭素化等の負の外部性をも考慮した新たな多目的評価軸を導入する。この評価軸に基づき、生成 AI 等の革新的技術で物流コストを抜本的に削減し、ネットワーク最適化シミュレーションを可能にする研究開発基盤を構築する。その核心は、船舶工学の知 (オントロジー) によって CAD/BOM (設計データ)、BOP (建造データ)、運航データを意味付けした「セマンティック・

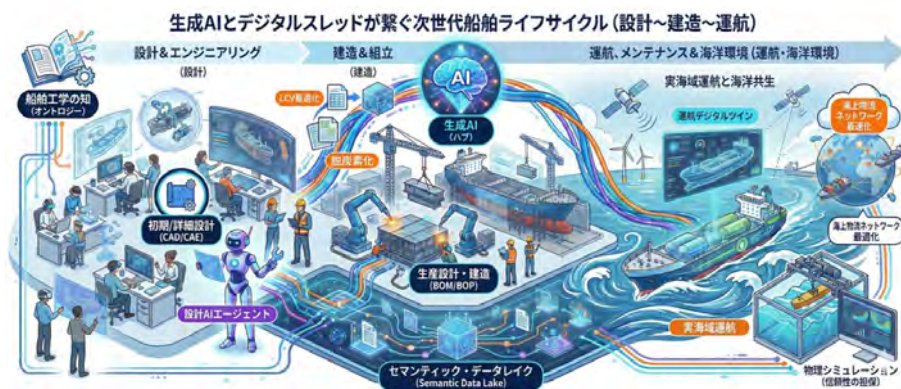


図1 次世代海上輸送ネットワークの概念図

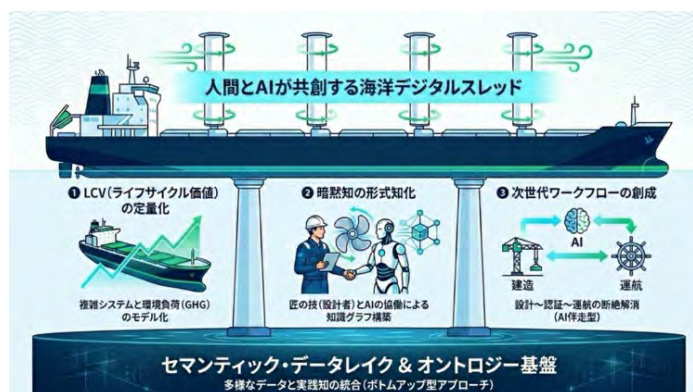


図2 海事・海洋デジタルスレッドの構成要素

データレイク」を基盤とする「デジタルスレッド」の構築にある。生成 AI をハブとしサイロ化されたデータを繋ぎ、設計から建造、認証、そして運航に至る全ライフサイクルにわたる動的な知のネットワークを紡ぎ出す。システムの信頼性は、物理シミュレーションや、代替燃料エンジン評価システムおよびインテリジェントロボット水槽等の実験データで補強し、人間と AI が協調する新ワークフローの構築で担保する。産学官が結集し、日本の強みを活かした、世界をリードするデジタルエコシステムの構築を目指す。

⑤ 学術的な意義

本構想の学術的価値は、三つの挑戦にある。

第一に、「複雑巨大システムの設計論」への挑戦である。マルチフィジックス・マルチスケール、かつ経済・社会を包含する「船舶ライフサイクル価値 (LCV)」の定量モデル化は高い学術的挑戦である。燃料価格変動、地政学リスク、炭素税等の不確定要因や GHG 排出量の「負の外部性」を確率論的に評価する新学理を創出し、複雑システムの設計論に新たなパラダイムを提示する。

第二に、「暗黙知の形式知化」への挑戦である。形式知化可能な実践知は AI で活用し、言語化不能な「匠の技」は人間が担うという最適な役割分担を探索する。CAD の操作ログ解析や AI 支援インタビューで熟練設計者のノウハウを知識グラフ化し、日本のものづくり文化の核心をデジタル時代の学術的価値へ転換する。

第三に、「ライフサイクル・システムズエンジニアリングの方法論」創成への挑戦である。船舶ライフサイクルに内在するデータの水平的・垂直的断絶を乗り越え、AI を設計から認証・運航まで品質と安全性を保証する厳格なプロセスに組み込む。船級規則の根拠を瞬時に提示する規則問合せ AI や図面チェック AI 等のエージェント群を開発し、AI が判断根拠を提示し人間が最終責任を持つ「共創型ワークフロー」を構築する。情報科学・認知科学・社会科学を融合したライフサイクル全体で学習し進化し続けるシステムの学理構築は、世界でも類を見ない試みである。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

欧州や韓国では PLM (製品ライフサイクル管理) に基づくトップダウン型 DX を推進するが、表現できる工学知の範囲は限定的である。本構想は、流体抵抗等の複雑な物理現象や経験式・シミュレーションなど「工学知の体系」をオントロジーとして構築し、生成 AI でデジタルスレッドに接続する。特定の CAD/PLM に依存せず多様な実践知を学理と共に統合活用できる、日本の強みを活かしたボトムアップ型アプローチであり、世界の海事 DX の新たな潮流を創出するユニークかつ先進的な位置付けにある。

⑦ 社会的価値

海上輸送は国民生活の生命線であり、本構想はその強靱化を通じ経済安全保障に貢献する。脱炭素化に伴う物流コスト上昇が世界の生活必需品価格を不安定化させる中、持続可能な海上輸送モデルでサプライチェーンを安定させ「公正な移行」を実現する。

造船竣工量・船主保有量ともに世界第 3 位の我が国海事産業において、実践知を価値に変える日本独自の DX アプローチは生産性と付加価値を向上させ、国際的な地位の強化と国家戦略の礎となる。SDGs の脱炭素化 (目標 13)、産業基盤 (目標 9)、不平等是正 (目標 10)、国際的連携 (目標 17) に貢献する。

⑧ 実施計画等について

【実施計画】本構想は 10 年計画で 3 期に分けて実行する。第 1 期 (1-3 年目) は基盤構築として海事 AI・デジタルスレッド基盤開発と大規模実験施設整備、第 2 期 (4-7 年目) は AI 統合と代替燃料船の設計・運航実証、第 3 期 (8-10 年目) は意思決定支援基盤の社会実装と持続可能なグローバル海上輸送ネットワーク確立を行う。

【実施体制】大阪大学の「先進海事システムデザイン共同研究講座 (阪大 OCEANS)」を発展させ「次世代海上物流システム研究センター (仮称)」を設立。東京大学、横浜国立大学、大阪公立大学、神戸大学、九州大学等の造船・商船系大学が結集し総合知を創成する。大規模実験施設は海上技術安全研究所に集中的に整備し、産学官の垣根を超えた運用でイノベーション創出を後押しする。

【所要経費】総額 230 億円。研究開発基盤整備費 (140 億円: 実験設備・計算基盤・データレイク)、研究開発推進費 (80 億円: 人材・国際連携・ソフト開発)、管理費 (10 億円)

⑨ 連絡先

一ノ瀬 康雄 (大阪大学)

高度情報処理基盤構築のための光・量子非ノイマン型計算機を用いた アナログツインコンピューティング技術の創出

① ビジョンの概要

超スマート社会の実現に向け、従来のノイマン型コンピューティングでは情報量の急増への対応が困難になることが予想されている。本提案は、光・量子技術を活用した「アナログツインコンピューティング」を開拓し、分子構造探索や時系列予測、信号処理などを光学的に実現することで、超高速かつ低消費電力な革新的計算技術の確立を目指す。

② ビジョンの内容

本構想は、電子回路の微細化限界に直面しつつある従来型計算機の課題を克服し、超スマート社会に必要な膨大かつ多様な情報処理を実現するために、光・量子技術を基盤とした非ノイマン型計算機の新しい枠組みを創出することを目指すものである。特に、物理系が本来持つ特長を最大限に活かし、デバイスレベルから計算方式を再構築するデバイスオリエンテッドコンピューティングを推進する。その中核となるアナログツインコンピューティングでは、光・量子アナログシステムを計算資源として用い、対象となる物理系を直接シミュレーションすることで、従来のデジタル計算を凌駕する効率と速度を実現する。例えば光量子コンピュータを用い、創薬物質の分子構造探索や新材料開発のための量子化学計算において対象となる量子的物理系の振る舞いを、光子の系を用いて高速にシミュレートする。また、光通信デバイスを駆使したリザバー計算機やニューラルネットワークを用い、気象・環境データ等の時系列予測や、センサデータに基づく物体認識や障害物回避といった信号処理を全光学的に実現する。さらには光デバイスのポテンシャルを最大限に発揮する新たなアナログ計算アーキテクチャの構築にも挑む。これらの計算手法の実現においては、光通信において豊富な実績を有する各種光デバイスやコヒーレント検波技術を活用することができ、シリコンフォトニクスや光電融合による集積化とあいまって、今日のデジタル回路だけでは困難な超高速かつ超低消費電力な革新的コンピューティング技術の創出が期待される。既存の光デバイスやシリコンフォトニクスを駆使した高集積アナログ計算アーキテクチャを構築し、従来のデジタル計算では到達困難な超高速・超低消費電力な計算基盤を確立する。



図1 アナログツインコンピューティング

③ 学術研究構想の名称

高度情報処理基盤構築のための光・量子非ノイマン型計算機を用いたアナログツインコンピューティング技術の創出

④ 学術研究構想の概要

本構想は、光・量子技術を基盤とした非ノイマン型計算機の新しい枠組みを創出することを目指すものである。特に、物理系が本来持つ特長を最大限に活かし、デバイスレベルから計算方式を再構築する。本研究により期待される成果としては以下の3つが挙げられる。

- ・光量子コンピュータにより創薬計算や量子化学計算を高速化し、分子探索や材料設計を飛躍的に短縮する。
- ・光通信デバイスを用いたリザバー計算機や光ニューラルネットワークにより、気象予測、環境解析、センサ情報処理といった時系列データ解析をリアルタイムかつ低消費電力で実現する。
- ・既存の光デバイスやシリコンフォトニクスを駆使した高集積アナログ計算アーキテクチャを構築し、従来のデジタル計算では到達困難な超高速・超低消費電力な計算基盤を確立する。

本構想は非ノイマン型計算の新たな研究領域を切り拓き、学術的には「物理系に根差した計算原理」の体系化に貢献するとともに、社会的には創薬・材料開発・環境予測・自律移動体制御など幅広い分野に革新をもたらす基盤技術の確立を目指す。その結果、光・量子アナログ計算が次世代情報処理の中核を担い、超ス

マート社会の実現に向けた強力な推進力となることが期待される。

⑤ 学術的な意義

光を用いた非ノイマン型コンピューティングの研究は、1970～80年代にかけて研究が活発化した後、2010年代に本格的に再興した。背景には、ノイマン型アーキテクチャにおけるメモリ帯域や消費電力の制約が顕在化したことに加え、シリコンフォトニクスに代表される光集積回路製造技術の成熟、コヒーレント光検波用のデジタル信号処理の高速化、そして量子科学技術の台頭がある。

しかし、従来の物理コンピューティングは、デジタル計算の弱点を担うアクセラレータとしての位置づけにとどまっており、活用する物理系のポテンシャルをフルに活用できていない。そこで本研究では、物理系の長所を部分的に利用するのではなく、物理系本来の振る舞いをそのまま計算資源として生かすアプローチを提案する。これにより、物理系がもつ長所や本質的性質を余すところなく引き出す新しい計算手法の実現を目指す。

学術的重要性として、非ノイマン型計算の研究は計算パラダイムの拡張を促し、人類が直面する様々な社会課題を解決する手段の選択肢を増やすことにつながる。さらに本研究の目指すアナログツインコンピューティングにおいては、デジタル計算の枠組みを前提とした置き換えではない点に新規性がある。従来はデジタル計算機との比較が様々な論じられてきたが、本研究ではデジタルを一旦離れ、物理系で別の物理系を直接表現する計算に挑戦し、物理コンピューティングの潜在力を最大限に引き出すことを試みる。期待される成果として、対象とする物理系を、その特徴に最も近い物理系で模擬することにより、計算精度と効率を飛躍的に高め、従来困難であった現象の理解や設計の最適化などを可能にする。物理系の長所を間接的ではなく直接的に利用することで、量子系や複雑系の効率的なシミュレーションが実現される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

近年、光・量子技術を活用した非ノイマン型コンピューティングの研究が世界的に急速に活発化している。それらはいずれもデジタル計算を補完する形で物理系の一部特性を利用する試みであるが、本構想はさらに一歩進め、物理系本来の振る舞いを計算資源として直接利用することで、潜在能力を最大限に引き出すアナログツインコンピューティングを提案する。

⑦ 社会的価値

本構想は、光・量子技術を活用した非ノイマン型計算によって、産業界の革新を牽引する大きな社会的価値を持つ。第一に、創薬や新材料開発において、従来膨大な計算コストが必要であった分子構造探索や量子化学計算を高速化し、医薬・材料産業の研究開発効率を飛躍的に向上させる。第二に、光通信技術を応用したリザバー計算や光ニューラルネットワークは、気象予測や環境モニタリング、センサーデータ処理においてリアルタイム性と低消費電力性を実現し、インフラ・モビリティ産業に新たな価値をもたらす。第三に、シリコンフォトニクスや光電融合による高集積化は、次世代情報通信基盤やデータセンターに不可欠な超高速・超省電力計算を可能とし、ICT産業全体の競争力を強化する。本構想は、学術的意義にとどまらず、医療・材料・環境・通信といった幅広い分野で実用的価値を創出し、持続可能で競争力ある産業社会の基盤を築くものである。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール

2026～2028年度：材料・デバイスの検討及び設計

2029～2031年度：アナログツインコンピューティングシステムの構築

2032～2033年度：プロトタイプシステムの実証および実用化に向けた取り組み

2033～2034年度：アナログ計算アーキテクチャの構築と標準化への取り組み

・実施機関と実施体制

東北大学電気通信研究所の光・量子デバイス研究者が中心となり、学内関連部局とともに実施する。

・総経費 25億円

⑨ 連絡先

松田 信幸、廣岡 俊彦（東北大学電気通信研究所）

宇宙・地球研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築

① ビジョンの概要

日本が今後直面する高齢社会においても、高い国際研究競争力を維持しつつ、将来期待される研究技術の進歩に駆動された新発見や新概念の創出を継続するためには、各世代での学際融合研究のみならず、世代を跨いだ研究協力体制が必要である。20～30年後、さらに100年後の研究を見据え、国内外で採取された資料を統一データベースで管理し、国内外の研究者にキュレーションする体制を整備することで研究を先導する。

② ビジョンの内容

近年の科学技術の急速な進歩は、月面の水、系外惑星、海底資源、全球凍結・超温暖化および古代ゲノム等これまで想像上でしかなかった数多くの事柄の発見をもたらした。さらにこれらは宇宙資源開発、海底資源開発、将来の気候変動予測および医学利用など新分野の創出へと発展しつつある。今後も、こうした科学技術の進歩に駆動された新たな学問領域の創成が期待される一方で、急激な社会・自然環境の変化が国内外において、不可逆的に地球上から多くの物質資料を損失させている。また、高齢社会の進行が危惧される日本では、研究費の相対的な低下と研究者不足により、国際研究競争力の低下が懸念される。加えて、研究成果の検証の必要性も喫緊の課題とされる。

現在日本では、一部の大型国際研究プロジェクトを除き、国内外で採取された学術上貴重な資料や民間企業によって得られた地質情報・資料（地下構造やコア資料）の保管と共有が円滑に行われていない。特に、資料の長期保管とキュレーションは非常に立ち遅れており、多くの資料が廃棄されているのが現状である。そのため、多大な経済的損失を払い、繰り返し資料採取と記載が行われている。一方で、開発や災害等による地層の消失により、貴重な物質資料が永久に地球上から失われてしまうケースも見受けられる。

将来の日本の研究を見据えたビジョンとして、こうした現状と今後日本が迎える低成長局面に対応するため、各世代での学際的研究のみならず、これまでに培った研究資産を次世代に繋げていく、世代を超えた研究環境を早急に整備することを提案する。国内外で採取された資料を統一されたデータベースで管理し、国内外の研究者に配布する。日本を中心とした研究ネットワーク体制を形成し、日本の科学研究水準を発展させるためには、検証可能な研究体制を構築しつつ、国際的かつ総合的な世代間研究を推進すべきである。

③ 学術研究構想の名称

宇宙・地球研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築

④ 学術研究構想の概要

本計画では、資料のデジタル化とオープンアクセス化、現在分散保管されている資料をアーカイブし、統合データベースとして公開・提供すること、およびそれらの保管・提供を統括する『宇宙・地球研究資料アーカイブセンター』の新設を提案する。それによって、国際的な世代間での共同研究を実現し、20～100年後を見据えた科学の発展に寄与する。また、古地形や地盤データ、資源・研究資料の一括管理とオープンアクセス化は日本の産業、都市開発、生涯学習、初等教育及び国際政治にも貢献することが期待される。



図1：宇宙・地球研究資料アーカイブセンターの設置と期待される学術・教育・国土保全・国際協力への貢献

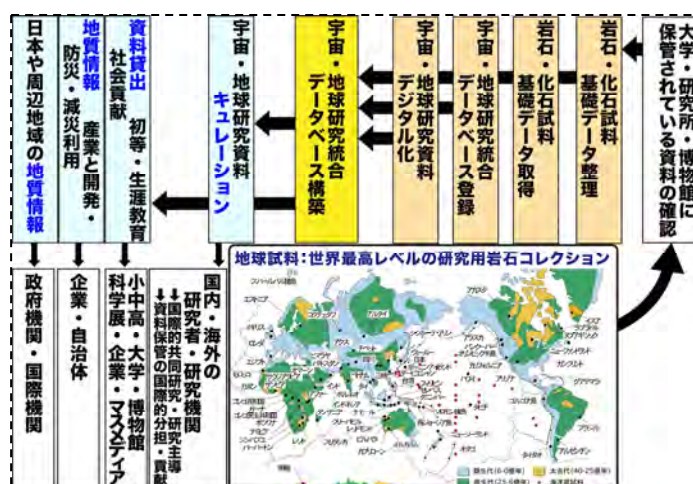


図2：宇宙・地球研究資料アーカイブセンターの設立工程と目的、期待される成果と波及効果

⑤ 学術的な意義

明治における近代科学の導入以来、国内外で採取した非常に多くの貴重な岩石鉱物、隕石、掘削試料および化石等の試料や古地図・地形、地質、写真および地盤データなどの資料が日本国内の大学・研究機関や博物館等に所蔵されている。そして、それらの研究から最古生命の証拠などの地球生命進化、プレートテクトニクスと全地球物質大循環、超大規模火成活動や地震のメカニズム、など非常に多くの成果が上げられた。

しかし、これらの試料は当初の研究目的が達成されたからといって不要となるわけではない。一次記載情報を持つ資料が、当初の研究目的後も公的機関に系統的に長期保管され、その後の研究技術の発展に伴う再研究によって、大きな発見に至った例は、アポロ計画で採取された月試料や最近有望な新規海底鉱物資源として社会的にも関心の高いレアアース泥など、非常に多く存在する。もしこれらの資料が保管されていなかったら、再度多大のコストをかけて試料採取をする必要が生じ、たとえ研究技術が進歩したとしても、このような大発見には繋がらなかったであろう。さらに、今後、研究費や研究者不足が懸念される日本において、科学研究水準を維持するためには高度な技術を基盤とした研究に注力すべきだが、その際1次記載情報をもつ資料が大変貴重になる。さらに、1次記載情報のある試料は、他分野の研究者のアクセスを容易にするので、学際研究や国際共同研究にも有用であり、他の学術分野、産業分野や政治分野への波及効果も大きい。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

90年代以降の大型研究により、全地球史解説、地球ダイナミクス、火山や地震の研究など、世界的にリードする分野が創出された。短期的にはこれまでに採取された試料の研究を通じ、地球史研究、甚大災害の恐れのある超巨大火山や地震などの研究が急速に進展することが期待される。一方、日本では貴重な資料を保管・提供するシステムが脆弱であるため、それらが散逸する危機に瀕しており、長期的に研究活動を維持するには試料を有効活用するシステムが喫緊の課題である。また、海洋掘削試料を保管・提供する国際的組織（国際深海科学掘削計画）は存在するが、陸上試料を保管・提供する国際的組織はない。そこで、日本にそうした施設が整備され、米国スミソニアン博物館や大英博物館等と連携することにより、生命の起源等の基礎研究に加え、地震・火山、資源および堆積物を用いた地球環境予測等の研究を支える研究拠点となりうる。

⑦ 社会的価値

日本が保有する試料を一括して管理することにより、博物館や科学展などの常設・臨時展示、マスメディアでの紹介や小中高校への貸出の対応がより円滑になり、科学教育、災害に対する啓蒙活動および生涯教育に貢献することが期待される。また、アーカイブ資料には、日本の地盤データ、断層分布や写真、古地形情報等も含まれ、都市や交通基盤を建設する上で非常に有益な情報となる。また、レアアース泥やシェールガスのようにこれまでの技術では見過ごされてきた資源が隠されていることが期待される。そういった資源の探査にも、大きな貢献をすることが期待される。こうしたことはSDGsへの直接的な貢献にもつながる。

⑧ 実施計画等について

本計画は、7学会（日本地質学会、日本堆積学会、日本鉱物科学会、地球環境史学会、日本火山学会、資源地質学会、日本地球化学会）、4博物館（国立科学博物館、ふじのくに地球環境史ミュージアム、神奈川県立生命の星・地球博物館、東京工業大学地球史博物館）および5研究機関（産総研地質調査総合センター、海洋研究開発機構、高知コアセンター、極地研究所、宇宙航空研究開発機構）からなるコンソーシアム（宇宙・地球研究資料コンソーシアム）が主体となり、国内の学会、大学、研究所や博物館と連携して実施される。

本計画では、10年間の実施期間に以下の5項目を行う。①資料のアーカイブ化と保管・提供を包括的に行う『宇宙・地球研究資料アーカイブセンター』の設立、②国内外のデータベースを統合する『宇宙・地球試料統合データベース』の構築、③資料の基礎データの取得、整理及びデータベース登録、④古地形等の図版や写真、地盤データ、化石や掘削試料等のデジタル化、データベース登録およびオープンアクセス化、⑤人材育成。実施期間後も、本センターにおいて、試料の受入、デジタル化、保管および提供を継続する。

センターの建設と施設整備（150億円）、データベース・保管提供システム構築（2億円）、各連携機関における資料の基礎データ整理・取得を行う若手研究者雇用（50億円）、キュレーター人材育成プログラムの設立・運営（4億円）およびセンターの運営と全体統括（9億円）の所要経費が必要とされる（総経費245億円）。実施期間後は本センターとデータベース・保管提供システムの運営費用が必要とされる（年間5億円）。

⑨ 連絡先 小宮 剛（一般社団法人日本地質学会）

公共学術史の確立と、そのための装置整備

① ビジョンの概要

国立学術アーカイブズの構築によって学術史をいっそう社会に普及させるとともに、非専門家も議論に加われるようなしくみを確立する。そのことにより、研究プロセスの再検討をおこなってあらたな発見をうながすとともに、研究分野間の対話をも加速させる。

② ビジョンの内容

学術に対する社会的な期待が高まった結果、学術活動に透明性が求められつつある。いっぽう、その推進力は、専門性の高さにもとづいている。学術の社会的普及と専門性維持が互いにバランスよく発展していくためには、学術活動の結果として得られる知見だけでなく、そのプロセスをも可能な限り社会的に共有していく必要がある。そうした試みは、それぞれの研究分野において定着しつつあり、大学総合博物館の催事などでも紹介されるようになったものの、学際的な動きとはなっていないし、学術過程でなく知見（最終的な学術成果）の共有にとどまる場合が多い。

ここで提案する公共学術史は、自然科学と人文社会科学とを区別せず、それぞれの学問の由来を遡って明らかにする分野である。学史は通常、歴史学の分野とその他あらゆる研究分野との学際的協業とみなされているが、その活動をさらに広げて、学術にたずさわらない人びともにも参与の可能性を広げ、学際的な学術発展と学術の社会的普及を同時に実現する。こうしたアイデアを実現しにくかった理由のひとつは、基礎となる一次的資料が共有しにくいことだが、本事業ではこの問題を、後述する国立学術アーカイブズの構築によって解決する。一次資料を保存し公開活用する機関を設けることで、公共学術史は各分野に刺激を与え、歴史に関わらない他の研究分野の活動をも進展させると期待できる。

本事業はまた、個々の研究分野の社会的普及をいっそうながし、その透明性をも高める。さらに、学術の歩みを過去にまで遡ってその岐路に立ちかえることで、オルタナティブな学術発展を構想することも可能にする。こうした効果は、一般社会とのあいだにセンシティブな問題を抱えた研究分野のみならず、すべての研究分野において、また研究分野間の対話を図ろうとする学術界全体において、同様に期待される。

③ 学術研究構想の名称

国立学術アーカイブズの構築

④ 学術研究構想の概要

すぐれた業績を残した研究者（日本の国公立大学や研究所に所属した研究者を想定）の研究資料（フィールドノートや実験ノート、写真、ビデオなど）を今後 30 年間にわたって収集し、整理したうえで保存するとともに、閲覧その他の活用に供する国立学術アーカイブズを設立する。学術研究に関連した資料に特化して収集・保存・活用をおこなう事業は、大学博物館などで進められてはいるものの、優先度が高くないこともあって進捗は好ましいとはいえない。今後 30 年のあいだには、第二次世界大戦後の日本の学術史に欠かさない紙資料やフィルム資料が憂き目に遭う確率が高いため、この問題には緊急に対処しなければならない。

そこで、毎年 300 人分の研究資料を 30 年間継続して受け入れるための施設計画を立てた。しかし施設ができてしばらくのあいだは、資料整理や研究の範囲をフィールドサイエンス分野（人文地理学や文化人類学などの人文社会科学だけでなく、自然地理学や生態学、災害工学などの自然科学も含む）に限定する。これにより、年間の運営経費を当初計画の 7 割（人件費は 4 割）ほどに抑える。この間、他の実験系分野における実験ノートやその他の分野の構想メモなどは受けいれただけにとどめ、活動が軌道に乗った時点で、当該分野

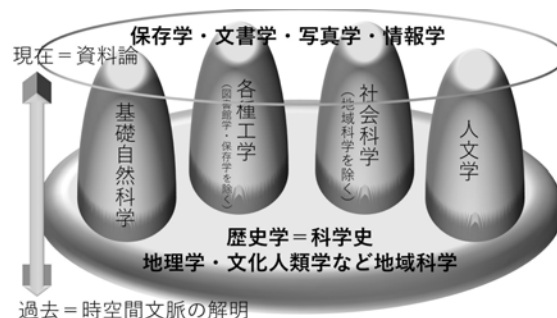


図1 公共学術誌を実現するための各分野の連携

の専門的知識に通じた研究スタッフを追加雇用し、本格的な整理を開始する。

⑤ 学術的な意義

研究資料の受け入れは、資料を築いた研究者が高齢化（しばしば死去）したのちに始まることが多く、資料の同定や整理に研究者本人の協力が得られにくい。国立学術アーカイブズが十全に機能し、研究資料を順調に受け入れられるようになれば、整理が現在よりもはるかに円滑におこなわれる。また、資料に付されるアノテーションも詳細にわたり、学術資料の価値もいっそう高まる。

こうした文書館の設立は、学術的知見のアウトリーチをはたすだけでなく、学術活動プロセスを見なおす機会の増加にもつながる。ノーベル賞受賞にいたるすぐれた業績が数々の失敗の上に成りたつことは周知のとおりだし、それに着目してオルタナティブな技術の創出をめざす失敗学という分野も提唱されている。成功の結果としての知見だけでなく、失敗事例や成功にいたるためのヒント、さらにはいまだじゅうぶんな評価を与えられていない着想を再発見するために、国立学術アーカイブズの活動は重要である。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

さまざまな文書資料を網羅的に収集・保存・活用する機関としては、国立国会図書館や国立公文書館、地方自治体の文書館などがある。しかし、研究資料に特化して活動をおこなう文書館は日本にまだない。デジタルアーカイブズとしてインターネットで閲覧できる研究資料もわずかにあるが、全世界の膨大な数の研究者に較べると些少でしかなく、研究プロセスは忘却に任されている。博物館を有する大学では、整理と継承を期待されて多くの研究資料が集まっているが、資料は未整理のまま増えつづけている。こうした状況を打開するためにも専門の文書館は必要である。

⑦ 社会的価値

本事業は各研究分野のアウトリーチを促すとともに、不透明になりがちだった学術のプロセスを透明化する。国民もまた、学術の歩みを過去の岐路にまで立ちかえって再確認し、オルタナティブな学術発展を構想することができるようになる。その結果、いわゆる修正主義が台頭して学術に混迷をもたらすのではなく、むしろ学術の見通しを制度的に多様化させ、その成果を社会的に受容しやすいものにしていくことになろう。つまり本事業は、学術の歩みの再検討に非専門家を参画させる契機ともなり、社会と学術との結びつきを良質なものとし、民主主義を根幹とするわが国にふさわしい学術の展開の基礎を提供する。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

初年度には予算組や人員配置についての検討を少人数でおこなう。2年目には研究スタッフを順次着任させると同時に、予算に応じた施設設計をおこない、3年目に着工する。したがって、フルスケールで活動していくのは4年目以降である。通常業務は、資料受け入れ方針の策定とそれにもとづいた受け入れ、資料の登録とデジタル化などの保存措置、一般利用者からの閲覧申請や複写申請のサービスなどである。受け入れ以後の保存・活用はアーカイブズ保存系5名とアーカイブズ運営系5名の事務スタッフが中心となっておこなう。ただし紙媒体資料の保存活用が業務の中心となるため、デジタル資料の保存活用のためには別途の人員が必要である。また、研究スタッフは、科研費補助金など機関外の競争的研究費を獲得して各個研究を進め、機関内外のメディアをとおして口頭発表や論文発表をおこなう。

＜実施機関と実施体制＞

研究スタッフは、多数の専門領域をカバーするよう、フィールドサイエンス系（自然科学系を含む）の研究者22名と、その他の特定分野から15名、合計37名をいどを考えている。フィールドサイエンス系の研究者を多数採用する理由は、フィールドノートや写真の公開可否を判断するうえで、当該地域の文脈に配慮することが不可欠だからである。

⑨ 連絡先

飯田 卓（人間文化研究機構 国立民族学博物館）

異分野・社会との連携のための共通言語「データサイエンス」の 学際的な研究・教育拠点の形成

① ビジョンの概要

統計検定、統計エキスパート人材育成コンソーシアム等が運用され、滋賀大学など複数の大学でデータサイエンス系学部が設立された。これらの人材育成を加速させ、データサイエンスの統計数理基盤を担うべく、2つを促進する。(1)学際的な研究・教育拠点の形成とシンクタンクの構成。(2)科学行政官、チーフ・サイエンス・オフィサーの育成。

② ビジョンの内容

(1)学際的な研究・教育拠点の形成とシンクタンクの構成

科学が細分化された現在、分野間を越境できるデータサイエンティストの育成、そして、データサイエンスを教える教員の育成は鍵となる。学際的な研究・教育拠点を拡大・整備して、米国国立科学財団等と連携し、地球規模、緊急性の高い課題を解決に導くためのプラットフォームとする。英国オックスフォード大学に設立されるシュワルツマン人文学研究センターとも連携し、AI倫理について法律学や公共政策学などの社会科学・人文学の研究者と共同研究を促進する。データサイエンティストが集うシンクタンクを構成し、教育・学術・科学技術の長期的展望を描き、新規政策を打ち出し、その意義を社会に正しく伝える役割を果たす。

(2)科学行政官、チーフ・サイエンス・オフィサーの育成

データサイエンスによる分析能力と批判的思考力は、大学院における知の生産を意識した教育によって身につく。現状、文部科学省は博士号をもつ職員が少なく、企業の研究者に占める博士号取得者の割合も米国と比べ日本の低さが目立つ。日本にはイノベーションを俯瞰し未来への展望を構想できる人材の育成が不可欠である。科学行政官にはデータサイエンスを心得た目利き力と、博士号をもち分野横断的な研究をプロデュースし新たな価値を創造する構想力が求められる。科学行政官が育成されれば、政策形成の場においてデータサイエンスによるビジョンが提供できるだろう。データサイエンスが諸科学・産業の基盤として広範に利用されるように、信頼性や質保証に関わる技術的な基準や利用上の倫理的・法的・社会的な基準が整備されるだろう。また、民間企業には、チーフ・サイエンス・オフィサーとして活躍するデータサイエンティストを育成する。データサイエンスを駆使した意思決定をすることで、価値の創造と共鳴が生まれるだろう。

③ 学術研究構想の名称

異分野・社会との連携のための共通言語「データサイエンス」の学際的な研究・教育拠点の形成

④ 学術研究構想の概要

(1)データサイエンスの主要技術の一つは統計数理である。本構想は、「統計エキスパート人材育成コンソーシアム」（統計数理研究所、複数の大学で構成）を拡大・整備し、データサイエンスの学際的な研究・教育拠点を形成する。データサイエンスの理論や方法を開発する研究者と応用に関わる異分野や産学官の研究者・実務者が参加する学際的な拠点とし、国際連携推進、及び地球規模、緊急性の高い課題解決のための基盤とする。「統計検定」（日本統計学会で開発）などを活用し、データサイエンティストや教員を育成し、データサイエンティストが集うシンクタンクを構成する。データサイエンスが諸科学・産業の基盤として広範に利用されるように、信頼性や質保証の技術的な基準、倫理的・法的・社会的な基準を研究開発する。

(2)データサイエンスを心得た目利き力を有し、イノベーションを俯瞰し未来への展望を構想できる科学行政官及び民間のチーフ・サイエンス・オフィサーを養成する。科学行政官は新たな価値を創造し、政策形成の場においてデータサイエンスの教育・学術・科学技術政策の意義を社会に正しく伝えることが期待される。

⑤ 学術的な意義

データは21世紀の石油とも呼ばれ、GAFAなどのプラットフォーム企業はデータを資源としたビジネスをおこなっている。また学術研究においても大量のデータに基づくデータ駆動型の研究の重要性が増している。このようなデータ革命の中で統計科学、さらにその基礎をなす数理統計学の重要性も増している。

ビッグデータが得られるようになったことにより、深層学習の手法など複雑な予測モデルを構築することが可能となった。一方で、ビッグデータは、しばしばバイアスを含むことが指摘されており、ビッグデータにそのまま予測モデルを当てはめても、予測モデル自体がデータのバイアスを反映したものとなる。正しい

分析をおこなうためには、データの生成過程を適切に反映したモデルを構築することが必要である。統計科学の方法論では、実験計画法や標本調査法によるデータの生成、データ生成モデルの定式化、モデルを推定した後の信頼性の評価、などの一連の過程を重視している。科学のあらゆる分野でデータ駆動型研究が進められる中で、データ分析の信頼性を確保する統計科学の役割は大きい。

データ革命の中で応用技術は企業研究者によって行われている現状がある。日本では、博士号取得者数が少ないのみならず、就職先はアカデミックである場合が多い。特に統計学の教員不足が顕在化している。日本の課題を解決するには、企業と大学の間の人的交流を含め、データサイエンスを横串とする分野融合的な研究推進体制が必要である。博士課程においては、データサイエンスを心得た目利き力を持つ科学行政官を養成することが不可欠である。企業においてもチーフ・サイエンス・オフィサーとして活躍が期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

2012年、オバマ政権がビッグデータイニシアティブを発表し、世界にデータサイエンスの重要性を強く印象付けた。以来データサイエンティストの育成が加速し、我が国も「数理・データサイエンス教育強化拠点コンソーシアム」が実現し、統計検定制度の運用、データサイエンス系学部の設立と、高等教育での人材育成が始まっている。しかし、企業のニーズは遥かに高く、世界基準で未来を展望できる人材が決定的に不足している。本構想では今後10年の間に、これらの人材育成を加速させる国家戦略を提示する。

⑦ 社会的価値

1. データサイエンスの学際的な研究・教育拠点の拡大・整備
2. データサイエンスの科学行政官及びチーフ・サイエンス・オフィサーの養成
1. では「統計エキスパート人材育成コンソーシアム」を拡大・整備し、データサイエンスの理論と応用に関わる異分野、産学官の研究者や実務者の学際的な拠点を形成する。
2. では、我が国に決定的に不足している、データサイエンスの学位をもってイノベーションを俯瞰し未来への展望を構想できる科学行政官及びチーフ・サイエンス・オフィサーを養成する。

⑧ 実施計画等について

本構想は次の4つの段階を踏んで実施する。

第1段階

統計エキスパート人材育成コンソーシアムを研究組織に発展させ、テーマごとに研究チームを作る。これに企業・官庁の実務家を含む外部参加者を交え、学会・研究会よりも深く議論できる環境を構築する。

第2段階

上の各テーマに対応する大学院プログラムを設定し、実務家からも広く大学院生を募集する。外部組織からも最適な指導者を招聘し、国内最高水準の指導体制を構築する。

第3段階

研究成果の社会還元のために、大学教育の枠をこえたアウトリーチ活動、統計検定を発展させたオンデマンド教材やオンライン教材の開発、資格の認証などを行う。

第4段階

大学院生のインターン活動や実務家の学生・研究者としての受け入れ、行政・産業界との交流を活性化し、実務界がデータとアイデアと目的意識を研究者と共有できる体制を構築する。これにより、テーマの発見から、研究開発、アプリやビジネスモデルの開発と試行までを一貫して実施できる体制を提供する。

本構想は、統計エキスパート人材育成コンソーシアムの加盟機関を実施機関とし、統計数理研究所が取り組み機関となり、情報・システム研究機構傘下の国立情報学研究所・データサイエンス共同利用基盤施設、SIP 分野間データ連携基盤と連携する。

教員5名、研究員15名、事務員2人、プロジェクトマネージャ1名の給与：2億2,000万円

教員・研究員に対する研究費：5,000万円

建物・計算機・ネットワーク賃料：7,000万円

総額 3億4,000万円/年、10年間で34億円

⑨ 連絡先

青嶋 誠（筑波大学）

データ駆動による課題解決型人文学の創成

① ビジョンの概要

古典籍には未知の社会問題や予想外の危機に対処するための〈知〉が豊富に含まれている。近年デジタル化の急速な進展に伴い、これまでの人文学の方法では分析しきれない膨大なデータが文献情報資源として蓄積されつつある。古典籍も、現代に活かすデータという観点で捉え直し人工知能（AI）の活用と自然科学との協働による新たなデータ駆動型研究を創成することで、先人達の英知を〈総合知〉として現代社会に生かすことができる。

② ビジョンの内容

古典籍に含まれる〈知〉には、大きく分けて（１）事実、（２）営為、（３）思想（心情）の三種類があると考えられる。（１）（２）（３）は密接に関係していて、独立しているわけではないが、研究の精緻化に伴って、分野間相互の関係性が薄くなってしまおうという側面があった。また、良く知られた著名な古典だけを長年分析し続けるといった面もあり、研究が〈総合〉とは逆の隘路にはまる弊害が多々あることも否めない。

さらには、古典籍のデジタル化が進展し、デジタル画像やその電子テキストが膨大に蓄積（古典籍ビッグデータ）されるようになってきた。しかし、そのスピードがあまりに急速であったため、古典籍ビッグデータをどのように扱うかという方法が開拓されないままになっており、喫緊の課題となっている。

古典籍に基づいた人文学研究は、文理融合の研究を推進することで、その可能性を拡大していく余地が十分に残されていると考えることができる。また、媒体としての古典籍は、物質としての特性を持つ。世界的には稀なことではあるが、日本には多くの古典籍が残存している。これまでは文学や歴史分野においてテキストのみが研究対象とされ、物質としての面は捨象されてきた。しかし、昨今、料紙やそこに漉き込まれた毛髪の科学分析などをとおして、考古資料と同様の価値があるものとして検討が開始されつつあり、古典籍は研究資源として文理双方から注目されるところとなっている。

近時、日本古典籍のデータベースは大変充実してきた。パンデミックを経験して、研究者も個別の研究にそれらを利活用することは普通になってきている。しかし、データの全貌を分析し、研究することはまだ緒についたばかりである。厚みのある〈知〉をデータ基盤に移して蓄積し、人文学、自然科学の各分野と連携することは、文理異分野融合によるデータ駆動型研究にふさわしい、大きな可能性を持っていることは間違いない。このような研究を創成することで、人間や社会の統合的理解と課題解決に資する〈総合知〉に至る道を切り開くことができると確信する。

③ 学術研究構想の名称

データ駆動による課題解決型人文学の創成

④ 学術研究構想の概要

本計画は、経験則が重視され、持続的かつ汎用的な大規模データの構築・蓄積という概念の薄かった人文学分野の研究を、自然科学を含む他分野にも共通し得る方法としてのデータ駆動型に再構築し、持続可能な社会構築のためのデータインフラストラクチャを人文学分野に築き、その利活用を通して多分野と協働し得る課題解決型の人文学研究を創成するものである。

古典籍ビッグデータを軸とするデータ駆動型の人文学の研究環境を整備・運営し、人文科学の研究者が多分野と協働して自律的に現代社会にある様々な課題解決に十全に寄与する課題解決型の人文学を創成する。

⑤ 学術的な意義

「日本語の歴史的典籍の国際共同研究ネットワーク構築計画」により構築した大規模画像データベースは、千年以上にわたって蓄積されてきた古典籍データの網羅的な閲覧を可能とした。本計画ではその機械可読テキスト化と検索の高度化を進め、マテリアル解析等の情報等を付加して古典籍ビッグデータを高度化することで非日本語圏や社会科学・自然科学分野に及ぶ広範な活用を可能とする。



図1 プロジェクトの概要

古典籍ビッグデータを用いたデータ駆動型の人文学研究の創成は、世界に先駆けて人文学研究のパラダイムシフトを行う発信源として大きな意義を有している。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

今世紀初頭頃からイギリス、フランスを中心としたEU諸国及び米国、韓国、中国などで、それぞれの国や地域に蓄積された古典籍のデジタル化とその公開が国家的事業として急速に進められてきた。人文学研究においても、デジタルヒューマティーズ（DH）に代表される、デジタル化された資料を用いた分析が先駆的研究として行われるようになり、そのための分析ツールなども広く公開されてきてはいるが、こうしたデータの利用と研究は、旧来型の人文学研究の範囲に留まっている。

本計画は、日本のデジタルリソースの活用を、人文学に留まらない多分野に開き、蓄積されてきた古典籍の活用の推進のためのデータインフラストラクチャの構築、ビッグデータのコンテンツ解析・マテリアル分析への提供と得られたデータの環流と蓄積といった、人文学分野と社会科学・自然科学分野との循環的研究環境の構築を通して、データ駆動型の人文学を創成するという、世界の現状に鑑みても先駆的な計画である。

⑦ 社会的価値

古典籍には、我が国に生きた人々の思想と感情の歴史のみならず、対外交流史、農林水産業・工業を含む産業史、災害史、気候変動を含む自然史といったさまざまな分野に関わる事柄が記録されている。こうした経験的〈知〉を含む〈知〉の伝承が千年を越える期間にわたって同一の言語環境における連続したデータとして取得することが可能であることは世界的にも稀なことである。こうした古典籍に由来するデータは、従来は主としてそれに関わる専門研究者にのみ活用されてきたが、本研究において画像データを機械可読化し、それを公開することによって、多くの分野や様々な位相の人々の利活用が可能となる。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

国文学研究資料館を主体として、以下の研究計画を遂行する。

1. 研究基盤データベースのデータ拡充・高度化

画像データの集積の範囲を近代初頭（明治時代初頭）にまで拡張するとともに、機械可読可能な大規模テキストデータを形成する。（第1～10年次）

2. 異分野融合によるデータ駆動型研究の推進

情報学、自然科学分野などとの協働によるデータ駆動型研究や基盤技術の高度化を以下の4つの研究計画により推進する。

- ・データインフラストラクチャの構築
- ・人文系データ分析技術の開発
- ・コンテンツ解析
- ・マテリアル分析・解析

共同研究第1期（試行的研究）（第1～4年次）

共同研究第2期（開発的研究）（第5～4年次）

共同研究第3期（実装的研究）（第6～10年次）

多様な人文学分野の拠点である機構内各機関との協働により機構のスケールメリットを活かし、大規模データを活用した様々な課題意識に基づく国内外研究者との異分野融合研究を実施する。（第1～10年次）

<実施機関と実施体制>

本研究は、国文学研究資料館を実施主体とし、学術協定書及び覚書を交わしている諸機関等とともに遂行するものである。このほか、協定にはよらない形でも地域や民間企業等の多様なステークホルダーと共同で研究、事業等を展開する。

<所要経費>

総経費 54 億円（設備費 1.8 億円、人件費 16.2 億円、運営費等 35.6 億円）

⑨ 連絡先

渡部 泰明（大学共同利用機関法人 人間文化研究機構国文学研究資料館）

参加型人文学資料保全研究プロジェクト

① ビジョンの概要

人文学が担うべき課題は、少子高齢化や都市部への人口集中に対し、いかに地域の文化資源を継承できるかにある。加えて気候変動による高温多湿の環境は、紙媒体の資料群を急速に劣化させている。歴史の根源を担う資源の保全は喫緊の課題である。高齢世代の生きがいをこうした地域資料の保持に向け、他分野の研究者と共に、内容面だけではなくモノとして残された情報に光をあて、新たな研究領域の開拓に繋げる必要がある。

② ビジョンの内容

以下、3つの観点は相互に連動するものである。

(1) well-being の実現に人文学が果たす役割：超高齢化大国である日本において、何よりも重要なのは、一人ひとりの多様な幸せ (well-being) を実現する社会への転換である。それには科学の無境界化 (ボーダレス化) の動きの中で、参加型の取組の推進が必要である。社会に貢献したい、役に立ちたいシニア世代に対し、一人ひとりの多様な幸せを達成できる環境を提示し、地域の文化の継承に貢献し、次世代にバトンを渡すサイクルを構築することが、今後の人文学の重要なビジョンの一つとなる。

(2) デジタル化推進の中でのモノを保持する意義：多発する災害や地球温暖化による環境の変化は、蓄積・保存されてきた文字情報、絵画情報に対しこれまで同様の対処方法では対応しきれなくなっている。デジタル化の推進は、ともすればモノそれ自体の保存・管理を疎かにする場合がある。モノとしての古典籍・古文書は情報資源である。記録・記憶ともに次世代に伝える取組は人文科学の使命であり、多くの市民参加型の組織化を人文学が先導して進めていかねばならない。

(3) 人文資料を科学する：人文学、特に日本文学や歴史が扱ってきた古典籍・古文書は、多く紙媒体に記録されてきた。その素材としての紙媒体には文字情報以外にも多くの情報が含まれている。融合研究により異分野で既に開発された機器が、少し手を加えることで人文学の世界にも役立つことの発見に繋がっていくはずだ。

③ 学術研究構想の名称

国文学研究資料館古典資料学際共創プロジェクトセンター (仮称) 設置計画

④ 学術研究構想の概要

本計画は、人文学分野の研究と他分野の研究、社会とのボーダレス化を推進するものである。学際的連携と、アカデミア以外との共創を目指す研究・研修拠点の設置であり、特に2つの観点からの「協働」(トランスディシプリナリーアプローチ) を具体的に目指すこととなる。

(1) 人文研究者と他分野研究者との「協働」：書物などをマテリアルとして捉え、書物の管理・利用に長けた人文系研究者のもとに分析機器を配置し、大学共同利用機関として広く利用を推進するとともに、他分野の研究者とともに書物や文書の置かれた課題に取り組むラボを設置し共同研究と開発を推進する。

(2) 人文研究者と市民との「協働」：各地域社会を構築してきた資料の保管理およびデータ化と利活用を推進することは、各地域で主体的に取り組まれてこそ存在意義をもつ。リカレント教育のみならず、学び得た知識や技能を発揮し、新たなデータインフラの整備に生涯にわたり参画する仕組みとその継承サイクルを構築するとともに、簡便に資料を保存処理する体制を築く。

⑤ 学術的な意義

本事業は、研究者と市民の「壁」をなくし、相互補完しながら協働し研究を推進していくとともに、環境変化を踏まえ、保全方法を再検討すべき段階にある書物群に、対応策を考える取組である。人口減のなかで、



図1 プロジェクトの概要

市民参加型とすることで、人文学研究者と交流しながら、シチズンサイエンスに結びつける実践となる。貴重な資料が保存されている「場」において研究交流がなされることで、さらに研究の方法や社会に還元する方法を開発することができる。こうした「場」＝古典資料学際共創プロジェクトセンター（仮称）を置くことで他分野、市民、海外の研究者との交流が可能となり、独創的な探究力により、社会的課題に取り組む。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

各地域の文化資源の保存や共有が世界的な課題となりつつある中で、人口減少、少子高齢化が世界に先駆けて到来する日本における資源の保管および継承の推進は、世界レベルでのモデルケースとなろう。過去から現在に至る人間の文化的営みを記録した資史料などの保存継承を地域の市民と手を携え担うことは、アイデンティティの再構築につながる。それとともに、人材育成の点からも地域文化の活性化を担うことになり、AIの活用、他分野研究者の参加によるデータの把握と集約により、感覚的判断を排し分析する研究サイクルの確立を進めるものであり、この研究モデルは今後少子高齢化を迎えていく海外にも貢献しうるものとなる。

⑦ 社会的価値

人文学は知恵を働かし、AIを駆使し、デジタル技術を活用して残された人々の多様な住み方を尊重し、地域の特性に応じて残された文化資源を人々の活用できる状態へと継承し、データ化し、地域の活力が最大限に発揮されるよう、社会に貢献する。特にプリザベーション部門の取組は、高齢者を含んだ多くの市民参加型の事業となり得るものであり、地域連携プラットフォーム構築の支援に通じ、多くの国民の理解を得られるものとなる。また、実験 LABO で実施される研究事業の一つに、書物等への非破壊型分析装置の応用開発を想定しており、産業的価値を有するものと言える。

⑧ 実施計画等について

<実施機関と実施体制>

(1) 古典資料学際共創プロジェクトセンター（仮称）の主たる運営機関

国文学研究資料館、人間文化研究機構（支援）

(2) 融合研究の推進と共同研究

主としてマテリアル分析（LABOの協力）。すべてにわたり当館の教員が研究分担者として配属される。共同研究での参加メンバーについては広く公募を実施予定。

(3) 海外所蔵機関等（海外資料情報と動向調査、海外での発表協力、人的交流等）

(4) 連携機関（情報交換ならびに各種取組の共催など）

<総経費> 55.3 億円

<所要経費> 内訳は以下のとおり。

《建設費》 27.3 億円

施設建設費（研究交流棟の建設） 21.6 億円

設備整備費（電動集密書架、窒素ガス発生装置等の整備） 5.7 億円

《運営費》 27.9 億円

施設設備維持費（設備維持、光熱水料等） 8.5 億円

人件費（特任研究員、RA、事務職員等） 12.9 億円

運営管理費（社会還元活動、教育・普及活動、人材育成、一般管理費等） 6.5 億円

⑨ 連絡先

渡部 泰明（大学共同利用機関法人 人間文化研究機構国文学研究資料館）



図2 プロジェクト実施体制

証拠に基づく政策形成研究を加速するわが国公的ミクロデータ等研究利活用の
全国ネットワーク環境整備

① ビジヨンの概要

政府・自治体等が公費で収集した調査票情報・行政情報等の「公的ミクロデータ」を迅速に研究利用可能とするデータ提供・分析環境を全国の研究機関に展開し、証拠に基づく政策形成に資する国際水準の公共的研究を推進する。

② ビジョンの内容

国あるいは地域の社会課題を解決するには、教育学・心理学などの人文学、経済学・経営学などの社会科学、公衆衛生学・疫学などの医学健康科学を統合したデータに基づく実証研究と、その成果を活かした政策実装、すなわち「証拠に基づく政策形成(EBPM)」とその評価からなる PDCA サイクルを行政に実装することが重要である。このサイクルの実装に不可欠なのが、公共性の高い研究を駆動しうるわが国の生活・社会・経済を表すデータである。政府・自治体は収集してきたが、これらの「公的マイクロデータ」の多くはデータ結合による情報漏えいリスク増大も明らかなため、その解決を目指し、2019 年度から統計法改正による公的統計の開始され、オンサイト分析拠点から中央データ拠点にリモート化した。本ビジョンでは、この新たな仕組みを公的マイクロデータ・サイエンティストなどが活用可能な先進的な研究環境の構築

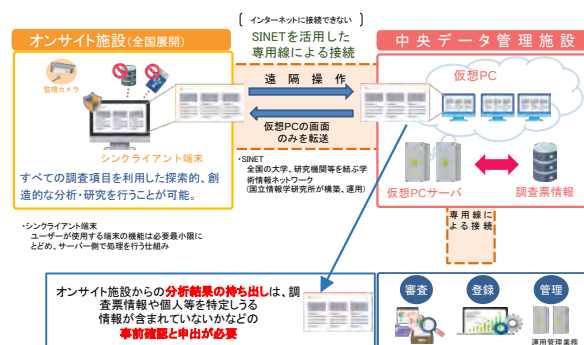


図1 公的マイクロデータ等の研究活用を実現する
ネットワーク型研究環境

③ 学術研究構想の名称

証拠に基づく政策形成研究を加速するわが国公的ミクロデータ等研究利活用の全国ネットワーク環境整備

④ 学術研究構想の概要

様々な社会・経済・公衆衛生に関わる事象に対して、国などが保有する大規模公的マイクロデータを実証研究に継続活用できる分析ネットワークを全国規模で構築する。これにより、わが国の人文社会科学、公衆衛生学等の実証研究を質・量両面において飛躍的に発展させる。

このため、利用者の利便性向上を目指し、公的マイクロデータの探索的分析を可能とする「オンサイト分析拠点」を各都道府県に最低1つ設置する。またオンサイト分析における機微情報の漏洩を防止するため、リモート環境における分析結果の安全性審査の事例を体系化し、客観的な審査基準の確立に取り組む。オンサイト拠点で利用されたデータ結合・分析プログラムは、再利用や検証のために、中央データ拠点に長期間保存する。さらに、公的マイクロデータの作成研究を実施し、実証研究教育を促進すべく、データを活用した研究計画立案を容易にする。

⑤ 学術的な意義

わが国では主要先進国に比べて社会・経済・生活に関するデータに基づく実証研究について、遅れをとっている。国や自治体が管理するあるいは公費で取得されたマイクロデータを、個人や法人の秘密を厳守しつつ、必要なデータ間結合を行い、実証分析に有効活用する研究基盤を確立することが、わが国学術界の喫緊の課題である学術のデータサイエンス化に大きく資するものと考えられる。



図2 公的統計マイクロデータオンサイト拠点とその利活用を推進するコンソーシアム

本構想は、(1)公共財として位置付けられる公的マイクロデータ（調査情報）を人文社会科学、健康科学、環境科学、サービス科学などの学際的研究者が、公益性の高い研究に日常的に利用できる環境を全国整備し、(2)その実証研究のプロセス及び成果をアーカイブし、(3)検証可能な研究者共有の知的資産とし、再活用を図るものである。また、オンサイト分析環境外での教育研究にも活用できる公的マイクロデータの擬似マイクロデータを整備し、次世代実証研究者の力量向上も目指す。本構想の実現により、わが国研究者の実証研究力量の向上が図られるとともに、国際研究競争力の確保、国民生活の向上及び社会経済の発展に資する政策科学研究の促進、エビデンスに基づく科学的な施策の立案・評価の推進が可能となる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

米国・英国・ドイツ等では、大学と公的統計機関の連携により、統計マイクロデータの利活用を推進するリサーチデータセンターのネットワークが運営され、この取組が EBPM に関わる実証研究水準を飛躍的に高めた。わが国でも 2020 年統計法改正に伴い、政府の統計調査に係る公的マイクロデータについては、公益性の高い利用目的に限り、オンサイト拠点でマイクロデータ間の結合や探索的なデータ処理が可能となり、国際水準の探索的データ分析が可能となった。また、厚生労働省管轄の全国民レセプト情報の巨大データベース（NDB）、がん登録情報（国立がんセンターが管理）等の公的マイクロデータも研究利活用可能となったが、これらはマイクロデータの全情報を包括的にセキュアな環境で管理、研究利活用する体制の実現には至っていない。

本構想は、公的マイクロデータの秘密保護の厳格化が求められる世論の中、公的統計マイクロデータで実現しつつある厳格な秘密保護と、公共に資する研究の推進との両立を全ての公的マイクロデータで実現することで、わが国のデータに基づく研究基盤を国際水準以上にするものである。

⑦ 社会的価値

公的マイクロデータの実証分析と、その成果を通じて、公共政策を中心とする様々な分野において「事実に基づく政策形成」の質・量の向上に大きく寄与する。これは、社会・経済の運営における公平性・効率性の確保を通じて、国民生活の向上にも寄与する。研究者やシンクタンクが独自に収集する小規模調査データに基づく分析等に比べて、導かれる政策の信頼度も大きく向上し、公的マイクロデータの利用により独自調査の必要性を低減できる。本構想は、研究の質向上のみならず、それらの調査対象となる回答者の負担軽減、研究者の業務負担軽減、研究予算のより効率的な執行にも繋がる。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞ 2027 年度から 2036 年度までとし、以下を実施する。

2027 年度～2029 年度 公的統計マイクロデータで確立したオンサイトシステムの公的マイクロデータ全般への拡張可能性に関する府省調整と制度設計を進め、必要なシステム拡充の検討と実装を進める。

2027 年度～2036 年度 公的マイクロデータオンサイト拠点を全国の大学・研究機関あるいは公共政策研究を実施する機関などへ年 5 機関を目標に配置支援・展開する。中央データ拠点へ管理・運営人員を追加配置し、中央データ拠点のシステム改修を進める。

2027 年度～2036 年度 行政部局と学界との意見交換を目途としたシンポジウム毎年開催すると共に、オンサイト拠点における公共政策研究、オンサイト拠点で必要となる分析技術・データリンケージ技術・分析結果秘匿技術・擬似マイクロデータ作成技術等の研究を公募型研究で支援する。

＜実施機関と実施体制＞ 本構想の推進体制の主体は、「公的統計マイクロデータ研究コンソーシアム」とする。同コンソーシアムは、公的統計マイクロデータの研究利用を促進するために学官産の関係機関が主体となり、2016 年 3 月に設立された。公的統計マイクロデータのオンサイト分析拠点を設置した大学・行政機関（2025 年 6 月現在 23 機関）の関係者（総務省統計局、（独）統計センター関係者を含む）、公的マイクロデータ利活用に関心のある研究者と共に、国立がんセンターが管理する公的マイクロデータを管理・提供している研究者など、109 名（2026 年 3 月現在）が参画している。同コンソーシアムの事務局機能は、わが国大学のデータサイエンス研究力向上をミッションとする大学共同利用機関法人情報・システム研究機構が担っている。

総経費として、36.4 億円を 2027 年度～2036 年度の 10 年間計上する。

⑨ 連絡先

椿 広計（情報・システム研究機構）

空間データの利活用を通じた地域の課題解決に関する政策支援システムの構築

① ビジョンの概要

地域に関する文系と理系の知識を融合し、ビッグデータを活用した GIS(地理情報システム)による新たな知見を加えることにより、地域研究の体系を強化し、地域政策の効果検証の水準を上げる。さらに地域の将来予測を総合的に行うことで、地域未来社会に関する新たな学知の創造をめざす。

② ビジョンの内容

国土計画や地域政策に対して、客観的で的確な検証と提言を行える政策支援システムを形成することが重要である。また、エビデンスに基づく政策形成 (EBPM) を担う組織を確立するとともに、政策支援の実績を中長期的に蓄積し、中央政府のみならず地方自治体から信頼され、海外の類似機関からも高い評価を得る体制の構築が求められる。そこで本ビジョンでは、東京大学・空間情報科学研究センターが、これまで蓄積してきた膨大な空間情報と、東京大学内および外の研究機関とのネットワークを活用し、中心的な役割を果たす。同時に、日本学術会議と日本地理学会との連携を通じて、より強力な体制を構築することをめざす (図1)。

③ 学術研究構想の名称

空間データの利活用を通じた地域の課題解決に関する政策支援システムの構築

④ 学術研究構想の概要

人口減少社会の下で、地方創生は重要な政策課題でありながら、これまで個人の経験や力量に頼るところが大きく、「エビデンスに基づく政策形成」は十分とはいえない状況にあった。本研究戦略は、これまでの地方創生施策を対象にデータベースを構築し、GIS (地理情報システム) による地図化、空間分析、統計解析と現地調査を実施し、施策の効果と課題を検討する。

また、地域に関する文系と理系の研究者による共同研究を実施して地域研究の体系を強化し、さらに地域の自然環境、産業構造、都市構造などの将来予測を総合的に行い、新たな「地域の知」を政策形成に活かしていくことである。その際には産学官の連携に加えて市民の参加を促し、多様なアプローチを活かした研究体制を構築するとともに、若手研究者を積極的に支援し、若手人材の育成を強化する。

さらに、海外の大学や研究機関との共同研究や人事交流を促進させ、日本の経験を海外に広めていく機能を強化し、地域の課題に取り組む組織として国際的に評価される存在への発展をめざす。

⑤ 学術的な意義

国土計画や地域政策の分野においては、EBPM を行う組織は不在であった。これを新たに担う組織として、東京大学・空間情報科学研究センターがこれまで果たしてきた役割を発展させ、その機能を強化することが期待される。

また、日本学術会議の分科会と日本地理学会に関わる地域研究の専門的知識を有する文系、理系の研究者が、共同で研究を行うことにより、政策効果の検証を水準の高いものにしていくとともに、これまで議論が十分になされてこなかった地域政策形成に関する方法論の研究も進展することが期待される。また、地域における共同研究は、日本国内の地方単位で行われる可能性が高いため、そのような地域研究の成果を全国規模で取りまとめ

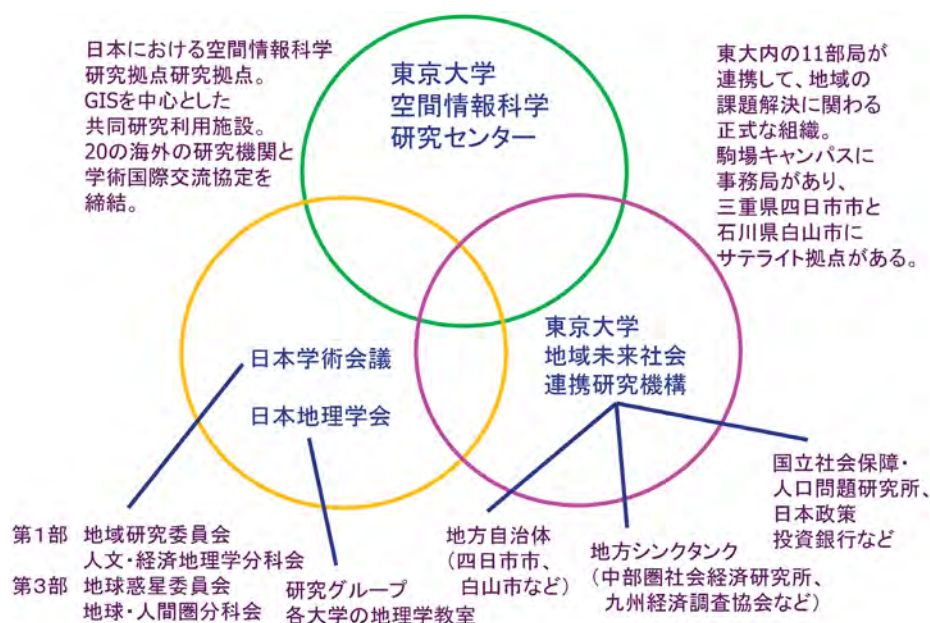


図1 実施体制の概要

て、日本の国土の現状と課題を俯瞰できるような総括的な研究成果の公表も行っていく。

こうした本学術研究の成果として蓄積される国土・地域関係の大規模データと GIS による多くの地図類は、幅広い分野の研究者に基礎的な素材を提供する。また、フィールドワークを通じた地域研究と政策形成に関する研究成果は、都市計画や都市工学などの国土・都市開発に関わる学問分野とともに、社会学や経済学などの地域研究に関わる学問分野の研究者に対してもインパクトを与えられると考えられる。

さらに、日本の地方創生施策についての効果検証の成果は、同じように人口減少や高齢化といった問題を抱える韓国や台湾などの研究者に対しても有意義な知見を提供すると思われる。したがって本研究は、海外の政策への学術的な提言などにも貢献する可能性がある。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

地形や気候などの地域の自然に関する研究や、GIS を使った空間分析とその政策への適用などの研究は、国内のみならず国際学会などでも盛んに発表されている。一方、産業クラスターや地域イノベーションなど、新たな地域政策に関する研究は、1980 年代後半以降に欧米で盛んになり、この影響を受けて日本でも研究がなされてきた。ただしまだ不十分な点もある。たとえば EU の地域政策では、地域産業の特化と多様化のどちらが地域成長につながるか、あるいは関連多様性と非関連多様性のどちらが地域にとって望ましいかといった点をデータに基づいて検証する研究が盛んだが、日本では、このような研究成果は未だ少なく、アンケートやヒアリングの結果の分析が中心となっている。本構想では、欧米の最新の研究手法を取り入れ、大規模データを使った分析により、地方創生交付金などに関する検討を行っていく。一方、本構想では国土政策のようなマクロ空間政策と個々の地方創生施策のようなミクロ空間政策の両者を取り上げ、空間スケールを考慮して政策の効果検証と政策形成支援を研究することを目指す。これは欧米の研究にはないユニークなアプローチと位置づけられる。

⑦ 社会的価値

SDGs の 17 の目標のうち、目標 7 のエネルギー、目標 8 の経済成長と雇用、目標 9 の産業化・イノベーションは経済地理学と対応する。また、目標 11 の持続可能な都市は都市地理学、目標 13 の気候変動は気候学、目標 14 と 15 の海洋、陸域は、地形学や水文学というように、多くの目標に地理学は関わっている。なかでも本構想は、目標の 10「人や国の不平等をなくそう」と関連が強く、とりわけ「国内および国家間の格差の是正」に貢献するものと位置づけられる。

国土計画や地域政策に対して、客観的で的確な検証と提言を行える政策支援システムを形成することを目指す本構想は、自然災害や経済的ショックなどに対しレジリエントな国土空間を維持し、人口減少の下でも活力のある地域社会を創出することをめざすものである。こうした課題解決は、地球温暖化による自然災害の激甚化や、地方における過疎化の進展といった問題が深刻になりつつある現況において、高い社会的価値を有すると思われる。

⑧ 実施計画等について

【実施計画】

第 1 期（1 年目～2 年目）：事務局の立ち上げ、大規模データベースの構築・整理、GIS によるデータの分析を主に実施する。

第 2 期（3 年目～7 年目）：日本全国から地域を選定し、現地での地域政策の効果検証を実施する。

第 3 期（8 年目～10 年目）：総合的な検証作業を行うとともに、研究成果を刊行物として公表する。また、国土・地域政策の国際比較・国際協力に関する国際シンポジウムを開催し、成果の国際的な展開を試みる。

【実施機関と実施体制】

東京大学・空間情報科学研究センターを中心に、東京大学内での組織間連携により、地域に関する研究の強力なバブを形成する。また、日本地理学会が持つ全国規模の学術的なネットワークを活かして、地域政策の効果検証に関する研究グループを立ち上げ、共同研究を実施していく。

【所要経費】

総額 7 億円

⑨ 連絡先

小口 高（東京大学・空間情報科学研究センター）

ビッグデータ可視化を中核とした、情報科学と文化・芸術科学の文理融合

① ビジョンの概要

文化・芸術科学の分野では、計算機やインターネットの利用の増大にともない、多種・多様・多元的なビッグデータが研究対象となりつつある。そこで、情報科学の分野で近年急速に発展した「ビッグデータ可視化」の技術の中核として、文化・芸術科学の研究を支援する「汎用ビジュアル分析環境」を実現する。

② ビジョンの内容

文化・芸術科学では、伝統的に文書・写真・手作業による実測結果などのアナログデータを研究に用いてきた。しかし、分野を問わず急速に進む研究のDX化にともない、研究の1次データの多くがデジタルデータ化かつビッグデータ化している。その分析には「可視化」が必須であり、よって、「ビッグデータ可視化」の技術の中核とした、情報科学と文化・芸術科学の新たな文理融合研究が必須である(図1)。

一方、情報科学にとっても、文化・芸術科学における多種・多様・多元的なビッグデータの効果的な

処理は、チャレンジングな研究領域である。そこでの成果は、(1) 超高精細可視化(写実的可視化、特徴強調可視化、内部構造透視可視化など)、(2) 超高精細・高視認性VR(広視野での協働分析環境など)、(3) AIを活用した心の可視化技術(マルチモーダルAIを利用したビジュアル分析など)等の新たな「可視化の基盤技術」を開拓し、高視野の共有空間に入り込んだ文と理の双方の研究者が協働する「汎用ビジュアル分析環境」の実現に繋がる。

③ 学術研究構想の名称

ビッグデータ可視化を中核とした、情報科学と文化・芸術科学の文理融合

④ 学術研究構想の概要

近年、文化・芸術科学でもビッグデータが用いられるようになった。例えば、大規模文化遺跡を最新の3次元計測技術でデジタル保存する場合、数十億点以上の点群データが得られる。また、舞踊などをモーションキャプチャしてデジタル保存する場合にも大規模時系列データが記録される。よって、文化・芸術科学分野において、ビッグデータを分析・利活用するための「可視化の基盤技術」と、それを用いた「ビジュアル分析環境」の確立が急務である。その確立のためには、以下の3つの基盤技術の開拓が必須である：(1) 超高精細可視化技術、(2) 超高精細・高視認性VR技術、(3) マルチモーダルAIを活用した心の可視化技術。

⑤ 学術的な意義

ビッグデータは、現代の多くの学術研究分野で活用が強く求められている。ビッグデータから有用な情報を引き出すための強力な手段が、「ビジュアル分析」である。これまで様々なビジュアル分析の手法や技術が提案されてきたが、それらのほとんどは対象ごとの対処療法であり、体系として確立されたものではない。本研究戦略ではその確立を目指す。本研究戦略が画期的なのは、近年新たにビッグデータの利用が重要になった分野として、特に「文化・芸術科学」を取り上げ、本格的なビジュアル分析による有形／無形文化財や芸術作品等のデジタルデータの利活用を目指すことである。

本研究戦略は、「文化・芸術科学」を主たる対象とするが、多彩な分野でのビッグデータの新たな利活用に繋がる波及効果も大きい。それは、文化・芸術科学の多様性に対処するため、複数ビッグデータの連係活用が開拓されるからである。例えば、舞踊やダンスなどでは、演者の声、身体の動き、表情、バイタルデータなどを統合的に扱うことで、演者のパフォーマンスを測り、心の状態も知ることができる。本研究戦略では、連携する複数データのビジュアル分析に関して、「高次元ベクトルの集合(高次元空間の大規模点群)」、「マルチモーダルAI」などの方法論を確立し、複数の入力データから総合知を引き出すことを目指す。

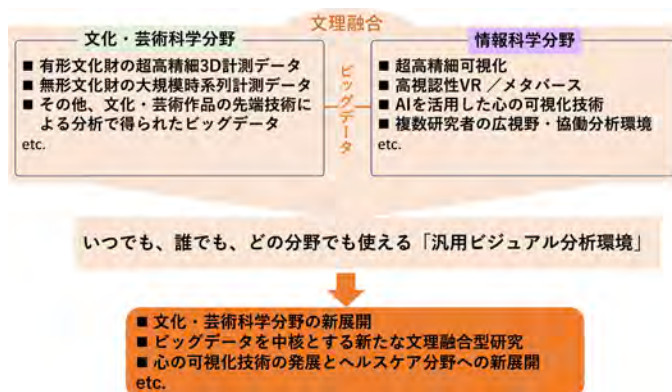


図1 本研究戦略の文理融合ビジョン

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本研究戦略では、文化・芸術科学のビッグデータを対象として、本格的なビジュアル分析と利活用を追求する。現状では、(文化財の) 3次元計測分野のトップ国際会議 ISPRS Congress 2022 を見ても、発表論文の多くは計測法や単純なデータ分類に関するものに留まっている。本研究戦略は、また、AI を活用する可視化の新展開としても革新的である。AI の可視化応用の研究は、可視化分野のトップ国際会議 IEEE VIS でも多数報告されている。しかし、発表論文のほとんどは、既存の AI ネットワークを利用するものである。一方、本研究戦略は、複数の異種ビッグデータを統合的に扱うマルチモーダル AI の開発に寄与するものである。

いずれにしても、ビッグデータのビジュアル分析のために国内外で提案されてきた手法や技術の多くは、対象データ毎の対処療法である。本研究戦略では、体系的かつ汎用的な理論や手法の確立を目指している。

⑦ 社会的価値

本研究戦略では、多種・多様・多元的なビッグデータを活用した超高精細／インテリジェントな可視化に基づくビジュアル分析の環境を、人々の日々の思考活動に必須の社会インフラとして提供する。これは、以下の SDGs 目標の実現にも寄与する：「3. すべての人に健康と福祉を」(文化・芸術の癒し効果やヘルスケアへの利用などによる)。「4. 教育」(教育現場でのビジュアル分析教材の活用等による)。「11. 住み続けられるまちづくりを」(様々な社会活動に伴う判断にビジュアル分析を利用できることなどによる)。

⑧ 実施計画等について

本研究戦略は、日本学会の可視化分科会の「ICT時代の文理融合研究を創出する可視化小委員会」が構想し、同分科会の「可視化の新パラダイム策定小委員会」及び「社会に資する可視化の小委員会」と連携してまとめられた。これら3つの小委員会の構成メンバーの所属機関などが本研究戦略の中核組織となる。

[1年目] 実施体制を確立し、各メンバーの研究内容を策定する。また、文化財・芸術作品のデジタルデータ収集戦略(収集の範囲や収集データの保存形式等)を定める。

[2-4年目] ビジュアル分析のための「可視化の基盤技術」として、以下を開発する：(1) 超高精細可視化(写実的可視化、特徴強調可視化、内部構造透視可視化など)、(2) 超高精細・高視認性 VR(広視野での協働分析環境など)、(3) AIを活用した心の可視化技術(マルチモーダル AI を利用したビジュアル分析)。

[4、5年目] 上記の3つの「可視化の基盤技術」を活用して、文化・芸術科学分野のビッグデータの「汎用ビジュアル分析環境」のプロトタイプを構築する。また、参加メンバーが所属する研究機関が連携して、本研究戦略を推進するためのコンソーシアムを立ち上げる。「可視化情報学会」、「日本シミュレーション学会」、「芸術科学会」などの学会も、コンソーシアムの設立に協力する。コンソーシアムには、研究者だけでなく、文化芸術分野の専門家(例えば芸術家や文化遺産の管理者)も参加する。

[6、7年目] 構築した「ビジュアル分析環境」を、社会科学や自然科学の分野で生成されるビッグデータに適用できるように改良し、「汎用ビジュアル分析環境」のプロトタイプをインターネット上で公開する。

[8年目以降] 本研究戦略のテーマで国内シンポジウムや国際会議を開催して、成果を国内外に情報発信する。

予算：1,000,000 千円

[立命館大学・慶應義塾大学・お茶の水女子大学] (1) 担当：研究全体の統括、情報科学と文化・芸術科学の文理融合の統括、自然科学及び社会科学との発展的な文理融合の統括。(2) 経費：444,000 千円(設備費 84,000 千円、人件費 210,000 千円、旅費 60,000 千円、謝金等 30,000 千円、その他(文化財計測、ソフトウェア開発委託など) 60,000 千円。

[東洋大学・亜細亜大学・愛知学院大学・京都精華大学] (1) 担当：心のビジュアル分析の手法開発と実装。(2) 経費：278,000 千円(設備費 56,000 千円、人件費 140,000 千円、旅費 40,000 千円、謝金等 2,000 千円、その他(無形文化財等計測費、心理分析費など) 40,000 千円。

[奈良先端科学技術大学院大学・奈良文化財研究所・東京都市大学・神戸大学] (1) 担当：ビジュアル分析用 VR システムの開発。(2) 経費：278,000 千円(設備費 56,000 千円、人件費 140,000 千円、旅費 40,000 千円、謝金等 2,000 千円、その他(ソフトウェア開発委託費等) 40,000 千円。

【合計】 1,000,000 千円

⑨ 連絡先

田中 覚(立命館大学)

教育・学習ビッグデータ駆動型教育による学習変革 (LX: Learning Transformation) の推進拠点の形成

① ビジョンの概要

未来社会において教育・学習ビッグデータ駆動型教育による LX (Learning Transformation: 学習変革) を推進する。さまざまなシステムやセンサを用いて教育・学習ビッグデータを獲得し、人工知能を活用した解析に基づいて、個別最適化学習や生涯学習における学習支援を展開し、LX 時代に求められる人材育成システムの構築、学校組織や自治体、国における教育改革を進めることで、国の発展に貢献する。

② ビジョンの内容

我が国は今後さらに不安定、不確実、複雑で予測困難 (VUCA) な時代を迎えることが予測される。産業構造や雇用形態の大きな変化が影響した「人生 100 年時代」を迎え、生涯学び続ける時代が到来している。ここで、生涯に渡る連続的な学習段階において求められる学習機会、学習内容、学習方法を変革することを総じて「学習変革 (Learning Transformation: LX)」と定義する。現代社会において、LX はそれぞれの学習段階で考えなければならない重要な取組である。生涯にわたって学び続ける時代における学校教育では、旧来のように各教科等の学習内容に対する学びそのものよりむしろ、学び続ける意欲や態度 (learner agency)、ICT の自在な活用を含む学ぶスキル (learning skills) とそれを更新する方法を身につけさせることを重視する必要が生じている。同時に、複線型の生涯に向け、成人が学び直す・学び足す学習機会としての学校教育の枠組みの捉え直しも求められる。このように、学校教育だけでなく、職場、地域、家庭内などにおいても複合的に LX を推進することが重要である。

また、Society5.0 における今日の情報技術の急速な発展に伴い、人工知能や機械学習の研究や社会実装が進むとともに、デジタル・トランスフォーメーション (Digital Transformation: DX) による様々な取り組みも展開されるようになってきている。さらに、COVID-19 への対応を契機としたオンライン授業や LMS (Learning Management System) の普及などによって、教育の ICT 化が進み、教育・学習に関するさまざまなデータが取得可能になってきている。

これらを背景として、さまざまなシステムやセンサを用いて各教育機関で教育・学習ビッグデータを獲得し、人工知能技術などを活用した解析に基づいて、児童・生徒・学生に対する個別最適化学習や生涯学習における学習支援を展開する。また、教育・学習データを集約し、研究や教育に活用するための拠点を形成して、LX を推進する。そして、LX 時代に求められる人材育成システムの構築、学校組織や自治体、国における教育改革を進めることで、国の発展に貢献する。

③ 学術研究構想の名称

教育・学習ビッグデータ駆動型教育による学習変革 (LX: Learning Transformation) の推進拠点の形成

④ 学術研究構想の概要

本研究構想では、未来社会において教育・学習ビッグデータ駆動型教育による LX を推進することを目的として、教育・学習ビッグデータを集約する研究・教育拠点を形成し、人工知能を活用した教育・学習ビッグデータの解析に基づく教育・学習支援に関する研究を行うとともに、LX 時代に求められる人材育成システムを構築し、社会に貢献することを目指す。

具体的には、各教育機関においてさまざまな形式の教育・学習データを取得し、教育・学習ビッグデータの解析方法を開発する。また、各教育段階 (初中等、高等、成人・生涯) において、LX 時代において求められる教育・学習活動に関する知見を導出し、エビデンスに基づく教育・学習モデルを開発する。LX 時代に活躍できる人材についてのコンピテンシーを作成し、プログラムの開発・実践による人材育成システムを構築する。教育・学習ビッグデータを利活用する際に問題となる、倫理的・法的・社会的課題 (ELSI) について研究を実施する。これらを実現した上で、教育・学習ビッグデータを集約する研究・教育拠点を形成する。

本研究構想が実現されることによって、教育・学習データ分析によるエビデンスに基づく教育・学習支援が可能になり、児童・生徒・学生への個別最適化学習、教員に対するさまざまな支援、学校組織や自治体、国における教育改革へと展開することが期待できる。LX の推進によって、不安定、不確実、複雑で予測困難 (VUCA) な時代において必要となるコンピテンシーを有した人材育成を行うことで、今後の日本の発展に貢献するこ

とができる。

⑤ 学術的な意義

本研究構想では、未来社会において教育・学習ビッグデータ駆動型教育による LX を推進することを目的として、教育・学習ビッグデータを集約する研究・教育拠点を形成し、人工知能を活用した教育・学習ビッグデータの解析に基づく教育・学習支援に関する研究を行うとともに、LX 時代に求められる人材育成システムを構築し、社会に貢献することを目指す。本研究構想が実現されることによって、教育・学習データ分析によるエビデンスに基づく教育・学習支援が可能になり、児童・生徒・学生への個別最適化学習、教員に対するさまざまな支援、学校組織や自治体、国における教育改革へと展開することが期待できる。LX の推進によって、不安定、不確実、複雑で予測困難（VUCA）な時代において必要となるコンピテンシーを有した人材育成を行うことで、今後の日本の発展に貢献することができる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本研究構想では、国内の組織が連携し、教育・学習データの獲得や分析に関する情報を集約し、教育・学習ビッグデータの研究教育拠点を統括的に形成することで、国際的な研究、教育・学習支援を目指す。

⑦ 社会的価値

SDGs の目標においては、“4. 質の高い教育をみんなに”、“9. 産業と技術革新の基盤をつくろう”に対しての貢献が可能である。このような教育・学習ビッグデータの活用においては、国民の心情を踏まえながら展開していく必要があり、社会受容意識調査などを通じて、インタラクションをしながら、国民の理解を得られるように研究活動を進めていく。

⑧ 実施計画等について

教育・学習ビッグデータの解析においては、学習ログや映像などを中心とした形式の教育・学習データを取得する方法や、個人適応も含めて教育・学習の改善に有効となる解析方法について検討する。次に、センサの活用による心拍数や脳波などの生体指標なども加えてデータを獲得し、解析方法について検討する。また、各教育機関において獲得した教育・学習データを集約し、匿名化して活用できる方法について検討する。そして、学習者個人、組織など目的に応じて適切にフィードバックできるようなシステムを開発する。

LX 時代における教育においては、各教育段階において、LX 時代において求められる教育・学習活動に関する知見を導出するとともに、LX 時代に活躍できる人材についてのコンピテンシーを作成し、エビデンスに基づく教育・学習モデルを開発する。また、コンピテンシーを育成するプログラムの開発・実践を行い、人材育成を推進し、各教育段階の教育機関をつないだハブとなる研究・教育拠点を形成し、LX を推進する。

教育・学習ビッグデータの ELSI については、教育・学習ビッグデータを利活用する際に問題となる ELSI の論点について整理し、日本版 Pledge やガイドラインなどの制作、実践を行う。また、各教育機関で利用するためのデータポリシーの作成、運用の支援などを行う。

本研究構想は、日本教育工学会を中心として、関連学会や大学、企業と連携して推進する。教育工学分野の中核的な学会である日本教育工学会は 1984 年に設立され、様々な分野からなる 3,300 名を超える会員を抱えており、重点活動領域や SIG を中心として、本研究構想に関する研究活動を進めていく。また、各大学の教育・学習データの分析を行うセンターを連携するとともに、国内の教育・学習ビッグデータの統括を行う拠点を形成し、研究や教育・学習支援を行っていく。さらに、教育工学分野の学会や工学系の学会とも協力体制を構築することを計画するとともに、関係する大学や研究機関、企業とも連携して研究を推進する。

ダイバーシティについては、現在、実施体制に関与する女性研究者は 20～30%程度であり、女性研究者に積極的に関わってもらえるような環境づくりを進めていく。また、若手研究者のネットワーク・交流会の活動を行っており、若手研究者にも本研究構想に取り組んでもらう体制を整備していく。

⑨ 連絡先

村上 正行（大阪大学）

地理空間情報の蓄積と活用のための研究基盤形成

① ビジョンの概要

人文・社会科学と自然科学の全分野において、地域や空間に関わる地理空間情報の活用が重要となりつつある。高度化された情報技術を活用して、分野を越えた地理空間情報の蓄積と活用を推進し、新たな総合知の形成を支援する。膨大かつ多様な地理空間情報を収集・蓄積・公開するための技術的、制度的、倫理的、教育的問題の課題を明らかにし、よりよい社会をつくるための地理空間情報の研究基盤を形成する。

② ビジョンの内容

情報の約 80% は地球上の位置を示す地理的データで、地理空間情報と呼ばれる。1980 年代後半に欧米で起こる地理情報システム (GIS) 革命以降、多様かつ膨大な地理空間情報がデジタル形式で作成・蓄積されてきた。人文・社会科学と自然科学のあらゆる学問分野で用いられる地理空間情報が、地球規模から近隣地区、さらには個人や身体レベルまでの様々な空間スケールで分析されるようになった。これらの地理空間情報は、デジタル地図として可視化・共有化され、地図学的モデリングや新たな空間分析手法によって、情報に価値が加えられ知恵となり、SDGs の観点からも様々な分野での空間的な意思決定に資することになる。

他方、2010 年代後半からは、携帯電話や SNS 等の時空間情報が空間ビッグデータとして出現し、AI 技術の深化や 5G に代表される次世代移動通信技術の導入で、かつてない規模で多様な地理空間情報が蓄積されるようになり、学問領域を超えた空間データサイエンスの時代が到来した。Society 5.0 の実現に向け第 6 期科学技術・イノベーション基本計画が掲げた「総合知による社会変革」を推進し、複雑化・多様化する現代社会における課題解決には、俯瞰的・総合的な「地域の知」が必要とされる。その基礎が地理空間情報である。地域研究、歴史学、言語学等におけるデジタル人文学の台頭、社会学・経済学における地域統計等の利用・分析に関する課題の共有化、人文・社会科学と自然科学の共同研究（グローバル・ローカルな地球環境問題、防災、疾病対策等）の促進を、地理空間情報の DX を展開することで推進し、新たな総合知の形成を目指す。

③ 学術研究構想の名称

地理空間情報の蓄積と活用のための研究基盤形成

④ 学術研究構想の概要

本構想では、20～30 年先の GIS と地理情報科学の展望と新たな地理空間情報技術の出現を視野に入れながら、今後 10 年間に、あらゆる学問分野が扱う膨大かつ多様な地理空間情報を収集・蓄積・公開するための技術的・制度的・倫理的・教育的諸問題の課題を明らかにし、よりよい社会をつくるための地理空間情報の研究基盤の形成を目的とする。産官学地域の連携をとるために、地理空間情報コンソーシアム(仮)を設立し、1. 過去・現在・未来の基盤となる地理空間情報の整備、2. 地理空間情報の公開・活用のための技術開発、3. 地理空間情報の公開・活用における制度的・倫理的課題の整理、4. 地理空間情報の活用のための教育展開、の 4 つを研究の柱として、複数の研究プロジェクトを立ち上げ推進する(図 1)。

⑤ 学術的な意義

2005 年の日本学術会議第 20 期に地域研究委員会が設けられ、2008 年 7 月に地域研究委員会から提言『『地域の知』の蓄積と活用に向けて』が発出された。「地域の知」の多くは地理空間情報であり、その後、関連する様々な取り組みが行われてきたが、本構想では近年の地理情報科学の進展や新たな地理空間情報の出現等の状況を視野に入れ、特に、膨大かつ多様な地理空間情報を蓄積・分析・公開するための情報技術のハード・ソフト面の進展に対応させて、かかる提言を着実に実現するものである。さらに、2005 年以降に急速に展開するデジタル人文学では、歴史学、言語学等にみられる古地図や地名等の地理空間情報が歴史 GIS の研究分野と融合して可視化され、人文学における空間論的転回がみられる。また、地球環境問題とも関わって、都



図 1 地理空間情報の研究基盤形成の概要

市計画学・環境学・人文社会科学を、GIS を介して相互に連携させるジオデザインが世界規模で展開している。

このように地理空間情報は、データとその分析手法において、異なる学問分野を融合・連携させることができる。様々な空間スケールで、対象地域における異なる現象をデジタル地図上で重ね合わせるという時空間 DX を推進し、新たな総合知の形成に大きく貢献することが期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

1980 年代より、米国では GIS を核としたビッグサイエンスの到来を予期し、1988 年に国立地理情報分析センター (NCGIA) が設置された。英国でも情報産業としての GIS の将来性に注目し、全国 8 カ所に地域研究所 (RRL) が設置され、GIS・地理情報科学の新領域をけん引した。日本では、東京大学に全学センターとして、1998 年に空間情報科学研究センター (CSIS) が設立され、2006 年より全国共同利用施設 (共同利用・共同研究拠点) に指定される。2010 年前後を境に、地理空間情報の多様化が進行し、LiDAR 計測等の新たな測量技術の発展による 3D 都市モデル、携帯電話や SNS の普及による空間ビッグデータの出現、人文学に情報技術が取り込まれたデジタル人文学での GIS の浸透等、地理情報科学とデータサイエンスの融合が進行している。多様でかつ膨大なボーナデジタルな地理空間情報の出現に加え、古地図や古典籍等に含まれる過去の時空間史料のデジタル化技術も進められ、それらの蓄積・活用も急務である。

⑦ 社会的価値

インターネットと携帯端末の普及により、Google マップ等の地理空間情報を活用した様々なアプリが日常的に用いられ、地理空間情報の有用性は社会一般に浸透してきた。地理情報科学を支えるジオテクノロジーは、バイオテクノロジーやナノテクノロジーと並んで、産業界とも強く関係しており、GIS 産業という巨大市場を形成している。先端技術でも交通車両やドローン等の自動運転や 3 次元都市モデルを用いたメタバース (都市のデジタルツイン化) 等、地理空間情報の重要性が飛躍的に増すことは間違いない。教育現場においても 2022 年度より高等学校で「地理総合」が歴史総合と共に必修科目となったことから、地図・GIS 教育の推進や、防災や国際理解・SDGs 教育と地理空間情報との繋がりが重要となった。さらに、国や地方自治体で扱われる地域情報の多くは地理空間情報であり、行政やまちづくりの DX 化への貢献も期待できる。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：第 1 年次に、東京大学 CSIS、京都大学 CSEAS、立命館大学 ARC-iJAC が幹事となって、地理空間情報コンソーシアム (仮) を設立する (図 2)。そして、地理空間情報の活用・公開に向けて、1) 基盤となる地理空間情報の整備、2) 技術開発、3) 制度的・倫理的課題の整理、4) 教育展開、を実施する。

・第 1 フェーズ (第 1～5 年次)：各研究プロジェクトは基本 3 年として、申請ベースで研究費を配分する。各研究プロジェクトは、若手研究員として、大学院生やポスドクを雇用することができる。また、各研究プロジェクトは、国内外でのシンポジウムやワークショップの開催、国内外の学会・会議での成果発表、Web を通しての情報発信を行う。

・中間年 (第 5～6 年次)：第 1 フェーズの研究成果を取りまとめ、公開する。

・第 2 フェーズ (第 6～10 年次)：第 1 フェーズの成果を踏まえ、新たな取り組みや研究プロジェクトを精査して、第 1 フェーズと同様に、基本 3 年の研究プロジェクトを立ち上げ、研究を遂行する。

・最終年 (第 10 年次)：10 年間の研究成果を公開し、次世代の地理空間情報の活用・蓄積を展望する。

所要経費：本構想では、コンソーシアムの幹事となる東京大学 CSIS、京都大学 CSEAS、立命館大学 ARC-iJAC の 3 つの (国際) 共同利用・共同研究機関の資産を活用しながら、総額 48 億円を想定している。地理空間情報コンソーシアム運営経費・人件費、データベースシステム経費、データ整備費 (デジタル化・GIS 化)、データ管理経費、研究プロジェクト研究費 (設備費・活動費)・人件費等に充てられる。各研究プロジェクトには、産官学機関等との連携や共同研究を推奨し、大学以外の機関からの若手人材派遣、あるいは関連機関への若手研究者派遣等、人材の循環を促進する。

⑨ 連絡先 矢野 桂司 (立命館大学)

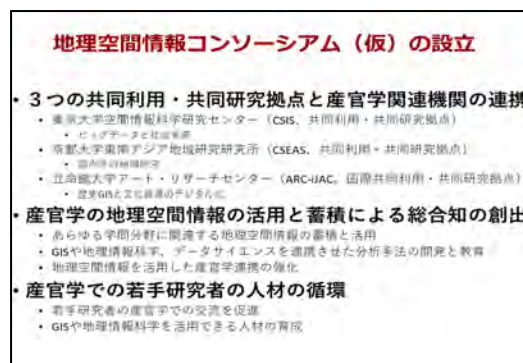


図2 地理空間情報コンソーシアム (仮)

ビッグデータから科学的知見を獲得する分野横断的視考基盤の開発

① ビジョンの概要

本構想では、ビッグデータから高精度かつ高速度で科学的知見を獲得する、分野横断的な視覚分析の枠組みとして、視考基盤ソフトウェアを開発し、諸科学への応用により学術のなお一層の進展に資する。

② ビジョンの内容

高性能計算/計測環境/インターネットの普及に伴い、様々な科学技術分野で、大規模かつ複雑なデータ（ビッグデータ）の分析に基づく現象解明の必要性がより一層叫ばれている。ビッグデータに潜在する物象の特徴的な構造や挙動を効果的に捉える可視化は、あらゆる学術分野で必要不可欠な方法論として既に定着している。しかし、現状は依然として分野毎にポスト处理的な視覚分析が行われているに過ぎず、科学的知見獲得のチャンスを少なからず逃してしまっている。そこで本構想では、「XR (Extended Reality)」を用いて多次元時系列の科学技術ビッグデータから高精度かつ高速度で科学的知見を獲得する、分野横断的な「視考基盤」(visual thinking infrastructure) ソフトウェアを開発する。さらに、このソフトウェアの利活用を諸科学の最新成果に繋げる立場から、「データ駆動型サイエンス」を実現する。

本構想は、「総合工学委員会・科学的知見の創出に資する可視化分科会」傘下の「XR ベース協働可視化小委員会」が中心となり、同分科会委員の協力も仰ぎ、人文・社会科学への拡充による文理融合も視野に入れる。

③ 学術研究構想の名称

ビッグデータから科学的知見を獲得する分野横断的視考基盤の開発

④ 学術研究構想の概要

本構想で提案する視考基盤ソフトウェアは、利用者の主体的な可視化への介入を許すだけでなく、可視化結果の定量的分析や知見獲得に向けて先端的な深層学習も効果的に採り入れた、データ駆動型サイエンスプラットフォームを構成する(図1)。その利活用を諸科学の最新成果に繋げる応用側との協働も重要な特長である。

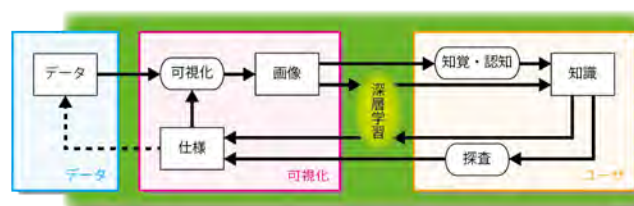


図1 視考基盤のアーキテクチャ

視考基盤ソフトウェアは、XRを通じて、科学技術分野の多様な「実空間」とそれに関連する「データ空間」との間の双方向視覚分析を支援する。そのために、データの特徴抽出と視覚解析を定式化した、普遍的な多次元時系列可視化モデルを基礎におく。そのうえで、視覚分析系列群を代数的に取り扱い、個々の状態と遷移(分岐・併合を含む)の正当性が数理的に保証された、記録・追跡・再利用可能性を特長とする出自管理機能を実現する。最新の深層学習器を利活用し、システムレポジトリに恒久的に管理されている過去の視覚分析の成功事例を学習することにより、類似する先行視覚分析系列から、効果的な知見獲得につながる可能性の高い、後続のXR ベース可視化の技法やパラメタ値を in-situ で推薦可能にする。

⑤ 学術的な意義

VRC (Visualization Research Challenge) レポート (NSF/NIH、2006) では、可視化を『人間の空間的な推論・決定能力を比喩的に増強すること』により『パターンの検出や状況の的確な把握、タスクの優先順位付け』を可能にする、「知能増幅」の技術であると再定義し、過剰で複雑なビッグデータを効果的に理解・利用するための可視化技術の開発を、今世紀の最も価値ある挑戦的課題の一つに位置づけている。

VRC レポートは、対話的可視化の計算理念(パラダイム)として、データと可視化、利用者が三位一体となった「可視化発見プロセス」を提唱している。これは、高度な対話的視覚インタフェースを用いた解析的推論を築く科学として登場した「視覚アナリティクス」(Visual Analytics) の枠組みを与えている。実際、可視化によって知覚・認知されたデータは利用者の知識となり、その拡充を求めて、利用者はさらに進んだアルゴリズムや特定のパラメタ値等の仕様を段階的に変更する「Human in the Loop」がモデル化されている。

図1に示した視考基盤は、この視覚分析論の枠組みを与える可視化発見プロセスに、深層学習層を加えたものと位置づけられる。可視化結果からの知識獲得や、知識を基点として視覚分析の仕様を再変更する際に、深層学習を適用し利用者の認識や探索を経由しないバイパス処理を実現し、利用者以上の代替案を提示する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

深層学習が学术界に与えたインパクトの大きさは可視化分野も例外ではなく、「Vis Meets AI」という概念に結実している。Vis Meets AI は、「AI 駆動型可視化」(AI-Driven Vis) と「可視化駆動型 AI」(Vis-Driven AI) の両面に分かれ、依存関係の点で対称をなしている。本構想の中心的概念である視考基盤は、従来の視覚発見プロセスに深層学習層を追加しており、まさに前者を代表するアーキテクチャである。また、対象データの生成問題が深層学習に依存している場合は、後者の重要な要素技術として、「説明可能 AI」(Explainable AI) の切り札ともなり得る。なお、一人称的な視点による対象観察により知識発見を促進させようとする、「没入的視覚アナリティクス」(immersive visual analytics) が 2019 年に提案されているが、視考基盤が利用する XR ベース可視化はその最先端の取組みに他ならない。

⑦ 社会的価値

M. Jern (1997)によれば、『可視化の利用人口は 1 億人のオーダに達し』、その社会的価値は計り知れない。本構想は、可視化を専門家のツールとしてだけでなく、数学や統計学と同様に、一般人の教養として幅広く普及させることが最終の目標である。その点では、SDGs の目標「質の高い教育をみんなに」に直截的に関わる。さらに、可視化が奏功する場面は日常に遍く見られ、可視化は SDGs の全ての目的達成に大きな影響を与える。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール> 本構想の実実施計画は 4 期に分かれる。

第 I 期 (1-2 年目): 様々な可視化応用から提供される典型的な視考の例題に現れる共通の技術的課題を策定し、視考基盤技術のゴールとタスクを設定する。

第 II 期 (3-5 年目): 第 I 期の設定に基づき、視考処理ライブラリならびにプロトタイピング環境を開発し、可視化成功事例の学習データを幅広く収集する。共通課題解決を通じて応用サイドとの協働を開始する。

第 III 期 (6-8 年目): 第 II 期のライブラリ・プロトタイピング環境を活用して、さらに具体的な問題解決を図り、視考基盤の効果を実証する。諸課題の解決と処理環境の機能拡充により、共通基盤技術を体系化する。

第 IV 期 (9-10 年目): 実施期間を通して各種の国内・国際集会を開催すると同時に「視考コンソーシアム」(仮称) を設立し、産業誘導も積極的に実施する。これらの活動の晶化として専門の学会組織を創設する。

<実施機関と実施体制> 本構想は、「総合工学委員会・科学的知見の創出に資する可視化分科会」(以下「可視化分科会」) 傘下の「可視化の新パラダイム策定小委員会」(委員長: 藤代一成、24-25 期)ならびに「XR ベース協働可視化小委員会」(委員長: 藤代一成、26 期)における議論をベースとしている。現在の小委員会は、科学技術可視化、ビジュアルコンピューティング、高性能計算、自然科学、心理学の各分野で国内を代表する専門家 20 名から構成されており、本構想全体を牽引する主要な役割を果たす。

また、24-25 期には、可視化分科会傘下の「ICT 時代の文理融合研究を創出する可視化小委員会」(委員長: 田中 覚) (委員数: 19 名、24-25 期)とも積極的な意見交換を行ってきており、視考基盤プラットフォームを利活用して、人文・社会科学応用への拡充に向けて協働を視野に含める。

以上の経緯に基づいて、本構想は駒澤大学(藤代)と立命館大学(田中)を二大研究開発拠点とする。駒澤大学に新たな専門研究センターを立ち上げ、実施本部とする。

本構想の成果を国内向けに発信する場所としては、可視化情報学会や、情報処理学会コンピュータグラフィックスとビジュアル情報処理研究会、画像電子学会ビジュアルコンピューティング研究会等が活用できる。

<総経費> 500,000 千円

- ・駒澤大学 [担当] 視考基盤を用いた科学技術データ可視化 [経費] 300,000 千円 (設備費 45,000 千円、人件費 150,000 千円、旅費 30,000 千円、謝金等 15,000 千円、その他 60,000 千円)
- ・立命館大学 [担当] 視考基盤を用いた人文・社会科学データ可視化 [経費] 100,000 千円 (設備費 15,000 千円、人件費: 50,000 千円、旅費 10,000 千円、謝金 5,000 千円、その他 20,000 千円)
- ・XR ベース協働可視化小委員会委員および可視化分科会委員の所属機関 [担当] 視考基盤ソフトウェア開発とその応用実証研究 [経費] 100,000 千円 (設備費 40,000 千円、人件費 20,000 千円、旅費 20,000 千円、謝金等 10,000 千円、その他 10,000 千円)

⑨ 連絡先

藤代 一成 (駒澤大学)

データ基盤から知識基盤へ

① ビジョンの概要

多様な研究者の協働により学術研究が総合知として深化し、複合的な社会課題を解決していくためには、ネットワーク基盤及び研究データ基盤のさらなる進化を推し進めるとともに、AI を活用し、データの解釈、知識への汎化、知識の関係付け・体系化を自動化し、分野を横断する新たな知の創造を支援する知識基盤の構築が必要である。

② ビジョンの内容

21 世紀の学術及び社会の大きな潮流として、データの重要性が明確に認識された。さまざまな観測や計測からデータを作成し、デジタル化し、オープンにして議論・利活用することで学術的に大きな進展が起こっている。このような状況下で、我が国では国立情報学研究所（以下 NII）を中心にネットワーク基盤（SINET6）と、研究データ基盤（NII RDC: NII Research Data Cloud）の整備が継続的に進められ、データ駆動による学術変革が強力に推進されてきた。

様々な科学技術の協働を進める上で問題となるのは、特定分野の専門家も他分野については素人であり、多様な分野を見通してデータを直に活用することは容易ではないという点である。これからの学術研究が総合知として深化し、複合的な社会課題を解決していくためには、AI を活用し、データの解釈、知識への汎化、知識の関係付け・体系化を自動化し、分野を横断する新たな知の創造を支援する知識基盤の構築が必要である。そのような基盤の必要性は 10 年以上前から指摘されてきたが、データ基盤が整い、データをオープンにすることの価値が認識され始め、AI の急速な進展が人間の知的活動の在り方を根底から変容させる激動時代を迎え、今後の科学研究の進展を支える AI 駆動の知識基盤を早急に実現することが求められている。

本構想では、NII を中心に、ネットワーク・研究データ基盤のさらなる進化を推し進めるとともに、大規模計算資源と AI エンジニアを確保して AI 基盤モデルの研究・開発・運用体制を整備し、学術の知識基盤を構築する。これによって多様な研究者の協働によるさらなる学術の深化と様々な社会課題の解決を実現する。

③ 学術研究構想の名称

データ基盤から知識基盤へ

④ 学術研究構想の概要

本構想は、学術研究を総合知として深化させ、複合的な社会課題を解決していくため、知識そのものを扱う知識基盤を構築し、これによって学術分野の横断的連携を加速度的に推進し、学術分野全体の振興を図る。

知識基盤のベースは深層学習に基づく AI 基盤モデルである。ウェブ等の超大規模コーパス、人文・社会科学分野を含む論文、生体分子配列を始めとするデータ配列等の様々なデータによって AI 基盤モデルを構築し、データの解釈、知識への汎化、知識の関係付け・体系化などを、知識基盤の中核機能として実装する。さらに、AI 基盤モデルから学術情報全般に関する外化された明確な知識体系として学術知識グラフを統合した知識基盤サービスを多様な分

また、知識基盤があらゆる学術分野の発展と新しい領域の開拓に資するために、広範な研究分野から大量のデータを研究データ基盤に収集・管理し、AI 基盤モデルに提供可能な次世代研究データ基盤を構築する。さらに、大量のデータの流通に不可欠な従来の地上系ネットワーク（有線、モバイル網）の増強に加え、通信エリアを拡張する非地上系ネットワーク構築を行う。

⑤ 学術的な意義

個々の研究者が深く理解し得る知識範囲には限界があり、異分野の専門家とのコミュニケーションも難しい。一方で、AI 基盤モデルは様々な分野の論文の大規模学習で、医学にも物理学にも、法学にも経済学にも精通したモデルとして、分野横断知識の関連付け、体系化が可能である。その対話能力も含め、AI 基盤モデ



図 1 本構想の概要

ルは既に学術分野の垣根を超えた連携を行う研究パートナーとして、学術の振興に大きく寄与し始めている。

さらに、人文・社会科学や臨床医療を初めとする学術分野、研究成果の社会実装や総合知による社会課題解決においては、日本の社会制度や文化に根差し、総合的にも世界モデルと大差ないソブリン AI 基盤モデルが不可欠である。日本の学術研究の主権を確保し、日本文化の地位を守る意味でも、我が国における AI 基盤モデル構築・運用体制確立は大きな意味をもつ。

NII は、2023 年から開かれた LLM 研究コミュニティ LLM-jp を運営し、2024 年には文部科学省の生成 AI モデルの透明性・信頼性の確保に向けた研究開発拠点形成事業を実施する LLM 研究開発センターを設置し、国産 LLM の研究開発を進めている。本構想は、これらの成果をさらに発展させるものである。

知識基盤を支えるネットワーク・研究データ基盤は、我が国の幅広い学術分野を支える安全・安定な基盤として、研究者の活動を支援し、研究を効率化している。ネットワーク基盤は、国内外の大型研究施設、全国のスパコン、クラウドの共同利用をさらに円滑化し、高エネルギー分野でノーベル賞等世界トップレベルの研究にも寄与している。これらの基盤のさらなる高度化と、広範な分野の研究データから AI 基盤モデルを構築し、知識基盤として提供することで、新しい学術分野の開拓を支援できる。さらに、データ収集エリアを海・空・宇宙へ広げる非地上系ネットワークは、例えば、地球温暖化等の地球規模問題の根本的対策検討に必須である。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

既に分野固有データで学習した基盤モデルが AI for Science の中核的基盤として整備が進んでいるほか、汎用生成 AI においても、専門的な学術分野に関する高度な検索や推論が可能となり、それらを論文検索サービス等と結びつけた研究支援 AI が商用サービス提供されている。

欧州では、知識の構造化を通じてオープンサイエンスを実践し、科学的知識の発見、アクセス、相互運用、再利用（FAIR）の実現に取り組んでいる。人文・社会科学でも、都市空間を時系列を含む四次元で表現する「4D 都市モデル」と生成 AI/LLM を接続し、文化遺産データの知識化と AI 連携に挑んでいる。

ネットワークについては、米国の大学連合の Internet2 やエネルギー省の ESnet を初めとして、欧州、アジア、南米等が高速ネットワークの導入に積極的であり、非地上系ネットワークにも強い関心を示している。

こうした状況の中、我が国が国際的優位性を確立するため本構想の実現は不可欠である。

⑦ 社会的価値

今後、人間と AI の共存は必須である。本構想による総合知の深化と社会課題解決は国民の幸福に資するだけでなく、AI 基盤モデルの開発・運用は経済的・産業的にも直接的貢献が期待できる。また、知識基盤に関する情報の信頼性を担保するための技術は、AI により生成される多種多様なフェイクメディアがもたらす社会的脅威の解決に資するものである。

SINET や NII RDC 等の基盤の構築は、学術研究分野のみならず、社会的基盤、教育支援に対する効率的な投資であり、国民の理解を得られるものである。

⑧ 実施計画等について

【実施計画】

2026～2029 年度 知識基盤及び研究データ・ネットワーク基盤の新機能を開発し、運用開始

2030～2032 年度 知識基盤の機能充実、研究データ・ネットワーク基盤の性能最適化、高安定化

2033～2035 年度 知識基盤及び研究データ・ネットワーク基盤の高度化

【実施機関と実施体制】

NII を中心に主要大学・研究機関等と協力して進める。さらに、学術の中長期戦略 No. 31（生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設立計画）とも連携する。また、学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点（JHPCN）、国立大学法人情報系センター協議会、大学 ICT 推進協議会とも連携し、ユーザコミュニティの意見やニーズを幅広く吸い上げ、本構想に反映する。

【総経費】 1,400 億円

⑨ 連絡先

黒橋 禎夫（国立情報学研究所）

薬用遺伝資源の持続可能な利用のための情報データの系統的統合・集積と利用

① ビジョンの概要

生薬・薬用植物等の医薬資源の利用は超高齢化社会における健康寿命の延長と国民医療費の軽減のために要求度を増している。一方で地球規模の気候温暖化や経済構造・生活様式の変化により生薬・薬用植物の供給は危機的な状況にあり、さらに名古屋議定書準拠により海外の植物資源の利用は難しくなっている。生薬・薬用植物の持続可能な利用を目指して、国内の生薬・薬用植物に関する情報データの系統的集積と利用を実現する。

② ビジョンの内容

生薬・薬用植物等の医薬資源の持続的な利用のための方策が喫緊の課題となっている。本構想では、生薬・薬用植物の情報拠点ネットワークを構築し、国内における生薬・薬用植物の分布、栽培および導入等の情報を系統的に集積・共有することによって、生薬・薬用植物の持続可能な利用のための拠点を実現する。

③ 学術研究構想の名称

薬用遺伝資源の持続可能な利用のための情報データの系統的統合・集積と利用

④ 学術研究構想の概要

まず、第一に既存の大学附属や公共の薬用植物園、薬用資源研究センターなどを拠点化しネットワークを構築し拠点間での薬用資源植物情報を共有可能な形で整備する。

次に薬用植物資源の過去から現在にわたる所在、導入・栽培状況に関する情報を広く収集し、共有可能なデータシステムを構築し既存の基盤研薬用植物データベース、国内バイオリソース情報等のリンクシステムを構築する。

さらに、先端的な薬用植物ゲノム研究を推進している大学、研究機関を中心にゲノムとメタボロミクスなどの統合解析基盤を構築する。また、大学等研究室に蓄積された化合物・エキスライブラリーを集積・データ化することにより共有性を高め将来の創薬研究に資する。

これに加えて我が国の生薬薬用植物利用に関する古典を調査し、薬物誌、歴史書、文学、美術、古文書等に登場する薬用植物情報を収集し、データ化することによって時間軸、地域情報を合わせた複合的なデータを集積する。

これらを利用して一般市民が生薬薬用植物の持続可能な利用に関する正しい知識・情報に簡単にアクセスできる環境を整える。

⑤ 学術的な意義

本構想では、生薬・薬用植物の情報拠点ネットワークを構築し、国内における生薬・薬用植物の分布、栽培および導入等の情報を系統的に集積・共有することによって、生薬・薬用植物の持続可能な利用のための拠点を実現する。生薬・薬用植物に関する情報は研究者のみならず、一般市民にとっても健康、環境、資源を自分のこととして考えるための重要な情報である。一般社会への生薬・薬用植物に関するアウトリーチ活動を展開することにより健康リテラシーならびに科学リテラシーを涵養できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本構想は日本学術会議マスタープラン 2020 に掲載された「生薬・薬用植物の安定供給と開発のための基盤ネットワーク」(継続)の後継である。類似構想として、英国キュー王立植物園が 2021 年に 10 年間計画のマニフェスト戦略を発表しており、人類をとりまく植物および菌類についての理解し、評価、保存により持続可能な世界に資する展望を示している。これに比して本構想は薬用植物に絞っている点でスケールはコンパクトながら目標を明確にし、薬用資源の多様性のみならず、多様な人々が参加し情報を共有できる包括的な環境を作り出すことを目指している。

⑦ 社会的価値

我々が直面する超高齢化社会では経済的負担の少ない健康寿命の延長が課題となる。生薬および植物由来の多様な成分が健康に寄与することが科学的にも証明されている。このような植物由来成分の医薬品等に利用する方法の開発は国民の健康寿命延長に貢献する。また、環境の観点からも生薬資源を有効に持続可能な方法で利用することは人類の生活環境の維持に貢献する。また、このような情報について研究者ばかりでな

く、市民と共有することにより研究者と市民の相互理解につながりよりよい学術の発展の方向性となることが期待される。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール

1. 薬用資源植物拠点ネットワークを構築する（初年度から5年間で構築、その後活用）
2. 国内の薬用植物資源の導入・栽培状況とその記録を集積する（初年度から5年間で構築、その後活用）
3. 薬用資源植物のゲノム科学基盤データおよび情報を集積する（初年度から5年間で構築、その後活用）
4. 薬用資源ファイトケミカルに関する化合物・情報を集積する（初年度から5年間で構築、その後活用）
5. 我が国の生薬薬用植物利用に関する古典を調査する（初年度から5年間で構築、その後活用）
6. 市民への情報アウトリーチ

実施機関と実施体制

1. 薬用資源植物拠点ネットワーク構築ならびに2. 薬用植物資源の導入・栽培状況記録を集積

国公立大学薬用植物園園長会議、医薬基盤研究センターがネットワークのハブ機能を担う。全国の薬学部・薬科大学附属植物園、高知県立牧野植物園、日本植物園協会第四部に所属する薬用植物園等が薬用資源植物情報を共有可能な形で整備する。

3. 薬用資源植物のゲノム科学基盤データおよび情報を集積する

千葉大学薬学研究院、千葉大学植物分子化学研究センターが主たる責任を担い、各種植物オミクス研究のプラットフォームが整備されている理化学研究所環境資源化学研究センター、かずさDNA研究所が主な分担機関として推進する。

4. 薬用資源ファイトケミカルに関する化合物・情報の集積

東京大学薬学系研究科および富山大学和漢医薬学総合研究所が、それぞれ化合物ライブラリーと薬効解析・疾病治療戦略開発のハブとしての責任を担い、医薬基盤研、牧野植物園、名古屋市立大学(薬)、北里大学(薬)、千葉大学(薬)が分担する。

5. 我が国の生薬薬用植物利用に関する古典を調査する

実施機関を検討中である。

6. 市民への情報アウトリーチ

全国の薬学部・薬科大学附属植物園、高知県立牧野植物園、日本植物園協会第四部に所属する薬用植物園等、東京大学総合研究博物館、京都大学総合博物館などが博物館として参加する。

所要経費

総研究経費 90 億円

初期設備経費:施設および機器整備など初期経費として 30 億円（内訳：薬用植物園関連施設の整備、ゲノム機能科学、化合物・エキスライブラリーと薬効解析、臨床応用・レギュラトリーサイエンス関連機器、アウトリーチ（博物館ならびにデータベース）のための施設整備）

運営経費:60 億円（年間 6 億円×10 年間）（内訳:研究員等人件費、各種消耗品、保守経費その他管理費など）

⑨ 連絡先

山崎 真巳（千葉大学大学院薬学研究院）

物理ベースサロゲートモデルによる市民参加型 EBPM の実現と 環境政策革新に向けた中長期研究戦略

① ビジョンの概要

本構想は、PINN を用いた物理ベースサロゲートモデル (PSM) を構築し、市民や政策担当者が直感的に What-if 分析を行える環境を整備する。生成 AI を統合し、数理モデルを自然言語で解釈・説明する仕組みを導入することで、市民参加型 EBPM を実現し、カーボンニュートラル社会の政策形成を革新する。

② ビジョンの内容

本研究構想は、物理情報に基づくサロゲートモデル (PSM) を構築し、環境分野における市民参加型の政策立案を実現することを目的とする (図 1 を参照)。従来のシミュレーションは高精度だが計算負荷や専門性の高さが課題であり、サロゲートモデルは高速化できる一方で物理的妥当性に欠けていた。そこで PINN を活用し、物理的整合性を保った PSM を開発する。これにより市民や行政が直感的に What-if 分析を行い、政策の透明性と合意形成を促進する。さらに生成 AI を統合し、計算結果を自然言語で説明することで理解と信頼性を向上させる。研究は基盤整備、技術開発、適用検証の段階で進め、都市暑熱対策をはじめ防災やエネルギー分野へ展開する。最終的に、市民が合理的根拠に基づき意思決定に参加する新たな EBPM を実現し、持続可能社会に貢献する。

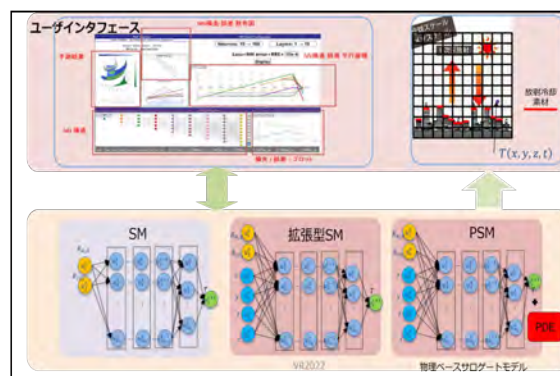


図 1 物理ベースサロゲートモデル (PSM)

③ 学術研究構想の名称

物理ベースサロゲートモデルによる市民参加型 EBPM の実現と環境政策革新に向けた中長期研究戦略

④ 学術研究構想の概要

本研究構想は、物理情報に基づくサロゲートモデル (PSM) を構築し、市民や政策担当者が直感的に利用できる政策形成支援基盤の開発を目的とする。従来のシミュレーションは高精度だが計算負荷と専門性が高く、サロゲートモデルは高速だが物理的妥当性に課題があった。本構想では PINN を用いてこの課題を克服し、信頼性の高い PSM を実現する。これにより、市民が緑地配置などのシナリオを自ら比較検討でき、政策の透明性と合意形成が向上する。さらに生成 AI を統合し、解析結果を自然言語で説明することで理解性と信頼性を高め、EBPM の実現に貢献する (図 2 を参照)。研究は基盤構築、技術開発、適用検証の三段階で進め、都市環境や防災、エネルギー分野への展開を目指す。

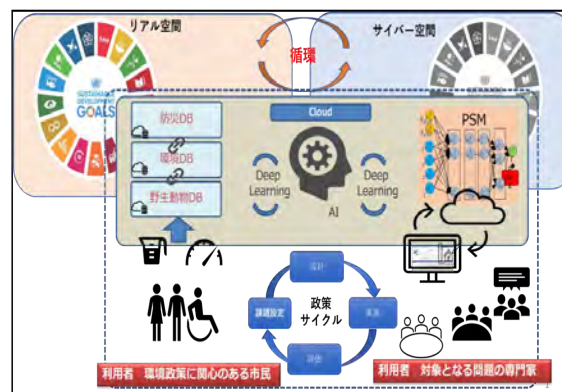


図 2 PSM が加速する環境政策革新

⑤ 学術的な意義

本研究構想は、地球温暖化や都市暑熱化への対応に向け、科学的根拠に基づく政策形成 (EBPM) の実現を目指すものである。従来のシミュレーションは高負荷で市民利用が困難であり、サロゲートモデルも物理的妥当性に課題があった。本構想では PINN を用いて物理法則を組み込んだ PSM を開発し、高速かつ信頼性の高い分析を可能にする。さらに生成 AI を統合し、結果を自然言語で説明することで市民の理解を促進する。これにより、環境政策における透明性と合意形成を向上させるとともに、工学・自然科学・社会科学への波及効果が期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

近年、計算科学シミュレーションの高速化を目的としたサロゲートモデル研究が進展し、製造業ではデジタルツイン技術として活用されているが、物理的妥当性の不足から政策分野への応用には限界がある。一方、

海外では PINN が工学分野で発展しているものの、市民参加型政策への応用は未成熟である。本構想は PINN による物理ベースサロゲートモデル (PSM) を環境政策に適用し、さらに生成 AI を統合して自然言語による理解と What-if 分析を可能にする点に独自性がある。これにより、計算科学と AI、社会科学を融合した新たな研究方向を提示する。

⑦ 社会的価値

本構想の成果は、国民の理解促進、知的価値の創出、経済的・産業的価値の向上、さらには SDGs への貢献に直結する。第一に、市民や政策担当者が物理的妥当性を担保したサロゲートモデルを用いて政策シナリオを比較検討できるようになり、科学的根拠に基づく合理的な意思決定への国民の理解と信頼を高める。第二に、PINN と生成 AI を融合させた学術的成果は、数理科学・計算科学と社会科学の橋渡しを実現し、学術的知的価値を拡張する。第三に、開発された PSM はエネルギー管理、都市計画、防災対策など産業分野への応用可能性を持ち、GX 推進や国際市場での展開を通じて経済的価値を生み出す。第四に、環境政策の高度化と市民参加型 EBPM は、SDGs の「気候変動対策」「持続可能な都市」「パートナーシップの強化」などに直接貢献する。以上により、本構想は科学的根拠に基づく政策形成を社会に根付かせ、持続可能な未来の実現に寄与する。

⑧ 実施計画等について

本研究は、PINN を基盤とした物理ベースサロゲートモデル (PSM) の開発と社会実装を段階的に進める計画である。2026～28 年度は基盤技術整備として、PINN のデータ生成や誤差評価を行い、都市暑熱対策を題材に PSM の基本機能を構築し、地域での試行と設備整備を進める。2029～31 年度は要素技術開発として、ハイパーパラメータ最適化の可視化技術や生成 AI による自然言語インタフェースを実装し、自治体や企業と連携した実証実験を通じて有効性を検証する。2032～34 年度は防災や再生可能エネルギー分野などへ適用を拡大し、国際連携により汎用性を確認する。2035 年度以降は事業化と持続的運営を目指す。

実施体制は大学を中心とした国際的連携の下、「PINN 実用化」「サロゲートモデリング」「実証研究」の三部門で構成され、基盤技術開発から社会実装までを一体的に推進する。定期的な会合や市民参加型活動を通じて成果を共有し、多様な研究者の参画を促進する。総経費は 10 年間で 21.55 億円であり、各部門に設備費・人件費・運営費を適切に配分し、学術的基盤から社会実装までの一貫した研究を実現する。

⑨ 連絡先

小山田 耕二 (大阪成蹊大学データサイエンス学部)

計算社会科学研究のための大規模データベース・ データ解析・シミュレーション拠点の形成

① ビジョンの概要

ビッグデータ、機械学習に代表されるデータ解析技術、高度なシミュレーション技術等は近年急速に発展しているが、必ずしも技術的知識を有さない人文社会科学系研究者にとっては、容易に活用できるものではない。これらの技術が社会経済現象に関わる学術研究に円滑に活用され、我が国における計算社会科学研究、さらには異分野融合研究が飛躍的に活性化する研究体制の構築が本構想のビジョンである。

② ビジョンの内容

我が国の自然科学分野では、巨大な観測機や実験設備等を共同利用し共同研究を行うことにより、ノーベル賞に繋がるような革新的な成果をあげてきたが、人文社会科学分野においては同様の取り組みは乏しい。近年、人文社会科学系の文部科学省「共同利用・共同研究拠点」を中心に資料やデータの共同利用・共同研究が活発に進められているものの、比較的小規模に留まっており、自然科学分野のような国際的に顕著な成果には至っていない。しかし、人文社会科学分野においても、自然科学分野のように大規模な観測機や実験設備等を共同利用し共同研究を行うことで、ノーベル賞クラスの国際的に顕著な研究成果をあげることができるようではないだろうか。

現代社会においては、社会の大規模観測機が実質的に実現しつつある。パソコン、タブレット、スマートフォン等のデバイスを用いたオンライン上での人々の行動やコミュニケーションは日々デジタルで記録され、大規模なソーシャルデータが急激な勢いで蓄積されている。これらのビッグデータの蓄積とともに、機械学習に代表されるデータ解析技術も近年急速に発展している。さらには、スーパーコンピュータに代表される計算技術の発展に伴い、現実社会を再現できるレベルの大規模シミュレーション技術も発展してきた。

このような大規模データと計算技術を用いて社会経済現象を分析するのが「計算社会科学」と呼ばれる新しい研究領域である。計算社会科学は、データサイエンス、計算科学、および社会科学に跨る文理融合領域であり、近年急速に発展している。しかし、社会科学であるにも関わらず、同領域の研究を行っているのは情報工学系の研究者が多く、人文社会科学系の研究者は比較的少数派である。その主な原因は、必ずしも技術的知識を有さない人文社会科学系の研究者にとっては、大規模データ、機械学習、シミュレーション等の先端技術は容易にアクセスできないからであると考えられる。

人文社会科学分野における大規模データや大規模シミュレーション技術の活用は、自然科学分野における大規模観測機や実験装置の共同利用に匹敵するものである。これらのデータや技術を人文社会科学分野において十分に活用することができれば、我が国における計算社会科学研究のみならず、文理融合を中心とした多種多様な異分野融合研究が飛躍的に活性化するのはではないか。

以上の問題意識のもと、本ビジョンでは20年後の学術戦略の目標として以下を掲げる。

1. 人文社会科学系を含む様々な分野の研究者が必要とする社会・経済に関するデータを、研究者の要望に応じて、必要があれば新たに収集し、可能な限り提供するための設備体制と人的体制の構築
2. 必ずしも技術的知識を有さない人文社会科学系を含む様々な分野の研究者が、多種多様なデータと、現時点では機械学習に代表されるような高度なデータ解析技術を円滑に活用するための設備体制と人的体制の構築
3. 必ずしも技術的知識を有さない人文社会科学系を含む様々な分野の研究者が、現実的な社会実験を仮想的に行うためのシミュレーション・システムの構築と、同システムを円滑に活用するための設備体制と人的体制の構築

③ 学術研究構想の名称

計算社会科学研究のための大規模データベース・データ解析・シミュレーション拠点の形成

④ 学術研究構想の概要

本構想と既存の共同利用機関等との主な違いは、既存の共同利用機関等では既に整備されたデータ等が提供されているのに対して、本構想では、研究者からの要望により、必要に応じて新たにデータを収集し、研究者が活用しやすい形でデータを整備・提供する点である。データ解析技術とシミュレーション・システム

の共同利用に関しても、研究者からの要望に応じて、研究者が活用しやすい形で提供することが本構想の特徴である。

⑤ 学術的な意義

計算社会科学は社会科学であるにも関わらず、同領域の研究を行っているのは情報工学系の研究者が多く、人文社会科学系の研究者は比較的少数派である。その主な原因は、必ずしも技術的知識を有さない人文社会科学系の研究者にとっては、大規模データ、機械学習、シミュレーション等の先端技術は容易にアクセスできないからであると考えられる。本構想の目的は、人文社会科学系を含む様々な研究者が大規模データ、機械学習、シミュレーション等の先端技術に容易にアクセスできないという障害を克服し、計算社会科学研究、さらには文理融合を中心とした多種多様な異分野融合研究を飛躍的に活性化させることである。SNS や大規模データの分析等は比較的歴史が浅く、我が国において計算社会科学研究を強力に推進することにより、学術的重要性の高い同領域において世界的イニシアティブを握ることができる可能性がある。国際的には、計算社会科学においては人種、差別、犯罪等に関する研究も盛んに行われているため、我が国において解決不可能と思われる様々な社会問題に対しても、新たな視点から解決策が提示される可能性がある。計算社会科学は社会科学、データサイエンス、計算科学の融合領域であるため、多くの分野と密接に関わっており、特に社会学、経済学、政治学、統計学、情報工学、人工知能、計算科学とは繋がりが深く、これらを含む様々な関連分野への波及効果が期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

「計算社会科学」(Computational Social Science) という呼称は、2009 年に学術雑誌「Science」に掲載された同タイトルの論文により広く知られるようになった。計算社会科学は欧米を中心に急速に発展を続けているが、我が国においても「計算社会科学研究会」が 2016 年に発足し、2021 年には「計算社会科学会」として正式に学会となった。同年には、同学会のメンバーが中心となり、我が国初の計算社会科学のテキスト「計算社会科学入門」(丸善出版)を出版した。本構想の中心機関である神戸大学計算社会科学研究センターは、2018 年に我が国初の計算社会科学に特化した研究センターとして設立され、同年に世界初の計算社会科学に特化した国際学術雑誌「Journal of Computational Social Science」を Springer 社より創刊した。同誌は、2023 年にインパクトファクター 3.2 が付与され、国際的に高く評価されており、同センターおよび本構想は、国内外の計算社会科学研究において中心的な役割を果たしていると位置づけられる。

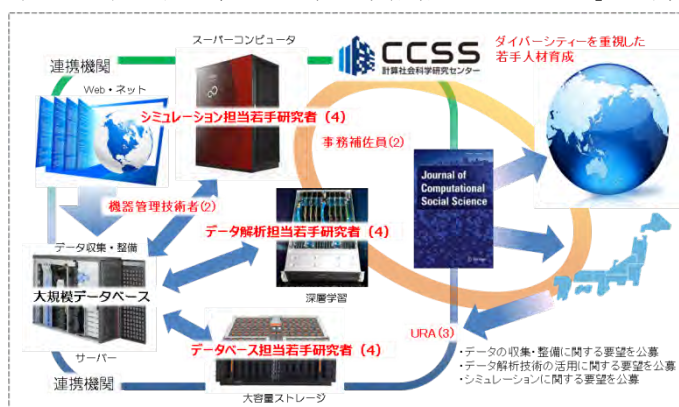


図 設備・人的体制

⑦ 社会的価値

計算社会科学に対する国民の関心は高く、フェイクニュースの拡散など、日常的にも関心の高い話題が研究対象とされている。また、大規模データから見えてくる社会構造に対する知的関心は高く、その知的価値も高い。さらに、大規模データ・機械学習・シミュレーション等による経済予測等は、産業的価値も高く、効率的な SDGs への取り組み方を提示する等により、SDGs へも貢献できる。

⑧ 実施計画等について

実施開始前年度に連携機関との連携体制に関する協議等を行い、実施 1 年目には、若手研究者、設備管理技術者、事務補佐員、UR の採用、データ収集・整備専用サーバの導入、深層学習用 GPU ワークステーションの導入を行う。実施 2 年目以降は以下を順次行う：シミュレーション用スーパーコンピュータの導入、ハイブリッドストレージシステムの導入、大規模データの収集・整備に関する要望の公募と共同利用、データ解析技術に関する要望の公募と共同利用、汎用的社会経済シミュレーション・システムの完成、汎用的社会経済シミュレーション・システムに関する要望の公募と共同利用。

⑨ 連絡先

上東 貴志 (神戸大学計算社会科学研究センター)

スピントロニクス・量子情報学術研究基盤と連携ネットワーク

① ビジョンの概要

今後 10 年間で培われるスピントロニクスの学理と要素技術を、20～30 年でより進化させ互いに融合し、さらに高度な学術と技術、新機能デバイスを創製する。本分野の応用範囲は多様な学際分野にわたり、情報処理技術の不揮発化、高度センシング、テラヘルツ通信、エナジーハーベスティング、IoT、AI、量子情報通信、古典／量子インターフェースの実現等が期待され、将来の社会基盤技術に革新的な変革をもたらす。

② ビジョンの内容

スピントロニクス・量子情報学術研究基盤と連携ネットワークを形成・強化することで、今後 10 年間で学理と各要素技術を創成し、今後 20～30 年で格段に発展させ互いに融合する。高度な学術と基盤技術により、我が国の情報社会基盤の革新を牽引する。本連携ネットワークの活動により、図 1 に示すような多岐にわたる新しい学術と技術が実現される。この取り組みは、科学技術全般および社会に大きな波及効果をもたらすものであり、日本および世界の低消費電力・情報社会基盤の革新と確立のためには不可欠である。

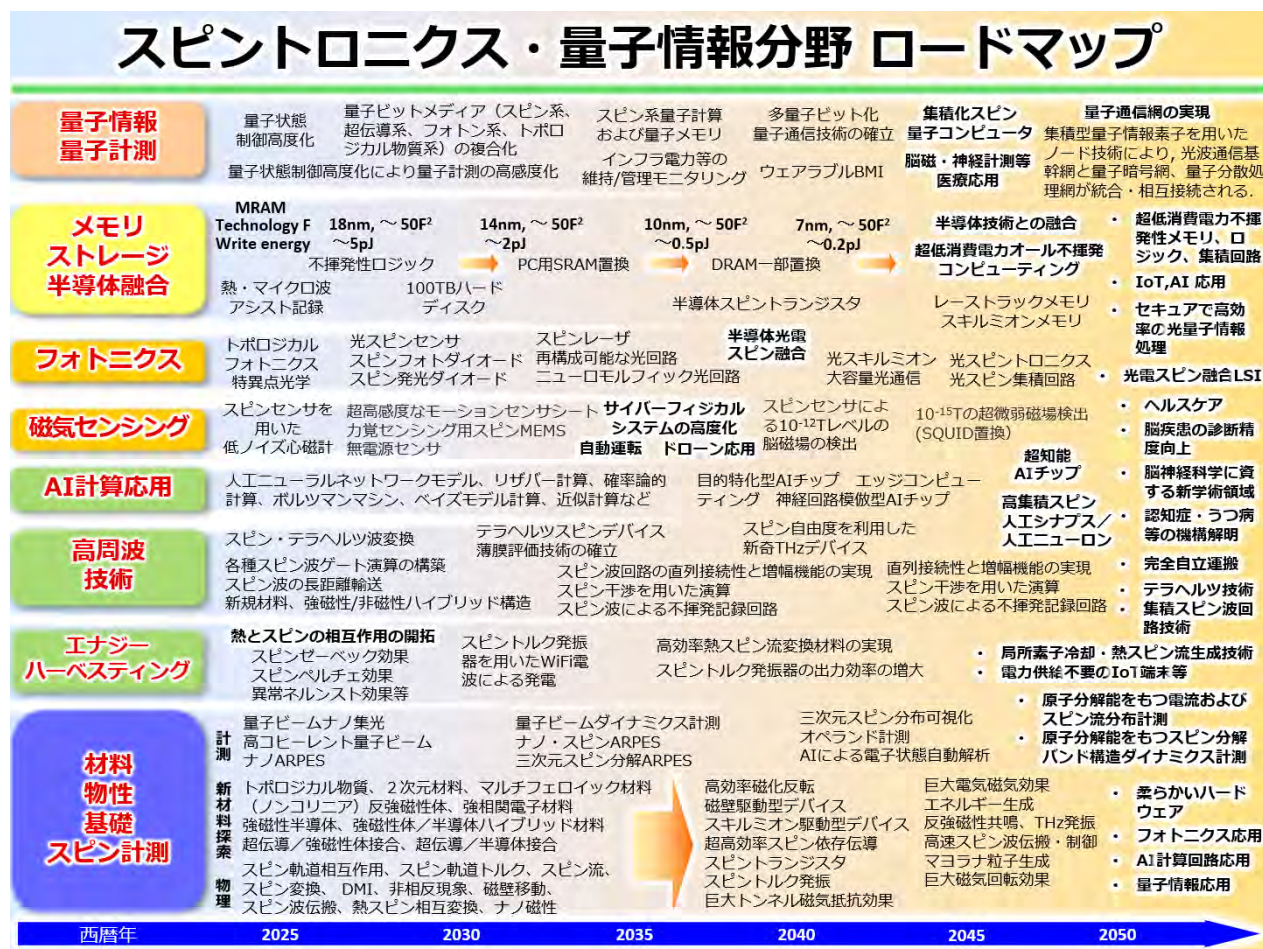


図 1 スピントロニクス分野のアカデミックロードマップ

③ 学術研究構想の名称

スピントロニクス・量子情報学術研究基盤と連携ネットワーク

④ 学術研究構想の概要

「スピントロニクス」は、「電荷」とともに「スピン」の自由度を積極的に用いた材料・デバイス・システムの研究開発を行う分野であり、将来の革新的なエレクトロニクスと量子情報技術の中核となる学術・技術である。不揮発性記憶と演算の機能を兼ね備えたスピントランジスタ、再構成可能な論理回路、右脳型の柔軟な情報処理技術、さらに人工知能(AI)に適したニューロモルフィック(NM)デバイス、IoTに適した超低消費電力デバイス、それらを可能にするスピントロニクス材料や物性機能の開発を目指す。また、電子スピン、核スピン、電荷、光を融合させた量子情報科学技術の基盤を構築する研究を行う。これらの研究は、材料物

性、ストレージ、メモリ・ロジック、量子情報、NM、AI、IoTなどの新しい情報技術に大別されるが、学際分野間での緊密な連携により、スピントロニクス学術研究基盤を構築する。

⑤ 学術的な意義

スピントロニクス研究は、物理学、化学、材料科学、電子工学、磁気工学、情報工学およびそれらを融合する学際領域において、世界的レベルでの大きな潮流となっている。スピンと磁化、光（電磁波）、熱などが関わる新しい物理現象の発見が相次いでいることもあって、学術とその応用において新しい展開をもたらしつつある。さらに、未だに決定的なデバイスが欠如しているニューロモルフィック・コンピューティング、人工知能(AI)やIoT等への応用にむけて、スピン自由度を用いた超低消費電力デバイスの進展が見込まれており、革新的な情報科学技術の構築と日本発の世界をリードする大きな貢献が期待できる。

5拠点大学（東京大学、東北大学、大阪大学、慶應大学、京都大学）に設置したスピントロニクス学術連携研究教育センター（CSRN）を中心に「スピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク拠点（Spin-RNJ）」の構築と国際連携を含めた継続的発展を推進する（図2）。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

従来、電子の電荷自由度を主に用いてきた材料・電子デバイスの分野において、スピン自由度を積極的に利用し、新たな機能やデバイスの実現を目指すスピントロニクス研究は、世界的に重要な基幹研究分野として注目されている。強磁性金属多層膜における磁気抵抗効果を用いた磁気センサは、ハードディスク装置の記録密度の向上に貢献してきた。また磁気ランダムアクセスメモリ(MRAM)も開発が進展しており、高速動作と不揮発性を兼ね備えた次世代メモリとして期待されている。これらの研究において、日本の研究者と研究グループは本分野の発展を牽引している。

⑦ 社会的価値

本構想を実現することにより、世界トップレベルの日本のスピントロニクスの研究力と技術力をさらに高め、基礎的な材料物性、ストレージ、メモリ、ロジック、新情報技術、高周波・熱、スピノフォトニクス、量子情報、量子計測を含む量子科学技術に至るまで、世界をリードし、将来の日本の学術を揺るぎないものとする。本構想は Society 5.0、SDGs、GX の実現に直結し、日本の科学技術と社会に長期的価値をもたらす。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

- (1) 2025年度～2027年度（第1期）：基盤強化と融合領域の開拓
- (2) 2028年度～2032年度（第2期）：学理の確立と産業展開への橋渡し
- (3) 2033年度～2035年度（第3期）：社会実装と国際発信

<実施機関と実施体制>

本構想は上述の5拠点大学を中心に実施する。主要研究機関は北海道大学、東北大学、筑波大学、東京大学、早稲田大学、東京農工大学、東京科学大学、慶應義塾大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、広島大学、九州大学、産業技術総合研究所、物質材料研究機構、理化学研究所、および民間企業数社である。

<総経費> 60億円

⑨ 連絡先

大矢 忍（東京大学大学院工学系研究科電気系工学専攻、スピントロニクス学術連携研究教育センター）



図2 本ネットワーク組織の概要

数学・数理科学を横串とした総合知学術研究拠点

① ビジョンの概要

人類社会が直面する課題解決に向けたビジョンとして、学術研究に立ち返り、数学・数理科学を横串とした文理融合の総合知研究を進めるための新しい学術研究拠点の確立を提案する。知のオープンファシリティーを構築し、数学を横串とした文理融合の総合知学術研究の基盤を創出する。これにより、個々の学術研究の探求から社会課題解決へのパラダイムシフトを誘い、総合知によって人類の長期的生活の質の向上に資するブレークスルーを産み出す。

② ビジョンの内容

気候変動や生物多様性等の地球規模の社会的問題の解決、あるいは日本が直面する少子高齢化、過疎化等の社会課題の解決に向けたビジョンとして、学術研究に立ち返り、数学・数理科学を横串として人文社会学、生命科学、理工学を融合した総合知研究を進めるための新しい学術研究拠点の確立を提案する。北海道大学ではSDGsを強力に推進しており、電子科学研究所においても附属社会創造数学研究センターが中心となり、産業界や理学・工学・医学・社会学・経済学・心理学の研究者が数学・数理科学の研究者と議論する場を作り、融合研究を精力的に展開している。当センターは数理連携研究センターをその前身として設置されたものであり、我が国の数学・数理科学を牽引してきたが、現在の体制における活動だけでは総合知の創出にはまだ十分ではない。

解決困難な社会課題を扱うには様々な分野の専門家がその英知を結集して対応することが求められる。真に分野融合研究を創造するためには、中長年に渡って継続的に議論を続ける場と、議論するための共通の科学言語が必要である。諸科学の合意言語という側面も持つ数学には、個別の学問を有機的に繋ぎ、社会変革を起こす力がある。現代においても確率論や数理統計学が基盤となったデータ科学革命など、数学が分野間を繋ぐことによって起きた社会イノベーションの例は数多くある。よって、数学・数理科学を扇の要として広く人文社会学、生命科学、理工学を融合した総合知を扱う学術研究拠点の確立が急務と言える。

我が国の数学関連の研究拠点の1つとして、諸科学と数学・数理科学との出会いの場、即ち、知のオープンファシリティーを構築し、数学を横串とした三分野融合の総合知学術研究の基盤とする。これにより、個々の学術研究の探求から社会課題解決へのパラダイムシフトを誘い、数学・数理科学を伴う総合知研究によって地球環境革命、医療革命等に資するブレークスルーを産み出す。そして社会実装・社会貢献を可能とする総合知研究を確立し、全世界が直面する環境変動や生物多様性等の課題や日本における地方社会創生という社会課題に挑戦できる学術研究体制を作り、人類の長期的生活の質（QOL）向上を目指す。これを実現するための融合研究振興政策として、「数理総合知学術研究センター」の設置が必要であると考えた（図1）。

③ 学術研究構想の名称

数理科学を横串とした総合知学術研究の展開

④ 学術研究構想の概要

北海道大学電子科学研究所附属社会創造数学研究センター、理学院数学部門及び数理連携推進室が横串となって、北海道大学が有する全研究分野および「生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設設計画」を有機的に結びつける数学・数理科学を軸とした横断型研究組織「数理総合知学術研究センター」を設立する。諸分野の研究者が中長期間滞在し、「数学・数理科学」に問題を定式化するための研究環境を整えた上で、総合知研究を具体的に推進する「数理総合知研究推進事業」、「数理総合知連携強化事業」、「オープンファシリティー事業」を展開する。さらに、総合知としての学術研究が継続的に遂行されるための「総合知人材育成事業」を展開する。これによってSDGsとしても取り上げられている人類が直面する課題へ挑戦できる学術研究体制を確立する。

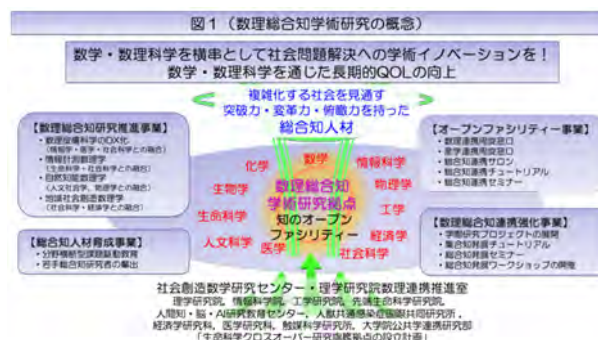


図1 数理総合知学術研究の概念

⑤ 学術的な意義

新型コロナウイルス感染症対策で、もし人文社会学、経済学を含んだ分野が一体となった総合的な研究を行ってれば、感染リスクと医療崩壊リスク、経済活動リスク、人間行動リスクをすべて考慮した最適な政策提言を行えた可能性は高い。人文社会学を含んだ総合知学術研究の取り組みは、現在も身近で深刻な問題となっている感染症対策を含めて、解決困難な問題を解決へと導くための新しい学術研究として取り組む必要がある。

総合知学術研究は、専門性の高い既存学術分

野間の垣根を真に越え、融合することによってのみ生み出される新しい学術研究である。これまでの学術分野の連携だけでは解決することができないと考えられる課題に挑戦することを可能とする新しい研究手法を与えることができる点において科学技術イノベーションへのインパクトが高い構想となっている。

総合知学術研究が遂行されることによって、総合知研究の循環が起こり、次々と社会貢献・社会実装を可能とする数学を基盤とした学術研究が創出されることが期待される。その波及効果によってこれまで解決困難であった問題の本質が多岐に渡っている社会問題、環境問題の解決が見込まれる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

日本国内においては、九州大学マスコアインダストリー研究所が数学・数理科学を利用した産業界との融合・応用研究の展開を、京都大学数理解析研究所は数学・数理科学の分野の中で学術研究の深化を積極的に進めている。東北大学数理科学連携研究センターでは、数学者、数理科学者が中心となって産業界や諸分野との連携研究を強く推進している。また、純粋・応用数学研究所（IPAM、米国）等では数学と諸科学の融合による学術基盤の深化を目指して、同一テーマでワークショップ等を複数回開催し、社会への波及効果を見込んだ研究を進めている。しかし、電子科学研究所がこれまでに推し進めてきた学際領域研究分野の開拓精神を基盤とした本学術基盤構想である人文社会学も取り入れた総合知研究構想を進めている研究機関は国内外に見当たらない。

⑦ 社会的価値

新しい知の集合体として、人文社会学・経済学も含んだ総合知研究を展開することは、全分野を横断する社会問題に対して総合的に取り組むことを可能とするため、学術的な波及効果は高く、全学術分野のこれまで知的価値をさらに向上するものとなっている。総合知学術研究は、数学・数理科学が横串となって人文社会学や経済学、工学、理学等が一体となった研究であり、地球環境の Well-Being、人類の長期的 QOL の向上のためにも取り組まなければならない社会問題（生物多様性を含む自然環境、人類の生活・社会環境）にアプローチすることを目的として確立するものであり、本研究構想は SDGs に直結した構想となっている。

⑧ 実施計画等について

実施計画：数理総合知研究推進事業（医学・地域社会学との融合による数理皮膚科学、生命科学・社会科学との融合研究による情報計測数理学、人文社会学、物理学との融合研究による自然知能数理学等）、数理総合知連携強化事業（オープンファシリティー事業、総合知人材育成事業等（図2参照））

実施機関：北海道大学、電子科学研究所、理学院数学部門、総経費 1,000,800,000 円

所要経費：設備費（合計：80,800 千円、研究スペースレンタル費用、滞在研究者居室整備費、専任研究者居室整備費、専門職員・技術職員居室整備費等）、旅費（合計：240,000 千円）、人件費（合計：680,000 千円、専任教員4名、専門職員4名、技術職員2名）

⑨ 連絡先

太田 裕道（電子科学研究所）



図2 数理総合知連携強化事業の概略

革新的アルゴリズムおよび最適化基盤 ―社会実装体制の構築―

① ビジョンの概要

PageRank、差分プライバシー、圧縮センシングなどの数理的概念とそのアルゴリズムが、現代の IT 社会の巨人である「GAFA」を生み出し、新しい経済構造を作ったことからわかるように、アルゴリズム分野、最適化分野で世界を先導し、次世代の科学技術や社会構築における革新を先導するような概念や手法を開拓していくことが、我が国の国家戦略として必須である。本研究計画では、この役割をはたす国際的拠点を目指す。

② ビジョンの内容

アルゴリズムによる変革はすべての社会生活に波及する基盤事項である。ビッグデータ処理において、時間的制約により、計算量が線形より低いアルゴリズムが要求され、アルゴリズム設計指針の革新が必須である。さらにセンサーなどの外的環境から送られる巨大ストリームデータから情報を取得するためには、ストリーミングアルゴリズムを用いた新しい設計指針によるデータの圧縮が必要である。これにより、現在特殊な大規模記憶装置を持つ組織のみで行われている高度情報処理を個人が所有するモバイル端末で行うことが可能になる。またムーア則の限界から、ハード面（特に CPU）で 100 倍スピードアップ達成は難しい。一方でアルゴリズムでは 100 倍スピードアップは、IT 業界では日常茶飯事のように起こっている。

以上を踏まえ、本研究計画では、急速に変わる社会のニーズに答え、重要な学術課題や社会課題におけるアルゴリズム革新の体系的な問題提起を行う。さらに最先端の数理科学手法の導入を検討する。具体的な挑戦的研究課題としては、1. PageRank のように「Game Change」を起こすようなアルゴリズムの提案、2. Shor、Glover のような理論保証のある量子アルゴリズム提案、3. D-wave などを含むポストムーア時代のマシンに対応する高速アルゴリズム開発などを検討する。これらは、一つでも達成すれば、その分野でのゲームチェンジとなり、我が国が世界を先導する存在となるだろう。

③ 学術研究構想の名称

革新的アルゴリズムおよび最適化基盤 ―社会実装体制の構築―

④ 学術研究構想の概要

PageRank という「Random walk によるグラフ頂点ランキング手法」が Google の検索エンジンを生み出し、差分プライバシーという「統計的なプライバシー評価」が Apple のセキュリティに採用されるなど、数理的概念とアルゴリズムが、現代の IT 社会の巨人である「GAFA」を生み出し、新しい経済構造を作ったことからわかるように、アルゴリズム・最適化分野で世界を先導し、次世代の科学技術や社会構築における革新を先導するような概念や手法を開拓していくことが、我が国が次の世代においても世界のトップレベルの先進国であり続けるために必須である。現在は、深層学習の発展とそのアルゴリズム開発、および量子計算機開発とアルゴリズム発展が、次世代の経済覇権を決定するといっても過言ではない。

この背景のもと、本提案では、現代の人間社会を動かしているアルゴリズムの急速な発展を、広く自由に利用できる学術体系として公開し、科学のすべての分野に影響を持つ学術コアとして発展させることを目標とする。また情報インフラ上で行う大規模情報処理は、現代では数学的に高度な科学技術であり、これを一般科学として普及させることは情報社会での国際競争力を持つために大きな学術及び教育的な意義を持つ。

本提案では、アルゴリズム科学、最適化基盤、実問題の数理的モデル化による解決を目指す共同研究拠点を作る。拠点ではアルゴリズムの設計の科学的体系を構築し、ソフトウェア実装技術や高速計算技術を融合した問題解決手法の開発と標準化を行い、高密度な計算環境の情報技術開発基盤センタとして整備する。これにより、個別分野に分散しているアルゴリズム開発の要求と学術を集約し、アルゴリズム科学・最適化基盤の学問体系を次世代の情報革新のための情報科学技術の中核として創生する。そして標準化した知識として科学・社会科学などの諸分野に提供する体制を確立する。

⑤ 学術的な意義

本研究計画の科学的意義は、現代の人間社会を動かしているアルゴリズム、すなわち論理的手続き処理における近年の急速な発展を、広く自由に利用できる学術体系として公開し、科学のすべての分野に影響を持つ学術コアとして発展させることにある。またコンピューターや情報インフラ上で行う大規模情報処理は、現代では数学的に高度な科学技術であり、これを一般科学として普及させることは情報社会での国際競争力

を持つために大きな学術及び教育的な意義を持つ。本提案では、アルゴリズムを用いた「一般的科学」の普及も目指す。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内におけるアルゴリズム理論の研究は、情報処理学会アルゴリズム研究会、電子情報通信学会コンピュータ研究会が中心となっている。また、日本が中心になって国際会議 (ISAAC) を開催し、アジアにおけるアルゴリズムのコンソーシアム組織を設立し、国際的には、アルゴリズムのトップ研究者が、STOC、FOCS、SODA というアルゴリズム理論のトップ会議のみでなく、AI (AAAI, IJCAI)、データベース (VLDB, SIGMOD, ICDE)、データマイニング (KDD, WWW)、機械学習 (NeurIPS, ICML, ICLR) などのトップ会議でも活躍が期待できる。

日本のアルゴリズム理論の研究者も、AI、データベース、データマイニング、機械学習等で国際的に活躍している。またアルゴリズムトップ会議 STOC、FOCS、SODA において、日本を拠点とする研究者が過去 10 年間で合計 5 回の Best Paper Awards 受賞しており、さらに提案者は、2021 年にアルゴリズム分野最高峰の Fulkerson prize 受賞している。

本提案グループは、ERATO (2 つ) と新学術領域、学術変革 A などの総括を務め、日本の情報学分野をリードしてきた。

⑦ 社会的価値

我が国が将来的に発展していくためには、前述の通り、巨大 IT 企業の理論研究者のような人材を育てなければならない。本提案を遂行することにより、巨大 IT 企業の理論研究者のような人材を輩出する研究組織の立ち上げが可能であると考えている。具体的には、1. 離散数学、理論計算機科学、確率論、組合せ最適化研究者によるアルゴリズム科学と実問題の数理モデル化のための共同研究拠点が構築される、2. 実問題から派生した問題に基づき、新しい「数学理論」を確立し、それを使いこなすことはできる共同研究拠点が構築される。

もしこの 2 点が達成できなければ、巨大 IT 企業の理論研究者のような人材を輩出できるチャンスは少ない。我が国は今後発展していくための KEY となる人材は、(アルゴリズム) 理論研究を中心とする研究組織により初めて輩出可能になるであろうし、実際巨大 IT 企業が、それを証明していると思う。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール 本計画は、最初の数か月の準備期間後は、基礎研究とフィージビリティスタディを中心とする第 1 期 (1 - 5 年目) と、基礎研究から応用研究へと発展する第 2 期 (6 - 10 年目) に分ける。具体的には以下である。

実施機関と実施体制 データセンタでもある国立情報学研究所 (NII) を中核的な共同研究拠点とし、東工大、京都大学、東京大学をサテライトとする。4 つの拠点は協力しながら、アルゴリズム科学・最適化基盤と実問題の数理的モデル化による解決を目指す全国的なコンソーシアムを作る。また 4 つの拠点ではアルゴリズムと最適化をリードする人材育成を行うとともに、情報数理、計算理論、システム構築、データ収集、社会実装の 5 つの専門性を揃えたチームを基本単位にした、新しい研究体制を構築する。さらに、これにより次世代のデータサイエンス及び高度情報処理に必要な不可欠な世界的なイニシアティブをとれる研究組織の構築を目指す。

総経費 4 億円×10 年、初期投資 7 億円、計 47 億円

⑨ 連絡先

河原林 健一 (国立情報学研究所)

量子情報科学

① ビジョンの概要

最先端の物理学と情報学を統一した学問体系である量子情報科学は、物理学の多様性と情報の普遍性を基礎として、現在進行形で多彩な学術展開と科学技術革新を生み出し続けている。我々のビジョンは、量子情報科学が持つ極めて高い普遍性から派生する多種多様な知を学術的な立場から体系化すること、体系化された多様な知を元に新しい価値と技術イノベーションを創出し、量子情報科学を中心とした「知の循環」を生み出すことである。

② ビジョンの内容

1925年に数学的基礎が築かれた量子力学は、それ以降の自然科学の基礎を確立すると同時に、現代社会の根幹をなす科学技術を多数生み出した。一方、情報の概念は、コンピュータやインターネット等へと応用され、高度情報化社会の技術基盤を形成するに至った。一見すると相異なる「物理」と「情報」が最も新しい形で統一された学問体系が「量子情報科学」である。量子情報科学は、「重ね合わせ」や「量子も

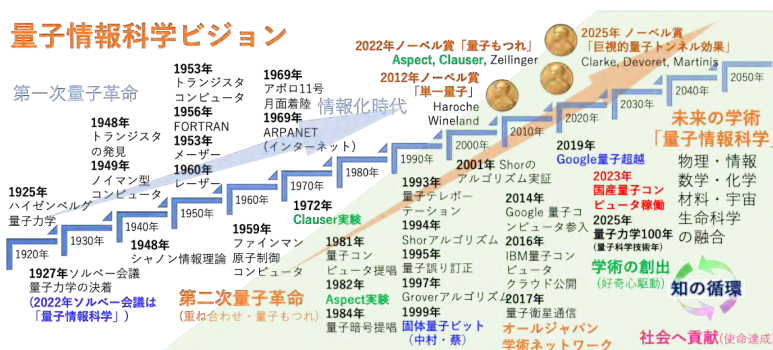


図1 量子情報科学のビジョン

等」等のミクロの世界に特徴的な量子力学的現象にまで適用可能な形で「情報」の概念を拡張するものであり、情報という概念の普遍性と量子力学の適用範囲の多様性に基づいた多種多様な研究が急速に進んでいる。基礎科学においては、量子情報という概念が持つ高い普遍性を基礎として、物理、情報、数学、化学、材料、生命科学の広範囲な分野で同時多発的に新しい研究が自然発生している。また、量子情報の概念に基づく科学技術革新は既に世界的な潮流となっており、特定の問題を現在のスーパーコンピュータ以上の速度で解く量子コンピュータや、衛星を用いた 1,000km 超の量子セキュア通信、超高感度の量子センシング等、目覚ましい進展が見られる。2012年に「重ね合わせ」の制御に関して、2022年には「量子もつれ」の研究に対してノーベル物理学賞が与えられたことから、その学術的な重要性と世界的な注目度の高まりがわかる。量子情報科学を中心とした基礎科学の新展開と科学技術の創出はこれから更に加速することは間違いなく、欧米各国では、量子情報科学を「次世代の知」として強力に支援する枠組みが構築され始めている。

本学術振興のビジョンは、量子情報科学が持つ高い普遍性から派生する多様な知を体系化し、それを新しい価値・科学技術の創出へと繋げることである。このビジョンの元で国内の量子技術イノベーション拠点の参画組織や各大学がボトムアップで整備を進めている量子情報科学の研究組織を含む幅広い人材を有機的に連携させる体制整備を行い、学術の面からの量子情報科学の振興、および、量子情報科学ネットワーク拠点を通じた学術とイノベーションの「知の循環」を目指す。

③ 学術研究構想の名称

量子情報科学

④ 学術研究構想の概要

本構想では、国内の「量子情報科学」の研究機関の学術研究の連携体制を構築し、国際的な連携強化に繋げ、量子情報科学の学術フロンティアを開拓し、多様な量子人材育成を行う。以下に主要な活動を挙げる。

- ・量子情報に基づく、宇宙・物質・化学・生命にわたる複雑で多彩な自然現象の理解と応用
- ・量子情報を多彩かつ精密に制御可能な新規量子技術と、その利用による新しい科学技術
- ・量子情報を基礎として量子技術を深く理解し、社会の多様なニーズに自在に応用できる量子人材の輩出

⑤ 学術的な意義

本構想では、量子情報研究組織と研究グループが有機的に繋がる「量子情報科学ネットワーク拠点」を構築し、学術的な立場から「量子情報科学」の一大潮流に貢献する。その重要性は、研究交流を活性化し量子情報科学の普遍性と多様性を多分野融合的に追求すること、そして、人材育成を加速させ、理工学から生命科学・社会科学に至るまで幅広い領域に貢献できる量子人材を輩出することにある。

本構想によって、量子情報の高い普遍性をベースとした多くの波及効果が期待される。既に物理、情報、数学、化学、材料、生命科学で量子情報科学に触発された研究が自然発生的に進んでいるが、ネットワーク拠点を通じて横の繋がりを強化することで、既存の手法では理解が難しい複雑な現象を量子情報・技術を用いて分野横断的に解明できると期待される。また、次世代の情報化社会をけん引することも見込まれる。これら基礎科学と応用技術の発展は、どちらが欠けても成り立たない。アカデミアを中心とした「好奇心駆動型の量子情報科学」と社会実装を目指す「使命達成型の量子情報科学」が両輪となった研究活動を進めることで、多種多様な革新的ブレークスルーへと繋げる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

現在、第2次量子革命の最中にあることは世界共通の認識であり、各国で「量子情報科学」への積極的な取り組みが見られる。これらの取り組みでは、「使命達成型」の研究開発や産業化の強化だけではなく、人材育成も含めた「好奇心駆動型」の基礎研究への強力な支援が含まれる。我が国においては、「使命達成型」の研究開発や産業化へ向けて強力な政策が推し進められているが、学術への取り組みの強化が遅れている。本構想では、「好奇心駆動型」の基礎研究を強力に推進し、既存の「使命達成型」の研究との強固な連携を図る。

⑦ 社会的価値

本構想の「量子情報科学」は情報時代の多様な課題を解決し、その進展を飛躍させるものであり、大きな社会的価値がある。産業競争力の強化、革新的な医療と健康管理、カーボンニュートラルの実現、情報時代の安全とセキュリティの確保に貢献する。材料開発では、既存材料の性能を最大化し、新性能を持つ材料の開発を加速する。化学・創薬分野では、高精度量子化学計算による窒素固定法の解明や新しい触媒の探索、新薬の発見や生産コストの削減を実現する。医療・生命科学分野では超高感度の量子センサにより生命活動を理解する。経済分野では、迅速で低エネルギー消費の大規模計算により、短期的ポートフォリオの最適化と長期的リスク分析に対応し、また巡回セールスマン問題等の最適化問題を解くことで、輸送・交通等の物流の合理化・省エネ化を実現する。

⑧ 実施計画等について

主要大学の10を超えるセンター・拠点の運営および設備強化を行い、研究、国内連携、国際連携等を積極的に支援する。QIH 参画国立研究所においては、量子コンピュータ開発、量子デバイス開発、量子セキュアクラウド開発、量子マテリアル開発、量子機能物質開発、量子生命科学などの環境を積極的に活用した共同研究の促進および人材育成を行うための運営強化や設備強化を行う。また、若手主宰者、研究員、研究支援者等を積極的に雇用する。国際会議、スクール、研究会等を開催し、成果報告も含めた広報活動を行う。連携中核組織である大阪大学量子情報・量子生命研究センター(QIQB)と理研量子コンピュータ研究センター(RQC)に、連携中核組織としての運営組織を設置し、取りまとめを含めた運営を行う。

所要経費 486 億円（内訳：連携中核機関（QIQB, RQC）および各研究センター・拠点の運営経費 105 億円、主宰者・研究員・研究支援者の人件費 148 億円、設備備品費および消耗品費 205 億円、国際会議・スクール・研究会等の開催費 18 億円、広報・成果報告・出版費 10 億円）

⑨ 連絡先

北川 勝浩（大阪大学量子情報・量子生命研究センター）

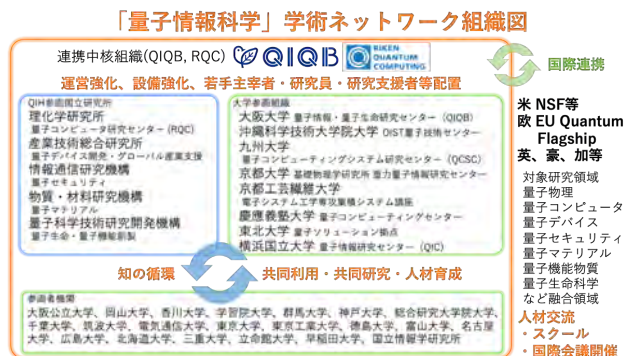


図2 学術ネットワーク組織図

世界を牽引する数学・数理科学の深化・創造と新たな科学技術イノベーションへの展開

① ビジョンの概要

世界を牽引する数学・数理科学の学問としての深化と創造を推進し、国際競争力を強化する。数学・数理科学の研究に邁進できる環境を整え、全国の各大学に分布する研究者の裾野の広がりを持続し活力を保つ体制を構築する。また高度な数学の成果を、他分野との融合により新たな科学技術イノベーションや社会の発展につなげる。さらに全国の高等教育のみならず初等・中等教育において数学の魅力を伝達し将来を担う人材を育成する。

② ビジョンの内容

数学・数理科学は長い歴史と豊かな広がりをもつ学問であり、人類が会う様々な課題を数学的概念として定式化し解析を行い、その成果は多様な分野で活用され社会の発展に大きく貢献してきた。大規模数値計算、確率・統計、数理モデリング、グラフ理論に加え、最近では量子コンピュータ、公開鍵暗号、トポロジカル物質などで最新の数学研究の成果の実装による社会への貢献が注目されている。これらを踏まえ、高度な数学・数理科学の研究成果を科学技術イノベーションへ展開する。競争力のある産業の育成・維持や、安全・安心な社会の実現のため、数学・数理科学内の連携体制を強化するとともに、諸科学・産業との連携体制も引き続き維持・発展させていく。

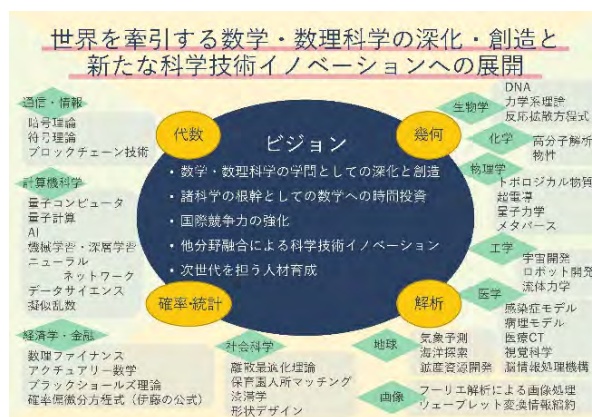


図1 世界を牽引する数学・数理科学の深化・創造と新たな科学技術イノベーションへの展開

数学・数理科学は、過去・現在・未来にわたり、文理を問わず全ての学問分野・科学技術・文化・産業・政策などの基盤であり、我が国は数学・数理科学の教育を推進し国力を高めてきた。先端研究の高いレベルの維持と発展とともに、全ての国民に数学・数理科学のリテラシー教育の普及と数学・数理科学の楽しさを伝えること、様々な学問分野・科学技術・企業・自治体・政府を支える人々に数学・数理科学的基盤を与える数学教育を充実させることが必要である。このため数学・数理科学の教育・研究を担う若手研究者の育成、大学院教育の充実が必要である。

③ 学術研究構想の名称

世界を牽引する数学・数理科学の深化・創造と新たな科学技術イノベーションへの展開

④ 学術研究構想の概要

数学・数理科学は、未来の産業創造と社会変革のための共通基盤を支える横断的な科学技術として位置づけられてきた。今後、デジタル化やデータ活用が益々進む中、統計科学を含む数学・数理科学の果たすべき役割は多様であり、その重要度は益々増している。このような流れの中で、我が国の数学・数理科学研究をさらに高いレベルに引き上げ、また新たな問題解決に資する数学分野の創造を進めるとともに、諸科学や産業界との連携により科学技術イノベーションへ展開する仕組みを構築する。この構想では、全国に分布する研究者の裾野の広がりを持続し活力を保ち若手を育成する「数学・数理科学公募プロジェクト研究」の整備、数学・数理科学の世界トップの国際研究拠点である京都大学数理解析研究所の国際共同研究事業「訪問滞在型研究」の拡充、大阪公立大学数学研究所の国際共同研究事業の拡充を提案する。

⑤ 学術的な意義

数学・数理科学は長い歴史と豊かな広がりをもつ学問であり、人類の会うさまざまな課題を数学的概念として定式化し解析する。その成果の汎用性は高く、自然界の法則の理解だけではなく、生命現象、新機能素材、環境問題、エネルギー、食料・水問題などの学際的研究や社会的問題解決のための研究で応用されており、人類社会の発展に大きく貢献してきた。これまでともすれば散逸的であった「知」を統合するため、広域汎用性機能の本質とする数学・数理科学の深化と展開（諸分野・産業との連携）の拠点となる研究基盤が必要である。本計画により、数学・数理科学にもとづく分野を横断・統合する手段を確立することで、従来の発想を覆すような異分野の融合と、それによるイノベーションの惹起プロセスを加速できる。同時に、

その手段を習得した新しいタイプの研究者の育成により、学術分野の新陳代謝が連続的に起こり、結果として学術全体の活性化が期待できる。複雑でダイナミックな現象から本質を見抜く抽象的思考を柔軟に行い、その結果をまた現実世界に投影できる研究者の育成は、アカデミアに身を置く人間の恒久的な使命である。全国の数学教室あるいは数理科学関連の教室に優れた研究者が多く所属している。「数学・数理科学公募プロジェクト研究」により、全国に分布する大学・研究所と協力し、一定期間研究に専念できる機会を作り、それぞれの場所で研究推進の活力を与える。良い教育には良い研究が必要であるという教学一致の理念により、研究の推進が全国の高等教育の人材を育成し、中長期的にはその人材が延いては初等・中等教育において将来を担う人材を育成することにつながる。

「訪問滞在型研究施設」により、世界的に第一線の研究者と寝食を共にする環境下で、若手研究者、特に国内の若手研究者の育成が進められる。また、日本で行われる研究が世界に向けて発信され、国際的な地位を確立することで、更に有力な研究者が集まるという好循環が生まれる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

米国・欧州諸国・カナダではここ数十年間に訪問滞在型研究所が次々と設立されてきた。中国・韓国・インドでは数学・数理科学を国力の基盤として強力に推進してきている。

一方、日本では平成 29 年には「数学アドバンスプラットフォーム」が実施されるなど、数学・数理科学と諸科学・産業との協働による研究推進の気運がようやく高まっているが、個々の取り組みは見えにくく、諸科学・産業界のニーズに応えるような組織的活動には至っていない。

⑦ 社会的価値

製造業においてかつては国際的に優位であった日本製品のシェアが年々減少していく中、産学が団結して我が国の国際競争力を取り戻すため、数学・数理科学が中心となって諸科学・産業との協働によるイノベーションを継続的・組織的に推進する基盤を構築することは喫緊の課題である。更に近年はディープラーニングの登場で AI が一気に進化してビッグデータの利用活用が容易になり、社会変革のスピードが猛烈に加速している。一方、米国の GAFA、Big Tech に象徴される企業の人材が我が国では育成されていないという指摘がある。これらの人材の基礎基盤は数学・数理科学にあり、その上にエンジニアとしての技術が要求される。知的価値のみならず、経済的、産業的にも価値のある人材育成に貢献することには大きな社会的意義がある。

⑧ 実施計画等について

<実施計画>

2026 年度：訪問滞在型の場所としての既存の建物の選定、プロジェクト研究の実施計画、数学・数理科学将来構想委員会（仮称）を設置

2027-2028 年度：長期訪問滞在型の具体的な運営体制と規則を検討する委員会の立ち上げ、訪問滞在型の研究プログラムの実施、運営のあり方の基本方針を検討するための委員会立ち上げ、報告書のとりまとめ、次期中長期研戦略の検討

2029-2030 年度：重点テーマの研究プロジェクトの実施、テーマの見直し

2031-2032 年度：重点テーマの研究プロジェクトの中で成果があったものを集中的に研究できる体制の構築、長期訪問滞在型の研究プログラムのテーマを国際公募によって募集

2033 年度-2035 年度：実施状況の精査

<実施機関>

全国に分布する大学・研究所、数学・数理科学 5 研究拠点：京都大学数理解析研究所、統計数理研究所、大阪公立大学数学研究所、明治大学先端数理科学インスティテュート、九州大学マス・フォア・インダストリ研究所、日本応用数理学会、統計関連学会連合、北海道大学電子科学研究所附属社会創造数学研究センター、東北大学数理科学連携研究センター、大阪大学数理・データ科学教育研究センターと連携を図り実施する。

<経費> 72 億 86 百万円（内訳）数学・数理科学公募プロジェクト研究：年間 203,100 千円、訪問滞在型研究施設：年間 50,000 千円、初期費用 1,000,000 千円、京都大学数理解析研究所：年間 262,900 千円、大阪公立大学数学研究所：年間 112,600 千円

⑨ 連絡先

石毛 和弘（一般社団法人日本数学会）

訪問滞在型研究の確立による数理科学の振興と社会共創

① ビジョンの概要

我が国の強固な学術振興の基盤となる数理科学の発展を促進するためには、他の学術分野や社会からの問題提起に基づく新しい視点を常に導入することが必須である。数理科学の発展において重要な役割を果たす仕組みの一つとして、世界の頭脳が集まる訪問滞在型研究拠点の構築が挙げられる。そのような拠点において人文社会科学や産業界に広がる共創体制を構築し、世代を超えた頭脳循環を実現することを目指す。

② ビジョンの内容

未来の学術振興のためには、科学技術の基礎となる数理科学の発展が不可欠である。我が国は長年に渡って数理科学分野において高い水準を維持してきたが、近年はその対象を広げ、数理科学の内部から発するもののみならず他の学術分野や社会からの問題意識にも基づく新しい視点を導入する必要性に迫られている。一方、数理科学はその学問の性質から、研究者たちがある期間物理的に集まって議論を重ねることが重要であり、そのような研究形態として訪問滞在型研究の必要性が注目されている。

本ビジョンによって国際的な数理高度人材の頭脳循環のハブが形成されることで、研究者間の連携が実質化されると共に、世界トップレベル研究者を呼び込むことで我が国の格段の研究力強化につながる。また、訪問滞在型研究拠点における活動を通して、複雑な社会現象を扱う数理技術の飛躍的な進歩と、社会とのインタラクションを駆動力とする新たな数理科学の創出につなげる。これは、とりもなおさず数理科学分野の知的アセットの適切な価値化を実現することにもなる。

これらの成果に基づいて数理科学の学問の幅を拡張、多様な頭脳の相互作用を通して数理科学のフロンティアの拡張と価値創造に挑戦するプラットフォーム組織としての訪問滞在型国際拠点が形成される。この国際拠点により、我が国の数理科学関係機関の連携が線から面への強固なものとなり、さらにこの国際拠点をハブとした海外とのネットワークの強化によって、日本の数理科学の国際的な存在感を高めることに繋がる。

一方、数理科学自身の発展は、内的要因によるものだけではない。歴史的に、数理科学は外からの駆動力を受けての水平展開と、それを数理として発展させる垂直展開を繰り返してきた。近年はデジタル変革を迎えて複雑な社会現象を扱う数理技術が現出しており、社会とのインタラクションを駆動力とする新たな数理が生まれつつある。本ビジョンは、日本の学術におけるこの流れを新たなフェーズに飛躍させるものとなる。

このような数理から社会、社会から数理への双方向相互作用を経て、実社会に数多く存在する課題への解決手法の、訪問滞在型研究の場における交換・共有を実現し、それが我が国の学術の格段の深化につながっていくことが、本ビジョンの目指すところである。

③ 学術研究構想の名称

訪問滞在型研究の確立による数理科学の振興と社会共創

④ 学術研究構想の概要

東北大学は、これまで知の創出センターにおけるテーマプログラムや G-RIPS Sendai などの企業課題解決プログラム等を通じて社会や企業における数理的課題への取り組みを行ってきた。このような取組みで対象としている様々な数理的課題の解決への期待は益々増大し、経団連の数理活用産学連携イニシアティブ等、我が国の産業界全体に広がっている。このような期待に応える形で社会における数理活用を実現し、その研究を深めて社会の共有財産とするための訪問滞在型研究拠点を整備し、社会の課題を数理科学で解決するシステムを整えることは、デジタル社会における価値とそこから創出される新たな学術について我が国が国際社会をリードするための基盤として喫緊の課題である。本ビジョンでは、そのような問題意識の元に広く社会の問題に取り組むため、数理科学を核とする訪問滞在型研究拠点を整備し、未来の学術の基盤となる構想を提案する。そしてそれは、訪問滞在型研究の場を活用した国際共同研究や国際頭脳循環プログラムの推進を通して、我が国の科学技術・イノベーション推進のための国際連携・協調の展開を体現するものとなる。

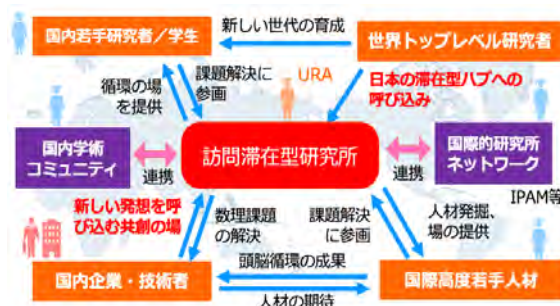


図1 訪問滞在型研究拠点の機能

⑤ 学術的な意義

本ビジョンの実現により、我が国における国際頭脳循環のハブが確立し、研究者間の連携を線から面にすると共に、世界トップレベル研究者を呼び込むことで研究力強化につながる。さらに本事業で構築する新たな国際頭脳循環の訪問滞在型研究システムを数理科学以外の分野にも適用することにより、我が国全体の機能強化にも発展する。また、我が国における数理課題に適切に対応する仕組みの確立と、社会とのインタラクションを駆動力とする新たな数理科学の創出につなげる。さらに、数理科学分野の知的アセットの適切な価値化のための枠組みが確立すると共に、訪問滞在型研究の場において実社会の課題やその解決手法を交換・共有することにより、その総合体として社会・産業界へのフィードバックにつながっていく。これらの成果・効果を総合した形で、数理科学の学問の幅を広げ、多様な頭脳の相互作用を通して数理科学のフロンティアの拡張と価値創造に挑戦するプラットフォーム組織としての訪問滞在型国際拠点が形成される。

なお、数理科学分野での訪問滞在型研究を考えるにあたっては、幅広い社会との連携を目指す形をターゲットとし、社会からの駆動力を受けての水平展開を数理として深化させる垂直展開によって、新しい学術を創出していく。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

知の創出センターの経験を活かしつつ、数理科学を核とした「総合知」構築のための国際的な頭脳循環の場を創出する。単なる異分野融合や産学連携にとどまらず、人文・社会科学の観点から提起される倫理的・社会的・法的課題や、生活者としての市民の観点から提起される諸種のニーズや潜在的問題、学生・院生から提起されるフレッシュな発想にじっくり向き合うことで、数理科学の新たな地平を開くことを目指す。

⑦ 社会的価値

21世紀における情報技術の飛躍的発展に伴って、社会における数理活用の重要性はますます高まってきているが、それには正負の両面がある。本構想は、数理科学の社会的活用をめぐる様々な不安や懸念に向き合いつつ、産業界とも連携して様々な社会的諸課題の数理的解決を生み出し、それによって Well-being な社会の実現を目指すものである。この点で、本構想が設置を目指す、数理科学を核とする訪問滞在型研究拠点は、研究者のみならず、市民を含め、広く社会に開かれたイノベーションを構想する場として、社会的な価値を有している。

⑧ 実施計画等について

【実施計画】

R8-R9：各企画の試行期間

R10-R12：各企画の拡大試行期間

R13-R17：各企画の本格運用とフォーラム全体会議開催

数理科学共創社会センター及び知の創出センターにおいて、訪問滞在型研究の運営体制を整備し、長期テーマプログラム、若手研究者向けプログラム、学生向け PBL プログラムの拡大と成果の最大化に向けた取り組みを実施する。また、各プログラムの活動を総合的に発信する訪問滞在型プログラム全体フォーラムを数年ごとに開催し、その成果を世界に発信する。

【実施機関と実施体制】

本ビジョンは東北大学知の創出センターと数理科学共創社会センターが中核となって実施する。知の創出センターは東北大学研究推進・支援機構の一員として、長期プログラムの実施等を通して総合知構築に取り組むセンターであり、訪問滞在型研究の有機的な運営経験を蓄積してきている。数理科学共創社会センターは、東北大学内の数学関係部局の連携によって設置されている部局横断型組織である。

【所要経費】

プログラム実施に必要な設備や各種プログラム企画運営費や人件費等、10年間で約2,490,000千円の所要経費を見込む。

⑨ 連絡先

佐藤 奈津子（東北大学研究推進部研究推進課研究推進係）

光行列演算装置の開発

① ビジョンの概要

省電力・省スペース・光速で動作する光演算による行列積演算装置を開発する。行列積演算は AI、VR から計算科学まで先端技術で最も重要な演算であり、その省電力化・省スペース化・高速化が実現できれば学術的・社会的なインパクトは極めて大きい。

② ビジョンの内容

本構想では現在の高性能 GPU と同程度の演算性能を備え、さらにスマートフォンの SoC に内蔵可能な消費電力と省スペース化を可能にする光演算装置 (optical processing unit, OPU) の研究開発を行う。特に対象とする演算として行列積に着目し、行列積を光速に計算する演算装置と従来の CPU などの CMOS 電子回路技術を連携させてハイブリッドコンピューティングを実現し、社会実装を行う。



図1 OPU による行列積とその広がり

行列積は、現代のデジタル世界における最重要の要素演算である。スマートフォンの画像処理、音声認識、コンピューターゲームや仮想空間のグラフィックス生成、データや動画の圧縮やデジタル通信、大規模な深層学習の学習・推論、生体分子のダイナミクスを解析する分子動力学シミュレーション、空気や水などの流体の流れのシミュレーション、ゲリラ豪雨・地震・ウイルス感染などの自然災害におけるシミュレーションといった科学計算とさまざまな計算において、行列積が演算の中心となっている。

産業界においては、NVIDIA が急成長を遂げた理由としても、その主力製品である GPU (Graphical Processing Unit) が、この行列演算を高速に行うことができるという長所を積極的に伸ばしていったことが考えられる。実際に、現在、深層学習を代表として大量の行列積を必要とする場合には GPU を用いることが前提となっている。しかし、GPU では発熱を抑えるために冷却装置が必要となり電力を大きく消費させる。高性能になればなるほど冷却装置や電力も大きくなる傾向があり、騒音の問題の解消や小型化は困難である。

③ 学術研究構想の名称

光行列演算装置の開発

④ 学術研究構想の概要

【学術研究構想のアウトプット】

省エネルギー・省スペース・超低遅延・超低損失・光速で動作する行列演算装置を開発し、CMOS 電子回路技術との連携によるハイブリッドコンピューティングを実現する。

【本学術研究構想の技術的課題】

先行研究には、空間光変調を用いた自由空間上での演算に基づくアプローチと干渉系の集積化に基づくアプローチがある。前者は情報を自由空間に展開するため並列化が容易であるが、装置の大型化や外乱への耐性などの課題がある。後者は集積化による装置の小型化や外乱への耐性に利点を持つが、大規模な並列化は現在のところ難しい。そのために、シリコンフォトニクス、メタマテリアル等の新規光技術や光演算用の新たな行列演算法の開発など、ハードウェアとソフトウェアを協調したアプローチが求められる。

⑤ 学術的な意義

【提案の背景】

2020 年 7 月に OpenAI が発表した深層学習による高性能な大規模言語モデル GPT-3 は、1,750 億個のパラメータを持つ。文章の生成、文章の要約、質問への回答、翻訳など様々な応用がある。2022 年 11 月 30 日に発表され世の中を驚かせた対話システム ChatGPT などでも重要な役割を果たしている。GPT-3 を NVIDIA の V100 で学習する場合、1,287MWh を要する。日本の 1 世帯が 1 年間に消費した電気エネルギーが 4,322kWh ほどであることを考えれば、300 世帯の年間の消費量に相当する。さらに、機械学習は学習させれ

ば必ず期待した性能がでるとは限らないため、複数回の学習を行い試行錯誤するのが通常であるため、実際には数千世帯の年間消費量に相当するエネルギーを必要とする。このように世界各国でしのぎを削る大規模言語モデル開発競争においてその大部分を占める演算が行列積である。

【期待されるブレークスルー】

光技術は一般に CMOS 電子回路技術と比べて省エネルギーという特性を持つため、産業的意義はもとより、持続可能社会を目指す我が国において、本構想は大きなブレークスルーをもたらす。

【研究成果及び様々な効果（他の学術分野への波及効果を含む）】

スマートフォンの画像処理、音声認識、コンピューターゲームや仮想空間のグラフィック生成、データや動画の圧縮やデジタル通信、大規模な深層学習の学習・推論、創薬における生体分子のダイナミクス解析、ゲリラ豪雨・地震・ウイルス感染などの自然災害におけるシミュレーションといった科学計算とさまざまな場面で行列積は最重要の演算要素である。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

行列積の光学演算に関連する研究にはフランスの複数の大学にまたがる研究チームがベンチャー企業（LightOn）を立ち上げている。また、アメリカ MIT の研究チームが、ベンチャー企業（Lightelligence）を立ち上げている。しかし、これらの先行研究は、光の並列性を限定的にしか利用しておらず、大規模な行列積の光学演算には至っていない。

⑦ 社会的価値

本構想が実現すれば、現在あらゆる分野の社会基盤として開発が進む人工知能において、大きなブレークスルーとなる。さらに、本構想に基づく、様々な電子機器に対する省エネ技術への大きな貢献も期待される。そのため、産業的意義はもとより、持続可能社会を目指す我が国において、本構想は重要な意味を持つ。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール 5年次終了時点、8年次終了時点、10年次終了時点に明確なアウトプットを創出するためのマイルストーンを下記の通り設定する。

【5年次終了時点】5年次終了時点で、光演算装置の実装およびそれを取り巻くプログラム言語やコンパイラ・デバッガなどのプロトタイプを開発する。

【8年次終了時点】最終的なアウトプットに向け短期的な研究・開発・評価を繰り返す。この時点で実機の仕様が確定すればウォーターフォール型の開発に切り替え、最終的なアウトプットに向けて進めていく。

【10年次終了時点】実アプリケーションの研究開発の実施というアウトカムを軌道にのせ国内の企業とともに国際社会に対する社会実装の運用に向けた調整、体制整備等を行う。

【実施機関と実施体制】本構想は東京大学情報理工学系研究科を中心とした共同実施体制で行う。光演算装置及びその周辺のエコシステムを実装するグループ、その性質を数理的に解明するグループ、光演算装置を実応用として使うグループに分かれて進める計画である。さらに、東京大学学内の情報基盤センター、生産技術研究センター、工学系研究科などと連携して実施するとともに、デジタル技術に強みを持つ国内外の大学や研究機関、また関連する産業分野の企業複数と連携して実施する。

同時に、光演算装置の研究開発の観点から世界をリードしていく人材の教育も行っていく。

【総経費】約 1,500 億円

⑨ 連絡先

中村 宏（東京大学大学院情報理工学系研究科）

分野横断学術基盤としてのマス・フォア・インダストリーの確立と 社会基盤としての数学連携プラットフォームの構築

① ビジョンの概要

近年、データサイエンスやAI技術などが社会基盤を再構築しつつある。今後社会にインパクトを与える科学技術には、最先端の数学が多様な分野で直接活用されて社会基盤となり、その質と量が国の浮沈の鍵を握る。社会からの要請に純粋・応用数学が一体となり応える体制の構築がわが国の将来に必須である。

② ビジョンの内容

近年ビッグデータとそれを扱うデータサイエンスやAI技術などが社会に浸透し、その基盤を再構築しつつある中、数学活用の対象はものからデータへと変化し、多様な分野で数学が直接活用され、使われる数学は多様化・高度化・抽象化した。今後20～30年で社会にインパクトを与える科学技術にはさらに抽象度が高い最先端の数学が直接活用されて社会基盤となり、その質と量が国の浮沈の鍵となるであろう。社会からの要請に純粋・応用数学が一体となって応える体制の有無はわが国の将来を左右する。日本の数学研究力や国際的信用は世界トップクラスを維持する一方、世界では、特に学際分野への巨額の投資がなされ、日本の相対的な地位は低下傾向にある。日本では第3期科学技術基本計画期間(2006-10)から政策的支援が行われてきた結果、課題解決型の異分野融合・産学連携研究も着実に活発になっている。しかし、特に産学連携研究では連携研究支援機能を強化し、知的アセットの価値化と学問への再投資のサイクルを回し、研究者が適切なインセンティブを得る環境の整備と、連携研究に専念する任期なしの研究者を確保して連続する有期プロジェクトも責任をもって遂行する体制が必要である。また、数学研究者や研究機関をネットワーク化し、ワンストップでの全国の数学研究者とのマッチング環境の構築が必須である。さらに、日本が主導してアジア太平洋地域に自立した国際コミュニティを形成することが重要である。



図1 数学連携プラットフォームの概要

③ 学術研究構想の名称

分野横断学術基盤としてのマス・フォア・インダストリーの確立と社会基盤としての数学連携プラットフォームの構築

④ 学術研究構想の概要

九州大学マス・フォア・インダストリー研究所(IMI)はマスタープラン2020「数理科学の新展開と諸科学・産業との連携基盤構築」(重点大型研究計画)で規定された、社会からの要請に純粋・応用数学が一体となって応える体制の構築を主導し、運営する責務を担う。学術としての最先端の数学研究を一層推進するとともに、学術シーズとニーズをつなぐ連携機能を抜本的に拡充する。また、産学連携研究の安定な実践体制を整え、知的アセット価値化や知財管理等の制度基盤や連携研究支援体制を構築する。さらに、共同利用・共同研究拠点の資源も活用してネットワークを形成し、上記制度基盤を共有する。それによって数学や諸科学分野、産業界の研究者が安心して産学・異分野連携活動に参画できる環境を整備し、数学コミュニティ全体で社会の要請に応える体制を構築し、わが国の数学振興と国力増強に貢献する。また、アジア太平洋地域の応用・産業数学の第三極形成を主導し、欧米と協働して数学振興と豊かで持続可能な社会形成に貢献する。

⑤ 学術的な意義

IMIは「マス・フォア・インダストリー」(MfI)の理念を提唱し、日本における組織的な産学・異分野連携を先導、開拓してきた。MfIの理念は単に数学を諸分野・産業・社会に応用して課題を解決するだけでなく、連携活動を通じて新しい数学のシーズを発掘し、数学としても魅力のある新たな研究領域を開拓するところが重要である。本構想で数学の機能が活用され、豊かで公正な社会の実現に大きく貢献することができる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

欧州ではEuropean Consortium for Mathematics in Industry(ECMI)、北米ではSociety for Industrial and Applied Mathematics(SIAM)が確立され、International Council for Industrial and Applied

Mathematics (ICIAM)でも両者が運営を主導している。この状況下、アジア太平洋地域で組織を構成してコミュニティを育成し世界第三極とすることは、この地域の数学振興に重要である。また、日本が公平で円滑な運営を主導すればコミュニティに有益で、日本の国際的な信用を高める。このビジョンの下、2014年にIMI主導でAsia Pacific Consortium of Mathematics for Industry (APCMfI)を設立、事務局をIMIに置き、会員機関持ち回りで国際研究集会Forum “Math-for-Industry”を毎年開催してきた。今後ともIMIはAPCMfIの運営に参画し、その活動をECMI、SIAM、ICIAMと連携して一層強化する。

⑦ 社会的価値

データサイエンスやAI技術などが社会基盤を再構築しつつある中、数学は分野横断的学術基盤の役割を果たしている。離散数学、位相幾何学など多様な数学が活用され、数理論理学による自動運転など法的・倫理的責任を伴う巨大ソフトウェアの検証、社会問題となった保育所の入所選考ではゲーム理論と離散最適化による劇的な選考業務改善など、数学が新しい経済的・産業的価値を生んでいる。数学の活用で、少ないリソースでより公正な社会的正義を実現し、その限界も厳密に示すことができる。本構想で数学のこの機能が活用され、人類が直面する課題解決や、また合理的な意思決定を支援し社会システムの変革を促す基盤構築や、DXによる社会機能の高度化などを通じて、豊かで公正な社会の実現に大きく貢献することができる。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

令和5年度：IMIにリエゾン戦略部門を、九州大学東京オフィス内にIMI東京分室を設置。マス・フォア・インダストリ・プラットフォーム(MfIP)の構想を公式に発表、協力拠点を募ってMfIP会議の設置。リエゾン戦略部門、協力拠点の教員の公募と採用、人員の配置の開始。

令和6年度：IMIリエゾン戦略部門と協力拠点の人員配置完了、諸活動の本格的な開始。

令和9年度：外部有識者を招へいし、MfIPの自己点検評価を実施する。

令和14年度：外部有識者を招へいし、MfIPの2度目の自己点検評価を実施する。

<実施機関と実施体制>

幹事拠点：九州大学マス・フォア・インダストリ研究所

協力拠点：(16拠点)

(1)北海道大学電子科学研究所附属社会創造数学研究センター、(2)東北大学数理科学連携研究センターおよび知の創出センター、(3)筑波大学数理科学研究コア、(4)理化学研究所数理創造研究センター、(5)大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 統計数理研究所 運営企画本部、(7)明治大学先端数理科学インスティテュート、(8)早稲田大学理工学術院総合研究所 重点研究領域 数理科学研究所、(9)東京大学大学院数理科学研究科附属数理科学連携基盤センター、(10)武蔵野大学数理工学センター、(11)慶應義塾大学理工学部数理科学科、(12)名古屋大学大学院多元数理科学研究科、(13)京都大学数理解析研究所および大学院理科学研究科数学・数理科学専攻、(14)大阪大学数理・データ科学教育研究センター、(15)大阪公立大学数学研究所、(16)広島大学大学院統合生命科学研究科

<総経費> 19,000,000千円

各年度：人件費 964,000千円、活動費 946,000千円、合計 1,900,000千円

⑨ 連絡先

梶原 健司(九州大学マス・フォア・インダストリ研究所)



図2 マス・フォア・インダストリ・プラットフォームの概要

文理芸の融合研究

① ビジョンの概要

数学と様々な現象をつなぐ学際的研究へのニーズが昨今高まっているが、既存の研究の推進だけでなく、数学との親和性が必ずしも高くはないと思われてきた分野に数理的視点から光を当てることは、今後ますます重要になるであろう。こうした分野には、例えば人間の社会行動、知覚・認識、感性、芸術などが含まれる。このような新たな数理科学の領域を切り拓き、自然や社会の深い理解、生活の向上、産業の発展につなげる。

② ビジョンの内容

現象数理学の研究拠点である明治大学先端数理科学インスティテュート(MIMS)は、2007年の設立以来、数学と様々な現象をつなぐ学際的研究の受け皿としてその役目を果たしてきた。とりわけ、文理融合研究およびライフサイエンス・数理科学融合研究に重点を置き、基礎方程式がわかっていない多くの現象に数理的視点から光を当てることに力を注いできた。今後20～30年先を見通したとき、我々が考える学術振興の「ビジョン」はその延長上にある。即ち、これまでに培われた文理融合研究の領域をさらに広げて、その対象に、感性や美意識に関わる芸術の領域を含め、芸術的な創造・創作の世界へも波及する「文理芸を融合する数理科学」を目指す。

③ 学術研究構想の名称

文理芸の融合研究

④ 学術研究構想の概要

MIMSでは、文理融合、ライフサイエンスと数理科学の融合を基本構想としているが、以下の項目1～6を通じて、感性・美意識・芸術なども対象とする「文理芸を融合する数理科学」の確立を目指す。

1. 人の知覚・認識機能には、理性による判断とは独立した自律的反応の側面が多く含まれているが、その仕組みを数理モデルによって解明する。特に、事実とは異なる知覚・認識をしてしまう錯覚の原因解明に重点を置き、安全な生活環境を整備するための方法論を構築する。
2. 日本で誕生した立体的な扇は、巧みな視線誘導を可能にする。俳句や和歌のみならず童話や小説など一つの扇という小空間に集約させた、新しい和文化の創出が期待できる。
3. 宇宙・海洋などの超マクロ、体内などの超ミクロ領域では折紙構造が有効であることを最大限に活かし、世界を豊かにする新産業を構築する。
4. 人間の感性を総合的に扱える数理的枠組みを確立し、諸課題の解決を図る。
5. 近年、計測技術や機械学習の発達により、あらゆる生き物(含む人間)の行動が、長時間にわたって自動記録されるようになってきた。この膨大なデータを数理科学(含データサイエンス)の対象として扱う機運が高まっている。進化の歴史を勝ち抜いてきた生き物の知恵に学ぶしなやかでかつ強靱な社会作りに向けてのオーダーシップを発揮する。
6. 生命現象はまた、遺伝子ネットワーク・代謝経路・神経伝達・生体物質の相互作用などのミクロなレベルから脳機能・生物多様性・人流などのマクロな環境まで、幅広い階層が複雑に絡み合う現象であり、その全体像の理解のために、既存の理論的枠組みでは捉えきれない生命現象を表現する数学的基盤を整備する。

⑤ 学術的な意義

1. 知覚・認識や感性への貢献：錯覚は真実を知った後でも修正できず繰り返すという特徴を持ち、その機序が比較的簡単な法則に基づいていることが示唆される。これを手掛かりに、数理的な視点から未踏であった知覚・認識の分野を数理科学的手法の対象に取り込む。
2. 新産業創出への貢献：MIMS独自の数理技術を援用し、切り紙ハニカムなどの挙動の柔軟性を利用し、外力に応じて構造自体の形状を変えることにより被害を最小にする新しい構造設計法への波及効果も期待される。
3. 文化芸術への貢献：二次元の扇絵では円であっても扇に仕立てると楕円になるなど独特の構図が必要である。この数理を解き明かし、世界に散在する扇の写真からデジタル扇を作り、江戸時代の生活を再現するという新しい研究の誕生が期待される。



図1 ビジョンの背景

4. ライフサイエンスへの貢献÷生命現象においては、遺伝子ネットワーク・代謝経路などのマイクロなレベルから、脳機能・生物多様性・人流などのマクロな環境まで、幅広い階層が複雑に絡み合っている。既存の理論的枠組みでは捉えきれないこれらの生命現象を表現する数学的基盤を整備し、全体像の理解に貢献する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

1. 文理芸融合：立体復元方程式に基づいて3次元立体錯視を説明・創作する杉原の研究が国際的にも突出している。これらの創作活動は、数理的アプローチが新しい現象の予測・発見の力を持つことを実証している。折紙・扇は、日本固有の物である。新しい特性を有すメタマテリアル創出の宝庫である切り紙ハニカムは日本人の発明である。

2. ライフサイエンス：大サイズの哺乳類の群れから微小な生物の群れや細胞集団まで多様な階層の集団行動を網羅的に計測し、階層を超えた生きもののダイナミクスの一般論を構築し、数理的な視点から予測制御や応用に役立てる。計測技術では日本が世界に先んじており、当構想では数理と多様な分野との融合により、更にリードを広げる。

⑦ 社会的価値

現在のグローバル化社会は複雑な多層構造を持ち、人類の目標が、経済的利便社会だけではなく、むしろ人間性の確保、幸福度、健康度、安らぎ等へとシフトしている。社会の横断的複合領域での人間の感受性が重要となり、芸術や感性はこれまで以上に重要な役割を果たす。複合領域での複雑な挙動の可視化と最適な予測には、複雑社会の数理的モデリングが強く求められ、これらはSDGsへも貢献する。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

1. 視覚の数理モデルを実験データに基づいて精緻化・改良する活動を継続的に行い、錯視を弱めたり強めたりする制御技術の性能を向上させる。応用研究に関しては、錯視を弱める技術を利用して、道路環境の整備による交通事故の軽減、画像の奥行き錯視を取り除くことによる正常画像の復元などに役立て、錯視を強める技術を利用して、知覚の脆弱性を学ぶ知育教材、観光資源ともなる大規模錯視遊具、マジックグッズ、アクセサリ商品、視覚芸術のための新しい表現技術などを開発する。
2. 自然界にない様々なメタマテリアルを創出する新しい切り紙ハニカムがMIMSで誕生した。火災時に無力となるハニカムコアでは高層ビルの広い床には使用できないが、キュービックコアではそれが可能となるなど、多くの構造物に革新をもたらす技術となる。
3. 感性における機械学習の位置付けは大きい。感性では因果の分かることが重要である。しかし、多くに使用されるCNNでは、因果は後付けでしか得られない。MIMSでは、因果の分かる手法を開発している。これをベースに乗り心地の周波数依存性、音響療法の数理を求め、中・高速自動走行車における恐怖感の緩和、音響療法の理論の構築を行い人々の幸福に役立てる。
4. 世界的な流れとして、生き物の行動データの取得・共有が進展しつつある。これを解析し、地球規模の生態系の維持、3次元空間でぶつからない高密度群れ飛行、社会性昆虫のしなやかで高度な組織作りなどの機構を系統的に紐解き、「群行動の数理科学」を創生するとともに、応用を目指す。

<実施機関と実施体制>

拠点機関：明治大学先端数理科学インスティテュート（MIMS）

協力機関：[国内] マス・フォア・インダストリ・プラットフォーム(MfIP)に参加する国内17大学・機関。日本学術会議生物物理学分科会、山口大学時間学研究所、武蔵野大学 数理工学センター、広島大学、山梨大学、龍谷大学。[海外] 米ペンシルバニア大学数理生物学センター、フランス国立研究センター（CNRS）、ボルドー大学（フランス）、韓国科学技術院（韓国・KAIST）、国立台湾大学、国立成功大学。

<総経費> 28.9億円（初期経費（スーパーコンピュータ、システム構築）3.5億＋各年度2.54億×10年）

⑨ 連絡先

西森 拓（明治大学先端数理科学インスティテュート）



図2 ビジョンと学術構想

数学・数理科学を基盤とする AI-VR-3D 造形の統合研究拠点の創成

① ビジョンの概要

大阪大学の数学・数理科学の強みを基軸に、AI・VR・3D 造形の 4 領域を理論的・横断的に統合する研究拠点を創成する。本構想は、これらを数理科学を基盤に横断的に統合し、AI 支援センター・VR 支援センター・3D 造形支援機能を四位一体で運用する統合研究拠点を創成する施設計画である。特に AI については、学内 4 部局の連携を重視し、学内横断的な体制を整備することで、統合的運用を実現する。さらに、量子情報科学におけるアルゴリズム理論や高次元情報解析との接続を視野に入れ、次世代計算基盤に適合する数理理論の高度化を推進し、理論主導型統合拠点の確立を目指す。

② ビジョンの内容

■【学術的重要性】

I. 数学と AI-VR-3D 造形・量子情報科学の融合研究の重要性：

I-1. 《数学×AI》AI の高度化に伴い、信頼性・透明性を備えた AI システムの構築が課題である。AI 推定過程に潜む論理・構造の数学的抽出、数学研究への AI 導入、定理の予想提示、AI 教育における数学的視点の付与が重要となっている。

I-2. 《数学×VR-3D 造形》VR や 3D 造形には拡大縮小・鏡映・回転・せん断などの幾何操作や、立体構造に関する測度・角度の厳密な扱いが不可欠であり、数学的定式化を基盤として高精度化が可能になる。

I-3. 《VR×3D 造形》VR 市場は拡大が見込まれ、特に触感再現技術の研究開発が産学で加速している。対象に応じた正確な応力算出が求められるが、体内組織のように直接測定が困難な対象も多い。有効な VR 開発には高忠実度の 3D 造形と物性パラメータ化が不可欠である。

I-4. 《AI×VR》現行の VR における応力伝達技術は発展途上にある。触知対象を AI で認識し、応力を自動的に切り替える仕組みが実現すれば、よりリアルな触感が可能となる。

I-5. 《数学×量子情報科学》量子アルゴリズム理論、高次元線形代数、情報幾何などの数理的枠組みを導入し、将来的な量子計算資源の活用可能性を見据えた数理基盤の整備を推進する。

■【様々な効果とそれらの意義】

II. 社会的課題解決：上記支援センターの設置により、医療現場の社会的課題解決に資する新たな枠組みが形成される。以下に、その具体的事例を示す。

II-1. 《画像診断AIの効果》(1)疾患の見落とし防止、(2)読影精度の向上、(3)読影時間の低減による業務の効率化。さらに、(4)手術器具の先端位置の移動軌跡解析、(5)血管・臓器等の動的情報の定量化により有害事象発生リスクの推定が可能となる。

II-2. 《医療現場における VR の効果》(1)VR コンテンツを用いた医師の体験型の学習、(2)医師同士のスムーズな情報共有、(3)認知処理機能を鍛えるリハビリテーション

II-3. 《臓器造形の効果》(1)術前試技（シミュレーション）、(2)手術計画の患者説明（インフォームド・コンセントの質向上）

■【期待されるブレークスルーと研究成果】

VR 技術は、AI によって分類・抽出された要素を視覚・触覚・聴覚など複数感覚により提示することができ、高次感性情報の再現を可能とする。大阪大学は多様な知的資源を結集しており、こうした革新的研究を先導できる基盤を有している。

③ 学術研究構想の名称 数学・数理科学を基盤とする AI-VR-3D 造形の統合研究拠点の創成

④ 学術研究構想の概要 大阪大学は、数学、人工知能（AI）、仮想現実（VR）、3D 造形の 4 領域において高度な専門的知識と研究基盤を有している。本構想では、これらを数理科学を基盤に統合し、AI 支援センター、VR 支援センター、3D 造形支援機能を四位一体で運用する施設計画を提案する。特に AI については、データビリティフロンティア機構、数理・データ科学教育研究センター、サイバーメディアセンター、情報科学研究科の 4 部局連携により、学内横断的な支援体制を整備する。

学内外の研究者が AI 推定を実行・検証できる「AI 支援センター」には、モデル・実施例・データを

集積・共有する仕組みと、社会課題に対応する相談窓口を設ける。隣接して「VR 支援センター」を新設し、3D 造形支援機能は「科学機器リノベーション・工作支援センター」と連携して提供する。若手を中心とする人材育成と多様性ある実施体制を確保し、研究シーズの汲み上げ、成果の最大化、社会還元を一体的に推進することで、既存研究領域の活性化と学術研究振興に寄与する。

⑤ 学術的な意義

I-1. 《数学×AI》数学的定式化に基づいて AI 推定過程を解析することにより、ブラックボックス化しがちな AI の判断根拠を理論的に説明可能にする枠組みを提示する。これにより、AI の透明性と検証可能性が担保され、「説明可能な AI」研究を数学的に後押しする。

I-2. 《数学×VR-3D 造形》VR や 3D 造形に不可欠な幾何変換や測度・角度の取り扱いを数学的に整理し、数理的枠組みに基づいた標準化手法を構築する。

I-3. 《VR×3D 造形》臓器モデルや術前試技に代表される医療応用において、患者固有の解剖学的特徴を高精度に再現する造形技術を確立する。

I-4. 《AI×VR》AI による対象認識と VR 触感技術を結合することで、触覚再現を定量的に扱える枠組みを提示する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

米国は AI と VR の両領域において世界を先導しており、Microsoft、Carnegie Mellon University、MIT、Google、NYU など主要な企業・大学が国際的に高い成果を発信している。また、VR 技術でも、帰還兵 2000 人の PTSD 治療に用いられた「Bravemind」に代表されるように、医療応用分野で革新的な成果が報告されている。

本構想の特徴は、AI-VR-3D 造形の 3 支援機能を併設し、医歯薬農学系や人文系を含む多様な研究者がデータと課題を持ち込めるコンサルティング体制を整備する点にある。これにより、学内に分散する知的資源を結集し、数理科学を基盤とする先進的統合施設として、国内外で注目されるモデルケースとなることが期待される。

⑦ 社会的価値

本構想の社会的価値は、第一に国民理解の深化にある。AI-VR-3D 造形を統合した支援センターの活動を公開講座や共創プログラムとして広く社会に発信することで、先端科学技術と市民社会との距離を縮め、知の公共性を高める。第二に、知的価値および経済的・産業的価値の創出である。AI 推定過程の数学的検証、VR における触感再現、3D 造形による高精度臓器モデルは、教育・医療・工学など多領域に新たな学術基盤を形成し、医療機器産業、製造業、コンテンツ産業への波及効果も期待される。

最後に、社会的課題解決と SDGs への貢献が挙げられる。医療応用を柱とする本構想は、診断支援、術前シミュレーション、リハビリテーションの高度化により、SDGs3「すべての人に健康と福祉を」に貢献し、国民生活の質の向上と持続可能な社会の形成に資する。

⑧ 実施計画等について

■【1 年目】AI 支援センターと VR 支援センターの 2 施設を新設し、主要設備（全 12 項目）を整備する。3D 造形支援機能は「科学機器リノベーション・工作支援センター」と協働する。産業界・産業イノベーション部門と連携し、広報活動を通じて統合センター設立を学内外に周知する。医歯薬農・人文・社会科学・自然科学等の多様な分野に対応できる研究者向けカウンセリング人材を雇用する。AI-VR-3D 造形に関する講習会を開催し、人材育成のための教材制作を開始する。

■【2 年目】カウンセリングで蓄積された課題のうち、学内開示に同意が得られたものについて学内マッチングを開始する。

■【3 年目－4 年目】若手研究者支援制度および成果の社会還元体制を強化する。

■【5 年目以降】設備更新を実施しつつ、蓄積したカウンセリング情報を解析し、学外研究者・企業とのマッチングを推進する。共同研究創出と知的財産形成を推進する。融合研究の方向性を継続的に検証し必要に応じて見直す。

<総経費>353,145 千円

⑨ 連絡先 杉山 由恵（大阪大学大学院情報科学研究科）

ソフトウェア検証、高信頼 AI 技術および形式化された数学の確立

① ビジョンの概要

未来社会においては、誰もが安全性を確信できるソフトウェアと AI の信頼性の高い基盤技術が必要となる。その実現には、誤りや脆弱性を排除し、数学的に保証された知識と技術を社会に浸透させることが不可欠である。本構想は、演繹的検証、自動検証、証明付きソフトウェア構成、数学基盤形式化の 4 本の柱を並行的に推進し、安全で持続可能な社会を下支えする学際的研究を展開する。

② ビジョンの内容

誰もがソフトウェアや AI を安心して利用できる未来社会の実現には、複雑なシステムや新しい技術基盤から誤りや脆弱性を根本的に排除する仕組みが不可欠である。一方で、ソフトウェアの複雑化に加え生成 AI や量子計算が普及する中、従来のテスト中心の方法では信頼性の担保に限界がある。重大な事故やリスクを防ぎ持続可能な社会を築くには、数理論理による厳密な保証技術が求められる。

そのため本構想では、プログラム検証技術を演繹的手法と自動化手法の両面から発展させ、それを証明付きソフトウェア構成や数学基盤形式化へと展開することで、次世代の高信頼基盤を築くことを目指す(図 1)。

演繹的検証は、多様化する計算モデルに対応した理論体系を与え、自動検証は大規模ソフトウェアを人的コストなく扱える技術を提供する。証明付きソフトウェア構成は、検証技術そのものの正当性を保証し、社会に直結する重要システムの信頼性を高め、数学基盤の形式化は、計算機による厳密な検証と学術的成果の精密な共有を実現する。これらの柱は互いに密接に関連し、循環的に発展することで強固な基盤を形成する。

本ビジョンは、計算機科学と数学の架橋を促進し形式的手法の新潮流を牽引する。プログラム検証に用いた数学の形式化の知見を数学界にも還元し、双方の発展に寄与することを目指す。また、重要インフラの安全性を根本から支え、生成 AI や量子計算といった新技術の健全な応用をも可能にする。さらに、検証と形式化を基盤とした技術は教育や人材育成にも大きく寄与し、国際共同研究の推進や国際競技会を通じて世界に発信されることで、日本が分野融合研究の中心的役割を担うことが期待される。

③ 学術研究構想の名称

ソフトウェア検証、高信頼 AI 技術および形式化された数学の確立

④ 学術研究構想の概要

自動運転や手術ロボット、電力網等の安全性が重視されるソフトウェアには、クラッシュや情報漏洩を一切起こさない完全な検証が不可欠である。昨今の生成 AI の進化によりプログラム作成は容易になったものの、誤りを含む可能性があり、安全性が重視されるソフトウェアへの利用には課題が多い。

この問題を解決するソフトウェア検証技術は現在も国内外で盛んに研究が続けられている。静的解析ツールや証明支援系の発展により実用化は進んでいるが課題も多く、量子計算機の登場に伴う新理論の確立も急務である。また、検証に利用される証明支援系は国際的に活躍する数学者らにも注目され、数学の形式化が進められている。同様の形式化はソフトウェア検証の基盤となる数学的な定理についても必要である。

ソフトウェア中心の現代社会において、本課題の解決は避けて通ることができない。その達成には、情報科学のみならず数学や物理学といった広範な分野における、大規模かつ国際的な連携が不可欠である。

⑤ 学術的な意義

演繹的検証は、数理論理に基づきプログラムの正しさを厳密に保証する。これは言語や計算の理論を深化させ、並行・量子・AI 等の新モデルにおける安全な設計基盤となる。単なる解析技術を超え、計算の一般理論を発展させる点に大きな学術的意義がある。自動検証は多様な手法を統合し、人手を伴わない大規模ソフトウェアの検証を実現する。SAT/SMT ソルバ等の限界に挑む過程で革新的なアルゴリズムを生み、機械学習との融合は探索の柔軟性と適応性を高めることが期待される。この研究は検証の効率化に加え、最適化や AI 分野へも広く波及する。さらに、演繹的検証を AI 技術に応用し、ブラックボックス的な深層学習の安全性や頑健性を数理的に解析することによって、高信頼 AI の実現を可能にする。証明支援系によるプログラム検証の

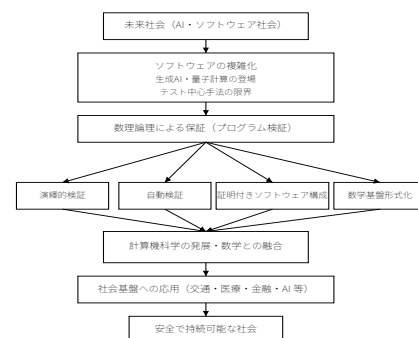


図1 数理論理による次世代高信頼基盤

形式化は、高信頼ソフトウェア開発において重要な役割を果たす。証明支援系（Rocq や Lean 等）は、定義や定理を形式化し機械的に検証するツールであり、コード抽出もサポートされているため、上述の検証技術を実開発に応用でき、高信頼なソフトウェア構築が実現できる。証明支援系による数学の形式化では、定義・定理・証明を検証済みプログラムとして言語化し、再現可能なライブラリとして保存・伝達を促進することを目指す。数学的知識の保存は、国際数学連合においても重要な課題として認識されており、近年では著名な数学者による実践も始まっているが、専門知識と労力を要する点が課題である。本研究提案では、これまでの経験を活かして形式化の生産性を向上させ、誰もが手軽に数学的知識の保存・共有できる環境を目指す。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

プログラム検証や数理的基盤の形式化に関しては、欧米を中心に活発な研究が進められている。演繹的検証では、分離論理や依存型システムを拡張した多様な論理体系の提案が続き、量子計算や AI に対応する形式手法の萌芽的研究も見られる。自動検証の分野では、SAT/SMT ソルバやモデル検査、抽象解釈を基盤とした技術が国際的に標準化され、さらに機械学習を活用した探索戦略の改良など新しい方向性が模索されている。証明付きソフトウェア構成については、CompCert 等の検証済みコンパイラや、証明支援によるアルゴリズム実装の実用化が現実味を帯びている。また数学基盤の形式化では、大規模な証明ライブラリの構築が進められ、国際数学連合においても数学知識の保存手段として重視されている。本構想は、これらの潮流を踏まえつつ、演繹的検証と自動検証を統合し、さらに証明付きソフトウェア構成と数学形式化へ展開することで、国際的な研究動向に呼応すると同時に、日本独自の学術的強みを発揮するものである。

⑦ 社会的価値

本構想の社会的価値は、ソフトウェアの信頼性を根本から高める技術確立し、その成果を社会基盤に還元できる点にある。インフラや医療等の重要分野では、検証技術による厳密な保証は、国民の安全・安心を支える基盤となる。また、証明付きソフトウェアの実現は、テスト依存の開発から脱却し、高信頼ソフトウェアの効率的な構築を可能にする。さらに、数学基盤の形式化を通じた知識の保存と再利用により、知的資産の永続的な蓄積を促す。これは学術的価値のみならず、開発コスト削減や新産業創出など経済・産業面にも大きく貢献する。また、整備された証明ライブラリやオープンソースの検証基盤は教育資源としても活用でき、次世代人材の育成に寄与する。加えて、本構想は SDGs における「産業と技術革新の基盤構築」や「持続可能な都市・社会インフラの実現」にも直結し、持続的かつ安全な社会の実現に大きく貢献する。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール 本計画は 10 年を目途とし、演繹的検証、自動検証、証明付きソフトウェア構成、数学基盤の形式化という 4 つの柱を並行的に推進しつつ、時期に応じて重点を変えて進展させる。前期（1～3 年）では、各柱の基盤整備を行う。演繹的検証ではプログラム論理の拡張を進め、並行・確率・量子計算に対応可能な推論体系を構築する。自動検証では SAT/SMT ソルバ、抽象解釈、モデル検査を組み合わせた自動化技術を開発し、評価用ベンチマークを整備する。証明付きソフトウェア構成では検証アルゴリズムの小規模実装を証明支援系上で試行し、数学基盤の形式化では基本的な定義・定理のライブラリ構築を開始する。中期（4～6 年）では、各柱を発展させ相互に連携させる。演繹的検証と自動検証の成果を統合し、効率性と精密性を兼ね備えた検証基盤を構築する。証明付きソフトウェア構成では実用規模のソフトウェアを対象に高信頼実装を行い、数学基盤の形式化ではライブラリの拡充と応用範囲の拡大を図る。後期（7～10 年）では、4 つの柱を統合的に展開し、学術的・社会的応用へ結実させる。検証基盤を医療・金融システムに応用し、国際競技会を通じた評価基盤の運用に参画する。また、数学形式化の大規模プロジェクトに参加し、国際的に共有可能な知識基盤を整備する。これらを通じて日本が分野融合研究の拠点として国際的に主導的役割を果たすことを目指す。

・実施機関と実施体制 関連する主要分野で十分な研究実績を有する東北大学電気通信研究所が中心となり研究を開始する。同研究所が共同利用・共同研究拠点として国内外の情報通信分野の研究促進の役目も担っていることも活用しながら、国内外の研究機関との共同研究を広げ実施してゆく。10 年間の総経費として 8,000 百万円（設備費 3,200 百万円、人件費 3,200 百万円、事業推進費 1,600 百万円）を計上する。

⑨ 連絡先

海野 広志、中野 圭介（東北大学電気通信研究所）

地球惑星科学・諸科学・社会とのミュオグラフィ連携研究基盤構築

① ビジョンの概要

我が国が世界をリードするミュオグラフィの限界を乗り越え、レジリエントな社会や低炭素社会を実現するために人類が今直面している課題を解決するための新たな地球内部探査技術学理を探究する。

② ビジョンの内容

本提案は我が国が世界をリードする、ミュオグラフィの適用サイズや時間分解能の限界を乗り越え、自然現象社会基盤、文化遺産に到るまで、地球の人間活動圏を高精細かつ実時間で可視化させることにより、レジリエントな社会、低炭素社会、古代、現代、未来へとつなげるサステナブルな都市づくりを実現するために人類が今直面している課題を解決するための新たな地球可視化技術学理を探究することをビジョンとしている。

今から 80 年前ミューオンが宇宙線の中に発見されて以来、その粒子が持つ強い透過性は第一線の研究者達を魅了し、過去半世紀以上様々な巨大物体の透視が試みられて来た。このミューオンを用いてどこまで地下深く透視できるかを探究することは近未来の地球内部探査の技術体系を大成するための根源的テーマである。これまでの自然現象や社会基盤、文化遺産の諸問題の根幹には、その内部の構造や動きを、詳細にかつ、直接的に捉えることができなかったことにある。本計画は 21 世紀の革新的技術の要となる学理を与え、学の融合によりミュオグラフィの革新的応用研究を加速し、地球内部に関する未解明の諸問題に直接的な解答を与える。

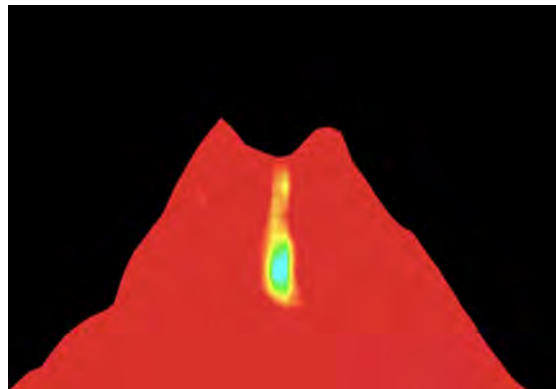


図1 火山のミュオグラフィ透視画像

③ 学術研究構想の名称

地球惑星科学・諸科学・社会とのミュオグラフィ連携研究基盤構築

④ 学術研究構想の概要

「地球惑星科学・諸科学・社会とのミュオグラフィ連携研究基盤」「Multi-Aspect Geo-Muographic Array (MAGMA)」を構築する。新たな地球観測学理を大成すると共に、地球惑星科学諸分野、物理学分野、総合工学分野、人文社会科学分野、地方自治体、企業体等との連携を深め、同基盤を核とした諸科学と社会が連携した研究者・技術者コミュニティを育て上げる。本計画で整備する連携研究基盤は素粒子物理学と人文社会科学を含む諸科学との異分野融合型の教育研究基盤としても機能する。

⑤ 学術的な意義

【提案の背景】素粒子物理学分野と地球科学的に文化、社会基盤を組み合わせた本計画は、新しい学術融合分野の創成を通して、国連の持続可能な開発目標につながる。世界最大規模のミュオグラフィ研究インフラを世界に向かって発信する役割も担う。

【学術的重要性】「米国石油地質協会」は「本研究基盤はエッセンシャルである。」「Geo-Muographic Array はイノベティブで将来、世界へ大きな益をもたらす」と評している。「ロンドン地質学会」は「有用な次世代エネルギーとして証明されるだろう。本研究基盤はこれを初めて可能とする。」と評している。日本原子力学会放射線工学部会は「放射線・原子力に対する国民の理解も一層深まる」「放射線工学分野の進展にもつながる。」と評している。日本中間子科学会は「我が国における学際的研究の最も成功した例であるミュオグラフィを更に発展させる本研究」と評している。高槻市教育委員会は「これまでの探査・調査手法とは異なり、



図2 ミュオグラフィを使うことで 186 年ぶりに見つかった新たな玄室 (Egypt's Ministry of Tourism & Antiquities/ScanPyramids Project)

非破壊非接触で内部構造を透視できるミュオグラフィは、文化財の調査研究やその普及啓発においても、新たな可能性を持つ技術である（高教文第 1593 号）」と評している。

【期待されるブレークスルー】日本火山学会は「新しいパラダイムを生む可能性が大きい」、物理探査学会は「地球内部の人間活動圏を透視可視化できる」、海洋調査技術学会は「次世代の海洋調査技術への可能性を秘めている」、石油技術協会は「革新的な手法」、日本鉱物学会は「鉱物科学の発展の可能性」、岡山市教育委員会は「貴重な文化財を傷つけることなく内部構造を見ることができる（岡教文第 1066-1 号）」と各々公式文書の中で学術的ブレークスルーを期待している。

【他の学術分野への波及効果】本研究基盤は産業用プラント、高速道路などの社会基盤あるいは古墳などの文化遺産の監視・保全に即展開できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

我が国が世界のリーダーシップをとり、世界のミュオグラフィ産業と共に地球規模課題を解決していく計画である。

⑦ 社会的価値

講演、博物館展示、新聞雑誌記事、高校教科書・教材などを通して、国民の理解が進んでいる。本計画を実施する事で一層の理解が進む。国際社会経済研究所（旧日本電気総研）はグローバルな価値創造の為の連携が加速され、新たな産業やベンチャー企業が駆出し、新たな投資への好機となり新しい産業が生まれる。

矢野経済研究所（共同通信社グループ）は素粒子技術の応用に関する国内及び WW 市場規模推移予測を発表しており、2020 年 514 億円であったものが 2025 年には 1,787 億円に成長する事が予測されている。このように急速に拡大する素粒子応用市場において確実にミュオグラフィ産業を発展させていくための計画である。SDGs 3、4、7、9、11、13、14、15 に貢献する。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール

初年－5 年目：建設期間（基盤設備の建設）

5 年目－10 年目：部分運用（基盤設備の運用）

15 年目－本格運用（基盤設備の展開）

実施機関と実施体制

実施主体となる機関は東京大学国際ミュオグラフィ連携研究機構であり、同機構が本研究計画の推進にあたる。同機構は医文理工横断研究機構であり、国際・学際的な視野で多様な知を結びつけるだけでなく、産学有識者会議/実務経験者会議などインターセクトラルな連携を強く推進する仕組みを有するため、ミュオグラフィ技術を多方面に展開・実装することを可能とする。主幹部局である地震研究所は、「地震・火山科学の共同利用・共同研究拠点」として、文部科学大臣の認定を受けていることから、その機能を活用して、全国共同研究を円滑に実施する体制が整っている。また、国際ミュオグラフィ研究所との連携を強化することで、国際共同研究を推進する。

所要経費 総額 106 億円

【建設費】85 億円

（大量生産に向けた小型高解像度ミューオン検出器モジュールプロトタイプ製作：1 億円、小型高解像度ミューオン検出器モジュール：80 億円（80 万円×10,000 個）、観測所増築：3 億円、データ通信ストレージ環境整備：1 億円）

【運営費】21 億円

（試験ボーリング費：2 億円×5 本、移動設置費：1 億円、挿入費：1 億円×5 回、光熱通信データ管理費：5,000 万円×10 年）

⑨ 連絡先

田中 宏幸（東京大学）

太陽地球系結合過程の研究基盤形成

① ビジョンの概要

地球は太陽からの放射エネルギーと太陽風を受け、逆に赤外放射を行い物質が流入・流出する複合系で構成される。太陽地球系の結合過程を統一し定量的な理解を目指す。宇宙惑星科学と大気水圏科学を結合し、広大な領域を複合システムとして研究し、宇宙利用や大気変動予測に貢献する。太陽風、電磁気圏、大気圏の全域の稠密で継続的な観測と理論・シミュレーションの協働によって取り組む。

② ビジョンの内容

人工衛星の打上げ数が加速度的に増加し高度な宇宙利用が進んでいる。地球と太陽系宇宙の研究強化が必要であり、衛星観測と地上観測データのアーカイブ及びリアルタイム共有が研究の基盤となる。一方、地球では従来の温暖化予測を超える超長期の気候変動研究が新たな挑戦であり、超高層大気を包括する全大気圏の観測が必要である。集中豪雨などの激甚気象の予測向上のためには小スケールの大気変動の研究が必要である。国際的な研究動向はISC（国際学術会議）傘下のSCOSTEP（太陽地球系物理学科学委員会）の国際研究プログラムCOURSE（太陽地球系システムのスケール間結合過程）で議論されている。我々の提案の成果は、天気予報の時間・空間範囲が拡大し宇宙に達し、宇宙環境の知見が拡大、航空宇宙産業の成長をサポートする。

③ 学術研究構想の名称

太陽地球系結合過程の研究基盤形成

④ 学術研究構想の概要

太陽風から地球までの地上設置観測装置群を整備し、太陽風変動、極域の電磁気圏変動、赤道域の全地球大気上下結合、全緯度域の電離圏・超高層・中層大気変動を10年以上にわたり観測・長期モニタリングする。観測データ共有システムを整備・拡張し、国際共同研究を推進し、以下の5つの研究を実施する。

- 1) 赤道ファウンテン：太陽放射により励起された対流活動に起因するエネルギー・物質の噴流・循環過程を解明するため、インドネシアに赤道MUレーダーを建設する。
- 2) 極域エネルギー流入過程：太陽風エネルギー流入により激しく変動する地球大気の応答過程を解明するため、EISCAT_3Dレーダー（5ヶ国共同、欧州予算により建設中）を完成させる。
- 3) 太陽風伝搬過程：太陽から放出された太陽風の加速・伝搬過程を明らかにし、地球に対する影響を正確に予測するため、次世代太陽風観測装置を開発し、観測を開始する。
- 4) グローバル結合過程：地球大気及び周辺の宇宙空間におけるグローバルなエネルギーと物質の流れを明らかにするため、広域地上観測網を赤道から極域に展開する。
- 5) 観測データ統合解析：観測データベースを構築し、共同利用・共同研究を推進する。

⑤ 学術的な意義

大気研究の中で偉大な成果といえる「天気予報」は、より高高度までを取り扱うモデルが良い成績を示し、気候モデル（温暖化予測）では特にこのことが顕著であって、IPCC（気候変動に関する政府間パネル）はモデルの最高高度を70km以上にすべきと勧告している。地球大気の研究を高度の上限を取り払って推進することは、学術上の要請が高い。一方、地球大気の上辺には電離圏や磁気圏と呼ばれる太陽紫外線による弱電離プラズマの領域が広がり、そこは人工衛星の活動領域でもある。太陽面の爆発に起因する高速の太陽風によってプラズマ環境が激変し、人工衛星の不具合を引き起こす。これに対抗するため、太陽風の経路を明らかにして衝撃波の到来予測の精度を上げていく必要がある。さらにCOURSEでは太陽活動が気候にもたらす影響解明を主要テーマのひとつとしている。電離圏・磁気圏の環境は地球大気からのエネルギーと運動量に大きく支配されている。地球大気の宇宙空間への流出も解明すべきテーマである。太陽近傍から地球周辺の宇宙そして地球大気を一体のものとして研究することが極めて重要である。

本学術研究構想では、従来装置より感度10倍の赤道MUレーダーによる大気観測、従来の100倍の高解像観測を実現するEISCAT_3Dレーダー、現在比で10倍の観測データが得られる太陽風観測装置、赤道から北極



図1 研究ビジョンの概要

を結ぶ広域地上観測網を駆使して、太陽地球系物理学の全領域を守備範囲とする一体的な長期観測システムを実現する。時間特性やエネルギー密度が極端に異なる現象の個別研究を融合することで、エネルギー再配分と物質輸送に関するブレークスルーを得る。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本学術研究構想は、日本が源流を創ってきた技術基盤に立脚した2つの大型レーダー、太陽風観測装置、日本が得意とする地上観測網を中心とする戦略的な提案である。欧米・中国・インドの成長が顕著であるが、EISCAT_3D レーダーが北極、赤道 MU レーダーが赤道、次世代太陽風観測装置が太陽風の観測を強化することで、研究領域を日本が引き続きリードできる。赤道 MU レーダーはインドネシアと共に建設準備を進めている。EISCAT_3D レーダーは既に欧州分担分の建設が開始されており、日本の参加が急務である。

⑦ 社会的価値

【地球環境変化予測・災害防止】大気レーダー等を用いた研究は極端気象の予報改善に貢献する。環境変動が顕在化する超高層大気の大気レーダー観測は、温暖化等の監視・予測に貢献する。太陽風および宇宙プラズマの研究は衛星システムの安全運用に寄与する。(SDGs 項目 13)

【産業振興】高性能レーダー開発、電波科学、信号処理技術、データ解析技術等について産学連携で新開発することで国内外で産業振興を促す。(SDGs 項目 9)

【オープンデータ活用】レーダー等の多様な大気観測データが WDS (World Data System) として認定されている。本研究の取り組みは、データサイエンスの実例である。(SDGs 項目 4、9)

【質の高い教育 (国際交流・若手育成)】世界最先端の大型大気レーダーおよび太陽風観測装置の国際共同利用を通じて、欧米のトップクラスの研究者との頭脳循環が促進される。アジア・アフリカを含む国内外の若手研究員・大学院生の人材育成を促進する。(SDGs 項目 4、10、17)

⑧ 実施計画等について

【実施計画】広域地上観測網、次世代太陽風観測装置は2～3年で設置でき、調整・予備観測を経て本観測を開始する。EISCAT_3D レーダーは欧州が設置中(1期目)であり2026～2027年から観測開始する。本計画は送信機の増設(2期目)に貢献する。赤道 MU レーダーは2027年の PANSY (南極昭和基地大型大気レーダー) 縮小後に送受信モジュール等を輸送・整備して実現し2030～31年から観測開始する。期間後半に全装置が参加する集中観測を複数回実施する。

【実施機関と所要経費】。

総額 125 億円

1) 赤道 MU レーダー (設備 25 億円、運営 15 億円 (10 年間))

京都大学生存圏研究所、国立極地研究所、協力：インドネシア国立研究革新庁 (BRIN)

2) EISCAT_3D レーダー (設備 25 億円、運営 10 億円 (10 年間))

国立極地研究所、協力：名古屋大学宇宙地球環境研究所、EISCAT AB

3) 次世代太陽風観測装置 (設備 16 億円、運営 4 億円 (10 年間))

名古屋大学宇宙地球環境研究所

4) 広域地上観測網 (設備 10 億円、運営 10 億円 (10 年間))

名古屋大学宇宙地球環境研究所、九州大学国際宇宙惑星環境研究センター

5) 観測データ統合解析 (運営 10 億円) IUGONET 運営協議会

⑨ 連絡先

山本 衛 (京都大学生存圏研究所)



図2 本学術研究構想で整備する観測装置群

震源近傍観測・破壊再現実験による沈み込み帯プレート地震メカニズム研究の新展開 -「次の次の」南海トラフ巨大地震予測に向けて-

① ビジョンの概要

地震・津波・火山災害の多くは沈み込み帯で発生している。数百年に一度の M9 級地震は、世界全体では 10 年に一度発生している。今後 30 年以内の M8～9 級地震発生確率が 60～90% 程度以上とされている南海トラフで、海底および掘削孔内観測・試料採取・破壊実験といった分野融合研究を通じて巨大地震発生予測に挑戦し、甚大な影響をもたらす災害の軽減を図り、世紀を超えた日本・世界の持続可能な発展に貢献する。

② ビジョンの内容

2011 年の東日本大震災では、日本の観測史上最大の地震・津波で 1 万 8 千人の犠牲者を出し、巨大地震災害の脅威を改めて示した。世界でも、2004 年インド洋地震・津波や 2010 年チリ地震・津波など、広域な災害を引き起こしてきた。1950 年以降、M9 超地震は 5 回発生しており、10 年に一度と、頻度は低くない。日本近海でも、千島海溝や南海トラフでは今後 30 年以内に M8 級地震の発生確率が高く、特に南海トラフ地震では最大 30 万人の死者、235 万棟の建物全壊・焼失が想定されている。

日本は世界で最も稠密な地球物理観測網を有し、緊急地震速報や津波警報の高度化に貢献している。これら観測データの解析により科学的な地震予測を実現し、被害軽減を目指すことは地球科学者の責務である。

地震発生の理解には、ミリ単位の破壊開始から数分で 100 km 以上に拡大する破壊伝播まで、多階層の現象を一体的に捉える必要がある。現在、スロー地震などの観測を通して、断層固着状態の把握が進んでいるが、次なる巨大地震を準備過程から破壊に至る過程まで「漏らさず」観測する体制の確立が必要不可欠である。

本提案では、南海トラフ想定震源域において多項目観測を継続し、AI による異常信号の検出およびデータ同化に基づく予測モデルの逐次更新を通じて、「次の」地震の科学的予測に挑戦する。さらに、地震準備過程、直前過程、発生後過程で得られる知見を統合し、それらを「次の次の」地震のより確実な予測へと発展させることにより、日本および世界の持続可能な発展に貢献することを目指す。

③ 学術研究構想の名称

震源近傍観測・破壊再現実験による沈み込み帯プレート地震メカニズム研究の新展開 -「次の次の」南海トラフ巨大地震予測に向けて

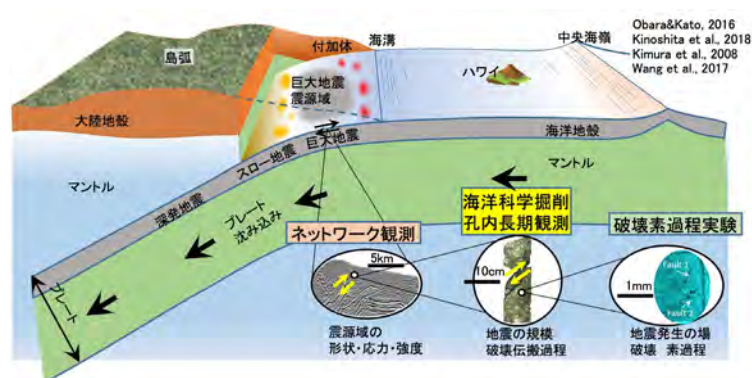


図1 南海トラフ地震発生帯を想定した地下構造と観測のビジョン

④ 学術研究構想の概要

本計画は、構造探査、地震活動監視と再現実験を統合し、地震の動的描像の解明に挑戦する。海底・地下圏での観測網の整備や掘削試料の精密分析を通じ、ナノから広域スケールのデータを統一的な視点で扱うことで、世界に先駆けて予測科学を確立し、日本・世界の持続的発展を可能にする、社会基盤の形成と国土強靱化に貢献する。

⑤ 学術的な意義

日本は最も活動的なプレート収束域に位置する自然災害「大国」である。本構想は、広域地球物理観測で地震発生の「場」を捉え、微視的物質科学で地震の静～動的過程を描像することにより、地震準備段階～破壊終了までを総合的に理解しようとするものである。特に、震源域のごく近傍でのみ検出しうる変動を漏らさず観測すること、そして断層描像、鉱物・岩石・水変質過程を再現することが重点項目となる。さらに観測と実験を結ぶ共通の尺度の例として b 値などを活用し、地震発生要因の解明を進める。これにより、地震学・火山学・測地学・物質科学・地球化学・計算地球科学を統合した「固体地球の予測科学」を創成し、地震・津波被害軽減と固体地球の進化過程を解き明かす新しい科学を切り拓く。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

地震・火山噴火予知研究は、昭和 40 年代から全国の大学・研究機関が気象庁や地方自治体等の防災関係機

関と組織的な研究を推進してきた。日本では、高感度地震観測網、全国強震観測網、GNSS 連続観測システム、日本海溝海底地震津波観測網や南海トラフ地震・津波観測監視システム等の稠密観測網により、大地震後の余効変動、スロー地震などが世界に先駆けて発見された。また、IODP（国際深海科学掘削計画）により、日本海溝や南海トラフで掘削・孔内観測が行われ、プレート境界断層の高速滑り履歴やスロースリップ検知など、顕著な成果を挙げている。物質実験では、高知コアセンターが破壊実験を主導してきた。近年、高圧下の鉱物構造・物性実験に基づく静的な地球内部構造研究から、地震メカニズムを含めた地球内部の動的現象の解明に向けた放射光 X 線実験の開拓が進んでいる。

本構想では、南海トラフ地震震源域でこれらの手法を投入して統合的に解析する。特に地震現象を近傍で観測して、地震過程全体の理解・予測につながると期待される。

⑦ 社会的価値

災害大国日本は、地震・火山災害軽減に関して国民の期待が大きい。本構想は海底ケーブル網と孔内観測所を連動させ、掘削や再現実験により地震発生の本質を解明し、世界をリードする予測研究を推進する。南海トラフ地震対策としての緊急性は高く、人文社会学・工学など多分野との連携により、持続可能な社会基盤の構築と国土強靱化に貢献する。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

●ケーブル接続型掘削孔観測システムの製作・設置・観測

1～2年目：センサー・システムの設計・製作・陸上孔内試験

3～10年目：システムの海底孔内設置（南海トラフ等5か所）・試験運用

●地震発生帯掘削

1～10年目：室戸沖・日向灘・熊野灘、日本海溝地震発生帯断層先端部掘削・長期孔内観測（JTRACK）

●震源物質等を用いた地震破壊再現実験

1～2年目：分析拠点整備

3～8年目：震源資料による破壊再現実験

●データ解析手法の開発

●地震過程モデル構築

<実施機関と実施体制>

東京大学地震研究所（地震研）、海洋研究開発機構（JAMSTEC）、高知コアセンター（KCC）の3拠点をハブとして推進する。

観測研究では、孔内観測所の開発・試験は JAMSTEC が進める。中でも光ファイバーを地震計・歪計として活用する研究は地震研と JAMSTEC 両方で進める。物質研究は、高知大学と JAMSTEC で共同運営する KCC を核として、緊密に連携しつつ実施する。地震研内に企画部を持つ地震・火山観測研究推進協議会、日本地球掘削科学コンソーシアム、国際深海科学掘削計画と密接に協力し、国内・国際連携基盤を最大限に活用する。

<所要経費> 総額 115.9 億円

●設備備品費 51 億円

●消耗品費 1 億円

●旅費 3.8 億円

●人件費 9.2 億円

●調査観測・実験等役務 48.1 億円

●運用費 2.8 億円

⑨ 連絡先

望月 公廣（東京大学地震研究所）

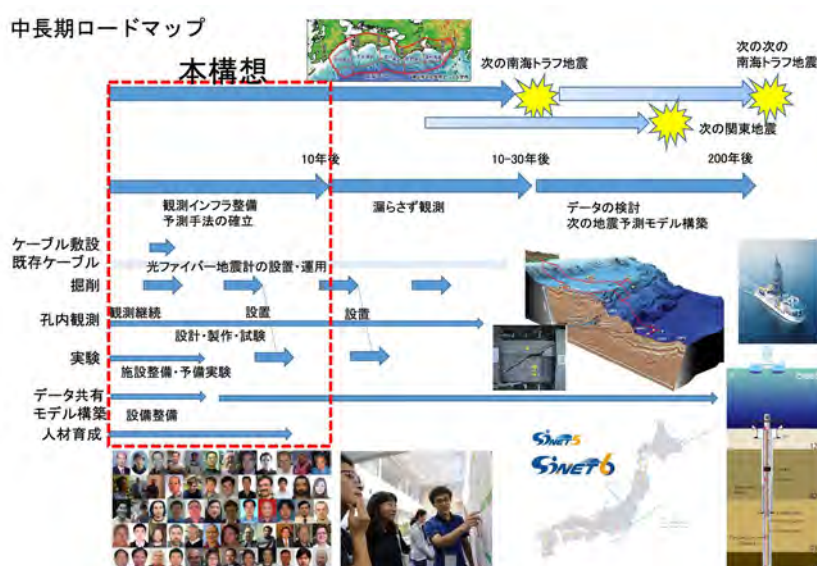


図2 本構想およびその後の研究推進に関する中長期ビジョン

ジオミクス創成：網羅的分子解析のための革新的分析技術開発による 宇宙、地球、生命科学

① ビジョンの概要

人間社会を取り巻く全てを包括したシステムである【生態圏】における森羅万象を理解するには、構成する無数の原子・分子群の変化を総体的に捉える必要がある。その実現を目指した革新的分析技術開発を行い、生態圏の過去から現在までを包括的かつ系統的に理解する新たな学術【ジオミクス】(Geo+omics=GeoOMICS)を創成する。これにより気候変動・自然災害の予測や医療革新、生活の質の向上に寄与する。

② ビジョンの内容

人類にとって、「我々はどこから来たのか？我々は何者か？我々はどこへ行くのか？」(ゴーガン)は、地球環境問題や世界規模の社会問題を抱える人間社会を将来にわたり持続的に発展させる上で、可及的速やかに取り組むべき大命題である。そのためには【生態圏】、すなわち、惑星間空間から、地球上の気圏、水圏、土壌圏、生物圏、人間圏、地球内部までを、網羅的・統合的に理解する必要がある。

この生態圏を構成する物質は原子・分子の集合体であり、そこで起こる現象を理解するには、複雑に相互作用する無数の原子・分子群について、時間軸に沿って過去から現在、そして近未来へと系統的かつ包括的に精査し、それらを空間的かつ時間的に繋ぐ必要がある。しかし現状では、この包括的理解にいたる方法論が存在せず、新たな学術の構築が強く求められている。そこで我々は、生態圏に存在する分子群を総体として網羅的に解析(オミクス: omics)する新しい学術「ジオミクス (Geo+omics=GeoOMICS)」を提唱し、「生態圏の未来はどうなるのか？」「生態圏と共存する、持続可能なより良い社会はどうすれば構築できるのか？」という根源的問いに挑む。

この新たな学術創成には、独創的かつ革新的な物質科学研究を推進する鍵となる計測技術の開発が必須となる。特に分子を同位体まで含めて網羅的に解析するオミクス研究においては、質量分析をはじめとする分子計測の最先端技術革新が不可欠である。従来の学問分野の枠を超えて新たな技術開発を強力に推し進め、現在の様々な計測限界を突破することにより、20～30年後の社会を根本から変革し得る学術基盤を築く。

③ 学術研究構想の名称

ジオミクス創成：網羅的分子解析のための革新的質量分析技術開発による宇宙、地球、生命科学

④ 学術研究構想の概要

高い測定感度・物質決定能力という優れた特性をもつ質量分析は、物理学、地球惑星科学、環境科学、化学、生命科学などで広く利用され、同位体を含め網羅解析するオミクス研究に不可欠な技術である。我が国には、質量分析開発の長い歴史があり、大阪大学では1930年代後半に国内初の質量分析装置を開発して以来、マルチターン飛行時間型質量分析計『MULTUM』のような世界に誇れる革新的な装置開発が継続的に行われてきた。

本構想「ジオミクス創成」には、独創的かつ革新的な物質科学研究を推進する鍵となる独自の計測技術と異分野融合が必要不可欠である。我々はこれまでに築き上げた質量分析技術をさらに進化させ、学術的に飛躍的な成果が期待できる高感度・高精度・高質量分解能を実現する。さらに誰もが簡便に高品質なデータを得られる可搬型装置の小型化、高信頼化を進める。これらと他のナノスケール分析や超高時間分解能計測、ビッグデータ解析等の最先端情報技術を組み合わせ、理学・工学・農学・医歯薬学のみならず、考古学・防災・まちづくりなど人文社会科学分野まで幅広く展開する。人文・社会科学、生命科学、理工・工学の3分野を有機的に融合して新学術「ジオミクス」を推進することで、20～30年後の社会変革を切り拓く。

⑤ 学術的な意義

我が国の研究者が有する質量分析技術、付随する試料サンプリング、前処理、分離、装置制御やデータ解析等の技術の結集により、各分野の研究者が思い描く「夢」を叶える機器が完成する。これにより世界に先駆けて新しいサイエンスで成果を出し、国際的な学術競争力を強化する。例えば、地球惑星科学分野では、

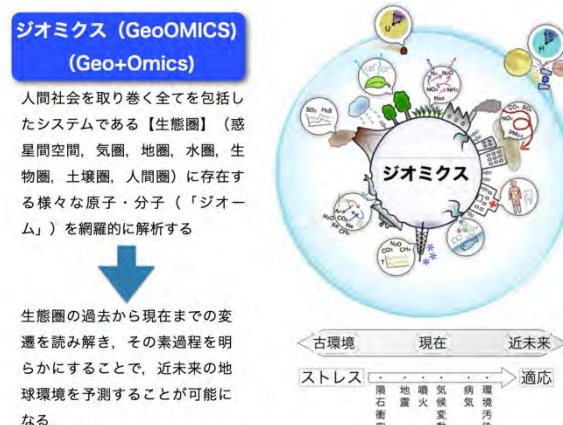


図1 ジオミクスの概念図

日本に数多くある火山や活断層それぞれの同位体モニタリングが可能になる。これにより火山噴火や地震、付随する各種現象への理解が進み、防災および社会の安全・安心への貢献が期待される。海洋資源探査も高度化・緻密化し、我が国の死活問題である資源・エネルギー問題の解決への寄与も見込まれる。また、小惑星探査機「はやぶさ1・2」、地球掘削船「ちきゅう」、南極探査など日本の独自計画で得た貴重な試料を、日本独自の分析手法で高精度に分析することが可能となる。環境分野では、大気圏・土壌圏・水圏を巡る物質動態のリアルタイムかつ網羅的な解析を実現し、地球規模の課題（温暖化、環境汚染等）に対する将来予測と対処方確立を促進する。医療分野では、診断精度の向上と迅速化、薬物療法の適正化、在院日数短縮や薬剤費低減を含む医療費抑制、さらには臨床現場即時検査（POCT）技術の革新による予防医学や先制医療の高度化が期待される。最終的には、各分野で得た革新技術とサイエンスを統合して人間活動をも内包する生態圏を網羅的に理解する新学術領域「生態圏惑星科学のジオミクス」を構築し、前述の命題「生態圏と共存する持続可能なより良い社会の実現」に挑み、その解を見出すことを目指す。

加えて、次世代の質量分析技術を担う人材の輩出も期待される成果として挙げられる。これは、日本が伝統的に優位性を有する「質量分析」を要とする本計画ならではの人材育成であり、科学技術立国を掲げる我が国の科学政策の最重要課題の解決に寄与するものである。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

現在、国内外の研究機関に質量分析装置が配備され重要なツールとなっているが、性能より使いやすさやスループットに軸足を置いた外国製の汎用装置が大勢を占めている。一方、我が国でも先端機器開発に投資されてはいるが、装置開発者と最先端サイエンスを追求する研究者の連携が希薄であり、研究者ニーズを踏まえない装置が開発されがちであった。本計画では、装置開発と計測現場の協働場において研究が行われるため、最先端研究を切り拓くために「真に求められている」装置を開発し、「これまで見るができなかったものを観る」ことを目指す点が最大の特徴である。

⑦ 社会的価値

【国民の理解／知的価値】本計画は「宇宙・地球・生命という人類の好奇心（大命題）への挑戦」であり国民の理解は得られやすい。逆に、この人類古来の課題に実質的に切り込むには、本技術開発が不可欠である。

【経済的・産業的価値】開発した装置の実用化などで、経済的・産業的な波及が期待される。すでに本計画に関連して大阪大学の MULTUM 技術を基盤とするベンチャー企業も設立されている。今後の経済効果は、次世代シーケンサ開発ベンチャー企業の時価総額5兆円に匹敵する可能性もある。

【SDGs への貢献等】本計画の技術は医療現場の疾病病態診断など生命科学分野に展開できる (SDGs 3、9、11)。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞ 最初の3年間は、質量分析装置研究開発コア拠点（大阪大学）で推進中の基礎技術開発を発展させる。気圏（大阪大学、横浜市立大学）、水圏（北海道大学、鳥取環境大学）、地圏（東京大学、高知コアセンター、名古屋大学、山梨県富士山科学研究所）、土壌圏（北海道大学）、生物圏（京都大学）、人間圏（東北大学病院、大阪大学、京都大学）を担う生態圏研究開発サテライト14拠点では、各圏ジオミクス構築への予備的研究を既存・市販装置を活用して進める。後半7年間は、コア拠点と各サテライト拠点が連携して装置開発（オンサイト環境計測用質量分析計、惑星探査用小型質量分析計、オンサイトに適したサンプリングや前処理など）を進め、開発した装置を活用して前述の目標達成に向け研究を進める。

＜実施機関と実施体制＞ 質量分析装置研究開発コアを1拠点、生態圏を構成する各圏研究開発サテライトを全国に14拠点設置する。イオン光学系は大阪大学でデザインし、試料に依存するサンプル処理部やイオン化部は地球化学会、質量分析学会に属する各機関が開発する。全国に張り巡らせたジオミクス拠点ネットワークと連携して全体として inclusive な研究体制を確立する。完成した新型装置は全国共同利用設備とし、地球惑星科学はじめ関連分野で広く享受するとともに、アナリティカル・テクニカルな知見も共有することで様々な科学分野の発展を支える「扇子の要」となる質量分析学コミュニティ全体の基盤向上に役立てる。

＜総経費＞ 215 億円

＜所要経費＞ コア拠点:40 億円、サテライト拠点:10 億円(14 拠点)、附帯設備の合計:10 億円、建物:25 億円

⑨ 連絡先

豊田 岐聡（大阪大学大学院理学研究科附属フォアフロント研究センター）

地球表層システム変動の解明に向けた地殻～マンツルのフロンティア科学の実践

① ビジョンの概要

人類の持続可能性を左右する地球システムの変動メカニズムを理解するため、地殻～上部マンツルに至るフロンティアを国際的な海洋科学掘削プロジェクトの段階的な実施により開拓し、次代を担う俯瞰的かつ先導的な視野を持つ若手国際人材を育成しつつ、地球規模課題の解決に資する学術基盤を創成する。

② ビジョンの内容

固体マンツルの流動は、生命のハビタビリティを規定しているのである。しかし、地球内部と表層をつなぐ地殻～マンツルにかけての連続的なリファレンス・データや観測データが欠如している。

我が国は地球深部探査船「ちきゅう」を保有し、地殻～上部マンツルに至るフロンティア科学を世界的に牽引する立場にある。本構想は、それらを最大限に活用した国際プロジェクトを段階的に実施する。

我が国においては、日本地球掘削科学コンソーシアム (J-DESC) によるオールジャパン体制が確立されている。2025 年より日本と欧米が主導する国際海洋科学掘削計画 (IODP3) がスタートした。本計画は、既存の概念や分野・国境、ジェンダーに捉われない公平な形で行われ、次代を担う若手人材に国際的な活躍の場を与える。さらに、地球システム変動に係る新しい発見や学術的知見を一般社会に向けて発信・共有化することで、科学成果の社会還元と持続可能性の創出に貢献していく。

③ 学術研究構想の名称

地球表層システム変動の解明に向けた地殻～マンツルのフロンティア科学の実践

④ 学術研究構想の概要

プレートテクトニクスを介した地球内部と表層の間の物質・エネルギー循環は、地球内部、表層環境、生命圏の共進化を促進してきた。しかし、大気・海洋～マンツル間の反応フロントである地殻～上部マンツルにおける水・炭素の分布、存在形態、動態情報が致命的に不足している。

本構想では、太平洋底の海洋プレートを対象に、海洋科学掘削調査プロジェクトを段階的に実施し、地殻～上部マンツルに関連した鉛直標準データと時系列データを取得する (図1)。既存の掘削試料や孔内計測データの解析・再利用するバーチャル航海によって世界で活躍できる若手人材を育成し、地球システム変動の学術的理解を深化させる。

⑤ 学術的な意義

地球の質量の約 68%、容積の 83% はマンツルからなる。惑星地球の特異性は、マンツル対流によって駆動されるプレートテクトニクス、海洋と陸地の形成、そして生命の存在にある。この地球を地球たらしめているプロセスを実証的に明らかにすることは、宇宙における地球型惑星と人類社会の持続可能性を指し示す基本的原理を手にする意義を持つ。しかし、プレートテクトニクスを通じた水・炭素の大循環メカニズムの解明には、大気・海洋との反応フロントである地殻～上部マンツルにおける水・炭素の分布、存在形態、動態についての情報が不足している。代表的な海洋地殻～マンツル最上部に至る科学掘削調査を段階的に実施し、未変質の地殻・マンツルの試料回収は、海洋地殻～マンツルの標準試料として科学史に残る金字塔となる。坑井を利用した観測技術は、地球深部を探索する窓として未来に受け継がれる人類の遺産となる。

「ちきゅう」による太平洋底地殻掘削は、プレート沈み込み型海洋底の上部～下部地殻境界の実体、上部地殻の組成・構造と熱水循環系、地殻内生命圏の実態解明と共に、人類未到のマンツルへの到達を実現するために不可欠なデータを提供する。

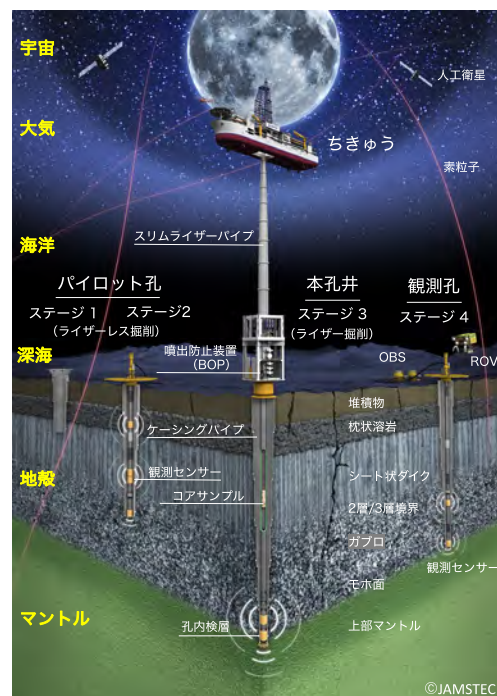


図1 地殻～上部マンツルに至る国際海洋科学掘削計画の概念図

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

2050 年までに国際的な海洋科学掘削計画が達成すべき科学目標を定めた 2050 Science Framework では、本構想の骨子が国際コミュニティの合意事項の一つとして明記されている。2021 年 9 月の要望書「地球システムの理解に向けた国際海洋科学掘削研究の推進」では、「海洋地殻を貫通しマントルまでのサンプルリターンを実現し、地球生命の誕生・存在限界、水・炭素サイクルを包括的に理解することで、人類・生命と地球の共生社会の創造に貢献する」といったコミュニティの集約意見が明記されている。

⑦ 社会的価値

未だに達成されていないマントル掘削プロジェクトを我が国が主体となって実現すれば、日本国民に遍く夢と誇りを与えるとともに、世界に冠たる海洋・科学技術立国、日本を強く国民そして全世界に印象づけることとなる。太平洋に集結する大気観測や海洋観測データとの大気―海洋―地殻―マントルの鉛直的な時系列データの統合解析により、全球規模かつ中・長期的な地球システム変動予測等に寄与するのみならず、デジタルツインに代表される地球環境ガバナンスやジオハザード予測等への貢献、温室効果ガス等の半恒久的地層処分への展開、クリーンエネルギー源（熱・水素等）の確保など、革新的な地殻～マントル空間の利活用に係る新たな道を切り拓き、人類の持続可能性に資する経済的・産業的価値の創造につながる。

⑧ 実施計画等について

本構想は海洋地殻の完全貫通による上部マントルへの到達を実現し、惑星地球を代表するリファレンスデータを取得することを最終目標に、プロジェクトを段階的に展開する。

- 1) 西太平洋底掘削調査：東北沖アウターライズにおける沈み込みプレートインプット側掘削調査を実施。
- 2) 海洋マントル由来物質掘削：フィリピン海プレートに露出しているマントル由来物質の掘削を目指す。
- 3) バーチャル航海：バーチャル航海を、約 2 年に 1 度程度の頻度で実施予定。最新の分析機器や解析方法を適用したレガシーコアの有効利用を推進し、世界で活躍できる若手人材育成を推進する。
- 4) 太平洋底海洋プレート掘削提案申請：小笠原―マリアナ前弧等における下部地殻～上部マントル起源物質掘削、ハワイ沖上部地殻海底下 2.5 km までのライザーレス掘削調査計画、北海道のマントル由来岩体の掘削提案を申請する。
- 5) 事前海域調査：マントル掘削のパイロット孔候補について、総合事前調査を実施する。

＜実施機関と実施体制＞

我が国におけるプログラムの運用・実施主体は文部科学省及び海洋研究開発機構である。本構想のプロジェクトに係る日本人研究者は、ほぼ全員が J-DESC（正会員 50 機関、賛助会員 6 企業、個人会員 5 名）に所属している。提案書の審査は国際的科学立案評価パネル等で決定される。当該科学掘削のコア試料は、高知大学と海洋研究開発機構が共同運営する高知コアセンターに保管され、国際共同利用される。

国内研究者コミュニティは、過去 15 年以上にわたり継続的に本構想を醸成している。日本地球惑星科学連合（JpGU）に「ハードロック掘削フォーカスグループ」を設置し、連合大会等でのセッション提案のみならず、大学院生や若手研究者らに奨励賞を設けるなどの人材育成を推進している。

＜総経費＞ 195 億円

＜所要経費＞

本研究構想の実現のために、海洋地殻～マントルに至る掘削プロジェクトの段階的な実施を行う。

- ・ IODP3 太平洋底海洋地殻掘削調査費：20 億円（プレート沈み込み関連海洋底掘削）
- ・ 掘削予定海域事前調査費：10 億円（屈折法・反射法探査等）
- ・ 観測システム開発費：5 億円（最大 2.5 km のマルチ観測アレイを想定）
- ・ ハワイ沖海洋地殻、伊豆―マリアナ全弧域掘削調査費：140 億円（「ちきゅう」による掘削を想定）
- ・ 分析設備費：10 億円（高分解能 X 線顕微鏡、同位体質量分析器等）
- ・ 人件費：10 億円（若手研究者人件費+国際バーチャル航海等による人材育成費を含む）

総経費：195 億円/10 年

⑨ 連絡先

森下 知晃（金沢大学理工研究域地球社会基盤学系）

革新的超高压技術に基づく地球深部物質科学と材料科学の新たな学際融合分野の創成

① ビジョンの概要

世界を先導する超高压実験技術の更なる発展と、関連する量子ビームラインの高度化を通じて、従来の限界を大きく超える圧力の発生や、高精度かつ高速な構造・物性測定とイメージング、新材料開発などを推進する。これらの独自技術を基盤として、地球惑星科学の他分野の研究者や、物理学・化学・材料科学分野などの研究者との連携により、地球深部物質科学の新たな発展を期すとともに、新物質合成などの融合分野の開拓・創成を図る。

② ビジョンの内容

超高压実験技術の進歩とともに発展した地球深部物質科学は、地球内部を構成する物質の結晶構造と化学組成を解明した。いわば「静的」な地球深部物質の概要が明らかになった現在、地球の「動的」挙動の解明が今後の重要課題となる。

一方で、太陽系惑星や小惑星などの表面の化学組成と内部の磁場の特徴が明らかにされ、系外惑星についても多くの情報が得られている。巨大惑星内部は、地球の中心をはるかに超える 1000 万気圧領域の世界であり、実験技術の更なる高度化による巨大惑星深部物質の解明も重要な課題である。

これらの「動的地球」と「惑星深部」をキーワードとした地球深部物質科学の新展開に加え、他分野の研究者との協働により新たな融合分野の創成が見込まれる。超高压を利用した「新材料の開発」を進め、融合分野としての超高压材料科学を開拓することも、当該分野において推進すべき重要な課題である。

このような重要課題の推進には、共通の基盤である量子ビーム施設に設置された装置の不断の高度化が必要である。またナノ多結晶ダイヤモンド（ヒメダイヤ）による超高压実験技術の発展は、巨大惑星深部の物質探査や地球深部ダイナミクス解明に新たな道を切り拓くと期待される。これらの共用設備や独自技術を活用できる体制を整備し、先端研究を学際的に推進するとともに、新たな融合的学術分野の創出を目指す。

③ 学術研究構想の名称

コンソーシアム組織の形成による地球深部物質科学と超高压材料科学の基盤強化

④ 学術研究構想の概要

当該分野において不可欠な量子ビームの更なる有効活用のため、ビームライン（BL）設置の大型装置等の高度化を、共同利用・共同研究拠点「PRIUS」を運用する愛媛大 GRC を代表拠点とし、中核拠点とともに推進する。一方で、地球深部の動的挙動や惑星深部物質の解明を目指して、ヒメダイヤを用いた革新的超高压実験技術の開発とともに、高温超伝導物質や新たな機能性材料の開発にも取り組む。

上記の目標達成のため、代表拠点・中核拠点とともに、高压科学関連量子 BL や PRIUS のユーザーを中心に、幅広い物質科学分野の研究者、また大学・研究開発法人・企業等の様々な機関に所属する研究者の参画によるコンソーシアムを形成する。これらの多様な分野や所属の研究者の協働により、BL の高度化や、共通の革新的技術の開発をすすめ、強い連携のもと学際的な共同研究の促進を図る体制を整備する。

これにより、我が国の地球深部物質科学分野の研究力の更なる強化を行うとともに、幅広い分野の研究者とともに新たな融合的研究分野の創成を目指す。また、他分野の研究者との連携により、動的地球科学と惑星深部科学をキーワードとした地球惑星科学の新たな分野の開拓をすすめる。更にコンソーシアム機能を利用した研究人材の育成と流動化を図るとともに、新たなキャリアパスの確保・拡張も推進する。

⑤ 学術的な意義

量子ビームは、超高压下での微小試料の観察と親和性が高く、地球深部物質科学の不可欠のツールである。SPRING-8 最初の論文が当該分野から発表され、マントル最下部でのポストペロブスカイト相の発見など、世界を先導する研究成果が発信されている。SPRING-8 や J-PARC におけるナノビーム利用や高輝度化などを見据え、新たな実験技術の開発を進めることは、我が国が引き続き世界をリードするための重要な課題である。

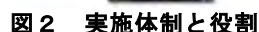


図1 本ビジョンの概要とロードマップ

地球や惑星深部の物質構成と、その動的挙動の探求には、超高压実験に基づく物質科学的手法が重要な役割を果たしている。本構想により、太陽系惑星内部の物質構成や化学組成の解明の進展とともに、系外惑星内部の物質にも重要な制約を与えることができる。また、地球深部物質の超高压下での動的挙動の観察により、地球深部のダイナミクス・進化過程についても重要な情報が得られる。一方で、超高压領域の圧力の他分野への応用は、従来にない物質・材料の開発を可能にするとともに、新しい融合的学術分野を生み出す。これらの結果、深発地震の発生メカニズムの解明、水素の金属化の検証、超イオン氷の存在と構造の解明、多様な新材料・物質の開発など、多くのブレークスルーがもたらされる可能性が強い。

地球深部物質科学分野は、日・米・欧の3極が世界をリードしてきた。米国では、高圧地球科学コンソーシアムが、全米約60の研究機関を組織した連携活動をすすめている。2023年には、GRCの世界最大MA(BOTCHAN-6000)と同じ装置が建設される。欧州では、バイエルン地球科学研究所(BGI)が中核となり、ヨーロッパ放射光施設(ESRF)などとの強い連携のもと研究をすすめている。アジアでは中国の躍進が目覚ましく、中国地質大学などが大型装置の導入を進めている。また北京高圧中心は、物理学・材料科学など広範な分野をカバーする一大研究拠点の形成しつつある。本構想は、独自の革新的装置・技術を高度化するとともに、量子ビームの効率的活用により欧米をリードし、アジアの研究の中心としての地位を確保・発展させるものである。

第一義的には、目に見えない地球や惑星の深部がどのような物質でできており、太陽系全体を含めそれらがどのように形成されたかという、知的好奇心に応える基礎科学の深化に強く関係している。一方で、巨大地震や火山の発生機構を理解し予測する基盤となる。他方で、超高压を利用した材料科学の新たな発展に結びつき、新素材の開発を通じて多大な産業的・経済的価値をもたらす可能性がある。超高压実験は高温超伝導体探査の重要なツールであり、エネルギー問題解決のブレークスルーをもたらすと期待される。



代表・中核拠点と参画拠点、また実施体制を決定し、高度専門職人材に加え、博士研究員と研究支援員の募集・採用を進める（R6-R7）。また、中規模装置の設置、量子 BL の高度化、大型 MA（BOTCHAN-II）設置などを進める（R8-R9）。これにより、特に「動的地球科学」・「惑星深部科学」・「新材料の開発」をキーワードとした共同研究を重点的に推進するとともに、新たな融合分野の創成に向けた取り組みを進める（R10-R15）。

経費 65.5 億円：〔設備：計 44 億円〕 (1)量子 BL 設備 (18 億円)、(2)超大型高圧合成装置 (10 億円)、(3)中規模設備 (16 億円)。〔人件費：12.5 億円〕 (1)高度専門職人材 (5 億円)、(2)博士研究員 (6 億円)、(3)研究補助員 (1.5 億円)。〔消耗品等：9 億円〕 (1)超硬合金 (3 億円)、(2)焼結ダイヤモンド (2 億円)、(3)ヒメダイヤモンド加工 (1 億円)、(4)圧力媒体等 (1 億円)、(5)光熱費 (1 億円)、(6)旅費 (0.5 億円)、(7)広報等 (0.5 億円)。

340

機動的観測の展開による南極域の環境変動の解明と全球への影響評価

① ビジョンの概要

南極氷床の融解による海水準上昇などの地球規模の問題解決や、持続可能な社会の実現のため、南極域での研究観測は緊急性の高い課題である。機動的観測の展開を通じて、未だ十分明らかになっていない南極域での実態を解明することにより、現在進行している温暖化等の環境変動シグナル及びその全球影響を定量的に把握し、人類の生存のため、将来予測の精度を上げる事を可能にする展望が開ける。

② ビジョンの内容

地球温暖化をはじめとする環境問題は、人類生存の脅威となる喫緊の問題であり、持続可能な世界の実現に向けて解決すべき課題である。課題解決に向けて、地球規模の気候システムを理解し、将来の気候を高精度で予測することは大きな社会的要請である。地球システムの中で、両極域は全球的な環境変動の影響を受けて変動するだけでなく、両極で起きる環境変動は、大気・海洋循環等を通して全球的な気候システムに大きな影響をもたらすと考えられている。しかしながら、ひとたび変動が起きれば全球的な影響が大きい南極域と、急変する北極域との両極間の結合も未だ明らかではない。したがって、全球的な気候システムを含む地球システムそのものを理解する上で、両極の相互作用を含む極域システムの解明は不可欠である。このまま

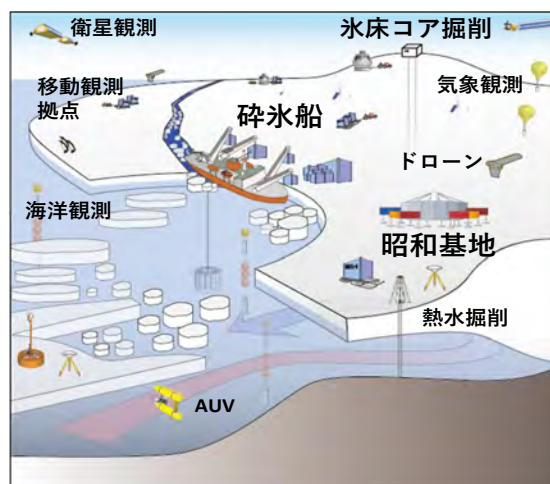


図1 砕氷船を軸とした観測展開のイメージ

地球温暖化が進行すれば、南極氷床の融解が今世紀半ばに劇的に加速し、今後数百年にわたって続く急激な海水準上昇を引き起こす可能性があることさえ指摘されており、後戻りできないいわゆる「臨界点」が、現実的な危機として迫ってきていると考えられる。したがって、海水準上昇等の喫緊の地球規模の問題の解決と、持続可能な世界の実現に向け、国際協力も含めた南極域での研究観測に今すぐ着手すべきであり、南極域の研究観測データによる、地球環境の将来予測の高精度化を図る事が必須である。さらに、今後の地球環境変化の理解と予測に不可欠な地球システムの総合的な理解を進めるにあたり、未だ十分明らかになっていない南極域での実態の解明は、早急に進めなければならない課題として位置付けられる。

③ 学術研究構想の名称

機動的観測の展開による南極域の環境変動の解明と全球への影響評価

④ 学術研究構想の概要

地球規模の気候変動が社会に影響を及ぼしつつある今、地球全体に大きな影響をもたらす南極におけるサイエンスの重要性は、ますます高まっている。しかし、温暖化による影響の定量的把握や将来予測の精度向上が強く求められているにもかかわらず、現場観測が他地域より圧倒的に困難であり、南極のみならず、地球システム理解の障壁となっている。南極でのサイエンスの推進には、厳しい自然や限られた補給による制約が大きく、設営面を考慮した長期スパンでの準備が必須である。さらに、南極域の環境変動の理解には、国際連携による研究推進は欠かせない要素である。本計画は、世界最高水準の砕氷能力を持つ観測船を軸とし、移動観測モジュール等を活かした内陸観測、昭和基地をハブ拠点とした観測網の展開、新たな無人・遠隔技術の導入や国際連携によって、南極域における機動的な研究観測の強化と展開を行う。さらに、日本が世界をリードする数値シミュレーション技術等を駆使して、温暖化による影響の定量的把握と将来予測の精度を向上する。これにより、全球環境の将来予測への貢献を念頭に、過去から現在、未来の南極環境変動の学際的研究を推進し、今後20～30年で、温暖化による南極環境変動の解明とそれによる全球への影響の評価を目指す。

⑤ 学術的な意義

計画を進める過程で得られる氷床コアや海底堆積物からは過去数百年から数万年、数十万年までの地球環境や南極氷床の変動史が解明される。このような長期に亘る気候データは、氷期・間氷期サイクルの正しい

理解再現だけでなく、より時間スケールの小さな変動も通じて、地球環境変動理解、すなわち地球システムの応答の理解を大きく推し進めるものである。また、大気・氷床・海洋観測からは、南極域で近年起こっている変化を捉え今後の気候変動・地球システム変動の動態を精度良く把握することに繋がる。南極氷床周辺域での統合的観測は、南極環境変動の理解に留まらず、地球環境の将来を予測する気候モデルの検証に対しても重要なデータを提供する。地球環境変化の将来を予測する様々なモデルの改良には、過去からのデータの蓄積と現在の変動の精密な理解の両方が重要であるが、本計画ではそれらのデータを総合的に集積し、研究者コミュニティへ提供するだけでなく、利用研究者のニーズを観測計画にフィードバックする双方向性を目指すなど、分野融合を促進し、我が国における分野横断型の極域観測、環境変動研究の一層の飛躍に貢献する。精密な将来予測は、人文社会系の科学にとっても大きなインパクトを与える。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

地球環境変動研究における最近の国際的な動向としては、国際学術会議傘下の南極研究科学委員会 (SCAR) を中心に、南極を一体のシステムとして捉えた調査研究が目指されており、我が国もこれに呼応した南極環境変動の研究体制の構築が必須である。気候変動に関する政府間パネル (IPCC) 第 6 次評価報告書及びその直前の特別報告書では、南極氷床と南大洋が大きく取り上げられた。第 5 回国際極年 (IPY-5 : 2032~33 年) においても、理解が不足する氷床や海洋の変動把握と要因分析が国際協力で実施される見通しである。本計画の、過去から将来に通じる南極環境システムの理解を進めるという観点は全球気候変動の理解と将来予測にとって不可欠であり、南極観測主要国に先行して世界をリードする事が期待され、国際社会へのインパクトも大きい。

⑦ 社会的価値

南極域で進行中の変化とその重要性は、すでにマスメディアを通じ広く国民の知る所であり、継続的な極域観測の重要性は広く認識されている。南極に存在する巨大な氷床の変動がトリガーとなる海水準上昇の予測は、国民の生存戦略にとって不可欠な基本情報であり、社会・経済の国際動向や、人類社会の今後の適応方策に関連する。本計画で進展する地球環境変動の理解は、物理・化学分野から生態系にも及ぶ環境変化とその対策、新たな環境に適応した産業活動など、社会・経済の国際動向を左右するため、得られる知見は人類社会の今後の適応方策に関する重要な情報となりうる。これは SDGs の階層構造を構成する 3 要素 (生物圏、社会圏、経済圏) と調和し、人類の持続的な発展に大きく貢献するものである。また、本計画の技術開発は、計測技術やデータ解析・情報処理等を通じ産業界へも貢献する。南極での科学への貢献は将来的に発生するであろう南極条約問題など、科学技術外交としての側面も重要であり、国を挙げて取り組むべき問題である。

⑧ 実施計画等について

・実施計画 (主要部分)

1 年目 : 砕氷船設計・建造開始、2 年目 : 砕氷船観測設備整備、3 年目 : 建造終了・予備観測、4~10 年目 : 本観測、7~8 年目 : トッテン氷河含む東南極沿岸域での複数船 (豪砕氷船等) による国際共同集中観測の実施、10 年目 : 成果取りまとめ

・実施機関

南極氷床・南大洋での観測研究は、国立極地研究所を中心に国内各大学・研究機関と連携して推進する。特に、現場観測は北海道大学、京都大学、東京海洋大学、高知大学等と、モデル研究では東京大学と JAMSTEC 等との協力を軸とする実行体制で実施し、南極観測事業でのネットワークを活かし全日本的体制で推進する。観測データ蓄積と解析の中心基盤として、情報・システム研究機構に設置された「極域環境データサイエンスセンター」と極地研が協力し、オープンデータを推進する。中心となる実施機関では機関としての合意が形成されている。

・所用経費 (総経費 : 993 億円)

強力な砕氷能力を有した砕氷船建造 : 総額 720 億円、内陸補給用中継拠点形成 : 33 億円、氷床棚氷域移動観測拠点形成 : 70 億円、昭和基地オープン化・国際化ハブ拠点形成 : 42 億円、航空輸送網整備 : 36 億円、無人観測等開発・整備 : 50 億円、基盤拠点形成 : 42 億円

⑨ 連絡先

野木 義史 (国立極地研究所)

有人・無人航空機による気候・地球システム科学研究の推進

① ビジョンの概要

急速に進行する気候変動の現状把握と予測高度化のためには、その不確定要因であるミクロ量観測と素過程解明が喫緊の課題である。本構想では地球観測専用の航空機を導入し、わが国が有する高い観測技術を発展させると共に、地上・衛星観測とモデル研究との統合的研究により、大気・海洋・陸域植生などの分野を横断した次世代の気候・地球システム研究を推進し、自然科学の深化と社会的使命を果たす（図1）。

② ビジョンの内容

地球温暖化を含む地球環境変動が急速に進行し、人類は豪雨災害の増加などのリスクに晒されている。地球環境変動の現状把握とそのメカニズムの解明・信頼性の高い将来の地球環境予測および緩和や適応の策定は喫緊の課題である。本研究構想の目的は、わが国初となる共同利用の地球観測専用の航空機を導入し、地球科学の諸分野を横断した気候・地球システム研究を飛躍的に推進することである。現在の地球科学はマクロ量で表されるシステムの振る舞いの理解のために、ミクロ量や素過程の理解が不可欠な段階に来ている。人工衛星では観測できないミクロ量を高度分布まで含めて観測できるのは、航空機のみであり、航空機観測は既存観測の精度向上ではなく、全く新しい観測量を得る。有人・無人航空機観測と地上、人工衛星観測を有機的に連携させた次世代の地球観測体制を構築し、さらに数値モデルとの統合的研究を実現することにより、ミクロ量・素過程の理解に基づく地球・気候システム全体の理解というパラダイムシフトを目指す。

先進諸国は地球観測専用の航空機を保有している。わが国には観測専用の航空機が無く、これまで限られた時間枠での航空機観測しか実施できておらず、急激な地球環境変化が進行しているアジア域は航空機観測の空白域のままとなっている。一方、日本の航空機観測の技術は世界のトップレベルにあり、本構想では地球観測に関わる測定技術を発展させ、航空機観測を軸とした統合的研究によりブレークスルーを目指す。

航空機観測は、観測が必要な場所・タイミングでの機動的観測が可能であり、台風や集中豪雨の発生予測・強度予測の高精度化、火山噴火や洪水などの災害発生後の迅速な状況把握などの実績を持つが、さらに新しい観測・測量技術の導入により、社会の安全・安心への貢献を目指す。

今後10年間に、幅広い分野の研究者による共同利用の専用航空機を整備し、東アジアや北極域を中心に、多様な地球科学分野の観測を実施し、今後20—30年間に先の10年間に行った技術開発、観測研究、人材育成、国際連携の実績をもとに、先端的かつ幅広い観測の実施、無人航空機による低コストかつ機動的な観測の2つを実現し、世界最先端の観測システムを構築する。さらに人文社会科学分野等との連携へと展開する。

③ 学術研究構想の名称

有人・無人航空機による気候・地球システム科学研究の推進

④ 学術研究構想の概要

本学術研究構想では、わが国初となる地球観測専用の共同利用のための航空機を整備し、大気、海洋、植生、雪氷、固体地球等の地球科学分野を横断した、気候・地球システム科学研究を飛躍的に推進する。本構想では航空機を地球科学共通の観測基盤と位置づけ、研究の長期継続により、気候・地球システムの理解を通じた地球科学のパラダイムシフトを目指す。また、航空機観測のもつ機動性を台風発生時の早期観測や災害発生時の状況把握等に活用し防災減災に資する。世界トップレベルにある日本の航空機観測技術を活かし、継続的・計画的な観測研究・機器開発・人材育成が可能な共同利用運用体制の専用航空機により、革新的な成果を実現する。観測航空機は民間企業が保有するジェット機をレンタルすることにより効率化を図る。同時に、無人航空機の地球観測利用を推進し、新たな航空機観測システムの構築を目指す。

⑤ 学術的な意義

近年の数値モデルの高解像度化や衛星が観測する物理量の増加により、これらを検証評価するためにも、

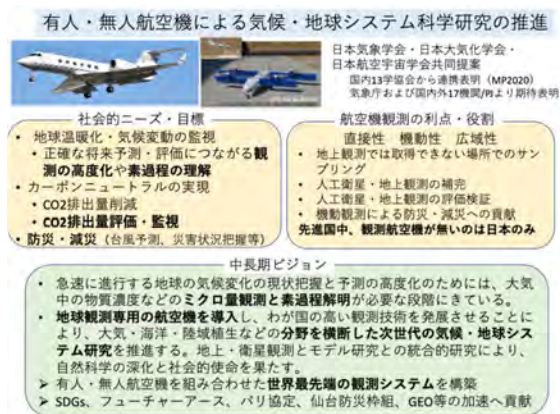


図1 ビジョンの全体像

地上観測が及ばない場所での直接観測や高分解能観測が可能な航空機観測の必要性が増している。日本を含むアジア域は航空機観測の空白域であるほか、北極域は気候変動問題において重要であるため、観測のターゲット領域はアジア域と北極域とする。

航空機観測からは、地球科学の様々な分野においてブレークスルーとなる研究成果が期待できる。大気科学分野では、アジア域における温室効果気体の航空機観測との統合により放出源・吸収源を定量化し人為起源の排出量の評価の高精度化を実現する。これは、カーボンニュートラルの評価にも大きく貢献できる。エアロゾルは地球温暖化に重要な放射強制力の中で最も不確定性が大きいものの1つ

であり、とりわけ化学特性の変質が問題を複雑にしている。台風や線状降水帯でのドロップゾンデ・レーダー観測からは、台風の力学的・熱力学構造の解明や線状降水帯形成メカニズムの解明が期待できる。特に台風の強度予測の改善に重要とされる台風の急発達のメカニズムの解明が期待される。防災の観点では、観測情報の気象庁へのリアルタイム提供による予報改善が実現可能である。雪氷分野では、地上観測の困難さから、航空機観測は極めて有効な観測手段であり、様々なリモートセンシング機器を用いて氷床表面及び内部構造を把握することにより、温暖化に対する応答のメカニズムの解明が期待できる。陸域生態系分野では、植生の形質や3次元構造データの取得及び個体レベルでの詳細な観測を可能にする。海洋分野では、台風やダストイベント時の直接観測およびリモートセンシングにより物理・化学・生物過程を含めた大気海洋相互作用の解明が期待できる。

これらの観測データや素過程の理解は、数値モデルの改良やデータ駆動型サイエンスのさらなる発展にも寄与できる。航空機自体は様々な分野を横断する共通の観測基盤となり得るため、航空機観測を通じた新しい分野の創生など、地球科学の新展開や他分野との融合などの波及効果も期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

米国では NASA、NOAA、NCAR の国立研究機関や大学が専用の観測機により、地球観測プロジェクトを推進している。欧州では、EU のもとに EUFAR を設立し、各国保有の航空機の共用利用による観測やコストの最適化、若手研究者育成や技術開発を実現している。これらの共通点は、統合的な観測システム構築の動きである。

国内では、航空機観測を主に科研費などの予算により実施している。無人航空機は、JAXA 航空技術部門等が技術開発を実施してきており、地球観測への応用研究は今後発展が期待される分野である。本構想はこれらの研究を統合的・継続的に実施し、飛躍的な成果に結び付けることである。

⑦ 社会的価値

カーボンニュートラルの実現や気候変動に伴う豪雨の激化は国民生活に直結するため、その背景にある地球システムの理解を深める研究は国民の理解を得られる。アジアは世界的にも温室効果気体や大気汚染物質の排出量が極めて高い地域であり、また、急激な温暖化が進む北極の環境変化もわが国への影響が大きい。

台風や線状降水帯の航空機観測はそのメカニズム解明の研究のみならず観測データの現業機関への即時提供による予測精度改善が可能である。また、災害時に航空機による機動的な状況把握も計画している。大気環境把握、自然災害に対する防災・減災、水資源管理、生態系の管理・保全、食糧生産の監視などに貢献でき、SDGs、フューチャーアース、パリ協定、仙台防災枠組、GEO 等の実施加速や IPCC、IPBES 等に寄与できる。

⑧ 実施計画等について

最初の 1.5 年で航空機観測と共同利用の体制を構築し、続く 4.5 年間で個別分野の研究を推進し、最後の 4 年間で分野横断の統合的な研究を実現する。運用主体は名古屋大学宇宙地球環境研究所飛翔体観測推進センターが務め、全国の地球科学諸分野の研究者からなる航空機観測推進委員会を設置し、公募による研究計画の選考および運航計画立案と運航支援等を実施する。予算は 10 年間で 166 億円と見積もっている(図 2)。

⑨ 連絡先

高橋 暢宏(東海国立大学機構名古屋大学宇宙地球環境研究所)

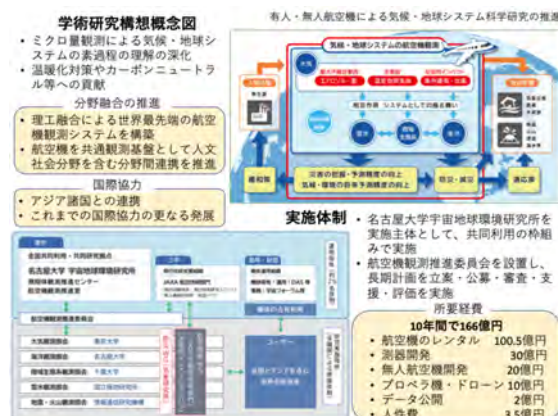


図2 学術研究構想と実施体制

深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化

① ビジョンの概要

全球の気候・生態系変動の精密な将来予測のため、深層海洋循環に焦点をあてた研究を展開する。アルゴ（自動ロボット観測システム）による全球的な深海乱流観測データの拡充を基盤に、スーパーコンピュータを駆使して、深層海洋循環および気候・海洋環境の過去の変動を再現する精緻な数値シミュレーションを実現する。さらに化学・生物過程を組み込むことで海洋物質循環と海洋生態系を含めた高精度な将来予測を実現していく。

② ビジョンの内容

全球の気候・生態系変動を正確に将来予測するためには、深層海洋循環に焦点をあてた研究が不可欠である。深層海洋循環の変動は、氷期－間氷期スケールの長期気候変動に大きく影響し、将来予測においても重要な要因となる。気候変動予測の主要なツールである大気海洋結合モデルにおいても、この深海乱流強度の正確な組み込みは不可欠であり、そのためには深海乱流強度の全球的空間分布の観測が必須である。従来、海洋観測の多くは船舶に依存しておりデータ量は圧倒的に不足していたが、最近ではアルゴ（海面から深度 2000 メートルまでを自動的に上下して水温・塩分等を測定するロボット観測網）などによる拡充が始まっている。本提案では、到達深度を 6000 メートルまで延長させた「深海アルゴフロート」に乱流センサーを搭載して全球展開する。同時に、深海アルゴフロートに各種の化学／生物センサーを順次搭載していくことで、深層海洋循環に伴う物質循環と海洋生態系に関する観測データの飛躍的拡充を目指す。

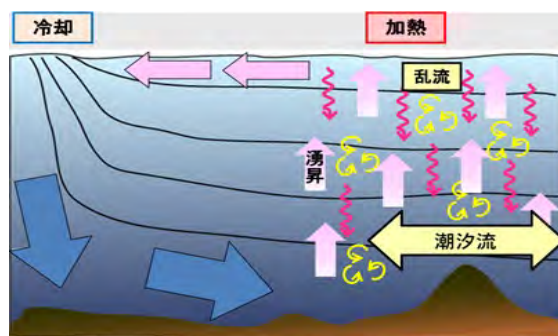


図1 深層海洋循環のメカニズムと深海乱流

観測データの拡充と並行して、我が国が誇るスーパーコンピュータ資源を活用し、観測された深海乱流強度を大気海洋結合モデルに反映させることで数値シミュレーションを高度化する。海洋の物質循環の起点となる表層の生物生産は、海洋循環によって供給される栄養塩と微量金属に支えられている。したがって、深層海洋循環の精緻な再現／予測は、物質循環やそれに伴う生物生産の変動の再現／予測にも大きく貢献する。本提案ではさらに、過去の海洋生物分布や現存生物の遺伝子解析を通じて得られる環境適応能力に関する知見と連携し、環境変動に対する海洋生態系の応答プロセスをより定量的かつ精緻に理解し、それをモデル化することを目指す。海洋の物質循環や気候変動過程を正確に再現／予測するモデルの構築と、化学／生物パラメーターに関する観測データの飛躍的な拡充が進めば、数値シミュレーションによる物質循環や生物生産の高精度な将来予測が可能となる。これは将来の食料問題や災害リスクとも密接に関連しており、社会的にも大きな貢献が期待される。

観測データの拡充と並行して、我が国が誇るスーパーコンピュータ資源を活用し、観測された深海乱流強度を大気海洋結合モデルに反映させることで数値シミュレーションを高度化する。海洋の物質循環の起点となる表層の生物生産は、海洋循環によって供給される栄養塩と微量金属に支えられている。したがって、深層海洋循環の精緻な再現／予測は、物質循環やそれに伴う生物生産の変動の再現／予測にも大きく貢献する。本提案ではさらに、過去の海洋生物分布や現存生物の遺伝子解析を通じて得られる環境適応能力に関する知見と連携し、環境変動に対する海洋生態系の応答プロセスをより定量的かつ精緻に理解し、それをモデル化することを目指す。海洋の物質循環や気候変動過程を正確に再現／予測するモデルの構築と、化学／生物パラメーターに関する観測データの飛躍的な拡充が進めば、数値シミュレーションによる物質循環や生物生産の高精度な将来予測が可能となる。これは将来の食料問題や災害リスクとも密接に関連しており、社会的にも大きな貢献が期待される。

③ 学術研究構想の名称

深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化

④ 学術研究構想の概要

本研究は、数十～数百年スケールの地球規模の気候変動の予測に向けて、最大のブラックボックスとして残されている「深海」の実像を稠密な観測によって初めて明らかにするとともに、過去の気候変動に伴う海洋環境変化に対する海洋生物群集の応答を解明し、海洋における生産性／生物資源の高精度な将来予測を目指すものである。

気候の長期変動を制御する深層海洋循環は、深層水に浮力を与えて表層に浮上させるミクロスケールの深海乱流に支配されており、そのグローバルな空間分布の解明は喫緊の課題である。そのため、アルゴフロートに乱流センサーを搭載し、到達深度を 6000 メートルまで延長させた「深海アルゴフロート」約 1000 台を全球展開し、得られた乱流強度の空間分布の情報を数値モデルに反映させることで、数千年～数万年前の過去から数十年～数百年後の未来にわたる気候変動過程を世界に先駆けて再現／予測する。

さらに、古気候下での海洋環境変動に対する生物群集の応答の情報を海底コア微化石試料のデータ等から明らかにし、気候変動予測／海洋環境予測の情報を組み合わせることで、食料問題と密接に関係する将来の海洋生産／生物資源のアセスメントを極めて高精度に実行していく。

⑤ 学術的な意義

深海の乱流混合の実態が明らかにすることは、海洋物理学分野、気候学分野、古環境学分野で長年の課題であった深層海洋循環の正確な理解に直結するものである。深海乱流について、理論との整合性と全球的な詳細分布を稠密な観測データによって確認することが可能になれば、深層海洋循環研究に画期的なブレークスルーがもたらされる。またその知見を大気海洋結合モデルに組み込むことで、スーパーコンピュータを使用した深層海洋循環と長期気候変動の再現精度が格段に向上する。本提案の数値シミュレーションによる再現が成功すれば、過去の気候変動に関して画期的な知見をもたらすことが期待される。深層海洋循環と長期気候変動の再現／予測によって、将来および過去の海洋物質循環像が刷新される。この新たな物質循環像は、必然的に生物海洋学の新たな飛躍にも繋がる。海底コア試料解析から得られる過去の生物分布の情報、現存する生物の遺伝子分析による海洋環境への適応能力の把握とあわせ、海洋生態系や生物資源の気候変動に対する応答についての知見が高められる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

世界海洋循環実験計画（WOCE）、気候変動および予測可能性研究計画（CLIVAR）、全球海洋各層観測調査プログラム（GO-SHIP）の実施海域は限定的で全海洋を網羅するには至っていない。国内においては、東京大学や東京海洋大学が国内海洋測器メーカーと共同で深海乱流計を製作するなど、日本独自の技術を開発するとともに、北太平洋における乱流観測を牽引している。アルゴフロートに関しては、2000年から国際アルゴ計画（Argo）が開始され、現在、約4000台が全大洋の海面から水深2000メートルまでの水温・塩分を測定している。本研究計画により既存の全球観測網にはない世界初となる深海乱流観測網が確立し、乱流パラメタリゼーションによる気候モデルの精緻化とあわせ、海洋学・気候学における我が国の主導的な立場をより強固にする。

⑦ 社会的価値

海洋変動予測や気候変動予測の精緻化を通じて、災害や海洋資源の利用に関するリスクの定量的評価が可能になる。海洋生物資源の変動予測の精緻化は、将来の水産業と食料供給の安定化に貢献する。深海は、国民の知的好奇心を掻き立てる地球最後のフロンティアである。国民の海洋への興味を深めることで、海洋立国を担う人材育成に寄与するとともに、海洋産業の創出と国際的競争力の強化に繋げることができる。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：フェーズ1（1～3年目）深海アルゴフロートの改良と試験展開、フェーズ2（4～6年目）深海アルゴフロートの全球展開と気候モデルとの融合、フェーズ3（7～10年目）深海アルゴフロート観測網の確立と高精度全球気候モデルの展開

実施機関：深海観測技術開発は、海洋研究開発機構が主担当機関となり、東京大学大気海洋研究所と東京海洋大学、水産研究・教育機構が加わる。深海アルゴフロート運用は、海洋研究開発機構があたり、気象庁の協力を得る。フロート投入は、東京大学大気海洋研究所、水産研究・教育機構、国内各大学に加え、既存の国際観測プログラムを活用する。大気海洋結合モデル開発は、東京大学、海洋研究開発機構、気象研究所が主担当機関となり、国内各大学海洋物理系研究室が連携する。

所要経費：総経費232億円、深海アルゴフロート観測網構築175億円、深海アルゴフロート観測網運営費36億円、比較観測等実行費13億円、高精度全球気候モデリング8億円

⑨ 連絡先

江淵 直人（一般社団法人日本海洋学会）

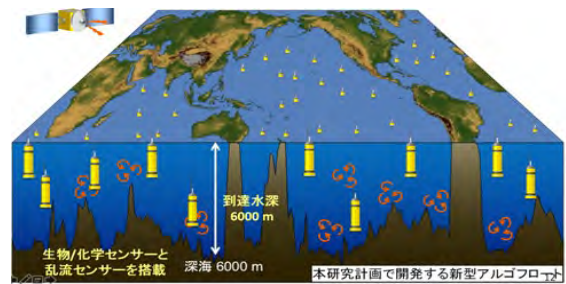


図2 深海アルゴフロートの展開イメージ

地球ニュートリノ観測が切り拓く新しい地球未来像

① ビジョンの概要

「地球の内部はどうなっているのか。」という根本的かつ深淵な謎に解を与えることができる地球ニュートリノ観測は、これまでの地球像をより明確化する新しいツールとして実績を挙げている。地球ニュートリノ観測のみならず、「地球深部理解」という共通の科学的興味や技術を持つ研究分野間にこれまでに無い連携関係を紡ぎ、未知の変革をもたらす知見を見出す新たな科学分野の創出へとつなげることができる。

② ビジョンの内容

地球ニュートリノ観測で地球内部を理解する新研究分野は「ニュートリノ地球科学」と呼ばれ、素粒子物理・地球科学の分野横断的研究分野として発展してきた。これまでに日本の KamLAND 実験とイタリアの Borexino 実験、カナダの SNO+実験で観測実績があり、観測精度は地球科学的知見を得られるレベルに到達しているものの、地殻成分の寄与と不定性が大きいという課題を抱えている。大陸上の現存する検出器の不可能を克服するアイデアである「海洋底ニュートリノ観測機 (OBD: Ocean Bottom Detector)」は、マントルを知るという共通の科学的興味のもと、素粒子物理・地球科学・海洋工学、更にはマントル掘削や海底下生命圏の理解といった新たなつながりによってこれまでに積み上げられた知見や技術を結びつけ、未知の変革をもたらす知見を見出す新たな研究分野の創出が期待できる。OBD を一つのツールとし、「海洋底」「地球深部理解」を研究対象とし科学的興味を共にする研究分野の共発展が可能である。地球の未解明の謎に解を与え、その成果を多分野に波及させることで、惑星としての地球システムの持続可能性や生命居住可能性に中・長期的な尺度を与えることができる。その価値を一般社会に発信・啓発することで、基礎科学に立脚した人類の幸福度向上にも貢献できる。

③ 学術研究構想の名称

地球ニュートリノ観測が切り拓く新しい地球未来像

④ 学術研究構想の概要

地球の化学組成はその直接観測の困難さ故に未解決の謎が多い。特にウラン・トリウム・カリウムといった放射性物質は崩壊時に発生する熱が地震・火山活動、マントル対流や地磁気の形成といった様々な地球活動の駆動力になる重要な物質であるが、その量と分布はこの2世紀にも渡る地球科学分野の根本的な謎である。提案者らは、より深く謎の多いマントル起源の地球ニュートリノ直接観測を次の目標に掲げ、2019年にOBDの実現に向けて研究を開始した。本提案は、地球内部の謎に解を与える事による新たな知見が新価値の創造の起爆剤となりうることを見据え、これまで個別に発展してきた研究分野の垣根を超え「新しい地球未来像」の創造へと繋がる新学問分野の創出を目指す。

⑤ 学術的な意義

地球内放射性物質の崩壊時に熱と共に発生する「地球ニュートリノ」は、KamLAND 実験(岐阜県神岡鉱山内)で2005年に世界初観測され、地球の理解方法に変革をもたらした。その後、安定的に世界最高精度観測を持続した日本発の世界を牽引する研究分野であり、近年では現在の地球の説明に仮定すべき放射性物質量の限定に成功した。ニュートリノ地球科学の有用性はこの15年余りの研究で十分浸透している。

観測精度向上の一方で、現存する大陸上の検出器の抱える不可避の問題点も露呈した。地球の最外層の地殻は全体積の僅か1%ながら全量の約半分の放射性物質が存在する。厚さ30-40kmの大陸地殻上の検出器では、地殻起源の地球ニュートリノ量が約70%を占め、観測値を地球科学的知見に焼き直すために必要な地球ニュートリノ流量モデルの不定性が大きい

(20-50%) ことも相まって、未解明のマントルの有益な情報を得ることは困難である。そこで、平均3kmと薄く構造もシンプルな海洋地殻上に検出器を設置し、70%に及ぶマントル起源地球ニュートリノを直接観測することに着眼し(図1)、2019年にOBDプロジェクトを立ち上げた。海洋という特性を生かし、可動式検出器を複数点に設置し地球深部の不均一をも観測できる唯一の実験である。マントル内放射化熱量という地球深

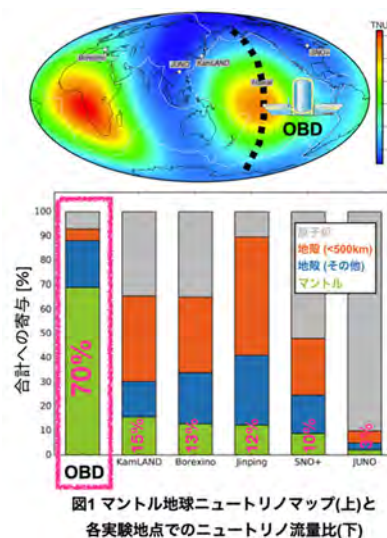


図1 マントル地球ニュートリノマップ(上)と各実験地点でのニュートリノ流量比(下)

部の革新的知見を得られ、「ニュートリノ地球科学」の現代検出器の不可能を突破するブレークスルーとなる。

地球は 46 億年前の形成時からの「原始の熱」と地球内放射性物質の崩壊による「放射化熱」のハイブリッドで駆動し、現在でも 46 兆ワットものエネルギーを放出している。このエネルギーが地球の海洋・大気を生み出し、マントル対流による大陸移動を起こし、地磁気の形成・維持によって太陽からの放射線を防いできたが、その熱分布や分配量はわからない。特に地球体積の 8 割のマントル内放射化熱量の予想は 3.5～32 兆ワットと約 10 倍も異なり、化学組成や対流方法といった根本的な事すら未解明である。OBD はこれらの重要量に実測値を与え、人類の 2 世紀にも渡る謎に決着をつけることができる。地球研究に放射化熱量の既知化という視点の転換をもたらし、地球化学組成や太陽系内での惑星形成史の理解に新たな実測制限を与えるという発展を実現する。マントルの既知化により、大陸上検出機には場所依存の大きい地殻の観測という新たな視点を生み、推定に用いた地震波観測や捕獲岩分析にフィードバックをかけられる革新的研究である。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

稼働中・建設中・計画中のニュートリノ観測実験は全て大陸上の検出器である。海洋底実験のアイディアは 2005 年にハワイ大の物理学者によって提唱されたが実現には至らず、提案者が 2019 年に海洋研究の日本の拠点である海洋開発研究機構(JAMSTEC)と共に研究に着手することで、15 年間来の進捗となった。このような研究は国内外共に他に類を見ず、本提案が世界を牽引している。

⑦ 社会的価値

我々の住む地球の誕生史や現在の地球の継続性について解を得ることは、人々の知的好奇心を満たし知り得たことによる安心感をもたらす。現在の地球の生命居住可能性を維持するには、人々のどのような行動が必要なのかを現実のものとして考え対策することにつながり、サステナブルな世界の実現の一助となると考える。本提案の実現により地球理解の世界を一変し、現在想像しうる研究手段以外の方法の誕生といった未知の変革をもたらすことにつながる。日本発の学際的分野の現在・将来に渡る主導は教育・人材育成、基礎科学への理解増進に繋がり社会的価値を持つ。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

2 年程度で高圧・低温の海底環境で稼働する様々な検出機要素の開発を継続し、1.5kt 大型検出機(図 2)のデザインを取りまとめ、実験実現に向けたコミュニティ形成を継続する。その後の 3 年を 1.5kt 検出機の全検出機構成要素のデザイン、海洋底への設置・運用・回収方法の確立、検出機設置場所の決定、観測の科学的知見とその波及効果、検出感度の見積もりの高信頼度化を目指す。成果と技術開発を促進し、8 年後の 1.5kt 検出機の建設開始、10 年後の観測開始を計画する。3 年程度の観測期間でマントル地球ニュートリノを優位に観測可能である。

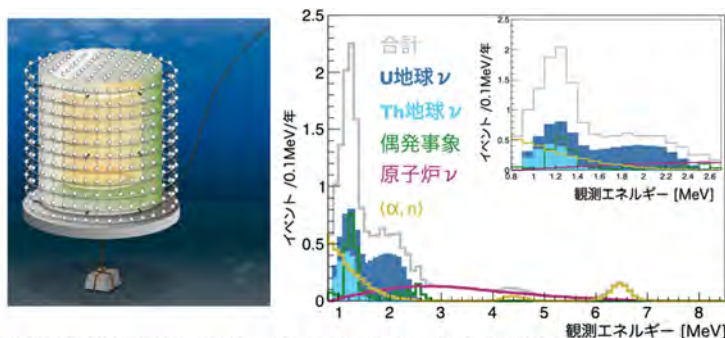


図2 1.5kt OBDのデザイン案(左)と検出機シミュレーションによる予想エネルギースペクトル(右)

3 年程度の観測期間でマントル地球ニュートリノを優位に観測可能である。

<実施機関と実施体制>提案者の所属する東北大学ニュートリノ科学研究センターは 22 年余りに渡り国際協働実験 KamLAND 実験を主導し、これまで培われた大型検出機のデザイン、建築、運転、データ解析など、多岐に渡る実験実行のノウハウの蓄積は国内外共に他に類を見ない。地球ニュートリノ観測も世界初観測以降、国内外地球科学分野と連携しつつ、ニュートリノ地球科学分野を牽引している。これまで培われたニュートリノ実験経験の強みや既存施設を最大限に応用しタイムリーに成果を挙げていく基盤は整っている。

<総経費> 105 億円

<所要経費> 1.5kt OBD 建設費 55 億円(ミューオン同定用海中 PMT アレイ、耐圧シールド付き PMT、円柱ステンレスタンク・アクリルタンク、バッファオイル・液体シンチレータ)、検出器の海洋底への設置 5 億円、海底での電力・通信設備 10 億円、運搬費 20 億円

運営費 検出器運転経費 15 億円

⑨ 連絡先

渡辺 寛子(東北大学ニュートリノ科学研究センター)

衛星全球地球観測による気候・地球システム科学研究の推進

① ビジョンの概要

気候変動の理解や地球温暖化問題の解決のためには、地球システムを構成する様々なスケールの現象理解が必要である。そこで、全球の衛星観測を地上・航空機観測および数値モデルと効果的に組み合わせて4次元空間で表現する地球デジタルツインに向け、衛星観測からデータ利用に至る全球衛星地球観測システムを構築する。長期的観点での観測システムの高度化や効率化を理工学さらには人文社会科学分野の研究者と連携して実現する

② ビジョンの内容

25の学協会が参加している「今後の宇宙開発体制のあり方に関するタスクフォース会合・リモートセンシング分科会（以降TFと呼ぶ）」が、日本学術会議の見解「我が国の地球衛星観測に関する統合的戦略立案について」（令和5年9月）等を実現する方策を示す「地球観測グランドデザイン」を作成してきた。この「地球観測グランドデザイン」は3つのレベル（100年先まで揺るがぬ長期ビジョン、30年程度の期間で実現を目指す中長期計画、数年程度の短期計画）での日本主導の衛星地球観測計画を作成してきた。特に短期計画では、10年以内に実現を目指す第一期短期計画、15年以内に実現を目指す第二期短期計画として「地球観測ロードマップ」を示してきた。本研究構想では、昨今の地球観測に対するニーズと優先度を踏まえ「地球観測ロードマップ」の優先順位付けを行った上で、地上観測・航空機観測・衛星観測および数値モデルを効果的に組み合わせた観測システムの構築を提案する。

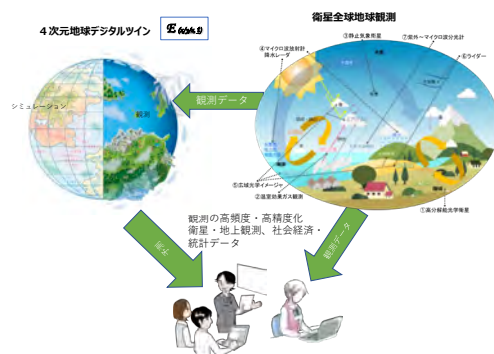


図1 衛星全球地球観測と地球デジタルツイン・モデルの連携

③ 学術研究構想の名称

衛星全球地球観測による気候・地球システム科学研究の推進

④ 学術研究構想の概要

気候変動の理解や地球温暖化問題の解決に資するためには、高精度なモデルを用いて気候・地球システムの予測を行い、地球環境問題の将来を推測し、その対応を図ることが重要である。そこで本研究構想では、TFの「地球観測グランドデザイン」および「地球観測ロードマップ」に基づき、GCOSで定義されたECV、特にわが国が得意とする地球表層の水循環や温室効果ガスなどの衛星地球観測を継続・発展させることを目指す。そして、宇宙戦略基金等で研究・実装が進められている衛星・地上観測データとモデルとの連携を進め、4次元デジタルツインの効果的な活用を図ることにより、全球衛星地球観測システムを構築し、気候・地球システム科学研究の飛躍的な発展に貢献する。

⑤ 学術的な意義

本研究構想では、「地球観測ロードマップ」に基づき、日本が強みを有するあるいは国際的なニーズの高い全球気候監視システムで定義された必須気候変数を重点的に観測する次世代全球地球観測システムを構築すると共に、学術研究・社会利用の両面でのデータ利用を推進することを目指す。本研究構想ではアカデミアの立場から、これらの点を反映する観測ミッションの提案を醸成し、実現させる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

将来の地球観測衛星構想について、米国NASAやNOAAにおいては連邦議会からの諮問を受け、全米アカデミーズが作成する10年計画を基に計画の立案を行っている。全米アカデミーズは地球システム科学及びその応用利

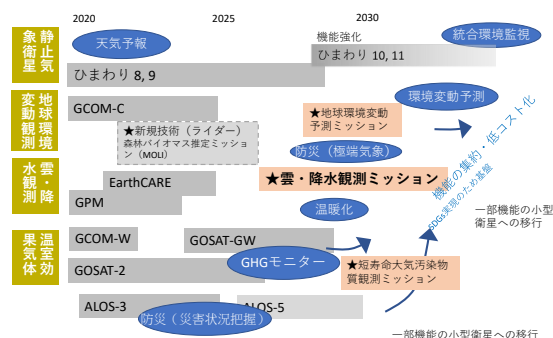


図2 地球観測ロードマップ

用について関連コミュニティに広く情報を求めた上で 10 年計画を提案している。欧州ではコペルニクス計画が立案されており、地球観測衛星を 10 年以上の時間スケールで割り当てているほか、欧州宇宙機関(ESA)では先端的な科学研究の衛星を Earth Explorer として公募・選定している。本構想はそれらに匹敵するものをボトムアップで実施している。

⑦ 社会的価値

SDGs の開発目標 17 項目のうち 14 項目が、また 169 の個別ターゲットのうち 47 項目に対して本提案の観測システムで貢献可能であると判断している。特に、「13. 気候変動に具体的な対策を」「14. 海の豊かさを守ろう」「15. 陸の豊かさを守ろう」等については地球観測衛星からの情報が基礎資料として活用できる。

SDGs への直接的貢献以外にも、本提案で得られるデータは様々な社会的価値を創出する。例えば、現業気象機関の数値天気予報の精度向上を通じた、気象災害に依る利益損失の低減、海面水温・海色等の漁業者利用による経済効果と計画的漁業による資源管理等である。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

「地球観測ロードマップ」において優先度高く、迅速に実現すべきミッション(例:植生ライダー、マイクロ波分光計、光学イメージャ、次期 SAR など)について、開発から打ち上げまで 5 年、観測期間を 5-7 年と想定している。総経費 2000 億円を見込み、JAXA 予算の平滑化及び各ミッションの継続性ならびに気候変動研究へのインパクトを踏まえ、独自色を出しやすい衛星バス開発を含む衛星の開発を 2 年から 3 年ごとに着手する(打ち上げる)。

<実施機関と実施体制>

本提案の提案主体である TF の役割は、国内のコミュニティの意見醸成によるミッション提案であり、実際の人工衛星開発・運用およびデータ公開の実施機関としては JAXA と関連機関・省庁に期待する。2024 年度から宇宙戦略基金の運用が開始され、野心的な衛星ミッション提案への門戸も開き、研究開発も進みつつある。なお、科学研究も TF 参加学会の研究者の所属機関等のファンディングにより大学・研究機関で実施されることを想定している。

TF の活動自体は、ボランティアベースで実施し、一部の大学や学会、特定非営利活動法人宇宙からの地球観測を考える会等からの支援を受けている。なお、実際の人工衛星開発・運用およびデータ公開の実施機関としては JAXA と関連機関・省庁に期待する。なお、科学研究も実施機関等のファンディングにより大学・研究機関で実施されることを想定している。

<総経費> 2000 億円

<所要経費>

総経費は 10 年で 2,000 億円を想定しているが、これらの殆どを JAXA の予算で賄うことを想定している。2024 年度から開始された宇宙戦略基金についても積極的に提案を行う。衛星バスを含む衛星を 4 機、センサ提供衛星を 2 から 4 機開発する。なお、これには地上システム、アルゴリズム開発、科学研究予算も含まれる。開発経費の圧縮案については、先進的な技術開発には宇宙戦略基金の活用を視野に入れ、それらをもとに TF から積極的に提言を行い、効率的かつ効果的な開発の実現に協力する。特に、理学的な科学達成度と工学的な技術達成度についての議論を深めることにより、ミッションの定義を最適なものにし、効率化を図る提案を積極的に行う。また、国際協力(分担)についても、科学者コミュニティの国際的なつながりを生かした調整・提案を行う。

⑨ 連絡先

祖父江 真一(日本リモートセンシング学会)

海洋ロボティクスの革新による海洋状況把握と深海研究の推進

① ビジョンの概要

海洋ロボティクス技術、特に AUV（自律型無人探査機）の核心は全自動にある。現状の支援母船による常時随伴・管理を必要とする運用を打破し、完全無人展開・回収や観測ネットワーク化によって深海探査システム全体の自動化を実現する。これにより、広大な海洋において「高精度・広域な無人観測」を可能とし、地震・火山、資源、生態系、海洋汚染等の研究に新たな次元をもたらすとともに、「地球をまるごとセンシング」する持続的な調査基盤を確立する。

② ビジョンの内容

陸上でのロボティクス化が加速する中、海洋分野では ROV（遠隔操作型無人潜水機）や有人潜水調査船を用いた、人手を介する精緻な調査が深海研究の基盤を支えてきた。これまでの知見により、広域の海底地形把握や継続的なモニタリングの重要性が認識されているが、広大な海洋を支援母船を用いた調査のみで網羅するには限界がある。AUV は自動航行が可能であるものの、現状では支援母船が AUV の常時随伴・管理を担う運用体制となっており、これが観測網の飛躍的拡張を阻む大きな技術的ボトルネックとなっている。

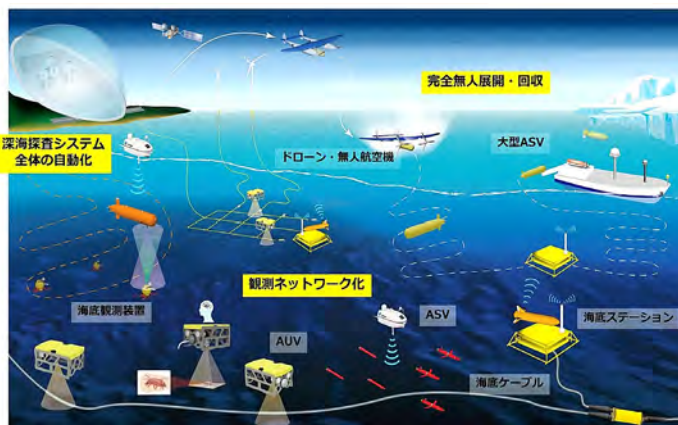


図1 AUV を中核とする自律型探査ネットワークの全体構想図

本ビジョンでは、AUV を核とした次の3つの技術革新により、深海探査システムの自動化と機動的観測体制の構築を目指す。

- ・無人展開・回収：ASV（自律型無人艇）等を活用し、沿岸や洋上から無人で AUV を展開・回収する。支援母船への依存を排し、連続的・反復的な調査を可能にする。
- ・観測ネットワーク化：AUV・ASV・ドローンと海底ステーション、海底ケーブル等を連携させ、広域・多層的な観測を実現し、リアルタイムな情報共有を可能にする。
- ・深海探査システム全体の自動化：航路計画から解析までの一連のサイクルを AI で自律化させ、人手の介入を最小化する。

これらの革新は、海底及び海底下で発生する諸現象及び環境変動への理解という地球科学の重要課題に対し、従来困難であった時空間解像度でのデータ取得を可能にする。さらに、高度な観測能力を、わが国が主体的に取り組むべき地震・火山活動の把握・監視、海洋資源把握及び生態系保全の領域へと広く展開、持続的な観測基盤を確立し、「観測技術の変革」を起点とした新たな海洋地球科学のフロンティアを切り拓く。

③ 学術研究構想の名称

海洋ロボティクスの革新による海洋状況把握と深海研究の推進

④ 学術研究構想の概要

本学術研究構想は、我が国が有する広大な EEZ において、海洋情報把握の高度化ならびに深海底に関する科学的理解を抜本的に進展させることを目的とし、AUV を中核とした深海探査技術の革新を通じて、持続的かつ高頻度・高解像度な観測を可能とする深海探査基盤の構築を目指すものである。

本構想では、有人支援母船を必要としない完全無人展開を起点に、複数の AUV や ASV と海底ステーション・ケーブルを含む観測ネットワークを統合し、航路計画・運航・データ取得・解析を含む深海探査システム全体の自動化を進めることで、機動的かつ高密度な深海底観測ネットワークの構築を図る。さらに、分野横断的な技術連携を推進し、将来の海洋科学を担う若手研究者・技術者の育成と、我が国における深海探査・観測インフラの長期的基盤強化に貢献する。

⑤ 学術的な意義

現状、AUV は不測の事態への備えや自律的対応能力が不十分であり、監視が必要なため適用範囲も限定的である。航路計画や解析も人手依存で、自動化による運用効率が全体システムとして十分に活かされていない。

こうした課題は AUV の普及と持続的発展を阻む主要なボトルネックとなっている。

本構想では、取得データを即時解析し状況に応じて行動を最適化する「オンボード意思決定」を実装する。従来の「事後解析型観測」から「その場で知を積み重ねる観測」へとパラダイムを転換し、情報工学・AI 研究においても「環境と即時相互作用する知能システム設計」という独自領域を開拓する。さらに、異種プラットフォームを統合し、観測ネットワーク全体を最適化する「複合システム全体としての自律性の設計」という新たな学術的課題を提示し、工学理論の深化に寄与する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国際的に米英中などが高度なプラットフォームによる広域調査を展開する中、日本は海中通信技術や AUV の知能化において世界的な強みを有する。本構想は、これらの技術的優位性を有機的に統合し、完全無人展開や観測拠点との連携を通じて、持続可能な深海探査基盤を構築するものである。国内外の動向と調和しつつ、日本独自の先進性を活かし、深海科学の次世代展開を先導する。

⑦ 社会的価値

本構想による深海探査技術の革新と高精度な観測網の構築は、地震予測や生態系保全、資源管理に貢献し、国民の安全・安心と自然への理解を深める知的価値を創出する。また、観測技術の高度化と運用の無人化は、海洋関連産業の効率化や新産業の創出にもつながり、経済的・産業的波及効果も大きい。海洋安全保障の観点からも、我が国が主権を有する海域の状況把握能力を高めることは極めて重要であり、SDGs の目標達成にも合致するものである。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール

【第 1 フェーズ（1～4 年目）：要素技術の研究開発と基盤整備】

深海環境に対応可能な AUV・ASV の知能化、自律航行制御、無人展開・回収技術など、構想実現に必要な要素技術の研究開発を集中的に進める。並行して、深海模擬環境を再現可能な大型高圧実験水槽や実験水槽など、基盤施設の整備および安全運用指針や観測インフラの基本設計を行う。

【第 2 フェーズ（5～7 年目）：統合実証と観測体制の構築】

開発技術を統合し、実海域で段階的に観測運用を開始する。複数の AUV や ASV、海底ステーションを連携させた自律的観測システムを構築し、海洋研究開発機構が保有する研究船や海底ステーション等を活用したフィールド試験と性能検証を重ねる。

【第 3 フェーズ（8～10 年目）：高度化・展開と社会実装】

広域・高頻度な観測の常時運用体制を確立し、地球科学的知見の取得と解析を推進する。産業界や自治体、国際機関等と連携し、観測データの防災、環境保全、資源管理等への利活用を通じた社会実装を図る。

・実施機関と実施体制

JAMSTEC を中核とし、東京大学生産技術研究所、大阪大学、東京海洋大学、九州工業大学、海上技術安全研究所等の大学・研究機関、および民間企業が緊密に連携する。JAMSTEC は観測拠点の運用と全体統括を担い、各機関は AI、海中通信、ロボティクス等の先端要素技術開発を分担する。多様な知的背景を持つ人材が協働する分野横断的な研究体制を形成し、若手・女性研究者の積極的な参画と育成を促進する体制を整備する。

・所要経費（10 年間 総額 300 億円）

・設備費： 60 億円 陸上試験設備（大型高圧水槽・実験水槽）実海域試験フィールド整備

・研究開発費： 120 億円

次世代機体開発（70 億円）：多様な調査目的に対応する次世代 AUV 群および大型 ASV 本体の開発

システム自動化技術（30 億円）：AI 自律制御、分散協調、通信・測位システム、データ取得の解析自動化

ネットワーク化技術（20 億円）：複数機協調運用、海底ステーション連携技術、データ基盤整備

・試験費： 70 億円 実海域試験、および連続観測運用の実施

・基盤拠点形成費：50 億円 海底ステーション・観測ネットワークの構築維持、人材育成・国際連携活動推進

⑨ 連絡先

中谷 武志（海洋研究開発機構）

北極域で急速に進行する温暖化と環境変化の監視・解明・影響評価

① ビジョンの概要

地球温暖化が最も急速に進む北極域は、環境変化の実態把握と影響評価や将来予測が急務であるにもかかわらず、必要なデータが致命的に不足している。2026 年就航の北極域研究船「みらいⅡ」や陸域拠点を核とした統合的観測網を構築し、環境変化の精密な描写と人間社会を含む影響評価、将来予測の高度化を図り、北極および地球環境研究への要請に応え、持続可能な社会の実現に貢献する。

② ビジョンの内容

温暖化に伴う北極域の環境変化は急速でその実態解明と影響把握は焦眉の急である。一方で中長期的視点から、北極海が関与する将来気候の変化を理解し予測するための精密なデータセットの構築が必要である。

しかし北極海は海氷の存在のために今なお致命的なデータ空白域や空白時期が存在する。2026 年 11 月就航予定の砕氷機能を有する北極域研究船「みらいⅡ」は海水域の観測を可能とする。この「みらいⅡ」を中核としデータの時空間ギャップを埋める統合観測体制を構築し、必要なデータや知見を入手する。また国際連携のもと北極域の観測拠点での大気・雪氷・陸域生態系観測の拡充を目指す。得られた知見やデータから、温暖化に伴う急速な環境変化の実態を解明し、全球気候に対する北極の役割を把握し、将来予測の高精度化を進める。また得られたデータは、北極のみならず、環北極域での環境変化や極端現象発生の実態、そして中低緯度との相互作用の把握に用いられる。さらに、北極域の環境変化が生態系や人間生活に及ぼす影響を評価する。そのために自然科学と人文社会科学の連携・融合を進める。

この取組は「我が国の北極政策」や「海洋基本計画」「海洋開発等重点戦略」にある北極の「研究開発」「国際協力」「持続的な利用」の推進に直接対応し、かつ地球環境にかかる諸問題の解決に資する。

③ 学術研究構想の名称 北極域で急速に進行する温暖化と環境変化の監視・解明・影響評価

④ 学術研究構想の概要

本構想は、温暖化の最前線である北極域の環境変化の実態把握・監視と、生態系や全球気候への影響評価、正確な将来予測、そして北極域の持続可能な社会の実現を目的としている。そのため、北極域に広がるデータギャップをカバーする統合的観測網を構築し、取得したデータや知見を発信する。北極海については、北極域研究船「みらいⅡ」を中核として国際連携観測を進める。陸域観測拠点を整備・拡充する。知見の創出・発信とともに、全球気候システムへの影響を明らかにする。特に極端現象に代表される短期変動にも着目し、その過程や要因を解明する。さらに生態系や人間社会に与える影響を、北極域に住む先住民族などとも協議する形で進め、評価し、持続可能な社会の実現につなげる将来像を提示する。



図 1 本構想の模式図

⑤ 学術的な意義

北極域は、地球平均の 3 倍以上の速さで温暖化が進む

「地球温暖化の最前線」であり、その影響は地球全体そして社会インフラにも及ぶ。これらの変化は急速かつ不可逆的であり、その実態把握と将来予測の高度化には、精緻で長期的なデータセットが不可欠である。しかし北極域は依然として致命的なデータギャップが存在する。

本構想はこうした観測・研究の必要性和緊急性に対応し、北極域ひいては地球全体の持続可能な社会の実現に貢献することを目的とする。まず北極の環境変化の実態解明とその影響評価は学術的に重要であり、短期的・長期的な予測の不確実性低減に繋がる。また北極海の海洋の統合的なデータセットを構築することは、海洋環境変動の定量的理解と生態系変化の評価の基礎となる。北極陸域の拠点での継続的な観測の実施は、衛星観測や数値モデル・AI 解析などと組み合わせることで、環境変化の実態把握と将来予測の精度向上、特に森林火災などの極端現象の監視などに繋がる。また北極は地球気候システムの「冷熱源」の役割を担うが、そのバランスが崩れつつある。気象・気候について、雲過程、遠隔影響、多圏相互作用（雪氷・陸域・海洋）

の包括的理解が求められる。重要な点は、科学的知見やデータを先住民と共有し地域社会の持続可能性向上に貢献することである。環境変化の生活への影響やその適応に関する研究を正確な科学的情報を用いて推進する。文理連携そして先住民族との協働・融合を促進し、学際的な研究の深化と地域社会のレジリエンス強化を両立させる。本構想が地球規模に展開されれば、地球全体の持続可能な未来の実現に寄与しえる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内では 2015 年発表「我が国の北極政策」に対応して学際的な北極研究プロジェクトが実施されている。また国際北極科学委員会 (IASC) では 2025 年 3 月に北極研究の今後 10 年の研究構想を示す第 4 回国際北極研究計画会議が開催された。先住民の知識と科学を尊重し今後 10 年の北極研究の優先課題を議論した結果、気候変動の影響が顕著な北極の変化に対応するための国際協力と持続的な研究体制の必要性が強調された。本構想は国内外の背景や取組に比べ、北極および地球環境の諸問題の解決に資するものである。

⑦ 社会的価値

温暖化進行の最前線を対象とする本構想は、気候災害や環境汚染への対策立案・被害軽減および予防に必要不可欠である。産業界からは北極航路や資源利用など北極域の持続可能な利活用にも関心が高く、経済的・産業的な価値がある。さらに本構想の実施は SDGs の目標 13、14、15 などの達成に直接的に繋がる。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール

● 2030 年(5 年目)まで： 2026 年 11 月に新たに就航する予定の「みらいⅡ」を中核とした北極海の統合的観測体制を構築する。合わせて北極陸域観測拠点を拡充し、世界最先端の大気・雪氷・生態系観測を実施する。データギャップを埋める国際連携観測を推進し、現場観測・衛星観測・モデルなどを用いた研究を実施する。また先住民族を含めた国際連携において生態系や人間社会への影響評価の研究を推進する。

● 2035 年(10 年目)まで：北極海観測について、2032-2033 年の国際極年に初冬や初夏の挑戦的な観測を実施する。他の年には時空間ギャップを埋める国際連携観測を実施する。北極陸域観測拠点を整備・拡充し、国際極年を中核として連携観測を進め、データ・知見を発信する。自然科学・人文社会研究から得られた結果をとりまとめ、将来の北極環境および社会生活の将来像を提示する。

・実施機関と実施体制

◎ 国立研究開発法人海洋研究開発機構 (JAMSTEC)

- 1) 北極域研究船「みらいⅡ」を中核とした北極海における統合的観測体制の構築
- 2) 北極の役割の調査と将来予測の高度化、将来像の提示に繋がる数値実験の実施とデータ公開
- 3) (北海道大学とともに) 変わりゆく北極域のガバナンスの解明と将来像の探求に関する研究の推進

◎ 大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立極地研究所

- 1) 観測拠点の整備・運用。新たな国際連携観測の体制構築の検討。大気・雪氷・陸域生態系観測研究の推進
- 2) 研究活動で得られたデータを公開するデータアーカイブシステムを運用する。

◎ 北海道大学

- 1) 氷河氷床の融解に伴う自然環境や生態系および北極先住民生活の変化についての国際連携研究を推進
- 2) (JAMSTEC とともに) 変わりゆく北極域のガバナンスの解明と将来像の探求に関する研究の推進

◎ 東京都立大学

- 1) 温暖化の進行に伴って人間圏への影響が顕在化する陸域環境変化に関する国際連携研究の推進
- 2) ユーラシア大陸の雪氷、環境変動情報の観測ギャップを埋める国際連携の整備、観測実施

◎ 上記以外の大学・研究機関とも共同・連携して本構想の実現に向けた研究活動を実施する。

・総経費 280 億円

・所要経費

運航費：100 億円（「みらいⅡ」北極航海経費）、設備備品費：50 億円（「みらいⅡ」搭載機器、海水設置型ブイ、係留系観測機器、データストレージなど）、機器開発費：50 億円（極域用小型 AUV、海水観測ブイ、海水下生物観測ブイ、大気観測システム開発ほか）、運営費・人件費：60 億円（拠点運営経費など、データセンター経費、研究員人件費、若手人材育成経費）、消耗品・旅費等その他経費：20 億円

⑨ 連絡先 菊地 隆 (JAMSTEC)

マルチハザード都市防災学の創出と実践

① ビジョンの概要

本申請では、持続可能でダイバーシティに配慮した安全・安心な社会の構築に貢献するため、新たな時間・空間連鎖型マルチハザード都市防災学を創出・実践することをビジョンとする。このため、自然災害や大火災、新型コロナウイルス蔓延等のハザード毎に進められている先行研究をマルチハザードに対応した学問体系に昇華し、理学・工学、生命科学、人文・社会科学の知を結集した分野融合型の総合的な都市防災学を構築する。

② ビジョンの内容

人口や資産が集積する都市は、様々なインフラが精巧に組合せられている一方、自然災害や大火災、新型コロナウイルス蔓延等（ハザード）により、システムの一部が破綻すると別のシステムが連鎖的に破壊され、大規模な社会的混乱が誘発される（時間連鎖型マルチハザード）。また我が国は様々な自然災害が頻発する立地にあり、地震と津波、洪水、高潮、強風、火山噴火、火災など複数のハザードが同時期・同地域に起こる複合災害（空間連鎖型マルチハザード）が発生すると被害が激甚化する。そのため、ハザード毎の先行研究を時間・空間連鎖型マルチハザードに対応した学問

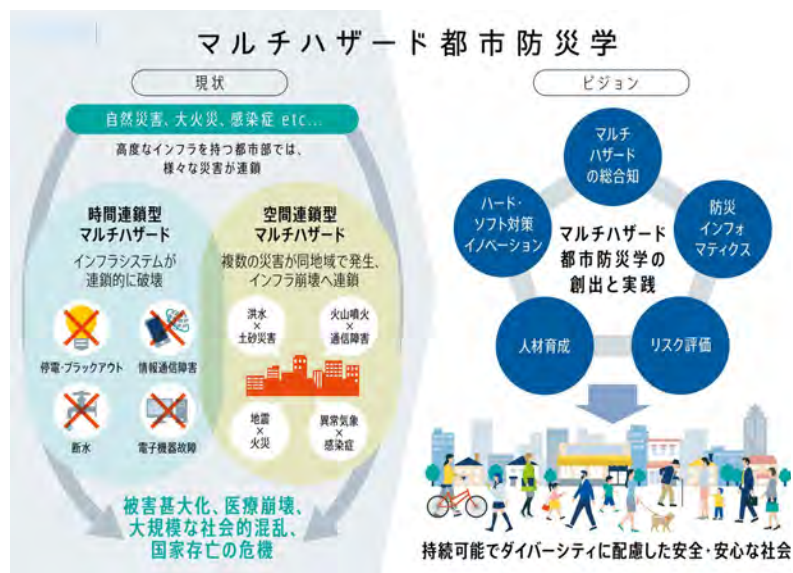


図1 本ビジョンの概要

体系に昇華し、理学・工学、生命科学、人文・社会科学が連携した総合的な都市防災学の創出が必要である。

本申請のビジョンは、新たな時間・空間連鎖型マルチハザード都市防災学を創出・実践し、持続可能でダイバーシティに配慮して誰一人取り残さない安全・安心な社会の構築に貢献することである（図1）。本ビジョンでは、自然災害と火災、バイオハザードを対象とする。マルチハザード現象解明に向けて、実物スケールのマルチハザード実験や大規模計算を実施すると共に、データサイエンスを駆使したメタベース上のマルチハザードシミュレータを開発する。また、マルチハザードの発生・拡大メカニズムを基礎として、マルチハザードに対するハード・ソフト防災・減災対策技術確立に展開する。また、本研究遂行の核となる「マルチハザード都市防災イノベーションセンター」を設立し、研究・教育の世界拠点とする。

③ 学術研究構想の名称

マルチハザード都市防災学の創出と実践

④ 学術研究構想の概要

本学術研究構想は、次の5項目から構成される。1)マルチハザード現象の総合知：マルチハザード現象を様々な状況に応じて調べ、時間・空間連鎖型マルチハザード現象を体系的に解明する。2)防災インフォマティクス：ビッグデータ解析や情報技術を駆使した防災インフォマティクスを確立する。これにより、マルチハザード現象をメタベース上に再現したマルチハザードシミュレータを構築し、研究・教育施設として活用する。3)ハード・ソフト対策イノベーション：マルチハザード現象の総合知をベースに、各ハザードの対策技術が別のハザードへの対策効果を有するかを整理し（防災減災対策連関表）、分野融合型のハード・ソフト対策を確立する。4)リスク評価：ハザード毎に異なるリスク評価手法を精査・統一し、マルチハザードのリスク評価手法を構築する。5)人材育成：都市防災実践に必要なファシリテータ育成や教育・研修プログラム開発を行い、分野間連携及び産官学交流を経た視野の広い若手研究者の育成を行う。

⑤ 学術的な意義

本申請では、ハザードとして自然災害と火災、バイオハザードを対象として、時間連鎖型ハザードーインフラ連関表や空間連鎖型ハザード連関表を基礎として、理学・工学と生命科学が連携して総合知を創出する。

この基礎となる世界初の実物スケールマルチハザード実験施設を用い、シングルハザードでは起こり得ないマルチハザード特有の新現象発見に繋がる。また、メタバース上のマルチハザードシミュレータだけでなく、上記実験施設とメタバースが連動した同シミュレータも世界で初めて開発し、発生頻度が希なマルチハザード現象の素過程理解や対策技術開発に大きく寄与する。さらに、多様な人々に受け入れられる形でマルチハザードのハード・ソフト対策技術を展開するために、理学・工学、生命科学、人文・社会科学を融合した形でハード・ソフト対策技術のイノベーションを図るマルチハザード都市防災学の学術的重要性は極めて高い。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

発生頻度が高いシングルハザード毎に学問・技術体系が飛躍的に進展していると共に、それに応じた医療提供体制や法体系も整備されている。しかしながら、シングルハザードと比べてマルチハザードの研究は散発的であり、事例研究に留まっている。その要因は、マルチハザードの発生頻度が稀であり、マルチハザード現象を再現可能な実験・シミュレーション技術が存在しないためである。本構想では、マルチハザード都市防災学を創出することで、これまでの防災研究の空白分野を埋めて、マルチハザード発生時でも、被害や社会的混乱を最小限にして都市機能を速やかに正常に戻す社会づくりを目指す。

⑦ 社会的価値

本申請でチャレンジする時間・空間連鎖型マルチハザード現象の発生・拡大プロセスの解明は、シングルハザードとは異なるマルチハザード特有の新現象発見に繋がる。リアル・メタバースを活用したマルチハザード実験施設・シミュレータの開発が上記新発見の促進になるだけでなく、都市防災・減災対策技術開発に大きく寄与し、これらの知的価値は極めて高い。気候変動が進む中、都市部にマルチハザードが発生する場合、壊滅的な人的・経済被害が想定されるため、本申請で取り組むマルチハザード都市防災学の創出と実践により被害の大幅な抑制と速やかな都市機能の回復が期待できることから経済的価値は極めて高い。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画＞ 1～5年目：マルチハザード都市防災イノベーションセンターを建設し、実験施設・シミュレータやデータサーバ等の関連機器を設置し、研究環境整備を行うと共に各部門の研究を開始する。6～10年目：各部門の研究を深化・展開し、今後20年先に繋げる新たな時間・空間連鎖型マルチハザード都市防災学の基礎を確立し社会実装する。

＜実施機関と実施体制＞ 本申請の主な実施機関は、東京理科大学である。新規設立するマルチハザード都市防災イノベーションセンター内に、(1)マルチハザード部門、(2)防災インフォマティクス部門、(3)

イノベーション部門、(4)リスク評価部門の4部門を設置する。実施体制は本センターを核として、外部のアカデミック機関、行政機関、国立研究機関等、民間企業と連携するネットワーク型研究体制とする（図2）。

＜総経費＞330億円

＜所要経費＞マルチハザード都市防災イノベーションセンターの建設費、本センター雇用等の人件費、及び研究費が含まれる。本センターにはマルチハザード大型実験施設、防災インフォマティクス設備、都市防災ファシリテータ育成のための教育環境が含まれ、建物建設費に150億円を予定する。本センター研究員・職員の10年間の人件費として80億円を予定する。各部門の研究費として、部門当たり10億円/年を10年間予定し、100億円を計上する。以上を合計すると所要経費の総額は330億円である。

⑨ 連絡先

田村 浩二（東京理科大学研究推進機構長）



図2 研究体制

レジリエントな未来を拓く超学際流域圏マネジメント学の創成

① ビジョンの概要

気候変動に対しレジリエントな流域圏の構築に貢献するため、統合流域圏水システム科学、人間社会系流域圏デザイン学、自然生態系流域圏創成学で構成される新たな基礎学術領域を創出する。

② ビジョンの内容

我が国は、沖積平野を中心に発展してきたが、度々水害を受けてきた。連続堤防や多目的ダム等の建設による治水整備は近代の発展に寄与している。しかし、気候変動による降水強度の強大化や偏在化が確実となる中、治水安全度を越える洪水が発生している。また、地震大国でもある我が国においては、2024年に能登半島で発生したような地震と大雨による複合災害への備えも急務である。流域圏は地球上の生命を支える水循環や、気候変化・環境変化の基本単位である。しかし、流域圏の持続可能性や自然災害に対する強靱性、包摂的社会の形成を支える学術がないため、水災害を最小化し被害を受けた場合も速やかに復旧・復興することができるレジリエントな社会を築くとともに、健康で住みやすく、豊かな食料生産や生物多様性を確保し活力ある流域圏を構築するための新たな学術の創成が望まれる。

そのために、グローバルな気候変化や環境変化に対する対応策は自然環境と社会特性を考慮して検討する必要がある、流域圏でのローカルな対応が不可欠である。そこで、気候変動に対してレジリエントな流域圏の構築に学術から貢献する統合化された新たな学術領域の構築をビジョンとする。統合学術領域は、統合流域圏水システム科学（水圏水動態の素過程をベースとして気圏・水圏・地圏・生物圏を統合した流域圏の水に関する物理・生物地球化学過程を包含する水システム科学）、人間社会系流域圏デザイン学（カーボンニュートラルを含むエネルギーや産業、経済、法体系、社会的制約を考慮し文化・歴史・制度・都市・交通・建築等を統合してレジリエントな社会的共通資本を形成する国土マネジメント・デザイン学）、自然生態系流域圏創成学（純粋な生態系のみならず生態系サービスなどの生態利用やネイチャーポジティブを図るマネジメント学）を柱とし、流域圏の課題解決を図る基礎学術領域を構成する（図1）。この学術分野は、科学的なエビデンスに基づいた流域圏デザインに気候正義等の民主的・社会的・倫理的な議論を反映させた包摂的な合意形成を実現する基礎分野となり、気候シナリオと社会シナリオとを組み合わせることで人類社会と水の未来を予測し、「流域総合水管理」を実現・展開する学術領域となる。ローカルな地先から流域圏、さらに流域圏間からグローバルなスケールまでを俯瞰し、スケール間の相互関係を踏まえた超学際的な学術の統合を目指す。

この学術の創成により、諸問題の深刻化に対して、持続的でレジリエントな未来社会を構築する道筋を提示する。また、本学術領域は、一般市民にオープンな学術を目指し、健全な流域圏（ベイズンヘルス）に関するリテラシー向上に向けた教育方法や民主的な合意形成手法なども同時に研究する。当該学術領域は政策策定等の社会実装に最も近く、基礎学問および地球規模のサイエンスの社会還元が期待できる。

③ 学術研究構想の名称

レジリエントな未来を拓く超学際流域圏マネジメント学の創成

④ 学術研究構想の概要

従来、科学的知見の社会実装は工学分野が主導し、経済発展と密接に結びついてきた。中でも、都市の基盤となるインフラ整備は主に土木工学が担ってきた。気候変動は人間活動に対して危機的な状況を作り始めており、適応策の検討では、特に災害分野で土木工学が重要となっている。一方、緩和策においては再生可能エネルギーの利用促進とカーボンニュートラルな産業・生活構造への転換が喫緊の課題となっている。さらに、水循環や生態系への影響の顕在化を受けて、様々な関連分野での適応策の検討が世界的課題になっている。自然災害に対するレジリエントな社会を構築し、将来も社会・経済が持続的に発展するためには、既存の学問分野間の連携に加えて真の学術の統合化を図る必要がある。



図1 本学術領域の構成

本構想では、水循環の基本単位である河川流域に湖沼・貯水池・沿岸域までを包含する流域圏を単位として、(1) 水循環システムを対象の中軸とする統合流域圏水システム科学、(2) 人間圏を対象の中軸とする人間社会系流域圏デザイン学、(3) 自然界の動植物を対象の中軸にする自然生態系流域圏創成学、の3つの人間社会と水を中心とした統合的分野を創成する(図2)。科学の社会実装による最適な社会基盤整備を基本理念とする土木工学が本構想のコアである(1)のエンジンとなり、分野間の有機的連携を図りながら各分野を構築し、それらを統合化することで超学際流域圏マネジメント学に昇華させることを最終ゴールとする。

⑤ 学術的な意義

本学術構想は、顕在化した気候変動に対して、水に関する適応を主軸にし、得られた方法論をあらゆる人間社会や自然環境の問題解決へと展開するパラダイムシフトを目指し、超学際的な学問体系への収れんを目的とする。これは既存学問体系の再編を伴い、必然的に大きな学術変革をもたらす。

【期待されるブレークスルーと研究成果、効果と意義】

複雑な社会問題について、流域圏を対象単位とした具体的な目標設定が可能になり、科学的に一貫した論理性を持った解決への道筋が示される。今後展開される流域総合水管理においても、流域圏を単位とした学問の深化が科学に根ざした政策(Science-based policy)の導入により加速することがアウトカムとして期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内政策である第5次環境基本計画の「地域循環共生圏」、学術的試みである東京大学の「気候と社会連携研究機構」や科研費学術変革領域(A)「ゆらぎの場としての水循環システムの動態的解明による水共生学の創生」があり、2023年にはNature Waterが創刊されるなど、多岐に亘り類似研究などが展開されているが、本構想は流域圏というローカルな単位を取り扱い、より包括的な展開を計画している点で優位性がある。

⑦ 社会的価値

- ・レジリエント社会の基礎構築：水害被害を最小限に抑え、被災後の復旧・復興を迅速に行える、強靱で活力ある流域圏の基盤を創ります。
- ・価値の創出とSDGs貢献：従来の「被害を減らす」という発想から転換し、活動を通じて正の価値を生み出すことを目指します。これは持続可能な開発目標(SDGs)への貢献にも繋がります。
- ・政策策定への貢献：基礎学問および地球規模のサイエンスの社会還元が期待でき、政策策定などの社会実装に最も近い学術領域となります。
- ・市民のリテラシー向上：一般市民にオープンな学術を目指し、健全な流域圏(バイズンヘルス)に関するリテラシー向上に向けた教育方法や、民主的な合意形成手法なども同時に研究します。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

【1～2年目：企画・調整期間】：学会内調整・企画WG設置、大型予算申請、シンポジウム開催、など

【3～5年目：研究期間】：新研究委員会設置、論文集発刊、関連学会とのコンソーシアム結成協議、など

【6～8年目：統合期間】：書籍発刊、国際シンポジウム開催、教科書発刊、など

【9～10年目：領域完成期間】：教育シンポジウム開催、日本学術会議と連携してコンソーシアム結成、など

<実施機関と実施体制>

土木学会を中軸とし、関連学会のコンソーシアム体制で実施する。

<総経費>約170億円

所要経費：データクリアリングハウスセンターの設置(95億円)、過去のモニタリングデータのデジタル化費用(20億円)、高密度モニタリングネットワーク形成の費用(50億円)、学術領域創設の費用(5億円)

⑨ 連絡先

田中 規夫(埼玉大学、土木学会)、戸田 祐嗣(名古屋大学)

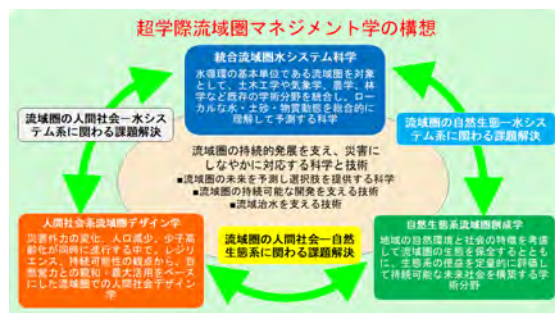


図2 本学術領域の構想

建築分野の複合災害対応、ストック活用、ネットゼロ達成に関する研究

① ビジョンの概要

今日の人口減少や経済状況、更に環境負荷も考え、大量な建築ストックを有効なインフラとして蘇らせ、それらを活用していく社会を構築する。建築ストックの活用の方策としては「建築ストックを守る」という視点と「建築ストックを活かす」という攻めの視点がある。両方の視点に則って、建築の耐久性、安全性、空間性、文化性などをさらに高め、地域や社会において長く求められ続ける存在としていくことを目指す。

② ビジョンの内容

我が国の経済活動は、戦後から高度経済成長期にかけて急速に拡大を続けた。それはまさに大量生産・大量消費の社会であった。建設活動も同様に同時期に拡大を続けた。近年では人口縮減の影響などにより新規の建築着工件数は減少している。従来のようなスクラップ・アンド・ビルドで対応するという手段は経済性だけではなく、環境的側面からももはや通用しなくなっている。今後はこれまで積み上げてきた沢山の建築ストックをいかに活用するかを検討が必要である。

1) 建築ストックを守る

現存する建築ストックを良質な社会インフラとして維持していくためには、建築の耐久性、安全性、空間性、文化性などをさらに高め、地域や社会において長く求められ続ける存在としなければならない。既存建物である建築ストックを守る研究としては、主として「安全性」と「耐久性」に関する研究が必要となる。わが国は地震・津波・洪水・風水害・火山噴火・冰雪害など多様な自然災害に見舞われる。日々の研究成果により災害に対応した建物の設計手法は進化を続けているが、既存の建物はそれぞれの建設時期の設計に基づいているため最新の知見が反映されていない。例えば耐震補強など、如何に既存建物に最新の設計法に基づく改善を適用するか、しかもその改善は如何に日々の建物利用の妨げにならないものとするかが魅力ある建物ストックの性能向上に極めて重要である。

数十年、場合によっては百年以上の長きにわたり建物ストックを利用していくためには、建物が有する設備の更新技術の開発も重要なテーマとなる。ICT などを見るまでもなく、今では想像できないような技術が将来は当たり前のように普及することも想定され、そういった技術成長に適應できる建築ストック改修技術開発が必要である。

また、既存建物はその経年により性能が劣化している可能性がある。その経年劣化を統一した手法により評価し、必要に応じて、劣化した性能を向上させて長寿命化を図る技術開発も、建築ストックを良質なイン

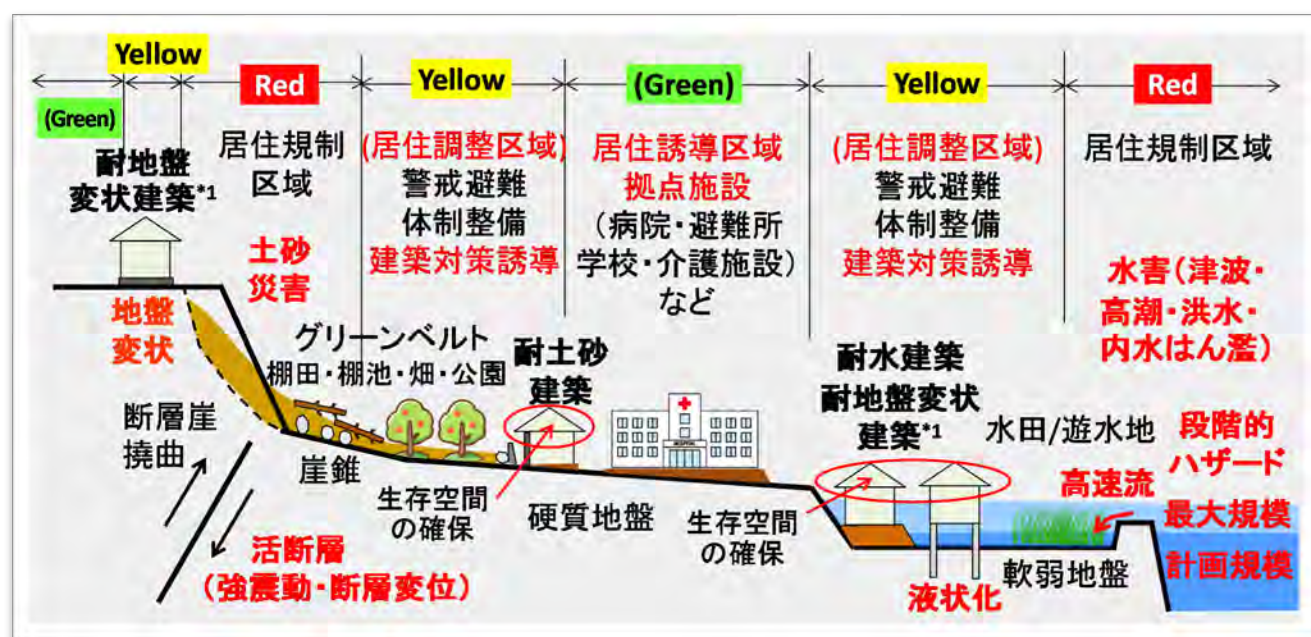


図1 マルチハザードに基づくレッド・イエロー・グリーンゾーンと居住規制・調整・誘導地域の整備（イメージ）

フラとして守っていくためには必要である。

2) 建築ストックを活かす

取り壊される建築ストックの多くが、機能不全・陳腐化に加えて経済効果を創出できなくなってしまうことが原因で、与えられた寿命を全うできなくなっていることに鑑み、既存の使用目的・用途とは異なる形で建築物を持続させる手法をテーマとする研究が必要となる。その際、当該建築物の居住者・所有者だけでなく近隣の地域居住者の QOL (Quality of Life) を高める方向で活用される方策(共同住宅やオフィスビルから集会施設、生涯学習施設、児童施設、高齢者ケア施設などへの転用)について研究することで、地域型ソーシャルビジネスとしての建築ストックビジネスの創出が期待される。それにより、文化的・経済的に豊かな都市・郊外・地方が形成され、建築物単体だけでなく都市としての価値も高まり、長期に渡り存続できる豊かな社会の形成を可能とする。

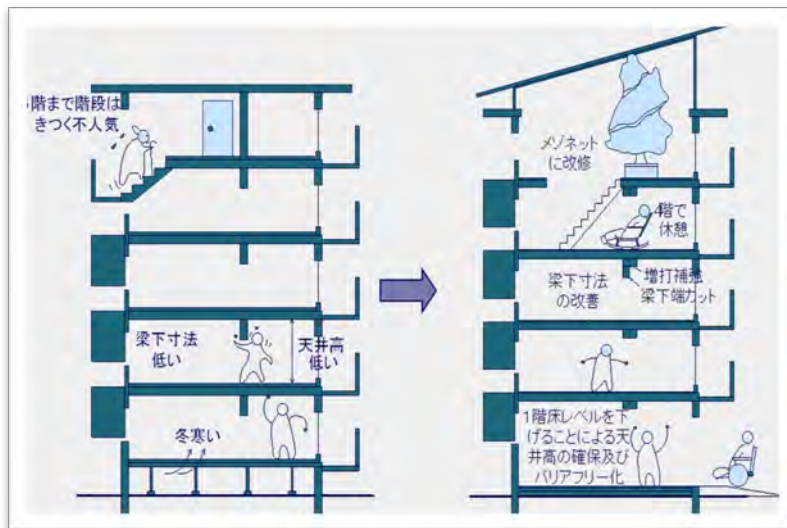


図2 既存ストックの改修イメージ

使命を終えてやむなく解体さ

れる建築ストックについては、その歴史的文化的価値の情報をデジタル空間等に保存する技術も重要であり、歴史的研究、文化財的研究、地域のアイデンティティ創出のための研究と連携して取り組む。

これら建築ストックを活かす活動を推進するためには、研究者、事業推進者としてのデベロッパー、設計者、自治体関係者、福祉・防災関係者、保険業界などが密に連携して事に当たる必要があり、その連携の在り方に関する研究も行う。

③ 学術研究構想の名称

学会なので提案構想は特に行わない。

④ 学術研究構想の概要

学会なので提案構想は特に行わない。

⑤ 学術的な意義

学会なので提案構想は特に行わない。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

学会なので提案構想は特に行わない。

⑦ 社会的価値

学会なので提案構想は特に行わない。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

学会なので提案構想は特に行わない。

<実施機関と実施体制>

学会なので提案構想は特に行わない。

<総経費> 未定

<所要経費>

学会なので提案構想は特に行わない。

⑨ 連絡先

小野寺 篤 (日本建築学会)

持続可能な地球社会像の構築

① ビジョンの概要

持続可能な未来の地球社会を、地域からグローバルまで、相互に矛盾ない形で構築するために、自然科学・社会科学・人文科学の幅広い分野の研究者による学際研究を超え、社会の関係者と共に企画から社会実装までを通した「超学際研究」を実践し、「科学のための科学」から「社会と共にある科学」へのパラダイムシフトを視野にいたした研究領域を確立して、世界の Future Earth（以下 FE）研究の発展を先導する。

② ビジョンの内容

現在の地球規模課題は、地球環境と人間社会の問題が複合的に連環した結果である。この複雑な問題を解決に導くには、I) 地球と人間の相互作用環とその変化を理解し、II) 人類が生態系と共に健全に生存するために人間活動が満たすべき規範的な条件を多様な価値とともに示し、III) それを地球規模で具現化する持続可能な社会へと移行・転換するという、3つの観点について地球環境と人間社会の両面から考究する学問領域が必要である。

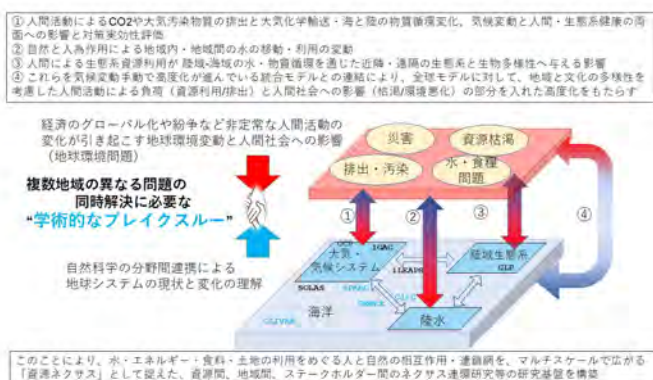


図1 「持続可能な地球社会像の構築」のための学術計画構築

本戦略は、地球環境変化研究と持続可能性研究を学際・超学際研究として統合的に推進している国際研究ネットワーク FE の発展型である新たな計画として、持続可能な未来の地球社会を、地域からグローバルまで、相互に矛盾ない形で構築するために、自然科学・社会科学・人文科学の学際研究を超え、社会の関係者と共に企画から社会実装までを通した「超学際研究」としての研究領域を確立する。具体的には、人間社会及び生態系を支える地球環境としての大気・水・海・陸・生態系につながる地球環境研究とそれらの統合モデル及びシナリオ研究をベースに、社会経済活動を支える様々な要素/プロセス間、ステークホルダー間のネクサス連環研究等や、人間を含む地球環境の健康や well-being につながる研究などを社会との協働も踏まえて考究し、制度を含む社会変容・変革につなげる統合知として構築する。

③ 学術研究構想の名称

持続可能な地球社会像の構築

④ 学術研究構想の概要

本研究構想では、未知の領域が多く残る I) 地球と人間の相互作用環とその変化の理解を深め、地球環境問題の発生から影響までの全体像を俯瞰できる人間社会と自然環境の関係の包括的な因果関係連環のマッピングを行う。人間社会及び生態系を支える地球環境としての大気・水・海・陸・生態系の間の相互作用を解明する。水・エネルギー・食料・土地の利用をめぐる人と自然の相互作用・連鎖網を、マルチスケールで広がる「資源ネクサス」として捉える。さらに、人間の社会経済活動、地球環境の健康や持続性の評価を達成できるよう、資源間、地域間、ステークホルダー間のネクサス連環研究等を実施する。具体的には未解明の領域が多く残る以下の4点を基盤的課題とする。（略号はFE内ネットワークおよび世界気候研究計画(WCRP)）

- (1) 人為 CO2・大気汚染源と大気・海・陸の物質循環変化、気候・健康・生態系影響と対策実効性評価 (IGAC/iLEAPS/SOLAS/GCP)、
- (2) 自然と人為作用による地域内/間の水の移動・利用の変動(物理的水循環と仮想水の連結 人-水-生態系)、
- (3) 人間による生物土地生態系資源利用が、陸域-海域の水・物質循環を通じた近隣・遠隔の生態系と生物多様性へ与える影響 (GLP)。
- (4) 気候モデル (WCRP 等) を拡充した地球統合型モデルで、地域と文化の多様性を考慮した人間活動による負荷(資源利用/排出)と人間社会への影響(枯渇/環境悪化)を取り入れた評価の高度化。

⑤ 学術的な意義

従来の環境問題では、地域や問題の中での持続的な解決法のみが求められ、それに繋がる別の問題や外部地域との相互作用は十分に考慮されてこなかったため、解決を具体的にすすめようとすれば、外部の地域との間に相互矛盾とコンフリクトを引き起こし、全球での包括的な地球環境問題の解決が進まなかった。

本研究構想では、これまで分野ごとに細分化されてきた地球環境に関連する科学的知見を、人間社会の視点と問題意識のもとで、再度、相互の間接的な効果・影響まで含んだ因果関係網として連結し、因果のマトリックス構造を提示することで、複数の環境指標に対する複数の人間活動（資源利用や環境負荷の排出）のあいだの定量的なトレードオフ/シナジーを考慮に入れた対策シナリオを、複数の空間スケールで構築し、それぞれの影響を推定できることを可能とする。これは、地球環境問題の包括的な解決に対して、科学の立場から大きな転換を社会にもたらしうることが期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

FE は地球環境問題の解決と持続可能社会の構築に向けて社会と科学の協同を促進してきたが、本研究構想の実現により、国連持続可能な開発目標（SDGs）の達成にむけた行動計画を立てる上でも、また気候変動国際枠組み条約（2015 年のパリ協定）の政策対応、地球温暖化を 1.5℃以下に抑えつつ持続可能な社会を達成する道筋を科学的に示す上でも大きく貢献できる。本研究構想は、これらの緊急課題群に対して、統合的最適化を包括的に探求することで同時解決の道をひらく。

⑦ 社会的価値

FE は地球が「生存の限界」に近づきつつある状況を見据え地球人間圏の持続可能性を追求する計画であり、経済発展と環境保全の同時的な問題解決により、持続可能な社会の形成を目指すことに大きな社会的価値がある。また、環境問題の解決に個別に対応するのではなく、持続可能な社会の構築に向けて、分野・世代・地域を横断し、総合的・統合的に問題の理解と解決方法を構築するという考え方自体に対する国民の理解が進む。本研究から導かれる地球環境問題に対して社会変革による対応策とその考え方を FE に向け発信し、日本の地球環境学から国際社会への貢献とする。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

2026 年度： 中核機関による課題担当機関の調整・予備研究

中核機関を横断する形で機能するネットワークを設計。ネットワークサブ拠点と中核機関、FE 現行プロジェクトの協議から、課題(1)～(4)の具体的計画立案と、サブ拠点の分担実施体制、9 年間の研究計画決定。

2027 年度～2035 年度： 本格実施

中核機関は、課題実施に必要な関連情報の利用環境を整備し、4 課題の実施を促進。課題の実施に必要な気候観測・予測データ、各種統計データなどについては ICSU-WDS や DIAS など既存の国際的なデータ・情報統合システムデータベースを中心に取得、課題(3)に不可欠となる生態系機能分布の時空間変動に関する情報は、生態系観測ネットワークとの協力から獲得できる連携基盤を構築し、必要に応じて局所スケールでの生態系-社会操作実験をおこなう。課題の解決にむけ実施する研究から得られる知見と知と実践のネットワークは、すべて中核機関に集約し、自然と社会の統合システム知の構築と、これに基づく地球環境問題の俯瞰的理解と、問題の全体に対して社会の変革で対応する方法と考え方を社会に対して提供する。

＜実施機関と実施体制＞

研究の実施/人材育成/アウトリーチ:フューチャー・アース日本委員会所属の東京大学、総合地球環境学研究所、海洋研究開発機構、国立環境研究所、京都大学等、市民、学术界、政府、産業界を横断的に含む 41 機関。

●研究方針の決定、国際活動とのインターフェース:FE 国際事務局日本ハブ:長崎大学、北海道大学をはじめ、フューチャー・アース日本委員会所属 12 機関。

●研究運営のアドバイス、多様な分野との協創推進:フューチャー・アースの推進と連携に関する委員会ほか、関連する委員会等。

＜総経費＞ 85 億円

＜所要経費＞

●観測研究計画: 53 億円

●文理統合的モデリング:22 億円

●社会協創推進: 10 億円

⑨ 連絡先

沖 大幹（東京大学）

地球の環境事変にレジリエントな地域形成に向けた戦略構築

① ビジョンの概要

地球環境問題や自然災害へ柔軟に対応できるレジリエントな社会は、当該地域の資源、風土や歴史・文化の地域性に配慮した総合知により実現するものである。本提案は、地球環境問題および自然災害の課題を、それが出現する具体的な「地域」に注目し、さまざまなリスクを統合的にとらえ、地域資源を活用したリスクの低減とレジリエンスの向上に向けた戦略を構築することを目的とする。

② ビジョンの内容

近年、地震、津波、火山噴火に伴う災害に加えて、気候変動がもたらす災害が激甚化している。こうした地球の環境事変に対して、地域においてリスクを低減し、レジリエンスを高めることが地域社会の持続性を高めるために必須である。理学・工学、人文・社会科学、生命科学分野の最先端の知見を統合し、さらに地域のステークホルダーとの共創を行う超学際的なアプローチが必要である。

地域のリスクは、ハザード・暴露・脆弱性の組み合わせによりもたらされる。各ハザードに関して、特性（頻度、

規模、予測可能性、制御可能性等）に基づき、地域において対処すべき課題を設定するために、複数のハザードを統一的に評価し複合作用を明らかにすることが必要である。また、地域においては、暴露される人口や土地利用とともに、脆弱性を規定する社会システムの理解が必要である。全国規模のリスク評価に基づく地域性の把握と、リスク低減のために対処すべき項目を科学的根拠に基づき設定することが必要である。

さまざまなハザードに対する対応において、過度の外部依存を避け、自立分散型の社会を形成することが地域の持続性に求められる。すなわち、リスク低減及びレジリエンス向上には、地域の資源の活用とその循環を考えるべきである。地形や生態系などの自然資源は、地域で活用できる資源であり、在来知として蓄積されている場合も多い。最近では、生態系の機能を活用する「自然に根ざした解決策（NbS; Nature-based Solutions）」が有用であることが期待されているが、在来知も含めその機能の評価はまだ不十分である。災害対応のみならず、物質循環や健康など自然資源の多面的機能の評価を行うことは、さまざまなハザードに備え、しなやかに対応することにつながる。また、自然資源の認識を高めることは、教育や協働を通じて、地域ステークホルダーの人的資本・社会関係資本を向上し、NbSの地域の受容可能性を高め、地域の持続性へとつながる。以上に基づき、地球の環境事変に対して地域の持続性を高めるためのビジョンとして、自然科学と人文・社会科学が協働した知の集積と統合による地域リスクの評価、リスクに対処するための地域資源の活用、特に自然資源の活用に着目した地域レジリエンスの向上戦略を提示する。

③ 学術研究構想の名称

地球の環境事変にレジリエントな地域形成に向けた戦略構築

④ 学術研究構想の概要

以下のアプローチに基づき、地球の環境事変にレジリエントな地域の形成に貢献する。

アプローチ1：各ハザードの特性（頻度、規模、予測可能性、制御可能性、複合可能性等）を考慮したハザード評価を行うとともに、人口・構造物・土地利用等地理空間情報を活用した地域での暴露、自然環境に加え人口減少を含む人文・社会的視点を統合した脆弱性に基づいて地域のリスクの構造を明らかにするとともに、統合的な評価を行って地域性を明らかにする。

アプローチ2：リスク低減とレジリエンス確保のため、暴露と脆弱性に対して、地域資源の活用による介入

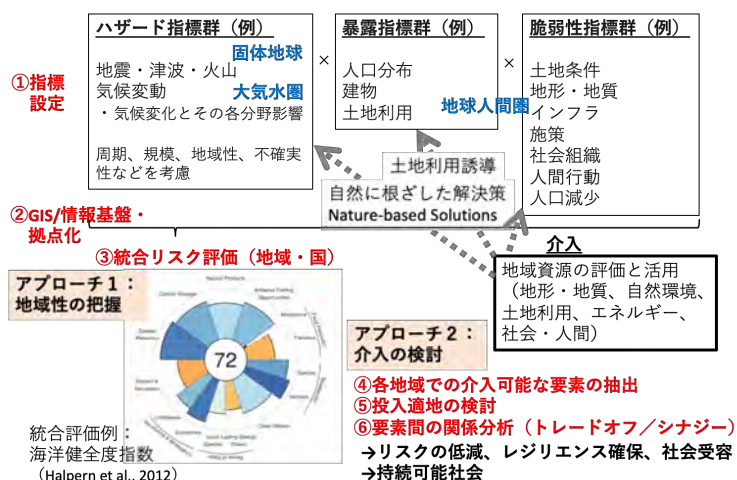


図1 リスク評価と地域レジリエンスを高めるための介入

策の検討を行う。具体的には、気候変動にともなう水害や土砂災害の激甚化に対する山地～平野部まで広域を対象とした流域治水における生態系機能の活用など、自然資源を活用する NbS を核とし、自然資源の機能評価を行い、保全策と投入適地を検討するとともに、既存インフラとのベストミックス、考えられる各種対策とのコンフリクトの解消と同時にシナジー効果の創出を行う。また、自然資源の活用において教育・協働体制を構築するとともに、災害に対する地域知の収集と普及を行い、人的資本、社会関係資本の向上を目指す。これらにより地域資源の向上とそのための対策の実装に向けた社会の受容可能性を高める。

⑤ 学術的な意義

地震・津波・火山・気象災害（気候変動）のハザードの評価を統合し、複合影響も考慮した地域のハザード評価を行い、さらに地域の人口や土地利用等の暴露、土地条件や社会システム等の脆弱性を考慮したリスク評価へとつなげるところに学際的な学術の形成の意義がある。また、特に災害時は地域での自立した活動とともに地域間連携が必要となる。これまで未利用の部分が多い地域の自然資源に注目し、地形の特性や生態系機能を活用する NbS は、気候変動のみならず多種のハザードに対処するレジリエンスの向上が期待できる。地形の特性や生態系機能の定量的評価とともに、他の課題への対処とのトレードオフやシナジーを明らかにすることが求められている。さらに、自然との関わりは地域のステークホルダーとの教育や連携活動を通じて人的資本や社会関係資本の向上につながり、地域社会のレジリエンスを高めることとなる。

こうした一連のリスク評価から地域レジリエンス向上への道筋は、専門分野の知見を深めることと学際的な統合的アプローチを実践することの両方の面で重要であり、一連の超学際的な取組の実践を通じ、理念を超えた具体的な超学際的科学の構築に大きく寄与するものである。また、本提案は地域の自然資源の積極的な活用を行うものであり、評価方法は日本の自治体のみならず世界にも適用可能である。研究成果は、地震・津波・火山・気象災害（気候変動）などの地球科学分野における災害対応のみならず、飢餓、紛争、パンデミックなど各種の危機への対処への展開が期待でき、SDGs 達成に向けた大きな推進力となる。また、NbS を推進することは、生物多様性や自然資本を向上するネイチャーポジティブにも貢献する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

地球の環境事変は災害をもたらし、仙台防災枠組みなどに示されるように、政策的にも重要な課題である。地域資源の活用においては、生態系を活用した防災・減災（Eco-DRR）を含む NbS が、気候変動枠組条約のパリ協定における気候変動適応、生物多様性条約における昆明・モントリオール生物多様性枠組において着目されている。NbS は生態系の多面的機能を念頭においており、さまざまな環境事変に対応し地域のレジリエンスを高めることが期待されている。こうした多面的機能の評価、自然資本と人的資本・社会関係資本との関係、他の課題の対処とのトレードオフやシナジー分析に関する研究を推進し、地域の受容可能性を評価し、NbS の社会実装を行うことが求められている。こうしたアプローチの実践は、超学際的な取組を推進し持続可能な地球社会を目指す Future Earth 理念の具体化を行い、SDGs の達成に結びつくものである。

⑦ 社会的価値

地球の環境事変にともなう災害は、人的・経済的被害に直結しており、国民の理解、知的価値、経済的・産業的価値、SDGs への貢献すべてに相当するものである。地域レジリエンスを高めるには、国民の理解のみならず参加が必要で、地域の資源である自然資源の活用を通じた教育や協働により、地域資源に関する知的価値が高まり、人的資本・社会関係資本の向上が期待される。経済的・産業的にも災害対応は必須で、本提案の暴露の低減に向けた取組が有用である。

⑧ 実施計画等について

本提案は、SDGs の目標年である 2030 年を目指し、東京大学（データ基盤、総括）、国立環境研究所（気候変動）、名古屋大学減災連携センター（地震・津波・火山災害）、総合地球環境学研究所（地域連携）が中心となり、日本地球惑星科学連合地球人間圏科学セクションと協力して以下の計画で進める。

2026～2027：ハザード・暴露・脆弱性評価、地域の統合リスク評価、2028～2029：リスクと介入策、NbS の可能性評価、2030～：地域での実践

総経費 12 億円（2026～2030 年度）：ネットワーク運営・連携経費、データ整備費、地域での実践

⑨ 連絡先

山野 博哉（東京大学大学院理学系研究科）

水環境における物質循環と生態系の完全理解に基づいた持続可能社会の確立を 目指した超分野融合学術体系の構築

① ビジョンの概要

水環境は全球的な物質循環における重要な媒体であり、人類活動と生態系の根本を支える存在である。本ビジョンは、日本水環境学会が涵養してきた水環境に関わる様々な専門性を外部へと拡張し、情報科学、物質科学、数理生態学等の異分野との超学際的取り組みにより、水環境に関わる物質循環と生態系の姿を完全可視化し、かつ人の営みとの関わりを完全に理解するための新領域を開拓することを目指すものである。

② ビジョンの内容

持続可能な未来社会に備わるべき要素としての健全な水環境とはどのようなものか。河川、湖沼、沿岸、湿地等、様々な形態があるだけでなく、同じ河川でも地域によってはレジリエントな洪水調整機能が重視され、また別の地域では親水性や自然浄化・炭素吸収機能が追求されるなど、求められるものは地域によって様々である。地域ごとに特徴ある水環境を発達させていくためには、地域ごとの気候や災害、そして「どんな世界に住みたいか」という居住者の欲求に基づいた人の営みとの調和を追求しなければならない。この調和の実現には、様々な地域の水環境において、多様な物質がどのような姿で流動・蓄積し、かつ変換され、ヒトの健康や生態系の健全性に如何に影響を与えているのか、言い換えれば、地球システム、都市産業システム、及び人間システムが水や物質を介して具体的にどのような繋がりを有しているのか、学術的に整理し理解することが重要であるが、現段階で完全な理解には至ってはいないのが現状である。その結果、システム間がどのように調和すれば持続可能社会に至ることができるのかを見出すことができていないし、さらには、システムのどこをどのようにモニタリングすれば調和の乱れを見つめることができるのか、システムのどこでどの程度の水処理・環境浄化を行うべきなのか、などを明らかにすることが全くできていない。

以上のような学術上の滞りを解消するために、本学術研究構想では、日本水環境学会が涵養してきた水環境に関わる様々な専門性をさらに外部へと拡張し、異分野と融合した超学際的取り組みにより、水環境に関わる物質循環と生態系の姿を完全可視化し、かつ人の営みとの関わりを完全に理解するための新領域を開拓することを目指す。具体的には、実社会では行うことが不可能なレベルの試行錯誤を行うための「水環境デジタルツイン」の構築を行うことを目指し、水環境・水処理過程における物質流動・変換、豪雨災害等の擾乱に対する水環境生態系の応答等、水環境デジタルツインを構成する要素の仮想現実化を完成させる

(図1)。水環境デジタルツインは地域ごとに構築され、地域特有の水環境の創出を実現するための3次元シミュレーションや地域内ステークホルダーとの情報共有などに用いられ、地域水環境行政の意思決定における重要な材料となる。

以上のような取り組みにより、情報科学、物質科学、毒性学、数理生態学、統計学、経済学、法学等、これまで別々に展開されてきた学術体系を適宜融合させる際のハブとして水環境を活用し、分野融合学術体系が構築される仕掛けを作ることを目指す。

③ 学術研究構想の名称

水環境における物質循環と生態系の完全理解に基づいた持続可能社会の確立を目指す超分野融合学術体系の構築

④ 学術研究構想の概要

分析技術の向上や普及に伴い、水環境や水処理過程における物質動態に関するデータは各方面で蓄積されてきているが、不定期、もしくは時間横断的なデータが多く、数値解析との相性が必ずしも良くないため、モデル化した形で現象を理解する取り組みとうまく噛み合っていない。また、様々な場所で得られた水質データ等の公開・共有も十分に行われておらず、ビッグデータと機械学習に代表されるような情報科学分野の新展開にもマッチしていない。これらの状況は、災害対応、炭素収支、生態系等に関わる水環境管理施策を



図1 本ビジョンで確立を目指す
水環境デジタルツインの概要図

議論する際に不確実性をもたらす可能性があり、水環境行政にも影響を与えうるものである。流域における物質変換及び水処理過程に関する仮想現実化が実現すれば、様々な条件下、例えば温暖化が河川水質に与える影響、急激な原水水質が実施設における水処理効率に与える影響等、実験を行うことが難しい事象に関するシミュレーションが可能となる。本ビジョンでは、可視化ツールとしてのデジタルツイン技術に着目し、デジタル空間における流域及び水処理過程の再現に必要な要素技術の確立と統合を行うために、超学際的取り組みを推進する。

⑤ 学術的な意義

本ビジョンで構築を目指す2つのデジタルツインのうち、流域デジタルツインは河川・湖沼・干潟等の水環境における管理に関する施策について、行政による意思決定に大きく貢献する他、市場経済の仕組みを取り入れた生態系サービスや行動経済学の枠組み導入が健全な水環境生態系の維持に与える貢献度の評価や、社会システムの構成要素としての法律の在り方に関する議論につながるなど、さらなる学術的な広がりをもたらすきっかけとなりうる。もう1つの水処理デジタルツインも、居住者の欲求・要求にも適応して地域社会にうまく埋め込まれるような水処理技術の開発を可能とするなど、水処理技術の革新を誘導するものである。これらを実現する水環境デジタルツインは、モニタリングデータなどを用いて常にパラメータが更新され、様々な物理・化学・生物プロセスが統合されつつ進化していく形態を有しており、最先端の知見が専門性を超えて容易に共有される点において、学術的価値が著しく高いものであると言える。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

日本水環境学会は世界水協会（International Water Association：IWA）の日本支部の役割も担っているが、IWAではDigital Water Groupが形成されており、その中で水処理や水環境管理の分野におけるデジタルトランスフォーメーション（DX）が指向されている。しかしながら、Digital Water Groupが目指しているDXは、人が直接管理する水質（上下水処理等）を対象としたものに留まっており、本ビジョンで目指すような、洪水・流木・土砂崩れ等の流域における災害や、河川・湖沼・干潟、汽水域等の自然環境における水質変換、および生態系構造が3次元仮想現実化された水環境デジタルツインは全く想定されていない。IWA世界に先駆けた本ビジョンにより、水環境分野における研究を大きくリードする状況を作り出せると考えている。

⑦ 社会的価値

自分達の身近な水環境が3次元で細部に至るまでが可視化されれば、地域住民と水環境の状況を視覚的に共有することができるようになるため、水環境行政はより科学的に説得力のある形で施策を提案し、実施することが可能となる。さらに、水環境デジタルツインは、市場経済の仕組みを取り入れた生態系サービスの枠組み導入の効果を検証する目的で使用することも可能であり、民間による活用が大いに期待される。SDGsに関しても、水と衛生に関わるSDG6に掲げられている、「有害な化学物質による汚染を最小限にする（6-3）」や「山や森林、湿地、川、地下水を含んでいる地層、湖などの水に関わる生態系を守り、回復させる（6-6）」について、科学的根拠に基づいて達成度を評価することが可能となる。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

2026-2029年：水環境デジタルツイン研究委員会設立、学術団体・行政ネットワーク、デジタルツインのプロトタイプ考案、モデル検証用データ蓄積

2030年以降：デジタルツインの検証・更新・実装、行政・民間における活用、モデル検証

＜実施機関と実施体制＞

日本水環境学会・水環境デジタルツイン研究委員会が他分野の学術団体を繋げるハブの役割を担う（図2）。

＜総経費＞ 16.6億円

＜所要経費＞人件費：1.4億円、設備費：1.2億円、分析費：10億円

⑨ 連絡先

佐野 大輔（日本水環境学会・総務担当理事）



図2 水環境デジタルツイン研究委員会

カーボンニュートラルと資源循環を達成するプロセス・プロセスシステム学の構築

① ビジョンの概要

CO₂排出削減が困難な産業の排出量実質ゼロを実現しつつ、国内産業の国際競争力を強化するには、輸入資源から脱却した炭素資源の自立が必須である。本提案では、社会実装に向けた具体的アクションに繋げるために、バックキャストによる技術、ビジネス、ガバナンス、社会、人材の成熟度の観点から議論し社会実装を推進する仕組みの醸成に取り組む。

② ビジョンの内容

グローバルな目標であるカーボンニュートラルと資源循環の目標を達成するためには、エネルギーと物質の変換を担う化学と化学技術が大きな役割と責務があることは論を待たない。化学技術は、再生可能エネルギーの最大活用と化石資源依存からの脱却のための原料転換を可能とするプロセス技術、新規材料技術だけでなく、社会システム全体の最適化に貢献できる。そのため、2050年における「ありたい未来像」の想定と、バックキャストにもとづく研究を展開することが極めて重要である。化学工学会では、化石燃料をエネルギーとして利用するだけでなく素材として利用する鉄鋼、化学、セメント、紙・パルプなど、二酸化炭素 (CO₂) 排出削減が困難な (Hard to abate, HTA) 産業の将来の炭素フローとエネルギー収支、および、化学産業を事例に、それを具現化するための設備投資の規模と製品価格を、炭素自立ビジョンとして公表している。

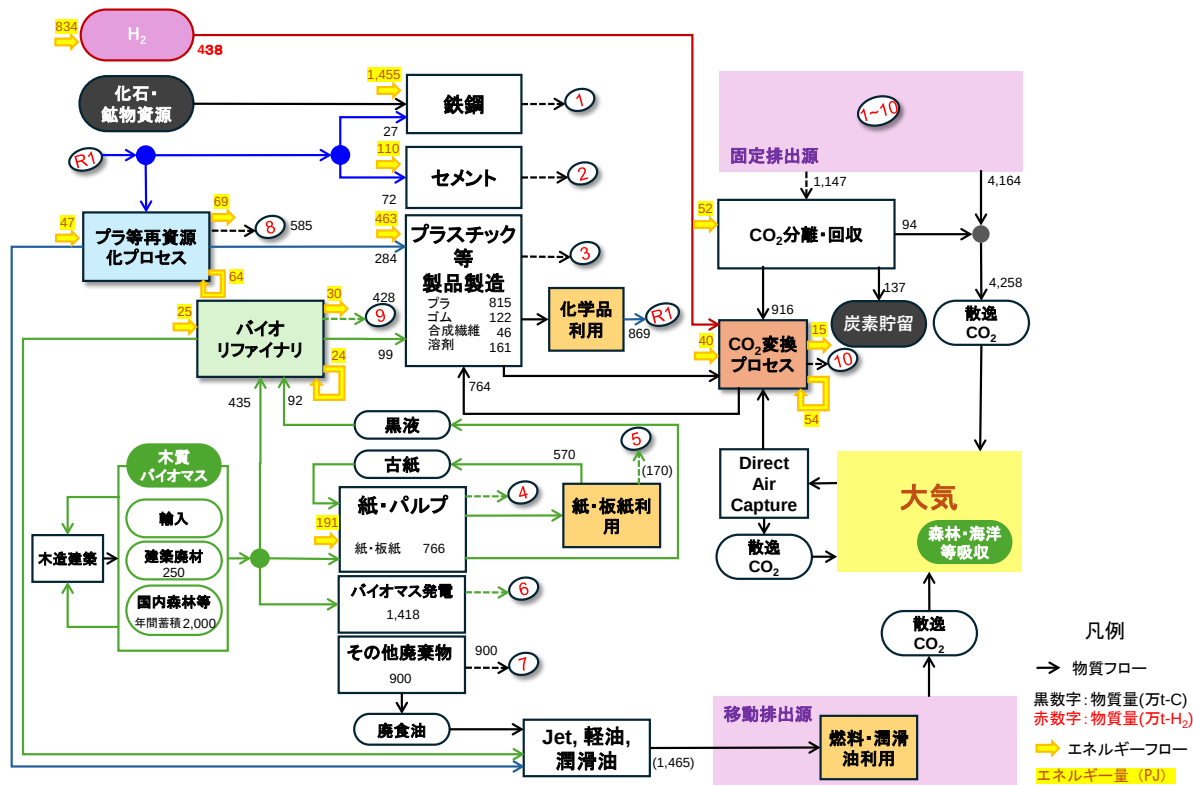


図1 素材生産に関わる炭素循環の将来像

炭素自立ビジョンの実現には、新規な製品、新規なプロセスを実現するためのサイエンス、エンジニアリングの一体的な深化が本質的に重要であるが、必要な技術を適切に社会実装まで導く方法および新しい技術と製品の社会貢献の評価を可能とするシステム論についても研究を行う必要がある。また、異業種間連携による新たなバリューチェーンの構築が必要である。他国に先んじて HTA 産業の炭素自立という産業構造の変革を実現するためには、業界の枠を超えた推進組織をハブとし、産学官民一体となって段階的移行を推進する必要がある。

以上の背景の認識から、化学工業における化学プロセスの最適化というシステムの思考を、カーボンニュートラルを一例に地球規模の課題に適用する。地域間連携や産業間連携により、産業システム、さらには社会システムの最適化に展開するための学問を築くことを提案する。未来社会の構築に貢献する化学と化学技術の革新と、化学と社会のかかわりの考察を可能とし、広くかつ有機的に知が連携する研究領域である。

③ 学術研究構想の名称

カーボンニュートラルと資源循環を達成するプロセス・プロセスシステム学の構築

④ 学術研究構想の概要

炭素自立の実現に向けた具体的なアクションに繋げるために、例えば化学産業の場合、プラスチック等の再資源化、木質バイオマスからの化学原料生産、CCU の社会実装をどのような時間軸で進めるべきかを、目指すべき姿からバックキャストしてロードマップを構築する。また、技術開発の推進のみならず、様々な分野のステークホルダーがその重要性を共有し、産業・社会構造を変革することが不可欠である。そのため、技術、ビジネス、ガバナンス、社会、人材の5つの視点に対応する成熟度レベル（XRL）の観点で、取り組むべき課題を抽出し、ステークホルダーの役割を明確にする。以上の構想を念頭に、シナリオ構築から始まり、プロセス開発、循環システム構築、経済性評価、リスク評価、競争力評価などを、国内外の産学官民の連携により、「論理的・科学的・定量的」に確実に強力に推進する。

⑤ 学術的な意義

未来社会の構築に貢献する化学と化学技術の革新と、科学と社会のかかわりの考察を可能とし、広くかつ有機的に知が連携する研究領域である。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

2020 年 10 月の「2050 年カーボンニュートラル宣言」以降、脱炭素化への機運が高まった。その後、世界的な地政学リスクの顕在化を受け、欧米諸国で政策が見直された結果、短期的な現実解として化石資源への回帰も見られるようになった。このような市場の先行き不透明性に設備コストや人件費の高騰も加わり、多くの脱炭素化プロジェクトが遅延・中断を余儀なくされるなど、カーボンニュートラルに向けた取り組みは世界的に一時的な停滞期に入っている。しかし、中長期的に見れば、カーボンニュートラルの潮流は揺るぎないものであることは言を俟たない。世界が足踏みする今こそ、日本が「カーボンインディペンデンス（炭素自立）」を実現することで、国際市場における競争力を高める絶好の機会である。

しかしながら、現状のカーボンニュートラル施策は、課題の複雑性とスピード感と相まって、各論技術開発のみに留まっているのが現状である。当該構想では、エネルギーと製品を提供する動脈産業と、資源循環を担う静脈産業が連携したバリューチェーン全体の可視化と、可視化された物質とエネルギーのバランスの最適化を定量的に議論する。また、「解が得られない時、システムバウンダリを広げて考える」化学工学的思考を取り入れる。結果として、「あるべき未来社会」の実現と、新たな社会システムの実現に繋げる「社会実装学」の新学術領域が達成される。

⑦ 社会的価値

炭素循環社会の実現に貢献する。加えて、分野横断的な研究推進力を身につけた人材の流動化により、世界の炭素循環研究分野に指導的人材を輩出し、カーボンニュートラル社会実装の方法論を国内外に展開する。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

R7－R8：XRL 解析、経済性評価、R7－R10：プロセス開発、循環システム構築、R11－R16：本格運用、PDCA

＜実施機関と実施体制＞

シナリオ構築やプロセス開発の実行部隊は、東京大学、北海道大学、東北大学、早稲田大学、大阪大学、九州大学、室蘭工業大学、国立環境研究所、産業技術総合研究所が中心となって行っていくが、広く門戸を開き、ワンチームで取り組んでいく。また、化学工学会地域連携カーボンニュートラル推進委員会が総合知で挑む新たな産学官民連携構築のファシリテーターとして機能する。なお、脱炭素エネルギー媒体およびカーボンニュートラル炭素原料は、動脈産業に加えて、資源循環を担う静脈産業が連携して、国際協力のもとで融通する必要がある。各国の特徴に鑑みたグリーン成長戦略が構築される中、化学工学の分野で既に確立しているアメリカ、カナダ、欧州、アジア諸国との国際交流のネットワークを活用して、カーボンニュートラル施策における国際連携を図っていく。特に、アジア環太平洋諸国のハブとして日本が機能する。

＜総経費＞ 20 億円

⑨ 連絡先

辻 佳子（日本学術会議連携会員、化学工学会地域連携カーボンニュートラル推進委員会、東京大学）

深海炭素貯留の技術的実現可能性と社会的妥当性の学際評価

① ビジョンの概要

深海炭素貯留（DCS: Deep-sea Carbon Sequestration）を CCS に次ぐ炭素隔離戦略として位置づけ、自然科学・人文学・社会科学を統合した知的基盤を世界に先駆けて構築する。

② ビジョンの内容

本ビジョンは、深海炭素貯留を 20～30 年の長期的視野で検討し、学術的・社会的に確立することを目指すものである。DCS は、陸上植物残渣や海藻等の有機炭素および液化 CO_2 あるいは CO_2 ハイドレート等の無機炭素を深海の海底に隔離する戦略である（図 1）。DCS は広大な深海という未利用の隔離空間を活用できる潜在力を持つが、生態系影響の知見や社会的正当性に関する議論は十分でなく、長期的な学術的評価と国際的合意形成が不可欠である。

2050 年をターゲットイヤーとするビジョンとして、次の二段階で展開する。第一段階（2035 年まで）は、学術的評価の時期とする。自然科学領域においては、現場学術実験とモデル解析により、DCS に関する基礎知見を整備する時期である。有人潜水調査船等を用いた深海現場での実験を

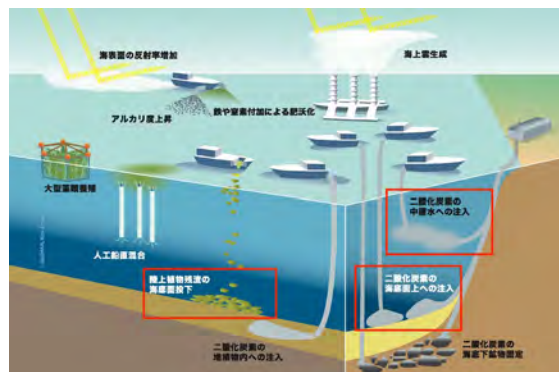


図 1 深海炭素貯留の類型

（赤枠：元図は GEOMAR Rita Erven 提供）

通じて、各炭素物質の分解挙動や周辺生態系への影響を明らかにする。同時に、酸素消費や酸性化を含む大規模導入時の環境シナリオを数値的に検証する。工学領域では、気候変動対策として効果を発揮する DCS の大規模化において要請されるインフラの検討・設計・モデル構築を進め、DCS の技術的実現可能性と環境的リスクの科学的根拠を確立する。人文学・社会科学領域においては、世代間倫理や予防原則の観点から深海介入の妥当性を整理し、社会的受容をめぐる課題を可視化する。同時に、社会科学的研究により、UNCLOS やロンドン条約体制の下での DCS の扱いを明確化し、国際的なルール形成へのインプットを行う。

第二段階（2050 年まで）は、第一段階での学術活動で形成するコミュニティが主体となって、社会に還元する時期とする。DCS の総合的な判断枠組みを提示し、国際的な政策選択に資する基盤を完成させる。DCS が長期的炭素隔離の有効な選択肢として国際的に認められるならばその端緒を拓いた責任国家として、逆に不可逆的なリスクが大きいと判断された場合にも学術成果に基づく「実施しない」選択を国際社会に提示したものとして、我が国の気候工学に対する意思決定の透明性と信頼性を高められる。

③ 学術研究構想の名称

深海炭素貯留の技術的実現可能性と社会的妥当性の学際評価

④ 学術研究構想の概要

深海は低温・高圧・暗黒かつ安定した環境であり、炭素物質の長期固定が期待できる一方で、環境影響や社会的正当性に関しては不確実性が大きい。本研究構想では、①自然科学による小規模設置実験とモデル解析による生態系応答の評価研究、②人文学による世代間倫理の検討や科学技術史的視点からの評価、③社会科学による国際海洋法との整合性や環境経済学的な合理性の検討、を柱とする。

⑤ 学術的な意義

DCS の学術的意義は以下の三点に整理できる。第一に、自然科学的意義として、深海に投入された有機炭素（陸上植物・海藻）および無機炭素（液化 CO_2 、炭酸塩鉱物）がどのように分解・沈降・鉱物化されるかを現場で実験的に解明する点があり、深海物質循環と隔離安定性に関する基礎的知見を大幅に拡充できる。第二に、人文学的意義として、深海という人間に不可視の領域に対する介入の倫理的妥当性を問う点がある。たとえば将来世代に対する現代科学者の責任を念頭にあれば、科学的調査の名の下で過剰な取り組みが進むという「やるべきでないことをやってしまった」作為のリスクと、それを回避しようとする中で生じる「やるべきことをやらなかった」不作為のリスクという、両者の相克が評価される。さらに科学技術史の観点からは、過去のエネルギー技術導入に伴う失敗や社会的対立、また自然環境における廃棄物隔離に関する歴史

的事例を参照することで、DCS に内在するリスクを先取的に明らかにできる。第三に、社会科学的意義として、国際法制度における DCS の位置付けを検討することが挙げられる。現行 CCS は地中（海底面より下）への介入であり 2009 年のロンドン議定書改正により制度的に許容されたが、DCS は海洋（海底面より上）への介入である。これらの位置づけの差異を明確化することは、将来の国際ルール形成に直接的に資する。

総じて、本研究は深海科学技術・人文学・社会科学の各分野を架橋し、2050 年ネットゼロ実現に向けた新しい知的基盤を提供する。こういった知的基盤を整備することは、気候危機が深刻化する近い将来に必ず議論の俎上に上がる DCS をめぐる社会的合意形成のための議論の素地を整えることと同義であり、国内外において大きな社会的インパクトを持つことが期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

世界的に CCS が炭素隔離の主流手法として開発されており、欧州の「Northern Lights」や日本の苫小牧実証事業などがその代表例である。しかし、CCS は適地が限定され、漏洩リスクや地域合意形成の課題が指摘されている。他方、海洋分野ではこれまで海洋アルカリ化や大型海藻栽培が研究対象となり、GESAMP などの国際的な科学機関が議論を主導しているが、海洋表層への影響評価に比して、深海への炭素隔離を包括的に扱う研究は存在しない。本構想は、物質や手法を区別することなく、特定ステークホルダーのいない（あるいは全人類がステークホルダーとなる）深海という環境に対する人為的介入としてフォーカスする点で、従来研究にない独自性を持つ。日本は深海に囲まれる地理的特徴、有人潜水調査船や深海研究船群をはじめとする調査能力、さらには深海現場実験に基づく知見創出能力ですでに国際的優位を持ち、本構想はそれを加速させることができる。

⑦ 社会的価値

国民に対して、気候危機に対する科学的・倫理的・制度的な包括的知見を提供し、未来社会の選択肢を広げることにつながる。従来型の温室効果ガス削減アプローチのみならず、人類が手にしている有望な選択肢が複数あるということを示すだけでも、専門家や為政者と国民を交えた新たな対話の場の醸成につながりうる。多様なステークホルダーが長期にわたって関与し続けなければならない気候変動対策において、対話や熟議の場は積極的かつ意識的に設けられるべきであり、本提案はその端緒となる。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール

初年度となる 2026 年度は、呼びかけ人を中心に実施体制の構築を進める。2027 年度には、呼びかけに応じた研究者とともに同ペーパー原稿を精査して投稿する。以降、各分野での詳細な検討をはじめめる。2030 年度を目途に各分野での詳細な学術的アウトプットを発出し、2033 年度を目途にそれらを統合した学術書を上梓する。2035 年度まで同書の内容を基軸に産官民学の各セクターで議論を呼びかけていく。

・実施機関と実施体制

本構想の実施機関・実施体制は、具体的に議論されていないが、対象が深海であることを考慮すれば、JAMSTEC が中核実施機関の一つとなることが自然である。JAMSTEC、関西大学、および早稲田大学からの参画予定者が呼びかけ人となり体制を構築する。自然科学研究の体制は、海洋学・地球化学・生態学などの専門家で構成されることが期待される。人文学・社会科学の研究体制は、環境倫理学、科学技術史、あるいは国際法学をはじめ、DCS をめぐる話題を網羅できる専門家で構成されることが期待される。

・総経費 14 億円

・所要経費

JAMSTEC 船舶での調査航海では 1 航海 14 日間あたり約 3000 万円の費用負担が見込まれる。半年に一度の頻度での航海実施とともに、CO₂運搬に要する耐圧装置の整備費や採取試料の化学分析や遺伝子解析に要する消耗品を含む物品費を含め、自然科学領域の所要経費は年間 1 億円となる。人文および社会科学の各領域では、国際法文献や倫理学・歴史学研究資料の収集・翻訳・整理に関わる費用（各年間 1000 万円）と、本件に専従する研究員（特任准教授相当）を三分野で各 2 名ずつ雇用する人件費（年間 6000 万円）をあわせて、所要経費は年間 1 億 4000 万円となる。全体では 10 年間で 14 億円となる。

⑨ 連絡先

川口 慎介（海洋研究開発機構）

水素科学（水素科学）の社会貢献

① ビジョンの概要

水素科学プラットフォームの構築により、水素が関与する学問分野を高度に融合（学術連携）することで水素科学を深化させる。さらに人文・社会科学も含めた異分野連携・産学官連携・国際連携（これらをまとめて、本提案では「水素連携」とする）を推進する。これらによって、水素・燃料電池、合成燃料、蓄電池、太陽電池、超伝導に加えて、宇宙、核融合、創薬・高度医療などの多彩な分野を通じて、革新的な社会貢献を果たす。

② ビジョンの内容

世界規模での気候変動やエネルギー安全保障などが深刻化するなか、国内外で水素エネルギーの社会導入・普及が期待されており、水素の製造から貯蔵・輸送、燃料電池や水素発電での利活用など、出口が明確で実践的な技術開発・実証プロジェクトが推進されている。一方、水素が関与する研究開発に関しては、水素エネルギーの視点だけでなく、暮らしに欠かせない多様な有用物質・材料の合成やデバイスの設計・高性能化、構造材料の信頼性向上、さらに宇宙産業への展開や、核融合（フュージョンエネルギー）の実現に向けた基盤研究、創薬・高度医療技術の開発など、極めて多彩な視点での重要性も高まっている。



図1 水素科学の社会貢献

水素が関与する多彩な研究開発を推進して技術革新を実現するためには、工学・物理学・化学・生物学・数理科学・データ科学などの各学問分野における個別の研究を進めるだけでなく、それらを高度に融合（学術連携）することで水素科学を深化させることが重要である。

本提案では、一般社団法人 水素科学技術連携研究会の活動を大幅に強化・拡充して「水素科学プラットフォーム」を構築、水素科学にかかわる支援を効果的かつシームレスに実施する。

以下、「水素科学プラットフォーム」の活動の具体例を示す：

1. 国内研究者相互の人材交流や装置供用の促進などを支援する水素科学ネットワークの整備
2. 国内外の論文情報などをデータベース化した水素科学データセンターの設置
3. データの分析・検証および水素科学 AI シミュレータ・大規模言語モデルの開発
4. 研究開発、新しい技術やアイデアに基づく新産業展開を後押しする水素科学スタートアップの支援
5. 若手研究者および学生を対象とした水素科学国際リーダー育成スクールの運営

この「水素科学プラットフォーム」の構築を通じて、水素科学の深化や水素連携の推進を早期・確実に実現することで、水素科学にかかわる研究開発に好循環を生み出し、各分野での革新的社会貢献につなげる。

③ 学術研究構想の名称

高次水素機能を拡張した水素科学（水素科学）の深化

④ 学術研究構想の概要

水素が関与する研究開発は、水素・燃料電池、合成燃料、蓄電池、太陽電池、超伝導に加えて、宇宙、核融合、創薬・高度医療など多彩な視点で重要である。この本質は、材料中に侵入した水素が示す「結合多様性」とそれにより発現する「高次水素機能」であることを、科研費・新学術領域研究「水素科学」において、様々な事例で示している。さらに、水素近傍の原子・電子構造の揺らぎなどに起因する理想的な結合性からの逸脱（ずれ）や異なる結合性への連続的遷移が高次水素機能の発現における支配要因となりうることも提起している。

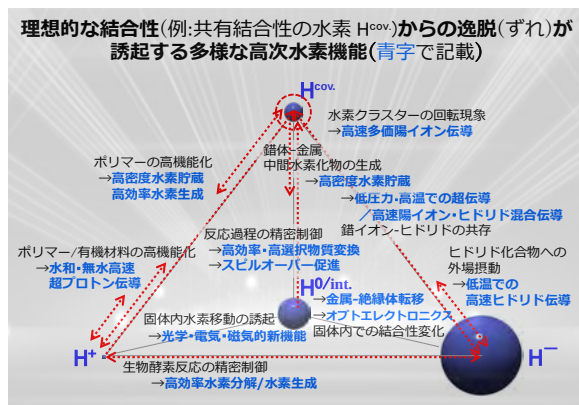


図2 多様な高次水素機能

しかし、これらの「逸脱（ずれ）」や「遷移」の精密解析やその先の精密制御は、今後の水素科学の深化における重要課題の一つとして残されており、「水素科学プラットフォーム」を構築したうえで、解明や探求が可能になるものと期待されている。

⑤ 学術的な意義

水素は、極めて広い濃度（＝水素密度）範囲で材料中に存在し、高い移動性や量子性、そして他の元素と多様な反応性を示す。この時、周囲の状況に応じて、原子状態 H^0 、共有結合性 $H^{Covalent}$ 、イオン性、またそれらの中間状態にもなり、さらに各状態で水素自体の大きささえも劇的に変える。

この「結合多様性」によって、材料中の水素は「高密度化」や「高速移動」、表界面で「高活性化」することが可能となり、様々な水素機能が発現する。さらに、「複数の水素機能の相乗効果（＝高次水素機能）」に着目することで新たな機能発現が可能となる。

理想的な結合性からの逸脱（ずれ）や異なる結合性への連続的遷移にかかわる精密解析・制御は、水素科学において核心的なブレイクスルーにつながる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内外で水素エネルギーの社会導入・普及が期待されており、水素の製造から貯蔵・輸送、燃料電池や水素発電での利活用など、実践的な技術開発・実証プロジェクトが推進されている。本提案は、「水素科学プラットフォーム」を整備し、水素科学にかかわる人材交流・情報共有・装置供用・共同研究・社会実装・若手研究者育成・スタートアップ支援を効果的かつシームレスに実施する。これにより、水素エネルギーの視点だけでなく、多彩な視点での水素科学の社会貢献を目指す。

⑦ 社会的価値

水素・燃料電池や合成燃料に関する技術普及とそれによる二酸化炭素排出量の削減、災害に備えた自立型水素エネルギーシステムの設置、有用物質や医薬品の合成、水素脆性の制御・抑制による構造材料の長寿命化や信頼性向上、宇宙線や中性子線などの高効率遮蔽による宇宙・核融合に関連する極限環境での安全性向上、摂取回数や副作用の観点で患者負担を抑えた創薬・高度医療技術への展開など、水素科学の深化は広範な技術開発に資するといえる。本提案は、水素連携を通じた多彩な分野における経済的・産業的価値の創製や SDGs への貢献だけでなく、次代の研究開発を担う若手研究者へ知的価値を継承するうえでも重要である。

⑧ 実施計画等について

・実施計画とスケジュール

前期（初年度～第3年度）：1. 水素科学ネットワークの整備、2. 水素科学データセンターの設置、5. 水素科学国際リーダー育成スクールの運営、水素科学プラットフォームの活動および研究開発を開始する。

中期（第4年度～第7年度）：3. 水素科学 AI シミュレータ・大規模言語モデルの開発、4. 水素科学スタートアップの支援を実施し、「逸脱（ずれ）」や「遷移」の精密解析を本格化する。

後期（第8年度～第10年度）：水素科学プラットフォームを完成させ、「逸脱（ずれ）」や「遷移」の精密制御を可能とする研究を加速、革新的な社会貢献を実現する。

・実施機関と実施体制

東北大学に加えて、東京大学、山梨大学、京都大学、九州大学、量子科学技術研究開発機構、物質・材料研究機構など、日本全国から多くの研究者が本提案に参画できるよう各研究拠点の整備を進め、水素科学技術連携研究会に加盟の約 15 社の企業を中心にした産学官連携により、社会実装に向けた技術開発も推進する。

・総経費 40.0 億円（10 年間の研究費として）

・設備費：各研究拠点の整備を中心に総額 10 億円

・人件費：若手研究者、高度技術職員、統括・企画や事務職員などの雇用費として、総額 20 億円

・運営費：装置供用や共同研究、スタートアップ支援のため、総額 10.0 億円

⑨ 連絡先

折茂 慎一（東北大学 材料科学高等研究所（WPI-AIMR））

循環としなやかさで人と社会のウェルビーイングを紡ぐサステナブル繊維イノベーション ～物質科学と社会的価値の統合による新しい繊維科学のパラダイム～

① ビジョンの概要

「循環」と「しなやかさ」を統合原理に据え、川上・川中・川下そして物質科学・人文社会科学の壁を越えた繊維イノベーションの生態系を構築する。資源循環設計・ウェルビーイング機能・指標化の三本柱と、知・技・人の継承 DX を基盤に、設計—製造—評価—回収—再資源化を一体化し、健康・安全・環境に資する「新時代の繊維学」という日本発パラダイムを提示し、グローバル展開する。

② ビジョンの内容

気候変動や人口減少、資源枯渇、廃棄物などのグローバル問題の解決に向けて、物質科学と社会的価値創造を往復運動で結ぶサステナブル繊維イノベーション基盤の構築を目指す。ここで言う「しなやかさ」とは、繊維・テキスタイル形態が有する本来の特性に加え、素材・構造・プロセス・運用が環境や人に適応し続ける力を指し、強度や機能の高さと着る／使う現場での快適・安全・包摂性を両立させる。

本構想の第一の柱は、「資源の好・高循環」を促進する繊維設計である。新規バイオマスや未利用・廃棄資源、天然繊維形成機構の知見を取り込んだ新規紡糸技術を開発し、循環資源ポリマーを創出する。可逆結合・ビトリマー

や CO₂ 資源化、モノマテリアル化や易解体設計、微細繊維のリスク制御を実現するとともに、生物模倣による紡糸技術革新に向けた学理構築に取り組み、これらを社会インフラ資材として実装する。

第二の柱は、「高機能×しなやかさ」でウェルビーイングに貢献する繊維設計である。皮膚適合や吸放湿・温熱設計などで高度化するアンチエイジング化、自浄・環境順応・運動支援などのアクティブマテリアル化、ユニバーサル／インクルーシブ設計と評価モデルの一体整備、高機能繊維による次世代デバイス展開を図る。

第三の柱は、高付加価値化のための「Japan Quality」の創出とグローバル展開である。物性と官能を橋渡しする評価基準・方法を整え、マーケティング指標を設計するとともに、リテラシー向上に取り組む。

これら三本柱を支える横断基盤として、知・技・人の継承 DX を進め、産業知を循環させる。あわせて、総合知形成のために分野融合・横断連携を常態化、新学術分野を創生し、国際発信力・競争力を強化する。

本構想は、単独の高性能材料開発ではなく、価値の生態系（エコシステム）を設計対象とする点に独自性がある。健康長寿・安全安心・環境保全に資する「日本発の新しい繊維科学パラダイム」を提示する。

③ 学術研究構想の名称

循環としなやかさで人と社会のウェルビーイングを紡ぐサステナブル繊維イノベーション
～物質科学と社会的価値の統合による新しい繊維科学のパラダイム～

④ 学術研究構想の概要

繊維・テキスタイルの科学技術は、衣住にとどまらず多様な領域での応用が進み、さらには人文社会領域とも接続して、人と社会のウェルビーイングに貢献する技術基盤へと進化しつつある。本構想では、川上から川下までを縦横に束ねる 5 つの未踏科学分野を開拓、確立する。具体的には、①分子設計から繊維化・資源循環まで一貫通貫の【循環統合マテリアル繊維学】、②“賢い”繊維を実装する【ウェルビーイングテキスタイル学】、③製造—設計—評価—認証を統合する【データ駆動ものづくりデザイン学】、④産業知を循環させる【繊維の知・技・人 継承 DX】、⑤規制×LCA×データ×地域×文化を束ねる【サステナビリティ・ガバナンス基盤学】である。これにより、知の創出と社会実装が双方向に循環するスパイラル型エコシステムを構



図1 サステナブル繊維イノベーションを実現する新繊維学パラダイム

築し、SDGs のその先にある多様で複雑な社会課題に応える総合知の基盤を形成する。さらに、学理の深化と融合を通じて、未来社会における繊維・テキスタイルの価値創造を強力に推進し、世界に発信する。

⑤ 学術的な意義

【循環統合マテリアル繊維学】分子設計からプロセス、回収・再資源化までを一つの学理で貫く点にある。材料熱力学・反応速度論・界面科学の枠組みで構造－物性－プロセスの連成を定量化するとともに、材料の（生）分解性、製品の易解体性、再生後の性能保持率などを操作可能な繊維材料設計論を構築する。

【ウェルビーイングテキスタイル学】心身ともに健康で満たされた生活を送るための繊維機能の伸展にある。被服においては、実使用環境計測による設計指針化、快適性・身体保護機能の追求、分離・清浄・保護機能などが鍵となる。アクチュエーション×センシングを一体化した人機協調は、身体活動の拡張にも繋がる。

【データ駆動ものづくりデザイン学】製造－設計－評価－認証の統合にある。分野横断的な知の融合と社会実装を加速するデジタルツインを構築し、バーチャルと実使用の機能×デザイン×感性の統合評価を通じた製造・設計の DX を実装する。これにより、データ駆動による設計・製造・評価と認証・証跡を実現しうる。

【繊維の知・技・人 継承 DX】繊維に関わる先人の知識・技術・感覚に、デジタル素材・人体・モーションの統合、遠隔・体験型の教育プログラム整備、デジタルトレーサビリティなどを乗算して産業知を循環させる点にある。繊維の温故知新が高付加価値を創出し、国際競争力を持つ新たな「Japan Quality」を提示する。

【サステナビリティ・ガバナンス基盤学】グローバル市場や地球環境に即応するための規制ウォッチ体制の強化、環境負荷低減に向けた LCA 評価、価値設計－製造－評価－回収－再資源化クローズドループの実現、評価指標と共通ルールの整備により、信頼性の高い、健全で持続可能な組織基盤を構築する点にある。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

川上・川中分野ではサステナブル材料・プロセスの検討が進んでいる。本構想は、材料面では分子設計－繊維化－回収・再資源化まで一貫させ、プロセス面では製造－設計－評価－認証を統合的に効率化し、環境負荷やウェルビーイングにおける課題を横断的に解決しうる。また、品質保証や消費行動分析などが進む川下分野では、高機能繊維を「Japan Quality」として高付加価値化し、AR/VR/MR 用途等の触覚表現への展開、物性/官能相関評価法の整備、ブランド価値の定量化、繊維リテラシー教育等を加速する。

⑦ 社会的価値

「循環」と「しなやかさ」を核に、人びとの健康・安全・快適を高めつつ資源とエネルギーの無駄を削る点にある。例えば、皮膚適合などの機能による介護と医療の質の底上げ、材料・プロセス革新による環境対応と再資源化の推進、製品の安全性と信頼性の可視化、ユニバーサル/インクルーシブ設計による多様なアクセスの担保、教育・リスクリングによる人材循環、デジタル化による伝統の継承などに資する。また、国際標準化を後押しし、日本発の持続可能な価値づくりを世界へ広げる。

⑧ 実施計画等について

① 1 年度：各要素分野における課題を抽出し、研究開発拠点・体制を整備する。② 第 1 期 [2～4 年度]：中核大学に繊維テキスタイル教育研究センター（仮称）を設置し、技術革新と次代研究者・技術者の育成を目指すとともに、グローバル展開に着手する。③ 第 2 期 [5～7 年度]：広域・多分野融合/グローバル化を加速し、「新時代の繊維学と革新技術」を創出するとともに、世界でのプレゼンス向上を図る。④ 第 3 期 [8～10 年度]：蓄積した科学技術基盤と広域・多分野連携ネットワークを活用して新学際分野を形成するとともに、産業界と協働して、未来に向けて持続成長可能な社会とそれを支える研究開発プラットフォームを実現する。

【実施機関と実施体制】繊維学会、日本繊維機械学会、日本繊維製品消費科学会をコアとして関連学協会と連携しつつ拠点となる大学等研究機関を選定して、オールジャパンの「智の結集」体制とする。加えて、公的機関や企業を含めた産官学共同の研究体制を確立する。なお、周辺領域を巻き込み多様な人々の感性を取り入れる体制としつつ、グローバル展開では特にアジア圏でのネットワーク構築とプレゼンス向上を図る。

【総経費】70 億円（「新時代の繊維学」の開拓を旗印に、共同研究・支援体制と学術技術交流プラットフォームを整備し、基礎と応用を連結する学際学術基盤を構築する。加えて、共同利用・共同研究を効率よく進めるべく、中核研究拠点を「コアファシリティ」化する。）

⑨ 連絡先 辻井敬亘（一般社団法人繊維学会 会長）

カーボンニュートラル・サーキュラー社会の熱利用を支える基盤研究

① ビジョンの概要

カーボンニュートラル・サーキュラー社会の実現や災害・テロへの対応等、これまでの技術体系の延長線では十分対応できない課題が顕在化している。貴重なグリーン燃料の徹底的な省エネルギー利用、ヒートポンプによる熱供給、供給リスクの高い材料からの転換等、熱機器の不連続な変化を実現するために、材料・構造・製法からゼロベースで見直し、これを支えるための新たな学術体系を再構築する。

② ビジョンの内容

熱工学は、我が国の高度成長を支えた蒸気タービン火力発電技術、オイルショック以降のガスタービンや原子力発電技術、民生用の冷凍空調技術、さらには情報機器の温度制御技術等、社会を支える基盤工学としてこれまで発展を続けてきた。一方、近年カーボンニュートラル社会への移行、資源安全保障、サーキュラー社会の実現、自然災害・戦争・テロ等の非常時への備えといった、これまでの技術の延長線では十分に対応できない課題が顕在化しており、社会の大きな転換点を迎えている。熱は、民生部門および産業部門の最終エネルギー消費のうち、それぞれ 57% および 56% を占めるほど膨大な量が消費されている。これからは、徹底した断熱・熱再生・蓄熱を、低純度なリサイクル材料により実現する必要があるなど、これまでになかった課題が突きつけられている。その実現のためには、第一に、社会構造変化に伴って必要とされる新たな熱技術の具体像を示し共有する必要がある。第二に、銅など高価で供給リスクの高い材料からアルミや樹脂などの安定供給が可能な循環型材料への変更が不可欠である。第三に、汚れや着霜など実運転時の性能低下要因を科学的に解明して制御する必要がある。これらは伝熱工学の分野や業界単独ではなく、不確実性が高い中で様々な分野の人々が協働して進めなければならない。リサイクル材のように品質の劣る素材を用いて高い機能や信頼性を実現することは、高品質材料をふんだんに使って新機能を発現すること以上に難しいと言える。本ビジョンは、カーボンニュートラル・サーキュラー社会を支える熱技術を革新するために、熱技術の材料・構造・製法からゼロベースで見直すための新たな学術体系を構築することを提案するものである。

③ 学術研究構想の名称

カーボンニュートラル・サーキュラー社会の熱利用を支える基盤研究

④ 学術研究構想の概要

カーボンニュートラル・サーキュラー社会の実現や災害・テロへの対応等、これまでの技術体系の延長線では十分対応できない課題が顕在化している。膨大な熱需要に関わる技術開発を目的として、貴重なグリーン燃料の徹底的な省エネルギー利用、ヒートポンプによる熱供給、供給リスクの高い材料からの転換などの大きな課題解決のために、熱技術をゼロベースから見直すための新たな学術体系を再構築する。

⑤ 学術的な意義

民生と産業部門の需要の過半を占める熱利用は、カーボンニュートラル時代において抜本的な変革が求められる。エクセルギー損失の大きい大温度差プロセスの徹底的な削減、変動型再生可能エネルギーの需給調整機能向上、低品位素材や媒体を通じた熱交換など、制約条件の非連続的な変化の下で、性能・信頼性・コストを全て両立する必要がある。これは、従来の熱工学で暗黙のうちに仮定されてきた定格運転、高機能材料の使用、管理された使用条件といった前提が成り立たなくなことを意味する。変動、汚れ、物性のばらつき等、これまで数式やモデル化に馴染みにくく敬遠されてきた外乱にも正面から向き合い、ロバストな新たな学術体系として再構築する必要がある。例えば、部分負荷運転や再生可能エネルギーでは変動が前提となることから、非定常な変動流れへの対応が求められる。加速と減速を繰り返す振動流の気液相変化では、密度の大きな液相の慣性力が低レイノルズ数であっても気液界面形状に大きな影響を及ぼすため、主たる熱抵抗である液膜厚さが定常の場合とは大きく異なる。このような非定常な相変化現象は十分に解明されていない。また、寒冷地へのヒートポンプの普及では、室外機への着霜により能力不足や成績係数の低下が生じる。霜は雪と同様な複雑な三次元結晶構造を有するが、固体表面の濡れ性、局所の温湿度条件、気相物質伝達等が霜構造に与える影響、そして制御法についてはほとんど明らかにされていない。また、水道水に溶け込んだナトリウムやカルシウムがスケールとして伝熱面表面に析出して流動を阻害するが、各地の実際の水の条件などについて、科学者はほとんど情報を持っていない。さらには、熱機器には熱伝導率が高く加工が

容易な銅が大量に使用されているが、銅は今後風力発電や電気自動車等の用途で需給が逼迫することが予想されており、代替化が求められている。しかしながら、同じレベルの熱機能と信頼性をリサイクル材等で代替することは、残念ながら現在の技術では難しい。以上は多くの事例の一部であるが、今後このような課題を解決する新たな熱工学を構築できれば、実学として将来の熱需要の革新に貢献できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

欧米においては、熱機関により昇降温して蓄熱することで、変換時の損失を理論的にゼロとすることができ、カルノーバッテリーの研究など、すでに顕在化しつつある変動型再生可能エネルギーの需給調整に対応するための熱技術の研究開発が盛んになっている。このような取り組みは、基本に立ち戻って考えれば容易に着想できるものであるが、残念ながら我が国は従来の成功体験に基づく外挿型の研究開発思考のためか、様々な外的要因の変化に応じて考え方を根本から見直す取り組みは欧米の後塵を拝している。当該研究を通じて、社会ニーズと基礎研究側のシーズとのマッチング機能も強化されることが期待される。

⑦ 社会的価値

日本の強みである素材や部品産業を、カーボンニュートラル・サーキュラー社会に適した形でリノベーションしていくことが重要だと考える。これまでの学界や業界の縦割り構造を打破し、新たなニーズに基づいて分野の壁を越えた協業が必要である。ニーズとシーズの間で要求機能や制約条件を共有し協業すれば、大きなブレークスルーが期待できる。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール 共通基盤技術を核として、新しいコンセプトの機能評価用サンプルを作製し、これをユーザーが評価し、顕在化された課題をあらためて基礎研究にフィードバックするというスパイラルを有機的に回す体制を構築する。このような国レベルでの研究・開発・設計プロセスから、従来にない新たな熱技術が生み出され、カーボンニュートラル・サーキュラー社会に実装される。

実施機関と実施体制 大学、国家研究機関、企業が連携した異分野融合のコンソーシアムを立ち上げる。熱に関わる計算科学・材料技術・製造技術等の共通基盤技術を核として、新たな機能を発現するサンプルを試作し、ユーザーによる評価で顕在化された課題をあらためて研究にフィードバックするというスパイラルを有機的に回す仕組みを整える。百聞は一見に如かずとの言葉があるように、実際に機能するモノを見せないと、真に有効な協業にまでつなげることは困難である。不確実性が大きい20～30年後のカーボンニュートラル・サーキュラー社会に向けて、キャッチアップ型ではない基盤技術を構築するためには、このようなPDCAサイクルを回しながら実効的に研究を進めることが不可欠だと考える。

総経費 41.2 億円

所要経費 特任教授人件費	1,350 万円×5 名×10 年間 = 6 億 7,500 万円
特任准教授人件費	1,090 万円×5 名×10 年間 = 5 億 4,500 万円
ポスドク人件費	700 万円×20 名×10 年間 = 14 億円
大型温湿度制御型環境試験室	4 億 5,000 万円
材料耐久性向上基礎研究費	3,500 万円×10 年 = 3 億 5,000 万円
製造技術基礎研究費	3,500 万円×10 年 = 3 億 5,000 万円
製構造設計技術開発基礎研究費	3,500 万円×10 年 = 3 億 5,000 万円
計	41 億 2,000 万円

⑨ 連絡先

鹿園 直毅（東京大学）

水素社会に対応するゼロエミッション航空機の研究開発

① ビジョンの概要

脱炭素化に資する水素燃料化・電動化技術を航空機に適用する。水素燃焼エンジン・水素燃料電池技術開発の推進や水素の社会受容性強化・大気環境影響評価を行い、研究開発を通じ幅広い分野横断に取り組む人材育成を進める。

② ビジョンの内容

航空機ゼロエミッションに向けて、水素燃料の特性を利用した水素電動航空機技術の研究開発を行うことによって当該要素・システム技術を獲得する。まず研究の第一ステップとしては、水素燃焼のガスタービンエンジンを利用した水素航空機をターゲットとし、極低温の液体水素の機上での貯蔵、エンジンへの供給システム、水素燃焼ガスタービンについて、航空機適用の認証も視野に入れた技術開発を狙う。次のステップとしては、並行して技術開発が進むことが想定される電動航空機技術との融合を図り、水素燃料電池による水素電動航空機の技術開発に進む。



図1 日本の優位技術を活かした水素社会に対応する
ゼロエミッション航空機技術開発

これら技術開発を航空機の厳しい設計要件、特に耐空性審査要領第III部(飛行機輸送T類、

14CFR Part25 と同等)の基準に適合することを前提で技術開発を行うことで、他分野の環境適合性向上・運用面での価値向上にも貢献できる。航空機運用面で専門職員による空港等限定された区域によるという前提から、水素社会インフラ構築の観点で先行的な技術実証・モデルとなる。

航空機排気由来のCO₂や飛行機雲など、我が国が得意とする大気観測技術を適用することで航空機由来の温暖化効果を明らかにする。水素社会における社会受容性の向上や、航空機由来の大気環境の変動評価技術の向上は幅広く水素を基軸とした持続可能性研究開発の枠組みを拡充するものと期待される。

ただし、実際の運航に資する航空機を実際に開発し、Entry into Serviceに持ち込むことは、学会の活動ではカバーしきれないことも多い(営業活動や型式証明取得など)ことから、この研究開発ではあくまで技術開発を行うことをビジョンとする。

③ 学術研究構想の名称

水素社会に対応するゼロエミッション航空機の研究開発

④ 学術研究構想の概要

脱炭素化に資する水素燃料化・電動化技術を航空機に適用する。水素燃焼エンジン・水素燃料電池技術開発の推進や水素の社会受容性強化・大気環境影響評価を行い、研究開発を通じ幅広い分野横断に取り組む人材育成を進める。

⑤ 学術的な意義

学術研究は従来から比べるとますます複雑さを増しており、既存の単一分野の習得や研究経験からのみでは、こうした高度な技術を支える基礎研究成果や人材育成を期待することが困難である。本研究開発を糸口に水素燃料・水素航空機に係る研究開発分野を構築することは、我が国の航空機産業が海外OEMによる新規プログラムへの参画機会を提供するのみならず、今後長期にわたって日本が科学技術立国として強い駆動力を確保することに直結すると考えられる。加えて、空港やその環境を水素の社会受容性向上に向けたプラットフォームとすることは、我が国が持つ水素安全や利用に資する基礎的基盤的知見を速やかに水素社会実現に向けた技術にまで向上させることが出来る。大気観測や衛星の地球観測を通じた気象科学・大気科学の研究に対しても、ローカル・グローバル両視点において研究開発力のさらなる向上につながると期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

水素航空機は世界各国で研究開発が行われており、エアバス社の水素航空機研究開発 ZEROe における水素電動航空機技術開発、NASA の支援を受けた CHEETA プロジェクト等がある。我が国では、エンジン・タンク技術等が宇宙往還機向けとして JAXA を中心に研究開発されており、並行して水素燃焼ガスタービン搭載の水素航空機の概念検討や推進系を中心としたコア技術開発が、グリーンイノベーション基金事業の一環として、2021 年から官民共同による取り組まれている。電動航空機は、2010 年代から欧米中心に研究開発がなされており、一部小型機は実用化されている。我が国では、JAXA が 2015 年に電動航空機技術の有人飛行実証を成功させており、電動航空機技術に係る産学官連携の場として航空機電動化（ECLAIR）コンソーシアムが設立された。今回の研究構想はこれらの研究開発の根幹をなすものであり、それらを集約することで実際の機体の実現に向け、研究を加速させる役割を果たしている。

⑦ 社会的価値

水素社会の社会受容性を踏まえた実現、その中での水素燃料航空機という視点で研究開発がなされるべきである。こうした観点では、航空機に適用する日本の優位技術を発展させるのみならず、水素を利用した空港設備利用を通じた水素利用の安全性に関する理解を促す取り組みを行うという点で、航空機技術開発の枠にとらわれず、水素利用に向けた国民の理解促進に向けた活動を重要視して進めることから提案内容の社会的価値が高い。また、大気環境影響評価に資する気象学等の発展に貢献することは、我が国が SDGs に向け力強い行動を進めていることのアピールになる。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

以下のスケジュールを計画している。

R7-R10：水素航空機概念設計評価

R8-R9：エンジンスケールモデル試験（LN2/GH2）・評価実施、極低温燃料システム試験

R10：システム検証モデル設計製作/空港モデル検証設備建設

R9-R12：地上システム試験実施/航空機排気大気計測/空港モデル検証設備仮運用開始

R12-R13：高空環境試験実施/航空宇宙連携大気観測予備試験・本試験/空港モデル検証設備水素設備実証開始

R14-R15：飛行実証実施/空港水素設備運用実証継続・評価、成果のまとめ

＜実施機関と実施体制＞

実施体制として、機体技術・空港安全について日本航空宇宙学会を中核とし技術開発コンソーシアム等を活用した産官学の連携での実施を想定している。JAXA が参画する IFAR（国際航空研究フォーラム）の枠組みを利用した国際連携も視野に入れる。大気観測・衛星利用にかかわる技術については、日本気象学会を中核とし公的機関や大学等の連携を想定する。

＜総経費＞ 230 億円

＜所要経費＞

総経費は 230 億円とし、内訳は以下とする：

水素航空機試作設計評価 60 億円

液体水素試験設備整備 50 億円

空港水素設備整備 80 億円

航空機飛行実証／排気計測、高空環境試験 40 億円

⑨ 連絡先

又吉 直樹（国立研究開発法人 宇宙航空研究開発機構）

プラズマ物理の学際的展開—集団現象の理解に向けて—

① ビジョンの概要

プラズマ物理が注目するのは、多数の要素が共同して起こす集団現象であり、現実世界の在り様を理解するという問題意識を宇宙・天体、大気・海洋、生命、社会などの科学と共有している。これらの分野と連携し、プラズマ物理がカッティングエッジとなって、集団現象に関する科学を発展させる。

② ビジョンの内容

星を「質点」としてモデル化することからルネッサンスを迎えた物理学は、有限な大きさや多様な形相をもつ物体、さらには目に見えない存在である電磁場や量子場へと領野を拡大し、自然の諸相に現れる、より複雑で多様な現象の理解に挑んできた。その知的生産物のいくつかは、具体的な対象物を超越して、自然界に限らず人工物や情報、精神、さらには社会にまでも通底する普遍的な知の枠組みに基本構造を与え、学際的な知の創造においてカッティングエッジの役割を果たしてきた。なかでもとくに一般的な概念や方法を生み出すことを志向する分野が一般物理学であり、その現代的なテーマの一つが「集団現象」である。

現実の世界の複雑な現象に対する理解の明証性を確立する方法論として、「細分化」という戦略は、対象を「要素」に分解してゆくという要素還元の方法において大きな成功を収めてきた。しかし、互いに関係しあう多数の要素が「集団」としてどのように振る舞い、どのような機能を創発するのかという問いに対して、要素への分解は解決に向かわない。そこで、現実世界に生起する事象を「意味の単位」へ細分化すること、すなわち「分節化」によって、科学的研究のテーマを定式化するというアプローチをとる。集団現象は多様なテーマの多元的な集合体である。具体的には、秩序、階層性、循環、突発現象などがある。これらを科学の視点から定式化し、発生の原理や変化の法則などを解明することが、集団現象の科学の学際的な課題である。

宇宙の典型的な物質状態である「プラズマ」において生起する多様な現象は、「集団現象」の探究にとって絶好の研究材料である。プラズマという存在の宇宙的な普遍性によって、その研究は宇宙・天体現象を理解するための基礎として重要であるのみならず、星の活動メカニズムである核融合を地上で利用しようという核融合エネルギー開発にとって核心的な重要性をもつ。また、プラズマ状態にある物質が、他の相にある物質と相互作用する界面は、集団現象によって生み出される独特な非平衡状態の構造をもち、宇宙における反応プロセスの典型的な場であるとともに、これを応用する様々な工学に未知の可能性を拓きつつある。

プラズマ物理は、流転する世界のリアルな在り様を理解するという問題意識を、宇宙・天体、大気・海洋、生命、さらには社会の科学と共有している。新しい科学の指針となる概念や方法を生み出し、秩序と複雑性が共存する自然そして社会の実相に関する人類のより深い理解を支える科学として、未来のエネルギーと環境等の問題に貢献する。

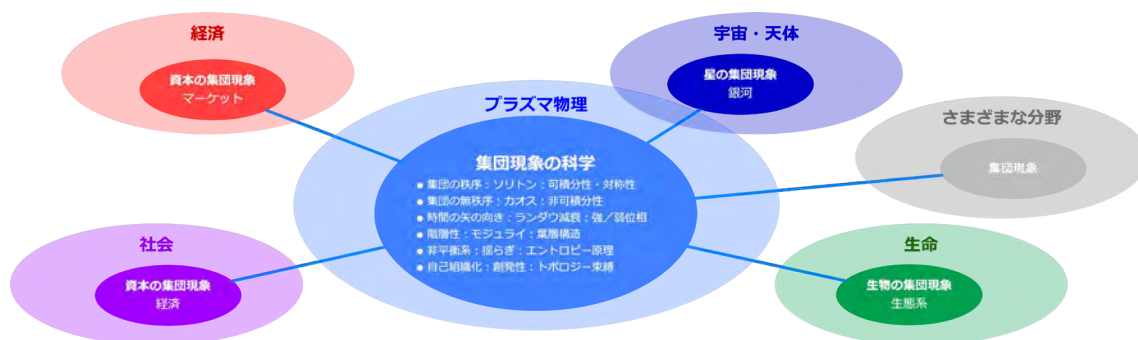


図1 プラズマ物理の役割

③ 学術研究構想の名称

プラズマの高精度計測で解明する集団現象の物理

④ 学術研究構想の概要

宇宙の典型的な物質状態であるプラズマは荷電粒子の集団であり、宇宙・天体現象を理解するための基礎のみならず、核融合エネルギー開発にとって核心的な重要性を持つ。電磁場を用いた様々な計測法や制御法を駆使して研究できる特長を活かし、精密性、定量性、再現性を極めて、新しい科学の概念や方法を生み出

することができる。

集団現象というテーマを共有する分野との学際的協力によってプラズマ物理を発展させるための研究基盤として、プラズマ実験システムを整備・建設し、運用する。実験対象のプラズマは、集団現象の本質が現れるために十分高い温度と閉じ込め特性が必要である。さらに重要なのは、プラズマ内部で起こる現象を制御し、高い精度で計測することである。この実験システムは超高温プラズマで生起する現象を透視し分析する能力で世界のプラズマ実験装置をはるかに上回る。集団現象の中で未解明な物理が多く残されている 1) 速度空間の物理現象、2) 突発現象、3) プラズマ中の量子プロセスに関する詳細なデータを得ることができ、理論・シミュレーション研究及びデータ科学と連携して、プラズマ物理のパラダイム転換を先導する。

⑤ 学術的な意義

本研究構想は、プラズマ物理学を集団現象の科学という学問の大きな文脈のうえに位置づけ、学際的な視点から、プラズマが荷電粒子の集団であるために光を含む電磁場によって計測あるいは制御できることを活かした先端的研究を実施するものである。これまでもプラズマの研究からエントロピー、カオス、自己組織化など様々な分野に広がる普遍的なテーマについて重要な成果が生まれてきた。それを可能とするのは実験の厳密さ、精度と蓋然性の高さ、さらに理論・シミュレーション研究及びデータ科学との密接な連携である。プラズマ内部の現象を透視する能力を高精度・高分解能に増力した実験システムを活かした実験研究によって、これまで見えなかった事象の発見、メカニズムの解明、さらに新しい概念や方法論の発明を目指す。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

プラズマ物理は核融合エネルギーの研究開発を駆動力として急速に進歩してきた。世界の核融合研究は、ITER を中核とした国際協力によって進められている。同時に、ITER 後を見据えた核融合発電炉の開発に関する取り組みが各国で加速されており、日本においても内閣府より「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」が発出され、国としての開発方針が示されようとしている。英米を中心に核融合スタートアップの活動も拡大しており、実用化に向けた国際競争の時代を迎えようとしている。こうした開発研究の進展をも見据え、学術研究の役割として、一般性のある研究課題を定式化し、学際的な頭脳循環を起こし、科学の未来を担う人材を育成する。

⑦ 社会的価値

未来技術の開発に貢献する学術研究と自然科学の最先端研究という二つの焦点を統合した研究の実践の場から、新しい科学技術の領域を開拓する人材が育つ。プラズマ物理と核融合科学は、天体の内部で起こるエネルギー発生と元素合成のプロセスを地上で再現し、これをエネルギーとして利用しようという研究であり、その推進は、学術の振興としての効果と、革新的技術による新エネルギーの獲得と産業創成を合わせた社会貢献となる。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞ 核融合科学・プラズマ物理の持続可能な発展のために、研究施設の大型化を追求するのではなく、パラダイム転換によって、研究テーマおよび共同研究体制のダイナミックな脱構築が行われるシステムのもとで研究を推進する。実験対象であるプラズマを生成する装置と、それを計測し分析する装置を、交互に「高性能化」してゆく成長戦略である。本計画は、1998 年から LHD を中核の実験施設として実施されてきた研究成果を礎としつつ、新しいパラダイムへ転換するフェイズを経て、2026 年度から始まる CHD に接続される。ハード面では、実験装置群を新しい研究に有効利用する循環型の発展を実現し、2030 年度にプラズマ生成部を CHD-U へ更新する改造を実施する。

＜実施機関と実施体制＞ 本計画は、自然科学研究機構・核融合科学研究所が中核となり、国内外の広い分野の研究者を巻き込んだ、学際的・国際的共同研究プロジェクトとして推進する。

＜所要経費＞ 総額 513 億円（10 年計画）うち設備費 213 億円、運用経費 300 億円。本計画は、LHD の資産を有効に再利用するとともに、プラズマ生成部および計測システムを循環的に高性能化する合理化によって経費圧縮を行う。プラズマ生成部の転換（2026 年度：5 億円、2027～2031 年度：105 億円）。計測・加熱システムの新設および増力（2027～2033 年度：103 億円）。運用経費（2026～2035 年度：300 億円）。

⑨ 連絡先

山田 弘司（自然科学研究機構 核融合科学研究所）

SDGs の達成に資する電波資源の科学・商業・公共利用における レギュラトリーサイエンスに基づくハーモナイゼーション

① ビジョンの概要

SDGs 達成に、世界中で利用可能な電磁波、電波を公平かつ有効に活用し、医療、エネルギー、環境、災害、経済等の社会問題を解決し、誰もが安心・安全な社会を構築し維持発展する未来ビジョンを具現化する。

人類共通な電波資源の科学・商業・公共の具体的な利用に注目し、あらゆるステークホルダーが合意できる基準、測定・認証法等をレギュラトリーサイエンスの基本理念として導出し、学術振興構想を推進する。

② ビジョンの内容

SDGs を達成する切り口として、世界共通な資源である電波、電磁波に着目することにより、感染爆発、環境・生態破壊、自然・産業災害、エネルギー・食料危機等の社会問題を解決し、全人類が平等に安心・安全な社会を構築、維持発展する未来のグランドビジョンを掲げ、電波資源を科学・商業・公共に公平かつ有効に活用する科学技術イノベーションを、自然科学と社会科学の融合領域のレギュラトリーサイエンスを基本理念とした学術振興を構想する。

医療、環境、エネルギーの格差是正等、電波は SDGs の多くを達成するために共通な資源である。しかし、電波の科学、産業、公共利用の間の干渉、電磁障害等の利害衝突は顕著になり、解決すべき喫緊の課題である。電波資源の有効かつ公平な活用を持続的に行うために、電波の有効性とリスクの定義、計測、制御などの技術だけではなく、その社会的、経済的な正負のインパクト等を電波利用に関わるすべてのステークホルダーが合意できるハーモナイゼーションは学術振興の規範として必須である。レギュラトリーサイエンスは、科学技術がもたらす恩恵を活かしつつ、不確実なリスクも科学的に定量化し、評価基準、共存条件、認証法、責任範囲、技術条件を定める制度を作り、コストも含め総合的にリスク管理する科学であり、俯瞰的視野に立つ分野横断的な学術振興の中核となり得る。

電波に関する研究活動を全世界で 100 年以上に学術的に遂行してきた国際電波科学連合 (URSI) を母体とし、日本学術会議 URSI 分科会が大学研究機関、学協会、監督官庁、産業界と連携して学術振興を推進する。

③ 学術研究構想の名称

SDGs の達成に資する電波資源の科学・商業・公共利用におけるレギュラトリーサイエンスに基づくハーモナイゼーション

④ 学術研究構想の概要

レギュラトリーサイエンスを基本理念とし、具体的な事例をあげ、先端科学技術の有効性とリスクを科学的に計測、解析、評価し、電波の科学・産業・公共利用に係わるすべてのステークホルダーが合意できる技術条件に基づく制度、認証法や計測、干渉対策、環境適応等の多様な科学技術の複合領域のイノベーションを学術振興する。特に、電波の科学・商業・公共利用における公平かつ経済的に運用管理にレギュラトリーサイエンスの概念を熟知した科学者、エンジニア、管理者、行政官等の育成を日本から世界へ発信する。URSI の Commission A から K において、電波の科学利用を主体とする F:非電離媒質伝搬・リモートセンシング、G:電離圏電波伝搬、H:プラズマ波動、J:電波天文学、商業利用を主体とする C:無線通信システム信号処理、D:エレクトロニクス・フォトンクス、および基礎理学的、公共的視点に立つ A:電磁波計測、B:電磁波、E:電磁波の雑音・障害、K:医用生体電磁気学をカバーし、あらゆるステークホルダーの視点に立ち牽引する。

⑤ 学術的な意義

(1) 提案の背景

現在、電波の利用は国際電気通信連合 (ITU)、国際無線障害特別委員会 (CISPR) が国際調整を担っている。両者は法規制、勧告の形で共存の仕組みを提示し、共存は異なる用途の電波利用を敵対的に捉えて利害を調整する観点からの約束事として議論され、不必要なマージンの増加や不十分な保護等、科学的根拠が十分でないままに行われている可能性がある。こうした利害の対立や相反する利欠点を調停するために、すでに医

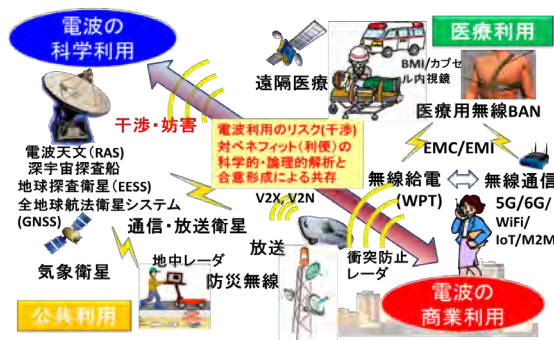


図1 電波の科学・商業・公共利用の共存・共栄

療分野では、新規の医薬品、医療機器のベネフィットとリスクを科学的評価基準により合意の得られる条件の導出、制度、認証法を導き、残された不確実性と実現に必要なコストを明示し、論理的解決のためにレギュラトリーサイエンスの理念が導入され、本計画へ導入する。

(2) 学術的重要性

本計画は、電波を利用し影響を受けるステークホルダーに応じた有効性とリスクの相反、与干渉と被干渉に関する電波の希望送信出力と受信許容範囲の相反等をハーモナイズするために、レギュラトリーサイエンスを規範として、科学的指標の提供、相反の壁をブレイクスルーする先端科学技術の創発は、これまでの個別領域の研究から広範なマルチディシプリナリーな学術研究が創出でき、学術的重要性が高い。

(3) 期待されるブレイクスルーと研究成果及び様々な効果（他の学術分野への波及効果を含む）とそれらの意義 本計画では、電波に関する観測、現象解析、電波資源の効率的かつ安全な有効利用に関する科学技術の研究を主体としているが、レギュラトリーサイエンスの理解と論理的思考を習得する上で、法学（民法、刑法）、保険学、政治学、経済学、経営学（ビジネスモデル）等の社会科学の専門家からの協力を得る必要がある。また、我が国の成長戦略を牽引し、本計画が掲げる未来ビジョンを具現化できる、我が国に不足している科学技術イノベーションと国際リスクマネジメントに精通し産業・社会を牽引する人材を、自然科学と社会科学の広範な学術部門が協働し、産学官、国内外連携により実践的に育成する波及効果が期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本計画の主体となる国際電波科学連合（URSI）は、科学利用・商用利用・公共利用など異なる立場から電波に関わる研究者の集まりである。第三部電気電子工学委員会 URSI 分科会が中心となり、世界全体を牽引する立場にあり、本構想は近年陰りつつある日本のプレステージを高め、本計画で学術振興する構想は世界的に例がなく、我が国の電波科学に対する認識度を一層高めることも期待される。

⑦ 社会的価値

(1) 国民の理解；世界的に利用が拡大する通信機器の利便性を維持し、公共、科学利用への干渉対策、電波資源の公正かつ効率的な利用の緊急な要請に応え、ステークホルダーの合意を科学的に得る具体策を示す。
(2) 知的価値、経済的・産業的価値；電波利用の行政プロセスに対する科学的指標の提供、法的認証、残るリスクの不確実性と改善に必要なコスト、責任範囲の明示は、産業振興と国民福祉に重要な価値をもたらす。
(3) SDGs への貢献等；SDGs の医療、教育、安心安全な街作り、災害・環境破壊対策、資源保護、食料、エネルギーの安定供給等の電波利用が多岐にわたり、本計画は、これらの合意形成に科学的論理的な道を拓く。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>：1～2 年度；本計画の実施運営を統括する「電波利用レギュラトリーサイエンス拠点」を構築し人材登用、設備を整備する。有効性とリスクに関する指標等データベース蓄積、公開する。3～5 年度；顕著な事例に関し、レギュラトリーサイエンスに基づいた共存条件を導出し、現実の共存条件と比較し、問題点や意思決定プロセスでの課題を明らかにし、実験実証等により、指標の評価や導入法等を確立する。得られた成果を、電波の科学・商業・公共利用に係わる電波の被干渉と与干渉に直接関わる事業者、自治体、行政機関、製造者等とともに、協議を通じた残された課題と解決策の継続的な学術振興を推進する。6～10 年度；電波行政で現実直面する共存問題に対し、レギュラトリーサイエンスに基づくソリューションを提示し、その成果を蓄積、管理、公開する。電波資源から他の資源差などへ展開する。

<実施機関と実施体制>：URSI 日本（日本学術会議 URSI 分科会及び電子情報通信学会 URSI 日本国内委員会）が中心となり、関連の大学、研究機関、学協会、産業界などが協力・連携しながら本計画を推進する。

⑨ 連絡先

河野 隆二（横浜国立大学名誉教授、YRP 国際連携研究所理事）



図2 レギュラトリーサイエンスに基づく電波資源の異なる利用間のハーモナイズーション

低温プラズマの学術とイノベーション推進のための研究戦略

① ビジョンの概要

低温プラズマ科学は、超低消費電力高機能半導体製造、環境・エネルギー、医療、農水産業、航空、宇宙開発など未来産業の学術基盤である。プラズマおよび物質との相互作用の学術的理解を基に超省エネ工程を実現、多様な分野融合による科学構築を推進し、新たな価値を創成し、社会システムの変革を目指す。(図1)

② ビジョンの内容

プラズマ科学はSDGsの「豊かで持続可能な社会」の実現に必要な革新をもたらす基盤学術である。本構想では低温プラズマ科学の深化と革新的技術の創出に取り組む。

最先端半導体デバイス製造プロセスは、Society5.0実現に必須である。デバイスの低消費電力化は進展しつつも、製造エネルギーは危機的に増大している。また、CO₂排出削減に革新的な省エネ技術が不可欠である。そのために、エネルギー消費に関する各種ラジカル生成、異常輸送現象、電子移動反応活性化など、未開拓領域の学術的理解と工学的制御方法を探索する。将来の量子コンピュータでの超高速アルゴリズム開発や機械学習に必須の高信頼性データ(EAD: Evaluated Authorized Dataset)の組織的な集積、国際連携のバーチャルラボ構築を行う。こうしたDX推進により2030年以降の研究を加速し超省エネ技術を実現する。グリーンエネルギー(Power-to-X)を稼働し、ネットゼロ化を2050年までに目指す。

③ 学術研究構想の名称

低温プラズマの学術とイノベーション推進のための研究戦略

④ 学術研究構想の概要

プラズマ科学は、核融合の「高温プラズマ」と産業応用の「低温プラズマ」に大別される。高温プラズマでは、水素同位体を使い、温度が約1億度の核融合発電を目指す。一方、低温プラズマは温度が室温から数百度の多様な化学種を有する。応用は大規模集積回路、機能材料の製造プロセスの他、水の浄化、CO₂分解、ウイルス滅菌などの環境応用など多岐で、この50年間に亘り様々な分野を支え発展させてきた。最近では、がん治療、再生医療、プラズマ農業など、既存分野で新たな価値を創造している。特に、SDGsの17目標の内、15に低温プラズマが関与し、波及効果が注目される。また、当分野の進展がIoT、AI、ロボット、DXを推進し、未来社会を拓く戦略的科学である。しかし、学術領域はプラズマエレクトロニクス、量子・電子工学、材料工学を始め、理工学領域全体にまたがり、その牽引には、人文社会学との融合や国際的に人材育成を推進する産学官連携の新たなスキームが必要である。本提案では、プラズマ誘起の非平衡物理化学反応のデータをプラズマインフォマティクスとして集積、体系化し、多様な変革システムを創成し、未来社会への羅針盤となる学術を構築する。

⑤ 学術的な意義

2050年を見据えた「豊かで持続可能な社会」実現のための技術革新、及びこれを支える学術基盤創成が必須で、工学が取り組むべき喫緊の課題である。低温プラズマ科学は低温プラズマの生成と制御、低温プラズマ中で生成された荷電粒子を含む化学種と物質の相互作用に関する学術であり、多様な物質(気体、固体、液体、生体ほか)を対象とすることで学術領域や応用分野が益々広がっている。これらの発展には、低温プラズマ誘起の非平衡物理化学の解明と高度な制御が不可欠である。本構想では、プラズマと物



図1 低温プラズマの学術とイノベーション推進のための研究戦略の全体像

質との相互作用が創出する「非平衡・物理化学反応場」において、1) 反応活性種生成、2) 表面反応、3) 選択反応・自己組織化、4) 共通基盤技術(時空間計測技術、シミュレーション)、5) 原子分子素過程・表面反応基礎データベースの集積、を通して、学術としての「低温プラズマ科学」の体系化と深化を進める。これらは各種応用の鍵となる学術基盤であり、未来社会技術の創生を支える。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

SDGs に関する研究が全世界で推進されている。多くは大気圧プラズマや液体関与プラズマ技術の社会実装が期待される。半導体デバイス製造の減圧プラズマも、環境負荷低減への研究開発投資が本格化した。インテルのグリーンボンド発行や米国予算の先端製造技術への投資に表れている。我が国ではマスタープラン2020により産官学連携による先導的研究が推進された。本構想は、次段階である社会実装を進め、人文科学者や市民の意見も加え、社会の大変革をもたらすものと位置付ける。

⑦ 社会的価値

低温プラズマ科学技術は、持続可能で安全安心な未来社会の創造に必須である。IT の高度化や省エネ化、CO₂の資源化などの環境負荷の低減、環境浄化、エネルギー、医療、農水産業など持続可能で安全安心な社会の実現に不可欠である。国力を高めるイノベーション創生の土壌や、人材育成の環境としても価値が高い。

⑧ 実施計画等について

<実施計画> 領域(1) 低温プラズマ科学、(2) バイオ、(3) グリーン DX、(4) 半導体プロセス、(5) 航空・宇宙を設定し、社会学者とも協働、新たな学術基盤を構築し、新価値創成に取り組む。(図2)

2025 年～2030 年 世界を先導する低温プラズマの計測手法と装置を開発する。各機関の研究者が遠隔利用するシステムを整備し、自動データ取得を進め、高信頼データを大規模に蓄積する。AI 解析で信頼度を高め、モデリングを高精度化し、仮想実験を可能にする。

2030 年～2035 年 国際共同活動を推進し、文科省国際共同利用・共同研究拠点としての認定を目指す。国際標準データ蓄積、オープンデータベース構築、人材育成に注力する。

Society5.0 実現に向け、革新的半導体プロセス技術の創出、製造の省エネ化 30%削減(2020 年比)を目標とする。

2035 年以降 プラズマによる発芽や成長促進からプラズマ食料増産システムで 2040 年に 30%増産(2020 年比)、プラズマ照射液による細胞再生、がん細胞選択死の発見から、難病治療、副作用のない薬など、未来医療の構築(2060 年)を目指す。

<実施機関> 名古屋大学低温プラズマ科学研究センター(2019 年より文科省・全国共同利用・共同研究拠点「低温プラズマ科学研究拠点」に認定(以下、共共拠点))を中心に、5 大学(九州、東北、東京、岐阜、滋賀県立)と自然科学研究機構の各関連センターと連携した「最先端プラズマ科学グローバルイノベーション拠点(PGI)」を構築する。共共拠点参画 27 機関、学術交流 29 機関及び産学官協働 40 社とネットワークを構築し、国際連携による低温プラズマ科学の世界一の研究機能を有する体制を構築する。

本 PGI では学生や一般・シニアを含め、様々な分野の交流の場のプラズマソサエティ(2022 年 6 月発足)と連携、海外 29 校との学術交流、企業・研究機関 40 社との産学官連携を実施する。

<所要経費> 前記 5 領域で 10000m² の環境整備に 60 億円(坪単価 60 万円)、職員・URA の雇用、装置群をネットワーク共有するインフラに 20 億円、運営費 80 億円とし、10 年間の総経費は総額 160 億円である。

⑨ 連絡先

堀 勝(名古屋大学)

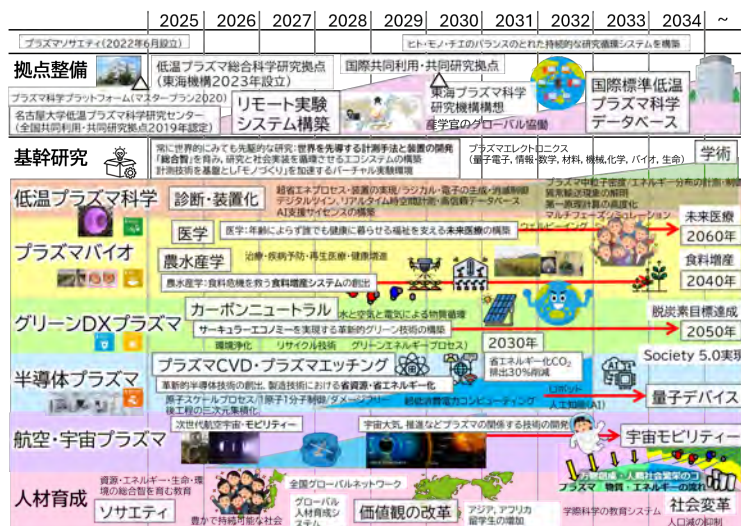


図2 拠点のロードマップ：注力する機関研究分野と拠点整備

物性科学連携研究体～エネルギー技術革新を通じて 22 世紀の理想社会実現の基盤形成に 貢献する研究ネットワーク・オブ・ネットワークス～

① ビジョンの概要

物性科学研究分野の大学共同利用機関と共同利用・共同研究拠点が主体となり、全国大学・研究機関の参加する共創研究体制を構築する。共同利用とデータ利活用を遍く広め、学際的な人材育成を促す。物性科学の深化と未踏の融合学術分野創成を推進し、エネルギー問題の解決に資する新物質・新物性を創造する。

② ビジョンの内容

物性科学連携研究体は、22 世紀の理想社会の形成に貢献する物性物理学・材料科学・機能性物質化学（以下、物性科学研究と記す。）の展開と若手研究者の育成を図るものである。自然科学研究機構分子科学研究所、東京大学物性研究所、京都大学化学研究所、東北大学金属材料研究所、理化学研究所創発物性科学研究センターが構築する国内外研究者参画型の共創研究体であり、我が国でも類を見ない研究ネットワーク・オブ・ネットワークス（RNNs）型の新しい共創研究体制という特徴を持つ。この新しい RNNs 型の共創研究体制に新たに最先端装置群を整備し共同利用を提供し、それらを活用した学際融合の共同研究を、URA 機能を備えた連携研究体がハブとなり戦略的に推進する。この RNNs に人文・社会科学系の知の導入を図り、学際的知識を備えた多角的視点を有する若手研究者育成を展開する。中長期研究戦略として『2050 カーボン・ニュートラル社会の高度化とポスト・カーボン・ニュートラル社会への進化発展を牽引する革新的新学術知の持続的創出』を設定し、最先端装置共同利用・データ利活用や若手研究者育成を推進し、物性科学研究を基盤とする新融合学術研究を行う。物性科学研究に限定することなく、機械工学、システム工学、化学工学等の研究分野、新しい学術知・技術の社会受容性や経済性を扱う研究分野までを包含する。

<研究の柱>

- ・新量子物性の創発と卓抜機能物質の開拓によるエネルギー変換原理の革新
- ・持続可能な未来社会の実現を担う創・蓄・省エネルギー材料の創製・実証
- ・多階層に渡る物性・物質・材料の計算科学・データ科学によるエネルギー状態解析
- ・未来エネルギー材料の構造・機能観測のための先端計測技術の開発
- ・物性科学研究による 22 世紀の理想社会の構想

③ 学術研究構想の名称

物性科学連携研究体～エネルギー技術革新を通じて 22 世紀の理想社会実現の基盤形成に貢献する研究ネットワーク・オブ・ネットワークス～

④ 学術研究構想の概要

参画 5 機関は、化学・物理・材料科学の先端研究を国際展開するトップ研究所群であり、各研究コミュニティを牽引している。本構想は、これら 5 研究所と各分野の多様な研究コミュニティが連携する、(a) 異分野融合による物性科学の戦略的連携研究体制の構築と、それを通じた (b) トップ研究人材の育成・交流の仕組みからなる。

⑤ 学術的な意義

学術研究は、本来、研究者の自発的意欲によって設定される研究課題に取り組み新しい学術知を生み出すことが基本である。一方で、社会課題解決への貢献を求める社会的要請が高まっている。そのような背景か

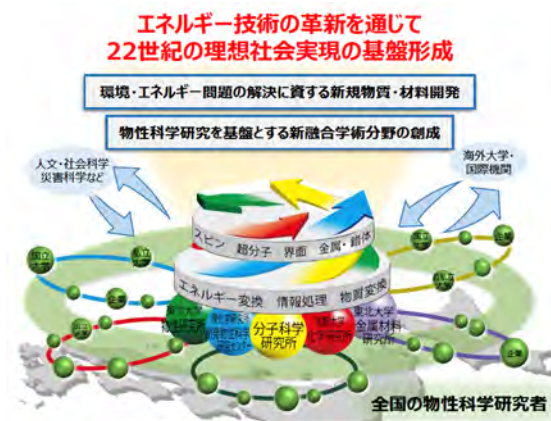


図1 研究ネットワーク・オブ・ネットワークス

物性科学研究を牽引する大学共同利用機関と
共同利用・共同研究拠点が主体となつて
全国の物性科学研究者をつなぐ

戦略的な物性科学連携研究を展開する
共創研究体制

最先端研究設備の
共同利用とデータ利活用

学際的知識の流入・蓄積、
多角的視点を備えた人材の育成



図2 5研究所がハブ機能を果たす共創研究体制

ら、学術研究は新学術知の創出と社会要請への対応の二面性を備える必要がある。本構想では、22 世紀の物性科学が実現しうる理想社会の姿を、人文・社会科学系に加えて災害科学や都市計画等の総合工学の知識も包含できるような他分野の研究者の協力を得て描き、社会の基盤形成に貢献する物性・物質・材料科学の学際融合共創研究を展開することによって、総合知を駆使し、社会要請にも的確に答える。また、本構想は、機能性化学、物性物理、材料科学のトップ研究機関の連携による戦略的・重点的な研究計画の策定と実行によって分野融合学理を構築する点において学術的に重要である。そのため、5 研究所の共同利用・共同研究の取り組みをさらにネットワーク化した新たな共創研究体制を構築する。研究の最前線に若手研究者を登用しながら 5 研究所をハブとした全国大学間での人材交流も促進し、将来のトップリーダー人材の育成を行う。22 世紀の理想社会に向けて、具体的な学際融合型共創研究の研究課題として、上述のエネルギー課題に迫る。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

物性科学研究は、日本、欧米、アジア諸国の間で熾烈な研究競争が行われており、早くから国家的集中投資が行われている。例として、米国では DOE の Energy Frontier Research Centers や Institute for Quantum Matter、NSF の Material Innovation Platform 等があり、ドイツでは Max Planck 研究所群やフラウンホーファ研究機構を核として強相関物理学研究やその社会実装化が推進されている。アジアでも、シンガポールのグラフェン研究センター、韓国基礎科学研究院、中国の北京大学量子材料科学センター等が設立され、本分野は今後も科学技術において最重要であると認識されている。

国内では、JST や NEDO においてカーボン・ニュートラル社会の実現を目指し 2050 年までに社会導入を目指すものである。本構想は、2050 年以降に顕在化する研究開発、技術課題に対応し得るものであり、ポスト・カーボン・ニュートラル社会を指向するものである。

⑦ 社会的価値

物性科学研究は、豊かでグリーンな理想的人間社会の構築、安全・安心・安価なエネルギーシステムの実現に寄与する。これは、先進国のみならず電力利用が困難な人々の生活改善に繋がり、SDGs 目標 7「エネルギー」に貢献する。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール 以下の施策を 10 年間継続して行う。

A. シナジー促進のための基礎研究体制の充実

各研究所に最先端実験設備を充実し、連携研究所間の共同利用を促進する。共創研究ラボに研究費を配分し、研究体内外との研究を推進する。

B. 研究トップリーダーの育成

共創研究ラボを設置し、ここに国内外大学からの研究者をクロスアポイントメント制度で採用し、全国の大学の研究者が共同利用を通じて戦略的連携研究が実施可能な体制を構築する。

C. 研究発信・新融合学術分野の創成

共創研究ラボ、および関連研究者間での研究討論、情報交換を常態化させ、研究体が主催する連携研究体国際会議と研究体全体会議を開催する。効率的かつ効果的な国際的研究発信を行う。

各研究テーマにおいては、実質的に社会基盤へ貢献していくために、人間や社会の総合的理解と課題解決に資する総合知の取組を、人文・社会科学系研究分野との研究会やセミナー講演の開催によって実施していく。

D. 研究活動支援のための組織体制

戦略推進ユニットでは、総合知の観点を取り込むため、災害・防災や経済安全保障の専門家、学際融合を展開する研究者との意見交換の機会を設け、各研究テーマの課題を顕在化させフィードバックする。

実施機関と実施体制 本構想は自然科学研究機構分子科学研究所、京都大学化学研究所、東京大学物性研究所、東北大学金属材料研究所、理化学研究所創発物性科学研究センターの 5 研究所で実施し、各研究所に置く共創研究ラボで取り組む。

総経費 100 億円 所要経費 10 年間にかかる所要経費総額を 10,000 百万円とする。

⑨ 連絡先

山本 浩史（自然科学研究機構 分子科学研究所）

インターネット型エネルギープラットフォームに基づくレジリエントな自立分散型エネルギー社会を実現するレギュレーション確立に向けた文理融合研究の推進

① ビジョンの概要

2050年カーボンニュートラルの実現にむけて、種類、量、変動特性などが様々に異なる再生可能エネルギーを統合し、個人と社会の功利の調整と合意の上に社会の駆動力として効果的に活用できるインターネット型エネルギー社会構造の研究を推進する。その急速な発展の舞台の一つとなるであろうグローバルサウスとの共創を指向し、グローバルに展開可能なレギュレーションプロトコルを、文理融合研究を通じて確立する。

② ビジョンの内容

2050年カーボンニュートラルという高い目標を受け、再生可能エネルギーを主力電源化するための研究開発が、産官学により強力に進められている。そこには、創り出すエネルギーの種類、量、時間的な変動特性など様々に異なるエネルギーをいかに統合し、社会の駆動力として効果的に活用するかという大きな課題がある。

その課題の解決のために、事業組織が大小発電や需要を集中コントロールする従来のスマートグリッド構想から、個人や地域の地産地消を単位とするインターネット型エネルギー社会構造への転換が進んでゆくものとする(図1)。ユーザ自らの手で形成された小規模自立分散グリッドのネットワークとリソースシェアにより、既存の基幹系統に代わるインフラを形成するという分散アプローチである。自ら構築した小規模自立分散グリッドをネットワークに接続することにより、ユーザが必要とするエネルギーを共助により入手可能で、末端のシステムやデバイスがユーザの手で構築、再構築されることによってシステム全体が新陳代謝してゆくことが可能になる。

一方で、この変革を支えるレギュレーションには、個人と社会の功利を調整し、社会的な合意を得る仕組みを実装しなければならない。個人情報や知的財産と同様に、エネルギーには個人の生産物としての個人資産の局面と、社会功利の動力源としての局面の二面性がある。どちらが重んじられるかは、個人および社会の置かれる状況によって大きく異なるため、倫理性の高いレギュレーションが必要不可欠である。

このようなインターネット型エネルギー社会構造は、インフラが未整備なグローバルサウスが急速な発展の主たる舞台の一つとなるであろう。2050年カーボンニュートラルを目指す我が国は、自らも変革の実現に努めると共にそれらの国々との共創を推し進めることによって、我が国の産業競争力を確保することができる。生活習慣や倫理体系の異なる国々との発展を実現するには、文理が目的を共有し、グローバル展開の可能なレギュレーションプロトコルを、技術開発と並行して確立してゆくことが必要である。

③ 学術研究構想の名称

グローバルサウスを舞台とする自立分散型エネルギーマネジメントにおける ELSI の実践研究としてのサステナブルレギュレーション研究の推進

④ 学術研究構想の概要

自立分散型エネルギー社会への急速な転換に先駆け、エネルギー技術の実装において倫理・法・社会的課題(ELSI)の面から支援するプロトコルとプラットフォームに関する研究を推進する。多摩三大学(東京外国語大学、東京農工大学、電気通信大学)の異分野研究者による議論を通じて2050年カーボンニュートラルへの過程で生じる課題抽出とソリューション研究、その成果に基づく政策提言までを行う(図2)。

個人や地域間のエネルギーシェアリングは、安定供給と社会システムのレジリエンス確保に必須の機能である。この機能が様々な環境下で有効に作用するには、災害による突発的な環境変化や世界経済の変動を前提とした設計が必要となる。同時に、最適なレギュレーションプロトコルを設計、実装することが社会レジリエンスに繋がる。そのポリシーを政策提言として示すことが文理融合した新たな学術の使命の一つである。



図1 インターネット型エネルギー社会構造への社会変容

また、自立分散型エネルギーシステムを社会基盤に育成するには、再生可能エネルギーの活用が我が国独自の問題でなく地球規模の問題である前提のもと、先進国のCO₂排出の影響を地球規模の課題として被っているグローバルサウスとの国際連携による共創進化を目指し、拠点のいくつかを海外に設ける。

⑤ 学術的な意義

本提案が想定するインターネット型エネルギー社会構造の実現によって可能になる個人間や地域間のエネルギーシェアリングによって、エネルギーの安定供給と社会システムのレジリエンス確保を実現するには、文理融合した新たな学術体系と教育が必要不可欠な機能の一つとなる。エネルギーを個人資産として取り扱うか、社会功利の動力源として扱うかなど、ELSI (Ethical, Legal and Social Issues) の概念を導入し、最適なレギュレーション・プロトコルを設計、実装するには、環境・エネルギー学、電力工学、情報学、システム工学、数理最適化などの理系分野のみでなく、倫理学、政治哲学などとの文理融合が必要になる。また、平時だけでなく災害による突発的な環境変化や、世界経済の変動を前提とした設計・運用を行なっていくには、リスク・防災工学、経済学、社会学などの貢献が必要となる。すなわち、本提案が想定する社会構造への変化は、様々な分野の学術の発展を加速させる分野横断的な学術的方向性を示すものである。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

エネルギーのインターネット化に関する研究は、いずれも既存の基幹システムを物理的基盤として、再生可能エネルギー導入によって生じる電力供給の不安定性を情報通信技術を用いて解決する階層的運用である。本提案では、人文・社会科学との分野融合を通じて、それらが実現し得ていないユーザ参加のインターネット型エネルギー社会構造を実現することを目指す。

⑦ 社会的価値

本提案は、脱炭素という高い目標に対する我が国のプレゼンスをグローバルサウスとの共創で示すとともに、それらの国々の成長力を活用して、産業の国際競争力を育成する取り組みである。これは、我が国のICT国際競争力が他国の後塵を拝している現状を覆す起爆剤となる可能性がある。特に、デジタル競争力の三要素である、「知識、技術、将来の準備」のうち、知識や技術はあるものの、IT人材の大幅不足によって危ぶまれている将来の準備を、グローバルサウス諸国との研究・教育の共創によって拡充することが期待される。

⑧ 実施計画等について

まず、拠点間連携のためのコミュニケーション手法、データ基盤の整備を行う。環境、事情の異なる海外への展開、用途の異なる施設、研究プロジェクトに対して先端エネルギー研究と多文化共生研究の成果を展開することを可能にするサステナブルレギュレーションの概念設計を完成し、フィールド研究を通じて有効性の検証を行う。グローバルサウスの国・地域における実装・検証を拡大し、用途の異なる建物からなる実験を国際連携のもとで設計、構築する計画を立ち上げ、社会実装としての社会システム実験を実施する。我が国における2030年再エネ主力電源化の実現の状況を鑑みて、文理融合研究の貢献について総括・評価を行う。これにより、社会システムにおけるレギュレーション研究の分野を確立し、2050年カーボンニュートラルに向けたグローバルな課題の明確化と研究の深化の方向性を示す。

<実施機関と実施体制>

電気通信大学、東京外国語大学、東京農工大学の強みを融合した研究活動と、社会実装活動を目的に設置した『西東京三大学共同サステナビリティ国際社会実装研究機構』を主体として実施する。

<総経費> 3,110,000 千円

⑨ 連絡先

電気通信大学 学術国際部 研究推進課

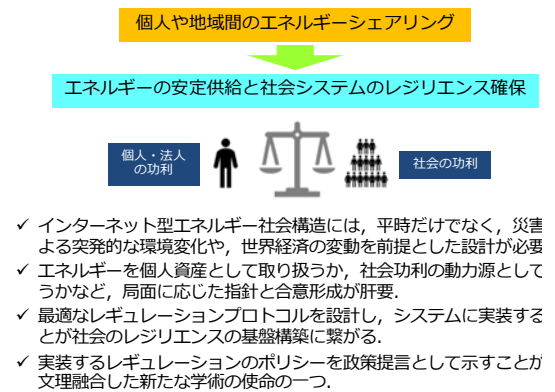


図2 自立分散型エネルギーマネジメントにおける ELSI 実践研究の必要性と課題

持続的なイノベーションに資するオープンな原子力研究基盤の創造

① ビジョンの概要

原子力エネルギーの研究と人材育成には、試験研究用原子炉をはじめとする多様な研究インフラが使われる。これらは、物質科学や生命科学等の幅広い学術領域でも利用されている。従来のコミュニティを拡張し、スタートアップを含む多くのグループが新しい原子炉のコンセプトを競い合い、また新しい領域の研究者が放射線を利用した研究に着手しやすくするために、既存の研究インフラの“現代化”と“オープン化”を力強く推進する。

② ビジョンの内容

従来の原子力研究開発は、官が示した方向性を有識者会議等で議論する一方向型かつ統合型のアプローチで進められ、その過程で総合工学である“原子力学”が形作られてきた。これからは、核反応を利用した多様なアイデアが伝統的な原子力コミュニティの内外から提案され、社会との相互作用によって洗練されたものが生き残るような形態を目指すべきである。研究開発の対象には、原子力エネルギーの電力利用や核燃料サイクルの完成等の伝統的な課題に加えて、原子力エネルギーの熱利用、核変換や照射を利用した物質の製造や改質、医療応用を目的とした原子炉コンセプト等も含まれる。

新しい形態に対応した“原子力学”は(1)超学際性、(2)オープン化、(3)知の統合化、等の特徴を備える必要があり、これらは相互に関連しあっている。超学際(Transdisciplinary)研究とは、複数分野の融合による学際的な特徴に加えて、研究者・産業界・行政・市民団体等が直接連携して、社会問題を解消することを目指す性質の研究とされている。原子力は、その成り立ちから学際的な性質を持つものの、研究の進め方が一方向的で、参加者の出入りが少ないという課題がある。原子力学への参入障壁を下げるためには、原子力特有の実験施設や検証済みの解析コードへのアクセスが確保されると共に、安全規制・輸出管理・研究助成等の制度とその対応方法が予見可能でなければならない。専門性の異なる複数の意見を束ねて研究インフラのあり方を決めるには、関係者が熟議を重ねて理解の相場観を作るような活動も求められる。

③ 学術研究構想の名称

持続的なイノベーションに資するオープンな原子力研究基盤の創造

④ 学術研究構想の概要

関係者の有機的な連携と競争の中で原子力エネルギーシステムと放射線利用のイノベーションを興すために、従来の原子力研究インフラを現代化し、オープン化することによって、イノベーションのための“場”を準備する。

個別の研究インフラ毎の対応：現在の原子力分野の代表的な研究インフラには、材料照射炉、臨界実験装置、核燃料使用施設、定常中性子源(ビーム用原子炉)、加速器や放射性同位元素取扱施設がある。日本全体でタイミングを合わせて各施設のミッションとユーザを再定義し、実験のデジタルツイン化、計装・制御のスマート化、管理業務のデジタル化を推進する。

取り纏め機関における対応：今後3年以内を目途に、複数の研究インフラを繋ぐ“取り纏め機関”を定義し、原子力エネルギー研究に新規参入するユーザを支援し、研究インフラの集約化を進め、産業界の良好事例を踏まえて原子力固有の管理業務の効率化を支援する。

制度的な対応：基金化等の方法で研究助成の在り方を見直し、安全管理におけるグレーテッドアプローチを進める。

⑤ 学術的な意義

原子力研究インフラを管理する研究者にとっては、(規制よりも)ユーザのニーズを意識しながら、協業しやすい環境が整備される。立地や時間に縛られる実験研究者の働き方を変える副次的な効果も有する。

本提案によって原子力学の関連領域に新しいプレイヤーが誕生することが、最大のブレイクスルーとなる。例えば、ベンチャー企業による新しいコンセプトの原子炉の提案、既存の原子力研究インフラを用いた新しいサービスの商業化、原子力利用の拡大に懸念をもつシンクタンクの研究力強化、等が期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

原子力研究インフラの維持は、世界的な課題となっている。米国や欧州連合では、ユーザーファシリティ制度を整備し、研究者から提案された優れた研究計画を実施するために必要な資金を施設管理者に助成しており、本提案もそれを参考にしている。

⑦ 社会的価値

日本の原子力研究は 70 年以上の歴史を持ち、原子力発電にも 63 年の利用実績がある。原子力エネルギー利用の多寡は政策の影響を強く受けるが、原子力エネルギーが本質的に有する基本的な魅力自体は変わらない。すなわち、燃料調達元が多様なこと、備蓄が容易なこと、電源系統の安定化に寄与すること、運転コストが比較的安定していること、運転段階で温室効果ガスを排出しないこと、等である。

原子力研究インフラのオープン化を進めることは、研究コミュニティが環境変化に対するレジリエンスを獲得し、将来生じるかもしれない多様な社会課題に前もって備えるという価値がある。また、原子力研究インフラは、電力需要の増加や、効果的な廃棄物管理の実現などの課題を解決するためにも必要である。

⑧ 実施計画等について

2025 年度中に、このビジョンを具体化した、研究インフラのオープン化に関する詳細な報告書を発刊する。そして、2027 年度をターゲットに、既存制度の微修正によってこのビジョンの一部でも実現することを目指す、関係機関への働きかけを進めている。

2028 年頃から開始される国立大学・国立研究開発機関の第 5 期中期計画の前にオールジャパンで原子力研究インフラオープン化の潮流を固め、学術研究機関の組織改革の中での位置づけを確保する。最終的に 20～30 拠点程度の設備とコードをオープン化することで、2,000 人規模のアクティブな研究者と 1,000 人規模の大学院生が創発的に活動できる“場”を作り出す。うち半数程度が原子力学領域、残り半数が他の領域となることを想定している。

<総経費> 100 億円

<所要経費>

- 事務局経費（2.5 億円×8 年）現代化とオープン化を推進する人材と専門知をプールする
- 実験施設の現代化（1 億円×30 拠点）計装・制御システムの更新やデジタルツイン化を推進する
- オープン化支援（総額 50 億円）原子力エネルギー領域以外の企業やスタートアップがオープン化された施設を利用することを推進する。

⑨ 連絡先

富田 靖（一般社団法人 日本原子力学会）

2050 年以降への持続的カーボンニュートラル社会を実現する低温工学および超電導工学体系の創出

① ビジョンの概要

2050 年以降の持続的なカーボンニュートラル (CN) 社会の実現には、核融合発電、超電導送電、超電導発電機、超電導エネルギー貯蔵、超電導限流器などと液体水素技術を有機的に結合し CO₂ 排出を極小化する総合的な超電導工学体系の発展が必要である。

② ビジョンの内容

先端理工学である低温工学および超電導工学に関する諸技術を持続的な CN 社会の実現に結びつけるためには、冷熱利用も含む液体水素の製造・輸送・貯蔵・利用に関する技術体系を構築することが重要である。また、国内の PV 発電、風力発電などの偏在しかつ変動が大きい電力を従来の電力システムと組み合わせ安定に利用するためには、低損失での長距離送電が可能な超電導送電、発電効率が高く電力系統のフレキシビリティを高める超電導発電機、電力系統のフレキシビリティとレジリエンスさらには安定度を高める超電導エネルギー貯蔵、電力系統のフレキシビリティに対する制限を大幅に緩和できる超電導限流器などと液体水素技術を有機的に結合し CO₂ 排出を極小化する総合的な超電導工学体系の発展が不可欠である。更に、究極的な低炭素発電技術として期待されている核融合発電装置でも超電導マグネット技術が実現の鍵を握っている。

③ 学術研究構想の名称

2050 年以降への持続的カーボンニュートラル社会を実現する低温工学および超電導工学体系の創出

④ 学術研究構想の概要

本学術研究においては、以下の技術レイヤー毎に研究構想を展開する。

(1) CN 社会を俯瞰するレイヤー 1

本学術研究構想においては、日本学術会議における他の社会科学研究あるいは工学体系研究との情報交換を密に行い、常に研究開発の方向性とスケジュール感を俯瞰しながら進める。

(2) CN 社会におけるエネルギーフロー (EF) を分析するレイヤー 2

CN 社会ではエネルギーを輸送・貯蔵・利用する技術として、水素と電力が主体となることには疑いがないが、カーボンフリーエネルギーを生み出す技術としては、太陽光あるいは風力などの再生可能エネルギー、核融合発電などが想定されており、地球規模でどのような EF になるかは現時点では明確ではない。エネルギーの輸送と利用に関する規模感を前提として取り組むことが不可欠であり、EF を分析し全体像を明確にする。

(3) CN 社会に必要な低温工学および超電導工学における要素技術あるいは個別の機器の必要性能を明確化し研究開発に取り組むレイヤー 3

冷熱利用も含む液体水素の製造・輸送・貯蔵・利用に関する技術体系あるいは超電導送電、超電導発電機、超電導エネルギー貯蔵、超電導限流器、核融合発電、液体水素を燃料とした電動航空機などの超電導工学体系における要素技術あるいは個別機器の研究開発においては、EF の分析結果などから求められる性能を目標として研究開発に取り組む。

⑤ 学術的な意義

(1) 提案の背景

低温工学および超電導工学は定量的にも低炭素化に向けて重要な役割を担える可能性が高いが、その可能性の検討は不十分である。また、2050 年以降も視野に入れると、低温工学および超電導工学が重要な要素技術となる核融合発電も視野に入り、持続可能性なカーボンニュートラル社会を実現する低温工学および超電導工学体系の実現が重要になる。

(2) 学術的重要性

液体水素温度における低温工学技術を経済性も含めて広く利用可能な産業技術とするためには一層の研究開発が必要である。特に、液体水素を海外で製造し我が国に輸送するためには、我が国が主導的に製造、輸送、貯蔵、利用に関する技術開発を標準化も含め先導することが不可欠である。

液体水素温度で運用される超電導応用機器に限れば、世界的にもその研究開発は緒についたばかりであり、我が国も先頭に立って研究開発を推進中である。本学術研究構想により、2050 年以降への持続的カーボンニ

ニュートラル社会を実現する低温工学および超電導工学体系が実現できれば、地球環境問題に世界的規模で貢献できる。

(3) 期待されるブレークスルーと研究成果

超電導送電、超電導発電機、超電導エネルギー貯蔵、超電導限流器などの超電導工学体系の構築においては、これまでの我が国における研究開発成果の蓄積があり、これを液体水素冷却化できれば、液体水素技術と超電導技術のシナジー効果によって、持続可能なカーボンニュートラル社会実現のキーテクノロジーとして大きな発展が見込まれる。

液体水素冷却化のためには、液体水素温度における冷却技術、液体水素温度で利用する超電導線材などの超電導材料技術、カーボンニュートラルエネルギーシステムで求められる個別機器の性能の最大化など、低温工学と超電導工学の両面からの研究開発が必要である。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

低温工学と超電導工学の体系化によって、冷熱利用も含む液体水素の製造・輸送・貯蔵・利用に関する技術体系および液体水素を利用する超電導応用機器へと展開し、2050年以降への持続的カーボンニュートラル社会を実現するために、核融合発電技術なども含めて総合的に研究開発を進めようとする、本学術研究構想の計画は今のところ世界的にも稀有である。

⑦ 社会的価値

2050年までのカーボンニュートラル社会の実現に不可欠な研究開発であり、国内外に対する社会的価値は極めて大きい。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

各レイヤーの実実施計画およびスケジュールは下記の通りである。

(1) レイヤー1

日本学術会議および他の学協会との連携などに関し理事会が主導的にその任に当たるとともに、低温工学・超電導学会の各委員会活動において国内外の情報を収集する。(令和8年度～令和17年度)

(2) レイヤー2

専門の調査研究会を設置し、その委員として低温工学・超電導学会関係者だけではなく電気学会、応用物理学会などの他の学協会の関係者にも就任戴き既存の調査および研究結果の集約を図る。(令和8年度～令和17年度)

(3) レイヤー3

それぞれの研究開発は独立して研究開発を進めるが、相互に研究開発状況とその成果を共有し反映させることが不可欠であり、理事会が全体の活動を掌握し連携を強化するとともに、毎年2回開催する低温工学・超電導学会研究発表会に特別セッションを設けるなど情報交換のハブ機能を発揮し、技術成熟度の向上を図る。また、公開シンポジウムの開催などにより社会への情報発信に努める。

<実施機関と実施体制>

本学術研究構想は低温工学・超電導学会およびその賛助会員(54社)を含む会員(約900名)が実施する。

<総経費> 17,000百万円(10年間)

<所要経費>

公益社団法人低温工学・超電導学会とレイヤー3を公募研究に対する応募を通じて実施する賛助会員を含む会員が属する機関、企業などそれぞれの所要費用を記載する。開始年度は令和8年度とする。

(1) 公益社団法人低温工学・超電導学会が実施する内容: 1,000百万円

レイヤー1、2に関わる調査活動、情報発信、レイヤー3の関わる情報交流ハブ機能などの費用

(2) 公益社団法人低温工学・超電導学会の賛助会員を含む会員が実施する内容: 16,000百万円

要素技術開発に関する「革新的GX技術創出事業」など、個別機器開発に関する「グリーンイノベーション基金」などの公募研究25件程度を10年間実施する費用

⑨ 連絡先

下山 淳一(公益社団法人 低温工学・超電導学会)

表面科学と真空技術のシナジー効果による次世代科学技術の推進

① ビジョンの概要

社会基盤を支える材料の複合化とデバイスの微細化に伴い、表面・界面の研究とそのため不可欠な真空技術の開発が特に重要となり、そのシナジー効果が我が国の科学技術の国際競争力強化に不可欠である。

② ビジョンの内容

Society 5.0 の実現、環境・エネルギー問題の解決や超高齢社会への適応のために、国際力の高い先端材料やデバイス開発が求められている。材料が無機・有機・バイオなど多岐にわたり複合化しさらにデバイスが微細化する中、それぞれの物質の境界に存在する「表面・界面」の果たす役割が極めて大きくなっている。「表面科学」による表面や界面での原子・電子構造の解明を通して、新たな材料発見や、半導体デバイス、センサーなどの IoT デバイス、高性能電池などのエネルギー材料やバイオ材料の開発に繋がる。これら材料合成とデバイス開発を支える重要な基盤技術が「真空技術」であり、高度な表面・界面解析の環境を提供する一方、新規材料合成とデバイス構築には欠かせない技術となっている。すなわち、表面・界面および真空を両輪とするシナジー効果こそが、我が国のサイエンスと技術の基盤として重要であり、その発展が国際競争に不可欠である(図1)。

今回提案する未来の学術振興のビジョンは、(1)高度な表面界面観測技術による表面・界面の精密理解、(2)(1)の知見に基づいた新規環境・エネルギー・バイオデバイスの開発、(3)次世代真空技術の先導、(4)表面科学者や真空技術者の育成とネットワーク形成、を柱とする。(1)は表面界面科学の根幹をなし、(2)の新規デバイスの開発に直結する。そして今後はデータ科学を用いたこれら実験・解析法のハイスループット化や革新的技術開発などが急務となる。また、(3)の真空技術は、(1)及び(2)の基盤を支えると同時に、(1)及び(2)で培った知見を応用して技術を高度化する。具体的には、より小さなエネルギーで、より真空度が高く、より清浄な真空環境を、より素早く安定に実現する方法や、ロボスト環境でも適切に動作する真空技術を開発する。こうした次世代真空技術と表面界面科学は、物理、化学、電気、機械、生体などの学術から、宇宙開発や高速輸送、量子技術、非破壊分析、材料や文化財の劣化制御といった現在と近未来で必要となる実用的な技術にまで、幅広い分野の発展に貢献する(図2)。(4)で、このような総合的知力を持つ人材を育成するとともに、学会の利点を活かしてブランドビジョンに向かった推進力を生み出すネットワーク形成に大きく貢献する。そこで研究計画として、日本の研究者が独自に開発した装置の共有化による表面科学の発展、真空関連装置の共同評価システムの構築を通じた産業力の強化、講演会・国際会議・産学連携活動による20～30年先に活躍できる研究者や真空技術者の育成を行う。

③ 学術研究構想の名称

表面科学と真空技術のシナジー効果による次世代科学技術の推進

④ 学術研究構想の概要

今回提案する未来の学術振興のビジョンを柱とする。高度な表面・界面解析技術としては、(陽)電子線や光など量子ビーム等を用いた顕微分光・回折法が挙げられる。表面・界面の精密理解にはこれらの性能や信頼性の向上に加え新たな観測技術の開発の推進が肝要である。多くの表面・界面観察技術は測定技術の習得に時間がかかり汎用測定技術にならないという問題があった。これらを克服し将来の新規環境・エネルギー・

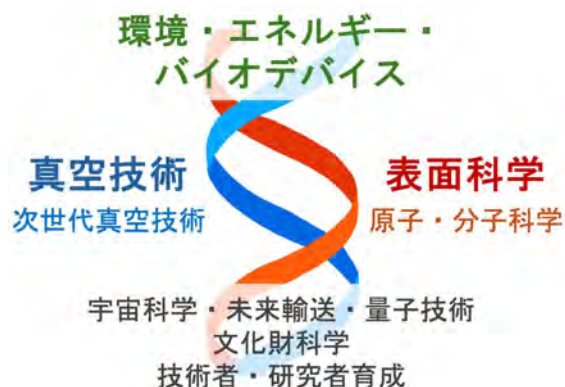


図1 表面科学と真空技術のシナジー効果

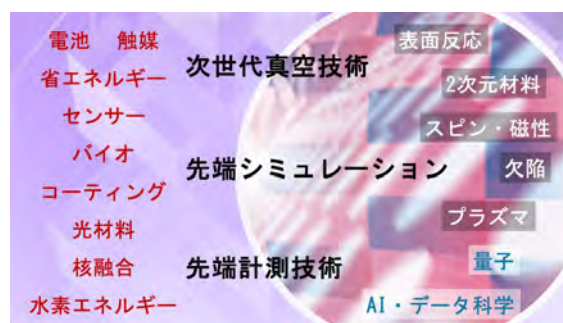


図2 真空技術と表面科学が貢献する分野

バイオデバイスの開発に資するために、AI 技術を導入し、また種々の解析技術を自動化した表面・界面解析プラットフォームを構築する。さらに試料作製プロセスと計測を組み合わせ自動化することにより、物性の理解と機能性欠陥の設計指針を構築し、欠陥をうまく利用した環境・エネルギー材料、量子科学の進展に寄与する測定手法、デザイン指針の普遍化に貢献する。一方、デバイス開発のためには実デバイス表面・界面でのその場解析技術の開発を進める。実デバイス作製ではプラズマや量子ビームを用いた薄膜形成、表面加工技術の高効率化、高度化も必要となる。これらの解析・デバイス作製技術の根幹をなすのが真空技術であり、試料室を低環境負荷で高真空化できる技術を実現する。これに伴い、真空ポンプの省エネルギー化技術が発展し、2030 年までに 2020 年比にて消費電力の 50%以上の削減が期待される。日本表面真空学会は表面科学と真空科学を包括する総合的組織である。本構想では、この学際的環境をさらに産官学・国家の垣根を排したプラットフォームへ拡張する。そして学会主導による超実践的教育により全ての若手を総合的知力人材へ育て上げる。

⑤ 学術的な意義

今回の提案に基づき得られる知見はいずれも学術的重要性の高いものとなる。プラズマ・表面反応の解明は宇宙空間における宇宙機と宇宙環境の相互作用の理解や、エネルギー問題に直結する制御核融合におけるプラズマ・炉壁相互作用の理解にもつながる。新規薄膜材料開発は、新たな半導体素子作製に役立つのみならず、抗菌・抗ウイルス、窓ガラスの紫外線ないしは赤外線反射膜など生活に直結する各種材料の開発にも直接結びつくと考えられる。また、バイオ反応においては、細胞膜に存在する膜タンパク質は、様々な刺激に最前線に対峙する分子であり（新型コロナウイルスの受容体 ACE2 も細胞膜中に存在）、生体機構解明の観点からも医療・創薬の観点からも、その構造・機能の計測・解析への関心は高い。したがって、細胞膜およびそのモデル系である人工細胞膜のオペランド計測技術や観察技術の開発は、これからの成長分野である。電池における精密な反応解析は、材料負荷が小さく、かつ性能の高い次世代電池開発のためには必須である。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

単原子分子レベルの分光測定分野は現在日本が世界をリードしている計測技術である。また、機械学習を取り入れた材料設計は世界的な材料設計の標準となってきた。しかし、単原子分子レベルの計測と材料設計を組み合わせ、自動化による大規模解析技術へと進む動きはない。本提案は、この分野で世界をリードする技術をさらに昇華させ、広範な材料設計に組み込める計測技術に発展させる独自のものである。

⑦ 社会的価値

材料表面は触媒、IoT デバイス、パワー半導体、量子ビットといった基礎材料の全てに関わる。即ち、本提案はエネルギー、気候変動対策、インフラ構築などの SDGs 実現に貢献するための基礎研究であると言え、国民の生活水準・幸福の継続的な維持に欠かせない科学技術であると言える。成膜機構解明によるプロセスの最適化は、半導体製造・光学薄膜形成などにおける製品開発・製造の効率化・高度化を実現する。地方での拠点形成により、国内各地域における研究開発の活性化が促進される。省エネポンプの開発を通じて、高性能半導体製造に対する省エネルギー化に貢献できる。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

◎AI 技術と組み合わせた表面・界面解析プラットフォーム構築

ハード開発・装置利用環境の整備に 2 年、自動化のソフト開発に 2 年間。データ解析法の開発に 2 年。

◎AI 技術と組み合わせた新規デバイス作製プラットフォーム構築

プラズマ・電子ビーム成膜、リソグラフィー装置の導入と習得に 2 年、AI 学習による自動化に 2 年。

◎人材育成

1 年間で共同研究締結プラットフォームを作成する。

＜実施機関と実施体制＞

日本表面真空学会内に設置されている研究部会・技術部会がテーマ毎に参加研究者を束ね、連携した研究を推進する。本会若手部会メンバーを中心に広いダイバーシティを包含する研究体制を検討している。

＜総経費＞ 105 億円

⑨ 連絡先 佐久間 恵子（日本表面真空学会事務局）

超高压電子顕微鏡を基軸とした革新的計測分野の創出 ～ 産業課題解決を志向した 本邦だけが成し得るオペランド・三次元ナノ観察技術開発

① ビジョンの概要

20-30 年後に直面する様々な産業課題の解決に必須となるのは、実用材料の動的挙動の根源である反応素過程をナノスケール分解能でオペランド・三次元観察する計測技術である。これを可能とするのは、1 ミクロン程度の厚さの物質を透過観察する能力を持つ超高压電子顕微鏡である。装置を運用する国内全機関が連携して研究・計測ネットワークを構築し、技術開発に取り組むことで新しい計測分野を切り拓く。

② ビジョンの内容

脱炭素化社会の実現、電池の次世代技術開発、先端半導体技術の開発などの産業課題解決に共通して求められるのはナノ分解能での三次元観察やオペランド観察である。この要望に応える計測装置が超高压電子顕微鏡であり、厚さ1 ミクロン程度以上の試料をナノ分解能で観察でき、表面効果を受けない物質本来の反応素過程を三次元観察できる能力を有する。超高压電顕を運用する国内全機関が連携して計測技術開発に取り組むことにより、当該計測領域の学術分野におけるヘゲモニーを我が国が握ることとなる。その結果 20-30 年後に直面する様々な産業課題を解決できる強力な手法を、我が国が優先的に活用できる状況が構築される。

③ 学術研究構想の名称

超高压電子顕微鏡研究・計測ネットワークによる学術的深化と共通計測基盤の構築および産業の革新を志向したオペランド・三次元ナノ解析技術の開拓

④ 学術研究構想の概要

電子線と物質の相互作用の学理を追求・深化させることに加え、情報科学的解析も駆使した新しい計測法の開発にも取り組み、超高压電顕の透過観察能力を最大限に引き出した定量的かつ効率的な観察技術確立する。さらに従来のトモグラフィ計測時間を大幅に短縮する手法開発にも取り組み、材料挙動の反応素過程を観察可能なオペランド三次元計測手法へと昇華する。またアトムプローブ法、高速 AFM、放射光計測など近隣の計測手法との連動、MeV パルス電子銃や色収差補正装置などの新規要素技術の開発にも取り組み、様々な産業課題解決に不可欠となる計測体系の確立を目指す。この実現のために、超高压電顕を運用する国内 5 機関（阪大、九大、名大、北大、日立製作所）による研究・計測ネットワーク構築を行う。このネットワークを通じて各装置の持つユニークな機能の相補的な組み合わせを図る一方、付属機器等の整備による性能の高度化と共通化を進め、試料とデータの共有、人材交流と若手育成も推進し、我が国にしかできない超高压電顕を基軸とした計測分野の創出を目指す。

⑤ 学術的な意義

従来適切な手段がなく手つかずとなっていた「サブミクロンスケール構造の三次元的解明」、即ち汎用 TEM で観察されるナノスケール構造と放射光などで計測されるミクロンスケールのはざまにあり、材料機能に決定的な影響を与える重要なスケール領域の精緻な顕微解析を達成するという学術上の革新を成し遂げる。様々な応用計測を通して、機能性材料の動的現象の素過程を解明するという材料科学的ブレークスルーが期待され、鉄鋼など構造材料の塑性変形や破壊、半導体デバイスの通電劣化、全固体電池のイオン伝導、ナノ触媒によるガス反応、液中での腐食、高エネルギー粒子による物質損傷、などの様々な現象の素過程解明や細胞内立体構造解析、などの画期的な研究成果が期待される。これらの成果は現在の様々な産業課題の解決方針を定める重要情報であり、またそれを可能とする計測分野の確立は今後の様々な産業課題解決にも応用可能となる。20-30 年後の技術革新に多大な波及効果を及ぼすと期待され、産業構造の転換を誘起するという意義を持つ。

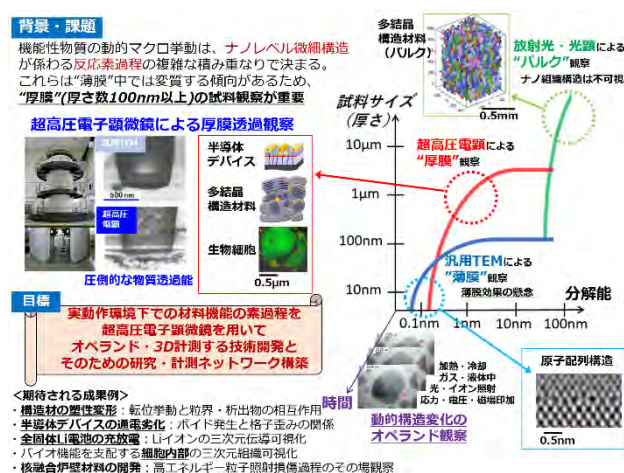


図 1 超高压電子顕微鏡によるオペランド・3D 計測

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

超高压電顕は1960年代初頭から60年間にわたり、のべ70台以上が設置・運用されてきたが、200kV級電顕の高性能化が急速に進展し、欧米の研究機関は設備の維持管理の観点で超高压電顕から撤退した。しかしながら、バルクと比肩しうる極厚膜試料の組織観察は依然として超高压電顕のみが可能であり、鉄鋼材料やパワー半導体、高性能電池開発においてその重要性は再び注目を集めている。高性能・超高速カメラや分光器、電子プローブ、デジタル制御など、汎用電顕での技術革新を導入することにより、超高压電顕の高性能化とさらなる発展が期待できる。本邦以外では超高压電顕を用いた最先端研究は実施不可能であり、超高压電顕は伝統に裏打ちされた我が国独自の研究手法であると言える。

⑦ 社会的価値

超高強度な鉄鋼材料、超微細加工の三次元半導体デバイス、高速充電可能な全固体リチウム電池、燃料電池電極用の高機能金属ナノ触媒、バイオナノマシン、などの実現に向けたソリューションを提示することができる。これらの課題以外にも 20-30 年後の経済的・産業的価値につながる様々な現象の解明が期待でき、SDGs の目標に挙がっているエネルギー効率向上やクリーンエネルギー活用にも貢献できる。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

初年度に5機関連携の研究・計測ネットワーク構築に取り組み、情報ネットワークを介したデータ集積と共有・リモート観察実験の整備、人材交流による知識・経験・学問的知見の共有を行える体制を整備する。高感度・高速カメラを最初の2年間で配備し、装置制御システム・試料ホルダー・ゴニオメータ規格・プローブ走査機能(STEM)の共通化について4年以内に整備しつつ、観察手法の高精度化・三次元化・高速化の技術開発を並行して行う。産業課題解決につながる計測候補の抽出と必要となる仕様を満たした各種オペランド計測用の特殊試料ホルダーの共同開発を6年目までを目処に行う。同期間に並行してマルチモーダル結合への取り組みも行う。これらによって確立した超高圧電機様々な応用計測を進める。また、その次の10年間における開発、および20-30年後の実現を見据えた装置コンパ



図2 超高圧電子顕微鏡 研究・計測ネットワーク構想

＜実施機関と実施体制＞

大阪大学、九州大学、名古屋大学、北海道大学、日立製作所の5機関の連携によって実施する。各機関の運用する7台の超高圧電顕はそれぞれがユニークな特長を生かした計測を分担し、大阪大学が全体統括の役割を担う。各機関において博士研究員や技術者を雇用し、次の世代の超高圧電顕分野の発展を担う若手人材を育成することを通じて、20-30年後の超高圧電子顕微鏡分野のさらなる発展を図り、次世代超高圧電顕の開発に備えた装置技術とノウハウを若手技術者に絶やすことなく継承する。

＜総経費＞ 58 億円

＜所要経費＞

高感度・高速カメラの設置およびそれを活用した STEM 機能拡充用装置の設置に約 5 億円、装置制御システム・試料ホルダー・ゴニオメータ規格・プローブ走査機能の共通化に約 10 億円、各種オペランド計測（用の特殊試料ホルダーと特殊試料作製・制御装置の開発費に約 3 億円、バイオ観察用位相板、超高速観察用 MeV パルス電子銃、色収差補正装置、コンパクト超高压電顕の調査開発費に約 20 億円、研究人材・技術人材の雇用費として約 10 億円（各機関 2、3 人を 10 年間）、5 機関保有の超高压電顕の保守・運用に係わる費用として約 10 億円（7 装置 1 台あたり約 1500 万円／年）の所要経費を計上する。

⑨ 連絡先

光岡 薫 (大阪大学 超高圧電子顕微鏡センター)

複合原子力科学の深化と融合研究拠点の強化 ―新試験研究炉に資する学術基盤の構築―

① ビジョンの概要

原子力が生み出す放射線を共通基盤とする学際融合科学「複合原子力科学」を深化・展開し、学術と社会を結ぶ新たな研究体系として確立する。量子ビームとRIを活用し、医学・生命科学・物性科学・材料科学・エネルギー科学を融合し、単独では達成できない成果を創出する。そのため「複合原子力研究拠点」を構築し、福井県敦賀市に建設される新試験研究炉プロジェクトでの実装・高度化を通じて、学術的先導性と社会的実効性を備えた国際拠点をを目指す。

② ビジョンの内容

原子力が生み出す放射線の多面的特長を生かした学際的利用を中核とする学術領域「複合原子力科学」を深化・展開し、学術的先導性と社会的実効性を兼ね備えた研究体系を確立する。放射線を“共通言語”として多様な研究領域を結びつけ、学術・産業・政策の三位一体連携を強化することで、次世代を担う複合原子力科学のモデルを世界に先駆けて提示する。その中核として、放射線・RI生成から医療応用、人材育成に至る7つのユニットから成る「複合原子力研究拠点」を形成する。既設の加速器の更新を含む基盤装置群を整備し、外部に開かれた共同利用の中核拠点として運用することで、学術創成と社会実装の両輪を加速する。

成果の創出と展開は、(1)京都大学複合原子力科学研究所における先行拠点化（学術・人材育成・産業利用の実証と磨き上げ）と(2)福井県敦賀市「もんじゅ」サイトに計画されている新試験研究炉プロジェクトへの設計・整備段階からの能動的参画（装置要件・運用構想への反映）を並行して推進する。新炉完成後には、先行成果を同炉で統合・拡張して結実させ、我が国の原子力科学の持続的発展に資する国際拠点を形成をする。

また、原子力科学を核に材料・医療工学・生命・情報科学を融合的に学べる教育環境を整備し、社会課題に対応できる「融合型研究者」を実践的に育成する。国内外の大学・研究機関・産業界との連携を通じて、多様なキャリアパスと国際循環を確立し、次世代研究環境を支える持続可能なシステムを構築する。

③ 学術研究構想の名称

複合原子力科学の深化と融合研究拠点の強化 ―新試験研究炉に資する学術基盤の構築

④ 学術研究構想の概要

本構想は、原子力が生み出す放射線の多面的特長を学術的に活用し、新たな学術領域「複合原子力科学」を深化・展開することを目的とする。放射線は、医療・生命科学・物質科学・工学・エネルギー科学といった多様な分野において利用されている汎用的プローブであり、これを“共通言語”として学術分野を有機的に接続することで、従来の分野別研究では到達できなかった新しい知と応用を切り拓く。

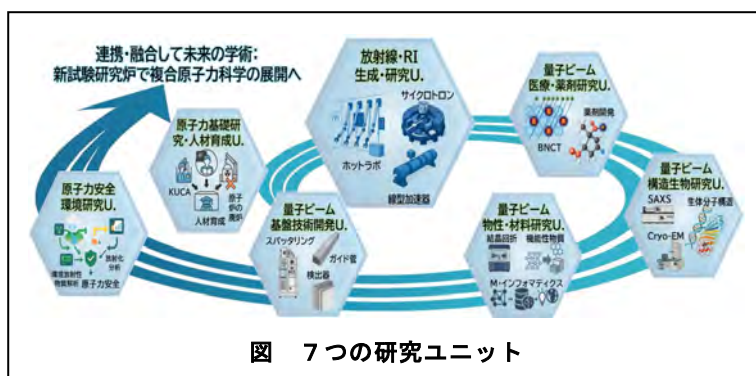


図 7つの研究ユニット

複合原子力研究拠点を形成し、7つの研究ユニットを設置する。(1)放射線・RI生成・研究ユニットでは加速器やホットラボを用いた照射実験とRI研究を推進し、(2)量子ビーム医療・薬剤研究ユニットではBNCTの発展やRI標識薬剤の開発を進め、(3)量子ビーム構造生物研究ユニットは生体高分子解析を計算科学と結合し、(4)量子ビーム物性・材料研究ユニットは物性研究とマテリアルズ・インフォマティクスを統合し、(5)量子ビーム基盤技術開発ユニットでは中性子光学・検出技術を革新し、(6)原子力安全環境研究ユニットでは環境放射能・放射化分析を発展させ、(7)原子力基礎研究人材育成ユニットではKUCAや廃炉研究と連携した教育・技術継承を担う。ユニット群は、研究者が日常的に交流し学際的連携を加速し、本構想の成果は新試験研究炉プロジェクトを実践の場とし、基礎から応用・社会実装に至るまでの学術基盤を形成する。これにより、従来のエネルギー研究を含めた原子力科学を刷新し、持続的発展と国際的リーダーシップを確立する。

⑤ 学術的な意義

原子力の価値はエネルギーにとどまらず、放射線という学術統合の鍵をいかに人類の福祉と持続社会に活かすかにある。放射線の多面的な物質相互作用特性は、医療・生命・材料・環境・工学・エネルギーを横断す

る新たな学術体系を切り拓く潜在力を持つ。本構想が掲げる「複合原子力科学」は、この特長を最大限に引き出すもので、既存の原子力科学を深化させると同時に、放射線を媒介とする学術横断的統合を推進するものである。量子ビーム統合利用、RI 研究、原子力安全学術、人材育成を柱とする「複合原子力科学」を確立し、新試験研究炉プロジェクトを実践の場として展開する。これにより、複合原子力科学は持続可能で人間中心の科学技術社会の実現に貢献する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

近年、放射線・量子ビームの医療・材料・生命科学への応用は国際的に加速し、欧州 ESS、米国 ORNL などでは、中性子・X 線施設を基盤とした融合研究が拡大し、基盤技術と応用研究の一体化が進んでいる。国内でも J-PARC や SPring-8 を活用した研究は進展しているが、分野横断を体系的に支える枠組みは限定的である。京都大学複合原子力科学研究所は、研究炉運用と放射線利用の知見を蓄積し、BNCT や中性子構造生物学など世界を先導する成果を挙げ、サイクロトロン加速器、電子線線型加速器、ホットラボを含む RI 研究施設を保持し、医療・材料・エネルギー分野をつなぐ国内随一の拠点であり、この強みに基づき、複合原子力科学として分野融合を体系化し、学術・産業・社会への接続を強化する。本構想の成果は、新試験研究炉プロジェクトの新炉を実践の場として展開され、我が国独自の複合原子力科学を国際的に発信する基盤となる。

⑦ 社会的価値

本構想が推進する「複合原子力科学」は、放射線・原子力技術を共通基盤に、多様な学術分野を有機的に結びつける新たな研究体系であり、その成果は社会に大きな価値をもたらす。医療分野では BNCT や RI 薬剤開発を通じ、がんや難治性疾患への革新的治療法を提供する。材料・エネルギー分野では、量子ビームを活用した次世代電池や環境浄化材料の開発を推進し、脱炭素社会の実現に資する。原子炉廃止措置や放射性廃棄物管理において、汚染分布の可視化や線量評価技術を高度化することで、安全・安心な原子力利用を支える。異分野研究者の協働、国内外の人材育成・循環を促進する。新試験研究炉プロジェクトと接続し、学術成果を社会的実装へと橋渡しする明確な出口戦略を備える。これにより、日本発の学術的先導性と政策的実効性を両立させ、国際的にも社会課題解決に資するモデルを提示する。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール

【第Ⅰ期：基盤整備と準備期間（1～3年目）】既存施設を基盤とした連携研究を進めつつ、装置の高度化と整備計画を策定する。加速器、ホットラボ、X 線解析装置、試料調製機器の更新・最適化を進め、既存研究の深化を図る。ユニット制導入に向けた研究組織再編を行い、若手研究者や大学院生の参画を促す。

【第Ⅱ期：研究ユニット展開とネットワーク拡張（4～6年目）】本格的に7つの研究ユニットを展開し、分野横断型研究を推進する。各ユニットが装置整備と研究課題を担い、有機的に連携することで融合研究を加速する。国際的な人材交流も活発化させる。複合原子力科学研究棟建設に向けた準備を本格化する。

【第Ⅲ期：研究棟稼働と新試験研究炉との接続（7～10年目）】複合原子力科学研究棟を完成させ、7ユニットを物理的に結集した研究拠点を形成する。放射線・RI 生成から医療応用、人材育成までを包括的に展開し、異分野研究者の交流を日常的に促進する。新試験研究炉プロジェクトと連動し、照射・解析・シミュレーションを統合した高度融合研究を推進する。

・実施機関と実施体制

実施機関は、京都大学複合原子力科学研究所（臨界集合体 KUCA、加速器、ホットラボ、量子ビーム実験設備などを有し、複合原子力科学を基礎から応用まで一体的に展開できる国内唯一の拠点）である。

実施体制は、本研究所を複合原子力研究拠点として、その中に設置する7つの研究ユニットを基盤とする。各ユニットは専門性に応じた研究課題と装置整備を担い、複合原子力科学研究棟に結集することで、日常的な交流と装置群の相互利用を促進し、放射線を共通言語とする融合研究を加速する。若手研究者や大学院生の参画を重視し、教育と研究を統合した育成体制を構築する。本構想で培われる融合的成果や人材育成は、新試験研究炉プロジェクトの新炉を実践の場とすることで学術・産業利用に直結する。

・総経費 210 億円－複合原子力科学研究棟（40 億円）、加速器・設備群（110 億円）、ユニット運営（60 億円）

⑨ 連絡先

杉山 正明（京都大学複合原子力科学研究所）

材料科学・工学アライアンスに基づくクローズドループリサイクル材料開発戦略

① ビジョンの概要

持続可能な社会の実現に向け、学術振興の柱として「クローズドループリサイクル (CLR) 材料開発戦略」を掲げる。輸入資源への依存を脱却し、社会活動を安定的に維持・発展させるために不可欠であり、従来の高性能化・低コスト化を重視したものづくりに大変革をもたらす。さらに、自給自足とカーボンニュートラルを統合した材料研究を推進し、次世代人材の育成を通じて国際競争力と教育的波及効果を高める。

② ビジョンの内容

本戦略は、リサイクル容易な元素や希少元素を必要としない材料を創製し、使用済み製品を新たな資源として完全循環させる仕組みを構築するものである。材料科学・工学分野の知見を結集し、産学官が連携することで、革新的かつ世界一低環境負荷な社会の実現を目指す。

日本金属学会はハブ機関として、国立研究機関、大学・高専、企業をスポーク機関として有機的に接続する「材料科学・工学アライアンス」を構築する。具体的には、①全国研究室体制の整備と設備・データの共有、②大学・企業間の人材相互派遣、③プロトタイプ製作支援による、社会実装のための障害の一つである「魔の川」克服、④リカレント教育・リスクリングによる就業者の知識更新、⑤小中高生への体験機会提供による次世代人材育成を推進する。

③ 学術研究構想の名称

材料科学・工学アライアンスに基づくクローズドループリサイクル材料開発戦略

④ 学術研究構想の概要

経済安全保障やCN達成の鍵を握る材料科学・工学分野の変化に対応するため、就業者の知識更新と次世代人材の育成が急務である。

日本金属学会はハブ機関として、国研・大学・高専・企業などのスポーク機関を有機的に連携させ、「循環可能な材料設計・創製」「多機能・複雑系の材料設計・プロセス」「データ駆動型材料設計・創製」「オペランド計測」の四領域において実践的な人材育成を推進する。

全国研究室体制の整備と材料科学・工学アライアンスの構築により、設備・技術の共有を図り、材料の創製・高度化と学理の深化を進める。同時に人材の相互派遣を通じて知識の更新を促し、CLRの難易性を踏まえた製品開発や起業化を支援し、革新的で世界一低環境負荷な持続可能社会の実現を目指す。

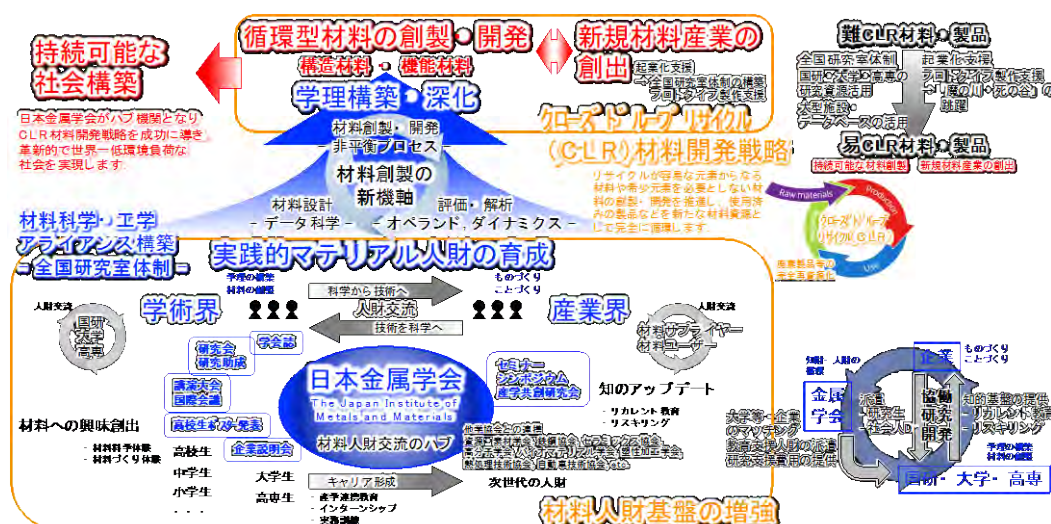


図1 持続可能な社会構築の基盤となる「クローズドループリサイクル (CLR) 材料開発戦略」の概念図

⑤ 学術的な意義

本構想は循環型材料の創製・開発を第一義とし、CNと経済安全保障を前提としたものづくりを対象とする。具体的には、蓄電・水電解触媒材料、磁性材料、金属構造材料、半導体材料、バイオアダプティブ材料など多様な分野において、リサイクル容易かつ希少元素を必要としない新材料の開発を推進する。また、加工・製造プロセスにおいても高性能化を図り、使用済み製品を資源として再利用する完全循環型ものづくりの仕組み

みを構築する。

また、従来の「設計」「創製」「評価・解析」に加え、本構想では次の四領域を中核に据える。

- ・循環可能な材料設計・創製：結合・分解の精密制御により再利用と CLR を実現。
- ・多機能・複雑系の材料設計・プロセス：相反する機能の共存や多機能化を可能にする新材料と製造プロセスを創出。
- ・データ駆動型材料設計・創製：AI やロボット自律探索を活用し、効率化と期間短縮を実現。
- ・オペランド計測：合成過程やデバイス動作を動的に計測し、機構解明と設計指針を高度化。

我が国が本構想を実現することは、国際的潮流に伍するのみならず、希少元素依存からの脱却や低環境負荷社会の実現において独自の優位性を確立することを意味する。さらに、日本金属学会がハブ機関となり、国研・大学・高専・企業を結び付けることで研究成果の社会実装を推進し、次世代を担う実践的マテリアル人材を育成する。全国研究室体制を整備し、教育と研究が一体化した新しい学習モデルを提示する。これにより国際的に通用する高度専門人材を育成し、学术界・産業界・教育界を横断する知の循環を実現する。

また、学会がプロトタイプ製作を支援し、社会実装を阻む「魔の川」の障壁を克服することは教育的にも重要である。学生や若手研究者が基礎研究から応用・起業化までを体験することで、研究成果を社会に還元する視点を涵養できる。

以上のように、本構想は、学術的・産業的・社会的に大きなブレイクスルーをもたらし、持続可能な未来社会の基盤を築くものである。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本構想は、CLR 材料開発戦略を先導し、世界に先駆けて革新的かつ低環境負荷な持続可能社会を実現するとともに、その発展を支える実践的マテリアル人材を育成する点に特徴を有する。また、社会実装に時間を要するという我が国の課題に対し、日本金属学会がハブ機関となり、国研・大学・高専・企業を有機的に接続することで解決を図る。

⑦ 社会的価値

本構想である CLR 材料開発戦略が成功すれば、これらの社会を持続的に発展させる力となり、国民の理解と支持を得ることができる。輸入依存に頼らない循環型材料の創製・開発を基盤とする CLR 戦略の成功は、経済安全保障の強化に直結する点でも社会的価値が高い。また本構想は SDGs の「7. エネルギーをみんなにクリーンに」「9. 産業と技術革新の基盤をつくろう」「11. 住み続けられるまちづくりを」「12. つくる責任つかう責任」に直接貢献し、持続可能で安心できる未来社会の実現に寄与する。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

準備・整備期、協働研究開発加速期、起業化支援加速期の3つの期に分けて実施する。

第1期：準備・整備期（令和6～9年度）

CLR 材料（循環型材料）の研究・開発における目標の具体化と課題の明確化

第2期：協働研究開発加速期（令和10～12年度）

協働研究開発（易 CLR 材料の研究・開発）に関する取り組みを加速

第3期：起業化支援加速期（令和13～15年度）

起業化支援（プロトタイプ製作支援）に関する取り組みを加速

＜実施機関と実施体制＞

日本金属学会がハブ機関となり、会員が所属する国研・大学・高専・企業等をスポーク機関として有機的に接続する。これにより、研究資源の共有と人材交流を推進し、産学が実質的に融合する体制を整える。加えて、関連学協会と連携し、学术界と産業界が一体となって CLR 材料開発を推進する枠組みを構築する。さらに、研究開発に加えて人材基盤の強化を重視する。

＜所要経費＞

総額 103 億円（10,300 百万円）

⑨ 連絡先

谷山 明（公益社団法人日本金属学会）

世界をリードする粉末焼結法の革新的創成技術開発～外場焼結、積層造形、焼結理論、超硬合金、焼結磁石の研究と SDGs (リサイクル等) への波及

① ビジョンの概要

世界をリードする粉末焼結法の革新的な創成技術の開発を、A 外場焼結、B 積層造形 (A と B は焼結プロセス関連)、C 焼結理論・シミュレーション (純粋科学、学問)、D 超硬合金、E 焼結磁石 (D と E は実際の材料)、F リサイクル (SDGs 波及) の項目に整理して研究する。約 10 年後の素形材分野において、焼結という材料技術が多様化する社会課題の解決に資するよう、学術振興の観点からそのビジョンと具体的内容を提案する。

② ビジョンの内容

粉末焼結法とは粉末原料を成形後に焼き固める材料技術である。超硬合金、焼結磁石、セラミックスなど、現在の生活に不可欠な多くの焼結材料が存在する。焼結法は、現在広く使われている鑄造法 (金属等の融液を鑄込む方法) 等と比較して、より低温での材料合成 (低エネルギー消費)、複雑形状の加工、画期的な特性 (例えば、超高強度、超強磁性等) の創出が可能な画期的な素形材技術である。

本提案では、粉末焼結法に関連する項目として、上記の A～F の 6 つの項目を取上げ、焼結技術が多様な社会的役割を果たし、我が国が世界をリードするためのビジョンを具体化する。A～F に注目した理由は、A と B は焼結法のプロセス自体の研究が必要不可欠であること、C は焼結の純粋学問の発展も重要であること、D と E は最重要な焼結実用材料技術の発展によって世界をリードする可能性があること、F は希少金属を含む材料技術全体に求められる資源循環と環境負荷低減に資するリサイクル技術として重要であることによる。以下、A～F についてのビジョンを述べる。

A では、圧力、マイクロ波、通電など外場を援用した新しい焼結 (外場焼結) の技術について研究し、処理温度を更に低温化することで画期的な省エネルギープロセスに発展させる、従来の通常加熱の焼結法では得られない新機能を発現させる。

B では、熔融・凝固型とバインダ型 (後工程で焼結が必須となる) によって、部品の複雑化、軽量化、高性能化を担保する高機能粉末の開発を進め、新合金粉末や複合材料粉末の製造技術開発により、積層造形技術の発展と展開を支える。また、高価な原料粉末のリサイクル或いは再資源化に向けて、造形過程で混入する不純物成分の有効活用や不均一な粒径を有する粉末の固相焼結など革新的な資源循環プロセスの構築が求められる。

C では、理論研究に計算機シミュレーションを適応することにより焼結の純粋な理論体系の再構築を試み、かつ焼結のシミュレーション設計技術の理論的裏付けを得る。

D では、焼結法によってのみ得られる本合金を用い、優れた工具を工作機械に供給することで、我が国の精密機械加工産業を支える。今後の研究では、超微粒・超高強度材料の創製に加え、希少金属 (タングステンやコバルト等) の使用量削減や代替材料の開発が重要となる。

E で、我が国が世界最高の保磁力を実現した歴史を踏まえ、粉末製造、焼結いずれにおいてもナノレベルでの結晶粒界制御技術を推進し、基礎研究を含めた新たな材料開発を行い世界をリードする。

F では、実用的な焼結材料である焼結機械部品、超硬合金、磁性材料、電気・電子部品セラミックスが多元系組成のため回収後の分離・リサイクルが困難であるという現状を克服するための研究を行う。

③ 学術研究構想の名称

世界をリードする粉末焼結法の革新的創成技術開発～外場焼結、積層造形、焼結理論、超硬合金、焼結磁



図1 全体および各項目 (A～F) のビジョン

④ 学術研究構想の概要

本構想の〈学術的価値〉については、A～Cおよび F においては基本的に材料種に拘ることなく、金属、セラミックス等いずれの材料でも利用できる粉末焼結法の技術とリサイクル技術の開発にあるとともに学問的な基礎学の構築を目指す。D と E は具体的な材料種に焦点を絞り、ナノ構造制御といった材料科学的手法を確立する。

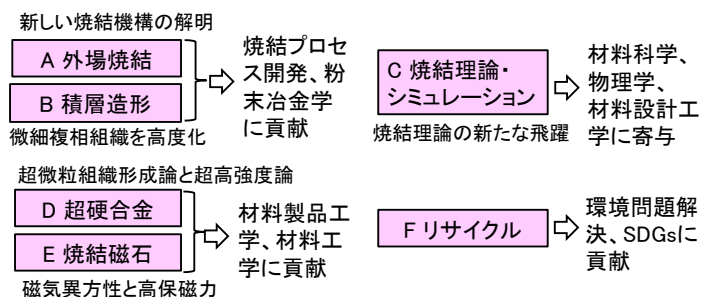


図2 学術構想のポイント

⑤ 学術的な意義

A では、普通の焼結機構に対して、外場を援用した新しい焼結法がどのような焼結機構となるかを明らかにする。これにより、高温物質移動等の学問にも大きな足跡を残すものと期待される。

B では、微細複相組織を高度に創り上げることによって、高強度と高延性を両立させる微細複相組織制御の学理を構築する。また、積層造形技術の多様化、汎用化を通じて、ものづくり産業の継続的発展に貢献する。

C では、焼結中の微細構造を制御し、欠陥のない合金、複合材料を得るための焼結理論の新たな飛躍を目指し、材料工学物理学、材料設計学の発展に貢献する。

D では、液相出現温度以下の昇温過程において、Co 相の固相拡散が、液相出現後の焼結挙動および組織形成にどのような影響を及ぼすかを明らかにする。WC 粉末粒径、合金組成、焼結温度等の条件の最適化による 5 GPa を超える超高強度について、強度論、破壊機構、限界強度の観点から解析することは、学術的に極めて意義深い。

E では、希土類焼結磁石を対象に、その材料系が本質的に有する高い磁気異方性に基づく高保磁力・高角形比を実現することが学術的にも意義が大きい。磁石の組成を含め材料設計の自由度を向上させることにつながり、材料製品工学と材料工学に寄与する。

F では、粉末冶金手法はマテリアルリサイクルの主幹技術候補であり、循環プロセスの創出は、粉末冶金学の新たな展開となる。また、易解体部品造形やサイクリック・マテリアル（リサイクルを前提に設計された材料）創製は、粉末冶金分野におけるデジタルツイン開発を大きく推進すると期待できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

D と E は、研究蓄積により我が国が国際的に先行する分野であり、本提案はこれらの分野における最先端の研究内容であり、海外に向けての戦略的研究と位置付けられる。一方、A、B、C および F は近年国内でも活性化しつつあるが、海外において研究が先行している分野であり、今後我が国独自の発展性が重要であり、そのために必要な研究内容は本提案に的確に反映されている。

⑦ 社会的価値

A では、省エネルギーへの貢献、B では、素形材技術としての適用、C では、職人の技への過度な依存からの脱却、D では、高性能工具によって機械をつくる機械（マザーマシン）の更なる発展、E では、高性能磁石によるモータの省エネルギー化に大きく寄与する。F では、資源環境問題や SDGs の実現に大きく貢献する。

⑧ 実施計画等について

A～F いずれにおいても基本実施スケジュールとして、1～2 年度は、基本装置の導入を進める。3～4 年度は試作機や試作材の設計を行う。5～7 年度には試作機や試作材を作製し、得られたデータを解析する。8～10 年度は、さらにデータを重ね、機構の解明、当初の提案内容の検証を行う。C と F は、理論的な検討の割合が高いが、その理論の実証や実用化のための実験研究を予定しており、基本的スケジュールは同様である。

A は岸本（岡山大）、B は野村（東北大）、近藤（阪大）、C は品川（九大）、D は、川上（東北大）、E は北本（科学大）、高木（産総研）F は、高木（産総研）、川上（東北大）、尾崎（阪大）、石原（京大）が担当する。

10 年間の総額 30 億円を予定しており、装置費、人件費（ポスドク等）、消耗品費、旅費、外注費、国際共同プロジェクト費用などを予定している。

⑨ 連絡先 岸本 昭（岡山大学学術研究院環境生命自然科学学域教授）

持続可能な地球環境と社会幸福に貢献する新高分子フロンティア

① ビジョンの概要

高分子材料は現在社会において重要性を増す一方、顕在化しているプラスチック公害の解決も求められている。本構想では、高分子科学を分子科学として再構築して、高分子の合成、物性、加工、分解を分子レベルで制御すると共に、データサイエンスに基づく、新しい制御法を開発することで、持続可能な地球環境と社会幸福に資する次世代材料を開発し、高分子学術フロンティアを開拓する。

② ビジョンの内容

持続可能な社会に向けた SDGs や社会幸福等において現在直面しているマクロな問題の解決には、基礎科学のパラダイムシフトによりミクロスケールでの本質的な高分子科学・高分子材料の変革が必要である。鍵は、高分子科学を「分子科学」として再確立することである。従来、高分子は素視化・モデル化による理解がなされてきたが、精密重合の発達、高輝度ビームライン等による解析技術の高度化、スーパーコンピュータによる大規模精密計算技術等により、まさに高分子を分子レベルで理解できる背景が整いつつある。DX 技術などの情報科学と融合し、高分子基礎科学におけるパラダイムシフトを実現する。

高分子製品のリサイクルや分解についての研究は始まったばかりである。ここでも、分子科学として高分子のライフサイクルを研究すると共に、人文・社会科学系の研究者などとの協業による新たな視点を導入することで、ミクロな分子からマクロな社会を繋ぐ、新たな高分子フロンティアの確立を図る。以下に、社会との関連性が高い問題に関する具体的なビジョンを示す。

【次世代の資源循環】高分子材料において、環境負荷の少ない材料・製品ライフサイクルを実現し、高分子の循環の学理を構築するとともに、革新的機能を有する「トレードオン」高分子材料の開発を目指す。

【カーボンニュートラルの早期実現】高強度・軽量化、高耐久化、断熱・蓄熱、熱電変換・膜分離など高分子科学が鍵を握る材料・技術の開発を通して、次世代の炭素資源循環社会の構築に寄与する。

【極限マテリアルの開発】スマート社会に貢献すべく、マテリアルズ・サーキュラリティの観点から、バルク材料におけるモノマテリアル化に加えて、ハイエンド製品開発に向けた新規ハイブリッド材料を開発する。

【デジタルトランスフォーメーション】学会をプラットフォームとして真のオープンサイエンスを主導してデータ駆動型科学の適用を加速し、触媒設計を含む重合反応プロセスや構造物性の高効率予測を実現する。

③ 学術研究構想の名称

持続可能な地球環境と社会幸福に貢献する新高分子フロンティア

④ 学術研究構想の概要

「①合成・分解」、「②構造・物性」、「③計測・計算」に関して高分子を分子レベルで制御・理解することに加え、DX などの「④情報」技術を融合することで、持続可能な高分子学術基盤の確立と極限マテリアルの開発を加速する。特に、①トポロジー制御や超分子相互作用等の新しい視点を加えた精密合成法や刺激分解性高分子の開発、②分子レベルでの構造制御、階層・複合化による物性制御や新機能発現、ポリマーライフサイクルの解明と制御、③最先端ビーム設備の利用と新しい分析法の開発と全原子シミュレーションや高精度計算による評価、④高分子の合成・物性・計測・計算を統合するデータベースの構築と高分子インフォマティクスの確立を有機的に連携して進める。人材育成を行いながら、直面する課題と共に、今後発生するであろう様々なグローバル課題の解決に挑戦する。

プラスチックごみ問題などの複合的な社会問題に対して、科学的な知見に依らない先入観的な意見が主流となることも残念ながら多くみられる。しかし、合成高分子材料は、他の材料に比した性能および経済的な優位性に鑑みると、基幹材料としての重要性はますます高まると考えられる。高分子材料が正しく社会に根づいて重要な社会問題を解決するために、生産者や消費者の行動変容を促し総合知による協業を推進する。



図1 新高分子フロンティアにおけるつながり

⑤ 学術的な意義

【分子科学的アプローチによる「ものづくり」】超分子相互作用を巧みに利用する生体系に倣い、重合化学を革新する。(i) 超分子ナノ鑄型を活用した反応場制御、(ii) モノマー／触媒設計に基づく精密重合反応の高度化、(iii) 超分子精密重合への展開に挑戦する。多角的な「分子科学」を基盤にインフォマティクスを活用して、化学の根幹である「反応」と機能を自在に生み出す「設計」においてブレークスルーを実現する。

【「トレードオン」機能を実現する「相／界面制御」】極限機能を目指すマルチマテリアル化と既存複合材料のモノマテリアル化の両極拡大に取り組む。鍵は、前者では接着／界面制御やナノアロイ化、後者ではマイクロ相分離／相構造制御にある。共通する学術的観点は、界面層を分子レベルで評価し、接着・構造形成・破壊などの分子機構の理解と制御によりトレードオフ機能を両立することである（トレードオンへの転換）。

【未踏科学の開拓と応用を支える「先端計測・計算科学・インフォマティクス」】DX化やAI利用等により、量子ビームを用いた高効率・多角的分析法、化学結合の切断・生成を直接可視化する次世代顕微鏡法の開発に取り組む。高分子シミュレーションとしては、所与の物性から材料組成とプロセスを与える逆問題ソルバーの開発を目指すとともに、ライフサイクル予測／環境配慮設計を含めた高分子インフォマティクスを推進し、極限マテリアル開発におけるパラダイムシフトを実現する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

資源循環とカーボンニュートラルに向けて、高分子科学分野が果たすべき役割は大きく、欧米中等を中心に新材料開発が進められている。グローバル課題対応の鍵として注力する「ものづくり」と「相／界面制御」は、我が国が世界をリードする分野でもある。本構想により、マルチマテリアル化と原料から廃棄までの製品ライフサイクルを一気通貫で取り組むプラットフォームが構築できれば、新たなグローバル課題に対して迅速かつ持続的に対応できる体制となると期待される。

⑦ 社会的価値

本構想では、産官学共創による価値創造の仕組みを構築する。中長期研究戦略の実現には、科学知を社会的・経済的価値に昇華させると共に、製品やサービスとして社会実装して、循環型社会への転換を図ることが不可欠である。基礎研究段階から、自然科学と社会科学、産官学、業界の枠を超えたバリューネットワークを形成し、共創を通して、中長期研究戦略を実現していくプラットフォームの構築を目指す。これにより、創造的正当化や革新的技術・社会システムの社会的受容性を高めることにも貢献することが期待される。

⑧ 実施計画等について

5期10年の実施方針・計画をまとめる。【第1期：要素技術の確立】拠点体制を整備すると共に、目指す未踏科学・マイルストーンの精緻化を図る。【第2期：組織展開】中核大学に高分子フロンティア教育研究センター（仮称）を設置し、技術革新と人材育成の基盤を構築すると共に、研究力と産業競争力を高め、社会課題に向けたプロジェクト研究に着手する。【第3期：世界展開】異分野融合／グローバル化を加速すると共に、スタートアップ研究者も受け入れ、真に価値のある材料を創出する（ブレークスルー期）。【第4期：社会還元】実用化に向けた革新的機能を発現する材料を創出すると共に、産業界に展開して、グローバル課題の解決に取り組む。【第5期：新学際分野開拓】我が国の高分子フロンティア研究コミュニティのプレゼンスを示すと共に、新学際分野を創出する。持続成長可能な研究開発プラットフォーム体制に展開する。

【実施機関と実施体制】高分子学会を中心に関連学協会が連携し、拠点大学を軸に「智の結集」によるオールジャパン体制を組織する。特にアジア圏でネットワークを構築、先導し、世界的プレゼンス向上を図る。

【総経費】50億円（高分子フロンティアを開拓する研究開発・支援体制と学術技術交流プラットフォームを整備し、マイクロ分子からマクロ社会のマルチスケールを連結する学際学術基盤を構築する。）

⑨ 連絡先 伊藤 耕三（公益社団法人 高分子学会）

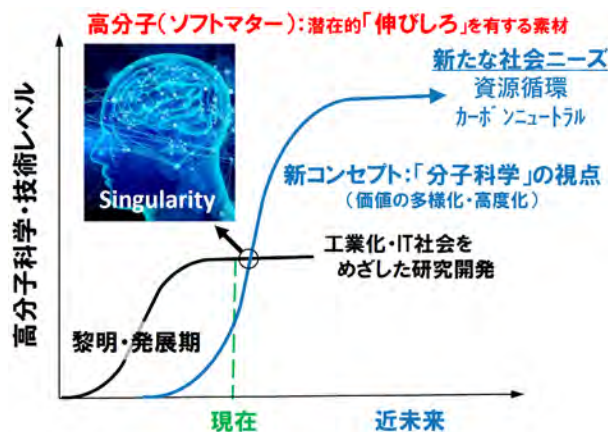


図2 高分子の役割

オールバンド光電子融合分野の開拓

① ビジョンの概要

知的電子システムと電波科学・フォトニクスを融合し、広大な周波数領域にわたり電気信号、電波、光を統合的に扱う研究領域を創発する。人間の脳のように高機能・高速・低エネルギー消費で動作し柔軟な判断が可能な知的電子システムと、電波と光、電子と光子の統合的な取り扱いが可能になるオールバンドシステムに関する研究を推進し、革新的 ICT 機能向上とカーボンニュートラルの両立を目指す。

② ビジョンの内容

現在から約 30 年後の 2050 年に、日本政府はカーボンニュートラル社会を目指すことを宣言した。その実現には、あらゆる産業分野の温室効果ガス排出量を徹底的に削減することが必須となる。また、現代の情報化社会に続く、未来の社会構成として Society 5.0 が提唱されている。Society 5.0 は、サイバー空間と現実空間を高度に融合させたサイバーフィジカルシステムを基盤とし、人工知能 (AI) システムを用いたビッグデータ処理解析を介して、その結果を現実空間に反映させ「人間中心の社会」を実現しようというものである。中核技術となる ICT 基盤と AI システムの革新的機能創発・性能向上と消費電力低減の両立が重要である。しかし、現状の AI システムではソフトウェアにより学習を行うため、膨大な電力を消費し動作速度も不十分であるという課題がある。このため、人間の脳のような高速・低消費電力で動作し柔軟な判断が可能な知的電子システムをハードウェアにより実現するための多様な分野を融合させた学術領域を構築することが必要である。また、既存の ICT ネットワークにおいては利用可能な電波資源の逼迫が喫緊の課題となっており、新しい ICT 機能の創発、性能最大化、所要資源の極小化を図る必要がある。このような融合システム（オールバンド光電子融合システム）を実現するために必要となる学術領域は多岐にわたる。本提案は、このような分野間融合による新しい学術領域を実現し、多様な分野の人材がアンダーワンルーフで研究および教育を進めることを可能とする「場」を構築することにより、社会に有益なオールバンド光電子融合システムを実現するものである。

③ 学術研究構想の名称

オールバンド光電子融合分野の開拓

④ 学術研究構想の概要

オールバンド光電子融合システムを実現するためには、産学官の様々な機関が持つ知を集積しうる協創拠点を核とし、理論・実験両面で将来必須技術の研究にいち早く取り組むフレームワークの創出を行う必要がある。そのため、従来施策である Beyond 5G 推進のために整備した設備を拡充・不足分を新規追加した新しい知的電子デバイス・テラヘルツ応用・有無線融合 ICT 向けテストベッドを整備し、協創拠点の創出による知の集積・発展の場を国立研究機関内に設置することで、オープンイノベーションを加速させ、高信頼・高可塑・低消費電力な ICT 研究開発を基盤とした将来融合技術によるカーボンニュートラルの実現を目指す。

⑤ 学術的な意義

[提案の背景]

2050 年カーボンニュートラルの実現には、あらゆる産業分野の温室効果ガス排出量を徹底的に削減することが必須となる。また、Society 5.0 では ICT の活用により多種多様なビッグデータをサイバー空間に集積し、AI システムを用いて超多量の効率的データ処理・解析を介して、その結果を現実空間に反映させる「人間中心の社会」実現が指向されている。サイバーフィジカルシステムの神経網となる無線・有線ネットワー

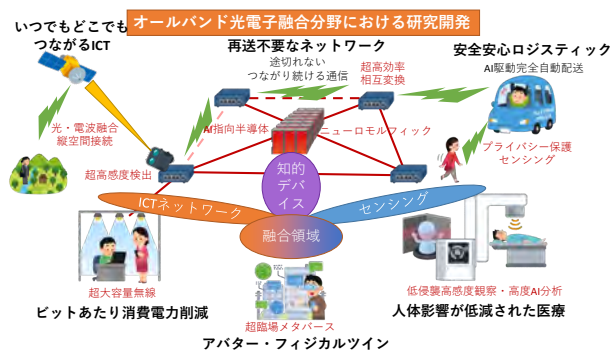


図1 オールバンド光電子融合分野における研究開発

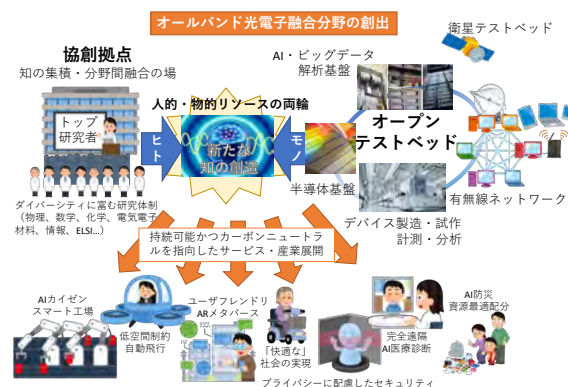


図2 オールバンド光電子融合分野の創出

クを基盤とする ICT 技術は、世界中にあまねく普及しつつあるものの、都市部においては多数接続による問題が、地域部においては高度な ICT サービスが享受できないなどの課題が山積しており、ICT 基盤の持続的・革新的な研究開発が必要不可欠である。

[学術的重要性]

多様な分野の人材がアンダーワンルーフで研究および教育を進めることを可能とする「場」を構築することにより、社会に有益なオールバンド光電子融合システムを実現するものである。従来、通信システムと人工知能は各分野で研究が進められ、信号処理等の基盤的技術は技術交流があるものの、物理的側面での融合はあまりなされてこなかった。しかしながら、昨今の電子技術の高周波化と光集積技術の革新によりその垣根が取り払われつつあり、従来分野がそれぞれ有していた枠を超えた学理を拓くことが可能となる。

[期待される効果]

本研究を推進することにより、Society 5.0 で想定される多様な応用分野に適したオールバンド光電子融合システムが構築される。また、分野間融合により知的電子システムの実現に必要なとされる新たな材料、デバイス、回路構成などが創出されることが期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

高速・低消費電力で柔軟な判断を可能とする知的電子システムを、ハードウェアにより実現しようとする研究は、国内外で活発に研究が行われている。近年、半導体デバイス分野の代表的な国際会議 IEDM2022 の最初のセッションに欧米主導で本テーマが設定された。我が国においても本研究を早急に立ち上げる必要がある。有無線融合についても、国内では政府の Beyond 5G 研究開発戦略を基とした光技術とテラヘルツを軸とした研究開発が加速し、JST CRDS による戦略プロポーザル「無線・光融合基盤技術の研究開発」もなされた。海外でも有線と無線を上位レイヤで統合運用する研究開発が産学両分野で加速している。本提案は、それらの研究開発成果を取り込み、2050 年代の社会変革を見据えた先駆的・萌芽的研究も含めた新しい取組である。

⑦ 社会的価値

本提案は、消費電力を削減し、かつ、地域社会の持続に貢献しうる優秀な人材を積極的に活用し、改めて新しい半導体産業となりうる知的電子システムの構築と有無線融合 ICT 基盤の創出を目標に掲げ、国内の製造業を基軸とする知的産業を復活させ、研究開発を推進することにより、若手・ダイバーシティ人材を育成し、永続的な国内の雇用確保と産業育成、さらには 2050 年カーボンニュートラル社会を実現し、「誰一人取り残されない」社会を目指すものである。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール 本計画では、初年度にクリーンルームを含む設備と装置群を導入、および既存設備の拡充を完了する。並行して各参画機関においてオールバンド光電子融合システムの実現に向けた基礎検討を進め、定期的な打ち合わせを行い研究の方向性を確認する。2 年目から、各機関の参画研究者によりアンダーワンルーフでの研究を本格化させる。無線と有線技術の融合研究を 3 年間で実施し、取り扱う周波数の広帯域化を次の 5 年間で実施する。また、知的電子システムに必要な不揮発性メモリのデバイス構造および材料に関する検討を行い、回路設計とあわせて最適な構成をも明らかにする。さらに 10 年目までに、本計画で構築したオールバンド光電子融合システムを想定される応用分野に適用し、トータルシステムとしての最適化を図り関連企業との協力により実用化を進める。

実施機関と実施体制 知的電子システムに関しては東京工業大学など国内の大学および関連メーカーによる実施が想定される。テラヘルツ応用システムや有無線融合情報通信技術 (ICT) システムの研究開発は、情報通信研究機構等を核とした産学官連携が可能である。

総経費 380 億円

テストベッド・設備関連：230 億円

・施設：30 億円 (クリーンルーム、測定室)・装置、研究費：190 億円 ・維持費、人件費：160 億円

⑨ 連絡先

菅野 敦史 (名古屋工業大学)、大見 俊一郎 (東京工業大学)

元素戦略 2.0：融合的元素活用と元素循環

① ビジョンの概要

あらゆる元素を自在に組み合わせることにより元素の未知の特性を引き出し、真に新しい物質の高効率かつ持続可能な創製へと繋げる。具体的には、「原子操作・化学増幅・元素融合型物質創成」「元素循環」に関する研究を異分野融合により推進し、既存の学問分野と物質観にとらわれない革新的機能を持つ元素融合型新物質・新材料を創出するための学術基盤と技術を確立する。

② ビジョンの内容

これまでの元素戦略（元素戦略 1.0）はサイエンスベースで持続可能な物質材料基盤技術を拓いてきた。一方、ものづくりに直結する本分野におけるわが国の学術的優位性を堅持するためには、元素戦略 1.0 の基本的戦略は継承しつつ、以下の視点に基づいた学理構築を推進する必要がある。

1) 元素融合的物质観に基づく新物質・新材料創成

有機化学・無機化学・金属材料科学といった物質に含まれる元素に応じたそれぞれの学理が成熟した現在、未来社会で必要とされる破格の機能を持つ新材料の創出には、これを超越した物質観の涵養が望まれる。元素戦略 2.0 では、あらゆる元素間での結合形成を通じた融合型物質を合成し未踏の物質空間を探索する。そのために“元素プリンタ”の創出を目指しつつ以下の夢の実現に取り組む。A) 分子化学的手法、電子顕微鏡などの物理的手法を駆使してあらゆる元素間での結合形成を可能にし、精緻な構造設計に基づく元素融合型物質を精密合成する。B) 自然界の複製・転写・翻訳システムを模倣して、人工テンプレートを使った化学増幅システムを構築し、元素融合型巨大物質の効率的合成法とする。C) 非平衡条件や基板上的反応などを活用して準安定相を探索し、元素融合型物質を創製する。

2) 「つくる科学」と「もどす科学」の協奏

元素戦略 1.0 は希少元素の代替・使用量低減という観点から一定の成果を挙げたが、元素循環の観点からは単純に材料そのものを回収再利用するにとどまっている。従来は「つくる」ことに主眼が置かれ、作った材料を「もどす」ための科学技術の重要性がようやく認識されつつある。元素戦略 2.0 では、「もどす科学」の学理構築を目指し、「つくる科学」との協奏により資源に乏しいわが国に必須の元素循環を推進する。

③ 学術研究構想の名称

元素戦略 2.0：融合的元素活用と元素循環

④ 学術研究構想の概要

従来の学問分野の垣根を超えた全元素の高度利用を念頭に、元素間の結合や元素の空間配置を自在に操る物質変換手法の開発を通じて、既存の物質観にとらわれない元素融合型超高機能物質の創出と社会の持続的発展に向けた元素循環学理の構築を目指す。「全元素活用プラットフォーム」、「元素計測プラットフォーム」、「元素データプラットフォーム」、「元素戦略推進本部」を設置し、「原子操作による元素精密配置」「物質の化学増幅」「元素循環」に関する研究を協奏的に実施することで、元素の革新的な高度利用で世界を先導し、環境・エネルギー問題の抜本的解決により真の持続可能社会を実現する。

⑤ 学術的な意義

化学の本質はわずか 100 種類程度の元素の厳密な空間配置・配列が物質のマクロな性質に直結する精緻性と多様性にあるが、多様な元素を原子レベルで精密に配置する技術は限定的であるだけでなく、従来の学問分野にとらわれて広大な物質空間の探索に基づく革新物質創出の機会を逸している。さらに、元素の空間配置と機能の関係を予測して所望の物質を一意に創出することは未だ科学者の夢でしかない。加えて、元素の循環再利用はわが国の必須戦略であるが、ものづくりの裏に潜む「もどす科学」の学理が欠落している。

元素戦略 2.0 では、従来の学問分野の垣根を超えて全元素を精緻に配置・配列・再編成させる元素科学の共通学理を確立し、革新的機能を持つ元素融合型新物質を効率よく合成する普遍的手法の開発と元素循環を視野に入れた材料設計と物質変換の学理構築を目指すことで、人類の存続に資する学術を格段に発展させる。



図1 元素戦略 2.0 のビジョン

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

日本発の元素戦略 1.0 を皮切りに、Materials Genome Initiative (米国)、Horizon 2020/Europe (欧州) などを通じて、希少元素の確保と代替物質開発が世界的に活発である。元素戦略 2.0 では、希少・有害元素だけでなく全元素の高度利用を念頭に、多元素化による新機能創出、データサイエンスによる新物質の予測・設計、物質ライフサイクル全体を最適化する元素循環科学の体系化などの諸課題に産学官が一体で挑戦する。

⑦ 社会的価値

化学の発展は社会が抱える諸課題を解決し、人類の生活を豊かにしてきた。本学術構想により、機能性材料や医薬品の合成・創出効率の格段の改善、太陽光や電気エネルギーを駆使した二酸化炭素、窒素、リン資源の触媒の有効活用、革新的水素製造、結合の自在切断による元素循環など、資源枯渇、資源偏在リスク、地球温暖化、エネルギー・経済安全保障問題に学術面から決定的解決策をもたらす、カーボンニュートラル、循環経済、SDGs、GX の達成を通じた真に持続可能な社会の構築に直結し、社会的価値は計り知れない。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：後述する実施体制を初～二年度に整備し、以下の研究を協奏的に実施する。

1) 原子操作による元素精密配置：最先端顕微鏡技術やオペランド計測技術を融合し、望み通りに元素を配列して物質を精密合成する。元素データの活用により、有用な新規元素融合型物質を狙い撃ちして合成する学術を確立する。物性測定には元素計測プラットフォームをフル活用する。

2) 物質の化学増幅：自然界の複製・転写・翻訳システムに学び、元素科学のあらゆる叢智を結集して、人工的な鋳型を使った化学版 PCR を開発し、高効率な元素融合型巨大物質の合成方法論とする。

3) 元素循環：物質を組み立てるだけでなく、結合の切断や原子の挿入・置換を自在に可能にする学理も構築し、物質分解技術や希少元素の回収再利用技術を開発して、元素循環を達成する。

実施機関と実施体制

元素の高度利用と循環、元素融合型新物質の開拓を可能にする「全元素活用プラットフォーム」：各地域から 1、2 大学ずつ拠点を選定し、各大学に分野融合を目指す全元素活用センターを設置し、全元素に適用可能な「共通言語」を作るためのオープンなプラットフォームを構築する。実験のハイスループット化・自動化も進め、分野融合に基づく革新的な元素配置法・循環法の開発と元素融合型物質の創製を探究する。

新物質の多様な物性を先端計測し斬新な機能を発掘する「元素計測プラットフォーム」：独創的な計測分析装置・技術及び解析法を開発できる研究拠点を産学協同で 3 拠点程度構築し、それらを実装した計測分析装置を集結させる。全元素活用プラットフォームで合成された元素融合型物質の各種データを自動制御で一挙に計測する（元素ドック）。SPRING-8 や分子科学研究所などの大型施設も参画し最先端計測を広く提供する。

元素データベースで元素科学の DX を牽引する「元素データプラットフォーム」：元素データセンターを 3 拠点程度選定し、サーバの設置・運営と合成・計測・元素データの用語・項目の「データスタンダード化」を最優先で実施する。並行して先端的な理論・計算科学の開発やデータ科学インフラの整備と導入支援も行う。

「元素戦略推進本部」：国の支援のもと中核拠点として研究所を新設し、各プラットフォームの研究成果の分析、新指針の策定、応用展開の推進、LCA 的評価法の開発など社会科学分野も融合した学術振興を行う。世界情勢、地政学的分析、経済安全保障に基づくシンクタンクとして活用する。

総経費 2,000 億円/10 年：拠点整備費（300 億円）、人件費（10 大学に新設研究室各 3 つ、ポスドク 50 人、技術補助員、事務員、特定助教/准教授 各 20 名ずつを想定、600 億円）、ハイスループット合成装置やロボットによる自律 wet 実験環境整備（400 億円）、分析データ自動収集環境整備（500 億円）、計算資源・ストレージ整備および外部デジタルインフラ利用費（200 億円）

⑨ 連絡先

茶谷 直人（大阪大学環境安全研究管理センター）

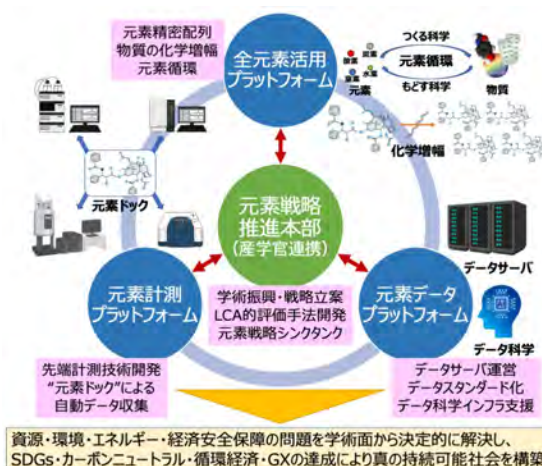


図2 元素戦略 2.0 の実施内容

資源循環と環境負荷低減の両立のためのサーキュラーエコノミー研究戦略

① ビジョンの概要

人類の Well-being を達成しながらの経済活性化に対して、エネルギー・廃棄物・資源・環境負荷の各制約はますます相互解決が困難となる。これを解決する 1 つの方法として、サーキュラーエコノミー（以下 CE）を実現し、そのための既存学術体系を再構築するための中核センターを設置する。中核センターには国内外の産学官から CE に関連する知見を集約するとともに、その設立と運用そのものも CE のモデルケースとする。

サーキュラーエコノミーを基礎とする資源循環とそれを支える基礎学術「資源循環学」

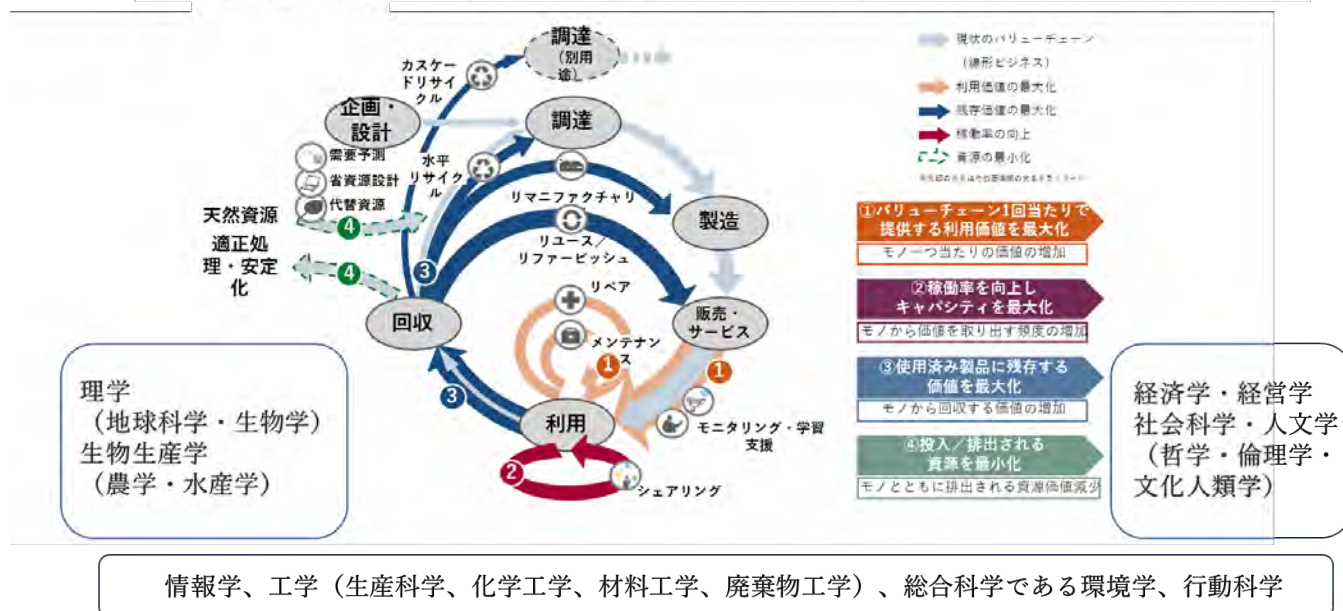


図1 サークュラーエコノミー実現のための既存学術体系の再構築概念

② ビジョンの内容

エネルギーの制約、鉱物資源の制約、廃棄物の抑制等環境負荷への制約は中長期的に見れば現在以上に大きくなることが予想され、また、それらを互いに矛盾なく並立させることは非常に困難である。モノや機能を循環使用することによって経済を活性化させる CE は、その解決法の 1 つとして注目されているが、その実現のためには以下の観点から既存の学術の再構築が必要となる。

(1) CE で優先順位の高い製品の長寿命使用や修復を実現し、製品の特徴と寿命を考慮したサーキュラーデザインのための、消費者や生産者の行動変容の誘導や支援を行う人間の行動学としての再構築。

(2) 見かけ上の環境負荷が大きい素材開発における上記制約を理解し低減するための、不純物除去または分離技術開発・プロセス構築を確立する新規の考え方。

(3) CE 実現のための多重ループを制御・管理するプラットフォーム構築や情報管理、相反する制約に対する適切な評価法構築などを可能とする情報処理技術や、それを低環境負荷で達成するための情報伝達技術。

(4) 持続可能な発展を目指すための地域的な多様性への配慮を実現する、文化人類学的多様性や地政学的な社会システムの差異から発する多様な人間活動を、普遍性の高い近代文明との間で摩擦を起こさずに導入する考え方。

(5) CE 実現のためのサプライチェーン構築を促進し、消費者の選択を適切に導くためのサービス、コミュニケーション、仕組み等に関する文理融合型学術。特に環境倫理、社会心理学等の人文知や、企業の社会的責任や人権配慮などの環境経営等を上記制約の両立ならびに CE 実現の文脈のもとに論じる学術の創出。

(6) 産業基盤や人間行動の大きな変革を持続可能にするための新しい経済理論の構築。

以上、従来型の理学（地球科学・生物学）、生物生産学（農学・水産学）、工学（生産科学、化学工学、材料工学、廃棄物工学）、情報学、経済学・経営学その他の社会科学・人文学（哲学・倫理学、文化人類学、地政学、環境倫理学）、総合科学である環境学・行動科学など幅広い分野で新しい分野の共創のもとで「資源循環学」を行うことが望まれる。

③ 学術研究構想の名称

資源循環と環境負荷低減の両立のためのサーキュラーエコノミー研究戦略

④ 学術研究構想の概要

CE 実現のもとに既存の学術体系の再構築をはかるための中核センター「サーキュラーエコノミー研究戦略センター」を設置する。当該センターには必ずしもハードウェアを全て集約する必要はなく、国内外の関連するセクターが一体となって、オープン領域とクローズド領域とを適切に区別しながら情報とデータを管理するバーチャル組織として活動を行う。機能の循環によって新たな経済価値を創出することを思考する CE の本質を鑑みれば、むしろ可能な限り既存のハードウェアを効果的に有効利用するための機能とサービスを重視したセンター構築を心がけるべきである。さらには当該センター設立と運用そのものも CE のビジネスモデル構築研究のモデルケースとする。

既存学術体系の再構築をはかるための上述の 6 つの観点は、国内外の産学官に要素研究または技術開発として小規模に点在している状況にある。それぞれの要素研究・技術開発では必ずしもエネルギー・資源・廃棄物・環境負荷の各制約が正確に認識されておらず、結果としてそれらの制約解決の両立が目的の最上段に位置していないケースが多数見受けられる。さらには、6 つの観点間の連携や理解も十分でないことから、それぞれの分野での視野が狭く、また中長期的に俯瞰されていないケースも多い。CE には、時間的・地域的な広範な視野を持ち、幅広いステークホルダーを意識しながらの最適化が求められることが、その実現を困難にしているボトルネックの 1 つであることを鑑みて、当該センターでは幅広く情報を集約し、新たな要素研究・技術開発に対して、以上の目的を適切に示すことを役割とする。また、その要素研究・技術開発そのものがエネルギー・廃棄物・資源・環境負荷の制約を侵すことのないように、既存のハードウェアや知見を効率よく活用できる仕組みを提供することも役割とする。

⑤ 学術的な意義

本提案は、従来型の幅広い学術分野からそれぞれのエキスパートが集合し、それぞれの分野の学理を基にそれを総合化し、経済・社会・環境の調和を目指したサーキュラーエコノミー実現のための「資源循環学」のもとに結集する学術のイノベーションである。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

諸外国は、サーキュラーエコノミーやカーボンニュートラル、資源循環のための研究・技術開発には、けた違いの助成制度を導入している。本提案では日本では初めて、大学での人材育成から基礎研究、応用研究、企業との協働、技術の社会実装まで一貫通貫で助成ができ、コミュニケーションを促進強化できる機関を提案するものである。

⑦ 社会的価値

本提案は、エネルギー・資源・廃棄物・環境負荷の各制約解決の両立を最上段の目的としたサーキュラーエコノミーを実現するための研究戦略を推進するためのものであり、SDGs の多くの項目に直接的・間接的に貢献する。

⑧ 実施計画等について

R9－R11：センター設立。データプラットフォームプロトタイプの完成。

H12－R14：センターにおける試行事業開始。

H15－R18：センター事業の本格運用。CE をベースとした真のシンクタンクとして自立。

所要経費：総額 10 億円

実施機関と実施体制：本提案は構想段階であり具体的な実施機関との相談は開始していないが、資源・素材学会、鉄鋼協会、金属学会、廃棄物資源循環学会、日本 LCA 学会、化学工学会、日本化学会、環境資源工学会、粉体工学会、環境経済・政策学会、日本鉱業協会、日本粉体工業技術協会、循環経済協会、電池サプライチェーン協議会、循環バリューチェーンコンソーシアムなど、多くの学協会との速やかな連携が可能である。

⑨ 連絡先

所 千晴（早稲田大学）

未踏強磁場科学による物質材料研究の飛躍

① ビジョンの概要

東大、阪大、東北大が大学の枠を越えて形成・運用する強磁場コラボラトリーを基盤とし、未踏領域の強磁場科学推進のため、革新的強磁場環境を構築し、物質・材料研究に貢献する。物質フロンティア探索、先進的電子論構築、超伝導社会革命基盤構築、を軸に、量子ビーム分野と連携した学際融合研究も展開し、物質・材料研究の飛躍的發展を担う国際統合強磁場科学卓越研究機構へと発展させる。

② ビジョンの内容

強磁場は、物質・材料研究の基盤である電子論構築に必須の研究環境である。強磁場を利用した宇宙科学は、星や物質の起源、生命の起源の探求の場であり、物質科学においては、磁性、半導体、超伝導をはじめとした多様な物質・材料研究に強磁場は常に利用され、その高度化がかつてなく求められている。また、生命科学分野において磁場は量子センシングに利用され、強磁場イメージングは先端医療に必要不可欠である。

本ビジョンにおいては、1000 テスラを越える超強磁場から超精密な超伝導による定常磁場まで数桁の範囲の磁場を統合的に提供する強磁場研究拠点を形成し、物質・材料研究をはじめとした強磁場科学研究を展開する。東大、阪大、東北大が大学の枠を越え、拠点を整備する。これらにより、我が国において、強磁場環境を共通基盤とする学際的な物質・材料研究拠点が整備され、物質・材料研究を中心に、広範な学際的未踏科学研究の推進が可能となる。これらの研究の成果は、広く社会に還元され、エネルギー、電子デバイス、医療などの分野において、我々の社会を支えることが期待される。

③ 学術研究構想の名称

未踏強磁場科学による物質材料研究の飛躍

④ 学術研究構想の概要

未踏の強磁場科学研究を推進する統合的な強磁場研究機構の形成を目指す。そのための中核的施設として、以下の3つを推進する。

(1) 超強磁場極限科学研究

世界唯一の破壊型 1000 テスラ超強磁場発生装置を高度化し、物質・材料はもとより、化学、生命、素粒子、宇宙を含む広域な未踏科学研究分野に対応する設備・環境を整備し、独創的な研究成果を世界に発信する。

(2) 精密強磁場科学研究

非破壊型長時間 100 テスラパルス強磁場と 50 テスラ超伝導磁石を統合した、超精密物質・材料研究環境を構築し、日本の物質・材料研究の競争力を抜本的に強化する。

(3) 学際融合科学研究

放射光や中性子など他の大型施設に強磁場環境を持ち込み、高度な物質・材料研究、生命研究、素粒子・宇宙物理研究を含む学際的融合科学を推進する。また、エネルギーや医療を含む超伝導応用技術の世界的な拠点を形成し、材料・電気・低温などの工学分野の展開と社会実装を担う。

⑤ 学術的な意義

【背景】強磁場は物質・材料研究の基盤である電子論構築の最も重要なツールである。約 25 年の年月をかけ

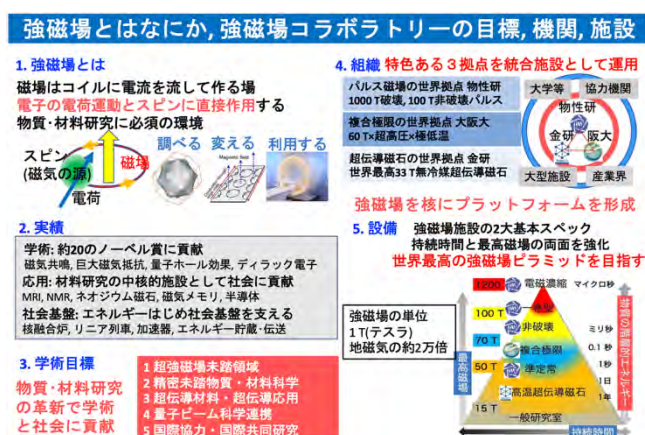


図1 強磁場コラボラトリーを基盤とした未踏強磁

強磁場環境

物質材料研究における評価



図2 未踏強磁場科学による物質材料研究での社会的価値

て整備してきた全日本的な強磁場コラボラトリーを基盤とし、次世代の未踏強磁場科学の飛躍的發展のため国際統合強磁場科学卓越研究機構を形成する。

【学術的重要性】

強磁場は、量子系を特徴付ける波動関数へ直接的に結合した特別な外部場であり、他に比肩するものがない環境であるため、多くの分野でノーベル賞を生み出してきた。宇宙空間、生命の誕生、量子センシング、量子情報制御、加速器など、強磁場は物質・材料研究はもとより先端科学研究の中核を占めており、極めて重要である。

【期待されるブレークスルーと研究成果】

新原理の発見や新物質の創出、量子物質で発現する量子現象の発見、ソフトマテリアルや高分子や生体科学、などへの新しい未踏科学への展開が期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

1990年代から世界的に大型強磁場施設の整備がなされており、物質・材料研究の国際競争が展開されている。日本では、2020年からは、強磁場コラボラトリーを形成し、国際競争に対応した体制を構築している。施設の高度化、利用研究、研究体制の3点において抜本的な強化が求められており、本構想は日本の研究競争力の抜本的強化を目指すものである。

⑦ 社会的価値

強磁場利用研究はエネルギー、環境、医療分野で大きな社会的役割を果たす。現在、省エネルギー、省資源の鍵を握る高機能・汎用元素型の磁気材料開発が課題となっており、強磁場施設の高度化が強く関係産業界から要請されている。経済的・産業的価値、SDGsへの寄与が期待され、超伝導・磁性材料を中心に社会実装に不可欠な材料の評価・認証施設としての機能を整備し、我が国の材料開発と関連産業の推進へ寄与する。その成果は広く社会に還元され、社会的価値は極めて高い。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞ 2026-2031年（前期）：（i）1000テスラ超強磁場発生装置の高度化及び整備と高度計測環境の整備、（ii）非破壊型長時間100テスラパルス強磁場発生装置の高度化によるスマート強磁場環境の整備、（iii）33テスラ無冷媒超伝導磁石の運用、（iv）X線や中性子などの量子ビーム施設用可搬型パルス磁場の段階的整備。2032-2036年（後期）：（v）1000テスラ超強磁場の利用・運用、（vi）非破壊長時間100テスラパルス強磁場における超精密装置群の整備と運用、（vii）超伝導磁石、バルク超伝導磁石の量子ビーム施設への整備・運用。

＜実施機関と実施体制＞ 東京大学25名、東北大学16名、大阪大学5名、合計46名の現行スタッフに支援スタッフ32名を加え、超強磁場極限科学系、精密強磁場科学系、学際融合科学系の3系において、1000テスラ超強磁場装置、100テスラ非破壊長時間マグネット装置、50テスラ無冷媒超伝導マグネット装置、40T可搬型パルス磁場装置などをはじめとして、約20種類の強磁場装置を運用する。全日本的な強磁場施設である強磁場コラボラトリーとして一体的に運営されており、実施機関と実施体制は明確である。20名の研究支援要員と若手・女性研究者枠として12名のダイバーシティ人材枠を設け、人材の発掘と抜擢を目指す。

＜総経費＞ 77億円：[所要経費]10年間の建設費用は、東京大学の1000T超強磁場発生装置の高度化に15億円、同じく東京大学における長時間パルス磁場による超精密測定環境の構築に5億円、東北大学における40テスラ無冷媒超伝導磁石の開発・導入に15億円、大阪大学、及び、東北大学が主体となり、X線や中性子などの量子ビーム施設へのモバイルパルス磁場の整備に10億円、合計で45億円を見込んでいる。さらに、拠点の運営・維持運営費として、10年間で10億円、研究支援要員20名とダイバーシティ研究者12名の人件費として10年間で22億円、合計32億円が必要となる。従来の施設計画に比して、研究人材への投資に重点をおくことで、計画の持続性と将来性を確実にする計画となっている。

⑨ 連絡先

小林 洋平（東京大学物性研究所）

持続可能な社会基盤構築に繋がる重元素研究の推進

① ビジョンの概要

重イオンビームの増強による重元素領域の拡大を図り、50-100年後の出口を見据え、「核分裂現象」を中心に据えた低エネルギー原子核物理学を推進する。この目的を達成するため、国際研究拠点・国際頭脳循環拠点として中重核までの未知原子核の核構造研究で大きな成果を得てきた理化学研究所の重イオン加速器施設「RI ビームファクトリー (RIBF)」の高度化計画を実施する。

② ビジョンの内容

陽子、中性子で構成されている原子核の構造と反応を研究する分野、「低エネルギー原子核物理学」分野は、人工的に原子核を生成し、その性質を調べることで発展してきた。原子核は、核子が強相関する有限量子多体系としてユニークな研究対象であり、豊かな量子現象が発現する量子系である。

本提案では核分裂に焦点を当てる。核分裂は原子核特有の現象で、他の量子多体系では出現しない。核分裂は、多体量子トンネル効果によって分裂し、原子核の形状・内部構造が劇的に変化する動的過程である。この過程を微視的・量子的に解明することは挑戦的な課題であり、原子核の総合的な理解と多角的なアプローチが必要になる。核分裂は、宇宙での元素合成過程、特に r-過程元素合成にも重要で、ベータ遅発核分裂は、r-過程の終焉を決める重要なプロセスである。また、原子核エネルギー創成、廃棄物処理にかかわる社会的にも重要なテーマと関連している。DX・GX 社会の基盤となる安心安全なエネルギー源を確保するためには、放射性廃棄物の少ない新たなエネルギー生成法を開拓する必要がある。これを実現するための基礎科学を推進し、核分裂の理解を進め、核分裂の制御につなげることが喫緊の課題である。

本提案では、理化学研究所・仁科加速器科学研究センターが運営する重イオン加速器施設「RI ビームファクトリー (RIBF)」を高度化して、核分裂研究を飛躍的に展開することを計画している。RI ビーム強度を増強した重元素領域の生成、また多核子移行反応による重元素領域の生成により、研究対象の拡大を図る。従来の核分裂研究は、天然に存在する長寿命核種に限られてきた。その理由は、従来行われてきた中性子ビーム照射などによる核分裂研究では、研究対象となる標的が長寿命核種に限定されるからである。RIBF では、研究対象となる原子核を高速に、ビームとして取り出すことができるため、寿命に依らず研究対象を一気に拡大することができる。また、2 次反応を利用して、原子核の励起エネルギーを観測 (制御) し、核分裂のダイナミクスを系統的に研究することができる。このような新たな手法を導入することで、核分裂研究に大きなブレークスルーをもたらす。

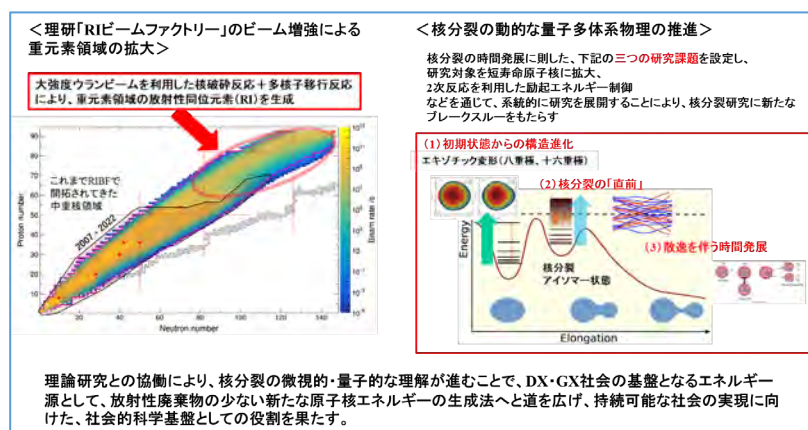


図 1 本提案で推進する研究課題

③ 学術研究構想の名称

持続可能な社会基盤構築に繋がる重元素研究の推進

④ 学術研究構想の概要

核分裂の理解のため、核分裂の時間発展に関連した 3 つの研究課題、(1) 初期状態からの構造変化、(2) 核分裂の多体トンネル現象の直前の状態、(3) 散逸を伴う時間発展、を設定し、これらに関するデータを系統的に取得する (図 1)。系統的なデータを得るために、光速の 60% 程度の「高速ビーム」と 15% 程度の「低速ビーム」を駆使し、以下の 3 つの柱 (A)、(B)、(C) に整理する。

(A) 理化学研究所・重イオン加速器施設「RI ビームファクトリー」の不安定核 (RI) ビーム発生系 (重イオン加速器と RI ビーム生成分離装置) の高度化による高速 RI ビーム強度の増強により、重元素領域の陽子過剰側の研究対象を大きく広げる。未知核の質量や崩壊様式などの諸性質測定、反応を利用した原子核の励起

エネルギー観測（制御）により、研究課題（3）を推進する。また核分裂アイソマーをビームとして取り出し、研究課題（2）に関するデータを取得する。（B）高速 RI ビームの減速による低速 RI ビーム生成と、低速 RI ビームによる核融合反応などを利用して高励起束縛状態を生成し、脱励起ガンマ線を観測することで、核分裂課程で発現されると考えられているエキゾチック変形・エキゾチック構造を探索し、研究課題（1）に関する情報を引き出す。（C）（A）の方法では生成できないウラン領域の中性子過剰な RI を、多核子移行反応を利用して生成し、新同位元素の発見、精密レーザー核分光や質量分光などによる未知核の諸性質の測定、自発核分裂やベータ遅延核分裂などの崩壊特性の測定により、研究課題（1）と（3）を推進する。

⑤ 学術的な意義

本提案では、四つの観点で大きなブレークスルーをもたらす。まず、（ア）核分裂研究の対象となる重元素領域を、短寿命原子核を含む広い領域に拡大でき、陽子数、中性子数依存性などの系統的研究を行うことができる。（イ）重い領域の原子核を高速 RI ビームとして取り出すことで、2次反応による研究を進めることができ、原子核の励起エネルギーを観測・制御して、励起エネルギー依存性などの系統的研究を実施することができる。



図2 実施機関と実施計画、所要経費

（ウ）核分裂アイソマーをビームとして取り出すことで、核分裂直前の情報を取得することが可能である。さらに（エ）重元素領域の原子核を低速 RI ビームとして利用することで、核分裂直前に現れると考えられる高励起なエキゾチックな形状などの研究を推進できる。これらの研究を組み合わせ、核分裂の時間発展に関連した（1）初期状態からの構造変化、（2）核分裂の直前の状態、（3）散逸を伴う時間発展、にアプローチし、核分裂の完全理解に挑戦する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

RIBF に追従する、次期計画が米独中韓で進んでいる。目下、RIBF の最大のライバルは米国ミシガン州立大学の FRIB である。FRIB では、本計画が目指している重元素領域の研究は考慮されていない。⑤の学術的意義を意識した計画は諸外国にはなく、世界的な先導性を確保することができる。

⑦ 社会的価値

資源の乏しい我が国において優秀な人材を生み出すことが国家的な課題であり、本計画は、原子核科学の知的基盤をもった優秀な人材を創出する重要な役割を担い、原子力研究の根本的な基礎基盤を担うものである。すでに RIBF では理工連携で放射性廃棄物の減容と資源化を目指した基礎データを取得しており、本提案では核分裂研究を通して、安心安全な新たな原子核エネルギー創出につながるデータを取得することができ、原子力基礎工学分野・社会への波及効果が非常に大きい。また、アルファ崩壊核アクチニウム等の核医薬品製造、新たな半導体製造技術開発、多様な RI ビームの利用による物性・材料科学等、幅広い学際的融合研究が期待できる。日本の加速器産業は世界でも群を抜いた経験と技術があり、本提案により加速器産業のさらなる底上げを図ることもできる。

⑧ 実施計画等について

④で述べた通り、本提案は三つの柱（A）～（C）からなり、これらを実現するために施設を高度化、整備する。（A）、（B）、（C）の担当はそれぞれ、（A）理化学研究所・仁科加速器科学研究センター、（B）東京大学・原子核科学研究センター、（C）高エネルギー加速器研究機構・和光原子核科学センターであり、図2に施設機関ごとの実施計画と所要経費を示す。

総経費 677 億円（建設費 262 億円、運営費 415 億円）

⑨ 連絡先

櫻井 博儀（理化学研究所仁科加速器科学研究センター）

0→1 の発見を 1→100 の生産につなげる実用プロセス開発・イノベーション拠点

① ビジョンの概要

バブル崩壊後、日本発の新たなプロセス技術の実用化案件はなく、研究成果と実用化をつなぐ仕組みの弱体化が進み、現状の製造技術を支える人材も不足している。今後カーボンニュートラルの実現に資する新技術の実用化の障壁はさらに高くなる。失われつつある従来のプロセス技術の集約、新技術の量産化やプロセス化の壁を突破するための新たなサイエンスの体系化、専門知の継続・発展のための次世代人材の育成が急務である。

② ビジョンの内容

国内の多くの機関において「0 を 1 にする研究」、つまり、これまでできなかったことをできるようにする研究が活発に行われている。そのような研究成果を育て、社会価値を創造していくためには、実用化に向けた開発ステップを着実に進めていく必要がある。化学や材料分野の生産技術において、実用化とは、単に実験室の設備を拡大することでも、たくさん並べて作ることもない。実用化のためには、「量産化の壁」と「プロセス化の壁」を越えていく必要がある（図 1）。



図 1 本センターの技術支援の概要

バブル崩壊以降、日本の企業や大学・研究機関が手がけた新しいプロセス技術の実用化案件は、ほぼないのが現状である。一刻も早くこのような現状を打破し、日本発の新たな持続可能なものづくり技術の一つでも多く実用化に結び付けることが重要である。そのための仕組みとして、人文・社会科学、生命科学、理学・工学の全てを融合させて「技術支援」、「教育支援」、「事業化支援」に取り組み、様々なものづくり技術の開発段階と性質に合わせて「量産化の壁」と「プロセス化の壁」を越えていくための方法論を確立する。そして、それらを新たな学問体系「スケールアップサイエンス」として整備し、拠点を設けることで、ものづくりに係るあらゆる知識を集積し、数多の人材と技術を繋ぎ、実施できる人材を育成していく。それによって、持続可能なものづくり技術の実用化の循環を生み出し、未来社会に向けた価値創造につなげていく。

③ 学術研究構想の名称

0→1 の発見を 1→100 の生産につなげる実用プロセス開発・イノベーション拠点の創設と新たなスケールアップサイエンスの構築

④ 学術研究構想の概要

持続可能な技術開発では、地域分散型の小中規模のプラントでの製造となるため、日本の強みを生かし世界をリードできる可能性が残っていると聞く。ただし、再生可能メタノールなどが量産できたとしても、それを既存のプラントに連結するにも高度な専門知識が必要、企業の専門人材も 60 代後半で 5 年後にはそれらの知識も失われる、ことから、早急にこれらの専門知を集積し、次世代につないでいく手立てを打つ必要がある。また、海外の大学では、体育館風の広い建物の中にラボからベンチスケールのサイズの異なる実験設備が並んでおり、技術員が配置され、学生実験や企業のリスキリングなどの充実した工学教育が行われている。これらの設備は、米国や EU だけでなく東南アジアの大学でも有しているが、日本の大学にはない。

そこでまず、東北大学に早急にエンジニアリングの高度な専門知識を集積し、それを次世代に伝える拠点を設置、新技術を実生産につなげる量産化の壁やプロセス化の壁を超える方法論を体系化し、研究成果を実用化につなげるための専門的な技術支援と、実用化を推進できる人材育成を行う仕組みを創出、それを全国に広げていく。

⑤ 学術的な意義

本拠点では、海外の工学関連の教育機関が有している単位操作のラボスケールの装置とベンチスケールの装置を併設した大型実験施設を設置する。スケールアップでは、総括的な反応速度や収率を支配する現象が

切り替わるため、これが量産化の壁の大きな要因となる。また、最近、新製品の量産化の試作を引き受ける OEM 企業が大きく減り、それが実用化開発のボトルネックになっているとも指摘されている。本拠点では、このような新製品の試作に対応するため、kg オーダーの試作を実施できる装置環境を整える予定である。これによって、実用化開発のハードルを越える支援を進めていく。

また、初期教育・リカレント・リスクリングの場として、現有のラボスケールの装置を用いた 7 テーマの実験講座を開講している。各テーマを 2 コマ(1 コマ 90 分)の講義と 4 コマの実験・解析という 1.5 日で実施する。他にも、製造プロセスのスケールアップサイエンスに関する講義、開発技術の環境適合性と経済性を両面から評価する先進的ライフサイクルアセスメントに関する講義など、専門的な講座を順次開講していく予定であり、学術の集積と継承を推進していく。また、事業化検証の支援、スタートアップへの投資など、学内の複数の組織および学外・海外と連携したシームレスな教育・支援体制を構築し、育成を推進している。特に、本拠点の対象となるディープテック・スタートアップは、経済学修士(MBA)的なビジネス構築手法だけでは対応できない。長期的な研究開発、多額の資金投入、高い不確実性、並びに技術と市場ニーズの乖離など、特有の課題が存在する。そのため、技術知と事業知の両輪に基づいた探索的アプローチの導入が不可欠で、このような新たな学問も体系化する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

米国で石油産業が進展し、我々の身の回りにある化学製品を大量に工場で安定して生産するために構築された学問「化学工学」は、日本以外の国では非常に重要な学問として位置づけられている。一方、日本では高度経済成長期にアメリカでこの学問を学んだ先人が知識を日本に持ち帰り、国内で新たな学問とした立上げ普及させることで化学産業の発展を後押ししてきた。しかし、バブル崩壊後、化学工学全分野を学習できる大学が消滅して数校となり、人材も激減している。当該構想は、現在国内から失われていく、ものづくりのための学問に係る知識を集積し、今後のカーボンニュートラルや持続可能な社会を実現するために発展させ体系化することで、次世代にものづくりの知識と魅力を伝え、継承していくためのものである。

⑦ 社会的価値

新たな技術を実用化につなげるためのあらゆる支援を行う本拠点の社会的価値は極めて高い。開発に非常に多くの資金を要した技術が、これまではほとんど実用化に至っていない。これを実用化にしっかりとつなげ、社会的価値を生み出していく本拠点は、経済的・産業的価値も非常に高く、カーボンニュートラルや持続可能な社会実現にも大きく貢献する。当然、SDGs への貢献も大きい。失われつつある日本のものづくり技術を集積し、それをさらに発展していくことから、知的価値も高い。将来的に、日本に大きな利益をもたらすことは間違いない。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞R7-8：バーチャル拠点を創設、日本のものづくり技術の現状調査・課題抽出、大学の学生実験施設を用いた講義提供による企業人材のリスクリング開始、新素材や化学品の製造技術を対象とする実用化に向けた技術支援をスタート、拠点施設を建設・量産化に必要な共通設備の導入開始、R9-10：拠点施設の運用開始、量産化設備の導入完了、R11-：拠点施設の運用と継続、学会の産学官との連携を拡大

＜実施機関と実施体制＞2025 年 4 月設立の東北大学実用プロセス開発・イノベーションセンター、実

施体制(図 2)は、まず学内の化学産業の発展を支えるものづくりの学問「化学工学」を専門とする教員を中心とし、協力を希望する専門人材との連携を大学全体、さらに東北地区の高等専門学校や大学、産業センターなどに広げていき、最終的には日本全体のハブとなる。

＜総経費＞30 億円(R7-8：拠点立上費 4 億円、施設建設費 10 億円、R9 以降：運営費年 2 億円×8 年)

⑨ 連絡先 北川 尚美(日本学術会議第三部会員、東北大学大学院工学研究科・教授)



図2 本拠点の実施体制構想

複雑・不均一系の分子ダイナミクスに挑む量子光科学拠点の構築

① ビジョンの概要

先端光源の高度利用による未踏の挑戦的な次世代計測技術の開拓と、多彩な光源を自在に活用できる分析・評価支援環境による量子光科学研究拠点を構築し、複雑系/不均一系の機能や物性評価と制御に向けた時空間階層をもつ分子ダイナミクスの学術開拓を目指す。分子科学研究所の UVSOR 施設の資産と計測・分析基盤技術を効果的・発展的に継承し、先端光の未利用分野への啓発と、次世代産業の応用基盤を創発するための数多の基礎学術分野の基盤強化に資する。

② ビジョンの内容

先端コヒーレント光源を高度に利用した未踏の量子計測による新たな学術基盤開拓が求められる。物理・材料研究者による科学技術の深化を進めるとともに、先端光源の利用障壁を排除し、化学・バイオ系研究者らに先端計測設備と支援環境パッケージを提供する。異分野融合を通じて複雑・不均一・非平衡系の機能・物性の理解が深まり、新たな学理開拓へと誘う。UVSOR の研究環境資源と計測基盤技術を効果的に継承し、1) 低エネルギー帯の高輝度光源利用による未踏学術の開拓、2) 分子やバイオ機能・材料物性のための多変数・広帯域計測による階層評価システム構築、3) 持続的な技術継承と人材育成の仕組みづくりを目指す。先端放射光・レーザー光の包括的光源供給体制とし、ユーザーが求める先端光源を安定的に提供し、テーラーメイドな光源利用環境を構築する。極限光オートノミー探究センターの設置により、機能を一元化し異分野国際交流を誘導することで能動的に分野融合する。DX/AI 技術の導入で計測・分析環境を改善し、新たな研究発想と連携活動を促進する。「使い易い」光源と「挑戦的な」特殊光源を利用できる計測拠点構築と多彩な学問領域への貢献を目指す。

③ 学術研究構想の名称

複雑・不均一系の分子ダイナミクスに挑む量子光科学拠点の構築

④ 学術研究構想の概要

UVSOR は 40 余年の運転実績があり、UVSOR-III 光源は低エネルギー帯において高い国際競争力をもつ。しかし施設老朽化問題から、更なる高度化や 2030 年度以降の長期的利用に限界が見えている。これまで持続的な研究施設環境の構築を目指し、次期施設建設検討会を開催してきた。ミッションとして量子ビーム開発、軟 X 線顕微鏡、スピン分解光電子運動量顕微鏡等の先端手法を強化しつつ、新たなランドスケープを獲得する。パワーユーザーの研究ノウハウや匠の技を機械学習させ、次世代型 AI エージェントの協働により汎用型計測における AI ロボット利用による高スループット実験や、AI 支援先鋭的計測へと拡張していく。今後 10 年で開発される要素技術や先端設備群と研究環境は、そのまま将来の次期施設計画へとシームレスに引き継がれ長期ビジョンの実現をより確実なものとする。次期センターの高輝度化型リングは 0.75/1 GeV の蓄積エネルギーの切替型とし、多様なサイエンス標的に適応する。

⑤ 学術的な意義

大型施設 SPring-8、中型の NanoTerasu と相補的な小型施設の位置づけとなる。国内各施設の分散型ネットワークの有効性は学会の共通認識であり、SPring8-II 計画による赤外線実験の停止措置を受け、当該分野ユーザーを UVSOR が受け入れ、我が国の施設間相補機能を担っている。小型施設の特徴として、俊敏な技術

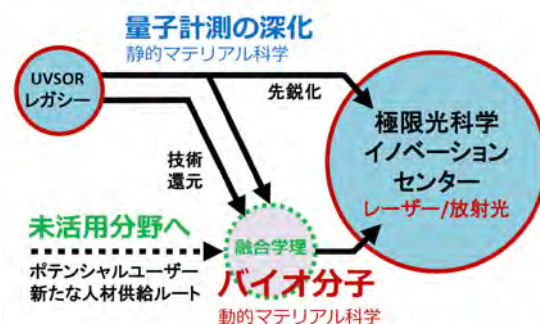


図1 量子計測の深化と未活用分野の強化へ向けた分析・評価拠点形成

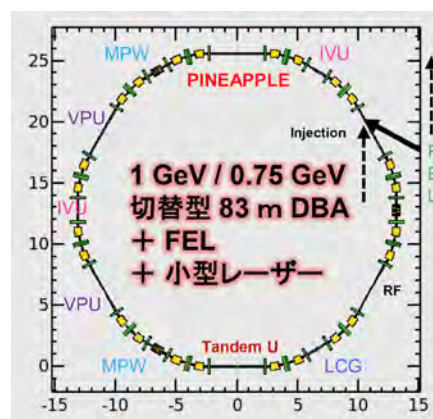


図2 高輝度小型リングと先端小型レーザー光源の複合利用共同施設（FEL 接続は拡張計画）

開発や自由度の高い運用など学術研究との親和性が高く、大学共同利用機関として分子科学を中心とした研究支援と共同研究に適す。また、放射光とレーザー光を同等に提供する先端施設として、最適化されたテラレーメイドな光源を安定的に提供できる環境が分野拡大において重要である。さらに、未開拓な VUV 帯コヒーレント光源の利用における量子制御・量子計測開拓と、マルチモーダル計測・時空間イメージングによる非平衡系や複雑/不均一系の計測科学のブレークスルーを目指す。例えば、ベクトルビーム等の構造光を用いた革新的技術を広帯域波長で展開すれば、マルチビームによる新たな超解像イメージング法として期待できる。光科学のビギナーから専門家までを網羅的に支援する場を整備することで協調的研究が活性化し、有効な頭脳循環の場は人材育成としても独特の環境となる。これまで専門家の勘・コツ・経験に依存していた先端計測が AI に移植され、そしてビギナーも利用できる実験環境は、利用法や研究標的の変容をもたらす。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

放射光とレーザー光の開発競争の歴史は分析技術の発展に密接である。成熟期にある放射光施設は利用転換期にあり、ユーザーが求める計測に最適な先端光源を安定的に提供できる環境を整えることが重要である。ユーザー供給先も物理・材料系から、欧米並みに分子科学やバイオ分野へ拡張することも不可欠である。大型の SPring-8、中型の NanoTerasu、小型の UVSOR で全エネルギー帯において光科学の研究支援環境が整う。国内に多種多様な放射光施設が存在する強みとして、相互連携による技術開発や人材育成で大きなアドバンテージがあるといえる。バイオ・生命科学系ビジョンとの連携交流を開始している。

⑦ 社会的価値

小型光源はエネルギー消費率が良く、多様な光源の一元集約化は省エネルギー社会要請への一つの解である。光科学が切り拓く学術研究は、エネルギー・環境問題、食・薬の健康安全性など、課題解決型の研究開発において極めて有用な知見を提供し、国民生活の安心・安全を支える基盤的なツールとなる。光による分析・計測の強化のみならず、光による操作や制御によって、多彩な領域の融合学理が構築される。技術革新が著しい微小試料あるいは不均一試料中の極微細領域のイメージング法を確立し、特に生体機能にリンクする複雑階層系の複合的な要因を解明することで、原子・分子レベルでの物質の理解が可能となる。科学的根拠に立脚した次世代ものづくりは、新たな市場や社会的価値を創出し、経済的効果に直結する。未来の極限環境下での人類活動を鑑みると、生体機能のさらなる理解や宇宙材料開発の研究など課題は多く、人類への貴重な資産となる。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

1) 先端実験設備等を連携して開発・整備し、共同作業で人材育成する。世界でも独自の量子ビーム研究開発を強化し、新たな放射光利用法の展開を検討。2) 光の未活用分野の需要開拓と研究展開・幹旋方法や先端光源の最新技術利用に係る諸問題解決に向けた取組みを強化。3) AI ロボット技術、リモート制御技術などの DX 要素技術導入。4) マルチビーム利用研究を試行し、不均一系・複雑系の広帯域計測を国際主導。5) バイオ系機能探査計測の実証実験を軸に利用分野拡大。6) 大規模 AI エージェント要素技術開発を開始。6) 小型リング施設建設開始（8 年目）。建設中も旧施設の平行運転により共同研究は継続し成果は取得。7) 新センターと共に運転テストを開始し調整期間に移行。10) 最終年度までに高出力レーザーによる新レーザー加速器入射システムおよび新規実験ステーション 4 基の構築を別途展開。

<実施機関と実施体制>

分子研 UVSOR 施設を基盤組織とし、小型リング UVSOR-IV、各種レーザー光源設備、汎用分析装置を集約。機構および各センターと連携強化した体制として「極限光オートノミー探究センター」を軸に組織改編。基生研や生理研を通じて周辺コミュニティへの共同研究を強化。AI 支援技術と技術推進部によるユーザー支援強化。光源開発部門、計測評価部門、データ駆動部、技術推進部、コーディネータ部門、運営部門で構成。

<総経費> 150 億円;内訳、次期光源施設建設: 110 億(建屋建設費 35 億、小型リング建設費 75 億)

先端実験設備 20 億、AI 支援設備開発システム 10 億、人件費 10 億

⑨ 連絡先

解良 聡 (分子科学研究所・極端紫外光研究施設長)

J-PARC での高強度重イオンビームによる超高密度物質の研究

① ビジョンの概要

加速器 J-PARC の次世代実験計画「J-PARC 重イオン計画 (J-PARC-HI)」を実現し、世界最高強度での重イオン衝突実験を通じて、中性子星内部に匹敵する超高密度物質を実験室で生成する。超高密度物質の相構造、超高密度物質が真空構造を破壊する相転移、人類の物質観を転換する研究のフロンティアを開拓する。

② ビジョンの内容

近年、水の 1000 兆倍という途方もない高密度環境の性質解明が重要な研究課題となっている。このような高密度が実現する中性子星に関する研究は、過去 10 年ほどの間に立て続けに実現した重力波・X 線観測により進展を遂げた。しかし、その内部構造は未だわかっていないことが多く、超高密度下における物質の存在形態の解明が課題となっている。このような超高密度物質中では、真空を特徴づける「クォーク凝縮」が物質によって破壊される「量子色力学 (QCD) 真空の相転移」が理論的に予想されている。本ビジョンは、我が国の加速器 J-PARC における次世代実験計画「J-PARC 重イオン計画プログラム (J-PARC-HI)」を中心としてこのような超高密度物質の研究を推進し、超高密度極限という科学のフロン

ティアを開拓することを目指す。J-PARC-HI は、地上における最高密度状態である原子核を加速器 J-PARC で加速し衝突させることで、超高密度状態を生成する実験計画である。中性子星観測と相補的な役割を担うこの地上実験で、これらの物質の状態方程式や、ハドロン・クォーク物質への量子色力学 (QCD) の相構造を解明することを目指す。この QCD 相構造 (図 1) はその高温領域が宇宙初期のクォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) 状態に相当し、高エネルギーの原子核衝突実験や大型並列計算機を用いた格子色力学による計算により、その相転移の様子がなめらかなクロスオーバー相転移であると分かりつつある。その高密度領域には QCD 臨界点や 1 次相転移があると期待されているが、その全貌は未開拓である。本研究のビジョンはこの超高密度物質の相構造を、加速器 J-PARC の次世代実験計画により解明することである。

③ 学術研究構想の名称

J-PARC での高強度重イオンビームによる超高密度物質の研究

④ 学術研究構想の概要

中性子星中心部や重力波によって観測された中性子星合体においてのみ存在するとされ、原子核密度をはるかに超える宇宙最高密度物質の研究は、現代原子核物理学の最重要課題の一つである。核子・核子の衝突エネルギーを 5-20 GeV にした高エネルギー原子核衝突において、これらの密度に匹敵する高密度物質が生成可能である。この「J-PARC 重イオン計画 (J-PARC-HI)」は、J-PARC において重イオンビーム加速を実現し、世界最高強度の重イオン衝突実験を遂行することで、中性子星内部の超高密度物質を実験室で生成する。超高密度下で起こる量子色力学 (QCD) 相転移、QCD 臨界点の探索、超高密度クォーク物質の性質や状態方程式、固体における超伝導のクォーク版であるカラー超伝導相の探索など、QCD 真空構造や高密度 QCD に関する最先端の研究が推進できる。また、この衝突エネルギーでは、ストレンジネスを含む新粒子・新物質を生成しやすい。高輝度の重イオン衝突を使ってこれらの稀な粒子や事象の生成を測定し、世界に発信する。

⑤ 学術的な意義

本計画の中心的研究課題・学術的な意義として、以下の 3 つを挙げる。

1. J-PARC にて、重イオン入射用リニアックと重イオン用ブースターリングを設置し、高強度重イオン加速を実現する。重イオン衝突実験のための国際共同実験グループの結成、衝突により生成する粒子測定検出器やデータ収集のため測定システムの開発・製作・導入により、加速器技術、実験遂行技術、ビッグデータ解析技術などの発展と次世代の人材育成に繋がる。
2. 本計画の重イオン衝突実験は、重イオン衝突時の圧縮によって中性子星中心部に匹敵する原子核密度の



図 1 量子色力学 (QCD) の物質相図

5 倍以上の宇宙最高高密度物質を創り出し、その状態の輸送特性や状態方程式 (EOS) を明らかにする。RIBF の低エネルギー原子核衝突、重力波や X 線観測による中性子星合体の観測、そして本計画によって、低密度から超高密度にいたる高密度核物質やクォーク物質の全貌解明が期待される。また超高密度状態下では、「物質がその置き場所である真空を破壊する」一次相転移や、QCD 臨界点、カラー超伝導などの新しい物性現象が予想され、本計画が目指す超高統計実験により、これらの世界初の観測が期待され、素粒子物理学と物性物理学をつなぐ新しい学術の創生に繋がる。

3. J-PARC における重イオン衝突のエネルギー領域では、ストレンジクォークの生成比が最大になることが知られており、複数のストレンジクォークを含む希なハドロンや原子核を生成できる新粒子生成場でもある。これらの新粒子探索には膨大な衝突事象数を必要とし、世界最高強度ビームを作り出す本計画が最適である。例えば、多重ハイパー核、ストレンジレット、スーパーコンピューター「京」で予言された新粒子などの発見が期待できる。次世代のストレンジネス核物理の世界的拠点になる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

CERN・BNL においては LHC・RHIC 加速器による高エネルギー重イオン衝突を用いた宇宙初期に相当する高温状態の物質相の研究が進められている。理研 RIBF では J-PARC より低エネルギーの重イオンビームを用いて不安定核や原子核密度の 2 倍程度までの核物質の研究を行うのに対し、本計画ではさらに高密度の核物質を研究する。現在 J-PARC の陽子ビームを用いてハドロン・ス

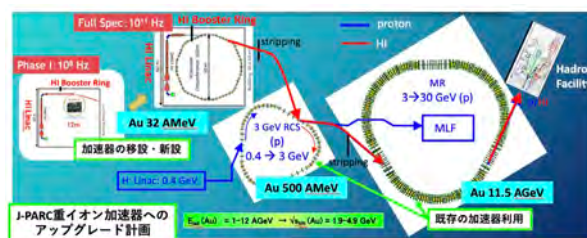


図2 現存の J-PARC 施設を重イオン加速器へ

トレンジネスに関する研究を行っているが、図2に示すように重イオン入射器などを追加・移設し、重イオン衝突実験を可能にすることにより、高密度・多ストレンジネスの物理へと展開することができる。高密度物質を研究する重イオン加速器計画は世界各地で進展し、国際競争が加熱している。アメリカの RHIC では 2019 年からエネルギー走査実験により前駆的なデータが収集され、2025 年には中国の HIAF 加速器が、2029 年にはドイツの FAIR 加速器が始動する予定である。世界最高のビーム強度によって、カラー超伝導相やその前駆状態の特定、高密度側の探索を、希な粒子や事象の測定によって実現し、国際競争のトップに立つことが期待できる。

⑦ 社会的価値

中性子星中心部にのみ存在する宇宙の最高密度物質の性質を明らかにすることは、私たちの物質の概念に新たな知見をもたらすと期待できる。また、2017 年に重力波観測によって発見された中性子星合体は社会の大きな関心を呼び、その観測結果から中性子星内部の高密度物質を調べる手法が得られた。本計画は、重イオン衝突という異なる人工的なアプローチにより、中性子星内部の高密度核物質を研究する新たな分野を切り拓く。世界最高強度の重イオン加速器の開発は加速器科学の発展のためにも重要である。本計画で建設される重イオン研究施設は、実験・理論物理の国際共同研究拠点として若手研究者育成の機会を提供する。

⑧ 実施計画等

実施機関は、筑波大学、日本原子力研究機構 (JAEA)、高エネルギー加速器研究機構 (KEK) を中心として、重イオン実験グループ (東京大 CNS、広島大、長崎総合科学大、奈良女子大など)、ストレンジネス・ハドロン実験グループ (東北大、京都大、大阪大 RCNP、理研)、理論研究グループ (大阪大、京都大基研、名古屋大、上智大、国際教養大、広島大) と連携する。加速器整備費 (重イオンリニアック、リング再利用、リング高度化) 130 億円、施設設備 40 億円、接続ビームライン費 15 億円、運転経費・実験準備 15 億円、計 200 億円の予定である。本計画実施期間は約 10 年間であり、1 年目から陽子・原子核実験 (J-PARC E16/E88 実験) による準備研究を開始し、実施期間の半ばより KEK ブースターを用いた重イオン衝突の先駆実験を始め、本計画の最終年度から本格的に高強度重イオン加速器を運用し、衝突実験を開始する。

⑨ 連絡先

初貝 安弘 (筑波大学 数理物質系長)、江角 晋一 (筑波大学 数理物質系)

MLF 第2ターゲットステーション：中性子・ミュオン科学の新たな展開

① ビジョンの概要

大強度陽子加速器施設（J-PARC）物質・生命科学実験施設（MLF）においては、世界最高パルス強度の中性子およびミュオンビームを用いた物質・生命科学研究、素粒子・原子核物理、産業利用、文化財科学研究など、幅広い利用が展開されている。本計画は、MLFにおいて第2の中性子・ミュオン源を設置し、既存実験施設と共に、中性子・ミュオン科学の新しい展開を目指し、我が国における高度な量子ビーム利用の一翼を担う。

② ビジョンの内容

中性子ビーム利用は、水素に代表される軽元素の原子の配列や運動に関する情報、磁性をつかさどる電子スピンの配列や運動に関する情報の取得に有用である。ミュオンは物性物理や材料科学においてはマイクロな視点から物質を探索するための超高精度探針として用いられ、物質中の原子スケールでの磁場の分布の情報や水素の周辺環境の情報の取得、物質中の元素分析などに有用である。大強度陽子加速器施設（J-PARC）物質・生命科学実験施設（MLF）の中性子・ミュオン源（1st Target Station：TS1）においては、世界最強のパルス中性子およびミュオンビームが利用可能であり、国内だけでなく国際的に広く利用され、エネルギー関連物質・材料における軽元素の位置やダイナミクス、強相関電子系における磁気励起、半導体中水素のキャリア

特性、生体関連物質中の水素位置の決定、中性子寿命測定やミュオン超微細構造などの基礎物理学研究、文化財科学研究、産業応用など、中性子やミュオンの優位性を最大限に生かした研究が展開されている。TS1における陽子ビームパワーは1MWでの安定利用運転が2024年4月より可能になった。所期の性能を達成し、パルスあたり中性子フラックスは世界トップとなった。ミュオンにおいては、J-PARC運転開始直後の2009年に世界トップを達成している。本計画では、現有の加速器を効率的に利用し、新たなコンセプトによる第2中性子・ミュオン源（2nd Target Station：TS2）を増設して中性子・ミュオン利用の可能性を追求する。

③ 学術研究構想の名称

MLF 第2ターゲットステーション：中性子・ミュオン科学の新たな展開

④ 学術研究構想の概要

本計画では、現有の加速器を効率的に利用し、新たなコンセプトによる第2中性子・ミュオン源（2nd Target Station：TS2）を増設し、中性子においては、陽子ビーム集束や中性子標的とモデレータ及びビーム輸送の最適化などによりMLFの20倍以上の輝度増大を達成する。同時に中性子標的とミュオン標的を同一とすることにより、50倍～100倍のミュオン強度増大を実現する。これにより、微小領域に集光した中性子およびミュオンビームでの短時間測定が可能になり、現在のMLF TS1では達成できない新たなサイエンスの創出を目指す。TS2の実現により、今後20-30年を見越しても、世界トップの中性子源とミュオン源を持つとともに、TS1と併用することでビームラインの数が倍増し、実施可能な実験のバリエーションを増やし、産業利用を含む各種計測の適時利用機会を増やすことが我が国における学術的な優位性を維持することになる。また、世界トップレベルの性能を達成する施設や実験装置の建設は、次世代の人材育成の格好の場であり、また世界的な拠点

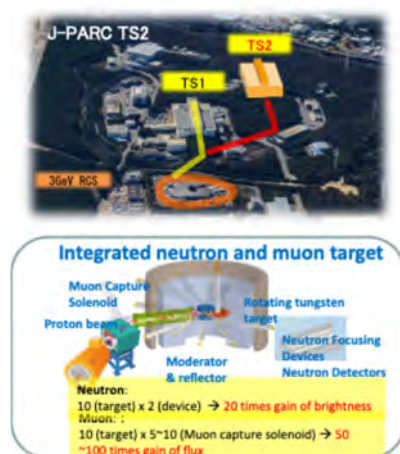


図1 J-PARC MLF TS2 構想概念図

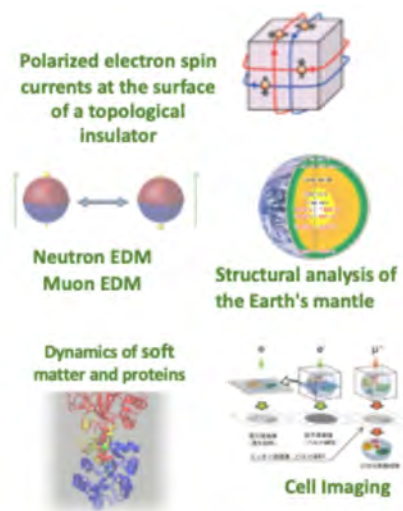


図2 想定されるサイエンスの例

として国外の多くの研究者が運営に参画すると期待される。

⑤ 学術的な意義

TS2 高輝度中性子の実現により、これまでアプローチできていない微小試料も対象となり、重要タンパク質における生体機能に関係していると言われる運動状態をマイクロ秒領域で解明できる。高圧科学においても、ダイヤモンドアンビルセルの利用により、0.05 立方ミリメートルの試料サイズで数百 GPa が実現し、地球や惑星の下部マントルにおける軽元素の状態解明や硫化水素などの高圧下での室温超伝導機構の解明が期待できる。高輝度化は、40 テスラパルス超強磁場での新現象を探索をも可能にする。さらに新たな技術発展により、中性子顕微鏡や中性子ホログラフィーなど実空間でのサイエンスの発展させることができる。また、偏極中性子を使った計測が効率的に実施可能となり、中性子の特徴を最大限に生かした研究が展開できる。

一方ミュオンは、TS2 において、従来不可能だったパルス周期に合わせた短時間の測定が可能となる。これにより、時々刻々その状態が変化するような現象、例えば電気化学反応や水素脱離反応などの「その場」観察を行うことが可能となり、新材料の創成に貢献する。加えて透過型ミュオン顕微鏡を「生きている細胞の丸ごとイメージング」を可能とする新たなツールとして提供する。また、負ミュオンを使った元素分析が「リュウグウ」の分析やリチウムイオン電池における金属リチウムの析出などに展開されており、TS2 の実現により、中性子とミュオンの同時利用による全く新しいイメージングビームラインも実現可能となる。

これら TS2 の特徴を活かした新たなサイエンス展開は、基礎的な学術研究から産業利用まで幅広い分野で期待できる。さらに、食や水に関する研究分野、環境問題や資源問題に関連する研究、インフラや自動車等工業製品の非破壊検査など多岐にわたる展開が期待できる。また、MLF 全体で得られる測定データを集約し、データ利活用のための情報科学基盤の整備も行い、ハードウェアの性能を最大限に生かす。基盤整備にあたっては他施設とも連携する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

J-PARC MLF は、世界最高の中性子・ミュオンパルス強度を有する国内随一の施設であり、国内外の研究者から年間約 700 課題が申請され、年間 250 報以上の論文が出版される国際的な拠点である。国外では、MLF を凌駕すべく新施設の計画が具体化している。この状況を鑑み、世界最高のパルス強度を有する J-PARC MLF TS2 を実現する。

⑦ 社会的価値

TS2 の実現による高輝度中性子ビームや高強度ミュオンビームの利用により、実空間での物質の観測が可能になるため、食に関する研究分野、水に関する研究分野、環境問題や資源問題に関連する研究、インフラ検査、自動車等工業製品の非破壊検査、文化財・考古学・古代生物学等、より広く社会課題解決への幅広い展開が期待される。

⑧ 実施計画等について

J-PARC の運転計画に整合させた詳細な建設スケジュールは、今後の検討課題であるが、概念検討・設計については TS1 の高度化と合わせ行っており、実施設計の開始は 2029 年頃を目標としている。J-PARC は KEK と JAEA の共同で J-PARC センターを構成し運営している。本計画も、J-PARC センターとして実施する。中性子に関しては、共用法登録機関である一般財団法人 総合科学研究機構（CROSS）中性子科学センターとも密接な連携により運営している。MLF は、我が国における中性子・ミュオン利用のトップとなる大型施設として、他の中性子・ミュオン利用施設との連携強化も重要である。MLF と同じく大型中性子施設である原科研・研究用原子炉 JRR-3、「もんじゅ」サイトに新たに建設される予定の新試験研究炉、実用のレベルに入った小型中性子源施設（理研、北大等）、大阪大学核物理センター・大強度 DC ミュオンビーム施設等との施設との測定技術開発連携、人材交流、利用連携の構築を継続しつつ、TS2 の実現を目指す。そして他の大型量子ビーム施設とも TS2 により実現する学術的・社会的に意義の高い成果について議論を深め、トップサイエンス創出と裾野拡大を行い、国際競争に勝ち抜く。

<総経費> 建設費 600 億円（建設期間 9 年）年間運営費 45 億円

⑨ 連絡先

小林 隆（J-PARC センター）

量子ビーム施設統合マルチプローブ学術研究基盤

① ビジョンの概要

純粋な理想系から実在の複雑系や不均一系に拡大している現代の物質科学は、物質の表層部分や物質を破壊して取り出した試料を分析する時代から、あるがままに物質内部までをプローブする時代に突入している。この新たな時代を支えるのはX線や中性子・ミュオン・陽電子のような非破壊で物質を分析できる量子ビームであり、量子ビーム施設統合マルチプローブ学術研究基盤の構築・強化による統合型量子ビーム科学が鍵となる。

② ビジョンの内容

これまで、非破壊観測法、顕微イメージング法などの新たな実験手法や人材育成（開発者人材と利用者人材）は、量子ビーム別に分かれて発展してきたが、物質の構造（原子配列と電子状態）の多次元相関を明らかにするには、単なる連携ではなく、異種量子ビームの相補利用、さらには試料の同一部位に異種量子ビームを同時に照射することによる情報の統合的取り出しが不可欠である。さらに、新しい量子ビームを利用する手法の開拓も重要である。KEKの有する超伝導加速器技術による軟X線自由電子レーザー、小型加速器による陽電子、中性子、ミュオン、さらにKEK外部との連携による高次高調波レーザーなど、新ビームを利用する手法の開拓を推進する。統合的な手法開発・人材育成をさらに進め、量子ビーム施設統合マルチプローブ学術研究基盤の構築・強化による統合型量子ビーム科学を推進する。さらに、物質に内在する階層化・ネットワーク化した情報をあるがままに引き出し、統合的に多次元相関構造を明らかにすることにより、新たな物質観を生み出していく。

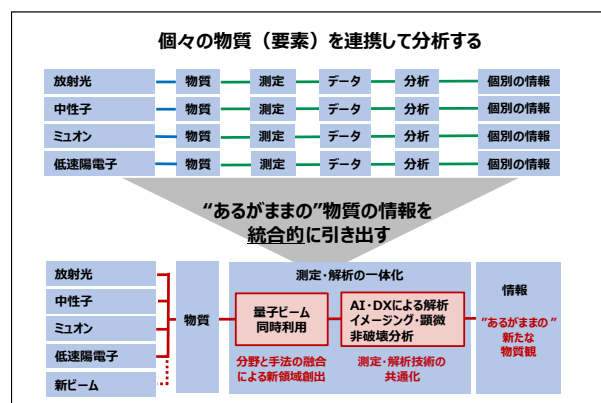


図1 統合型量子ビーム科学

③ 学術研究構想の名称

量子ビーム施設統合マルチプローブ学術研究基盤

④ 学術研究構想の概要

本構想は、量子ビーム科学の向かうべき方向に沿った現施設群の高度化・更新計画のうち、国際評価を経て絞り込まれた実施計画 KEK PIP2022 をもとに、10年で実現すべき施設計画となっている。共同利用開始後40年を越えた放射光施設では、超伝導ライナックによる軟X線自由電子レーザーを中核とした新施設の建設を計画しており、各種の量子ビームを同時利用する量子マルチビーム研究を進める。この計画の中で、軟X線との併用の需要が高いにも関わらず測定が律速となっている低速陽電子のビーム強度を2桁向上させる。透過性の高いミュオンや中性子に関しては、ビーム収束技術の進歩により、顕微鏡への展開を進める。特に細胞などの非破壊・オペランド観測を可能とするミュオン顕微鏡は、電子顕微鏡のミュオン版として期待されている。その他、生命科学や材料科学で需要の高いトランススケールイメージング実現のための研究環境の整備計画を含む。

⑤ 学術的な意義

物質の原子配列の決定には放射光硬X線（水素など軽元素に鈍感）と中性子（水素などにも敏感）が特に利用される。低速陽電子は最表面の原子配列の決定に利用される。一方、電子状態の決定には放射光軟X線とミュオンが利用される。原子配列と電子状態の相関関係を統合的に明らかにするには異なる量子ビームをハイブリッド利用する必要があることは自明である。また、X線以上に透過性の高い中性子、ミュオンは厚い物質でも観測可能である。さらに物質のダイナミクスを捉えるには、最新の加速器技術によって生み出されるアト秒～フェムト秒の短パルス光が有効である。このように統合型量子ビーム科学はあるがままの物質の総合的理解を可能とするものであり、実在の複雑系や不均一系の物質を理解するには、それぞれ違った特性を持つ量子ビームを同時に同一試料に照射して観測する量子マルチビーム実験が欠かせないものとなる。

例えば、軽元素と重元素からなる機能性材料である電池や触媒の動作中の機能変化には軟X線、硬X線、中性子などのマルチビームによる構造・機能解析が、細胞などの厚みのある多層構造のあるがままの理解には電子顕微鏡と同じ原理でありながら透過性の高いミュオン顕微鏡や硬X線・中性子トモグラフィーのハイブリッド利用が有効である。このように統合型量子ビーム科学により物質から引き出せる情報量が豊富になるとともに、それらの多次元相関が統合的に解明できる。また、観測対象とする物質群の拡大も進み、新たな物質観を生み出すことにもつながる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

放射光施設は世界中に多数が設置されているが、同時多次元相関解析という発想がない。表面構造解析の可能な陽電子施設は世界で唯一の存在である。世界の中性子施設数は放射光施設の1割強、ミュオン施設は1割弱であり、施設を統合的に利用ができる環境は整っていない。新たな目である量子ビームを複眼的にハイブリッド利用して”物質”に内在している総合知としての様々な多次元的な情報を、同じ観測対象から同時に引き出すという新たな研究動向“統合型量子ビーム科学”は、世界全体を見ても本構想が先導するものである。さらに、超短パルスX線利用のクリティカルマスの観点からも、相対的に低いコストで建設と運営の可能な最先端の軟X線自由電子レーザーを中核とする量子マルチビーム施設は重要であり、加速器技術の拠点であるKEKならではの研究基盤となる。

⑦ 社会的価値

自然界に存在する生命体や無機物、人間によって人工的に生み出された機能性材料や文化財など、広い意味の“物質”には総合知としての様々な情報が内在しており、その情報には時々刻々変化していくものもある。このような情報が階層化・ネットワーク化して相互作用している原子配列と電子状態を明らかにする統合型量子ビーム科学を支える施設計画は、エコシステムにも対応でき、各種SDGsへの貢献も期待できる。さらに、軟X線自由電子レーザーは、半導体リソグラフィの高度化のための技術開発を担うBeyond EUV大強度光源としての利用も期待できる。

⑧ 実施計画等について

<実施機関と実施体制>

1) 中心となる機関

- ・高エネルギー加速器研究機構
物質構造科学研究所

2) 機構内連携組織

- ・高エネルギー加速器研究機構
加速器研究施設 共通基盤研究施設

3) 機構外連携組織

- ・自然科学研究機構 分子科学研究所 (UVSOR 施設)
- ・広島大学 放射光科学研究所 (HiSOR 施設)
- ・東京大学物性研究所 (ISSP-SOR 施設、NSL 中性子施設、LASOR レーザー施設)
- ・大阪大学 核物理研究センター (MuS I C ミュオン施設)
- ・スイス・ポールシェラー研究所

<所要経費>

施設計画である量子ビーム施設統合マルチプローブ学術研究基盤は複数の施設の協働体である。所要経費(自助努力分を含む)は以下の通りである。

「量子マルチビーム施設」	詳細設計費・R&D 費	30 億円
	建設費(試算額)	300 億円
「ミュオン顕微鏡」	建設費総額	18 億円
「トランススケールイメージング設備」	整備費総額	20 億円
10 年間の合計額(詳細設計前の試算額)		368 億円

⑨ 連絡先

浅井 祥仁(高エネルギー加速器研究機構)

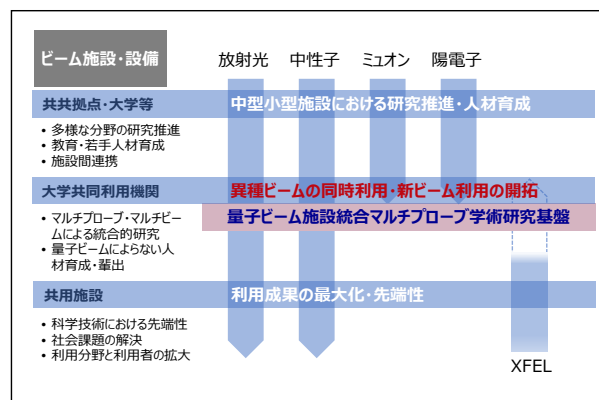


図2 量子ビーム施設の役割分担と将来動向

超伝導加速器研究拠点

① ビジョンの概要

超伝導は加速器の高性能化、高効率化、小型化に欠かせない技術である。特に超伝導加速器の特徴である大強度ビームを活用すれば、従来の学術研究はもとより、加速器利用をさらに拡大し広範な応用分野を新しく創出することが可能となるであろう。本ビジョンは超伝導加速器の研究拠点の建設整備を行い加速器開発の飛躍的進展をはかるとともに加速器応用の新分野創出や加速器科学の発展を支える人材育成を推進する。

② ビジョンの内容

現在すでに加速器において不可欠な技術となっている超伝導技術をより高度化することによって加速器科学の未来にむけた諸課題に取り組み、加速器の可能性をさらに開拓し、あわせて若手人材の育成を推進する。

③ 学術研究構想の名称

超伝導加速器研究拠点

④ 学術研究構想の概要

本研究拠点構想は、超伝導技術に特化して加速器の高性能化、高効率化、小型化を実現する提案であり、今後の10年間で超伝導高周波空洞と超伝導電磁石を中心に開発および施設整備を進めるものである(図1)。高周波空洞については(1)超伝導空洞の加速勾配とQ値を高める研究、(2)空洞にNb3Snの薄膜を用いることによる小型化、(3)高性能超伝導加速空洞を用いた大強度電子ビーム照射設備の設計、(4)次世代半導体の製造に用いるEUV-FEL施設の実現にむけた開発、(5)大電力高周波源の高効率化、(6)BNCT用加速器の超伝導化に向けた開発等を行い、(a)小型大強度電子ビーム照射設備、(b)EUV-FEL評価設備、(c)超伝導BNCT設備の整備を行う。超伝導電磁石については従来の超伝導材料が性能限界を迎え、Nb3Snや高温超伝導体などの先進超伝導材料による高磁場超伝導電磁石技術の確立が必須となっており(1)新材料による超伝導電磁石の高磁場化、(2)近年重要性を増している超伝導電磁石の耐放射線性能の向上に関する研究等を行い、(d)超伝導電磁石評価設備を整備する。これらの設備を活用し超伝導加速器の幅広い応用に取り組む人材育成も行う。

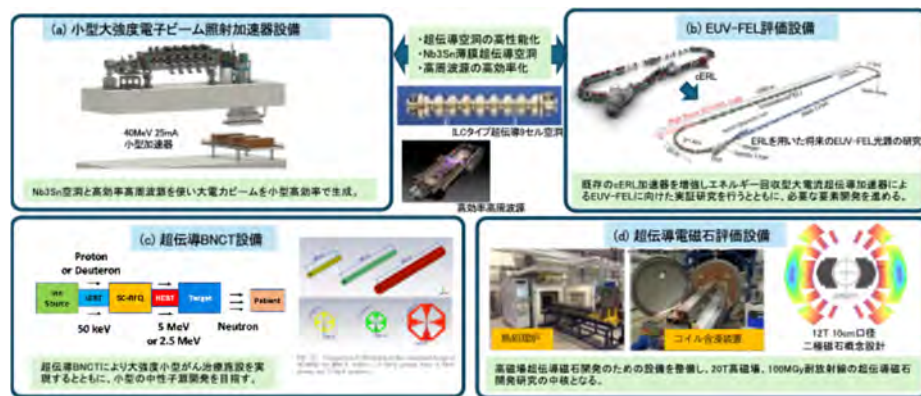


図1：設備の概要

⑤ 学術的な意義

超伝導加速空洞の大きな特徴である高いQ値をさらに高める空洞製作技術や表面処理技術は重要な開発要素である。さらに、超伝導空洞の最大の利点である大電流ビーム運転という特徴を生かすためにKEKではエネルギー回収型ライナック(ERL)の開発を行っている。ERLを用いたEUV-FEL評価設備を整備することで、基礎科学分野のみならず、従来の半導体用リソグラフィ光源では到達不可能な出力10kW以上のEUV光源の評価が可能となる。新たな超伝導材料Nb3Snは次世代超伝導加速器に向けた重要な開発要素である。Nb3Snの超伝導転移温度はNbのそれより高く、Nb3Snの薄膜の蒸着法が確立すれば、大型冷凍機を必要とするNbに比べ小型冷凍機を用いた伝導冷却によるコンパクトな超伝導加速器が可能となる。このNb3Sn空洞技術確立し、新たに小型大強度の電子ビーム照射加速器設備を整備する。高効率の高周波源は、従来の約半分の消費電力での運転を可能とし、超伝導加速器のみならずすべての高周波加速器の高効率化に貢献する。BNCTは有効ながん治療法の一つであるが、病院に設置できる加速器ベースBNCT普及の決め手は機器価格の適正化であり、その達成には加速器本体の小型化と省エネ化が必須となる。素粒子原子核物理の分野では、高エネルギーで大強度の加速器実現に向けて高耐放射線性能を持つ高磁場加速器用超伝導電磁石の開発が必須となっ

ている。電磁石の高磁場化は、加速器の小型化にも寄与し産業及び医療用加速器への貢献も大きい。高耐放射線性能を持つ高磁場電磁石はミュオンの産業利用などの幅広い応用にも道を拓く。これらは核融合分野においても必須の技術である。これら4設備からなる超伝導加速器施設を整備することで国内唯一の研究拠点を形成する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

超伝導空洞を用いた FEL 加速器は、ドイツ、アメリカ、中国で建設が進められているが、ERL 型の FEL はエネルギー回収可能な新しい加速器である。KEK では、2025 年より経済安全保障プログラム(K-program)の支援を得て、ERL 型の EUV-FEL 開発を進めている。Nb3Sn 空洞開発はアメリカのフェルミ研究所などと日米共同で行っている。BNCT 用加速器については、標的寿命と機器の放射化を考慮すると陽子エネルギーは 10MeV 前後が望ましいが、加速器の構成が複雑になるため、このエネルギー領域の加速器を使う BNCT の計画は世界的にも少なく、さらに超伝導加速器は皆無である。加速器用高磁場超伝導電磁石の開発は FCC のような将来の大型加速器のために欧米を中心に国際協力での開発が非常に盛んで日本の貢献に対する期待も非常に高い。

⑦ 社会的価値

本施設建設の主要テーマは超伝導での高効率化による「省電力」と「小型化」で SDGs に貢献するものである。EUV-FEL 技術はわが国の半導体用 EUV リソグラフィ加工のスループットを圧倒的に高め、さらに省電力化を狙う革新的な技術である。Nb3Sn での小型大強度照射加速器は、核医学薬剤の国内での大量生産を可能とし、木材からのナノセルロースの高効率生成にも寄与するものである。癌の治療に有効な選択肢を増やすことは平均寿命の伸びた国民の QOL の向上に極めて重要であり、BNCT は既存の治療法と相補的であるため貢献度は高い。高耐放射線・高磁場超伝導電磁石は、高熱負荷条件で高効率・高安定な運転を実現するため、産業・医療応用にも非常に大きく貢献する。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

Nb3Sn を用いた小型大強度電子ビーム照射設備は、前半5年間で Nb3Sn 空洞の開発等を行い、後半5年間に施設建設を行う。次世代半導体用 EUV-FEL 評価設備は、前半5年間で K-Program の支援を得て Nb 超伝導加速空洞の製作、冷凍機増強、アンジュレータの製作及び高輝度大電流電子銃開発を行う。後半5年間は高効率短波長の FEL 発生を目指した加速器の増強を行なう。クライストロンの高効率化は、2年目にプロトタイプの製造、5年目以降に量産モデルを製作し、EUV-FEL 評価施設に実装する。超伝導 BNCT 設備は、最初の2年で基本設計と空洞試作、3年目以降に空洞実機製作と測定・調整、8年目は並行して製作していた冷却系に組み込み、施設を完成させる。超伝導電磁石評価設備は、最初の2年間で線材試験設備と磁石開発設備を整備する。また磁石試験設備の整備を2年目から開始し6年目までに完了する。同時に線材の開発を6年間で段階的に進める。磁石開発は2年目から開始して 12T 大口径二極磁石を7年目までに完成する。またその中で試験するインサートコイルは5年目から開発を始め最終年度までに 20T を目指した試験を行う。

<実施機関と実施体制>

本研究構想では、KEK の加速器研究施設、共通基盤研究施設が中心となり、国内外の研究機関と連携して進める。加速器研究施設には超伝導加速器の開発研究とそれによる人材育成を目的として iCASA (応用超伝導加速器イノベーションセンター) が設置されている。iCASA では、空洞製造から空洞の評価、さらにビーム試験までをすべて行うことができる。共通基盤研究施設の超伝導低温工学センターは加速器や検出器に用いる低温・超伝導磁石の開発研究を長年にわたって先導してきた。本施設構想はこれらの研究基盤と実績に基づいて超伝導加速器開発のさらなる発展を目指す。

<総経費> 243.3 億円

<所要経費>

Nb3Sn を用いた小型大強度電子ビーム照射設備は 81 億円。EUV-FEL 評価設備は 63.3 億円。高効率クライストロンおよび大電力高周波アンプの設備に 27.3 億円、超伝導 BNCT 設備の整備に 23.7 億円、超伝導電磁石評価設備整備に 32 億円。これらの施設を KEK 内に建設し、その運営費に 16 億円を見込んでいる。

⑨ 連絡先

小関 忠 (高エネルギー加速器研究機構・加速器研究施設)

新学術分野の創成と社会課題の解決を実現する先端放射光科学

① ビジョンの概要

放射光による多角・複合的な精密解析・動的イメージング技術でデバイス・触媒・生命組織などの状態・機能・動作原理を解明する先端放射光科学プラットフォームを築き、学術・科学技術・産業分野の重要課題を解決する。

② ビジョンの内容

放射光は、テラヘルツからガンマ線に至る超広帯域の光を安定に供給できるかけがえのない光源であり、先端放射光源を用いた多角的・複合的な精密解析・イメージング技術は今日の学術・科学技術・産業を支える社会的基盤となっている。理学・工学・農学・薬学・医学などの自然科学分野のみならず、考古学・文化財検証などの人文科学分野においても放射光の利用が進み、放射光は我々人類の文化的生活のために不可欠なインフラストラクチャーに成長した。

シンクロトロン放射光は現在第

4 世代まで光源開発が行われている。第 1 世代では高エネルギー物理学の加速器を光源として間借りし、第 2 世代は利用者専用の放射光施設を指し、第 3 世代はアンジュレータなどの挿入光源を中心とした高輝度光源、第 4 世代は電子蓄積リングにマルチバンドアクロマート (MBA) ラティスを採用して低エミッタンス・高輝度を実現した放射光源をいう。第 3 世代以降の放射光源はその低エミッタンス性から硬 X 線領域に至るまでの高輝度でコヒーレントな光を供給してきた。これにより空間分解能が飛躍的に向上し、複雑な物質材料システム・デバイス、生命組織などにおいて、これまで見えなかった構造や状態が原子レベルで可視化できるようになると期待できる。放射光のアト秒時間制御も可能になりつつあり、アト秒～ナノ秒、マイクロ秒～秒、時間～年の広範囲の時間軸にわたって、物質材料システム・デバイス、生命組織の動的変化追跡を実現できると期待される。さらに、例えば、異なる空間スケール・時間スケール・波長特性を持つ 2 ビームを組み合わせる放射光マルチビーム実験によって放射光の可能性が大きく広がると期待する。これまで放射光が最も多く利用されてきた学術分野は物質科学分野であろう。物質科学の発展は学術革新に留まらず、常に社会実装と直結しているといえる。20 世紀後半は科学技術の急速な発展がもたらした公害を克服してきた時代であったが、例を挙げると、自動車排ガス浄化触媒の完成に放射光触媒機能解析は大きく貢献できたと考えられる。現在の物質科学周辺の重要課題は、我々人類の安全・安心な文化的生活を目標とした調和のとれた物質材料開発を行うことであり、CO₂ 温暖化に関連するエネルギー問題の解決、Society 5.0 の実現に向けた量子情報技術革新などが挙げられる。これらの解決には、今後のブレークスルー的学術発見・発明が必須であり、放射光はそのための不可欠な基盤となり得る。電池、エレクトロニクス・スピントロニクス・超伝導・磁性体・構造材料、触媒・高分子・人工生体組織など極めて広範囲にわたる物質材料の革新的開発において、これらの物質材料システムが実際に動作している環境下で精密解析・状態イメージングが可能な放射光最先端計測技術は多大な貢献を確約できると考える。生命科学分野においても、これまで放射光はタンパク質等の X 線結晶構造解析などの構造生物学の分野で多大に貢献してきた。また、生命活動がまさに行われている状態での観察も、放射光計測技術の開発とともに進みつつある。今後は、たとえば、生きた細胞中の各組織が経時変化しながら機能を発現している様子を、原子分子レベルで観察できる放射光生体組織イメージング技術によって追跡できるようになると期待できる。

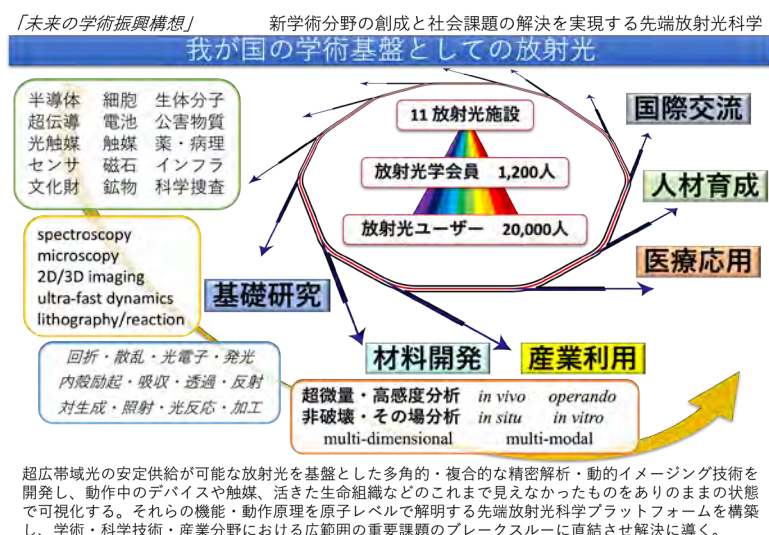


図1 我が国の学術基盤としての放射光

③ 学術研究構想の名称

新学術分野の創成と社会課題の解決を実現する先端放射光科学

Synchrotron Radiation Research for Innovative Science and Abundant Society

④ 学術研究構想の概要

国内 11 放射光施設で先端光源・手法開発とそれを担う研究技術者人材育成、各種量子ビーム・各先端計測・理論研究との学術連携、物質・生命インフォマティクス基盤の構築などを推進する。海外放射光施設との国際協調を強化し、海外からの利用の増加と拡大も図る。

⑤ 学術的な意義

放射光科学の光源と計測手法開発技術分野が、物質科学・環境科学・地球宇宙科学・食品科学・薬学・生理学・歴史的文献資料・美術工芸品など広範囲の自然・人文科学分野でのブレークスルーの礎になる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内では放射光科学に携わる研究者が待望していた第 4 世代の 3 GeV 高輝度放射光施設 NanoTerasu が 2024 年 4 月に利用開始された。第 3 世代の大型放射光施設 SPring-8 も 2027 年度に運転を停止し、約 1 年半かけて第 4 世代へ（SPring-8-II に）アップグレードされる予定である。NanoTerasu は、MAX IV、ESRF-EBS（欧州）、Sirius（ブラジル）に次いで世界で 4 番目である。SACLA の硬 X 線自由電子レーザー光源と、NanoTerasu、SPring-8-II の超高輝度光源により、軟 X 線から硬 X 線まで幅広いエネルギー領域にわたって先端計測イメージング技術の開発が可能となる。一方、既存の放射光施設である PF、UVSOR、HiSOR 等は老朽化対策を伴う高度化と更新に向けた施設計画を学術施設間連携のもと打ち出しており、またマスタープラン 2020 を礎とした ISSP-SOR も含めた連携により開発研究多機能ビームラインが PF に建設され、マルチビーム実験等、さまざまな開拓の研究が予定されている。立命館 SR、NewSUBARU、SAGA-LS、AichiSR 等も老朽化対策とさらなる高度化が求められている。これらの施設連携により、学術・科学技術・産業応用のいずれの観点からも諸外国をリードする放射光科学構想を推進できる。

⑦ 社会的価値

放射光は、先端材料の開発などを通じて、さまざまな社会課題の解決などに大きく貢献してきた。今後も、温暖化、エネルギー、環境、食や薬の安全・安心、疾病、耐震への安全・安心等、広く社会問題の解決の指針を提供、国民生活を支える不可欠な社会基盤であり続ける。

⑧ 実施計画等について

【実施計画】

R7-R11：設備整備、人材育成、物質材料データ構造化・蓄積・解析技術の基盤構築

R12-R16：新設備を基に新技術開発、新光源計画

【所要経費】 総額 80 億円

【実施機関と実施体制】高エネ研・分子研・広大・理研・高輝度光科学研究センター・原研・兵庫県立大・立命館大・九州シンクロトロン光研究センター・九州大・佐賀大・あいちシンクロトロン光センター・名大・光科学イノベーションセンター・量研機構・東北大・東大物性研

⑨ 連絡先

山本 雅貴（日本放射光学会・理化学研究所）、杉本 邦久（日本放射光学会・近畿大学）

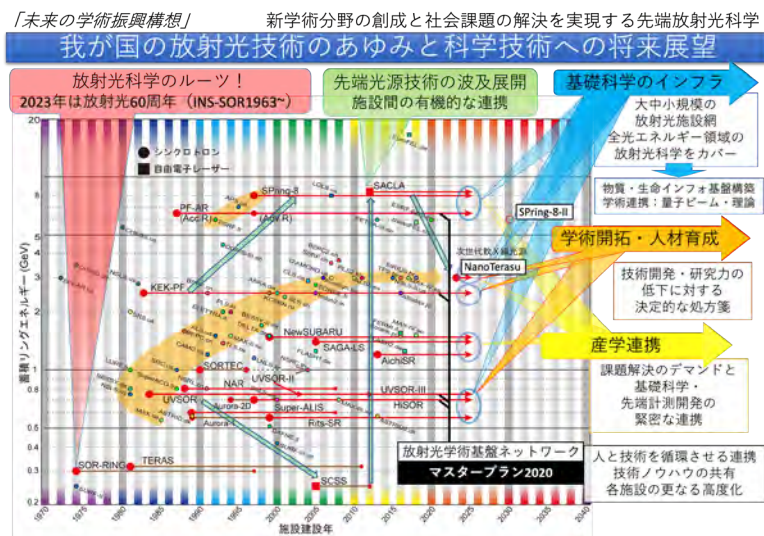


図2 放射光技術の歩みと科学技術への将来展望

大強度低速陽電子ビームによる物性科学・基礎科学の革新的展開

① ビジョンの概要

我が国の低速陽電子ビーム生成技術や今後開発される新規技術を用いて、大強度低速陽電子ビームを実現する。これによって固体表面の原子配列やそのダイナミクス、表面スピンの分布、原子空孔・サブナノ空隙の3次元マッピングの高速で高精度な測定等を実現し、新たな機能性材料や量子技術開発に繋げる。また純レプトン束縛系や陽電子・電子ペアプラズマに関連する新規基礎研究を開拓し、産業・文化的な貢献も果たしていく。

② ビジョンの内容

陽電子発生源から得られる白色陽電子をタングステン等の金属や希ガス固体に入射すると、バルク中で熱化し狭いエネルギー広がりを持って表面から再放出される。これを加速することによって得られる単色陽電子ビーム(低速陽電子ビーム)は様々な研究で利用されている。特に近年、実用的な陽電子回折が我が国で実現し、他の手法では困難な最表面構造解析が行われるようになった。この技術は、従来からの陽電子プローブによる物質の電子状態や固体中の原子空孔・ボイド等の研究と相俟って、物質の重要な情報を導き出す。また固体表面スピンの研究やポジトロニウム(電子と陽電子の水素原子様束縛状態)などのレプトン束縛系の研究でも大きな進展が見られる。現時点で最大強度 10 pA 程度の低速陽電子ビームが2-3桁高い大強度に進化を遂げれば、物質科学研究や基礎科学研究の深化、機能性材料や量子技術開発にさらに大きく寄与する。

本ビジョンを実現するためには、時間構造を持つことからパルスレーザーとの同期や飛行時間測定、陽電子蓄積等に有効な大強度パルス低速陽電子ビームと、積分強度を最大に利用して高計数率かつリアルタイムの陽電子計測が可能な大強度直流陽電子ビームの両方があれば、多くの確実な成果があがる。そこで20-30年をかけて、下記の二つの方式で最大強度 1-10 nA の低速陽電子ビームを実現する。

- (1) 電子線形加速器を用いる大強度低速陽電子ビーム：加速器で数 10 MeV に加速した電子を重金属に入射し、制動 X 線の対生成によって得られる陽電子を減速して、低速陽電子ビームとして利用する。高エネルギー物理実験分野で培われてきた加速器技術を結集させれば、1-10 nA の低速陽電子ビームの実現が期待できる。この方法では加速器の特性を反映してパルス状低速陽電子ビームが得られる。
- (2) 原子炉を用いる低速陽電子ビーム：原子炉内で $^{113}\text{Cd}(n, \gamma)^{114}\text{Cd}$ 等の核反応によって放出される γ 線の対生成で得られる陽電子を減速して低速陽電子ビームを得る。

(2)の方法による世界最大強度の低速陽電子ビーム装置がミュンヘン工科大に設置されており(NEPOMUC)、ヨーロッパにおける陽電子研究の大きな拠点となっている。わが国が持つ技術力を活かして国内に(1)(2)の双方で NEPOMUC を大きく超える強度の低速陽電子実験施設を設置し、世界の陽電子研究拠点とする。これら以外にも、サイクロトロンやハイパワーレーザーを使った新規陽電子生成法も検討する。

これらの開発を行う中で人材育成を行い将来のさらなる発展を目指す。さらに中性子・放射光・自由電子レーザー・ミュオン・陽電子の量子ビームを横断的に連携活用する量子マルチビーム研究体制によってより高度な物質研究を目指す。

③ 学術研究構想の名称

大強度低速陽電子ビームによる物性科学・基礎科学の革新的展開

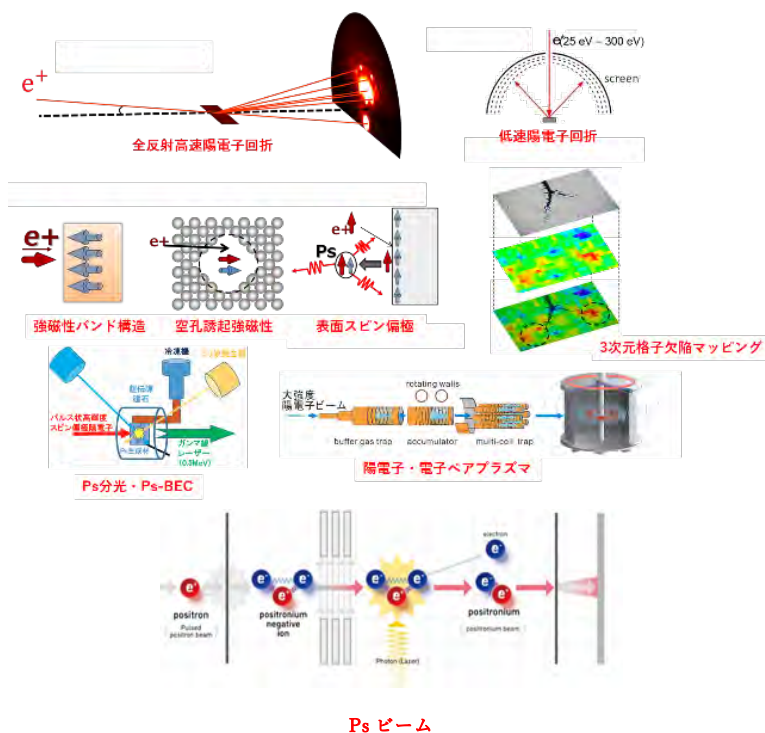


図1 各種低速陽電子ビーム技術

④ 学術研究構想の概要

今後 10 年程度の間で 10 倍の 0.1nA に増大させることを目指す。実現すれば、物質科学研究や基礎科学研究の深化、機能性材料や量子技術開発に大きく寄与する。例えば固体最表面微小ドメインの構造および電子状態、3次元格子欠陥や表面スピン状態のマッピング等は、学術的にも産業にも重要である。また、ポジトロニウムビームによる新奇物質情報取得、ポジトロニウムを用いたレプトンセクターにおける CP・CPT といった基本的対称性の精密検証、ポジトロニウムエネルギー準位の精密測定、陽電子・電子ペアプラズマなど低エネルギー領域での精密科学的手法による基礎物理学研究の発展も可能になる。

これらの開発を行う中で人材育成を行い、将来のさらなる発展を目指す。さらに量子マルチビーム連携体制を強化して、持続的で社会と接続された研究基盤の構築を目指す。

⑤ 学術的な意義

低速陽電子ビームは様々な研究で利用されている。特に近年の発展は目覚ましい。現時点で最大強度 10 pA 程度の低速陽電子ビームが大強度に進化を遂げれば、物質科学から原子物理学、素粒子物理学、宇宙物理学、プラズマ物理学、量子化学、生命科学等に至る様々な分野に波及する成果を上げることができるようになる。

これらの開発を行う中で人材育成を行い、物質科学、原子物理学、素粒子物理学、加速器科学、放射線科学などの研究者を育て、関連する分野の将来のさらなる発展を目指す。さらに量子マルチビーム連携体制を強化して、より高度な物質研究を目指す。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

日本は、陽電子を用いた物質科学研究、特に金属・半導体の格子欠陥や高分子材料の自由体積研究で世界をリードしている。産業界との共同研究が多いのも特徴で、これは日本陽電子科学会の積極的な情報発信によるものである。新規手法の開発や基礎物理学への展開も先導し、多様な陽電子ビーム施設を開発し続けてきた。本構想は、国内の 20 以上の研究拠点からの支援を受け、これまでの研究環境を基盤に高強度低速陽電子ビームの実現を目指している。本構想が実現すれば、国内外の他分野の研究者からも注目を浴び、低速陽電子ビームの世界の重要拠点としての役割を果たすことになる。

⑦ 社会的価値

陽電子研究は、経済的・産業的価値が大きい。金属・半導体における格子欠陥挙動解析と高分子材料におけるサブナノ空隙解析で特筆すべき貢献をしており、数多くの企業が産業に利用している。ビームの高強度・高輝度化によりマイクロサイズの微小ドメインの回折研究が可能になれば、次世代量子デバイスや先進触媒開発に不可欠な表面原子構造や電子密度分布の情報を提供し、これらの分野への大きな貢献ができる。その結果、SDGs への貢献も期待できる。基礎サイエンスの観点からは、レプトン束縛系の研究の新たな進展や陽電子・電子ペアプラズマの実現など、次世代のノーベル賞の温床になり得る成果が得られ、人類の知的価値を創造することになる。マルチビーム連携によって、これらの価値はさらに高まることが期待できる。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

初年度：現状調査、第2年度：概念設計、第3年度：陽電子生成部、ビームラインおよび建屋の設計

第4年度－7年度：各コンポーネント製作・設置、第8年度：試運転、第9年度以降：実験開始

＜実施機関と実施体制＞

本構想に参画するのは、国内の 20 ほどの大学、高エネルギー加速器研究機構、原子力機構、量研機構、分子研、産総研、理研、東レリサーチセンターや日東電工、島津製作所、電力中央研究所等である。それを束ねるのが会員数 140 名の日本陽電子科学会である。外国籍の研究者も在籍している。性別では女性会員が少ないが、大学の研究室で女子学生を増やすなどによって女性会員数を増やすことを検討する。

＜所要経費＞

総経費 120 億円

所要経費：電子加速器ベース低速陽電子ビーム費用 30 億円、原子炉ベース低速陽電子ビーム生成費 30 億円、表面構造解析装置開発 5 億円、他各種装置合計 45 億円、人材育成 5 億円、人件費 5 億円

⑨ 連絡先

長嶋 泰之（日本陽電子科学会）

世界を先導できる大型パワーレーザー施設による国際中核拠点の構築

① ビジョンの概要

オールジャパン体制のもと、我が国の強みを活かした国際競争力ある独自の高繰り返し大型パワーレーザー施設を実現し、国際的中核拠点として、エネルギー密度の高い極限学術の開拓に挑戦して世界を先導するとともに、産業構造の変革やグローバル人材の育成にも大きく貢献する。

② ビジョンの内容

【学術ビジョン】

高出力レーザーを微小領域に集光すると、ナノ秒～ピコ秒の瞬間に固体で数十万～数千万気圧、プラズマで数千万～数億気圧という極限状態を実現できる。この特性により、パワーレーザーは高エネルギー密度科学の中核として世界的に注目され、学術・産業の両面で国際競争が激化している。我が国は強みを活かし、大型レーザー施設の繰り返し動作を1万倍以上に高める新たなアプローチにより、研究と応用の革新を通じて世界を先導することを目指す。

【科学的意義と新領域の開拓】

繰り返し動作数の飛躍的増大により、高精度レーザー制御とデータサイエンスの融合が可能となり、現象の高精度診断を通じて学術研究の深化を促す。これにより、①超高電磁場を用いた量子真空の探査、②超高温・高密度プラズマによる核融合エネルギーの実現、③超高圧環境での新奇量子物質の創成などの新領域が切り拓かれる。これらは「極限量子科学」という新たなフロンティアを形成し、人類の知の地平を大きく拡張する。

【社会的インパクトと人材育成】

さらに、多様な学術分野の融合を通じて、「多様な知」が躍動する研究環境を創出し、分野横断的な知的生態系を形成する。その成果は産業革新と高度人材育成を加速し、我が国を世界を牽引する学術・技術拠点へと発展させる。

③ 学術研究構想の名称

多様な知が活躍できるパワーレーザー国際共創プラットフォーム

④ 学術研究構想の概要

1. 科学目標・学術的意義（挑戦性・総合性・融合性・国際性）

オールジャパン体制で我が国の強みを結集し、高繰り返し大型レーザー施設を実現することで国際的中核拠点を構築する。これにより、多様な極限状態の創出を通じて学際連携を加速し、「高エネルギー密度量子科学」という新領域を開拓する。さらに、イノベーション創出と高度人材育成にも貢献する。

2. 実施主体性

大阪大学が主体となり、国内7研究組織と連携し産業界と協働できるオールジャパン体制で世界に対峙できる施設を構築し、国内外コミュニティが主体となった運営体制で実施する。

3. 共同利用・共同研究体制や計画の妥当性

40年にわたる大型レーザー施設運用と10年以上の共同研究拠点事業の実績に加え、国際連携や国内外施設・産業界との協力体制を基盤とする。要素技術開発や供給体制も着実に進展しており、将来展望についても多様なステークホルダーによる議論が進んでいる。

4. 戦略性

我が国の強みを活かした独自の大型パワーレーザー施設により、学術利用の拡大と学際的研究の飛躍的発展を実現し世界を先導する。さらに、産業構造の革新と国際的に活躍できる人材育成にも貢献する。

5. 緊急性

本計画を早期に実現することで世界に先駆けた成果が期待される。一方、実施の遅れは国際競争力の低下や、パワーレーザー科学および関連技術基盤の流出につながる恐れがある。



図1 J-EP0CH計画の概要

⑤ 学術的な意義

【提案の背景】

世界の大型パワーレーザー施設は、出力エネルギーやピーク強度の向上により極限状態の開拓を進め、レーザー核融合、実験室宇宙物理、超高圧物性、粒子加速、真空の非線形物理など幅広い研究を進展させている。一方、日本には国際競争力の高いパワーレーザー技術が蓄積されており、それらを統合することで世界初の「高繰り返しパワーレーザー複合施設」の実現が可能である。本構想は、多様な研究コミュニティの議論を基に、固体・プラズマ・電磁場にわたる高エネルギー密度状態を統合的に探究する新学術領域の開拓を目指すものであり、J-EPoCH 計画として立案され文部科学省ロードマップ 2023 に採択された。

【学術的重要性】

本計画は、日本の強みであるレーザー技術を結集し、従来比 1 万～10 万倍の高繰り返し動作を実現する世界最高平均出力のパワーレーザー施設の構築を目指す。高繰り返し化、多ビーム化、スマート化による超高精度レーザー制御は世界に類例のない独自性を持ち、固体・プラズマ・電磁場における高エネルギー密度状態の研究を飛躍的に発展させ、「高エネルギー密度量子科学」という新領域を切り拓く。これにより、「第 3 の量子状態（超高圧量子固体）」の創成、宇宙・天体現象の理解深化、繰り返し核融合反応の実証、量子真空の非線形現象の探究などの学術的ブレークスルーが期待される。さらに、本施設は非平衡開放系としての高エネルギー密度状態に共通する普遍原理の解明を促し、学際融合を加速する。得られる知見は、新材料創出や医療応用、インフラ非破壊検査、文化財診断など多様な分野に波及する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

世界の大型パワーレーザー施設は、出力エネルギーやピーク強度の向上による極限状態の開拓を進めている。これに対し本提案は、高繰り返し動作を実現する大型パルスレーザーという独自戦略により世界を先導することを目指す。日本には増幅媒質や超高耐力光学薄膜など国際競争力の高いパワーレーザー技術があり、それらを統合することで世界初の高繰り返しパワーレーザー施設を実現できる。本施設では高繰り返し運転とデータサイエンスを融合し、新奇量子物質の創成など高エネルギー密度科学の新たな展開を推進する。本構想は若手研究者を中心とする国際先導科研費プロジェクト（23K20038：2023-2029）を基盤として既に始動しており、国内外で独自の位置を確立しつつある。

⑦ 社会的価値

本計画は、高繰り返し大型パワーレーザー施設の整備を通じて学術成果の社会実装を加速する。高繰り返し運転により多様なビームを安定利用できる特性は、実践的な人材育成と国際的な学術交流を促進する。さらに、レーザー超高圧による新材料創出や医療診断、インフラ非破壊検査、文化財調査への応用に加え、宇宙デブリ除去や核融合エネルギー利用といった将来技術への展開も期待される。これらは産業構造の革新と持続的社会的実現を支える基盤技術となり、SDGs およびカーボンニュートラルの達成にも貢献する。

⑧ 実施計画等について

本計画は、大阪大学レーザー科学研究所を実施責任機関とし、QST 関西光量子科学研究所と連携する中核機関体制で推進する。既存装置の改修と高繰り返しレーザーモジュールの導入により段階的に施設を整備し、前半で建設と部分運用、後半で本格的な共同利用を開始する。大学・研究機関および産業界（184 社）と連携したオールジャパン体制でレーザー技術開発と学術開拓を進める。第 1 フェーズ（10 年間）の総事業費は 400 億円で、主レーザーシステム整備を中心に施設構築と運用体制を確立する。

⑨ 連絡先

兒玉 了祐（大阪大学レーザー科学研究所）

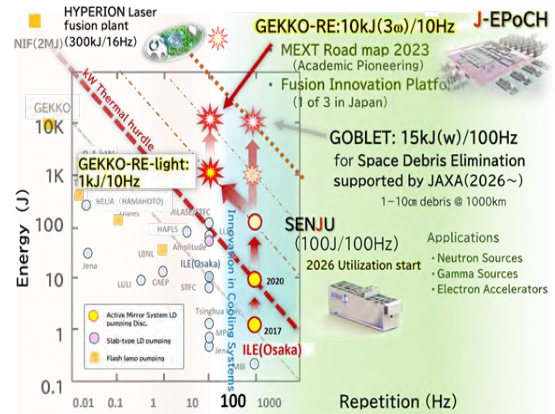


図 2 パワーレーザーの開発状況と J-EPoCH

高エネルギー大強度陽子ビームが拓く核子エンジニアリング社会

① ビジョンの概要

数十年先の未来社会に向けて、2050年カーボンニュートラル達成、Society5.0の実現、自動運転等のロボティクスの活用、AI・IoT・ビッグデータ等のデジタル技術の活用、高度な医療サービスの提供等が不可欠である。そこで本施設計画では、J-PARCの陽子ビームと中性子を最大限活用した「核子エンジニアリング」により、こうした未来社会を実現するための様々な工学的課題解決を目指す。

② ビジョンの内容

高エネルギー加速器は、歴史的に主に素粒子・原子核物理の研究に利用されてきた。高エネルギー加速器の大強度化により、その応用分野は基礎研究から応用研究、そして今や工学的な利用を通じた産業応用にまで発展するに至った。高エネルギー加速器は、未来に向けて我々の現実社会を豊かにするために不可欠なツールになったと言える。数十年先の未来社会に向けて、2050年カーボンニュートラル達成、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させた Society5.0 の実現、自動運転等のロボティクスの活用、AI・IoT・ビッグデータなどのデジタル技術の活用、高度な医療サービスの提供等が不可欠である。そこで本施設計画では、J-PARCの陽子ビームを最大限活用し、こうした未来社会を実現するための様々な工学的課題解決を目指すことをビジョンとして掲げる。

J-PARC では 2008 年以來、3つの加速器で加速した陽子ビームを3つの実験施設に供給し、各種研究開発を行っている。しかし現在の J-PARC では、本来加速可能な陽子のうち、ビーム電流にしてその半分しか利用していない。そこで本施設計画では、未活用であった残り半分の陽子ビームを利用する。陽子ビームを標的に入射して中性子を生成し、陽子と中性子、つまり原子核を構成する核子を主に工学応用に利用することを主目的とし、新たに「核子エンジニアリング」の分野を開拓する。具体的な応用として現在、(1) 材料照射、(2) 半導体ソフトエラー試験、(3) RI 製造、(4) 陽子ビーム利用の4形態を考えている。

今や出力が MW クラスの高エネルギー大強度加速器施設は世界に一定数存在するが、それら施設は全て学術研究を主目的とすると言ってよい。その中で本施設は、世界に先駆け、高エネルギー大強度加速器で得られる陽子ビームと中性子を工学応用する、核子エンジニアリングを主目的として掲げる施設である。核子エンジニアリングにより、未来社会実現に向けた現実社会の諸課題の解決を目指す。

③ 学術研究構想の名称

大強度加速器 J-PARC を活用した核子エンジニアリング施設計画

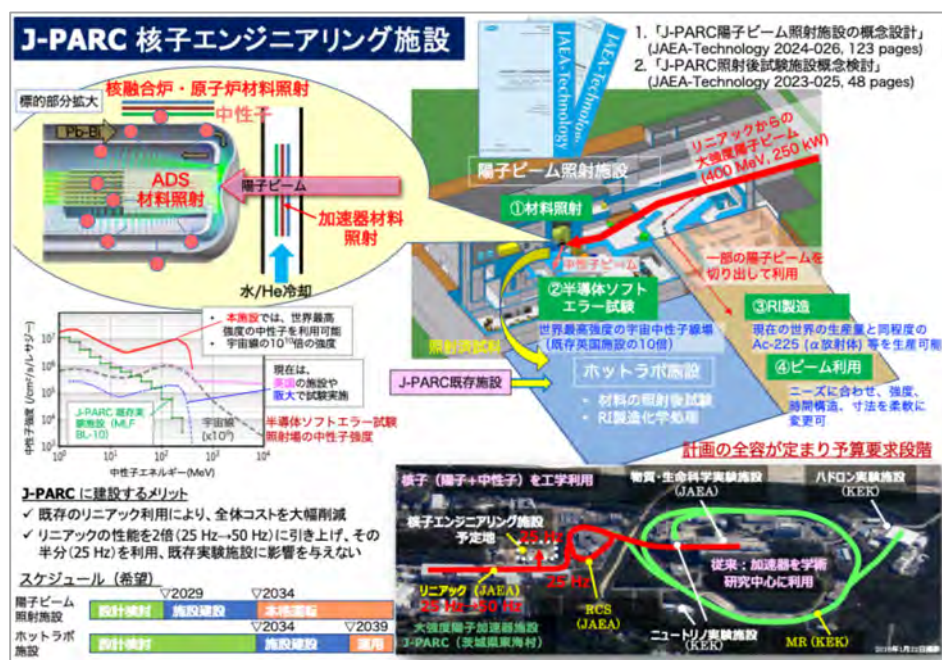


図1 J-PARCを活用した核子エンジニアリング施設計画の概要

④ 学術研究構想の概要

本施設計画では、J-PARC の性能を 2 倍 (50Hz) に引き上げ、既存実験施設への 25Hz のビーム供給を維持しつつ、残り 25Hz の陽子ビームを活用する。リニアックで加速されたパルス陽子ビームを直接利用する、またビームを標的に入射して生成する 2 次中性子を利用することにより、幅広いニーズに対応する実験施設を提案するものである。施設には放射化した試料を取扱うためのホットセルを設置する。

⑤ 学術的な意義

本施設計画では、残されたリニアックのビームを最大限に活用し、次に示す多様な陽子ビーム利用のニーズに応える実験施設を提案するものである。

(1) 高エネルギー加速器施設の大強度化、原子力エネルギーの活用促進や、核融合炉・加速器駆動核変換システム (ADS) 等の新たな原子力システム開発の主要課題の 1 つが、材料の放射線損傷である。一方、世界の材料照射環境は縮小傾向である。そこで、上記分野の材料照射が可能な施設とし、J-PARC の安定・効率的な運転や原子力エネルギー活用による地球環境保全に貢献する。

(2) Society5.0 の実現に向けて、半導体デバイスの利用が急増する中、宇宙線に含まれる中性子が地上において半導体デバイスを誤作動させるソフトエラー問題が深刻化している。ソフトエラー耐性評価には、現在国内では阪大 RCNP の加速器等が利用されているが、ビームタイムや強度が十分ではない。そこで世界最高強度の常時利用可能な白色中性子場を構築し、ソフトエラー試験に活用する。

(3) 近年、Ac-225 等の α 放射体を利用したがん治療薬の開発が欧米を中心に進んでいるが、国内では治験に必要な供給体制は無い。最近原子力機構では、試験研究炉「常陽」において Ac-225 を製造する検討を開始したが、炉の停止期間には供給が停止する。そこで本提案では、高エネルギー陽子ビームにより Ac-225 を製造する。また、JRR-3 製造量と同程度の Mo-99 を製造する。「常陽」・JRR-3 と本施設で停止期間をずらすことにより、年間を通じたシームレスな供給体制を構築する。

(4) 宇宙探査機器の開発では、宇宙空間を飛び交う主に陽子による機器への影響評価が必須である。また陽子ビームには、核物理研究等のニーズもある。そこで、大強度陽子ビームから陽子ビームを切り出し、その強度、エネルギー、時間構造を柔軟に調整してユーザーに供給し、これらニーズに応える。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

今や出力が MW クラスの高エネルギー大強度加速器施設は世界に一定数存在するが、それら施設は全て学術研究を主目的としている。その中で本施設は、世界に先駆け、高エネルギー大強度加速器で得られる陽子ビームと中性子を工学応用する、核子エンジニアリングを最優先に指向した施設である。

⑦ 社会的価値

本施設計画は、核子エンジニアリングにより高エネルギー大強度陽子ビームを直接的に社会的価値創成に活かすものである。原子力材料照射による既存原子炉の運転期間延長、次世代革新炉導入や、ADS による放射性廃棄物の負担軽減により原子力エネルギーへの理解とその活用が促進され、2050 年カーボンニュートラルに貢献する。加速器材料照射による J-PARC 等大型加速器施設の安定・効率的な運転への貢献、また各種陽子ビーム利用により、これら施設で展開される基礎物理、物質・生命科学、宇宙探査等の基礎科学研究や産業応用が加速し、未来社会の実現に貢献する。半導体ソフトエラー試験によりソフトエラーに強い半導体デバイスやシステムの開発が加速し、Society5.0 の実現、自動運転等のロボティクス機器やデジタル技術活用に必要な機器の信頼性向上に貢献する。RI 製造により、これまでにない α 放射体を始めとする医薬品の開発が進み、高度な医療サービスの提供に繋がる。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール> 最速の場合のスケジュールを図 1 左下に示す。

<実施機関と実施体制> 原子力機構が主体的な実施機関となって推進する。また、実験施設のユーザーコミュニティの支援及び様々な研究機関、大学、産業界等との個別の協力関係を強化して推進する。

<総経費> 建設費総額：400 億円（うち、陽子ビーム照射施設 250 億円、ホットセル施設 150 億円）

運営費：年間 10～20 億円（ただし、ある程度の収入を得ることが可能）

⑨ 連絡先

前川 藤夫（原子力機構）

21 世紀の量子プローブ「ミュオン」を用いた学際科学の新展開

① ビジョンの概要

我が国のミュオン科学は、従来の自然科学から人文科学、産業利用などに研究分野を広げている。人文科学分野との連携による文化財の非破壊元素分析などの文理融合研究は、広がりをもたらし示している。21 世紀に入って展開を見せるミュオン科学を更に飛躍させ、将来、人類が遭遇する問題を解決するために、他の量子ビーム科学と連携しつつ、その礎となる学際的な人材の育成をミュオン科学を通して行うことを提案する。

② ビジョンの内容

現代文明は自然科学の発展によって飛躍した一方、環境破壊やエネルギー問題など多くの危機に直面している。これらの解決には専門分野の枠を超えた複合的な視点が必要であり、分野横断型の教育や連携を担う組織が不可欠である。本会（日本中間子科学会）は、量子ビームの一つであるミュオンが新たな科学技術を切り拓き、人類の課題解決に貢献すると考えている。

ミュオン研究は、素粒子としての性質解明だけでなく、考古資料の非破壊分析や物質内部の磁場測定など、様々な分野との融合で成果を挙げてきた。また、ミュオンの基礎研究は核変換や触媒核融合などの応用の可能性にも

つながっている。日本には高時間分解測定が得意な大阪大学 RCNP 連続状ミュオン源 MuSIC と瞬時測定が得意な世界最大強度の J-PARC ミュオン科学実験施設パルス状ミュオン源 MUSE という特徴の異なる 2 種類のミュオン源があり、この環境は世界でも唯一である。本会は研究者交流を促進してきたが、現在の分野融合は研究者の自主努力に依存しており、真の融合には組織的な議論の場と次世代育成が必要である。

この課題解決のため、本会は学際研究の拠点となる「ミュオン科学研究センター」の設立を提案する。既存施設の高度化や新設にも関わりつつ、他の量子ビーム学会とも連携し、協奏的な発展を目指す。

③ 学術研究構想の名称

21 世紀の量子プローブ「ミュオン」を用いた学際科学の新展開

④ 学術研究構想の概要

本構想は、ミュオンを基盤とした学際研究を推進するため、総合知を備えた拠点大学に「ミュオン科学研究センター（仮称）」を設立し、21 世紀の新たな学際科学を切り拓く基盤を整えることを目的とする。ミュオン科学は加速器を用いた素粒子物理から始まったが、ミュオンの特性を活かして自然科学、人文科学、産業分野へと広く発展している。MuSIC と MUSE の2 種類の特徴的なミュオン源を有する日本は、ミュオン科学において国際的にも中心的役割を果たしている。

本会は学際化するミュオン研究者を束ね、研究会などを通じて分野融合の萌芽を育ててきた。設立を提案するセンターでは、最先端研究の推進とともに国内外の研究者交流を強化し、高度な分野融合を実現する。また、中性子・陽電子・放射光など他の量子ビーム分野とも連携し、多層的な融合研究の展開を図る。こうした環境に若手研究者を参画させることで、広い視野と高い問題解決能力を持つ次世代を育成する。本会は長年の蓄積と幅広い連携を背景に、この構想を牽引できる唯一の存在である。

図2 ミュオン科学研究センターの構成

⑤ 学術的な意義

地球環境やエネルギーなどの深刻な課題を解決するには、専門分野を超えた複合的アプローチと、それを支える人材育成・拠点連携が不可欠である。本構想のセンターは、ミュオン科学を基盤に多分野融合研究を



図1 多様なミュオン科学



図2 ミュオン科学研究センターの構成

推進し、第一線の研究者・技術者が協働する世界的な拠点形成を目指す。

センターを基盤とした研究は、強相関電子系の界面物性の解明、負ミュオンによる新しい視点からの磁性研究、トポロジカルスピン構造の解析、タンパク質研究、生細胞イメージングなど多岐にわたる。これらは大強度ミュオンビームによりさらに発展する。SDGs 関連でも、リチウムやナトリウム電池など次世代電池材料、水素エネルギー分野への寄与が期待される。ミュオン核変換による高レベル放射性廃棄物の低減、ミュオン触媒核融合の実証、可搬型ミュオン源の開発なども重要な課題である。また、高圧力・強磁場コミュニティとの協働による室温超伝導の研究、考古学・文化財研究との融合など、分野間連携は多くの新領域を切り拓く。センターはこれらの成果を生み出すオープンな研究コミュニティとして、次世代研究者を育成し、ミュオン科学を通じて社会課題の解決に貢献する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

2010 年代前半までは、スイス・英国・カナダの施設と MUSE が世界のミュオン研究を主導していたが、MuSIC の完成により日本は異なる時間構造を持つ 2 つのミュオン源を活かした独自の強みを獲得した。一方、近年は中国や韓国が新施設の建設に着手し、マテリアルズインフォマティクス技術等を用いることで既存施設を凌ぐ可能性がある。日本が優位性を維持するため、センターは 2 施設の積極活用と高度化に貢献し、海外研究者との連携や国際人材育成を進める。日本で始まった文理融合研究は欧米にも広がっており、本計画はさらなる国際的展開や人材交流を生む起爆剤となることが期待されている。

⑦ 社会的価値

高度化したミュオン分析と MI 技術の連携により、次世代電池や水素利用技術が進展すれば、多くの人がクリーンエネルギーを使える社会の実現に寄与する。また、可搬型ミュオン源によるインフラ診断が実現すれば、設備を停止せずリアルタイムで点検でき、産業的価値が高いだけでなく災害予防にも大きく貢献し、「産業基盤の強化」や「持続可能なまちづくり」に資する。

さらに、センターで多様な人材を受け入れることは「質の高い教育」「ジェンダー平等」「不平等の是正」にもつながり、SDGs 達成に大きく貢献する。自然科学の技術を社会実装する際に生じる社会的課題についても、文理融合の研究者育成により広い視点で解決を図る。本構想は日本の未来に大きく寄与するものである。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞ 本センターでは以下の 5 つの研究項目を 4 つの部門が連携して推進する。

1. MuSIC のミュオンビームの増強と高度化、および先端研究への運用：センター専用の装置を建設し、文化財、隕石などの非破壊元素分析、物質生命科学の研究を推進する。
2. MUSE のミュオンビームの増強と高度化、および先端研究への運用：センター専用の装置を建設し、物質生命科学の研究、先端計測システムの開発研究を実施する。
3. 測定システム開発：MI や情報科学分野と連携し、解析の高度化を達成する。また、測定器の専門家と連携し、新手法を開発する。
4. 可搬型ミュオン源の開発研究：可搬型ミュオン源の基礎を確立し、実証機による社会インフラ診断の試験を行う。
5. 分野融合推進研究：分野連携研究会、児童・生徒を対象としたミュオンビーム実習、大学生以上を対象とした国際スクールなどを開催し、ミュオン科学分野への新規参入を促す。

＜実施機関と実施体制＞ 本会は、MuSIC を有し、広範囲の分野の研究者がミュオン科学研究に参画している大阪大学に本センターを設置することを強く望む。本センターには、1) センター専有ビーム活用部門、2) 可搬型ミュオン源開発部門、3) 次世代測定開発部門、4) 分野融合推進部門の 4 部門を設置する。各部門は教授・准教授・助教から構成され、センター長がこれを統括する（総員 17 名の専任教員）。

＜総経費＞ 67 億円

1) 人件費 1.7 億円×10 年（専任教員 17 名分）17 億円、2) MUSE における専用施設建設・運用 10 億円、3) MuSIC における専用施設建設・運用 10 億円、4) 可搬型ミュオン源開発 15 億円、5) 測定器開発 10 億円、6) 分野融合推進および人材育成諸経費 5 億円

⑨ 連絡先

足立 匡（上智大学）、河村 成肇（高エネルギー加速器研究機構）

紫外線域の高輝度小型放射光源を基盤とする国際研究・人材育成拠点の形成と動的局所構造解析による量子物質科学・量子生命科学の推進

① ビジョンの概要

紫外線域の高輝度小型放射光源を基盤とした精密解析・動的イメージングの国際研究拠点として、超伝導・トポロジカル物質等における動的量子現象の微視的メカニズムや生体高分子などのキラル物質における機能発現メカニズムを解明する。WPI、共同利用・共同研究拠点等と連携して異分野融合研究を推進し、学部・大学院と連携して放射光先端計測・AI・DX技術を一貫して学ぶことができる人材育成拠点を構築する。

② ビジョンの内容

【紫外線域の高輝度小型放射光源による国際研究拠点の形成】放射光の持つ超広帯域性、指向性、偏光性、コヒーレンス性などの特性を活かした多角的・複合的な精密解析・イメージング計測技術は、理学・工学・農学・薬学・医学などの学術分野のみならず、SDGs、カーボンニュートラル、Society5.0 に向けた機能性材料の開発、環境浄化用の触媒の開発、電池の開発、疾患の原因究明、創薬など、well-being に直結する産業や社会における課題解決にも貢献する。わが国には11の放射光施設があり、基礎・応用研究から産業利用まで多種多様なニーズに応えている。広島大学放射光科学研究所の小型放射光源 HiSOR は世界的にも希少な紫外線領域の利用に最適化された放射光源

であり、本計画で自動トップアップ運転が可能な小型放射光源へと高度化することにより我が国の紫外線領域の放射光利用研究の基盤を格段に強化し、世界中から研究者や学生が集まる国際研究拠点を形成する。

【特色ある学術研究の推進】紫外線域の放射光を使うことが必要不可欠な学術研究として、スピン角度分解光電子分光を用いた量子物質科学研究、円二色性吸収分光を用いた溶液中の生体高分子などのキラル物質の機能や構造に関する量子生命科学的研究があり、これらはいずれも HiSOR が世界を牽引している。スピン角度分解光電子分光は、固体物性を決める電子のエネルギー、波数、スピンを完全決定できる唯一の計測手法であり、紫外線域の放射光を用いることで多彩な量子現象の超高精度計測が可能となる。一方、紫外線域の円二色性吸収分光については、溶液中の生体高分子の高次構造、結晶化が困難なアミロイド線維の構造情報が得られる優れた手法である。放射光源を高度化することでエネルギー、空間および時間分解能が格段に向上し、外場を受けて変化する物質の局所的な電子状態や生命現象・機能にかかわるキラル物質の動的構造情報を初めて得ることができる。また放射光先端計測により得られるビッグデータを AI や機械学習により解析し、超伝導・スピントロニクス材料における量子現象の微視的発現メカニズムや生体高分子などのキラル物質における機能発現メカニズムを解明する。

【異分野融合研究・人材育成への貢献】広島大学内にある WPI（持続可能性に寄与するキラルノット超物質拠点）や共同利用・共同研究拠点（半導体産業技術研究所、原爆放射線医学研究所）と連携し、放射光先端計測技術を活用した異分野融合研究を推進する。また DX 化を推進し、学内外の幅広い分野の研究者や技術者が簡便に放射光実験にアクセスできる仕組みを構築する。さらに学部・大学院と連携し、国際的・先進的な教育研究環境の中で、放射光源、ビームライン、計測技術、AI・DX 技術をオンザジョブで一貫して学ぶことができる人材育成拠点を構築する。

③ 学術研究構想の名称

紫外線域の高輝度小型放射光源を基盤とする国際研究・人材育成拠点の形成と動的局所構造解析による量子物質科学・量子生命科学の推進

④ 学術研究構想の概要

自動トップアップ運転ができるようにして放射光強度を安定化させ、放射光と同期した超短パルスレーザーをビームラインに導入する。これにより、高解像度スピン・電子構造解析のエネルギー分解能を5倍、空



図1 ビジョンと学術構想の概要

間分解能を 100 倍向上させ、外場を受けて変化する物質の局所的な電子状態の動的変化を明らかにする。また、円二色性吸収分光実験の時間分解能を 1000 倍向上させる。

⑤ **学術的な意義** これまでは空間的に均一な定常状態にある系の精密計測が主であったが、今後は不均一な物質の局所電子状態の動的変化や、生体物質が機能している状態の精密計測へと展開することが研究者コミュニティから求められている。本施設計画により、微小領域に集光した放射光ビームによる不均一物質の特定部分のみを選択的に観測する空間分解測定（イメージング）、放射光とレーザー光を複合した時間分解測定、さらに外場（電場、磁場、圧力など）印加下の動的な電子状態の観測（オペランド計測）が可能となり、多次元計測による量子物性研究を飛躍的に発展させる。円二色性吸収分光については、生体環境下で生体高分子の構造変化を従来比 1000 倍の時間分解能で動的に捉えることにより、生命機能発現メカニズムを解明することができる。また DX 化を推進し、学内外の幅広い分野の研究者や技術者が簡便に放射光実験にアクセスできる仕組みを構築する。さらに学部・大学院と連携し、国際的・先進的な教育研究環境の中で、放射光源、ビームライン、計測技術、AI・DX 技術をオン・ザ・ジョブで一貫して学べる人材育成拠点を構築する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

【国内外の研究動向】従来の測定は定常状態にある空間的に均一な系の観測が主であったが、今後は不均一な物質の局所状態や、生体物質が機能している状態の動的精密計測が必要である。それを実現するために最適な紫外線域の放射光源が世界的に必要とされている。

【当該構想の位置付け】紫外線域の放射光を用いた固体のスピン電子構造解析や生体物質の構造解析については HiSOR がこれまで研究を牽引してきており、様々なノウ

ハウの蓄積や 20 年以上にわたる研究実績、国際共同研究ネットワークの構築を行ってきた。本構想では、この実績をさらに発展させ、学内にいる WPI や共同利用・共同研究拠点と連携して、紫外線域の高輝度放射光を利用する国際研究拠点および人材育成拠点の形成を図るものである。

⑦ 社会的価値

広島大学東広島キャンパスに隣接して広島中央サイエンスパークがあり、広島大学デジタルものづくり教育研究センター、産業技術総合研究所、理化学研究所、酒類総合研究所、企業の研究所等が集積している。放射光を広く共同利用に供することにより、産学官リサーチコンプレックス機能を強化し、SDGs やカーボンニュートラルなどの重要な社会課題の解決に貢献する。また、放射光先端計測・AI・DX 技術に通じた専門人材を育成するとともに、STEAM 教育、理系女性研究者の育成、放射光施設の活用を目指す企業人材へのリカレント教育にも貢献する。

⑧ 実施計画等について

【設計・建設】

- ・新放射光源（HiSOR-II）：光源加速器の基本設計は KEK などの協力を得て完了している。電子蓄積リング（HiSOR-II）は周長約 40m、電子エネルギー 600MeV、挿入光源数 4 である。トップアップ入射により蓄積電流を保ったままの自動運転が可能となり、現光源に比べておよそ 100 倍の輝度向上が図られる。

- ・測定装置：従来比 1000 倍以上の高効率マルチチャンネルスピンの検出器を導入する。さらにフェムト秒レーザーを導入し、ピコ秒レベルの時間分解オペランド測定機能を付与する。その他の装置は現有装置を移設し、経費を圧縮する。

【運用】光源の自動トップアップ運転、ビームライン制御と実験ステーションの DX 化を進める。先端計測ビームラインに加え、汎用ビームライン、教育用ビームラインも整備し、共同利用と人材育成に供する。

【総経費】64 億円

（内訳）建設・整備費：40 億円（実験ホール：10 億円、新電子蓄積リング：12 億円、ブースターシンクロトロン及び入射路：13 億円、ビームライン移設、機器共用の整備：5 億円）運営費：4 億円×6 年= 24 億円⑨

⑨ **連絡先** 島田 賢也（広島大学放射光科学研究所）



図2 新高輝度小型放射光源の波及効果

中性子ビーム利用の中長期研究戦略

① ビジョンの概要

中性子は物質科学・生命科学から環境・エネルギー・インフラまで多様な分野で利用される。以下の四施策を通じて「だれもが活用でき、社会に開かれた中性子利用」を目指す。

- ・新たな中性子利用分野の開拓と基盤技術の高度化
- ・サイエンス・ダイバーシティを推進する多様な人材の育成
- ・人横断的な研究コミュニティの形成を目指した量子ビーム連携
- ・中性子科学の戦略的社会関与：理解と共創のための取り組み

② ビジョンの内容

中性子ビームの利用は、多様な分野に広がりつつあり、今後の科学技術・産業基盤を支える中核的解析手法として重要性を増している。本構想では以下四つの柱に基づき中長期戦略を展開する。

1) 新たな中性子利用分野の開拓と社会実装を支える基盤技術の高度化

中性子は透過性・元素識別性・磁気感受性に優れ、脱炭素社会の構築や文化財をはじめとする文理融合研究、新産業創出に繋がり、その意義は一層高まる。新しい利用分野を開拓し、その計測ニーズに応えるため、既存の中性子源施設を最大限活用し、新試験研究炉、J-PARC 物質・生命科学実験施設（MLF）第2ターゲットステーション（TS2）、高性能研究炉（JRR-5）など次世代中性子源を整備することが不可欠である。

2) サイエンス・ダイバーシティを推進する多様な人材の育成

中性子科学の発展には産業界と学界をつなぐ実務型人材の育成も必須である。インターンシップやリカレント教育、産業界出身者を活用するプログラムを強化し、研究者と企業技術者が知識と経験を共有しながら成長する「現場共創型」の環境を整える。

3) 横断的な研究コミュニティの形成を目指した量子ビーム連携

次世代蓄電池や水素材料、先端磁性体や半導体など産業を支える分野に対し、放射光・中性子・ミュオン・陽電子といった量子ビームを横断的に連携活用する量子マルチビーム研究体制が不可欠である。これにより特性を融合した高度解析が可能となり、計測を超えて材料プロセス制御や非破壊評価へ応用範囲を拡張できる。

4) 中性子科学の戦略的社会関与：理解と共創のための取り組み

応用事例を社会文脈に翻訳して成果をわかりやすく伝え、政策・産業界・教育現場との対話を制度化する。



図1 中性子ビーム利用の中長期研究戦略を進める四つの施策

さらに技術移転支援やチュートリアル整備、広報活動を強化し、非専門分野や若年層、地域社会への働きかけを進める。こうした取り組みを通じ社会との接点を切り開き、「中性子科学が支える社会」という理解を根付かせる。

③ 学術研究構想の名称

中性子ビーム利用いつでもどこでもだれでも、みんなで

④ 学術研究構想の概要

本構想では、「中性子ビーム利用いつでもどこでもだれでも、みんなで」という理念のもと、中性子ビーム利用が社会のイノベーション基盤として学術的・社会的・産業的価値の創造を最大化し、我が国の学術・産業基盤の強化に貢献するための中長期戦略を構築する。技術者と研究者の共創を進めるとともに、中性子・放射光・ミュオン・陽電子などを横断的に組み合わせる量子マルチビーム連携体制を強化することで、持続的に社会と接続された研究基盤（コミュニティ）の構築を目指す。

⑤ 学術的な意義

中性子ビームは、非破壊かつ高精度で物質の構造と動的挙動を可視化できる特異な計測手法であり、原子核スケールからマクロ構造まで、また、ピコ秒オーダーの高速運動から長時間の変化まで、きわめて広い時間・空間領域をカバーする情報取得を可能にする。これにより、物質・材料科学や生命科学に加えて、エネルギー機能材料、食品、社会インフラといった、より社会に近い分野でも幅広く学術的・実践的に貢献できるポテンシャルを持つ。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

中性子ビーム利用は、欧米諸国を中心に大型施設の建設と更新が進められている。一方、日本は、世界的にも稀な「パルス中性子源」と「定常中性子源」を同一敷地内で併せ持つ構造に加え、各地で進む小型中性子源の分散配置と多様な計測技術の融合展開により、中性子科学の多層的な基盤を有している。

⑦ 社会的価値

本構想により中性子ビーム利用計測技術の高度化と社会実装が進むことで、我が国の持続可能エネルギー社会の実現、産業競争力、文化的・技術的自立性が強化される。中性子科学は、国民生活の質的向上と持続可能な社会構築に寄与する「必要不可欠な公共インフラ」としての価値を持つ。

⑧ 実施計画等について

今後10年間、J-PARC MLF、および、JRR-3の安定運転を前提として、中性子ビーム利用研究の基盤的發展を図るとともに、福井県で計画されている新試験研究炉の建設を推進する。これにより得られる装置設計や運用技術の知見を、TS2やJRR-5などの次世代中性子施設の設計更新へと段階的に反映し、国内の研究基盤の高度化を図る。

本構想の実施にあたっては、日本中性子科学会が中核的な学術コミュニティとして全体の調整を担い、学術的合意形成、研究戦略の策定、政策提言を行う。実施機関としては、これまでの連携と今後の計画を踏まえて、高エネルギー加速器研究機構、日本原子力研究開発機構、理化学研究所、産業技術総合研究所、総合科学研究機構、北海道大学、東北大学、茨城大学、東京大学、京都大学などが協力する実施体制をとる。

今後10年間に必要となる概算経費は、総額2,800億円程度と見込まれる。

J-PARC MLF 運転経費：年間150億円（陽子加速器分含む）

TS2 建設経費＋装置：600億円

JRR-3 高度化経費（大学装置関連）：200億円

小型中性子源 開発経費：200億円（8台分）

新試験研究炉における利用設備開発経費（人材育成含む）：300億円

⑨ 連絡先

大竹 淑恵（日本中性子科学会、理化学研究所）

アト秒レーザー科学研究施設 (ALFA)

① ビジョンの概要

我が国が長年に亘って培ってきた先端光源の技術を集約した「アト秒レーザー研究施設 (Attosecond Laser Facility)」を、共同利用・共同研究施設として設置し、国内外のユーザーにアト秒ビームラインを提供することによって、物理学、化学、生物学の学際フロンティアであるアト秒科学研究の国際的中核拠点とするとともに、国際的な環境の下で次世代の研究をリードする我が国の若手人材を育成する。

② ビジョンの内容

今から 25 年程前から、フェムト秒 (1 フェムト秒 = 10^{-15} 秒) よりもさらに短いアト秒パルス光 (1 アト秒 = 10^{-18} 秒) が生成されるようになり、物質内の電子の応答がアト秒の領域で起こることが様々な現象から示された。その結果、電子の極めて早い応答の後、フェムト秒の時間領域で物質内の原子の運動が決定づけられることが明らかとなり、アト秒領域での超高速現象の観測と解明が、極めて重要であることが世界中の研究者の共通認識となった。

本構想は、我が国の研究者が培ってきた最先端の光源技術を基盤として、アト秒レーザーパルスを国内外の様々な分野の研究者に供給する共同利用施設として、「アト秒レーザー科学研究施設 (Attosecond Laser Facility: ALFA)」を設置することを目的とするものである。

ALFA の運用が開始されれば、超高速現象の観測を通じて物質変化の根源的な理解が深まり、基礎科学の発展に資することは言うまでもなく、アト秒領域での超高速応答が可能となる次世代半導体デバイスの開発など、電子工学分野への貢献にも期待が寄せられている。また、アト秒光源は水の窓領域 (水が透明となる 2-4 nm の波長領域) をカバーするため、細胞イメージングを通じて生物学、創薬、医療などの分野のイノベーションに貢献するものと期待されている。

また、ALFA の最先端光源を用いた研究を推進するために、国内外の研究者がユーザーとして利用研究を推進することとなり、ALFA が国際的な学術研究交流拠点となる。そのような場合は、次世代を担う我が国の若手人材の育成のための理想的な環境である。そして、ALFA が海外の大型先端大型施設とともに国際的なネットワークの一翼を担うことを通じて、アト秒科学における我が国プレゼンスを高めることとなる。

③ 学術研究構想の名称

アト秒レーザー科学研究施設 (ALFA)

④ 学術研究構想の概要

アト秒科学は、この 25 年間に急速に発展してきた分野である。ALFA の構想は、東京大学、慶應義塾大学、電気通信大学、理化学研究所、分子科学研究所、高エネルギー加速器研究機構などの研究者の議論を通じ、2007 年頃から取り纏められ、2014 年、2017 年、2020 年には、日本学術会議「重点大型研究計画」に、そして、文部科学省ロードマップ (学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想ロードマップ) に選定され、2023 年には、再度、文部科学省ロードマップにおいて選定された。

⑤ 学術的な意義

【背景・学術的重要性】現在の自然科学におけるフロンティアの一つは、極めて短い時間に起こる現象を解き明かすことである。アト秒パルスを用いて物質中の電子の動きを実時間で観測できれば、物質内で進行する様々な素過程を根本から理解することが可能となる。



図1 アト秒レーザー科学研究施設 (ALFA)

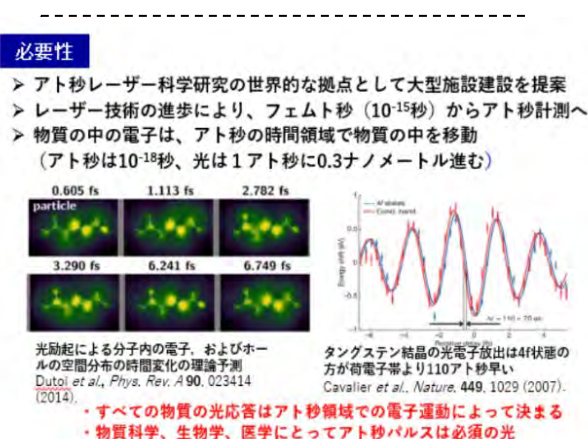


図2 アト秒科学のフロンティア

【世界の情勢】欧米、中国、韓国において、アト秒レーザー光源の開発に重点的な投資がなされ、光源施設が次々と建設されている。中国では東莞と西安の二か所に先端アト秒レーザー施設の建設が開始されている。

【必要性緊急性】先端光源開発技術を集約したアト秒レーザー光源施設を共同利用・共同研究拠点として建設・設置・運営し、日本の研究者が国際的なリーダーとしてアト秒レーザー科学を牽引する。

【施設内容】軟 X 線領域のアト秒レーザー光と同時に、テラヘルツ光から極端紫外光まで幅広い波長範囲の高輝度短パルス光を供給し、アト秒時間分解能でのポンプ・プローブ計測を可能とする装置群を設置する。

【期待される成果】ALFA が擁する最先端のアト秒レーザー光を用いて、物質中や界面での「電子の動き」を実時間で追跡することができれば、人類の物質観・自然観を格段に深める。アト秒領域の応答をもつ素子の開発を通じて、ペタヘルツ応答が可能となる超高速デバイスが開発される。水の窓領域 (2-4 nm) をカバーできるアト秒軟 X 線パルスを用いた細胞イメージングを通じて、生物学、創薬、医療などの分野に資する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

アト秒領域の超短パルス光を提供する施設として、ELI-ALPS (ハンガリー) や SLAC (米国)、ELETTRA (イタリア) を挙げることができる。中国では、2024 年に東莞と西安の二か所に先端アト秒レーザー施設の建設が開始された。ALFA においては、軟 X 線領域のアト秒レーザーパルス光源を設置するだけでなく、テラヘルツ光から極端紫外光に亘る広い波長範囲の高輝度短パルス光を供給するとともに、アト秒時間分解能での時間分解ポンプ・プローブ計測を可能とする装置群を設置する。そのため、産・官・学、そして、国内外のさまざまな研究分野のユーザーの要求に応えることが可能である。

⑦ 社会的価値

アト秒領域の物質の時間応答は、ペタヘルツ (10 の 15 乗ヘルツ : ペタヘルツ) 周波数の領域での変化となり、ペタヘルツで応答する物質開発に資する。さらに、アト秒領域のレーザーパルスは軟 X 線領域の波長を持ち、特に、水の窓領域 (2-4 nm) では、細胞とその動的な挙動を 3 次元顕微画像として計測できる。アト秒光源を用いた顕微計測は、薬物応答の微視的機序を明らかにするものとして期待されている。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

2026-2027 年度 : 東京大学先端研 4 号館 ALFA プロトタイプ施設にて光源の設置と計測系の導入。アト秒レーザー科学研究施設の基本設計と実施設計。国内外の研究者交流と若手人材育成 (2028 年度以降も継続)。

2028-2029 年度 : 実施設計の下、着工と竣工。レーザー光源および計測装置群の設置と試運転・調整。

2030 年度 : ALFA のビームラインのユーザー利用の開始。国内外、産・官・学からの利用研究の促進。

2030 年度以降 : アト秒レーザー光をユーザーに提供するとともに、最先端光源へのアップグレードを行う。

<実施機関と実施体制>

東京大学「アト秒レーザー科学研究機構」(Institute for Attosecond Laser Facility, I-ALFA)の下に、「運営委員会」を設置し、ALFA の建屋の設計およびデザインを推進する体制が整えられている。令和 9 年度以降はアト秒レーザービームラインのユーザー利用、光源・装置の研究開発、先端的基礎・応用研究のための体制を順次整え、令和 12 年度に本格運用を目指す。

【管理・運用の体制】

I-ALFA 機構長の下に、東京大学および他の機関の研究者・技術者からなる「連携協議会」が 2022 年 5 月に発足し、産・学・官の体制の下、国内の研究者や企業の研究部門との連携体制が整えられている。

令和 9 年度以降も、全国の大学、研究機関、民間企業の研究者の協力の下にアト秒ビームラインを整備し、国内外の幅広い分野の研究者に提供する。

<総経費> 120 億円

<所要経費>

2022-2031 年度にわたる 10 年間における所要経費の概算は、施設整備費 (60 億円)、設備費 (40 億円)、運営費 (20 億円) に分けられ、総額は約 120 億円である。

⑨ 連絡先

山内 薫 (東京大学アト秒レーザー科学研究機構)

大強度高品質ミュー粒子ビームによる宇宙の起源の解明と新しい科学分野の開拓

① ビジョンの概要

素粒子であるミュー粒子を軸とした基礎物理学研究および先端技術の究極的な発展を基に、国内を中心としたミュー粒子素粒子物理学プラットフォームを形成、発展させ、連携した研究開発によって新型の大強度高品質ミュー粒子ビームを実現し、宇宙の起源の解明を目指す。さらにはそうした技術、プラットフォームの分野拡大を基に物質科学・地球科学等の応用研究とも融合し、新たな分野創成も目指す。

② ビジョンの内容

宇宙の起源の解明は、現代の素粒子物理学における最終目的の一つである。我々の宇宙は、素粒子の熱いスープである「ビッグバン」から始まったと考えられており、この時代に起こっていた高エネルギーの素粒子現象を詳細に調べることが解明への鍵となる。こうした現象の調査のため、素粒子衝突型加速器によってより高いエネルギー状態を再現し、新物理を直接探索する研究のさらなる発展が期待されている。一方、素粒子の振る舞いを非常に精密に測定すると、量子力学の高次効果を通して、遥に高いエネルギーで起こる未知の現象を間接的に垣間見ることができ、直接探索と相補的に発展を加速させることが望まれている。特にミュー粒子は他の素粒子よりこの量子効果に高い感度を持ち、これまでの技術開発により大量に生成でき

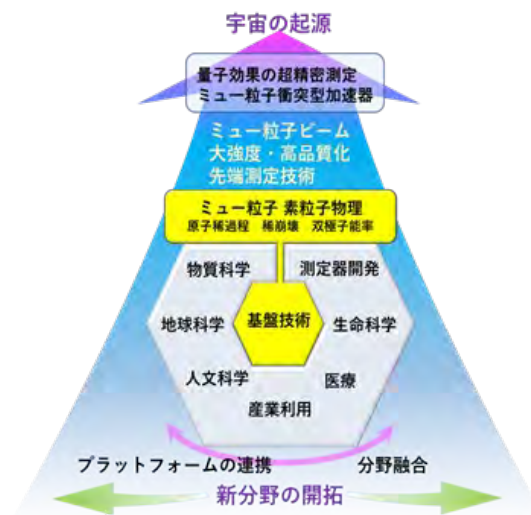


図1 本ビジョンの概要

て、かつ寿命も長いため、精密測定に最適な粒子である。このミュー粒子を最大限に活かすために、次世代の大強度で高品質なミュー粒子ビームを実現させ、それをを用いた新時代の精密測定研究へと進めることを目指す。さらには、こうした技術を基に国内外で議論・検討が進められているミュー粒子を利用した高エネルギー衝突型加速器開発も進め、多角的に未踏物理領域にアクセスすることを目指す。

一方で、大強度高品質ミュー粒子ビームの実現は、様々な研究との連携や融合への応用が考えられる。これまでの発展よりミュー粒子の有用性は理解されており、素粒子物理学分野に留まらず、加速器や物質科学、地球科学、工学、情報、さらには考古学といったより広い分野においての利用や連携研究が進められつつあり、こうした更なる分野融合研究を加速させることで、新たな分野開拓が期待される。そこで、本提案によって歴史的にもミュー粒子科学の大きな原動力となってきた素粒子物理学に携わる若手を中心としたプラットフォームの連携を強化・拡大し、ミュー粒子ビームの大強度化、高品質化、および先端測定技術開発を有機的に連携しながら進めることで、その実現を目指す。その上で、このプラットフォーム自身をより広い分野へ拡大させ、分野間ネットワークを構築することによって更なる融合研究や新たな科学分野創出を目指す。

③ 学術研究構想の名称

大強度高品質ミュー粒子ビームによる宇宙の起源の解明と新しい科学分野の開拓

④ 学術研究構想の概要

昨今、ミュー粒子を用いた基礎科学研究が分野の枠を超えて世界的に飛躍的な発展をしようとしている。更なる研究の加速や他分野との連携、融合の推進のためには、ミュー粒子ビームの大強度化、高品質化、そしてそういったミュー粒子を測定するための測定技術を同時に向上させることがポイントとなる。こうした技術は、世界最高感度での荷電レプトンフレーバー保存則の破れの探索やミュー粒子双極子能率の謎の解明といった素粒子物理実験や新規のミュー粒子加速技術開発を通して更なる発展が可能となる。そこで、それぞれの研究開発を進めると共に、それらを結びつけるための連携体制を強化・拡大し、各研究を融合させることによって、次世代大強度高品質ミュー粒子ビームの実現および先端測定技術の確立のための基盤を形成する。これらの着実な実現と、有機的な研究協力により、基礎研究と先端技術のさらなる発展へとつながり、結果的に新型大強度高品質ミュー粒子ビームのための基礎となる。さらに、新たな測定技術の開発も進めることで、超精密測定を可能とする。こうした技術や連携基盤を基に、他分野との連携、融合も期待できる。

⑤ 学術的な意義

ミュオン粒子は幅広い学術分野で必須の量子プローブとして確立している。このミュオン粒子ビーム開発の大きな原動力の一つが素粒子研究であり、宇宙線の数桁上の輝度のミュオン粒子を生み出し、その性質を徹底的に調べることで素粒子標準理論の確立と新現象の探索に大きな役割を果たしてきた。近年、ミュオン粒子に見え始めた新現象の正体を掴むため、現在は各施設・研究所で独立に要素開発が進む先端技術を融合することで、ミュオン粒子ビーム技術のブレークスルーが実現できる。

本提案で目指す大強度高品質ミュオン粒子ビームは、物質診断などの分解能や精度を桁で向上させ、新しい学術分野の創成も期待できる次世代の基盤技術となりうる。また、宇宙線に比べ短時間で高分解能の透過イメージングを得ることができるため、重大な社会問題となっている社会インフラの老朽化診断の刷新が期待できる。さらには、考えられうる他の衝突型加速器と比較して高効率・コンパクトな究極の衝突型加速器の実現により暗黒物質などの直接生成が可能となる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

日本は RCNP(阪大)・J-PARC(KEK/JAEA)の2か所で異なる種類のミュオン粒子ビームの供給が可能な唯一の国であり、日本のビーム大強度化・高品質化技術は大強度化を実現するキーテクノロジーである大立体角捕獲ソレノイド電磁石の実証、冷却と加速によるビーム高品質化を世界で唯一実現、世界最大ミュオン粒子強度環境での高精度測定の実現など、世界をリードしている。近年ではアジア圏でもミュオン粒子施設が計画・建設が開始されており、本提案により、我が国の最先端技術の優位性を保ちつつ、世界的な研究を主導する。

⑦ 社会的価値

素粒子のような基礎研究は国民の理解のもとに成り立つものであり、そこで得られた技術を安心・安全で豊かな社会の実現に還元することは当然である。ミュオン粒子の本提案によるミュオン粒子技術の確立はリチウム電池など先端材料の物質診断、ミュオン粒子イメージングによる社会インフラの老朽化調査の刷新、小型原子炉のモニタリングなどエネルギー問題にも貢献する。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

本提案では、ミュオン粒子ビームの(a)大強度化、(b)高品質化と(c)先端測定技術を確立し、その後これらを(d)融合したミュオン粒子ビーム実現にむけた基盤技術を確立する。前期に各要素技術の原理実証を実施、中期に技術を実現し、後期に各技術の融合によって次世代の大強度高品質ミュオン粒子ビームの基礎開発を行う。

＜実施機関と実施体制＞

本提案はミュオン粒子素粒子物理学に携わる若手研究者を中心としたプラットフォームにより実施する。総括班と各研究項目班(大強度班、高品質班、先端測定班)、国際研究ネットワーク、および異分野研究ネットワークにより構成し、ミュオン粒子素粒子物理学のエキスパートを顧問として迎え入れる。総括班を中心として研究の遂行、連携、国際研究ネットワークや異分野研究ネットワークの構築、運営を推進する。加えて、多岐に渡るネットワークとの連携を活用し、学生の研究指導に留まらず、国内外の様々な機関への派遣やスクールなども開催し、多様性を持った人材育成にも取り組む。

＜総経費＞ 50.3 億円

＜所要経費＞

(a)大強度ミュオン粒子ビームの実現(生成標的、輸送電磁石など計30.1億円)、(b)ミュオン粒子ビームの高品質化(大強度ミュオン粒子冷却レーザー、ミュオン粒子専用加速器など計8億円)、(c)先端測定技術の確立(5.2億円)および人件費(10年間の研究員、技術職員の雇用)4億円、旅費(国内外)3億円。

⑨ 連絡先

上野 一樹(大阪大学)

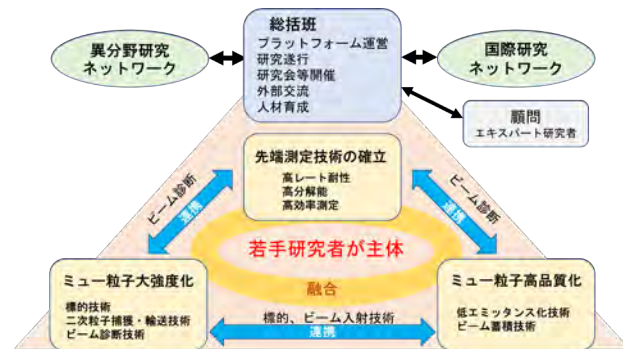


図2 ミュオン粒子素粒子物理学プラットフォーム概要

大強度重イオンビームが先導する量子科学フロンティア

① ビジョンの概要

ウランまでのすべてのイオンを加速する大強度の超伝導線形加速器を開発し、超重元素の『安定の島』に向かう極限原子核を対象とする超重元素科学で世界をリードする。スマート社会の実現とエネルギー問題解決のための研究開発と合わせ、世界的な量子科学フロンティア拠点を我が国に構築する。

② ビジョンの内容

【超重元素科学】『安定の島』に向かう超重元素の新たな原子核領域を開拓するとともに、重原子核に固有の現象である核分裂現象の解明を目指す。核分裂は、原子力エネルギー利用の基礎となる現象である。基礎科学においては、核分裂に対する原子核の安定性が超重元素の存在限界を決め、周期表の限界を支配する。また、天体におけるr-プロセス元素合成の終端で起こる「核分裂リサイクル」は、自然界の元素組成を変化させ、生命の起源にも関わる。本研究では、重原子核どうしの衝突で生じる多核子移行反応によって中性子数の多い原子核を開拓する。着目する領域の原子核は、主に自発核分裂で崩壊すると考えられ(図1)、新たな核分裂の観測によって、新現象の発見と新原理の構築を目指す。これを実現するため、超伝導線形加速器を開発して大強度のウランビームを供給し、アクチノイド標的核と反応させる。『安定の島』近傍の原子核は、超重元素でありながら数時間から数年にわたる寿命を持つと考えられ、本研究で『安定の島』の特徴を捉える。寿命の長い同位体は、超重元素の化学実験を可能にし、超重元素で顕著に表れる電子の相対論効果、すなわち最外殻電子の軌道の変化を明らかにして、周期表の再構築を行う。

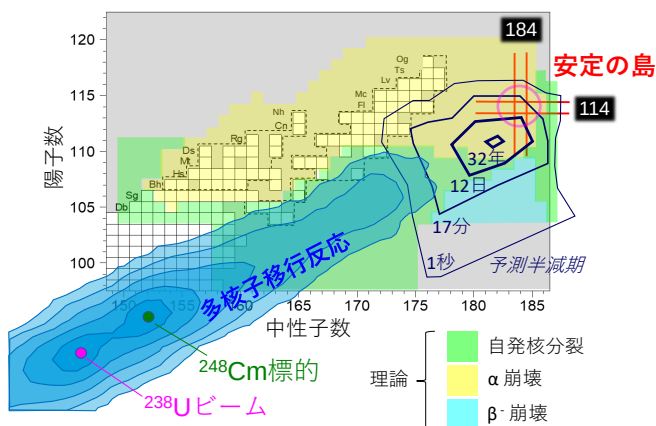


図1 超重元素の『安定の島』に向かう原子核の生成

【原子力先端材料科学】大強度重イオンビームにより、喫緊の社会問題の解決を目指す。宇宙線由来の半導体デバイスのソフトエラーを低減することはスマート社会の実現と宇宙開発にとって不可欠である。この問題を解決するため、電子のスピンを活用した「スピントロニクス」デバイスの新たな製作法を構築する。磁性体中のスピンの素励起であるスピン波や、その準粒子であるマグノンは角運動量の伝搬であり、ジュール熱の原因である電荷の移動を伴わない。したがって、マグノンをキャリアとして用いれば、電子機器の省エネルギー化・高速化が期待できる上、電荷に対するソフトエラーが原理的に生じない「究極の耐放射線素子」が実現される。この「マグノン量子回路」を実現するには、磁性領域／非磁性領域をシャープな境界で隔てるパターンニングを広い範囲で構成する必要があるが、従来の化学的・物理的手法では実現していない。本開発では、大強度重イオンビームによりハイスループットなマグノン量子回路の作製手法を確立し、そのマグノン伝搬や量子回路としての特性を評価して、耐放射線機器の基礎加工技術を確立する。

【原子力エネルギー安全研究】安全な軽水炉によるエネルギーの安定供給を支えるため、事故時の高温下でも水素の発生を抑える事故耐性燃料(ATF)被覆管の早期実現を目指した材料評価技術を確立する。中性子ビームによる照射実験に対し、重イオンビームを用いることで被覆管の物理・化学的安定性を早期に検証できる照射実験設備を実現する。

③ 学術研究構想の名称

大強度重イオンビームが先導する量子科学フロンティア

④ 学術研究構想の概要

理論的に存在できる原子核の数は6,000~7,000核種とされているが、人類は、このうち3,300程度しか合成していない。そのうちの多くは中性子数の多いアクチノイドから超重元素領域に分布しており、『安定の島』の核構造が存在限界を大きく広げている。本課題は、元素の存在限界の解明を目指して超重元素の新たな領域を開拓するとともに、重元素に固有の現象である核分裂を観測して新たな現象と核分裂過程の解明を行う。核分裂は、変形した原子核の内部構造と原子核の集団的な運動に支配され、量子多体系としてユニークな観

測対象である。これまで核物理は、基底形状での観測によって原子核をモデル化しているが、極端な変形形状を扱う核分裂の知見を統合することで、原子核を包括的に理解する。化学においては、寿命の長い同位体を手にすることで、様々な超重元素分子の合成が可能になり、新たな化学を拓くことになる。

電子の電荷を利用したデバイスは、宇宙線由来のソフトエラーに弱い。また、近年、AI の利用が爆発的に増加し、エネルギー需要を極端に増加させる問題を含んでいる。本研究で道を拓く「スピントロニクス素子」により、エネルギー需要の解決とソフトエラー問題の解決に道を拓く。また、喫緊のエネルギー需要の解決のため原子力エネルギーの安全性を確保する。

⑤ 学術的な意義

(1) 超重元素を対象とした核分裂を解明することは、元素周期表がどこまで延びるか、また宇宙で元素が作られる仕組みの理解につながる。ここで得られる知見は、人類共通の知の財産となる。

(2) 省電力で動作し、かつ耐放射線性の高いスピントロニクス素子の開発は、スマート社会、宇宙開発において、将来の社会基盤を支える技術となる。大強度重イオンビームで実現する超微細加工技術は、他の物理的加工や化学処理では実現しない新たなデバイス作成技術となる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

多核子移行反応は、中性子数の多い重元素同位体を生成する方法として、世界的に注目されている。この反応で新たな超重元素領域を開拓するには、(1) 大強度の重イオンビーム、(2) 生成核の分離技術、および(3) α 放射性のアクチノイド標的の利用が必要となる。原子力機構(JAEA)では、東海タンデム加速器施設において反跳生成核分離装置を高度化し、(2) の技術を高度化している。また厳格な規制対象となる(3)の利用についても、アインスタイニウム(原子番号 99)試料のイオン照射を実現するなど、他ではできない研究を実現した。また、長寿命の α 射性同位元素の廃棄物を減容処理・処分できる国内唯一の放射性廃棄物施設を有しており、実験で生じる廃棄物の処分まで含め、長期的な戦略で研究を遂行できる。本研究は、タンデム加速器に代わる(1)の大強度超伝導線形加速器を実現することにより、超重元素フロンティアで世界を牽引する。さらに、照射材料の分析や医療用同位体の生成においても、同キャンパスにある「廃棄物安全試験施設」や「燃料試験施設」を利用でき、他では不可能な量子科学国際拠点を築くことができる。

⑦ 社会的価値

超重元素の存在限界を知り、元素の起源を理解することは、物質に対する国民の知的好奇心を高め、若い世代に科学を目指すモチベーションを与える。スピントロニクス技術は、エネルギーの有効利用、スマート社会、宇宙開発にとって重要な技術となる。安全な軽水炉の技術は、資源の乏しい日本にとって重要なエネルギー供給を支える。本提案は、持続可能な開発目標(SDGs)における「エネルギー」「産業と技術革新」等にも貢献するものである。

⑧ 実施計画等について

・実施計画

最初の5年間で、(1) 超伝導線形加速器(イオン源、RFQ、冷凍設備を含む)、(2) 建屋(加速器+実験エリア)、および(3) 実験装置の高度化(反跳生成核分離装置および材料イオン照射装置)を完成させる。5年目から加速器利用をコミュニティに供与するとともに、「超重元素科学」、「原子力先端材料科学」、および「原子力エネルギー安全研究」を実施し、合計10年で成果を挙げる。

・実施機関

日本原子力研究開発機構(国内外の大学・研究機関とも連携)

・総経費 200 億円

・所要経費 (1) 超伝導線形加速器(イオン源、RFQ、冷凍設備) 70 億円、(2) 建屋(加速器+実験エリア) 100 億円、(3) 実験装置の高度化(反跳生成核分離装置および材料イオン照射装置) 10 億円、(4) 運転費・運転維持費 10 億円(2 億円/年)。

⑨ 連絡先

西尾 勝久(日本原子力研究開発機構)

研究用原子炉による中性子科学が切り拓く未来

① ビジョンの概要

研究用原子炉を基盤とする中性子科学は、中性子の特性を活かして物質内部の構造とダイナミクスを非破壊的に解明する学問領域である。本構想では、中性子研究基盤（インフラ）の更新・高度化を通じて、中性子科学を推進し、物質・生命・社会基盤を横断する新学術体系を確立する。これにより、サステナブル社会、量子情報技術、健康長寿、食と資源循環、文化財保全に貢献し、我が国が国際的リーダーシップを発揮する基盤を築く。

② ビジョンの内容

21 世紀後半に人類社会が直面する課題は、エネルギー、環境、健康、食糧、社会基盤の安全、文化資産の継承など多岐にわたる。その克服には、物質や生命現象の階層的構造やダイナミクスを根源的に理解し、応用可能な学理へ統合することが不可欠である。電子や原子核、スピン、水素結合から生体超分子や巨大構造体に至るスケールをつなぐ「知」を創出する基盤が中性子科学である。中性子は軽元素や磁気モーメントに高感度で物質内部に深く侵入できる非破壊的プローブであり、同位体コントラストと広い時空間スケールでのダイナミクス測定を可能にする。その特性は、エネルギー材料の水素・リチウム動態、量子物質のスピン励起、タンパク質や食品高分子の揺らぎ、構造材料や文化財の非破壊評価に及ぶ。本ビジョンでは、研究用原子炉 JRR-3 の研究インフラの更新・高度化により潜在力を引き出す。原子炉の定常中性子は、パルス中性子が得意とする広帯域分光とは補完的に単色中性子を安定供給できる点に優れ、集光技術を用いた効率的スペクトル測定やラジオグラフィーで真価を発揮する。新型分光器の導入、試料環境装置とデータ解析基盤の整備により未到達の現象に切り込む。多重型三軸分光器と偏極解析の標準搭載により複雑な磁気励起を高効率・高分解能で検出し、低温・高磁場・高圧などの試料環境を備えて基礎から応用まで横断的に支援する。

原子炉中性子科学の 7 つの重点分野（図 1）を推進する。高分子・ソフトマターでは重水素化等により界面構造と応答を解明し高機能材料へ展開する。量子物質では交替磁性体やトポロジカル物質を分光しマグノニクス基盤を築く。生命科学では水素位置やプロトン経路を可視化し創薬に資する。食品では分子揺らぎと食感・保存性の相関を解明する。エネルギー材料では水素・リチウムの動態を統合的に理解する。構造材料では残留応力を非破壊評価し、文化財では定常中性子で歴史資料を保全する。これらは自然・人文を横断する知を創出し、SDGs の「産業と技術革新」「エネルギー」「気候変動」「健康福祉」「住み続けられるまちづくり」等に直結する社会的波及効果を有する。

JRR-3 と J-PARC という定常中性子源とパルス中性子源を同一敷地内に有する我が国の環境は世界的に希少である。これを活かし装置の高度化と新手法の導入を進め、応用と基礎の両面から中性子科学を革新し我が国が国際的リーダーシップを発揮する基盤を築く。震災以降更新が進んでいない現状を踏まえると、国際競争が激化する今こそ本構想に着手すべきである。

③ 学術研究構想の名称

研究用原子炉による中性子科学が切り拓く未来

④ 学術研究構想の概要

本構想は、中性子科学を核に、物質・生命・社会基盤を横断する研究を今後 10 年で発展させる国家的プログラムである。サステナブル社会の実現と国際的リーダーシップの確立に向け、装置群の高度化、試料環境と調製体制、データ基盤、人材・共同利用体制という“四本柱”を強化し、基礎から応用まで一貫して推進できる研究基盤を構築する。装置面では次世代型中性子装置により高効率・高分解能測定を実現し、低温・

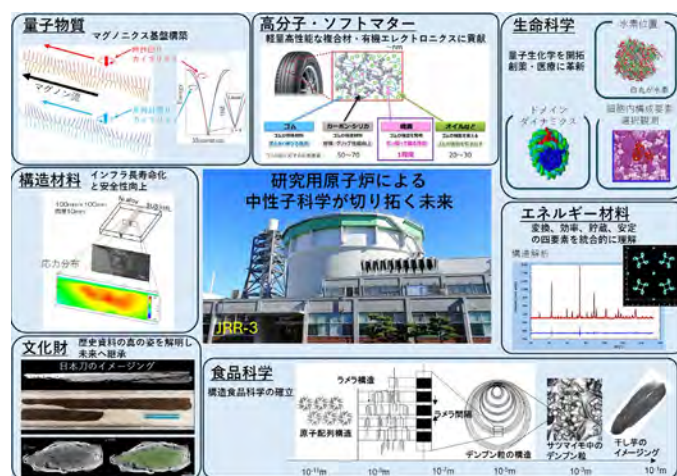


図 1 原子炉中性子科学の重点研究分野

高磁場・高圧など多重極限環境やその場観測環境を整備して、量子物質、実材料、生体分子の構造変化やダイナミクスを解明する。試料基盤では重水素化・同位体標識技術と調製体制を拡充し、幅広い分野に共通インフラを提供する。

⑤ 学術的な意義

本構想の背景には、21 世紀後半に人類が直面するエネルギー、環境、健康、食糧、文化資産の継承といった地球規模の課題がある。これらの解決には、物質や生命現象の階層構造とダイナミクスを理想・実使用条件下で正確に理解し、学術体系を確立することが不可欠である。しかし既存手法では、水素やリチウムなどの軽元素、マグノンやフォノンといった量子励起、巨大構造物内部の応力や欠陥の解明に限界がある。ここに中性子科学の特性—軽元素・磁気感度、高透過力、非破壊観測、同位体コントラスト、時分割・多外場測定能力—を活かす余地がある。さらに**研究用原子炉 JRR-3 の定常中性子は単色ビームを安定的に供給し、集光技術を用いた詳細測定や高い積分強度を活かした精密測定、回折・ラジオグラフィーの高品位測定に強みを発揮し、パルス中性子と相補的役割を担う。**

中性子科学の学術的重要性は、異なるスケールと分野を橋渡しできる点にある。高分子・ソフトマターでは重水素化によるコントラスト変調中性子散乱により界面構造と応答ダイナミクスを可視化する。量子物質では交替磁性体やトポロジカル物質のマグノン・フォノンを探索し、スピン流やマグノニクスの学理を確立する。生命科学では中性子結晶構造解析により水素位置やプロトン移動経路を明らかにする。エネルギー材料では水素・リチウム・電子の相互作用を可視化し、変換・効率・貯蔵・安定を理解する。構造材料・文化財では残留応力や損傷を非破壊で計測し、長寿命化と継承に資する。

期待されるブレークスルーは、新奇マグノン材料の探索、次世代電池や水素貯蔵材料のその場観測による高効率・長寿命化指針の提示、水素原子の役割解明、分子揺らぎと食感・保存性の因果解明、事故防止と安全性向上などである。さらに AI や数理科学との融合によりデータ駆動型研究を推進し、基礎学理を深化させる。総じて本構想は中性子科学を核とした学術基盤を強化し、基礎から応用に至る広範な分野にブレークスルーをもたらす。その成果はサステナブル社会の実現に資するとともに、学術体系を刷新する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内では JRR-3 や J-PARC、京都大学原子炉、小型中性子源により研究が展開され、特に J-PARC は高強度を活かして成果を挙げている。海外でも米欧中韓などが大型施設の高度化を進め、ESS 建設など国際競争は激化している。一方、JRR-3 は再稼働後も装置更新の遅れが課題である。本構想は装置群の計画的高度化を進め、国内研究基盤を強化するとともに、その知見を将来の新試験研究炉へ還元するものである。

⑦ 社会的価値

本構想はエネルギー、食、資源循環、建築・防災、文化財保全などの多面的な社会課題の解決に貢献し、SDGs の目標達成に直結するとともに、国民生活の質向上と持続可能な社会基盤を支える。

⑧ 実施計画等について

【実施計画】

R8－R10：JRR-3 の安定運転体制の強化と既存装置の基盤整備

R11－R13：装置高度化と試料環境機器の導入、中性子導管の増設および拡張

R14－R15：高フラックスビームラインの稼働開始

R16－R17：研究成果の総括・重点分野横断での学理統合

【所要経費】

総額 200 億円

【実施機関と実施体制】

東京大学物性研究所、日本原子力研究開発機構、京都大学複合原子力科学研究所、東北大学金属材料研究所が実施機関である。これに加え東北大学多元物質科学研究所、茨城大学原子科学研究教育センター、KEK 物質構造科学研究所、J-PARC、量子科学技術研究開発機構などが協力し全国的な共同利用体制を形成する。

⑨ 連絡先

小林 洋平（東京大学物性研究所）

国際宇宙探査と連携した戦略的火星探査

① ビジョンの概要

本提案は、国際協働により人類のフロンティア拡大が格段に進む今後約 20 年を見据えて、MMX 後に EDL 工学実証(STEP1)、本学術研究構想提案(STEP2)、本格着陸探査(STEP3)の 3 つの探査計画を戦略的に連続実施することにより、水の起源・分布・進化と生命環境に着目した独自の科学成果を挙げるとともに、高精度着陸や高斜面走破性ローバ技術を獲得する「戦略的火星探査」に関する中長期研究戦略である。

② ビジョンの内容

アルテミス計画に象徴されるように、今後 20-30 年間は、国際協働により月から火星へ人類のフロンティア拡大が格段に進もうとしている。世界各国が火星探査を計画・実施する中、段階を踏んで独自の科学および技術実証探査を実施することで、2040 年代の火星有人探査時代の科学探査や人類活動において、我が国が国際的に主要な役割を担うことは、科学外交や安全保障の観点からも重要である。2026 年に打ち上げ予定の火星衛星探査計画 MMX は、水の起源と供給過程を明らかにするとともに火星圏への往還技術などの獲得を目指しており、我が国の火星圏探査への本格的な参画の端緒となると期待されている。本ビジョンは、MMX の先の火星本星の本格的着陸探査を見据え、そのために重要となる今後約 15 年間に戦略的に火星探査を実施するための具体的な構想であり、国際的に手薄な現在の火星での水に関する循環、環境、化学、そして現存生命の探査という重要な課題に、国際宇宙探査の機会も活かした独自の科学探査で取り組む。

具体的には、ここで提案する戦略的火星探査は、3 つの探査計画を連続して実施する 3 ステップ構想である(図 1)。第 1 ステップは、我が国独自のエアロシェル技術による小型着陸実証機であり、小型軽量機器による理学観測の実績を積むことも重要な要素である。第 2 ステップは、今回学術研究構想として提案する「国際宇宙探査と連動した火星宇宙天気・気候・水環境探査(MIM: Mars Ice Mapper)計画」である。MIM 計画は、NASA、CSA、JAXA、ASI 等の宇宙機関が協力して科学と探査のシナジーを目指した火星探査計画(<https://www.isas.jaxa.jp/topics/002581.html>)として検討が進んでいたが、昨今の国際情勢の変化もあり、実施形態としては日本主導もしくは別の形態の国際協力の形も選択肢となっている。MIM 計画では、科学的にはハビタブル環境の持続性の理解に向けた火星宇宙天気・気候・水環境の科学観測を実施し、水の分布・輸送・散逸に焦点をあてて明らかにするとともに、第 3 ステップに向けた目標点への高精度着陸実現のための技術実証を行う。さらに第 3 ステップでは、月探査技術なども活かし、高緯度地域への高精度着陸技術や踏破性能の高いローバ技術を獲得し、地下水圏と生命指標探査により現在の火星がハビタブルかどうかの解明を主目的にしており、生命が現存する可能性のある地点をターゲットとした独自の科学探査を展開する構想となっている。

③ 学術研究構想の名称

戦略的火星探査：国際宇宙探査と連携した火星宇宙天気・気候・水環境探査(MIM)計画

④ 学術研究構想の概要

本計画の目的は、生命生存可能(ハビタブル)惑星成立の条件は何なのか、という人類の根源的な問いに対し、国際協働による火星探査によって挑むことにある。火星は、過去にハビタブルな環境を保持し進化の過程でそれを失った太陽系内天体として、今後の太陽系探査の中で国際的にも重要な探査対象である。かつてハビタブル環境を持っていた火星には、生命活動に重要な役割を果たした可能性のある過去の海洋水が、現在でも凍土や含水鉱物として地下に存在している可能性がある。すなわち、地下水圏、大気圏、宇宙環境の相互作用の帰結としての水環境進化を実証的に調べることができる惑星であり、本計画では、水の貯蔵と散逸過程に着目し「惑星大気進化に重要な大気上下結合、宇宙環境影響の理解」と「浅部地下を含めた H₂O の動

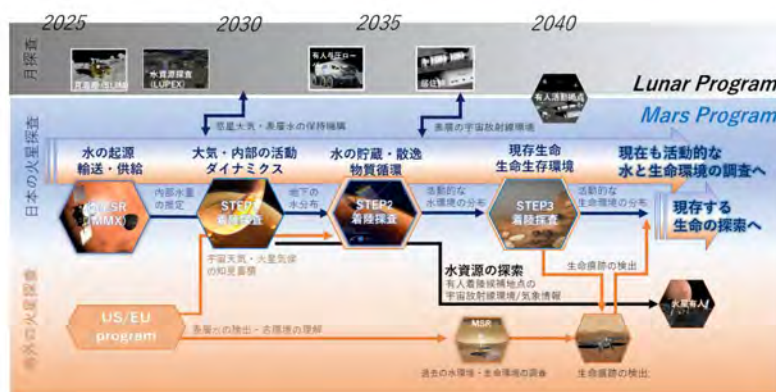


図1 3STEP 火星着陸探査プログラムの位置づけと科学目標(JAXAによる日本の国際宇宙探査シナリオ案 2025 より引用)

態と揮発性物質の起源を制約」を目指した探査を実施し、ハビタブル惑星環境の持続性の理解に貢献する。この目的実現のため、MIM 計画において、周回機に搭載する 2 つの科学機器パッケージと小型着陸実証機を担当することを計画している。工学的には次の本格着陸探査に向けた探査技術実証を達成するという目的も持つ。本戦略の前身（未来の学術振興構想 2023 年版戦略 No. 149）を発展させ、アルテミス計画の火星有人探査に向けた重要な事前探査を目指した提案となっており、宇宙放射線環境や表層・浅部地下水環境など、将来探査に不可欠な知見を提供することで、人類の活動域拡大にも貢献する。

⑤ 学術的な意義

生命生存可能（ハビタブル）惑星成立の条件は何なのかという問いに対し、太陽系におけるハビタブル環境の形成と進化の探求が重要となっている。火星は過去にハビタブルな環境を保持し、進化の過程でそれを失った天体であり、その大規模な気候変動を理解するためには、多量の水と CO₂ 大気が地下に貯蔵もしくは宇宙空間に流出した過程、特に激しく変動する太陽条件下での宇宙空間への水や大気の散逸機構の解明が喫緊の要請である。また火星の放射線環境や気象の理解は有人探査の観点から重要で、火星には、もしかしたら生命活動に重要な役割を果たした可能性のある過去の海洋水が凍土や含水鉱物として地下に存在している可能性があり、地下水圏、大気圏、宇宙環境の相互作用の帰結としての水環境進化を実証的に調べるができる。MIM 計画では、有人探査に向けた事前探査として中低緯度域の表層から深さ 10m 以内に存在する氷床のマッピングを達成目標とし、水の貯蔵と散逸課程の解明のため「惑星大気進化に重要な大気上下結合、宇宙環境影響の理解」と「浅部地下を含めた H₂O の動態と揮発性物質の起源を制約」に着目した科学観測を実施し、ハビタブル惑星環境の持続性の理解に貢献することを目指している。さらに本計画で得られる知見は、系外惑星がどのような大気と表層環境を持ちうるか（ハビタブル環境を持つか否か）を推定する知的基盤を提供するとともに、宇宙放射線環境や表層・浅部地下水環境の把握は、将来の着陸探査や有人探査に不可欠であり、工学的にも重力天体突入・降下・着陸に関する航空宇宙工学、ロボット工学等の幅広い発展が促され、総合的な技術の体系的な獲得が可能となる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

太陽系探査では、ハビタブル環境の形成と進化の探求が主要科学目標となっており、火星は国際的に重要な探査対象である。国際協働により人類の活動域が火星圏に広がろうとしている現在、日本が主導的役割を果たすためには、太陽の影響を受ける大気と浅部地下環境の共進化過程に着目した我が国独自の火星戦略探査の実施が喫緊の要請である。本計画は、JAXA の宇宙技術戦略 2025 にて、3STEP で実施する戦略的火星探査プログラムの STEP 2 として位置づけられ、太陽地球惑星圏研究領域の工程表 (SGEPSS) と惑星科学／太陽系科学研究領域の工程表（日本惑星科学会）にも記載され、日本学術会議の地球惑星科学分野における科学・夢ロードマップ 2020 の重点課題のうち、「生命をはぐくむ環境の普遍的理解」と「太陽地球・惑星系の理解と普遍化」の両方にまたがる分野横断的探査計画となっている。

⑦ 社会的価値

宇宙科学・探査は、知的資産を創出し人類の活動領域を宇宙に拡大するものであり、はやぶさ 2 などの我が国独自の探査の実施により、国民の期待が高まっている。ハビタブル環境の持続性を探る我が国独自の火星探査の実施は、STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) 教育に有用な題材を提供し、科学成果と技術実証を通じて理工学の幅広い分野で人材育成が見込まれる。本計画で得られる宇宙放射線環境や浅部地下帯水層の分布は、将来の有人探査に必須であり、我が国が国際的に主要な役割を担うことは、科学外交や安全保障の観点からも重要である。また宇宙用ロボットの防災・減災への応用など多様な産業シーズを包含し、小型・低コストシステムによる火星へ高精度着陸技術の獲得は民間企業参加の促進にもつながり、SDGs にも貢献しうる。

⑧ 実施計画等について

本計画は、国際協働により行う火星探査計画となっており、スケジュール詳細は国際調整中であるが、2035 年度の探査機打ち上げを目指している。日本担当分は JAXA (宇宙航空研究開発機構) が実施主体であり、科学検討や搭載機器開発等には、国内外研究機関から約 90 名 (学生を除く) の研究者が参画している。

総経費：380 億円 ※ただし、予算規模は一例であり、日本の貢献規模については複数の解を検討中である。

⑨ 連絡先

関 華奈子（東京大学先端科学技術研究センター）

惑星探査コンソーシアム

① ビジョンの概要

近年、小惑星サンプル回収が目覚ましい成果を上げた一方で、電波天文学は惑星系形成の現場を詳細に調査している。惑星探査と天文観測の接点から、惑星系の分子進化～物質輸送を俯瞰する学術領域が生まれる。他方で、国際宇宙探査の急激な進展は月・火星の科学が「人類の宇宙進出」に貢献することを強く求める。人類圏の宇宙拡大の中で分野融合、産学連携、国際協調と、惑星の起源や生命生存環境の探究が共に発展する未来を目指す。

② ビジョンの内容

2020年12月に「はやぶさ2」が地球に小惑星リュウグウのサンプルを持ち帰り、世界の惑星科学者、そして日本社会に衝撃を与えた。この成功は「はやぶさ」から「はやぶさ2」、「はやぶさ2」延長ミッション、火星衛星探査(MMX)、そしてふたご座流星雨の母天体フェートン探査(DESTINY+)へと続く日本の小天体探査シリーズを加速させた。他方で、電波望遠鏡の観測は天の川銀河内で今まさに生まれつつある惑星系の外縁部でのダストの形成を明らかにし、光赤外の大望遠鏡は我々の太陽系外側の海王星外縁天体の姿をとらえている。こうした地上観測が海王星外縁天体に、更には惑星探査機が持ち帰った小天体サンプルの分析へと繋がることで、天文学と惑星科学の境界に新しい学術領域が生まれようとしている。この世界的潮流にのって、惑星科学のコミュニティは、2030年代を目指した次世代小天体サンプルリターン計画を立ち上げた。しかし、こうした従来型の惑星探査プロジェクトには若手研究者を疲弊させるという弊害があった。

また、宇宙政策委員会の工程表が令和6年度に改定され、米国提案の国際宇宙探査計画(アルテミス計画)への参画が詳細に記載された。元々惑星科学分野では「かぐや」月探査の実績を生かして「惑星系形成の仕組みの解明」を行い、火星地下水圏の探査から「生命を育む環境の普遍的理解」に向かうための議論が行われている。国際宇宙探査は科学貢献を通して日本のプレゼンスを高める絶好の機会になる。一方で、国際宇宙探査は政策主導のトップダウンプロジェクトであり、民間事業者の参入とその基盤強化、裾野の拡大が科学に並ぶ重要項目である。20年後の月科学は純粋科学の域を超えて、資源探査、土木工学、宇宙農学などとの異分野間融合や産学連携、国際協調を中心に展開される。当面は、表層環境の理解と浅い地下構造の探査が月と火星に共通する中心課題になるだろう。そうした「実学」と、惑星の起源や生命生存環境探究という純粋科学を両立させるために、まずは惑星科学分野として強固な中核を形成し、宇宙政策の頻繁な転換に遅れを取らない体制を作る必要がある。

③ 学術研究構想の名称

惑星探査コンソーシアム

④ 学術研究構想の概要

惑星探査コンソーシアムは、今後20年間の惑星科学分野の発展を見据えて、研究基盤を整備し、共同利用するためのバーチャル中核研究所である。既存の小拠点ネットワークを活用して、効果的に、迅速に惑星探査科学の中核拠点を形成する。また、バーチャル拠点の可塑性を生かして、分野融合や産学連携、国際協調を進めて、ボトムアップ型とトップダウン型両方のプロジェクトが併存する20年先の未来においても日本が世界最高水準の科学成果を創出しているための環境を形成する。コンソーシアムは搭載機器開発、惑星探査シミュレーション、地球外サンプル分析、惑星探査データアーカイブの4部門と本部を置く。

⑤ 学術的な意義

他の惑星系でのダスト形成(電波天文観測)と海王星外縁部の天体のサイズと軌道(光赤外天文観測)、そして惑星探査が持ち帰るサンプルの分析結果を繋ぐことで、「原始惑星系円盤内の化学進化と物質輸送を明らかにして惑星系形成論を実証する」という新たな学術領域が生まれる。そのためには天文観測の精度・分解能を向上させるとともに、惑星探査がメインベルト小惑星や、さらに遠くの木星以遠の小天体まで到達してサンプルを持ち帰らなければならない。とりわけ、太陽系形成の鍵を握ると言われる雪線の位置をサンプルの同位体分析から明らかにすることが新たな学術領域でのブレイクスルーとなる。本構想はそのような大目標を夢で終わらせないための基盤形成を企図している。

国際宇宙探査における月探査の惑星科学的意義は、第一に、46億年前の地球・月系の痕跡を探し出し、生

命誕生以前の地球の姿を明らかにすることである。その痕跡がどこに見つかるか未だ誰にも分からないので、広域の調査が必要となる。第二に、地球型惑星に固有の大規模火成活動の変遷が月からも明らかにされている。月の海の玄武岩サンプルについて年代測定と化学分析を行うとともに、月震観測から深部内部構造を決定することで、月の海を形成した巨大噴火を解明できるだろう。火星でブレークスルーとなる探査は地下水圏と大気散逸の調査である。太古の火星を覆っていた大量の水は、現在の地表には存在していない。地下に潜ったか、宇宙に逃げたかのいずれかに違いない。火星表面を広く移動調査し、掘削を行うとともに、大気下層から超高層までの物理と輸送過程を解明し現在から太古に遡る火星気候モデルを構築することで生命生存環境の探究に重要である。地下掘削は月の水探査にも必須の重要技術である。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本構想に深く関わる宇宙研プロジェクトはボトムアップ型である。一方、トップダウン型の国際宇宙探査では、更に変化の激しい政策要求にコミュニティが臨機応変に対応しなければならない。学会の「来る 10 年」をコンソーシアムに取り込み強化して、多種多様な観測提案を用意しておく。海外では米国に SSERVI というバーチャル研究組織がある。NASA の資金支援を受けている点では宇宙機関と独立した本構想と異なっている。

⑦ 社会的価値

本構想では、2 種類のアウトプットにより惑星科学の社会的価値向上に貢献する。第一は、民間の宇宙開発事業者に向けたアウトプットである。搭載機器開発部門では民間企業との共同技術開発を取り入れる。惑星探査シミュレーション部門と惑星探査データアーカイブ部門で開発する数値計算コードやデータ利用ツールでも可能ならば開発に民間企業を導入し、オープンソースの民間利用を支援する。第二は、科学振興のためのアウトプットである。惑星探査データアーカイブ部門で開発するデータ利用ツールは国内外の一般の方々でも利用し易いようにインターフェースの簡素化に務める。地球外サンプル分析部門は全国の科学館・博物館と協力して、地球外サンプルの一般公開を促進する。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

26 年度：研究拠点形成事業や産学融合拠点創出事業に応募する。搭載機器開発部門は、26-27 年度に開発中の装置を月面 3 科学へ適応させる。惑星探査シミュレーション部門は 26-28 年度に火星大循環モデルの精度を上げ、29-31 年度には大気散逸を組み込む。32-34 年度には地下水圏と大気の相互作用モデルを作成する。地球外サンプル分析部門は 26-27 年度にサンプル分析施設の設計を行い、27-28 年度に建設する。惑星探査データアーカイブ部門は、26-31 年度の宇宙研ミッションに対してデータ公開とデータ解析ツールの提供、データアーカイブを行う。

<実施機関と実施体制>

コンソーシアムは以下の(1)～(4)の部門と本部からなる。

(1) 搭載機器開発部門は独自の機器開発と新規参入グループへのノウハウ伝授を行う。実施機関：立命館大学（ハブ）、立教大学、宇宙研。(2) 惑星探査シミュレーション部門は探査情報基盤を支える専門家を育成し、オープンコードを開発・管理する。実施機関：京都大学（ハブ）、国立天文台 RISE、神戸大学。(3) 地球外サンプル分析部門はサンプル回収装置の設計と検証、帰還サンプルの高次キュレーションを行う。実施機関：東京大学（ハブ）、宇宙研。(4) 惑星探査データアーカイブ部門はデータ処理機能の作成と維持、データ公開、アーカイブサイエンスを実施する。実施機関：会津大学（ハブ）

本部：部門間の連携、調整を行う。実施機関：会津大学、実施体制：事務支援員 1 名

<所要経費>

(1) 地球外サンプル分析は温度や湿度、清浄度が一定の環境で一貫した分析を実現するため、地球外サンプル分析部門の宇宙研ハブにサンプル分析施設を建設し、分析装置を集約する。(2) 各部門には研究開発環境の保守維持費と学位のための共同研究、人材育成スクール、技術講習会、運営協議会、外部評価、広報普及のための資金を配分する。(3) 各部門には 1 名の特任教授を配置する。また、本部には事務支援の短期職員 1 名を置く。(1)～(3)のため経費として総額は 10 年間で 30.5 億円を見込む。

⑨ 連絡先

竝木 則行（自然科学研究機構 国立天文台）

次期太陽観測衛星計画：SOLAR-C(高感度太陽紫外線分光観測衛星)

① ビジョンの概要

宇宙に如何にして高温プラズマが作られ、そのプラズマで満たされた宇宙空間が過去から現在までどのように発展してきたか、特に「太陽」がこの宇宙空間を通じて太陽系の地球や他の惑星にどのように影響を与えるのかの解明は、太陽系における生命と居住性の条件を確立する上で最も根源的な問いである。

② ビジョンの内容

太陽大気をはじめ、惑星磁気圏、惑星間空間、さらには宇宙空間のほとんどの領域はプラズマで満たされる。これらプラズマが過去から現在までどう作られ発展してきたかを理解すること、特に太陽が宇宙空間を通じて太陽系の地球や惑星にどのように影響を与えるのかは、生命居住可能環境の成立過程と持続条件を明らかにする上で今後数 10 年における最重要の科学課題に位置付けられる。

太陽研究は、地球や惑星に影響を与える源としての太陽を理解するため、太陽プラズマ現象を解明し、太陽と太陽圏環境を一つのシステムとして捉える「太陽圏システム科学」の構築を目指している。

太陽は、超高温太陽大気の形成と太陽風の流出(課題Ⅰ)、太陽フレア・コロナ質量放出の発生(課題Ⅱ)、によって絶えず地球や惑星に多大な影響を及ぼしている。また、これら太陽活動の源になる磁場は約 11 年周期で変動し、それに伴って太陽からの放射強度も変動する。太陽周期活動と放射強度の変動を駆動するメカニズム(課題Ⅲ)は、太陽からの地球や惑星への長期的影響を考える上で重要な研究課題である。

Ⅰについて、太陽表面の上空は 100 万度以上に達する高温プラズマに満たされ、高速の太陽風として流出する。地球などの惑星はこの太陽風の勢力圏内に存在し影響を受ける。しかし、高温大気がどのように形成され、どのように太陽風が加速されているのかは明らかではない。Ⅱについて、太陽表面の磁場に蓄積されたエネルギーが突発的に解放される太陽フレアは、紫外線やX線が通常期よりも数桁強くなると共に、コロナ質量放出や太陽高エネルギー粒子等、地上・宇宙空間の人類活動に脅威を与える。今後人類活動はこれまで以上に宇宙空間へと拡大し、月面有人探査プログラム「アルテミス」計画では、月軌道上や月面、さらには火星圏への進出が予定され、太陽フレア発生の事前予測(宇宙天気予報)へのニーズが増大している。

ⅠおよびⅡは、いずれも磁場とプラズマとが密接に相互作用することで生じる現象であるが、従来の望遠鏡では観測限界のために、その理解に迫ることができていない。本計画「SOLAR-C」は、その理解に迫るために、先導的な観測性能を持つ紫外線分光望遠鏡による太陽観測を 2020 年代後半に開始し、その観測によりプラズマ物理学や原子核物理などに関連した普遍的な宇宙プラズマの理解を推し進め、2030 年代に発展する太陽圏システム科学の物理的基礎とする。さらに、生命誕生時(約 40 億年前)にさかのぼった太陽地球環境の理解も目指すべく、Ⅲにも寄与する。太陽は、解像して観測できる唯一の天体であり、本計画で得られる普遍的な宇宙プラズマの理解を縦横に展開することで、天文学が目指す宇宙の理解に対して波及効果が期待される。

③ 学術研究構想の名称

次期太陽観測衛星計画：SOLAR-C(高感度太陽紫外線分光観測衛星)

④ 学術研究構想の概要

本計画は、太陽表面から太陽コロナ・惑星間空間までのエネルギーと質量の輸送を理解し、宇宙プラズマの中で普遍的に起きている基礎物理過程を検証する。太陽の磁気活動は、基本となる微細な構造間で受け渡される磁気エネルギーを源泉とし、彩層やコロナという高温大気を形成し、太陽面の大規模爆発現象から惑星間空間を乱す擾乱を生み出す。これらの成因を理解するため、基本となる磁気構造を広範な温度領域で追跡し、それらの運動や相互作用を通して、磁気エネルギーの輸送過程や散逸過程を定量化することを目的としている。観測装置として極端紫外線域の高分散撮像分光器を用い、太陽大気の彩層から太陽コロナに至る温度領域を隙間なく観測する。太陽大気全体にわたり、プラズマのダイナミックな現象に追従するため、観測装置は以前に飛翔したものに較べておよそ 1 桁以上の性能(空間・時間分解能、波長範囲)向上を見込む。



図 1 SOLAR-C のビジョン

⑤ 学術的な意義

本計画には太陽研究の優先度を示す2つの側面がある。一つは、太陽で起きる物理現象が宇宙で起きる物理現象に敷衍することができる点である。多様な太陽活動現象は宇宙に普遍的に見られるダイナミクスの雛形である。本計画で、天体プラズマで起きる物理現象の理解に重要な基礎物理過程の洞察や知見が得られ、それらは天体物理学の幅広い分野へ応用することができる。二つ目は、太陽の磁場構造やそこで起きる大規模な活動が、太陽系空間や地球磁気圏を介して地球周辺の宇宙空間環境（宇宙天気）を支配する点である。人工衛星や測位技術（GPS）など宇宙に基盤をおく先進的な技術への依存度が増え続けている現在、この宇宙空間環境の変動が直接、我々の日常生活にも結びついている。本計画は、地球環境、社会環境に直接影響を及ぼし得る、太陽からの大規模噴出や太陽風の起源と動力学に関する知見を大きく発展させるものである。突發現象の発生を物理的により確度をもって予測できるようになると、それらが社会インフラに及ぼすダメージを軽減することができるだろう。さらに、宇宙プラズマの基礎物理及び太陽の地球環境への影響の理解は、約40億年前に地球に生命が誕生した際の太陽地球環境の理解に発展させることができる。本計画はどのようにして地球に生命が誕生したかの理解にもつながる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

本計画は、彩層からコロナの隙間ない同時分光観測を行う衛星に国際的に位置付けられる。太陽光球～彩層の磁場計測は大型地上望遠鏡 DKIST（NSF：2022 年運用開始）により、コロナ高解像度撮像は MUSE 衛星（NASA：2020 年代後半）により実現され、本計画はこれらとの戦略的・相補的な連携観測を実現する。また、2020 年代後半には Solar Orbiter（ESA）が太陽に接近し内部太陽圏の観測や太陽極地方の撮影を行う。



図2 SOLAR-C 衛星の外観

本計画は DKIST の太陽表面観測と、探査機による内部太陽圏観測とを物理的に結びつける観測を行い、太陽表面からコロナ・惑星間空間へのエネルギー・質量輸送の理解において中心的役割を果たす。その観点から、本計画は国内外の太陽・太陽圏コミュニティにて最優先で実現すべき計画として位置付けられている。

⑦ 社会的価値

天文学分野の中で、国民が実社会との関わりを感じやすいのが太陽の研究である。太陽フレア爆発・噴出により社会インフラである気象・通信衛星や発電システム等が影響を受けるほか、太陽磁気活動が弱まった時期に地球が寒冷化したという事実があり、太陽活動が実社会に与える影響は大きい。輻射や太陽風・コロナ質量放出を通じて、太陽圏に広がる太陽大気の物理特性を理解することは、生命誕生時の太陽地球環境の推定に貢献し、太陽系の生命や生命居住可能環境に関する条件を確定するにも重要である。これらの研究に大きく寄与する本計画は、単に知的な好奇心に基づく価値に留まらず、国民生活になくてはならない高度化した社会的基盤の安全性確保にとって必要な学術的な知見を得ることができ、国民に理解されやすいものとなっていると考えられる。また、本計画における開発によって獲得される技術は、科学衛星のみならず、我が国の地球観測衛星や官需実用衛星等の高度化にも貢献することが見込まれる。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞ 打上げ目標を 2028 年度（2028 年 11 月）に置く。JAXA プロジェクトチームが 2024 年 3 月に発足、衛星システムおよび EUVST 望遠鏡の開発を進め、2028 年度中の完成を目指す。打上げ後、軌道上での性能評価後に、2 年間のノミナル観測を行う。観測データは速やかに公開される。

＜実施機関と実施体制＞ 実施主体は JAXA 宇宙科学研究所で、国立天文台が EUVST 望遠鏡開発において主導的な役割を担う。名古屋大学宇宙地球環境研究所（ISEE）は、観測データ校正等を行うサイエンスセンターを運営する。また、JAXA 主導の国際協力ミッションとして米国および欧州の宇宙機関が参加する。

＜所要経費＞ 235 億円。内訳は、衛星システムおよび EUVST 望遠鏡開発等の建設費 232 億円（予備費 22 億円を含む）、ノミナル2ヵ年の軌道上運用を行う運営費約 3 億円である。他に、米国および欧州各国が分担製作する分光器コンポーネントの開発費やデータ受信経費を負担する。

⑨ 連絡先

清水 敏文（JAXA 宇宙科学研究所）

長期有人宇宙活動を支える宇宙生命科学研究の基盤整備

① ビジョンの概要

数年後に迫る「ポスト国際宇宙ステーション (ISS) 時代」の宇宙利用研究に多様性と革新を生む道を創り、月軌道プラットフォーム (ゲートウェイ) や月面での実験にも発展しうる将来展開の礎を作るとともに、「宇宙惑星居住科学の確立」、すなわち宇宙環境を利用した多様な理学・工学の追求を進め、広範な科学、宇宙法や文化に関する社会科学、多様で調和のとれたコミュニティと連携し、宇宙での人類の長期居住の確立を目指す。

② ビジョンの内容

人類の宇宙開発・利用は、国際宇宙ステーション (ISS) に代表される国際協力活動を経て、月さらには火星への進出・長期居住を目標に発展しつつある。ISS を主要手段として進められてきた「宇宙環境利用科学」は、2019 年度深宇宙探査ゲートウェイ TF 報告書において、今後より多様な手段と機会を利用して「微小重力科学」と「宇宙生命科学」を重点的に進めることを謳っている。また、アルテミス計画における科学の検討事項においても、今後「長期間持続可能な活動領域を構築する」ことを目標に、生命維持／環境制御から食料生産 (植物栽培等) のシステム構築などが、これまでに獲得した宇宙技術を基に発展させていく技術要素

として挙げられている。その究極的目標は、「宇宙惑星居住科学の確立」、すなわち宇宙での生命と人類の長期居住の確立である。日本が世界においてイニシアティブを持って宇宙惑星科学を確立するためには、宇宙生命科学コミュニティに留まらず、JAXA、宇宙理工学、さらには宇宙法や文化に関する社会科学も加え、多様なコミュニティと調和的に連携した横断的学際学術振興を強力に推進する必要がある。

そこで、「宇宙横断的学際学術コミュニティ」の下、以下 2 つの柱となる構想を提案する。

課題構想 1：生命・理・工連携による継続的な宇宙生命実験の機会を広げるプラットフォームの整備：宇宙ステーションのみならず、超小型衛星等への搭載も容易な「宇宙生命実験標準ユニット」の開発。

課題構想 2：生命・理・工・社会・人文連携による月面における動植物育成研究設備の設計・設置、それらを利用した宇宙実験系や CELSS の構築。

③ 学術研究構想の名称

長期有人宇宙活動を支える宇宙生命科学研究の基盤整備

④ 学術研究構想の概要

本提案の学術研究構想は、宇宙での人類と生命の長期滞在の確立を目指す「宇宙惑星居住科学」という新領域を開拓し、確立するものである。そして、宇宙開発分野における競争・共同と地球周回軌道の「民営化」が現在急激に進行する中、本構想は、近い将来の月や火星等での現実的な居住を可能とする上で必要不可欠な宇宙惑星居住科学等のパイオニア的研究を、巨大な宇宙機関のみに依存せず、大学レベルでも可能にする。

⑤ 学術的な意義

「宇宙惑星居住科学」という新領域の開拓と確立は、人間や生命が宇宙環境で長期滞在・活動するための、物理・生命・社会科学を融合した包括的なアプローチであり、宇宙での持続可能な生活圏の創出や生命の適応機構の解明など、学術的・技術的に高い意義を持つ。

また、本提案によるシステムの「小型化・標準化」は、超小型衛星への標準搭載ペイロードの 1 つを確立し、宇宙生命実験のすそ野を広げる。将来的な宇宙生命科学研究のプラットフォーム構築による実証・実験機会の飛躍的増大につながる。

宇宙惑星居住科学の発展は、単に宇宙開発を目的とした研究のみならず、地球環境や人類の永続性と福祉の向上にも還元可能であり、また未来を担う広範な分野の次世代育成にもつながる。



図 1 ビジョン概要

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

宇宙惑星居住科学の確立は、全人類が今や目指すところである。これまでの国際宇宙ステーションの運用が、国際協力の下で実施されてきたのと同様に、宇宙惑星居住科学研究も、アメリカ(NASA)、ヨーロッパ(ESA)、ロシア、日本(JAXA)、中国が中心になり、進められている。現在、各国が探査機、ロケットを独自に開発し、宇宙開発を先導しようとしているが、宇宙生命科学を軸とした研究開発は、現時点では構想のみで、実施できていない。我が国が宇宙生命科学を軸とした宇宙惑星居住科学研究を発展させ、世界を先導するためには、国家プロジェクトとして、早急に進める必要がある。

⑦ 社会的価値

今日、「宇宙ビジネス」という言葉が象徴するように、宇宙開発は日本のみならず全世界が強い関心を持ち、各国が競ってロケット開発に力を入れている。一方、宇宙での長期滞在のリスク、課題に関しては一般国民に浸透していないのが実情である。この要因は、国際的にも宇宙環境が生命に及ぼす短期・長期的影響の研究が途上であるためである。したがって、安心・安全に宇宙に進出するためにも、宇宙生命科学は、我が国のみならず国際的にも早急に進めるべき課題である。本提案は、宇宙滞在でのリスクや課題を克服し、人類が安心・安全に宇宙に進出するための学術研究構想である。よって、日本が世界を先導して宇宙惑星居住科学を進めることの社会的価値は、我が国のみならず、国際的にも絶大である。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

本構想の実施計画、スケジュールは 2024 年度～2032 年度を想定する。すでに東北大学、帝京大学では、「宇宙生命実験標準ユニット」の開発が各大学の支援の下実施されている。これらの研究実績をベースに、まずは東北大学で開発中の「宇宙生命実験標準ユニット」のフライトモデルを 2027 年度内に完成させ、2028 年度までには宇宙フライト実験を実施し、装置を検証する。東北大学の宇宙生命実験標準ユニットでは、植物を搭載した実験を想定しているが、2026 年度からは、各研究者、コミュニティが研究目的に合わせた宇宙生命実験標準ユニットの設計・開発を実施する。利用者を増やすことにより、より汎用性の高いユニットの開発に繋げることができる。

課題 1

中核実施機関：東北大学、千葉大学、北海道大学、群馬大学、富山大学、東京薬科大学、筑波大学、徳島大学、九州大学

所要経費：研究設備・「宇宙生命実験標準ユニット」の開発・運用費として 30 億円、人工衛星に搭載した宇宙実験の運営費として 20 億円

2023 年度以降：汎用性宇宙生命実験標準ユニット研究設備の設計・開発（継続中）

2025 年度～：新たな汎用性宇宙生命実験標準ユニットの設計・開発（継続中）

2028 年度：東北大開発汎用性宇宙生命実験標準ユニットを用いた宇宙実験の実施

2029 年以降：順次開発した宇宙生命実験標準ユニットを衛星に搭載し、生命科学実験を実施する。

課題 2

中核実施機関：大阪公立大学、東北大学、千葉大学、東京大学、北海道大学、京都大学、東京薬科大学、東京医科歯科大学、量子科学技術研究開発機構、徳島大学

所要経費：月面への運搬、設置費用・運用費として 85 億円

2024 年度：月面での CELSS 構築を目指した WG を設置し、構築に必要な課題要素の洗い出しを行う。必要に応じて、宇宙生命実験標準ユニットの開発、ISS を利用した宇宙実験の準備を開始する。

2025 年度以降：宇宙生命実験標準ユニットを利用した宇宙生命科学実験の実験結果を踏まえ、月面での閉鎖生態系生命維持システムの設計、設置方法、運用方法、環境リスク評価に関して日本としての方針を取りまとめる。その後、アメリカ、ヨーロッパ、カナダとの調整に入る。

2027 年度以降：研究設備の月面への運搬、設置の準備。

2030 年度：月面での研究設備の設置開始

⑨ 連絡先

高橋 昭久（群馬大学重粒子線医学研究センター）

人類のフロンティア拡大を牽引するシームレスな宇宙輸送ネットワークの実現

① ビジョンの概要

宇宙空間や月惑星圏における人類活動拠点の拡大に向け、地上から月惑星圏を網羅するシームレスな宇宙輸送ネットワークの確立を目指す。輸送のみならず、太陽系宇宙惑星環境に関わる探査、人文・社会科学分野における宇宙での社会形成・法整備や規範づくりに関わる学術研究と連携し分野横断で取り組む。

② ビジョンの内容

全地球規模のエネルギー問題、気候変動、環境破壊等の社会問題が顕在化しており、地上のみにいてこれらを解決することは困難な状況になりつつある。一方で、宇宙は、地上と連続する人類の日常的な活動領域へと変貌しつつある。今世紀中には、宇宙における人類活動は、これまでの「国家主導型」から、より多くの人が自由意思に基づいて新たな活動領域を展開する「自由創造型」の段階へ移行すると考えられる。このような未来からバックキャストして、今後 30 年を見据えた宇宙開発の目標として、以下の 4 つを掲げる。

1. 一人ひとりの自由な移動を実現する技術と制度
2. エネルギーや食糧の循環を含む軌道上インフラの構築
3. 物流と人流の効率化と安全確保
4. 人類に調和と平和をもたらす社会規範の制定

4 つの目標実現の鍵となるのが、「地上から月惑星圏までを網羅する自在性の高い宇宙輸送ネットワークの確立」である。このネットワークの確立が従来の工学の枠組みを超え、新しい融合学術体系を創成するとともに宇宙空間における人類の協調と発展に寄与すると確信するものである。

③ 学術研究構想の名称

人類のフロンティア拡大を牽引するシームレスな宇宙輸送ネットワークの実現

④ 学術研究構想の概要

図 1 に宇宙輸送系ロードマップを示す。今後約 10 年間に於いて軌道間輸送ネットワークを形成すべく、往還型輸送機と軌道上ロジスティクス技術の開発に向けた研究を行う。日本の特色として、エアブリーザ型再使用輸送機に必要なシステム技術と基盤技術を獲得し、この往還型輸送機システムの早期の飛行実証を目指す。軌道上ロジスティクスについては軌道上中継拠点などのインフラの実現を目標とする。獲得した宇宙輸送系技術は、地上から深宇宙領域への人や物資の高頻度大量輸送を実現して、2030 年代以降の人類の活動領域や生活圏を大きく拡大させるであろう。人類が有人宇宙活動の領域を広げる上で重要な太陽系科学・探査の分野においては、深宇宙空間に中間補給拠点を置くことで、長期間かつ高頻度の探査活動が可能となり、継続的かつ多様な観測・実験の実施が促進される。その結果、太陽系内の環境のみならず生命の起源に関する理解が大きく進むことが期待される。

⑤ 学術的な意義

この学術研究構想では、大型ロケットが主流となる世界の宇宙輸送動向において、エアブリーザを搭載した独自の輸送システムの確立を提案するものである。エアブリーザを搭載した宇宙往還機は、日本を含め諸外国でも研究開発が行われているが、日本の研究は多岐にわたって展開されており、研究者の層の厚さと実績で海外に対して優位性がある。さらに日本では 1990 年代より単段式再使用ロケットの研究が継続されており、この技術にエアブリーザを融合させることにより、高効率な宇宙輸送システムを、世界に先駆けて実現することを目的としている。このシステムの実現は今後の宇宙利用や宇宙事業を飛躍的に発展させ、「地上二地点間輸送（地上の長距離間における超高速輸送）」への技術的波及効果も期待できることから本研究の価値はきわめて高いといえる。軌道上ロジスティクスは、宇宙往還機と軌道間輸送機に加え、軌道上拠点から構成される。軌道上拠点では太陽光等を利用した発電・蓄電システムが必要となる。これらの研究と開発を通

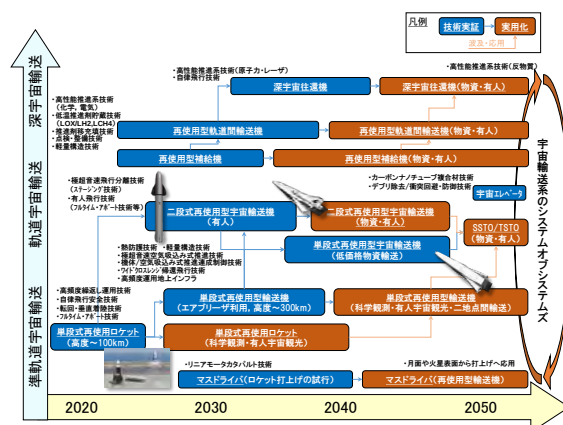


図1 宇宙輸送系ロードマップ

じて、基盤学術分野を極限的環境条件へ拡張し、分野横断的な連携により新しい学術領域の創成を目指す。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

現在の宇宙ステーションの後継開発が、米国民間企業によって主導されている。中国では 2022 年に独自の宇宙ステーションの建設が完了し、運用開始されている。また、アルテミス計画はスケジュールが延期されているものの、民間企業による月面着陸の成功が相次ぐなど、月周回軌道や月面に多くの物資や人を輸送する段階になりつつある。これに伴い、人類の宇宙滞在に必要な生命維持や社会システム形成に関する議論が高まっている。国内では、文科省が令和 4 年 7 月に「革新的将来宇宙輸送システム実現に向けたロードマップ」を取りまとめ、「高頻度往還飛行型を官民連携で開発する」としている。以上のように、本提案は国内外の研究動向を的確にとらえたものであり、国内外の取り組みにも貢献が期待できる。

⑦ 社会的価値

本提案は人類の活動領域の拡大をもたらし、人びとの情熱を人類全体の持続的発展と幸福実現に繋げることが目的としている。人類が、地球圏宇宙、さらにその先へ活動領域を広げることで、膨大な未知に触れることができる。未知との遭遇は、宇宙開闢や生命誕生などの解明に繋がる。本研究構想は人類全体に有形・無形の大きなベネフィットをもたらすものである。また、宇宙開発・利用において日本が世界にプレゼンスを示すことは国民の誇りでもあり、社会的な価値は想像を絶するほど大きなものになると考える。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞ 2020 年代に、エアブリーザ型再使用宇宙輸送機の研究を加速させ、実現に向けた技術的見通しをつける。軌道上ロジスティクスについては、基盤技術研究に早期着手する。また、有人飛行、高性能推進系の技術研究に取り組んでいくことにより、再使用型宇宙輸送機（有人仕様）や再使用型補給機の 2030 年代の実用化に向けて技術実証につなげていく。また、宇宙輸送ネットワークの社会実装に向けて、人文・社会科学分野との連携研究を展開する。2030 年代初頭から順次、単段式再使用ロケットによる科学観測ミッションや有人宇宙観光の運用段階に移行する。使いきり輸送系と再使用型輸送系を適切に組み合わせ運用する。2030 年代に実用化される技術を組み合わせ、2040 年代には地上二地点間輸送を可能とする単段式再使用型輸送機の実用化を目指す。再使用型軌道間輸送機も 2040 年代には実運用段階となる。

＜実施機関と実施体制＞ 本研究構想は、日本航空宇宙学会の「宇宙ビジョン 2050」や JAXA 宇宙科学研究所の「宇宙輸送系開発研究の中長期戦略」と連携するものであり、構想に携わる機関は多岐にわたるが、長期の研究となるため進捗状況に応じて体制見直しを行いながら進めていく。

主体的に進める機関は日本航空宇宙学会で、本構想全般にわたってコミットする。日本ロケット協会は日本航空宇宙学会と協力して全般にコミットする。日本ガスタービン学会は、推進システムやエネルギー変換にかかる要素技術について連携を進めていく。ターボ機械協会は、社会インフラ構築に関する研究推進機関として連携を進める。日本マイクログラビティ応用学会は、微小重力環境に関する学際的研究分野の実施機関として連携を進める。日本惑星科学会は、「惑星科学の実行に必要な技術等を作る」の観点から本提案の内容にご賛同頂いている。日本スペースロー研究会は、宇宙の社会形成や規範づくりを目指して連携する。JAXA は宇宙航空分野の中核的機関であり、積極的に連携の議論を進める。

＜所要経費＞ 700 億円

本構想は技術研究・技術開発と宇宙飛行実証のフェーズに大別される。

■技術研究・技術開発フェーズ

往還型再使用輸送機では、技術検討のための数値計算や試験などの費用として 50 億円を想定する。軌道上ロジスティクスでは、技術研究のために 50 億円を想定する。

■宇宙飛行実証フェーズ

地上インフラの整備には 150 億円、観測ロケット搭載型実証は往還型再使用機と軌道上ロジスティクスにそれぞれ 50 億円×各 2 回で計 200 億円を想定する。全体システム自律飛行実証は、サブスケール機の試作、再使用型・再突入飛行試験に 200 億円を想定する。人文・社会科学関連の研究費は、各種調査費や備品購入などに 1 億円を想定する。総額 700 億円を想定しており、成果はその後の軌道上宇宙飛行実証試験に繋げる。

⑨ 連絡先

内海 政春（国立大学法人室蘭工業大学）

太陽 X 線・ガンマ線観測衛星 PhoENiX

① ビジョンの概要

宇宙・物質・空間は何故できたのか？太陽系と生命はどのように生まれて来たか？これらは宇宙科学における根本的な問いである。この非常に大きな問いに挑むために、我々は「高いエネルギーにまで達するプラズマ加速現象の普遍性と、太陽や恒星におけるプラズマ加速現象が惑星の環境と居住可能性に与える影響を理解する。」というビジョンを設定した。これは、科学の観点だけでなく、宇宙に生きる我々の活動にも関わるビジョンである。

② ビジョンの内容

このビジョンの前半は、宇宙・物質・空間は何故できたのか？という問いに直結するものである。宇宙を満たす物質は、そのほとんど (99%以上) がプラズマ状態にあると考えられており、宇宙の至る所で超高温状態や加速状態 (温度という指標では測れない高エネルギー状態) になったプラズマが見つまっている。これはプラズマがエネルギーを獲得して加速されていることの査証であり、これらの現象の普遍性を理解することは、宇宙の活動を理解する上で不可欠である。そして、この普遍性の理解において鍵となるのが、磁気再結合と呼ばれるプラズマ中のプロセスである。磁気再結合は、磁場中に蓄えられた磁気エネルギーを爆発的に解放し、そのエネルギーを熱や運動エネルギーに変換することができるため、プラズマの効率的な加熱・加速機構として注目されている。さらにこのプロセスは、様々なプラズマ環境で発動することが可能で、宇宙における様々な規模の爆発現象に関係していることがわかってきている。我々は、この磁気再結合を手がかりとし、エネルギーの解放・変換・輸送を理解することで、宇宙の活動の普遍性に挑む。



図 1 PhoENiX 計画イメージ図

一方、このような高エネルギー現象は、太陽や地球磁気圏においても発生しており、その影響は時に甚大なものとなる可能性がある。例えば、太陽でフレアが発生すると、通信障害、GPS 測位精度の低下、電子機器障害、高高度にいる人体への放射線障害、大気膨張による衛星軌道の変化 (衛星の落下)、高緯度地域での停電などを引き起こす可能性がある。GPS や衛星通信といった人工衛星を用いたインフラが社会生活に不可欠となり、月への進出など人類の宇宙活動が今後益々盛んになる昨今、太陽フレアの発生およびその影響範囲を調査・予測することが急務となっている。これは宇宙天気予報と呼ばれ、一般にも報道される機会が増えている。このような動きは、本ビジョンの後半の重要性を裏付けるものと言える。

一方、このような高エネルギー現象は、太陽や地球磁気圏においても発生しており、その影響は時に甚大なものとなる可能性がある。例えば、太陽でフレアが発生すると、通信障害、GPS 測位精度の低下、電子機器障害、高高度にいる人体への放射線障害、大気膨張による衛星軌道の変化 (衛星の落下)、高緯度地域での停電などを引き起こす可能性がある。GPS や衛星通信といった人工衛星を用いたインフラが社会生活に不可欠となり、月への進出など人類の宇宙活動が今後益々盛んになる昨今、太陽フレアの発生およびその影響範囲を調査・予測することが急務となっている。これは宇宙天気予報と呼ばれ、一般にも報道される機会が増えている。このような動きは、本ビジョンの後半の重要性を裏付けるものと言える。

③ 学術研究構想の名称

太陽 X 線・ガンマ線観測衛星 PhoENiX (Physics of Energetic and Non-thermal plasmas in the X-region)

④ 学術研究構想の概要

本 PhoENiX 計画は、太陽フレアをはじめとする、太陽での高エネルギープラズマ現象を観測・研究対象とし、人工衛星を用いて X 線とガンマ線を観測する計画である。そしてビジョンの実現に向け、

- ・太陽において、プラズマはどのようにして超高温にまで加熱されるのか？
- ・太陽において、粒子はどのようにして加速・輸送されるのか？
- ・太陽において、粒子のエネルギーはどのように熱的・非熱的成分に分配されるのか？

という 3 つの科学目標を設定した。そのために、高いダイナミックレンジ (明るい場所も暗い場所も同時に観測できる能力) を確保した軟 X 線～硬 X 線の 2 次元集光撮像分光観測 (空間、時間、エネルギー分解能を同時に有する観測) と、高精度の硬 X 線～軟ガンマ線の偏光分光観測 (時間、エネルギー分解能と偏光診断能力を同時に有する観測) を行う。これらの観測手法を用いた太陽の観測は、世界初の試みであり、高精度ミラーと高速度カメラ・高精度検出器といった日本が持つ最先端国産技術を用いて実現する。衛星の打ち上げは、第 26 太陽活動周期の極大期付近 (2036 年頃) を目指している。

⑤ 学術的な意義

PhoENiX 計画が観測・研究対象のひとつに据えるのが、太陽フレアである。その理由は、地球からの距離が

近く、磁気再結合が生み出す構造群を空間分解して観測できる唯一の宇宙プラズマ現象という極めてユニークな特徴を持つからである。しかし、この様に観測対象として恵まれた特徴を持つ太陽であっても、太陽フレアにおける高エネルギー現象、特に粒子の加速機構は、その理解に至っていない。その理由は、粒子の加速にはマイクロからマクロなスケールの物理が介在しているが、太陽フレアの場合、そこに 1m~1 万 km という 7 桁ものギャップが存在するためである。加えて、観測手法・技術の限界から、既存の高エネルギープラズマの観測は、グローバルスケール (10 万 km) に留まっているのも理由である。本計画は、この状況を打ち破り、太陽フレア粒子の加熱・加速・輸送・エネルギー分配を理解することを目的とし、プラズモイドや衝撃波といったマクロスケールの加速源候補を空間・時間・エネルギー分解し、定量的な評価を行う。加えて数値計算も活用し、観測情報から物理 (マクロスケール以下の物理を含む) を引き出す。このように本計画が実現すれば、粒子の加速機構解明のために埋めるべき 7 桁のスケール間ギャップのうち、2 桁以上を埋めることが可能となり、粒子の加速を含めた太陽フレアの理解に大きなブレークスルーをもたらすことができる。

一方、宇宙プラズマにおけるギャップはさらに大きく 15 桁以上に及ぶものもある。本計画によって太陽における高エネルギー粒子の物理の理解を進めることは、様々な宇宙プラズマ環境での高エネルギー現象の理解の足掛かりとなり、宇宙の活動を統一的に理解する上で極めて重要な第一歩となると期待される。

また、この様な基礎学問的な価値に加えて、太陽フレアの発生およびその影響範囲を調査・予測することが宇宙天気観測から急務となっている。太陽フレアが生み出す高エネルギー粒子の詳細な観測を行う本計画は、この観点からも極めて重要な役割を果たす。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

近年、太陽における高エネルギー現象、特に、太陽フレアにおける粒子の加速を研究する流れが世界的に高まっている。本 PhoENiX 計画を主導する日本チームも参加する観測ロケット実験 FOXSI の大成功を受け、太陽フレア硬 X 線観測衛星のコンセプトが欧米で検討され始めている。また、科学検討においては、粒子加速研究のためのサイエンスセンターが NASA の予算で設立されるなど、ホットな研究トピックとなっている。

国内においては、太陽フレアも観測対象とする高感度太陽紫外線分光観測衛星 SOLAR-C が 2020 年代後半の打ち上げ予定で推進されている。この衛星では、加速された粒子の情報を得ることは困難であるが、加速を生み出す背景場の情報を詳細に診断することが可能であり、本計画実現時には大きな相乗効果が期待できる。

このように太陽研究の黄金期を迎えようとしている状況の中、本計画は、唯一、軟 X 線帯域からの集光撮像分光観測と軟ガンマ線帯域での偏光分光観測を行えるユニークな装置を備えており、他の計画と相補的であると同時に、その独自性の価値が高く評価されている。

⑦ 社会的価値

太陽は最も身近な天体であり、そこで起きる現象の理解は知的価値だけに留まらない。例えば、太陽フレアによって生成される高エネルギー粒子や X 線などの電磁波は、地球周辺の宇宙環境に大きな影響を及ぼす。本計画が目指す太陽フレア粒子の加熱・加速・輸送・エネルギー分配の理解は、フレアによる宇宙天気変動の理解や社会環境への影響の把握を通じて社会へ貢献し得る (SDGs 目標 11 「住み続けられるまちづくりを」への貢献)。また、日本は 1980 年代から世界の X 線観測をリードし第一級の科学成果を創出してきたが、本計画は、X 線観測を発展させてきた高エネルギー宇宙物理分野と太陽物理分野の連携の系譜を汲んだ計画であり、日本が育んできた科学研究、高等教育、観測技術を継続、発展させていく上でも重要である (目標 4 「質の高い教育をみんなに」)。加えて本計画は、高精度ミラー、半導体検出器、金属 3D プリンターなどの最先端技術を活用しており、工学・産業分野との連携で成り立っている。本計画を通じて新たな技術の獲得が進んでおり、今後も更なる波及効果が期待できる (目標 9 「産業と技術革新の基盤をつくろう」)。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画＞ 打ち上げと観測開始は、第 26 太陽活動周期の極大期付近である 2036 年頃を想定。

＜実施機関＞ 本計画は、宇宙航空研究開発機構・宇宙科学研究所 (ISAS/JAXA) の公募型小型計画の枠組みの中で構築する計画で、実施機関は ISAS/JAXA を想定している (計画採択後に ISAS/JAXA 内に体制構築予定)。

＜所要経費＞ 約 180 億円 (概算) ※ 検討~2 年間の運用に必要な経費。運用延長の場合は別途経費が必要。

⑨ 連絡先

成影 典之 (国立天文台・太陽観測科学プロジェクト)

月での持続可能な社会の構築を目指した「アカデミック・ハブ」構想による分野横断的な学術の振興

① ビジョンの概要

世界的な月探査・月面開発の機運が高まる中、高効率な人的・物質的資源循環システムを基盤として、月での持続可能な社会の構築・維持・発展を目標に、理工学そして人文社会科学分野をも横断・融合した学問分野での理論構築と実証、それに基づく新たな技術・制度と革新社会の創造を目指す。

② ビジョンの内容

「2050 年代に、月という限られた人的・物質的資源状況において、100 人から 1,000 人規模の文化的背景も異なるような多国籍構成員による快適な社会を構築する」ことを想定し、その実現、ひいては地上での、人類全体の先進的で快適さをもった持続可能な社会発展に寄与する総合的な学術研究の促進をビジョンとする。本ビジョンの実現のために、模擬試験場およびオープンイノベーションを起こす叡智と学術の集約を目的として、先進的・分野横断的・国際的な学術交流を創造し、促進する場を「アカデミック・ハブ」と名付ける。

●今後 20～30 年頃まで先を見通したビジョン

図 1 に示す通り月面ミッション前に地上で実証実験を行う必要がある。10 年ごとに人数を 5 倍、水などの供給量を増加させ QOL を向上させる。また、地上実証施設は公開される予定であり、月面テーマパークのように遊びながら学ぶことができ、入場料を研究資金の一部とする。

③ 学術研究構想の名称

月での持続可能な社会の構築を目指した「アカデミック・ハブ」構想による分野横断的な学術の振興

④ 学術研究構想の概要

・将来の月での持続可能な社会構築・維持・発展をするための、理工学そして人文学分野を含む学問分野での理論構築と実験を行う。1) 月面探査、2) 資源リサイクリング実証、3) 遠隔とその場の複合操作による建設実験、4) 多様な構成員社会のシステム検証、5) 持続可能な月面社会プロトタイプ創成。

・アカデミック・ハブにおいてミッションシナリオを作成し、図 2 の技術ロードマップを具体化する。

⑤ 学術的な意義

現在、人類は様々な宇宙活動を経て、月そして火星への活動圏拡大を具体的な目標として掲げている。今までの宇宙での科学実験により、宇宙の特徴的な複合環境が広範な物理・化学・生命現象に強く影響する事実が明らかになってきた。

これまで航空宇宙工学および宇宙居住科学連合に加盟する研究者は、それぞれの研究に近い既存専門分野を中心に活動してきたが、最近の急速な分野の枠を超えた複合領域化や科学と技術の

融合、あるいは人文社会系と自然科学との連携に、十分に対処できない状況が生じている。これらの課題に対処し、係る学術体系を確立して、宇宙における人類の発展を総合的に図るためには、関連した分野間の連

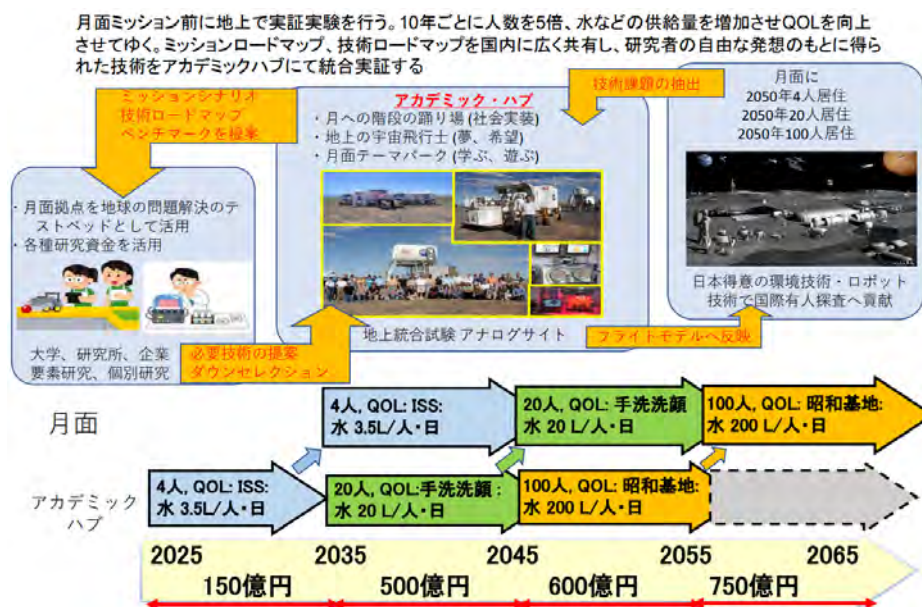


図 1 月での持続可能な社会の構築を目指した「アカデミック・ハブ」構想による分野横断的な学術の振興の概要

携強化が不可欠である。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

宇宙滞在についての研究と関連する施設は世界に複数存在するが、いずれも旧来の宇宙工学を目的としている。

⑦ 社会的価値

当該構想は、技術開発、文化・学術的交流、幅広い分野でのオープンイノベーション、スピノアウトも含めた成果の波及を狙う。

⑧ 実施計画等について

●実施機関と実施体制

大学、JAXA、民間企業、地方自治体等がアクセスしやすい仮想的組織を目標に準備室を設置し、日本航空宇宙学会を中心に「宇宙惑星居住科学連合」に参画する学協会から支援をえて検討チームを選。日本宇宙放射線研究会、日本マイクログラビティ応用学会、日本宇宙生物科学会、日本宇宙航空環境医学会、生態工学会、宇宙人類学研究会、京都大学宇宙総合学術研究ユニット、東京理科大学スペースコロニー研究センター、徳島大学大学院医歯薬学研究部宇宙食品産業・栄養学研究センター、同志社大学宇宙医科学研究センター。

第1段階：検討チームは3年間で、有人宇宙ミッションの検討シナリオを作成し概念検討を進めた後、地球環境保護や物質循環に関する大型ファンドに申請し資金を裏付ける。月面基地の検討項目は多岐にわたり図2に示す通り、輸送、ロボット、建設、エネルギー、資源、放射線防護、医療・健康、空気・水・廃棄物、食糧などの各要素技術は当然必要であるが、多様な構成員による長期滞在可能な拠点・発展を前提とする社会基盤を想定し、理工系の検討項目のみならず法整備、ビジネス、文化・芸術に関する検討も進める。各要素技術の方向性をそろえ、必要な技術を広く世に問うために月面基地のシナリオおよびロードマップをインターネット上に公開する。

第2段階：大型資金を獲得したのちにスタートする。まず研究施設を建設する用地を確保し専従職員を雇用する。各要素技術はトップダウンで発注するのではなく、各地の研究機関、企業が月面基地のシナリオおよびロードマップに刺激され自発的な発想に基づき生み出した技術をダウンセクションして行く、アカデミック・ハブは技術を育てるインキュベーターであるとともに、研究ペクトルを収斂させる役割を担う。各要素技術の検討が進んだ段階で統合した設計を進める。当初は4人程度の滞在規模の地上施設を建設する、さらに10年ごとに20人、100人へと地上施設を増築して行く。

⑨ 連絡先

桜井 誠人(宇宙航空研究開発機構)

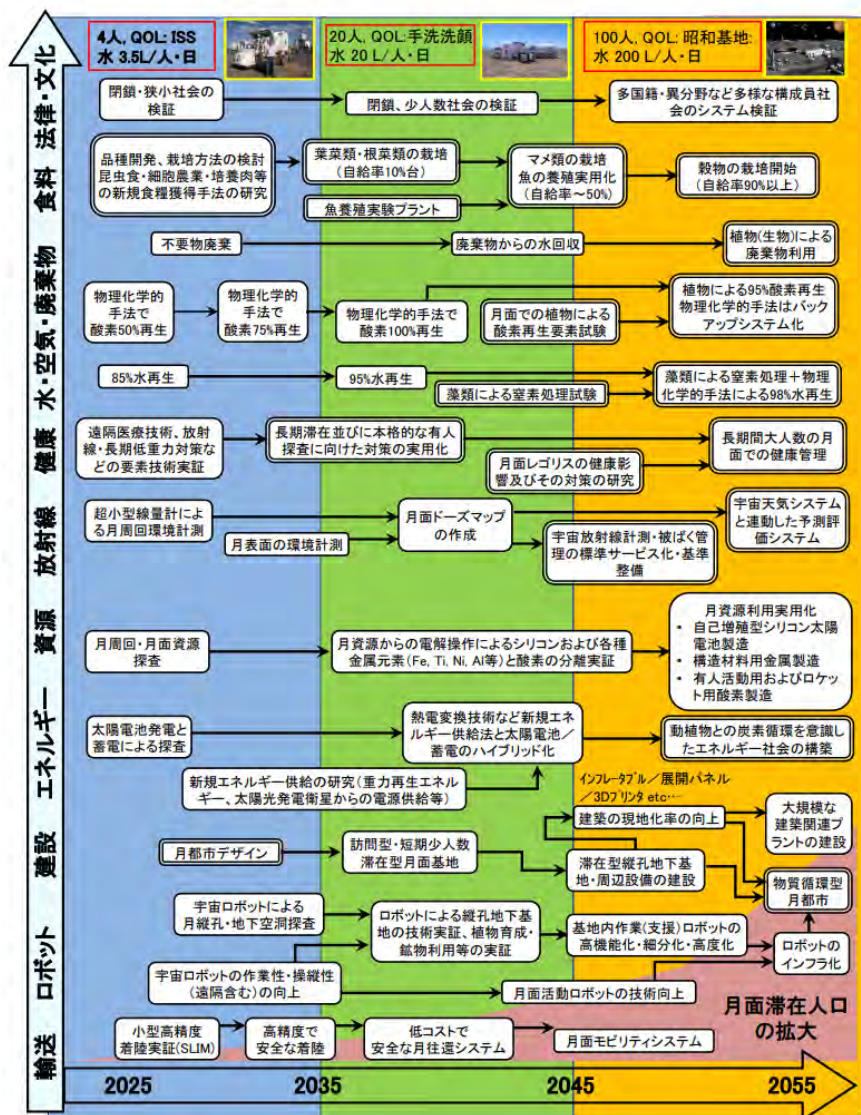


図2 月面拠点建設へのロードマップ

(一重囲みは物理化学的手法、二重囲みは生物的手法のイメージ)

人類の宇宙圏進出を支える「宇宙人間学：アストロ・ヒューマニクス」の創出

① ビジョンの概要

有人宇宙活動は、単なる探査から、人類が長期に生活できる「安全・快適・持続可能」な生活圏の拡張へと移行しつつある。その中心課題は、宇宙における人間の身体的・精神的ウェルビーイングをいかに維持・向上させるかである。本提案では、この課題を中心軸に据え、

- ・宇宙におけるヒトの身体・精神のウェルビーイング（医学・芸術・スポーツ・文化）
- ・宇宙における安全な住環境と資源循環（宇宙農業・宇宙建設）
- ・宇宙輸送の高効率化・持続可能性（宇宙推進工学）

を統合する新学問領域「宇宙人間学：アストロ・ヒューマニクス」を創出する。これにより、人類が宇宙環境に適応しながら持続的に活動できる社会基盤を構築し、人類の長期生存戦略としての宇宙圏進出を支える。

② ビジョンの内容

人類が宇宙に長期滞在するためには、輸送技術や居住施設の整備だけでなく、人間が健康で文化的な生活を維持できる環境を総合的に設計する必要がある。本構想では、「宇宙における人間のウェルビーイング」を中心に据え、その実現を支える二つの基盤技術を統合する。

第一の柱は、宇宙におけるヒトの身体・精神のウェルビーイング研究である。長期宇宙滞在では、筋力・骨量低下、放射線被曝、閉鎖環境による心理ストレスなどの問題が生じる。本研究では、iPS細胞やゲノム解析を

用いた個別化医療・予防技術の開発、VR/ARやスポーツ、芸術活動を活用したメンタルヘルス維持法の構築など、医学・心理学・体育科学・芸術を融合した新しいウェルビーイング科学を確立する。これにより、宇宙での生活を「耐える環境」から「楽しみながら健康を維持できる生活空間」へと転換する。

第二の柱は、宇宙における安全な住環境と資源循環の構築である。月・火星での持続的活動には、地球からの補給に依存しない生活基盤が不可欠である。本構想では、省資源型自動栽培技術やロボット農業による食料生産、模擬月・火星地盤を用いた資源採掘・建材生成実験を通じて、現地資源利用（ISRU）に基づく宇宙建設技術を確立する。これにより、生命維持・食料・インフラを統合した資源循環型宇宙居住モデルを実現する。

第三の柱は、これらを支える人と物資の宇宙輸送システムである。月・火星への往還や深宇宙探査を実現するため、MPDスラスタやレーザー推進などの次世代電磁推進技術を基盤とした高効率輸送システム、および月、火星をはじめとする他天体への離着陸宇宙機化学推進システムを開発する。

これら三つの領域を統合することで、人類が宇宙環境で持続的に生活できる新しい学問体系「宇宙人間学：アストロ・ヒューマニクス」を創出する。

③ 学術研究構想の名称

人類の宇宙圏進出を支える「宇宙人間学：アストロ・ヒューマニクス」の創出

④ 学術研究構想の概要

本構想では、宇宙における人間中心の生活圏構築を目標として、以下の五つの研究領域を推進する。

[1]宇宙医学・ウェルビーイング

iPS細胞やゲノム解析による放射線リスク予測、VR/AR、スポーツ、芸術活動を活用した健康維持・メンタルヘルス研究。

[2]宇宙農業・資源循環

閉鎖環境での自動栽培、遺伝子編集作物、ロボット農業により持続可能な食料供給システムを構築。



図1 アストロヒューマニクスのビジョン

[3]宇宙インフラ建設

月・火星模擬地盤を用いた資源採掘・建材生成実験により ISRU 型宇宙建設技術を確立。

[4]宇宙推進

他天体への離着陸を可能とする宇宙機化学推進技術や MPD スラスタやレーザー推進など次世代電磁推進技術の研究と実証。

[5]人文社会科学

宇宙法、宇宙経済圏、宇宙文化・スポーツなど、宇宙社会の制度設計。

これらを融合することで、人類の宇宙生活を支える総合学問領域を確立する。

⑤ 学術的な意義

本研究は、人類が宇宙を新たな生活圏として持続的に利用するための学術基盤を構築するものであり、特に宇宙における人間のウェルビーイングを中心に据えた総合科学である点に独創性がある。

宇宙医学研究は放射線医療や健康寿命延伸に寄与し、宇宙農業は食料安全保障やスマート農業の新しいモデルを提供する。宇宙建設技術は持続可能なインフラ技術として地球社会にも応用可能であり、宇宙推進研究は次世代モビリティやエネルギー技術の革新につながる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

アルテミス計画などにより月面拠点構築や ISRU 研究が進む一方、輸送・居住・健康・文化を統合した学術体系は世界的にも確立されていない。本構想は、人間のウェルビーイングを中心に据えた「宇宙人間学」という新しい枠組みを提示し、日本が国際研究拠点として主導的役割を担うことを目指す。

本戦略は、グランドビジョン⑰における宇宙科学ミッション(No. 163、No. 166)、惑星探査コンソーシアム(No. 162)、宇宙輸送ネットワーク(No. 165)、宇宙生命科学研究基盤(No. 164)、月での持続可能な社会構築(No. 167)、戦略的火星探査(No. 161)といった既存の中長期戦略を、人間中心の宇宙社会形成へと統合し、更にその先として人間の身体的・精神的ウェルビーイングまでも包含する役割を担うものである。

⑦ 社会的価値

本構想は、宇宙研究を通じて多様な社会価値を創出する。宇宙医学研究は健康寿命延伸や医療技術の発展に寄与し、宇宙農業や資源循環技術は持続可能社会に貢献する。宇宙スポーツや文化活動は新産業創出につながり、国際共同宇宙活動は人類の協調と平和に寄与する。

⑧ 実施計画等について

全体を統括する「アストロ・ヒューマニクスセンター」を筑波大学に設置し、JAXA をはじめとする、筑波研究学園の国立研究機関と連携して分野横断的研究を実施する。また、建設業界や食品業界、医療関連業界などと連携した、産官学コンソーシアムを立ち上げる。その際には、2026 年 3 月に構想協議会が発足した筑波研究教育機構（仮称）と積極的に連携する。

本構想では全体期間 10 年間のうち、前期 3 年で、以下の研究基盤を整備し、運用を開始する。

- ・「アストロ・ヒューマニクス」センター
- ・高効率宇宙推進研究施設（電気・化学）
- ・大型高真空チャンバー共用施設（宇宙輸送および滞在のための機器開発）
- ・宇宙農産物生産研究施設
- ・宇宙医学研究施設

中期 3 年では、センター機能の整備、他組織との連携・国際連携体制の構築、大型設備での基盤技術開発を実施し、後期 4 年で、成果の社会実装、月面実証実験に向けた応用技術開発を目指す。

総事業費は約 800 億円とする。

⑨ 連絡先

松島 亘志（筑波大学システム情報系）、亀田 敏弘（筑波大学システム情報系）

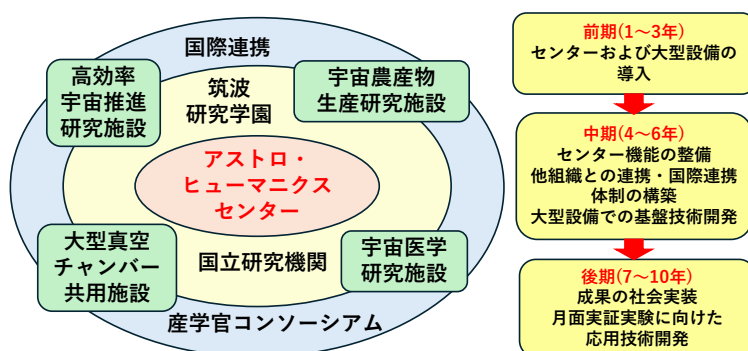


図2 研究体制と実施スケジュール

宇宙望遠鏡 JASMINE による近赤外時系列位置・測光天文学で拓く 天の川銀河と系外惑星の探究

① ビジョンの概要

時系列位置・測光天文学に特化した近赤外線宇宙望遠鏡の実現により、我々の住む天の川銀河の形成と進化を探究するとともに、生命居住可能領域に存在する地球に似た系外惑星の探究も行うことによって、「人類はなぜ宇宙にいるのか」「我々は宇宙で孤独なのか」という我々の存在自体を問う人類が抱く最も根源的な疑問の解明に貢献する。

② ビジョンの内容

20 世紀後半の天文学・宇宙物理学の進展により、宇宙は 138 億年前に超高温状態からビッグバンと呼ばれる膨張を経て現在の姿になったこと、また、太陽以外の恒星のまわりにも普遍的に惑星が存在することなど科学的に大きな知見が得られた。21 世紀はこれらの発見を引き継ぎ、『宇宙・物質・空間は何故できたのか』『太陽系と生命はどの様に生まれて来たのか』が大きな課題である。これらの課題は、どのように私たちの住む天の川銀河(以下、銀河系)、そして惑星にいたる宇宙の構造が形成されてきたのか、そして銀河系や惑星はどの程度の普遍性・多様性を持っているのかといった具体的な問いへとブレークダウンできる。銀河系は、構成する個々の星について、精密かつ詳細に明らかにできうる今後数十年以内で唯一の銀河である。また、銀河系内には生命を育んだ地球という惑星が実際に存在しており、惑星や生命の研究と銀河の研究を直接結びつ

けることが出来る唯一の銀河でもある。つまり、銀河系は、他の銀河には適用できない研究を行うことが可能であり、非常に良い「実験場」となる。銀河系を探究するにあたっては、個々の星の距離や運動速度が重要な情報となる。これらの情報は、天球面上の星の位置とその時間変動に対する観測(位置の時系列データ)、すなわち位置天文観測によって与えられる。銀河系中心核領域(図 1 参照)は、銀河系形成や進化の鍵を握ると考えられているが、星間塵による吸収効果(星間吸収)のために可視光観測が困難であり、位置天文観測としてはほぼ未開拓な領域である。そこで、中心核領域の構造と進化を、星間吸収の影響が小さい近赤外線に特化した宇宙望遠鏡による位置天文観測で明らかにし、人類の誕生にも関わる銀河系全体の解明に貢献する。

宇宙における人類・生命というテーマからは、我々は宇宙で孤独なのか、という素朴な問いが生じる。我々が生まれた地球を特別なものとしているのは海洋の存在である。液体の水が惑星の表面に存在できる条件を「生命居住可能領域」という。恒星の大きさや温度によって生命居住可能領域の位置も変わるが、その範囲に位置しているのであれば、生命の発生にとって太陽が特別である理由はない。そこで、生命探査に有望で近赤外線での観測が適した M 型星を宇宙望遠鏡での重点的な対象とし、恒星の明るさの時間変動(測光の時系列データ)を観測する(図 2 参照)。これにより生命居住可能領域に存在し、大気観測を行うことのできる地球型惑星の有無を明らかにし、生命探査に貢献する。

③ 学術研究構想の名称

JASMINE (赤外線位置・測光天文観測衛星)

④ 学術研究構想の概要

JASMINE は、JAXA 宇宙科学研究所(以下、宇宙研)の公募型小型計画宇宙科学ミッションでの実現を目指し、主鏡口径 36cm 程度の光学望遠鏡により近赤外線帯域(0.9~1.6 μm)で、天の川銀河の中心核領域の恒星の位置天文情報を高精度に求める世界初の位置天文観測専用の衛星計画である。中心核領域方向の数平方度の天域の 10 万個以上の星に対して、最高精度では 25 μ 秒角の年周視差精度を提供する。観測データは、カタログとして世界の研究者コミュニティに公開する。さらに、赤外線位置天文観測での高い測光能

天の川銀河の中心核領域探究

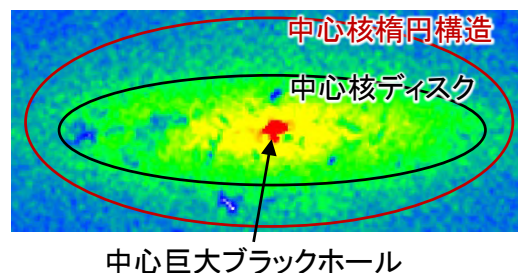


図 1 天の川銀河(銀河系)の星が密集する中心核領域の図。この領域には、銀河系中心からの半径が 600 光年程度と考えられる中心核ディスク、さらにその周辺にも広がっていると想定される力学的に異なった構造(中心核楕円構造)が存在することも示唆されている。図中の中心核領域の星の分布図は Nishiyama et al. (2013)からの抜粋。

力を活かし、太陽より小さく低温の恒星(中期 M 型星)周りの生命居住可能領域にある地球型惑星の探索も行う。

⑤ 学術的な意義

銀河系は、我々自身が居住するという意味で特別な存在であり、銀河としては最も身近な存在であるが、その物理的特徴や起源については未解明な点も多い。銀河系を精密かつ詳細に観測し、その構造、形成、進化を明らかにすることは、他の多くの銀河の形成、進化を解明するための手がかりを与える。銀河系中心核領域は、銀河系バルジや棒状構造と銀河系中心との物理的関係をつなぐ重要な領域であり、様々な年齢をもつ星が、年代に応じて異なった空間構造と運動分布をもって今も存在している。JASMINE では近赤外線を用いることで、世界で初めて中心核領域の恒星の高精度な距離と運動を測定し、得られた力学的構造を基に中心核構造の起源と進化の解明という「銀河系中心考古学」の遂行を目指す。

さらに JASMINE の高い測光能力と連続観測を活用して、中期 M 型星周りの生命居住可能領域にある地球型惑星をトランジット観測によって検出する。系外惑星の生命探索にとって、惑星が恒星の前面を通過する「トランジット惑星」であれば、惑星が恒星面を通過するときに惑星の大気により恒星光が吸収されるため、これを大型望遠鏡などで分光すれば大気の情報得られる。中期 M 型星は、NASA のフラグシップミッション JWST にとって最適な明るさであり、詳細観測のベストターゲットとなりうる点も特筆に値する。中期 M 型星を、生命居住領域の公転周期まで連続して安定して探索できる、他に類を見ない地球型惑星サーベイとなる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

15 億個以上の星の位置天文情報を提供している Gaia によって、位置天文学は質、量ともに大きく進展した大革命の時代を迎えようとしている。この時代にあつて、Gaia では測定が困難な対象として、銀河系中心核領域がある。JASMINE はまさにそれを対象としており Gaia を補完するものとして世界的な期待が大きい。系外惑星探索に関しては、NASA の系外惑星探索衛星 TESS より JASMINE の方が 20 倍程度も集光力が高く、地球型惑星の検出に対しては有利であり、国内初の衛星を用いた系外惑星探索という意義も持つ。

⑦ 社会的価値

銀河系中心核領域の星の高精度な距離・運動情報等を提供できることは世界初であり、人類の知的財産としての価値が極めて高い。さらに JASMINE は、地上での天文観測用に開発された高性能な国産赤外線検出器を、衛星搭載可能な仕様に開発して搭載する。開発が完成すれば我が国初の天文観測に向く高性能な宇宙用赤外線検出器となり、今までの外国企業独占による価格や技術情報制限の問題を打破できるとともに、国内産業の活性化につながると考える。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞ JAXA 宇宙研のミッション定義審査での議論をもとに記述するが、今後の進捗により変更があり得る。2025 年現在は概念検討段階であり、JAXA 宇宙研でのプリプロジェクト候補である。2025～2031 年度：開発(概念検討、概念設計、基本設計、詳細設計、製作・試験)、打上げ。

2032～2039 年度：初期運用、定常運用、データ解析、カタログの作製と公開。

＜実施機関と実施体制＞ 中心機関は、JAXA 宇宙研と国立天文台である。協力機関は、ハイデルベルグ大学、欧州宇宙機関(ESA)である。その他、University College London、大阪大学、鹿児島大学、京都大学、慶応大学、仙台高専、滋賀県立大学、東京大学、東京海洋大学、東京都立大学、東北大学、新潟大学、弘前大学、宮城教育大学等の国内外の研究教育機関の研究者の協力により実施する。

＜総経費&所要経費＞ 開発費・打上げ費・運用経費は、JAXA 宇宙研公募型小型計画の予算にて対応する。

⑨ 連絡先

鹿野 良平(自然科学研究機構・国立天文台 JASMINE プロジェクト)

系外惑星探索

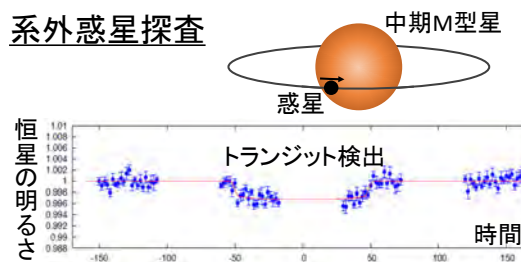


図2 中期 M 型星周りの生命居住可能領域にある地球型惑星探索のためのトランジット観測の模式図。図中のシミュレーション結果は、平野照幸氏(自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター)によるもの。

惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画 (LAPYUTA)

① ビジョンの概要

宇宙の「物質と空間の起源の理解」と「生命の可能性の探求」は人類の最も基本的な科学目標である。惑星探査と相補的な望遠鏡を最大限に活用し、太陽系天体の生命生存可能環境の理解を進める。その知見を系外惑星に拡張し、惑星系の多様性の理解に取り組む。物質と空間の起源については、銀河形成や重元素の起源についての未解決問題に取り組む。これらの課題に今後 10 年で先鞭をつけ、その後の大型計画と国際協力により理解の深化を目指す。

② ビジョンの内容

現在、多くの系外惑星が発見され、そこに生命をはぐくむ環境があるのか、が天文学の観測課題になっている。惑星科学分野では探査機による太陽系生命探査が行われようとしており、惑星科学と天文学が同じ目標に向かう時代に入りつつある。「生命の可能性の探求」に対しては、(1)惑星系の仕組みの解明、(2)生命生存可能環境をもつ天体の発見、(3)生命を育む様々な環境の理解、が必要と

されている。(1)では、我々にとって身近な太陽系内の天体を詳細に観測し、その環境を理解しつつ相互比較する。天体の直接探査に加え、地球周回軌道の宇宙望遠鏡や地上望遠鏡による観測が必要である。(2)では、地球型惑星大気の進化の中でどのように生命生存可能環境が獲得されるのか、地球とは異なる生命生存可能環境にどのような形態があり得るのか、を理解する。更にハビタブルゾーン内の系外惑星に対し、大気の特徴づけを通してその表層環境の推定を進める。(3)は LAPYUTA の直接のスコップからは外れるが、天文学、惑星科学分野の知見と、地球科学、生命科学の知見の融合が必要となる。

「物質と空間の起源の理解」に対しては、宇宙の大規模構造の中で銀河がどのように形成され、多様な星や惑星系が生まれてきたのかを理解する必要がある。宇宙の構造形成の歴史に残る基本的な問題のひとつが、銀河の形成過程である。宇宙には多種多様な銀河が存在するが、銀河形成に関わる様々なバリオン過程は、宇宙史を通して多くの課題と疑問が残されている。銀河形成の背後にある星形成とそれらを引き起こし抑制する物理過程を明らかにするための重要な観測的証拠を獲得していく必要がある。宇宙の物質進化においても、重元素の元素合成過程の解明など、根本的な問題が残されている。特に、鉄より重い重元素の起源は十分に分かっていない。中性子星合体や超新星爆発に伴う元素合成過程の解明が鍵となり、爆発直後に出現する高温ガス中の重元素の詳細な観測が不可欠である。

上述した課題は、今後 10 年で計画・実施する観測で先鞭をつけ、2040 年代に実現が可能となる大型計画への参画と国際協力を通じて、段階的に理解の深化を目指す。

③ 学術研究構想の名称

惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画 (LAPYUTA)

④ 学術研究構想の概要

宇宙の「生命生存可能環境」と「構造と物質の起源」の理解を目標とし、4つの科学課題に取り組む。太陽系天体に対しては、地球とは異なる生命生存可能環境を持つ天体として注目されている巨大惑星の水衛星と、過去に大量の水が存在したと考えられる金星・火星の大気散逸に焦点を当てる(課題1)。系外惑星では地球型惑星大気の初検出と特徴づけを目指す。また、系外惑星環境に影響を与える恒星活動にも着目する(課題2)。宇宙の構造と物質の起源の課題に対しては、宇宙の構造形成に残る銀河形成の問題(課題3)と、鉄より重い重元素の起源の問題(課題4)に焦点を当てる。LAPYUTAは紫外線の分光及び撮像観測により4課題の解決を目指す宇宙望遠鏡である。水衛星の表層から噴き出す水や惑星大気から散逸するガスにより天体には外圏大気・電離大気形成される。課題1と2では、多様な太陽系天体・系外惑星の外圏・電離大気を観測し、生命生存可能環境の多様性・普遍性の理解を進める。課題3では、銀河周辺物質の構造を調べ、宇

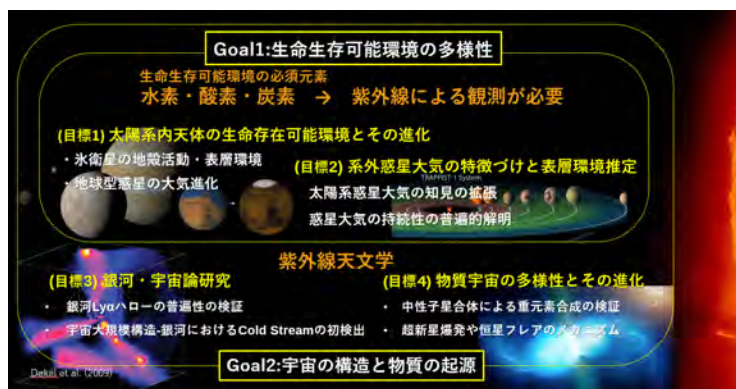


図1 LAPYUTAの科学目標

宙構造形成の枠組みで予言されたガスの流入による星形成を検証する。課題4では、中性子星合体直後の高温ガス中の重元素イオンの観測を通して、重元素合成過程を解明する。

⑤ 学術的な意義

LAPYUTA は、学術的に重要な2つの目標、宇宙の「生命生存可能環境の探求」と「構造と物質の起源の理解」の解明を目指す。

惑星環境の形態と進化を明らかにする上で、詳細観測が可能な太陽系天体は貴重な探査対象であり、生命生存可能環境の観点から、ガス惑星を周回する氷衛星と地球型惑星の大気進化の研究が惑星科学の焦点となっている。氷衛星は「第二のハビタブル環境」を持つ天体として、地球とは異なる生命生存可能環境の解明が期待される。金星・火星では、かつて存在していた大量の水が失われた要因の一つとして宇宙への流出が重要視されている。現在も生じている大気の流出量の空間および時間変化の法則性を見出すことで、歴史上で失われた水や温室効果ガスの総量に制約を与えることが期待される。太陽系天体の詳細な知見と、今後の天文観測から得られることが期待される系外惑星大気と恒星の情報を組み合わせることで、惑星系における普遍的な生命生存可能環境の理解を深める。生命生存可能環境の探求の背後には、宇宙そのものの進化や、宇宙の構造が現在の姿に至る過程についての根本的な興味がある。宇宙の構造形成史に残る基本的な問題として、銀河の形成過程がある。銀河形成の背後にある物理過程を明らかにするために欠落している重要な観測的証拠を新たに得ることによって、理論的な研究によって提案されている銀河形成のシナリオの検証が可能となる。宇宙の物質進化においては、中性子星合体の直後に出現する高温ガス中の重元素の観測によって元素合成過程が明らかにし、宇宙の物質進化の解明に寄与する。



図2 LAPYUTA 計画で実現を目指す
高精度紫外線宇宙望遠鏡

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

木星系の氷衛星は2030年代の国際探査の対象となっており、2035-2050年代に実施予定のESAのL-classミッションVoyage2050においても、Moons of the Giant Planetsが実施候補の1つに位置づけられている。火星、金星においても2030年代に複数の探査計画が予定されている。さらなる系外惑星の発見をめざす計画としてはTESS, JASMINE, NGRST(Roman), PLATOがあり、可視赤外線トランジット分光により大気観測を行うJWST, ARIELがある。一方で、ハッブル宇宙望遠鏡の退役後に紫外線波長域をカバーする高解像度の宇宙望遠鏡はなく、LAPYUTAは2030年代の紫外線観測プラットフォームと位置づけられる。その場の詳細観測を行う惑星探査と、空間構造を俯瞰する撮像観測を行うLAPYUTAの協調観測により、科学成果の最大化を目指す。

⑦ 社会的価値

LAPYUTA計画は、様々な太陽系内・系外の惑星の観測を通して、生命生存可能環境の形成・進化に関する普遍的な知見の獲得を目指す。地球の様な惑星システムとその進化過程の理解を深め、変化の途上にある地球環境の未来を科学的知見に基づいて予測し、人類の文明を持続するのに資する知的価値をもたらす。

また、キー技術開発を通して、国産技術の育成による宇宙ミッションの重要技術の安定供給にも貢献する。

⑧ 実施計画等について

実施計画は、計画の概念検討期間(3年間)、プロジェクト準備期間(3年間)、プロジェクト期間(開発6年、運用3年)、後期運用期間(9年)からなる。2024年8月にJAXAのプリプロジェクト候補移行審査を受審し、現在はプロジェクト準備期間にある。2026年度に予定されているJAXAでの選定プロセスに向けて実現性検討を進めている。プロジェクト準備期間では、高い空間分解能要求を早い段階で検証するため、ミッション部の主要部品を試作する。プロジェクト期間では、エンジニアリングモデルの製造と評価を通して、フライトモデルの設計と製造を行う。打ち上げ後は3年間のノミナルミッション期間に4つの科学課題を実現する観測を行う。プロジェクト期間終了後は、最長9年間の後期運用観測を実施する。

実施機関はJAXA宇宙科学研究所で、プロジェクト経費の試算額は180億円である。

⑨ 連絡先

土屋 史紀(東北大学)

国際電波望遠鏡計画 SKAO による現代天文学の開拓

① ビジョンの概要

現代天文学では、宇宙の初期状態の解明、惑星の誕生過程の解明、そして生命始原物質の生成の解明が重要課題である。大型電波干渉計建設計画 SKAO に参画することで、国際競争力ある世界最高の成果を得ながら、これらの課題の解決に挑む。天文学を中心に宇宙物理学、地球惑星科学を横断した新しい学問を開拓し、世界最大級の学術情報基盤の開発およびデータ科学の推進を通じて社会イノベーションに貢献する。

② ビジョンの内容

現代の天文学は、インフレーションとビッグバンを宇宙の開闢とする一様等方な膨張宇宙の描像を築く一方で、惑星系や星間物質の多彩な姿を明らかにしてきた。この相反する特徴を左右する、宇宙に広く存在する磁場と天体の源となる中性水素ガスの様相の、特に初期宇宙の状態の理解が十分に進んでいない。また近年、太陽系外惑星形成過程においては、ガス・ダストを成分とする惑星系円盤が多く発見されているが、そこから惑星が誕生していく過程が未解明である。さらに、地球外にて生命始原物質の発見がなされているが、その生成・進化過程の理解が待たれる。以上の現代天文学の重要課題の解明に必須な世界最大の電波干渉計計画 SKAO (Square Kilometre Array Observatory) によって、当該研究分野は飛躍的に進展する展望がある。日本は野辺山宇宙電波観測所 45m 電波望遠鏡やミリ波電波干渉計による研究を経て、日米欧の国際共同プロジェクト ALMA へ参加し、世界初のスペース VLBI 計画 VSOP、世界最高の位置計測精度を達成した VERA などでも多くの実績をあげてきた。また独自のシミュレーションを始めとする理論天文学、さらに惑星科学・地球物理学・データサイエンスを融合したコミュニティが成長している。これらの技術的・科学的な存在感から、日本が SKA の第 1 期から計画に参画することは国際的にも望まれている。年間 1 エクサバイトに達するビックデータを世界中の計算機にて分散管理するシステム SRCNet (SKA Regional Centre Network)、そしてそのデータから天体・天体現象を抽出するのデータ科学の開発と実践は、社会イノベーションに貢献する。

③ 学術研究構想の名称

国際電波望遠鏡計画 SKAO による現代天文学の開拓

④ 学術研究構想の概要

本構想が対象とする SKA 計画の第 1 期システムは、従来の 10 倍近い感度および空間分解能を達成する望遠鏡を 2030 年代に運用開始し、この波長でなければ達成できない科学目標に挑む。日本は「宇宙再電離」「宇宙磁場」「パルサー重力理論」を 3 大科学目標に定め、性能出し(AIV/CSV)や SKA 地域センター(SRCNet)において技術貢献中である。日本の経費は建設に総額 100 億円、運用に年 7 億円程度である。名古屋大学が実施機関となって国立天文台が支援し、国内の大学・研究機関とも役割を分担し貢献する。日本の研究者に SKAO の観測機会を供し、世界最高水準の成果を上げながら、人材育成や人的交流による研究力強化を狙う。SKAO は情報技術や省エネルギー技術の革新で社会波及効果が見込めるだけでなく、発展途上国の開発や国際交流・協力としての価値も高い。

⑤ 学術的な意義

メートル波・センチメートル波の観測は、宇宙電波の発見、中性水素輝線の発見、クエーサーや宇宙ジェット、星間メーザーの発見、パルサーの発見(1974 ノーベル物理学賞)、宇宙マイクロ波背景放射の発見(1978 ノーベル物理学賞)、パルサーからの重力波の間接証明(1993 ノーベル物理学賞)、様々な天体における磁場と高エネルギー粒子の発見、そして高速電波バースト(FRB)の発見など、天文学・宇宙物理学的の発展に多大に貢献してきた。SKAO はそのメートル波・センチメートル波で 2020 年代唯一の次世代大型望遠鏡である。SKAO の第一期システムは、宇宙再電離と呼ばれる未知で暗黒な時代の原初のブラックホールや銀河の誕生史の解明、その次代から今に至るまでの天体形成研究のボトルネックであった磁場の分布と形成進化の解明、パル



図 1 SKAO の想像図。左側が南アのアンテナ群で、右側が豪州のアンテナ群が合成され描かれている。

サーの精密観測による人類初のナノヘルツ重力波の検出とその源である巨大ブラックホールの成長史の解明およびアインシュタイン重力理論の検証、中性水素量の探査範囲の大幅拡大による銀河のガス量の解明、原始惑星系円盤での惑星形成過程の解明およびアミノ酸探査による生命誕生の謎の解明、マルチメッセンジャーや時間領域天文学の開拓、そして地球規模の VLBI に貢献する。我が国においては、Subaru、ALMA、XRISM や TMT という望遠鏡に、従来なかったメートル波・センチメートル波電波の研究が加わることで、協調かつ相乗的に日本の研究者からの国際的に優れた研究成果の成果創出に貢献できる。SKA1 のような巨大な国際計画は、少子化の中で次の世代の若手研究者を呼び込み、そして育てる大きな求心力でもある。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

SKA の構想は 1990 年頃にボトムアップ的に生まれ、様々な検討を経て SKA0 へと集合した。世界各国は SKA0 の先行機で科学的成果を得つつ、その装置の開発で技術実績を積み上げている。日本は特に SKA 先行機を用いた研究が進む「宇宙再電離」「宇宙磁場」「パルサー重力理論」を 3 大科学目標に定める。国立天文台サイエンスロードマップにおいて「優先度が極めて高いプロジェクト」として評価を得ている。技術面は国内 VLBI 研究のヘリテージを活かし、AIV/CSV への人的貢献や VLBI システムの開発、高周波受信機(Band6)の開発を構想する。SRCNet の開発にも貢献する。技術貢献は参加が遅れると機会を逸するため緊急性がある。

⑦ 社会的価値

国連 SDGs「4. 質の高い教育」総合科学の要素がある天文学は STEM 教育や生涯教育の推進に役立つ、「7. 近代的エネルギーへのアクセス」AI・ビッグデータの効率的な処理技術や高信頼性・高耐久性の技術、省エネルギー環境技術の振興に寄与する、「9. 産業と技術革新の基盤」周波数が共通な電波通信の情報通信技術と大容量データ転送技術の開発に寄与する、「10. 人や国の不公平をなくす」グローバルサウスも深く関わる多国籍計画の中で EDI の価値を理解し国際性のある人材の育成と国際親善に貢献する、「17. パートナーシップ」社会インフラ整備に資するとともに発展途上国との共同研究開発を通じて技術支援も叶う。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞AA0.5 と呼ばれる最小アンテナアレイの建設が LOW は終了し MID は実施中。今後 AA1、AA2、AA*、AA4 と拡大し、AA2 の段階で当該周波数において世界最高性能に至り、AA*や AA4 にて従来よりも飛躍的な性能を獲得する。AA*の観測は LOW で 2030 年、MID で 2032 年を予定し、並行して AA4 の建設に進む。日本は AA*から AA4 へ拡大する際、MID アンテナ 60 台分の受信機・デジタイザ・コンプレッサー等の調達に関わる予定。コミュニティが参加を支持する限り、SKA0 への参加を継続する。

＜実施機関と実施体制＞SKA0 は条約にもとづく政府間機構であり意思決定は SKA0 評議会が行っている。評議国は SKA 条約を批准したオーストラリア、カナダ、中国、ドイツ、インド、イタリア、オランダ、ポルトガル、南アフリカ、スペイン、スウェーデン、スイス、イギリスの 13 カ国に加えて、フランスと韓国も参加間近である。日本は条約には加わらない連携国での参加で SKA0 評議会の理解を得ている。名古屋大学が、資金管理、地域センター運営、科学検討などに責任を持ち、これを支援するプロジェクト室を国立天文台に設置して、マネジメント、外交交渉、技術貢献を担当する。山口、熊本、鹿児島、大阪公立、石川県立の各大学・宇宙科学研究所の技術貢献も予定する。日本 SKA 協会（登録約 280 名）を中心に 500 名規模・40 機関以上の多様な研究者コミュニティを基盤とした体制で臨む。人事交換プログラムや若手ポストを創設することによって、国立天文台や大学間での人的交流も促進し、競争力の強化と若手研究者の育成を目指す。

＜総経費＞第一期システムの建設から初期運用までの総経費は 2022M€、うち建設費に 1117M€、運用費に 905M€ である。2031 年以降の定常運用経費は年間 123M€と積算がある。SRCNet の建設経費は 250M€、2031 年以降の運用経費は年間 35.4M€と推定する。

＜所要経費＞研究者コミュニティの大きさと科学計画から、日本は目標値として 2%程度の貢献を行い、それに応じた観測時間を得たいと考えている。為替レートを 170 円/€と想定すると、所要経費は 100.53 億円、うち第一期システムの建設および開発に 87.51 億円、SRCNet 日本ノードの開発運用に 7.79 億円、そして国内経費に 5.23 億円である。2031 年以降の運用経費は年間 7.24 億円、うち第一期システムの運用経費に 4.67 億円、SRC 運用経費に 1.26 億円、国内経費に 1.22 億円である。

⑨ 連絡先

土居 守（国立天文台台長）

惑星間宇宙望遠鏡による新時代のダストフリー天文学の創成

① ビジョンの概要

「宇宙や銀河はどのように生まれたか？」－ この根源的な問いに直結する可視光・赤外線・銀河系外背景光を、多様な分野の研究者が協働し解明する学術構想を提案する。本構想の軸は、これまで近地球軌道にとどまっていた宇宙望遠鏡を革新的な宇宙機により惑星間空間へ輸送し、地球近傍のダストに邪魔されない究極の精度で初期宇宙を観測する「惑星間宇宙望遠鏡」の実現により、新時代の天文学を創成することである。

② ビジョンの内容

銀河形成以前の宇宙史を解明するには、宇宙で最初に生まれた星やブラックホールなどの原初天体を捉える必要がある。しかし宇宙初期の原初天体は極めて暗く、それらを個別に観測することは難しい。本構想では、多数の原初天体の光を視線積分した銀河系外からの宇宙背景放射として精密に観測し、銀河形成以前の宇宙を大局的に明らかにする。これまで日本のグループが中心となり赤外線の宇宙背景放射を精力的に観測した結果、既知の天体では説明のつかない放射成分が検出された。その起源は未解明であるが、これらは原初天体による紫外線が赤方偏移したもの、さらにはビッグバン元素合成の最初に生成された宇宙背景ニュートリノの崩壊光子の寄与の可能性があり、それらの検証は宇宙論に最大級のインパクトを与える重要な課題である。しかし、地球近傍から観測する限り、手前にある惑星間ダストの太陽光散乱(黄道光)や熱放射が強く、それによる光子ノイズや系統誤差により宇宙背景放射の観測精度が著しく制限される。本構想では、惑星間ダストの前景放射による感度限界を突破するため、ダストが希薄な深宇宙惑星間空間から宇宙背景放射の観測を行う「惑星間宇宙望遠鏡」(IPST - Interplanetary Space Telescope)を実現する。そして、現行のスペース天文学を、IPST を手段とする新世代の「ダストフリー天文学」へパラダイムシフトさせる。

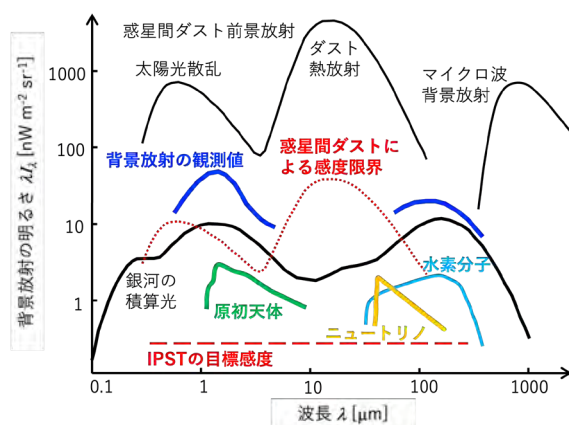


図1 宇宙背景放射に寄与する宇宙初期天体のスペクトル、およびIPSTの目標検出感度

③ 学術研究構想の名称

惑星間宇宙望遠鏡による新時代のダストフリー天文学の創成

④ 学術研究構想の概要

本研究の目的は、可視光・赤外線の宇宙背景放射をかつてない高精度で観測し、未開拓である宇宙の晴れ上がり前後の残光を捉えることで、宇宙史を解明することである。IPSTを黄道面外あるいは小惑星帯より遠方の深宇宙に投入すれば、原初天体や背景ニュートリノ崩壊光子の存在証拠を明確に検出できるようになる。そして、スペース天文学を「ダストフリー天文学」へとパラダイムシフトさせる。

⑤ 学術的な意義

構造形成理論から予想される宇宙で最初に生まれた星やブラックホールなどの原初天体を捉えることは、一様なビッグバン宇宙から複雑な銀河宇宙への相転移を解明するための架け橋であり極めて重要な課題である。また、赤外線の宇宙背景放射の観測による宇宙背景ニュートリノの検出に成功すれば、素粒子物理と宇宙論に最大級のインパクトのある成果となる。世界中の研究者が宇宙マイクロ波背景放射の観測を重点的に行う中、赤外線の宇宙背景放射の観測意義に気づきその研究を開拓しようとする研究者は数少ない。我が国が独自に創成した科学を追求し、将来の我が国の基礎科学研究の軸として大きく展開するべきであると考え、本提案に至った。我が国の惑星探査および宇宙工学の研究分野においては、「はやぶさ」等の探査技術が大きく進展し、この技術は国内でIPSTを実現するうえでも不可欠なものであり、その技術発展は将来の我が国の惑星探査の基幹技術になると考えられる。

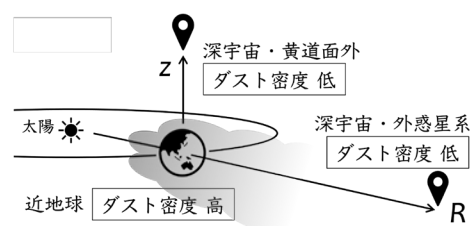


図2 深宇宙の惑星間空間に軌道投入するIPST

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

近年、宇宙背景放射観測の重要性が認識され、将来は NASA が惑星探査機を用いた天文観測の計画を進める可能性がある。日本が主導して切り拓いた宇宙背景放射の研究は、日本発のアイデアである IPST で発展させる。我が国では、世界に誇る探査技術の工学的な優位性と惑星科学や宇宙背景放射の観測的研究とを融合し、他国では成し得ない独創的な研究を推進できると期待する。

⑦ 社会的価値

「はやぶさ」や「はやぶさ 2」により惑星探査の価値に対する国民的な理解が得られた。従来の宇宙望遠鏡は、惑星探査機のような動きがなく、一部の熱心な人以外にはその科学的価値までも面白くないものと見做されることもあった。これに対して本計画は、惑星間を航行する活動的な宇宙望遠鏡であることから、興味と理解が得られる期待がある。実際に本計画を講演会や SNS 等で紹介すると、天文ファンだけでなく惑星探査ファンを含む幅広い方から反響がある。本計画が目指す銀河形成以前の宇宙史の解明や宇宙背景ニュートリノ初検出はノーベル賞級の成果であることは誰もが疑わないであろう。IPST の実現に必要な外惑星領域の探査技術は、地球月圏での産業応用も期待される。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

IPST 計画の実施構想は、今後 5 年程度内に観測ロケット実験のアップグレード実験や、JAXA 宇宙科学研究所を中心とした OPENS プログラム構想の第一弾として土星圏を目指す「外惑星探査小型実験機（OPENS-0）」の航法カメラを活用して IPST のキー技術の外惑星領域での原理実証を行い、それらをベースとして 2040 年以内に小口径の IPST pathfinder を JAXA プロジェクトとして実現することを想定している。その後は大型の IPST を国際協力のもと実現し、我が国の外惑星探査が活気にあふれる宇宙大航海時代の実現と併せて、宇宙望遠鏡が惑星間空間を往来するダストフリー天文学の新時代を迎えることを目指す。

（機関名・役割）

関西学院大学・観測ロケットによる可視近赤外背景放射観測、可視赤外域の望遠鏡と検出器の開発

九州工業大学・超小型衛星による可視光背景放射観測

東京都市大学・IPST の環境調査として惑星探査機による黄道光観測、小型衛星機器の開発

筑波大学・観測ロケットによる背景ニュートリノ崩壊の遠赤外光子探索、超伝導検出器の開発

JAXA 宇宙科学研究所・太陽系外惑星領域での独自探査技術の研究開発、外惑星探査小型実験機（OPENS-0）計画による宇宙実証、惑星間ダストのその場観測や光学特性の理論的研究

東京科学大学、横浜国立大学・ソーラーセイルの研究開発

ほか国内大学・宇宙背景放射、銀河形成、惑星間ダストなどの理論的研究

＜総経費＞ 今後 10 年で 200 億円程度（ただし分野横断ミッションの総計）

＜所要経費＞

今後約 5 年間は、IPST の技術実証や観測ロケットを用いた準備実験、JAXA プロジェクト提案へ向けた宇宙機および搭載機器の具体的な設計検討や開発の期間とし、実施期間や実施内容の不定性が大きい、少なくともプロジェクト化へむけた検討やコミュニティ維持に予算が必要である。次に、JAXA/ISAS の公募型小型計画「Eco & Fast カテゴリー」第一弾として採択された外惑星探査小型実験機（OPENS-0）の航法カメラを活用して、2020 年代末に IPST コンセプトを小惑星帯以遠で実証する。宇宙天文学コミュニティとして十分な技術実証と科学成果を出すために、ミッション全期間で 5 億円規模の経費が必要になる。以上の総額は 10 億円程度である。10 年程度の計画としては、OPENS-0 の科学成果と OPENS 探査機プラットフォームを発展させて小口径の IPST pathfinder を新規提案するためには、ミッション総額で 125-180 億円を要する。ただし惑星科学との分野横断ミッションとして進めるため、実際には天文学の範疇である IPST の単独予算ではない。

⑨ 連絡先

松浦 周二（関西学院大学）

CTA 国際宇宙ガンマ線天文台

① ビジョンの概要

宇宙の進化、宇宙の基本法則を解明するために、電磁波の高エネルギーフロンティアである宇宙ガンマ線観測により、極限宇宙の姿を捉え、星や銀河の進化および物質起源と密接に関係しているブラックホールの形成・進化、宇宙線の起源、ダークマターの解明および基礎物理法則の検証を行う。

② ビジョンの内容

宇宙を観測する技術の進歩により、宇宙は様々な高エネルギー現象に満ちていることが分かっている。膨大な重力エネルギーを開放しながら、星や銀河の形成・進化と密接に関係している巨大ブラックホールの形成・進化、宇宙の重元素合成の工場である超新星爆発や中性子連星合体の爆発メカニズム、宇宙から飛来する高エネルギー粒子である宇宙線の起源や粒子加速の物理メカニズムなど、長年の謎として残されている問題がある。宇宙ガンマ線観測は、これら天体现象に関する解明のみならず、ダークマターからの対消滅ガンマ線の探索や、ローレンツ不変性の検証などに代表されるように、宇宙論の重要未解決問題や基礎物理法則の検証にも重大な貢献をする可能性を持つ。宇宙線の観測から新たな素粒子が発見されたように、宇宙観測は、基礎理論の検証・構築にとっても極めて有効である。これらの重要課題に取り組み、宇宙の進化、宇宙の基本法則を解明するために、我々はさらに高感度・高性能の宇宙ガンマ線観測装置を必要としている。

③ 学術研究構想の名称

CTA 国際宇宙ガンマ線天文台

④ 学術研究構想の概要

CTA は、宇宙からの超高エネルギーガンマ線を、従来よりも 1 桁高い感度と 1 桁広いエネルギー範囲 (20 ギガから 300 テラ電子ボルト) で観測する、次世代の国際宇宙ガンマ線天文台である。現在よりも 10 倍以上の

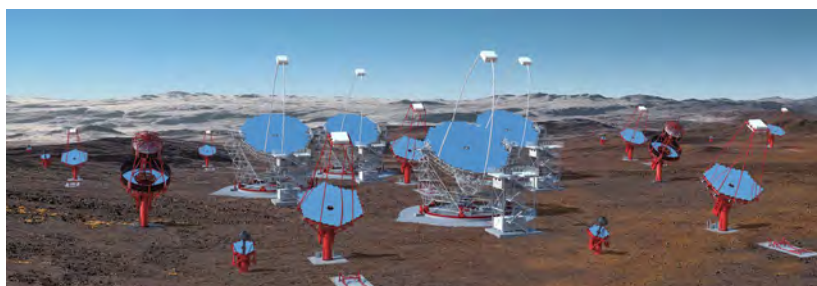


図 1 CTA 国際宇宙ガンマ線天文台 (南半球サイト完成予想図)

数(数千個)の天体が観測可能となり、極限宇宙の姿を捉え、ブラックホール、宇宙線起源、ダークマターなどの解明を目指す。さらに、CTA は、従来の電磁波 (電波～ガンマ線) および宇宙線観測装置に加え、新たに開いた窓である重力波や広帯域化したニュートリノ観測装置とも連携し、近年急速に進展しているマルチメッセンジャー天文学の重要な柱の一つとなる。さらに、ガンマ線観測を通して、光速不変の原理などの基礎物理法則の高精度検証も行う。CTA では、全天観測を可能とするために北半球と南半球に、3 種の口径 (23m, 12m, 4m) の望遠鏡が計 73 台設置される (図 1)。

建設・運営の中心である CTA コンソーシアムは、大型国際協力で 25 か国約 1500 名の研究者からなる。日本グループは、東京大学を中心とし、23m 口径望遠鏡 (図 2) の計画全体運営、分割鏡およびカメラの開発・量産・運用、さらには、高エネルギー側を観測する 4m 口径望遠鏡のカメラの開発において、中心的役割を担っている。天文台の運営開始後は、CTA コンソーシアムのみならず、世界の全ての研究者に開かれた初めての地上ガンマ線天文台となり、全望遠鏡設置後 20 年間以上の運営を予定している。

⑤ 学術的な意義

宇宙の高エネルギー現象を引き起こす天体は、大きな星が一生を終えて爆発するときに生まれたブラックホールや中性子星などであり、星・銀河の進化や元素合成を解明する上で、高エネルギー天体现象の観測は重要である。また、世界最高エネルギーの粒子加速器 LHC のエネルギーを遥かに超える、10 の 20 乗電子ボルトに達する荷電粒子 (宇宙線) が宇宙から地球に飛来しているが、宇宙線の発見から 100 年経った今でも、起源・生成機構が解明されていない。宇宙線の平均エネルギー密度は、宇宙背景放射や星光、銀河磁場、星間ガスと同程度であり、銀河の基本構成要素である宇宙線の起源解明は宇宙の進化を解明する上で重要である。

テラ電子ボルトガンマ線領域で世界唯一の大型施設となる CTA 天文台は、現在の望遠鏡よりも 10 倍以上の



図 2 CTA 23m 口径望遠鏡初号基 (スペイン・ラパルマ島に設置)

数(数千個)の高エネルギー天体の観測が可能となり、宇宙線の起源解明のブレークスルーが期待される。さらに、多波長および重力波・ニュートリノを含むマルチメッセンジャー観測において重要な柱の一つとなるため、CTA 天文台の設置・運用の重要性は極めて高い。また、CTA 天文台は、約 120 億光年先の天体まで観測可能となり、宇宙論的なスケールに拡大し、ブラックホールの進化や宇宙の構造形成史を明らかにできる。

宇宙論・素粒子物理学にわたる研究として、宇宙を満たすダークマターを CTA 天文台によりガンマ線領域で世界最高感度で探索する。ダークマターが対消滅する際に発生するガンマ線を探索することで、ダークマターの正体の解明を目指す。また、基礎物理学にわたる研究として、ローレンツ不変性の検証が挙げられる。重力と量子力学を統一する量子重力理論は未完成であり、一部の理論ではローレンツ不変性の破れにより光速がエネルギーに依存することを预言する。CTA 天文台で、変動天体からのガンマ線到来時間を測ることで、その検証ができるため、CTA 天文台によるガンマ線観測の意義は極めて高い。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

CTA 天文台計画は、次世代の世界唯一の大規模ギガ～テラ電子ボルト領域ガンマ線望遠鏡群であり、現在よりも 10 倍以上の数(数千個)の天体が観測可能となる。一方、さらに高いペタ電子ボルト領域を観測する実験は、視野が広く稼働率が高い長所を持つが、角度分解能が劣り、CTA と相補的である。さらに低いギガ電子ボルト領域の観測は、米のフェルミ衛星が稼働中であるが後継機の計画がなく、宇宙・地上を問わず次世代ガンマ線天文台としての CTA の重要性は高い。また、ダークマターは、人工加速器 LHC で見つからず強い制限がつき、現行の人工加速器で届かない高エネルギー領域を探索できる CTA 天文台は相補的かつ重要である。

⑦ 社会的価値

CTA 天文台は、人類の想像を遥かに超えた極限的な宇宙の姿や宇宙の進化、宇宙の構成物質や宇宙の基本法則について、多くの新しい知見を人類に与えることができる。CTA 天文台は、準備段階から新聞・科学雑誌などの多くのメディアに多数掲載され、国民の関心は高い。また、CTA 天文台の装置要求仕様は非常に高く、高感度光検出器、高精度光学技術、ビッグデータ処理などにおいて日本発の技術が望遠鏡に多数利用されている。これらの技術開発・実用化・量産を通して、日本の産業・経済に高い価値をもたらす。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

CTA 天文台の建設は、CTA 北サイト(スペイン)が先行し 2016 年に開始され、低エネルギー側を観測する 23m 口径望遠鏡は、日本グループが中心的役割を果たしており、その初号基は 2020 年から科学観測を続けている。23m 口径望遠鏡 2 号基から 4 号基の建設は 2022 年に開始され、23m 口径望遠鏡 4 基アレイによる科学観測を 2027 年に開始する予定である。中間エネルギー帯を観測する 12m 口径望遠鏡は、外国グループが担当し、CTA 北サイトでの 9 台の建設が 2027 年から始まり 2030 年に完成予定である。これにより 23m と 12m 口径の望遠鏡を合わせた CTA 天文台北サイトが完成となる。一方、南サイト(チリ)は、アタカマ砂漠に建設され、2022 年にインフラ整備を開始し、2026 年から、23m 口径望遠鏡 4 台、12m 口径望遠鏡 14 台および高エネルギー側を観測する 4 m 口径望遠鏡 42 台の現地建設が始まり、2030 年に全数完成予定である。観測運用は各望遠鏡の完成毎に開始される。2030 年から、南・北両方のサイトを統合した観測が行われ、20 年間以上運用される。

<実施機関と実施体制>

CTA コンソーシアムが実施機関の中心であり、大型国際共同 25 か国、約 150 研究機関、約 1500 名の研究者からなる。主要国は、イタリア、ドイツ、フランス、スペイン、日本の 5 か国である。2025 年に欧州連合(EU)全体の法人格を持つ研究基盤機構(略称 ERIC)としての CTA 天文台が発足し運営機関となっている。日本グループは国際共同利用・共同研究拠点である東京大学宇宙線研究所を中心とし、30 機関約 130 名からなる。

<総経費> 計 102 億円(10 年間運営の場合)、計 175 億円(北 32・南 20 年間運営の場合)

<所要経費>

建設費 401 MEuro(1 ユーロ 160 円として 642 億円)、運営費 26 MEuro/年(42 億円/年)と推定されている。日本の貢献は、建設費 56 億円と 10 年間の運営費 46 億円の計 102 億円を計画している。ただし、北サイトの先行運用を含めた北・南両サイトの 20 年間運営では、日本の運営費の貢献は 119 億円となる。

⑨ 連絡先

窪 秀利(東京大学宇宙線研究所)

30m光学赤外線望遠鏡 TMT による天文学・宇宙物理学の革新と 太陽系外惑星における生命の探求

① ビジョンの概要

ビッグバンで始まり膨張を続ける宇宙では、星、銀河、大規模構造が作られるとともに星の核融合等で様々な元素が生成されてきた。この全貌を理解し、惑星の形成と生命誕生を探ることは人類の究極の課題である。これに挑む基幹観測装置として口径 30m 光学赤外線望遠鏡 TMT を建設し、すばる望遠鏡の広域探査と連携して地球型系外惑星や宇宙の初代星、宇宙膨張史等の理解を一新し、物理学・惑星科学等に波及する研究を推進する。

② ビジョンの内容

ここ 30 年の天文学の発展は目覚ましく、数千もの太陽系外惑星の発見とその多様性の解明、ビッグバン後の初期宇宙における銀河の発見、超巨大ブラックホールの検出、重力波の検出とそれを引き起こす天体現象の解明、宇宙の加速膨張の発見等により、人類の宇宙に対する理解は飛躍的に進んだ。これらの進展は今後数十年の研究の方向性を浮き彫りにし、天文学を超えて関連学問領域に変革をもたらしている。特に、太陽系外の惑星系の検出とその全体像の把握は、太陽系の特殊性や普遍性を知り生命誕生の条件を理解するには必須であり、惑星の形成・進化および地球以外の環境での生命の発生・活動を探るといった新たな学問領域を生み出している。これらの研究を推進するために、国際協力で口径 30m の光学赤外線望遠鏡 TMT を建設し、赤外線波長で 0.01 秒角の解像度、約 30 等級の点光源の天体を検出できる感度という、従来の望遠鏡を凌駕する性能を実現する。TMT には最新技術を採用入れた観測装置を順次搭載し、地上の基幹観測装置として約 50 年にわたって運用し、21 世紀の天文学と関連分野の研究をリードする。日本はすばる望遠鏡の超広視野天体探査と TMT の高感度・高解像度観測を組み合わせることで独自性の高い研究を展開する。TMT が挑む最大の課題は、太陽系外の地球型惑星と生命の兆候探査である。近年、太陽以外の星の周りで生命が誕生しうる温度領域に存在する地球型惑星が間接的な方法で確認されつつある。TMT はそのような惑星を直接撮像し、惑星からの光の分析によって表面の植物等の存在を探る。また、惑星大気を透過する星の光を精密分析し、光合成で作られる酸素分子・オゾンをはじめ、水、メタンなど生命に関連する分子の検出に挑む。

③ 学術研究構想の名称

30m 光学赤外線望遠鏡計画 TMT

④ 学術研究構想の概要

地上観測の最適地であるハワイ島マウナケアに国際協力のもとで口径 30m の光学赤外線望遠鏡 TMT を建設する。TMT は赤外線波長で 0.01 秒角の解像度、約 30 等級の点状天体を検出できる感度を実現する。従来の 10m 級望遠鏡を解像度で 3 倍、感度で 100 倍上回る圧倒的な性能である。日本は枢要部分である望遠鏡本体と制御系、主鏡分割鏡、観測装置の主要部分を担当し、望遠鏡の設計を完了して製造図面の作成を行うとともに、主鏡も量産段階にある。大学共同利用に向け、広域探査能力に秀でたすばる望遠鏡で地球型系外惑星や超遠方銀河の候補を検出し、TMT で高感度・高解像度観測するという独自の観測戦略を推進できる運用体制を整備する。約 50 年の運用を予定し、上記の挑戦的課題に取り組むとともに、観測装置の更新を行うことで最高性能を維持し、天文学と関連学術分野の発展に寄与する。

⑤ 学術的な意義

太陽系のような惑星系は宇宙において普遍的なものなのか、そこに生命は存在するのか。TMT は、現在の望

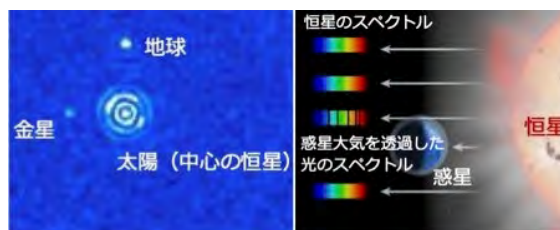


図1 (左)地球から最も近い恒星(4光年)に太陽系のような惑星系があった場合の TMT による直接観測のシミュレーション。(右) TMT の分光観測による惑星大気の探査模式図。

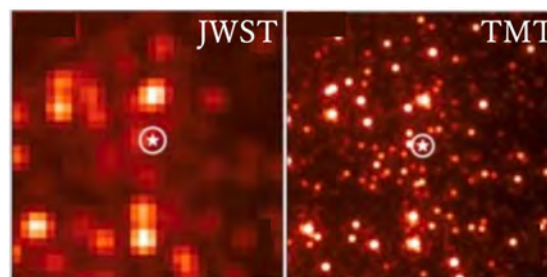


図2 銀河中心部を JWST および TMT で観測した場合のシミュレーション。

遠鏡では解像度が足りず、直接検出することができない地球型惑星の直接撮像に初めて挑み、惑星の反射光の分光観測を実施する。また、惑星が恒星の前面を通過する惑星系について、惑星大気を透過してくる恒星の光の分析を行う。太陽系外の地球型惑星大気の組成を調べ、生命の存在を示す分子、特に光合成の産物である酸素分子等の存在を探り、その割合を測定する。これにより太陽系の惑星科学と天文学の融合や地球上と異なる環境での生命誕生・進化の研究が画期的に進展する。

宇宙で最初の星はいつごろ生まれ、どんな性質を持ち、周囲にどんな影響を与えたのか。TMT が目指すのは、赤外線の高感度分光観測により重元素を含まない初代星に期待されるヘリウム輝線等の特徴的な放射を捉えることである。これにより初代星の誕生時期や、その紫外線放射や超新星爆発が以後の銀河形成に与えた影響、初期宇宙の一大イベントである宇宙再電離への寄与を明らかにする。TMT は、宇宙膨張を支配しているダークエネルギーの性質を解明するため、現在進められている銀河分布の広域調査等による研究とは全く独立に、様々な距離（遠方ほど古い時代）にある銀河間物質の速度（赤方偏移）の時間変化を超高精度に調べ、宇宙膨張の速度を測る。これは宇宙膨張の直接測定として、宇宙論にブレークスルーをもたらす。また、TMT は、重力波等を伴う爆発現象から放出される可視赤外線を高感度分光観測し、その爆発メカニズムや生成される元素を明らかにし、未だ解明されない鉄より重い元素の起源を明らかにする。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

欧州諸国とブラジルは E-ELT 望遠鏡（口径 39m）、米国の一部大学と豪州・韓国等は GMT 望遠鏡（口径 22m 相当）の建設を南半球のチリで進めている。TMT の建設地であるマウナケア山頂域（標高 4000m）はこれらの 2 望遠鏡の建設地（標高 3000m 以下）に対して、太陽系外惑星や初代天体の研究で鍵となる赤外線観測で格段の優位性を持つ。また北半球であることから他の 2 望遠鏡とは異なる天域をカバーし、すばるとの連携で独自の研究を推進できる。TMT は圧倒的な集光力を活かした分光観測に加え、補償光学装置によりジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡（JWST）を 5 倍上回る解像力を実現する。

⑦ 社会的価値

TMT 計画での国際的な研究・技術開発を通じて大学の研究・教育水準向上およびグローバル化を促進し、科学や技術に広く学生の関心を引き付けることに貢献する。天文観測の技術は様々な応用が可能であり、TMT で開発される望遠鏡構造の精密加工や制御、免震技術、大型鏡の高精度加工は大型構造物の精密制御や大型光学装置の量産等を必要とする産業での利用が期待できる。

⑧ 実施計画等について

TMT 計画は、2013 年までの準備期を経て 2014 年に TMT 国際天文台 (TIO) を設立し、建設期に入った。現在、建設地ハワイにおける問題の解決をはかるとともに、NSF の大型施設予算審査プロセスが進んでおり、NSF の参加決定を経て現地工事を再開する。その後は、現地のインフラ整備、ドーム建設、望遠鏡本体構造の据付、主鏡や観測装置の搭載を行って 10 年目に完成、翌年度に共同利用を開始する。現地工事再開時期に合わせて日本の分担である主鏡分割鏡材の製造および分割鏡の非球面加工を再開し、外形加工・支持機構への搭載を含めて共同利用開始の 2 年前までに完了する。日本は第一期観測装置 IRIS（近赤外線撮像分光装置）撮像部を担当しており、米国・カナダの担当部分と合わせて 10 年目に望遠鏡への搭載・調整を完了する。最終責任機関は、日本の自然科学研究機構、米国カリフォルニア大学・カリフォルニア工科大学、カナダ国立研究機関、インド科学技術庁である。NSF による予算措置後に執行機関となる米国天文学大学連合 (AURA) は、現在 TIO 準パートナーである。日本の分担箇所の実施統括には国立天文台があたり、望遠鏡本体構造と主鏡製作を国内企業と連携して実施する。また、国立天文台の先端技術センターが中心となり、第一期観測装置の日本分担箇所の設計・製作を進めるとともに、幅広く協力して第二期観測装置の検討・要素技術開発を実施している。2026 年度以降、完成までの日本における建設費は約 411 億円であり、このほか、国内で TMT プロジェクトを運営するために必要な人件費・旅費（約 14 億円）と、共同利用体制の準備の費用約 12 億円が必要である。完成後の望遠鏡運用は TIO が担い、その経費は年間約 3 千万ドルであり、これに加えて新規観測装置等製作に年 2 千万ドルを予定している。日本の分担金は約 12 億円であり、TMT を日本の大学共同利用に供するための経費約 18 億円を合わせ年間 30 億円の運用経費が必要となる。

⑨ 連絡先

川合 眞紀（大学共同利用法人自然科学研究機構）

南天における PeV 領域ガンマ線広視野連続観測 (Mega ALPACA)

① ビジョンの概要

宇宙線観測による学際的研究の新展開を目指す。宇宙線の起源天体の解明は最重要課題だが、近年の多波長・多粒子天文学（マルチメッセンジャー天文学）の発展によって、その答えが手の届くところに迫っている。中でも「銀河系中心を含む南半球における PeV ガンマ線の観測」を実現することで、宇宙線を利用した宇宙物理、素粒子原子核物理、太陽地球物理、考古学、防災等を含む多彩な学術研究領域を発展させる。

② ビジョンの内容

宇宙線の起源天体の解明は最も重要な課題である。近年の多波長・多粒子天文学（マルチメッセンジャー天文学）の発展によって、宇宙線起源の解明が手の届くところに迫っている。宇宙線（原子核宇宙線）は、 10^8eV から 10^{20}eV の最高エネルギー領域に至るまで観測されているが、その加速機構や加速源の実験的証拠は未だ見つかっていない。Knee 領域（=PeV 領域： 10^{15}eV から 10^{16}eV ）で宇宙線エネルギースペクトルの折れ曲がり（冪 -2.7 から -3.1 ）と化学組成の変化（軽核から重核）が観測されているが、これは超新星残骸（SNR）での宇宙線加速限界によるものであることが示唆され、これより低いエネルギーの宇宙線は銀河系内の SNR で加速されているというのが理論的コンセンサスである。しかし、電荷を持った Knee 領域宇宙線は銀河磁場に曲げられるため、その宇宙線を PeV 領域まで加速している加速源（PeVatron）の方向を特定できない。一方、SNR で原子核宇宙線が加速されると、その一部は近傍の物質と衝突して、中性パイ中間子を発生し、その崩壊ガンマ線のエネルギーは親原子核宇宙線の持つエネルギーの約 $1/10$ 、即ち PeV 領域に達する。そのガンマ線を観測すれば銀河磁場に邪魔されずに加速源の方向を特定できる。



図1 Mega ALPACA 実験の予想図

③ 学術研究構想の名称

南天における PeV 領域ガンマ線広視野連続観測 (Mega ALPACA)

④ 学術研究構想の概要

本計画では、南米アンデス山脈の高地に総面積 1 平方キロメートルの観測装置を建設し、南天における PeV（可視光の 1000 兆倍のエネルギー）領域宇宙ガンマ線広視野連続観測を世界最高感度で行う。PeV 以上の宇宙ガンマ線は北半球で数例が観測されているだけで、南天の PeV 領域ガンマ線天文学を世界に先駆けて開拓する。特に、0.01 PeV 程度までのガンマ線放射が観測された銀河系中心付近の広がった領域は、宇宙線を PeV 領域まで加速する宇宙加速器 PeVatron（宇宙線の発見以来百年以上の謎である宇宙線の起源天体）の最有力候補である。本計画は、その領域から放射されるガンマ線が PeV 領域まで延びていることを世界で初めて実証し、PeVatron の発見を目指す。また、銀河面に沿って広がって分布する拡散ガンマ線を観測することで、銀河系内の宇宙線の加速エネルギー限界や、宇宙線エネルギー分布の場所依存性（PeV 領域宇宙線の拡散過程）を世界で初めて観測することを目指す。

その他、超高エネルギー（1-100 PeV）宇宙線の化学組成とエネルギースペクトルの測定、宇宙線中の太陽の影の観測による太陽地球間磁場の研究や宇宙天気予報、宇宙線異方性の超精密測定による太陽圏周辺磁場の研究など多様な研究テーマが可能である。

⑤ 学術的な意義

本申請では、南半球で初めての広視野（約 2sr）宇宙線望遠鏡である空気シャワー観測装置と大型水チェレンコフ型ミュー粒子観測装置を連動して、世界最高感度で PeV 領域の宇宙からのガンマ線を観測する独創的な計画である。これは、狭視野（数度）で月の無い晴天夜しか観測できない大気チェレンコフ望遠鏡では、極めて困難な観測である。南天で初となる大型空気シャワーアレイと大型水チェレンコフ型ミュー粒子観測装置の連動実験の導入は画期的な試みである。

本研究により、今まで南天での観測データが欠如していたエネルギー領域である、PeV 領域の宇宙ガンマ線観測が開始される。PeV 領域ガンマ線放射天体の発見（研究期間内に 40 天体以上が予想される）、その中でも銀河中心近傍や超新星残骸等からの PeV 領域宇宙ガンマ線の検出（PeVatron 発見）、原子核宇宙線成分の大規模異方性の測定や宇宙線中の太陽の影の観測による地球太陽間磁場構造のモデリングや宇宙天気予報、原子核宇宙線加速機構の解明を、世界最高感度で世界に先駆けて行う。また、暗黒物質の崩壊から生じる PeV 領域ガンマ線探索も興味深いテーマである。本研究は、日本が世界を主導する最高エネルギーガンマ線天文学・天体物理学の幕開けと位置付けられる。宇宙線加速源 PeVatron は、現存する世界最高エネルギー加速器 LHC の 100 倍以上のエネルギーまで粒子を加速する宇宙加速器であり、その加速機構の研究が加速器科学や素粒子物理学に与えるインパクトも大きい。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

南米ボリビアでは本計画のプロトタイプである、sub-PeV 領域ガンマ線観測を目指す ALPACA 実験が部分観測を開始しているが、その面積は Mega ALPACA より一桁以上小さいために sub-PeV までのガンマ線天体を発見するにとどまり、その正体を解明するための物理的な議論ができるデータ統計量ではない。従って、ALPACA よりも 1 桁以上統計量の多い Mega ALPACA による PeV 領域ガンマ線サーベイの科学的位置づけは非常に高い。

日中共同の Tibet AS γ 実験、米国の HAWC 実験や中国の LHAASO 実験に対して、本計画は観測する視野が北天/南天と相補的である。CTA 実験（南）は狭視野で低エネルギーに感度が高く、本計画と相補的である。南半球で広視野ガンマ線天文学を実現したいという着想は複数提案されている（SWG0, LATTES, ALTO 等）が、南半球で科学観測を始めている本計画が世界をリードしている。

⑦ 社会的価値

本計画により、今まで南天での観測データが欠如していたエネルギー領域である PeV 領域宇宙ガンマ線広視野連続観測が世界最高感度で開始される。すなわち、本計画はマルチメッセンジャー天文学のガンマ線天文学に欠けている最後のピースを提供し、「人類の知の地平を開く」ことに資することになる。

現代社会において巨大太陽フレアに伴うプラズマや磁気嵐の到来は、社会インフラへの大きな脅威である。光の速度で太陽地球間環境を探ることができる原子核宇宙線は、宇宙天気予報の新たなプローブとして社会に貢献する。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

2028 建設準備、2029-2033 地下ミュー粒子検出器+空気シャワーアレイ設置 部分観測、2034-2043 本観測
<実施機関と実施体制>

東京大学（宇宙線研究所）、横浜国立大学、神奈川大学、宇都宮大学、信州大学、大阪公立大学、ボリビア・サンアドレス大学、国立情報学研究所、中部大学、都立産業技術高等専門学校、日本大学、理化学研究所、原子力機構、大阪電気通信大学、広島市立大学、長野県工科短期大学校、メキシコ・グアダラハラ大学等で、現在のメンバーは約 50 人である。今後、欧米の研究機関等さらに多くの外国研究機関と国際共同していく予定である。

<総経費> 65 億円

<所要経費>

2028 建設準備 5 億円、2029-2033 観測装置建設+部分観測 毎年 10 億円→10 億円×5 年 =50 億円

2034-2043 本観測 毎年 1 億円→1 億円×10 年=10 億円、いずれも日本は半分から 1/3 程度を負担予定。

⑨ 連絡先

荻尾 彰一（東京大学宇宙線研究所）

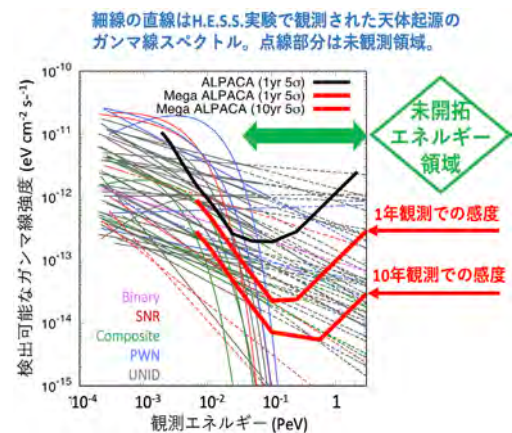


図2 Mega ALPACA ガンマ線感度(赤実線)と南天ガンマ線放射天体の PeV 領域予想強度(点線)

NASA 6m 紫外線可視近赤外線望遠鏡 Habitable Worlds Observatory への参加

① ビジョンの概要

生命の起源の理解は、人類最大の課題と言える。系外惑星の発見は、20 世紀後半の宇宙物理学で最大の発見の一つで、我々の価値観を一変させた。今後 20-30 年で我々の価値観を変えうる最大の挑戦は、地球型岩石惑星の大気成分を観測し、生命居住環境及び生命活動の痕跡を探すことである。

② ビジョンの内容

遂に人類史上初めて、太陽系外における生命探査が可能になる。現在、数千個の系外惑星が発見され、巨大ガス惑星の大気成分が観測されるようになった。惑星発見の時代から、個々の惑星の特徴づけの時代になりつつある。次のステップは、地球の様な岩石惑星の大気成分を観測し、生命居住環境及び生命活動の痕跡を探すことである(図 1)。

一方で、木星の氷衛星エウロパや土星の衛星エンケラドスで、内部海から噴き出るプルーム(水柱)が、HST や探査機により紫外線で観測されており、氷殻の下に内部海が存在することが明らかになった。

この様な内部海に熱水噴出孔などがあれば、生命が誕生しうる環境の可能性がある。このプルーム活動の起源を特定し、内部海の生命居住可能性を探査できれば、系外生命探査の新たなフロンティアとなる。

宇宙の主要な構成要素である銀河団や銀河は、小さな構造から形成されてより大きな構造へ進化するボトムアップシナリオが考えられているが、その形成過程はまだよく理解されていない。この解明には、高感度、高空間分解能で、より遠方(宇宙初期)のより小さな構造まで分解し、宇宙初期からの構造進化の過程を追うことが必要である(図 2)。また、近傍銀河では、星団レベルで物質の動きを捉えることで、物質の循環からその形成過程を解明できる。より短い波長(紫外線—可視光)で大型の宇宙望遠鏡が実現すれば、生命探査、宇宙の構造進化への挑戦が可能になるのみならず、天文宇宙分野で大きな革命となりうる。

③ 学術研究構想の名称

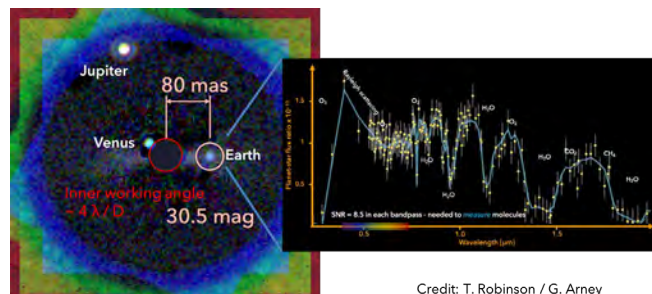
NASA 6m 紫外線可視近赤外線望遠鏡 Habitable Worlds Observatory への参加

④ 学術研究構想の概要

本計画は、NASA の将来の旗艦計画である超大型宇宙望遠鏡(Habitable Worlds Observatory: HWO)に、日本が装置開発、科学検討の貢献を持って参加し、その主要科学目標、1) 太陽型星周りの系外惑星の大気において、生命居住環境及び生命の痕跡の探査、2) 広範囲な一般宇宙物理学研究、を遂行する。本計画は、口径 6m の紫外線可視光近赤外線における超大型宇宙望遠鏡である。これまでにない高空間分解能・高感度を生かして約 25 個の地球型惑星の大気を直接分光し成分を調べる。これにより、系外惑星で、初めて生命居住環境及び生命の痕跡を発見し、その頻度を見積もる。また、宇宙最初期の暗く小さな構造体まで検出可能で、さらに、紫外線分光能力により銀河内の物質循環を探査可能であり、宇宙創生以来の銀河の構造形成史を解き明かす。また、高空間分解能により太陽系天体を探査機で観測した様な画像が得られ、氷衛星での生命居住可能性の理解を深められる。本計画は、この究極のメガミッション HWO に日本独自の装置及び科学検討で貢献することで参加し、そのサイエンスの最大化を図るとともに、世界レベルの研究、技術開発を担う人材育成を行う。

⑤ 学術的な意義

HWO は、太陽型星周りのハビタブルゾーンにある地球型惑星を直接撮像で発見し、さらに、その表面からの反射光を直接分光し、その組成を調べることで、生命居住環境が一般的なのか希少なのか、また生命の痕跡があるかを探査する。初の地球外生命発見と言う世界で唯一の歴史的計画に貢献することの重要性は言うまでもない。日本の研究者にこの世界最高水準の装置へのアクセスを可能にするのは、全天文宇宙物理研究者のみならず、地球惑星分野を含む広い分野の研究者にも大きな資産となる。



Credit: T. Robinson / G. Arney

図 1 距離 10pc の地球を HWO が直接撮像、分光した場合の概念図。太陽型星周りの地球型惑星を空間分解して、反射光を分光し、大気組成を調べ、生命活動の痕跡を探る。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

系外惑星や銀河の構造形成は、宇宙物理の最重要分野の一つで、多くの観測計画が進んでいる。これらの分野での日本の貢献は、すばる望遠鏡による大規模銀河サーベイ、第二の木星や原始惑星系円盤の直接撮像、MOA 望遠鏡によるマイクロレンズ系外惑星探査などで、世界をリードしている。さらに、Roman 宇宙望遠鏡や TMT への参加でさらなる発展が期待される。今後、惑星は発見から特徴づけの時代になり、特にハビタブル惑星における生命探査が最も注目を集めている。本計画は、太陽型星周りの地球型惑星で初めて生命探査をする世界で唯一の超大型計画に日本が参加する。日本の光赤外線における衛星計画は、欧米に比べて大きく遅れており、規模も小さく機会も少ない。赤外線衛星「あかり」以後、日本の衛星はない。世界レベルの研究、技術開発とそれらを担う人材育成を継続的に推進するには、海外衛星計画への参加が必須である。日本は、これまで欧米の HST、JWST、Herschel など大型計画への参加機会を逃してきた。我々は、初めて NASA の旗艦ミッション Roman への参加に成功したが、本計画で 2040 年代の歴史的計画に参加することは重要である。

⑦ 社会的価値

20 世紀後半の宇宙物理学で、系外惑星の発見は、宇宙の加速膨張の発見と並び最大の発見の一つと言われる。系外惑星の発見は、2019 年のノーベル賞受賞で、国民の記憶にも新しく、その研究に対する国民の関心が高く、その知的好奇心に答える価値は高い。すでに、我々の太陽系とは大きく異なる多様な惑星系の存在が明らかになり、人類の世界観に大きな変革を迫っている。これらはテレビや新聞などでも多く報道され関心を集めている。系外惑星の発見は、これまで SF でしかなかった地球外生命を近い将来天文学的手法で探査するという可能性を、現実のものとして考える機会を国民に与えた。今後、系外惑星研究は発見の時代から特徴付けの時代になりつつあり、HWO は、初めて系外惑星で生命の痕跡を探査するもので、知的価値は非常に高い。HST は、美しい天体画像と共に全世界に衝撃的な科学成果を生み出し感動を与えてきた。HWO は、その真の後継機として宇宙物理学全般で更なる成果を上げると期待されており、それらの知的価値は非常に高い。

⑧ 実施計画等について

2023-2029 年、技術実証フェーズ(GOMTMP)を行い、2030 年代に製作、2040 年代前半に打ち上げを目指す。運用期間は 5 年間(+5 年の延長)で、サービスミッションにより最大 25 年を目指す。NASA は、衛星本体、観測装置など計画全体を主導し、欧州、カナダ、日本が参加を検討している。2029 年 3 月までに各技術を TRL 5 に上げ、同 10 月に Mission Concept Review (MCR)に進み、その後、各国の分担が決定される。

大阪大学は、回折限界コロナグラフ、光集積回路(PIC)の技術実証を行う。JAXA/ISAS、ABC、国立天文台、東京大学は、Roman 望遠鏡への貢献と同様光学系、さらに、フォトリソニック結晶位相マスク、新規波面補償モジュール、Photonic Nulling Spectroscopy (PNS)、回折格子を開発する。JAXA/ISAS、立教大学は、紫外線検出器(Funnel MCP)、回折格子(ブレード型トロイダル回折格子)、イメージスライサー、コーティングの技術実証を行う。これは国内メーカ、コロラド大、GSFC との共同開発を検討している。JAXA/ISAS は、Roman 宇宙望遠鏡用に整備を進めている Ka-band 帯を備えた地上局をそのまま運用する。JAXA/ISAS HWO TF(リーダー:塩谷(JAXA/ISAS))が 2025 年 1 月に発足し各貢献案の活動を総括し、一元化して NASA に対する窓口として協議に当たる。その他、東北大学、東京大学カブリ IPMU、早稲田大学、東京都市大学がグループレベルあるいは個人レベルで科学検討に参加し、今後も広く参加者を募る。

総経費は、総額\$11B (FY2020)で、このうち日本貢献分合計は約 255-405 億円。GOMTMP 期間中(2029 年まで)の経費は約 11 億円である。

⑨ 連絡先

住 貴宏(大阪大学)

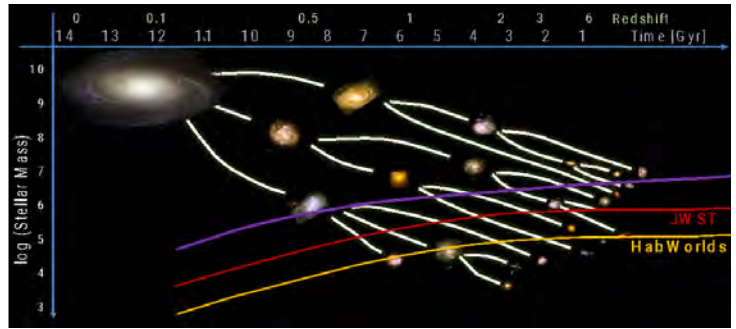


図2 ボトムアップシナリオによる銀河の構造進化の概念図。宇宙初期の最小の構造体を分解し、銀河の形成過程を解明する。遠方の最小銀河(<10⁴M_⊙)を検出する、空間分解能(<200pc)と感度が必要。HWO は ELT, JWST より分解能、感度が高い。

多波長・マルチメッセンジャー観測による初期宇宙探査・極限時空探査

① ビジョンの概要

宇宙創成期や宇宙で最初の天体形成期である「初期宇宙」を科学として理解すること、そして従来の電磁波観測に加えて重力波やニュートリノのような新たな情報の担い手も活用して宇宙現象を包括的に理解する「マルチメッセンジャー天文学」を推進することが宇宙物理学における最重要課題となる。あらゆる観測対象・観測手法を用いてこれら2つのテーマを推進することを宇宙物理学のビジョンとして位置づける。

② ビジョンの内容

これまでの天文学・宇宙物理学で、天体の多様性とそこで繰り広げられる物理現象の理解が進んできた。我が国のすばる望遠鏡やNASAのJWSTを筆頭に、世界各国の大型望遠鏡が非常に遠方の銀河が発見してきたが、獲得できた物理情報の精度には限界がある。これからの観測では、天体の多様性を生み出す原点を捉え、それらの周辺環境を物理的に理解していく必要がある。宇宙の晴れ上がり時期に、物質（水素・ヘリウム）は中性化したはずであるが、その後に生まれた宇宙最初の天体である「初代星」の強烈な紫外線により宇宙の物質は再び電離したと考えられる。そして、初代星の元素合成により重元素という新たな要素が加わることになる。これらは数億年という非常に短い期間に宇宙全体の様子を一変し、その後の天体形成や進化に大きな影響を及ぼした宇宙の相転移とも言える現象である。このような理論的なシナリオを道標とし、あらゆる観測対象・観測手法を駆使し、徹底的に初期宇宙における天体形成およびその進化を探究することが重要課題となる。

さらに、近年の技術的な進歩により、重力波やニュートリノのような電磁波ではない新たな情報を利用して宇宙現象を包括的に理解する「マルチメッセンジャー天文学」が宇宙物理学における新たな最重要課題として認識されている。2017年に中性子星連星の衝突・合体により発生した重力波イベントと同期して、短時間のガンマ線バースト現象が捉えられた。新たなブラックホールが誕生する際に、相対論的な速度を持つジェットが形成し、飛び散った中性子過剰な物質中でランタノイド属に達する重元素が生成した兆候が見い出された。また、高エネルギーニュートリノ源として、最高エネルギー宇宙線を生成する現場について新たな知見がもたらされつつある。いずれも例数が少ないため、それぞれの天体の多様性・一般性を理解し、宇宙に存在する全ての重元素量や最高エネルギー宇宙線の量を説明できるのかを検証していく必要がある。これまでの天文学・宇宙物理学では得られなかった、ブラックホールという極限時空を形成する瞬間や、宇宙線を加速する瞬間に伴う物理現象を捉え、躍動する宇宙像を理解していけるようになる。

③ 学術研究構想の名称

ガンマ線バーストを用いた初期宇宙・極限時空探査計画 HiZ-GUNDAM

④ 学術研究構想の概要

科学衛星HiZ-GUNDAMは、突発天体現象の観測により時間領域天文学を強力に推進する計画であり、2つの主要課題を掲げている。1つ目は、宇宙年齢が9億年よりも若い（赤方偏移が $z>6$ の）初期宇宙において最も明るい光源であるガンマ線バースト（GRB）の観測を通じて、星形成率の測定や初代星を起源とするGRBの探査、宇宙再電離や重元素合成の歴史の解明など、初期宇宙観測のフロンティアを目指すことである。2つ目は、重力波やニュートリノと同期した突発天体の観測により、ブラックホールという極限時空環境における物理現象を探究し、マルチメッセンジャー天文学を強力に推進することである。これらにより、天文・宇宙物理学全体の最重要テーマである「宇宙の物質と空間の起源」を深く理解することが目的である。

本計画は超高感度の広視野X線撮像検出器で突発天体を発見した後、自律制御で衛星姿勢を変更し、同時に搭載する口径30cmの近赤外線望遠鏡で5バンド同時の測光観測を行う。これにより、高赤方偏移GRBの候補や重力波源・ニュートリノ源を迅速に同定し、地上の大型望遠鏡と連携して分光観測を行うことで物理情報を獲得する。本提案では、人工衛星の開発と、ロケットによる打ち上げ、および衛星運用を実施する。



図1 HiZ-GUNDAM衛星の外観

⑤ 学術的な意義

2022年に米国が打ち上げた JWST や、これから建設が進む 30m 級の望遠鏡により遠方銀河が数多く発見される時代でも、GRB は初期宇宙において最も明るい光源であることから、HiZ-GUNDAM のような迅速な観測を実現できる衛星により、高品質のデータに基づいた物理情報を獲得できるようになる。

本計画では (1) 初期宇宙における GRB 発生率・星形成率を初めて観測的に明らかにし、(2) 地上大型望遠鏡の協力を得て宇宙再電離時期やその歴史的変遷を紐解く。さらに、(3) 明るい GRB の分光観測で元素組成量が増加する変遷も捉えられるようになる。宇宙の天体に多様性を生み出す原点となる宇宙再電離と宇宙最初の重元素合成を明らかにすることで、初期宇宙の宇宙進化シナリオについて初めて観測的な検証が行えるようになる。さらに本計画では、初代星の発見という驚くべき成果に結び付く可能性がある。

2010 年代になって、重力波や高エネルギーニュートリノという宇宙を探求する新たな手法が得られたことで、電磁波と協調したマルチメッセンジャー天文学が急速に発展することは間違いない。HiZ-GUNDAM 衛星が有する超高感度な広視野 X 線検出器による突発天体の発見機能、そして迅速な可視光・近赤外線対応天体の同定機能により、マルチメッセンジャー天文学を強力に推進する。重力波源に対しては、相対論的ジェットや、早期の可視光・近赤外線キロノヴァといった一連の現象のエネルギー変遷を捉え、新たに誕生したブラックホール極限時空の周辺で生じる物理現象を理解する。また、高エネルギーニュートリノ源に対しては、超高エネルギー粒子加速の現場の解明に寄与していく。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

HiZ-GUNDAM は 2034 年頃の実現を想定しており、この時期に X 線と可視光・近赤外線観測を同時に行う GRB 衛星は世界で唯一のコンセプトである。欧州宇宙機関の 7 番目の中型クラス (ESA M7) 計画の候補として、本計画と同一のコンセプトを持ち、かつ大型の THESEUS 衛星計画が 2037 年頃に実現する可能性がある。HiZ-GUNDAM は小型の計画であるが、世界の重力波観測施設である LIGO/Virgo/KAGRA がデザイン感度に達する時期に合わせてタイムリーに実現し、最も重要な科学的成果を早期に獲得することが可能である。その後、大型の THESEUS によって詳細な観測を実現するという流れで、時間領域天文学を発展させることが可能となる。

⑦ 社会的価値

遠方宇宙の探査は人類の根源的な欲求であり、天文学の発展を促した大きな推進力の 1 つでもある。そしてブラックホールという極限時空環境の誕生や、その周辺での物理現象の理解は、我々の存在する時空を深く理解することにつながる。何故、我々の宇宙はこのような姿なのか？ という疑問に対して、特に天体形成と宇宙進化、そしてブラックホール時空に関する知的価値を与える。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

2029 年度：JAXA プロジェクト移行、詳細設計、エンジニアリングモデルの開発

2031 年度：フライトモデルの製造開始

2034 年度：イプシロン S ロケットによる衛星打ち上げ、観測開始、科学成果の創出

2037 年度：ノミナルのミッション期間終了（以後は継続運用を希望）

＜実施機関と実施体制＞

(1) 広視野 X 線撮像検出器 (32 名)：

金沢大（責任機関）、甲南大（副責任機関）、宇宙研、京都大、理研、山形大、関西学院大、など

(2) 近赤外線望遠鏡 (13 名)

東京都市大（責任機関）、関西学院大（副責任機関）、千葉工大、宇宙研、広島大、東北大、国立天文台、など

＜総経費＞ JAXA 経費にて実施

＜所要経費＞

衛星開発経費、地上システム構築費、運用経費（3 年間）、打ち上げ経費等、全ての経費は JAXA 宇宙科学研究所の公募型小型計画の予算にて実施する。

⑨ 連絡先

米徳 大輔（金沢大学 理工研究域）

南極テラヘルツ望遠鏡による南極天文学の開拓と 銀河進化の解明及び宇宙論パラメータの決定

① ビジョンの概要

南極内陸部は地球上で最もサブミリ波～赤外線の大気透過率が圧倒的に良く、天文観測に最適の場所である。南極内陸部の新ドームふじ基地に大口径テラヘルツ望遠鏡を建設し、いまだ未開拓の領域であるテラヘルツ天文学を切り開いて、銀河形成と宇宙論の大きな未解明問題に挑む。さらに、テラヘルツ干渉計、VLBI、赤外線望遠鏡なども含めた国際的な天文観測拠点を新ドームふじ基地に形成する。

② ビジョンの内容

南極内陸部はサブミリ波～赤外線の大気透過率が非常に高く、地上で圧倒的に優れた天文観測環境にある。この南極内陸部の新ドームふじ基地に大口径テラヘルツ望遠鏡を建設し、いまだ未開のテラヘルツ天文学を切り開いていく。テラヘルツ帯は、銀河における星間物質の進化および銀河やブラックホールの形成・進化の解明に欠かせない原子・分子輝線や星間ダストの熱放射が観測できる極めて重要な周波数帯である。まずは、12m テラヘルツ望遠鏡を建設し、遠方銀河と重力レンズのサーベイ観測などキーサイエンスを実施する。南極は地球上で位置的にユニークなサイトであり、銀河中心の超巨大ブラックホールの直接撮像を行う ngEHT の局として重要な役割を果たすことも期待される。その後に、共同利用装置として 30m 級テラヘルツ望遠鏡を建設する。30m 級望遠鏡が実現されれば、宇宙最初の銀河形成を含む銀河・活動銀河核 AGN (巨大ブラックホール) の形成進化の究極的な解明や、超広域磁場観測による星惑星系形成等の解明が可能になると期待される。南極は赤外線望遠鏡にも魅力的であり、これらの建設も目指す。さらに、南極内陸部に環境が整備されれば、国外からも最先端の観測装置が集まると期待される。また、テラヘルツ強度干渉計など宇宙望遠鏡に向けた斬新なアイデアの試験場または技術開発の場としてもユニークな役割を果たすと期待される。最終的には、新ドームふじ基地に国際的な天文観測拠点を形成することを目指す。

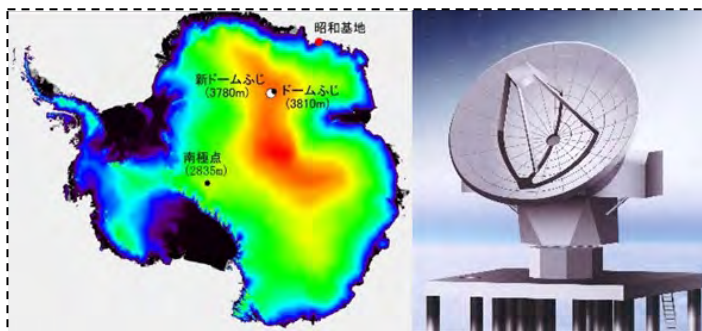


図1 (左) 南極内陸部新ドームふじの位置。
(右) 南極 12m テラヘルツ望遠鏡完成予想図

③ 学術研究構想の名称

南極 12m テラヘルツ望遠鏡計画

④ 学術研究構想の概要

南極内陸部高原地帯の新ドームふじ基地に 12m テラヘルツ望遠鏡を建設し、サブミリ波～テラヘルツ波による天文観測を行う。特に、いまだ未開拓のテラヘルツ帯を切り開いていく。望遠鏡は、リッチークレチアン方式を採用し、超広視野 ($>1^\circ$) を実現する。観測装置としては、連続波観測 (300 GHz、400 GHz、500 GHz、650 GHz、850 GHz) 用の超広視野 MKID カメラを搭載する。また、200 GHz～2 THz 分光観測用ヘテロダイン受信機も搭載する。共同利用も実施し、国内外の研究者に公開する。計画は筑波大学を中心とする大学連合で実施し、国立天文台および国立極地研究所などとも連携する。

⑤ 学術的な意義

テラヘルツ帯は、銀河の赤方偏移、ダスト温度、星形成率などを推定するために重要なダスト熱放射が含まれ、また、星間物質の性質を探るうえで重要な輝線が多数存在するため、銀河の形成・進化を探るうえで極めて重要な波長帯である。地上で唯一テラヘルツ観測が可能な南極内陸部に口径 12m 超広視野テラヘルツ望遠鏡を建設することで、衛星では達成できなかった高感度でかつ超広域のテラヘルツ観測を可能にする。南極 12m テラヘルツ望遠鏡によって以下のような研究成果が得られると期待される。

- ・超広視野を活かし、300、400、500、650、850 GHz で confusion limits での南天全体の掃天観測 (20000 平方度) を行う。1000 万個以上の銀河が検出され、光度 $L=10^{12} L_\odot$ の星形成銀河は $z=5-7$ まで、 $L=10^{13} L_\odot$ の星形成銀河は $z=15-20$ まで観測可能である。これにより、 $L=10^{13} L_\odot$ の銀河の誕生時期や $z=5$ 程度までの光度関数 (すなわち銀河進化) を求めることができる。本計画によって、 $z=5-7$ までの星形成率密度の歴史

を決定できる。

- ・南天掃天観測で検出された銀河について、テラヘルツ帯 (1 THz ~ 2 THz) での連続波観測を行うことで、ダスト熱放射のスペクトルを得ることができる。AGN 周囲のダスト温度は、星形成銀河のダスト温度より高いため、スペクトル上で両者を分離することができる。現在大きな問題になっている宇宙初期における巨大ブラックホールの形成と成長および母銀河との共進化に関して有力な手がかりを与えることができる。

- ・南天掃天観測によって、中間赤方偏移 ($z=2-7$) でのハッブル定数を求めることができる重力レンズ候補天体を多数発見できる。ハッブル定数は、宇宙背景放射から求まっている値と近傍で求まっている値に有意な差が見られ大きな問題となっているが、その謎を解く重要な情報が得られる。

- ・赤方偏移によって赤外線領域に豊富に存在する微細構造線の分光観測によって、赤方偏移を正確に決定することができるとともに、ダストに覆われた銀河の星間媒質 (電子密度、重元素量、電離状態など) とその時間進化を解明することが可能になる。

- ・ngEHT の重要局として、基線長拡大および高周波化による分解能向上に大きく貢献できる。

- ・広域偏光マッピングによる星間磁場の観測でも成果が期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

南極の条件の良さは、米国や中国を中心に国外からも注目されており、「国際南極天文台」の設立も議論され始めている。12m テラヘルツ望遠鏡を日本が実現することで、いまだ未開拓のテラヘルツ天文学を切り開くことができる。さらに、天文学に革命をもたらさうする南極天文を日本が主導していくことができる。国内では、国立極地研究所の「南極地域観測将来構想」(2019) で、新ドームふじでの天文観測が強く期待されている。

⑦ 社会的価値

- ・南極と宇宙というのは、一般の方にも興味を持っている人が多く、天文学および科学への支援へとつながると期待される。また、子供たちが科学に関心を持つという教育的効果も期待される。

- ・南極という厳しい環境でのアンテナ建設の技術から、低温技術や柔らかい地盤上での新しい建築技術の創出、テラヘルツ技術の開発につながり、医療などの検査に用いるイメージングや無線通信の分野への応用が期待される。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：2026-2027 年度：12m アンテナ、高床式台の詳細設計・製造を行う。2028-2030 年度：12m テラヘルツ望遠鏡を筑波大学に仮組し、性能評価を行う。2031 年度：南極新ドームふじ基地の建設を開始する。2033 年度：12m テラヘルツ望遠鏡の建設を完了し、観測を開始する。

実施機関と実施体制：南極 12m テラヘルツ望遠鏡の建設・運用は、筑波大学を中心とした大学連合を軸とした南極天文コンソーシアムが実施する。観測装置の開発は、参加大学が分担して行うことで、若手研究者の育成・大学の研究力の強化を図る。望遠鏡時間の一部は共同利用として国内外の研究者へ公開予定である南極新ドームふじ基地の建設、輸送、などは、南極内陸部での経験が豊富な国立極地研究所と協力して実施する。本構想の実施体制には天文学に限らず多岐にわたる分野の技術者・研究者の参加が期待される。また、国内の多くの大学に参加の機会が与えられ、大学院生を含む若手研究者や技術系職員の参加が期待される。

<総経費> 94.3 億円

<所要経費>

- ・12m テラヘルツ望遠鏡：21.9 億円、観測装置：6 億円

- ・新ドームふじ基地建設費：26.4 億円、基地運営費：3.5 億円/年×10 年、望遠鏡の修理・メンテナンスのための経費：0.5 億円/年×10 年

⑨ 連絡先

久野 成夫 (筑波大学)

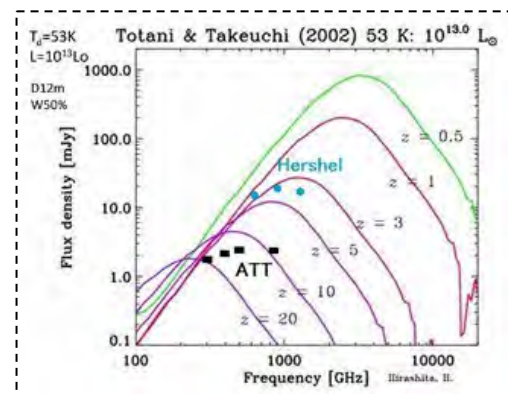


図2 口径 12m、南極新ドームふじで冬季 50% の条件での ATT の感度。スペクトルは $L_{\text{IR}}=10^{13} L_{\odot}$ の天体を仮定。

極高エネルギー宇宙線国際共同観測実験(Global Cosmic Ray Observatory, GCOS)による次世代天文学の開拓と極限宇宙物理現象の解明

① ビジョンの概要

宇宙に存在する高エネルギーの放射線「宇宙線」は、激烈な極限宇宙物理現象との関わりはもちろんのこと、宇宙の成り立ちや物質創生・循環、太陽・惑星・銀河といった多様な天体の進化にも重要な役割を担っている。本ビジョンでは宇宙線の起源解明およびその応用分野を含む『宇宙線学』の飛躍的な発展を目指す。

② ビジョンの内容

宇宙線の研究は、その起源および加速機構が極限宇宙物理現象と密接に関わっているだけでなく、素粒子と物質とのあらゆる相互作用の標本を見せてくれることから原子核物理学とも関わりが深く、素粒子物理学においては加速器未到達エネルギーでの先駆的な新物理探査の役割を担っている。宇宙線観測を利用することで、過去 1000 年以上の太陽活動の履歴、銀河系内外の磁場強度および構造、雷雲に伴う物理現象も調べることができ、太陽・地球物理学においても有用な手段のひとつとなっている。また、宇宙線は、宇宙の成り立ちや物質創生・循環にも密接に関連し、太陽・惑星・銀河といった多様な大きさの天体の進化にも重要な役割を担っている。基礎学問としての宇宙線研究、幅広い文理融合の学際研究やその応用分野を、分野の垣根を越えた研究者間の有機的なつながりによって「宇宙線学」の飛躍的な発展を目指すことを本学術構想のビジョンとする。

③ 学術研究構想の名称

極高エネルギー宇宙線国際共同観測実験(Global Cosmic Ray Observatory, GCOS)による次世代天文学の開拓と極限宇宙物理現象の解明

④ 学術研究構想の概要

宇宙空間に存在する放射線は「宇宙線」と呼ばれ、これまでの観測で 10 の 20 乗電子ボルトを超える「極高エネルギー宇宙線」の存在が明らかになった。この極高エネルギー宇宙線は、その極めて高い運動エネルギーのために宇宙磁場で曲げられにくく、その到来方向は起源方向に集中することが期待される。そのため、宇宙線の起源・加速機構や宇宙での極高エネルギー物理現象を明らかにするための次世代の天文学『極高エネルギー宇宙線天文学』として注目されている(図 1)。これまで、南北半球それぞれで世界最高感度を誇るテレスコープアレイ実験とピエールオージェ観測所で 15 年以上の定常観測が続いているが、10 の 20 乗電子ボルト以上の宇宙線はわずか約 60 事象しかなく、起源について決定的な証拠は見つかっていない。

本研究戦略では、宇宙線の起源・加速機構の解明をめざし、極高エネルギー宇宙線への感度を一桁以上向上させる次世代の宇宙線国際共同観測実験(Global Cosmic Ray Observatory, GCOS)を建設する(図 2)。GCOS では、黎明期から発展段階に入った極高エネルギー宇宙線天文学を飛躍的に成長させ、極限宇宙の新しい姿を明らかにするための新たな天文学手法を完成させる。宇宙線の起源が特定できれば、電波・赤外線・可視光・紫外線・X 線・ガンマ線の多波長観測、そしてニュートリノ・重力波



図 1 次世代天文学として期待されている『極高エネルギー宇宙線天文学』



図 2 極高エネルギー宇宙線国際共同観測実験(Global Cosmic Ray Observatory, GCOS)の概念図。世界中の宇宙線観測装置の拡張・新設によって、現状より一桁以上高い感度で極高エネルギー宇宙線を検出し、極限宇宙物理現象を解明する

を加えたマルチメッセンジャー天文学により、極高エネルギーへの加速機構や極限宇宙物理現象を詳らかにする。さらには、起源天体と地球までの宇宙線の伝搬過程から宇宙磁場の構造・強度を検証でき、また加速器未到達エネルギーでの新物理探査など、近隣分野との相乗効果による新たな研究領域の創生も期待される。

⑤ 学術的な意義

1912年に飛行体を用いた高度ごとの放射線量の測定により、宇宙空間に存在する高エネルギーの放射線「宇宙線」が発見された。これまでの観測で10の20乗電子ボルトを超える巨視的なエネルギーを持つ「極高エネルギー宇宙線」の存在が明らかになっている。このエネルギーは、地球最大の粒子加速器を使って到達できるエネルギーよりも1000万倍以上も大きく、宇宙空間に極高エネルギー宇宙線を生み出す極限的な宇宙物理現象の存在を示唆している。この巨視的なエネルギーを持つ宇宙線は、ガンマ線バーストや活動銀河核の中心にある超巨大ブラックホール、強磁場中性子星といった激烈な天体物理事象による加速か、もしくは初期宇宙にできた位相欠陥、暗黒物質候補の超重粒子の崩壊といった標準模型を超える新物理を起源に持つと考えられている。しかし、現在までの観測で極高エネルギー宇宙線の起源・加速機構については明らかになっておらず、現在の天文学、宇宙物理学、素粒子物理学において解明すべき最重要課題のひとつとなっている。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

GCOSは、これまで地上での極高エネルギー宇宙線研究を最前線で競ってきたテレスコープアレイ実験とピエールオージェ観測所の研究者が協力し、世界中の宇宙線観測装置の拡張・新設によって「世界でひとつ」の宇宙線国際共同観測実験を実現する計画である。そのため本研究構想は、現状よりも一桁以上も高い宇宙線への感度と高精度な極高エネルギー宇宙線観測を兼ね備えた唯一の計画となっている。

⑦ 社会的価値

宇宙でもっともエネルギーの高い宇宙物理現象の解明を目的とし、極高エネルギー宇宙線による次世代天文学に挑戦する本研究構想は、野心的であり学術的価値は非常に高い。黎明期にある極高エネルギー宇宙線天文学を飛躍的に成長させ、極限宇宙の新しい姿を観る次世代の天文学となることは、社会においても知的好奇心を刺激する研究内容となるだろう。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

【1～2年目：検出器デザインの決定】 現在よりも一桁以上大きい極高エネルギー宇宙線への感度を実現するために、粒子種の識別能力が高く、広い面積を安価でカバーする検出器を製作する。検出器の最終デザインの決定と、今後の量産体制を見据えた製造・試験システムを構築する。

【3～7年目：検出器の設置開始、初期解析】 その後の5年間で、検出器の量産と設置を進めていく。設置後は、検出器の較正データの取得や初期データ解析、日々のモニターシステムの構築を進め、定常観測へ向けた準備を進める。

【8～10年目：定常観測、物理解析結果の公表】 すべての検出器の建設完了後、3年間定常観測を実施する。極高エネルギー宇宙線観測において世界最高感度を達成し、得られた結果を学術論文として公表する。

＜実施機関と実施体制＞ GCOS全体の創始メンバーの共同研究者の13名は、日本、アメリカ、ドイツ、オランダ、スペイン、イタリア、ベルギーの研究機関からの研究者という、ダイバーシティに富んだ国際共同研究組織になっている。日本国内での現時点での参加機関は、大阪公立大学、東京大学、神奈川大学、信州大学、大阪電気通信大学、金沢大学、九州大学、東北大学、名古屋大学、中部大学、京都大学、千葉大学と12機関にわたる。日本国内では、2023年9月にGCOS-Japanコンソーシアムを結成し、現在の参加者は34名である。それぞれのタスクおよびタスクリーダーは、地表粒子検出器は東京大学宇宙線研究所の木戸英治氏、大気蛍光望遠鏡は大阪電気通信大学の多米田裕一郎氏、起源・加速・伝搬の理論は東京大学理学系研究科の大平豊氏、ハドロン相互作用は名古屋大学ISEEの毛受弘彰氏、アウトリーチ・教育は金沢大学の方井祐子氏が担当している。

＜総経費＞ 総経費250億円（うち日本国内負担額100億円）

⑨ 連絡先

藤井 俊博（大阪公立大学 大学院理学研究科 / 南部陽一郎物理学研究所）

赤外線観測用冷却宇宙望遠鏡で革新する銀河と惑星の起源の研究

① ビジョンの概要

世界最先端の研究力の維持には、光学赤外線天文学の大型計画もスペースへ進出することが必須。銀河と惑星の起源の解明を目指し、宇宙望遠鏡 GREX-PLUS を打ち上げる。他に類を見ない波長 2 ミクロン以上の超広視野撮像とスペースからの高分散分光機能を活用し、取得したデータは世界の天文学のレガシーとなる。

② ビジョンの内容

物理学をベースとした現代天文学の究極目標は、宇宙、銀河、恒星、惑星の起源と進化を明らかにすることである。20 世紀後半から続く天文観測技術の革新により、今や、138 億年の宇宙史の 98%を遡るビッグバン後 3 億年の時代まで探査の手は伸びている。しかし残り 2%の時代に、宇宙最初の天体「ファーストスター」の形成と、宇宙最初の恒星の集団である「初代銀河」の形成が起こった。この時代を観測的に明らかにし、宇宙構造形成論の標準シナリオを検証することが観測天文学のフロンティアの一つである。一方、私たちが棲む銀河系の中には、太陽系のような恒星の周囲を惑星が公転する「惑星系」が普遍的に存在することも明らかになった。地球のような岩石惑星のうち、液体水が存在し生命が誕生しうる惑星「ハビタブル惑星」も 20 数例見つかっている。これら惑星系がどのように形成し、進化するのか、そして、生命を宿す惑星がいかにして誕生するのか、この問いに答えることも現代天文学の使命である。

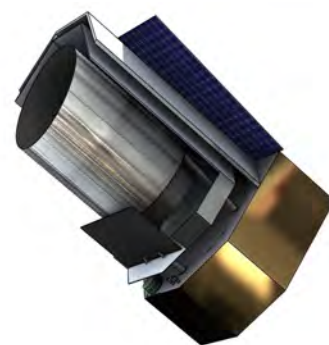


図 1 GREX-PLUS 宇宙望遠鏡予想図

日本の光学赤外線天文学の将来計画は、地球大気の影響を受けないスペースへ進出することが不可欠である。赤外線観測用冷却宇宙望遠鏡に関する日本の技術資産を活用し、宇宙望遠鏡 GREX-PLUS (Galaxy Reionization EXplorer and PLANetary Universe Spectrometer) を 2030 年代に打ち上げ、超広視野撮像と高分散分光機能による革新的な銀河と惑星の起源の探求を実現する。GREX-PLUS は、世界の将来計画と比べて、(1) 観測波長 2 ミクロン以上で唯一の広視野撮像機能、(2) 真にユニークなスペースからの赤外線高分散分光機能という特徴を持つ。これらは他に類の無い機能であり、その観測データは長きにわたり人類の知的資産となる。また、最先端研究開発を通じて人材育成と学界のダイバーシティ向上にも貢献する。

③ 学術研究構想の名称

赤外線観測用冷却宇宙望遠鏡で革新する銀河と惑星の起源の研究

④ 学術研究構想の概要

銀河と惑星の起源の解明は天文学・宇宙物理学や地球惑星科学の究極目標の一つである。ビッグバンから 3 億年未満の宇宙で「初代銀河」を探査するには波長 2 ～ 8 ミクロンの近中間赤外線観測が必要である。また、惑星形成現場の水蒸気と氷の境界線「スノーライン」の調査には波長 18 ミクロンの中間赤外線観測が必要である。明るい「初代銀河」は数密度が極端に低く、ジェームズウェッブ宇宙望遠鏡の視野内で発見するのは難しい。「スノーライン」の公転運動速度を分光的に計測し、その位置を特定するには、ジェームズウェッブ宇宙望遠鏡の速度分解能は一桁足りない。そこで、近中間赤外線帯の超広視野撮像機能と中間赤外線帯で波長分解能 30,000 (速度分解能 10 キロメートル毎秒) という高分散分光機能を持つ、口径 1 メートルの宇宙望遠鏡 GREX-PLUS を日本主導で開発する。赤外線観測用検出器の冷却には、世界最高性能を誇る国産の宇宙用機械式冷凍機技術を活用する。宇宙望遠鏡開発、データセンター構築、科学研究を通じて、若手研究者・技術者の育成とジェンダーバランスやダイバーシティの改善にも取り組む。

⑤ 学術的な意義

初期宇宙の大質量銀河は、宇宙年齢という制限時間内にそれが形成する必要がある、構造形成過程を非常に強く制限する。ジェームズウェッブ宇宙望遠鏡の初期観測結果は、 Λ CDM シナリオに比べ、より大質量の銀河がより多く存在することを示唆した。GREX-PLUS は、ジェームズウェッブ宇宙望遠鏡の 200 倍の広視野カメラで、より数密度の低い、より初期の宇宙の、より大質量の銀河を探査できる。構造形成論を極めて強力に制限し、 Λ CDM シナリオに決定的な審判を下す。

原始惑星系円盤における水と有機分子の分布は、惑星系形成過程や地球上の水(つまり海)の起源、そして、生命起源分子の生成過程解明に必須の情報である。水の分布については水蒸気と氷の境界線である「スノーライン」の位置がキーとなる。地球型惑星の水や有機物は、スノーライン外側の氷ダストや氷微惑星、彗星などが惑星に衝突してもたらされた可能性がある。GREX-PLUS は中心星質量や進化段階の異なる原始惑星系円盤約 100 天体を観測する。この統計的サンプルからスノーラインの時間空間進化を解明し、惑星系形成過程や地球型惑星上の水の起源を議論する。

ブレイクスルーと研究成果：

最遠方銀河の発見や、銀河形成の物理過程と Λ CDM 構造形成シナリオの検証。仮に Λ CDM が破綻することであれば新シナリオ構築を要求することになる。

スノーラインの時間空間進化の観測的解明。地球型惑星形成領域より内側にスノーラインが移動する場合、地球のような岩石惑星ではなく、氷惑星となる可能性があり、惑星系形成理論の再構築を要求する。

GREX-PLUS 広視野カメラと高分散分光器は他に類のないユニークな観測機能を持つため、他にも多様な銀河進化研究と惑星科学研究が可能。例えば、銀河系の 100 分の 1 の質量を持つビルディングブロックの探査、初期宇宙の超新星探査、重力波望遠鏡で観測されるブラックホールの起源の解明など。また、太陽系内の氷小天体の探査、太陽系の惑星大気気温構造の解明、太陽系外惑星大気組成の観測、星間での有機分子生成過程と星間化学反応の研究など。

波及効果：

Λ CDM 構造形成論の検証は、ダークマターやダークエネルギーの性質に迫り、素粒子物理学をはじめ物理学全般への波及効果がある。

スノーラインの時間空間進化の理解により、海惑星・陸惑星の分岐過程の解明や、太陽系内外の惑星大気の観測、太陽系小天体の観測などで地球惑星科学へのインパクトも大きい。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

GREX-PLUS は、欧米の旗艦宇宙望遠鏡計画には無い独自の機能を追求し、比較的小さい予算規模でもそれらを凌駕する科学成果を創出する。具体的には、ジェームズウェッブ宇宙望遠鏡より 200 倍広い視野のカメラと 10 倍高い波長分解能を持つ分光器を搭載する。同様の広視野カメラを持つユークリッド衛星やローマン衛星とは観測波長帯が異なるため互いに相補的である。大型地上望遠鏡 TMT と比較した場合、スペースからの高感度かつ連続的な観測波長が確保できる点、広視野撮像機能の点から、まったく異なる役割を持つ。GREX-PLUS で見つけた天体を TMT の超高空間分解能で詳しく観測するというシナジーがある。

⑦ 社会的価値

銀河と惑星の起源に関する研究は国民の関心が極めて高く、学术界屈指のキラークンテンツである。GREX-PLUS は、銀河サイエンスと惑星サイエンスの両方で世界一の研究成果を創出し、広く国民の理解を得やすく、知的価値も高い。その開発は主に日本国内で行なうため、経済的・産業的価値も高い。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

R4：「銀河進化・惑星系形成観測ミッション 時限 WG」設置

R6：GREX-PLUS ミッションコンセプト提案書提出、戦略的中型計画の候補に位置づけ

R10-R18：開発期

R19-R24：運用期間（R29 頃まで延長運用）

<実施機関と実施体制>

宇宙望遠鏡 GREX-PLUS は、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所が戦略的に進める中型計画の候補である。

参加研究者は、現在、赤外線宇宙望遠鏡「あかり」衛星や、すばる望遠鏡などの開発に携わった研究者を含め、中核メンバーとして 19 名。また、科学検討を中心的に進めるメンバー 39 名、一般メンバー 85 名、総勢 124 名である。幅広い大学研究機関から参加者が集まっている。

<総経費> 395 億円

⑨ 連絡先

山田 亨（JAXA）、井上 昭雄（早稲田大学）

次世代大型電波干渉計 ngVLA でもたらす宇宙史と生命の理解の新機軸

① ビジョンの概要

宇宙の星・銀河・大規模構造の形成と、それらの進化に伴う物質の化学的変遷の全体像を捉え、その帰結としての惑星系や生命の起源を理解することは人類普遍の課題である。次世代大型電波干渉計 ngVLA は、宇宙誕生から現在に至る物質の大循環を探究し、銀河形成や太陽系誕生過程の理解を飛躍的に高めることで、人類が存在する条件が宇宙史の中でいかに整えられてきたのかという疑問に対して一貫した視座をもたらす。

② ビジョンの内容

138 億年におよぶ宇宙の歴史の中で、多様な物質世界がいかにして発現し、地球のような惑星や生命の誕生に至るのかを理解することは全人類の知的欲求である。近年、太陽系外惑星研究が目覚ましい進展を遂げている。宇宙における惑星系の全体像の理解は今後 10 年でさらに深まり、太陽系の普遍性・特殊性を把握する手がかりも得られるだろう。その先には、地球のように生命を育む惑星を検出してその特徴を捉えようとする研究が主流となる時代が、周辺学問分野との連携と相まって到来する。一方、より大きな空間スケールに目を向けると、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡やアルマ望遠鏡により、宇宙誕生後間もない頃の銀河が次々と発見され、銀河の多様性の起源を初期宇宙にまで遡って探求する準備が整いつつある。今後は、天の川銀河が示す渦巻構造を含め、銀河の多様な構造や性質が宇宙の歴史の中でどう作られてきたのかという天文学上の根源的な謎が解かれていくに違いない。したがって、宇宙大規模構造が形成される過程で、個々の銀河の成長に関連した詳細な物理メカニズムを解き明かすことは、20 年後も中心課題であり続けるだろう。本研究構想で提案する次世代大型電波干渉計 (ngVLA) は、Thirty Meter Telescope (TMT) 稼働後の 2040 年代を見据え、これらの根源的な問いに対してユニークかつ顕著な寄与をもたらす革新的な望遠鏡である。

ngVLA は波長 1cm から 10cm 帯における世界の主力天文観測装置として、誕生して間もない星のごく近傍（たとえば地球軌道相当）の惑星形成現場を探るのに最適であり、TMT が探索する系外惑星に対してその起源を探るという決定的かつ異なる役割を果たす。また ngVLA は、星間物質から原始惑星系円盤を介して生命誕生へと至る化学的道筋も研究対象とする。特に、アミノ酸前駆体や大型有機分子の高解像度観測に威力を発揮し、「星間空間でどのように生命の素材が用意され、惑星系の母体へ供給されるのか」という生命誕生の物質科学的な初期条件に関する情報を提供する。一方、生命を育む惑星の誕生は、宇宙の物質進化史における一つの帰結でもある。ngVLA は、銀河の成長メカニズムを知る鍵となる「冷たい分子ガス」の直接検出に加え、銀河進化に重要な役割を果たす超巨大ブラックホール周辺からの非熱的放射の検出にも最適であり、宇宙史における銀河とブラックホールの共進化、および物質の大循環の探究を可能にする。すばる望遠鏡、アルマ望遠鏡、TMT に加え、センチ波の次世代大型望遠鏡である ngVLA は、2040 年代の我が国にとって新たな観測手段となる。これらの望遠鏡は、幅広い空間・密度・温度・時間・化学組成等の軸上でそれぞれ独自の情報を提供する。その相乗効果は 21 世紀の天文学を加速度的に発展させ、人類の宇宙像を刷新する。

③ 学術研究構想の名称

次世代大型電波干渉計 ngVLA でもたらす宇宙史と生命の理解の新機軸

④ 学術研究構想の概要

次世代大型電波干渉計 ngVLA (next generation Very Large Array) は、米国国立電波天文台 (NRAO) が計画を主導し、初期運用を経て 2040 年代に本格稼働する大型共同利用施設である。口径 18m と 6m のアンテナを約 9,000km の範囲に合計 263 台設置し、センチ波からミリ波帯の一部（約 20cm から 3mm 帯）において、現在稼働中のアルマ望遠鏡及び米国 JVLA の約 10 倍の集光力と 10 倍以上の解像度を実現する（図 1）。我が国はアルマ望遠鏡の建設・運用で築いた NRAO との連携実績を礎として、他国が真似できない技術貢献を行い、

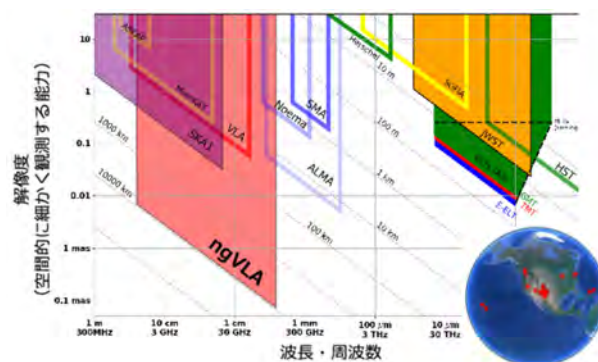


図 1 稼働中・計画中の他の望遠鏡との解像度比較。
縦軸が小さい（下方向）ほど解像度が高い。

応分の観測時間を確保する。アルマ以前から注力してきた波長帯での次世代望遠鏡であり、科学研究の発展だけでなく、国内における若手研究者の育成や我が国独自の干渉計基盤技術の醸造にも寄与する。

⑤ 学術的な意義

ngVLA の観測波長帯ではサブミリ波帯に比べて塵（固体微粒子）の放射効率が低下するため、原始惑星系円盤の高密度領域を光学的に見通した観測が可能となる。このような観測は惑星系形成の初期段階を探ることを可能とし、惑星の多様性の理解において極めて重要である。ngVLA と、円盤中部～外縁部を感度良く撮像可能なアルマ望遠鏡との連携は、あらゆる進化段階の円盤を「惑星系」のダイナミックな形成現場として捉え直し、その理解に質的転換をもたらす。また、センチ波帯は星間空間における窒素の重要な存在形態の一つであるアンモニアや大型有機分子を含む多様な分子からの輝線に富む。ngVLA は原始星近傍においてこれらの分子輝線を光学的に見通すことが可能であり、太陽系内の惑星探査とも連携することで、生命誕生のための初期化学条件の探究が可能となる。さらに遠方銀河に対しては、一酸化炭素分子の基底状態を含む低励起状態間の遷移に伴う分子輝線が ngVLA によって初めて捉えられるようになり、その銀河に含まれる低温ガス（星形成の素材）の正確な定量が可能になる。この情報をジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡や次世代可視赤外線望遠鏡が捉える星形成活動等に由来する高温ガス成分の情報と合わせることで、宇宙における物質の大循環を個々の銀河の内部構造を分解しながら探究する。これらを総合し、我々人類のような生命が存在する条件が宇宙史の中でいかに整えられてきたのかという疑問に対し、一貫した視座を提供する。また、ngVLA はあらゆる波長帯を通じて最高レベルの解像度を達成する VLBI 機能を持つため、マルチメッセンジャー天文学時代における電波帯のキープレイヤーとして様々な望遠鏡と連携しながらタイムリーな観測を実行することで、高エネルギー天体現象の解明と、その現象が生じる極限環境での物理学の理解にも大きく貢献する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

アルマ望遠鏡と ngVLA は天文学・宇宙物理学・宇宙化学・惑星科学等の研究推進で両輪となるものであり、ngVLA は宇宙電波懇談会においてもその実現が強く要望されている。また、すばる望遠鏡、ジェイムズ・ウェッブ宇宙望遠鏡、TMT 等の光赤外望遠鏡とともに惑星系の誕生・進化の一貫した描像を得る上で、ngVLA が与える惑星系の材料物質や形成初期段階の情報は必須である。この他、TMT や高エネルギー帯を含む多波長観測装置が発展する中で、ブラックホール等を対象としたマルチメッセンジャー天文学への寄与も果たす。

⑦ 社会的価値

地球型惑星の起源や生命の起源に深く関係する惑星系形成初期の化学組成等に関する ngVLA の成果は、私達の生命観や宇宙における地球の価値の理解に極めて大きなインパクトを与える。知的価値の創出だけでなく、将来的には経済的・産業的側面への波及効果も期待される。特に ngVLA のような次世代大型計画では、技術的に低リスクでコストを低減しながらも非常に高性能な観測装置を量産することが求められ、新たな発想を必要とする開発領域がある。アンテナ製造技術や高精度信号発生技術、また、ビッグデータ処理等で通信分野をはじめとする産業界への波及効果が期待でき、これらを通じて SDGs の達成にも貢献する。

⑧ 実施計画等について

米国では 2027 年頃に最終設計審査を予定している。我が国においては、計画を前進させて日本の観測時間を確保するためにも、2030 年代前半の建設フェーズに先立ち、設計・試作準備と試作機製造・試験の二段階を踏む。まず 2023-2027 年は、建設期における日本の主要貢献要素となるアンテナ（直径 18m と 6m のアンテナを複数台）や、マイクロ波フォトンクス技術、受信機等の設計および試作を進める。これらは ngVLA 建設期における日本の貢献の礎となるだけでなく、得られた技術はアルマ望遠鏡や日本 VLBI 観測網、大学プロジェクトといった既存・将来の電波干渉計にも適用可能で汎用性が高い。2028 年以降に国産プロトタイプアンテナを国内に建造し、システム搭載試験や性能実証を兼ねた試験科学観測を行なう。その後、2030 年代の本格的な望遠鏡建設へと進む。日本においては、自然科学研究機構国立天文台が実施機関である。国立天文台 ngVLA 検討グループは NRAO との協定に基づき実施内容に関する協議を進めており、国内の大学研究者とともに科学的・技術的検討を展開している。総経費は、日本分担分として、開発・建設の全体経費（2028～2040 年）と建設後の 10 年間の運用経費を合計し、12%～20%の貢献、すなわち 3.6 億～6.5 億米ドルで検討している。

⑨ 連絡先 泉 拓磨（国立天文台）

大型サブミリ波望遠鏡 LST 計画の実現に基づくサブミリ波帯多次元掃天天文学の創出

① ビジョンの概要

アルマ・JWST・TMT をはじめとする大型天文観測施設が稼働する時代に、サブミリ波帯において、それらと相補的で新しいディスカバリー・スペースを切り拓く多次元掃天観測（空間・宇宙論的奥行き・時間軸・偏光）を国際機関と連携して推進する。天体形成・構造形成分野および関連諸分野の格段の発展・振興を目指す。超伝導検出器等の開発は工学・数理科学など分野連携で行われ、量子コンピューターへの応用など幅広い波及効果が期待される。

② ビジョンの内容 星・惑星や銀河、そしてその大集団である銀河団とそのネットワーク（大規模構造）に至る、幅広い階層の天体がいかに形成され進化してきたか、その過程を解明し、その普遍性と多様性の起源を理解することは、現代天文学における最大の課題の一つである。本ビジョンは、アルマやその拡張計画、また JWST など数々の超大型天文観測施設が稼働する時代に、サブミリ波帯において、それらと相補的で新しいディスカバリー・スペースを切り拓く多次元掃天観測（空間・宇宙論的奥行き・時間軸・偏光）を推進する。これにより、天体形成・構造形成など天文学・天体物理学はもちろん、宇宙論や太陽系科学など関連諸分野の格段の発展・振興を目指し、グランドビジョン 18 に貢献する。

③ 学術研究構想の名称

大型サブミリ波望遠鏡 LST 計画の実現に基づくサブミリ波帯多次元掃天天文学の創出

④ 学術研究構想の概要

ミリ波サブミリ波帯は、豊富な分子・原子スペクトル線、ダスト（固体微粒子）からの熱放射、またプラズマを捉えるスニヤエフ・ゼルドビッチ効果など、星間物質を観測的に捉えるユニークな波長帯である。アルマは、この波長帯において、かつてない高い感度・高い解像力・高い撮像能力を有し、惑星系形成の現場から宇宙初期に存在する形成途上の銀河まで、多様な天体の形成過程を観測し、多くの成果を挙げ続けている。その一方で、アルマは広大な宇宙の中で未知の天体を探し出す探索能力は限定的である。こうした背景のもと、本学術研究構想は、ミリ波サブミリ波帯において、天体探索能力を飛躍的に高め、アルマと相補的なディスカバリー・スペースを切り拓くことがその柱である（図 1）。高精度・大口径・広視野のミリ波サブミリ波帯望遠鏡を実現すると共に、一挙に広い天域を観測できる超広域撮像能力（アルマと比較して 1 万倍以上）、また一挙に幅広い周波数範囲を分光できる超広帯域分光能力（アルマと比較して 10 倍以上）を実現する焦点面観測装置の開発を行う。これにより多次元的掃天観測をサブミリ波帯において初めて実現する。

⑤ 学術的な意義

ミリ波サブミリ波帯は、10K の分子ガスから 1 万 K の電離ガス、1 億 K のコロナルガスまで、多様な星間物質が特徴的な放射をする「汽水域」である。本学術研究構想は、ミリ波サブミリ波帯において、天体探索能力を飛躍的に高め、アルマと相補的なディスカバリー・スペースを切り拓く。

アルマを使った酸素イオン輝線の観測、そして宇宙赤外線望遠鏡 JWST の登場により、宇宙開闢後わずか 3 億年弱（赤方偏移が約 15~17）の時代に、星生成銀河がすでに存在していたことが明らかになってきた。ついに赤方偏移が 20 を超える銀河候補が報告される一方、こうした赤方偏移では、静止系可視光の主要なスペクトル線が全て JWST の近赤外線分光装置 NIRSpec の観測可能波長を超えてしまう。このため、酸素イオン輝線 [OIII] 88 μm をはじめとするミリ波サブミリ波帯での広域かつ高感度な分光撮像探査の重要性はますます高まっている。こうした未開拓の赤方偏移における形成中銀河の網羅的探査とその生成進化過程の解明が今後の天文学の最重要課題の一つになっている。LST 計画は、酸素イオン輝線やガンマ線バースト逆行衝撃波をプローブとしたユニークな手段により、JWST 宇宙望遠鏡などとは異なる切り口で、このフロンティアに切り込むという意義がある。[CII] 158 μm 輝線や [OIII] 88 μm 輝線を使った、初期宇宙における多数の銀河の個別検出はもちろん、近年では、輝線強度マッピングという手法により、大規模構造や宇宙論に関する新たな知

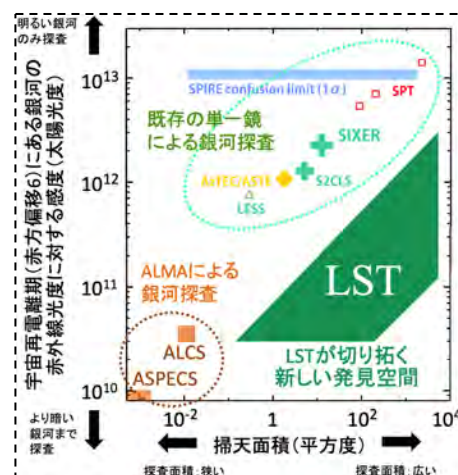


図 1 LST 計画が切り拓く発見空間の例

見を得ることへの理論的な期待も高まっている。

この波長帯に特有のスニヤエフ・ゼルドビッチ (SZ) 効果は、宇宙の構造形成に伴うガス加熱・冷却過程のユニークな研究手段、特に高赤方偏移宇宙に強い手段である。本構想により精密観測が実現されれば、熱的 SZ 効果に加え、超高温成分による相対論的なスペクトルの歪みの検出、さらに微弱な力学的 SZ 効果の本格的な観測も可能となる。構造形成や銀河団の進化の研究のブレークスルーになるばかりでなく、銀河団を用いた観測的宇宙論へのインパクトも期待される。

この他、アルマと宇宙からの偏波観測をつなぐ空間スケールでの星間磁場構造とその星形成での役割の全貌解明、星生成初期段階の物理的および化学的多様性と普遍性の研究、宇宙再電離期のキューサー前駆体探査や中間質量ブラックホール候補の探索、高頻度サブミリ波 VLBI 観測に基づくブラックホール科学への貢献、超新星残骸に付随する分子雲の広域観測に基づく宇宙線研究、長期間分光観測モニターによる太陽系惑星の突発的あるいは長期的気候環境変動の研究など、新たな切り口の開拓により、天文学・天体物理学・宇宙論・惑星科学の幅広い発展に寄与する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

サブミリ波帯広域撮像観測は、ハーシェル宇宙望遠鏡や 10-15m 級の地上望遠鏡が担ってきたが、角分解能が低いことに起因する感度限界を打破し、アルマ時代の広域探査施設として格段に高い集光力と広域天体探索能力を備えた大口径サブミリ波望遠鏡を求める機運が世界的に高まっている。欧州で検討が進められている AtLAST 計画と統合し、予算化のための準備を国際協調により進めていく。LST としてはサブミリ波望遠鏡 ASTE10m 鏡を、AtLAST は APEX12m 鏡を pathfinder と位置付け、準備研究・技術開発を加速する計画である。

⑦ 社会的価値

超広視野カメラや多画素分光撮像装置の開発は、量子コンピューターに必須な超低消費電力冷却増幅器等の要素技術開発との相乗効果が期待され、我が国のイニシアチブ向上に貢献できる。

超低損失・超広帯域光学素子や平面回路素子技術、低コスト高利得アンテナの実現は、Beyond 5G/6G の推進にも資する。本計画で必要なビッグデータ画像解析技術は、社会の老朽化インフラの非破壊診断・予測等への貢献も期待される。本計画は過酷な乾燥・高地という環境下で、自立かつ安定した再生可能エネルギーの供給、持続・再生可能な電力マネジメントの実現も目指す。工学分野との連携のもと、電力源を太陽光発電と蓄電で賄う構想が国際共同で検討されており、我が国は、高い耐久性の太陽電池、世界的シェアの大きい蓄電池、自動車産業と共に重点的開発が進む燃料電池等の強みがある。極限環境での実績は産業界への波及効果、SDGs 政策の観点から重要である。

⑧ 実施計画等について

2030 年代後半までに初期科学運用開始を実現するため、2030 年半ばでの建設開始を目指す。国内実施機関の候補としてはアルマの運用を担う国立天文台がまず挙げられるが、国際協力の枠組みに応じて、適切な実施機関・体制の構築を進める必要がある。現在策定が進められている国立天文台サイエンスロードマップおよび実施計画への掲載を目指しつつ、アルマの将来計画の一部として実施する可能性の検討やコミュニティとしての合意形成を進める。LST 計画は欧州が主導する AtLAST 計画と統合することで合意しており、現在、AtLAST2 プログラムの下で、国際共同での建設・運用を想定したモデルの検討を進めている。2028 年半ばまでに日本の貢献・参加形態案の具体化が進む予定である。日本からはアルマにおける日本分担分と同水準の約 20%の分担を目指す。日本側の技術検討に基づく総経費は計画全体で 450 億円、日本分担分としては合計 90 億円であるが、AtLAST2 との検討により大きく改訂される可能性がある。

⑨ 連絡先 新永 浩子（鹿児島大学）、河野 孝太郎（東京大学）



図2 LST 計画の位置付けと波及効果

IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台によるニュートリノ天文学の長期的展開

① ビジョンの概要

ニュートリノ放射天体を同定し、宇宙物理学上最大の謎の一つである高エネルギー宇宙線の起源を明らかにする。完全な国際共同実験の枠組みで運営し、新しい融合研究分野であるマルチメッセンジャー天文学を推進する。

② ビジョンの内容

素粒子ニュートリノは、電磁波の観測では原理的に不可能である、深宇宙や天体深部の直接観測を可能とする。宇宙ニュートリノ放射と高エネルギー天体現象を連結して理解することに成功した南極氷河設置実験 IceCube は、この圧倒的発展をもたらしたプロジェクトである。現在、TeV を超える高エネルギーニュートリノ放射天体を同定する段階までニュートリノ観測研究は到達している。このブレークスルーを活かし、ニュートリノ放射機構の解明、宇宙で最もエネルギーの高い放射である宇宙線放射起源の解明、そしてニュートリノ検出を号砲に使い他波長観測と連携して新しい宇宙観測の窓を開くマルチメッセンジャー観測の実現を目指すのが我々のビジョンである。400 年もの間、電磁波による観測のみに立脚していた宇宙科学研究に、全く新しい手段を提供し、素粒子ニュートリノの特性を活かした新しい研究分野を創生し、天文学研究の新しいページを開く。ニュートリノ科学のみならず既存の天文学研究プログラムにも積極的に貢献していく。

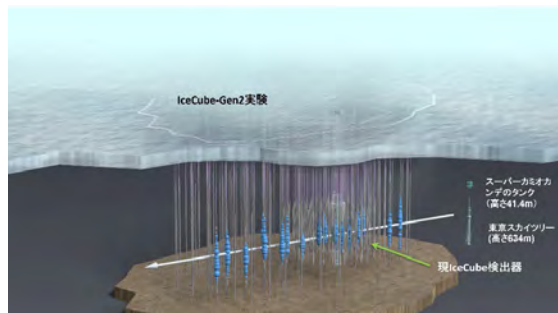


図1 IceCube-Gen2 実験の概観

③ 学術研究構想の名称

IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台によるニュートリノ天文学の長期的展開

④ 学術研究構想の概要

ニュートリノ放射天体を同定し、宇宙物理学上最大の謎の一つである高エネルギー宇宙線の起源を明らかにするために、IceCube 実験を約 10 倍に拡張する IceCube-Gen2 観測所を建設する。TeV 以上の高エネルギー宇宙ニュートリノを年間 200 事象以上検出し、ニュートリノ放射点源の同定、ガンマ線バーストや AGN のフレアとの同時事象検出による宇宙線放射機構の研究、EeV(1000PeV)領域のニュートリノ束探索による超高エネルギー宇宙線起源の研究を行う。また素粒子としてのニュートリノの特性を生かして、フレーバー比の解析による超長基線ニュートリノ振動の研究や、TeV-PeV 領域におけるニュートリノ・核子相互作用の研究、モノポールなど素粒子大統一理論由来の生成物の探索を進める

⑤ 学術的な意義

ニュートリノは電荷を持たず、かつ宇宙論的距離を他粒子と衝突せずに伝播するため、高エネルギー極限宇宙探査にとって理想的なメッセンジャーである。また高エネルギー宇宙ニュートリノはパイ・ケイ中間子の崩壊によってのみ生成されるため、ニュートリノ放射源は宇宙線核子・原子核の起源天体として確実に同定される。このため高エネルギーニュートリノ観測は、ニュートリノ事象の空間・時間・エネルギー・フレーバ情報を介して宇宙線加速の現場を捉え加速機構を研究する理想的手段である。現行 IceCube 実験により宇宙線起源天体由来のニュートリノが実際に存在することが確証され、その存在量から宇宙線起源天体クラスについての一定の洞察まで可能となった現在、ニュートリノ観測は天文学の新しい窓として確立した。IceCube-Gen2 観測所は、この急速な発展を牽引した IceCube 観測所の次世代プロジェクトとして、ニュートリノの窓を通じて高統計で高エネルギー極限宇宙の非熱的物理現象を解明し高エネルギー宇宙線起源を同定する確実な観測データを提供する。ニュートリノ観測は、可視光・X線・ガンマ線・重力波観測と連動して行い、それぞれの波長・メッセンジャー観測による天文学研究にとってユニークなプローブとなる。ニュートリノ観測による知見は、新しい研究分野であるマルチメッセンジャー天文学研究の中核を成し、伝統的な電磁波による全ての天文学研究に新しい方向性を加えることになる

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

ニュートリノによるマルチメッセンジャー天文学は、重力波とともに新たな宇宙探査の手段として根付いた。この急速な発展をうけ、米国自然科学財団(NSF)はマルチメッセンジャー天文学をてこ入れする新たな予算枠を創設し、IceCube-Gen2 の Phase 1 はこの枠で先行して予算が承認された。IceCube-Gen2 計画は、天文学分野における Astro2020, 素粒子物理学における P5 committee において最優先計画として米国では位置づけられており、米国負担分は NSF の MREFC による採択を目指している。日本負担分は、本計画に基づく概算要求を行う。

⑦ 社会的価値

南極氷河という厳しい環境下で使われる検出器の要求仕様は高く、様々な構成要素からなる複合モジュールは多くの応用技術のシーズとなる。実際に、耐圧性能を保ちながら紫外線を透過するという相反する要求に答えるための開発から新たな光検出器の開発の可能性につながる事例もでている。最先端技術は先端基礎科学プロジェクトの要求によって鍛え上げられ、実用化され、さらにその技術が次世代の科学プロジェクトに使われるという好循環を継続していくことは、技術大国日本の国益に直結する。また研究成果を解説する一般講演会には常に多数の参加者があり、社会の関心は高い。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞

2027 年度より検出器製作開始

2030 年度から 2036 年度までの 7 年間で南極現地に建設

2031 年度より、建設が終わった装置からの観測データを順次公開、データセンター立ち上げ
(前回応募時より 3 年の遅れ)

＜実施機関と実施体制＞

IceCube-Gen2 Collaboration としての組織化は完了しており、日本はの中で ニュートリノ検出器に責任をもつワーキンググループのグループリダーを担っている。IceCube-Gen2 Coordination Committee には千葉大学ハドロン宇宙国際研究センター長がメンバーとして入っている。日本グループは千葉大学ハドロン宇宙国際研究センターと大阪公立大学のメンバーから構成されている。IceCube-Gen2 は IceCube Collaboration としてダイバーシティ委員会を内部に持っており、人種・性別の多様性を推進している。日本グループにおいてもこの方針は堅持され、千葉大学ハドロン宇宙国際研究センターのメンバーの約半数は外国人である。

＜総経費＞ 62 億円

＜所要経費＞

総経費 62 億円

所要経費 検出器製作ライン構築 5 億円

検出器製作費用 30 億円

検出器製作・試験・輸送にかかる人件費 5 億円

アジア・パシフィック地域観測データセンター設置費 2 億円

データセンター運営費 10 億円(10 年分)

研究センターに所属し共同利用研究を進める人件費 10 億円(10 年分)

⑨ 連絡先

吉田 滋(千葉大学ハドロン宇宙国際研究センター)

冷却宇宙望遠鏡 PRIMA による赤外線天文学の革新

① ビジョンの概要

宇宙には、まだ私たちの知らない謎がたくさん隠されている。それは、塵に覆われて進行する星や惑星の誕生や、銀河や巨大ブラックホールの成長などである。次世代赤外線宇宙望遠鏡「PRIMA」は従来の感度を一桁以上も上回る観測性能で、宇宙の広い範囲を観測し、従来は見えなかった宇宙を明らかにするための「次世代の眼」として、私たちに宇宙のルーツを理解する力を与え、人類の宇宙観を刷新することを目指す。

② ビジョンの内容

人間の目による観察から始まった天文学は、約 400 年前に望遠鏡が開発されたことで大きく発展した。20 世紀になると、多波長で宇宙が観測されるようになった。このことが宇宙に対する理解を劇的に深化させた。星や惑星が誕生する現場が塵やガスの奥深くであることや、大量の塵に覆われて銀河や巨大なブラックホールが成長していることなどが分かってきたのである。今世紀に入り、ミリ波サブミリ波および近赤外線、X 線で最先端の観測を実現する装置が稼働し始め、また可視光・センチ波でも超高感度観測装置の検討が具体化しつつある。しかし、全電磁波の中で唯一、遠赤外線帯においてだけは、超高感度観測を実現する観測装置が実現されていない。今後、人類が地球型惑星の形成過程を理解したり、どのようにして現在の宇宙の姿になったのかを理解するためには、遠赤外線帯における超高感度観測を実現する装置の具体化が欠かせない。

これまでの研究から、塵に隠された現象を明らかにし、多様な相にある物質からの放射を捉えることができる遠赤外線観測の重要性が認識されている。例えば、宇宙の基本構成要素である銀河、およびその進化に甚大な影響を与える巨大ブラックホールについて、それらの質量成長の大半が、大量の塵に隠され可視光では詳細調査が困難な銀河で起こっていることが知られている。また、惑星形成を理解するための円盤ガス質量と散逸過程の調査には不可欠な重水素分子の放射や、ガス惑星と地球型惑星の形成領域の境界である水スノーライン付近の水分子からの放射は遠赤外線領域に存在しており、惑星形成過程の理解には遠赤外線観測が必須となる。こうして遠赤外線による観測研究の重要性が認識されている中、次世代の遠赤外線宇宙望遠鏡計画は世界で PRIMA だけである。我が国では今世紀初頭から赤外線宇宙望遠鏡 SPICA の実現が精力的に検討された経緯がある。SPICA は 2020 年に計画が中止されたものの、この検討のヘリテージを活用して、遠赤外線天文学の発展を通じた天文学の中長期的発展に我が国が貢献する意義は大きい。

③ 学術研究構想の名称

冷却宇宙望遠鏡 PRIMA による赤外線天文学の革新

④ 学術研究構想の概要

冷却宇宙望遠鏡 PRIMA を国際協力により実現させ、赤外線天文学を刷新する。ハーシェル宇宙望遠鏡の運用終了から約 20 年ぶりとなる遠赤外線宇宙望遠鏡により従来を圧倒する感度での赤外線観測を可能にすることで、(1)惑星形成の初期状態、(2)銀河と巨大ブラックホールの進化、(3)重元素とダストの生成・進化、という課題を主とする課題解明に取り組む(図 1)。日本はスペース赤外線天文学の分野において、1995 年打上の赤外線宇宙望遠鏡 IRTS、2006 年打上の「あかり」赤外線天文衛星、赤外線宇宙望遠鏡 SPICA に向けた検討などの経験を蓄積してきている。この経験や実績を活用し、PRIMA に対して、サイエンス活動・美笹局によるデータ受信支援・冷却システムへの 18K シールド提供・冷却光学系の試験と評価への参加、の 4 項目の貢献による正式参加を目指す。この正式参加により、PRIMA の科学観測時間の 25%を占める PI 観測の検討・準備・科学成果創出に日本が加わることができる。一方、残る科学観測時間で実施する GO 観測によっても日本から多くの科学成果を創出するため、波長や分野の枠を超えた幅広い研究者コミュニティの組織化を進める。

⑤ 学術的な意義



図 1 PRIMA 完成予想図（図内右下）および PRIMA の主要観測対象（PRIMA GO Science Book vol. 2; Moullet et al. 2025 より）

惑星形成の初期条件解明について、原始惑星系円盤から惑星誕生に至る道筋には多くの謎が残されている。特に水 (H_2O) の状態は円盤内の物質の相構造を示唆し、HD 輝線はガス質量の導出に重要な指標となる。PRIMA では高分散分光観測により、 H_2O の原始惑星系円盤での存在や分布を解明し、HD からガス散逸の時期を明確化する。大半の H_2O 輝線は PRIMA がカバーする波長領域に存在するため、低温から高温までの様々な温度領域の H_2O ガスの分布を探ることができる。

銀河進化については、現在の宇宙から宇宙最盛期と言われる赤方偏移 2 までの間の宇宙では、塵に隠された銀河が大半の星形成を担うことが分かっている。また、これらの銀河には巨大ブラックホールが共存しているが、銀河と巨大ブラックホールとが共進化する物理は未解明である。PRIMA は広視野の遠赤外線撮像観測により、塵に覆われて可視光では認識が困難な銀河も含めたサンプルの構築が可能である。更に、遠赤外線に存在する多くの輝線の分光観測から、銀河と巨大ブラックホールの活動性やガスの物理状態を計測できる。これらの情報の統合により、銀河と巨大ブラックホールの共進化の謎を解明することが期待される。

重元素と塵の生成史については、幅広い赤方偏移に存在する銀河に対して高感度かつ広帯域の赤外線分光観測を実施することで電離・中性・分子ガスの輝線情報を得ることにより、宇宙がいかにして様々な物質に富む世界に至ったかを調査する。これまで可視光線領域のスペクトル線を用いた星間物質の重元素量診断が行われてきたが、塵による吸収・散乱による影響により、過小評価されている可能性が指摘されている。赤外線観測によりこの問題は緩和され、星間物質の真の物理化学情報を取得できる。PRIMA では約 100 億年前の宇宙から現在にかけて、ダストや重元素がどれだけのどのような状態で存在し、それが現在の状態に至ったのかを探索する。PRIMA により宇宙の化学進化史の全貌解明というブレイクスルーが得られると期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

直近の遠赤外線宇宙望遠鏡として、欧州宇宙機関(ESA)が 2009 年に打ち上げたハーシェル宇宙望遠鏡があり、2013 年まで運用されたが、70K までしか冷却されなかった事もあり遠方銀河や暗い原始惑星系円盤のスペクトル観測を十分には行えなかった。日本は高感度遠赤外線観測の実現のために欧州と共同して SPICA 計画を進めたが、欧州側の予算超過により 2020 年に検討を中止した。このような状況の中、ハーシェル宇宙望遠鏡よりも 1 桁以上の感度・効率で撮像・分光・偏光観測を行う新たなスペースミッションとして PRIMA 望遠鏡が位置付けられ、これを実現させる必然性が非常に高まっている状況にある。

⑦ 社会的価値

PRIMA が取り組む重要科学課題について、塵に覆われた銀河・巨大ブラックホールや原始惑星系円盤の実態に既存装置を用いて迫ろうとする日本の研究者による成果は数多くプレスリリースが行われ、国民の宇宙観の刷新や知的好奇心の充足に寄与してきている。このため、こうした研究の PRIMA による一層の革新は国民に更なる宇宙像の理解をもたらすと期待できる。

⑧ 実施計画等について

PRIMA は現在、概念検討による計画提案書の作成が国際協力の下で進められている。この提案書を 2025 年 12 月に NASA に提出する。その後、2026 年に最終選考が行われる。2026 年から衛星の設計、コンポーネントと衛星の製造、試験が開始され、2032 年に打ち上げ予定である。打ち上げ後 5 年の運用期間の間に、科学観測時間の 25%を使って PI 観測を実施し、残る 75%の時間を使って公募型観測である GO 観測を実施する。日本では、国内研究者の意見を PI 観測の計画に反映し、また GO 観測の成果創出につながるよう、数年前から研究会やワークショップなどを開催しており、今後も開催予定である。

PRIMA の選定後には、日本担当コンポーネントの EM および FM 製作、さらにアメリカへの納入や、データ受信システム部分の設計、改修、試験を PRIMA の打ち上げ前に行う。打ち上げ後は、JAXA の地上局でデータ受信の一部を担う予定である。日本のチーム (PRIMA-J) は宇宙科学研究所の戦略的海外共同計画として PRIMA に参加することを想定し、検討を進めている。PRIMA-J は光学赤外線天文連絡会 (GOPIRA) を推進母体とするが、PRIMA-J チームは光学赤外線分野に閉じず幅広い波長帯の研究者、理論研究者、惑星科学分野や基礎物理分野の研究者など多様な研究者の参加を得て活動を進めている。PRIMA の製作および運用に必要な総費用として約 10 億ドルを見込んでいる。日本は PRIMA に対して約 10 億円の経費により参加することを検討している。

⑨ 連絡先

稲見 華恵 (広島大学)、長尾 透 (愛媛大学)

高エネルギー加速器による素粒子原子核物理学の研究

① ビジョンの概要

物理学に基づいた時空と物質構造と宇宙進化の全体像を真に統一的に記述するための本質的な鍵を得る挑戦を行う。高エネルギー加速器の実験として、欧州 LHC でエネルギーフロンティアの素粒子研究、日本の SuperKEKB/Belle II と J-PARC で大強度フロンティアの素粒子研究、J-PARC ではさらにハドロンや原子核の研究を行う。将来、エネルギーフロンティアでのヒッグス粒子の精密測定が不可欠である。

② ビジョンの内容

自然界の物質を構成する原子核や素粒子を理解することは基礎科学の中心的な課題である。原子核と素粒子への理解の最大の要因は加速器の発明と発展に求められる。様々な発見は新たな謎を生んだ。存在が確実視される暗黒物質は標準模型に欠けている要素である。宇宙に反粒子が見当たらず粒子だけが残った理由、素粒子の世代構造の謎、宇宙の加速膨張の謎、さらに宇宙開闢の謎など数多くの問題が残されている。加速器技術の進歩は、数多くの不安定原子核や原子核の極限状態を研究する扉を開いた。クォークの閉じ込めから重い元素の生成、中性子星に至る物質の進化を解明する研究が続いている。これらの探求を推し進め、物理学に基づいた時空と物質構造と宇宙進化の全体像の真に統一的な記述へ至る本質的な鍵を今後 20-30 年のうちに得る挑戦を行う。



図1 素粒子原子核物理学の研究

素粒子原子核物理学の次のブレークスルーは、未踏の高エネルギーでの実験から既知の粒子を使った様々な超精密測定まで、広いエネルギースケールの研究でもたらされうる。本戦略で提案する多様なアプローチが肝要である。

1. 欧州の LHC 実験においてヒッグス粒子やトップクォークの測定と新しい物理の直接探索を進める。2. 日本の高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の大強度加速器実験施設：SuperKEKB/Belle II と J-PARC で B 中間子やタウレプトン、K 中間子やミュオン、そしてニュートリノにより全ての世代のクォーク・レプトンを用いた測定や探索を網羅的に行う。3. 陽子や K 中間子のビームを用いて生成する重いクォーク (ストレンジやチャームなど) を挿入した原子核の構造や、クォークの種類を拡張してより一般化した核力の研究を進める。4. 将来、LHC 実験を引き継ぐ国際リニアコライダー等のよりグローバルな次世代エネルギーフロンティアの衝突型加速器での、ヒッグス粒子の性質の精密な測定とさらなる未知粒子の探索が不可欠である。

③ 学術研究構想の名称

高エネルギー加速器による素粒子原子核物理学の研究

④ 学術研究構想の概要

欧州 LHC 加速器の高輝度化に向けた加速器と測定器のアップグレードを国際協力で推進し、ATLAS 実験の高統計データ解析を遂行する。SuperKEKB 加速器とその Belle II 実験は、性能改善を行いつつ運転を継続し新物理現象の探索などを進める。J-PARC 加速器の実験は、ビーム時間の確保と施設の高度化のバランスをとりながら進める。加速器と基盤技術、検出器・測定器の技術開発を国内外の研究者とともに進める。物質と宇宙の全体像を探求するとともに、数理科学全般さらに哲学にまで大きなインパクトを与える。産業・医療応用まで広範囲に波及効果がある。それぞれの研究が相補的であるとともに、国外の実験とは最初の発見を目指す競争関係にある。大規模な国際共同研究として行われ、国外からも研究者が多数参加し、KEK はそのハブ拠点としての役割を果たしている。多様な国籍・世代・性別・キャリアを持つ共同研究者の議論に基づき研究が展開されている。大学院生にも積極参加と交流を促し、分野の多様性を維持・確保する。KEK は実施すべき課題と優先順位を明確にして進めており、大学共同利用機関法人として共同利用を実施する。本構想の研究はいずれも、今世紀に我が国が国際的に高い優位性を示している。グローバル化が一層進む中で世界最先端の加速器での研究を実現し、将来を担う優秀な人材の育成と分野の発展を可能にする。宇宙の歴史や物質の成り立ちに対する深い理解は、人類全体が共有する新たな英知の創造としての社会的・文化的意義を持

ち、計画段階では思いもしなかった社会的効果やイノベーションをもたらすポテンシャルは高い。

⑤ 学術的な意義

KEK は素粒子原子核研究の国際的な一大拠点である。CERN の LHC 実験に参画し、新しい物理の直接的探索とヒッグス粒子やトップクォークなど LHC 加速器でのみ生成できる多様な粒子の解明を進めている。KEK が有する SuperKEKB や J-PARC では、素粒子標準模型の綻びを探る試みを多角的に進め、あらゆる世代の素粒子の精密測定や宇宙観測から得られる結果を総合的に組み合わせて、標準模型を超える理論の構築を進めている。大強度ビームで生成されるエキゾチックなハドロンや原子核の高精度測定により、クォーク多体系の QCD に基づく理解を進めている。これらの実験を今後もタイムリーに実現し豊かな研究成果を出し続ける。ミュオン $g-2$ /EDM 実験とハドロン実験施設の拡張で、新しいビームでの実験を行うことが可能になる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内外で行われている多くの素粒子実験は、標準理論を超える新しい物理を多角的に検証する上で相補的な役割を果たす一方、その証拠の最初の発見を目指す競争関係にある。欧州 LHC での ATLAS 実験は世界で唯一稼働中の「エネルギーフロンティア」での研究である。国内の SuperKEKB 加速器での Belle II 実験や J-PARC での実験は「大強度フロンティア」での研究である。

⑦ 社会的価値

宇宙の歴史や物質の成り立ちに対する深い理解は、人類全体が共有する新たな英知の創造としての社会的・文化的意義を持ち、国家・社会のあらゆる分野の発展の基盤と原動力になる。CERN での国際共同実験が World Wide Web とインターネット社会の契機となったように、計画段階では思いもしなかった社会的効果やイノベーションをもたらすポテンシャルは高い。装置・機器への要求は高く、挑戦的な技術開発が求められる。産学が共同で開発し量産する中で発展が促され、産業的価値が社会に還元される。国際共同実験をホストし若手研究者が重要な役割を担うことで、国際感覚を身につけた研究者を数多く育成できる。研究に対する国民の関心と期待も高い。SDGs の 3（健康と福祉）、4（教育）、5（ジェンダー平等）、7（エネルギー）、9（産業と技術革新の基盤）、10（平等）、16（平和と公正）、17（パートナーシップ）に貢献している。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール LHC での研究は、2030 年以降に高輝度の LHC 加速器が運転を開始し、加速器の調整、検出器の調整と較正作業、実験状況に応じて新しい検出器や電子回路を導入し 2041 年末までに 3000fb⁻¹ を蓄積する計画である。SuperKEKB/Belle II では年間 7-8 ヶ月の物理実験を毎年継続して行う。並行して加速器・測定器の改造計画を進め、加速器の衝突性能の大幅な改善と測定器の放射線耐性向上を目指す。J-PARC は運用を十年以上継続し、大強度のビームでの運転時間を充分確保して研究成果の創出を続ける。並行して実験施設の高度化を行う。ハイパーカミオカンデ検出器の運転は 2028 年に開始され、J-PARC の MR 加速器も 1.3MW の大強度での運転を開始する見通しである。

実施機関と実施体制 加速器や実験施設に建設国・機関が責任を持ち、世界中の専門家で構成される国際諮問委員会が進捗や方針を評価する方式が国際標準として確立している。KEK の各部署に加速器や実験施設の運用を行うグループがあり、連携して運用と研究を行っている。研究の実施にあたり、国内外の研究者コミュニティが協力する体制（国際コラボレーション）を組んで実施している。KEK はテストビーム施設などの共同施設を運用し、次世代の実験を支える最先端の基幹技術を推進するプラットフォームを提供している。

総経費 概ね 2000 億円

所要経費 LHC での研究は、LHC 全体の経費の中で加速器の増強に 73 億円、検出器に 20 億円、10 年間の運営費に 19 億円、合計で 112 億円である。SuperKEKB/Belle II での研究は加速器・測定器の高度化のための施設・設備費に 40 億円、10 年間の運営費に 928 億円、合計で 968 億円である。J-PARC での研究は、加速器と実験施設の整備と高度化に 210 億円、10 年間の運営費に 894 億円、合計で 1104 億円である。

⑨ 連絡先

浅井 祥仁（高エネルギー加速器研究機構）

チリ・アタカマ高地からの CMB 観測 - Simons Observatory および次世代望遠鏡群

① ビジョンの概要

「宇宙のはじまりとは？」という人類究極の問いに、宇宙・素粒子物理学と工学・情報・数理分野等の先進技術を融合して挑む。宇宙背景放射(CMB)望遠鏡“群”のアップグレードを行い、宇宙の果てまでを見通す観測を行う。その過程で培った技術は、量子工学や通信技術等の発展にも資する。さらには、「宇宙誕生のイメージを見る」という衝撃によって、科学を越えた人類共通の新たな価値観の形成も期待できる。

② ビジョンの内容

「宇宙のはじまりとは？」という人類究極の問いに、宇宙・素粒子物理学と工学・情報・数理分野等の先進技術を融合して挑む。ビッグバン以前の宇宙を記述し、宇宙創成に関わる学術的な重要課題を解決する宇宙モデルがインフレーション理論である。インフレーション理論は、時空の量子ゆらぎに起因する宇宙最初の重力波「原始重力波」の存在を新たに予言するが、これはまだ未発見である。本提案は、原始重力波が宇宙最古の光「宇宙マイクロ波背景放射(CMB)」に刻印する超微弱な偏光成分を検出する事によって、宇宙創成を解明する実験研究を行う。

宇宙の果てからやってくる微弱な光をとらえるための戦略は、大気の影響の少ない高地に、高感度な超伝導センサーを焦点面に配置した望遠鏡を設置し、長期間の安定観測を行う事であるが、本提案ではこの“宇宙の果てを見渡せる”望遠鏡をチリ・アタカマ高地に複数台建設し、CMB 望遠鏡“群”による CMB 偏光の超精密観測を推進する。具体的には、今後 20 年間で超伝導センサーの数を約 100 倍に増強し、原始重力波の発見が強く期待できる感度での観測を実現する。この技術は素粒子ニュートリノが宇宙の進化の過程で CMB に刻んだ信号をも検出可能にする。特に、その質量和を測定する最良のプロブである。また、未知の軽い素粒子(暗黒放射)の精密探索や暗黒エネルギーの性質解明につながる研究が可能となる。この様に宇宙を実験場とした素粒子物理学の研究も行っていく。

本提案の根幹をなす多数の超伝導検出器を用いた観測を実現するには、超伝導デバイスの多素子化、広帯域な高周波エレクトロニクス・大型の低温冷却技術にはじまり、観測したビッグデータに対する工学・情報・数理分野等との共創が不可欠である。これらの技術はさまざまな実験への転用(例えば、量子コンピュータの多ビット化・並列化)が期待されており、産業・通信分野も含む広い分野間での相乗効果も期待できる。応用例として、気象観測機の高度化によるゲリラ豪雨や竜巻等の早期予測による被害の最小化などが挙げられる。

以上、究極の宇宙論、究極の高エネルギー物理、究極の場の理論の研究を、宇宙を実験場として展開していく。技術の進展によりまさに今、現実的に研究が出来る時代を迎えつつある。本提案はこの機をとらえ、国際的な潮流の中で当該分野をリードしてくための戦略に基づいている。また、単純に「宇宙誕生のイメージを見る」という衝撃は、科学を超えた人類共通の新たな価値観の形成と学術への興味の向上が期待できる。

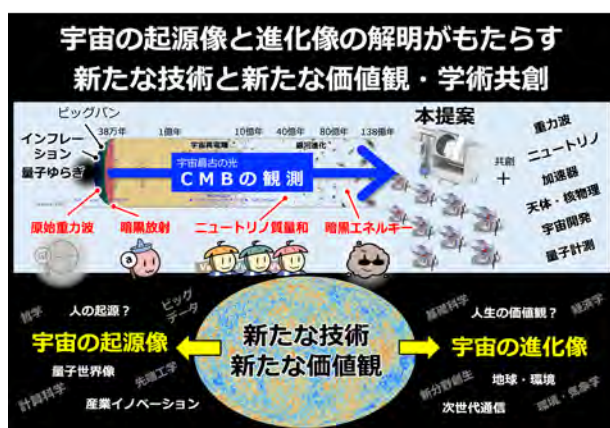


図1 本構想が描く新価値と学術共創のビジョン



図2 本構想の概要イメージ

③ 学術研究構想の名称

チリ・アタカマ高地からの CMB 観測 - Simons Observatory および次世代望遠鏡群

④ 学術研究構想の概要

宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) 偏光の精密観測により、宇宙を実験場とした物理学の研究から宇宙と物質の創成を探る。量子宇宙を源とする「原始重力波」の検出により宇宙創成のシナリオを明らかにし、重力レンズ効果等の精密測定によってニュートリノの質量和・暗黒放射の有無の精密検証・暗黒エネルギーにつながる宇宙進化の測定を行う。多数の超伝導検出器を搭載した CMB 望遠鏡“群”（複数台の望遠鏡）をチリ・アタカマ高地（海拔 5,200m）に建設し、CMB の超精密観測を行う。これを国際共同プロジェクト Simons Observatory とそのアップグレード、さらに次世代プロジェクトによって実現する。

⑤ 学術的な意義

原始重力波の検出は、インフレーション理論のみならず量子宇宙の検証である。究極の宇宙論、究極の高エネルギー物理、究極の場の理論の研究を同時に成し遂げる実験成果となる。ニュートリノは質量を有するにも関わらず銀河に局在しない唯一の素粒子である。その質量和の測定は、標準模型を超えた物理学を探索する手段となる。また、暗黒放射の有無に対する定量的な制限や暗黒エネルギーの性質を明らかにすることで、宇宙創成のみならず、宇宙の未来を予測する研究にもなる。確立する技術は、量子コンピュータの多ビット化やデータサイエンスの発展にも資する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

1964 年の CMB の発見以降、その研究は米国を中心として進展してきた。日本の研究機関は 2007 年から米欧との国際共同実験に参画し、地上からの CMB 観測と望遠鏡・受信機開発とデータ解析において中核となる成果をあげてきた。当該計画は史上最大規模の地上からの CMB 観測である。原始重力波のみならず、ニュートリノ質量の絶対値や暗黒放射、暗黒エネルギーなど、幅広いトピックを網羅できる。

⑦ 社会的価値

CMB 観測の技術は、従来技術では見えないものを見ることを可能にする。例えば、ゲリラ豪雨等の早期予測に役立つ技術として期待されている。国民の生活に役立つ技術を提供する事で、国民の高い理解を得られる。また、当該計画のサイエンスインパクトは絶大であり、宇宙・素粒子に関する興味を老若男女問わず向上する。学術への興味の向上は、SDGs17 の大きな目標のひとつ「質の高い教育をみんなに」への貢献に繋がる。

⑧ 実施計画等について

Simons Observatory は大小合わせて 7 台の望遠鏡、およそ 14 万個の超伝導検出器を使って広い視野を同時観測する (2024~2032)。その後のアップグレードでは、さらに約 3 倍規模で観測を行う (2033~2043)。これらは米国・日本・チリ・ヨーロッパ各国の研究者（既に 450 人以上）から構成される。日本はデータ解析センターの構築・運用や、原始重力波の検出に注力した望遠鏡 6 台の増設等を主導する。

東京大学カブリ IPMU が中心機関としての責任を果たし、東京大学大学院理学系研究科(役割:受信機開発、検出器の評価試験、データ解析)、東京大学大学院理学系研究科附属ビッグバン宇宙国際研究センター(役割:データ解析、理論検討)、京都大学大学院理科学研究科(役割:受信機開発、読み出し回路の開発、データ解析)、東北大学大学院理科学研究科(役割:データ解析)、理化学研究所(役割:検出器の開発)、岡山大学(役割:データ解析、偏光校正装置の開発)、諏訪東京理科大学(役割:データ解析、偏光変調装置の開発)と共に、学術成果を最大化できる体制・設備・人材を整備する。

日本主導で行う本計画の総額は 67 億円である (SAT 望遠鏡の増設: 38.5 億円、観測施設・設備運用: 17 億円、データ解析センター・人件費・旅費・開発研究など: 11.5 億円)。なお、米国からの Simons Observatory の総額が 120 億円であり、次世代プロジェクトには、日本からのより大きな貢献が期待されている。

⑨ 連絡先

田島 治 (京都大学 大学院理科学研究科)

ハドロン衝突型加速器におけるビーム軸方向での素粒子研究の開拓

① ビジョンの概要

既知の素粒子の振る舞いを記述する標準模型を超える未知の物理の発見に向け、MeV-GeV 領域の質量をもつ新粒子の探索と TeV 領域のエネルギーをもつ3世代ニュートリノ測定を推進する。CERN の大型ハドロン衝突型加速器 LHC とその後継となる HL-LHC を活用し、衝突点から数百 m 前方での実験を展開する。天文・原子核・宇宙線分野と連携し、宇宙を支配する法則の解明と融合領域の創出を目指す。

② ビジョンの内容

標準模型はヒッグス粒子の発見により完成したが、暗黒物質の正体やニュートリノの質量などを説明できない。我々は LHC の衝突点から接線方向 480 m 地点において FASER 実験を推進し、将来は 620 m 地点に Forward Physics Facility (FPF) を建設し、研究を拡張する。LHC 及び HL-LHC への追加投資なく新領域を開拓する。20-30 年後には世界の主要な加速器 (LHC/HL-LHC、SuperKEKB、J-PARC 等) からの成果を統合する段階に入り、本計画はその一翼を担う。次世代の衝突型加速器となる Future Circular Collider (FCC) においてもビーム軸方向における新物理の開拓を推進する。

③ 学術研究構想の名称

素粒子標準模型を超える新物理に向けた FASER 実験と FPF 計画の推進

④ 学術研究構想の概要

本構想は MeV-GeV 領域の新粒子探索と TeV 領域ニュートリノ測定を柱とする。FASER は衝突型加速器の生成するニュートリノの初測定を含む成果を挙げており、FPF では FASER2 実験と FASERnu2 実験を展開し 2032 年開始を目指す。FPF の施設は CERN が建設し、各実験の検出器を国際分担する。日本は超電導磁石やニュートリノ検出器の開発において主導的役割を担う。

⑤ 学術的な意義

標準模型は多くの未解決問題を残している。本構想は未開拓の MeV-GeV 領域を探索し、FPF では多様な検出技術により暗黒物質と関連する新粒子の網羅的検証を推進する。TeV 領域での3世代ニュートリノ測定は世界初である。特にタウニュートリノの統計を飛躍的に増やし、素粒子の世代構造の理解に新展開をもたらす。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

衝突型加速器におけるビーム軸方向での新物理探索は初の試みである。MeV-GeV 領域の新粒子探索は LHCb や BelleII など衝突型加速器を用いた実験と相補的、NA62 や SHiP など固定標的型加速器を用いた実験とは競争的關係にある。TeV 領域でのニュートリノ測定は本構想が唯一である。

⑦ 社会的価値

新粒子や新現象の発見は宇宙観を刷新する可能性を持つ。LHC/HL-LHC の新たな価値を引き出し、開発するシリコン検出器や原子核乾板は医療・通信・地球科学へ応用可能である。

⑧ 実施計画等について

FASER 実験は LHC の第3期運転 (2022-26) における全データを用いた新粒子探索とニュートリノ測定を完遂する。第4期運転に向けた検出器の追加により、新粒子の探索感度とニュートリノの検出数を高める。第4期運転 (2030-33) を通じてさらに数倍の統計量を蓄積し、標準模型を超える新物理の探索を着実に進める。



図1 LHCの衝突点からビーム軸方向における FASER 実験と FPF 計画



図2 FASER 実験と FPF 計画の想定スケジュール

得られた結果は LHC を高輝度化した HL-LHC 期（2030-）における FPF 計画の具体化へ向けて随時反映させる。

FPF 計画の承認に向け、CERN が設置する委員会である LHC Experiments Committee (LHCC) との議論を開始する。2025 年 9 月に提出した意向表明書を踏まえ、概念設計報告書、技術設計報告書を提出する。LHCC からの承認を経て、CERN での実験に対して決定権を持つ Research Board からの承認を得て、FPF の建設を開始する。

2030 年に FPF のための土木工事を完了し、新粒子探索及びニュートリノ測定の背景事象を削減するスウィーパー磁石を設置する。HL-LHC のための工事が完了する 2030 年に FPF の施設整備を開始し、2031 年に検出器の設置を開始する。本構想で開発する超伝導磁石やニュートリノ検出器を設置して、2032 年に実験の開始を目指す。HL-LHC は 2042 年ごろまで運転を予定し、その期間の安定したデータ取得を実現する。

九州大学を中心機関として、千葉大学、名古屋大学、新居浜工業高等専門学校が参加し、FASER 実験及び FPF 計画を推進する。研究者は、九州大学から音野瑛俊（准教授）・有賀智子（准教授）・稲田知大（助教）・六條宏紀（助教）、千葉大学から有賀昭貴（准教授）、名古屋大学から中野敏行（准教授）・佐藤修（特任准教授）・毛受弘彰（助教）、新居浜高専から田窪洋介（准教授）、そして各大学からそれぞれ数名の大学院生が参加する。また KEK の角直幸（助教）・槇田康博（教授）・山本明（名誉教授）から協力を得る。

FASER 実験の新粒子探索に向けて、九州大学は KEK と飛跡検出器をストリップ型シリコン検出器を用いて開発した。新粒子の崩壊で生成する荷電粒子ペアを分離測定する重要な役割を果たす。音野瑛俊及び稲田知大が飛跡検出器の責任者を務め、田窪洋介と共に LHC の第 3 期運転（2022-26）での安定した運用に成功している。今後 HL-LHC の第 4 期運転（2030-33）においても新粒子探索を推進する。FPF での FASER2 実験に向けては超伝導磁石の開発を開始する。KEK はこれまでに多様な超伝導磁石を製作した実績があり、共に開発を進める。

FASER 実験のニュートリノ測定は、有賀智子と有賀昭貴が責任者としてニュートリノ検出器の構築・運用・解析を牽引し、LHC の第 3 期運転でのデータ取得を実現し、データ解析を進めている。今後、第 4 期運転で統計量を増やし、精密なニュートリノ測定を実施する。六條宏紀が写真乾板の製造、中野敏行が写真乾板の読み出し装置の責任者として、安定した運用とさらなる高速化に向けた技術開発を続ける。FPF での FASERnu2 実験に向けては、有賀昭貴と有賀智子が責任者として実験提案や検出器設計を進める。国際的協力体制を強化し写真乾板の基盤技術を発展させ他の将来実験にも繋げる。

FASER 実験を運営する Executive Board を構成する 11 名に有賀智子、有賀昭貴、稲田知大が参画し、この 3 名を含む 10 名以上が 45 歳以下の若手研究者もしくは大学院生である。今後も FASER 実験と FPF 計画の中核として役割を果たすと期待できる。

2032 年までに必要となる経費は 20 億円（設備費 18.5 億円、人件費 1.5 億円）である。FASER 実験の遂行を主導する研究員の雇用費と CERN への渡航費に 0.5 億円を計上する。FPF において FASER2 実験で荷電粒子ペアの飛跡を分離するために必須となる超伝導磁石について超伝導線材に 4 億円、冷却系に 3 億円、磁気回路を作る鉄材に 2 億円が必要となる。設計、製作、輸送、性能評価のための人件費として 0.5 億円を計上する。同型の超伝導磁石を開発した日本企業と協力し、FPF で必要となる仕様に合わせた見積もりを作成した。FASERnu2 実験でニュートリノの標的として用いるタングステンに 3 億円、写真乾板の読み出し装置に 2 億円とその組み上げの人件費として 0.5 億円、周辺装置に 0.5 億円が必要となる。写真乾板の製作費に 3 億円が必要となる。新粒子及びニュートリノの背景事象削減のためのスウィーパー磁石について 1 億円を計上する。FASER 実験でのこれまでの経験を基礎に現時点での最善を尽くした見積もりとなっている。

⑨ 連絡先

音野 瑛俊（九州大学）

大型液体キセノンを用いた宇宙暗黒物質直接検出実験 (XLZD 実験計画の推進)

① ビジョンの概要

「宇宙は何からできているのか」「なぜ我々は存在するのか」という根源的問いを人類は探究してきた。本構想は、宇宙の物質の約 85%を占めるとされる未知の暗黒物質の直接検出を通して、その背後に潜む物理法則の解明を目指し、この根源的問いに迫る。

② ビジョンの内容

暗黒物質は宇宙の物質の約 85%を占め、宇宙の大規模構造形成に不可欠であり、その正体解明は素粒子物理と宇宙物理を結ぶ 21 世紀最大の課題である。

有力候補である WIMP (Weakly Interacting Massive Particle) は宇宙初期に熱的生成され、現在も存在すると考えられる。直接探索は地下深部で極低バックグラウンド環境を構築し、原子核との稀な弾性散乱を検出する手法である。この方法で XENON/LZ 実験は世界最高感度を達成してきた。次世代計画 XLZD は、60~80 トンの液体キセノンを用いたガス・液体の二相型 TPC により、ニュートリノ背景 (いわゆるニュートリノフォグ) 領域に迫る究極感度を目指す。検出が実現すれば、新粒子物理の展開と「暗黒物質天文学」の創成に直結する。さらに XLZD は、超新星・太陽ニュートリノ、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊、アクシオン探索など多目的物理を可能にする。2030 年代以降 10 年以上の観測により、宇宙の基本法則理解を飛躍的に進展させる。



図 1 XLZD 検出器の概念図。サイズは直径 2.98 m、高さ 2.97 m となり上下に光センサーのアレイが取り付けられる。

③ 学術研究構想の名称

大型液体キセノンを用いた宇宙暗黒物質直接検出実験 (XLZD 実験計画の推進)

④ 学術研究構想の概要

暗黒物質の正体の解明は、長年人類が抱いてきた根源的な問い「なぜ現在の宇宙の姿があり、我々はどうのように生まれたのか」に迫る鍵を握る。本構想は、その暗黒物質を直接探索することを目的とする。候補は多岐にわたるが、その中でも有力視されるのが WIMP である。WIMP は宇宙初期に熱的に生成され、現在まで残存すれば暗黒物質となり得る。宇宙背景放射やビッグバン元素合成がこの凍結モデルから自然に説明できることが、有力候補とされる所以である。

現在稼働中の XENONnT 実験は、有効質量 5.9 トンの液体キセノンであるが、次世代計画 XLZD 実験では、その 10 倍以上の有効質量 60~80 トンの液体キセノンを標的とし、その感度は、究極的なバックグラウンドである太陽・大気ニュートリノとのコヒーレント散乱による制限 (断面積 10^{-49} cm^2) に迫る。これを実現するためには、シンチレーション光を捉える高性能光センサー、検出器材料の徹底した低放射化、超高純度液体キセノン循環精製、さらに中性子を識別する水チェレンコフカウンターが不可欠となる。

また、XLZD は多目的実験として、超新星・太陽ニュートリノ、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊 (^{136}Xe 半減期約 5×10^{27} 年の感度、有効質量 7~30 meV)、アクシオンや稀少核崩壊の探索も同時に進める。

⑤ 学術的な意義

暗黒物質の示唆は 1930 年代の F. Zwicky の指摘に遡る。その後、1970 年代には、V. Rubin らが渦巻銀河の回転速度を測定し、大きな質量が銀河にも存在することを明らかにした。

WIMP 暗黒物質は、超対称性理論のように標準理論を超えた模型において GeV~TeV 質量の新粒子として自然に導入される。また、単純な凍結モデルを仮定すると、現在観測されている暗黒物質の残存量を見事に説明することができる。この観点から WIMP ミラクルと呼ばれ、精力的にその探索が行われている。

暗黒物質は我々の銀河にも存在する。直接探索では、この暗黒物質と検出器媒体中の原子核とが稀に反応した時に検出器中に付与する 100 keV 以下の僅かなエネルギーを捉えることで探索を行う。直接検出は我々の身の回りに暗黒物質が存在することを「知る」唯一の方法であり、同時に暗黒物質の質量や通常の物質と

の断面積を測定することが可能となる。

直接探索はこの数十年で約 7 桁の感度向上を達成した。XLZD は標準模型を超えた電弱多重項 WIMP を包括的に検証可能であり、HL-LHC (加速器) や CTAO (間接探索) と相補的に 2030 年代の決定的局面を担う。

本構想は 2030 年代以降 10 年以上の観測を計画しており、超新星や太陽ニュートリノ、ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊探索も同時に可能である。超新星からのニュートリノ観測においては、既存実験とは異なる相互作用チャンネルを提供する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

国内では XMASS が観測を 2019 年に終了し、NEWAGE が方向感度探索を進める。国外では DarkSide-20k、PandaX-xT が進行中である。XLZD は 60~80 トン規模で世界最大となる計画であり、2021 年に XENON、LZ、DARWIN が MOU を締結、2024 年に正式コラボレーションへ発展した。「世界で唯一の究極検出器」を目指す。

⑦ 社会的価値

宇宙の根源的謎の解明は広く社会の関心を喚起し、知的基盤の深化に資する。国際最先端の実験への参画を通じて高度人材を育成し、極低放射能・放射線計測技術の高度化は産業基盤の発展にも寄与する。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

観測は 2030 年代に開始し、10 年のデータ取得を予定している。

- (1)~R9: R&D、Conceptual Design Report、Technical Design Report
- (2)R10~R13: 調達および建設 (日本側)
- (3)R14~R15: 部分運用
- (4)R16~R26: 本格運用

<実施機関と実施体制>

XLZD コラボレーション: 日米欧からなる約 440 名、76 機関

日本: 神戸大学、名古屋大学、東京大学

<総経費> 380 億円 (うち日本分担 15 億円)

<所要経費>

日本グループは光センサー開発及び調達、キセノン純化装置、中性子反同時検出器の貢献を担う。

- 実機で使用するキセノンガス調達 (3 トン ~ 9 億円)
- 極低放射能光検出器開発・調達 (5.5 億円)
- キセノン純化装置、中性子反同時検出器 (0.5 億円)

運用期

- 運転費用、旅費、コモン・ファンド、ポスドク人件費、年額 2000 万円 (5 年、合計 1 億円)

⑨ 連絡先

山下 雅樹 (名古屋大学宇宙地球環境研究所)

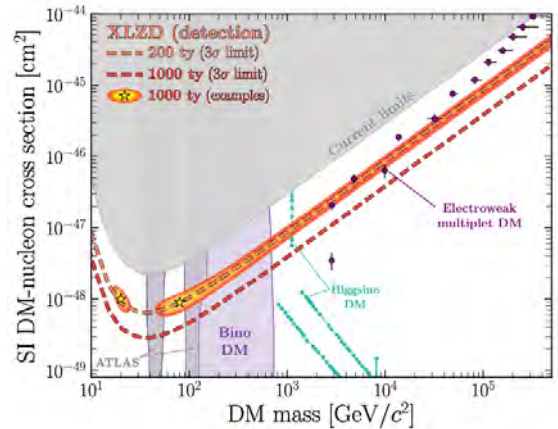


図 2 XLZD 実験の WIMP 暗黒物質に対する発見感度。電弱多重項 WIMP を包括的に検証。

カムランド高性能化による極低放射能環境でのニュートリノ研究

① ビジョンの概要

宇宙の始まりから現在までの系統的理解、それに基づく未来の理解を目的とし、素粒子・原子核・天文学・地球科学研究を幅広く連携させる。特に、極低放射能環境でのニュートリノの性質解明やニュートリノをプローブとした観測を展開するとともに、そこで開発する極低放射能技術を広く波及させる。

② ビジョンの内容

「無から生じた宇宙でいかに物質は生成されたのか。」「宇宙の構造形成・物質の化学進化はどのように進み。」「地球はいかに形成され活動しているのか。」、宇宙の歴史には未解明の重要課題があり、これらの解明には、素粒子・原子核から天文学・地球科学にわたる幅広い連携が不可欠である。「ニュートリノ」の研究は広くこれらの課題に関連づける。

ニュートリノには粒子・反粒子の区別がない可能性があり、その性質はマヨラナ性と呼ばれる。ニュートリノがマヨラナ性を持つ場合、未発見の重い右巻きニュートリノが自然に導入される。この右巻きニュートリノは宇宙の物質生成を説明するレプトジェネシス理論やニュートリノが突出して軽いことを説明するシーソー機構の根幹をなす

ばかりか、暗黒物質の生成や素粒子大統一理論の構築にも重要な役割を果たす。ニュートリノのマヨラナ性の検証は宇宙素粒子の大問題解明の要であるにも関わらず、現在唯一実現可能な検証手法は「ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊 ($0\nu2\beta$)」の発見しかない。そのため、 $0\nu2\beta$ 探索が世界中で精力的に行われている。ニュートリノを伴う二重ベータ崩壊 ($2\nu2\beta$) は稀な現象であり、 $0\nu2\beta$ はさらに極稀な現象である。そのため大量の二重ベータ崩壊核を用いた極低放射能環境での研究が不可欠となる。この探索では神岡地下で実施されているカムランド禅実験が世界を大きくリードしてきており、理論予想をもカバーし始め、大発見が期待されている。この分野で引き続き世界をリードし $0\nu2\beta$ 発見を目指すとともに、背景となる物理を解明していく。

一方、ニュートリノは新たな観測プローブでもあり、その透過性の高さを活かして地球・太陽などの天体内部を観察することができる。宇宙の進化や天体現象の解明には多くの情報が必要であり、光・ニュートリノ・重力波によるマルチメッセンジャー観測が重要である。中でも低エネルギーニュートリノ天文学は極低放射能環境を必要とし、ニュートリノの性質解明で必要となる装置との親和性が高い。また、地球内部の組成やエネルギー生成に関する直接的な情報が乏しかった地球科学において、カムランドによって創出されたニュートリノ地球科学は新たな情報をもたらすことができる。カムランドが世界で初めて実現した地球ニュートリノ観測はデータの蓄積とともに測定精度が向上し、現在はニュートリノによる地球モデルの選別が始まり、ニュートリノ観測ならではの新たな知見がもたらされ始めている。この観測をさらに継続発展させ地球科学にフィードバックすることで、地球内部の組成・エネルギー収支・活動形態をも統合する地球ダイナミクスモデルの構築を目指せる段階にある。

極低放射能技術を活用した幅広い研究を行う新たなコミュニティが国内に形成され、 $0\nu2\beta$ 探索、ニュートリノ観測、暗黒物質探索を初め、量子センサーの開発や超高集積回路の放射線耐性といった応用研究も展開している。極低放射能環境のノウハウを集約し、汎用的な極低放射能研究施設を構築し技術革新をもたらすことは、分野の発展と競争力維持のために不可欠である。世界をリードする実験の推進と並行して、世界に冠たる極低放射能施設を構築し長期的な視野での研究開発を推進し、コミュニティの発展を牽引する。

③ 学術研究構想の名称

カムランド高性能化による極低放射能環境でのニュートリノ研究



図1 極低放射能環境での幅広い研究

④ 学術研究構想の概要

カムランド禅実験は、 $0\nu2\beta$ の発見がいつあっても不思議ではないレベルにまで探索の質を向上させ、その感度はニュートリノ質量の逆階層領域に初めて切り込み、複数の理論モデルにもかかり始めた。本計画は、逆階層構造をカバーする 20meV まで探索を進め、大発見の確率を大幅に向上する。そのために、エネルギー分解能を中心としたカムランドの大幅な高性能化を行う。さらに、地球ニュートリノ観測を継続発展させ、ニュートリノ地球科学を並行して推進する。また、マルチメッセンジャー天文学の一角をなすニュートリノ天文学の低エネルギー領域を担当し、個性的な研究を展開する。さらに、スーパークリーンルームを核に極低放射能研究環境を整備し、コミュニティ全体の長期的発展を促進する。

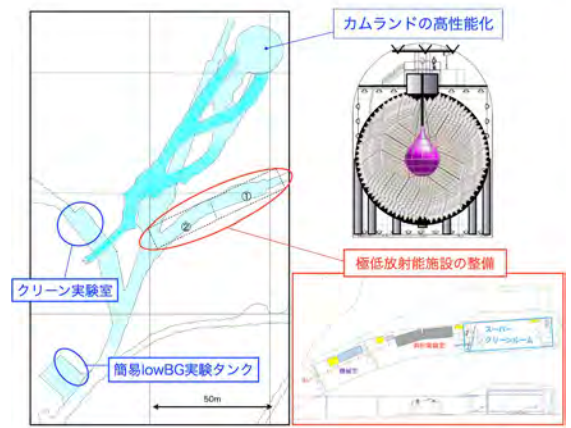


図2 カムランド高性能化と極低放射能環境整備

⑤ 学術的な意義

$0\nu2\beta$ 発見は重い右巻きニュートリノの導入を自然に要請し、シーソー機構やレプトジェネシス理論を通して「軽いニュートリノ質量の謎」や「宇宙物質優勢の謎」の究明につながる。右巻きニュートリノは、大統一理論構築のミッシングピースであり、さらに暗黒物質との関係も議論されている。ニュートリノのマヨラナ性証明の重要性は計り知れない。 $0\nu2\beta$ 探索において、逆階層構造をカバーすることは、未発見の場合でも他の観測と合わせてディラック粒子であることの証明や、順階層構造特定につながると期待されるため重要なマイルストーンである。また、地球ニュートリノ長期観測により、世界のネットワーク観測の中心となり、地球始原隕石の特定や LLSVP の解明、地球内部ダイナミクスの解明など、地球科学の重要課題における新たな展開を生み出す。近傍超新星爆発の前兆ニュートリノ観測装置としても優れており、貴重な近傍超新星爆発で万全のマルチメッセンジャー観測を実現する一助となる。

地下宇宙素粒子研究分野の長期的な発展には、将来のための技術開発が不可欠である。極低放射能環境を整備し、コミュニティのノウハウを結集して共同利用とすることで相乗効果を生み出す。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

$0\nu2\beta$ 探索は素粒子・宇宙線・原子核分野で重要課題に位置付けられ、欧米では最重要課題として次世代プロジェクトの実現が進められている。国内では、宇宙線研究者会議が本計画を「最重要課題として速やかな実現を望む新規計画」としている他、未来の学術振興構想 2023・文科省の大型プロジェクトに関するロードマップ 2023 にも掲載された。

高感度化競争で淘汰集約が進む中、本計画への期待は高く、参加機関も増えている。地球ニュートリノ観測は、カナダ、中国で建設中の同タイプの検出器と合わせてステレオ観測が実現しつつある。カムランドは、地下宇宙素粒子研究コミュニティ形成にも中核として貢献してきており、本計画は低エネルギーでの研究に優れた茂住坑での中心的な研究として分野を支えていく。

⑦ 社会的価値

宇宙の始まりや地球の成り立ちの謎への挑戦は、知的好奇心をかき立て、理科離れに歯止めをかける一助になると期待する。また、ニュートリノ研究で世界をリードする日本の活躍を堅持し、最先端で活躍できる環境として教育・人材育成に大きく貢献する。さらに、極低放射能研究の産業への応用も考えられる。

⑧ 実施計画等について

R8-R9：建設期間（観測停止）、R10-：観測開始

実施機関：東北大学 RCNS を核とした国際共同研究で実施する。付随する極低放射能施設は、東北大学 RCNS と大阪大学 RCNP が連携して整備し、参加機関を拡充しつつ、コンソーシアム形式での運営に移行する。

総経費 163 億円：建設期間(R8-9)79 億円（うち国外 11 億円、措置済 19 億円）、観測期間(R10-19)8.4 億円/年（うち国外 1.2 億円）（人件費、運転経費等）

⑨ 連絡先

井上 邦雄（東北大学ニュートリノ科学研究センター）

国際高エネルギー量子科学フロンティア：海外施設で展開する QCD 研究

① ビジョンの概要

CERN(欧), BNL(米), GSI/FAIR (独)などの海外大型加速器を用いた国際共同高エネルギー原子核実験を推進し、クォークやグルーオンの動力学 (QCD) の解明に向け、多様な実験・理論・計算手法を統合するプラットフォームを構築し、日欧米を結ぶ持続的な国際ネットワークを形成する。

② ビジョンの内容

国際高エネルギー量子科学フロンティアは、高エネルギー領域の基本自由度であるクォークやグルーオンの世界を中心に、クォーク・グルーオン、ハドロン、原子核階層が持つ多様な世界を QCD の基礎理論をもとに解明する。そのために、5つの研究テーマを掲げ、これらを統合する国際的プラットフォームを形成し、日米欧を結ぶ研究ネットワークの中で推進する。テーマは、「高温 QCD 物理」、「高密度・ストレンジネス QCD 物理」、「高エネルギー核子・原子核の物理 (高エネルギーQCD 物理)」、

「QCD 理論」、「計算 QCD」である。このうち、最初の3つの実験研究を海外の大型加速器施設において国際共同で展開し、それを理論・計算と結合することで、多様なアプローチを束ねる研究基盤 (プラットフォーム) を構築する。「高温 QCD 物理」は欧州素粒子原子核研究所 (CERN) の大型ハドロン加速器 (LHC) を用いた ALICE 実験で推進する。「高密度 QCD 物理」はドイツの GSI 研究所およびその後継加速器施設 FAIR で展開する。「高エネルギーQCD 物理」は米国ブルックヘブン国立研究所 (BNL) に建設される原子核衝突型加速器 (EIC) で行う。これら5つのテーマを統合し、理論・計算研究を結合することで、閉じ込め、質量の起源、核子・原子核構造といった QCD の基本的性質や、クォーク・グルーオンプラズマや高密度クォーク物質といった創発的性質を包括的に解明する。さらに、QCD 研究に関する国際的プラットフォームと日欧米を結ぶ研究ネットワークを形成し、実験技術・知識・人材の国際循環を促進することで、世界を牽引する次世代研究者の育成を実現する。

③ 学術研究構想の名称

国際高エネルギー量子科学フロンティア：海外施設で展開する QCD 研究

④ 学術研究構想の概要

国際高エネルギー量子科学フロンティアでは、CERN, BNL, GSI/FAIR といった海外の大型加速器施設における国際共同高エネルギー原子核実験および QCD 理論と計算 QCD 研究を統合する国際的なプラットフォームを形成する。これらの活動を単なる個別実験の集合ではなく、日・米・欧を結ぶ国際連携ネットワークとして統合し、人材・技術・知識の国際循環を促し、卓越した次世代の研究者・技術者の育成を実現する。また、このプラットフォームを通じて、次世代の量子測定技術や量子計算技術に関する国際的な知識と経験の共有を促進し、実社会に直結する技術やデータサイエンス手法の発展と実証に向けた協力を推進する。

⑤ 学術的な意義

物質とは何か？真空とは何か？物質は何から構成されているのか？重さはどのように生まれたのか？環境を変えたときに物質はどう変化するのか？その多様な性質は何に基づくのか？—これら根源的な問いに挑むことは、自然科学の最重要課題の一つである。クォークやグルーオンの豊かな性質が反映された物質世界を理解するためには、それらのダイナミクスを記述する強い力の基礎理論 QCD に立脚する必要がある。QCD の創発現象を包括的に理解するには、CERN-LHC による「高温 QCD」、GSI/FAIR による「高密度・ストレンジネス QCD」、BNL-EIC による「高エネルギーQCD」といった異なるフロンティアの実験が不可欠である。これらの国際共同研究は、初期宇宙の物質創生史や中性子星の内部構造、さらには南部理論の検証といった物質観の刷

計画：海外施設で展開する国際共同実験



図1 本構想で構築する国際ネットワーク

新につながる。重要なのは、こうした挑戦的研究を推進するためのプラットフォームと国際ネットワークの形成である。国際共同の場を通じて知見や経験を共有し、国内外の研究者・技術者が交流・協力できる共通基盤（プラットフォーム）を形成する。これにより、学術研究を超えて工学・産業への波及を促し、人材育成のハブとして機能する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

ALICE 実験におけるクォーク・グルーオンプラズマの研究は、NuPECC の長期計画に明記されたヨーロッパの原子核物理の最重要課題である。高温 QCD 物理の進展に伴い、新たな潮流として高密度 QCD が注目され、FAIR 加速器を用いた CBM 実験が国際的プラットフォームとして推進されている。米国 BNL 研究所の EIC 計画は、DOE 承認プロセスを経て建設が始まろうとしている。日本からも 12 の大学・研究機関が参画し、EIC を契機に大学間連携による国際量子物理ネットワーク（IQPN）が立ち上がっている。

⑦ 社会的価値

本構想におけるプラットフォーム・ネットワーク形成は、国内外の研究者間で知識や手法を共有し、共同研究の機会を創出する。これにより、学術研究の枠を超えて幅広い分野との交流が促進され、データ解析手法や理論知識の発展が社会的・学術的価値として還元される。また、国際的な研究基盤の活用を通じ、世界で活躍できる若手研究者を輩出し、持続的な人材育成や知的資源の循環を確立する点も重要である。

⑧ 実施計画等について

国際高エネルギー量子科学フロンティアでは、ALICE、EIC、FAIR における異なる国際共同実験を横断的に統合するプラットフォームと国際ネットワークを形成する。LHC-ALICE 実験は、2022-2026 年の第 3 期運転期間および 2029-2032 年の第 4 期運転期間に大規模データ収集を行う。EIC の ePIC 実験は、2028 年頃に測定器の量産が開始され、2031-2032 年に設置・試運転、2035 年に本格実験が開始される。FAIR の WASA-FRS HypHI 実験は 2028 年、CBM 実験は 2030 年頃に本格的な実験が開始される。解析・理論協働作業を通じて、国内外の研究者の相互支援体制を整える。

各プロジェクト間で必要となるデータ処理や計算リソースは国内拠点に集約され、ALICE、EIC、FAIR の研究者が柔軟に利用可能とすることで、解析技術や計算手法の標準化、共同研究体制の効率化、国際的なノウハウの共有を実現する。人材面では、国内外の研究者や学生が異なる実験やプロジェクトに段階的に参画する「フェーズ別参画計画」を設定し、経験の蓄積と次世代研究者の育成を両立させる。

本プラットフォームの運営は、今後 5 年間で国内コミュニティを統合し、各実験の解析や理論活動の横断的協力体制を構築することを目標とする。2030 年頃には、持続可能で柔軟な国際研究ネットワークを確立し、QCD 研究を牽引する人材・知識・情報の循環基盤を完成させる。

我々が海外の加速器施設で進める国際共同研究は、実験立案から建設までに約 10 年、その後のデータ取得・解析に約 20 年と、数十年単位の長期的な計画が大半を占める。こうした長期計画を持続的に推進するには、競争的資金の枠を超えた安定的な協力基盤と、国際的に連携した組織体制が不可欠である。本研究は、理化学研究所開拓研究所を中核とし、国内外の研究機関や関連分野と共に、国際共同研究を横断的に支える交流基盤の形成と、人材・知識が循環する柔軟な体制づくりを目指す。長期的な展望として、CERN、GSI/FAIR、BNL といった海外の研究拠点と緊密に結びつき、日・米・欧をつなぐ国際研究ネットワークの中で、日本が研究を牽引できる体制を築く。

協力機関は、東大 QNSI、東大 CNS、筑波大、筑波科学技術大学、広島大、奈良女子大、長崎総合科学大、佐賀大、山形大、神戸大、立教大、岐阜大、東北大、京都大、上智大、阪大 RCNP などである。これらの大学・研究機関と有機的な連携を進め、異なるプロジェクトを横断して人材と知識を共有し、持続的な協力体制を構築する予定である。また、HypHI 実験や CBM 実験は J-PARC での将来計画とも密接に関連しており、J-PARC やその利用グループとのネットワーク形成も視野に入れることで、国内外を結ぶ研究交流基盤を強化する。総経費は 40 億円を予定している。

⑨ 連絡先

齋藤 武彦（理化学研究所・開拓研究所）

基礎科学と量子技術の協働で開拓する量子と重力の未踏領域

① ビジョンの概要

世界初となるミリグラムスケールの物体の量子状態を実現し、環境ノイズを避けた宇宙空間での重力の量子力学的性質の実験的検証を目指す。時空量子連携研究機構を拠点として、基礎科学最大の難問である量子と重力の融合に挑戦し、時空と宇宙の理解を深化させるとともに、課題解決を通して社会的要請のある量子技術と宇宙利用の発展を加速する取り組みを進め、基礎科学、量子技術、宇宙利用が融合する新学術領域を開拓する。

② ビジョンの内容

量子技術と宇宙利用は国の発展を左右し、将来必ず社会変革の基盤となる技術である。高度な技術を自国で保有するとともに、このための安定的かつ継続的な人材育成が喫緊の課題となっている。社会的要請のある量子技術へ基礎科学が積極的に貢献するためには、組織的に研究教育環境を整備し、取り組む必要がある。海外ではこのような量子技術と基礎科学の融合研究の重要性が広く認識され、研究体制の整備とともに、当該領域の研究プロジェクトが進んでいる。日本においても量子技術と基礎科学の融合の研究教育を加速し、新しい研究分野を開拓する若手研究者や技術者の育成が喫緊の課題である。そのためには、量子技術が基礎科学の基礎的課題に答える真に学問的な融合が図られる研究プロジェクトが必要である。本構想では、時空量子連携研究機構を基盤として、巨視的物体の量子状態を未踏の計測感度で実現し、基礎科学の最重要の未解明問題の解明を目指すとともに、課題解決に含まれる量子技術と宇宙利用の取り組みを加速し社会変革の基盤となる技術を開拓する。また、学術的・技術的関連のある重力波実験等の学術構想との連携も進める。

ミクロな世界で全ての物質は量子力学に従うが、古典力学のマクロな世界に対し量子力学がどこまで成り立つかという量子と古典の境界は、将来にわたる基礎科学の重要課題である。時空を力学自由度とする重力が量子力学に従うと、時空の量子力学的重ね合わせ状態が現れるはずである。これは時空や宇宙の起源解明の鍵であるが、全く検証されていない。この未踏の学問領域を開拓するため、基礎科学、量子技術、宇宙利用の研究者が協働する時空量子連携研究機構を基盤とし、異分野融合を推進する。量子測定・量子制御といった量子技術の発展が、巨視的量子系を作り出し、基礎科学の未踏領域を探る新しい道具になる。必要なのは極めて微弱な重力を測定する量子技術であり、未踏の感度をもつ量子センシングである。さらに地面振動などの環境ノイズを避けるためには宇宙環境が理想的であるため、人工衛星による宇宙空間での実験技術の基盤確立を目指す。当該構想は、基礎科学、量子技術、宇宙利用が融合する新しい学術領域を開拓し、国の発展に貢献する。さらに若手研究者を育成する事業と連携することによって、機構の人的資源を利用して基礎科学だけでなく社会的要請の強い量子技術と宇宙利用にも貢献する人材育成に応える。

③ 学術研究構想の名称

基礎科学と量子技術の協働で開拓する量子と重力の未踏領域

④ 学術研究構想の概要

重力の量子力学的性質は全く検証されていない未踏の学問領域である。この基礎科学の難問解決のため、量子技術の発展を利用してマクロな物体の量子状態を実現し、本構想では世界初となるミリグラムスケールの物体の量子状態を実現し、10年以内にこれらを組み合わせた系において量子もつれを生成する。さらにこの実験技術をもとに将来重力の量子力学的性質を検証するために基盤となる技術を確認する。オプトメカ系は最も精密な重力計測を可能にする技術であり、量子フィルターを用いた量子制御技術を発展させ、重力センサーの開発を行う。マクロな物体の量子測定と制御、揺動と散逸の理論、さらに相対論的量子情報・量子重力理論へ応用する研究と協働し推進する。そのため、時空量子連携研究機構を基盤として基礎科学と量子技術の真の融合を図り、人材育成にも貢献する。

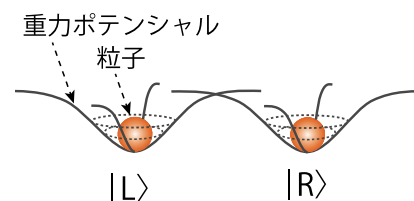


図1 重力の量子的重ね合わせ状態

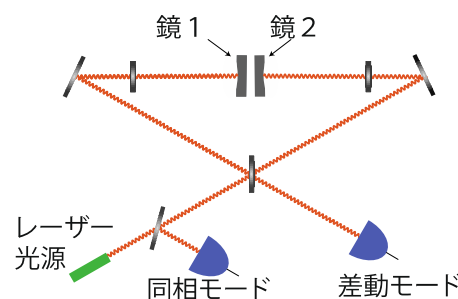


図2 重力の量子性の検証実験の模式図

⑤ 学術的な意義

重力を記述する一般相対論は、宇宙の進化、ブラックホール、重力波等の観測を説明し、実験との明確なズレは報告されていない。しかし、重力の測定は、量子力学の検証されている領域に届いておらず未到領域の中にあるため、重力の量子力学的性質は全く確かめられていない。未踏の重力と量子の世界を開拓する学術的価値の高い本研究構想により、量子と古典の境界の理解と重力の概念を大きく変える成果が期待される。

この構想の柱の一つは、これまでにない未踏の精度の量子センシング技術である。オプトメカ系の量子制御の技術を発展させ、最も精密な重力計測技術の開発が期待される。また、低周波数領域での雑音を避けるため理想的な宇宙空間を利用する研究を推進し、量子技術の宇宙利用に対する波及効果がある。宇宙空間における量子技術の検証と利用は、九州地方の強みである宇宙利用産業との協働による展開も期待できる。教育活動と連携し拡充することで関連分野の人材育成に一層貢献できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

海外では量子技術と基礎科学の融合研究の重要性が広く認識され、研究体制の整備とともに、当該領域の研究プロジェクトが進んでいる。本構想は、重力の量子性の検証を最終目的として、日本独自の技術を柱の一つとして研究体制を整備し、広く量子技術の宇宙利用まで含む将来の新学術領域を開拓することを目指す構想である。また、宇宙空間での光共振器やレーザー干渉計の制御は、宇宙の始まりに生まれる原始重力波等の宇宙物理の研究にも応用でき、重力波観測に関する将来学術構想との連携を図る。

⑦ 社会的価値

量子技術は将来の国の発展に直結する分野として重要であり、経済的・産業的価値が高い。本構想で進める未踏の量子計測技術は、慣性力や重力の計測、量子センシングや量子デバイスといった量子技術イノベーションに直結し、経済的・産業的価値が高い。その中には、宇宙環境を利用した量子技術・量子通信への応用、スペースデブリ検出や地球観測等から将来の経済的・産業的価値も見出すことができる。量子宇宙技術イノベーションにつながる学術の取り組みとして広く国民の理解へ貢献すると期待される。

⑧ 実施計画等について

【実施計画・スケジュール】精密なレーザー干渉計を環境ノイズの少ない宇宙空間に設置し、量子力学的状態に達した物体間に働く重力の性質を明らかにする必要がある。その実現のため直近の10年で、必要となる巨視的物体の量子制御の原理検証と宇宙空間における精密干渉計実験の基盤となる技術を確認する。1. 巨視的振動子の基底状態実現（～3年）、2. 巨視的振動子の量子スクイズ状態の生成（～3年）、3. 巨視的振動子間に電磁気力を介して量子もつれを生成（～10年）、4. 振動子間の重力相互作用の精密測定（5年程度）、5. 宇宙空間における干渉計アライメント調整技術の確立、6. 宇宙空間における雑音源のさらなる調査、7. 超小型衛星技術を適用し軌道実験を段階的に実施する。さらに1.～3.で得られる未踏の巨視的物体の量子制御を利用し、周波数依存スクイズングとの結合により、8. 標準量子限界感度を超えた干渉計の実証実験、9. 度量衡分野で課題となっている重力定数の測定精度向上に応用する。10. 巨視的量子系の量子散逸とノイズ、量子制御理論の開拓、重力の量子性に関わる理論研究を合わせて推進し、ホログラフィー量子重力理論等の検証、暗黒物質の検出、未知の背景重力波の制限など、実験の応用研究をデータ解析を含めて推進する。これらの推進によって、新学術領域を開拓するとともに、11. 九州大学博士学生支援事業等と連携し、拠点の資源を利用して量子および宇宙分野の人材育成にも貢献する。これらの成果を基盤として次の30年で中型衛星の実験により重力の量子力学的側面の革新的理解と超高感度重力計測技術の宇宙利用で未来社会に貢献する。

【実施機関と実施体制】

九州大学時空量子連携研究機構を拠点として本構想を推進する。機構には、学習院大学、名古屋大学、神戸大学、JAXA、国立天文台、九州工業大学、理化学研究所、慶應大学、北海道大学、東京大学等の研究者が協力する。海外から米国カリフォルニア工科大学、カリフォルニア大学バークレー校等の研究協力者を加えた国際連携ネットワークの構築、さらに九州・沖縄オープンユニバーシティ（K00U）および九州航空宇宙開発推進協議会との連携といった自治体・産業界を巻き込んだ連携を目指す。

総経費 130 億円

⑨ 連絡先

山本 一博（九州大学）

大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験 (ハイパーカミオカンデ計画の推進)

① ビジョンの概要

次世代の大型先端検出器を活用した核子崩壊・ニュートリノ振動実験の推進により、素粒子大統一理論へも到達するエネルギースケールの基本法則や宇宙の物質進化の謎の解明を目指す。衝突型粒子加速器による到達エネルギーを 10 桁以上と遥かに超えたスケールへのユニークなアプローチにより、アインシュタインも夢見た万物の究極理論や宇宙の進化など人類の根源的な問いにつながる研究に取り組む。

② ビジョンの内容

大統一理論の直接的な検証となる核子崩壊の探索は、エネルギーのスケールでは 10 の 25 乗 eV、大きさでは 10 の -32 乗 m のスケール、そして宇宙の開始から 10 の -36 乗秒の領域を垣間見ることを意味しており、衝突型粒子加速器による到達エネルギーを 10 桁以上と遥かに超えたスケールでの基本法則へのユニークなアプローチとなる。

一方ニュートリノ振動における C P 対称性の破れの測定は、クォークセクター以外の C P 対称性の破れを見出すことにより、“物質優勢宇宙創成の謎”、即ち宇宙において、何故我々の存在をも含む物質と反物質が同等に存在せず物質に偏っているのかという宇宙の進化の謎(図 1)を解明するという大きな学術的意義を持つ。同時にニュート

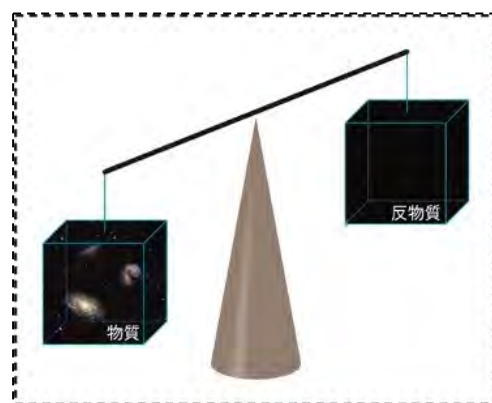


図 1 「宇宙の反物質が消えた謎」にニュートリノで迫る。

リノの性質の全容解明は核子崩壊研究と合わせて、大統一描像の解明に繋がるものと期待される。更に次世代の大型先端検出器では、超新星爆発で生成されるニュートリノや、大気や太陽から飛来するニュートリノの高統計観測により素粒子と宇宙の理解を広げるべく素粒子・天文・宇宙物理学を展開することが期待される。

③ 学術研究構想の名称

大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験(ハイパーカミオカンデ計画の推進)

④ 学術研究構想の概要

ハイパーカミオカンデ計画は東京大学と高エネルギー加速器研究機構を実施中心機関とし、日本をホスト国とする世界約 20 カ国による国際協力科学事業である。2020 年の日本政府の予算措置により計画は正式に開始し、2027 年度からの観測を目指し、岐阜県飛騨市に総質量 26 万トン(有効質量 19 万トン)の大型先端検出器「ハイパーカミオカンデ」を建設中である。運転中のスーパーカミオカンデの約 8 倍の有効質量の検出器に従来の 2 倍の性能を持つ最新型光センサーを使用することで高性能検出器を実現し、運用中の J-PARC 大強度陽子加速器の増強と近中距離検出器の高度化と組み合わせて(図 2)、素粒子と宇宙に対する知見を大きく広げることを目指す。ニュートリノと関連研究分野における我が国の実績や実験技術の先導性をもとに、今後 20 年以上にわたり世界の基礎科学の発展に貢献する。また現行のスーパーカミオカンデは、ハイパーカミオカンデの安定稼働を確認できるまで運転し、本研究分野の研究・教育の継続性を確保する。



図 2 ハイパーカミオカンデ装置で、J-PARC 加速器ニュートリノビームを観測する。

⑤ 学術的な意義

J-PARC で進行中の T2K ニュートリノ振動実験で電子ニュートリノへの振動が発見されたため、J-PARC 大強度高品質ニュートリノビームとハイパーカミオカンデを組み合わせれば、世界に先駆けたニュートリノの

CP 対称性の破れの発見が可能となった。また大統計大気ニュートリノもあわせて、CP 対称性、質量階層性、混合角等三世代ニュートリノの質量・混合の総合研究を行い、世界を主導する次世代ニュートリノ実験を実現する計画である。クォークと大きく異なるニュートリノの性質を明らかにし、未解明の素粒子混合や質量生成機構の理解につなげたい。さらに宇宙の進化論に対する理解を深める。核子(陽子と中性子)崩壊の探索は、スーパーカミオカンデにより日本が世界を主導しており、核子の寿命が 10 の 33 乗から 34 乗年以上であることがわかってきた。この結果は、もっとも単純な大統一理論予想の範囲に突入したことを意味し、いつ陽子崩壊現象を発見してもおかしくないところまで来たことを示す。ハイパーカミオカンデの実現により、代表的な崩壊モードである陽子から陽電子と中性パイ中間子への崩壊モードに関して 10 の 35 乗年以上の感度に至る。この探索により、「素粒子の大統一理論」の証拠の発見と素粒子理論の新たなパラダイムの確立を目指す。超新星爆発に際しては、例えば我々の銀河中心での爆発においては約 10 万個ものニュートリノ事象の観測が期待される。これにより光では捉えることができない中心核爆発の時々刻々の変化を捉えることができ、中性子星／ブラックホール誕生の瞬間を捉えることができ、天体の爆発機構の解明や、重元素合成の歴史の理解を目指す。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

現在日本と米国で CP 対称性の破れの測定実験の建設が進められている。日本では、スーパーカミオカンデを凌駕するハイパーカミオカンデを建設し、J-PARC ニュートリノビームの増強とあわせて、ニュートリノ研究の確実な展開を目指している。一方米国では日本の実験の 5 倍程度の基線長とニュートリノエネルギー、検出器質量が 1/10 程度の液体アルゴン検出器を用いたニュートリノ実験を計画しており、予算措置により検出器の建設が始まっている。ニュートリノ研究の発展には両方のアプローチが必要で、相互に情報を共有し協力して研究計画を進めている反面、厳しい発見競争に勝つためにはハイパーカミオカンデの一刻も早い運転開始が必要となっている。また代表的な陽子崩壊モードである陽子から陽電子と中性パイ中間子への崩壊モードに関しては、その大検出器質量のためにハイパーカミオカンデのみが 10 の 35 乗年以上の感度に至る。

⑦ 社会的価値

日本におけるニュートリノ研究は、2002 年(小柴昌俊東京大学特別荣誉教授)と 2015 年(梶田隆章東京大学特別荣誉教授)のノーベル物理学賞受賞にも象徴されるように、世界第一級の成果をあげてきており、国民による認知度は高い。さらに地元飛騨市行政や住民には計画に対する理解と多大な支援をいただいている。本研究は素粒子の大統一理論や、宇宙になぜ反物質がないのかという、人類の知的好奇心に訴える問題に挑戦する。世界最大のニュートリノ検出器や大強度加速器の開発には、世界最先端の技術を必要とする。高感度光センサーや大規模地下空洞の開発・建設等、経済・産業界への波及も期待される。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞ 2020 年 建設開始

2027 年 ハイパーカミオカンデ運転開始(2046 年度まで)、J-PARC1.3MW 運転開始(2036 年度まで)

＜実施機関と実施体制＞ 東京大学と高エネルギー加速器研究機構が計画を推進している。国内の参加機関は、京都大学、東北大学、名古屋大学、神戸大学、大阪公立大学、東京科学大学、宮城教育大学、岡山大学、東京理科大学、横浜国立大学、慶応義塾大学、東京都立大学であり、またアジア、ヨーロッパ、アメリカ、アフリカと世界約 20 カ国からの参加も予定する。

＜総経費＞ 総経費約 1545 億円(2020 年度から 7 年間の建設費用と 2046 年度までの 20 年間の運転経費を含む)

＜所要経費＞ 日本分担分は約 1391 億円と見積もられている。ハイパーカミオカンデ装置の建設経費は約 673 億円と見積もられており、運転と大学共同利用体制整備などに 20 年間で約 400 億円(2027 年から 2046 年度)必要となる。J-PARC の 750kW から 1.3MW への改良に約 32 億円、その運転経費として 10 年間で約 400 億円(2027 年から 2036 年度)が必要となる。ただしこの運転経費は高エネルギー加速器研究機構分(後段加速器)のみであり、日本原子力機構分(前段加速器)は計上していない。また近距離検出器の建設経費は約 40 億円と見積もられており、日本は約 10 億円を分担する。

⑨ 連絡先

塩澤 真人(東京大学宇宙線研究所)

宇宙の起源と根本法則を探る

① ビジョンの概要

宇宙マイクロ波背景放射の発見により、ビッグバン宇宙理論が確立されたことは、20 世紀の特に大きな科学成果の一つであった。しかし、この発見は、「宇宙ゼロ時」とは何か？という、より深遠な謎を生んだ。膨張宇宙を過去に遡って「宇宙ゼロ時」に至ると、宇宙は一点に収縮し、特異点になるのだろうか？ 21 世紀の宇宙観測により、これらの問いに答えるとともに関連する科学成果を出すことが「ビジョン」である。

② ビジョンの内容

宇宙誕生の瞬間とは？宇宙・時空をつかさどる究極の物理法則とは？これらは「我々はどこから来たのか？」という人類にとって根源的な問いを自然科学の視点で表現したものであり、その解明は科学のグランドチャレンジの一つである。

通常、「火の玉」状態のビッグバンが宇宙のはじまりと説明されるが、研究の最先端は、いまやそれ以前の宇宙を科学の目で捉えようとしている。熱いビッグバン以前を記述する最も有力な仮説が、佐藤勝彦等が提唱したインフレーション宇宙仮説である。宇宙は「火の玉」になる前に急激に加速膨張したとするこの理論は、宇宙の一様性、平坦性、構造形成など、ビッグバン理論のみでは説明がつかない諸問題を見事に解決する。一方、インフレーションの直接の証拠となる量子ゆらぎに起因した重力波(原始重力波)は未だ検出されていない。原始重力波を検出すれば、インフレーションの証明になるとともに、時空の量子化についての決定的な証拠となり得る。科学史上最大の発見になるとまで言われているのは、そのためである。

インフレーション宇宙仮説というパラダイムのもとで、様々な物理モデル(以下、インフレーションモデルと総称)が提案されている。原始重力波の強度パラメータ r (テンソル・スカラー比) の予言値はインフレーションモデルにより異なるため、 r の測定により正しいモデルを探り当てることができる。これにより、従来は不可能とされた超弦理論などの究極理論候補の検証すら可能になる。現在、原始重力波の観測を可能にする唯一の手段が宇宙マイクロ波背景放射 (Cosmic Microwave Background; CMB) の偏光 B モード観測である。

CMB 光子は 138 億年かけて我々に届く過程でも、物質との相互作用により様々な影響を受ける。具体的には、宇宙の再電離、宇宙複屈折効果、重力レンズ効果、スニヤエフ・ゼルドビッチ効果などがある。これらの信号を用いれば、宇宙の進化に関する、より広範な天文学的情報を得ることができる。全天にわたる高精度直線偏光マップは、人類がまだ手にしたことがないデータであり、膨大な科学的価値を有し、あらゆる波長帯における偏光観測に革命をもたらす可能性を秘めている。

全天の多波長マイクロ波偏光マップが得られれば、原始重力波の観測を通じて代表的なインフレーションモデルを検証するとともに、宇宙論・素粒子物理学・宇宙物理学においてこれまでにない新しい知見をもたらすことができる。これが本構想のビジョンの内容である。

③ 学術研究構想の名称

LiteBIRD — 熱いビッグバン以前の宇宙を探索するマイクロ波背景放射偏光観測宇宙望遠鏡

④ 学術研究構想の概要

LiteBIRD 計画は、全天の多波長マイクロ波偏光マップを作成し、原始重力波の観測を通じて代表的なインフレーションモデルを検証するとともに、宇宙論・素粒子物理学・宇宙物理学においてこれまでにない新しい知見をもたらすことを目的とする。原始重力波は CMB の偏光度分布に渦状のパターン(原始 B モード)を刻印する。これを検出するのが最も感度の高い原始重力波発見法である。原始 B モードは、大角度スケールの相関を持ち、その全貌を明らかにするには全天をカバーする観測が必須である。また、高感度観測には大気の影響を排除する必要がある。そこで本計画では、広視野マイクロ波望遠鏡、極低温冷却系、多色高密度超伝導検出器を搭載した LiteBIRD 衛星(図 1)を開発し、銀河系からの前景放射を分離するため、34—448 GHz という広帯域を 12 バンドに分けて観測する。太陽-地球系の第 2 ラグランジュ点(L2)で CMB の偏光度を全天にわたり 3 年間精密に観測することで、これまでにない感度と精度を持つ全天多波長偏光マップを作成する。これにより原始 B モードを検出するとともに、宇宙論・素粒子物理学・宇宙物理学において新しい知見をもたらすことを目指す。

⑤ 学術的な意義

インフレーション宇宙仮説は、ビッグバン以前の宇宙を記述する最有力仮説であり、この検証は、現代宇宙論の最大の課題である。インフレーション仮説が予言する原始重力波の痕跡をとらえることが、仮説の最も直接的な検証であり、成功すれば科学史上最大の成果の一つとなる。発見にとどまらず B モードパワースペクトルの形の精密測定が出来れば、正しいインフレーションモデルを選別し、インフレーションを証明できる。一方、インフレーションの予想と異なる B モードパワースペクトルなど、予期せぬ発見があれば、人類に新しい宇宙観をもたらす可能性が高い。

欧米では、2030 年代に実現可能な衛星計画はなく、LiteBIRD 計画が原始重力波の検出を 2030 年代に行う可能性のある世界で唯一の衛星計画であり、我が国が世界をリードできる格好の機会である。

LiteBIRD 衛星が搭載する超高感度極低温検出器アレイの開発は、学術分野にとどまらず、健康診断や防災への活用など、幅広い利用が検討されている。また、望遠鏡の冷却に用いられるジュール・トムソン冷凍機は、液体ヘリウム温度が必要とされる研究や工業用途に大きく貢献できる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

約 15 年前まで我が国には本格的な CMB 偏光観測を進めるグループは存在しなかったが、今では複数の大学が CMB 偏光の地上観測プロジェクトに参画している。米国を中心とした海外では、気球実験、地上観測プロジェクト Simons Observatory（日本も大きく貢献）などが進められている。ただし、2030 年代の観測開始を計画していた地上望遠鏡 CMB-S4 は中止となった。地上からの観測は活発である一方で、大気の影響による限界や全天観測の困難さのため、究極の観測には CMB 偏光に特化した人工衛星による広帯域全天観測が必要で、その科学的価値は高い。我が国では、CMB 研究者に加えて電波天文の研究者、科学衛星開発経験が豊かな X 線天文研究者が参加して、衛星計画として推進可能な体制が整えられてきた。現在、2030 年代の実現を目指している衛星計画は LiteBIRD のみであり、その実現に世界の CMB 研究者の期待が寄せられている。

⑦ 社会的価値

熱いビッグバンからわずか 38 万年後の宇宙が CMB によって見られるだけでもすでに驚嘆すべき事であり、関連して二度のノーベル物理学賞が授与されている。LiteBIRD は、それらの業績を超えて、CMB の偏光観測によりビッグバン(熱い火の玉宇宙)以前の信号を検出することを目指す。原始重力波の存在を確認すれば「科学史上最大の発見」になると言われており、人類にとってその知的価値は計り知れない。より近い将来においては、LiteBIRD が開発する極低温冷凍機技術は、地球観測衛星などの他の宇宙開発でも利用可能なだけでなく、微量分析などの産業応用も期待され、我が国の産業の国際競争力の確保という観点からも重要である。以上の理由から、科学技術立国を目指す日本の重要プロジェクトとして、広く国民の理解を得る事ができる。

⑧ 実施計画等について

＜実施計画・スケジュール＞ 科学衛星の標準的な開発手法に則り、以下のように段階的に開発を進めていく。(1) プロジェクト準備段階：概ね 2026 年度から 3 年間。(2) プロジェクト実行段階その 1：概ね打ち上げまでの 8 年間に対応する。段階(1)の成果をもとに観測装置を完成させる。並行して開発を進める衛星バスシステムと統合し、衛星を完成させ H3 ロケットにより打ち上げる。(3) プロジェクト実行段階その 2：打ち上げ後から定常観測終了までの 3 年半に対応し、太陽-地球系の第 2 ラグランジュ点周りで 3 年間の全天サーベイ観測を進める。得られたデータは、その後アーカイブに整備し公開する。

＜実施機関と実施体制＞ 中心となる実施機関は宇宙航空研究開発機構（JAXA）で、東大カブリ IPMU、岡山大学等の国内機関、欧州およびカナダの海外機関と協力して実施する体制を整えつつある。

＜総経費＞ 概ね 550 億円程度（宇宙航空研究開発機構、東京大学等、日本負担分の合計額）

⑨ 連絡先

松村 知岳（東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構）

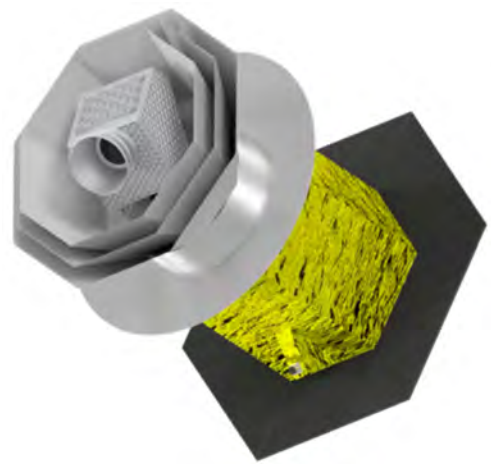


図 1 LiteBIRD 衛星のイメージ図

大型低温重力波望遠鏡 KAGRA 計画 (略称: KAGRA)

① ビジョンの概要

重力波を用いた学術は始まったばかりで全貌が明らかではないが、文明は予想もしなかった気付きから発展してきている。電磁波でしか宇宙を見ることができなかった基礎学術が、新たな重力波というメッセンジャーによりその幅が広がり、人類に与えられた宿題を解き明かす一歩を進めるとともに、限られた物理量のなかで生きている我々の存在意義や、多様な考え方を尊重しあうための礎となることを希求している。

② ビジョンの内容

重力波は、宇宙スケールでおきている遙か遠方の極限下の現象を、何にも遮られることなく観測できるメッセンジャーとして、その観測は新たな天文学、物理学や関連する分野を融合する研究手段となっている。検出が極めて困難であったが故にその初検出にはアインシュタインの予言から 100 年も要したが、ひとたび手が届けば、観測対象の数は感度の 3 乗として飛躍的に増大し、いずれは、電磁波も届かないような天体の深い部分や、宇宙の果て、あるいは開闢直後に到達できる可能性を秘める。地球近傍では決して見ることができない事象を継続的かつ地道に観測、解明していくことは、学術の発展には欠かせない。

重力波を用いた学術はまだ始まったばかりで、今後どうなっていくのかわからない。これまでの歴史が示すように、科学や技術は、我々が全く予想もしなかった気付きや失敗から発展してきている。この自然界に対する好奇心と探求心という、人類の固有の文明を発展させる原動力たる学術に、改めて注目してよいのではないだろうか。

③ 学術研究構想の名称

地上の重力波望遠鏡によるマルチメッセンジャー天文学の展開

④ 学術研究構想の概要

本構想は、地下と低温というこれまでにない方法で重力波検出を目指し 2010 年度に最先端研究基盤事業として採択された大型低温重力波望遠鏡 KAGRA の高感度化を達成し、更に高周波数帯でアップグレードすることで、中性子星連星合体事象など近年創生したばかりのマルチメッセンジャー天文学に必要な国際重力波観測ネットワークにおける重要拠点として基礎学術を推進し、ビジョンの実現を目指す研究計画である。

アジア圏で唯一稼働している検出器としての KAGRA の役割は、短時間で波源方向を高精度で特定し、重力波解析に必要な情報を提供することによって、地球規模の重力波望遠鏡の重要な一翼を担うのみならず、我が国のマルチメッセンジャー重力波天文学の礎となり、関連した物理、天文学や関連する近隣分野にも大きな貢献をする。

重力波による時空のわずかな歪みを検出するため、欧米では、装置の大型化を目指す次世代 (第 3 世代) の新規施設計画が検討されているが、我が国では、あくまで 3 km の地下トンネルに設置された KAGRA を有効かつ戦略的に活用する構想に基づいた研究計画を推進する。主な理由は、KAGRA が既に第 3 世代で検討されている地下と低温技術を先取りした 2.5 世代検出器であることと、それ故に、高周波数帯域 (kHz 帯) に絞れば第 3 世代にひけをとらない感度で観測に貢献できるとともに、これまで地道に築いてきたノウハウを海外や次の世代に継承することができるからである。

⑤ 学術的な意義

重力波は物質との相互作用が微弱であり、アインシュタインの予言から 100 年かかるほど検出が困難だが、それは透過性が非常に良いということを意味し、電磁波では到達できない深奥の物理現象に迫ることができる。これまではビッグバン後 38 万年の晴れ上がり後の姿しか観測できなかった宇宙が、重力波によりインフレーションが起きたとされる開闢後わずか 10 のマイナス 38 乗秒程度の初期まで探索できる可能性が拓けた。到達距離が検出感度に比例するため、検出器の向上に対して観測できる波源数は 3 乗で増え、ブラッ



図 1 大型低温重力波望遠鏡 KAGRA 全体図

クホールや中性子星からなる連星合体など地球上では到底見ることはできない現象の観測数は今後飛躍的に伸びてゆく。これにより、力のしくみをこれまでに無い方法で検証することや、宇宙の成り立ちを理解し、ひとびとの世界観を広げることが可能になる。また、重力波天文学によって、修正重力理論の検証、原始重力波による宇宙最初期の観測、ハッブル定数の独立な測定、重元素合成、及び相対論的ジェットの解明など、宇宙論的なブレークスルーの貢献が期待される。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

重力波は1916年にアインシュタインが提唱した一般相対論によって予想されてから、存在そのものを問う実験が進められてきたが、LIGOを中心とした欧米のプロジェクトにより2015年に初検出がなされ、2017年に米国の3人にノーベル賞が授与された。それまでは、いかに感度の高い装置を建設するかという視点において国際的に競争がなされてきた。しかし現在では、世界の重力波望遠鏡が協力して成果を出すことのメリットが大きいため、LIGO(米)、Virgo(欧)とKAGRAが一体の組織として科学成果を出す方向で議論が進められている。加えて、欧州及び米国では次世代(第三世代)重力波望遠鏡の計画が検討中である。

国内では地上のKAGRAに加えて宇宙における重力波観測の構想があるが、まずは地上の観測においてKAGRAの実績が必須であり、それによって国内外のコミュニティの理解と幅を広げることは、重力波のみならず、多くの関連分野のビジョン達成にも貢献することになる。

⑦ 社会的価値

基礎学術という性質上、当該構想によって得られる重力波物理学・天文学の成果による経済的・産業的価値への直接的な貢献を目指すものではない。しかし、重力波望遠鏡の感度を極限まで高める最先端の技術の開拓がもたらす産業的価値は高い。また、最先端研究施設への国内外からの多数の訪問者によって地域の経済と生活の活性化だけでなく、全国の中高大学生に知的な刺激を与え、教育に貢献している。このように、未来を担う子どもたちに夢を与え、次世代の科学技術を発展させるための好循環を生み出すと期待される。

⑧ 実施計画等について

<実施計画・スケジュール>

KAGRAは東アジアの重力波観測拠点として、今後世界の重力波天文学に貢献していく予定である。具体的には、LIGO(米)、Virgo(欧)、KAGRAの3者が中心となり、世界の地上の重力波望遠鏡の組織化を進めており、2027年頃には世界中でまとまった組織となることが想定されている。この組織の下で、2028年頃から3年間程度の次期観測(Observation 5, 05)が想定されており、KAGRAはこの時の中性子連星合体観測感度として25-128Mpcの到達レンジを想定している。

その後数年間のアップグレード期間を経て、次々期観測(Observation 6, 06)が想定されており、その時にKAGRAはkHz周波数帯に高い感度を持つ重力波望遠鏡に改造し、とりわけ中性子星連星合体や超新星爆発事象などの観測を通して、重元素合成現場の特定、中性子星の状態方程式の理解等、マルチメッセンジャー天文学に大きな貢献をしていく。

なお、10年以降も更に感度を高めて上記のような貢献を続けることを想定している。

<実施機関と実施体制>

KAGRAは東京大学宇宙線研究所が主推進機関として運用に責任をもち、宇宙線研究所の国際共同利用・共同研究体制の下で運用されている。加えて自然科学研究機構国立天文台、および高エネルギー加速器研究機構も加わり、プロジェクトを共同で進めることが3者で合意されている。東アジアを中心にし、ヨーロッパやアメリカからも参加者があるKAGRA collaborationが組織され共同で研究を進めている。なお、コラボレーターは総勢400人規模で、KAGRAの論文に名前を連ねる貢献度の高い共同研究者は150人程度である。

<総経費> 180億円

<所要経費>

KAGRAの運用費として総額90億円(10年間)、これにKAGRAアップグレードを加えた合計180億円が必要である。なお、海外からの貢献も増えていくと予想されるため、国内で全額を負担するということではない。

⑨ 連絡先

梶田 隆章(東京大学宇宙線研究所)

宇宙重力波望遠鏡 B-DECIGO による天文学・宇宙物理学の新展開

① ビジョンの概要

自然に対する好奇心は、人類の文明を発展させる原動力の1つである。人類は科学を探究することで自然界への理解を深め、その中で生まれる最先端技術は人々の日常生活へと還元されてきた。一方、未解明の謎も多く残されており、宇宙の誕生と進化、自然界を司る物理法則、物質と生命の起源が、物理学・天文学における重要なテーマとなっている。重力波による観測は、それらの謎に迫る新たな知見をもたらす。

② ビジョンの内容

自然に対する好奇心と探求心は、人類の文明を発展させる原動力の1つであり、築き上げられてきた科学は、人類が人類たる拠り所になっている。自然法則・宇宙の成り立ちへの人類の「知のフロンティア」は、科学者たちの純粋な探求心、そしてそれを支援する社会の営みの積み重ねによって押し広げられてきた。また、そこで必要とされる最先端技術は、人類の「技術のフロンティア」を切り拓く原動力となるとともに、日常生活へと還元されてきた。一方、人類はまだ自然を理解したとは言えない。素粒子や原子を説明する量子力学と、宇宙や天体を説明する重力理論を統一する理論はまだない。宇宙誕生の謎、暗黒物質や暗黒エネルギーの正体は分かっていない。宇宙の誕生と進化、自然界を司る物理法則、物質と生命の起源を解き明かすことが、物理学・天文学における重要なテーマとなっている。

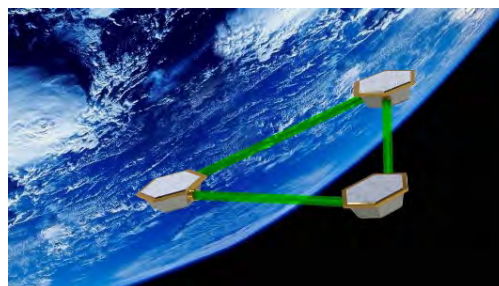


図1 宇宙重力波望遠鏡 B-DECIGO 概念図

2015年に初めて観測された重力波は、人類の知見にブレークスルーをもたらす可能性をもっている。重力波は、質量の加速度運動による「時空のひずみ」が波として伝播する現象である。物質に対して非常に強い透過力を持つため、従来の観測手法では探ることができない宇宙の姿を我々に届けてくれる。特に、誕生直後の宇宙の姿、ブラックホール付近の強重力場、ガンマ線バーストや超新星爆発などの高エネルギー天体現象の中心部といった極限状態の直接観測が可能になる。さらには電磁波望遠鏡との同時観測によって、重元素生成の現場を探ることも可能になる。また、暗黒物質や暗黒エネルギーに対する定量的な観測も可能になる。今後、重力波観測は、現在の電磁波の観測と双璧をなすものに発展し、これまでとは違った宇宙の姿を見せてくれることが期待できる。

2015年に初めて観測された重力波は、人類の知見にブレークスルーをもたらす可能性をもっている。重力波は、質量の加速度運動による「時空のひずみ」が波として伝播する現象である。物質に対して非常に強い透過力を持つため、従来の観測手法では探ることができない宇宙の姿を我々に届けてくれる。特に、誕生直後の宇宙の姿、ブラックホール付近の強重力場、ガンマ線バーストや超新星爆発などの高エネルギー天体現象の中心部といった極限状態の直接観測が可能になる。さらには電磁波望遠鏡との同時観測によって、重元素生成の現場を探ることも可能になる。また、暗黒物質や暗黒エネルギーに対する定量的な観測も可能になる。今後、重力波観測は、現在の電磁波の観測と双璧をなすものに発展し、これまでとは違った宇宙の姿を見せてくれることが期待できる。

③ 学術研究構想の名称

宇宙重力波望遠鏡 B-DECIGO

④ 学術研究構想の概要

宇宙重力波望遠鏡 B-DECIGO は、宇宙機3機の編隊飛行によって構成されたレーザー干渉計である(図1)。0.1-10Hz 付近の重力波を観測し、連星合体の時刻と方向を事前予告することで、合体の瞬間を他の電磁波望遠鏡などで観測する「マルチメッセンジャー観測」の中心的な役割を担う(図2)。さらに、初期宇宙からの重力波観測を目指す将来計画 DECIGO のための前哨ミッションの役割も持ち、観測技術の実証や前景重力波の観測と評価を行う。ブラックホール(BH)や中性子星に関連した高エネルギー天体物理学や原子核物理学、一般相対性理論や重力法則についての基礎物理学、宇宙の誕生・進化を解き明かす宇宙論など、自然界に対する人類の知の範囲を大きく拡大させる計画である。特に「宇宙のはじまりを直接観測する」という人類の夢の1つの実現に向けた大きな一歩となる。

B-DECIGO を構成する宇宙機は、お互いに 100km 離れた正三角形に配置される。それぞれの宇宙機内には、慣性基準となる鏡が非接触で保持されており、それらの間の距離変動をレーザー干渉計で精密に測定することで重力波をとらえる。宇宙空間では長い基線長がとれること、地面振動などが無いことから、地上の重力波望遠鏡では観測が困難な 10Hz 以下の周波数帯での観測が可能になる。加えて、鏡間で光を直接反射させてファブリー・ペロー共振器を実現し、光量子雑音で制限される感度限界を向上させている。太陽輻射圧変動などの外乱に起因する宇宙機の擾乱の影響を避けるために、宇宙機の位置・姿勢は、慣性基準となる鏡を基

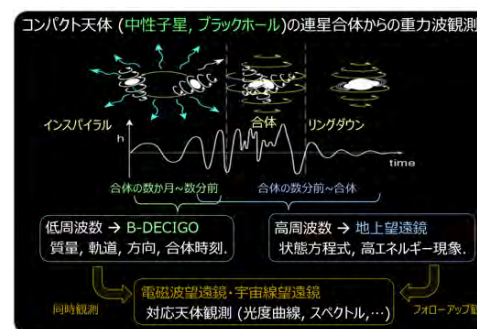


図2 連星系からの重力波の合体前観測

準に制御（ドラッグフリー制御）され、精密な編隊飛行が実現される。

⑤ 学術的な意義

2015 年の重力波の初観測によって重力波の存在が証明されるとともに、連星 BH の存在という新たな発見もあった。その成果を受け、2017 年のノーベル物理学賞は、重力波初観測に貢献した 3 氏が受賞している。2017 年には、連星中性子星合体からの重力波信号も観測され、ガンマ線、X 線、光・赤外線、電波など、幅広い電磁波波長で対応天体が発見されている。その結果、金などの重元素の起源、一般相対性理論の検証など基礎物理学的な知見、ハッブル定数など宇宙論的知見、中性子星についての原子核物理の知見、など幅広い科学的成果が得られている。宇宙重力波望遠鏡 B-DECIGO は、このような観測にブレークスルーをもたらす連星系を合体の数か月前に発見し、いつどこで合体が起こるのかを事前予想する。事前に母銀河の情報を公開することで、連星合体の瞬間の地上大型望遠鏡や宇宙望遠鏡での観測が可能になり、より遠方での暗いイベントや、より高分解能での撮像・分光観測が実現できる。連星中性子星合体・ガンマ線バーストという宇宙で最も高エネルギーの爆発現象を、リアルタイムに観測することで、人類の宇宙に対する知のフロンティアは飛躍的に広がるのが期待できる。

B-DECIGO の実現と同時期には、10Hz 以上の高い周波数帯では第 3 世代の地上重力波望遠鏡、100mHz 以下の低い周波数帯では宇宙重力波望遠鏡 LISA の観測運転が想定される。さらに低い周波数帯では、SKA など電波望遠鏡アレイによるパルサータイミングの手法、LiteBIRD など宇宙マイクロ波背景放射の偏光観測も推進されている。その中で 0.1-10Hz という周波数帯で観測を行うのは B-DECIGO だけである。地上重力波望遠鏡 CE、ET と宇宙重力波望遠鏡 LISA を結びつけるとともに、電磁波望遠鏡も含めたマルチメッセンジャー天文学の中心的な役割を担う。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

地上の重力波望遠鏡としては、米国の LIGO、欧州の VIRGO、日本の KAGRA が観測運転を開始している。2030 年代には、米国では CE、欧州では ET と呼ばれる次世代重力波望遠鏡の検討が進められている。これらによって B-DECIGO で事前発見した連星系の合体の瞬間を CE、ET や電磁波望遠鏡で観測するという相補的な観測が可能になる。宇宙重力波望遠鏡としては、欧州の LISA 計画が 2030 年代半ばの実現を目指している。B-DECIGO では中間質量 BH 連星の合体を観測し、階層的な合体によって大質量 BH 形成の謎に迫るのに対して、LISA ではそれらの大質量 BH がさらに合体する様子を観測する。これらの相補的な観測から、宇宙におけるブラックホール形成史を解き明かすことが期待できる。

⑦ 社会的価値

重力波初観測の際には、国内でも主要メディアではトップニュースとして報道された日本の国民は、基礎的な科学的発見や、宇宙に対する純粋な好奇心、人類の文明への貢献にも強い関心と誇りを持っており、その結果が人々の生活に還元されることも理解している。B-DECIGO による宇宙観測は、「ノーベル賞級」という言葉では測りきれない科学的価値を持ち、国民の理解を得て、知的活動を高める一端となりえる。実用面では、B-DECIGO で用いられる精密編隊飛行技術は、衛星サイズの制約を打破し、宇宙利用の新たな可能性を切り拓く。宇宙の観測だけでなく、地震・津波・土砂崩れ・洪水などの自然災害の状況把握、大気・海洋・大陸氷床などのモニタによる気候変動観測、GPS 衛星の高感度化などへの波及効果が想定される。

⑧ 実施計画等

2040 年代に打ち上げ、5 年間の観測運用を行う。ミッション公募への提案後、4 年間でミッション検討・根幹技術開発。プロジェクト開始後 4 年間で基本設計・詳細設計。その後 4 年間で実機の製作を進め、打ち上げ、観測を開始。並行して、データセンターの立ち上げを進める。本計画は、宇宙航空研究開発機構 (JAXA) の戦略的中型ミッションを核として実現する。JAXA、東京大学、名古屋大学、法政大学、電気通信大学、国立天文台、京都大学などが協力体制を構築している。総経費は国内負担分として 500 億円を見込む。内訳は、根幹技術開発・地上実証試験経費・人件費 60 億円、実機製作・性能と機能の試験・人件費、および打ち上げ経費として 390 億円、その後の観測運用経費・人件費として 5 年間で 50 億円を想定している。

⑨ 連絡先

安東 正樹（東京大学 理学系研究科）

EIC 実験による物質階層構造の起源探究：クォーク・グルーオンから核子・原子核へ

① ビジョンの概要

電子・イオン衝突型加速器 (EIC) を中核として、クォーク・グルーオンから核子・原子核に至る物質の階層構造を量子色力学 (QCD) に基づき統一的に理解する「マルチスケール量子科学」を確立する。EIC による核子・原子核の三次元イメージングを起点に、実験・理論・計算の融合を進めるとともに、データ科学や先端量子計測技術を発展させる。量子科学・情報科学と連動した国際研究基盤を形成し、30 年先を見据えた学術と人材の新展開を拓く。

② ビジョンの内容

原子核物理学は、物質の起源と進化を理解し、宇宙における物質の創生と終焉に関する根源的課題に挑む学問分野である。物質は多様なスケールにまたがる階層的構造を持ち、原子は原子核と電子から、原子核は陽子・中性子 (核子)、さらに核子はクォーク・グルーオンから構成される。これらを支配する量子色力学 (QCD) は、素粒子から天体に至る物質の振る舞いを統一的に記述する基礎理論である。しかし、QCD 真空中からクォーク・グルーオン、核子、原子核へと至る階層の中で、安定な核子や原子核の性質がどのように創発するのかは未解明である。

電子・イオン衝突型加速器 (EIC) は、偏極電子と偏極陽子・原子核の高エネルギー衝突により、核子・原子核内部のクォーク・グルーオン構造を三次元的に高精度で可視化する。EIC は RIBF や J-PARC などの低・中エネルギー施設と相補的に機能し、核子質量やスピンの起源、原子核中の核子間相関など、物質階層構造の起源を QCD に基づいて解明する基盤となる。

本構想は、クォークから核子、原子核、さらに宇宙へと至る物質階層を統一的に理解する**マルチスケール量子科学の創設**を目指す (図 1)。EIC を核として既存の加速器施設と連携し、実験・理論・計算を統合することで、QCD に基づきクォーク・核子・原子核・物質の階層構造を結ぶ新しい研究枠組みを構築する。そのために、EIC を中心とする国際研究拠点を形成し、精密実験データと理論・計算を融合した研究を推進する。スーパーコンピュータ、AI、量子計算を活用し、実験・理論・計算の統合によって階層構造の理解を飛躍的に高める。さらに、半導体センサーやストリーミング型データ収集技術など日本の強みを活かして EIC で行われる国際共同実験 ePIC を主導し (図 2)、量子科学・情報科学と連携した新しい研究領域を切り拓く。また、東京大学 QNSI、大阪大学 RCNP、理化学研究所などが連携し、国際量子物理ネットワーク (IQPN) を通じて国内研究資源を結集する。これにより、**階層を超えた研究体制を確立し、マルチスケール量子科学を推進するとともに、新しい研究分野と次世代人材を創出する国際的研究拠点をオールジャパン体制で形成する。**

③ 学術研究構想の名称

EIC 実験による物質階層構造の起源探究：クォーク・グルーオンから核子・原子核へ

④ 学術研究構想の概要

本構想は、EIC を中核としたマルチスケール量子科学の確立を目指し、クォーク・グルーオンから核子・原子核に至る物質階層構造の統一的理解を進める研究基盤を構築するものである。東京大学 QNSI を中心とする IQPN と理化学研究所 FQSP の連携の下、約 70 名・12 機関から成る EIC 実験日本グループを基盤として研究体制を拡充し、実験・理論・計算を融合した国際共同研究を推進する。EIC と RIBF、J-PARC など国内施設との

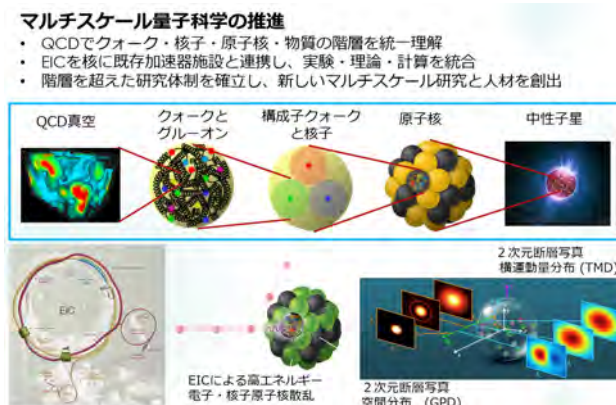


図1 マルチスケール量子科学と EIC 実験の概要

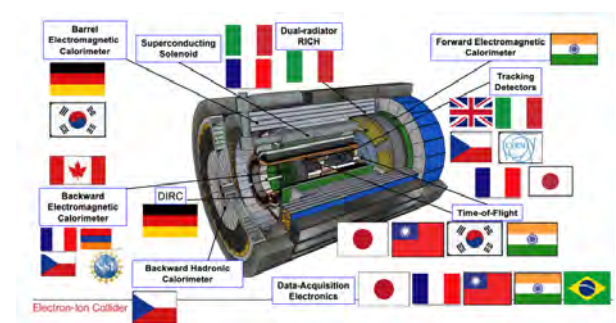


図2 ePIC 実験と日本の貢献

連携により、低・中・高エネルギーを統合した研究フレームワークを形成する。また、高精細半導体センサー、大規模ストリーミング型データ収集、AI・HPC・量子計算を組み合わせたデータ駆動型解析技術を整備し、日本の技術を国際標準として確立する。

⑤ 学術的な意義

原子核物理学は、物質の起源と進化を理解する基礎科学である。これまでクォーク、核子、原子核という各階層ごとに研究が進展してきたが、それらを QCD に基づいて統一的に理解することは未だ実現していない。本構想は、EIC による核子・原子核内部構造の精密測定を通じて、核子質量やスピンの起源、核子間相関、非摂動的 QCD 現象などの根本問題を解明することを目指す。さらに、低・中・高エネルギー施設を統合した研究により、真空から原子核に至る物質階層の理解を進めるとともに、量子計算や AI を取り入れた新しい研究手法を発展させる。これにより、原子核物理学を基礎量子科学の重要領域として発展させる。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

日本は RIBF や J-PARC を中心に低・中エネルギー原子核研究で世界をリードしてきた。一方、EIC はクォーク・グルーオン自由度から核子・原子核構造を直接探る唯一の次世代施設であり、世界的にも重要な研究基盤として建設が進められている。国内では、東京大学 QNSI を中心に EIC 日本グループが形成され、IQPN や理研 FQSP との連携により研究体制が拡充されている。また、米国エネルギー省から日本政府に対して EIC への参加支援が要請されており、日本の半導体センサー技術やデータ処理技術が国際標準として期待されている。なお、「国際高エネルギー量子科学フロンティア：海外施設で展開する QCD 研究」は、BNL の EIC や CERN の LHC など海外大型施設での研究活動と人材を束ねるプラットフォームとして機能する本構想とは独立した計画であり、これに対し、本構想は EIC 科学を中心とした具体的研究計画として相補的な関係にある。

⑦ 社会的価値

本構想は、物質の起源という根源的課題に挑むことで科学的知見を拡大し、社会に知的価値を提供する。EIC による研究は、量子多体系や創発現象の理解を深めるとともに、先端計測技術やデータ基盤技術の発展を促す。これらの技術は、エネルギーや医療など幅広い分野への応用が期待される。また、国際共同研究を通じて次世代研究者を育成し、日本の科学技術の国際的プレゼンスを高める。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール：本構想は、EIC 建設から初期運用までの約 10 年間を見据えて段階的に推進する。

2025～2027 年度（開発期）：半導体センサー（MAPS、AC-LGAD 等）、前方検出器、ストリーミング型 DAQ などの検出器・データ基盤技術を開発し、国際共同実験 ePIC への実装を進める。

2028～2032 年度（建設期） 実験装置の建設と試験を進め、国内研究拠点と国際研究機関の連携を強化する。

2030 年代前半（運用開始）：EIC の初期実験を開始し、核子・原子核の三次元構造測定を通じて物質階層構造の研究を本格化する。

・実施機関と実施体制：東京大学クォーク・核物理研究機構（QNSI）を中心に、大阪大学 RCNP、理化学研究所、国内大学・研究機関からなる EIC 日本グループ（国内の研究者約 50 名・12 機関）によって推進される。IQPN を通じて研究者交流と共同研究を促進し、様々な国際研究機関との連携の下で EIC 実験を推進する。

・総経費 95 億

・所要経費

設備費・装置費（50 億円）：ePIC 実験用の高精度半導体検出器（MAPS、AC-LGAD、ZDC カロリメーター）の開発・製作、組立・計測設備、ストリーミング型 DAQ および GPU 計算基盤の整備に充当する。これらの技術は RIBF や J-PARC など国内施設への展開も図る。

人件費（25 億円）：ePIC 実験、QCD 理論・計算研究、マルチスケール量子科学の推進のため、大学および理化学研究所において PI、博士研究員、技術スタッフを配置する。

運営費（20 億円）：BNL・JLab 拠点の運営、国際共同研究の旅費・招聘、研究会開催、国内実験施設やクリーンルームの維持、検出器・計算基盤の保守、IQPN による国際連携の運営に充てる。これにより、EIC を中核とする国際研究基盤を整備し、物質階層構造の理解と次世代研究者育成を推進する。

⑨ 連絡先

中村 哲（東京大学大学院理学系研究科附属クォーク・核物理研究機構）

LHC 加速器・高エネルギー原子核衝突実験 ALICE で拓く 宇宙初期物質 QGP 生成とハドロン化機構の解明

① ビジョンの概要

物質は陽子や中性子で構成されるが、その 98% の質量起源は未解明である。本ビジョンは、我が国が大きく寄与した高エネルギー原子核物理学を基盤とし、全人未到の精度実験から陽子質量誕生の謎を探る。大型加速器で初期宇宙物質 QGP を生成し、量子半導体や高速データ処理により物質化の過程を解明する。宇宙物理や核融合の発展を促し、技術を社会実装し、医療等に還元する。

② ビジョンの内容

物質は陽子や中性子といったバリオンで構成されるが、その質量の約 98% の起源はいまだ明らかではない。クォークの質量はヒッグス機構で説明される一方、陽子や中性子の質量はクォークの質量和では到底足りず、量子色力学 (QCD) のダイナミクスに由来すると考えられている。この「質量誕生の謎」は、物理学の最重要課題の一つであり、解明は物質と宇宙の理解に根本的な進展をもたらす。本ビジョンは、我が国が大きく寄与してきた高エネルギー原子核物理学を基盤に、これまでにない精度の実験を実現し、陽子質量起源の謎に迫ることを第 1 のビジョンとする。我が国の研究者は、RHIC や LHC 加速器での重イオン衝突実験に長年参画し、クォーク・グルーオン・プラズマ (QGP) の研究を国際的に主導してきた。こうした蓄積が、未解明の課題に挑む強力な基盤となる。

本計画では、世界最大の加速器 LHC を用いて、初期宇宙に存在した QGP を生成し、そこから通常物質が形成される過程を探究する。QGP はクォークやグルーオンが閉じ込められずに存在する状態であり、その相転移を観測することで質量誕生のメカニズムを探る。これを実現するには高精度の検出器と膨大なデータを処理する高速計算基盤が不可欠である。そこで、最先端の量子半導体技術を応用した検出器を開発し、従来を超える空間・時間分解能を達成する。また、得られる膨大なデータ

を効率的に解析するため、AI・機械学習を取り入れ、衝突事象から物質化を解明するデータを抽出する。これにより QGP から通常物質への移行過程を精密に描き出し、陽子質量の起源に解明に迫る。

③ 学術研究構想の名称

LHC 加速器・高エネルギー原子核衝突実験 ALICE で拓く宇宙初期物質 QGP 生成とハドロン化機構の解明

④ 学術研究構想の概要

本研究の学術研究構想は、(1) 陽子質量の起源の解明、(2) カラーガラス凝縮の発見、(3) QGP 誕生の謎の解明、の達成である。そのために、LHC 加速器を使った国際共同実験 ALICE において、プロジェクトの三本柱である ALICE2、FoCal、ALICE3 を順次整備・運用し、世界に先駆けて革新的成果を導出する。ALICE2 では、TPC 検出器の高度化、連続読み出し方式 O^2 システムにより従来比 100 倍の統計を実現する。現在から 2032 年まで、大規模データ収集と解析を行い、QGP 物性を精密に決定する。FoCal は、日本が主導して開発した超前方カロリメータであり、2025 年より建設を開始し、2030 年から運用を予定する。未踏領域の直接光子を測定し、グルーオン飽和を世界で初めて実証する。さらに ALICE3 では、2030 年代前半を目標に Outer Tracker (OT) シリコン検出器を日本主導で建設する。CMOS 技術を用いた世界最高分解能の検出器を大面積導入し、従来比 5 倍の衝突点分解能を達成する。これにより、カイラル対称性の部分的回復、すなわち陽子質量の起源解明が可能となる。

⑤ 学術的な意義

宇宙誕生直後に存在したとされる QGP の解明は、物質生成や質量起源といった人類の根源的課題に迫る研究である。RHIC や LHC で QGP 生成は確立したが、その生成機構、物性、ハドロン化過程には未解明の問題が残る。特に QGP の物性、グルーオン飽和の存在、カイラル対称性の回復は、現代物理学の大きな課題である。日本は ALICE 実験で主要検出器建設に貢献し、国際研究を主導し、ALICE 実験をはじめとする LHC の 4 つの実験は 2025 年、ブレークスルー賞を受賞している。本計画により、以下の 3 つの成果が期待される。第 1 に重クォークやジェットで QGP の輸送係数を定量化する。第 2 に FoCal を用いて、 $x=10^{-6}$ 領域の測定からグルーオン飽和を実証す

学術研究構想の内容

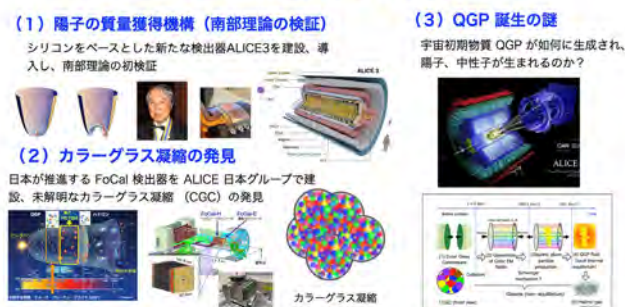


図 1 学術研究構想の内容

る。第3に ALICE3 の高分解能検出器で ρ 中間子と a_1 粒子の縮退を観測し、カイラル対称性回復を示す。これらはいずれもノーベル賞級の成果に直結する。

⑥ 国内外の動向と当該構想の位置付け

高エネルギー原子核衝突実験は、米国 RHIC と欧州 LHC を中心に展開され、QGP 生成の証拠は確立された。しかし RHIC は 2025 年に運転を終え EIC 実験に移行するため、QGP 研究の主舞台は LHC に集約される。欧州では ALICE を含む LHC 実験に加え、FAIR（独）、FCC（欧州）、EIC（米）などの将来計画が進められ、国際的な研究競争は激化している。この中で日本は、ALICE 実験において検出器開発、物理解析、マネジメントの中で、中心的役割を果たしてきた。特に前方カロリメータ FoCal は、日本主導の提案として CERN に正式承認され、新領域を探索する世界唯一の実験として位置付けられている。さらに次期 ALICE3 においては、OT 検出器の開発・量産に日本が貢献することを期待されている。本構想は、こうした国際的潮流の中で、日本が持つ独自技術と研究実績を活かし、ALICE 実験の中核として国際共同研究を先導するものであり、世界的にも不可欠かつ戦略的な位置付けを持つ。

⑦ 社会的価値

本構想は、宇宙の起源や物質生成機構といった人類普遍の問いに挑むものであり、国民に大きな知的価値を提供する。経済的・産業的価値としては、放射線耐性シリコンセンサや最先端半導体開発が、医療機器や宇宙機器分野への応用に直結する。また、大規模データ解析で培われる AI・ビッグデータ処理技術は情報産業に波及し、社会全体のデジタル基盤強化に寄与する。さらに、CERN や国際コラボレーションの中での研究を定常的に行うことで、グローバルに活躍する若手優秀人材を輩出し、我が国の競争力を高める。

⑧ 実施計画等

前期（2026～2028 年度）には、ALICE2 による第3衝突期データ収集と解析を進め、QGP 物性量の精密測定を行う。同時に FoCal の量産を国内で開始し、順次 CERN に送り ALICE 実験への導入を完遂する。さらに ALICE3, OT に向け、センサの試作と評価を KEK や国内外のテストビーム施設で実施し、設計仕様を確立する。中期（2029～2031 年度）には、FoCal の最終組立と較正を CERN で行い、2030 年度から運用を開始する。FoCal によりグルーオン飽和の探索を行う。並行して ALICE2 解析を深化させ、輸送係数等を精密に決定する。また OT については、長期安定性試験や放射線耐性評価を経て量産技術を確立し、国際分担を最終化する。

後期（2032～2035 年度）には、FoCal の物理成果を論文化し、国際会議で発表する。同時に OT の量産・建設準備を国内で開始し、2035 年度以降の ALICE3 本格実装に備える。博士学生や若手研究者を CERN に派遣し、国際共同研究を通じて人材育成を推進する。

これらの活動を ALICE 日本グループ（筑波大（QGP 国際研究センター）、東大、奈良女子大、広島大、佐賀大、長崎総合科学大、理研、熊本大）で進める。

総経費 82 億円（10 年間）：FoCal 建設 16 億円、ALICE3 Outer Tracker 開発 46 億円、ALICE 登録費 3.5 億円、人材育成・研究支援 11.4 億円、旅費 2 億円、計算資源 3 億円。

⑨ 連絡先

中條 達也（筑波大学 数理物質系）

付録3 各グランドビジョンに属する 「学術の中長期研究戦略」の新旧比較

① 言語・コミュニケーション研究の充実を踏まえた現代社会問題のデータ解析による解決策の提示

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分 ¹
1	先端的言語理論研究拠点	更新
2	現代日本社会におけるコミュニケーション問題の解消を目指すウェルフェア言語学の構築	更新
3	多文化共生社会におけるコミュニケーション・トラブルの軽減・解消に向けた総合的言語学の構築	新規

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後 ²
1	先端的言語理論研究拠点	
2	共同体メカニズムの研究	削除
3	現代日本社会におけるコミュニケーション問題の解消を目指すウェルフェア言語学の構築	

② 長い時間軸・大きな空間軸・多様な視点からの人と社会の科学

（2023 年版タイトル：長い時間軸・大きな空間軸・多様な視点からのヒトと社会の科学）

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
4	環境と心性を架橋する共感共創知としてのグローバル人文学の創成	更新
5	海外エキスパート・サーベイ調査を通じて見える日本と諸外国との関係の総合的研究	更新
6	グローバル地域研究のネットワーク型共同研究・共同教育体制の構築	更新
7	地球電磁気学と考古学・人類学の連携による第四紀研究の新たなパラダイム構築	更新
8	ヒトを理解する「知」を総合した霊長類学	更新
9	「人類史」総合研究体制の構築	更新
10	グリーン社会変革を推進する学術領域の確立及び産学公連携による共創	更新

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
4	共感共創知としての風土学の再構築—環境と心性を架橋する人と自然の科学知に向けたグローバル人文学の創成	
5	海外エキスパート・サーベイ調査を通じて見える日本と諸外国との関係の総合的研究	
6	グローバル地域研究のネットワーク型共同研究・共同教育体制の構築	
7	地球電磁気学と考古学・人類学の連携による第四紀研究の新たなパラダイム構築	
8	社会現象の可視化による新しいジャーナリズムの確立	削除
9	ヒトを理解する「知」を総合した霊長類学	
10	「人類史」総合研究体制の構築	
11	ミューザゴラの創設に基づく地球未来学の振興	
12	最先端科学技術力を育成する幼小中高大連携教育の戦略プログラム	削除

¹ 応募区分Ⅰ（追加募集）を「新規」、応募区分Ⅱ（2023 年版提言に掲載された「学術の中長期研究戦略」の改訂）を「更新」と記載

² 2023 年版には掲載され、2026 年版には掲載されていない案件を「削除」、2023 年版と 2026 年版で属するグランドビジョンが変わった案件を「GV 変更」と記載

11	多様性が高度に組み込まれた社会構築のための人文情報学的地域社会論創成	更新
12	合意形成と協働による課題解決に向けた先端経済理論と異分野融合研究	更新
13	デジタル時代に即した人間文化社会研究の包括的な基盤構築	更新
14	Japan Psych Bank の構築と運用による国民が well-being を実感できる社会の実現	新規

13	多様性が高度に組み込まれた社会の構築をめざした人文情報学的地域社会論創成	
14	合意形成と協働による課題解決に向けた先端経済理論と異分野融合研究	
15	デジタル時代に即した人間文化社会研究の包括的な基盤構築	

③ 文化論と歴史学のグローバル化による文系諸学の再構築と国際協働

(2023 年版タイトル：日本史学を含めた非西洋史学の再構築と国際協働)

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
15	日本文化研究国際化推進構想	更新

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
16	日本文化研究国際化推進構想	
17	グローバル・ヒストリーのための非英語史料編纂所の設立	削除

④ 地球の生命環境と食料供給を持続させるための学術創生

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
16	植物科学で切り拓く地球生命の未来	更新
17	データ駆動型持続的森林経営システムの構築に向けた学術研究の展開	更新
18	100 億の人類に食をもたらす作物や地球環境保全の主役となる樹木の創出	更新
19	テラリフォーミングを実現する植物機能拡張学の創出	更新
20	顧みられない未利用種（NUS）の遺伝的改良に基づく持続可能な agro-ecosystem の確立	更新
21	変わりゆく地球環境と調和した持続可能な食料システムの構築のための学術振興	更新
22	未来の循環型社会を支える社会基盤としての「生命の樹」の重点的拡充	新規
23	地球環境と調和的な社会の実現に必要な生物圏機能の活用法の開拓	新規

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
18	植物科学で切り拓く地球生命の未来	
19	データ駆動型持続的森林経営システムの構築に向けた学術研究の展開	
20	100 億の人類に食をもたらす作物や地球環境保全の主役となる樹木の創出	
21	テラリフォーミングを実現する植物機能拡張学の創出	
22	顧みられない未利用種（NUS）の遺伝的改良に基づく持続可能な agro-ecosystem の確立	
23	変わりゆく地球環境と調和した持続可能な食料システムの構築のための学術振興	

⑤ 生命現象の包括的理解による真のウェルビーイングの創出

(2023 年版タイトル：生命現象の包括的理解による真の Well-being の創出)

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
24	「いのち彩る医療」を実現するバイオマテリアル界面科学の構築	更新
25	健康・幸福寿命の延伸に資するスマート歯科医学・歯科医療の実現	更新
26	グライコームを起点とする生命科学ビッグバン	更新
27	健康寿命延伸・QOL 向上のための ICT 人工臓器研究開発の進展	更新
28	霊長類研究拠点	更新
29	デジタルツインによる創薬と医療のパラダイムシフト	更新
30	高深度トランスオミクスアプローチに基づく革新的医学研究	更新
31	生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設立計画	更新
32	社会を支える生命医科学統合データ基盤の確立	更新
33	生体－人工物の融合を通じて高い QOL を実現する持続可能な社会・生態系のための革新的生体医工学の創成	更新
34	相互支援による地域共生社会の成熟・深化に向けたケアサイエンス研究ネットワーク拠点	更新
35	ワンヘルスの実現に向けた生命科学研究のサステナブル循環システムの構築	更新
36	患者主体的医療体制の実現とそれを支えるヘルスリテラシー教育体制を構築	更新
37	One Medicine による創薬・先端医療研究の革新と Sharing Medicine の実現	更新
38	脳天文台を中核とする脳型重層研究・バンク網が導く多様な個の脳・こころと環境のウェルビーイングが共存する「和の社会」構想	更新
39	Society 5.0 における Wellness の壁を越える研究領域の推進	更新
40	”守護天使チーム”による究極の個別化医療と見守り社会の実現	更新

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
24	「いのち彩る医療」を実現するバイオマテリアル界面科学の構築	
25	健康・幸福寿命の延伸に資するスマート歯科医学・歯科医療の実現	
26	グライコームを起点とする生命科学ビッグバン	
27	健康寿命延伸・QOL 向上のための ICT 人工臓器研究開発の進展	
28	霊長類研究拠点	
29	デジタルツインによる創薬と医療のパラダイムシフト	
30	高深度トランスオミクスアプローチに基づく革新的医学研究	
31	生命科学クロスオーバー研究旗艦拠点の設立計画	
32	社会を支える生命医科学データ基盤の確立	
33	生体－人工物の融合を通じて高い QOL を実現する持続可能な社会・生態系のための革新的生体医工学の創成	
34	相互支援による地域共生社会の成熟・深化に向けたケアサイエンス研究ネットワーク拠点	
35	ワンヘルスの実現に向けた生命科学研究のサステナブル循環システムの構築	
36	患者主体的医療体制の実現とそれを支えるヘルスリテラシー教育体制を構築	
37	One Medicine による創薬・先端医療研究の革新と Sharing Medicine の実現	
38	脳型重層研究網と個別化医療システム網による統合知が導く多様な個の脳・こころと環境のウェルビーイングが共存する「和の社会」構想	
39	Society 5.0 における Wellness の壁を越える研究領域の推進	
40	“守護天使チーム”による究極の個別化医療と見守り社会の実現	

41	グローバル・エイジング下での持続可能な制度設計を目的とした産・官・学の協働・協創による次世代型データ整備事業	更新
42	「脳」宇宙解明のための国際拠点・「脳」天文台の整備	更新
43	マイクロコスモスに挑む生命シミュレータの創成	更新
44	高精細微生物利用・制御イノベーションの革新	新規
45	疾患概念の社会的結合と確率的理解を基盤とした新しい健康研究戦略	新規

41	グローバル・エイジング下での持続可能な制度設計を目的とした産・官・学の協働・協創による次世代型データ整備事業	
		GV 変更
		GV 変更

⑥ ビッグデータ駆動による生命科学の新たな発展

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
25	健康・幸福寿命の延伸に資するスマート歯科医学・歯科医療の実現（再掲）	更新
32	社会を支える生命医科学統合データ基盤の確立（再掲）	更新
36	患者主体的医療体制の実現とそれを支えるヘルスリテラシー教育体制を構築（再掲）	更新
43	マイクロコスモスに挑む生命シミュレータの創成（再掲）	更新
46	生態学と人文社会科学の学際融合研究に基づく日本初の観光戦略のアジアングリーンベルトへの展開と科学立国による国力強化	更新
47	諸学術分野に必要な大学院統計学教育システム研究開発を支援する中核機関および大学院のネットワーク型連携活動を通じた日本の大学院教育研究能力の高度化	更新
48	国立沖縄自然史博物館の設立—自然史科学の推進による自然の解明は人類の持続可能性へ貢献する—	更新
49	身心一体科学でつなぐウェルビーイング科学～実践的研究—教育可視化ネットワーク拠点	更新
50	染色体ラボを拠点とした生命科学分野における教育および研究力の高度化の実現へ向けて	更新

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
		GV 変更
		GV 変更
36	患者主体的医療体制の実現とそれを支えるヘルスリテラシー教育体制を構築（再掲）	
		GV 変更
42	生態学・生物多様性科学と人文社会科学の研究に基づいた日本の観光立国戦略	
43	諸学術分野に必要な大学院統計学教育システム研究開発を支援する中核機関および大学院のネットワーク型連携活動を通じた日本の大学院教育研究能力の高度化	
44	国立沖縄自然史博物館の設立—自然史科学の推進による自然の解明は人類の持続可能性へ貢献する—	
45	身心一体科学でつなぐウェルビーイング科学～実践的研究—教育可視化ネットワーク拠点	
46	染色体ラボを拠点とした生命科学分野における教育および研究力の高度化の実現へ向けて	

⑦ ヒトの知性を知る、創る、活かすための学術の創生

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
1	先端的言語理論研究拠点（再掲）	更新
8	ヒトを理解する「知」を総合した霊長類学（再掲）	更新
28	霊長類研究拠点（再掲）	更新
38	脳天文台を中核とする脳型重層研究・バンク網が導く多様な個の脳・こころと環境のウェルビーイングが共存する「和の社会」構想（再掲）	更新
42	「脳」宇宙解明のための国際拠点・「脳」天文台の整備（再掲）	更新
51	心の科学を羅針盤とした未来社会像の構築	更新
52	アディクション学の創成および発展	更新
53	心理科学総合研究所構想	更新
54	脳科学と AI による芸術創造力の理解	更新
55	人の生体機能の理解と知能の拡張を基盤とした「人工頭脳学」の創成	新規

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
1	先端的言語理論研究拠点（再掲）	
9	ヒトを理解する「知」を総合した霊長類学（再掲）	
28	霊長類研究拠点（再掲）	
38	脳型重層研究網と個別化医療システム網による統合知が導く多様な個の脳・こころと環境のウェルビーイングが共存する「和の社会」構想（再掲）	
50	「脳」宇宙解明のための国際拠点・「脳」天文台の整備	GV 変更
47	心の科学を羅針盤とした未来社会像の構築	
48	アディクション学の創成および発展	
49	心理科学総合研究所構想	
51	脳科学と AI による芸術創造力の理解	
52	超霊長類脳コネクトーム解明のクラウド研究連合の創成	削除

⑧ 超スマート社会における人の能力拡張と AI との共生

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
54	脳科学と AI による芸術創造力の理解（再掲）	更新
56	創発共進化計算知能プラットフォーム	更新
57	各科学分野間の持続的共創をもたらす先進的な情報処理技術開発のための国産 AI 情報基盤の構築	更新
58	情報環境との相互作用で生ずる行為や感情の正負・強弱原理の解明に基づいた人の内在的強靱性を高める機構の実現	更新
59	生命・芸術・社会科学と調和する豊かな社会のための新しい音響科学	更新
60	全ての人が対等で人間性豊かなコミュニケーションができる非言語情報通信基盤の構築	更新

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
51	脳科学と AI による芸術創造力の理解（再掲）	
53	創発共進化計算知能プラットフォーム	
54	各科学分野間の持続的共創をもたらす先進的な情報処理技術開発のための国産 AI 情報基盤の構築	
55	情報環境との相互作用で生ずる行為や感情の正負・強弱原理の解明に基づいた人の内在的強靱性を高める機構の実現	
56	生命・芸術・社会科学と調和する豊かな社会のための新しい音響科学	
57	全ての人が対等で人間性豊かなコミュニケーションができる非言語情報通信基盤の構築	

61	人の能力を拡張・強化し、持続可能な生存を実現する生存情報学研究構想	更新
62	人文知を基盤とした AI 技術の応用による真の無障壁社会の実現	更新
63	どこでも AI メタバースによる Society 5.5 の現出	更新
64	AI/人間共存社会における新しいコミュニケーションパラダイムの実現	更新

58	人の能力を拡張・強化し、持続可能な生存を実現する生存情報学研究構想	
59	人文知を基盤とした AI 技術の応用による真の無障壁社会の実現	
60	どこでも AI メタバースによる Society 5.5 の現出	
61	AI/人間共存社会における新しいコミュニケーションパラダイムの実現	

⑨ サイバー空間の構築・活用による価値創造

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
29	デジタルツインによる創薬と医療のパラダイムシフト（再掲）	更新
35	ワンヘルスの実現に向けた生命科学研究のサステナブル循環システムの構築（再掲）	更新
65	Society 5.0 において国民の安全・安心を確保しイノベーション・価値創造を加速するソフトウェアエコシステムの革新的基盤技術	更新
66	人・社会の不確かさ・複雑さを含めた拡張デジタルツイン構築と計算情報科学基盤創成	更新
67	フィジカル空間とサイバー空間を融合した“未来を見る望遠鏡”	更新
68	地球型惑星のデジタルツイン	更新
69	データ駆動型社会に向けた力学基盤の強化による社会的・産業的課題解決への貢献	更新
70	未来エネルギー技術予測とそれに基づいたメタバース及び実空間での未来エネルギーモデル都市構築	更新
71	統合的リスク情報システム科学の確立と社会実装を加速するネットワーク型研究	更新
72	人-AI 共創メタバース	更新
73	総合知をデジタルスレッドでつなぐ持続可能な次世代海上輸送ネットワークの構築	新規

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
29	デジタルツインによる創薬と医療のパラダイムシフト（再掲）	
35	ワンヘルスの実現に向けた生命科学研究のサステナブル循環システムの構築（再掲）	
62	Society 5.0 において国民の安全・安心を確保しイノベーション・価値創造を加速するソフトウェアエコシステムの革新的基盤技術	
63	人・社会の不確かさ・複雑さを含めた拡張デジタルツイン構築と計算情報科学基盤創成	
64	シミュレーション・XR を用いたサイバー空間とフィジカル空間の融合による人と人工知能の相補的アプローチに基づく究極のクリーンエネルギー創出	
65	地球型惑星のデジタルツイン	
66	データ駆動型社会に向けた力学基盤の強化による社会的・産業的課題解決への貢献	
67	未来エネルギー技術予測とそれに基づいたメタバース及び実空間での未来エネルギーモデル都市構築	
68	統合的リスク情報システム科学の確立と社会実装を加速するネットワーク型研究基盤構築	
69	現実世界とメタバースとを統合内包する島宇宙群、メタ・メタバースの実現	

74	高度情報処理基盤構築のための光・量子非ノイマン型計算機を用いたアナログツインコンピューティング技術の創出	新規
----	--	----

⑩ データ基盤と利活用による学界の再構築

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
25	健康・幸福寿命の延伸に資するスマート歯科医学・歯科医療の実現（再掲）	更新
32	社会を支える生命医科学統合データ基盤の確立（再掲）	更新
41	グローバル・エイジング下での持続可能な制度設計を目的とした産・官・学の協働・協創による次世代型データ整備事業（再掲）	更新
43	マイクロコスモスに挑む生命シミュレータの創成（再掲）	更新
47	諸学術分野に必要な大学院統計学教育システム研究開発を支援する中核機関および大学院のネットワーク型連携活動を通じた日本の大学院教育研究能力の高度化（再掲）	更新
75	「宇宙・地球研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築」	更新
76	公共学術史の確立と、そのための装置整備	更新
77	異分野・社会との連携のための共通言語「データサイエンス」の学際的な研究・教育拠点の形成	更新
78	データ駆動による課題解決型人文学の創成	更新
79	参加型人文学資料保全研究プロジェクト	更新
80	証拠に基づく政策形成研究を加速するわが国公的マイクロデータ等研究利活用の全国ネットワーク環境整備	更新
81	空間データの利活用を通じた地域の課題解決に関する政策支援システムの構築	更新
82	ビッグデータ可視化を中核とした、情報科学と文化・芸術科学の文理融合	更新
83	教育・学習ビッグデータ駆動型教育による学習変革（LX: Learning Transformation）の推進拠点の形成	更新
84	地理空間情報の蓄積と活用 のための研究基盤形成	更新

--	--	--

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
17	グローバル・ヒストリーのための非英語史料編纂所の設立（再掲）	削除
		GV 変更
32	社会を支える生命医科学データ基盤の確立（再掲）	
41	グローバル・エイジング下での持続可能な制度設計を目的とした産・官・学の協働・協創による次世代型データ整備事業（再掲）	
78	マイクロコスモスに挑む生命シミュレータの創成	GV 変更
43	諸学術分野に必要な大学院統計学教育システム研究開発を支援する中核機関および大学院のネットワーク型連携活動を通じた日本の大学院教育研究能力の高度化（再掲）	
70	宇宙・地球研究資料のアーカイブ化とキュレーションシステムの構築	
71	公共学術史の確立と、そのための装置整備	
72	異分野・社会との連携のための共通言語「データサイエンス」の学際的な研究・教育拠点の形成	
73	データ駆動による課題解決型人文学の創成	
74	参加型人文学資料保全研究プロジェクト	
75	証拠に基づく政策形成研究を加速するわが国公的マイクロデータ等研究利活用の全国ネットワーク環境整備	
76	空間データの利活用を通じた地域の課題解決に関する政策支援システムの構築	
77	ビッグデータ可視化を中核とした、情報科学と文化・芸術科学の文理融合	
79	教育・学習ビッグデータ駆動型教育による学習変革（LX: Learning Transformation）の推進拠点の形成	
80	地理空間情報の蓄積と活用 のための研究基盤形成	

85	ビッグデータから科学的知見を獲得する分野横断的視考基盤の開発	更新
86	データ基盤から知識基盤へ	更新
87	薬用遺伝資源の持続可能な利用のための情報データの系統的統合・集積と利用	更新
88	物理ベースサロゲートモデルによる市民参加型 EBPM の実現と環境政策革新に向けた中長期研究戦略	更新
89	計算社会科学研究のための大規模データベース・データ解析・シミュレーション拠点の形成	更新

81	ビッグデータから科学的知見を獲得する分野横断的視考基盤の開発	
82	データ基盤から知識基盤へ	
83	薬用遺伝資源の持続可能な利用のための情報データの系統的統合・集積と利用	
84	物理ベースサロゲートモデルの構築と政策策定への適用	
85	計算社会科学研究のための大規模データベース・データ解析・シミュレーション拠点の形成	

⑪ 数学・数理科学・量子情報科学が切り拓く未来社会

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
77	異分野・社会との連携のための共通言語「データサイエンス」の学際的な研究・教育拠点の形成（再掲）	更新
80	証拠に基づく政策形成研究を加速するわが国公的マイクロデータ等研究利活用の全国ネットワーク環境整備（再掲）	更新
90	スピントロニクス・量子情報学術研究基盤と連携ネットワーク	更新
91	数学・数理科学を横串とした総合知学術研究拠点	更新
92	革新的アルゴリズムおよび最適化基盤 ―社会実装体制の構築―	更新
93	量子情報科学	更新
94	世界を牽引する数学・数理科学の深化・創造と新たな科学技術イノベーションへの展開	更新
95	訪問滞在型研究の確立による数理科学の振興と社会共創	更新
96	光行列演算装置の開発	更新
97	分野横断学術基盤としてのマス・フォア・インダストリの確立と社会基盤としての数学連携プラットフォームの構築	更新
98	文理芸の融合研究	更新
99	数学・数理科学を基盤とする AI-VR-3D 造形の統合研究拠点の創成	更新

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
72	異分野・社会との連携のための共通言語「データサイエンス」の学際的な研究・教育拠点の形成（再掲）	
75	証拠に基づく政策形成研究を加速するわが国公的マイクロデータ等研究利活用の全国ネットワーク環境整備（再掲）	
86	スピントロニクス・量子情報学術研究基盤と連携ネットワーク	
87	数学・数理科学を横串とした総合知学術研究拠点	
88	革新的アルゴリズムおよび最適化基盤 ―社会実装体制の構築―	
89	量子情報科学	
90	世界を牽引する数学・数理科学の深化・創造と新たな科学技術イノベーションへの展開	
91	訪問滞在型研究の確立による数理科学の振興と社会共創	
92	光行列演算装置の開発	
93	数理科学と社会科学に基づいた分野横断的な先進的自然災害予測・評価による防災・復興の実現と国際社会への発信	削除
94	分野横断学術基盤としてのマス・フォア・インダストリの確立と社会基盤としての数学連携プラットフォームの構築	
95	文理芸の融合研究	
96	数学・数理科学を基盤とする AI-VR-3 造形の統合研究拠点の創成	

100	ソフトウェア検証, 高信頼 AI 技術および形式化された数学の確立	新規
-----	-----------------------------------	----

--	--	--

⑫ 観測技術革新による地球システムの理解と地球変動予測への展開

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
68	地球型惑星のデジタルツイン（再掲）	更新
101	地球惑星科学・諸科学・社会とのミュオグラフィ連携研究基盤構築	更新
102	太陽地球系結合過程の研究基盤形成	更新
103	震源近傍観測・破壊再現実験による沈み込み帯プレート地震メカニズム研究の新展開 - 「次の次の」南海トラフ巨大地震予測に向けて	更新
104	ジオミクス創成：網羅的分子解析のための革新的分析技術開発による宇宙、地球、生命科学	更新
105	地球表層システム変動の解明に向けた地殻～マンタルのフロンティア科学の実践	更新
106	革新的の高圧技術に基づく地球深部物質科学と材料科学の新たな学際融合分野の創成	更新
107	機動的観測の展開による南極域の環境変動の解明と全球への影響評価	更新
108	有人・無人航空機による気候・地球システム科学研究の推進	更新
109	深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化	更新
110	地球ニュートリノ観測が切り拓く新しい地球未来像	更新
111	衛星全球地球観測による気候・地球システム科学研究の推進	更新
112	海洋ロボティクスの革新による海洋状況把握と深海研究の推進	新規
113	北極域で急速に進行する温暖化と環境変化の監視・解明・影響評価	新規

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
65	地球型惑星のデジタルツイン（再掲）	
97	地球惑星科学・諸科学・社会とのミュオグラフィ連携研究基盤構築	
98	太陽地球系結合過程の研究基盤形成	
99	震源近傍観測・破壊再現実験による沈み込み帯プレート地震メカニズム研究の新展開 - 「次の次の」南海トラフ巨大地震予測に向けて-	
100	ジオミクス創成：網羅的分子解析のための革新的分析技術開発による宇宙、地球、生命科学	
101	地球表層システム変動の解明に向けた地殻～マンタルのフロンティア科学の実践	
102	革新的の高圧技術に基づく地球深部物質科学と材料科学の新たな学際融合分野の創成	
103	機動的観測の展開による南極域の環境変動の解明と全球への影響評価	
104	有人・無人航空機による気候・地球システム科学研究の推進	
105	深海アルゴフロートの全球展開による気候・生態系変動予測の高精度化	
106	地球ニュートリノ観測が切り拓く新しい地球未来像	
107	衛星全球地球観測による気候・地球システム科学研究の推進	

⑬ 地球規模の環境危機にレジリエントな持続的社会的構築

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
17	データ駆動型持続的森林経営システムの構築に向けた学術研究の展開（再掲）	更新
18	100 億の人類に食をもたす作物や地球環境保全の主役となる樹木の創出（再掲）	更新
20	顧みられない未利用種（NUS）の遺伝的改良に基づく持続可能な agro-ecosystem の確立（再掲）	更新
21	変わりゆく地球環境と調和した持続可能な食料システムの構築のための学術振興（再掲）	更新
22	未来の循環型社会を支える社会基盤としての「生命の樹」の重点的拡充（再掲）	新規
23	地球環境と調和的な社会の実現に必要な生物圏機能の活用法の開拓（再掲）	新規
48	国立沖縄自然史博物館の設立—自然史科学の推進による自然の解明は人類の持続可能性へ貢献する—（再掲）	更新
87	薬用遺伝資源の持続可能な利用のための情報データの系統的統合・集積と利用（再掲）	更新
114	マルチハザード都市防災学の創出と実践	更新
115	レジリエントな未来を拓く超学際流域圏マネジメント学の創成	更新
116	建築分野の複合災害対応、ストック活用、ネットゼロ達成に関する研究	更新
117	持続可能な地球社会像の構築	更新
118	地球の環境事変にレジリエントな地域形成に向けた戦略構築	更新
119	水環境における物質循環と生態系の完全理解に基づいた持続可能社会の確立を目指した超分野融合学術体系の構築	更新
120	カーボンニュートラルと資源循環を達成するプロセス・プロセスシステム学の構築	更新

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
19	データ駆動型持続的森林経営システムの構築に向けた学術研究の展開（再掲）	
20	100 億の人類に食をもたす作物や地球環境保全の主役となる樹木の創出（再掲）	
22	顧みられない未利用種（NUS）の遺伝的改良に基づく持続可能な agro-ecosystem の確立（再掲）	
23	変わりゆく地球環境と調和した持続可能な食料システムの構築のための学術振興（再掲）	
44	国立沖縄自然史博物館の設立—自然史科学の推進による自然の解明は人類の持続可能性へ貢献する—（再掲）	
		GV 変更
93	数理科学と社会科学に基づいた分野横断的な先進的自然災害予測・評価による防災・復興の実現と国際社会への発信（再掲）	削除
108	マルチハザード都市防災学の創出と実践	
109	レジリエントな未来を拓く超学際流域圏マネジメント学の創成	
110	建築分野の複合災害対応、ネットゼロ達成、ストック活用に関する研究	
111	持続可能な地球社会像の構築	
112	地球の環境事変にレジリエントな地域形成に向けた戦略構築	
113	水環境における物質循環と生態系の完全理解に基づいた持続可能社会の確立を目指した超分野融合学術体系の構築	
		GV 変更

121	深海炭素貯留の技術的実現可能性と社会的妥当性の学際評価	新規
122	水素科学（ハイドロジェノミクス）の社会貢献	新規
123	循環としなやかさで人と社会のウェルビーイングを紡ぐサステナブル繊維イノベーション ～物質科学と社会的価値の統合による新しい繊維科学のパラダイム～	新規

⑭ エネルギーと環境の両立的課題解決

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
124	カーボンニュートラル・サーキュラー社会の熱利用を支える基盤研究	更新
125	水素社会に対応するゼロエミッション航空機の研究開発	更新
126	プラズマ物理の学際的展開—集団現象の理解に向けて—	更新
127	SDGs の達成に資する電波資源の科学・商業・公共利用におけるレギュラトリーサイエンスに基づくハーモナイゼーション	更新
128	低温プラズマの学術とイノベーション推進のための研究戦略	更新
129	物性科学連携研究体～エネルギー技術革新を通じて 22 世紀の理想社会実現の 基盤形成に貢献する研究ネットワーク・オブ・ネットワークス～	更新
130	インターネット型エネルギープラットフォームに基づくレジリエントな自立分散型エネルギー社会を実現するレギュレーション確立に向けた文理融合研究の推進	更新
131	持続的なイノベーションに資するオープンな原子力研究基盤の創造	更新
132	2050 年以降への持続的カーボンニュートラル社会を実現する低温工学および超電導工学体系の創出	更新
133	表面科学と真空技術のシナジー効果による次世代科学技術の推進	更新

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
114	カーボンニュートラル・サーキュラー社会の熱利用を支える基盤研究	
115	水素社会に対応するゼロエミッション航空機の研究開発	
116	プラズマ物理の学際的展開—集団現象の理解に向けて—	
117	SDGs の達成に資する電波資源の科学・商業・公共利用におけるレギュラトリーサイエンスに基づくハーモナイゼーション	
118	低温プラズマの学術とイノベーション推進のための研究戦略	
119	物性科学連携研究体～エネルギー技術革新を通じて 22 世紀の理想社会実現の基盤形成に貢献する研究ネットワーク・オブ・ネットワークス～	
120	インターネット型エネルギープラットフォームに基づくレジリエントな自立分散型エネルギー社会を実現するレギュレーション確立に向けた文理融合研究の推進	
121	総合知としての核融合エネルギー学の創出	削除
122	オープンな原子力研究基盤による持続的かつ超学際的なイノベーションの促進	
123	2050 年以降への持続的カーボンニュートラル社会を実現する低温工学および超電導工学体系の創出	
124	表面科学と真空技術のシナジー効果による次世代科学技術の推進	

134	超高圧電子顕微鏡を基軸とした革新的計測分野の創出 ～産業課題解決を志向した本邦だけが成し得るオペランド・三次元ナノ観察技術開発	更新
135	複合原子力科学の深化と融合研究拠点の強化 ―新試験研究炉に資する学術基盤の構築―	新規

125	超高圧電子顕微鏡を基軸とした革新的計測分野の創出 ～産業課題解決を志向した本邦だけが成し得るオペランド・三次元ナノ観察技術開発	

⑮ 持続可能社会に資する革新的な物質・材料の開拓

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
122	水素科学（ハイドロジェノミクス）の社会貢献（再掲）	新規
123	循環としなやかさで人と社会のウェルビーイングを紡ぐサステナブル繊維イノベーション ～物質科学と社会的価値の統合による新しい繊維科学のパラダイム～（再掲）	新規
136	材料科学・工学アライアンスに基づくクローズドループリサイクル材料開発戦略	更新
137	世界をリードする粉末焼結法の革新的創成技術開発～外場焼結、積層造形、焼結理論、超硬合金、焼結磁石の研究とSDGs（リサイクル等）への波及	更新
138	持続可能な地球環境と社会幸福に貢献する新高分子フロンティア	更新
139	オールバンド光電子融合分野の開拓	更新
140	元素戦略 2.0：融合的元素活用と元素循環	更新
141	資源循環と環境負荷低減の両立のためのサーキュラーエコノミー研究戦略	更新
142	未踏強磁場科学による物質材料研究の飛躍	更新
143	持続可能な社会基盤構築に繋がる重元素研究の推進	更新
144	0→1 の発見を 1→100 の生産につなげる実用プロセス開発・イノベーション拠点	新規

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
126	材料科学・工学アライアンスに基づくクローズドループリサイクル材料開発戦略	
127	世界をリードする粉末焼結法の革新的創成技術開発～外場焼結、積層造形、焼結理論、超硬合金、焼結磁石の研究とSDGs（リサイクル等）への波及	
128	持続可能な地球環境と社会幸福に貢献する新高分子フロンティア	
129	オールバンド光電子融合分野の開拓	
130	元素戦略 2.0：融合的元素活用と元素循環	
131	資源循環と環境負荷低減の両立のためのサーキュラーエコノミー研究戦略	
132	未踏強磁場科学による物質材料研究の飛躍	
133	持続可能な社会基盤構築に繋がる重元素研究の推進	
134	カーボンニュートラルと資源循環を達成するプロセス・プロセスシステム学の構築	GV 変更

⑩ 量子ビームを用いた極限世界の解明と人類社会への貢献

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
143	持続可能な社会基盤構築に繋がる重元素研究の推進（再掲）	更新
145	複雑・不均一系の分子ダイナミクスに挑む量子光科学拠点の構築	更新
146	J-PARC での高強度重イオンビームによる超高密度物質の研究	更新
147	MLF 第 2 ターゲットステーション：中性子・ミュオン科学の新たな展開	更新
148	量子ビーム施設統合マルチプローブ学術研究基盤	更新
149	超伝導加速器研究拠点	更新
150	新学術分野の創成と社会課題の解決を実現する先端放射光科学	更新
151	大強度低速陽電子ビームによる物性科学・基礎科学の革新的展開	更新
152	世界を先導できる大型パワーレーザー施設による国際中核拠点の構築	更新
153	高エネルギー大強度陽子ビームが拓く核子エンジニアリング社会	更新
154	21 世紀の量子プローブ「ミュオン」を用いた学際科学の新展開	更新
155	紫外線域の高輝度小型放射光源を基盤とする国際研究・人材育成拠点の形成と動的局所構造解析による量子物質科学・量子生命科学の推進	更新
156	中性子ビーム利用の中長期研究戦略	更新
157	アト秒レーザー科学研究施設（ALFA）	更新
158	大強度高品質ミュオン粒子ビームによる宇宙の起源の解明と新しい科学分野の開拓	更新
159	大強度重イオンビームが先導する量子科学フロンティア	新規
160	研究用原子炉による中性子科学が切り拓く未来	新規

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
133	持続可能な社会基盤構築に繋がる重元素研究の推進（再掲）	
135	複雑・不均一系の分子ダイナミクスに挑む量子光科学拠点の構築	
136	J-PARC での高強度重イオンビームによる超高密度物質の研究	
137	MLF 第 2 ターゲットステーション：中性子・ミュオン科学の新たな展開	
138	量子ビーム施設統合マルチプローブ学術研究基盤	
139	超伝導加速器研究拠点	
140	新学術分野の創成と社会課題の解決を実現する先端放射光科学	
141	大強度低速陽電子ビームによる物性科学・基礎科学の革新的展開	
142	世界を先導できる大型パワーレーザー施設による国際中核拠点の構築	
143	高エネルギー大強度陽子ビームが拓く核子エンジニアリング社会	
144	21 世紀の量子プローブ「ミュオン」を用いた学際科学の新展開	
145	紫外線域の高輝度小型放射光源を基盤とする国際研究・人材育成拠点の形成と動的局所構造解析による量子物質科学・量子生命科学の推進	
146	中性子ビーム利用の中長期研究戦略	
147	アト秒レーザー科学研究施設（ALFA）	
148	大強度高品質ミュオン粒子ビームによる宇宙の起源の解明と新しい科学分野の開拓	

⑪ 太陽系探査の推進と人類のフロンティア拡大

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
161	国際宇宙探査と連携した戦略的火星探査	更新
162	惑星探査コンソーシアム	更新
163	次期太陽観測衛星計画：SOLAR-C(高感度太陽紫外線分光観測衛星)	更新
164	長期有人宇宙活動を支える宇宙生命科学研究の基盤整備	更新
165	人類のフロンティア拡大を牽引するシームレスな宇宙輸送ネットワークの実現	更新
166	太陽 X 線・ガンマ線観測衛星 PhoENiX	更新
167	月での持続可能な社会の構築を目指した「アカデミック・ハブ」構想による分野横断的な学術の振興	更新
168	人類の宇宙圏進出を支える「宇宙人間学：アストロ・ヒューマニクス」の創出	新規

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
149	国際宇宙探査と連携した戦略的火星探査	
150	惑星探査コンソーシアム	
151	次期太陽観測衛星計画：SOLAR-C(高感度太陽紫外線分光観測衛星)	
152	長期有人宇宙活動を支える宇宙生命科学研究の基盤整備	
153	人類のフロンティア拡大を牽引するシームレスな宇宙輸送ネットワークの実現	
154	太陽 X 線・ガンマ線観測衛星 PhoENiX	
155	月での持続可能な社会の構築を目指した「アカデミック・ハブ」構想による分野横断的な学術の振興	

⑫ 宇宙における天体と生命の誕生・共進化の解明

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
169	宇宙望遠鏡 JASMINE による近赤外時系列位置・測光天文学で拓く天の川銀河と系外惑星の探究	更新
170	惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画 (LAPYUTA)	更新
171	国際電波望遠鏡計画 SKAO による現代天文学の開拓	更新
172	惑星間宇宙望遠鏡による新時代のダストフリー天文学の創成	更新
173	CTA 国際宇宙ガンマ線天文台	更新
174	30m光学赤外線望遠鏡 TMT による天文学・宇宙物理学の革新と太陽系外惑星における生命の探求	更新
175	南天における PeV 領域ガンマ線広視野連続観測 (Mega ALPACA)	更新
176	NASA 6m 紫外線可視近赤外線望遠鏡 Habitable Worlds Observatory への参加	更新

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
156	宇宙望遠鏡 JASMINE による近赤外時系列位置・測光天文学で拓く天の川銀河と系外惑星の探究	
157	惑星科学、生命圏科学、および天文学に向けた紫外線宇宙望遠鏡計画 (LAPYUTA)	
158	国際電波望遠鏡計画 SKA1 による現代天文学の開拓	
159	惑星間宇宙望遠鏡による新時代のダストフリー天文学の創成	
160	CTA 国際宇宙ガンマ線天文台	
161	30m光学赤外線望遠鏡 TMT による天文学・宇宙物理学の革新と太陽系外惑星における生命の探求	
162	南天における PeV 領域ガンマ線広視野連続観測 (Mega ALPACA)	
163	NASA 6m 紫外線可視近赤外線望遠鏡 Habitable Worlds Observatory への参加	

177	多波長・マルチメッセンジャー観測による初期宇宙探査・極限時空探査	更新
178	南極テラヘルツ望遠鏡による南極天文学の開拓と銀河進化の解明及び宇宙論パラメータの決定	更新
179	極高エネルギー宇宙線国際共同観測実験(Global Cosmic Ray Observatory, GCOS)による次世代天文学の開拓と極限宇宙物理現象の解明	更新
180	赤外線観測用冷却宇宙望遠鏡で革新する銀河と惑星の起源の研究	更新
181	次世代大型電波干渉計 ngVLA でもたらず宇宙史と生命の理解の新機軸	更新
182	大型サブミリ波望遠鏡 LST 計画の実現に基づくサブミリ波帯多次元掃天天文学の創出	更新
183	IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台によるニュートリノ天文学の長期的展開	更新
184	冷却宇宙望遠鏡 PRIMA による赤外線天文学の革新	新規

164	POEMMA 超高エネルギー粒子(ν ・宇宙線)の衛星軌道からのステレオ観測	削除
165	多波長・マルチメッセンジャー観測による初期宇宙探査・極限時空探査	
166	南極テラヘルツ望遠鏡による南極天文学の開拓と銀河進化の解明及び宇宙論パラメータの決定	
167	極高エネルギー宇宙線国際共同観測実験(Global Cosmic ray Observatory, GCOS)による次世代天文学の開拓と極限宇宙物理現象の解明	
168	赤外線観測用冷却宇宙望遠鏡で革新する銀河と惑星の起源の研究	
169	大型国際 X 線天文台 Athena への日本の参加	削除
170	広帯域 X 線高感度撮像分光衛星 FORCE	削除
171	次世代大型電波干渉計 ngVLA でもたらず宇宙史と生命の理解の新機軸	
172	大型サブミリ波望遠鏡 LST 計画の実現に基づくサブミリ波帯多次元掃天天文学の創出	
		GV 変更

①9 自然界の基本法則と宇宙・物質の起源の探求

未来の学術振興構想（2026 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	区分
146	J-PARC での高強度重イオンビームによる超高密度物質の研究（再掲）	更新
158	大強度高品質ミュー粒子ビームによる宇宙の起源の解明と新しい科学分野の開拓（再掲）	更新
183	IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台によるニュートリノ天文学の長期的展開（再掲）	更新
185	高エネルギー加速器による素粒子原子核物理学の研究	更新
186	チリ・アタカマ高地からの CMB 観測 - Simons Observatory および次世代望遠鏡群	更新

未来の学術振興構想（2023 年版）		
No.	学術の中長期研究戦略の名称	改訂後
136	J-PARC での高強度重イオンビームによる超高密度物質の研究（再掲）	
148	大強度高品質ミュー粒子ビームによる宇宙の起源の解明と新しい科学分野の開拓（再掲）	
173	IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台によるニュートリノ天文学の長期的展開	GV 変更
174	高エネルギー加速器による素粒子原子核物理学の研究	
175	チリ・アタカマ高地からの CMB 観測 - Simons Observatory および次世代望遠鏡群	

187	ハドロン衝突型加速器におけるビーム軸方向での素粒子研究の開拓	更新
188	大型液体キセノンを用いた宇宙暗黒物質直接検出実験 (XLZD 実験計画の推進)	更新
189	カムランド高性能化による極低放射能環境でのニュートリノ研究	更新
190	国際高エネルギー量子科学フロンティア：海外施設で展開する QCD 研究	更新
191	基礎科学と量子技術の協働で開拓する量子と重力の未踏領域	更新
192	大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験 (ハイパーカミオカンデ計画の推進)	更新
193	宇宙の起源と根本法則を探る	更新
194	大型低温重力波望遠鏡 KAGRA 計画 (略称:KAGRA)	更新
195	宇宙重力波望遠鏡 B-DECIGO による天文学・宇宙物理学の新展開	更新
196	EIC 実験による物質階層構造の起源探究：クォーク・グルーオンから核子・原子核へ	新規
197	LHC 加速器・高エネルギー原子核衝突実験 ALICE で拓く宇宙初期物質 QGP 生成とハドロン化機構の解明	新規

176	素粒子標準模型を超える新物理に向けた FASER 実験と FPF 計画の推進	
177	大型液体キセノンを用いた宇宙暗黒物質直接検出実験 (DARWIN/XLZD 実験計画の推進)	
178	カムランド高性能化による極低放射能環境でのニュートリノ研究	
179	国際高エネルギー量子科学フロンティア：海外施設で展開する QCD 研究	
180	基礎科学と量子技術の協働で開拓する量子と重力の未踏領域	
181	大型先端検出器による核子崩壊・ニュートリノ振動実験 (ハイパーカミオカンデ計画の推進)	
182	LiteBIRD — 熱いビッグバン以前の宇宙を探索する宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星	
183	大型低温重力波望遠鏡 KAGRA 計画 (略称:KAGRA)	
184	宇宙重力波望遠鏡 B-DECIGO による天文学・宇宙物理学の新展開	