



## 【理学・工学関連分野】

# 自然の探求と技術革新による 未来社会の基盤形成

第26期日本学術会議 連携会員  
理学・工学ワーキンググループ 座長  
田近 英一（東京大学）

座長	田近 英一	地球惑星科学	第三部会員
幹事	塩見 淳一郎	総合工学, 機械工学	連携会員
幹事	須藤 靖	物理学	連携会員
	川嶋 四郎	法学, 心理学・教育学	第一部会員
	高山 弘太郎	食料科学, 農学	第二部会員
	仁科 弘重	農学, 食料科学	第二部会員
	伊藤 由佳理	数理科学	第三部会員
	乾 晴行	材料工学	第三部会員
	大橋 弘美	電気電子工学, 総合工学	第三部会員
	君塚 信夫	化学	第三部会員
	高田 広章	情報学	第三部会員
	谷口 倫一郎	情報学	第三部会員
	西原 寛	化学	第三部会員
	春山 成子	地球惑星科学, 地域研究	第三部会員
	宮崎 恵子	総合工学, 機械工学	第三部会員
	山崎 典子	物理学	第三部会員
	飯嶋 徹	物理学	連携会員
	小林 潔司	土木工学・建築学	連携会員
	田島 節子	物理学	連携会員
	町村 敬志	社会学	連携会員

# 「学術の中長期研究戦略」の提案件数

分野	提案件数
人文・社会科学	9
生命科学	17
<b>理学・工学</b>	<b>78</b>
分野融合	90
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	12
3分野すべて	58
合計	194

# 理学・工学関連のグランドビジョン

- グランドビジョン⑪: 数学・数理科学・量子情報科学が切り拓く未来社会 (13)
- グランドビジョン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 (12)
- グランドビジョン⑮: 持続可能社会に資する革新的な物質・材料の開拓 (9)
- グランドビジョン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 (15)
- グランドビジョン⑰: 太陽系探査の推進と人類のフロンティア拡大 (7)
- グランドビジョン⑱: 宇宙における天体と生命の誕生・共進化の解明 (17)
- グランドビジョン⑲: 自然界の基本法則と宇宙・物質の起源の探求 (14)

※ ( )内の数字は「学術の中長期計画戦略」の件数

合計 7つの「グランドビジョン」、87件の「学術の中長期計画戦略」

# 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

■ **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。我が国の数学・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。

# ⑪ 数学・数理科学・量子情報科学が切り拓く未来社会

■ **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旨とする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維持、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、時代や国際的状況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。

# ⑪ 数学・数理科学・量子情報科学が切り拓く未来社会



未来社会における量子技術によって創出される価値（量子技術活用イメージ）



数学、数理科学、量子情報科学が切り拓く未来社会



図：数学・数理科学・量子情報科学が切り拓く未来社会（内閣府資料6を基に、本提言にて独自に作成）

# ⑪ 数学・数理科学・量子情報科学が切り拓く未来社会

No.	学術の中長期研究戦略の名称
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
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

## 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、地球の内部から大気・海洋・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

■ **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。理解を深めるには、まず、多様な観測データやそれらの分析が必須であり、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、海洋、大気、そして磁気圏や地球近傍の宇宙を含み、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。

## 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

■ **中長期の学術構想：** 上記目標を実現していくために、例えば、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、砕氷船等を充実させることによって、大気中の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、海洋・陸域・大気までの高精度な観測・広域の情報収集等により、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、我が国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。このアプローチは、他の惑星のデジタルツイン構築にも活かし得る。これらの成果を発信し、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していく。

# 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



図： 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（本提言にて、独自に作成）

## 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
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～マントルのフロンティア科学の実践
102	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
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
106	地球ニュートリノ観測が切り拓く新しい地球
107	衛星全球地球観測による気候・地球システム科学研究

# 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)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三つの課題に着目して、人材を育成しつつ、革新的物質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:** 物質創成・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

■ **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)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。上記 1)～3)※ の研究分野の知見を活かし、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)の三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我が国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、我が国の次世代への人材育成にとっても重要な機会である。

※ 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

# ⑮ 持続可能社会に資する革新的な物質・材料の開拓

■ **中長期の学術構想**： 前述の三つ(A)、(B)、(C)の課題を乗り越え、1)～3)※ の研究分野の知見を活かし、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いく。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、高効率固体光エネルギー変換デバイス、低炭素金属材料生産プロセス、元素戦略等が具体的な重要テーマと位置づけられる。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が必要になっている。関連分野の協創的な共同研究スタイルが、人材育成も含めて、今後数十年の我が国の発展の鍵を握る。

※ 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

# ⑮ 持続可能社会に資する革新的な物質・材料の開拓



図： 本術構想と提案されているプロジェクトの俯瞰図（本提言にて、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

No.	学術の中長期研究戦略の名称提案者
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
128	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

# 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。

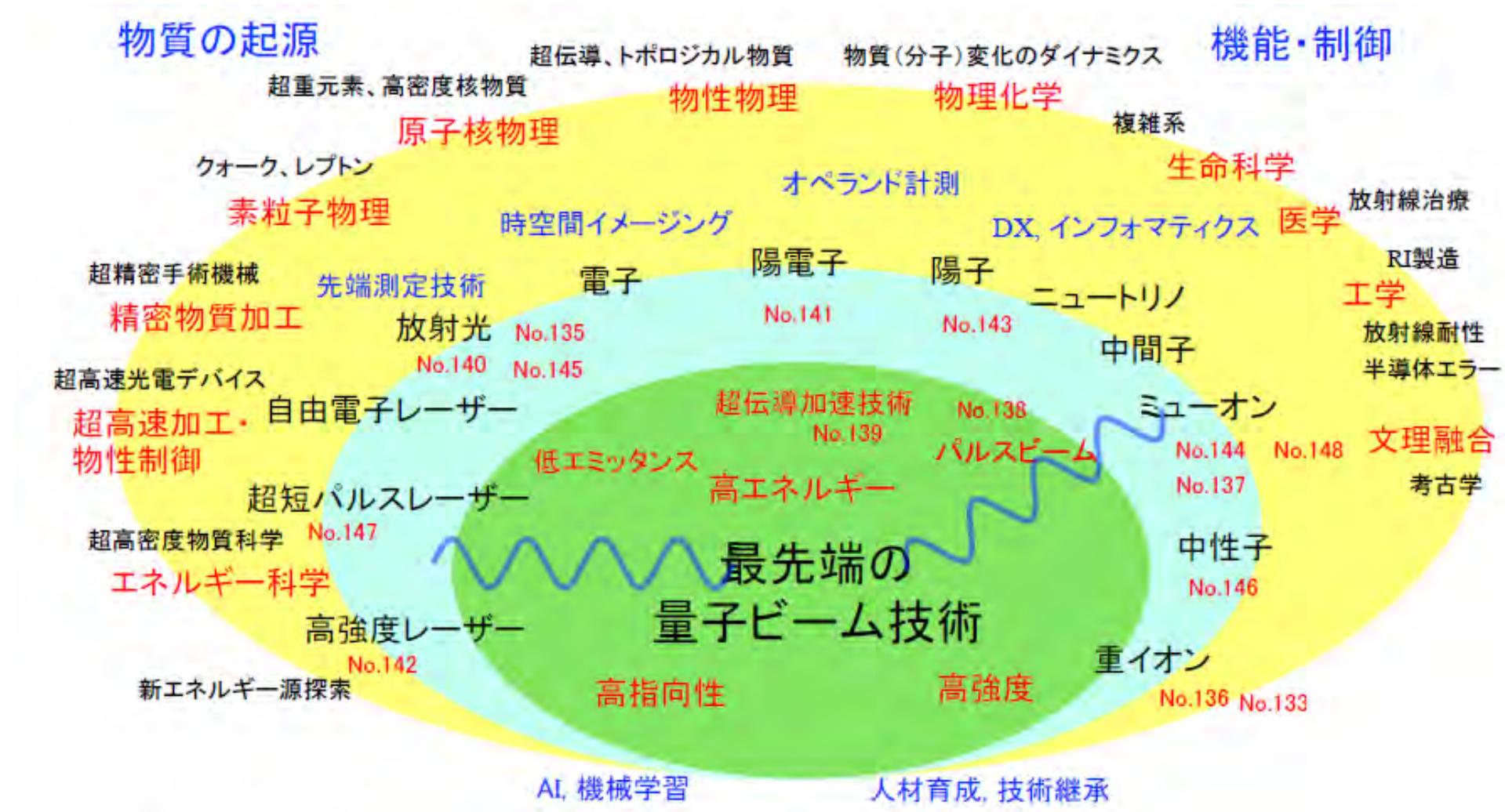
■ **キーワード:** 加速器科学、大強度ビーム、レーザー科学、時空間イメージング、物質の構造・機能とダイナミクスの解明

■ **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等に加え、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。

## 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

■ **中長期の学術構想**： 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。

# 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



図： 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の概要 (本提言にて、独自に作成)

# 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

No.	学術の中長期研究戦略の名称
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

# ⑰ 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さらに発展させ、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。

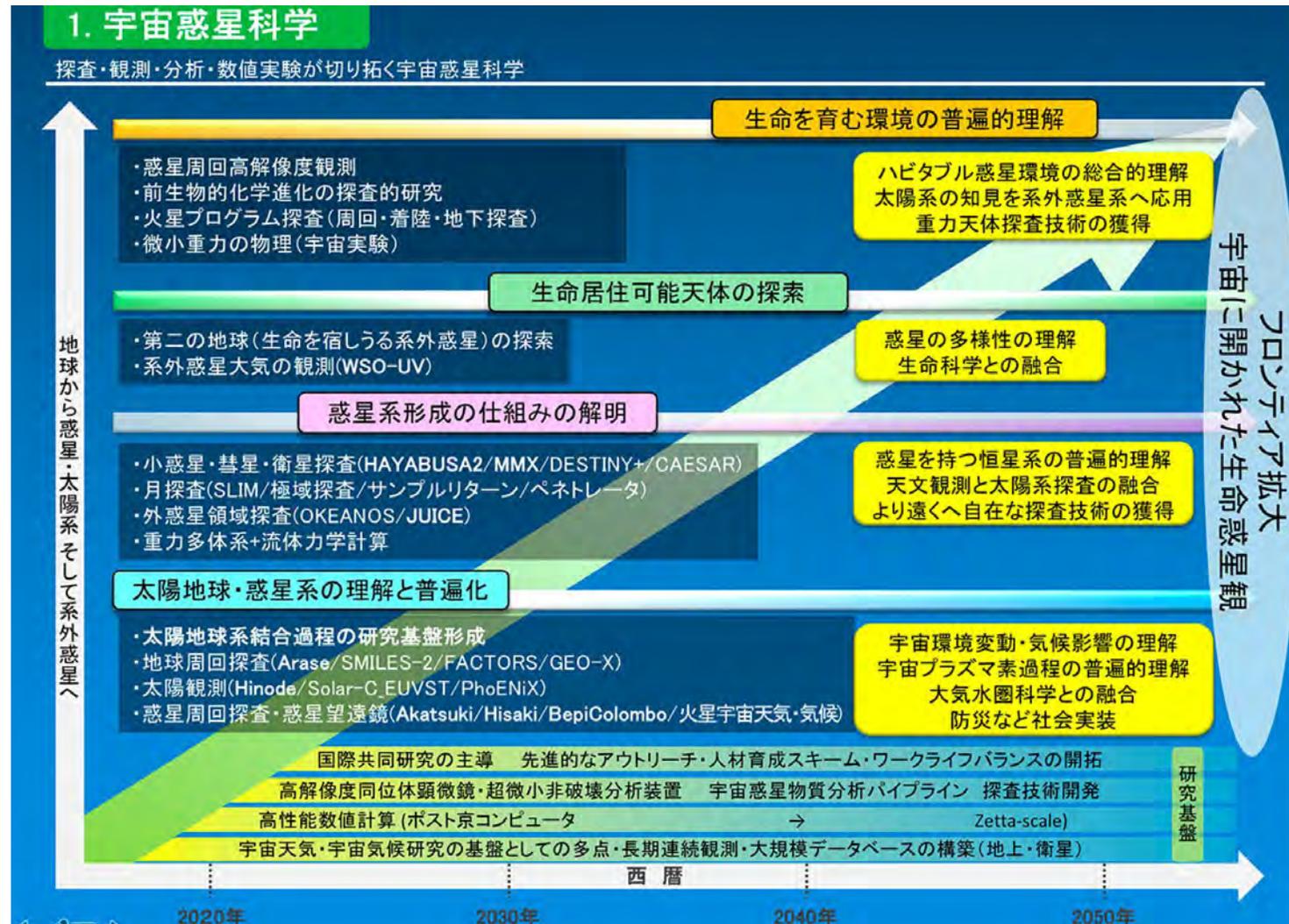
■ **キーワード:** 太陽系探査、サンプルリターン、宇宙輸送、有人宇宙活動

■ **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。

# ⑰ 太陽系探査の推進と人類のフロンティア拡大

■ **中長期の学術構想**：我が国は、今後も欧米との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。太陽系探査を持続的に展開するためには研究コミュニティの支援及び人材育成の体制を確立することが急務であり、これを早期に実現する。我が国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が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。さらに、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るとともに、国際宇宙探査における有人宇宙活動に資する技術を獲得していく。

# ⑪ 太陽系探査の推進と人類のフロンティア拡大



図： 太陽系探査の中長期的な学術振興構想（報告「地球惑星科学分野における科学・夢ロードマップ(改訂)2020」より）

# 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
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

# ⑱ 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として、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する研究領域であり、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。

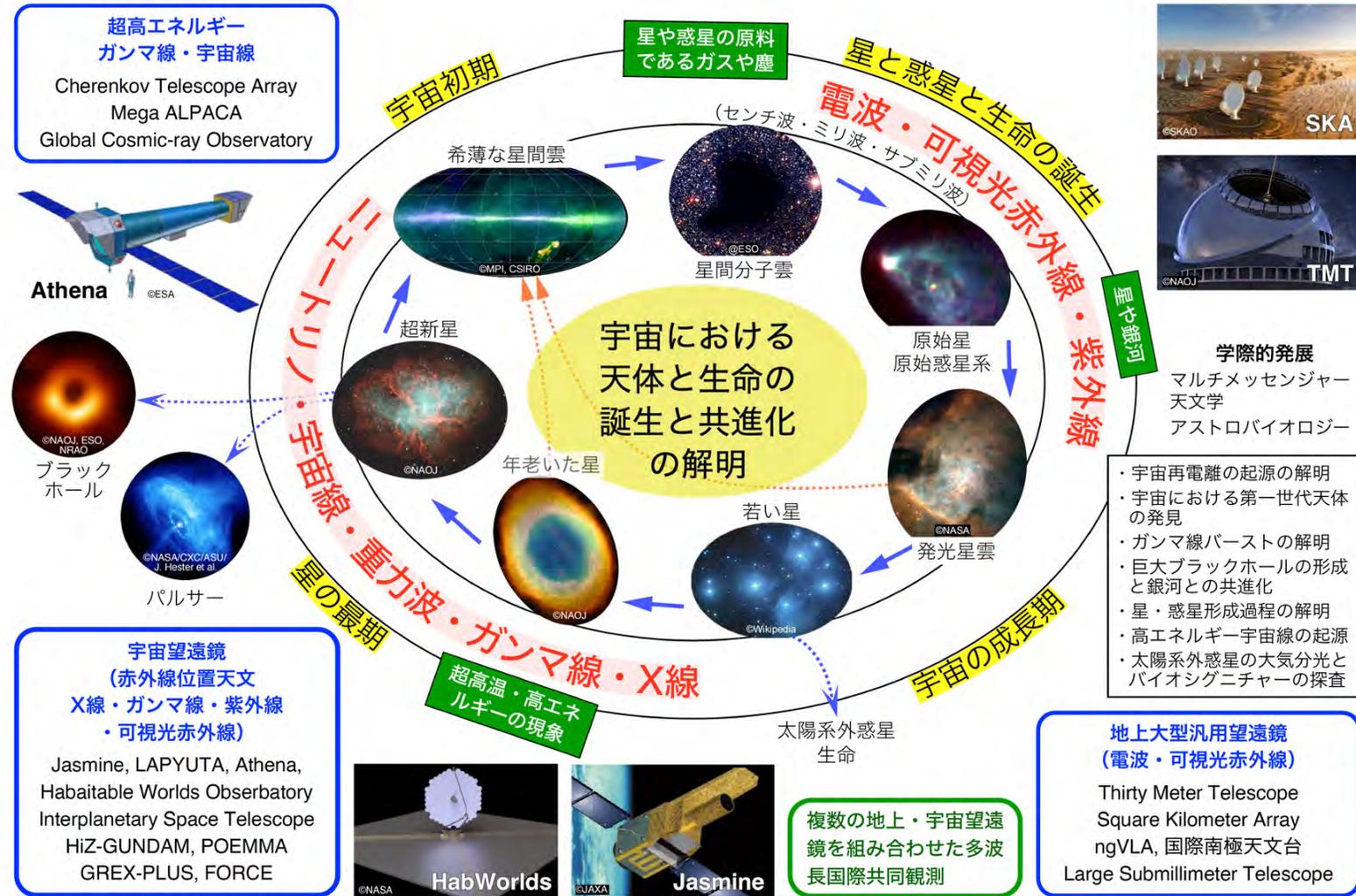
■ **キーワード:** 宇宙史、銀河進化、太陽系外惑星、マルチメッセンジャー天文学、アストロバイオロジー

■ **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。

## ⑱ 宇宙における天体と生命の誕生・共進化の解明

■ **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。

# ⑱ 宇宙における天体と生命の誕生・共進化の解明



図：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（本提言にて、独自に作成）

# 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
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
164	POEMMA 超高エネルギー粒子( $\nu$ ・宇宙線)の衛星軌道からのステレオ観測
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
170	広帯域X線高感度撮像分光衛星FORCE
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

# 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

■ **目的・目標:** 実験研究では、日本がこれまで培っ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。

# ⑱ 自然界の基本法則と宇宙・物質の起源の探求

■**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。さらに宇宙物理学的実験・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。

# ①9 自然界の基本法則と宇宙・物質の起源の探求



図：本グランドビジョンに関する実験・観測プロジェクトの俯瞰（本提言にて、独自に作成）

# ⑱ 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
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
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
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