

極域科学のフロンティア——南極観測・北極観測の新展開による地球環境変動研究——

① 計画の概要

本研究は「巨大な氷床を有し冷源域として気候システムの形成に大きな役割を果たしている南極域」、「冷源域であるとともに近年温暖化や海氷減少の加速をはじめ、急速に大気・海洋・陸域・雪氷の状況が変化している北極域」の両者を通して地球の変動を理解する先進的プロジェクトである。「過去の地球の変動を遡る調査」と「現在の変動を精密計測する精査」の2つの柱で構成され、以下の二つの視点で行う。

1) 南極内陸総合観測

通年観測が可能な南極内陸基地を新たに整備し、地球観測と天文観測の世界先端拠点とする。内陸でのアイスコア掘削により百万年前までの気候を詳細に解析し、周辺海氷縁まで含めた古気候データを取得すると共に、内陸大気の観測に大型大気レーダーによる鉛直精密観測、次世代 VLBI の導入による地球回転変動を含めた環境動態監視などを展開して、地球大気上空から内部までの水平・鉛直観測によりデータを蓄積し、将来の地球環境変動予測の高度化・精緻化を目指す。

2) 北極域環境変動研究

国際協働体制で広い空間をカバーする環北極観測網を充実し、大気・陸域現地観測やモニタ

リング観測基盤の整備とともに、時間変動情報を構築するアイスコア掘削及び氷床・氷河観測と広域機動性を持つ観測船・航空機・衛星による観測を強化する。そのデータから北極領域モデルの改良・高度化を図り、高精度の変動予測の実現を目指す。特に補助金事業等の短期的な計画では不十分な「通年連続データ」「基本量観測」「空白域への展開」に取り組み、重要度の高いデータを得る。

・基盤拠点

以上の二つの視点で両極域を総合的に観測・解析して膨大なデータを集積し、モデル研究者へ提供するとともに、モデル研究者からの観測ニーズを集約して観測側へ伝える双方向性の全国共同利用基盤拠点を整備し、わが国の極域環境研究の飛躍の起爆剤として地球惑星科学の新展開を図る。

② 学術的な意義

本研究では、過去から現在、未来にわたる地球環境の変動が際立って反映される南北両極域の重要且つ貴重な情報を取得して学際的研究を推進する。

南極・北極の氷河・氷床や海底堆積物の掘削からは過去数百年から百万年オーダーの地球環境変動史が解明される。また、大気・水・海洋熱塩循環観測・陸域生態系監視からは、南極・北極で近年起こっている地球システム全体に及ぼす海洋・海氷の変化等の気候変動シグナルが把握される。とりわけ、北極域では、過去の気候環境変化の歴史に照らしても、人為起源と考えられる地球温暖化の影響を強く受け、現在非常に大きな変動期を迎えており、環北極域の陸域・海域・氷床・氷河の重点観測は気候モデルの検証に重要な観測データを提供する。

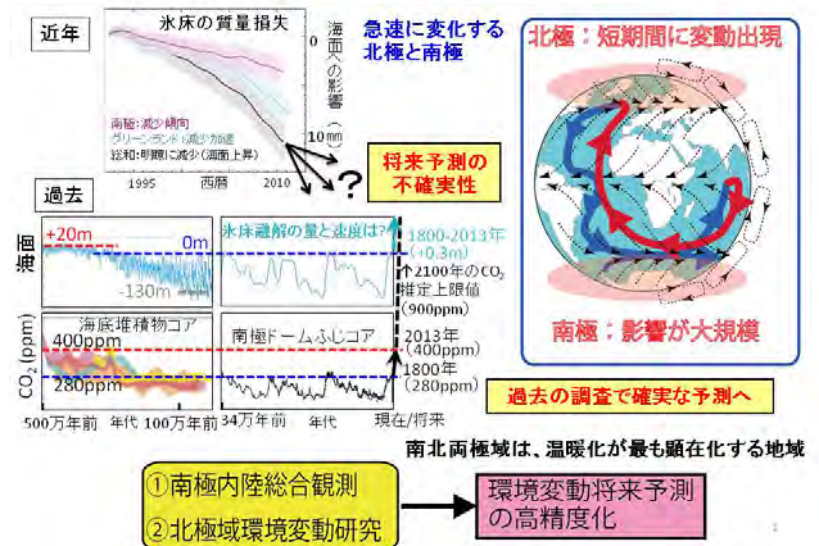
一方、地球回転や座標位置は地球温暖化に伴う環境変動(質量分布変動)の影響を受けるため、南極での VLBI 観測による精密なモニタリングは大気海洋大循環の変化や両極の氷床融解、海面上昇等に伴う水質量の再配分を探る上で重要である。また、大型大気(PANSY)レーダーにより、上空500kmに至る大気の変動を詳細に観測して、変化の激しい極域大気変動シグナルのメカニズムを解明し、大気循環の変動を定量的に明確化して、気候変動モデルの精密化に貢献する。

地球環境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、広く研究者コミュニティへ提供すると共に、利用研究者のニーズを観測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、分野横断型のわが国の極域観測、環境変動研究の一層の飛躍に貢献する。なお、南極大陸上空のレーダー精密観測に加え、他の大型研究計画で実施される赤道域および北極域の大型レーダーと協調して全球的な地球大気変動まで広範に捉える。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

南極内陸高原域の新たな観測拠点整備は、仏・伊、露、中の各国が運用する3つの基地との競合となるが、いずれもアイスコア深層掘、内陸気候観測、天文観測等の拠点として活用されつつある。その中でも日本の新ドームふじ基地は観測条件で優

地球環境を左右する極域



位な位置にあるが、中国の崑崙基地との競争となるため早急に対応する必要がある。特に新基地では過去の変動を百万年前まで遡って捉えることに大きな意義がある。一方、現在の変動を詳細に捉える大型大気(PANSY)レーダーは気候モデルの検証に重要な南極大気データを世界に先駆けて取得するほか、新世代VLBIは国際的なネットワーク上重要な位置を占めて南極での観測を主導することができ、わが国の優位性を保つ。

北極域環境変動研究では、北極域諸国は自国内の観測への関心が高く、広域的観測という視点が弱いため、空白域・空白要素の大気・陸域・雪氷の環北極観測や船舶による観測、モデル結果の相互比較等を通じてわが国の特徴を出す。また現地観測は日本の衛星データの信頼性向上と情報付加の実現にも貢献する。北極域観測で日本の存在感を示すことは、北極評議会へのオブザーバー参加等、将来の国益に利する。

④ 所要経費 (以下いずれも今後10年間の経費。南極観測事業費の外数。)

○南極内陸総合観測：総額 100.6億円

○北極域環境変動研究：総額 71.2億円(砕氷観測船の整備・運用を別途希望)

○基盤拠点 総額 45億円

以上総計 216.8億円

⑤ 年次計画

H26年度

南極内陸総合観測：PANSY連続観測(～H35)。輸送手段等基礎技術の開発整備(～H27)。海氷下観測用水中ロボット開発(～H27)
北極域環境変動研究：環北極域の陸上・海洋の観測設備を整備。観測体制、船舶、航空機の利用体制を構築、観測(～H28)。北極陸域観測点整備、周辺観測域の展開(～H35)。アイスコア掘削計画の立案(～H28)。掘削機開発(～H27)。解析装置の整備及び解析(～H35)

基盤拠点：共同利用ネットワーク構築(～H27)。地球環境データベース整備(～H29)。北極領域モデルを開発、応用予測シミュレーションを実施(～H27)。情報利用システムの構築(～H35)。

H27年度

南極内陸総合観測：資史料解析(～H36)。北極域環境変動研究。環北極圏各地の氷河・氷床観測(～H35)

H28年度

南極内陸総合観測：新内陸基地建設(～H31)。水中ロボットによる海氷下大陸棚観測。VLBIアンテナ高度化(～H29)。北極域環境変動研究。スバル掘削(～H30年)。

H29年度

南極内陸総合観測：海氷下大陸棚海底堆積物掘削装置を開発(～H30)。VLBIアンテナ試験観測。北極域環境変動研究。北極変動監視継続、船舶、航空機観測本格化。衛星観測継続。グリーンランドなど氷床・氷河短期集中観測展開(～H33)。氷床・氷河アイスコア掘削と解析(～H35)。長期データ蓄積(～H35)

H30年度

南極内陸総合観測：VLBI観測実施(～H35) 基盤拠点 地球環境データベースの拡張(～H35)

H31年度

南極内陸総合観測：内陸氷床アイスコア掘削(～H35)。海氷下大陸棚海底堆積物掘削(～H35)。

基盤拠点：地球環境データベースの拡張(～H35)

⑥ 主な実施機関と実行組織

(主な実施機関)

国立極地研究所、海洋研究開発機構(JAMSTEC)、宇宙航空研究開発機構(JAXA)、北海道大学、東京海洋大学、東京大学(実行組織)

南極内陸総合観測計画は、国立極地研究所を中心に、国内の大学、定常観測実施担当機関等が参加する南極地域観測事業として立案・実行される。北極域環境変動研究は、極地研究所が中心となり、国内各大学、JAMSTEC、国立環境研究所、気象研究所、森林総合研究所等の研究者からなる実行組織を構築する。両極のアイスコア研究の実行中心として、アイスコア研究拠点を、またデータ蓄積と解析の中心となる基盤として南極大気研究拠点、北極環境システム研究拠点を極地研究所に設置する。

⑦ 社会的価値

南北両極域で起こっている変化とその重要性は、マスメディアを通じ広く国民の知るところであり、継続的な極域観測の重要性は広く認識されている。本計画で進展する地球環境変動の理解は、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る。まず信頼性の高い予測が基礎であり、過去と現在の変動の精密な観測結果をモデルにフィードバックすることが必須である。

また、本計画での観測に必要な種々の技術開発は、計測技術やデータ解析・情報処理などを通じ産業界への貢献も大きい。

北極観測の推進は、北極評議会への支援となる他、南極内陸基地での科学への貢献は将来的には南極での領土権の獲得にもつながる可能性があるなど、国を挙げて取り組むべき問題である。

⑧ 本計画に関する連絡先

白石 和行(情報・システム研究機構国立極地研究所) kshiraishi@nipr.ac.jp

太陽地球系結合過程の研究基盤形成

① 計画の概要

太陽から地球に至るエネルギーとプラズマの流れ、太陽活動の短・長期変動に対する地球の大気圏及び電離圏・磁気圏の応答過程を知り、太陽地球系の領域間の結合過程を解明し、統一システムとしての定量的な理解を深める。太陽からのエネルギー入力放射エネルギーと太陽風（高エネルギー粒子の流れ）から構成される。前者は赤道域で最大であり後者の電磁エネルギーは磁力線を通じて極域に集中的に流入する（右図）。本計画ではこれらの特異点に大型レーダーを建設し、全球にわたる広域観測網を整備し、衛星観測等との連携を踏まえて研究推進する。（次ページ図）

（1）赤道ファウンテン：地球上で最も大気擾乱現象が活発なインドネシアの総合観測拠点に赤道 MU レーダーを設置し、地表付近の対流圏、中層大気、電離圏（超高層大気）に至る高度領域に共通するエネルギー・物質の噴流・循環過程（赤道ファウンテン）を解明する。

（2）極域エネルギー流入過程：スカンジナビア半島北部に大型レーダーシステム EISCAT_3D を 6 ヶ国の共同出資で建設する。太陽風エネルギー流入により大きく変動する電離圏・磁気圏を高解像度で 3 次元観測し、極域の電離圏・中層大気へのエネルギー流入とその応答過程を解明する。

（3）グローバル結合過程：赤道域から極域までをカバーする中層大気及び電離圏の広域地上観測網を整備する。観測網からのデータを、我が国が打上げる太陽観測衛星 SOLAR-C や放射線帯観測衛星 ERG 等と組み合わせ、大量・多様な観測データ統合解析のためのメタデータベースや解析ツールを含む情報システムを開発する。各種モデル研究等との協同を通じてエネルギー及び物質のグローバル結合過程の研究を推進する。

以上の計画を現在推進中の大学間連携プロジェクト「超高層大気長期変動の全球地上観測・研究（略称 IUGONET）」の枠組みを利用して全体を調整しつつ推進する。

② 学術的な意義

地球には太陽を源とするエネルギー・物質流入があり、地球大気の基本状態は入力に対するバランスで規定されている。しかし太陽活動には長期・短期の変動がある上に、自然界に内在する擾乱および人為起源の変動があり、それらへの応答は複雑で未解明である。本計画ではこれまで個別に行われてきた領域研究を融合し、太陽地球結合系におけるエネルギー再配分と物質輸送の定量的な解明を目指す。特に現象が顕在化する赤道域と極域の研究に重点を置く。

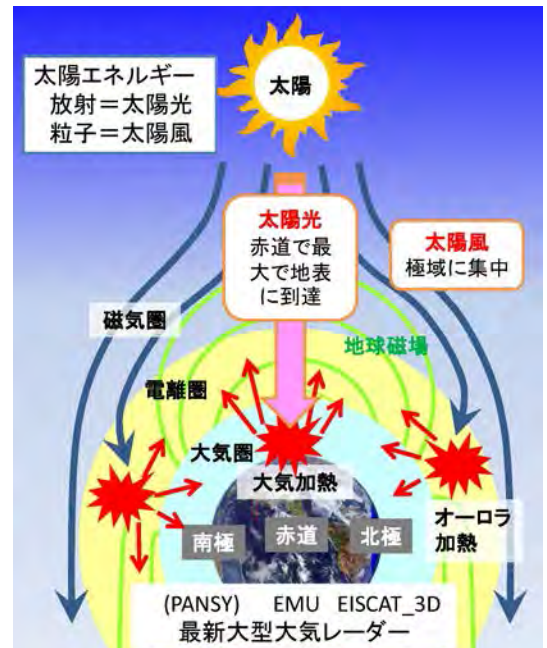
（1）太陽からの放射エネルギーは赤道域の地表を暖め活発な積雲対流を生み大気波動を発生する。大気波動のエネルギーと運動量は姿を変えつつ電離圏まで運ばれ地球周辺環境を変動させる。赤道域の地表から放出される大気物質は、対流圏を循環しつつ積雲や巻雲の生成・発達に寄与し、対流圏界面を通過して噴出され中高緯度まで広く輸送される。本課題が設置する赤道 MU レーダーを中心とする複合観測によって、大気の全高度域に現れるエネルギー・物質フローを解明する。

（2）極域は太陽を起源とする高エネルギー粒子や太陽風、電磁エネルギーが直接流入するユニークかつ重要な領域である。世界で唯一、プラズマ流の 3 次元ベクトルの立体構造観測が可能な EISCAT_3D による高解像観測を実現し、オーロラ微細構造やプラズマ・中性大気相互作用等の素過程を理解し、磁気圏最大のエネルギー解放現象であるサブストームをはじめとする重要現象の解明を目指す。

（3）我が国が集中的に整備してきたアジアと観測空白域であるアフリカに、赤道から極域までをカバーする大気圏・電離圏の子午面観測網を整備する。また磁気圏でのエネルギー・物質の経度方向の循環過程の極域観測網を整備する。これらに太陽及び磁気圏の衛星観測、モデリング・データベースを組み合わせ、地球規模で大気圏・電離圏・磁気圏のグローバルなエネルギーと物質の流れを明らかにする。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

太陽地球系科学は、ICSU の SCOSTEP（太陽地球系物理学科学委員会）が国際プロジェクト CAWSES（2004-2008）、CAWSES-II（2009-2013）によって、並びに国連傘下の国際宇宙天気イニシアティブ（ISWI；2010-2012）が推進している。我が国は中心メンバーとして参加し、特に地上からのリモートセンシング観測で貢献している。日本学術会議の国際対応分科会 SCOSTEP 小委員会では、2014 年からの次期計画を議論しており、主要設備として赤道 MU レーダー・EISCAT_3D・広域地上観測網を国際的に提案している。これにより、既設の MU レーダー（日本）・PANSY（南極昭和基地）を含め大型レーダーの国際観測網が完成する。なお EISCAT_3D は、EU の大型研究設備ロードマップ（ESFRI）に採択済みで、スウェーデン及びノルウェーから我が国への協力要請が出されている。本計画と相補的な衛星計画として、天文学宇宙物理学分科会から太陽観測衛星 SOLAR-C がマスタ



ープラン2014に提案される。また放射線帯観測衛星 ERG は2015年の打上げが予定されている。

④ 所要経費

総額120億円（地上観測について10年計画） うち設備70億円、運営50億円

- (1) 赤道MUレーダー 設備35億円、運営20億円
- (2) EISCAT_3D レーダー 設備25億円、運営10億円（設備費総額約132Mユーロのうち15パーセントを分担する）
- (3) 広域地上観測網 設備10億円、運営20億円（運営費にはIUGONET コンソーシアムの運営等を含む）

⑤ 年次計画

赤道MUレーダーと地上広域観測網については、予算化されればすぐに実現に向けて動き始め、2年間程度で装置類の設置を完了できる見込みである。EISCAT_3D計画はEISCAT 科学協会が中心となって推進中であり2017年度完成を目指している。2014年度を起点とした年次計画は以下の通りである。

2014年度：赤道MUレーダーの入札・発注と建設開始。／大学間連携プロジェクト IUGONET による観測データベース構築体制の整備／EISCAT_3D 建設：スカンジナビア北部に約1万本のアンテナから成る大型フェーズドアレイを5局（コア局1および受信専用局4カ所）建設する。その整備はEISCAT 科学協会を中心とする国際協力の枠組みで実施する。（2017年度まで継続）

2015年度：赤道MUレーダーが完成、予備観測を開始する。／IUGONET 後継プロジェクトによる観測データベース構築と地上観測・衛星観測・モデリングの統合解析ツールの開発。アジア・アフリカ域及び極域における広域地上観測網の整備。／ERG衛星打上げ（2015年12月予定）

2016年度：赤道MUレーダーが本格観測を開始する。京都大学生存圏研究所が全国・国際共同利用に供する。／広域地上観測網による大気圏・電離圏・磁気圏観測の維持・継続

2017年度：EISCAT_3D が完成

2018年度以降：EISCAT_3D が本格運用を開始する。長期の継続運用を他の加盟国と共同で行う。／SOLAR-C 衛星打上げ

⑥ 主な実施機関と実行組織

本計画の実施課題と主たる実施機関は以下の通りである。

- (1) 赤道ファウンテン
京都大学生存圏研究所（赤道MUレーダー建設・運営の総括）／インドネシア航空宇宙庁（赤道MUレーダー運営協力）
- (2) 極域エネルギー流入過程
国立極地研究所（EISCAT_3D 建設・運営の分担）／名古屋大学太陽地球環境研究所（EISCAT_3D 共同研究推進）／EISCAT 科学協会（EISCAT_3D 建設・運営の総括）
- (3) グローバル結合過程
名古屋大学太陽地球環境研究所（光学・電磁場観測網の整備推進）／九州大学国際宇宙天気科学・教育センター（地磁気観測網（MAGDAS）の整備推進）／IUGONET 運営協議会（観測データの相互利用推進、情報システム開発）【京都大学生存圏研究所、京都大学理学研究科附属世界地磁気資料センター、京都大学理学研究科附属天文台、国立極地研究所、名古屋大学太陽地球環境研究所、東北大学理学研究科、九州大学国際宇宙天気科学・教育センター】

関連事業

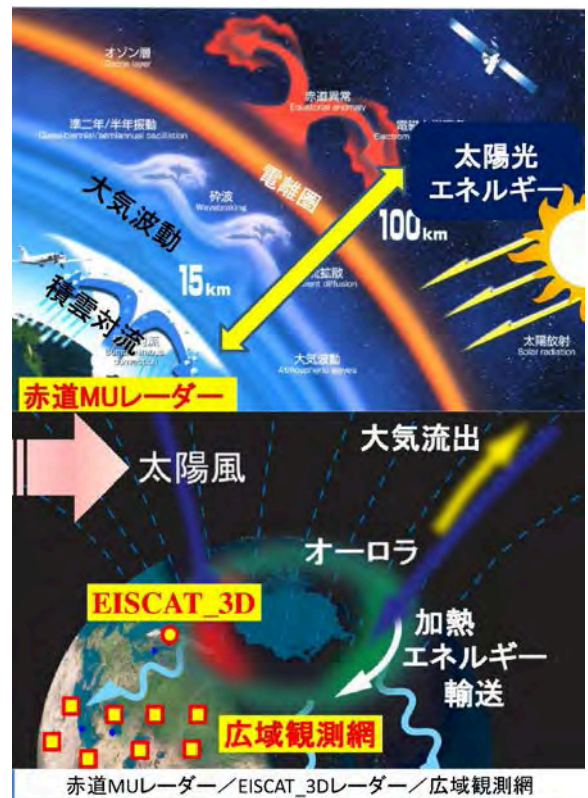
SOLAR-C 衛星、ERG 衛星、PANSY

⑦ 社会的価値

地球周辺の宇宙空間には多数の人工衛星が飛び、有人宇宙活動も常時行われている。本計画の成果は宇宙天気予測精度の向上に貢献し、衛星システムの安全・安心な運用に資する。さらに衛星測位システムや衛星通信・放送に対する電離圏の影響の回避にも貢献する。極端な擾乱現象は地上の電力系統に深刻な故障を起こす等、社会に直接の悪影響を与える。一方、地震や津波を起源とする大気変動が電離圏に達することに対しては、東日本大震災後の報道等から社会的な関心が高まっている。大気観測レーダーによる風速データの活用によって天気予報の精度が向上する。赤道MUレーダーや広域地上観測網による共同研究や国際スクールの実施などを通じて、アジアやアフリカ地域等の発展途上国の若手研究者を育成できる。これは即ち科学技術を通じた平和外交である。

⑧ 本計画に関する連絡先

山本 衛（京都大学・生存圏研究所） yamamoto@rish.kyoto-u.ac.jp



月着陸探査ミッション SELENE-2

① 計画の概要

遠隔観測によって月の科学の画期的前進を達成した月周回探査機「かぐや」（SELENE）の成功を受け、月面に軟着陸し月面を探査する技術を開発・実証するとともに、月面でのその場観測により月の科学探査および将来の月利用に向けた月面環境調査を行う。2018 年頃に探査機を月面（表側の中・低緯度地域を想定）の特徴的地域に軟着陸させ、表面移動ロボット（探査ローバ）を用いた表面物質の詳細観測と広帯域地震計等を用いた月内部構造探査を実施し、周回探査では得られなかった、月の原材料物質の解明や月表面の不均質性（2 分性）と深部構造との関連の解明などを目指す。探査機システムは、月周回機、月着陸機、および着陸機によって月面に運ばれる探査ローバ、月面設置観測機器により構成される。これを実現するためには、100m 程度の精度でのピンポイント着陸技術、障害物の検知・回避技術、100kg 程度の小型探査ローバによる広域探査技術、月面の 2 週間に及ぶ極低温の夜間に耐える越夜技術を必要とし、これらの工学研究の推進も本計画の目的である。

本計画は、将来の国際有人月探査において我が国がその一翼を担うべく、月面環境データの取得と月探査技術の獲得を行い、宇宙探査分野における国際的優位性の確保を目指している。また、国際協調・国際競争の中で、高度な技術の実証と世界初の科学観測を行うことにより、月探査については科学技術全般に対する国民理解の増進も目的としている。従って本計画は、学術研究を主目的としたものではないが、学術的意義も大きいため、学術の大型研究として提案するものである。

② 学術的な意義

惑星科学の面では、地球～月系の起源と進化を解明することを目的とし、具体的には以下の学術研究を実施する。

(1) 月震計等による内部構造探査により、月の中心核の大きさ及び物質の同定を行い、地球～月系の起源を解明する。

(2) 地殻の厚さやマントル密度分布、マントル物質構成や地表の地質精査、特徴的岩石の鉱物組成観測などにより、マグマオーシャンの規模など月の進化過程を解明する。

(3) 月のバルク組成から太陽系内惑星領域の物質を同定する。

これらの知見は、地球型惑星一般の進化過程の解明、および太陽系の惑星形成時の様相を知る手がかりとなる。

宇宙工学の面では、以下の新規技術を開発・実証することを目的とする。

(1) 世界的に未実施の 100m 程度の高精度着陸を目指す。その実現のためには、表面地形の地図情報と探査機による撮影画像とをマッチングさせる自律地形照合航法の開発が必要となる。

(2) 科学的に興味ある着陸地点は、アポロ探査機の着陸地点のような平坦地ではなく、傾斜地、岩石、クレータ等の障害物が多く存在する地域が想定される。そのため、障害物を検知し、これを回避する技術が必要になる。

(3) 月探査においては、かつて米国の有人探査ローバとソ連の無人探査ローバの実施例があるがどちらも 1t クラスの大型であり、100kg の小型ローバで月レゴリス上をスタックせずに走行する技術は世界的にも未開発である。

(4) 月面で越夜するためには、原子力エネルギーを用いた電源あるいは熱源が用いられていたが、打ち上げ時の安全性の点、開発コストの点で、非原子力エネルギーによる越夜技術が期待されている。本計画では、徹底した断熱設計と高性能リチウムイオン蓄電池の開発により、原子力を用いない越夜を世界で初めて実証する予定である。

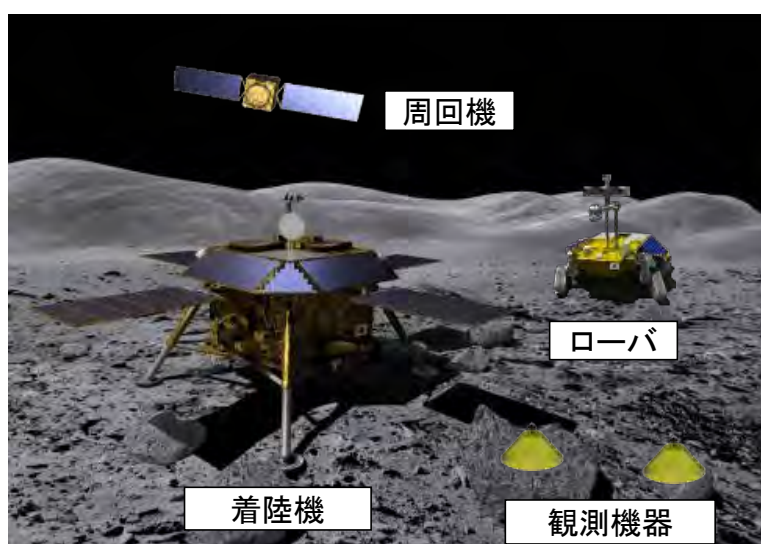
③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

国内では、月の科学の研究、探査技術の研究が進められており、本計画はそれらの研究者と連携して実施するものである。

国外では、中国、ロシア、インド、韓国が月着陸探査計画を表明しており、米国、欧州においても検討がされている。既定の月探査プロジェクトの目的は、国威発揚、月資源の探査、有人探査のための事前技術実証、探査技術の国際競争力強化などであり、学術研究を目的としているものは少ない。

一方で、月探査の科学的意義は NASA Decadal survey でも月深部物質の探査や内部構造探査が重要な項目として挙げられているものの、技術的難度が高いなどの理由で具体的な探査計画は予算化されていない。また、高精度着陸技術などの工学研究は、米国、欧州において研究開発が進められているが、これを実証する計画は未だ予算化されていない。

本計画は、将来の有人探査を見据えた探査技術実証の側面も持ちながら、惑星科学、宇宙工学としての学術研究をも重視している点で、他国とは特徴を異にする。このため、世界の科学コミュニティからの期待も高く、多くの搭載観測機器は国際共同チームで提案されている。

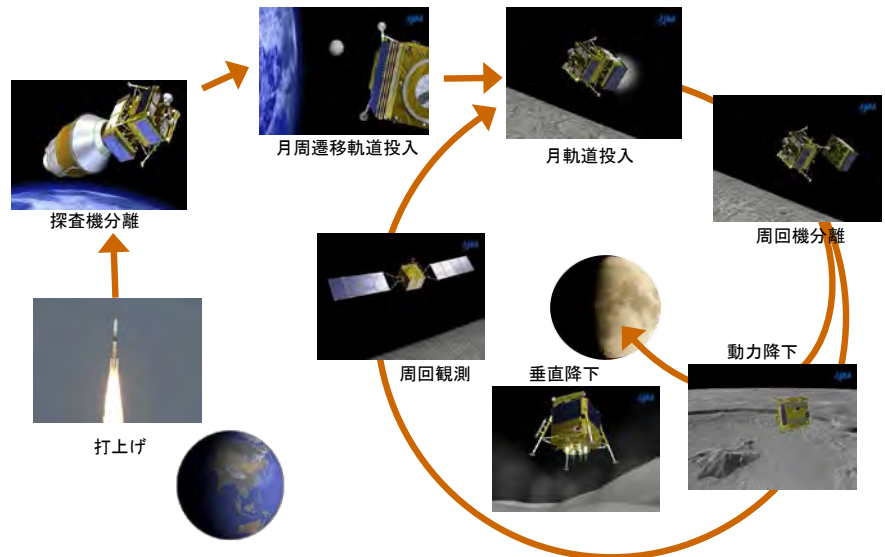


④ 所要経費

本計画は多目的のミッションであるため、学術研究に必要な経費を切り分けることは難しいが、総プロジェクト経費が 470 億円程度、そのうちの学術研究分は 100～200 億円相当と考えている。

経費の内訳は、システム構成の方法によっても異なり、担当メーカ選定前であるため詳細には開示できないが、概略、以下のように見積もっている

打上げロケット	140 億円
探査機システム	300 億円
試験、運用経費	30 億円



⑤ 年次計画

H27 年度概算要求においてプロジェクト移行を行うに必要な予算が認められた場合の年次計画は、以下のように考えている。
H26(2014)年度 プロジェクト移行に向けたシステム要求確定。開発担当メーカの選定。システム定義の確定。開発体制の確定。宇宙航空研究開発機構でのシステム定義審査、プロジェクト移行審査。

H27(2015)年度 プロジェクト開始。クリティカル技術、観測センサの要素試作の開始。一部の観測機器について国際 A0 発出。

H28(2016)年度 要素試作機器の試験、改良。予備設計審査。搭載観測機器の確定。

H29(2017)年度 フライトモデルの設計開始。

H30(2018)年度 詳細設計審査。フライトモデルの製造開始。

H31(2019)年度 フライトモデルの試験、射場整備、打ち上げ。

H32(2020)年度 月面着陸。月面での観測開始。非越夜機器は約 2 週間のミッション。越夜機器は 1 年程度の観測運用を目指す。

H33(2021)年度 観測データベースの整備。多機器の観測データの複合解析、2 次データベースの製作。

⑥ 主な実施機関と実行組織

宇宙航空研究開発機構が主体となり、国内の大学、研究機関や NASA、ESA 等の海外宇宙機関と連携して実施する。探査機の設計・開発は、要素技術開発に関して大学等と連携しつつ、宇宙航空研究開発機構が実施する。観測センサについては、各機器責任者 (PI) が主体的に開発を実施し、探査機とのインターフェイス等を宇宙航空研究開発機構が担当する。PI 所属機関は、機器によって大学、研究機関、宇宙航空研究開発機構、海外研究機関などが想定される。国内研究機関の機器開発経費は、原則的には宇宙航空研究開発機構が予算の用意を行う。海外研究機関については、各国の宇宙機関が必要予算の準備を行う。打ち上げロケットの調達も、宇宙航空研究開発機構が行うことを考えている。

⑦ 社会的価値

月周回探査機「かぐや」におけるハイビジョン動画が国民的関心を生んだように、月面からの臨場感あふれるハイビジョン映像は国民的な興味を促し、月に関する科学や工学技術に関する国民理解を深めることにつながると考えている。また、映像を含む各観測データは、理科教育の教材として利用可能である。

我が国が月探査において技術的優位性を示すことにより、今後の国際有人探査において主導権を握ることができ、当該産業の競争力強化とソフトパワーとしての外交的影響力を発揮することができる。

⑧ 本計画に関する連絡先

橋本 樹明 (宇宙航空研究開発機構・月惑星探査プログラムグループ) hashimoto.tatsuaki@jaxa.jp

太陽系生命前駆環境の実証的解明のための統合研究プログラム

① 計画の概要

生命誕生に至るまでの惑星環境の様態と物質進化過程の解明は、来る百年の惑星科学の大目標である。近年、本格的な太陽系探査に参入した我が国は、プロジェクトを推進する宇宙科学研究所（ISAS）を機器開発や科学検討の面で支える周辺拠点を充実させるべき段階にある。そこで、国際協力のもと、魅力的で実現性の高い太陽系探査プログラムを立案し、次世代機器の開発を戦略的に進めるとともに、データ解析・モデリング及び宇宙物質分析研究を有機的に連携させ、実践的な人材育成・交流が展開できる多拠点ネットワーク型の「惑星科学研究コンソーシアム」を、ISASを取り巻く形で構築することをめざす。

進行中の小惑星探査計画「はやぶさ2」により鉱物・水との相互作用による有機物進化をその場遠隔観測とリターンサンプル研究によって解明する。国際共同探査計画「JUICE」において、原始地球海洋に似る内部海を保持する木星巨大氷衛星のモデリングと探査シナリオ構築、搭載機器開発を推進し、科学成果の最大化を目指す。また、「かぐや」の月全球データに基づき、月・地球系への小天体供給率の変遷とその供給源を解明し、新物質生成をもたらす衝突現象を探る。火星や氷衛星などの天体モデリング研究と探査観測技術の開発を進め、月や火星、トロヤ群小惑星などをめざす次期探査計画の定量的立案を行う。

関連周辺分野からの幅広い連携協力が必須である太陽系探査の特性に鑑み、優れた資産を有する研究グループを拠点として拡充整備するとともに、共同教育研究支援サービス機能を提供することにより、全国に分散する研究者の有機的な結合を図って研究推進・人材育成・産学協働のための体制を発展させていく。

② 学術的な意義

[期待される研究成果] 生命の起源の解明には、生命誕生に至った太陽系環境の様態とそこでの物質進化に焦点を当て、始原小天体からのサンプルリターンや前生命段階にある天体上での生命関連物質の循環ネットワークのその場観測、天体上に残された様々な有機物進化の記録をたどる着陸探査などを戦略的に行っていくことが不可欠である。本計画では、こうした長期間を要する探査プログラム群を持続していける拠点と体制、人材育成の仕組みを構築し、理工一体で太陽系生命前駆環境を解明していく研究プログラムを確立する。これによって、前生命環境における有機物の鉱物や水との相互作用について、天体スケールでの物質進化場と長期的な物質進化過程の面からの解明が期待される。さらに、生命前駆物質の主供給源である外部太陽系における揮発性物質の分布と進化過程、内部太陽系への物質供給とそれに伴う惑星表層の改変過程の解明や、原始地球型惑星の大気海洋系・内部の新しい共進化シナリオの提起などが期待できる。

[効果と意義] 「はやぶさ2」、「JUICE」の機器開発、科学成果を最大限に高める探査シナリオ、リターンサンプルの分析体制およびデータアーカイブの構築準備が喫緊の課題である。また、太陽系探査は機器開発に十年程度を要するため、次期ミッションの定量的探査立案や新規機器の基礎開発はコミュニティ・ベースで常時進めなければならない。本計画はこれらの課題へ全面的に貢献する。リモートセンシングデータ解析、惑星大気シミュレーションなどのモデリング研究、始原物質分析は、科学研究のみならず、探査計画の定量的立案や機器開発に活用される。これには高い信頼性と精度が要求されるため、解析・シミュレーション・分析技術を世界トップレベルに高める原動力となる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

世界的評価を得た「かぐや」「はやぶさ」の成功、金星探査機「あかつき」の打ち上げ、水星探査機「ベピコロンボ」の日欧共同開発を経て、以前はISASでしか担えなかった搭載機器開発が全国の大学機関へ浸透し、日本の月惑星探査に欠かせない奏者に育つとともに、JUICE等の海外の探査計画への協力打診を受け、複数の研究グループが参画するに至っている。一方、政策主導、工学主導であった探査を惑星科学コミュニティが自ら立案する試みが、日本惑星科学会「来る10年の月惑星探査」により段階的に進められ、全国の研究者が呼応するとともに、多様な専門の有機的連携が決定的に重要であることが認識されつつある。本提案は、進行中の探査計画を共通の科学目標で結び、伝統あるモデリング・分析研究と発展的に融合することによって、科学成果を最大化すると同時に、次の探査の科学目標シーズの開拓を図る。太陽系天体をフィールドとする本計画は、別途推進されている太陽系外惑星系の研究や初期地球生命研究と相補的に、生命前史の解明に貢献する。

④ 所要経費

十年計画で初期設備投資に50億円、運用に毎年8億円の総額130億円を必要と



する。

[統合部門] 情報基盤整備3億円 ホスティングサーバ・遠隔会議システム他、人件費0.8億円/年、事業費0.7億円/年 運営委・研究会・高度人材養成スクール開催、招聘・交換プログラム、知見ライブラリ事業

[搭載機器開発] 搭載機開発施設整備25億円 機器加工・組立室、天体表層環境模擬装置群、試験装置他、人件費1億円/年、事業費2億円/年 搭載機、試作実証機開発

[宇宙物質分析] キュレーション技術開発施設整備15億円 宇宙極低温物質有機物マニピュレーションチャンバー、無汚染環境ストレージ、同位体ナノスコープ等先端分析装置群、人件費0.5億円/年、事業費1億円/年 機器オペレーション、機器更新、微小試料分析技術開発

[データ解析] データアーカイブ基盤構築4億円 PBストレージ他、人件費0.5億円/年、事業費0.5億円/年 配信オペレーション、データ高次解析プログラム開発

[シミュレーション] ソフトウェア開発環境整備3億円 高速計算システム・大容量ストレージ他、人件費0.5億円/年、事業費0.5億円/年 開発環境保守更新

⑤ 年次計画

本計画の研究期間は10年間を想定し、種々の段階にある探査計画と関連する研究の連携を戦略的に進める。

1年目 立ち上げ。施設設計整備。アーカイブデータ移送ならびに公開試験。月（かぐや）・小惑星（はやぶさ）・氷衛星（ボイジャー・ガリレオ）等データの解析。固体天体の物質進化場解明に向けた月惑星地質学の推進。これらを参照した小惑星探査「はやぶさ2」と国際木星衛星系探査「JUICE」の観測シナリオの構築と月・火星将来探査の立案への貢献。金星・木星・火星大気シミュレーションモデル、原始太陽系星雲進化モデルの設計と開発。「はやぶさ」・「はやぶさ2」リターンサンプルを念頭に置いたキュレーション・分析機器群の開発。搭載機器の試験実証のための超小型衛星計画の検討設計。研究会、研究者招聘・交換・人材養成スクールプログラムの実施。

2-5年目 上記事業の改善と継続。既存惑星探査データの本格的移送と常時的な一般公開、惑星大気データ同化ソフトウェアの構築、惑星内部進化モデルの構築結合に基づく、大気保有惑星のモデリング科学の深化と将来探査計画への貢献。はやぶさならびに国外探査リターン試料の詳細解析と、化学反応ネットワークモデリングによる宇宙物質科学の展開と機器改良。コミュニティ提案の将来探査計画の定量的評価と試作搭載機開発。超小型衛星機器の開発と検証観測の実施。

5年目以降 点検評価、改善を加えた上記事業の発展的継続。「はやぶさ2」（2018年対象小惑星に到着、2020年地球帰還予定）遠隔観測データを用いた太陽系始原天体の物質進化場の解明。「JUICE」搭載機完成（2022年打ち上げ予定）。新規探査計画用搭載機のサイエンス検討と新規開発への着手。

⑥ 主な実施機関と実行組織

[統括] 神戸大学 惑星科学研究センターに惑星科学コンソーシアム運営委員会をおき、計画全体のマネジメントを行う。また学際共同研究、探査計画アセスメント、インターユニバーシティ高度専門家教育プログラム、知見ライブラリ配信、アウトリーチを展開促進する。

[搭載機器開発] 惑星探査機器開発センターを首都圏に新設し、搭載機開発環境を整備する。この下で千葉工業大学惑星探査研究センター・国立天文台 RISE 月惑星探査グループ・東京大学新領域創成科学研究科（東大新領域）が、輸送等の宇宙技術開発とリンクしつつ、氷衛星内部海の潮汐変形の検出を目指す「JUICE」レーザ高度計 GALA をはじめとする搭載機器開発を担う。宇宙物質分析部門との連携によるリターンサンプル分析のハンドリング利便性を追求した試料回収カプセルの開発、ロボット探査のための観測装置、その場年代計測を目的とするレーザ絶縁破壊分光計の汎用化等を進める。

[宇宙物質分析] 北海道大学創成科学研究機構・東大新領域が、独自の同位体顕微鏡開発の経験をベースに、宇宙物質の微細高精度分析の展開、そのための新規技術開発、「はやぶさ2」リターン試料受け入れを想定したキュレーション技術の開発を行う。

[データ解析] 会津大学月惑星データセンター部門が、情報科学に特化した同大学の基盤を活かし、惑星探査データの解析を担う。JAXA 宇宙探査データのバックアップ配信サイトとしても機能する。

[シミュレーション] 北海道大学・理学、神戸大学・理学が中心となり、モデリング研究のコアチームを立ち上げる。オープンな数値シミュレーションモデル開発の豊富な経験を活かし、他部門および周辺研究者との密な交流のもとに、惑星表層・原始太陽系円盤・始原天体・鉱物-水-有機物相互作用等のモデリング研究を展開する基盤を提供する。

⑦ 社会的価値

深宇宙を目指す惑星探査の推進は、多くの国民、とりわけ若い世代に夢と希望をもたらす。また、太陽系と惑星の成り立ちの解明は、人類が共通に抱く根源的な好奇心に繋がる知的価値を有する。本計画では、探査データの配信や、知見ライブラリの提供も目的としており、これらは、人材育成に供するだけでなく一般市民の理科教育コンテンツとしても活用が期待される。

産学協働による新しい搭載機の企画・開発は、センサー、ロボティクス、通信技術などの小型化・高効率化・高信頼化等、さまざまな技術を先鋭化させ、企業側にも大きなメリットを生む。産業界とのパイプを活かした理工連携による長期的な開発計画をデザインし、惑星探査データ高次解析や流体シミュレーションなどの情報技術面と併せて、高度科学技術を担う人材の育成と産業イノベーションに資する。

⑧ 本計画に関する連絡先

倉本 圭（北海道大学・大学院・理学研究院） keikei@ep.sci.hokudai.ac.jp

高圧地球惑星科学コンソーシアム： 新しい超高圧・量子ビーム技術が先導する先端的地球惑星科学研究の推進

① 計画の概要

高圧地球惑星科学分野における代表的研究拠点である、東北大学・東京大学・東京工業大学・岡山大学・愛媛大学を中核とした、超高圧と量子ビーム（放射光・中性子線等）を利用した共同研究・人材育成のためのコンソーシアムを形成する。コンソーシアム主導で、1) 次世代放射光X線光源に対応した、新しい地球惑星科学ビームライン（以下 BL）の建設、2) SPring-8 とフォトンファクトリー（PF）における既存の放射光高圧科学 BL の高度化、3) X線自由電子レーザー施設（SACLA）における、地球科学関連実験装置の整備、4) J-PARC の中性子高圧地球惑星科学 BL の高度化、5) 中核拠点における超大型高圧装置と多機能微細加工装置等の設置、などを進める。

これらの大型設備・施設の建設や高度化のみならず、各施設に高度技術員を配置し維持管理と運用、実験技術の開発を行う。また高い見識を有するリサーチアドミニストレーター（RAD）を採用し、研究支援とコンソーシアム運用支援を行い、設備の有効利用とともに技術・人材交流や学際的共同研究を促進する。更に、中核拠点で開発されたナノ多結晶ダイヤモンドを応用した、新しい超高圧実験技術開発を推進するとともに、これらの新素材を用いた超高圧装置や、新しい実験技術の開発も進める。

コンソーシアムによる大型実験装置や設備の設置とその活用により、特に（1）地球深部の化学組成と起源物質、（2）地球深部の温度構造と進化、（3）高圧下での変形・破壊現象と深発地震、（4）マントルと核のダイナミクス、（5）太陽系惑星及び系外惑星内部の物質と進化、（6）地球表層と深部の物質循環、（7）高圧環境と生命の起源、などに焦点をあてた先端研究を推進する。またコンソーシアムを基盤に、地球惑星科学の他分野はもとより、材料科学・物性物理学・無機化学・分析化学・生命科学分野等との学際的研究の展開も目指す。

② 学術的な意義

我が国の高圧地球科学分野の研究者は、独自の装置や技術開発に基づき、世界を先導する研究活動を行ってきた。これらの研究は個別の研究機関を中心に行われてきたが、放射光X線を利用した高圧下での「その場観察」の有効性が示され、特に SPring-8 などの第三世代放射光実験施設が完成すると、その活用と不断の高度化が、研究の優位性を維持する上で不可欠であることが共通の認識となっている。高圧地球科学分野では、これまでも「特別推進研究」や「新学術領域研究」などの大型科研費により、放射光及び中性子実験施設において、超高圧装置や測定装置の設置と維持管理を行ってきた。しかし、これら科研費では、設備の持続的な維持管理や更なる高度化に対応することは困難である。コンソーシアムを基盤とした本計画により、世界を先導する研究活動の持続的発展が可能になる。

本コンソーシアムの活動は、大型設備の設置や維持管理面のみならず、関連分野の人材・技術交流の促進を通じ、これまでの「家内工業的」研究スタイルから、技術の標準化や更なる高度化、また学際的研究の推進など、質的に新たな段階の全国を横断した組織的研究への移行を可能にする。一方で、中核的拠点の特徴に応じた設備の集中化を通じ、設備の有効利用やそれぞれの拠点の特徴ある発展においても、大きな効果が期待される。量子ビームに関しては、放射光施設では今後更に高強度で高干渉性、かつ従来に比べてより微細なナノビームの利用や、フェムト秒領域での時分割測定が可能になる。またパルス中性子源の強度も、加速器のアップグレードにより大きく向上すると見込まれる。本計画によりこれらを有効利用することにより、従来の結晶構造決定や物性測定に基づく「静的」な高圧地球科学から、地球深部のダイナミックな挙動や生命圏を含む進化過程などの「動的」な研究への転換を図る。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

放射光X線を利用した高圧地球科学分野では、地球科学の今世紀最大の発見の一つとされる「ポストペロブスカイト相」の発見など、中核的拠点の研究者らが世界をリードしている。しかし、世界トップレベルの性能を誇る SPring-8 の高圧関連 BL も、利用開始から 15 年を経てその優位性がゆらぎ始めている。特にアメリカの APS、NSLSII、ヨーロッパの ESRF、DESY などの追い上げが厳しく、彼らの後塵を拝する状況に至る前に、新たな BL の建設・高度化に早急に取りかかる必要がある。

中性子高圧地球科学分野では、これまで我が国は遅れをとっていたが、中核拠点研究者らが中心となる大型科研費などにより、昨年 J-PARC において世界で初めて中性子高圧地球科学 BL が完成した。今後本格的な稼働が予定されており、5 年間程度は世界最高レベルの性能が期待されるが、高圧実験技術の高度化で他国との差を広げたい。世界をリードしてきた独自の大型高圧装置や超高圧実験技術を最大限に生かし、またナノ多結晶ダイヤモンドを活用した独創的研究を展開するためにも、本計画の実施により高圧地球惑星科学及び関連分野の新展開が期待される。

④ 所要経費

SPring-8、PF 等のビームの特性を生かした地球惑星科学量子 BL を新規に建設する一方で、SPring-8、SACLA、及び J-PARC の既存の BL における高圧装置及び測定系の高度化を行う。また、中核 5 拠点を中心に、多機能微細加工装置等の設置による整備を行う。更に、愛媛大学において、大型ナノ多結晶ダイヤモンド合成用の超大型高圧合成装置を設置する。これらの設備に加えて、その維持管理、共用消耗品、RAD・高度技術員等の人件費、コンソーシアム会議や関連旅費、などを計上する。

（内訳）放射光 BL 建設 48 億円、放射光 BL 高度化 10 億円、中性子 BL 高度化 10 億円、超大型高圧合成装置 8.5 億円、中核拠

点整備 28 億円、装置維持・管理 7 億円、人件費 10.5 億円、消耗品 6 億円、旅費・会議費 1.2 億円、計：129.2 億円

⑤ 年次計画

研究期間を 10 年間で設定し、前半では地球惑星科学関連量子 BL の建設と高度化を行うとともに、超大型高圧合成装置や多機能微細加工装置等を導入する。後半においてはこれらの本格稼働のもと、コンソーシアムの共同研究及び個別グループの研究により、概要に述べた地球惑星深部の進化過程やダイナミックな挙動に焦点を当てた研究を行う。特に 1) 下部マントルと核物質の化学組成の解明、2) 沈み込むプレートとマントル物質の粘弾性・破壊過程と、マントル対流の様式及び深発地震発生メカニズムの解明、3) 地球及び木星型惑星内部での水の構造・融点・物性の解明と進化・ダイナミクスへの影響の解明、などに的を絞った研究を集中的に行うとともに、生命の起源への実験的制約、系外惑星の物質科学、新規物質の合成、などにも取り組む。研究期間の前半は、既存の装置を使った地球深部物質の相転移と物性に関する「静的」研究を主に行う。期間の後半、特に最後の 3 年間は設備の能力を最大限に生かし、ダイナミクスや進化過程に焦点をあわせた「動的」地球惑星科学研究に取り組むとともに、成果の取り纏めを行う。

⑥ 主な実施機関と実行組織

5 つの中核的研究機関を中心に、当面国内約 20 の研究・教育機関ならびに海外 2 カ所のサテライト研究機関を組織したコンソーシアムをつくり、共同して量子ビーム施設における新規 BL の建設や既存 BL の高度化、維持管理にあたりとともに、共同研究を推進する。事務局を愛媛大学に置き、1) 次世代 BL・大型設備設置計画、2) 既存 BL 高度化・維持管理、3) 関連技術開発・共同研究に関する部会を設置する。また、大型研究の推進過程で、地球惑星科学の他分野の研究者や、高圧物質科学などの研究者にも参画してもらい、より幅広いコンソーシアムへと発展させる。RAD を 2 名程度配置し、全体の研究計画の立案・遂行をリードし、国内外の研究教育機関との連携を進める。

コンソーシアムの中核的研究機関、及びそれぞれの役割分担は以下の通りである。

[東北大 (理学研究科地球科学専攻)] : 次世代放射光光源における新 BL の建設と高度化、統合的地球惑星科学の展開。

[東大 (理学系研究科附属地球化学実験施設・地球惑星科学専攻)] : J-PARC 高圧中性子地球科学 BL の高度化、次世代放射光光源の新 BL 建設と高度化、木星型惑星内部の物質構造と進化の解明。

[東工大 (地球生命研究所: ELSI、理工学研究科地球惑星科学専攻)] : SPring-8・PF における高圧地球科学 BL の高度化、地球と生命の起源の解明・系外惑星の物質科学。

[岡山大 (地球物質科学研究センター: ISEI)] : SPring-8 における新 BL の建設と高度化・維持管理、共同利用支援、地球深部物質の構造・レオロジーの解明。高圧実験試料等の各種分光分析。

[愛媛大 (地球深部ダイナミクス研究センター: GRC)] : 全体の統括・事務局。超大型高圧合成装置の建設と維持管理、SACLA の高圧科学 BL の高度化・維持管理、共同利用支援、地球惑星内部のダイナミクスと進化・超高压を利用した新規物質の探索。

⑦ 社会的価値

本計画は、先端的量子ビーム科学と超高压科学を組み合わせた、世界をリードする地球惑星科学の展開を目指しており、地球や惑星深部など未知の世界の探索と、これらの起源や進化・未来などに関する知的好奇心に応えながら、新しい知の創造を図ることを最大の目的としている。一方で、地震発生メカニズムや、環境・資源問題といった安全安心に関連した、また超高压を利用した環境に優しい新物質開発など、グリーンテクノロジーに関連した社会的に関心の高い問題に関しても、基礎科学を背景とした貢献が期待される。高温高圧は新物質を生み出す重要な手段であるが、10 万気圧を超える領域での大容量合成実験は地球科学者の独壇場であった。ナノ多結晶ダイヤモンドはすでに製品化され、2012 年日本 10 大新製品賞に選ばれるなど、本計画に関連した一つの成功例といえる。本計画による物質科学研究者等との共同研究により、更に新たな超硬物質や高温超伝導物質等の開発も期待される。このように本計画は、世界をリードする先端的基礎科学の更なる発展とともに、大きな経済的・産業的価値を生み出す可能性を秘めている。

⑧ 本計画に関する連絡先

入船 徹男 (愛媛大学・地球深部ダイナミクス研究センター) irifune@dpc.ehime-u.ac.jp



掘削科学を用いた全地球システムの解明

① 計画の概要

本研究計画は、国際共同研究により海洋底および地殻内部の掘削を実施し、コア試料を用いて、マントル活動、地殻変動、地球表層の気候変動を含めた全地球システムを解明し、人類の持続可能な近未来の構築に資することを目的とする。この計画では、1) 地球深部から表層にいたる炭素・水過程の解明と気候変動に与える影響、2) 炭素循環と生物および資源形成、3) 地球浅部から深部における動的構造を解明するため以下の掘削を行う。

a) 表層堆積物

モンスーンやENSOとして現れる地球環境や地震津波・火山活動などの地殻変動の歴史、メタンハイドレートやレアメタルなどの資源鉱床形成に関係する地下生命圏の実体などは表層堆積物にすべて記録されている。これを掘削・解析することで近未来の全地球変動を予測し、資源開発に貢献する。

b) 沈み込み帯

沈み込み帯での多点掘削と高精度三次元物理探査を組合せ、これまでに発生した巨大地震の最大規模とその発生間隔を高精度に把握するとともに、地震発生帯を掘削して巨大地震発生機構を解明する。掘削後には断層帯近傍に地震計を設置して、地震時破壊進展過程を解明するほか、即時地震警報発信を可能にする。

c) 海洋地殻掘削（マントルと縁海）

掘削科学によって地殻からマントル深部までの物質構成を解明するとともに、地球深部における炭素・水循環モデルを構築する。さらに日本列島の成り立ちを考える上で重要な縁海を掘削して、地殻構造とその形成過程を明らかにするほか、黒鉱に代表されるレアメタル資源の濃集過程を明らかにする。

以上を遂行するため、深部掘削技術を開発するとともに、科学計測、長期計測、試料分析・保管、データベース管理を高度化し、戦略的国際共同研究体制を構築する。さらに、国際陸上科学掘削計画との連携を推進して、地球掘削科学における国際的リーダーシップを確保する。

② 学術的な意義

人類が持続的・近未来社会を構築するためには、巨大地震や大規模噴火などの自然災害あるいは地球温暖化といった人類が直面している課題を解決することが急務で、そのためには複雑な全地球システムの理解が必要不可欠である。本研究計画の科学的意義の一つは、現在から過去に遡って、実際にコア試料に記録されている現象を読み取ることで、巨大災害や気候変動などの未来予測に活用することである。また、その原因の多くは固体地球内部活動により制御されており、具体的には炭素・水循環、プレート・プリューム運動およびそれともなう地下生命圏を含む生物過程と堆積過程が関与している。それらの過程は地殻・マントル境界のモホ面、沈み込み帯と島弧地殻内部、および縁海内部に特徴的に記録されているため、これらの場所で掘削を実施して地球深部を解明することは地球システムの駆動メカニズムを解明することに他ならない。地球深部は宇宙と並んで人類未知の科学領域である。

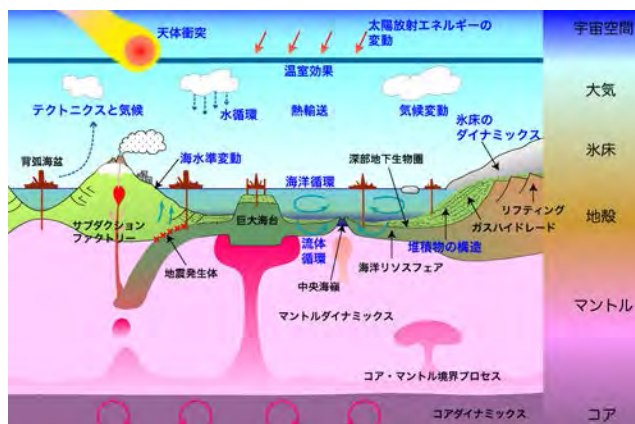
地球表層・深部活動による生産物は、資源という形で人類に利用されている。我が国の未来にとって資源は最重要課題であり、本計画の成果は、メタンハイドレートや石油・天然ガス、レアメタル資源の探査・開発に直接的に貢献する。

人間の生活に関しては、温暖化問題などでは数十年の変動が議論されていたが、先の東日本大震災では千年を越える現象を考慮すべきことを教えてくれた。本研究では、数十年の気候変動から数億年にわたるマントル活動の時間スケールまでを取り扱う科学計画を目指している。人類圏の安全・安定にとっては、人間時間から人類時間もしくは地球時間スケールの現象を総合的に解明できる研究計画が必要不可欠である。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

本研究の深海掘削および陸上掘削の計画に関しては、まず国際コミュニティによって科学目標や今後の課題などを詳細に議論した上で平成22年に国際共同研究計画書を策定し、次に日本地球掘削科学コンソーシアムおよび国内コミュニティにおいてこの国際計画に対応した国内推進計画を平成23年に策定した。この国内水深計画は海洋分科会でも承認を受けている。この国際共同研究計画に沿って、平成25年から10ヵ年計画で新たな深海掘削計画である「国際海洋地球発見計画」が実施されるが、研究船運用は日米欧がそれぞれ提供し、さらに中国、韓国、オーストラリア、インド、ニュージーランド、ブラジルが研究に参加することが決まっている。このように、本計画は国内外の研究動向を踏まえて計画されており、国際海洋掘削研究に関する日本の活動を具体的に推進するために提案するものである。

④ 所要経費



本計画の研究課題

経費は以下の6項目に関して使用し、10年間で総額1900億円である。

- 1) 高深度掘削装置開発費用(200億円)：ドリルビット、掘削パイプ、ロギング装置などの開発が必要。
- 2) 掘削事前調査費用(130億円)：掘削地点の決定を行うための事前調査費で、高精度三次元物理探査データの取得とその解析費を含む。
- 3) 掘削実施費用(720億円)：海洋掘削(APC、XCB、RCB)に70億円×10年間で700億円。陸上掘削では毎年2カ所行い、20カ所で20億円。海洋掘削候補地は、下北沖、三陸沖、鹿島沖、関東沖、熊野海盆、南海トラフ、沖縄トラフなど。
- 4) 高深度掘削費(450億円)：高深度掘削経費は諸経費を含め150億×3年間で450億円。
- 5) 分析解析拠点整備費用(50億円)：地球化学測定装置 20億円、生物化学・遺伝子解析装置 10億円、コア解析装置 20億円が必要。
- 6) 研究費および消耗品費(350億円)：各拠点及びサテライトに配分し、人件費を含む。拠点研究機関(6ヶ所)に5億円×10年間、およびサテライト研究機関(5ヶ所)に1億円×10年間。

⑤ 年次計画

本計画の平成25～35年度(10年間)を主として4つのステージに分けて研究計画を実施する。

- 1) 平成25～26年度：この期間では、マントルまで掘削できる高深度掘削装置すなわち耐圧・耐高温ドリルビット・掘削パイプ・検層ツールなどの開発や実用試験を行う。同時に研究室で化学分析およびコア解析用の分析機器も開発し、ナノレベルまで解析できる高解像度分析が可能な環境整備を行う。さらに表層堆積物の試料採取と浅部高精度三次元物理探査を実施し、古環境、古地震・古火山災害および資源関連の研究を推進する。また、陸上掘削によって炭酸塩生物礁など、更新世から鮮新世の試料を用いた地球温暖化、エルニーニョ、モンスーン関連の研究を行う。
- 2) 平成27～28年度：前年度作業を継続するほか、資源関連(ガスハイドレートおよび熱水地域)の掘削を実施する。さらに沈み込み帯での多点浅層掘削を実施して、これまでに発生した巨大地震の最大規模とその発生間隔を高精度に把握するとともに、地震発生帯掘削のための事前調査と掘削地点の選定作業を進める。さらにマントル掘削を行うための三次元物理探査を実施して、掘削地点の検討を開始する。
- 3) 平成29～31年度：巨大地震発生機構を解明するため候補地域で掘削を行う。候補地は、日本海溝、南海トラフ、沖縄トラフ、中米海溝地域、ニュージーランド海域で、毎年1～2地域で掘削を行う。また、前年度の事前調査を基にマントル掘削のための掘削地点を決定する。
- 4) 平成32～35年度：海洋地殻・マントル掘削を行う。また、計画の総括を行い、各分野において国際シンポジウムを行う。

⑥ 主な実施機関と実行組織

東北大学、高知大学、東京大学海洋研究所、京都大学、神戸大学、金沢大学を中心に広島大学、横浜国立大学、秋田大学、静岡大学、山口大学などをサテライトとして実施する。また、本計画は日本地球掘削科学コンソーシアムと密接に連絡し全国規模で進め、掘削目的に応じて最適な協力機関を要請する。これらの研究機関はこれまでの掘削計画においても十分な経験があり、上記の科学目的を達成できる機関である。中核となる役割分担は以下になっている。掘削の実施は、独立行政法人 海洋研究開発機構と共同で行う。

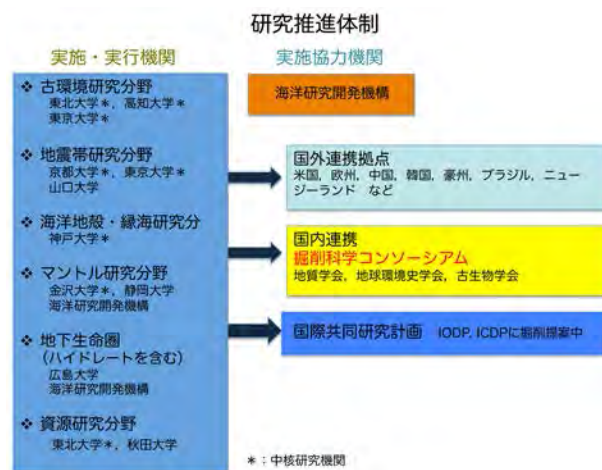
- 1) 古環境研究分野：東北大学、東京大学海洋研究所
- 2) 地震帯研究分野：京都大学、山口大学
- 3) 海洋地殻・縁海研究分野：神戸大学
- 4) マントル研究分野：金沢大学、静岡大学、海洋研究開発機構
- 5) 地下生命圏分野(ハイドレートを含む)：広島大学、海洋研究開発機構
- 6) 資源研究分野：東北大学、秋田大学

⑦ 社会的価値

本計画の目指す3つの研究課題はいずれも我が国の国民にとって重要な問題である。表層堆積物や炭酸塩プラットフォームの掘削は、温暖化問題、エルニーニョ、モンスーンなど現在の人類社会がかかえる問題に対して、その原因の解明や未来の変動予測に対して手掛かりを与えてくれる。地下生命圏の課題は地下炭素貯蔵の技術開発やメタンハイドレートの形成メカニズムの解明と密接に結びついている。地震帯の掘削はいうまでもなく、南海地震の危険性がかかえる我が国にとって、最優先の課題の一つである。これらの問題を解明することができれば社会的波及効果が大きく、その知的価値は重要なものとなる。また、現在の資源開発には掘削技術の開発は欠くことはできない。特に、海洋の高深度掘削のための技術やハイドレート回収のための技術は将来の我が国の資源探査には欠かせないものとなる。本研究計画はそれらの技術開発も含んでおり、その社会的意義は大きい。このように本計画は、国民の理解、知的価値に資するものであり、経済的・産業的価値はきわめて高いことが指摘される。

⑧ 本計画に関する連絡先

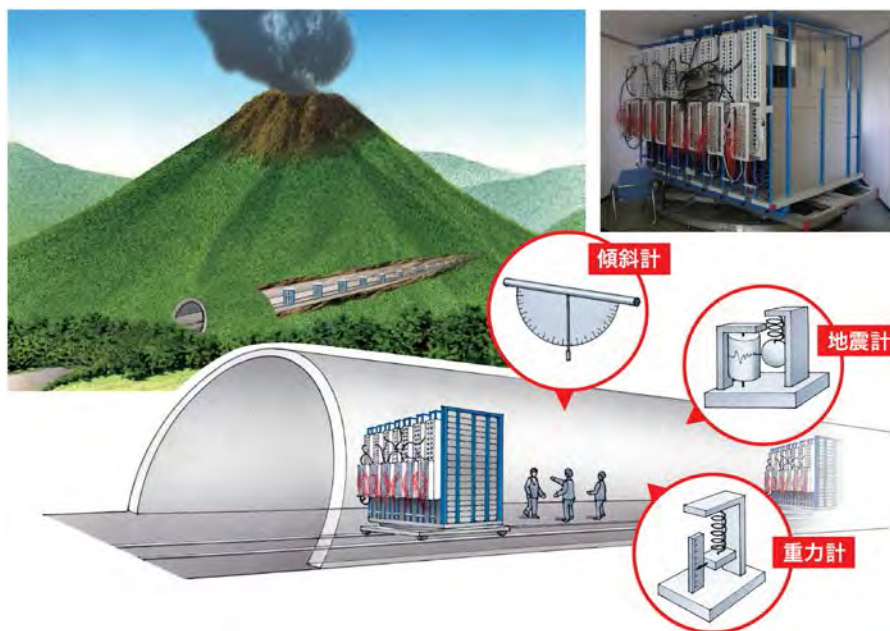
西 弘嗣(東北大学学術資源研究公開センター 東北大学総合学術博物館) hnishi@m.tohoku.ac.jp



極低雑音・大口径ミュオン検出器リニアアレイによる、火山ダイナミクス統合研究計画

① 計画の概要

わが国主導で始まった素粒子ミュオンを用いた火山内部の透視研究（ミュオグラフィ）は、国内外の火山を対象として、最近 5 年間に、数多くの目を見張る成果を創出してきた。本計画は、これまで技術的蓄積を重ねてきたミュオグラフィによる火山浅部の系統的研究を飛躍的に発展させ、火山噴火・マグマの移動の謎を、素粒子物理学と地球物理学とによって解き明かすことを目的としている。そのために、火山山体に複数の長大な水平坑道を掘削し、そこに多数のミュオン検出器（M）と、地震計（S）・傾斜計（T）・重力計（G）などの地球物理学計測器とを、一定間隔で配置したリニアアレイを建設する（MSTG アレイシステム＝ムスタング・アレイシステム）。超低雑音ミュオグラフィ・アレイ観測と稠密な地球物理学的観測を組み合わせる統合的な火山観測システムは世界に類例がなく、極めてユニークである。本システムを用いると、火山を通り抜けてくる極めて微弱なミュオン信号を、世界最高感度かつ多点で同時検出することができるため、従来の擬似 3 次元トモグラフィからリアル 3 次元トモグラフィへの飛躍が可能となる。本計画では、ミュオグラフィに付随設置する地球物理学的観測機器（地震計・傾斜計・重力計）を統合運用して、火山内部のマグマの動きやその火道の形状の変化などを、3 次元かつ時間的にも連続的に追跡する。得られる画像群はいわば動画のフレームをなすもので、その動画解析から、火山浅部のマグマ・ダイナミクスの包括的理解へとつなげる。



② 学術的な意義

人類を、ある時は巨大災害ゆえに恐れさせ、また、ある時はその神秘的な美しさで魅了してきた現象に、火山噴火がある。20 世紀における固体地球科学の進展は、人類の地球観に大きな変革をもたらし、近年では、前兆現象にもとづいて火山噴火の始まる時期の予知（噴火予知）は、かなりの成功を収めている。とはいえ、ひとたび噴火した後、「火山活動がどのような経過をたどり、いつ終息するのか」については、未だ研究途上にある。そもそも、マグマは何故、何万年にもわたって同じ場所から噴出し、1つの火山が形成されるのだろうか？火山形成のためには地下深くの地層の割れ目（岩脈）を昇ってくる板状のマグマがいつの間にか管状になる必要があると想像されているが、そのような構造の検出も夢の段階にとどまっている。さらに、同じ火山であっても、爆発的な噴火をする時もあるれば、溶岩を穏やかに流出させる時もあり、この違いが生じる原因も謎である。このような火山に関する未解明の諸問題の根幹には、火山内部のマグマの形状と動きを、詳細にかつ、直接的に捉えられなかったことがある。本計画では、この問題に直接的な解答を与えるため、火山学者と素粒子物理学者の強力な連携で開花した、宇宙線ミュオンによる透視装置を火山内部にアレイ状に多数配置し、火山体の各所を高解像度でステレオ撮影を行う。医学に例えれば、聴診器診察（火山の表面での、ミュオグラフィや地球科学的観測）から、内視鏡診断（火山体内部に宇宙線透視装置・地球計測計器を投入して、広い範囲の 3 次元画像を得る）への飛躍的發展である。本計画によって火山浅部マグマの研究は大いに進み、火山科学のみならず固体地球科学に新たなパラダイムをもたらすことが期待される。また、ミュオグラフィを高度化して世界最高感度の実験で見出される新たな発見は、異分野融合の成功例として、科学全体にとって大きな刺激を与えるという意義も持つ。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

宇宙線素粒子を用いた固体地球のイメージングは、1990 年代に東大・理学部で提案され、2007 年に浅間火山の透視を東大・地震研が実現してから、急速に発展してきた。この研究は世界中の注目を集め、本計画グループ主導の下で、技術開発や野外観測などの国際共同研究が推進されている（伊、西、米等 6 カ国）。また、「高エネルギー素粒子地球物理学」に関する国際研究集会を、2008 年からほぼ毎年開催し、議論や情報交換を行ってきた。一方、それとは独立に英国やカナダでは、数～10 億円の予算規模で技術開発が進行中である。わが国でも 2010 年度から年 3000 万程度の予算規模で本計画に対して準備を行ってきた。このような国内外の研究動向から、今後 5 年から 10 年でこの分野は資源探査をも念頭に置いて、益々発展することが予

想される。このような背景（実績、準備状況、国際協力体制）に鑑み、本計画は、火山学・地震学分野で、我が国が今後も世界を主導し、国際的プレゼンスを示す上で必須のものと位置づけられる。また、素粒子物理学と固体地球物理学という、異分野の連携融合研究という観点から、固体地球科学に革新をもたらす重要な役割を担っている。

④ 所要経費

350 億円

トンネル建設費：100 億円×2 本、検出器アレイ：100 億円、運営費等：5 億円／年

⑤ 年次計画

研究継続期間：10 年間

【初年度から 5 年間】

ミュオグラフィ・アレイシステム：最初の 3 年間で第 1 段階とし、低雑音ミュオグラフィ検出器システム及び自動ミュオグラフィ画像生成システムを完成する。新規ミュオグラフィ検出器システムは初年度に 1 台を完成した後、2 年目から 3 年目の間に 5 台を作成し、アレイシステムとしてのテスト観測を開始する。テスト観測には先見情報不要な 3 次元インバージョン解析プログラムの作成も含まれる。4 年目以降の第 2 段階では、50 台全ての検出器システム作成を完了し、早期の本格運用を目指す。最初の 3 年間で完了している 3 次元インバージョン解析プログラムと組み合わせることで、火山内部を詳細に 3 次元可視化する能力を得る。

水平坑道掘削：最初の 4 年間で、2 火山にそれぞれ 1 本（合計 2 本）の水平坑道掘削を完了し、地下ミュオグラフィ・アレイシステムの高度化を集中して行う。同時に、傾斜計・地震計・重力計など既存地球物理学的計測機器を坑道内に多点配置し、5 年目終了までに国内外のデータ利用ニーズに迅速に対応できる新規運用体制を構築する。対象火山として、玄武岩質火山とデイサイト質火山を一つずつ予定している。

【6 年目から 5 年間】

ミュオグラフィ・アレイシステムの遠隔モニタリングシステムを完成させ、ミュオグラフィ 3 次元画像をリアルタイムで取得できるようにする。システムを全国共同利用施設として効率的に運用するネットワークシステムを構築する。ミュオグラフィ巨大アレイシステムによる第 2 段階の成果を蓄積する。それと平行して、リアルタイム・ミュオグラフィ 3 次元画像と他の地球物理学的観測手法や火山噴火モデリングとのジョイント・インバージョンの手法を確立させる。本計画の実現により得られる火山内部の新しい知見を元に、次期計画の具体的検討を行い、システムの更なる展開を目指す。

⑥ 主な実施機関と実行組織

実施主体となる機関は東京大学地震研究所であり、平成 22 年に東京大学の全学支援の下、同研究所に設置された「高エネルギー素粒子地球物理学研究センター」が、本研究計画の推進にあたる。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、同研究所に設置されている国際地震・火山研究推進室は、平時から多数の外国人研究者の受け入れや学術交流協定の締結等の業務に携わっており、国際共同研究を実施するうえでも問題はない。ミュオグラフィに関わる技術開発は、高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所及び東大物理学専攻と提携し、素粒子検出における最新の技術導入を図る。MSTG リニアアレイ・システムを用いた火山観測については、これまでに火山のミュオグラフィ共同研究を実施してきた大学（北大・名大・京大・九大ほか）や研究独立法人（産総研ほか）を中心にすすめるが、それにとらわれることなく、地震研究所の共同利用機能を活用して、広く関係する火山学研究者の参加を求める。研究遂行上生じる膨大な事務は、地震研究所・事務部（正規職員）と、研究事務支援室（専門知識を持つ管理者が、組織化された有期雇用職員を統括する組織）を強化することで対応する。広報アウトリーチ活動は、高エネルギー素粒子地球物理学研究センターが研究事務支援室とともに進めている活動（ニュースレター発行等）を拡充し、同時に研究所広報アウトリーチ室と連携して進める。

⑦ 社会的価値

ノーベル賞受賞などがわが国で多くの成果を上げてきた素粒子物理学分野と、多様な火山活動が生じている我が国の地球科学的特徴を組み合わせた新しい学術融合分野であるミュオグラフィの発展は、わが国のサイエンスに対する国民の知的価値を向上させる。さらに、火山国日本においては、防災という視点からも火山噴火の予測は重要である。火山の大規模噴火は時として社会のシステムに大きな影響を与えるため、高精度な噴火及び噴火推移の予測が重要である。ミュオグラフィは火山噴火に対して、データのリアルタイム動的処理による火山内部の 3 次元高速可視化を行うことで、安心できる噴火モニタリングシステムへと進化するポテンシャルを秘めている。溶鉱炉、電炉など産業用製造プラントの可視化技術はわが国オリジナルの技術であり、大手製造メーカーの操業成績の向上、わが国の製造業における国際競争力の強化の過程を経て、日本国全体の経済水準の向上に寄与する。また、ミュオグラフィによるエネルギー源探査技術、資源探査技術の高度化は安全・安心な持続性可能な社会の実現に寄与する。

⑧ 本計画に関する連絡先

田中 宏幸（東京大学地震研究所） ht@eri.u-tokyo.ac.jp

海底地震・地殻変動観測網の整備と海陸地震火山観測に基づく地震発生及び火山噴火予測研究の推進

① 計画の概要

本研究計画では、海底での地震・地殻変動観測網整備を軸とした観測体制の飛躍的な強化を通して地震発生・火山噴火の新しい予測科学の創出を目指す。さらに、地震・火山噴火災害軽減を目指して、地域から地球レベルの持続可能な環境形成に貢献する。観測データに基づき、沈み込み帯で生起する諸現象、例えば、プレート運動とマントルレオロジーによる沈み込み帯のプレート相互作用、脱水に関連した化学的な変化、マグマ生成・上昇のモデル等を構築し、観測データから地震および火山活動のポテンシャル評価や推移予測を実現するための研究を推進することにより、地震及び火山現象の理解の一層の深化と予測科学としての進展を図る。現時点で特に観測が不足している海底においては、地震・地殻変動観測網（全長約 15,000km の海底ケーブルによる海底観測点 850 点、海底孔内観測点 100 点）を整備する。すでにケーブルシステムが既設ないし設置予定の海域においても、観測点密度を増すことで、検知能力と空間分解能の大幅な向上を図る。陸域では 1 万点規模の地震観測を可能とする次世代型稠密地震・火山観測システムの整備とそれを活用した集中観測研究と高エネルギー素粒子（ミューオン等）を用いた地下透視技術等の新技術の開発により、地震の発生場と活火山の内部構造やダイナミクスの解明を推進する。このようにして強化された観測体制により、海陸での地震・火山活動を長期にわたって継続的に観測研究することと並行して、ボーリング掘削資料を用いた噴火履歴研究、噴火モデルに基づく火山噴火予測研究、複雑な地震の破壊現象の素過程を理解する研究、地殻活動全体を把握する島弧の詳細な地下構造探査、非地震性滑りや深部低周波微動等を説明できる地震発生シミュレーション研究を行う。これらの成果に基づいて、地震・火山噴火ハザード（災害誘因）の予測研究を進め、持続可能な環境形成に貢献する。



② 学術的な意義

本研究の学術的意義は、自然災害の予測科学手法の確立、沈み込み帯の地球科学への貢献、さらにそれを含む固体地球の予測科学への貢献である。これらのためには、陸上の観測だけでは不十分であり、海底観測が不可欠であることが、東北地方太平洋沖地震の発生により改めて認識させられた。

【自然災害の予測科学】巨大地震や大噴火が発生すると人的・経済的被害は極めて大きく、その予測手法の確立は急務である。地震火山災害の軽減化という観点で我が国では社会的ニーズが極めて大きい。平成 23 年東北地方太平洋沖地震による震災のような大震災軽減のための災害科学に貢献できる。特に、海底ケーブルの整備は津波のリアルタイム予測技術の大幅な革新にも貢献できる。

【沈み込み帯の地球科学】地震発生および火山噴火を予測するには、地震及び火山噴火現象の本質を知ることと地震発生・火山噴火に至る物理・化学過程の実証的な理解が不可欠である。このため、本プロジェクトが進展すると、それらの予測の科学的基盤である「沈み込み帯の地球科学」や「火山科学」へ大きな波及効果がある。

【固体地球の予測科学】本プロジェクトの進展は、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新たな「固体地球の予測科学」の創成に繋がる。本計画の進展によって、地震発生の原動力となるリソスフェア・アセノスフェア運動の根本的理解が進み、地震発生・火山噴火予測を含む固体地球の変動予測に貢献できる。

【持続可能な地球の科学】地震・火山噴火予測の目標は、地震・火山噴火災害軽減である。この研究を進めるにあたり、アジアを中心として進められる Future Earth の概念に沿った持続可能性向上のための統合的な研究・教育・環境情報のネットワークを構築、研究者と社会のステークホルダーと組んだ、地域から地球レベルの持続可能な環境形成に貢献する。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

地震予知研究は昭和 40 年から約 45 年間、火山噴火予知研究は昭和 49 年から約 35 年間、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協力し、組織的に研究を推進してきた。その成果は、緊急地震速報や火山の噴火警戒レベル等被害軽減を目指した情報に活用され、本研究の社会への波及効果は大きい。平成 21 年からは共通の地球科学的背景を持つ地震予知と火山噴火予知研究が統合され、新たな「地震及び火山噴火予知のための観測研究」が開始され、約 200 の研究課題が実施され、毎年成果報告シンポジウムが開催され、成果報告書が刊行されている。陸上の基盤的な観測網に匹敵する密度の海底観測網を構築するとともに、陸上ではさらに高密度・高精度の集中観測を推進することにより、我が国が主導的な立場を確保して、他国との共同研究によりこの分野の研究を推進することが求められている。例えば、プレート境界の巨大地震震源域に隣接して発生する深部低周波微動や非地震性滑りは、我が国の西南日本に置いて世界で初めて発見され、巨大地震震源域との関連や地震発生予測の手がかりとして国内外で大きく注目されている。

④ 所要経費

1,550 億円（初期投資：1,250 億円、運営費等：300 億円）

●設備費（掘削経費を含む初期投資）：

(1) 海底ケーブル・海底孔内地震津波地殻変動観測システム 1,010 億円（長さ 750km x 20 ケーブルシステム、観測点総数 850 点のシステム製作費 600 億円、設置費 150 億円、孔内観測地震観測システム 2.60 億円/観測点 x 100 観測点、深海掘削および孔内観測地震観測システム設置は、公募による掘削船および水中ロボットを用いることを想定し、本予算の枠外）

(2) 原子核乾板製造装置・画像処理装置 60 億円

(3) 太平洋海底地震・電磁気アレイ観測装置 100 億円

(4) 次世代型稠密地震・火山観測システム（満点（万点）システム）80 億円

●運営費：海底ケーブル・海底孔内地震津波地殻変動観測システムの運用、海陸にまたがる長測線構造探査、ボーリング調査、用船費等で年間 30 億円/年 x 10 年

⑤ 年次計画

平成 26～35 年度

（具体的な計画）

●海底ケーブル・海底孔内地震津波地殻変動観測システムの整備と運用：

平成 26 年度～27 年度：15,000km・850 点規模のシステム設計と製作、ケーブルルート決定

平成 28 年度～32 年度：システムの海底敷設・設置（5 カ年）

平成 33 年度～35 年度：海底/海底孔内観測システム運用（その後、平成 55 年頃まで運用）

●その他の地震発生及び火山噴火予測研究：

平成 26 年度～35 年度：全国 8 地域で、太平洋側から日本側に及ぶ海陸統合長測線探査によるプレート沈み込み帯、火山深部構造解明（島弧プロファイリング）

平成 26 年度～30 年度：次世代型稠密地震・火山観測システムの整備とそれを活用した集中観測、プレート沈み込みモデルの高度化と地震発生予測のためのデータ同化手法の開発、内陸地震発生機構の解明、噴火事象分岐機構を取り入れた噴火予測手法の開発、高エネルギー素粒子を用いた地下透視技術等の新技術の開発、太平洋海底地震・電磁気アレイ観測装置の整備

平成 31 年度～35 年度：データ同化手法を取り入れた地震発生予測の試行と噴火シナリオによる火山噴火予測手法の開発・噴火事象分岐機構の解明と予測の試行

⑥ 主な実施機関と実行組織

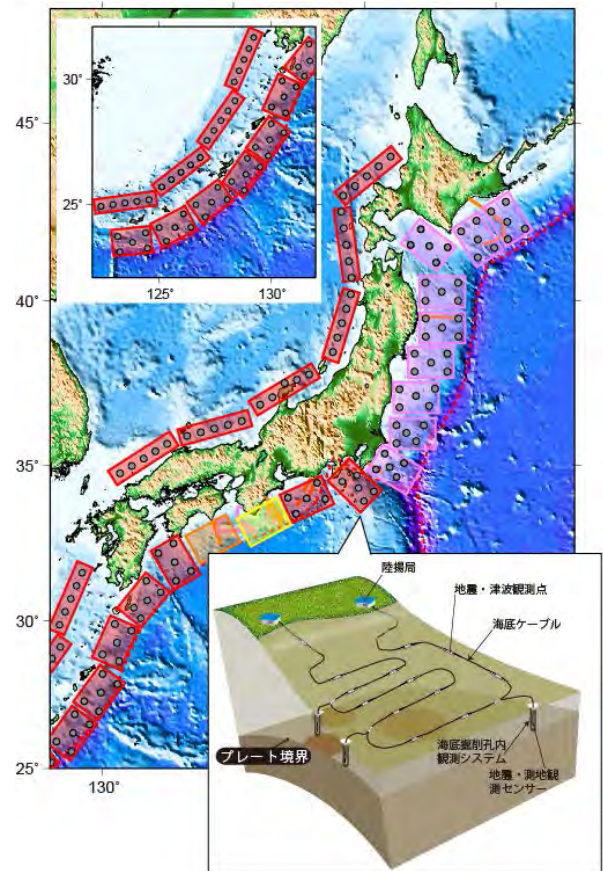
東京大学地震研究所（共同利用・共同研究拠点）が中核となり、国立大学法人（北海道大学大学院理学研究院、弘前大学大学院理工学研究科、秋田大学大学院資源工学研究科、東北大学大学院理学研究科、東京大学大学院理学系研究科、東工大火山流体研究センター、東工大理工学研究科、名古屋大学大学院環境学研究科、京都大学大学院理学研究科、京都大学防災研究所、高知大学理学部、鳥取大学大学院工学研究科、九州大学大学院理学研究院、鹿児島大学大学院理工学研究科、千葉大学大学院理学研究科）、私立大学（東海大学海洋研究所、立命館大学総合理工学研究機構）、研究開発独立法人（海洋研究開発機構：海底ケーブル・海底孔、防災科学技術研究所：海陸地震観測）、高エネルギー加速器研究機構（高エネルギー素粒子透視技術）が実施する。

⑦ 社会的価値

地震・火山噴火災害軽減に関する国民の期待は大きい。平成 24 年度科学技術白書でも、「地震学、地質学、考古学、歴史学等の統合的研究の充実や観測体制の充実強化が必要」と述べられている。我が国は地震・火山科学に関しては世界をリードする成果を挙げており、この成果を地震・火山噴火災害の軽減化に結び付けることが強く社会から求められている（地震・火山噴火予知研究協議会外部評価、平成 25 年 1 月）。とりわけ、2011 年東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）による津波災害と類似の災害の軽減は緊急の課題であり、海底地震津波観測網の整備と、そのデータによる津波予測の精度向上は、防災・減災上きわめて有効である。地震や火山噴火が多発する環太平洋地域諸国との共同研究などにより、低頻度大規模現象に関する研究を推進し、得られた知見を、超巨大地震・火山噴火に対する備えとして、国民の科学・災害リテラシーの向上に役立てる。また、海底観測網は、海底における地球環境の計測という観点もある。地球環境の持続可能性を向上するための研究を自然科学と社会科学の統合に基づいて推進する Future Earth にも貢献できる。

⑧ 本計画に関する連絡先

平田 直（東京大学地震研究所） hirata@eri.u-tokyo.ac.jp



CQH と MULTUM で拓く宇宙・地球・生命科学

① 計画の概要

科学の探求において「これまでは見えなかったものを観る」という技術的なブレークスルーは研究分野の躍進をもたらす。未知の物を観るためには、現場の研究者と装置開発者の密な連携により、目的を達成するための独創的な機器を創り出すことが必要不可欠である。しかしながら、近年、我が国では海外メーカーの汎用分析機器を購入し、欧米で構築された分析手法を模倣し解析するだけということが多く行われている。この状況では先駆的な研究を行なっていくことは困難である。大阪大学の質量分析グループは、1930年代後半に国内で最初に質量分析装置を開発して以来の長い装置開発の歴史があり、二重収束質量分析装置『CQH』や、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と、それらを用いた独創的な研究を行ってきた。本研究計画では、大阪大学の伝統ある質量分析装置開発をベースに、作り手と使い手の密な連携により、宇宙・地球・生命科学の最先端を切り拓くことを目的としている。

大阪大学大学院理学研究科は、平成23年10月1日に、基礎理学をさらに発展させる一つの方向として、分野の壁を取り払った学際的な研究や、基礎的な研究成果をさらに発展させるような大型研究等を行う研究施設『基礎理学プロジェクト研究センター』を設立した。その中の学際理学部門は、質量分析機器開発を核に理学研究科の各専攻や他研究科、他大学の研究者が連携して分野横断型研究を推進することを目的に掲げている。本計画では、同研究センターを拠点に様々な分野の研究者の協力を得て、まずは宇宙・地球・惑星科学分野において世界に先駆けた研究を行える装置開発や分析手法の開発を行うところから始める。つづいて、ここで得られた成果やノウハウを物質・材料科学や生命科学分野へと展開し、「宇宙における生命進化の解明」という現代基礎理学の大命題に挑む。

② 学術的な意義

物理学、化学、ライフサイエンス、地球惑星科学、環境科学などの様々な分野の個々の発展において「質量分析」は必要不可欠な手法である。言い換えると、質量分析技術の開発は、多くの科学分野が進展する「扇子の要」となっている。しかしながら昨今の日本の大学を見渡した時、市販の装置を購入し小手先の改良を試みている研究室はあるものの、研究テーマに特化した質量分析計をイオン軌道シミュレーション技術からデザインできる研究室は、大阪大学を除いては皆無である。本計画では、阪大を中心に培ってきた質量分析装置開発ならびに付随するイオン化や解離、前処理、データ処理、分析手法などの技術を結集し、それぞれの研究テーマに特化した質量分析装置を新たにデザインし、市販の装置では成し得ない、研究分野のdrasticな展開を目指すことに特長がある。

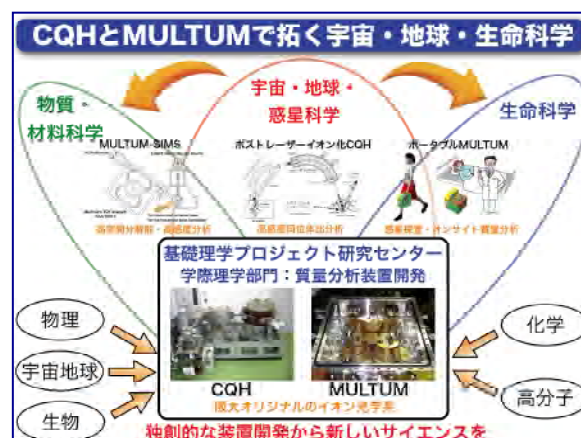
まず最初に行う宇宙・地球・惑星科学分野での展開では、[1]元素の起源の情報を有するプレソーラーグレイン（先太陽系粒子）、[2]はやぶさ1・2号機が採取した小惑星微粒子などの測定や、[3]月・惑星探査機におけるオンサイトでの分析などを、これまでにない高い空間分解能や質量分解能、感度で行うことで、「恒星内部の元素の合成メカニズム」、「太陽系における地球型惑星の誕生と進化プロセス」に関する知見を得ることが可能となる。ここで得られた技術は、[4]高機能性材料の分析や[5]環境汚染物質のモニタリングなどの物質・材料研究への展開や、[6]生体高分子などの網羅的解析（オミクス）や、[7]医療現場での疾病病態診断などの生命科学分野への展開へとつなげていくことができ、「生命現象のメカニズム」などの知見獲得に繋がる。このように、特色ある装置開発を基盤に「宇宙における生命進化の解明」という現代基礎理学の大命題に挑む本計画は、大阪大学理学研究科ならではの提案であり、学術的にも大変意義がある。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

現在、日本の多くの研究室に質量分析装置が配備され、それぞれの研究分野の強力なツールとなっている。しかしながらこれらの装置は市販の汎用装置であり性能が特化していないことから、科学的進歩という観点から言えば、ドングリの背比べのような状況である。世界を牽引するには、各研究テーマに特化した、空間分解能、質量分解能、感度において突出する性能を有する独創的な装置開発が必要不可欠である。2020年には地球に帰還するはやぶさ2号機が計画されており、日本独自の分析装置の開発が急務である。そこで、様々な応用研究への展開が考えられる中から、まずは地球外微粒子の高精度同位体分析に照準を絞り、世界初のナノスケール絶対年代分析の新機軸を開発し、惑星科学のニューフロンティアを拓くことから始める。

④ 所要経費

ポストイオン化CQH型質量分析装置の開発	7億円
FIB-MULTUM型質量分析装置の開発	5億円
惑星探査用小型質量分析計の開発	3億円
環境モニタリング用小型質量分析計の開発	3億円
医療診断用小型質量分析計の開発	4億円
加速器質量分析装置の開発	7億円
新規准教授ポスト2名、研究員6名（10年）	5億円

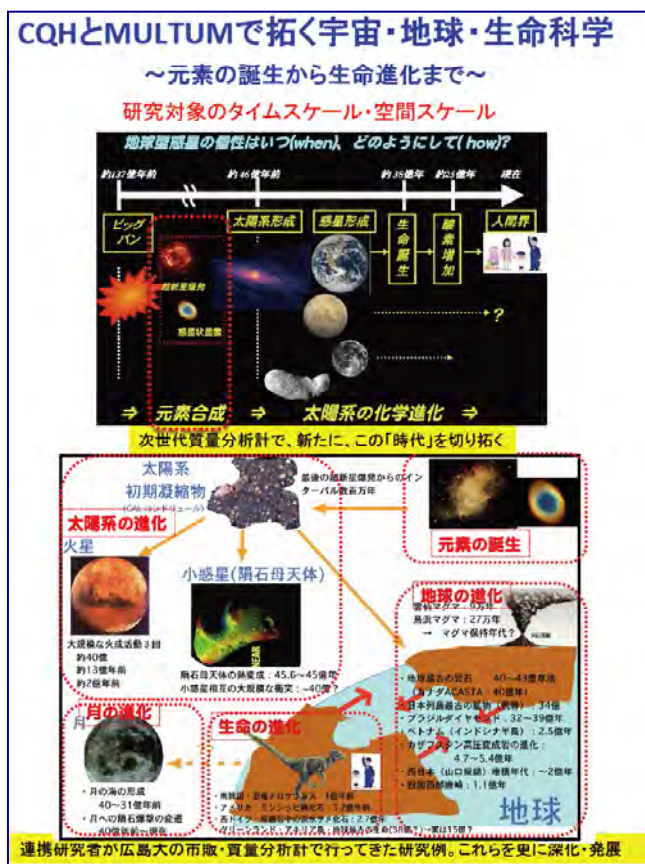


装置附帯設備	1億円
新規建物	5億円
合計	40億円

⑤ 年次計画

本計画の最初の5年は、宇宙・地球・惑星科学分野において3つの柱で装置開発を行う。一つ目は、はやぶさ2号機や欧州・マルコポーロ計画が回収する小惑星微粒子の高精度同位体分析測定のための、ポストイオン化CQH型質量分析装置の開発である。現行のSIMSの最大の弱点であるイオン化効率の悪さ(数%)を、フェムト秒レーザーによるポストイオン化法で100%にすることで、サブミクロンの空間分解能でウランや鉛などの重元素の世界最高感度の局所分析を達成する。二つ目は、元素の起源の情報を有する $1\mu\text{m}$ サイズ以下のプレッシャーグレイン(先太陽系粒子)の同位体分析のための、FIB-MULTUM型質量分析装置の開発である。従来の酸素やセシウムのイオン源ではビームサイズを絞る事が困難であったが、ガリウムをイオン源とする微細加工用FIBを採用し、空間分解能10nmを達成する。三つ目の柱は、惑星探査用小型質量分析計の開発である。探査機にはできる限り多くの装置搭載が望ましく、装置の小型化・軽量化は生命線である。開発中の手の平サイズの多重周回型光学系(MULTUM)の改良及び実用化を行う。

5年目以降は、これらの高い空間分解能、質量分解能、感度の開発技術を活かし、オンサイトでの環境リアルタイムモニタリング用小型質量分析計の開発、新規機能性材料のイメージング質量分析装置、オンサイト医療診断用小型質量分析計の開発へと展開する。



⑥ 主な実施機関と実行組織

大阪大学大学院理学研究科の全面的な支援体制のもと、附属基礎理学プロジェクト研究センターの学際理学部門が先導的に本研究計画を実行する。現在、同部門は専任教員2人、および生物科学専攻、宇宙地球科学専攻、化学専攻、物理学専攻と兼任する10名の教員からなっているが、本計画により、新規に特任准教授2名、およびポスドク6名を新たに置き、質量分析装置の開発を核に、生物系、物理系、宇宙地球科学系の3分野で研究を推進する。

また、学際理学部門では、工学研究科や医学研究科、歯学研究科、薬学研究科などの学内他部局や、京都大学、大阪府立大学、神戸大学、北海道大学、東京大学などの国内他大学、オークランド大学、NASA、オーストラリア国立大学、パリ大学、英国・オープン大学、独国ミュンスター惑星学研究所などの他大学とも既に共同研究などを行なっている。さらに、質量分析などの複数の分析機器メーカーや検出器メーカーなどとの産学共同研究も行なっている。本プロジェクトにおいては、これらの既にある枠組みを活用するとともに、さらに連携範囲を広げ、大阪大学にマスマスプロトメトリーの拠点を形成する。

⑦ 社会的価値

「我々はどこから来て、どこへ行くのか」という問いは、国民の誰もが一度は抱く人間の根源的な命題である。例えば、人類の究極のルーツは地球の材料物質である始原的隕石、更に遡れば元素合成の痕跡を残すプレッシャーグレイン(先太陽系粒子)の同位体比に見いだす事ができる。一方、地球の将来像は、46億年の地球の歴史や火星の表層環境の進化の理解の延長線に見い出すことができる。本計画の革新的な技術開発に基づく宇宙・地球・生命の歴史の詳細な解説は、基礎理学(自然科学)を発展させるだけでなく、得られた知見(宇宙観、自然観)を老若男女が普く享受する事ができる点でも大変意義がある。一方、これまで数多くの大阪大学で開発された装置や提案されたイオン光学系が、国内外の企業から市販され、世界の質量分析業界で用いられてきている。本プロジェクトで開発する質量分析装置も、将来、世界中で幅広く利用されるようになることが期待される。特に小型MULTUMは、近い将来に医療現場や環境モニタリングなどの社会生活の身近なところで用いられるようになる可能性や、惑星探査のように多くの国民の目につくところで活躍すると考えている。

⑧ 本計画に関する連絡先

豊田 岐聡(大阪大学・大学院理学研究科) toyodam@phys.sci.osaka-u.ac.jp

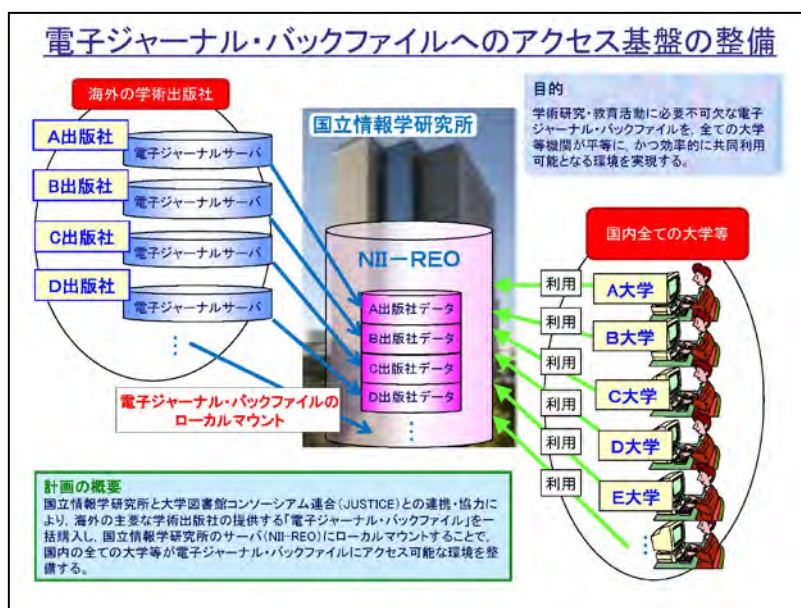
電子ジャーナル・バックファイルへのアクセス基盤の整備

① 計画の概要

IT 技術の進展に伴い、学術情報流通の電子化が急速に進行し、学術論文流通の主役は、従来の紙媒体の雑誌から電子ジャーナルへと移行している。そうした中、海外の主要な学術出版社は、カレントデータの電子ジャーナル発行と並行し、創刊号に遡ってバックナンバーの電子化まで概ね完了しており、これをバックファイル・コレクションとして提供している。バックファイル・コレクションは、年間購読契約によるカレントデータの利用とは異なり、一括払いによる買い取り契約により提供されるのが一般的である。学術研究・教育活動においては、カレントデータに劣ることなく、過去の学術研究成果であるバックファイルの利用が必要不可欠であるものの、個々の大学等においては、カレントデータの契約に係る経費の捻出にも苦慮している状況であり、バックファイル・コレクションの整備が進んでいない。

本計画は、海外の主要な学術出版社の提供する電子ジャーナル・バックファイルの体系的な導入を図るとともに、導入したコンテンツを情報・システム研究機構国立情報学研究所の電子アーカイブ事業（NII-REO）のサーバ上に搭載し、一元的に提供することで、学術研究・教育活動に必要な電子ジャーナル・バックファイルの、全ての大学等機関による共同利用を実現するものである。NII-REO 上での提供に際しては、電子ジャーナルの本文ファイル(pdf ファイル)のみならず、各論文のメタデータも搭載する。出版社毎に異なるメタデータを統一フォーマットに変換し、高度な論文検索機能を実現するためのソフトウェアの開発も併せて実施することが必要である。

本計画は、大学図書館コンソーシアム連合（Japan Alliance of University Library Consortia for E-Resources : JUSTICE）との連携・協力により 5 年計画で推進する。



② 学術的な意義

学術研究・教育活動においては、先行研究の調査は必要不可欠であり、その成否が研究・教育そのものの方向性を大きく左右するといっても過言ではない。

学術図書館研究委員会（SCREAL）により 2011 年に実施された電子ジャーナル利用動向調査によると、薬学、化学、生物学、物理学、医学等の自然科学分野では、半数以上の研究者が、ほぼ毎日、電子ジャーナルを自身の研究活動に利用している。比較的利用頻度の少ない人文社会系の研究者についても、7 割以上が、月に 1 回以上は電子ジャーナルを利用することが不可欠な状況となっている。また、研究者の半数以上が、紙媒体ではなく電子ジャーナル形態でのバックナンバー整備を希望している状況である。

一方、英国図書館（British Library）が 2007 年に発行した白書には、自然科学系分野の学術出版社の電子ジャーナル・プラットフォーム上の利用統計では、全体の 20～25%が 5 年以上前の学術論文であることが示されている。また、SCREAL による 2007 年の調査では、我が国においても 6 年以上前の学術論文に対する利用が全体の約 25%を占めているとの結果が報告されており、学術研究・教育活動において、電子ジャーナル・バックファイルの重要性は疑う余地がないものと言える。

しかし、電子ジャーナル・バックファイルの整備を個々の大学等に委ねては、大学等の予算の多寡による学術情報へのアクセス格差を引き起こしかねない。

国内の全ての大学等が平等に電子ジャーナル・バックファイルにアクセス可能な環境を整備することで、我が国全体の学術研究・教育活動の発展に大いに寄与するものである。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

これまでの調査では、イギリス、ドイツ、フランス、カナダ、韓国等において、既に電子ジャーナル・バックファイルや電子資料コレクション等を国の財政支援によって整備し、国内の学術研究機関への提供を行っている状況が判明している。

特に、ドイツにおいては、2004 年以降、ドイツ学術振興会（DFG）の資金により、順次学術出版社との価格交渉を経て、電子ジャーナル・バックファイルのナショナル・サイト・ライセンス契約を締結させてきており、投入された資金の総額は既に 1 億ユーロを超えている。

我が国においては、一部の大規模大学等が個別に電子ジャーナル・バックファイルを購入し、学内利用に供しているものの、その数は限られ、導入は遅々として進んでいないのが実情である。また、未導入の大学の多くは、導入計画すら立てられない

状況にあり、その大きな理由が予算確保の目途が立たないことである。こうした学術情報基盤の整備において諸外国に大きく後れをとることは、我が国の学術研究・高等教育の衰退を招くものといって過言ではない。

④ 所要経費

計：78 億円

(内訳)

1. 電子ジャーナル・バックファイル購入経費：73 億円

電子ジャーナル・バックファイルを、既にコンソーシアム（大学等の連合体）単位で契約可能、あるいはコンソーシアム契約に応じる姿勢を見せている出版社のうち、大学等の需要が高い10社の電子ジャーナル・バックファイルの購入を計画するものである。

2. 運営費：5 億円

(1) ソフトウェア開発委託経費：3 億円（1.5 億円／年×2 年）

(2) 運用経費：2 億円（0.4 億円／年×5 年）

⑤ 年次計画

平成 26 年度

- ・NII-REO の機能拡張のためのソフトウェア開発を実施する（2 年計画の1 年目）
- ・主要な3社のバックファイルを導入する。

平成 27 年度

- ・NII-REO の機能拡張のためのソフトウェア開発を実施する（2 年計画の2 年目）
- ・主要な2社のバックファイルを導入する。

平成 28 年度

- ・学会系出版社3社のバックファイルを導入する。

平成 29 年度

- ・人文社会科学系出版社1社のバックファイルを導入する。

平成 30 年度

- ・人文社会科学系出版社1社のバックファイルを導入する。

⑥ 主な実施機関と実行組織

情報・システム研究機構国立情報学研究所（NII）が主な実施機関として本計画を推進する。

NII は、学術情報の急速なデジタル化の進展の中で、我が国の大学等の教育研究機関において不可欠な学術情報の確保と発信の一層の強化を図ることを目的に、平成 22 年 10 月に、国公私立大学図書館協力委員会との間で「連携・協力の推進に関する協定書」を締結し、活動を推進するための組織として、国公私立大学図書館協力委員会の常任幹事館である、東京大学、筑波大学、横浜市立大学、大阪市立大学、慶應義塾大学、早稲田大学と NII を構成員とした「連携・協力推進会議」を設置している。

上記協定書においては、「バックファイルを含む電子ジャーナル等の確保と恒久的なアクセス保証」を危急の課題と位置づけ、平成 23 年 4 月に「連携・協力推進会議」の下に「大学図書館コンソーシアム連合（JUSTICE）」を発足させている。JUSTICE は、国内の約 500 の大学図書館が参加する組織であり、電子ジャーナル等の電子リソースに係る契約、管理、提供、保存、人材育成等を通じて、わが国の学術情報基盤の整備に貢献することを目的とし、出版社等との交渉を通じた電子リソースの購入・利用条件の確定や、電子ジャーナルのバックファイルや電子コレクション等の拡充に向けた諸事業を実施している。

本計画の実施にあたっては、NII が経費の調達及び導入後の電子ジャーナル・バックファイルの提供環境等を整備し、導入対象となる電子ジャーナル・バックファイルの選定および学術出版社との契約条件の交渉等については JUSTICE の協力を得る。なお、JUSTICE の運営の中心的な役割を果たすのも、国公私立大学図書館協力委員会の常任幹事館である上記の6 大学である。

⑦ 社会的価値

電子ジャーナル・バックファイルは、様々な学術分野の研究者が共通的に利用可能な、全分野を横断する学術情報基盤であり、本計画は、国内の全ての大学等が平等に電子ジャーナル・バックファイルにアクセス可能な環境を整備し、我が国全体の学術研究・高等教育活動の発展に大いに寄与するものである。

国として一括して整備することにより、各大学等が個々に導入するよりも導入経費を抑制することが可能である。

諸外国では既に国策として導入が図られており、我が国においても同様の取り組みを行わなければ、諸外国に大きく後れをとり、学術研究・教育活動の衰退を引き起こすものである。

⑧ 本計画に関する連絡先

安達 淳（情報・システム研究機構国立情報学研究所） adachi@nii.ac.jp

e-サイエンスに向けた革新的アルゴリズム基盤

① 計画の概要

本研究計画は、従来手法では解決不可能な大規模問題を数理解析に基づく革新的なアルゴリズムによって解決することを目指す。物理、化学、生物などの科学、土木、建築、機械などの工学、交通、経済・経営の諸分野や地球規模の諸問題（環境、エネルギー、バイオ）及び突発的事態（防災、避難及び復興計画）への具体的な現実的な対応を目標とする。このために、アルゴリズム科学と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と応用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、地球規模のネットワークや高密度な計算環境の高度活用を実現する情報技術開発基盤センターとして整備する。

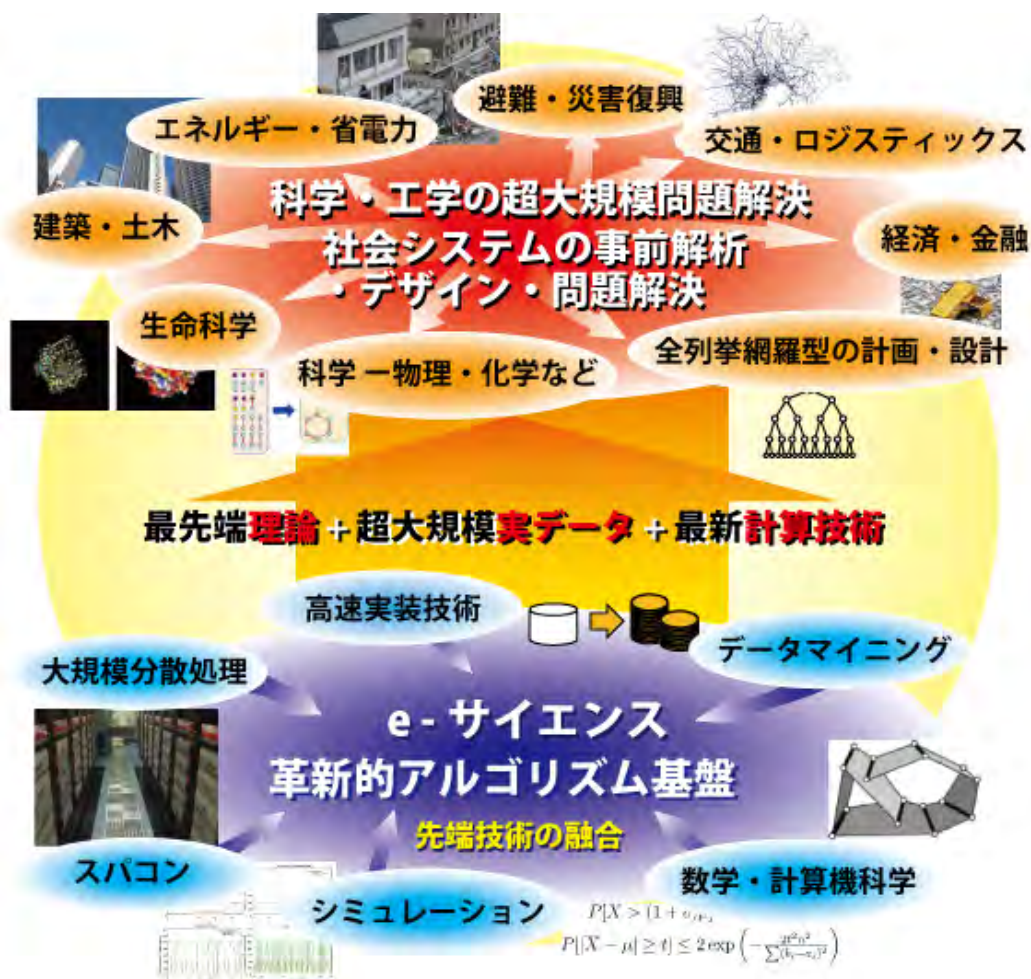
これにより、個別分野に分散しているアルゴリズム開発の要求と学術を集約し、アルゴリズム科学の学問体系をe-サイエンスの中核として創生し、標準化した知識として諸分野に提供する体制を確立する。とりわけ東日本大震災以降、安心できる社会システムの計画・設計のための、すべての場合を想定した全列挙網羅型の計画・設計の重要性が増している。突発的に発生する大規模災害の多様な事態に備え、超大規模な交通網データを用いた高精度な事前予測や、災害発生時の動的なデータ収集等と高速計算による速やかな避難誘導及び復興計画策定による解決を最重要目標に設定し、革新的アルゴリズム基盤の構築を目指す。

そのための基礎技術として、サンプリング・圧縮技術を用いて超巨大入力を処理する劣線形アルゴリズム、数兆点の超大規模ネットワークにおけるクラスタリングや探索アルゴリズム、さらに巨大出力を持つ全列挙アルゴリズムなどの基礎理論を深化させて高速実装技術を開発し、諸分野で利用できるソフトウェアを公開する。これにより、諸分野の世界的な競争力の強化をe-サイエンスを通して実現する。

② 学術的な意義

本研究の科学的意義は、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、e-サイエンスの中核さらに科学の一般分野として発展させることにある。コンピュータや情報インフラ

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を行う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。21世紀には、高度情報処理技術の進歩が、人類が抱える様々な問題を解決することが期待されるが、その多くはエクサフロップス級の計算機を使用しても解決が容易でない難問である。このような高度問題解決のためには、アルゴリズムの新たな革新が必須であり、計算モデルと数理の探究に基盤をおく革新的なアルゴリズム設計技法の構築、体系化と、それに基づくソフトウェア開発は科学の共通基盤として最優先の意義をもつ。さらに、これによって、コンピュータの利用を行うすべての分野での学術の発展を加速する。



③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

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テーション研究会を中心とした研究会活動を中心として行われている。また、日本が中心になって東アジア、太平洋地域を中心とするアルゴリズムに関する国際会議(ISAAC)をおこない、AAAC という組織を設立している。国際的には、STOC, FOCS, SODA, SoCG といったアルゴリズム理論のトップ会議をはじめとして数十の国際会議が毎年開かれている。昨年は京都で SODA を開催し、平成 26 年には SoCG を京都で開催予定である。また、平成 24 年度発足の新学術領域研究「多面的アプローチの統合による計算限界の解明」と密接に関係し、計算の困難性の解明から e-サイエンスの基盤モデルの確立をめざしている。さらに ERATO 湊離散構造プロジェクト(平成 21 年度発足)、ERATO 河原林巨大グラフプロジェクト(平成 24 年度発足)、CREST ポストペタスケールシステムにおける超大規模グラフ最適化基盤(平成 23 年度発足)とも密接に関係し、そこで得られた成果をもとに、本研究計画では実世界の実用要求から e-サイエンスの革新を目指す。

④ 所要経費

総額 42 億円(初期投資:7 億円、運営費等:5 億円/年)

- ・初期投資 共同研究拠点施設整備:1 億円、ソフトウェア開発や大規模な検証実験環境のための計算機クラスターとネットワーク及びインターフェース:5 億円、海外拠点等との連携経費:1 億円
- ・運営費 年間 5 億円[内訳 施設賃借料および設備運営費:1 億円、ソフトウェア開発費:2 億円、人件費:1 億円(博士研究員、事務経費等)、旅費 5 千万円(海外著名研究者招へい費用を含む)]、その他:5 千万円(会議費、消耗品費、計算機設備更新費等)]

⑤ 年次計画

平成 26~32 年度

(具体的な計画)

平成 26~27 年度:各応用分野において従来解決不可能な大規模かつ重要な問題の抽出と分析を行なうとともに、具体的に研究開発が進行している課題のソフトウェア基盤整備をおこなう。

平成 28~30 年度:抽出された重要問題解決のための最先端のアルゴリズムを開発し、個別分野での問題解決を行い、アルゴリズム科学と実問題の数理的モデル化と解決のため共同研究拠点を形成する。また登場が予想されるポストペタスケールスパコンに対応できる基盤ソフトウェアを研究開発する。

平成 31~32 年度:個別に開発されたアルゴリズムの共通部分をアルゴリズム基盤として整備、標準化し、諸分野に提供する体制を確立する。また超大規模実問題を解決可能なソフトウェア群も同時に整備する。

⑥ 主な実施機関と実行組織

京都大学に諸分野における未解決課題を集約し最新の計算技術により解決する中核的研究拠点を構築し、国内外との共同研究、研究交流を行うスペースを確保する。

また、東京工業大学(超大規模データ最適化問題に対する高速計算システム構築)、東北大学(耐災害情報システムの基盤構築)にもサテライト型研究拠点を配置し、共同研究や連携を推進する体制を整備する。

⑦ 社会的価値

アルゴリズムの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は、計算量が線形よりも低いアルゴリズムが要求され、本計画研究にあるアルゴリズムの設計指針の革新が必須である。さら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濾過と圧縮が必要である。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た高度情報処理を、個人が所有でき、持ち歩けるモバイル端末で実現できることになる。これは2つの意味を持つ。まず、多くの人間が知識を集約したビッグデータを革新的なアルゴリズムとスーパーコンピュータを用いて解析すれば、あたかもそれが「智の集約」であるかのように利用でき、社会全般での様々な場面での指針に用いることができる。

その一方で、現在スーパーコンピュータでしか動かないような大規模データ処理を、アルゴリズムの効率化によって分散型クラウドとパソコンで動くようにすることにより、情報の大衆化を行い、デジタルデバイドを防ぐとともに、省電力な社会の実現へも貢献できる。

⑧ 本計画に関する連絡先

加藤 直樹(京都大学工学研究科) naoki@archi.kyoto-u.ac.jp

行動情報学研究基盤整備計画

① 計画の概要

本研究計画は、人、組織、社会など多様な主体の行動を分析、活用して、多様な社会課題を解決するための研究基盤の整備を行い、それをベースにして新たな行動情報学を構築し、関連する学術分野の研究を促進することで、世界での当該研究分野を先導する。このために、人間行動、組織行動、コミュニティ行動、社会行動など多様な粒度での行動情報のセンシングと情報の蓄積管理、分類や分析などの情報の高次化と、その処理結果を用いた実世界へのフィードバックのための設備と機器、データを整備して多分野の研究を加速する。特に、現場での応用を実現するためには、今までに無い、全く新しいコミュニケーション基礎理論の枠組みを必要とし、本研究基盤を通して、当該理論の構築に先導的に挑戦する。国内で10拠点を選択し、そこにセンサシステム、データ蓄積管理・分析システム、行動へのフィードバックシステムを整備する。蓄積するデータは、数年から数十年に亘る時間的広がりや空間的広がりを兼ね備えたものとする。また、異なる拠点でのセンシングデータを、セキュリティやプライバシーを勘案しながら、国際ネットワークを通して、参加研究機関で共有して総合的に活用できる基盤を構築する。情報高次化では、異なる時間間隔データや異なる拠点での情報を統合分析して、従来にない研究基盤を構築する。フィードバック基盤としては、情報端末だけでなく、屋内、車、道路、店舗、病院などにある多様な物理的なデバイスを活用して人々だけでなく、経済行動や消費行動という多数の民衆の総体としての行動へのフィードバックを含めて基盤を整備する。本研究においては単に基盤を整備するだけでなく、個人情報を含むセンシングデータの利用規約や利用管理、倫理規定の整備と実行監査を行う組織も整備する。

② 学術的意義

本研究の学術的意義は行動に関わる工学、経済学、経営学、社会学、心理学、農林水産学、健康科学などの広範な学術分野に行動情報と研究基盤の利用機会を提供し、それぞれの日本独自の研究を促進し、世界でのリーダーシップ獲得機会を拡大することにある。多様な産業や現場においても、そこで活動する人間や集団の行動の効率性や創造性、知識継承性が益々重要になる中で、本行動情報学基盤の整備は非常に重要となり、人間や社会の多様な行動を含む学術分野の共通基盤をなす。特に、現場で人や組織が有するノウハウや知見などを明示化、構造化し、再利用可能な表現で抽出する技術の研究・開発することで、国内の多数の産業領域の国際競争力強化と新産業創出の礎とする。情報基礎学研究の見地からは、一見無関係な情報群や、秒単位のインパルス情報と数年単位での変化の関係、異なる空間範囲や場所で発生している事象や現象の関係を含めた分析をリアルタイムで実現するための基礎理論体系の構築を行う。また、人や社会の行動において、コミュニケーション、協調行動は不可欠であり、人や社会の意図や意思の概念を含めた新たなコミュニケーション理論を構築する。さらに、科学知識を応用できる現場人材の育成の観点では、具体例としての現場の深い領域知識を保有した上で、人間行動の分析とメカニズム探求を実施できるフィールド・サイエンティストを育成し世界で活躍させることにより、日本の科学技術力、さらには産業力の強化を通じた国力増強を実現することができる。これらの成果は、日本の「おもてなし」というサービスを再利用かつ移転可能にすること、日本のものづくり企業での熟練工や高齢化が進む農業従事者や林業従事者がもつノウハウを継承可能にすること、都市での群衆の移動・行動から都市設計や管理を高度化すること、大衆の購買行動からより高度なサービスを研究することなどに活用できる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

環境センシングをベースにした行動情報の抽出、利活用の研究は、EUのFP7プロジェクトにおいてAmbient IntelligenceやInternet of thingsとして多数の研究機関が取り組んでいる。また、LifeLogというテーマで、ウェアラブルコンピュータや環境センサを活用して生活情報を取得する研究が、米国MITやCMU、東京大学を始めとする大学など、国内外で進められている。ただし、個別領域でのデータを収集しているにとどまり、複数場面での行動データを幅広く共有、統合分析する活動は未だ始められていない。また、行動情報は、プライバシー問題とは不可分であり、病歴や遺伝子などの個人情報や公共空間でのプライバシーの扱いについてなど、制度、倫理などの社会科学的研究と工学的な解法研究が進められつつある。本提案では、制度



や倫理的研究とも共同しながら、生活情報、健診結果、教育履歴、屋外環境など多様な情報の社会コンテンツ化を実現し、異種、異分野情報を統合して行動を分析する基盤を提供し、多様な学術分野に研究基盤を提供することを目的とする。

④ 所要経費

120億円（初期投資：5億円、運営費等：115億円）

初期投資：5億円（共同研究拠点施設整備） 設備及びネットワーク費用：45億円（研究拠点施設整備、ネットワーク基盤構築、センシング基盤設置、等） 人件費：18億円（博士研究員、プログラマー、システム管理者、事務職員、プログラマ、ネージャー） システム開発費：40億円（センシング及びアクチュエーション実験システムの開発およびソフトウェア） 旅費：1億円（含む海外研究者招聘費） 施設賃借料等：10億円 その他：1億円（会議費、消耗品費、計算機設備更新費）

⑤ 年次計画

・平成26年度：行動センシング基盤の整備を行う。国内10拠点を中心に、10種類の場面のプロトタイプ（個人住宅、商業施設、学校、道路及び自動車、駅（公共施設）、介護施設、農場、病院、劇場、オフィス）を整備し、同時に、分散データベースの統合システムを構築する。

・平成27～28年度：データ利用に合わせて基盤活用のためのツール開発を行う。センシングシステム及び分析技術の研究開発を行うと共に、開発したツールを参加者及び共同研究者で共有できるセミオープンソース型の開発基盤を整備・運用する。これと並行して本計画以外で構築されている行動情報データベースや関連情報のデータベースと連携するためのネットワーク型データベースシステムを構築する。

・平成29～30年度：データのオープン利用を開始し、その中での不具合修正し、研究基盤としての利用を促進する。共同研究の範囲を拡大し、利用者を拡大すると共に、利用者からのフィードバックを得て、開発したデータベース、分析ツール等の改善を実施する。また、利用者が持つデータベースや分析ツールを、共有するためのシステムを整備し、先端的な多数の種類の分析技術を研究開発する。さらに、多数の分析ツールを統合的に利用できる基盤システムも開発する。

全期間を通して、社会科学、人文科学の研究グループとの討議を進め、技術を社会実装する際に起こる問題を解決する制度整備を行うと共に、技術的な解決方法を新たな研究テーマとして推進する。特にプライバシー処理の研究を重点的に推進する。

⑥ 主な実施機関と実行組織

・京都大学 学術情報メディアセンター：プロジェクト全体の統括および分析ツールの統合管理システムの研究と、商業施設・キッチン・教室での行動解析基盤の研究・開発

・国際電気通信基礎技術研究所：多種統合センサーネットワークと超分散型の行動情報ベースの管理システムの研究と、運転行動研究基盤の研究・開発

・大阪大学大学院 工学研究科：プライバシー情報を利活用するメカニズムと制御技術の研究と、大規模商業施設・アミューズメント施設での行動解析基盤の研究・開発

・東京大学 生産技術研究所 ソシオグローバル情報工学研究センター：個人・集団の活動のセンシング・理解の研究、および実世界における活動とSNS等のクラウド上の活動の双方を扱う大規模データ統合処理基盤の研究・開発

・九州大学 システム情報科学研究院 及び、九州大学 農学部附属農場：大規模農場内の作業・家畜を対象とした行動解析基盤の研究開発と、食餌行動の定量解析、各個体の状態認識の研究

・東北大学 工学研究科：介護施設、高齢者施設における行動情報基盤の研究開発と、高齢者認知プロセスや介護場面でのヒューマンエラーの研究と作業支援ルーツの開発

・大阪府立大学 工学研究科：学校での行動情報基盤の研究開発と、学びプロセスの計測、様々な躓きやその克服をデータベース化と、新たな学習支援ツールの研究開発。

・青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科：病院やショップにおけるサービス待ち合わせを対象にした、行動情報基盤の研究開発と、人間行動モデル化、行動の質の向上の研究

・日本電信電話株式会社 コミュニケーション科学基礎研究所：音楽演奏・舞台上演・競技場での行動情報基盤の研究開発と、行動意図、行動現象の抽出・活用および行動制御の研究

・日本電気株式会社 中央研究所：オフィス内技術者の行動解析基盤の研究、知的生産性とオフィスの心身健康度計測の研究。

⑦ 社会的価値

欧米で進められるオープンデータの流れの中で、国内では制度的整備が遅れており、そこで利用されるデータの量や質の違いから、行動科学の発展が大きく遅れることが懸念される。そこで、多様な分野の研究の共通基盤を形成することで、多種の学術領域を促進し、日本独自の産業の育成・強化や国民生活の安定化に貢献する。特に、知識伝承が困難である農林水産業などの産業、作業上での問題や危険、良い設計手法が不明確であるモノづくりのような産業での課題分析や人材育成が可能となる。また、オンラインショッピングなどで導入されている推薦技術は、プライバシー問題が十分に解決できておらず、大きな社会問題と隣り合わせにある。本計画で扱うソーシャルセンシングにおけるプライバシー問題の研究を促進することで、安心安全な社会システムの土台作りだけでなく、オーダーメイド医療を含めた個人情報を利用する新たなサービスを安全安心に実現できる。さらには、新たな社会局面における産業の競争力強化、独自のおもてなしという気質を活用し、多産業のグローバル展開と競争力に直結する。

⑧ 本計画に関する連絡先

美濃 導彦（京都大学・学術情報メディアセンター） minoh@media.kyoto-u.ac.jp

安心・安全なIT社会を実現するソフトウェアフォレンジックス基盤

① 計画の概要

ソフトウェア開発の透明性を高め、ソフトウェア開発者間だけでなく、ソフトウェア利用者との間においても、合理性があり、正確で整合性のとれたソフトウェア開発情報を共有し、意思決定などに利用するための技術基盤の確立を目指す。具体的には、次の3つの技術を開発し、ソフトウェア開発データを集積すると共に、技術の普及・推進に向けた人材養成を行うための情報開発技術センター「ソフトウェアフォレンジッククラウド」を整備する。

(1) データプラットフォーム技術：ソフトウェア開発データを組織横断的に集積する（リポジトリ化する）だけでなく、集積したデータを解析・可視化する強力な機能をサービスとして外部に提供する技術。開発データの利活用が容易になるだけでなく、データの合理性や整合性の向上、また、セキュリティの確保や個人情報保護にも貢献する。

(2) プロセス&プログレッシブマイニング技術：データマイニング技術の一つであるプロセスマイニング技術を基本として、ソフトウェア開発に伴って発生、記録される各種のログを、開発開始から終了に向かって漸進的にマイニングする技術。プロダクト、作業、人員、不具合などソフトウェア開発の構成要素間の静的な関係性や規則性を発見するだけでなく、開発の進行に伴って変化する関係や規則などの発見が可能となる。

(3) ゲームフィケーション技術：従来のシミュレーションに、シミュレーション実行者が達成感を得ることのできる課題、課題解決に対する報酬、実行者間の交流、といった、いわゆるゲームの要素を取り入れた技術。ソフトウェア開発を対象とした従来のシミュレーションモデルとは異なり、模擬実行で必要となる主なパラメータ（プロジェクト特性）がすべて既知、あるいは、把握可能である必要はない。また、ゲームには、自発的な反復学習を促す効果があるとされており、人材養成の面からもその貢献が期待される。

② 学術的な意義

ソフトウェア開発は、要求分析、設計、実装、試験、設置、保守など多様な工程で構成され、アーキテクト、設計者、プログラマー、テストをはじめとする多くの開発者が、それぞれの専門性を発揮し、また、相互に連携することで実施されている。ソフトウェア開発技術の進歩は、個々の開発者（や開発に関わる利用者）が果たすべき役割や責任範囲、他の開発者とのインターフェースを明確にすると共に、分業による並行開発を容易なものとし、短期間でのソフトウェア開発を可能とした。

その一方で、技術の進歩は、開発作業のブラックボックス化を招き、不具合発生等のリスクに脆弱な開発・管理体制を生み出す結果となっている。すなわち、専門性が異なる開発者・利用者間では、作業進捗や成果物品質を相互に評価・確認することが難しく、リスクの早期発見や対策検討は容易でない。

ソフトウェア開発は時として医療に喩えられるが、医療の分野には、診療情報管理という概念がある。その背景には、医療技術の高度化とそれに伴うチーム医療の実践という社会の要請がある。すなわち「医師の包括的な指示の下で、多様な医療スタッフがそれぞれの高い専門性を前提に、目的と情報を共有し、業務を分担しつつ互いに連携・補完し合い、患者の状況に的確に対応した医療を提供することが不可欠である。」という強いニーズである。そしてその前提は、「医療に携わる各部門の記録が相互に参照可能であり、患者の情報が共有されていること」とされている。

本計画は、医療における診療情報管理に相当する技術を実現し、その責務を担う高度な研究者・技術者を養成しようとするものである。社会に広く浸透したソフトウェアに対して、また、グローバルに開発・利用されるソフトウェアに対して、生産性や品質の向上だけでなく、監査や第三者評価の必要性が高まりつつある現状と今後において、本計画は大きく貢献することが期待される。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

ソフトウェアの不具合が莫大な社会的損失をもたらしているとの共通認識の下、ソフトウェア品質の向上に向けた研究が世界的に行われている。最近では、ソフトウェア開発データに対するマイニング技術が注目され、国内外において活発に研究が行われている。ただし、企業におけるソフトウェア開発に関するデータは一般に非公開であり、公開に必要なセキュリティ技術も発達していない。結果、ソフトウェアに関するマイニング研究の多くでは、入手が容易な「オープンソース開発プロジェクトのデータ」が利用されており、技術開発の妨げとなっている。集積されたソフトウェア開発データをサービスとして外部に安全に提供とする試みは海外に多く、オープンソース開発のデータしか研究開発に利用できない現状に比べると、本計画の国際的優位性は非常に高い。

フォレンジックスとは、「法医学」「科学捜査」という意味である。ソフトウェアフォレンジックスは、ソフトウェアに対する「ものさし・尺度」を表す「ソフトウェアメトリクス」に、法的な、および、臨床的な機能を加えたより高次の概念である。新規性が高く、技術的挑戦を多く含む研究課題と位置づけることが出来る。

④ 所要経費

34億円（初期投資：4億円、運営費等：5億円）

⑤ 年次計画

平成25～30年度

(具体的な計画)

平成25～26年度：ソフトウェアフォレンジックス基盤の具体化。研究拠点形成。

平成27～28年度：具体化した基盤と研究拠点に基づく「ソフトウェアフォレンジッククラウド」の実現。

平成29～30年度：「ソフトウェアフォレンジッククラウド」の運用と評価

⑥ 主な実施機関と実行組織

奈良先端科学技術大学院大学の情報科学研究科および総合情報基盤センターに、中核的研究拠点を構築し、国内外との共同研究、研究交流を行うスペースを確保する。また、データプラットフォーム技術を担当する神戸大学大学院工学研究科、プロセス&プログレッシブマイニング技術を担当する九州大学システム情報科学研究院、そして、人材養成を担当する大阪大学大学院情報科学研究科にもサテライト型研究拠点を配置し、共同研究や連携を推進する体制を整備する。

⑦ 社会的価値

2010年に米国で発生したトヨタ車の急加速問題では、NASA 工学・安全センター（NESC）が行った第三者評価により、ソフトウェアの設計や実装に欠陥は発見されず、急加速の多くは、運転手の操作ミスに起因することが確認された。ただし、評価に10ヶ月あまりを要したことから、「ソフトウェア品質の第三者評価」そのものはもちろんのこと、評価に向けた備えの必要性、重要性を多くの企業が再認識する契機となった。第三者評価の枠組みや制度に関する議論が盛んとなり、具体的な取り組みも、特に産業界において始まりつつある。

本計画は、ソフトウェア品質の第三者評価を支える技術基盤を確立しようとするものである。ソフトウェアの生産性や品質の向上に大きく寄与するだけでなく、日本のソフトウェア企業の品質説明力を高め、国際競争力の維持・強化に大きく貢献することが期待される。ソフトウェア開発・利用のグローバル化はますます加速しており、安心・安全なソフトウェアを国民に届ける仕組みを支える技術開発は緊急を要する。

⑧ 本計画に関する連絡先

松本 健一（奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科） matumoto@is.naist.jp

安心・安全なIT社会を実現するソフトウェアフォレンジックス基盤



実践的ソフトウェア工学研究協働ネットワーク基盤の形成

① 計画の概要

本計画では、実践に基づいた最先端のソフトウェア開発技術を永続的に創出できる体制の確立を目的とし、実践的ソフトウェア工学研究協働ネットワーク基盤センターを整備する。具体的には、ビックデータ関連技術など、社会のニーズと最先端のシーズをふまえ、新しい価値を提供するソフトウェアを迅速かつ高信頼に開発する技術を創出し、社会に還元する体制をオールジャパンで整備することを目標とする。

この目標を実現するために、社会的に重要な複数のソフトウェア関連分野に関して、大型かつ全国規模の産学連携プロジェクトを時限的に構成し、プロジェクト間の密な連携を実現する研究協働ネットワーク基盤を構築する。各プロジェクトは、企業から派遣された第一線の技術者と国内外の大学や研究組織で先端的な研究を行っている研究者から構成される。さらに、ポスドクや助教など若手研究者や博士過程の（社会人）学生がインターンとして参加する。また、その場に対して最新技術と企業や公共機関、国プロで実際に利用される素材や課題を提供する。例えば、ビックデータプロジェクトでは、政府や自治体の公共情報や医療の情報等、リアルな情報を研究開発に利用する。これは、医療の研究開発を大学病院の臨床データを用いることと同様である。そして、最新技術の適用実験や既存技術を新たな課題に適用する際の創意工夫、課題解決のための新技術の開発などを行う。さらに、これらの成果や活動情報をプロジェクト間でも共有する。

これらより、産学による垂直連携とともに、適用領域・技術領域間の水平連携が行える全国規模の網の目状の研究協働ネットワーク基盤が構築でき、永続的に日本から新しい価値を創造するソフトウェアが生まれ、社会のイノベーションにつながる体制が完成する。そして、ソフトウェア技術の発展とソフトウェア研究者の人材育成の両面から社会貢献が期待できる。

② 学術的な意義

ソフトウェア工学に関する研究は、大学の研究と社会を支える高信頼なソフトウェアの迅速な開発と結びつける必要があるため、産学連携が必須となる。近年あらゆる分野に IT が導入され IT 利用分野が爆発的に広がり、それを支える技術は学際的である。例えば、ビックデータ解析技術は、単体の技術分野としては成立せず、金融など他分野との融合により成り立っている。IT 利用分野の発展には、ソフトウェアを適切にかつ迅速に開発するためのソフトウェア工学が鍵となる。しかし、日本にはソフトウェア工学研究者が欧米に比べ少ない。さらに、現状の研究体制には、次の3つの課題がある。すなわち、(1) 大学や研究室レベルの活動にとどまり、日本や世界を支えるような成果に結びついておらず人材育成も不十分、(2) 産学連携が不十分で、実践を知らない大学の若手研究者や先端技術を知らない技術者が多い、(3) 異分野間の連携が不十分で、ビックデータ等学際的研究開発が遅れているといった課題がある。特に IT 利用分野の広がりと共に、新しい研究のほとんどは学際的であり、その研究開発の遅れは日本の産業界の発展の遅れに直結する重大な問題である。

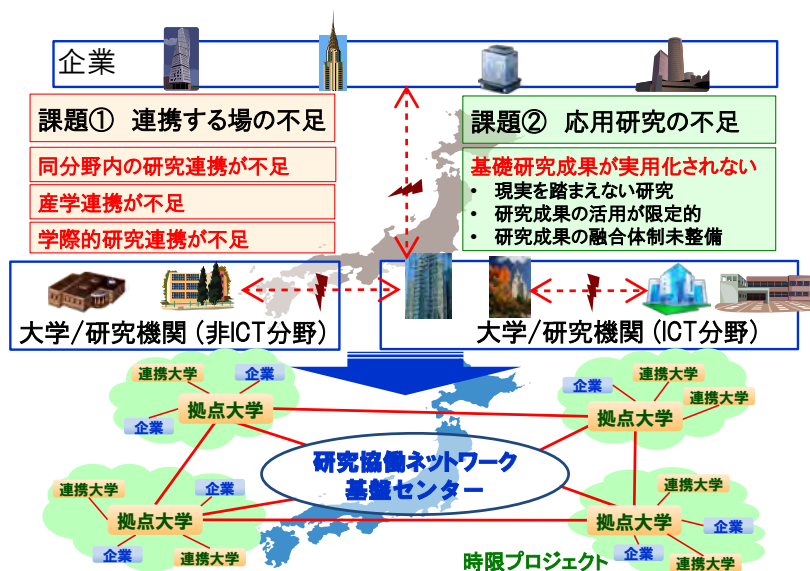
本計画によって全国規模の研究協働ネットワークを作ること、点から面の活動に広げ、若手研究者の育成に大きく貢献する。さらに、時限制重点プロジェクトを主体とすることで、社会のニーズとシーズにあわせた産学連携を永続的に実施できる。また、ソフトウェア分野でこのような基盤を構築することにより、バイオや農業など、他分野への横展開が期待でき、様々な新領域の発展につながる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

新しい価値を創造するソフトウェアは欧米中心で生まれ、日本はその創出能力が不足している。具体的には、ビックデータなどの新しい領域のソフトウェア技術は米国中心で生まれてきている。これは民間企業の企業家精神の違いのみではなく、国の方策の違いにも起因している。例えば、ビックデータに関連する国主導のプロジェクトは、米国は190億円、欧州（FP7）は290億円なのに対して、日本では8千万規模と著しく小さい。

こういった影響は、ソフトウェア研究の成果にも表れてきている。具体的には、ソフトウェア開発分野におけるトップカンファレンスの日本からの採択件数が非常に少なく、特に日本の産業界からの発表・参加は、欧米と比べて極めて少ない。日本の研究開発能力の低下は、日本の大学のみならず、産業界においても若手研究者が育成されていないという現状につながっており、近年新しい研究に対する産学連携が生まれにくくなってきている。

それに対して、本計画は、オールジャパンで産学連携の協働ネットワークを構築し、ソフトウェア技術の向上とともに若手



研究者の育成の場を提供することで、今後のソフトウェア技術の発展の基盤となる。

④ 所要経費

合計：64億円（初期投資：4億円、運営費等：10億円）

初年度は、ネットワークを構築するための物理的な拠点となる設備を整備する。具体的には、拠点となるビル・およびフロアを借り、居室、計算機設備等を整備する。

本計画を推進していくために必要な運営費は、以下の通り年間10億円である。

- ・プロジェクト経費（6億）：約1億の重点プロジェクトを6件程度立ち上げる。これにより、常勤研究員を4～5名、非常勤研究員を15～20名雇い、必要な研究費を賄う。
- ・情報基盤センター運用（1.3億）：技術スタッフを常勤で4名程度、非常勤で2名程度雇う。そして、既存の設備を活用し、研究用の共同設備を約7000万程度で整備する。この計算機設備の保守費は、年間2000万程度必要となる。
- ・組織運営費（2.7億）：プロジェクトの立ち上げや評価を行う企画室、役員等を、常勤で15名程度、非常勤で30名程度、常勤のスタッフで8名程度雇用する。さらに、拠点のテナント料や光熱費が4000万程度必要になる。

⑤ 年次計画

【初年度】設備を整備し、研究機関準備調査室を設置する。具体的には、国内外のソフトウェア研究における現状調査および重点的に推進すべき研究分野を具体化する。

【2年目】上記の調査結果をうけ、研究機関創設準備室を設置し、試行プロジェクトを6程度開始する。

【3年目】研究機関創設準備委員会を設置し、上記試行プロジェクトに対して、その運用の側面、産学連携の効果の観点、全国ネットワーク構築の観点、プロジェクト間連携による相乗効果の観点で評価を行い、協働ネットワークの構築スキームや運営体制の具体的内容を決定する。

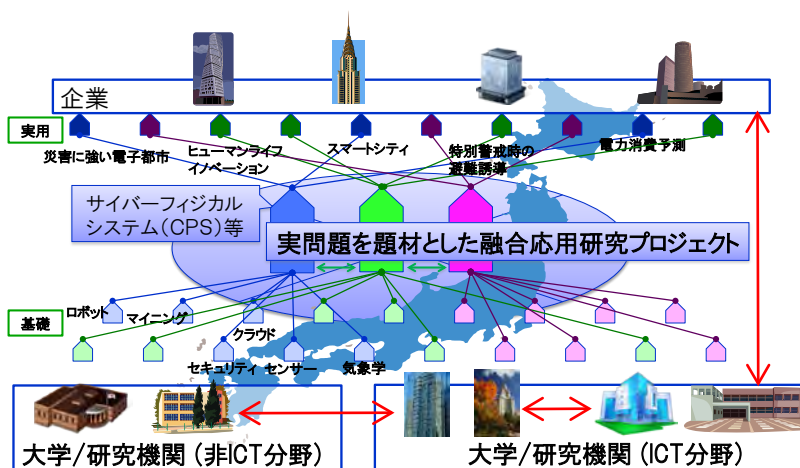
【4年目】上記委員会の提案内容を受け、実践的ソフトウェア工学研究協働ネットワークセンターを設置する。また、試行プロジェクトの3年間の成果発表とその評価を実施する。これを受け、約半分のプロジェクトは他分野との融合によって発展させ、残りの半分のプロジェクトは産学に技術移転などして終了させる。そして、新しいプロジェクトを公募する。

【5年目】センター内の企画機能を強化させ、永続的に新しい融合領域のプロジェクトが立ち上がる体制を整える。特にナレッジマネジメントの観点で基盤を整備する。

【6年目】センター活動の効果に関して外部評価を行い、センターを継続するかどうか、協働ネットワークの構築スキームや運営体制が改善できるかどうかを決定する。継続する場合は、5年、および10年計画を立て、次年度以降の活動方針とする。

⑥ 主な実施機関と実行組織

国立情報学研究所が中心となり全国の大学が共同利用可能な中核的な研究ネットワーク基盤拠点を構築し、全国大学の人的、および物理的なネットワークを構築する。具体的には、ネットワークの中核となる大学を連携大学として位置づけ、ビックデータをはじめとする6つ程度の重点プロジェクトを立ち上げ全国15～20の連携大学と密なネットワークを構築する。そして、各プロジェクトが推進する連携大学と地域的、研究領域的に関連が深い大学を参加大学として位置づけ、各プロジェクトあたり8大学程度、全国で30～50大学程度の研究プロジェクトクラスターを形成する。プロジェクトの中心となる連携大学には、参加大学をはじめとする国内外との共同研究、研究交流を行うスペース（サテライト拠点）を確保し、連携大学間を、SINETを用いた高速ネットワークで接続する。実践的ソフトウェア工学研究協働ネットワークセンターが立ち上がる年度までに、IT提供企業とIT利用企業を合わせて全国の70～100企業・団体と連携できるようにする。



⑦ 社会的価値

現在、ビックデータをはじめ、ソーシャルネットワーク、クラウド等、最先端のソフトウェアの開発は欧米中心に生まれており、日本は革新的なソフトウェアの開発に後塵を拝している。また、言語の障壁があるとはいえ、日本のソフトウェア開発研究の成果は欧米に比べ非常に少ない。今後このままの状態が10年続けば、ソフトウェアを利活用するあらゆる日本産業の空洞化が進み世界の変化に追従できなくなる恐れが高い。そして、ソフトウェアの高度化・高信頼化は欧米の後追いとなり日本におけるソフトウェア技術が空洞化し、ソフトウェアが日本社会の発展における大きなリスク要因となってしまうであろう。そのため、全国規模のソフトウェア工学研究の協働ネットワークを形成し、学際的な新しいソフトウェアによる価値創造を産学で実施することは日本社会の発展のため急務である。このネットワークは特にIT利用分野への大きな貢献が期待でき、日本におけるあらゆる産業に影響を及ぼすものと考えられる。

⑧ 本計画に関する連絡先

本位田 真一（国立情報学研究所・アーキテクチャ科学研究系） honiden@nii.ac.jp

高信頼プログラミング言語と代数仕様記述言語を統合した高信頼ソフトウェア工学基盤

① 計画の概要

本計画の目的は、高信頼プログラミング言語と代数仕様記述を統合する新たな学術的な枠組みを構築し、それを基礎とし、ソフトウェアの信頼性と生産性の飛躍的な向上に貢献する高信頼ソフトウェア生産基盤を開発し、その産業界への普及を通じて、高度ソフトウェア生産における我が国の競争力の向上に貢献することである。この目的のために、1) 高い生産性と信頼性を実現する超高機能高信頼プログラミング言語の開発、2) 代数仕様記述言語に高信頼言語をシームレスに統合した高信頼ソフトウェア生産基盤の開発、3) 高信頼ソフトウェア生産基盤を活用した検証済みソフトウェアリポジトリクラウドの構築、さらに、4) その普及のため教育カリキュラムの開発と高度ソフトウェア開発を担う人材育成プログラム、の4点を実施する。超高機能高信頼プログラミング言語は、高い生産性と信頼性が実現可能なML系高信頼言語を中核とし、組込みソフト開発等の開発が可能なオープンな意味論、種々のサービスやビッグデータ解析にとって重要なデータ処理機能の統合、超高機能性実現の鍵となるメタコア上の超並列処理のサポートを実現する。高信頼ソフトウェア生産基盤は、関数型言語と親和性が高く検証実行が可能な代数仕様記述言語に次世代言語をシームレスに統合し、仕様が検証されたプログラムモジュールの系統的な開発が可能なプログラム開発環境を実現する。産業界と連携し、以上の環境を用いて、高信頼性が要求されるシステムライブラリの仕様定義・開発・検証を行い、それら検証済みライブラリをソフトウェアリポジトリクラウドとして公開する。教育プログラムは、代数仕様記述および高信頼言語の習熟カリキュラムとそれらを活用した卓越した高度ソフト開発を担うエリート人材育成カリキュラムの2階層プログラムとして開発する。

② 学術的な意義

本研究が基礎とする高信頼プログラミング言語理論および代数仕様記述の理論は、ともに世界的に知られた最先端のものである。本計画が目指す両者の統合は、プログラミング言語と形式仕様記述の両分野において新たな領域を切り開く、独創性の高いものである。その結果得られる成果は、プログラミング言語から、フォーマルメソッド、ソフトウェア工学に至る幅広い領域への新たなシーズを与えると期待される。具体的には、プログラミング言語理論研究の中心概念である型理論の代数的等式で表現された仕様を包摂する体系への拡張や、仕様記述の分野で試みられている仕様の検証実行の枠組みへのプログラミングの概念の統合等が期待される。さらに本計画は、統合された学術的な枠組みを実践に適用するため、実際に両分野で長年開発が進められてきた最先端の実装システムである高信頼言語 SML# と代数仕様記述言語 CafeOBJ をそれぞれ拡張・再構築し、両者を統合した高信頼ソフトウェア生産基盤を構築し、それらをオープンソースソフトウェアとして広く提供することによって、産業界における高信頼ソフトウェアの生産性の向上に直接貢献することを目指すものである。

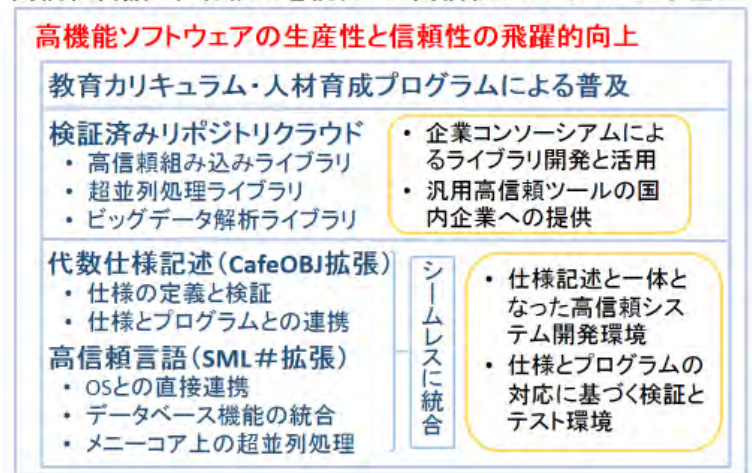
高信頼関数型言語と代数仕様言語の概念的な有用性は広く認識されているが、いずれも、産業界のソフトウェア生産現場で広く使用されるに至っていない。その原因は、その両分野において実用ソフトウェア開発を意図した研究開発が十分に行われておらず、かつ、コードの記述系としてのプログラミング言語と仕様の記述系としての仕様記述言語を統合したシステム開発に関する研究が殆ど行われて来なかった点にある。本研究成果は、この状況を革新し、両分野の学術的な基礎研究の実用化に道を開き、我が国のソフトウェア産業の生産性の向上に貢献するものである。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

高信頼言語研究では、Standard ML や OCaml, Haskell などが開発され実用化の試みが続けられている。代数的仕様記述の分野でも、Maude 言語や CASL 言語等の実用化が進展しつつある。我が国の SML# 言語は、産業界への普及の可能性を持つ ML 系言語として注目を集め、関数型言語のトップコンファレンス ICFP などで招待講演を行なっている。CafeOBJ も、実行可能な代数仕様言語の数少ない代表的な処理系として、世界的に広く認められている。

現在、高信頼言語を基礎とした検証手法の開発や、仕様記述から体系的にコードを導出する研究が行われつつあるが、本計画が目指すコード生成系としての言語と仕様記述系を統合した高信頼ソフトウェア工学基盤の構築の試みは例がなく世界的にみても高い新規性をもつ。さらに、本研究が開発する高信頼ソフトウェア生産基盤は、これら基礎研究分野のソフトウェア生産現場への実用化研究として、生産性を探求するソフトウェア工学研究と仕様記述やプログラム理論研究との橋渡しをする役割も期待される。

高信頼言語と仕様記述を統合した高信頼ソフトウェア工学基盤



④ 所要経費

総額60億円。

1. 超高機能高信頼プログラミング言語開発：15億円（高機能最適化コンパイラ：5億円、メニーコア上の超並列処理機能：10億円）
2. 代数仕様記述言語に高信頼言語を統合した高信頼ソフトウェア生産基盤：15億円（高信頼言語コードによる仕様実行・検証システム：10億円、仕様と連動したプログラミング環境：5億円）
3. 検証済みソフトウェアレポジトリクラウド：20億円（高信頼ソフトウェアレポジトリフレームワーク：5億円、高信頼ライブラリの仕様定義・開発・検証：10億円、検証済みソフトウェアレポジトリクラウドの構築：5億円）
4. 人材育成カリキュラムの開発、運営：10億円（仕様記述と高信頼言語の習熟カリキュラム：5億円、高度ソフト開発エリート人材育成カリキュラム：5億円）

⑤ 年次計画

計画実施期間：平成25年度～平成32年度の8年間

平成25年度～平成27年度：

1. 超高機能高信頼プログラミング言語開発：高機能最適化コンパイラ。システムとの連携可能な意味論とビッグデータ処理等のデータ処理機能を持つ高機能言語の最適化コンパイラの開発。
2. 代数仕様記述言語に高信頼言語を統合した高信頼ソフトウェア生産基盤：高信頼言語コードによる仕様実行・検証システム。証明スコアと関数型言語コードに対応させ、仕様から言語コードの検証を行うシステムの開発。
3. 検証済みライブラリレポジトリクラウド：高信頼ソフトウェアレポジトリフレームワーク。仕様で検索可能なレポジトリフレームワークの構築。

平成28年度～平成30年度：

1. 超高機能高信頼プログラミング言語開発：メニーコア上の超並列処理機能。プログラムの並列化変換、細粒度並列処理のコンパイル方式、実行時ライブラリの開発。
2. 代数仕様記述言語に高信頼言語を統合した高信頼ソフトウェア生産基盤：仕様と連動したプログラミング環境。仕様検証システムにプログラミング環境を統合した開発環境の構築。
3. 検証済みライブラリレポジトリクラウド：高信頼ライブラリの仕様定義・開発・検証。連携企業と共に、高信頼性が要求される車載OS等の基盤となる重要なライブラリ群の選定、仕様確定、開発・検証の実施。

平成31年度～平成32年度：

1. 検証済みライブラリレポジトリクラウド：検証済みソフトウェアレポジトリクラウドの構築。検証されたライブラリを広く共有するための、セキュアなクラウド基盤の構築。
2. 人材育成カリキュラム開発・実施

⑥ 主な実施機関と実行組織

中心的実施機関

東北大学電気通信研究所

北陸先端科学技術大学院大学ソフトウェア検証研究センター

実行組織とその役割

1. 東北大学電気通信研究所：高信頼言語の研究開発を行う。
2. 北陸先端科学技術大学院大学ソフトウェア検証研究センター：代数的仕様記述基盤の研究開発を行う。
3. 民間協力企業（NEC ソフトウェア東北、SRA（株）を含む高度高信頼ソフトの開発検証を担う企業グループ）：コンソーシアムを作り、車載OSや組込み実時間システムなどの構築に資する検証済みライブラリクラウドの開発を行う。
4. 名古屋大学、早稲田大学、京都大学、東京大学等の連携大学：教育カリキュラムの設計と実施
5. エディンバラ大学、シカゴ大学、スタンフォード研究所等の海外連携研究拠点：高信頼言語と代数的仕様記述言語の統合に関する国際学術連携。

⑦ 社会的価値

我が国のソフトウェア生産力の急速な低迷が懸念される中、世界をリードするソフト生産力を確立する鍵は、高信頼言語と形式仕様技術の活用である。これら両者は、今後急速に重要性を増す超高機能高信頼システム等の生産力を決定する支配的な技術であり、これら技術の保持と発展は、情報科学の学術研究ばかりでなく、我が国にとって重要な課題と言える。本計画は、両分野の代表的システムSML#とCafeOBJを拡張・統合・発展させるものである。

本計画が実現する高信頼ソフトウェア工学基盤の産業界への展開は、ソフト生産におけるブレークスルーにつながると期待できる。我が国の両分野のソフトウェア工学の成熟度は、その十分な素地を与えている。基盤に習熟しそれら道具を使いこなす高度ソフトウェアアーキテクトが10%程度を占める状況が生まれれば、本研究が目指すブレークスルーを達成し、かつて、電子機器や家電等において我が国が誇りとした、斬新で、驚くほど精巧かつ極めて信頼性の高い製品を産し世界をリードした物作り体制を、高機能高信頼ソフト開発体制を基盤として復活できると確信する。

⑧ 本計画に関する連絡先

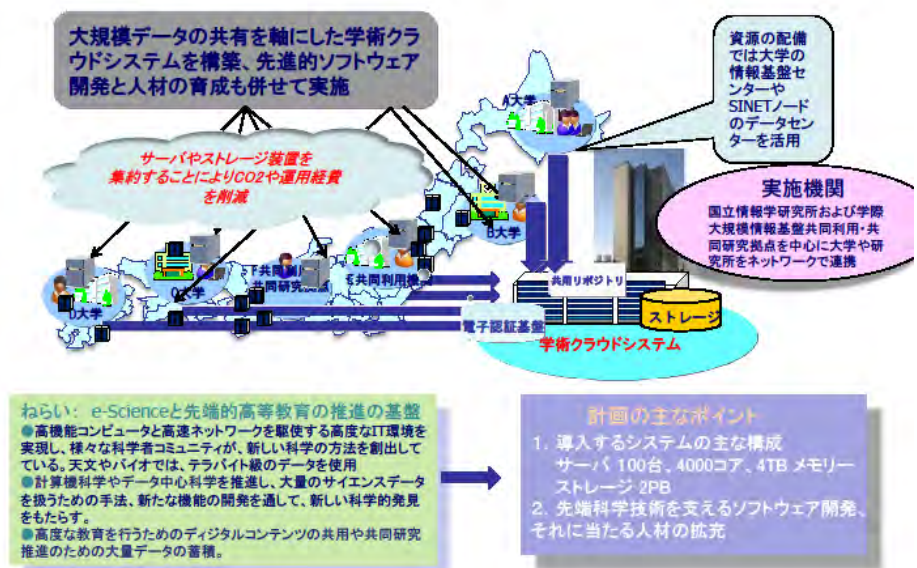
大堀 淳（東北大学電気通信研究所） ohori@riec.tohoku.ac.jp

研究・教育データ共有のためのアカデミッククラウド基盤

① 計画の概要

クラウド技術の急激な進展に合わせて、大学でもクラウド利用による教育研究環境の高度化と計算機資源の柔軟かつ経済的な活用が期待されている。一方、e-サイエンスの進展に伴い大規模な研究データの利用や電子コンテンツを活用した高等教育の推進が求められている中、研究等に必要な計算資源の最適配分など、大学特有の課題が山積している。本計画では、既に長く大学において情報資源提供の責任を担ってきた情報基盤センター等と連携して、大規模かつ多様な研究データや教育コンテンツの共有のための計算資源を配備し共同利用できるよう整備する。研究教育用のデータやコンテンツは一つの大学に閉じることなく、共用することにより一層価値が高まる。拠点を選定し計算資源、特にデータ蓄積用の装置を中心に配備しクラウドコンピューティング環境として仮想化することにより、学内外あらゆる分野の学術研究活動に利用できる情報基盤として機能させるものである。広域に分散して提供される大規模データを扱う場合には、高性能なネットワーク環境の整備も併せて考慮する必要がある。また、利用のためのメタデータ整備などのデータキュレーション作業や大規模な共有データ活用のための支援ソフトウェア（認証、高速データ転送、データマイニング等の統計解析処理など）の開発を併せて行うことが必要である。これは学術研究に必要な応用ソフトウェアのオープンソース化や標準化を加速することに通じる。本計画では、情報基盤センター等との連携はもとより、一般社団法人大学ICT推進協議会（AXIES）とも緊密な連絡を取りつつ計画を進める。本計画は、第一期として4年を目途に第一フェーズの展開を行い、2ペタバイト相当のストレージと4000コア程度の計算サーバを配備する。利用状況等の評価を経て、第二期以降の計画を立案し継続的に運用していくことを計画している。

教育・研究データ共有のためのアカデミッククラウド基盤



② 学術的な意義

本計画の第1の意義として、学問の手法の多くがICTを駆使したe-サイエンスに向かう中で、計算設備の個別利用を前提とした旧来の利用方法から、クラウドの仮想化と効率化技術を軸としたオンデマンド的な情報処理体系に移行するプロセスを加速することにある。我が国の学術研究と高等教育のレベルを継続的に向上し、研究等での先進的な国際連携を推進するためにも、研究データの活用や高等教育に資するデジタルコンテンツの利活用の高度化が必要とされている。その蓄積と共用のためのシステムとしてアカデミッククラウド基盤整備が位置づけられる。第2の意義は、ICT分野における研究開発の推進にある。本計画に含まれる大規模ストレージや計算資源の仮想化に関する技術分野は、急激に技術発展を遂げている分野であり、特に、超並列分散ソフトウェア技術や大規模分散データベース技術、大規模データマイニング等の研究開発の観点からも多くのチャレンジが必要とされる技術領域と言える。また、ビッグデータが注目されているように、最先端研究では大量データの知的解析とデータ連係により、新たな価値創造が期待されている。さらには、学の特長情報資産を公開することにより産学連携研究を推進できるなどの点でも意義深い分野である。本計画では、単に資源を提供するだけでなく、このような技術領域におけるソフトウェア開発や実用化研究も併せて行う。大学環境のクラウド化は国際的な研究開発環境の整備の動向に照らして遅滞なく実施する必要もある。更なる意義としては、すべての大学における活動がICTを基本に行われる流れの中で必要となる、高い実務対応能力を持つ人材の育成が本計画の進捗に伴って進むことである。本計画は、以上のような各面での特徴が相俟って我が国の学術情報環境の強化に大いに寄与し、その結果として学術全体の環境水準の向上に資する点で大いに意義がある。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

クラウドは、インターネットを基盤とした情報処理基盤で、2006年以降現在も急激に技術進歩と利用が進んでいる。計算機ハードウェアを保有し自己管理するのではなく、インターネットを介して必要量だけ利用するというパラダイムの変化が特徴である。効率的なICT活用の基幹技術として民間主導で導入が進んでいる。この核となる技術は仮想化であり、あらゆる計算資源を仮想化して必要な時に必要な量だけを確認し、柔軟な運用を目指そうというものである。更に、米国が2012年3月にビ

ッグデータ研究構想を打ち出したことも受け、ビッグデータの処理環境としてのクラウドの重要性も注目されている。現在、データの蓄積、分析、データストリーム処理などの個別技術でオープンソースの開発や新規提案が盛んになされている。研究や教育に特化したクラウド技術の開発が大きな課題である。そのため、我が国では、2012年7月に文部科学省の「アカデミッククラウドに関する検討会」が、アカデミッククラウドの構築に向けたシステム研究の課題等の喫緊の課題を指摘する報告をとりまとめている。本計画もこの報告を踏まえて立案している。

④ 所要経費

総経費 37 億円（4 年間：初期投資：7 億円 運営費等：10 億円×3 年）

初年度経費：

クラウドサーバおよびストレージ装置の導入 3 ヶ月賃借料 1 億円

4000 コア、100 台のサーバ、メモリー総量 4TB、ストレージ総量 2PB 程度の規模を想定

ソフトウェア開発委託経費 3 億円

データマイニング、データリポジトリ、認証、高速データ転送、並列データ処理、ストリームデータ処理等のソフトウェア

人件費 2 億円

博士研究員、エンジニア等雇用

運営費 1 億円

会議費、計算機・ソフトウェア関係消耗品費、旅費、光熱水料等

二年目以降運営費：

計算資源賃借料（4 億円）、ソフトウェア開発委託経費（年間 3 億円）、人件費（2 億円）、運営費（1 億円）

⑤ 年次計画

平成 26 年度：クラウドシステムの導入及び設置を行う。設置場所は今後協議するものとし、防災、ネットワーク構造、省エネなどの観点から、複数の拠点に設備を配備することを前提に最も相応しい実施計画を立てる。また、機器の最適な仕様の検討結果を踏まえて、クラウドの運用に必要なハードウェアと基盤ソフトウェア（仮想化、データストア等）を導入する。並行して、大学等での研究や教育への応用に必要なツール群の開発を開始する。

平成 27 年度：クラウド環境の運用を開始する。共同利用・共同研究拠点としての運用を想定する。大学等とのネットワーク接続には SINET4 を利用し、大量データの転送に十分な帯域を確保する。大規模なデータ転送、分散バックアップ等のソフトウェアの開発を継続する。

平成 28 年度：運用を継続するとともに、サービスやニーズの評価を実施し、第二期以降のサービスの在り方や次世代システムの計画を立案する。第二期（平成 30 年度から 33 年度）の計画を取りまとめ、経費の確保を行う。

平成 29 年度：第一期の最終年で、次期の計画に沿って調達を行い、次年度以降の運用にスムーズにつなげる。

⑥ 主な実施機関と実行組織

中心実施機関は、国立情報学研究所で、計画全体の連絡調整を行う。本計画実施時における運営、具体的計画立案にあたっては、国立情報学研究所に設置する、大学等関係者を含む所内外の委員により構成された「学術情報ネットワーク運営・連携本部」および「学術コンテンツ運営・連携本部」を活用しておこなう。複数の拠点にクラウド環境を構築し共同利用に供する。また、ソフトウェア開発や運用に、大学等との連携・協力の下、実施する。

「学術情報ネットワーク運営・連携本部」及び「学術コンテンツ運営・連携本部」は以下の機関から組織されている。

北海道大学、山形大学、東北大学、筑波大学、千葉大学、東京大学、東京工業大学、東京学芸大学、金沢大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、広島大学、九州大学、早稲田大学、慶應義塾大学、高エネルギー加速器研究機構、国立天文台、分子科学研究所、核融合科学研究所

⑦ 社会的価値

技術動向を鑑みれば、クラウドの利用は確実に増えるとともに、大学等もこの動向に適切に追従していく必要がある。本計画の目的は、大規模データを共用する大学の情報環境を実現することにあるが、これは社会全般の流れであり、その中で大学に特徴的な研究や高等教育のためのクラウドを実現するのは大学側の責務である。これに遅滞すると、大学内の諸活動の非効率化を招き経済性も損ねることにもなる。また、高等教育を経て社会に育つ有為の人材のために、常に時代の先端を行く情報環境を提供することは、我が国の社会の情報リテラシーのレベルを高め国民が最先端の ICT を使いこなしていくためにも重要と言える。クラウドの経済的側面としては、計算資源の効率的利用、総体としての費用削減の効果が重要であり、大学の教育研究活動での効率化を促進する意義も大きい。

また、何よりも、研究のためのデータおよびそこから得られる新たな情報価値を社会に還元していくことは大学の今後の重要な社会的役割となる。社会のシステムがクラウドを基本とする形に移行する中で、本計画が情報化社会を先導する役割は重要と言える。

⑧ 本計画に関する連絡先

安達 淳（情報・システム研究機構国立情報学研究所） adachi@nii.ac.jp

省エネルギー・高性能を達成する先端ハードウェア向け組込みシステム基盤

① 計画の概要

約 70 兆円 (2009 年) の関連産業を有する組込みシステム (装置、電子機器等の中に「組み込まれた」計算機システム) において、特に省エネルギー性、高速性は、ハードウェア能力によるところが大きい。ところが半導体微細化限界が近づき、従来のような動作周波数による性能向上が困難になり、マルチ・メニーコア、動的再構成、不揮発メモリといった高機能ハードウェア技術が登場してきたが、その能力実現には高度ソフトウェア技術が必須である。そのため、将来の国際競争力を担保するためには、先端ハードウェア開発だけではなく、その性能を引き出すソフトウェアを研究開発し搭載したシステム基盤を構築することが必要不可欠であり、その上で応用研究開発を行う必要がある (下図)。しかしながらハードウェア開発に数十億円規模の投資が必要である上、その能力を実現するソフトウェア開発も難易度が高く、同程度の投資が必要である。組込みシステム分野は、関連産業全体の規模は大きいものの小規模で多種多様な業種の複合体でもあり、個々の業種において先端ハードウェアの製品化リスクを負うことは困難である。業界全体の死活問題であり、共同利用可能な環境整備が重要だが、新規技術のため研究要素も多く産業界主導では困難であり、産官学での基盤整備が必須である。欧州の ARTEMIS プロジェクトなど、欧米では国家レベルの大規模プロジェクトが既に動き始めている。

本研究では、先端ハードウェア技術を多種多様な業種において世界に先駆けて製品投入できるようにするためのシステム基盤を整備することを目標とする。そのために先端ハードウェア開発とその設計検証環境 (40 億円)、ソフトウェアの実行環境・設計検証 (40 億円)、応用分野向け差異化ソフトウェア (10 億円) を技術開発し、これら技術の教育体制についても整備 (10 億円) する。

システム基盤=先端ハードウェアの上に、ハードウェア能力を活かすソフトウェアを搭載したもの。その上の応用開発、利用技術教育も必須



先端ハードウェア向け組込みシステム基盤

(図の一部はJETAマルチ・メニーコアハンドブック基礎編より引用)

② 学術的な意義

本研究の学術的意義は、電力・性能面では有望である一方、より高度なソフトウェア技術が必要とされる先端ハードウェア技術に対し、それらを有効に活かすための研究、設計・開発および教育のための基盤を同時に整備する点にある。

例えば、次世代プロセッサとして有望なマルチ・メニーコアに対してはソフトウェア並列化、柔軟なハードウェアとして期待されている動的再構成ハードウェアに対してはハードウェア向きソフトウェアが必要となる。問題解決の方法すなわちアルゴリズムから立ち返る必要があるものもある。これらは、スーパーコンピュータ利用の科学技術計算など、ごく一部の分野向けに研究されてきてはいるが、国内産業を支える組込みシステム分野では、科学技術計算とは全く異なる特徴のソフトウェアを実行させるため、実験環境もなければ教育体制も未整備であり、実用化には程遠い状況にある。

一方で、ハードウェア (LSI) 開発に数十億円必要となる時代となり、LSI 試作後に短期間で製品適用できるわけではなく、システム、ソフトウェア関連にも大きな研究投資が必要な先端ハードウェアに対しては開発投資が敬遠される傾向にあり、実験環境や研究・教育体制の整備は進んでいない。

本研究計画では、ハードウェア研究開発、ソフトウェア研究開発、教育を同時に整備することを目指しており、先端ハードウェアを実用化するためのハードウェア、ソフトウェア両面における研究成果、利用技術の育成が期待でき、学術的意義は大

きい。

さらに、自動車、医療など様々な組込みシステム応用分野において、先端ハードウェア能力を差異化技術とするための新アルゴリズムなどへの技術開発が進むことについても意義が大きい。アイデアを容易に試行できる基盤整備により、研究加速が期待される。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

国内外を問わず、先端ハードウェア向け研究開発には様々な取り組みがなされている。国内でもメニーコア、ノーマリーオフ・コンピューティングなどに対して研究開発投資されている。欧州では組込みシステム向けの ARTEMIS プロジェクトが実行中である。

これらの活動は個別技術開発として大きな成果をあげているものの、成果が広く国内の研究機関に利用され、研究が加速されているとは言えない。これは個別技術開発のみが支援され、投資先事業者のその後の活動が製品化に直結する技術開発に限定されてしまうためである。ところが、近年の先端ハードウェア技術の場合、個別技術開発後のシステム、ソフトウェア研究開発が重要である。応用分野事業者としては、実績のない新規技術適用のリスクは大きく、先端ハードウェアに向けたシステム、ソフトウェア研究開発の投資リスクを負うことは失敗時に競争力の低下を招きかねない。

本研究の目的は、個別技術開発を補完し、先端ハードウェア技術を有効に活かすための研究開発を加速し、国内の技術力の底上げ、早期かつ低リスクの製品適用を目指すため、組込みシステム基盤を構築することにある。

④ 所要経費

総額100億円

(内訳)

- ・ハードウェア・アーキテクチャ、ハードウェア設計技術、ハードウェア開発、動作環境開発および配布環境整備（40億円）
- ・基本ソフトウェア、実行環境整備（20億円）
- ・ソフトウェア設計開発、検証環境整備（20億円）
- ・組込みシステム応用開発向けアルゴリズム研究開発および実証（10億円）
- ・次世代プロセッサ、先端ハードウェア向けソフトウェア教育（10億円）

⑤ 年次計画

平成26年度：ハードウェア・ソフトウェアに関するアーキテクチャ設計を行い、FPGAを用いた評価環境を開発する。

平成27～28年度：第一次のハードウェア試作を行う。並行して前年度開発した評価ボードを用い、基本ソフトウェア、ソフトウェア開発環境整備を進める。これらの環境を配布するためのサポート体制、これらの環境を用いた先端ハードウェア、ソフトウェアを教育するための環境を整える。

平成29～30年度：第二次のハードウェア試作を行う。並行して基本ソフトウェア、ソフトウェア開発環境の開発を継続する。第一次ハードウェアおよび基本ソフトウェア、ソフトウェア開発環境を教育機関、研究機関に配布し、教育および応用開発を推進する。

⑥ 主な実施機関と実行組織

名古屋大学情報科学研究科組込みシステム研究センター。他組込みシステム関連の大学、研究機関および JEITA マイクロプロセッサ専門委員会に属する半導体ベンダ、ツールベンダをはじめとした組込みシステム関連企業などを想定。

⑦ 社会的価値

組込みシステム関連産業は、経済産業省「組込みソフトウェア産業実態調査報告書」2009年版によれば国内市場規模は約70兆円、従業員数475万人に達している。また、小規模企業が広範な産業分野にまたがっている。

本計画は、先端ハードウェア技術適用による省エネルギー化推進、組込みシステム関連の産業競争力向上という観点から早急に実現する必要がある。

半導体の微細化限界が言われる中、機器に対する今後の省エネルギー化、高性能化、多機能化を牽引するハードウェア技術が大きな変曲点を迎えている。パソコンやサーバーにおいては、省電力よりは性能重視ではあるが、米国半導体ベンダー主導で進められている。省電力、低コストが重視される組込みシステムに対しては今後5～10年かけて変化していくと言われている。組込みシステムおよび半導体産業をはじめとする組込みシステム向けの部品群は我が国の強みであり、技術の変曲点において世界で先行することが急務である。また、身の回りのほとんどの機器が組込みシステムである現在、国からの投資により省電力化を推進することは社会、国民の理解を得られると考えている。

⑧ 本計画に関する連絡先

高田 広章（名古屋大学大学院情報科学研究科） hiro@ertl.jp

統合的デバイス連携による分野横断学術研究基盤

① 計画の概要

多様なアーキテクチャが混在するユビキタスコンピューティング環境では、IP だけでなくセンサネットワークなどの非 IP ネットワークを統合する汎用的なネットワークアーキテクチャが存在せず、分野ごとの標準化が乱立し、膨大なデータを収集し自律分散的に動作させる汎用的プラットフォームが存在しないため、それらを用いて分野を横断した学術研究は困難であった。そこで、本計画では、以下の3点を目標に掲げ、アーキテクチャの異なるデバイス・ネットワーク・サービスを透過的に扱える統合アーキテクチャの実現を目的とする（図1）。第一は、IP と非 IP ネットワークを統合する汎用的なネットワークアーキテクチャとプロトコルの確立である（図2）。第二は、分野横断的にデバイスを統一的に記述しデバイス間連携を実現するメタデータ体系の確立であり、第三は、前2項を実現する汎用的かつスケーラブルなミドルウェアプラットフォームの開発である。これらの研究開発を実現するために、IP および非 IP が混在する異種ネットワーク環境を、現在利用可能な全ての種類を網羅する異種ネットワークとして構築する。それらに接続するデバイス群を、様々な分野で実現されている標準規格が実装された状態で実現し、オーバーレイ・ネットワークを実現する。さらに、メタデータ体系、ミドルウェアプラットフォームを実現し、公開することによって、多くの利用者が利用可能な環境を提供する。デバイス、通信方法などを対象とした理論的、アーキテクチャ的、方法論的、実質的な基盤を確立することにより、分野を横断して多種多様なデバイス群を活用する新たな学術研究基盤を創出する。これを利用する研究者は、デバイスに付与するメタデータを作成するのみでデバイスの連携が実現可能となり、さらに、本プロジェクトで提供するデータ収集、分析機能を活用するのみで分野横断研究が実現可能となる。

② 学術的な意義

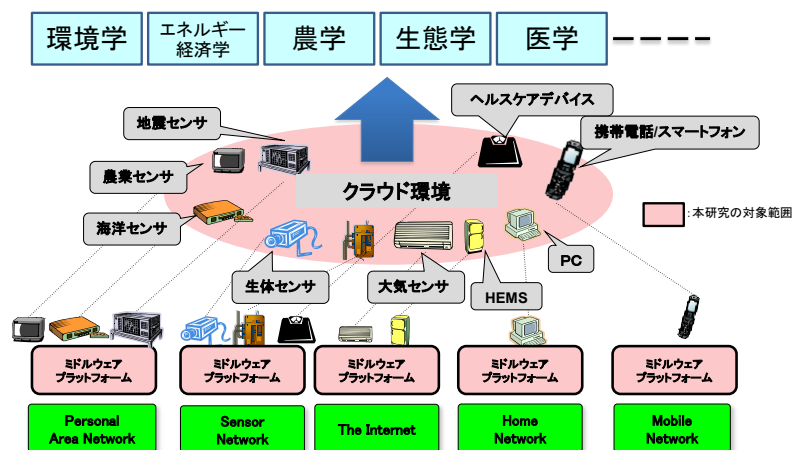
本研究の学術的な意義は、(a) オーバレイ・ネットワークによって既存のネットワークやプロトコルを活用したまま上位層に新たなネットワークを構築することにより、シームレスに汎用ネットワークを構築できる点、(b) デバイスのメタデータとして、静的データ・状態変数・サービス定義・行動条件の規則を与えることにより、応用のロジックを一切記述することなくサービスを定義できる点である。これら(a)および(b)により、汎用的なフレームワークを、従来のように応用ごとにソフトウェアを記述する場合と比較して劇的に少ない記述量で実現可能となる。これらは適用範囲が格段に広く、すでに普及の進んでいる国内の既存プロトコルや既存デバイス、既存サービス群を統合可能とするため、社会に対する高い貢献が期待できる。多くの既存のネットワークプロトコルを活用するミドルウェアを提供することで、既存ネットワーク、新しく出現するネットワークおよびデバイスへの適用可能性は非常に高い。期待される結果としては、本研究により国際標準のネットワークプロトコル及びアプリケーションを開発するための基盤が得られる。この成果により、国やメーカを超えてデバイスを連携させた新たなサービスやアプリケーションの創出が可能となる。また、本研究の成果を、2004 年から産官学が連携して推進し国際的な先進性の高い PUC (P2P Universal Computing Consortium) を通じて国際標準化に貢献する。家電、携帯端末などの分野では、長い間、日本企業が研究開発、ビジネスで世界をリードしていたが、近年、ビジネスだけでなく、研究開発、標準化においても海外に主導権を握られつつある。本研究成果を活用することで、本分野における研究開発、標準化、実用化、ビジネス化において、再び日本が世界をリードできると考えられる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

デバイス間通信および連携に関しては Machine-to-Machine (M2M) 通信と呼ばれる研究分野として様々な研究活動、標準化活動が進められている。EU では FP7 におけるプロジェクトとして、2011 年から FI-PPP が進められている。これはインターネット技術を交通、医療、エネルギー管理などの公共インフラ分野に適用することによりスマートな社会の実現を目指している。より安全な社会を実現する SafeCity プロジェクト、都市部における資源管理を目的とした OUTSMART プロジェクトなどがある。これらは応用志向であり、M2M 通信のための共通ミドルウェアプラットフォームを狙いとしていない。標準化動向としては ETSI の M2M 通信標準化などの活動があるが具体的な技術仕様策定には至っていない。既存のデバイス間通信の標準 (DLNA, ECHONET, Continua Health Alliance など) は特定デバイスに閉じた仕様であり、デバイス横断的な汎用デバイス間通信の標準化ではない。デバイス・メタデータに関しては UPhP で策定されているが知的で自律分散的なデバイス間連携は実現できない。

④ 所要経費

所要経費は、年間 8 億円、研究期間は 5



統合的デバイス連携による分野横断学術研究基盤を用いた知見の創出

図1: 本研究の全体像

年であるので、研究費総額は40億円である。内訳は、研究費として年間4.5億円（研究員人件費、設備及びネットワーク費用、旅費、施設賃貸料、その他）、設備・備品費として年間2.5億円（外注費、設備費、試作費）、管理費として年間1億円である。

⑤ 年次計画

デバイス制御、データ収集、デバイス管理、デバイス間連携などの機能を分野横断的に統合し、インターネット、クラウドコンピューティング環境、デバイス・ネットワークとそれらを接続するゲートウェイを含む汎用的なネットワークアーキテクチャ、プロトコル、メタデータの研究・標準化と、それらを実現したミドルウェアの開発・普及を行う。具体的には1～2年目の計画として次のA Bを行い、3～5年目の計画としてCを進める。

A 既存の異種ネットワークをシームレスに接続するために、それらのネットワークの上位層にオーバーレイ・ネットワークを構築する。汎用的なアーキテクチャとプロトコルの基本設計を行う。既存のデバイス種別・ネットワーク種別・サービス分野ごとに異なるアーキテクチャ・プロトコルとの相互接続性を反映した統合的なアーキテクチャ・プロトコルを設計する。

B デバイスの自律分散制御及び効率的データ収集を実現する知的なメタデータ体系の確立を、汎用的に実現する。ネットワーク上で動作することが想定される全てのデバイスを対象とし、デバイス間の自律的な分散制御および効率的データ収集を実現するための記述を可能とする汎用的なメタデータ設計のためのフレームワークを確立する。

C 汎用的かつスケーラブルなミドルウェアプラットフォームの開発を、国際標準化・オープンソースソフトウェア化することを前提として、すでに存在する規格・ソフトウェア・アライアンス・国際標準と整合するように開発する。適用対象とするデバイスとネットワークを拡大し、新たな応用の試作を行うとともに、試作したデバイス、ミドルウェアを用いて、産官学連携による実用化に向けた実証実験を行い、実用性、汎用性の検証を行う。さらに国際標準化活動を行い、普及を図り社会へ貢献する。この実証実験を通じて規模適応性、実用性、汎用性を実証する。

⑥ 主な実施機関と実行組織

京都大学、静岡大学、慶應義塾大学、駒澤大学、PUC を中心となる実施機関とし、東京大学、大阪大学、東北大学、千葉大学、お茶の水女子大学、公立はこだて未来大学、岩手県立大学、早稲田大学、立命館大学、同志社大学、神奈川工科大学、芝浦工業大学、愛知工業大学、東海大学、国際医学情報センターが参加して研究を実施する。

主な実施組織の役割は以下の通りである。京都大学は、本研究計画の基盤となる理論的基礎を確立し、それに基づくアーキテクチャ研究、デバイス間のシームレスな連携を実現するオーバーレイ・ネットワークのプロトコル研究の中心的組織となる。静岡大学はセンサ・デバイスを中心としたデバイス間連携の基盤技術を確立するとともに、東海地域で他大学、関連企業などとも協力し、エネルギー・資源工学、農学、環境学などの他の学術分野と協力した実証実験の中心的組織となる。慶應義塾大学は、研究成果の国際的な普及を目指して、W3C、IETF などにおける国際標準化に関して中心的な役割を果たす。駒澤大学は、本研究プロジェクトの実施計画の立案、プロジェクト実施の進捗管理を行うとともに、様々なデバイスを統一的に記述し、デバイス間のインテリジェントな連携を実現するデバイス・メタデータ研究の中心的組織となる。PUC は、デバイス間のインテリジェントな連携を実現する、多様なデバイスに可能なスケーラブルなミドルウェアプラットフォームの開発と、他学術分野と連携した実証実験における大規模な実験環境の構築と運用に関して中心的な役割を果たす。

他の研究機関は、ヘルスケア、エネルギー管理、環境モニタリングなどの個別分野での研究開発を担当するとともに、それぞれの地域で、地方自治体などと連携した実証実験を行う。また、研究成果の社会及び日本経済への貢献に向けて、官公庁、自治体、企業などと連携して、速やかな研究成果の提供、社会への普及に向けた活動も実施する。

⑦ 社会的価値

本計画は、ネットワークの乱立する規格の直接的な影響を受けている国民に直接的な利益をもたらす。共通のセンサ機器からデータを収集する基盤が欠けているため、アドホックに相互接続を行うため、現状では相互接続できない個別基盤構築に多くの費用が費やされている。現在の開発済みの基盤を、本計画に沿って相互接続すると同時に、新規に開発される情報収集、分析、解析基盤に本計画を用いる事で、資金を本来の研究に集中的に投下することが可能になる。

また、本計画の成果は、オープンソースソフトウェアと一般に公開することにより、この分野での世界的な主導的な立場を築くと同時に知的価値の向上をはかる事が可能となる。

また公開されるオープンソフトウェアを利用する事で、多数の新しい産業が起これと考えられる。

⑧ 本計画に関する連絡先

石川 憲洋（駒澤大学・グローバル・メディア・スタディーズ学部）isic@komazawa-u.ac.jp

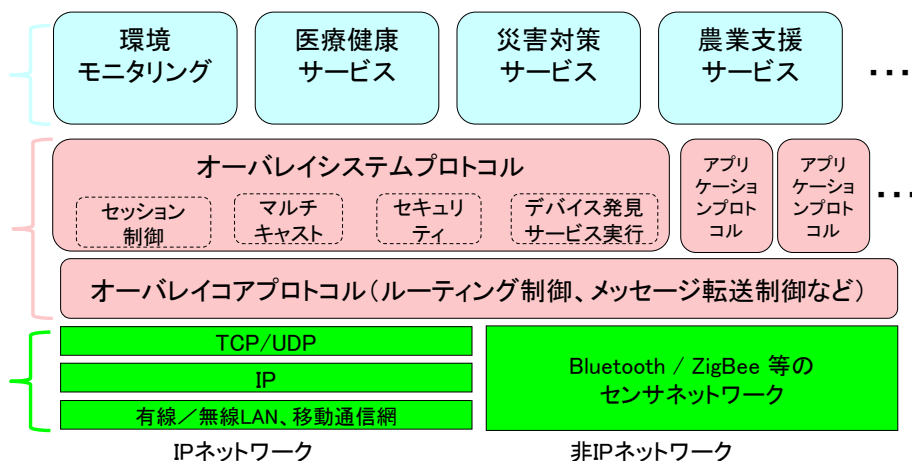
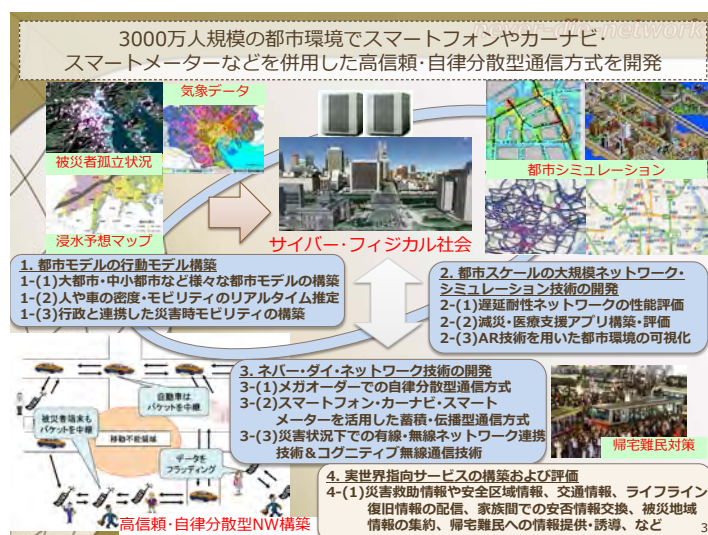


図2: 本研究におけるデバイスのプロトコル構成

never-die-network: 自律分散型災害情報配信システムの構築計画

① 計画の概要

東日本大震災においては、東北地方中心に停電、火災、津波、原発事故など様々な被害をもたらした。通信インフラは各地で寸断され、音声ネットワークは多数の利用者で輻輳し、ほとんど使えなかった。一方でメールやツイッターなどインターネットを介したテキストベースの情報は、遅延や欠落は生じたが、ある程度の情報伝達の役目を果たすことが出来た。数百キロ離れた東京周辺においても十万人規模の帰宅難民が生じた。同規模の地震が関東地方を襲った場合、650 万人以上の帰宅難民が生じるという試算もある。



本研究計画では、左記の図に示すように、都市の走行車両情報（VICS 情報やプローブカー情報）や数百メートル四方毎の携帯電話利用者数情報、IC タグ情報などをもとに、災害発生時の被災地域の人や車の密度を高精度に推定し、それらの情報をもとに、電話網やインターネット網に至るところで寸断される状況においても、生き残った光回線ネットワークとスマートフォンやカーナビ・将来のスマートメーター（電力量メーター）などの無線通信機器を連携させ、災害救助情報や安全区域情報、交通情報、ライフライン復旧情報の配信、家族間での安否情報交換、被災地域情報の集約、帰宅難民への情報提供・誘導、などを自律分散的に行うネットワークおよび端末制御技術を開発し、災害時でも従来の数十倍の確率と速度で情報伝達を行うことが可能な新しいネットワーク技術（“never-die-network” 構築技術）を確

立することを目指す。

本研究では、研究推進のための中核拠点を形成し、一千万オーダーの人や車のモビリティ生成技術、蓄積・伝搬型の高信頼通信方式、災害状況下での有線・無線ネットワーク連携技術、都市スケールのネットワーク・シミュレーション技術、周波数の有効利用のためのコグニティブ無線技術などを確立することで、“never-die-network”を実現するための基盤技術を確立する。

② 学術的な意義

東日本大震災以降多くの省庁で災害復興支援事業が実施され、災害に強い通信インフラの整備や長距離無線通信システムの開発、インターネット環境の拡充などが進められている。これらの事業では、その多くが従来の集中制御型アーキテクチャを前提に、通信インフラの拡充・整備、機能の多重化・高信頼化など既存基地局などのハード面を中心とした基盤整備に重点が置かれている。一方、本研究は情報ネットワーク工学分野の学際的研究拠点を形成することにより、電話網やインターネット網など既存の通信インフラがズタズタに寸断されるような状況においても、生き残った光回線ネットワークと近年爆発的に普及しているスマートフォンやカーナビ・スマートメーターなどの無線通信機器を介した遅延耐性ネットワーク（Delay Tolerant Network (DTN)）をメガオーダーで自律分散的に形成し、コグニティブ無線技術など新規の無線通信技術も併用し、それらのDTN上で高信頼・高確率の情報伝達を実現することにより、様々な規模の都市街区で人々が安心して情報伝達や情報共有を行えるような通信基盤を構築しようとしている点に学術的意義がある。政府機関など重要な行政機関における通信網では多大なコストをかけて通信インフラの拡充・整備・多重化を行うことは十分な妥当性があるが、過疎化の進む地方都市や地下街・商業施設などの設備における災害時の情報伝達を考えると、膨大なコストをかけた通信インフラの拡充・整備をベースとした通信基盤の整備のみに頼ることは現実的でない。メガオーダーの人や車が存在する都市環境下でスマートフォンやカーナビなどの情報伝達機器を活用した高信頼・高確率の通信方式の実現は、災害に強い“never-die-network”の構築につながる学術的にもチャレンジングな研究テーマである。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

米国では、大統領科学技術諮問委員会（President's Council of Advisors on Science and Technology: PCAST）報告書で「ビッグデータ」や「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」研究の推進が謳われ、NSFでも100億円規模で関連する研究プロジェクトを推進している。欧州委員会でもFP7/FP8（Horizon 2020）において同様の研究が推進されており、医療、エネルギー、環境、ICTアプリケーション、交通分野における社会的課題への取り組みに関連する研究プロジェクトが推進されている。これらの研究プロジェクトでは、人や車、環境から得られる様々なセンシング情報を活用して、安心・安全な社会を構築するための様々な情報通信技術を開発しようとしている。3.11以降、文部科学省とNSFの間で防災をターゲットとした情報基盤技術の共同研究の推進が協議されている。提案研究のような自律分散型の災害情報配信

システムの構築は、上述のような欧米の大型研究プロジェクトや日米の国際連携協定とも関連性の非常に高い研究である。

④ 所要経費

総予算 35 億円（初期投資：20 億円、運営費等：毎年度 3 億円＊5 年間で 15 億円）

初期投資は、研究推進のための中核拠点の形成、ならびに、超大規模ネットワーク・シミュレーション・システムの開発やメガオーダーの都市環境の AR 表示機構の構築のための設備投資、ソフトウェア開発、センシング・データの購入・整備・データベース構築、コグニティブ無線技術などを併用した新しい大規模ネットワーク・テストベッドの構築、などに用いる。運営費は中核拠点の運営経費・研究者雇用のための人件費などのほか、協力機関との連携、システム・ソフトウェアの開発、開発システムの運用・管理、実証実験のために用いる。

⑤ 年次計画

平成 26～30 年度

（具体的な計画）

平成 26 年度：研究推進のための中核拠点を設立し、研究体制を整える。

平成 26～27 年度：

走行車両情報や携帯電話利用情報、IC タグ情報などをもとにした災害時の人や車のモビリティ生成技術の構築、ならびに、超大規模ネットワーク・シミュレーション技術の確立とシミュレーション・システムの開発を行う。

平成 26～28 年度：

都市空間での人や車のモビリティを高精度且つ三次元で再現するための AR 表示機構の構築

平成 26～29 年度：

寸断された光回線ネットワークと携帯端末、車載端末、スマートメーターを連携させた自律分散型無線ネットワークの大規模テストベッドの設計・構築を行う。

平成 27～29 年度：

遅延耐性ネットワークを対象とした Peer-to-Peer (P2P) ベースの自律分散型情報伝達アルゴリズムの開発とその性能解析技術の開発などを行う。

平成 28～30 年度：

都市部・過疎地、湾岸部・山間部、雪国（日本海側）・太平洋側など様々な都市環境に依存した自立分散型の災害情報配信システムの構築とテストベッドを用いた性能評価などの実証実験を行う。

⑥ 主な実施機関と実行組織

東京大学、岩手県立大学、新潟大学、大阪大学が中核拠点として研究推進とコーディネーションを行う。また、協力機関として、東北大学、東京工業大学、国立情報学研究所、京都大学、京都工芸繊維大学、九州大学、九州工業大学などに参画いただくと共に、NTT、KDDI、トヨタ自動車（株）、本田技研工業（株）、日本自動車研究所など都市のセンシングに関連する企業などとも連携し、有機的な研究開発ネットワークを構築する。

⑦ 社会的価値

本計画は地震などの災害が多発する日本において、減災・防災という観点から可能な限り早急に実現することが重要な研究課題であり、今後予想される東海・東南海・南海大地震など大規模地震に対する備えという観点からも緊急性の高い研究課題である。一方、帰宅難民対策を考える場合、災害発生時の当該地域の人や車の密度や分布をできるだけ正確にリアルタイムに把握しておくことが必須である。日本では、VICS 情報やプローブカー情報、公共交通機関の利用者の IC カード情報など、被災地域の人や車の密度の推定に利用可能な高度なセンシング情報が利活用可能な環境が整っている。これらのセンシング情報は他国では未だ十分に普及していないセンシング情報も多く、国際的優位性ならびに特許性の高いオンリーワンの技術開発が期待できる。災害時における帰宅難民対策技術は国民の大多数にとって最も関心の高い懸案事項の一つであり、社会的なニーズも高い技術開発テーマである。

⑧ 本計画に関する連絡先

浅見 徹（東京大学大学院情報理工学系研究科） asami@akg.t.u-tokyo.ac.jp

新しいステージに向けた学術情報ネットワーク (SINET)

① 計画の概要

世界最先端の大型研究施設の共同利用、あらゆる研究分野における連携力の強化、世界各国との共同研究・国際連携、分野横断的な融合研究の活性化、さらにはビッグデータ時代における新しい研究手法の確立等のためには、学術研究全体を支える全国的な共用プラットフォーム、特に大量のデータをやり取りする超高速ネットワークの整備が極めて重要である。これは世界各国の動向を見ても明らかであり、整備の遅れは学術全般の遅滞につながると言っても過言ではない。本計画は、平成 23～27 年度の学術情報ネットワーク (SINET4) および平成 28 年度からの次期 SINET の整備・運営に関する計画である。

SINET4 では、平成 23～25 年度に、札幌から福岡までを 40Gbps (東京・大阪間は 80Gbps)、全都道府県を 2.4Gbps～40Gbps、北南米・欧州向けの国際回線を 30Gbps、アジア向けの国際回線を 10Gbps で整備し、平成 26～27 年度は継続運営を行う。また、学術情報の効率的な流通のための学術データベース群の整備・運営を行い、平成 26～27 年度には、学術情報の連携・利活用・オープンアクセスを加速するために学術情報クラウド基盤を整備し、サービス面での充実を図る計画である。

平成 28 年度からは、SINET4 の後継として世界に伍する超高速の次期 SINET を整備する計画であり、世界最高速の 400Gbps 技術を導入した 800Gbps 以上の超高速化を目指し、国際回線も 100Gbps 以上への増強を図り、HPC・クラウド・ビッグデータ設備とネットワークを有機的に連動させる SDN (Software Defined Network) 技術を導入した最先端の共用プラットフォームの実現を目指す。また、学術情報データベース群を流通させる学術情報クラウド基盤もビッグデータ時代に備えて大容量化・高速化・高信頼化を図る。

② 学術的な意義

全国的な共用プラットフォーム (特に超高速ネットワーク) を整備することで、我が国が国費を投入して開発してきた世界最先端の大型研究施設 (Spring-8、J-PARC、SACLA、京、HPCI、LHD、Belle/Belle II など) が、国公私立大学を問わず全国から共同利用可能になり、施設の大幅な有効活用が図れる。また、全国各地の地震観測器からの観測データや電波望遠鏡からの天文データなどをリアルタイムで収集・分析でき、早期の新事象発見に貢献できる。

超高速の国際回線の整備により、国際的な共同出資で開発した海外の ATLAS (スイス)、ITER (フランス)、ALMA (チリ) 等からの大量のデータをリアルタイムで転送でき、世界に先駆けた世紀の大発見を支援することができる。また、国内研究装置と海外研究装置を連結させることにより、グローバルな地殻変動の観測 (eVLBI) などを可能にすることができる。

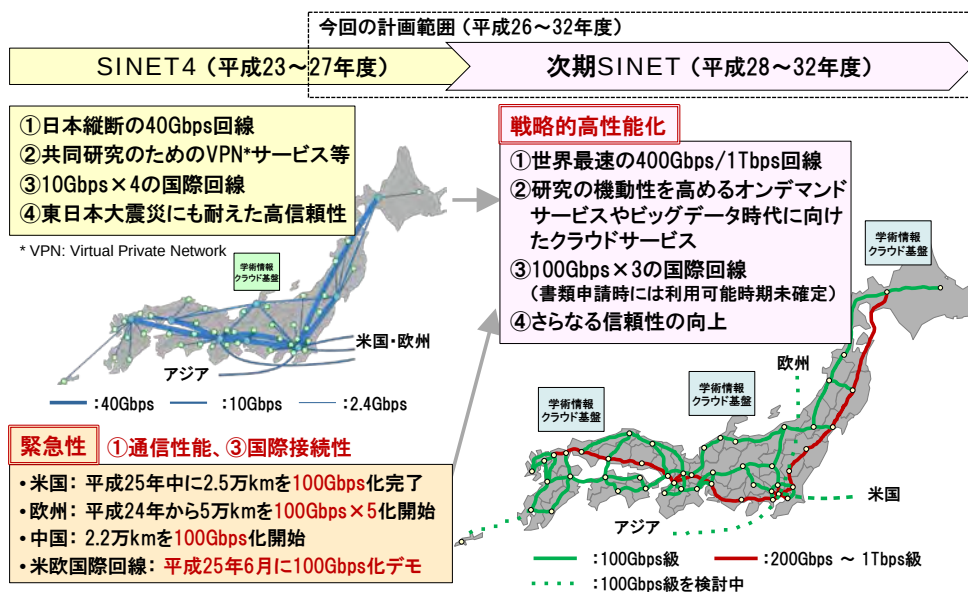
複数の研究組織間での共同研究のために、VPN (Virtual Private Network) 技術により、場所を問わずに共同研究のためのセキュアで高性能なネットワーク環境を即時に形成することができる。SINET4 では、すでに 500 対地以上の VPN を形成し、多様な研究分野での共同研究を支援している。また、研究分野の枠を超えた分野横断的な融合研究も可能とし、イノベーションを効果的に創出する環境を提供できる。

更に SDN 技術の導入により、HPC・クラウドリソースとネットワークをオンデマンドで即座に一括提供できる。また、非常に微細なレベルで研究データを分類・収集することが可能になり、ビッグデータ分析技術の進展を促すことができる。

ビッグデータ時代の学術情報増大に対応した学術情報クラウド基盤の整備により、効果的に学術情報の連携や利活用を図ることができる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

諸外国では超高速ネットワークの整備により様々な科学分野の進展を支援する動きがより活発化しており、100Gbps 技術で学術ネットワークが整備されつつある。米国では Internet2 network が 2013 年前半までに全米総距離約 25,000km を 100Gbps 技術でカバー、欧州では GÉANT が 2012 年後半から総距離約 50,000km を 500Gbps (100Gbps×5) でカバーすべく整備を開始、中国



SINET は、①最高の通信性能、②セキュアで先端的な研究環境、③十分な国際接続性、④高安定性等、を提供することを目指し、開発・運用を計画している。

も主要都市間総距離約 22,000km を 100Gbps 技術でカバーする計画である。またフランスでは 400Gbps 技術の導入を計画している。また、米国・欧州では、様々な科学分野に活用できる先端的なクラウド基盤の整備を SDN 技術の開発と合わせて進めている。国際的な競争・協調を考慮すると、我が国の SINET も、大幅なネットワーク帯域の増強ならびにクラウド基盤との連携が必須である。このため、約 3 年後に整備が開始される次期 SINET では、400Gbps 技術を用いた 800Gbps 以上への帯域増強、並びに SDN 技術を活用した HPC・クラウド・ビッグデータ分析基盤との連携を図る計画である。

④ 所要経費

これまで SINET の運営およびその上で展開されている学術情報基盤の整備は特別経費において措置されてきた。

平成 23 年度 63 億円 平成 24 年度 63 億円 平成 25 年度 61 億円

平成 26 年度以降は以下を計画。

平成 26 年度 66 億円 SINET の運営 (64 億円)、学術情報クラウド基盤の構築 (2 億円)

平成 27 年度 72 億円 SINET の運営 (63 億円)、学術情報クラウド基盤の運営 (3 億円)、次期 SINET の構築・移行 (4 億円)、SDN 基本技術の研究開発 (2 億円)

平成 28 年度 116 億円 次期 SINET の運営 (113 億円)、SDN 基本技術実証実験 (3 億円)

平成 29 年度 110 億円 SINET の運営 (107 億円)、SDN 基本技術の導入・拡張技術の開発 (3 億円)

平成 30 年度 105 億円 SINET の運営 (102 億円)、SDN 拡張技術の導入 (3 億円)

平成 31 年度 101 億円 SINET の運営 (98 億円)、SDN 総合利用環境整備 (3 億円)

平成 32 年度 100 億円 SINET の運営 (96 億円)、次期 SINET の構築・移行 (4 億円)

⑤ 年次計画

平成 23 年度 SINET4 を構築し、運営を開始

平成 24 年度 SINET4 の安定的な運営を継続 (平成 27 年度まで継続して実施)

平成 25 年度 日米回線を 30Gbps、アジア回線を 10Gbps で整備 学術情報クラウド基盤の構築準備を開始 次期 SINET について、利用状況の評価およびニーズの把握を行い、検討を詳細化

平成 26 年度 学術情報クラウド基盤を構築、試験運営開始 次期 SINET の基本設計を完了し、構築準備を開始

平成 27 年度 学術情報クラウド基盤の運営開始 次期 SINET の構築開始、移行実施 SDN 基本技術 (クラウド連携等) の研究開発を開始

平成 28 年度 次期 SINET (以降「SINET」とする) の運営を開始 (学術情報クラウド基盤は SINET に統合) 100Gbps～400Gbps 技術で基盤を整備 SDN 基本技術の実証実験を開始

平成 29 年度 SINET 安定的な運営継続 (平成 32 年度まで継続) SDN 基本技術導入 SDN 拡張技術 (ビッグデータ連携等) 開発

平成 30 年度 その次となる次期 SINET について、利用状況の評価およびニーズの把握、検討を詳細化 SDN 拡張技術の導入

平成 31 年度 SDN 総合利用環境 (全体的な有機結合環境) の整備 次期 SINET の基本設計を完了し、構築準備を開始

平成 32 年度 次期 SINET の構築開始、移行実施

⑥ 主な実施機関と実行組織

主な実施機関

情報・システム研究機構国立情報学研究所が主な実施機関として本計画を推進する。

実行組織

学術情報ネットワークの運営、企画立案にあたっては、国立情報学研究所に設置する、大学等関係者を含む所内外の委員により構成された「学術情報ネットワーク運営・連携本部」及び「学術コンテンツ運営・連携本部」を活用し、大学等との連携・協力の下、実施する。また、学術情報基盤オープンフォーラムを活用するなどし、ユーザやコミュニティとの情報や技術の交換・交流を推進するほか、意見の吸い上げ、学術情報ネットワークの運営や企画立案に活用していく。

その他、各連携本部の下に設置する企画作業部会やネットワーク作業部会等の各作業部会でも所外の委員と連携し、また相互の作業部会間でも連携を図り、学術情報ネットワークの運営のみならず、SDN 技術やクラウド・ビッグデータに対応した共用プラットフォームの開発等を大学等と連携して実施していく。

⑦ 社会的価値

様々な科学分野に共通的に利用可能なプラットフォームを整備することは、学術研究分野全体としての効率的な投資 (大きなコスト低減) であり、国民の理解を得られやすい。特に、大型の研究施設 (Spring-8、J-PARC、SACLA、京・HPCI 等) を共用のネットワークにより全国の研究者から利用可能にすることは、経済的に実験装置の利用率や利用範囲を高めることにつながる。また、分野横断的な融合研究の活性化を図ることができ、知的価値の増大、ひいてはイノベーションの創出に大いに貢献している。さらに、商用に先駆けた超高速ネットワークの整備は、高性能なネットワーク機器の開発を活性化させるなど産業的な価値が大きく、諸外国では国策として推進しており、日本においても同様の取り組みが期待されている。加えて、SINET は大学・研究機関等との共同研究の枠組みで産業界にも利用可能なことから、日本全体の研究開発力の強化にも貢献することができる。また、学術情報クラウド基盤を活用した学術データベースの蓄積・公開は、一般国民にもアクセス可能であり、日本全体の知識力向上に寄与することができる。

⑧ 本計画に関する連絡先

安達 淳 (情報・システム研究機構 国立情報学研究所) adachi@nii.ac.jp

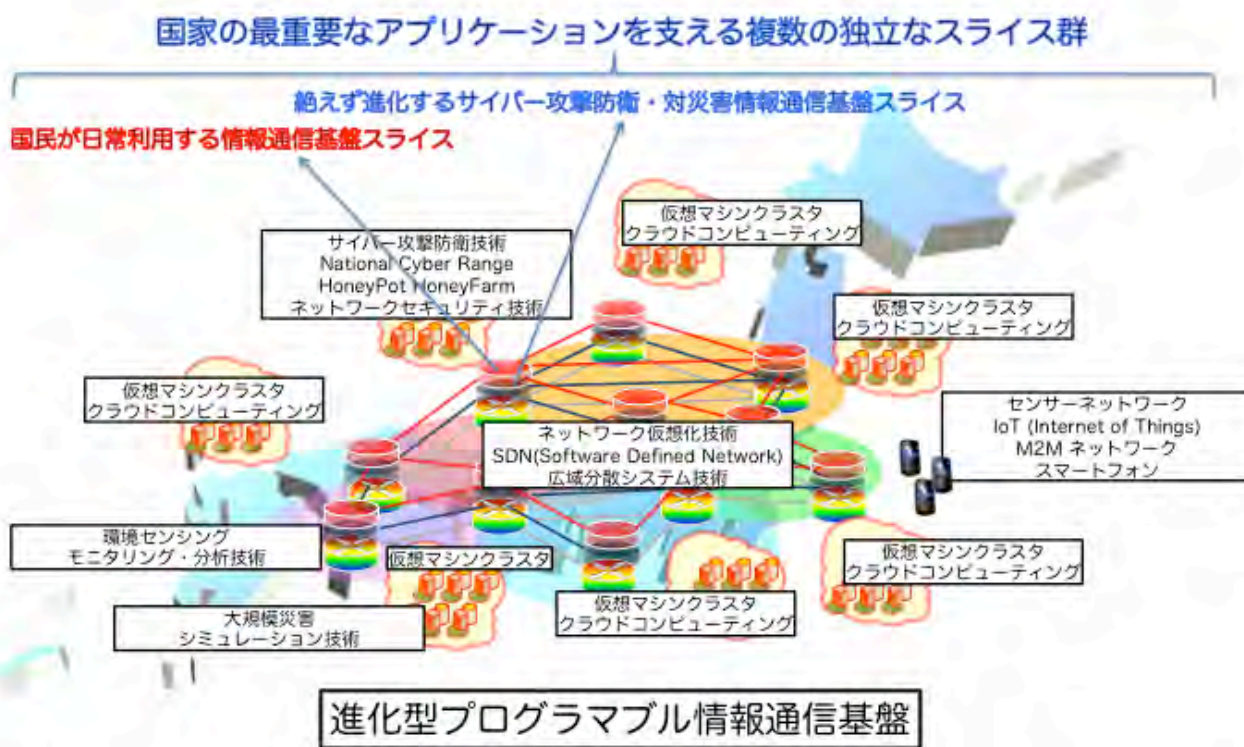
進化型プログラマブル情報通信基盤

① 計画の概要

本研究計画は、サイバー攻撃や大規模災害など未曾有の問題にも柔軟に素早く対応が可能な、進化可能なプログラマブル情報通信基盤を構築することを目的とする。本基盤上で、一つのスライス（基盤上で予約された計算・ストレージ・ネットワーク資源）を通常のネットワーク環境として利用しながら、他のスライスを想定された攻撃や災害に対する防御の研究開発に用いて進化させることができる複数のネットワークを同時に独立に運用することができる。さらにスライスを継続的に乗り換えながら、絶えず進化する情報基盤として利用することを可能とする。実際のネットワークとして利用しながら、サイバー攻撃防御、大規模災害対策に対して柔軟にプログラム可能で進化可能な情報通信基盤を実現することを目的とする。

自然大災害や、今日の ICT 社会を揺るがすサイバー攻撃などの有事においては、現在のネットワークは固定的であり、柔軟に適応することは困難である。本計画では、日々進化しているサイバー攻撃に対応してネットインフラを進化させたり、状況に応じて動的に通信品質や通信構成を変化させたり、必要な機能を動的に迅速に導入するプログラム性をもつ情報通信基盤の構築を目指す。

サイバー攻撃防御に関しては、網内で Deep Packet Inspection などのパケット処理を行ったり、網内監視・分析したり、さらに新しい攻撃に対処する新機能を絶えず継続的にプログラム可能にするなど、SDN (Software-Defined Network) をさらに進化させた新たな「進化型プログラマブル情報通信基盤」が必須である。攻撃手法や大災害を想定し、日々国民が使うネットワークと同じ環境に対する脅威をエミュレーションし、想定される新たな攻撃や災害に対する防御手法を研究開発可能とする研究開発基盤を我が国として所有することが重要であると考えられる。



Software Defined NetworkingやNetwork Functions Virtualizationの融合を超越し、ネットワークの制御だけではなくデータプレーンのプログラム性も利用して革新的アプリケーションを創造する新しいネットワークプロトコルやサービスも可能とする、ネットワーク・計算・ストレージ資源を統合してディープにプログラム可能な情報通信基盤

② 学術的な意義

近年の ICT の発展は近未来が予測できないほど流動的かつ変革的である。特にクラウドとスマートフォン端末の台頭は、ビッグデータと呼ばれる情報の集中的な蓄積とそれを多様な通信手段によりセンサーや携帯端末など非力な端末から収集・アクセスするという情報通信のあり方を根本から変革した。また、人間の経済社会生活は情報通信に非常に依存しており、サイバー攻撃やインフラの停止による損失ははかりしれない。このような状況において、柔軟に機能を動的に変更することが可能な情報通信基盤の構築は重要な情報社会基盤となり得る極めて重要な研究開発となる。また、ICT 研究分野では、サーバ仮想化・仮想マシン技術、ネットワーク仮想化技術、SDN 技術、広域分散システム技術、広域ディペンダブルシステム、スマートフォン端末技術・IoT 技術・センサーM2M 技術、クラウドコンピューティング、サイバー攻撃防御技術・セキュリティ技術、大規模災害シミュレーションシステム、環境センシング・モニタリング技術等の成熟しつつある科学分野が多くあるが、これら ICT 分野の叡智を結集することによって「進化型プログラマブル情報通信基盤」が実現可能であり、本研究のゴールを実現すると同時に上記の重要 ICT 分野がそれぞれ「繋がり」を持って発展するという極めて重要な科学的な意義があると考えられる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

米国では 2002 年頃から、PlanetLab と呼ばれる、インターネット環境におけるオーバーレイネットワークのテストベッドが構築されている。また、Emulab と呼ばれる PC サーバクラスター上の仮想化技術を用いたエミュレーションベースでのテストベッドも構築されている。これらは、OS、ネットワーク、分散システム等の大規模な実証実験を可能としている。2007 年頃からは、新たなネットワークプロトコルの実験を可能とする、GENI と呼ばれるテストベッドの研究開発がスタートしている。

我が国では 2007 年に、総務省・NICT が進める新世代ネットワーク研究開発において、仮想化ノードプロジェクトの研究開発が進められている。

これらのプロジェクトはいずれもネットワーク内にプログラム性を持たせてテストベッドとして多数の研究者を独立収容することを目的としている。それに対して本計画は、単なるテストベッドに留まらず、一般ユーザが情報通信基盤として利用しながらも、サイバー攻撃防衛、大規模災害対策に対して柔軟にプログラム可能で進化可能な、真の将来の情報通信インフラを実現することを目的とする。

④ 所要経費

100 億円（回線費用 20 億、インフラ開発：30 億円、ネットワーク機能開発 30 億円、実証運用 20 億円）

⑤ 年次計画

- ・ 2014 年度： サブプロジェクト要件整理と全体アーキテクチャ設計（拠点合同）。インフラ開発（ネットワークノード、クラスタ、端末、センサー開発）。
- ・ 2015 年度： 各拠点におけるサブプロジェクト開発（ネットワークノード、クラスタ、仮想ネットワーク、仮想マシン統合、端末開発、センサーノード、セキュリティ攻撃・防御技術、DPI（Deep Packet Inspection）、認証・認可・管理技術、ハードニング技術、ハニーポット・ハニーファーム技術・大規模災害シミュレーション、モニタリング・分析技術）
- ・ 2016 年度：サブプロジェクト開発・統合、アルファ版運用、アカデミック公開
- ・ 2017 年度：サブプロジェクト開発・統合、ベータ版運用一般公開
- ・ 2018 年度：実証運用一般公開

⑥ 主な実施機関と実行組織

東京大学、筑波大学、情報通信研究機構、産業技術総合研究所、情報学研究所、北海道大学、東北大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学、東京工業大学、慶應義塾大学、早稲田大学、NTT 研究所、KDDI 研究所、NEC、富士通、日立、などを拠点とする。広く大学に接続するために SINET をアクセスネットワークとして活用する。

東京大学・筑波大学・情報通信研究機構・情報学研究所を中心として全体を統括するセンターを置き、JGN-X や SINET をフルに活用するテストベッド上に実運用可能な情報通信基盤を構築する。

⑦ 社会的価値

今日、情報通信基盤は、国民生活のクリティカル・インフラとなっている。東日本大震災の際の通信障害、スマートフォンの普及によるバックホールネットワークの輻輳障害、海外からのサイバー攻撃等の際のマスコミ報道の様子から、このことが国民の共通認識として広く浸透していることが強く窺われる。しかし、我が国における、クリティカルなインフラとしての情報通信基盤技術を発展させるための研究プラットフォーム作りは十分ではない。我が国が今後、情報通信基盤に関する強い国際競争力と安全保障力を保持していく上で、本研究開発は重要な役割を果たすと期待できる。

また、情報通信の障害による国家の経済社会活動の損害の実害と予想値は幾度となくレポートされており、近年ではセキュリティ攻撃に起因する通信障害により企業 1 社あたり年間数十億円の損害が生じる統計がある（Infonetics 2007, businesscomputingworld.co.uk 2010 など）。本提案は、経済社会活動の改善に直結する実践的研究提案であり、経済的・産業的価値も非常に高いものであると言えることができる。

⑧ 本計画に関する連絡先

加藤 和彦（筑波大学大学院システム情報工学研究科、日本ソフトウェア科学会） kato@cs.tsukuba.ac.jp

無線ネットワーク技術の進展に資する大規模実証テストベッド

① 計画の概要

文科省アカデミッククラウドに関する検討会、米国大統領諮問委員会報告や総務省報告において、今後のビッグデータ時代を支えるためには、特に情報収集に係る無線ネットワーク技術の飛躍的な技術変革が不可欠であることが指摘されている。

本計画は、多種多様な大量データを効率的に収集し配信する無線ネットワーク技術を、従来のハードウェアの制約をソフトウェアによって解決する学術研究を推進し、量に関しては現在の 100 倍～1000 倍の通信容量を達成すること、そして質に関しては数ビットの災害時待時系安否情報から数テラバイトの即時系ビデオストリームまで、多様なデータを収容し、その情報処理を実現することを目標とする。

目標達成のために本計画では、国内 7 箇所、海外 2 箇所に研究拠点を設置し、それらを主機関で統合する世界初大規模テストベッドを構築する。各研究拠点においては個別学術研究を推進すると同時に、センターを介した連携学術研究を推進する。また、国内外の研究者が共通して利用できるソフトウェア無線フロントエンド装置（SRE）を開発する。その他、主要研究者、公募研究者へのチュートリアル、学生実験教育への展開、ポストドク研究者雇用、海外から有力な研究者の招へいなどを行う。

以上により、本分野の研究者を結集して我が国が世界に先駆けて情報通信技術の抜本的改革の先鞭をつけうる環境を整備する。

② 学術的な意義

ビッグデータを効果的・効率的に収集集約するには、総務省等で報告されている無線トラフィックの爆発的増加と多様なアプリケーションに対応する必要がある。このため

には、多種多様な大量データを効率的に収集配信する無線通信技術の抜本的な学術パラダイムシフトが不可欠である。本計画ではこのシフトを(1)クラウドによる対処(2)クライアントによる対処(3)ネットワーク全体による対処の3アプローチによって推進し、世界初テストベッドによって実証する。

(1)は無線信号をサンプリングしたデータをサーバに送信しアプリケーションやユーザ群に応じて柔軟に処理する方式であり、ADUN（フルスケールは図表参照）、ADN、ROF等の方式を研究する。

データ収集配信はクライアント（端末）周りの周波数、時間、空間、エネルギー（無線資源）によって制約される。従来例えば周波数については、用途や需要に応じて帯域が政策的に固定割当てされ、各帯域の効率化を主眼として研究されてきた。しかし、固定割当ては無線商用開始の 20 世紀初頭に干渉を避ける目的で決められたものである。(2)では、この概念にとらわれず（周波数のアンバンド化）、端末をインテリジェント化して周波数効率向上を達成する。また、時間、空間、エネルギーについても、並列性の利用により、無線全二重化、符号化（重畳符号化、ネットワーク符号化、レートレス符号化）、リンク群間での協調伝送、破損パケット復元方式等シャノン限界に漸近する方式を学術研究する。

(3)は、中継段や制御系も含んで対処する方式であり、障害時に基地局や端末の設定を物理層、MAC 層での共用制御を含めて自律的に自動化する SON やソフトウェアによってネットワークを動的制御する SDN やオープンフローなどの技術を開発する。

3 アプローチは従来の階層や周波数等の概念にとらわれない学術性の高い研究である。

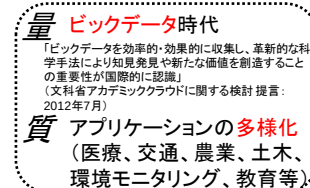
③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

アカデミッククラウドに関する文科省検討会提言（平成 24 年 7 月）では、ビッグデータの効率的な収集配信の国際的重要性が指摘されており本計画はこれに大きく貢献する。

世界動向としては、米大統領科学技術諮問委員会が 2012 年 7 月周波数帯域を地域ごとに時間単位で貸与する技術開発支援を答申している。本答申は現状の帯域を動的に割り当てる対処療法であるのに対し、本計画は周波数のアンバンド化など幅広い無線リソースの動的割当てを含んでおり、より革新的野心的な技術変革を起こす研究である。

SRE（Software Radio Equipment）として、2010 年頃より GNU/Radio+USRP 等の SW、HW が研究用に提供されつつあるが精度は不十分である。SRE の精度向上に加え、SRE を制御コア技術と位置付け、動的制御に適した形態にシフトする連携が世界レベル

情報システム変革の必要性



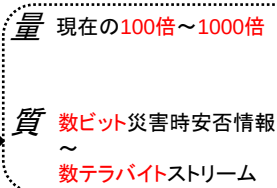
無線通信の重要性

「周波数帯域の時間の見直しの必要性」
(米 President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST)：2012年7月)
「無線トラフィックが220倍以上に拡大」
(総務省報告：2010年)

ハードウェアのソフトウェア化

(コグニティブ無線研究等)

目標



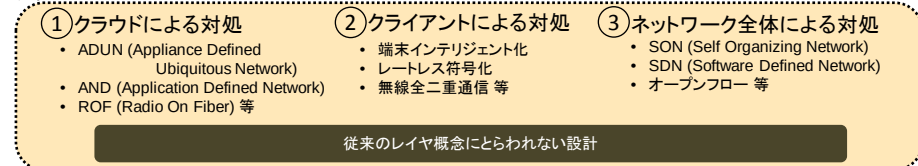
計画

- ・ テストベッド(1センター、9拠点(国内7・海外2))
- ・ 主要研究員30名／登録研究者100名
- ・ 海外からの研究者招へい

実績・支援体制

科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業、
科研費S、AIによる研究推進
・情報処理学会・電子情報通信学会 関連研究会の支援
・日本学術会議
第3部情報学委員会情報ネットワーク社会基盤分科会からの推薦

研究アプローチ



で重要である。本計画は、世界的に利用可能なテストベッドを構築することにより世界的な研究拠点形成に貢献する。

周波数資源を一から考え直す周波数のアンバンド化は、産業界や総務省では扱えない概念であり、日本学術会議が提案すべき喫緊の課題と言える。

④ 所要経費

47億3200万円（初期投資：16億8200万円、運営費：30億5000万円）

1年目 7億5000万円、2年目 17億9100万円、3年目 6億1000万円、4年目 9億7100万円、5年目 6億1000万円

⑤ 年次計画

平成25～26年度：科研費などの経費により準備を行う

平成27年度：・1センターおよび国内7拠点到拠点を設置する。・テストベッド第一バージョン(TB1)の設計を行う。・主要メンバーにより、テストベッドに要求される要素を抽出する。・海外から研究者を3名招へいし、国際共同研究を開始する。

平成28年度：・TB1を製作する。・主

要メンバーにより開発された基礎技術を、TB1上で実証的に研究する。・海外から著名な研究者を3名招へいし、共同研究を推進すると共に国際的な仕様公開に向けた準備を行う。・テストベッドの仕様公開およびチュートリアル等の普及促進策の検討を開始する。

平成29年度：・主要メンバーにより開発されてきた基礎技術を、TB1上で実証研究すると共に、仕様公開とチュートリアルを実施しTB1を他の研究者の技術を広く実証研究する。・海外から著名な研究者を3名招へいし、共同研究を推進し共に国際的に仕様を公開する。

平成30年度：・主要メンバーおよび他の研究者の実証実験の結果よりTB1の問題点を明らかにする。・問題点を解決するテストベッド第二バージョン(TB2)を製作し、TB1と合わせた大規模テストベッドを構築する。・主要メンバーおよび他の研究者により開発された基礎技術を、TB2上で実証的に研究する。・国際化のためのチュートリアル等の多言語化を行う。・海外から著名な研究者を3名招へいし、共同研究を推進すると共に国際的にTB1およびTB2を国際的に利用した研究を推進する。

平成31年度：・主要メンバー、海外招へい研究者および国内外の研究者より開発されてきた基礎技術を、TB2上で実証研究すると共に、成果をまとめる。・学生実験での教育利用への発展等を検討する。

⑥ 主な実施機関と実行組織

主な実施機関：(◎はセンター、○は国内拠点、●は海外拠点)

◎電気通信大学、○北海道大学、上智大学、新潟大学、東京大学、○慶応大学、○静岡大学、豊橋技術科学大学、○名古屋大学、○京都大学、○大阪大学、関西大学、神戸大学、○九州工業大学、●UCLA(米)、●Ecole Polytechnique(仏)、NICT

実行組織：

電気通信大学を主たる担当機関とし、理論系(物理層・符号理論・情報理論・中間層研究者)研究者および検証系(ソフトウェア無線などの実機による検証)の研究者にテストベッドを提供する。

⑦ 社会的価値

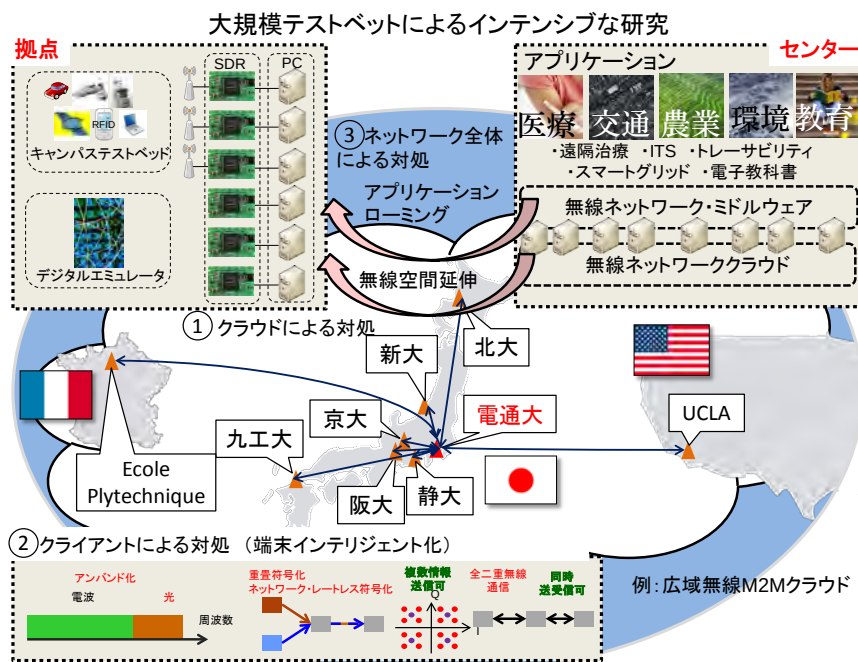
国民の理解：各所で予想されている無線量の増大は、無線通信が国民の日常生活に深く浸透し今後も期待が高いことを物語っている。2011年1月にNTTドコモの携帯電話システムがダウンした際には、250万人以上が不便を強いられ大きな社会問題となった。また東北大震災の際には約800機の基地局が機能しなかった。従って無線通信を高度化する本計画は国民の要求と緊急性が高いといえる。

知的価値：知的財産の生産に加え、テストベッドを大学実験教育に活用することで将来の高度技術者の育成が期待できる。

経済的・産業的価値：学術成果だけでなく、仕様公開により無線システム開発に貢献できる。また、テストベッド自体が広域無線クラウドとなりうる。また、ネットワーク障害は多大な経済損失をもたらす。例えば、2012年5月にスイスUBSで発生した障害は280億円の損失を出した。また、ヤフーもサーバー障害で12億円以上の特別損失を2012年度に計上している。これらは、無線だけの問題ではないが、トラフィックの爆発的増大に鑑みれば無線通信に起因する同様な事案が将来発生することが予想され、本計画はこれを防止する効果が期待できる。

⑧ 本計画に関する連絡先

渡辺 尚(大阪大学大学院情報科学研究科情報ネットワーク学専攻) watanabe@ist.osaka-u.ac.jp



国家と社会のための科学技術データ総合マネジメントーデータジャーナルによる異分野融合

① 計画の概要

東日本大震災や福島第一原子力発電所事故は、従前の専門分化した学術が分野間の隙間に位置する想定外の事象に対して極めて非力であることを白日の下にさらした。本来、科学技術は普遍性ゆえに大きな発展をしてきたが、災害時の厳しい状況の下で適確に機能した分野、機能しなかった分野、想定が不十分であった分野が明らかになり、個々の専門分野のカベを超えて先見のかつ迅速かつレジリエントに問題解決する学術分野の本格的な融合が必要となった。様々な学際研究や分野間の連携研究が開始されているが、本提案は、課題解決に向けて領域細分化した諸学術分野が科学技術データを介して本格的に異分野連携するための知的基盤の構築と複合的な課題の解決のためのデータ総合マネジメントの範例の提示を目的としている。

社会的課題の解決に向けての異分野連携への準備としては、基礎物理定数、核データ、原子分子データ、スペクトル化学、物質・材料、バイオデータ等々の基礎科学技術分野におけるデータを介した異分野融合の事例を範例として整備する。次に東日本大震災や福島第一原子力発電所事故によって明らかになった課題、すなわち原子炉事故、環境動態、健康リスク等々に通底する科学技術データの共有と活用に関する課題を解決すべく、データ（一次データ）の発生、整備・評価・再編成、データ共有と情報セキュリティ、情報資源化のためのリンクから活用に至るライフサイクルを事例別に分析し、データの信頼性、アクセシビリティ、解釈や活用の多様性、トレーサビリティ等々の要件を満たす実例としてデジタル化する。最後に科学技術データを迅速かつ適切に社会に提供し、基盤データを有効活用して分野間の隙間と陥穽を補完する方法論をデータ駆動型科学として体系化することを試み、諸学問分野が連携するためのデータジャーナルとして実装し、世界に貢献し、リードするための電子的学術基盤を構築する。

② 学術的な意義

欧米の学術コミュニティを中心として確立したテキスト主体、オリジナル論文主体の情報基盤を補完する科学技術データが主体のデータジャーナルを実装し、本格的な学術諸分野の連携のための電子的学術基盤を構築する。学術的成果→学術論文、特許としての公開→知的財産権の管理→業績評価といった情報のライフサイクルを補完することが必要であるが、現在、データを基軸にした他分野との連携は必ずしも有効に行われておらず、情報科学的な技術に加えて生命科学や材料科学などといった当該分野に精通したデータ活用の専門家による作業が必要である。本提案は、諸課題のフィールドワークと連動して既往の学術分野の成果（一次データ）と社会のニーズとの橋渡しをして個人の成果主義を超えた社会のための学術レジームを構築する本格的な作業、すなわち、科学技術データを基軸にした総合的な学術分野の構築が目標となる。

今世紀は、学術と社会との新たな関係を確立し、環境、エネルギー、格差は正等々にかかわる地球規模の課題への挑戦の時代である。軸となるべき新たなスタイルの学術活動が必要で、学術は個々の分野の展開に関係するデータ創出だけでなく、多分野の成果をまとめる総合力とグローバルなリーダーシップが求められる。ICPP、生物多様性や TPP での激しい国際競争で明らかのように、客観性、普遍性に基づく説得力のある科学技術データの活用が極めて重要で、我が国の科学技術力に支えられたデータ創出の戦略的な国際優位性を武器に、サプライチェーン、国際標準、製品生産から廃棄物にいたる製品の全ライフサイクルをカバーする産業技術のグローバルなリーダーシップの発揮が求められているが、従前の分野別の学術体系とは異質の新しい学術の構築が求められる。データのライフサイクル評価、ビッグデータ対応、データ科学と情報科学のインターフェースなど異分野融合に対応した研究が必要である。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

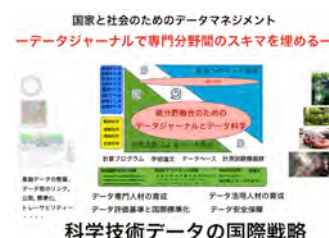
CPU、メモリー、人工知能、ネットワーク、スーパーコンピュータ、CAD、CG、PC 等々に代表される情報処理技術の急速な技術進歩と普及の中で、学術における一次データの重要性は広く認識されているにも拘らず、学術的なコンテンツの整備と活用は特定の専門分野を除いて進んでいない。分野横断的な活動に関しては、社会・産業的活用目標を絞った過去 10 余年の知的基盤整備計画の推進実績もあるが、多くの場合、専門分野の枠組みの中で閉じた閉鎖的なデータベースの構築と活用に至るプロトタイプレベルの事例が多い。そのためデータベースの活用も単なる検索や可視化までで、科学技術データが含意する本格的な学術コンテンツの活用事例は極めて限定的である。そこで、本計画では、国内外の科学技術データ活動の範例の調査し、その結果を基に一次データの有効な活用、付加価値の創出事例の共有、適切な公開ポリシーの設定、データベースの評価体制、データ構造の標準化、メタデータ等々の系統的な検討し、異分野の統合が必要な具体的な課題を選定して本格的なデータ科学の要件を明らかにする。データの時代が社会的に注目され他分野からの積極的な参加が期待出来る。

④ 所要経費

合計 160 億円

10 億円/年*10 年=100 億円

データジャーナルを基軸にした異分野融合の範例構築（例：CODATA/WDC 関係の諸機関の範例のポータルサイト、基礎物理定数、核データ、原子分子データ、スペクトル化学、物質・材料、バイオデータ等々の基礎分野におけるデータを介した異分野融合



の範例を整備；地球環境分野における省庁を越えた知的基盤の活用事例；諸機関の連携をコーディネートし、産官学連携のプラットフォームを構築し、学術諸団体が連携するためのデータ活用の専門家を育成する人的ネットワークの整備。

5億円/年×10年＝50億円

エネルギー・経済・環境・健康リスクに関係する社会的重要分野の事例構築（例：人工物設計と標準分野、化石燃料、再生可能エネルギー、原子炉事故、資源戦略、社会的受容性、知識マネジメント、環境戦略の策定、問題設定、シナリオ分析から知的基盤整備、事例研究、評価を通して複雑な事象に関するデータ駆動型科学としての体系化まで）

1億円/年×10年＝10億円

国際的な動向を理解した上での知的基盤拡充戦略の実施、教育活動の拡充（健康、安全、格差の是正、教育展開など）。

⑤ 年次計画

初年度-第3年度

- ・基礎物理定数、核データ、原子分子データ、スペクトル化学、物質・材料、バイオデータ、地球科学等々の基礎分野でデータを介した異分野融合の範例をデータジャーナルとして整備、データ査読システムの検討
- ・知的基盤の整備が比較的進んでいる素材、人工物分野を対象として国益と国際貢献とを同時に考えた新たな知的基盤活用のプロトタイプを構築
- ・異分野の連携、産官学、そして市民他から構成されるステークホルダー間のデータ共有とデータ活用についての制度設計
- ・福島第一原子力発電所事故関連で整備されつつある多分野にまたがるデータのメタデータ開発と関連アーカイブをつなぐネットワーク構築
- ・国際的な展開を視野に入れたエネルギー資源分野での情報戦略についての問題設定、データ基盤の設計
- ・以上の事例をリンクするため、既往の電子ジャーナルへのデータジャーナル、モデルライブラリーの追加、組織化し、関連情報のネットワーク化手法を開発

第4年度-最終年度

- ・上記プロトタイプ開発の継続、発展や活用方法の開発のための問題設定
- ・事例研究を基にした、社会と人間の健康と安全に関する科学技術知的基盤の検討
- ・原子炉事故、環境動態、情報環境と健康リスク等々について、科学技術データ（一次データ）の発生、整備・評価・再編成、データ共有と情報セキュリティ、情報資源化のためのリンクから活用に至るライフサイクルを事例別に分析し、データの信頼性、アクセシビリティ、解釈や活用の多様性、トレーサビリティ等々の要件を満たす実例としてデジタル化
- ・事例研究を総合したデータ駆動型科学の体系化
- ・最終的にはデータを基礎にした考察、議論、意思決定、政策決定、研究計画、基準整備の活用事例、範例を整備し、一次情報、科学知識や技術的経験に基礎を置いた普遍的で着実な情報基盤の提示。

⑥ 主な実施機関と実行組織

情報知識学会 CODATA 部会に諸学会のデータ連携のための事務局を設置し、以下に示す課題の統括と専門家集団の連携支援を実施する。

・国際科学技術データ委員会、CODATA 小委員会、WDS 小委員会の関係者による基礎物理定数、核データ、原子分子データ、スペクトル化学、物質・材料、バイオデータ、地球科学等々の基礎科学技術分野におけるデータを介した異分野融合（北海道大学大学院理学研究院、電気通信大学レーザー新世代研究センター、大学共同利用機関法人情報・システム研究機構、国立遺伝学研究所、独立行政法人産業技術総合研究所、東京大学大学院農学生命科学研究科、国立交通大学、京都大学、大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台天文データセンター、千葉大学大学院工学研究科、東京理科大学理工学部、独立行政法人情報通信研究機構、独立行政法人物質材料研究機構）

・知的基盤活用戦略の策定と学術評価、エネルギー、環境、資源、標準に関する知的基盤の範例の構築（事業構想大学院大学、東京大学大学院農学生命科学研究科、東京大学大学院政策科学、茨城大学・名古屋大学太陽地球環境研究所）

・データシステムの設計・開発（大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 国立情報学研究所、情報・システム研究機構、中央大学研究開発機構、慶応大学、早稲田大学理工学術院、東洋大学、神戸大学、中部大学）。

⑦ 社会的価値

日本から発信される高品質のデータや知識は欧米の大手出版社や学術組織や ICT ビジネスによって構築されたレジームに吸収されて、必ずしも日本国内へ適切に還流されているとはいえない。この長年指摘されてきた課題の解決のため、産官学の主要分野について国内における科学技術データ（一次データ）の発生、整備・評価・再編成、情報資源化のためのリンクから活用に至るライフサイクルを事例別に分析し、データを迅速かつ戦略的に社会の価値へと還元し、有効活用するための方法論をデータ駆動型科学として体系化し、データの信頼性、アクセシビリティ、解釈や活用の多様性、トレーサビリティ等々の要件を満たす実例としてデジタル化し、再利用と進化発展のための公共財として提示する。制度設計と社会システムの実現が必要であるが、このために、一次データを生成する学術研究機関のコーディネーションのための組織づくりを行う。

グローバルな情報格差を克服するために国連情報社会サミットが開催されたが、同サミット第2回で提案したデータ活動の具体的な有用な初の実装例を我が国が提示することは国内外ともに多方面での大きな意味がある。。

⑧ 本計画に関する連絡先

岩田 修一（事業構想大学院大学） iwatacodata@mac.com

ゼットバイト時代におけるコンテンツ超多様性を支援するビッグデータ情報処理基盤の研究計画

① 計画の概要

社会が生み出すデータは爆発的に急増し、毎年ゼット（10の21乗）バイトのオーダーに達している。実世界を反映するコンテンツを、各種社会活動の要求に即時対応し、多角的に処理・解析するビッグデータ情報処理基盤がこれからの情報社会基盤として必須となっている。コンテンツはウェブ上の文書、写真、動画、音楽、センサ情報、科学観測データ、ログ等、その量だけでなくデータの種類、生成過程、利活用形態等が多岐に渡り、「コンテンツの超多様性」と言うべき状況が生じつつある。本研究計画では、現代社会のダイナミクスに追従できる情報社会基盤を世界に先駆け我が国で構築することを目指し、コンテンツの超多様性を支援する、つまり、あらゆるコンテンツの収集、蓄積、管理、利用、共用を可能とするビッグデータ情報処理基盤の構築方式の確立を目指す。コンテンツの超多様性には量や種類の急激な時間的変化も含まれ、従来のように、コンテンツ個別対応の利活用システムを適時に開発することは困難である。そこで、超多様なコンテンツの収集過程においてコンテンツの「自己精錬化」を図る蓄積管理技術を新たに開発し価値あるデータの永続化を試みると共に、新たな価値創造のためのコンテンツ融合を容易に実現するためにコンテンツ相互の「自律的連携」を可能とする新たなデータ管理技術を考案し、ソーシャルネットワークの変遷等の短期間での大きな変容にも追従可能であり、また、新たなコンテンツ処理の基礎となるビッグデータ情報社会基盤の構築技術を確立する。本研究計画の実施にあたっては、我が国のデータ工学、コンテンツ情報処理、大規模分散情報処理の研究者が一堂に会し、新たなデータ処理基盤技術を開発すると共に、現状で収集しうる限りの多様なコンテンツを用いた検証を行い、コンテンツ利用を求めるあらゆる分野にオープン・ソース等の形態で即時に開発した研究成果を還元することを目指す。



現状の大規模情報システムの問題点



ビッグデータ情報処理基盤

② 学術的な意義

従来、特性の異なるコンテンツごとに収集・管理システムを構築する中で、それを支えるデータ工学技術が発展してきたが、情報利用が高度化する現代社会において、超多様な情報を共有、融合し、社会活動へ還元するための新たな枠組みを実現するための学術的基盤が求められている。近年、次々と登場する新たなソーシャルネットワークサービス（メール、掲示板、ブログ、Twitter、Facebook）、多様化する各種センサ情報など、社会のダイナミクスと情報利活用技術の急激な進展の下では、新たなコンテンツが出現する度に管理、処理手法を構築する方式は限界に達しており、個別コンテンツやアプリケーション指向のデータ処理・管理技術を抜本的に見直す必要に迫られている。つまり、これからのビッグデータ情報処理基盤では、1) 社会活動に伴い生成・消滅するコンテンツ超多様性に対応し、即時かつ永続的な収集・蓄積・管理を可能とする新たな「自己精錬化」機能を有するコンテンツ処理技法の確立、2) 超多様なコンテンツの融合にも柔軟に対応できる「自律的連携」を可能とする新たなデータ管理技術の確立が必須となる。本研究計画では、コンテンツの超多様性に立ち向かうため、コンテンツの価値はコンテンツに内在していることに着目し、「コンテンツによる（コンテンツ自律的連携）コンテンツのため（コンテンツ自己精錬化）のコンテンツ処理・管理技術（コンテンツ・エコシステム）」を世界に先駆けて実現し、我が国のコンテンツ処理の学術基盤の底上げを狙うものである。このようなコンテンツの多様性を受容するコンテンツ・エコシステムは米国を筆頭に世界で模索され始めたばかりであり、本計画研究によりいち早く研究に着手することで、今までに蓄積されてきた情報技術の底上げによる情報学の大幅な進歩が加速されると共に、様々な学術分野を下支えする情報基盤技術の進展を図ることができる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

近年、インターネット・サービスの多様化、センサ、携帯型デバイスの普及により、膨大なコンテンツが生成・蓄積され、ビッグデータへの対応が情報処理の大きな課題となりつつある。例えば、Twitterで1日に最大1億4千万件の情報発信が行われ、Facebookのユーザ数は10億を超え、Google検索エンジンは1兆を超えるURLを保持し、関連するコンテンツはテキスト、音楽、写真、動画等と多岐に渡る。この「超多様性」をもつコンテンツが生成、加工、流通、還元されることは、これからの

社会における資源としての大きな価値を持つ。また、グローバル化が進む今日、情報の流通速度は飛躍的に伸びている。従来とは異なるスピードで超多様なコンテンツを利活用することが、我が国産業の活性化や世界的優位性を高める上で必須である。米国ではBig Data Research and Development Initiativeに2億ドルが投入され、MITにおいてbigdata@CSAILが立ち上がり、EUでもfuturICT等のプロジェクトでコンテンツ統合などが検討されており、一刻も早く、我が国をあげての取組みが望まれる。

④ 所要経費

87億円（初期投資：5億円、運営費等：82億円）

- ・初期投資：5億円（共同研究拠点施設整備、初期実験用データセンタリース費）
- ・設備費：28億円（ビッグデータ情報処理基盤実験システム、超多様性コンテンツ収集ネットワーク実験システム、超多様性コンテンツ蓄積実験システム等）
- ・人件費：17億円（研究員、プログラマ、システム管理技術員等）
- ・システム開発費：20億円（ビッグデータ情報処理基盤システム開発費、コンテンツ自律的連携技術の既存データベース上への実装費、コンテンツ自己精錬化技術の既存データベース上およびネットワークシステム上への実装費、超多様性コンテンツ収集機構の開発 等）
- ・実証実験費：10億円（情報学以外の科学分野、自治体や情報産業と連携した超多様性コンテンツ・エコシステムの開発、実験等）
- ・施設費、その他：7億円（施設賃貸料、会議費、旅費、運転経費、成果公開など）

⑤ 年次計画

平成26～32年度

（具体的な計画）

1. 平成26年度：事前調査

米国Big Data Research and Development Initiativeに対応する各大学、ウェブサービス事業者（Google, Yahoo, Microsoft, 楽天等）、大規模科学研究プロジェクトチーム（京コンピュータ等）、クラウドサービス事業者（Amazon, Microsoft等）との意見交換、コンテンツ超多様性に関する事前調査を行う。

2. 平成27年度～28年度：超大規模データ管理フレームワークの確立

ビッグデータ情報処理基盤実験システムの構築、コンテンツ自己精錬化に基づくコンテンツ永続管理技術の開発・設計、コンテンツ自律的連携によるコンテンツ融合、管理技術の開発・設計、システム評価・実験のための超多様性コンテンツの収集および蓄積システムの構築を行う。得られた研究成果の公開促進を図るため、シンポジウムなどを開催する。

3. 平成29年度～30年度：代表アプリケーションによる基本評価

実験システム上における「コンテンツ自律的連携」によるコンテンツ融合・管理技術および「コンテンツ自己精錬化」によるコンテンツ永続管理技術の基本評価、実験結果に伴うフィードバックを行う。研究成果の公開促進を図るため、コンソーシアムによる実験システムの利用公開、シンポジウムの開催などを試みる。

4. 平成31年度～32年度：社会的緊急性を持つコンテンツによる実証研究

社会基盤とされる情報管理システムの選定を行い、実験システム上において「コンテンツ自律的連携」によるコンテンツ融合・管理技術および「コンテンツ自己精錬化」によるコンテンツ永続管理技術の有用性について実証実験を行う。研究成果の公開促進を図るため、コンソーシアムによるオープンソースシステムの公開、シンポジウムの開催などを試みる。

⑥ 主な実施機関と実行組織

筑波大学計算科学研究センターを中心的実施機関とし、東京大学、東京工業大学、京都大学、名古屋大学、大阪大学、早稲田大学、情報通信研究機構、NTTセキュアプラットフォーム研究所と我が国のデータ工学分野および計算機システム分野の中心的研究者が属する研究機関を中核機関として連携し、研究を推進する。また、実行組織として研究コンソーシアムを立ち上げ、筑波大学に事務局を置き、中核機関に加え日本におけるコンテンツ研究の一線で活躍する研究者を迎え、全日本で研究を推進する。さらに、中核機関ごとに重点テーマを設定し、世界をリードする研究を推進する。

⑦ 社会的価値

携帯電話やスマートフォンの急速な普及やソーシャルネットワークの浸透などにより、社会におけるコンテンツの多様化と重要性の増加は全ての国民が日常的に体感しており、その利活用を促進する社会情報処理基盤の確立は喫緊の課題である。一方、東日本大震災を例に出すまでもなく、自然災害や大規模事故などが生じた際に、制約の強い環境の中で有用な情報を提供する社会支援としての情報処理基盤も強く望まれている。コンテンツ自己精錬化に基づく多種多様なコンテンツの自律的管理により、各コンテンツが含意する社会的事象（自然災害、大規模イベント、世界的時事等）をその価値に応じて連携することによる環境情報監視、防災センシング、省電力制御、医療情報管理等、今後我が国の自治体、地域が必要とする骨格となるべき情報処理基盤を提供でき、社会にとって安定したコンテンツ収集・蓄積・利用を可能とする。世界に先駆け我が国主導で開発した技術を広くオープン化して、今後発展が見込まれるアジア圏などに提供することができれば、多様なコンテンツ流通基盤新世代においては我が国がアジアを牽引し、さらに世界を牽引していく事が出来る。

⑧ 本計画に関する連絡先

北川 博之（筑波大学・システム情報系（計算科学研究センター）） kitagawa@cs.tsukuba.ac.jp

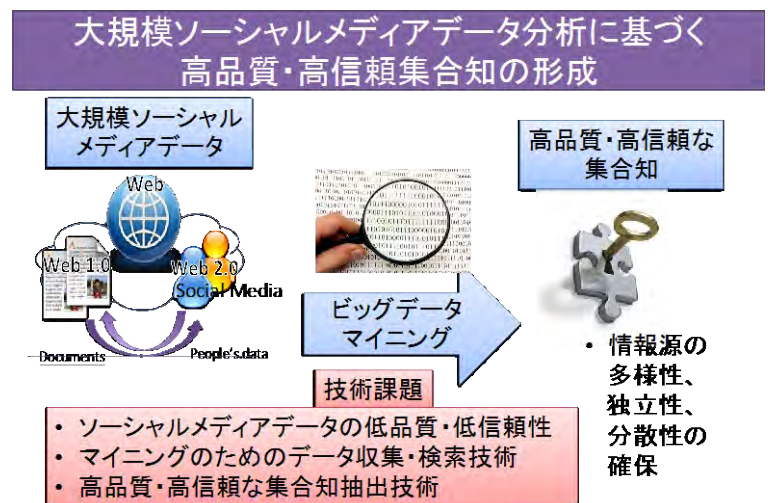
大規模ソーシャルメディアデータ分析に基づく高品質・高信頼集合知の形成

① 計画の概要

本研究は、ネット上での人間の振る舞いに関する社会心理学的な知見も踏まえて、ソーシャルメディアの巨大データの分析を高効率で行い、高品質・高信頼な知識（集合知）の抽出・形成を行うための基盤技術を研究開発するものである。主実施機関にクラウドサーバ設備を設置し、ソーシャルメディアデータの巨大アーカイブを作成・管理し、研究用実験データとして集積・使用する。

ウェブ情報は、社会、経済、政治、医療・健康、生活、防災・危機管理、学術など、多方面における重要な巨大情報資源となっている。さらに、ブログ、SNS、投稿型質問応答サイト、Wikipedia、Twitter 等、ユーザ自らが情報発信を行うユーザ生成型メディアが近年隆盛となり、これらはソーシャルメディアと呼ばれ、ウェブ情報とあわせて社会の重要な大規模情報資源になりつつある。

このウェブ・ソーシャルメディアデータから有用な集合知（Wisdom of Crowds）を得るためには、情報の品質・信頼性の担保が重要である。特に、ソーシャルメディアには、誤報や悪意にもとづく情報も多々あり、その信頼性・品質は必ずしも担保されていない。集合知の提唱者の Surowiecki は、集合知が機能するための条件として、情報源の多様性、独立性、分散性の確保を挙げているが、これらの機能指標を検証するための工学的技術は未だ確立されておらず、また、ビッグデータの表層的な統計処理やデータマイニング処理では、抽出される情報の品質・信頼性までは担保されない。しかし、ウェブ・ソーシャルメディアの情報は、発信情報、情報発信者、発信情報に対する社会の評価情報が相互にネット上で繋がっているという特性があり、この繋がりをもとに、大規模データ分析技術を用いて情報源の多様性・独立性・分散性を評価し、高品質・高信頼な集合知を抽出できる可能性がある。



② 学術的な意義

本研究で開発する、巨大データの高効率検索・分析処理技術、高品質・高信頼性な社会的集合知の抽出・分析技術等の確立は、情報検索・分析、クラウドコンピューティング（巨大非数値データの超高速分析）、ソーシャルコンピューティング分野における学術的意義が高い。

さらに、ネット社会における人々の振る舞いの解明といった、社会心理学分野における学術的な意義も高い。米国では、すでにスタンフォード大学やカリフォルニア大学サンタバーバラ校等で、広範囲なデジタル情報資源に対する人間の信頼性判断指標や信頼性評価に影響を与える社会的特性、情報の表層の特徴やデザインが情報信頼性にどのような効果をもたらすかといった実験心理学研究や、SNS における誤報拡散を阻止するアルゴリズム開発などが行われ、成果が出始めている。

ビッグデータの分析・利活用に関する研究は世界的にもすでに開始されているが、そのビッグデータから得られる集合知の品質や信頼性に着目した研究は類例が無く、本研究計画の国際的優位性も高い。

これらにより、高品質・高信頼なオンライン社会知を形成するための情報基盤技術を構築すること、社会における情報の信頼性や品質に関する新しい学術領域を開拓することを目指す。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

投稿型質問応答サイト情報の信頼性分析では、例えば、ユーザの専門性に着目した回答の品質評価手法（シンガポールナニヤン工科大の Suryanto ら）がある。ブログ情報の信頼性・有益性については、東京大学の中川らの、内容の専門度と見解・根拠の独立性という尺度による分析研究がある。東日本大震災におけるソーシャルメディアの効用と情報信頼性については、野村総研による分析研究がある。SNS 分析では、NTT、東大、京大、慶應大等で、ユーザの影響力測定やコミュニティの成長モデルの研究等がある。国外では、米国 UCSB や Stanford 大の、SNS 上での誤報の拡散モデルやユーザ・コミュニティの同定に関する研究があるが、信頼性分析に関する研究は数少ない。

社会心理学分野では、米国 UCSB の調査研究（デジタル情報に対する信頼性判断指標、信頼性評価に影響を与える社会的特性、若年層のインターネット情報の信頼性意識）や、スタンフォード大学の、ウェブ情報の表層の特徴やデザインと情報信頼性に関する実験心理学研究等があるが、これらの知見を実際のデジタル情報に適用した研究は無い。

④ 所要経費

・ 全体経費 32 億円

(初期投資：7億円、運営費等：5億円/年、平成26年度～30年度)

- ・初期投資 7億円(平成26年度)

研究推進用のクラウドサーバ群(640コア・15TBメモリ×7台、大規模ストレージなど)を、主たる実施機関である。京都大学、東京大学、国立情報学研究所、早稲田大学に導入・整備する。

- ・運営費(平成26年度～30年度)

各年度運営費 5億円

主たる4実施機関運営費として毎年度1億円/実施機関に配分し、研究推進に充てる。

毎年度、1億円は、国際共同研究経費に充当する。

⑤ 年次計画

平成26～30年度

平成26年度：

研究開発用のクラウドサーバの導入・整備(640コア・15TBメモリ×7台、大規模ストレージなど)を行うとともに、ソフトウェア開発研究、社会心理学研究を開始。

平成27～28年度：

巨大データの高効率検索・収集・分析、高信頼・高品質集合知の抽出システムの試作、および、クラウド環境の運用を開始。

平成29～30年度：

企業研究所等の有する実データを用いて、高信頼・高品質集合知の抽出実験を実施。並行して、次世代システムの計画を立案する。

⑥ 主な実施機関と実行組織

主な実施機関は、京都大学、東京大学、国立情報学研究所、早稲田大学(右図の青色部分)とし、京都大学が全体統括を行う。下記の主要メンバーからなる実行組織を構成し、情報検索・分析、画像処理、統計的機械学習、自然言語処理、クラウドコンピューティング、ソーシャルコンピューティング、社会心理学等の研究者を結集する。

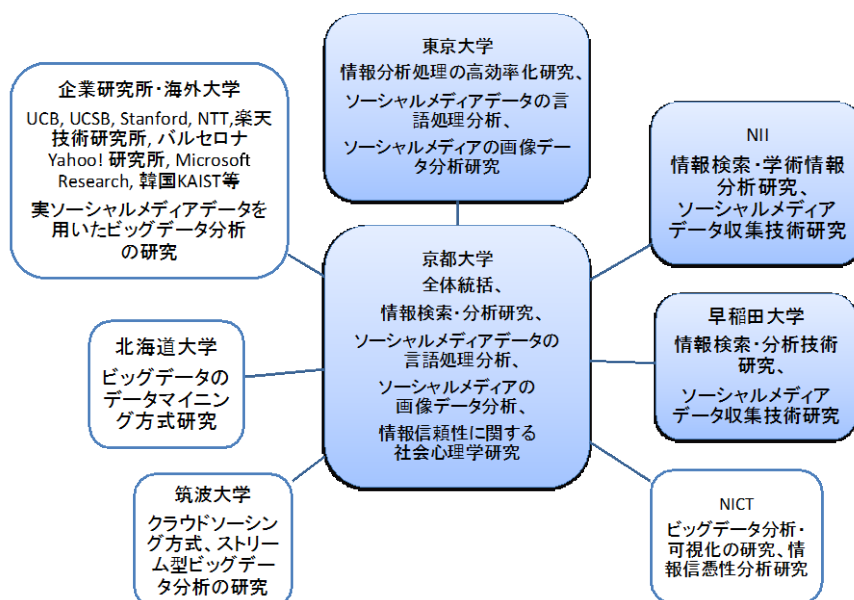
⑦ 社会的価値

本研究計画は、ウェブやソーシャルメディアがすでに社会の基盤的な情報メディアとなりつつあり、社会における政治・経済・学術活動などを行うための、もとなる情報源として実際に使用されていることから、その影響は極めて高い。

ウェブやソーシャルメディア上の情報に対する信頼を妨げ品質を低下させるものとして、検索エンジンの恣意的なランキング、悪意をもつWeb情報サイト(スパム)の存在、情報発信者(ジャーナリズムやインターネットコミュニティ等)のバイアスの存在、ユーザが与える評価・評判情報の偏り、商業サイトやインターネット広告に見られる誇張表現や画像・映像等の改竄、Twitterなどによる誤報・デマ情報の拡散などがある。また、各種調査や政策立案等のためのクラウドソーシング(Crowd Sourcing)でも、情報の品質・信頼性の担保が極めて重要な課題となっている。ウェブやソーシャルメディア上で生成・発信される情報は、すでに量的爆発を来しており、このような観点から、早急に本研究計画を推進することが重要であり、社会や国民の理解も十分に得られるものと考えられる。

⑧ 本計画に関する連絡先

田中 克己(京都大学・大学院情報学研究科) tanaka@dl.kuis.kyoto-u.ac.jp



安全・安心社会を実現する情報システムのためのセキュリティ基盤

① 計画の概要

現在の様々な基幹産業・サービスは情報システムを基盤にしており、その安全・安心な運用は社会システム維持の根幹に関わる。本研究計画では安全・安心社会を実現する情報システムの確立と普及を目指す。

(I) セキュリティ基盤技術及びセキュア情報システム設計に関する研究



図1. セキュリティの重要性

(テストベッド1)状態モニタリング・分析システムを実現したセキュアクラウドシステム

状態モニタリング・分析システムを実現し、クラウド運用時の異常検知とともに、攻撃を含む異常時からのシステム復旧の可視化システムなど、抜本的なリスク対策を実現したセキュアクラウドシステムを構築。さらにクラウドの抜本的リスク対策データベースを構築、これにより、クラウドシステムのより一層の安全・安心な利活用を促す。

(テストベッド2)プライバシー保護と完全性検証を実現したセキュアビッグデータ解析システム

プライバシー保護と完全性検証、災害等の非常時にもデータを利活用できる可用性を実現したセキュアビッグデータ解析システムを実現。ビッグデータ解析に内在するリスクを分析し、ユーザとサービス事業者に提供することで、社会全体の安全安心に対する意識向上も促す。これにより、ビッグデータのより一層の安全・安心な利活用を促す。

② 学術的な意義

セキュリティ技術の応用対象領域は広範化しており、本研究計画のように、セキュリティという観点で暗号理論からシステムに跨がる異なる研究分野の連携、統合を行うことは非常に意義が高い。基盤研究では理論的な成果に加え、プロトタイプシステムも開発し、様々なセキュア情報システムの実社会への容易な導入を実現する。プロトタイプシステムは、各種情報システムの安全・安心向上に活用でき、社会全体に対する貢献は計り知れない。また基盤研究の成果は国際標準化の先導と情報産業における次世代の主導権の獲得を目指す。

テストベッド1の状態モニタリング・分析システムを実現したセキュアクラウドシステムでは異常検知システム、異常時のシステム復旧の可視化システム、可用性確保などの抜本的なセキュリティ対策を実現し、企業等の利用するセキュアなアウトソーシングから健康医療クラウドなど国民全体に対する貢献は計り知れない。

テストベッド2のセキュアビッグデータ解析システムでは、プライバシー保護と完全性検証、可用性を実現した安全・安心大量データ解析システムを実現。新たな原油(Data is the new oil)としてビジネス変革をもたらすと期待されるビッグデータの安全・安心な利活用を実現するビッグデータ解析システムの浸透による社会経済に対する貢献は計り知れない。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

基盤研究(I)(II)はNICTとIPAの共同業務のCRYPTRECや米国の国立標準技術研究所NISTが行う暗号の安全性解析の議論を安全なシステム運営・サービス運用まで発展させる。

テストベッド1はクラウド国際標準化ISO/ITU-T、クラウドセキュリティアライアンスCSA、JASAクラウド研究会等の検討・議論を踏まえ、さらに進行中のセキュアクラウドの国際標準化を視野に入れた時宜を得た研究テーマである。

安全性が保証可能な世界初の暗号や物理攻撃に安全なソフトウェアおよびプロセッサの構築。既存システムを攻撃し検出した脆弱性データの集積。集積した脆弱性への自動防御システムの実現。

(II)セキュア情報システム・サービスの運用・リスク分析に関する研究

ヒューマンエラーを防ぐ技術やユーザビリティ向上技術の開発やセンサーネットワーク等のセキュアインフラの構築。リスクの定量化・分析手法および一般ユーザに理解可能な情報・リスクの可視化を実現。

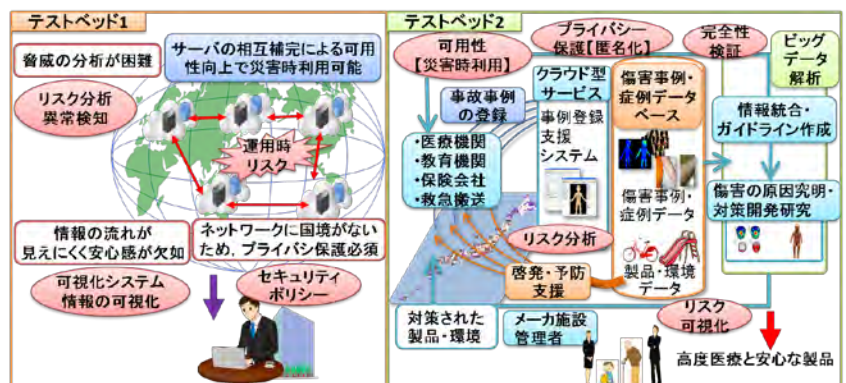


図2. セキュアクラウドシステムとセキュアビッグデータ解析システムの概要

テストベッド2の重要な要素であるプライバシーの重要指針となるEUデータ保護指令は、権利などプライバシー規制強化の方向だが、プライバシー基準は欧米で意識に差があり、国際標準化が進められていない。ビッグデータに国境はなく、本テストベッドは改訂EU指令を見据えたまさに時宜を得た研究テーマである。

④ 所要経費

基盤研究(I) 合計6億円(人件費:3億円=1000万円×6人×5年, サーバー類:1億円, 施設設備:1億円, 設計外注:1億円)

基盤研究(II) 合計6億円(人件費:2億円=1000万円×4人×5年, サーバー類:1億円, 施設設備:2億円, 設計外注:1億円)

テストベッド1 合計12億円(人件費:3億円=1000万円×6人×5年, サーバー類:2億円, 施設設備:4億円, 設計外注:3億円)

テストベッド2 合計13億円(人件費:3億円=1000万円×6人×5年, サーバー類:2億円, 施設設備:5億円, 設計外注:3億円)

⑤ 年次計画

平成25～26年度: 基盤研究(I)(II)に関する研究課題を解決する。

(I)セキュリティ基盤技術及びセキュア情報システム設計に関する研究

安全性が保証された世界初の暗号や物理攻撃に対応可能な暗号ソフトウェアおよびプロセッサの構築。既存システムを攻撃して脆弱性を検出し、脆弱性のデータベースを構築。集積した脆弱性に対する自動防御システムの設計。さらにプロトタイプシステムの製作・評価を行う。

(II)セキュア情報システム・サービスの運用・リスク分析に関する研究

ヒューマンエラーを防ぐ技術やユーザビリティ向上技術の開発。センサーネットワーク等のセキュアインフラの構築。リスクの定量化・分析手法および一般ユーザに理解可能な情報・リスクの可視化を実現。

(テストベッド1, 2)試作のためのネットワーク環境等を準備する。

平成27～28年度: 上記(I), (II)の総合的な研究開発の成果を2つのテストベッドの構築で実証する。

(テストベッド1)状態モニタリング・分析システムを実現し、クラウド運用時の異常検知とともに、攻撃を含む異常時からのシステム復旧の可視化システムなど、抜本的なリスク対策を実現したセキュアクラウドシステムを構築。クラウドシステムのセキュリティポリシーや抜本的リスク対策データベースを構築。

(テストベッド2)プライバシー保護と完全性検証、災害等の非常時にもデータを利活用できる可用性を実現したセキュアビッグデータ解析システムを実現。ビッグデータ解析に内在するリスクを分析し、データベース化。リスクデータベースはユーザとサービス事業者提供。

平成28～29年度: 試作したテストベッド1, 2のシステムの安全解析及びリスク分析シミュレーションを行う。試作したテストベッドで利用した暗号方式、システム運用の問題を基盤研究(I)(II)にフィードバックする。

⑥ 主な実施機関と実行組織

(I)セキュリティ基盤技術及びセキュア情報システム設計に関する研究

北陸先端科学技術大学院大学, 理化学研究所, 産総研 セキュアシステム研究部門

(II)セキュア統合システムの運用, 動的リスク分析に関する研究

北陸先端科学技術大学院大学, 東京大学, 情報セキュリティ大学院大学, 慶応義塾大学

(テストベッド1) セキュアクラウドシステム

NEC, 産総研 セキュアシステム研究部門, 北陸先端科学技術大学院大学

(テストベッド2) セキュアビッグデータ解析システム

産総研 デジタルヒューマン工学研究センター, 北陸先端科学技術大学院大学, 東京大学, 国立成育医療研究センター, 大阪医療センター, 佐賀大学, 長崎大学

⑦ 社会的価値

スキミング事件, 遠隔操作ウイルスなりすまし殺人予告事件等, 情報システム社会の信頼をゆらがせる事故が絶えない。本研究計画の成果であるセキュア情報システムは情報システムの安全・安心を実現し, 経済的・産業的急務といえる。

クラウドの活用は世界的現象であり, 企業や組織に止まらず, 災害利用等の活用への期待も大きい。テストベッド1の成果はクラウドで管理されるデータの可用性や個人情報保護等の安全性要件に応えたとともに, クラウドサービスのビジネス設計・構築に有効な指針を与え, クラウドサービスの普及に不可欠である。

ビッグデータ利活用は世界的現象であり, 生活習慣病予防や子どもや高齢者の傷害予防等のヘルスケアの問題, 女性・高齢者・障害者などの社会参加促進の問題の解決は急務である。テストベッド2の成果は多機関分散大規模データの統合的活用を可能にし, 生活科学等の学際的な価値から生活者ニーズを掘り起こし, 新産業の育成に不可欠である。

⑧ 本計画に関する連絡先

宮地 充子 (北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科) miyaji@jaist.ac.jp

スマートでタフな次世代社会情報システム構築のための研究開発テストベッド

① 計画の概要

【目的】本計画では、社会基盤化した情報システムに関する実証実験のための共用プラットフォームを構築・運用し、その安全性と安定性の向上に資する研究の推進を目指す。ここで「社会基盤化した情報システム」とは、社会の隅々にまで浸透し、人々の日々の生活にとって重要な役割を担うとともに、わずかな綻びがネットワーク効果により拡大し、大事故につながる可能性をはらんだ情報システムのことである。これからの社会の安全・安心のためには、このような情報システムを、セキュアかつディペンダブルに構築・運用する技術が必要不可欠である。

【背景】セキュアでディペンダブルな情報システムに関する学術研究は盛んに行なわれてきたが、社会基盤化した情報システムを実証的に研究した事例はごくわずかである。広域分散配置された多数のサービスを統合し、モバイル機器を含む多数のクライアントから構成される情報システムの実証研究には、大規模なテストベッドが必要となり、この分野の多くの研究者にとって、そのためのリソースの確保は困難である。ネットワークサービスのレイヤーで、実証的かつ定量的な研究が大幅に進化した際に PlanetLab や GENI が果たした役割を、社会情報基盤の分野で担うテストベッドの構築が期待されている。

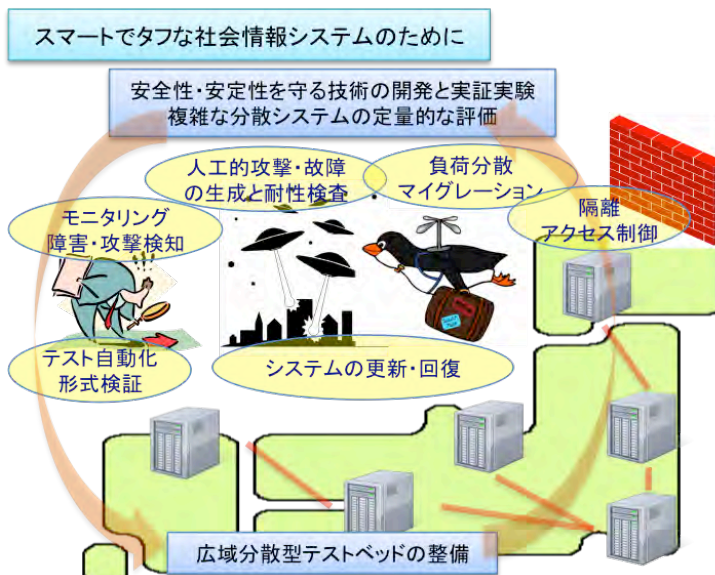
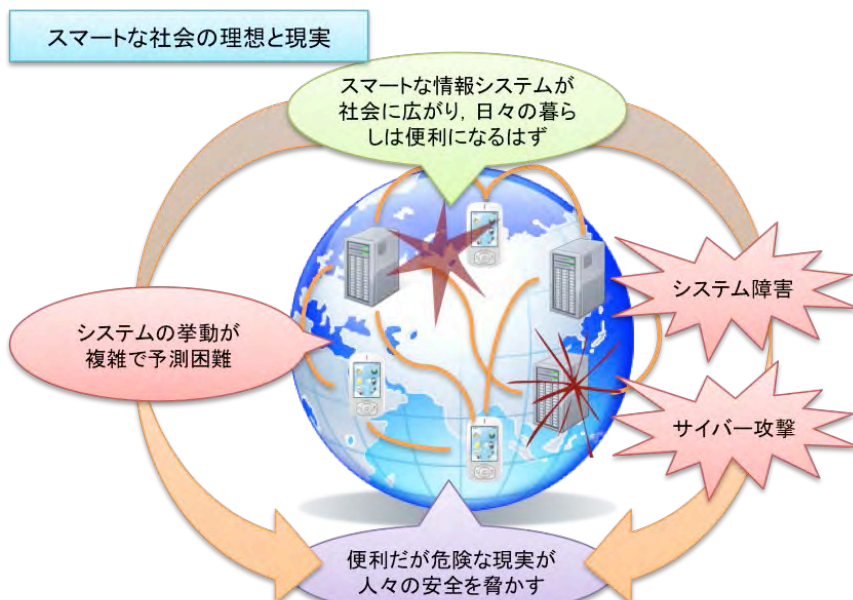
【計画】社会情報基盤に関する本格実証

研究のために、(1) 人工的な故障や攻撃を含む環境で、適応的な動作を行うシステムに対して繰り返し実験を可能とするとともに、(2) 仮想マシンモニタなどの低レベルのソフトウェアの置き換えも少なくとも一部は許容しつつ、(3) 関連分野の研究者で効率的に共用できるテストベッドの構築と運用を行なう。この条件を満たす次世代情報システムのための共用テストベッドを世界に先駆けて整備し、これを活用し、社会基盤化した情報システムのセキュリティとディペンダビリティのために真に意味がある研究を推進する。

② 学術的な意義

社会基盤としての次世代情報システムは、センサーネットワークの入力とユーザの行動履歴をデータセンターで処理して広域的でスマートな制御を行うもの、人間同士のソーシャルネットワークを強化するものなど、多様な構成要素を統合することで始めて実現可能となるものが多いと予想される。このような情報システムの挙動は必然的に複雑となり、スマートで知的なものになればなるほど、障害や攻撃が発生した時の挙動の正確な予測は困難となる。一方で、このような情報システムに社会の安全・安心が強く依存することは、もはや避け難い。

そこで本計画では、このような情報システムを対象に、セキュアでディペンダブルな開発・構成・運用方式の研究開発を推進するとともに、その実証的な実験を可能とするテストベッドを、関連分野の研究者で共用可能な形で提供する。研究の対象となる要素技術としては、広域分散型のアイソレーションドメインの構成とアクセス制御、挙動のモニタリングと障害・攻撃検知、システムの更新・回復、DDoS 対策を含む負荷分散とマイグレーション、テストの自動化、人工的な攻撃や故障の生成とそれに対する耐性検査、検証技術などがある。そして、単体のアプリケーションではなく統合システムに対して適用可能な技術の研究開発を行う点に新規性がある。現在の延長線上の研究を進めるだけでは、次世代情報システムに必要とされる機能要件を安全・安心に実現することが、やがて複雑すぎて不可能になるであろう。この困難な問題に正面から取り組む点に学術的な意義がある。



③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

本計画と比較的関連が深いと思われる実証実験のためのテストベッドには、次のような両極端のものがある。

○ 広域分散型のネットワークのテストベッド

PlanetLab, GENI などが該当し、広域性という意味では、全地球規模に展開している PlanetLab が優れている。ただし、サイト数は多いが、1 サイトあたりのノード数は少なく、研究対象は、主にネットワークサービスが中心になる。社会情報基盤を対象とする本研究では、広域性に関しては国内レベル（ただし、我が国は面積の割に端から端までの距離が長い）でも当面は良いが、計算能力やストレージに対する要求はより高くなる。

○ クラスタ型のテストベッド

サイバーセキュリティを明示的に対象としているものとしては、DETER などがあり、我が国でも StarBed がこのタイプものとして有名である。シミュレーションやエミュレーションによる実験が対象であり、本計画が目指す実ネットワークを用いた実証試験には向かない。ソフトウェアスタックを用意すれば、クラスタ型のスーパーコンピュータをこの用途に用いることも不可能ではない。

④ 所要経費

合計 56 億円

【内訳】

設備：10 億円

- ・100 ノードクラスタ×10 サイト：10 億円(平均単価 100 万円/ノード)

設備運営費：11 億円 (2 億円×5.5 年)

- ・電気代：5.5 億円 (1 億円×5.5 年, 10 万円/年ノード)
- ・保守料：2.75 億円(0.5 億円×5.5 年)
- ・派遣職員：2.75 億円(0.5 億円×5.5 年)

基盤ソフトウェア設計開発費：21 億円 (1 億円×1 年+4 億円×5 年)

ネットワーク・データセンター使用料：11 億円 (1 億円×1 年+2 億円×5 年)

その他(広報・教育用コンテンツ作成, 旅費, 会議費, アウトリーチ活動費)：3 億円

⑤ 年次計画

【計画期間】

平成 26～31 年度 (6 年間)

【年次計画】

平成 26～27 年度：国内 10 箇所程度の研究機関および国内外のパブリッククラウドを結ぶ仮想データセンター基盤を設計・構築する。平成 26 年度の前半は設計作業が中心となり、設備の調達は平成 26 年度中に行なう。開発は主に平成 27 年度に行なう。平成 27 年度：一般研究者向けの共用利用の試行を開始する。研究計画は公募により募集する。試行段階では、利用者にも共用のための仕組みの構築に協力していただく。

平成 27～30 年度：仮想データセンター用の情報システム設計・開発基盤、テスト環境構築基盤などを開発する。アイソレーション、モニタリング、障害復帰、負荷分散、テスト自動化などのためのソフトウェア基盤を順次開発し、テストベッドに取り込んで行く。

平成 28～31 年度：一般研究者向けの共用利用を本格的に行なう。試行時と同様に、課題の募集は公募により行なう。利用サポート(テストベッドへのポータリング支援など)も拡充させる。実証試験の事例からフィードバックを受け、各種基盤の開発と運用に反映させる。

⑥ 主な実施機関と実行組織

東京大学を中心に、筑波大学、慶應義塾大学、早稲田大学、北陸先端科学技術大学院大学、情報セキュリティ大学院大学、理化学研究所などが参画する。運営体制は以下になる。全体の統括は東京大学が担当し、各機関およびコミュニティのメンバーが参加する運営委員会を設置する。上記大学を含め、国内 10 カ所程度の大学に広域分散テストベッドのノードを設置・運用する。必要となる基盤ソフトウェアの設計開発、利用支援などはテーマ毎にグループを作り、各機関が分担して行なう。

⑦ 社会的価値

社会基盤としての次世代情報システムは、センサーネットワークの入力とユーザの行動履歴をデータセンターで処理して広域的でスマートな制御を行うもの、人間同士のソーシャルネットワークを強化するものなど、多様な構成要素を統合することで始めて実現可能となるものが多いと予想される。このような情報システムの挙動は必然的に複雑となり、スマートで知的なものになればなるほど、障害や攻撃が発生した時の挙動の正確な予測は困難となる。一方で、このような情報システムは、正常に動いている限り、経済的あるいは利便性の恩恵が大きい。そのため、制度的な規制がなければ、十分な科学的リスク分析抜きで、社会に展開されてしまう可能性が高い。規制の根拠となるような科学的裏付けを得るためにも、本計画が目指すような定量的評価ができるテストベッドが必要である。一言で言えば、人々が平穏無事に日々の暮らしを営むことに貢献する計画である。

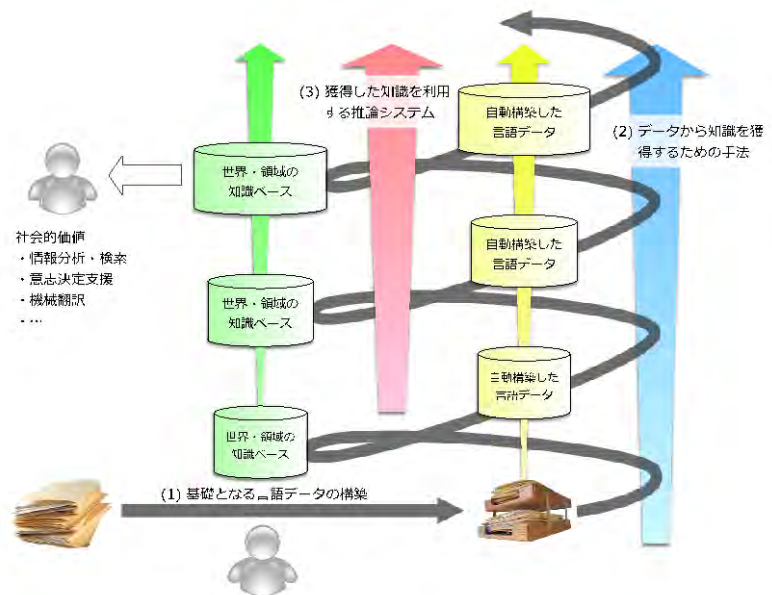
⑧ 本計画に関する連絡先

柴山 悦哉(日本ソフトウェア科学会) etsuya@ecc.u-tokyo.ac.jp

「行間が読める」自然言語処理を実現するための知識と推論システムの構築

① 計画の概要

本研究計画は、人間が言葉を理解する時にどのような知識をどのように利用しているかを解明し、コンピュータ上にそのような知識およびその知識を利用する推論システムを構築することによって、人間のようにテキストの「行間が読める」自然言語処理技術の確立を目指す。そのために、(1) 基礎となる言語データの構築、(2) データから知識を獲得するための手法、(3) 獲得した知識を利用する推論システム、の柱となる三つの研究課題を設定し、各課題に取り組む研究グループが一同に会して有機的に連携できる共同研究拠点を形成する。Web データに代表される大規模なテキストデータから自然言語処理に有用な知識を抽出する研究はこの 10 年間で大きな成果を上げてきたが、未だにテキストの表層的な情報を解析するに留まっている。コンピュータでテキストの行間を



読むために、まず行間から読み取れる情報を明示的にテキストに付与することによって、これまでよりさらに豊かな情報を付与した言語データを整備し、集積する必要がある(研究課題(1))。そして、この 10 年間の知識獲得の研究成果を活用し、構築した言語データからテキストのより深い理解を可能にする知識の獲得手法を確立する(研究課題(2))。テキストを深く理解し、行間を読むためには様々な推論が必要となる。獲得した知識を利用して推論するシステムを構築することにより(研究課題(3))、テキストの表層に書かれていない情報を理解することが初めて可能になる。これによって(1)の人手の作業を自動化でき、(1)、(2)、(3)を繰り返すことによって知識の自己増殖サイクルを実現する。

② 学術的な意義

本研究の学術的意義は、この 10 年間で蓄積されたテキストの表層的な情報から自然言語処理に利用できる知識を抽出する様々な手法をさらに洗練・拡張し、人工知能研究の本質的な課題である知識構築のボトルネックを打破することにある。Web の発展により以前には考えられなかったような大量のテキストデータが利用できるようになった。これを利用して Web 上のデータからさまざまな知識を抽出し、利用する研究がこの 10 年間に盛んにおこなわれて一定の成果をあげている。たとえば IBM で開発された Watson は米国のクイズ番組 Jeopardy! で人間を打ち負かすまでになっている。しかしながら、現時点で扱えるのは「もの」に関する情報のみで、what, when, where の問題には回答できても、why や how に対する回答はできない。方法を説明したり、理由を説明するためには因果関係、前提関係、包含関係、時間関係など、様々なイベント間の関係、つまり「こと」を扱う必要がある。このためには、特定の状況でどのようなイベントがどのような関係で起るかを記述したスクリプト的な知識が必要となるが、過去の人工知能研究ではこれを人手で記述しようとして破綻した。現在の知識獲得の技術を持ってしても、スクリプト的知識をテキストから直接抽出することは困難である。これを実現するためには、あらかじめスクリプト的知識を静的に用意するのではなく、従来の抽出手法を洗練・拡張してテキストからスクリプトの部品となる基礎的な関係を抽出し、基礎的な関係を推論システムで効率よく利用することにより、スクリプトと同じ効果を実現するアプローチが考えられる。そのためにはどのような状況でどのような知識を使うのか、つまり、知識の文脈化をおこなう必要が生じるが、これは新しい知識情報処理の枠組を創設する挑戦的な課題である。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

言語データの構築に関しては、国内では近年日本語話し言葉コーパスや現代日本語書き言葉均衡コーパスなどの多様な言語データが構築され、海外でも PropBank, OntoNotes などデータ構築の動きが広がっている。こうしたデータは、国内では言語資源協会や高度言語情報融合フォーラム、海外では言語データコンソーシアム(LDC)やヨーロッパ言語資源協会(ELRA)などの機構を通じて学界・産業界の共有資源として流通するに至っている。言語データから言語処理に必要な知識を獲得する研究については、注釈付きデータから言語解析モデルを統計的に学習する研究の他、近年は文科省科研費特定領域研究「情報爆発プロジェクト」をはじめ、Washington 大の Open IE や CMU の NELL など、Web スケールの大規模言語データから専門用語や新語、上位下位関係や所属関係など、語彙的な知識を大量に獲得する研究が進んでいる。これらはいずれもテキストの表層的な情報を対象としたデータ構築や利用に留まっている。本研究計画では、これらの成果を踏まえ、テキストの行間も対象としたテキストの深い理解の計算論的実現を目指すものである。

④ 所要経費

オフィス (300 平米 レンタル) : 5000 万×10 年

計算基盤 (レンタル) : 1 億×10 年

研究員 (20 名) : 2 億×10 年

支援員 (4 名) : 2000 万×10 年

備品, 消耗品, 旅費, 会議費 : 8000 万×10 年

総経費 : 4.5 億×10 年=45 億

⑤ 年次計画

10 年間を前期 (3 年), 中期 (4 年), 後期 (3 年) の三期に分けて以下の項目について研究を推進する。

前期 (3 年)

- 対象ドメインの選定
- アノテーションスキーマの設計とアノテーション
- 語彙知識のスキーマの設計と語彙知識の (半) 自動構築
- データ・レポジトリの整備

中期 (4 年)

- アノテーションされたテキストの拡充
- 語彙知識の拡充
- 利用すべき文脈を付与した知識の獲得とそれを利用する推論機構の構築

後期 (3 年)

- 行間が読める言語解析技術の構築と知識獲得への利用
- 構築した知識, 推論システムのツール化と一般公開
- 応用への展開 (e. g. テキスト翻訳, 情報分析)

⑥ 主な実施機関と実行組織

国内において自然言語処理の研究をおこなっている組織が連携し, オールジャパンの体制で研究を推進する。専任の研究員を 20 名程度雇用し, 都内にオフィスをレンタルして研究所を設け, 研究員を一箇所に集めて研究をおこなう。専任の研究員に加え, 以下の主要な組織からは研究者が非常勤の形で研究所に出勤する組織形態をとる。各組織が主に担う研究課題を括弧内に示す。

- ・国立国語研究所 (1)
- ・情報学研究所 (1, 2)
- ・情報通信研究機構 (2, 3)
- ・統計数理研究所 (2)
- ・東北大学 (2, 3)
- ・東京工業大学 (1, 2)
- ・奈良先端科学技術大学院大学 (2, 3)
- ・京都大学 (1, 2)

⑦ 社会的価値

インターネットの普及により Google や Yahoo に代表される情報検索は日常化し, 誰もが使う状況になっている。現在の検索システムは基本的にはキーワードのマッチングによって検索をおこなっているために, 複雑な意図をキーワードの羅列で表現することには限界がある。「行間が読める」自然言語処理によって検索システムのユーザの意図を的確に理解し, 必要な情報を提示する検索システムの構築が可能になる。また, インターネットを通しておこるグローバル化社会において避けられないのが言葉の壁である。現在の機械翻訳システムは一文単位の翻訳しかできないが, 「行間が読め」ればテキスト全体を通して翻訳する可能性がでてくる。本研究計画の成果によって翻訳システムの性能を飛躍的に向上させることができる。

⑧ 本計画に関する連絡先

徳永 健伸 (言語処理学会) take@cl.cs.titech.ac.jp

日本列島4次元時空モデリングとアクティビティ解析プラットフォーム

① 計画の概要

我々の暮らす生活空間には、防犯カメラ、各種ライブカメラ、車載カメラ、スマートフォンなど膨大なカメラが溢れている。また、天空からは観測衛星により日本列島全体も撮影できる。本大型研究では、日本中を覆う数億のカメラ（以降、草の根センサと呼ぶ）より得られた膨大な映像データをクラウド上に集め、それらの映像から、ビルなどの構造物の3次元復元だけでなく、3次元空間内での活動（人や車の動き、天候・環境の変化、農作物の成長など）を復元し観ることのできる4次元時空プラットフォームを構築する。本プラットフォームは、時々刻々と変化する生活空間を過去・現在・未来に渡って表現することを狙いとし、犯罪捜査・テロ対策、市民活動の把握と表現、交通状況予測、減災対策など、未来における多面的な市民生活支援が可能となり10年後のICT社会を変革する基盤技術である。

日本列島を縦断する5拠点では、公募研究機関と連携し、1万台規模の草の根センサを整備し、大量データの収集活動を行うと共に、各拠点に整備するクラウドコンピュータにて4次元時空モデリングを行う。また、9機の小型衛星を打ち上げ、衛星画像と各草の根センサのGPSや映像情報等とを統合し、日本列島を丸ごと活動分析できる基盤整備を行う。なお、活動分析は、人や車など個の単位から、商店街、キャンパス等の集団・地域、都市交通や震災支援のような広域、さらには、九州、関西、関東、東北間での地域比較までマルチスケールで実施できる。

さらに、データ拠点では、全国の研究者が自由に利用できるデータベースとして、日本列島丸ごと4次元時空活動モデルを整備し、公開する。本整備により、情報学、土木工学、都市工学、心理学、社会学など様々な研究者が本プラットフォームを活用し、先端研究を推進でき、さらに次世代の若手ICT基盤技術者・研究者育成の場としても活用できる。



② 学術的な意義

ビデオカメラなど各種センサから取り込まれる実世界のデジタルデータが急増している。都市単位では、数百万台の防犯カメラが設置され、また、数千万人がスマートフォンを持ち、日々活動している。これらの映像に加え、スマートグリッドや高度道路交通システム (ITS) といった社会システムにより、実世界モニタリングが可能な時代が到来している。

従来、大量カメラの研究は、数多く研究されているが、多くとも1000台程度の世界である。しかし、一般にスケールの違いは問題の本質を変えるものであり、新たな学問領域を創成しうる。例えば、ロンドンのように一都市300万台の防犯カメラが設置された世界では、エクサビットクラスの映像データが毎日発生している。これらのデータを如何に効率よくデータベース化するか、我々の呼ぶ4次元時空活動モデルの構築は、次世代ICT社会において必要不可欠な課題である。このように映像情報から様々なスケールで日本列島を丸ごと活動分析できる基盤は、世界初の試みである。本提案により、日本発として世界に先駆け新たな学問領域を発信していくことは、ICT社会の将来を日本が先導することとなり、社会的影響は計り知れない。本提案は、情報分野にパラダイムシフトを起こす可能性を持つ重要課題であり、未来における多面的な市民生活支援に役立つ基盤技術であると確信する。災害時には、その被害の状況を復元し対策に役立てる、平時には、車の動きを捉え渋滞削減に役立てる、小学校の運動場を観察することで子供達の振る舞いから自閉症やいじめの対策に役立てるなど、その利用価値は高い。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

防犯カメラなどの映像をもとに、実世界で生じている各種事象や人の活動をセンシングしようとする試みは、コンピュータビジョンの分野を中心に活発に進められてきた。古くは単一カメラの映像を対象とした研究に始まり、その後、分散配置されたカメラをネットワークで有機的に結合することにより、単体カメラの視野を越えた広範囲を扱う研究へと発展してきた。米

国における visual surveillance と並び、我が国においても早い段階で分散協調視覚処理と呼ばれる研究分野が立ち上げられ、この分野における研究開発で先行してきている。しかしながら、大規模テロ事件を機に、欧米で研究開発投資が進められた結果、現在では同分野における我が国の優位性が失われつつある。本研究計画は、これまで全く扱えなかった 1 万台規模の超大規模分散カメラ群からの映像の統合解析技術の確立を目指すものである。これは、次世代 ICT 社会の基盤技術として、全く新しい挑戦的課題の明確化とその解決に向けた技術開発を他に先駆けて実施するものであり、同分野における我が国の技術的優位性を再び確固たるものとするという点において極めて重要な意味を持つ。

④ 所要経費

総額 99 億円

(1) 拠点共通設備：17 億円 - 1 万台規模のカメラ配備による映像収集のために、各拠点ならびに公募研究機関が保有する既存設備の有効活用に配慮しつつ、データ収集ならびにモデル構築のための設備充実を図る。

(2) 小型衛星設備：22 億円 - 9 機の小型光学衛星・打ち上げ費用

(3) 運営経費：60 億円 - 小型光学衛星管理費ならびに中核拠点における、データ収集、モデル構築のための人員が主目的

⑤ 年次計画

	初年度	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
データ収集 環境整備	固定・車両・スマホ カメラ環境整備	映像データ収集 共同利用体制の整備		収集環境の見直し アップデート	映像データ収集継続	
	超小型衛星開発		超小型衛星打ち上げ データ収集開始	映像データ収集継続		
モデリング エンジン開発	活動モデル化システム開発		初期開発完了 システム評価	プログラム改良 インタフェース設計	汎用ライブラリ開発 マニュアル作成	
統合プラット フォーム開発	全体設計 クラウド環境整備	4次元データベース フォーマット策定	エンドユーザ調査 検索・表示IF開発	システム汎用化 管理運営体制策定	クローズド運用試験 システム評価	システム改良

プラットフォーム公開

⑥ 主な実施機関と実行組織

映像情報により、様々なスケールで日本列島を丸ごと活動分析できる基盤を目指し、東北、関東、関西、九州と地域を考慮した日本列島縦断型のネットワーク研究拠点を形成する。各拠点では、本趣旨に賛同し参画する近隣の研究機関を取り纏め、各地域において収集したデータの保存ならびに 4 次元時空活動モデル化を行う。衛星画像については、データ拠点で保存する。また、各拠点の特徴を活かし、モデル化に当っては、以下に示す役割を特に担う。

東北拠点 東北大学大学院情報科学研究科（高度道路交通システム、災害復興支援）

関東拠点 東京大学生産技術研究所（高度道路交通システム、災害復興支援、人物活動解析）

関西拠点（拠点本部） 大阪大学産業科学研究科（人物活動解析、科学捜査支援）

九州拠点 九州大学大学院システム情報科学研究院（人物活動解析、CPS 応用）

データ拠点国立情報学研究所（人物活動解析、衛星画像解析）

各拠点代表者をもって研究計画を策定する本部会議、4 次元時空プラットフォーム構築に関連する情報学、都市工学、地球惑星科学等の有識者、ならびに、活動モデルの利用者である、地域研究、地理学、社会心理学、経済学等の有識者の意見を反映させる諮問委員会、全国の研究者コミュニティへ開かれた共同利用・共同研究の公募、採択を審議する共同研究推進委員会、共同利用・共同研究の課題設定、応募資料のとりまとめ、公募審査に関する実務を行う全国に展開した複数の領域部会、共同利用者ととの情報交換の場としてユーザフォーラム、ネットワーク拠点間での安定なデータ相互利用のためのデータ管理・相互利用委員会を設置する。なお、拠点本部は、大阪大学産業科学研究科におく。

⑦ 社会的価値

日常における事故の防止や、テロや犯罪の抑止・解決は一般に強く求められるところである。プライバシーの問題からカメラの設置、映像データの利用は慎重に議論する必要があるが、これを解決するのも本プロジェクトの重要な課題の一つである。3.11 に見られるように災害／緊急時における状況の把握は、国・地方自治体だけでなく一般市民にとって最も重要な関心事項である。的確で迅速な状況把握は、発災時の直接的な避難誘導によって人命が損なわれるのを防ぐのに加えて、都市部における 2 次被害を避けることによって経済の麻痺を回避し、利益の損失を最小限に留めることができる。また様々な事象と照らし合わせて人・物の流れを把握することで新たな価値を創造し、新たなビジネスの創出が期待される。移動の効率化は直接的な生産性の向上につながり、快適な社会は豊かな発想と高い生産性をもたらす。さらに本プロジェクトは、電気機器メーカー、自動車メーカーなど産業界との連携協力が必須であり、創出された日本独自の技術を世界市場に展開することによってハード・ソフト両面からグローバル経済を牽引することを目指している。

⑧ 本計画に関する連絡先

八木 康史（大阪大学・産業科学研究科） yagi@am.sanken.osaka-u.ac.jp

複雑データからのディープナレッジ発見計画

① 計画の概要

本研究計画は複雑なデータからの機械学習に関する革新的理論基盤並びにインパクトある応用効果を目指す。昨今のビッグデータ解析ブームから、ソーシャルデータからのレコメンデーションや大量ログの解析等が注目されている。そこでは、クラスタリングや回帰、分類等古典的なタスクを実行する際の、データの大量性による問題（コンピュータメモリに収まらない、実時間対応できない等）への対応に腐心してきた。しかし、量の問題に関心が集中し、大量データが内包する複雑さ（高次元、非一様性等）や発掘すべき知識の質の問題がおろそかになっていた。

一方で、世のデータが複雑な関係を持つ膨大な項目から構成され、医療、犯罪、経済などに直に結びつくにつれ、データの性質を如何に適確に推定するか、その背後の対象知識を如何に深読みするか、という問題が極めて重要になってきた。特に、複雑な高次元データの次元の呪い問題などを含め、複雑な関係同士や不均一・非一様なデータ同士の性質の隠ぺいによるデータ解析の質低下の克服や、データの背後の潜在的な関係性、階層性、因果性、ダイナミクス、変化、予兆等の深い知識（ディープナレッジ）を読み解くこと、しかもそれらを属人的処理ではなく、普遍的、形式的に顕在化することは、大量・複雑なデータの効果的利用に迫られる将来社会にとり真に重要な方向性であると考えらる。

そして、データの大量性を扱う問題と、複雑なデータから深いナレッジを発見する問題の両輪が回ってこそ、将来の健全なデータ解析の方向性を示すのではないだろうか。そこで、複雑なデータからどこまで性質を適確に推定し、深いナレッジを発見できるのか？を普遍的な形で追及し、日本独自のサイエンス領域にまで昇華することを第1の目的とし、同時にそれを実現する人材を育成し、産学共同の人材ネットワークを構築することを第2の目的として本研究計画を提案する。

② 学術的な意義

本研究の学術的意義は、従来の機械学習やデータマイニングを、複雑なデータの性質の推定とそこからのより深い潜在的な知識の発見へと技術的に掘り下げ、1) 基礎的方法論を「複雑データからのディープナレッジ発見基礎理論」として体系化し、2) これを様々な分野に応用する適用技術を開発して豊富な事例を創出し、自然科学、社会科学、産業上の深い知識を発見する具体的方法論へと発展させることにある。

1) では、複雑な関係同士や不均一・非一様なデータ同士の隠ぺいを引きはがして性質を明確にする基礎的問題や、さらにデータの表層的な部分からは解き明かされない深い知識を、潜在的な関係、因果関係、階層関係、潜在構造変化、予兆発見等に踏み込んで抽出する基礎的問題に取り組む。そこでは「複雑なデータからどこまで性質を適確に推定できるか？さらにどこまで深い意味を読み取れるか？」という可能性と限界を定量的に評価する理論を最先端の機械学習、統計学、統計物理学、情報理論、計算量理論を総動員して構築する。これにより、従来の機械学習やデータマイニングでは果たせなかった深い知識発見を可能とする日本発の方法論を構築することに学術的意義がある。

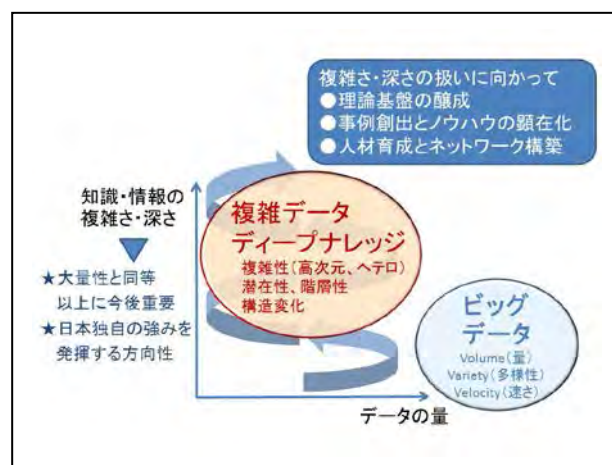
2) では、例えば、マーケティング分野で、限定されたデータ項目による表面的な購買予測や顧客分類だけではなく、膨大な項目が表す対象がどのような関係性を持ち、それがどのように変化しているのか？という背後の情報を読み解くことで、環境や市場に関する深い理解と予兆レベルの予測が可能となる。また、ライフサイエンス分野でも、少数箇所の脳波、神経パルス、MRI等のデータの表面的解析のみならず、広範な部位の測定データの背後の特徴や変動を数学的に読み解くことで、新しい生命現象の知識発見を促す。セキュリティ分野では、かつて属人的に行われてきた故障検知や犯罪検知のプロセスを自動化できるようにする。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

データが急増する現在、米国を中心に各種ビッグデータ解析プロジェクトが進行し、米国がデータ解析者数について圧倒的なリードをしている中、本分野で日本独自の方向性を出し、データ解析プロフェッショナルの教育を充実することが急務である。一方で、最近のトレンドとして複雑データからのディープナレッジの発見が国際的な学術のトレンドになっている。実際、機械学習分野の国際会議である NIPS や ICDM ではディープネット等深い知識を読み解く研究や、複雑データ、高次元データを処理するためのテンソル分解モデル等が盛んに研究されている。また、データマイニングの国際会議である ACM の KDD や IEEE の ICDM では、時間変化するデータからの構造変化検知や、潜在知識の発見が最重要研究テーマの1つとして位置付けられている。このような状況下で、本研究計画は、ビッグデータ研究の次に来るトレンドの研究を担うものである。

④ 所要経費

100 億円（10 年間： 初期投資：10 億円、運営費等：90 億円）



初期投資： 設備費：10 億円（データ取得基盤、データサーバー、計算サーバー、解析ソフト）

人件費：35 億円（PD、特任教員、特任研究員）

インターンシッププログラム運営費：15 億円

共同体制利用構築運営費：2 億円

国際協力体制構築運営費用：3 億円（国際会議開催費用、謝金、国際交流旅費）

各拠点研究費用（データ取得経費、設備費、出張費、謝金など）：35 億円

⑤ 年次計画

平成25～27年度（第一期）：

複雑データからのディープナレッジ発見基礎理論及び適用技術を開発する。各拠点のチーム別に成果を創出する。この期間では、基礎研究グループの拠点の体制を確定し、産業界からデータを取得し、共同研究できるための体制作りと人的資源の確保を行う。また、具体的な人材育成のためインターンシッププログラムを設置する。本インターンシッププログラムでは、深い知識発見に関わるデータ解析技術者を年間50人程度公募し、産学連携の体制の中で実戦的経験を通じて技術を習得する仕組みを作る。その教育成果は日本の産学に対して高度なデータ解析プロフェッショナルの育成という形で還元する。さらに、共同利用体制並びに国際協力体制を構築する（国際会議の立ち上げなど）。

平成28～30年度（第二期）：

第一期で構築した体制の下で、各拠点ごとに基礎理論と適用技術を拡大展開し、ディープナレッジ発見の方法論およびディープナレッジのベンチマークを創出し、体系化する。また、第一期で構築した人材育成のためのインターンシッププログラムを拡大展開する。共同利用体制並びに国際協力体制を拡大展開する。

平成31～32年度（第三期）：

第二期で開発した基礎理論と適用技術から重要なものを選択し、そこに集中的にチームを統合して、複雑データからのディープナレッジ発見の方法論およびディープナレッジの具体的な応用事例のベンチマークを創出し、体系化する。

また、第一期で構築した人材育成のためのインターンシッププログラム、共同利用体制並びに国際協力体制を継続展開する。

平成33～34年度（第四期）：

第三期までに開発した基礎理論ならびに適用技術の総括を行い、新応用領域を創出する。人材育成成果を総括する。共同利用体制並びに国際協力体制の成果を総括する。

⑥ 主な実施機関と実行組織

東京大学情報理工学研究所と大阪大学産業科学研究所が実質的な統括を行う。これに準じる実行組織として、統計数理研究所、国立情報学研究所、京都大学、早稲田大学、産業総合研究所、関西大学から主要メンバーを構成する機関を設け、これらを中心拠点として、基礎理論又は適用技術の技術開発を行う。その拠点と連携する実施機関として、大学公的機関からは東京工業大学、北海道大学、東北大学、名古屋大学、九州大学、九州工業大学、慶応大学などに拠点を設ける。東京大学情報理工学研究所と大阪大学産業科学研究所、およびこれに準じる実行組織においては、各種計算機システムと雇用研究員の作業のための専用の十分なスペースを設置する。さらに各連携組織にも、必要に応じて計算機システム設置、雇用研究員作業のために専用スペースを確保する。また、民間企業の実施機関としてはNTT、IBM、SONY等の強い連携が期待できる企業を中心に範囲を拡大することを予定している。本研究計画では、広範囲な分野のデータを対象とするために、Google、Yahoo、楽天、Glee、DeNA、SMS、SASといったIT企業や、広告、流通、製造業の企業をも連携機関となって頂くべく交渉を進めていく。本研究計画はデータの供給源との連携が重要であり、東京大学病院などの医療機関から実施機関としての協力を得ながら推進していく。

⑦ 社会的価値

本研究計画は、その研究成果としての「複雑データからのディープナレッジ」が、広い範囲の自然科学、社会科学、人文科学における知的財産となり、高い社会的価値をもたらすことが期待できる。ここで得られた方法論及び知識の成果はWebや教育セミナーなどを通じて社会に還元することで、社会的な価値を生み出していくと考える。また、本研究計画ではそのようなデータ解析技術をもつプロフェッショナルな人材を産学の連携の下で組織的に育成し、その人材ネットワークを拡げていくことを目指す。これによって、深い知識を抽出することのノウハウが属人的なものではなく、社会集団の中で共有され、継承されていくという意味で社会的な価値をもたらすと考える。

⑧ 本計画に関する連絡先

山西 健司（東京大学大学院情報理工学系研究科） yamanishi@mist.i.u-tokyo.ac.jp

アカデミック・ビッグデータ活用研究拠点の形成

① 計画の概要

情報通信技術の飛躍的發展に伴って、諸科学分野や社会において大量・大規模データが爆発的に増加し、その有効活用が諸科学分野における新展開や産業における飛躍的發展の鍵となっている。本研究計画は、大量・大規模データを活用して諸科学分野を飛躍的に発展させるための新しい研究方法であるデータ中心科学を確立するために、情報学、数理科学、統計科学を結集してアカデミックエリアにおけるビッグデータ活用のための研究基盤を整備し、共同利用・共同研究のための国際的にも開かれた中核的拠点を構築することを目的とする。そのために、データ基盤整備、モデリング・解析基盤整備、人材育成の三位一体の事業を推進し、アカデミック・ビッグデータ活用のための共同利用拠点を形成する。

データ基盤構築においては、ライフサイエンス、地球科学等の領域から得られる大量・大規模データの統合データベースを構築のための研究開発を推進し、共同利用に供する。解析・モデリング基盤整備においては、ビッグデータと大規模データベースを高度利用するための革新的なデータ可視化・構造探索法、モデリング、データ同化法、シミュレーション・予測・知識抽出・意思決定支援技術を研究開発し、データ解析プラットフォームを構築し広く共同利用に供する。人材育成においては、ビッグデータを活用する学術研究に不可欠な T 型・II 型研究者やキュレーターの人材育成を行う。これにより、グローバルな競争が一層おしさを増す中で、環境の変化を敏感に感じつつ常に他より先んじた戦略立案ができる研究者を輩出する。

さらに、これらの研究基盤を自らも利用して、実施機関において実績がある研究領域に関連する融合研究を推進し、データ中心科学のベストプラクティスの確立も目指す。これらの研究開発は、ビッグデータに関連する諸研究組織との Network Of Excellence 型連携協定に基づいて推進する。

② 学術的な意義

学術研究の対象が拡大し様々な困難な課題が生じる中でビッグデータ時代が到来し、膨大なデータから如何にモデリングし本質的な情報や知識を獲得するか、またそれらの研究を如何に効果的・効率的に推進するかが、学術分野における発展や国際競争力の強化に不可欠な重要な課題となっている。既に海外では、「ビッグデータ・イニシアティブ」(米国)や「欧州のためのデジタルアジェンダ」(欧州)等の来るべきデジタル時代に向けたロードマップを作成し、ビッグデータへの研究戦略を策定・実施している。一方我が国では、個別的なデータベース構築やアプリケーションの開発、情報学およびシステム科学の要素技術的研究は行われているものの、それらを統合し、オールジャパンの学術研究を推進するための仕組みは未だ構築できていない。

よって、我が国においても、早急にビッグデータ活用に必要な統合的的巨大データ基盤とそれを活用するモデリング・解析基盤を整備し、全学術分野の研究者が利用可能なオープンな共同利用基盤を確立することが必要である。しかしながら、アカデミック・ビッグデータの出現は単に量的な問題ではなく、実験科学、理論科学、計算科学に次ぐ第4の科学とも呼ばれるデータ中心科学の方法の確立という、パラダイムシフトを惹起している。本研究計画においては、学術領域におけるデータ基盤の構築に止まらず、「大規模データ活用の知」としてのモデリングや解析、可視化等を研究開発する。このモデリング・解析基盤をオープンな共同利用プラットフォームとして提供し、さらに実施機関に関連するいくつかの学術領域において自らもそれらの基盤を活用した科学的研究のモデルケースを推進する。これらの総合的な取り組みによって、データ中心科学の確立を目指すことは今後の学術の発展に大きなインパクトを与えることが期待でき、極めて大きな学術的意義がある。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

米国では NSF が 2004 年から Priority Area の一つの数学において学術領域における巨大データへの挑戦を、また 2006 年からは実世界と ICT が緊密に結合されたシステムである CPS (Cyber Physical Systems) を重要課題として掲げている。2009 年からは CDI (Cyber-Enabled Discovery and Innovation) プログラムを立ち上げ、ICT やデータを活用した新しい学術研究方法に関する研究開発を行っている。このような中で 2012 年 3 月末にオバマ大統領が発表した Big-Data Research and Development Initiative では、政府系研究機関を通じたビッグデータの研究開発が本格的に行われる。

我が国においても、2005 年から特定領域研究「情報爆発時代に向けた新しい IT 基盤技術の研究」、2006 年からは経産省情報大航海プロジェクトが実施されていたが、2012 年 7 月には、文科省アカデミッククラウド検討会からビッグデータ時代のアカデミアの挑戦という提言が出され、新たな取り組みが開始されようとしているところである。



④ 所要経費

196 億円（初期投資：16 億円、運営費等：18 億円×10 年）

初期投資：16 億円（データ基盤立ち上げ経費 5 億円、解析・モデリング基盤立ち上げ経費 11 億円）

運営費：18 億円/年（人件費 8 億円/年、物件費 10 億円/年）

⑤ 年次計画

平成 25～34 年度（10 年間）

（具体的な計画）

平成 25～26 年度：

- ・データ基盤、モデリング・解析基盤実施機関の施設整備とライフサイエンス統合データベース事業の継続。
- ・モデリング・解析基盤関連の研究・技術開発と基本的ソフト開発および大規模計算のプラットフォームの整備。
- ・関連領域における融合研究及び人材育成事業の実施。

平成 27～30 年度：

- ・データ整備・統合化事業の推進。モデリング・解析基盤整備に向けた研究開発と計算プラットフォームの規模拡充。
- ・共同利用体制の確立および解析技術の水平展開の枠組みの整備。融合研究の推進とモデルの高度化。研究現場での人材育成。

平成 31～34 年度：

- ・データ整備事業の継続・発展とビッグデータ解析法の先端的研究に基づくモデリング・開発基盤の改善。
- ・データ中心科学の確立。諸科学分野における共同利用・共同研究事業および普及活動の展開。

⑥ 主な実施機関と実行組織

情報・システム研究機構の 4 研究所（国立遺伝学研究所、国立極地研究所、国立情報学研究所、統計数理研究所）および 2 センター（新領域融合研究センター、ライフサイエンス統合データベースセンター）を主要な実施機関として本事業を推進する。さらに、平成 25 年度に、データ中心科学リサーチコモンズおよび PANSY データ解析センターを設置する予定である。連携組織は図中に示した。

アカデミック・ビッグデータ活用研究拠点の形成：研究基盤の構成



⑦ 社会的価値

米国オバマ大統領のビッグデータ・イニシアティブを契機に、ビッグデータはマスコミ等でもしばしば取り上げられ大きな社会的関心を呼んでいる。一般社会には十分には理解されていないが、ビッグデータを収集・分析すれば、これまで得られなかった大きな学術的知見や経済的価値が容易に得られるというわけではない。ビッグデータは大きな潜在的価値を内包しているものの、その活用のためには新しい科学的方法論と新しい研究基盤の構築が必要である。ビッグデータの活用による地球環境の変動と生命体の科学的理解は、将来予測やエネルギー対策を含む国民生活の設計にも必須である。

本研究計画が主要な目標として確立を目指すデータ中心科学は、情報化社会・知識創造社会における新しい科学的方法論であり、その活用によって学術研究分野においては新しい知的価値が生み出されるものと期待される。一方、現在、産業はサービス化が進んでいるが、サービス産業および産業のサービス化のためには、従来型の科学的知見（普遍的知識）に加えて個別的情報の活用が不可欠であり、ここにおいてもデータ中心科学は、今後の経済的産業的価値の源泉となることが期待される。

⑧ 本計画に関する連絡先

樋口 知之（情報・システム研究機構統計数理研究所） higuchi@ism.ac.jp

医用画像を中心とした診断治療支援スーパーブレインシステム

① 計画の概要

医用画像は、臨床診断・治療において、中心的役割を果たしている情報源の一つであり、その解析やシミュレーションにより、病態把握や治療効果の予測など定量的・客観的な情報を提供するための様々な研究が行われている。加えて、組織検査による確定診断や治療後の追跡データ、遺伝子や血液検査など医用画像以外のデータも日々蓄積されている。この膨大な患者データを最大限活用して、正確な診断を行い、疾患の治療効果、機能の温存（回復）、リスク低減等を最適バランスする治療を行うには、「スーパーブレイン*」と呼ぶに相応しい“医師の情報集約・意思決定能力の増強”を可能にする計算機支援が必要不可欠な状況となっている。（*この用語は、コンピュータ外科の分野で、手術支援ロボットが「スーパーハンド」（医師の操作能力増強）、手術支援映像技術が「スーパーアイ」（医師の視覚能力増強）とも呼ばれることに基づく。）

本計画では、医用画像を中心として、通常の臨床データだけでなく、最新の診断治療法や臨床研究で得られる様々な治療前・中・後の患者画像・計測データ、治療計画や施行時の時空間記録データ、および画像解析や予測シミュレーションで得られる患者解剖・機能データなどを統合した症例データベースを構築し、そのマイニング・統計学習等に基づく“診断治療支援スーパーブレイン”システムを開発する。データの発生から、データベース化、スーパーブレイン化、臨床応用まで、情報学・工学研究者と臨床医学研究者が密接な共同研究を行うため、新規に設置する「画像診断治療スーパーブレインセンター」を統括本部として、多施設でのデータ集積、研究開発、臨床評価を行えるネットワーク型広域・学際的共同研究プラットフォームを構築する。これにより、最適診断治療の数理的機序を明らかにする方法論を確立し、情報学と臨床医学の境界領域における人材育成と学術創成に寄与する。

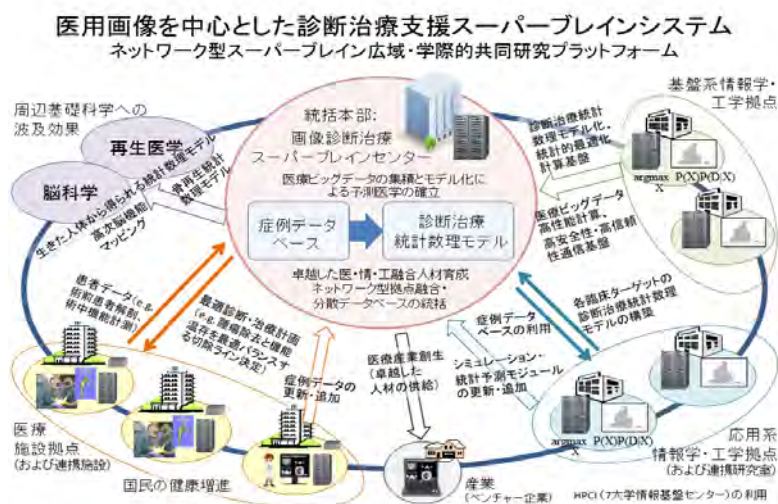
② 学術的な意義

本計画では、暗黙知とみなされる臨床知識と過去症例の大規模かつ多面的な時空間情報を総合した統計数理モデル（スーパーブレイン）を用いて、治療後の状態の統計的予測を行い、治療効果を最大限引き出す意思決定情報を導き出す。単に、参考情報を提示するのではなく、人間では扱いきれないビッグデータに基づき、医師の能力を超える意思決定情報の導出を目指す点に、科学としての挑戦があり学術的意義がある。例えば、がん診断治療において、患者の画像情報に加えて、過去の治療歴、血液検査、遺伝子情報などを入力として、がんの鑑別診断、最適治療法の選択（放射線治療、焼灼、外科的切除、抗がん剤など）、およびその治療法における最適治療計画立案と治療効果の予測を自動的に行う。さらに、医療知識のスーパーブレイン化により、予測に基づく診断治療の最適化を実現するだけでなく、診断治療の数理的機序の解明、および先端医療施設の医療知識パッケージ化による地域格差の無い医療の提供や医学教育への活用が期待される。

本計画は、情報学研究者が新規開発したモジュールを、他の既存モジュールと組み合わせたスーパーブレインシステムと症例データベースを用いて評価できるネットワーク型の枠組みを提供するものである（上図参照）。これにより、従来、新規参入が難しかった医療分野に、多数の基礎系情報学研究者の参入を促す。一方、情報学と接点がなかった臨床医学研究者も、本計画で開発されたシステムを利用して、自身の患者データの臨床評価研究を行える。よって、情報学と臨床医学の融合領域の人材育成と学術創成の飛躍的な発展が期待される。本計画により、全世界の臨床医学研究者によるデータの収集と臨床評価、広域に分散した情報学・工学研究者が共同で診断治療支援スーパーブレインの開発を推進できる環境が構築され、継続的、かつ広域・学際的に医療知識を統合していくことが可能になる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

IBM では、人間のクイズ王を超えるクイズ解答力を持つシステムを医療診断に応用する研究が行われている。この研究では、自然言語処理や記号推論による大規模文献検索により意思決定情報を導くので、本計画のように、入出力が多様な様式の画像や時空間パターン情報となるような問題を扱えない。医用画像に基づいた臓器形状や疾患パターンの統計数理モデルの研究が、科研費・新学術領域「計算解剖学」や米国 NIH の医用画像国家連携プロジェクトで行われている。これらは、医用画像から患者解剖3次元構造の自動抽出や疾患の定量評価を行うが、最適な治療法選択・治療計画立案という専門医の高度な推論能力が必要とされる課題には着手していない。EU の仮想人体生理プロジェクトでは、生理学シミュレーションを精密に行う研究が行われており、治療効果の予測にも利用できる。しかし、シミュレーションの結果と実際の患者状態の関係を検証することは十分に行われておらず、さらにそれを利用した最適診断・治療計画の導出には至っていない。本計画は、以上の研究を包含し、



医療における意思決定のより本質的な目的に向けて発展させるものである。

④ 所要経費

所要経費は、初期投資 25 億円、運営費等 50 億円、総額 75 億円である。初期投資として、新規拠点施設（統括本部）に高性能計算・大規模ファイルサーバ（5 億円）、医療施設拠点 5 グループ（5G）にデータベース構築用ファイルサーバ（1 億円×5＝5 億円）、情報学・工学拠点 9 グループ（9G）にスーパーブレイン構築用計算サーバ（1 億円×9＝9 億円）を設置する。その他、連携医療施設、情報学・工学研究室にファイル・計算サーバ（6 億円）を設置する。計 25 億円を要する。運営費として、統括本部施設費とリーダー・スタッフ研究員（2 億円×5 年＝10 億円）、医療施設 5G において博士研究員各 4 名（医療系 2 名、情報学・工学系 2 名）、および情報学・工学 9G において各 4 名を雇用し（500 万円×4 名×14G×5 年＝14 億円）、データフォーマット策定、データ収集システム構築、データベース構築、スーパーブレインシステム構築、臨床システム構築、およびネットワーク基盤の開発・利用環境の構築を行う。さらに、ファイル・計算サーバの増設費 16 億円、ネットワーク機器・消耗品・旅費など 10 億円、計 50 億円を要する。

⑤ 年次計画

1～2 年度目：各医療施設拠点において、臨床応用ターゲットの診断・治療・（治療後）追跡のワークフロー解析を行う。統括本部において、各臨床応用のワークフローを総合的に解析し、共通データフォーマット策定およびデータ収集・データベース化システムを構築する。データの性質上、開発段階では、データ収集とデータベース化は、インターネット接続されていない医療施設内ネットワークで開発を行う必要があり、情報学・工学系の博士研究員を医療施設で雇用し、医学研究者と密接に協力して進める。情報学・工学拠点は、基盤システム系と応用システム系に分類され、基盤系は、スーパーブレイン化における医療データ特有の性質を考慮した統計数理モデル、アルゴリズム、計算・通信方式の開発、応用系では、それぞれの臨床応用ターゲットに対して、数百例規模のデータを利用して、最適診断治療パイロットシステムを構築する。統括本部において、ネットワーク型広域・学際的共同研究を可能にするプラットフォームの開発とプラグインモジュール仕様の策定を行う。各拠点および連携施設が、このシステムを用いたデータ提供、モジュール開発などを試験的に行う。

3～5 年度目：統括本部を中心に、データベースの構築と利用、およびスーパーブレインシステムの構築と利用を、ネットワーク上で統一的に複数の異なる臨床施設拠点と情報学・工学拠点が行えるプラットフォームの運用を開始する。臨床施設拠点、情報学・工学拠点、および連携施設が協力して、各臨床応用ターゲットに対して、数千～万例規模のデータを用いたスーパーブレインの構築と臨床評価を、前向き評価（新規患者でのリアルタイムの評価）も含めて行う。倫理的な検討を慎重に進めながら、データベースやスーパーブレインの公開を進める。

⑥ 主な実施機関と実行組織

実行組織は、医療施設拠点 5 グループ、情報学・工学（情・工）拠点 9 グループ（基盤系 4、応用系 5）、および統括本部から構成される。5 つの医療拠点と情・工拠点の応用系は、臨床ターゲット毎に、5 組の医・情・工連携チームを形成する。それぞれ臨床ターゲットの応用システムは、医用画像とキーとなる周辺科学を融合させることで実現され、スーパーブレインの多様な展開を試みる。具体的な実行組織とその役割に関して、医用画像と融合する周辺科学と合わせて、以下に示す。

A. 医療拠点：データベース構築と臨床応用：a) 脳神経疾患診断治療（東京女子医大）、b) がん診断治療：b-1) 超精密がん診断（国際医療福祉大、国立がん研究センター）、b-2) 低侵襲がん治療（九州大）、b-3) 放射線がん治療（放射線医学総合研究所）、c) 筋骨格疾患診断治療（大阪大、慈恵医大）。

B. 応用系拠点：スーパーブレイン応用システム：a) 脳科学融合ー脳神経疾患診断治療（東京大）、b) がん診断治療：b-1) バイオメディカルインフォマティクス融合ー超精密がん診断（徳島大、岐阜大）、b-2) ロボット融合ー低侵襲がん治療（名古屋大、早稲田大、東京大）、b-3) 計算解剖学融合ー放射線がん治療（千葉大、九州大）、c) 骨再生・筋骨格シミュレーション融合ー筋骨格疾患診断治療（大阪大、山口大）。

C. 基盤系拠点：スーパーブレイン基盤情報技術：a) 医療時空間パターンデータ統計数理（統計数理研究所、名古屋工大）、b) 診断治療の多元的統計数理表現（東京大、千葉大）、c) 診断治療ベイズ最適化計算（東京農工大）、d) 医療ビッグデータの高性能計算と高信頼性・高安全性通信（名古屋大）。

D. 統括本部：画像診断治療スーパーブレインセンター（新規設置）

⑦ 社会的価値

本計画は、情報学の導入により、医療水準の全体的向上を実現することに加え、診断治療における意思決定の根拠を明確にし、患者が納得できる医療に直結する研究計画として、国民の理解が得られると考える。我が国では、生命科学基礎研究者と情報学研究者との共同研究は活発化しているが、情報学と臨床医学の協力が不十分である。その重要性にも関わらず当該融合分野を担う人材は現時点で極めて不足しており、本計画では統括本部を中心に卓越した人材の育成を図る。我が国の臨床医学の水準は極めて高く、情報学と臨床医学の密接な連携に基づいて、先端医療のデータベースとスーパーブレインを構築し、それを核として、広域学際的連携プラットフォームにより世界の知識を集約する。これにより、世界をリードし、その知的価値を向上させ続ける仕組みを提供する。経済的・産業的観点から、本計画は、医療情報産業という未開拓の市場を拓くための社会資産を提供する。我が国の臨床医学の水準の高さは国際的に認められているにもかかわらず、現在の我が国の医療産業は弱い。本計画は、我が国の臨床医学の水準を産業・経済に結び付ける役割を果たすと期待される。

⑧ 本計画に関する連絡先

小畑 秀文（独立行政法人国立高等専門学校機構） kobatake@kosen-k.go.jp

高度インテグレーションを基盤とする AI チャレンジと AI サービスの実現

① 計画の概要

近年、クイズ人工知能 (AI) ワトソン、SIRI やしゃべってコンシェルのような音声アシスタント、知識グラフのような意味検索エンジンなど、AI 要素技術群を統合した AI チャレンジ (人間のプロ相当) や AI サービス (専門家向けとユーザ向け) が登場し、AI が人の暮らしや業務を変える予感から、人々の関心が高まっている。これらの AI システムでは、特定の AI 要素技術ではなく、AI 要素技術群、或いは AI 要素技術群と周辺 IT の統合により、システム性能を向上させた AI インテグレーションの実現に特色がある。

本研究では、AI 要素技術の高度インテグレーションに基づく次世代コンピューティングの実現可能性に着目し、「探索、制約処理、リンクトデータ、データマイニング、オントロジー、知識管理、知識創造、言語理解、物語理解、インタラクション理解」などの先進的 AI 要素技術の統合環境を構築するとともに、その統合環境を利用して、小説、囲碁、医療、ものづくり、防災・減災、行政、交通、HAI 等を対象に、人の暮らしや業務を変える、AI チャレンジと AI サービスの開発を目的とする。

AI チャレンジとしては、盤面理解と先進的探索技術に基づく囲碁チャレンジ、文章の前後関係やリズムを考慮したショートショートチャレンジ、専門家向け AI サービスとしては、部局間あるいは医師

と看護師間での情報共有を促進させる電子カルテサービス、市民生活・行政施策・安全・安心などの観点を考慮した防災・減災計画立案サービス、機能概念に注目して暗黙的ノウハウを外在化させ継承させていく製造・サービス知識創造、ユーザ向け AI サービスとしては、二次利用のための行政データ提供、位置情報を基軸にしたモビリティサービス、HAI などを具現化し、各研究成果を共有しながらプロジェクト全体を推進し、AI と IT の高度インテグレーション環境を完成させる。

② 学術的な意義

この 20 年間、計算高速化、データ大規模化と多様化、ソフトウェアオープン化、ネットワーク広帯域化といった進化を基盤として、AI 要素技術も発展してきた。特に、モデリング基礎としての ONT (オントロジーとセマンティック Web)、大規模データ分析法としての ML (機械学習とデータマイニング) の進展が大きい。

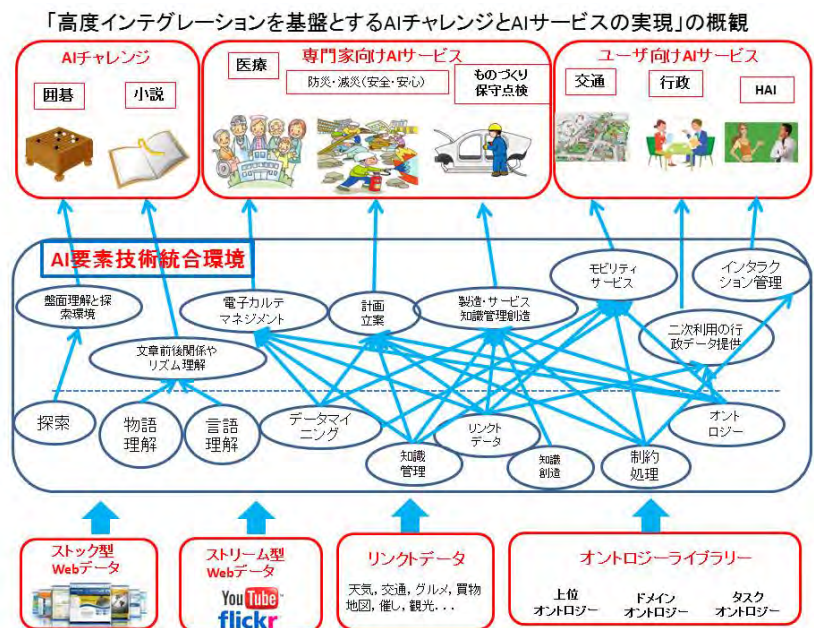
ONT では、抽象概念を規定する上位オントロジー、ドメインの重要概念や関係を規定する領域オントロジー、問題解決語彙を体系化したタスクオントロジーなどが開発され、クイズ AI ワトソンでもクイズの解答候補生成時に利用されている。また、2006 年にデータを基盤にしたセマンティック Web である LOD が提唱され、米国政府と英国政府が LOD による行政データを公開し、2011 年までに、行政、地理、書籍、メディア、生命科学などの領域を跨がる大規模 LOD (2011 年までに 310 億トリプル) が公開され、意味検索エンジン知識グラフなどで利用されている。

ML では、SVM や CRF などの新しい理論が提唱され、昨年、多層ニューラルネットワークである「深い学習」が、画像理解 (動画群から猫を教師なしで学習など) 等のベンチマークにおいて、他の ML より優位となり、言語/画像/音声理解のような応用 AI 技術をさらに進展させる期待が高まっている。

以上のように、上記 2 つの AI 要素技術の応用展開でも期待が高く、最新の AI 要素技術の高度インテグレーション環境を構築すれば、その意義は組合せレベルで大きくなることが予想できる。また、囲碁や小説執筆で「プロと競争する AI チャレンジ」、医療やものづくりや防災・減災分野で「専門家を支援する AI サービス」、行政や交通や HAI 分野で「ユーザを支援する AI サービス」を実装し評価することも目標に据える事により、AI 研究に留まるのではなく、トランス・ディスプリンとしても意義があるといえる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

米国では、AI 要素技術統合プロジェクトとしてワトソンと SIRI が代表的である。ワトソンでは、50 種類以上の AI 要素技術統合により数百の候補群を生成し、別の 50 種類の AI 要素技術統合により候補群を絞り付け、一位候補を答えとする。当初、正解率は低かったが、機械学習技術統合により正解率は 80% を超えた。一方、SIRI は、DARPA プロジェクト CALO (2003-08、



予算約 200 億円)の研究成果を基盤して開発され、CALO は、自然言語処理、知識表現、推論、機械学習などの AI 要素技術統合プロジェクトである。欧州では、FP7 プログラム ICT において、知識を基軸にした、言語理解や機械学習の AI 要素技術統合が進められている。我が国では、NII で開始された「人工頭脳プロジェクトロボットは東大に入れるか？」が、知識を基軸にした AI 要素技術統合プロジェクトといえる。以上のプロジェクトは、学校知と分析知の機械化が主目標であるが、本プロジェクトでは、その目標に加えて、専門家支援 AI サービスとプロと競争する AI チャレンジにおいて、実践知と創造知の機械化も視野に入れた点が異なる。

④ 所要経費

総額 55 億円の経費内訳を下記に示す。本プロジェクトでは、大学院研究科専攻(大学学部学科)レベルまで数えると 20 程度の組織が参加し、有用なソフトウェア・コンテンツを開発する必要があるため、博士研究員、有期教員、プログラマー、事務職員を雇用するための人件費、大学院生へのアルバイト謝金が大きな割合を占める。その他、備品としてコンピュータ&ネットワーク設備(クラウドを含む)、消耗品、旅費(研究集会、調査、発表、招聘)、施設貸借料、会議費などを計上する予定である。

人件費： 30 億円(6 億円×5 年)、設備費： 10 億円、消耗品費：2 億円、旅費：10 億円、施設貸借料、会議費：3 億円、総計：55 億円

⑤ 年次計画

平成 25 年度は準備の年であり、各研究組織で進めている AI チャレンジ、AI サービス、AI 要素技術の進捗および課題を報告し、20 組織を研究グループ化し、具体的な到達レベルの設定、および詳細な研究計画表を策定する。

平成 26 年度は、各研究グループで、複数の AI 要素技術を統合する事により、単独の AI 要素技術適用と比較して、実問題の解決がどのように改善されるのか、および、未解決課題を年 2 回の全体集会で討論し、必要ならば、研究グループを再組織化する。

平成 27 年度は、AI 要素技術統合度を高める事による効果、あるいは、新たに生じる課題についての報告会を年 3 回開催する。特に「囲碁チャレンジ、ショートショートチャレンジ、電子カルテサービス、防災・減災計画立案サービス、製造・サービス知識創造、行政データ提供、モビリティサービス、HAI」などのサービスモジュール、「探索、制約処理、リンクトデータ、データマイニング、オントロジー、知識管理、知識創造、言語理解、物語理解、インタラクション理解」などのソフトウェアモジュール、および、開発したオントロジーやリンクトデータなどのコンテンツをプロジェクト内で公開し、他の研究グループも利用できる環境を整え、プロジェクト全体を活性化させる。

平成 28 年度は中間評価の年であり、実装されたサービスの評価に立脚して、モジュール間の入出力 IF 以外に、AI 要素技術統合に必要なメカニズムについて考察する。また、中間成果を社会に広く公開し、関心をもつ行政や企業との連携も模索する。

平成 29 年度は AI 高度インテグレーションを実装し、平成 30 年度は、AI チャレンジ、AI サービスの性能を通して、AI 高度インテグレーションを評価し、本プロジェクトの知見をとりまとめる。

⑥ 主な実施機関と実行組織

(代表組織)

慶應義塾大学

(幹事組織)

東京大学大学院、公立はこだて未来大学、国立情報学研究所

(実施組織)

大阪大学、北陸先端科学技術大学院大学、国立情報学研究所、産業技術総合研究所、島根大学、電気通信大学、名古屋大学、法政大学、慶應義塾大学、産業技術総合研究所、電力中央研究所、首都大学、信州大学、岐阜大学、豊橋技術科学大学

⑦ 社会的価値

従来、AI 研究では、要素技術の深化に注力されるケースが多く、要素技術を組み合わせて、高度な問題解決を実現する統合環境に対する関心度は低かったといえる。

しかしながら、プロ棋士相当の将棋 AI、アマチュア 5 段程度レベルの囲碁 AI、クイズ AI ワトソン、音声アシスタント SIRI・しゃべってコンシェル、知識グラフのような意味検索エンジンなど、AI 要素技術群を統合した AI チャレンジや AI サービス(専門家向けとユーザ向け)が登場し、AI が人の生活様式・業務様式を変える予感から、一般市民の関心は急速に高まっている。自然言語理解プロジェクト CALO から音声アシスタント SIRI が誕生したように、本プロジェクトの研究成果を起点にして、我が国から、多くの面白い AI サービスが生まれることになれば、産業界に大きく貢献できることになる。そのために、中間成果報告会では、多くに人が参加できるように準備したいと考えている。

米国では、税理士や翻訳家のようなホワイトカラーの失業が問題になり始めてきたが、人と機械(AI サービス)の関係を一新する時代は到来しようとしており、組織の在り方にも影響を与えると考える。

⑧ 本計画に関する連絡先

山口 高平(人工知能学会、慶應義塾大学・理工学部) yamaguti@ae.keio.ac.jp

デジタルミュージアム計画

① 計画の概要

本研究計画の目的は、バーチャルリアリティ（VR）、拡張現実感（AR）などのデジタルメディア技術を駆使し、貴重な文化資産を五感で対話的に体験可能とするミュージアム基盤システムを構築することと、それを通じて最先端技術の研究開発を促進し、わが国の国際的優位を保持することである。本事業は文化資産というコンテンツを中心に、ミュージアム群と密接な連携をとることが前提とした運営体制をとる。これにより、単純な先端技術開発研究ではなく、表現したい内容を軸として研究開発体制を編成するというわが国では珍しいコンテンツ主導研究のスタイルをとる。

次世代のデジタルミュージアムシステムの中核としては、多感覚や身体性を活かした情報提示が可能なデジタルメディア基盤を構築する必要がある。そこで、そのためのハードウェアとして、大規模な没入型裸眼立体 VR 提示装置の開発を中軸に据え、それを基盤に文化を五感で対話的に体験可能なシステムを、研究者・技術者・ミュージアム関係者が協調して作り上げる。その際、裸眼立体映像を生成するための映像変換・映像生成ソフトウェア、臨場感の高い鑑賞を可能にするインタラクティブソフトウェア技術、立体映像に加えて聴覚、触覚、嗅覚等の五感情報を提示する技術、実物と立体映像を融合して見せるための光学的処理技術、ミュージアムコンテンツ流通のためのネットワークインフラストラクチャ基盤技術、来館者の鑑賞データ蓄積・解析技術など、必要な周辺技術群の開発を行う。

さらに、ソーシャルメディア等から展示物に関連する情報を抽出し蓄積する「コト」のデジタルアーカイブ手法の開発を行う。これらモノとコトのデジタルアーカイブをミュージアム・クラウドとして展開することで、日本全国で展示・教育等への活用が可能なネットワーク型利活用システムの開発を行い、先端メディア技術の研究開発と同時に日本の文化基盤の強化を目指す。

② 学術的な意義

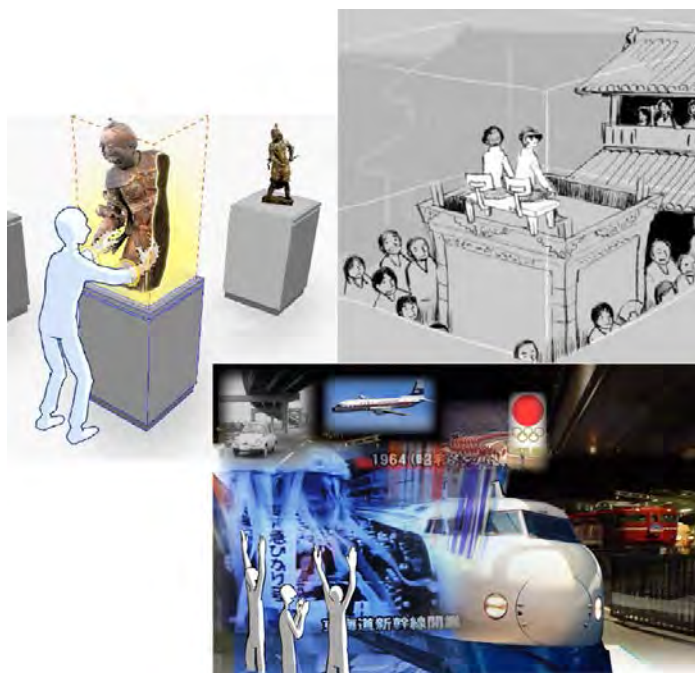
本計画は、ミュージアム展示をより魅力的にするための VR、AR を中心とする先端デジタルメディア技術の研究開発するという点で高い学術的意義を持つことはもちろんである。加えて、このプロジェクトは、この種の先端科学技術研究に文化資産による国力の充実という文脈を与える新しい研究方法論の開発という使命も持つ。

現在、わが国の産業の閉塞状況は深刻であり、1990 年代初頭にトップだった産業競争力は 2002 年に 30 位に転落して以来、浮上の見通しが立っていない。その一方で、特許出願数では、わが国は 2011 年現在で世界第 2 位を保っている。これは技術に適切な文脈を与えることに失敗しているからに他ならない。

この状況を打破するためには、従来の意味論フリーな技術開発プロジェクトを超える新しいプロジェクトフォーメーションの方式が必要である。本計画は、ミュージアムという実験場を持ち、コンテンツサイドから技術が厳しく吟味され、それによって技術自身も洗練化されていくという、コンテンツドリブン型の研究開発モデルを採用している。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

本事業のような高度な先端技術を活用したミュージアム展示研究は世界的にも類がなく、技術的観点だけでなく研究方法論としても革新的である。従来のデジタル技術のミュージアム応用のほとんどが、国内外のミュージアムの所蔵作品総合目録検索システムや Google アートプロジェクトに代表されるデジタルアーカイブに関わるものである。これらは、「モノ」（展示物そのもの）の静的な保存に留まっている。本計画では「モノ」の保存ではなく、ミュージアムサイドと研究者が密接に連携したコンテンツ主導型の研究体制をとることで、展示物に関連する背景情報、すなわち「コト」を多感覚や身体性の活用を通じて伝える革新的な展示形態を実現することを中心に、保存にとどまらない展示や管理まで踏み込んだ統合的なミュージアム機能の支援までを扱う。これにより、本計画はこれまでのデジタル技術のミュージアム応用にはない新しい領域を展開している。国内外の学会において本計画の関係者が、本計画に関連した話題に関する招待講演やオーガナイズドセッションの企画をしていることから、当該計画で扱われる研究が国内外において高く評価されている証拠となっている。



文化資産を五感で対話的に体験可能なデジタルミュージアム基盤

④ 所要経費

総額 55 億円（初期投資：30 億円、運営費等：25 億円）

没入型裸眼立体提示システム 20 億円

コンテンツアーカイブシステム 10 億円

研究開発費、運営費、ネットワーク維持費など 25 億円（2.5 億円×10 年）

研究の開始にあたって、既存のミュージアムまたは新設の施設に、来場者の反応やミュージアム関係者からの指摘をフィードバックしながらシステムの構築・改善を行っていくための公開実験用オープンフィールドを確保する。

⑤ 年次計画

研究実施期間は平成 25 年度～34 年度とする。

平成 25 年度：裸眼立体 VR 提示装置を中心としたデジタルミュージアム研究・公開のためのフィールドを整備する。

平成 26 年度：中核 VR 装置を中心とした直接的展示技術の試作と実験的導入、共通基盤技術の開発を行う。

平成 27 年度：直接的展示技術の改良とともに、それを運用するための間接的展示技術の導入、ミュージアム・クラウドを中心とする共通基盤技術の開発を行う。

平成 28～34 年度：直接的展示技術、間接的展示技術ともに、実運用の結果を解析して得られた知見を元に運用技術を中心とした改善を行い、順次フィールドに展開する。また、外部のミュージアムにおいても段階的なシステムの展開を図り、デジタルミュージアムシステムの普及と標準化を行う。

⑥ 主な実施機関と実行組織

■研究の中心となる機関

東京大学：研究の推進と統括

■実行組織

技術開発グループ：

立命館大学、慶應義塾大学、情報通信研究機構、NHK、NHK エンジニアリングシステム、凸版印刷株式会社

ミュージアムグループ：

東京国立博物館、鉄道博物館、東京都現代美術館、京都文化博物館

普及促進調査グループ：

三菱総研

東京大学が中心となり研究開発を進める。実行組織としては、統合的なデジタルミュージアムシステムならびに要素技術の開発をすすめるための様々な専門分野を持つ大学と企業からなる技術開発グループ、東京大学とともに技術開発の方向性を決定し、コンテンツの企画、システムの運用・展開を行うミュージアムグループ、開発したシステムと技術の社会展開と浸透をはかるための普及促進調査グループという 3 つの枠組みを設ける。これら実行組織のとりまとめは東京大学が行う。

⑦ 社会的価値

デジタルミュージアムは、少子高齢化の克服が問題視されているわが国において、一丁目一番地で望まれている技術課題のひとつである。既に失われ、又は現在失われつつある成熟技術や文化資産を保存し、その情報を若い世代が自由に鑑賞・体験することを可能とする技術の充実は大きな意味を持つ。

モノの充実からココロの充実という価値観の変容は成熟社会の特徴であり、これを積極的に活用した国力の充実策を技術の立場から示すことは、世界に先駆けて高齢化を迎えるわが国の使命であり、本計画は日本の国際的優位性を将来にわたって築きあげることに役立つことだろう。

最後に、最近復興庁が中心になって進めている震災アーカイブ計画にとっても、本計画は強力な援護射撃となるはずである。

⑧ 本計画に関する連絡先

廣瀬 通孝（東京大学大学院情報理工学系研究科） hirose@cyber.t.u-tokyo.ac.jp

有形、無形、融合文化遺産のデジタルアーカイブ技術開発ならびにアーカイブ事業 ：祭りのアーカイブを例として

① 計画の概要

金閣寺炎上やバーミヤン大仏の破壊など有形文化財は、天災人災で日々失われつつある。限界集落問題、被災地のコミュニティ崩壊などの理由により無形文化財も消え去りつつある。これらの文化財をデジタルアーカイブする手法を開発し、実際に文化財のアーカイブを構築し、解析手法へと展開する。

これまでの文化財のモデル化技術は、1つの文化財や1人の演者の動きを対象としたいわば孤立した「もの」のデジタル化技術の開発であった。しかし一般に文化遺産はそれが表現される場面がある。これらの場面での有形・無形の文化財の有機的な結合を「こと」とよぶ。本提案では、これまでの「もの」のデジタル化に加え、「こと」を表現する技術を展開する。「こと」の1つの例として、各地域伝統文化を代表する祭りを対象として技術開発をはかる。祭りの構成要素である有形文化財や無形文化財のモデル化技術をベースに、形と形の相互作用、形と動きの相互作用、動きと動きの相互作用を解析しモデル化し、これらを通して祭り全体をデジタル化し表現する技術を開発する。この際、単に仮想空間で表現するだけでなく、祭り自身の記述を得るようにし、この記述から各祭りの間の関係や歴史との関連性にまでの踏み込んだ解析手法も開発する。

京都を中心とした中央の祭りだけでなく、特に現在急速に消滅しつつある東北地方の津波被災地でのアーカイブにも力をそそく。そのため、これまでの一部の専門家や研究者が時間をかけてアーカイブを精密に行うといったいわば職人的な手法の開発のみならず、一般の人々が一般的に手に入るセンサーを用いて迅速にこれを行えるような草の根的な手法も開発する。草の根コレクターが集められたデータなどもデータベースに蓄積するため、データの信頼性を考慮しつつ取捨選択・統合融合を行いながら信頼性の高いデータとして蓄積するアーカイブ構築手法についても開発する。

② 学術的な意義

2つほどの異なった方向の学術的意義ある。まず第一は、計算機科学の各分野の手法の発展といった本来的な分野での意義。有形文化財の正確な形状や微妙な色彩をデジタル的に記録する技術は、コンピュータビジョンやコンピュータグラフィックスの中心課題であり、この分野の理論の深化が期待できる。無形文化財のデジタル化に関しては、動的な演者の動きの検出ならびに記述を行う必要があり、これまたコンピュータビジョンの基本課題である。さらに、得られたデータの解析や行動認識は、人工知能の課題であり、それを通してのロボットやCGキャラクターの動きとして表現といった技術開発は、ロボット学やコンピュータグラフィックスの中心課題である。また融合文化財としての場の表現は、これまで研究されたことのない全く新しい技術分野であり、VRやHCIといった関連分野との共生により新しい研究分野として発展する可能性を秘めている。

これらの技術分野は先端的な技術をより深化させることを目指した垂直的な理論発展であったが、本プロジェクトはそれに加え、一般の草の根コレクターが市販のデジカメ等から得たデータを膨大なデータを如何に効率的に取捨選択統合し信頼性の高いデータベースとするかといった多数決WEBベース統合映像処理技術といった全く新しい研究分野の確立も期待できる。

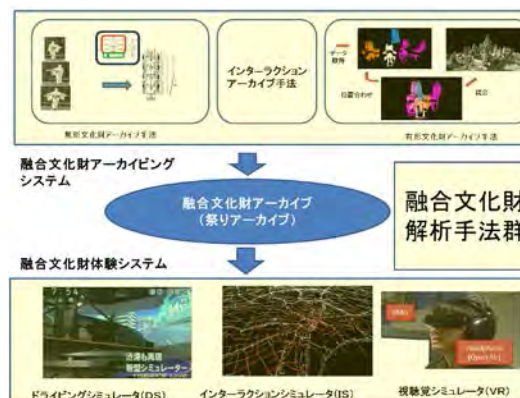
こういった情報学的な展開とともに、第二番目の意義として、文化人間学的なものがあげられる。本プロジェクトでは、研究期間の全体を通して、実際に東北地方と京都・奈良地方の祭りのアーカイブを行う。このことでまず祭りのアーカイブが得られる。さらに、この結果を対比させ解析を行う。これより祭りの地方伝播のモデル、ひいては文化の中央と地方の間での伝播モデル、各地域間の文化交流の度合いといった文化誌的理論の新展開も期待できる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

国際的にその国の文化が評価される度合いを文化力と呼ぶ。軍事力と文化力は、国家の尊厳の両輪である。必ずしも高い軍事力を持たない日本としては、日本の高い工学技術を用いて高い文化力を持つことで国の尊厳を保つ事は必須である。当該研究者のグループは、工学的に日本の文化力向上をさせることを目指し、文化力の根幹をなす文化財のデジタル化保存技術やデジタル文化財の表現技術の開発を進めてきた。これまで、当該研究者のグループが世界的に見てもトップを走ってきた。

一方、近年、中国敦煌石窟研究所を中心としたグループ、韓国のデジタルヘリテージイニシアティブ、インド政府とマイクロソフトインド研究所などのアジア圏の研究グループやフランスINRIAやイタリアピサ大などのポンペイ遺跡を中心としたデジタル化プロジェクトなどヨーロッパ圏の研究グループの追い上げが激しい。

無形文化財のモデル化についても当該研究者のグループが有利な位置をしめているが、これも同様の状況である。これまでの有意性を維持しつつ、世界的なアーカイブネットワークの指導的立場を確保し、有意性を保つことは、日本のソフト力保持のために緊急の課題である。



④ 所要経費

総額 65 億設備費

初年度 設備費 10 億 中央拠点整備 2 億各拠点整備各拠点ごとに 1 億（9 拠点）初年度、中核拠点には、2 億を配分し、各機関には、1 億円の予算とし、各拠点にアーカイブのためのセンサー、データ蓄積用のサーバーシステムを整備する。中央拠点では、これに加えて祭り体験システムを構築する。2 年度 設備費 10 億バックボーンネットワーク 10 億：2 年度に、これらのセンターを繋ぐネットワーク構築のため、10 億を配分する。アーカイブは一か所に集中していると災害時に失われる可能性もある。この点を考慮して複数のコピーを拠点に置く。さらにこれらが瞬時にシェアできるようにバックボーンネットワークも整備する。4 年度 設備更新費 5 億：4 年度に、主にアーカイブのための施設のアップグレードに使用する。このため、各拠点 5 千万ずつ 合計 5 億円配分する。運用経費 40 億。本プロジェクトは、技術開発だけでなく、実際にアーカイブ事業も行う。このための研究のためのポスドクの人件費ならびにアーカイブのための人件費として各拠点に 5 千万ずつ、9 年間配分する。

⑤ 年次計画

研究期間の全体を通して、東北地方と京都・奈良地方の祭りのアーカイブを行いこの結果を対比させモデル化・解析を行う。また、アーカイブは継続自体が力であるため 10 年という長期になっている。

1 年度～2 年度：本提案の 1 つの動機が、東北地方の地域伝統文化の保存であり、緊急を要することから、被災地を中心に聞き取り調査を行う。祭りの構成要素である有形文化財の残存具合や踊り手の存在、文献や古写真の残存状態を調査する。これに基づき被災地を重点とする全国での祭りの分布状況に従って、アーカイビング計画を立てる。これと並行して、サーバーのセットアップ、バックボーンの構築等のプロジェクトの受け皿を準備する。

3 年度～5 年：既存の手法を用いてアーカイブづくりを勢力的に進める。これと並行して、以前からの専門家用の特殊なセンサを用いた手法を踏襲するだけでなく、近年注目されてきた、photometric-stereo 法や Rome-in-one-day 法など一般の庶民が手軽に使用できる簡便な手法を検討し、これらから得られるデータと特殊センサのデータの比較検討、融合高信頼性データベース構築手法を開発する。

5 年度：設備の更新を行う。

6 年度～8 年度：開発された新手法も併用してアーカイブ事業を行う。

これと並行して、祭りにおいては、全体の人の流れも重要であることに鑑み、マクロなインターアクションを表現するための記述法・表現法を考える。この際、人と人だけでなく神輿や牛車といった有形物とのインターアクションも表現できるようにする。

9 年度～10 年度：アーカイブ事業は引き続き行うものの、解析に力を入れる。文化の中央で発生した祭と、それが東北地方に伝播していき、数多く残る山車祭などを例に、その類似点・相違点、歴史的な推移や関係性、現代の動向についても明らかにし、文化的な背景や意義の理解を強化する。

⑥ 主な実施機関と実行組織

アーカイブ事業を日本全国に展開するためには、日本をつなぐネットワーク型研究拠点を形成する必要がある。具体的には、(1) 東京大学、(2) 早稲田大学、(3) 東京芸術大学・東京文化財研究所、(4) 国立情報学研究所、(5) 東北大学、(6) 大阪大学、(7) 立命館大学、(8) 奈良先端大・奈良女子大、(9) 九州大学 の 9 グループとする。

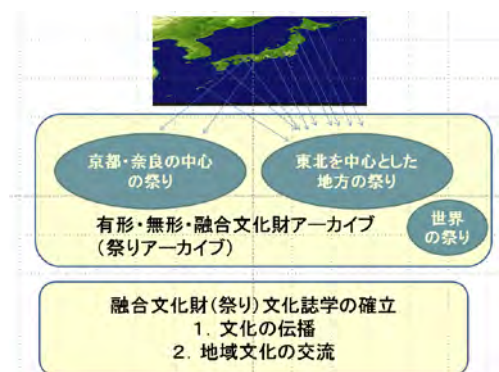
これらの研究の中心拠点として、東京大学がこれを担う。これらのデータは、東京、大阪、九州の拠点到集約される。これらの拠点をネットワークでつなぐことで、地方大学を含む大規模ネットワークを構築することになる。なお、文化財の分布が大きい、関西地方は密な体制とする。なお、アーカイブデータは、一度収集すれば終わりというものではなく、伊勢神宮の式年遷都のように、繰り返し同一対象を最新の技術でアーカイブする必要があり、そのためにも全国展開された拠点ネットワークを構築する。

⑦ 社会的価値

祭りは、その地域の人々の生活の「はれ」の部分であり、各地域で人々の地域伝統芸術が結晶したものである。これと同時に、中央伝統文化が地域に伝播しそこで独自の発展をとげたものである。祭りに使用される文化財は、その地域の人々にとってかけがえのない財産であり、祭りにおける人々の動きは、そこでの生活の動きを昇華したものであることが多い。それと同時に地域間の類似性と差異を知ることができる。この祭りを調査・分析することで地域の人々の生活を知ることができる。一方において、この祭りという地域文化は、それを支えるコミュニティが崩壊すると永遠に失われてしまう。現にさきの福島原子力発電所の事故によるコミュニティの崩壊がおこり、そこでの祭りを代表する地域伝統文化が今正に失われようとしている。他の限界集落でも同様の現象がある。これらの地域伝統文化を、現存している間にアーカイブし、できるだけ残すということは、日本民族にとって必須の活動でもある。

⑧ 本計画に関する連絡先

池内 克史（東京大学大学院情報学環）ki@cvl.iis.u-tokyo.ac.jp



「テレグジスタンス社会」実現のための知の統合研究

① 計画の概要

本研究計画は、世界中に分身ロボットを配置し、ユーザーが自分の代理として分身ロボットを遠隔から自由に利用することで時間と空間の制約を解除し、ユーザーの未知の体験を可能としつつ、人の能力を自在に活用可能として、かつ省エネルギーにも貢献する「テレグジスタンス社会」の実現を目指すものである。ユーザーは、ネットワークで、世界中の分身ロボットのうち現在利用できるロボットを検索し、空いているロボットにログインして、そのロボットを自分の分身のように自在に制御して活動する。

この研究は、ネットワーク環境を利用したパーソナルな「テレグジスタンス社会」をめざした研究開発構想とそのための大型設備と運用による目的基礎研究と位置づけられる。この実現には情報メディア、ヒューマンインターフェース、ロボティクス、計測制御、通信、計算科学といった工学の分野にとどまらず、生理学、実験心理学、社会学や法学などの人文社会学の知をも統合することが緊要となる。本計画では、「テレグジスタンス社会」を目指した研究開発を学術的な立場から行うとともに、産官学の協同による技術開発、法的整備などを遂行してゆく。

具体的には、オフィスや工場、病院、学校、図書館、美術館、公園、競技場、アミューズメントパークなどテレグジスタンスの適用が必要となる代表的な現場にテレグジスタンス・ロボットを配置するとともに、それを利用するためのテレグジスタンス・ブースを、家庭、オフィス、あるいは公衆電話のような公衆テレグジスタンスサイトなど様々な形態で設置して、それらを大規模ネットワークで結び実験的な運用を行う。

運用のデータを集積し、かつ運用のなかで技術的な問題や実際に適用する際の人との関係及び社会の受容性の問題、さらには法的な諸問題を、知の統合の観点から専門家を集め、解決し「テレグジスタンス社会」の実現を目指す。

② 学術的な意義

本研究の学術的意義は、人間の能力を時間と空間を超えて伝えるための技術の方法論と構成論を確立し、新しい学術分野を樹立することにある。テレグジスタンスは、人間が現前に現存する空間とは別の空間を、高い臨場感をもって体験し行動することを可能とするとともに、自己の存在をその空間へ拡張するものであり、いわばバーチャルリアリティの究極形態の一つである。これは、バーチャルリアリティ技術・ロボット技術・通信技術を極め、法的な問題や倫理の観点からのシステム構築なども含め、それらの知を統合することにより可能となる。

テレグジスタンスは、使用者の目となり耳となって環境を認識し、使用者の自在な行動を可能とする。その際その場所の環境知能と連携して、周りの人々や障害物などとの衝突回避や操作の安全性を確保しながら、また、得られた環境情報を付加して使用者の能力を拡張しつつ、使用者の意のままに、あたかも使用者の拡張された分身のように行動する。テレグジスタンスを用いれば、人間は時間と空間を越えて存在できるようになる。すなわち、テレグジスタンスは、人間が同時にどこにでもいるかのように感じさせる、すなわち人間をユビキタスにする技術であるといえる。

世界中に配した分身ロボットを自在に操り、人間の経験を拡大するとともに、既に得た経験を生かして社会に貢献できるテレグジスタンスは、限りある地球のエネルギーを最小限に利用しながら、コミュニケーション、生産、医療、福祉、災害対応、レジャーなど幅広い活動を、実際の移動をともなわず居ながらに行える。

本研究開発は、科学技術の深化に加え、インフラ整備や法的な基盤整備などを産官学の英智を集め知の統合により推進してゆくことにより、テレグジスタンス社会を実現させて、日本のこれからを担う産業と文化を生み出してゆく目的基礎研究開発といえよう。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

本計画は、我が国から生まれたテレグジスタンスを確立して、学術的な国際的な優位性を確かなものにするのみならず、将来の有力産業として日本の活性化に寄与するという視座を有する。テレグジスタンスが生まれて 30 年以上が経ち、米国、ヨーロッパ、アジアなどで世界的な展開を見せ始めており、成果の一部を反映した製品も製造され販売されるに至っている。しかし、現在、市販されているシステムは、理想とするテレグジスタンスからすると臨場感の観点からも存在感の観点からも満足ゆくものからはほど遠い。また、ネットワークの問題や、安全知能、非匿名性、また法的整備の視点もなく、健全な発展の障害となっている。

現在、ロボットに関する安全基準が ISO から公表され、ロボットサービス連携プラットフォームの国際標準化が ITU-T で勧告される予定である。これらを本計画がいち早く採用し、これまで蓄積してきたテレグジスタンス技術を大規模システムとして整備することで、最先端でかつ国際競争力のある技術開発が可能になる。社会や国民に役立つテレグジスタンス社会を我が国主導で国際的に実現することが緊要である。

④ 所要経費

総経費 87 億円 (5 年間)

テレグジスタンス共通プラットフォームを設置し、拠点同士のどこからでもどこにでもテレグジスタンスすることを可能とする実験プラットフォーム基盤を構築する。

⑤ 年次計画

平成26年～30年度（5年計画）

平成26年度：ITU-Tに国際標準化されたユビキタスネットワークロボットプラットフォーム技術をベースに、本共通プラットフォームのアーキテクチャの技術仕様を明らかにし、テレグジスタンス共通プラットフォームの構築を行う。拠点がサーバーとなって、様々な応用に対応するロボットシステムとコックピットが配置される。本プラットフォームは、バーチャル空間へのテレグジスタンスやバーチャル空間を介して実空間にテレグジスタンスする拡張型テレグジスタンスが可能なプラットフォームとして構成する。

平成27年度：テレグジスタンス総合実験を開始する。

平成28年度：中間評価

平成30年度：最終評価

平成26～30年度：臨場感・存在感の解明と工学的実現、分身性、安全知能、非匿名性などにつき研究を行う。具体的には、人間がいかんして臨場感を得て通常の生活を送るのと同じ感覚で分身ロボットを使いこなせるかを解明し、人間の意図を非拘束かつ適格に反映できるよう、生理学や心理学的な知見に裏打ちされたVRインタフェースを模索し実現してゆく。また、リアルタイム性を保証した大容量・超高速の通信に加え、いかんして人間の異種感覚間の同期を保証するか、多数の使用者の協調作業をいかんして可能とするかなどVR固有の問題を解決する。

工学的実現に際しては、テレグジスタンスのハードウェアとソフトウェアの構成を家庭内に適したロボットや各種作業に適したロボットという多様な構成を可能とする、分身ロボット間のインターオペラビリティ、マルチロボット管理、多地点管理、ユーザー管理、サービス連携管理などについても明らかにする。さらに、自動車とのアナロジーからの法的整備、非匿名性とプライバシーの問題、安全知能などについても、異分野の専門家の知の統合を実践して解決してゆく。

⑥ 主な実施機関と実行組織

慶應義塾大学が中心となり研究開発を進める。慶應義塾大学、東京大学、大阪大学、ATR、日本科学未来館の5拠点を通信網で結び、それを世界と結ぶことで国際的な共同利用が可能な、テレグジスタンス共通プラットフォームを構成する。また、各拠点で、テレグジスタンスを構成する、計測制御、メカトロニクス、ロボティクス、バーチャルリアリティ、通信、ヒューマンインターフェース、認知心理などの要素技術を研究開発するとともに、システムインテグレーションの観点からシステムを設計し引用して、また緊要な課題を見つけ出し、要素技術として解決して、システムを完成されるという研究段階を踏む。応用についても、それぞれの機関で得意な分野を担当して適用を試み、その結果を共有しあう。さらに、自然科学にとどまらず人文社会科学分野の国内外の専門家を集めた「知の統合専門家会議」を組織し、テレグジスタンスを用いて会議、ワークショップ、また、技術指導などを、その場に集う臨場感と存在感を共有しながら実践し問題を解決してゆく。専門家をテレグジスタンスで招致することも積極的に実践する。

⑦ 社会的価値

工場やプラント、コンビナート内の危険劣悪環境内作業、原子力プラントの点検、修理、作業、放射線廃棄物処理、宇宙海洋での探索、修理、組立、災害時における捜索、人命救助、復旧作業、通常時においては、清掃事業、土木建築作業、農林水産業、警察、探検、レジャー、テストパイロットやテストドライバーの代替など広範囲の応用の可能性をもつ根幹技術である。従って、国民生活をその根幹から支えたとともに、人の暮らしを豊かでかつ活力のあるものとする。

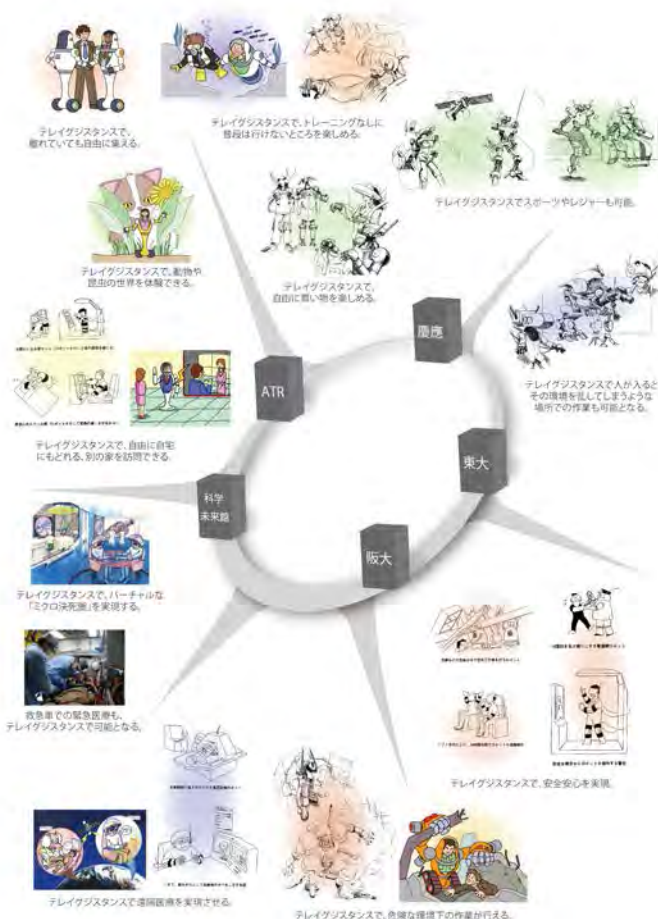
高齢者や障害をもつ人でも、テレグジスタンスによれば、失った機能を補いながら、かつその人の優れた点は効果的に発現することができ、人を活かし人に生きがいをもたせる社会の実現に貢献する。

実際の物理的な移動をとまわず、効果としては瞬間移動が可能なことから、時間を効率的に利用できるという側面に加え、省エネルギーの立場からも優れた社会が実現できる。

本計画は、我が国から生まれた技術であるテレグジスタンスを確立して、学術的な国際的な優位性を確かなものにするのみならず、将来の有力な産業として日本の活性化に寄与する。

⑧ 本計画に関する連絡先

館 暲（慶應義塾大学・大学院メディアデザイン研究科） tachi@tachilab.org



超高臨場感情報科学技術基盤

① 計画の概要

情報通信技術の急速な量的発展を基礎とした質的な向上への期待がますます高まっている。そのひとつが、我が国が誇るマルチメディア・マルチモーダル情報コンテンツ、メディアアート等の分野のさらなる向上を図ることであることは明確である。

本研究計画は、その実現のために必須と考えられる、臨場感に代表される高次感性情報を自由に操作し、表現、評価する情報科学技術の基盤確立を目指すものである。具体的には、(1) 極めて高い臨場感を生み出す上で重要であることが知られている、視覚、聴覚、触覚、身体運動感覚等の個別感覚モダリティ情報の取得・提示基盤の構築、(2) 超高臨場感を生成する際に高い相乗効果が期待できる複数感覚情報（マルチモーダル感覚情報）を時空間同期に留意して取得・提示する基盤の構築、(3) 超高臨場感の知覚・認知と取得・提示に関する科学と関連技術の深化、(4) 超高臨場感の操作、共有、表現に関する科学と関連技術の深化、(5) 関連研究者のネットワーク構築とそれに基づく広汎な研究の推進、に取り組む。

研究の推進にあたっては、基幹となる研究機関における中核的研究を行うと共に、メディア科学技術の特性である自由で豊かな発想を生かした多様な研究を組み合わせ、多様かつ学際的な研究が行うことが重要と考えている。

② 学術的な意義

日本の現状と将来を考えたとき、情報科学技術の量的進展を、Japan Cool と称され極めて高い評価を受けているメディア情報技術の質的深化に結びつけることが極めて重要であると考えられる。その中で、臨場感に表現される高次感性情報の知覚・認知、取得・提示、表現技術を圧倒的に高度化することは、臨場感のみならず、迫真性や自然性など幅広い高次感性情報を実現するための情報学的基盤として必須のものである。また、このような研究は、高い操作性と共有性を持ったインタラクティブシステムや、高い芸術性を持ったコンテンツの実現へと展開することで、国民生活の様々なシーンを豊かなものとするための学術としての発展と、我が国のソフトパワーを高める上で大きな効果が期待できる芸術・文化への高い貢献が期待できる。

本研究提案の実現と展開により、現在でも日本が大きな強みを持つデジタルコンテンツ、メディアアートと、それを取り巻く学術の水準を大きく向上させる。これは、人々の感性や心の豊かさの増進に資する新たなデジタル空間文化の創造に関する広い学術分野の水準の大幅な向上につながる。またこれにより、将来の日本を支える国家基盤である文化の創造と発信に関する学術の潜在力が大きく強化される。これらの点で、第4期科学技術基本計画の求めにもかなうものである。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

本研究に最も深く関連する国内の領域研究として、JST のCREST「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」領域（研究総括：原島博，H16～23）がある。他にも関連大型プロジェクトが幾つか行われてきているが、今後の情報学のあり方を考えたとき感性科学技術の深化と文化・芸術とのつながりを考えるのは極めて重要であるところ、上記の原島 CREST 以外ではこの点あまり意識されていない。世界に目を向けると、たとえば韓国では、Cultural Technology と呼ばれるコンセプトを掲げ、国内の文化的コンテンツ産業を将来の国家的基盤産業と位置づけ、様々な分野の融合による研究を推進している。同様な試みは、KAIST（韓国）、NTUA（台湾）、ヘルシンキ工科大学（フィンランド）、シドニー大学（豪州）、IRCAM（仏）、EU のFP7 スキームでも盛んになされつつある。米国では、SIGGRAPH を始めとする学会でインタラクティブ技術の研究が活発に議論されている。また Walt Disney 社が、次世代のエンタテインメントのための要素技術を構築するための情報系技術の研究所を設立するなど力を入れ始めている。

④ 所要経費（総額：48.5 億円）

○初期投資：26 億円

- ・五感の超高臨場感とコンテンツ制作基盤システム（8 億）

五感（視・聴・触・味・嗅覚）を駆使したメディア情報極高臨場感提示基盤と、コンテンツ制作用センシングスタジオ、五感情報高速データベース

- ・超高臨場感視聴覚身体感覚情報取得・提示システム（6 億）

前庭感覚を総合した 3 次元聴覚情報と対象者の位置や運動の高精度センシング装置と、身体感覚を含むマルチモーダル感覚情報の高精度な 3 次元ディスプレイ

- ・マルチモーダル感覚情報・高次感性情報計測システム（7 億）

音声、表情、身体運動、心拍、呼吸、脳機能等のマルチモーダル情報を計測・解析して情緒等の高次感性を推定する装置と、高次感性に基づく作業支援システム

- ・超高精度触覚情報取得・提示・共有システム（5 億）
- 両手指の対象操作動作の触知覚パラメータを実時間で抽出、再生・3次元可視化する装置と、遠隔多地点で触力覚を共有する遠隔触覚協働システム



図1：超高臨場感情報科学技術は、コンピュータ、ネットワークに加わる「第3」の情報学術基盤である

○運営費等：22.5 億円（3 億円×7.5 年）

設備保守費： 1.2 億円/年
消耗品費： 0.6 億円/年
人件費： 1.2 億円/年

⑤ 年次計画

計画年度：平成 26 年度～33 年度（7.5 年間）

・平成 26～28 年度：システム基盤構築

計画推進の基盤となる、(1) 超高臨場感視聴覚身体感覚情報取得システム、(2) 超高臨場感視聴覚身体感覚情報提示システム、(3) マルチモーダル感覚情報・高次感性情報計測システムの構築を行う。

・平成 27～31 年度：基盤技術構築

視覚、聴覚、触覚、味覚、嗅覚、前庭感覚、体性感覚等の個別感覚に関する超高臨場感取得・提示基盤技術を構築する。あわせて、これらの感覚が複数組み合わせられた場合のマルチモーダル感覚情報に関する超高臨場感取得・提示基盤技術を構築する。

・平成 28～32 年度：超高臨場感の知覚・認知と取得・提示に関する研究

各種の個別感覚情報とマルチモーダル感覚情報に関する超高臨場感の知覚・認知過程を解明するための行動学的研究と脳科学研究を推進する。あわせて、各種の個別感覚情報とマルチモーダル感覚情報の先進的センシングとディスプレイ（提示）に関する科学技術研究を推進する。

・平成 29～33 年度：超高臨場感の操作、共有、表現に関する研究

マルチモーダル感覚情報を組み合わせて超高臨場感の操作と表現をインタラクティブに行う科学技術と、超高臨場感を伴う高度かつ知的な情報を共有・活用する科学技術の深化を目指した研究を推進する。あわせて、メディアアート表現法を拡張する研究と、それを用いた新しいメディアアート表現・制作を推進する。

⑥ 主な実施機関と実行組織

・東京大学（情報学環／情報理工学系研究科）

メディア技術とコンテンツ技術を切り離すことなく俯瞰（ふかん）的に捉え、映像技術のみならず聴覚・触覚から味覚・嗅覚に至る五感を駆使した超高臨場感メディア技術と、そこで提示し得るコンテンツ制作基盤技術を並行して研究開発し、一般向けの科学コミュニケーション活動を通して、社会のニーズに適合する総合的な学術基盤を体系化する。

・東北大学（電気通信研究所＝全国共同利用共同研究機関）

聴覚・前庭感覚を総合した 3 次元空間情報センシング技術の深化に取り組むと共に、聴覚・前庭感覚、視聴覚、視聴覚・前庭感覚など、聴覚を含むマルチモーダル感覚情報による情報提示技術の深化と超高臨場感の表出過程に関する行動学的、脳科学的研究を推進し、臨場感を始め逼真性、自然性等の高度感性情報に関する総合的な学術基盤を体系化する。

・大阪大学（サイバーメディアセンター）

視聴覚情報によって変化するひとの身体的・生理的・心理的な変化を高精度に計測・解析する、マルチモーダル感覚情報・高次感性情報計測システムに関する研究開発を推進する。また、超高解像広視野映像提示装置およびバーチャルサラウンド音響提示装置に関する研究開発を推進し、高次感性情報の計測と評価に関する学術基盤を体系化する。

・立命館大学（情報理工学部）

対象を操作する手指動作や接触力をリアルタイムに計測し、対象物の形状や質感を推定することにより、これらの触知覚パラメータを時系列に抽出・再生・三次元可視化する触覚情報取得技術の深化に取り組むとともに、両手指への反力を提示する両手多指型触力覚提示デバイスを開発し、遠隔多地点で時間的整合性をもつ触覚を共有する遠隔触覚協働（仮想）構築に関する研究を推進する。これにより触覚を中心とする高次感性情報に関する学術基盤を体系化する。

⑦ 社会的価値

本計画は人々の心の豊かさの増進に資するもので、人文社会科学と自然科学の融合の観点も含め、新たな文化の創造や、我が国が誇るデザイン、コンテンツの潜在力向上につながる研究であり、この点で第 4 期科学技術基本計画にうたわれている国民生活の豊かさ向上のための研究として正にかなうものである。

また、Japan Cool と称され現在でも日本が大きな強みを持つデジタルコンテンツ、メディアアートに関する学術、技術、学芸の水準を大きく向上させることから、日本の産業の国際的優位性のさらなる発展が期待できる。更に、日本が今後も世界から敬意を持たれつつ持続的発展を遂げ、世界的に名誉ある地位を占め続けていくうえでは、我が国のソフトパワーを大幅に高めることが必須である。本研究計画は、科学技術のみならず、世界に高く評価される文化の創造と発信にも関する学術の振興を可能とするもので、我が国のソフトパワーの向上に極めて有効かつ大きな貢献をなし得る計画であるとする。

⑧ 本計画に関する連絡先

鈴木 陽一（東北大学・電気通信研究所）suzuki@ais.riec.tohoku.ac.jp

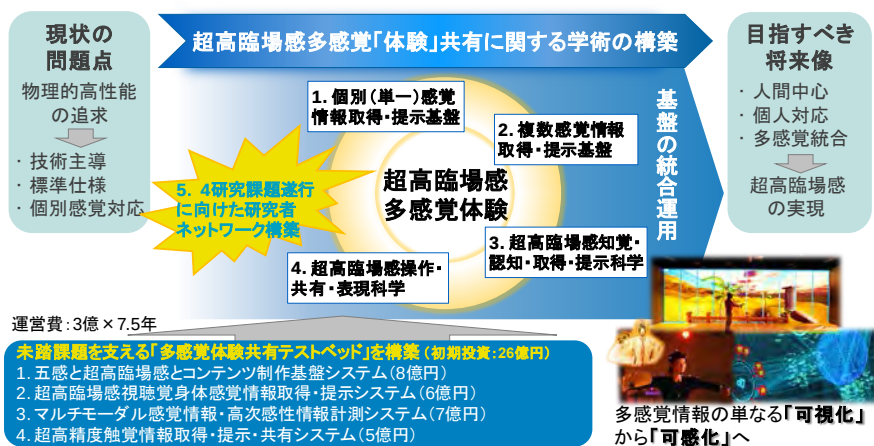


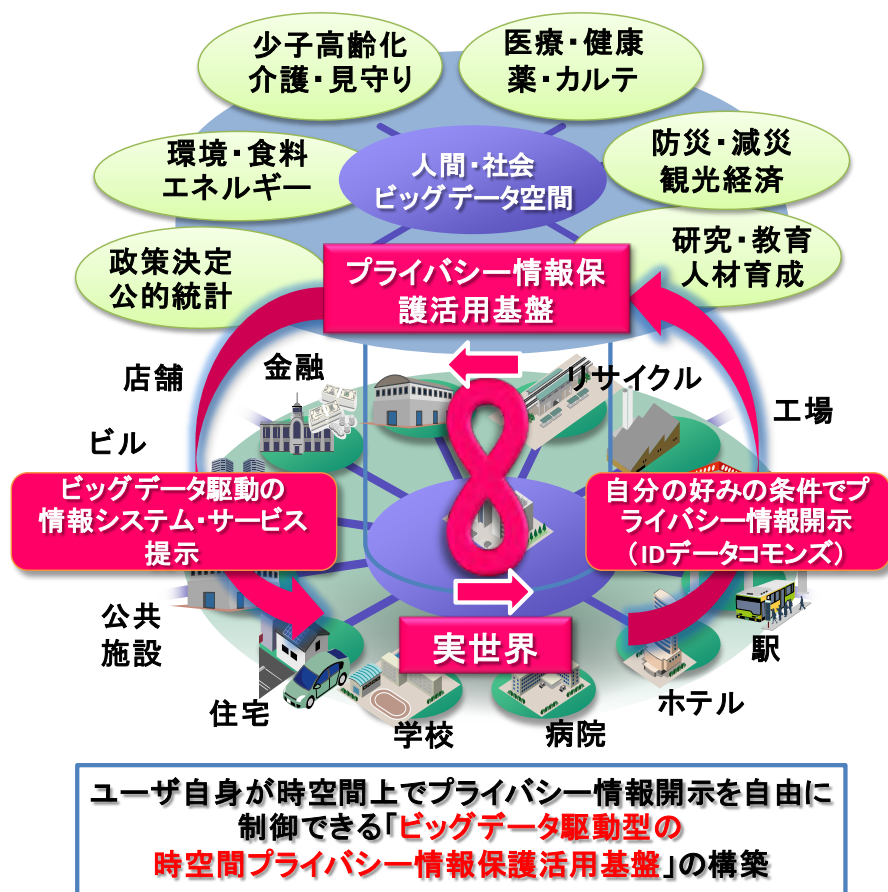
図 2：研究計画の概要

時間軸および空間軸におけるプライバシー情報保護活用基盤

① 計画の概要

携帯端末の高性能化や普及、Twitter や Facebook をはじめとするソーシャルネットワークサービスの台頭により、個人に関わる膨大なデジタルデータ（ライフログ）を含んだ様々なデータがインターネット上に蓄積されつづけている。一方で、蓄積されたライフログに対して、災害時や緊急時に必要となる個人情報や属性情報の利活用が困難になっており、災害時や緊急時において、通信を介して個人情報を利活用できる情報システムが求められている。

本研究計画では、時間軸（災害時など特別な場合）、空間軸（実世界における特別な場所）におけるプライバシー情報保護活用基盤を構築する。時間軸におけるプライバシー情報保護活用基盤として、行政や民間と個人のライフログデータを連携させて一元管理し、ライフログ利用が自律的に地域分散で判断処理できる情報システムを実現する。これにより、個人情報保護法制の壁を突破し、具体的なサービスとして、個人情報や個人属性情報を用いて、被災地のどこに誰が住んでおり、その人は子供か大人か、手助けのいる人か、あるいは寝たきりなのか、などの個人情報を連携させ、適切な救援や救助計画を素早く策定する方法を実現する。一方、空間軸におけるプライバシー情報保護活用基盤については、プライバシー情報の中でも人間の内面的な情報（趣味、嗜好、行動傾向、購買傾向など）を積極的に開示可能な特別な場所において、ソーシャルメディアとセンシングデータの融合、プライバシー保護のためのデータのクレンジング、時空間DBの構築とマイニング、情報活用・情報推薦の手法を要素技術とし、ユーザのプライバシー情報の開示とユーザの得る利得がマッチする調和的情報フィールド HIFI (Harmonized Information Field) を空間軸でのプライバシー情報保護活用基盤として構成する。



② 学術的な意義

本研究の学術的意義は、プライバシー情報の保護のみならず開示を考え、このバランスを情報システムとしてどのように与えていくかの点にある。「良いサービス、有益な情報を受けようと思えば、自分の情報を差し出さねばならない」といういわば自然な発想を、工学的、科学的な枠組で実現しようと試みるもので、ここでは、時間軸と空間軸に分けて、相互の関連、相違点を明らかにすることは新しい視座と言える。プライバシーという社会心理的な対象を扱うことで、情報科学、工学、社会科学の界面が大きく拡大する。

本研究では、災害時に特定の地域に対して、被災者のプライバシー情報を積極的に開示するなど、時間軸と空間軸が相互に関連するなかで、ユーザのプライバシー情報開示をユーザ自身が制御する基盤の構築は、時空間におけるプライバシー情報の保護活用という、新しい情報流の萌芽となるものである。具体的には、ライフログなど個人と係わる情報や属性情報の収集、管理、分析、利活用に関して、利用者が個人情報の取り扱いを自ら決定する仕組みとして ID データコモンズを構築し、個人・民間・行政の保有する個人情報を連携させ、大事故や社会危機などいわゆるクライシスと呼ばれる事象に対し、強い社会基盤を実現する。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

米国のオバマ政権は、「ビッグデータ研究開発イニシアティブ (Big Data Research and Development Initiative)」を 2012 年 3 月に立ち上げ、膨大かつ複雑なデジタルデータ群から知識や見識を抽出する能力を強化することで、米国が抱える重要課題を解決するとともに、ICT で引き続き世界をリードすることを狙っている。このような背景から、我が国でも、アメリカにライフログを中心とするビッグデータ市場を独占されないために、震災を契機にビッグデータを利活用できるように社会システ

ムに変革する必要がある、本研究開発はその中核的活動となりえる。

④ 所要経費

総額30億。内訳は以下の通り：

- ・ID データコモンズ基盤、HIFI 基礎技術の構築（6億円）
- ・ライフログを収集・管理する情報・ソフトウェア基盤技術の確立（3億円）
- ・人と集団の位置・移動・滞留行動分析基盤とイベント駆動によるコンピューティング基盤（4億円）
- ・収集したライフログを分析・合成するデータ分析・合成基盤技術の確立（3億円）
- ・ID データコモンズ基盤、HIFI の社会実装と実証実験（5億円）
- ・平時・一般地域（特区）ならびに災害・被災地域での実証実験と評価（5億円）
- ・ビッグデータの利活用に資する「データ・サイエンティスト」若手人材育成（1億円）
- ・産学の研究教育連携によるネットワーク型のオープン・イノベーション人材育成拠点形成（3億円）

⑤ 年次計画

平成25～30年度

（具体的な計画）

平成25～27年度：ID データコモンズ基盤・HIFI の構築、及びライフログ開示に関する諸考察

- ・HIFI および ID データコモンズ基盤の要素技術の構築
- ・ライフログ利活用のための情報制度設計、時空間プライバシー情報保護活用システム設計

平成28～30年度：ID データコモンズ基盤・HIFI の社会実装と評価実験

- ・行政・民間事業・個人情報のID データコモンズ基盤
- ・実フィールド（ライフログ特区）での ID データコモンズ及び HIFI の実証実験と評価
- ・災害・被災地域や首都・東南海地域を対象としたスマート防災・減災生活空間設計と防災対策評価

⑥ 主な実施機関と実行組織

本研究開発体制は、総合研究大学院大学、大阪大学、国立情報学研究所、統計数理研究所、東京大学が中心となり、ID データコモンズと調和的情報フィールド HIFI の基盤を構築する。さらに、地方自治体との連携（仙台市、京都市、広島市、山梨県、高知県など）、被災地の大学との防災・減災ノウハウ共有（東北大学、岩手県立大学、石巻専修大学など）、スマートフォンやクラウドなど ICT 産業界との連携（NTT 研究所、KDDI 総研、ソフトバンク、トヨタ IT 開発センターなど）、公的研究機関との連携（国立保健医療科学院、国立医薬品食品衛生研究所、統計センターなど）による領域融合的な研究開発コミュニティを形成して、ID データコモンズ基盤・HIFI の社会実装と評価実験を実施する。

⑦ 社会的価値

国際的な情報サービス産業分野の競争力の強化という面からみると、スマートフォンなど最先端情報通信端末と高度な情報サービスの普及は、我が国の全体の成長のバネとして重要である。スマートフォンの展開として国際標準にイニシアティブを取ることと、ライフログなどビッグデータを適用して次世代の災害に強い情報社会基盤に関してイニシアティブを取ること、日本型社会システムの国際競争力を高める。

特に、スマートフォン利用における法制度面では、利用者情報が安心・安全な形で活用され、利便性の高いサービス提供につながるよう、諸外国の SNS、検索サービス等の動向を含む現状と課題を把握し、利用者情報の取扱いに関して対応等が必要となっている。こういった動向を背景に、災害時にもっとも重要な情報を提供するスマートフォンなどモバイル機器を利用した防災・減災情報システムの実現は、日本の特徴を生かした取り組みとして極めて有効である。

⑧ 本計画に関する連絡先

曾根原 登（総合研究大学院大学複合科学研究科） sonehara@nii.ac.jp



ヒューマン E-サイエンスとソーシャル ICT によるメンタルヘルス・イノベーション

① 計画の概要

毎年3万人の自殺者、100万人のうつ病等の気分障害者、東日本大震災に伴うPTSD、14万件超の子どものいじめ、11万7千人の不登校、学童の8.2~9.3%に達する発達障害、など近年急増する「こころ」の問題は、極めて重大な社会問題となっている。その解決には重症化後の医学的処方のみでは限界があり、インターネット経由で気軽に利用できる認知行動療法や心理社会的バリアの緩和・解消等のメンタルヘルス対策が不可欠である。

本提案は、最先端の情報科学技術と臨床心理学を軸に関連諸科学を融合し、革新的なメンタルヘルス科学技術とそれを社会システムそのものに埋め込む方法論からなる新たな学問体系の構築を世界に先駆けて推進し、人々のこころの健康を守り、増進し、生きる意欲と喜びを支える社会の実現を目指す。

本計画は以下の三本の学術的柱から構成される。

(1) ヒューマン E-サイエンス

“Honest Signals”(人間の心理状態を表す視線、表情、音声特徴や話し方、動作、生理状態など)のリアルタイム自動分析と対話エージェントによるメンタルヘルス支援システムと、その基盤となる人間の認知・行動・心理のデータベースやモデルを、ライフログ、SNS、オンラインセラピー、神経科学等からのヘテロ・ビッグデータから諸学融合協働により構築する。

(2) 次世代臨床心理学

認知行動療法のオンライン化を超えて、ヒューマン E-サイエンスに基づく新たな方法論と、ソーシャル ICT に基づく心理社会的バリアの緩和・解消法を構築し、実践する。

(3) ソーシャル ICT

携帯端末、SNS、クラウド等の活用によるメンタルヘルスプロセスへのアクセシビリティ確保と、ユーザの個人情報を保護しつつヒューマン E-サイエンスに有用なビッグデータを提供し活用するためのセキュリティ技術体系等。

② 学術的な意義

Honest Signals の自動分析・評価は、高度な画像・音声・信号処理技術と人間の認知・行動・心理・生理に関する知見の融合によって初めて可能になる新しい研究分野である。その成果は本提案におけるメンタルヘルスプロセスへの応用以外にも、ユーザの心理状態に適合する高度な対話システム、革新的な個人認証技術、心理学実験における新たな定量評価技術等、幅広い学術的波及効果がある。

また、臨床心理対話システムの構築は、人工知能、視聴覚認識、エージェント技術、VR、情報通信、クラウド、など広汎な先端情報科学技術の有機的統合と高度化を促進する。

人間の認知・行動・心理に関するデータベースやモデルの構築は、実世界のヘテロ・ビッグデータを利用し、認知科学、脳科学、心理学、人工知能、ロボティクス、生体工学、データサイエンス等の協働・融合に基づき、従来の個別アプローチでは得られない、実環境での人間の振る舞いに関する深い統合的知見を提供し、人間に関する諸科学と工学技術を新たなステージに進化させる学術的基盤となる。

臨床心理学は上記技術を統合し活用し、新たなインタラクティブ認知行動療法をはじめ、スマートフォンでのライフログ蓄積・解析に基づく症状評価や行動活性化支援、SNSによる家族や職場の心理教育・情報共有等、次世代の方法論の体系を構築する。

これらの恩恵を人々が容易に日常的に享受するためには、サービス設計、プライバシーとセキュリティの確保、情報基盤整備、医療連携、運用体制、規制・監視等の制度設計、などの総合的なデザインと実装が不可欠である。これを情報アーキテクチャの観点と制度・政策・経済の科学を融合し統合的に扱う「ソーシャル ICT」という学問体系を、世界に先駆けて構築する。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

先端情報科学技術を活用した臨床心理学に関して、米国 DARPA が、帰還兵の遠隔 PTSD 治療支援を対象とし、人工知能と honest signals 分析に基づきネットワーク経由で仮想臨床心理士が症状評価を行う技術開発を強力に推進している。欧州でも、英国、ドイツ等で、情報通信技術(ICT)を活用した心理社会的支援の研究開発投資が大規模に行われている。

我が国では関連科学技術で個別には世界的優位性を有するものの、上記のような統合的取り組みがない。子供から高齢者まで深刻なこころの課題を抱える我が国における本提案の推進は、ライフイノベーションの観点で緊急かつ重要であり、世界貢献にも資する。

人間モデルに関して、EU と米国で最近相次いで脳の大規模モデル構築プロジェクトが始動しているが、実世界での認知・行動を含むモデル化の観点が弱く、この方向では我が国の研究が先行している。また、社会実装の個別事例は欧米で先行しているが、ソーシャル ICT という総合的な方法論の体系構築は、世界でも先進的な発想である。

④ 所要経費

総額 150 億円

1. 設備・ネットワーク構築

3. 人件費、運営費等		
3-1. ヒューマン E-サイエンス 研究員		15 億円
3-2. 次世代臨床心理学 研究員・実践者育成		15 億円
3-3. ソーシャル ICT 研究員・実践者育成		15 億円
3-4. プロジェクト運営費	5 億円	

⑤ 年次計画

平成26年度～35年度（10年間）。

平成 26～28 年度：研究基盤設備・ネットワークの導入、構築。第一世代メンタルヘルスプロセス（オンライン認知行動療法）の構築と運用開始。ヒューマン E-サイエンスのデータベースと要素技術構築。プライバシー・セキュリティ基盤技術の構築。平成 29～31 年度：Honest Signals 分析に基づく対話エージェントの統合システム化と試験運用開始。第一世代メンタルヘルスプロセスの運用データに基づくヒューマン E-サイエンス研究と次世代臨床心理学手法の構築。ソーシャル ICT による基盤技術統合化および社会実装設計と試験実装。

平成 32～35 年度：次世代メンタルヘルスプロセスの統合構築と実証実験および社会実装：ヒューマン E-サイエンス、次世代臨床心理学、ソーシャル ICT の高度化と統合システム構築に基づく。

平成 34～35 年度：次世代メンタルヘルスプロセスの検証、評価。研究成果の体系化と普及活動。教育システムの構築。

⑥ 主な実施機関と実行組織

東京大学大学院情報理工学研究科および附属ソーシャル ICT 研究センター（全体統括、ヒューマン E-サイエンス、ソーシャル ICT）

東京大学大学院教育学研究科臨床心理学コースおよび附属バリアフリー教育開発研究センター(次世代臨床心理学、メンタルヘルス支援 ICT、ICT の高度利用によるうつ病予防と社会復帰支援基盤)、

東北大学電気通信研究所 (音声および言語認識技術基盤)

京都大学大学院情報学研究科（人工知能およびエージェント技術基盤）

大阪大学産業科学研究所および大学院工学系研究科、情報科学研究科(コンピュータビジョン、VR技術基盤、人間モデル)

立命館大学情報理工研究科(コンピュータビジョン、対話エージェント)

産業技術総合研究所 デジタルヒューマン工学研究センター (人間モデル)

公立はこだて未来大学情報アーキテクチャ学科 (情報メディア、対話システム)

北海道大学大学院文学研究科（認知心理学、発達心理学）

なお、実施に際しては、さらに、必要分野の研究機関を追加、拡充する。

⑦ 社会的価値

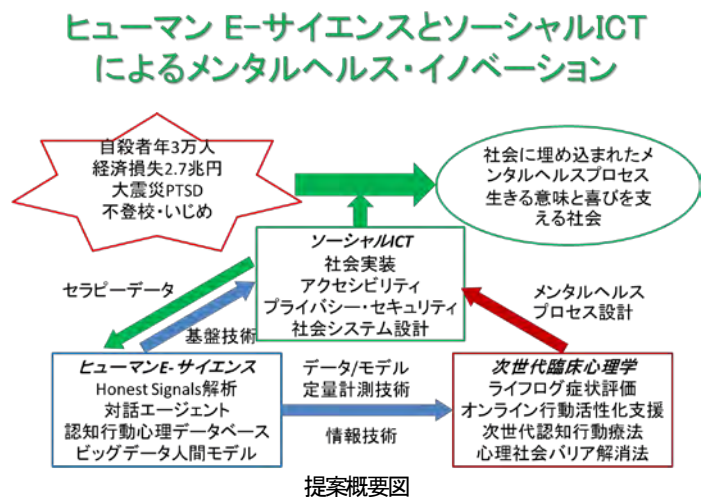
うつ病・自殺による経済的損失の厚生労働省による推定額は 2.7 兆円に上る。子供の不登校、引きこもり、いじめは社会の将来を危うくする深刻な問題である。

これらを含むところの問題全般に伴う経済的社会的損失は計り知れず、これらの改善、解決は国民が強く望むライフ・イノベーションである。

また、本提案の実現は、スマートフォン等の情報通信、マルチメディア、コンテンツ、セキュリティ、教育といった多岐にわたる産業分野に新たな応用と大量のユーザをもたらすものであり、極めて大きな産業的価値がある。

⑧ 本計画に関する連絡先

國吉 康夫 (東京大学・情報理工学系研究科) kuniyosh@isi.imi.i.u-tokyo.ac.jp



新しい時代の科学技術立国を支える放射光科学の高輝度光源計画

① 計画の概要

放射光は、物質・生命科学、工学から文化財研究に至る広範な学術分野で常に研究の次世代を切り開いてきたツールである。30 年を超える共同利用実績のある高エネルギー加速器研究機構（KEK）・フォトンファクトリー（PF）や 15 年前に共用を開始した SPring-8 では、14,000 人にのぼる産学官の利用者がコミュニティを形成し先端的研究を行っている。これまでの放射光先端計測により物質の構造やダイナミクスに関する学術研究領域が切り開かれ、物質や生命に対する理解を深めると共に、応用面での利用も広がってきた。

本計画は、物質・生命科学の更なる発展を目指し、高輝度放射光施設の早急な建設・運転開始を提案するものである。本計画の高輝度放射光施設は、原子・分子の集団の振舞いを可視化することで、複雑な物質構造とその時間発展の理解を可能にする。更に将来的な回折限界光源の実現を見据え、究極のイメージング技術の活用へ向けて、高輝度放射光施設を使って新世代の物質・生命科学を創造することが必須である。これにより将来、物質・生命科学の分野で世界をリードすることが可能になる。

本計画は、先端的研究を目指しながらも低コスト建設、省エネルギー運転を設計基本思想に取り入れたものである。また、ユーザー施設としての要件を満たすために、1) 先端研究に必須の高輝度放射光を、低エミッタンス運転と挿入光源により発生する、2) 周長 300m の規模で 20～30 本のビームラインの設置を可能にし、ナノビーム先端計測を回折・散乱・分光・イメージングの手法で標準化する。加速器・挿入光源・光学系・計測系における我が国独自の R&D により完成した最新技術を結集し、建設は 3 年以内で行う。一方、回折限界光源計画は、今後の加速器技術の発展を見極め、光源としてのパフォーマンスだけでなく、建設費用、運転・施設運用費用など総合的に考え具体化する。

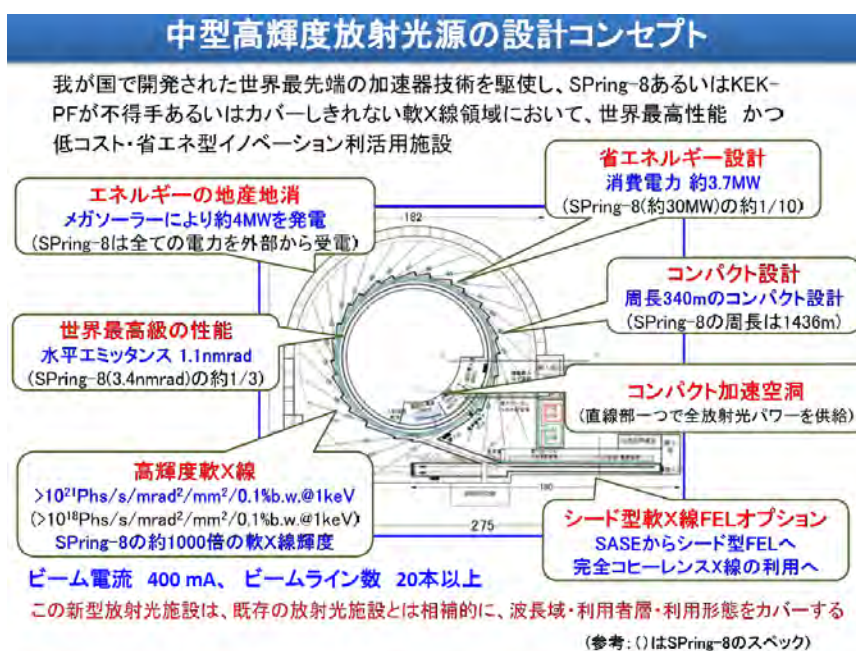
② 学術的な意義

物質・生命科学分野においては、物質・生命が示す機能性と多様性の起源の理解を可能にする新しい概念を提唱し、それに基づき新しい物質・材料の創出に貢献することが求められている。これを実現するための先端的研究のプローブとして、3GeV 程度の加速エネルギーを持つ高輝度放射光を提案する。この光源は、比較的低エネルギーの X 線領域から軟 X 線領域において強い強度を持ち、物質の構造および電子状態を研究するのに適している。またこの光源から得られるナノビームを利用すれば、局所領域または微小サンプルの解析が可能となり、これまで対象を均一な系として解析をしていた放射光利用研究を、実態に即した複雑かつ不均一な解析研究へと進化させる。その結果、将来の回折限界光により達成される究極の時間・空間イメージング情報と、従来の比較的単純な物質構造情報を結ぶメゾスコピック領域の物質・生命科学を切り開く事が可能となる。更にこのような学術領域は、「京」に代表される大型計算機のシミュレーション技術と相まって、これまで手が届かなかった複雑系の動作原理の解明を達成すると思われる。具体的には、電子集団の理解に基づく新量子物質相の創成、タンパク質集団（超分子複合体）の機能メカニズムに基づいた細胞機能の予測、光エネルギーの変換効率を飛躍的に向上させる新原理の発見など、メゾスコピックな不均一系において現象の記述を超えて、新しい学理の構築を目指す。また、産業界への技術移転により、産官学連携のプロジェクトでの研究基盤拠点としての役割を担うことも期待される。

このように本施設は、次世代の放射光利用の礎となり、新しい学術研究領域の創成、新産業育成にも貢献する。人材育成においても、様々な研究領域の集う放射光施設は学術融合の揺籃となり、リーダーシップ教育、リーダー研究者のネットワークの中核拠点となれば、社会的意義も大きい。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

KEK・PF および SPring-8 は、これまでに我が国の物質科学、生命科学を牽引するとともに、世界の放射光科学をもリードしてきた。しかし、「学術的な意義」の項でのべたような複雑な系の理解を進め、新しい学術分野を切り開くためには高輝度なナノビーム利用を前提とした放射光施設が是非とも必要である。一方世界では、スイス、フランス、英国、オーストラリア、中国、スペインなどで 3GeV クラス高輝度光源が建設され供用が始まっている。台湾、米国、スウェーデンでは更に高性能の中



型放射光源の建設が開始されている。このように放射光をツールとした科学技術の研究開発における国際競争が激化している。提案する中型高輝度放射光源は、ナノアプリケーションの利用を進めることによって最先端計測技術、解析技術が高度化され、基礎科学分野、産業応用分野ともに自然な方向としてやがて X 線領域の回折限界光の利用を望む要求が高まってくることを見据えた計画となっている。上記の国際競争力の観点での技術革新に加え、光源としてのパフォーマンスだけでなく、建設費用、運転・施設運用費用など総合的に考えたリング計画である。

④ 所要経費

所要経費は全体で 280 億円程度である。

その内訳は中型放射光施設建設 250 億円（3 年間）、ビームライン施設整備 30 億円、運営費 10～15 億円/年、計画期間：2014 年～2019 年を予定する。

ただし、土地取得の経費は含まれていない。

⑤ 年次計画

2014 年：SPRING-8 や KEK で放射光源の設計、建設に関わった専門家集団が中核となり、オールジャパンの設計・建設体制を組織しデザインコンセプトを決定し、それに基づいて最適候補地を選定する。

2015 年～2017 年：放射光施設の建設を完成する。また、建設ビームライン検討のための産学ユーザーコミュニティを組織し、ビームライン建設を開始する。

2018 年：加速器コミッショニングとともに 10 本程度の初期ビームライン設置を完了させる。

2019 年：共用試験開始する。その後、数年間をかけて次期ビームラインの整備を行っていき、2020 年代前半には 30 本程度のビームラインの整備をすべて完了する。

なお X 線領域での回折限界光源計画に関しては、今後 5 年間程度をかけて、KEK と理研においてそれぞれ独自の開発研究を進める。KEK では、エネルギー回収型直線加速器（ERL：Energy Recovery Linac）の技術開発を、その実証機であるコンパクト ERL の R & D をとおして進めていく。また、理研においては、JASRI と共同し、蓄積リングで目指す SPRING-8 II 計画を進める。その後、回折限界光源として最適のものを検討し、建設準備を開始する。ERL 計画では、650 億円程度、SPRING-8 II 計画では 400 億円程度を見込んでいる。

⑥ 主な実施機関と実行組織

高輝度 3GeV 光源建設は、これまで世界のトップランナーである SPRING-8 の建設、高度化で実績のある理化学研究所や PF、PF-AR の建設、高度化で長年の経験と実績がある KEK が中心となっており、全日本の協力体制のもとに建設・運営を行うのが妥当である。

ビームライン建設は、理研、KEK を加えた全国の学术界、産業界から志願した組織が、大学共同利用、産学先端研究開発利用、産業基盤利用等のミッションを分担し、ビームライン建設を実施する。

運営に関しては、基礎科学における独創的な研究成果や社会の要求に直結する成果創出のためには、すでに SPRING-8 や KEK ・ PF の運営の経験から従来のアカデミア側（学）の視点に立ったものから進化した形態が求められる。データ解析まで含めた一貫した利用支援や産業界の開発時間スケールに即した柔軟なビームタイム配分など、新しい放射光利用形態の整備が必要不可欠である。そして、学术界・産業界が抱える様々な課題解決に、積極的かつ柔軟に放射光を活用できる仕組みを確立する。上記の建設組織、実行・運営組織により、本マスタープランによる実現する放射光施設が学融合を加速し、産学イノベーションを強力に推進するエンジンとなる。

⑦ 社会的価値

放射光は、既に述べてきた新しい学術分野を切り開くのみならず、現代社会が直面しているエネルギー問題や環境問題に対して挑む課題解決型の研究開発において極めて有用な情報を提供し、国民生活の安心・安全を支える基盤的なツールでもある。本計画の高輝度 3GeV 放射光源が提供する「ナノアプリケーション技術」は、微小試料あるいは不均一試料中の極微細領域の分析を実現し、原子・分子レベルでの物質の理解を可能とし物質材料や医薬品の基礎科学的理解に基づいた、「科学的根拠に立脚したものづくりの実用化」を実現させる。既存材料への付加価値の創出、さらには新規材料や医薬品の創成を強力に後押しすることで、国内産業の国際的な優位性と競争力を強化する。科学技術的側面から国内産業の国際競争力の向上を支援することで、新たな市場の創出や社会的価値を創出し、経済的効果に結び付けるものとなる。一方で、放射光は、はやぶさが持ち帰った小惑星イトカワの微粒子の構造解析により太陽系誕生の謎に迫るなど、国民の知的好奇心をも満たす情報を提供するものである。このため広く国民からの支持が得られると考える。

⑧ 本計画に関する連絡先

水木 純一郎（日本放射光学会） mastery@kwansei.ac.jp

産学最先端分析技術・計測機器開発および共同利用コアコンピテンスセンター

① 計画の概要

分析技術に関連するノーベル賞は多く、分析技術および機器開発は、最先端研究には必要不可欠である。先進技術立国を進める我が国には、産学がまとまって先端分析技術および分析機器開発して利用できる拠点が無い。そこで、産学が共同で最先端分析技術および機器開発を進めるコアコンピテンスセンター（共同開発・利用拠点）を作る。開発部門は、我が国がリードすべき分析技術であり、次の4つを柱とする。すなわち、1) 極限計測技術開発部門、2) 高度イメージング技術開発部門、3) 安全安心分析技術開発部門、4) 先端分析機器共同利用促進部門の計4部門から構成する。

最先端分析技術および機器開発を進めることで、他国をリードした研究開発とものづくりを支援できる。また、最先端分析機器開発だけではなく、開発される機器とともに全国の大学や企業が持つ大型分析機器の共同利用促進助成制度を作ることにより、地方の大学や中小企業も含めて技術開発を支援できるようにする。さらに、産学での異分野融合による分析技術開発の国際共同開発プログラムも積極的に行うための支援制度を作ることによって、最先端分析機器の世界拠点形成が期待できる。

このセンター構想は、日本分析化学会および日本分析機器工業会は、おおいに賛成であり、両組織の会長も積極的である。また、JST も先端機器開発に積極的であるほか、産総研や理研、物材機構などの参加が期待できるオールジャパン体制の産学共同利用コンピテンスセンターとすることができる。

② 学術的な意義

最先端の分析技術および機器開発を進めることで、他国をリードしたものづくり（アトム・ナノテクノロジー）と先端科学研究開発の支援が産学にわたって幅広くできる点に最大の意義がある。これまで、オールジャパン体制での先端分析機器開発はなかった。センターに設置する次の4つの部門において期待される学術的意義は、以下のようである。

1) 極限計測技術開発：ナノからアトムへの解像度に加え、フェムトリッターからアトリッターへの超微量計測、さらには1分子計測技術開発が期待される。フェムト秒からアト秒にわたる計測など、これまでの技術を全て凌駕する世界最高の計測技術の集大成を作り出し、さらにそれらを使いこなせる分析技術者を育成する。

2) 高度イメージング技術開発：ヒトの生体深部からのリアルタイムイメージングや細胞をより鮮明かつ高精度にクロースアップして3次元イメージングできる技術などを生み出し、様々な新しい治療や iPS などを使った将来の再生医療にも使えるイメージング技術を、分子プローブを含めて異分野融合のオールジャパン体制で作製、実用化を図る。

3) 安全安心分析技術開発：日本ではあまり開発が行われてこなかったホームランドセキュリティやテロなどに対する検出技術、環境現場では PM2.5 や超微小粒子（ナノ粒子）の組成検出技術、土壌汚染、海洋汚染などの広域な検出技術、食の安全を保証するスクリーニング技術や迅速一斉検査技術など、最先端な安全安心技術を集約して開発し、役立てる。

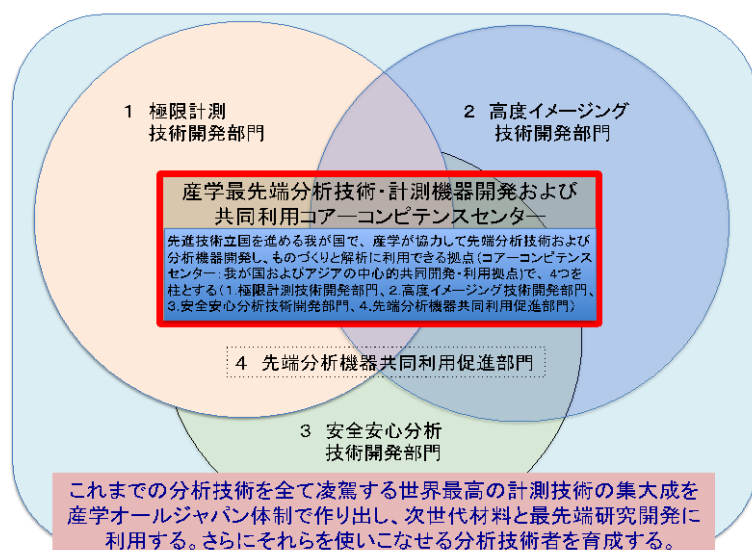
4) 先端分析機器の共同利用と促進：開発される最先端分析機器および全国の大学や企業が持つ大型分析装置の共同利用の促進と、利用助成金制度を作ることにより、地方の大学や中小企業も含めて、安価に最先端の技術を利用でき、海外も含めて、幅広く産学の研究や製品開発を支援できるようにする。また、分析技術教育支援も行い、人材育成にも力を入れる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

これまで一部の大学や国の研究機関において、分析機器を集めた分析センターなどの施設はあるものの、規模が限られており、分析計測ツールとして十分な研究開発の支援が行われるかは、産学ともに所属機関の分析センターの規模と予算に依存しているのが現状である。

一方、ここ二十年ほど、科学技術振興機構が中心となり、先端分析機器開発事業が行われてきた。しかしながら、機器開発はプロトタイプで終わることが多く、利用や応用に向けての体制が十分ではない。さらに、開発機器を集約したり、共同利用できる施設は無い。

欧州においても、EU のファンドでの数カ国での協力研究体制はあるものの、バーチャル的に作られたコンピテンスセンターがほとんどで、世界で切望されている極限計測やバイオ技術、国の重要な課題である安全安心、高度イメージング技術、極限計測などを含めても集約的な施設が、これまでに欧州や米国などでも無いのが現状である。従って、ここに提案するセンターが実現できれば、日本国内だけではなく、世界中から科学者や研究者が集まり、ニーズの高い分析技術と最先端分析機器の研



究開発進められ、それらが有効利用される。

④ 所要経費

・初年度 建屋建設：150 億円（大型分析機器納入およびクリーンルーム設置、50 億円を含む）

[200～300 平米開発室：8 室、200 人規模、100 人規模のセミナールーム：各 1 室、100 平米事務室：2 室、30 人規模のディスカッションルーム：5 室]

・2 年度以降 10 年度まで、4 部門（1）極限計測技術開発部門、2）高度イメージング技術開発部門、3）安全安心分析技術開発部門、4）分析機器共同利用促進部門で各 20 億円、計 80 億円（研究開発事業経費、事務経費を含む）

[事業内容は以下の年次計画の項を参照]

⑤ 年次計画

本提案のセンターの実行スキームとしては、オールジャパン体制で先端分析機器開発を進められる建屋、および分析機器開発センターの事業事務体制の構築を初年度に行い、次年度から具体的な分析機器開発と利用に入る。また、国内の大学および企業の持つ機器利用のネットワークは設立当初から集約して組織化できるような体制をあらかじめ企画して初年度からスタートする。

センターには、約 200～300 平米を基準とした部屋を 8 室、さらに、200 人規模、100 人規模のセミナールームをそれぞれ 1 つずつ、さらに事務室 2 つおよび 30 人規模のディスカッションルームを 5 室設けることとし、初年度は建物の建設と分析機器の設置にあてる。

2 年度目は、4 つの部門、すなわち、極限計測開発、イメージング技術開発、安全安心技術開発、先端分析機器利用促進に関する事業を、公募を含めて研究開発グループと支援体制を作り上げ、スタートさせる。

3 年度目以降はこの 4 つの体制を研究開発ならびに開発機器を含めた全国産学の大規模分析利用促進に関する公募および利用助成制度のスタートを行い、地方の大学、中小企業、大企業、大学、国研を問わず、日本が先端技術立国としての独創的なものづくりと最先端科学研究が進むよう、このセンターをうまく利用する仕組みと、それに必要な最先端分析技術、分析機器の開発を進める。

4 年度以降は国際的な協力関係を充実させ、このセンターに各国からの技術者や開発した機器などを利用するために訪れる人々を短期・長期に受け入れられる組織や助成制度を官民（産学官）で作る。

開発内容や利用制度は、産学が一体となった事業評価・促進委員会を設けて 3 年毎に見直しをし、活発な研究開発、人材育成、分析技術教育、国際共同利用などが効率よく進むように、制度および事務体制、研究開発体制を見直しながらか進めていく。

⑥ 主な実施機関と実行組織

日本分析化学会および日本分析機器工業会、さらには産総研（産業技術総合研究所）、科学技術振興機構などが共同で、研究開発と利用組織体（産学最先端分析技術・計測機器共同利用協議会）を作り、3 年を任期とする組織運営のもと、3 つの柱の研究技術開発と高度分析機器の利用促進に対する企画と運営を行う。

産学最先端分析技術・計測機器共同利用協議会は、企画、運営、公募、利用状況は全てインターネット上に公表し、開かれた共同利用と効率的な運営を行う。同時に、先端分析機器利用についての予約などもネット（Web）上で行えるようにする。また、利用の成果もネット（Web）上に公表する。

⑦ 社会的価値

先端技術立国を支えるために分析技術が重要であることは、これまでに国民の理解が得られている。さらには震災や原発などの問題で、放射線計測の必要性も分析の担うところであり、PM2.5 などの大気や水質環境や食の計測に関しても、分析技術の発展は、我々に安全安心をもたらす様々な技術を提供してきている。こうしたことを日本は世界に先導して行わなければならない。その基盤を作ろうという提案である。

利用価値の高い分析技術はまた、世界的に広がる力があり、これまでにさまざまなノーベル賞を受賞してきた。生まれてくる先端分析機器はまた、産業的な価値も高い。特にバイオ系の分析機器が弱いとされる日本の分析機器の技術向上、さらには世界のスタンダードになる分析技術などの課題に、本提案のセンターが担う役割は大きい。

⑧ 本計画に関する連絡先

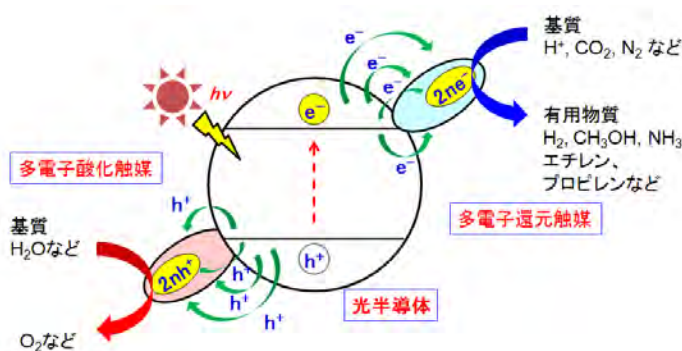
鈴木 孝治（慶應義塾大学・理工学部） suzuki@aplc.keio.ac.jp

物質循環と共役したエネルギー変換による再生可能社会の構築

① 計画の概要

地球環境は基本的には植物、藻類等による光合成と好気性生物による酸素呼吸（酸素還元）で保たれている。前者は太陽光エネルギーを用いて水を酸化して二酸化炭素還元に必要な還元力を獲得し、水と二酸化炭素から炭水化物を生成する化学エネルギー蓄積反応である。後者は酸素還元に必要な電子を炭水化物の酸化的分解で獲得する化学エネルギー放出反応である。一方、再生過程がなく資源の大量使用で発展してきた工業社会は必然的に資源・エネルギーの枯渇と環境破壊を引き起こしている。人類がこれらの難題を克服して、真の意味での持続性社会を目指すには自然界同様に“物質循環と共役したエネルギー変換”を目指した反応系の構築が必要不可欠である。

化学結合生成・開裂を伴う分子変換反応では分子間で偶数個の電子の授受が必要である。一方、電子移動は1電子過程であり、分子間電子移動は必然的に不安定ラジカル種を生成し、たびたび副反応を引き起こす。光励起状態からの基質への1電子移動による不安定中間体生成が光励起活性種による選択的物質変換の最大の障害となっている。この難問の解決には分子性の光増感剤を用いるよりは、複数の電子が関与している光半導体の伝導体から分子変換を司る反応中心、および反応中心から荷電子帯への連続的かつ急速な電子移動が可能な反応場の設計が必要である。光半導体上の伝導体と荷電子帯に分子変換に相応しい酸化還元電位を有する分子触媒を固定することで、反応基質への連続的かつ急速な電子移動を可能にし、不安定中間種を経由する二酸化炭素、窒素の多電子還元反応、ならびに有機化合物の多電子酸化における不安定中間体による副反応を抑制することが期待される。そのような反応系の構築は、自然界同様に無機物と有機物の間の物質循環と共役した化学エネルギー変換への道を開き「資源・エネルギー・環境」保全に新たな解決を見いだすことが期待できる。



② 学術的な意義

化学は多種多様な物質を合成し社会に供給することで、その発展に多大な貢献を行ってきた。一方、再生過程がなく天然資源の大量使用による物質合成の規模の拡大・膨張は明らかに資源・エネルギー・環境問題の一因となっている。したがって、これからの化学は持続性社会の構築を目指して、再生可能エネルギーを用いて水、二酸化炭素、窒素、酸素分子等の無機小分子を有用（有機）物質に変換する反応系の開発が喫緊の課題となっている。光エネルギーから電気エネルギーへの変換は半導体あるいは分子性光増感剤への照射で生み出される電荷分離状態の自由電子を外回路に引き出すことで可能であり、すでに実用化に至っている。光エネルギーから化学エネルギーへの変換反応は本多・藤嶋等（1967年）が発見した半導体への照射による水の分解反応が最初の研究例であり、その後も我が国は水の光分解反応では世界の指導的立場を保持しているが、熱力学的に不利な物質変換を行うために反応の活性化エネルギーを低減化を目指した反応場を有する光半導体の実現されていないのが実情である。その結果、光エネルギーから化学エネルギーへの変換反応は単純な水の分解に限定されており光エネルギー変換効率は1%以下にとどまっている。分子性触媒では個々の反応に合わせて分子の設計を行うことが可能であるが、光励起種から分子性触媒への不連続的1電子移動では多電子の酸化還元が必要な無機小分子の資源化には明らかに不十分である。以上のことから、光半導体表面上で形成される還元サイトと酸化サイトに多電子還元および多電子酸化の機能を有する分子触媒、酵素等を固定することで光エネルギーから化学エネルギーへの変換効率は飛躍的に向上することが期待できる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

我が国でもヨーロッパ諸国同様に、エネルギー自給率の向上、地球温暖化対策、産業の育成を目指して、平成24年7月から自然エネルギー等の再生可能エネルギーの固定価格買取制度が開始されており、自然エネルギーから電気エネルギーへの物理的変換はすでに実用レベルに到達している。一昨年の福島原子力発電所の災害に加えて、シェールガスおよびシェールオイルの採掘法の開発により石油価格の下落は火力発電所の化石燃料の使用の増大を招き、大気中の二酸化炭素濃度の上昇をさらに加速することが危惧されている。したがって、光エネルギーを駆動力として、未開発資源としての無機小分子の資源化を目指した無機・有機化合物間の物質循環に共役した化学エネルギー変換反応系の構築こそ循環型社会の建設に向けて、我が国が世界に先駆けて取り組むべきである。

④ 所要経費

総計100億（10年） 設備費 40億 運営費 10年 x 6億 = 60億

光半導体による水の分解反応でのエネルギー効率の低さは、自由電子とホールとの再結合と酸化サイトと還元サイトの位置的

な曖昧さによる水の光分解の逆反応による水の生成があげられる。したがって、光エネルギーから化学エネルギーへの高効率変換を実現するには分子性触媒の機能改善にとどまらず、光半導体の価電子帯と伝導体を特定箇所に固定するための構造制御が必要不可欠である。10年の研究期間で光半導体と分子触媒との融合反応場の設計指針を実験的および理論的に導きだす。最初の5年をかけて電子線・X線・紫外、可視、赤外光を利用する最先端の物理化学的測定装置を設置する。

研究グループとしては、

新規半導体の合成（2グループ）、光半導体の物性研究（1グループ）、多電子酸化反応の分子触媒開発（1グループ）、多電子還元反応の分子触媒開発（1グループ）、光電子移動反応（1グループ）、物性物理理論（2グループ）

⑤ 年次計画

26年度?30年度

各種先端装置の設置

26年度～28年度

- 1) 800nm までの光領域で移動する光半導体の作成、
- 2) 半導体の価電子帯と伝導体の検出法の確立
- 3) 分子触媒による水の酸化触媒開発と半導体表面への固定
- 4) 分子触媒による二酸化炭素の6電子還元反応

27年度～29年度

- 1) 光半導体上の酸化反応と還元反応の分離方法の確立（酸化サイトからの酸素発生に妨害されない還元サイトでの反応系の確立）
- 2) ユビキチン元素を用いる無機化合物の多電子還元触媒の開発
- 3) 貴金属を使用しない水素・酸素、アルコール・酸素燃料電池

⑥ 主な実施機関と実行組織

京都大学・物質・細胞統合システム拠点・大学院理学研究科

京都大学大学院工学研究科

北海道大学理学院

東京大学大学院理学研究科

東京工業大学大学院理学研究科

分子科学研究所

名古屋大学大学院理学研究科

大阪大学大学院工学研究科

九州大学大学院理学研究科

東京理科大学

⑦ 社会的価値

再生過程がなく、天然資源の消費のみで成立している現在社会を脱却して、再生可能な社会の建設には太陽光エネルギーが必要不可欠である。太陽光発電では電力の大規模貯蔵と（海洋を超えての）長距離輸送が困難であることから、光エネルギーは化学エネルギーとして固定・貯蔵・輸送することが望まれる。複数の電子とホールが関与する光半導体の電荷分離状態を駆動力として、2電子還元剤・酸化剤を開発することで熱力学的に不利な物質変換反応が可能となり、光エネルギーの化学的固定が実現する。また、有機物の持つ化学エネルギーを電気エネルギーに変換するための多電子酸化触媒を開発することで、自然界と同様に“物質循環と共役したエネルギー変換反応”に基づく持続性社会が具体化する。

⑧ 本計画に関する連絡先

田中 晃二（京都大学物質・細胞統合システム拠点） koji.tanaka@icems.kyoto-u.ac.jp

革新的光機能性材料開拓への無機-有機-生物機能の統合研究

① 計画の概要

本計画では、次世代の持続可能な文明のための鍵を“光”と“元素”の高度活用と考え、そのために必須となる化学および関連分野の統合研究を推進する。有機EL、太陽電池、光磁気メモリーなどの材料に期待される複合系光機能性物質は、近年急速に発展してきている。一方で、光合成系や蛍光タンパク質などの生物が巧みに構築してきた光機能の解明も目覚ましいものがある。それぞれの分野で我が国から世界をリードする優れた研究者を輩出していることは大きなメリットであり、一層の重点的研究推進は我が国の優位性を保つためにも重要である。本計画では“光機能”の観点から、これらの各研究分野での成果を有効に活用した新たな統合研究の高みを目指すことが目的である。今や、無機物、有機物、天然物といった区別を取り払ってすべての物質を性質や機能を原子・分子および超分子集合体として統合的に理解し、新たな高機能物質を構築していく段階にある。このために、光機能化学に関わる物質・材料の開発、探索を推進している先端研究者および研究拠点を結び付ける全国ネットワークの形成を推進する。特に、無機、有機、生物化学といった従来の学術分野における伝統的体系の枠を取り払い、光機能の統合的視点に立脚した風通しのよい連合組織体の構築を目指す。物質研究の集約ポイントとして無機-有機複合分野が中心的役割を担いながら、光機能の分野融合研究を推進する。研究の効果的な推進のために基幹研究機構を設置し、全国の関連研究者の連携、調整を行うとともに、産学連携の拠点とする。具体的には以下の3項目を主計画として推進する。

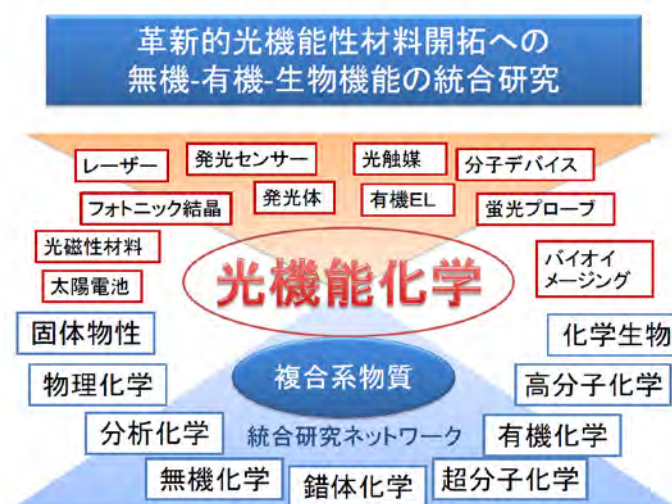
- 1) 研究ネットワーク形成と異分野共同研究の推進
- 2) 光機能をキーワードとして幅広い分野に精通する若手研究者の育成
- 2) 光機能の統合研究による共通概念や研究成果のデータベース化と情報発信

② 学術的な意義

光科学は21世紀人類社会を支える重要産業の基盤科学技術であることは自明であり、我が国がさらにこの分野で世界的な先導的地位を確保し続けるためには基礎学術分野からの共通理解と連帯意識の形成が必要である。前述のとおり、有機EL、太陽電池、光磁気メモリーなどの材料に期待される複合系光機能性物質は、近年急速に発展してきている。一方で、光合成系や蛍光タンパク質などの生物が巧みに構築してきた光機能の解明も大きく進展している。このような個々の研究の機能に注目すると、原子、分子、原子集合体、超分子等が織りなす化学反応であり、それを制御するための構造や電子状態の共通項や機能要素の抽出が期待できる。従って、個々に行われている卓越した研究成果をより広い視野で見つめることは知の財産の有効利用につながり、新たな統合的な学術創成のもととなりうる。それに基づく各分野でのブレークスルーや応用展開促進も期待できる。例えば、天然の光合成系 (PSII) 酸素発生中心のマンガン酸化物クラスターと酸化物半導体光触媒を共に無機-有機複合物質の観点から統一的に原子・ナノレベルでの精密な探究を行い、メゾスコピックレベルでの構造解明と合わせて、機能モデルとしての無機-有機複合系超分子構造体の創出へと昇華させる。この目的のためには、これまでの元素の固定概念にとらわれず、しかし、原子・ナノ・メゾレベルでの確固とした学理に立脚した元素のミキシングによる物質設計が重要である。これは、いわゆる無機固体化学、光化学、分子科学、超分子化学、構造化学、化学生物学等の多点融合研究とも位置付けられる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

近年、大学の附置研究所や共同利用研究機関において連携やネットワーク形成が推進されている。また、海外研究機関との連携も積極的に奨励されている。当該計画は、このような大きな組織体の緩やかな連携とは異なる位置付けにある。すなわち、本計画では“光機能”という一つの明確なテーマに基づいて学問分野を統合し創出するためのネットワークづくりを目指し、各分野の先端研究者がそろう研究組織の連携をねらうものである。有機EL、太陽電池、人工光合成、蛍光タンパク質、バイオイメージング等それぞれに突出した拠点やプロジェクト研究が国内外で推進されてきた。これを物質、材料の観点から統合的に研究しようというのが当該計画の要点である。広い視野での光科学研究の重要性は論を待たず、例えば東京大学では、博士課程教育リーディングプログラム「フォトンサイエンス・リーディング大学院」として人材育成が進行中である。これまで異分野間の連携や共同研究は、基本的に専門分野の研究者集団である学会や研究プロジェクト等を通じた個人研究者間での活動に依存してきたが、当該計画の推進により格段に異分野交流がすすみ、研究の革新と分野の創成が期待される。



④ 所要経費

総計 100億円

＊初期設備整備費：20億円

1. 取りまとめ機関の設備拡充・整備 5億円
(北海道大学元素戦略教育研究センターを予定)
2. 連携研究機関(15機関)の設備拡充・整備
(含大型機器類設備) 15億円

＊運営費：8億円／年 ×10年 = 総計80億円

1. 人件費(博士研究員、研究支援員) 3億円／年
2. 運営費
(会議、シンポジウム開催費、調査研究旅費、
消耗品費(実験器具、試薬等) 5億円／年

⑤ 年次計画

計画期間：平成26～35年度(10年間)

(5年で中間評価を行い、方向性の見直し、テーマの絞り込み等を行う)

1年目：初期設備投資として、下記実施機関における設備充実と整備を行う。各分野の研究課題提示とこれに基づく共同研究テーマ設定の為に研究会議を開催する。初期データベース作成。人材育成の観点から大学院生の研究参画を推進するとともに、若手研究者の国際公募を行い広く人材を募集する。

2年目～4年目：共同研究課題設定と研究の開始、推進。定期的な研究会、国際会議等の開催、実施機関間での人的交流の促進をはかる。特に若手研究者及び大学院生の異分野交換プログラムを実施する。

5年目：中間評価を行い、方向性の見直し、学術的および実用化の2つの観点からそれぞれテーマの絞り込み等を行う。見直しに伴う人材、設備等の補強を行う。

6年目～9年目：共同研究の展開促進。定期的な研究会、国際会議等の開催、実施機関間での人的交流の促進は引き続き行う。

10年目：統合研究の成果のまとめと評価を行う。

⑥ 主な実施機関と実行組織

北海道大学(大学院理学研究院元素戦略教育研究センター、工学研究院フロンティア化学教育研究センター、地球環境科学研究科、創成研究機構)

京都大学(物質・細胞統合システム拠点(iCeMS)、大学院理学研究科)

東京大学(大学院理学系研究科、生産技術研究所、大学院工学系研究科、大学院医学系研究科)

名古屋大学(大学院理学研究科)

大阪大学(大学院工学研究科)

九州大学(最先端有機光エレクトロニクス研究センター、大学院理学研究院)

東京工業大学(大学院理工学研究科)

大阪市立大学(複合先端研究機構[OCARINA]人工光合成研究センター)

分子科学研究所

富山大学大学院理工学研究科

群馬大学大学院工学研究科

その他大学等の教育研究機関における優れた光機能関連研究者を公募で結集し、オールジャパン体制の研究ネットワーク形成を行う。

⑦ 社会的価値

21世紀の人類社会は光科学技術なくしては成り立たないことは自明である。再生可能エネルギー利用としての太陽光発電、LEDなどの発光体を基盤とするディスプレイや照明技術、医療応用としての蛍光プローブやセンサー、光情報分野を支えるフォトンクス技術など、光技術は、国内産業としてもすでに主要な地位(2011年国内生産額：8兆4千億円[光産業技術振興協会による])にあり、これをさらに高効率化、発展させていくことは我が国の将来を見据えたうえで非常に重要であると言える。そのための基盤研究として、材料探索・開発は重要であり、従来の分野を超えた統合研究はイノベーションの芽を発現させるために欠かせない取り組みである。

⑧ 本計画に関する連絡先

加藤 昌子(北海道大学大学院理学研究院) mkato@sci.hokudai.ac.jp

智の結集により持続成長可能な社会実現を目指すハイブリッド新材料の創出

① 計画の概要

有機ポリマーと無機材料を分子レベルで融合させた物質を有機―無機ハイブリッドと呼び、プラスチックの機能性や軽量性、成型性とガラスの耐久性や機械的特性など、各々の成分の長所を併せ持った材料を得ることができる。本研究計画では、高分子科学をはじめ、有機や無機材料化学の基礎から応用を体系的に研究し、材料開発の限界線となっているトレードオフの高レベルでの両立、さらには限界値を迎えた材料開発にブレイクスルーをもたらす先端的新材料を有機―無機ハイブリッドを基盤として次々と開発することにより、持続成長可能な社会の実現と日本のグローバルリーダーシップ獲得に大きく貢献することを目指す。

地球社会において最も緊急で重要となってきた環境、資源、エネルギー、健康・医療などの分野のいずれにおいても、先端機能を有する高分子材料が課題解決とイノベーションの先導を果たすことは明らかである。このような先端材料の世界では、基礎と応用の分野融合が加速しており、大学・研究機関・企業の壁を越えたオープン・イノベーションを如何に効率良く推進して行くかが重要である。特に、平成23年の東日本大震災以来、エネルギー・環境問題の解決は本邦にとって喫緊の課題であり、資源的制約の解消や高効率エネルギー変換の実現のために、新材料開発のニーズが高まっている。そのような状況で、低環境負荷で多様な機能発現が可能な有機―無機ハイブリッドはニーズを満たす材料を生み出す基盤物質として有望であるといえる。我が国の社会的要請に応えるべく、材料開発のための全国規模での研究ネットワークの構築が重要である。

以上の背景から、国の施策に基づき、持続成長可能な社会を実現する新規ハイブリッド材料開発の国際競争力強化に寄与するため、本計画を提案する。これにより、新しい高機能性ハイブリッド材料の開発技術が、我が国において確立されるものと期待できる。

② 学術的な意義

一般に有機材料と無機材料は、その特徴の多くがトレードオフの関係にある。有機高分子は無機材料と比べて機械特性や熱安定性に劣り、逆に無機材料は加工性、分子設計性が悪い。これらの問題点を克服する技術として、複合材料よりも小さな領域で有機高分子と無機成分を融合させた“有機―無機ハイブリッド”が創出された。有機高分子と無機材料は本来混ざり合わないものであり、それをハイブリッド化するためには、それぞれの材料間の相互作用の精密な設計と構造制御、分子レベル、原子レベルでの界面制御や、配列制御といったナノテクノロジー技術について研究が進められてきた。その結果、有機高分子の機能はそのまま耐熱性、耐油性、または難燃性に優れるものが合成され、様々な分野で利用されている。無機材料に関しては、最近の微細構造解析技術の発展にともなって、低次元ナノ構造を有するシリカ材料やナノ粒子の適用に注目が集まり、従来の無機材料では考えられない特性がハイブリッド材料から得られつつある。しかし、分子・ナノ構造の設計自由度や機能安定性など、有機高分子と無機材料のトレードオフとなる各々の優れた性能や機能を同時に高度なレベルで両立する材料創製は未だ困難である。また、ハイブリッド材料の光学、電子、磁性材料への応用は開明期であり、物性と構造の相関などの基礎研究についても進展の余地が多分にある。さらに、薬学医学のバイオテクノロジーへの展開については、元々の素材が人工物であり、毒性や生体適合性の観点から、既存の材料に対して有機―無機ハイブリッド材料の優位性が示される例は少ないのが現状である。すなわち、 $1+1=2$ というような材料を実現する方法論や技術はある程度の進展が見られているが、 $1+1$ を10にも100にもするような成果を出すには有機―無機ハイブリッドの研究における土台から応用までより一層の加速が必要である。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

有機と無機成分を単純に組み合わせることにより、それぞれの特徴を相補的に機能させて新しい材料開発につなげていく有機―無機ハイブリッドの研究は、1990年以前から現在も世界中で盛んに行われている。一方、元素の特徴をフルに活かした分子設計によって、新機能開発に導くという元素科学の概念が1990年代後半から機能材料化学の研究者の間に浸透してきており、大規模プロジェクトの中にも“元素”というキーワードがよく見られるようになってきた。このような考え方は、有機―無機ハイブリッドの開発にも用いることができ、ケイ素以外の新奇な元素の導入も含めて高分子骨格の電子構造にまで立ち入って制御し、新しい物性・機能につなげることが可能となる。例えば、最近ケイ素以外の無機元素を含む有機―無機ハイブリッドにも関心が高まり、無機元素の特性を最大限に活用した新しい高分子材料の創製が期待される状況にある。しかし、これらの研究も、多様性・高次集積化という観点からは、十分に成熟しているとは言いがたい。当該計画はこのような状況にブレイクスルーをもたらす、高機能材料創出のための新しい概念・技術の展開が十分期待できる。

④ 所要経費

本提案では、有機―無機ハイブリッド研究の裾野となる基礎研究において確固たる基盤を構築し、その上で理論的な分子設



計に基づき有機-無機ハイブリッド材料を開発し、それらの新機能探索を総合的に推進する計画である。有機化学と無機化学を軸にした構成要素となる物質の「合成」、「構造機能解析」、「シミュレーション」、さらには有機-無機ハイブリッド内部で階層構造制御により生み出された「材料特性評価」の各々の部分を密に連携させることが特に重要であると考えられる。このためには、高分子化学をはじめ、有機化学、無機化学、材料科学、理論化学、化学工学、機械工学など、様々な分野の研究者を結集し、効率的に共同研究体制を構築することが不可欠である。従って、多様な研究グループ、特に「智の結集」がキーポイントであり、毎年少なくとも30以上の研究グループが参画することを想定している。また、合成および解析に関連する主要な機器類の導入を重点的に行うことにより、共同利用を効率よく進めることができ、本プロジェクトの進展に大きく貢献するものと期待できる。これらを総合的に考慮し、各年度5億円、8年総額40億円の研究経費を計上する。

⑤ 年次計画

平成26年度は、新しい有機-無機ハイブリッドを創出するために、有機または無機化学を基盤とし、高分子化の実績を有しつつ多彩な材料を創製しようという研究者、機能性部位の高次化を積極的に進めつつ有機と無機成分をうまく結合して高分子作製を行っている研究者、有機-無機ハイブリッドの特徴を活かした物性評価・機能開拓を推進する研究者、等を結集して、本計画の課題を抽出する。今後の研究推進のために、新しい有機-無機ハイブリッド創出のモデルケースとなるべき例を提示することで、各研究グループ間の共同研究を強力に推進するための体制を確立する。いわゆる当該研究計画の試走期間とする。

平成27-28年度は、高分子化学または無機材料化学を基盤とはするが、これまでの既成の概念にとらわれない新しい有機-無機ハイブリッドの創出を推進するように心がける。そのためには、研究計画の範疇を超えた野心的研究提案を積極的に受け入れ、異分野研究者間での議論や共同研究を推進することにより、真に新しい材料の創出を目指す。いわゆるブレイクスルー期間とする。

さらに平成29-31年度は、各研究者の進捗状況を鑑み、適切なマネジメントによって有機-無機ハイブリッドに関して物性・機能または応用展開の実績を有する研究者もグループに積極的に受け入れ、密接な連携が可能な研究体制を構築する。いわゆる進展期間とする。

平成32-33年度は、それまでに得られた新しい材料の電子特性、光学特性、各種環境特性等を評価し、その成果を産業界に提供する。さらに、国外に対しても広く本計画の成果を発信するとともに、実際に得られたハイブリッド材料の基礎物性・材料特性を系統的に解析する。これらによって、真の実用化に向けた革新的機能を発現する材料の創出を目指す。いわゆる総括期間であると同時に、未来に向けて持続成長可能な社会が実現するように成果をまとめる。

⑥ 主な実施機関と実行組織

公益社団法人高分子学会を中心に日本化学会、日本セラミックス協会、日本材料学会、応用物理学会、有機合成化学協会、日本繊維学会、日本ゴム協会、日本接着学会等の化学及び材料関連の学協会の連携により本プロジェクトを推進する。そのために、高分子学会内に本プロジェクトを担当する委員会を新たに設置し、学会の理事会や研究推進委員会、事務局と密接に連絡を取り合いながら、効率のよい運営を行う。各研究者グループの活動をサポートするために、高分子学会の各支部を積極的に活用し、共同研究等を効率的に進める

実際の実行組織は、京都大学にその研究拠点をおき、大阪大学、東京大学、東京工業大学、名古屋大学、東北大学、九州大学、北海道大学を主要組織（幹事大学）とし、さらに全国の各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の体制を組織する。そのためにも高分子学会が積極的に支援を行う。さらに公的研究機関や各企業からも積極的な参加を要請し、産官学共同の研究体制を確立する。

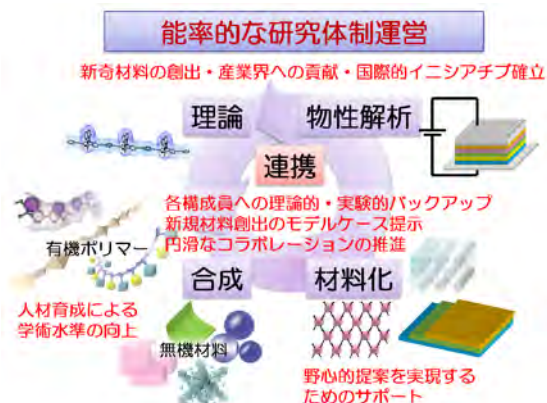
研究者グループは、新しい有機-無機ハイブリッドを創出するという本研究計画の趣旨に賛同する研究者を全国で30名規模になるように構成し、その目的達成のために推進する組織とする。結果として、未来につながる持続成長可能な社会の実現を目指すような、新しい有機-無機ハイブリッド材料を幾つも創出する。

⑦ 社会的価値

有機-無機ハイブリッドは、有機材料、無機材料、それぞれの単独では示すことのできない新たな特性が得られると期待され、大学はもちろん各企業において研究が盛んに行われている。ただし、現在の開発研究状況を見ると、明確な方法論を確立するだけの基盤研究が未だ充分でなく、絨毯爆撃的な試行錯誤を繰り返さざるを得ないのが現状である。そのため、研究を進めるリスクは極めて大きく、せっかくの開発研究の結果が将来の材料開発につながっていない、と言わざるを得ない。このような現状を鑑みると、材料設計における理論的な機能予測と物質合成法の多様性の確保、機能発現と解析までの基礎研究のより一層の充実が必須であり、特に分子レベル、ナノレベルで組織化、複合化された高分子を基盤とした新しいハイブリッド材料の開発技術の確立が求められている。これらの知見は、電子材料や光学材料への利用、特に情報家電や自動車産業等の高度な要求を満たす透明導電膜、パワーデバイス、燃料電池、および高度情報通信に不可欠な光学材料、太陽電池等の分野での応用が期待され、当該分野での知的財産権確保を含む我が国の国際競争力強化に大きく貢献することが期待できる。

⑧ 本計画に関する連絡先

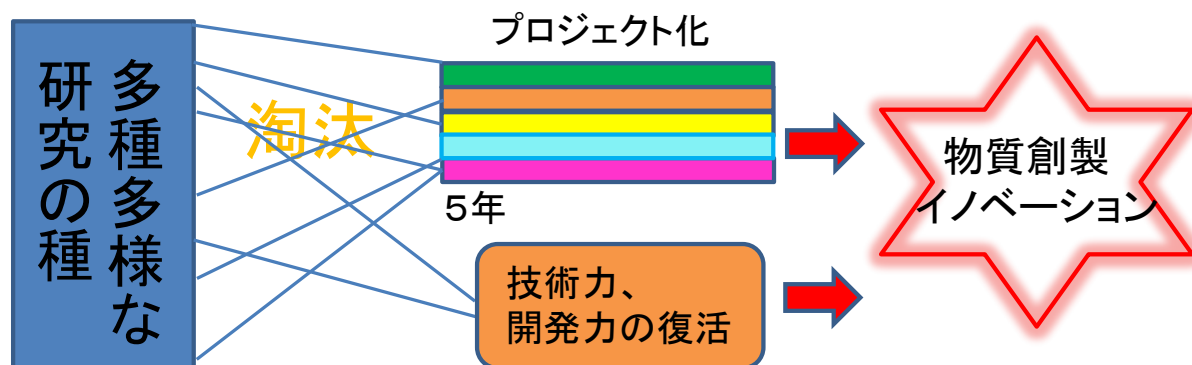
中條 善樹（京都大学大学院工学研究科） chujo@chujo.synchem.kyoto-u.ac.jp



物質創製イノベーション

① 計画の概要

21 世紀、科学技術においてわが国が世界を先導するには、その最も基礎を支える材料や医薬品などの機能性分子を効率よく創製してゆくことが必須である。どんな科学技術もそれを支える材料なしには成立しないからである。すなわち、物質創製こそがわが国の科学技術の根幹をなすと言って過言ではない。物質創製のための方法論、分子（材料）設計技術は、我々を取り巻く環境、エネルギー、資源の変化に応じて、絶えず革新を続けることが求められている。特に有機化学が近年、無機化学、高分子化学、材料科学、生物科学との関連を深めている事実を鑑みると、物質創製の中核として期待される役割は極めて大きい。この研究計画ではわが国の物質創製に関わる研究者を結集し、この分野における世界的先導的地位を確固たるものにするを目指す。合成化学は年間数百万円の研究費でも新しい研究を始められる分野であり、2012 年度ノーベル生理学・医学賞を受賞した山中伸弥教授も述べているように研究の新しい芽はどこから現れるかわからず、多くの種の中から生まれうるものである。本研究計画においては前半の5年間は広く新しい研究の種を育てることを目的とし、研究室単位で年間数百万円の研究プロジェクト 500 件程度の募集を行う。1 年ごとの研究報告を課して成果の期待できないプロジェクトは適宜中止とし、追加の研究募集も若干行いながら、多くの種を育てる作業を行っていく。6 年目以降は芽の出た研究をさらに強力に進めるため、複数の研究を統合してプロジェクト化し、各プロジェクトに対しては新たな研究者の募集も行い研究の推進をバックアップしていく。研究費としての配分は主に消耗品購入のためとし、特例を除いて大型の機器類の購入は支援しない。物質創製に関わる研究者全体の底上げにより、新しい方法論の開発を行い、さらに層の厚い技術力、開発力の復活を図る。



② 学術的な意義

資源を持たない我が国が科学技術において世界を先導するには、物質創製の高い技術力の維持が不可欠である。最近、我々を取り巻く自然環境、エネルギー、資源をめぐる諸問題は大きく変貌しており、物質創製のための方法論や分子（材料）設計技術にも大きな革新が求められている。一方、最近の我が国の化学分野の研究論文数の推移は、インパクトファクターの高い論文数は横ばいから若干増加している状況だが、それに次ぐレベルの論文数は大幅に減少している。これは研究費の集中により旧帝大系の研究拠点校に多くの研究費が配分され、一般の大学の研究環境の悪化や、研究者の「あきらめ」が起こっているためと考えられる。これまで化学、特に物質創製に関する化学分野は我が国が世界を先導する立場を保ってきた。これは大学学部制度の中で、理学部、工学部、薬学部、農学部、医学部など、それぞれにおいて独自で、かつ特色のある物質創製を目指す研究が広く行われてきたからである。現在も各学部が多様な価値観を持ち、それぞれ独自の研究を行っている点は我が国の強みとなっているが、中堅以下の大学での研究の空洞化は顕著である。我が国の科学技術レベルを世界のトップクラスに保つためには、中堅大学の研究の底上げが急務である。これは大学の研究に限ったことではなく、将来企業を支える学生の教育という意味でも極めて重要である。研究概要でも述べたように、新しい研究の芽はどこで出るかわからない。現在流行の研究にばかり研究費を集中したのでは破たんの危険性がある。本研究計画では多くの研究の種を育て、その中から次世代物質創製の技術革新を目指すだけでなく、中堅クラスの研究者へも研究のチャンスを与え、活力ある技術立国日本を目指すことを目標と

する。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

現在、平成 22 年度—27 年度 文部科学省 特別経費 「統合物質創製化学推進事業」が実施中である。研究拠点として北海道大学、名古屋大学、京都大学、九州大学が参画している。また、筑波大学戦略イニシアティブ 機能性物質創製研究拠点 のプロジェクトも実施されている。このように、物質創製技術の革新は喫緊の極めて重要な研究課題であり、主要大学におけるプロジェクトとして既に小規模ながら実施されている。本研究計画では広く全国の大学において多様で個性的な多くの研究の種を育て、その中から芽吹いた研究の芽を大きな大木へと育て、次世代物質創製の技術革新へと繋げていくことを第一目標とする。前述の先行プロジェクトに比べ本研究計画では多様性の点において格段の違いがある。さらに、現在研究のアクティビティが低下してきている中堅クラスの研究者へも研究のチャンスを広げることにより物質創製に関わる研究者全体の底上げを行うことができる。研究者全体の底上げがあって初めて、活力ある技術立国日本の国際競争力を保つことができると信じる。

④ 所要経費

2014 年から 10 年間、毎年 10 億円、計 100 億円。

2014 年度から 2018 年度は 400—500 件程度の物質創製研究の募集を行い、研究費の助成を行う。この研究費は研究設備の購入のためにあるものではなく、備品類の購入は最小にとどめ、消耗品を中心とした研究費の申請とする。2015 年度からは研究成果報告会も行っていくため、その経費も必要である。

2019 年度から 2023 年度までは「芽の出た」研究を統合して 5 件程度に研究プロジェクトを絞り、プロジェクトごとに新たな研究者の募集も行なって研究を強力に推進していく。研究費はこの場合も消耗品を中心としたものとすべきである。研究成果報告会や異分野交流の場を開催するため、その費用も必要となる。

2024 年 最終成果報告会を公開で開催する。産業界からの参加を働きかけ、産官学連携のシンポジウムとすることが望ましい。その費用が必要である。

⑤ 年次計画

2014 年度—2018 年度：広く新しい研究の種を育てることを目的とし、研究室単位で年間数百万円の研究プロジェクト 500 件程度の募集を行う。1 年ごとの研究報告を課して成果の期待できないプロジェクトは適宜中止とし、追加の研究募集も若干行いながら、多くの種を育てる作業を行っていく。

2019 年度—2013 年度：芽の出た研究をさらに強力に進めるため、複数の研究を統合してプロジェクト化し、各プロジェクト（5 件程度）に対しては新たな研究者の募集も行い研究の推進をバックアップしていく。研究費としての配分は主に消耗品購入のためとし、特例を除いて大型の機器類の購入は支援しない。さらに、異分野交流については積極的に支援していく。物質創製に関わる研究者全体の底上げにより新しい方法論の開発を行い、さらに層の厚い技術力、開発力の復活を図る。

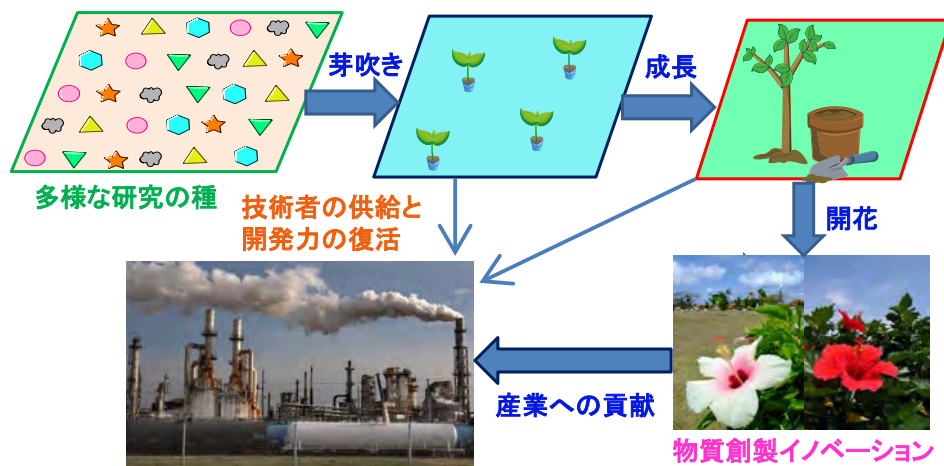
2024 年度：最終成果報告会を公開で開催。産業界からの参加をも働きかけ、産官学連携のシンポジウムとする。

⑥ 主な実施機関と実行組織

本大型研究計画は日本全体の研究力の底上げを図るものであり、全国できるだけ広い地域、多くの大学での実施が望ましい。

⑦ 社会的価値

物質創製のための方法論、分子（材料）設計技術は、経済的・産業的に大きな価値を生み出す。たとえば、日本政府は医療費抑制の観点からジェネリック医薬品のシェアを数量ベースで 30%以上にする目標を掲げているが、その達成にはジェネリック医薬品を格段に効率的に製造できる物質創製技術の革新が必要である。また、近年のバイオディーゼル消費の急激な伸びに伴う余剰グリセリンの有効利用法の開発は産業界の解決すべき深刻な課題のひとつであるが、その解決にもグリセリンから有用物質を創製する物質創製技術の革新が大きな役割を果たすと考えられる。さらに、産業が必要とする希少資源の枯渇や地域的な偏りのために、値段の高騰だけでなく、資源の不足が社会問題となり、さらに政治問題ともなっている状況がある。物質創製技術の革新により、より安価で不偏的に存在する資源を利用する合成技術の開発を行うことができれば、経済的・産業的価値は計り知れない。物質創製技術は環境問題、エネルギー問題、入手可能な資源の変化に応じて、絶えず革新を続けることが求められており、本研究計画はこのような社会的要請に沿ったものである。



⑧ 本計画に関する連絡先

安藤 香織（岐阜大学・工学部応用化学科） ando@gifu-u.ac.jp

自己集合性有機分子の創製

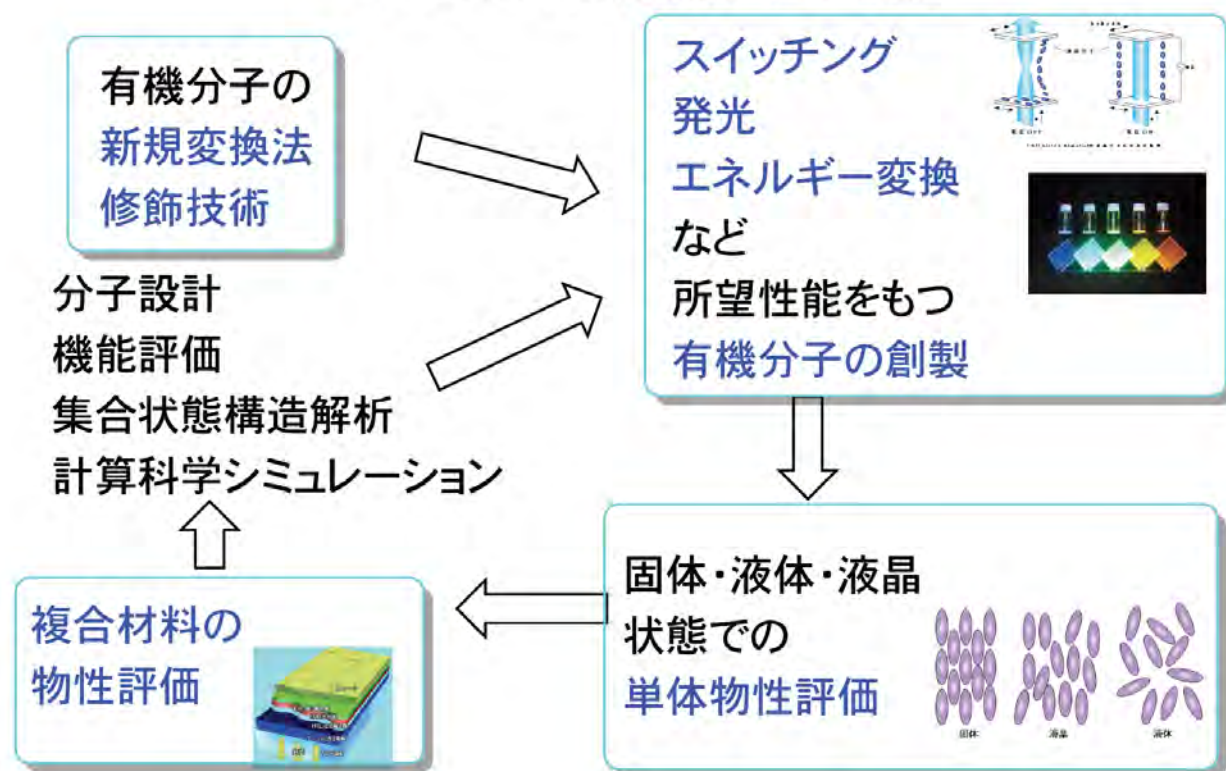
① 計画の概要

有機化学の分野では、分子の骨格をなす炭素原子と水素、窒素、酸素、硫黄、リンなどの原子を結合させる、あるいは炭素骨格間にこれらの原子を挿入する古典的手法の開拓に始まり、20 世紀にはより広範な原子と結合させたり挿入させる手法が開発され、分子創製の可能性が大きくなった。しかしながら、未解決のあるいは高効率化が望まれている反応があり、新手法の開拓が有機分子の創製に不可欠である。

他方、有機分子の機能は、気相・溶液相では単分子で発現するが、液晶相・固相では集合体として発現する。前者の典型的例は香料・医薬であり、後者の典型例はディスプレイ用液晶である。しかし、有機分子を材料として俯瞰すると、集合体として機能発現を目指す研究は、単分子として機能発現を目指す研究に比べて大きく立ち後れている。さらに、分子構造と集合様式の相関、集合様式と機能の相関が明確でなく、未だもって集合体として機能する有機分子の設計は試行錯誤に頼っている。

そこで、これらの問題を解決すべく、1) 分子設計・合成、機能評価、集合状態構造解析、計算科学シミュレーションを駆使して、自動集合性有機分子を創製する。2) 個々の有機分子についての物性検討は、その分子が示す固体状態、液晶状態での物性ばかりでなく、液体状態での物性も対象とする。3) また、その有機分子だけの性質のみならず、他の母体となり得る材料にそれを加えた複合材料の物性も調べる。4) このプロセスを積み重ねて所望性能をもつ有機分子の創製を実現する。所望の性能とは、スイッチング、発光、エネルギー変換等である。5) これらの研究の展開には、有機分子を変換する新規な手法を生み出すとともに、有機分子修飾技術を格段に進歩させる必要がある。6) さらに、これらの研究成果を総合し、自己集合性有機分子の設計指針をシミュレーションによって確立することも、本研究の目的の一つである。

自己集合性有機分子の創製



② 学術的な意義

わが国の液晶化学の基礎研究および応用研究は、過去 20 年間の研究の蓄積によって世界をリードしてきた。わが国から液晶テレビが誕生し、世界中に広まっている所以である。液晶材料はいろいろな有機分子の集合体であって、一部の配向変化が材料全体に及び、これがスイッチング現象をもたらす。構造変化も同様の効果をもたらす。他方最近では、有機発光材料において固体状態でも有効に発光させることができるようになり、また、有機太陽電池も研究が進んでいる。いずれも個々の有機分子が一定の集合体を形成し、その機能がナノレベルの性能を左右する。これからの有機分子を基盤とする材料に求められる性質の発現は、まさに個々の有機分子の構造最適化と集合体形成の最適化を行うことによって達成される。

本研究計画では、分子設計・合成、機能評価、集合状態構造解析、計算科学シミュレーションを縦系とし、目的機能を横系

にしている。このことによって目的機能別の研究が陥りやすい単眼的視野を排除し、有機材料全般を俯瞰することによって、グリーンイノベーションに資する材料化学を確立し、21世紀のわが国の科学技術が世界で先導的役割を果たすことに大きく寄与する。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

当該分野の研究競争は、国内外を問わず極めて激しい。そこで、当該分野の研究を推進している国内の研究者を本研究に結集し、シナジー効果による展開を図る。

新奇な有機分子の合成、合成手法の開発はわが国の得意分野であり、世界をリードしている。これに加えて機能評価、集合状態構造解析、計算科学シミュレーションの4分野の融合により、スイッチング、発光、エネルギー変換等の機能を有する有機材料を創製し、世界に先駆けた液晶材料開発と同等あるいはそれを上回るイノベーションを成し遂げる。

④ 所要経費

2014年度から10年間、毎年10億円、計100億円

縦糸を分子設計・合成、機能評価、集合状態構造解析、計算科学シミュレーションの4研究分野とし、横糸をスイッチング、発光、エネルギー変換、その他の機能の4機能とする。各交点を研究拠点とし、主に人件費（特任教員、ポスドク等）、消耗品費、会議費（研究成果報告会、オープンシンポジウム等）にあて、大型設備については既設のものを極力利用する。

⑤ 年次計画

2014年度—2019年度

4研究分野（分子設計・合成×2、機能評価×1、集合状態構造解析×1、計算科学シミュレーション×1）と4機能（スイッチング×1、発光×1、エネルギー変換×1、その他機能×1）の交点に相当する20拠点を設け、研究を強力に推進する。1拠点当たりの経費として3000-7000万円を考えている。この間、2回/年の頻度で研究成果報告会あるいはオープンシンポジウムを開催する。2019年度半ばに、各研究拠点の中間評価を行う。

2020年度—2023年度

中間評価の結果を受け、研究拠点を約半数に絞り込む。これら重点研究拠点は、これまでの6年間の成果を俯瞰し、重点研究拠点にならなかった拠点での成果を取り込み、共同研究を積極的に推進する。この期間も、2回/年の頻度で研究成果報告会あるいはオープンシンポジウムを開催する。他方、基礎科学研究が材料開発研究に極めて結び付き易いという「化学」の特性を十分に生かし、産学共同研究を積極的に進める。

⑥ 主な実施機関と実行組織

東北大学、東京大学、東京工業大学、中央大学、名古屋大学、京都大学、同志社大学、奈良先端科学技術大学院大学、高知工科大学、九州大学等を研究拠点とする。

わが国の液晶化学の基礎研究および応用研究は、過去20年間の研究蓄積によって世界をリードしてきた。わが国から液晶テレビが誕生し、世界中に広まった。この経験を規範とし、新たな有機材料の創製に向けて、all Japanの体制で本研究計画を遂行する。

⑦ 社会的価値

本研究は次世代エレクトロニクスを支える基盤科学であり、得られる成果の応用によって社会に大変革をもたらす。多くの電子機器及びその周辺機器の軽量化、省エネルギー化、高精細化等が可能になる。また、希少金属の代替えとして、日本経済・産業の安定化に寄与する。

⑧ 本計画に関する連絡先

檜山 爲次郎（中央大学） thiyama@kc.chuo-u.ac.jp

アト秒レーザー科学研究施設

① 計画の概要

【背景と必要性】近年の超短パルスレーザー技術の進歩は目覚ましく、100アト秒を切る時間幅を持つ超短パルスの発生が可能となった。このような非常に短い時間分解能を持つ究極のプロープによって、物質中の電子の動きまで捉えることが可能となりつつあり、化学と生物学、物理学、医学との学際領域の研究分野において、アト秒パルスは将来必須の道具になると考えられる。しかし、現状のアト秒パルスの応用研究は高度に専門化された光源研究者によって行われており、専門外の利用研究者にアト秒光源を広く提供できる施設は存在していない。このような現状を鑑み、本申請ではアト秒レーザー光の共同利用を目的としたアト秒レーザー科学研究施設の設置を提案する。

【施設内容】アト秒レーザー科学研究施設では、高輝度超短パルスレーザーより発生するアト秒レーザービームラインを4本整備する。各ビームラインでは、軟X線領域のアト秒レーザー光と同時に、テラヘルツ光、赤外・近赤外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時間分解分光を可能とする。また、軟X線やレーザープラズマ量子ビームによる顕微鏡やイメージング装置を整備する。さらに、既存の加速器技術とレーザープラズマ加速技術、アト秒レーザー技術を融合して、次世代アト秒光源技術の開発を行う。

【運営組織】本施設は東京大学が運営の中核となり、運営組織として、「施設整備部門」、「利用推進部門」、「解析支援部門」が設置される(図1)。施設整備部門はアト秒光源の整備と次世代光源技術の開発を推進し、利用推進部門は円滑な共同利用制度の策定とともに測定装置の整備を行う。解析支援部門では、大規模計算機施設と協力して実験データ解析の支援を行う。

② 学術的な意義

本計画で展開していくアト秒科学は物質内や界面での電子運動を実時間で観測・制御する研究分野であり、全ての物質変換の根源を解明する学問である。関連する研究分野は、物質・生命科学、電子工学、創薬・医療と多岐に渡り、最先端のアト秒レーザー光源が各先端分野の第一線研究者にいち早く提供されることが望まれている。期待される学術的な意義を以下に挙げる。

【化学反応追跡・制御・イメージング】分子に対するアト秒時間分解計測から分子内の電子波束発展や多電子系における電子間の相互作用のメカニズムが解明される。高度に制御された電子波束によって誘起される化学反応をアト秒時間分解分子イメージング法で実時間追跡することによって、究極の化学反応追跡・制御技術が確立される。

【物質材料開発・超高速エレクトロニクス技術開発】分子性固体における電子雲の非局在化過程や界面における電子移動の初期過程が解明される。これらの時間領域の知見をもとに、有機デバイスや高機能触媒、太陽電池などを開発する際の新たな設計指針が得られる。また、金属ナノ構造体中の協奏的な電子運動によって誘起されるプラズモン増強電場の時間発展が明らかになり、ナノサイズの超高速電子デバイスが実現される。さらに、アト秒精度の光波合成技術を確認することによって、ペタヘルツオーダーの整形電場による超高速エレクトロニクス技術の発展が期待される。

【生物学・創薬・医療への応用】軟X線領域のアト秒パルスを顕微鏡法や回折法の光源として用いることによって、生体イメージングを、“高い空間分解能”、かつ、“テーブルトップ装置”で行うことが可能となる。さらに、高強度超短パルスレーザーによる量子放出過程を利用したテーブルトップの電子・イオン加速器、パルスX線源が開発され、時間分解分光装置や時間分解イメージング装置として広く創薬・医療分野の研究開発に提供される。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

世界初のアト秒パルス発生(2001年)から13年が経過し、アト秒レーザー光を用いた利用研究が進められるようになった。それに伴い、分子科学・物質科学分野では、フェムト秒領域を超えてアト秒領域の超高速現象に関心が向けられるようになった。そして、アト秒レーザー光を用いた分子内の電子の運動の追跡・制御・イメージングによる物質・生命科学の新展開が期待されている。

このアト秒レーザー光を利用するためには、その強度を十分に高くする必要がある。このアト秒光パルスの高強度化においては、理研のグループが常に世界を主導してきた。また、2012年に東大、理研、原研の共同研究による世界最高強度の極端紫外パルス光の発生が報告されており、アト秒レーザー技術と加速器技術との融合領域においても日本が世界をリードしている。

一方、これまでは、小規模な共同研究としてアト秒パルスを用いた応用研究が行われてきたため、より広い学術分野への応用が待ち望まれていた。本計画では、世界最高水準のアト秒レーザー光を多くの利用研究者のために安定的に供給する光源施設を提案する。この施設が先導し、国際的な規模でアト秒レーザー科学が発展すると期待される。

④ 所要経費

所要経費のうち、物品費については、中核施設整備費と計測装置整備費の2つに分けられる。加えて、施設を運営するための人件費や維持管理費が必要である。

実施体制

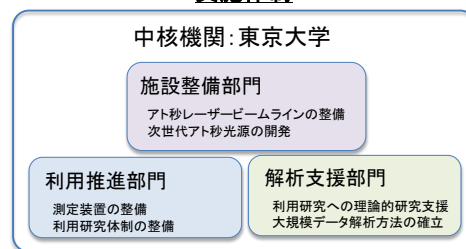


図1. 実施体制の概略図

【中核施設整備費（74 億円）】中核施設を整備するための費用として、74 億円を計上する。整備する装置群とその内訳は、基幹レーザー施設+建屋（15 億円）、冷却水循環装置（2 億円）、アト秒パルス発生用設備（3 億円×4）、高輝度アト秒パルス発生用設備（5 億円）、高速電子発生装置（3 億円）、電子加速装置（12 億円）、電子加速用電源装置（10 億円）、挿入光源装置（15 億円）である。

【計測装置整備費（14 億円）】計測装置を整備するための費用として、14 億円を計上する。整備する装置群とその内訳は、建屋（3 億円）、軟 X 線光電子分光装置（4 億円）、軟 X 線顕微鏡装置（4 億円）、軟 X 線分光装置（3 億円）である。

【人件費・維持管理費（8 億円）】施設を運営するための人件費や維持管理費として、8 億円を計上する。内訳は、人件費 [5 名×10 年]

（4 億円）、維持管理費（4 億円）である。

以上の総額として、96 億円を所要経費として要求する。

⑤ 年次計画

本計画では図2に示すロードマップに従い、以下の4つの期間に分けて計画を推進する。

【1～2年次】基幹レーザー施設と実験施設の整備を行う。具体的には、本施設の基幹レーザー施設、ならびに実験施設等を収容する建屋の建設、基幹レーザーである超高強度フェムト秒レーザーシステム導入、ならびにアト秒パルス発生用設備の整備を行う。発生したアト秒パルス診断を行う計測機器として光電子・光イオン同時画像観測装置の導入を行う。

【3～4年次】先に整備したアト秒ビームライン、計測機器の共同利用開始と、アト秒計測機器・イメージング装置、ならびにデータ解析部門の整備を行う。具体的には、アト秒ビームラインの共同利用の開始、高輝度アト秒ビームラインとレーザー加速電子ビームラインの開発を行う。また、アト秒電子ダイナミクス計測のためのパルス電子線回折装置とアト秒時間スケールの超高速構造変化追跡のためのパルス電子線イメージング装置の開発、ならびに共同利用を開始する。また、データ解析部門の整備を行い、アト秒時間スケールで変化する電子構造の解析手法を開発する。

【5～6年次】先に開発したレーザー加速電子ビームラインの共同利用開始、ならびにアト秒分子ダイナミクス計測器の整備を行う。具体的には、軟 X 線領域のアト秒パルス光電子分光装置、レーザー加速電子ビームラインからの放射光発生を行い、幅広いユーザーに対して光源、ならびに計測装置群を提供する。

【7～10年次】レーザーと加速器とが融合したビームラインの建設、およびユーザーへの共同利用を行う。具体的には、アト秒軟 X 線パルスを加速電子とともに挿入光源に導入してコヒーレント軟 X 線パルス発生の開発を行い、軟 X 線自由電子レーザービームラインとして、高強度パルスを必要とするユーザーへ提供する。

その他、各年次には、アト秒科学分野である物質科学、生命科学分野の国内外の研究者が会した研究会を開催する。

⑥ 主な実施機関と実行組織

本施設では、東京大学が中核機関として施設運営の全般を統括する。さらに、中核機関のもとにある運営組織として、「設備整備部門」、「利用推進部門」、「解析支援部門」を設置する。それぞれの部門の役割と実施機関は以下の通りである。

【設備整備部門】設備整備部門は、理化学研究所をはじめとする研究機関や大学に所属する研究者の協力のもと、東京大学において設置され、4本のアト秒ビームラインを整備するとともに、整備したビームラインの維持管理を担当する。さらに、既存の加速器技術とレーザープラズマ加速技術、アト秒レーザー技術を融合した次世代高輝度アト秒光源の開発を行う。

【利用推進部門】利用推進部門は、円滑な共同利用制度を策定するとともに、様々な専門分野の利用者からのニーズに応じた光源設備についての提言を行う。さらに、アト秒レーザー実験のための基盤装置として、軟 X 線分光装置、軟 X 線顕微鏡、光電子分光装置、光イオン・光電子同時観測装置、パルス電子線回折装置などの測定装置の整備を担当する。利用推進部門は全国の大学・研究所・企業で最先端の研究を行なっている研究者から構成される。

【解析支援部門】解析支援部門は、東京大学などの大学や研究機関に所属する研究者によって構成され、主に理論的な研究支援を行う。大規模計算機施設と協力して、実験成果を迅速に解析し、新たな理論的解釈や理論モデルを提言する事によって、アト秒科学分野における実験研究と理論研究の協調的な発展を目指す。

⑦ 社会的価値

本提案によって実現される世界最先端の超短パルスレーザー技術を基礎としたアト秒レーザー科学研究施設は、軟 X 線アト秒レーザーパルス、コヒーレント EUV、VUV レーザーパルス、高強度テラヘルツビームなどの先進的な光源を提供するものであり、基礎科学研究や環境材料、ライフ、バイオ・医療などの幅広い分野のイノベーション創出を支援すると期待される。特に、アト秒レーザー科学分野は、物理・化学・生物・医学の分野を包含した学際領域であり、光触媒や太陽電池などの光機能材料の物性研究と新しい材料開発や、医療診断技術を含む生体観察技術の開発への応用を積極的に行うことによって、物質科学や生命科学における知のフロンティアの開拓だけでなく、アト秒レーザー科学分野から生まれる日本発の新しい医療工学技術や計測装置開発に資すると考えられる。

⑧ 本計画に関する連絡先

山内 薫（東京大学・大学院理学系研究科） kaoru@chem.s.u-tokyo.ac.jp

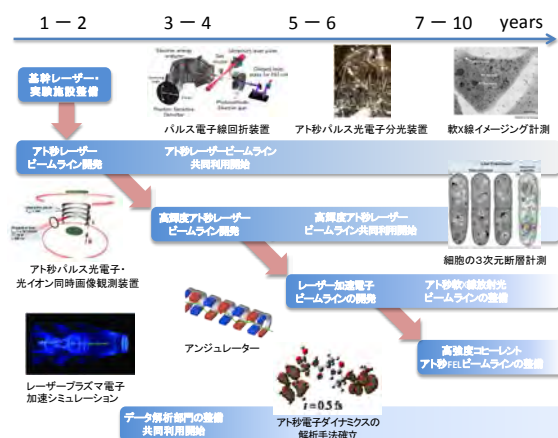


図2. 本計画のロードマップ

物性科学連携研究体

① 計画の概要

本計画の責任機関・理化学研究所と、京都大学化学研究所、自然科学研究機構分子科学研究所、東京大学物性研究所、東北大学金属材料研究所は、化学、物理、材料科学など、各基礎学理において、我が国を牽引するトップ研究所群である。本計画は、これら 5 研究所間が連携研究体を構築し (A) 物性科学の戦略的な連携研究と、それを通じた (B) 将来のトップ研究人材育成プログラムを推進するものである。

(A) 従来、物性科学では、個人あるいは研究室単位の「小規模研究」が主体で、大型装置が必要である場合は研究所が共同利用の場を提供するという形で研究が行われてきた。研究者個人の自由で卓抜した発想が、独創的成果を挙げるうえで重要なことは言うまでもないが、一方で、大局的な研究目標や社会的に要請の高いテーマを設定し、それに向かって異なる研究者間、異なる分野間、そして異なる組織間でそれぞれに特色のある概念、手法、設備を戦略的に組織化して最大限のシナジー効果を発揮させることが必要不可欠になってきた。以上の背景を鑑みて、本研究計画では、専門分野の異なるトップ研究所間の連携研究により、異分野融合・シナジー効果を最大化し、物性科学を基盤とする新しい融合学術分野を創成することを目的とする。さらに、このような基礎学理から、環境・エネルギーなど全地球的課題の解決に資する革新的な新技術や指導原理を提案・実証する。

(B) 人材育成の観点では、上記の連携研究活動を強力に推進する研究人材の交流・頭脳循環の国際的な連携拠点（ハブ）を形成する。このような連携研究と国際ハブ拠点を生かし、将来の研究トップリーダーとなる人材を、連携研究のプログラム組織（物性科学（若手 PI）フォーラム）で育成する。この次世代研究リーダー育成は、学生の教育と基礎ディシプリンの継承がミッションとなる大学学部・大学院では困難で、弾力的な運営ができる研究所でのみ可能な人材育成である。

② 学術的な意義

本研究の学術的特徴は、化学分野のみならず、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ことである。この研究の最前線に若手リーダー研究者を配し、かつ 5 研究所間での人材交流も促進することによって、将来の我が国の学術を牽引するトップリーダー人材の育成を行う。具体的な研究項目としては、

(1) 卓抜機能物質：近未来の社会システムに大幅な変革をもたらす高機能新規物質群を創出する。

(2) 強相関・トポロジカル物性：物質中で互いに強く相互作用する電子群が示す創発的な物性、および電子の運動が拘束された運動量空間・実空間のトポロジーを反映した波動の干渉によって生じる量子物性を探求する。

(3) 省・創エネルギー物質原理：上記の 2 つの項目のアウトプットの融合学理に相当する。

を取り上げる。各項目について、世界を先導する成果を創出するとともに、環境・エネルギーなどの課題解決に資する革新的な新技術や指導原理を確立する。そのアウトカムは、以下の 2 項目である。

(a) 環境調和型反応場の創出と超高効率エネルギー収集・変換・蓄積

光発電・熱発電などのエネルギー収集機構や、人工光合成・2次電池などのエネルギー変換・蓄積機構が直面している限界を突破する。高効率光触媒機能の開拓、低エネルギー環境調和型ナノ化学反応場の創成、炭素および窒素の循環・固定を実現する反応系の開発、さらには、これらを活用した有用な卓抜機能物質の創製。

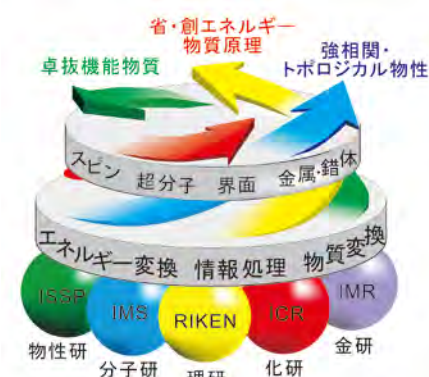
(b) 超低エネルギー消費電子技術原理

電子の量子力学的集団運動を用いることで、わずかの刺激に熱散逸なく巨大な応答を示す系を実現する。具体例としては、(i) 外場誘起相変化現象のデバイスへの応用、(ii) 超低エネルギー消費スピントロニクス・トポロジカルエレクトロニクス、(iii) 高機能界面・分子系の開発など。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

物性科学分野では、日本、ヨーロッパ、アメリカ、アジア諸国の間で熾烈な研究競争が行われており、分野ごとに欧米で早くから国を挙げての集中投資が行われている。例としては、アメリカでは IBM-Stanford Spintronic Science and Applications Center、Oak Ridge National Lab. の Center for Nanophase Materials Sciences、ドイツでは Max Planck 研究所を核として強相関物理学研究が強力に推進されている。アジアでも、シンガポールのグラフェン研究センター、韓国の Korean Basic Science Institute、中国の北京大学 International Center for Quantum Materials などが続々設立され、この分野が将来科学技術にとって最重要となることが認識されている。日本の強みは、従来から物質開発において物理と化学分野の連携が有効に機能していることで、本提案は、これを更に戦略的に推進し、全世界的課題の解決に資する研究に展開するものである。

事業目的	
研究	物性科学の戦略的連携研究と新学術の創成 基礎科学からの環境・エネルギー技術原理の革新
人材育成	次世代学術研究トップリーダーの育成 研究人材交流・頭脳循環の国際的拠点形成



④ 所要経費

本研究計画は、所要経費総額150億円、継続期間10年間とする。本事業は、下記の3つから構成される。

- (1) 研究トップリーダーの育成（総額75億円）
- (2) シナジー促進のための基礎研究体制の充実（総額65億円）
- (3) 国際的研究発信・オープンイノベーション（総額10億円）

⑤ 年次計画

(1) 研究トップリーダーの育成：以下の施策を10年間継続して行う。各研究所において連携研究部門／領域を設置し、その中に5つの連携研究室を設置する。それぞれの連携研究室は若手PI（特任教授、特任准教授、特任講師など）とその構成員（特任助教1名＋ポスドク1名）で構成する。5研究所の連携研究室を統合した物性科学（若手PI）フォーラムを設置し、若手PI同士および関連研究者間との研究討論、情報交換、共同研究、ワークショップ開催を常態化させ、世界最先端研究環境の緊張感とその構成員としての矜持を促す。この連携研究室群は、5研究所間連携研究、最先端融合研究を実施するとともに、可能な場合にはグループ構成員としての大学院生も受け入れその教育も担当する。

(2) シナジー促進のための基礎研究体制の充実：主要設備の購入計画を下記に示す。

H27年度：超精密構造・軌道・電荷・スピン可視化装置（先端量子ビーム計測）、超高純度試料合成装置（極限環境物質創製の導入。H31年度：30テスラ強磁場広帯域分光装置（多次元時空間プローブ）、超高压合成装置（極限環境物質創製装置）の導入。H32年度：時間分解軟X線レーザー光電子分光装置（多次元時空間プローブ）の導入。

(3) 国際的研究発信・オープンイノベーション：本計画のような基礎研究の活性化には、人材の交流が最も重要である。これを促進するため、研究体が主催する連携研究体国際会議をH27年度、H30年度、H32年度、H35年度に開催する。それ以外の年度には、研究体全体会議と分野別国際WSを開催する。また各年度に分野別連絡会議と若手による運営と切磋琢磨を目的とした若手道場を開催する。

⑥ 主な実施機関と実行組織

理化学研究所 創発物性科学研究センター

本提案の取りまとめ、各機関に設置される物性科学（若手PI）フォーラムの運営などを行う中核組織である。学術分野においては、化学、物理の2分野にまたがる世界センターであり、本研究提案では、超分子化学、有機合成化学、有機エレクトロニクス、デバイス物質科学、量子ビーム物理、創発物性科学などを担当する。

京都大学 化学研究所

化学分野を担当する。具体的な研究対象は、高分子材料化学、遷移金属触媒化学、フラーレン、酸化物固体化学、スピントロニクスデバイスなど。

自然科学研究機構 分子科学研究所

化学分野を担当する。具体的な研究対象は、機能性有機導体、有機太陽電池、アト秒量子エンジニアリング、表面分光・薄膜磁性、遷移金属触媒など。

東京大学 物性研究所

物理分野の中核研究機関。具体的な研究対象は、スピントロニクス科学、機能性分子物質、酸化物固体化学、表面化学、先端光電子分光など。

東北大学 金属材料研究所

主に材料科学分野を担当する。具体的な研究対象はスピントロニクス物理、分子性有機導体、水素機能材料工学、スピントロニクス材料など。

⑦ 社会的価値

物質科学の使命の一つは、未来の世代が豊かな社会を築くための礎を築くことにある。将来の人類社会の豊かさの鍵の一つは、高効率エネルギー変換技術と、低消費エネルギー電子技術である。我が国において、大震災と原発事故後の今現在ほど、このことが社会全体に強く認識されることはなかったと言っても過言ではない。物質科学には、革新的なエネルギー変換学理、電子技術学理の創成によって、持続可能社会の確立に寄与することが、強く求められている。

本計画では、高効率エネルギー変換、高効率物質変換、省エネルギー電子技術の学理構築に資することを目指す。必ずしも、従来原理および技術の改良・延長による効率の改善が目的ではない。本計画のような統合的・基礎物質科学だけができる挑戦的研究のアプローチによって、画期的な技術学理（game-changing technology）を構築することを目指す。環境・エネルギー問題に対する物性科学からのアプローチとその手法・原理の独創性、そしてその目標の高さから、課題が成功裡に達成された時の、社会、産業へのインパクトは測り知れない大きさがある。

⑧ 本計画に関する連絡先

玉尾 皓平（理化学研究所） tamao@riken.jp

量子技術ネットワーク創造基盤

① 計画の概要

インターネットの爆発的な普及は、文化・経済・行政などあらゆる分野の社会活動に大きな変革をもたらした。その結果、情報通信における大容量、高セキュリティ及び省エネに対する要求がますます高まっている。このような問題を解決するために、量子情報技術が研究開発され、その実用化のデモンストレーションが急務となっている。一方、量子情報・物理の発展のためには、光子や電子・原子・イオンなどの量子状態を自在に制御する必要がある。そこで生まれた精密量子測定技術は、光格子時計の新しいコンセプトも加わり、さまざまな基礎理論の実験的な検証や基本パラメーターの決定を可能にする。本計画では、上記の目標を達成するために、量子技術の研究拠点を整備し、これらの研究拠点間をコヒーレントに結合する光ネットワークを整備する。

② 学術的な意義

量子情報技術とは、「重ね合わせ状態」や「不確定性原理」、「量子もつれ」などの量子力学的効果を積極的に利用することにより、従来では不可能であった情報処理や情報通信を可能にする革新的技術である。量子情報技術とそれにかかわる物理を追求することは、工学・理学・数理科学の広い分野にまたがる学際的な研究領域の形成と発展に大きく寄与しているだけでなく、よりよい社会の実現に向けて重要な意味をもつ。この量子情報技術は、大まかに以下の4つの要素技術に分類することができる；(1)将来技術である量子コンピューターを主にした“コンピューティング”、(2)量子暗号通信に代表される比較的事実利用に近い“コミュニケーション”、(3)量子標準・量子計測といった未知の可能性を秘めた技術をまとめた“量子新技術”、(4)それらすべての技術の基礎となる“デバイス・基盤技術”。これらの要素技術は、全国の大学、研究機関、企業研究所などの研究拠点にて精力的に研究・開発が行われている。これらの研究拠点を整備し、かつ、全国的な規模での光ファイバー網でコヒーレントに結合・連携し、有機的なシステムを構築できれば、局所的な要素技術単体では不可能だった新しい展開が期待できる。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

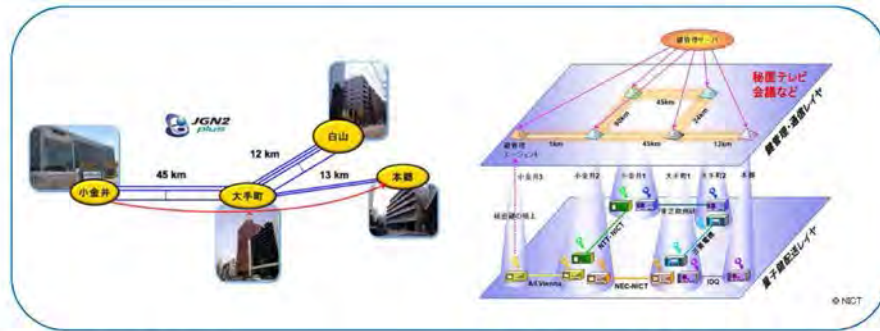
2008年には、つくば・東大間の光ファイバーリンク（総延長120km）を構築し、東大のストロンチウム光格子時計と産総研の時間標準及び国際原子時へのリンクを実現し、国際組織に採択される精密測定結果を出した。2010年には、東大・NICT間の光ファイバーリンク（総延長60km）を構築し、両機関におけるストロンチウム光格子時計同士の光周波数比較を行い、遠距離間の光格子時計の同一性検証に成功した。さらに2010年10月には、NICTと東京都心を結んだ東京QKDネットワークによる量子暗号通信の実験が開始した。しかし、長距離のファイバーリンクが高価であるため、いずれも長期間の維持は難しかった。国外では、ドイツのマックスプランク研究所とPTB研究所の間約900kmの光ファイバーリンクを構築し、光時計の精密比較実験を行っている。さらに、フランス国内では学術ネットワークを利用した高精度基準信号の配信が試験されている。



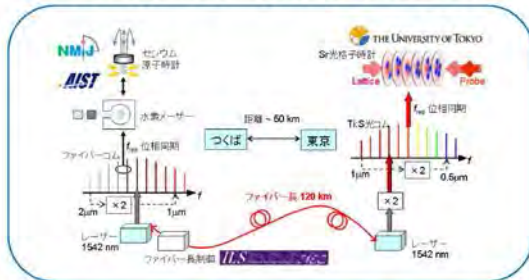
量子暗号通信
量子ネットワーク
高精度基準信号配信
ジオイド計測
量子標準性能評価
光格子時計高精度比較
単一光子の生成・制御
量子メディア変換
量子メモリ
原子の量子状態制御

図1 量子技術ネットワークにおけるファイバーリンクと要素技術

量子暗号 通信技術



量子標準性能評価技術



ジオイド計測技術

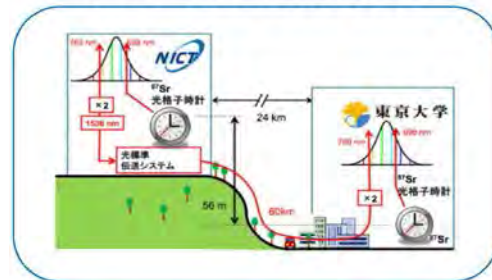


図2 量子技術ネットワークにおける応用例

④ 所要経費

光ファイバーネットワークの整備

(北海道、仙台ーつくばー東京圏ー関西圏ー広島) : 30 億円

量子技術研究拠点の整備 : 15 億円

総額 : 45 億円

⑤ 年次計画

5年後までに、複数の拠点で開発される高精度な光時計を光ファイバーでつないで、量子標準の性能評価や基礎理論の実験的検証を行う。10年後までに、複数の拠点で開発される量子情報処理装置を量子ネットワークでつなぐ。各拠点では、単一光子の生成・制御・検出技術、量子メディア変換、量子メモリ、光格子時計、ジオイド計測や光・原子などの量子状態制御などの研究を進める。

⑥ 主な実施機関と実行組織

主な実施機関 : 産業技術総合研究所、東京大学、大阪大学、京都大学、東北大学、情報通信研究機構、北海道大学、理化学研究所

実行組織 : 拠点代表1名、部門リーダー5名(総括支援部門、量子情報部門、量子制御部門、量子標準・量子計測部門、量子デバイス・基盤技術部門)、研究計画委員会、国際諮問委員会

⑦ 社会的価値

国産の光格子時計を実用化フェーズに移行させ、オールジャパン体制でネットワークによる研究展開は、次世代の秒の定義として国際的に強力なアピールとなる。また、光格子時計ネットワークによるジオイド計測網の構築は、地下構造探索・鉱物資源探索・地震予測など、産業への応用や国民生活の安全への貢献が見込まれ。さらに、量子情報技術は、高速・大容量通信の産業を支える基盤技術となり、情報セキュリティなど生活の安心・安全へ貢献する。

⑧ 本計画に関する連絡先

洪 鋒雷 (産業技術総合研究所) f.hong@aist.go.jp

ライフイノベーションに向けたナノバイオ学術基盤形成事業

① 計画の概要

ナノテクノロジーとバイオテクノロジーの知を融合した新たな学理である「ナノバイオ」は、先端的学術領域として重要なだけでなく医工連携の中核としてライフイノベーションに繋がるため、わが国の持続的発展に貢献することが期待されている。わが国の「ナノバイオ」研究は日本の強みである材料科学・技術と基礎生物学研究を基盤として世界のトップクラスにあるが、欧米でもナノバイオ推進施策が近年重点化され発展著しいアジア諸国も急速に追従している。異分野融合による全く新しい概念や方法論の創出を推進し続けるためには、中長期的な視点に基づく研究推進と10年、20年後のバイオ産業の核となる人材を輩出するための戦略的施策が必要と考えられる。そこで、世界レベルで競争力のある研究の一層の推進、新たな技術シーズの継続的な創出、学術成果の社会還元加速のための革新的な診断・治療技術創出等に関わる課題解決型プロジェクト研究、並びに産官学の研究者ネットワークの構築を行う。ナノバイオ関連の世界最先端研究機器を整備し国内ナノバイオ研究拠点を強化し、材料合成、デバイス試作からマウスなどの実験動物や細胞等の生体試料を用いた実験、計測等までをUnder one roofで実施可能な共同利用施設を整備した国際的ハブ拠点の形成を支援するとともに、共同研究プロジェクトの公募等による若手研究者による国際共同研究、挑戦的な研究開発の推進を図る。

特に将来ナノバイオ分野の研究や開発に携わる人材育成をおこなうため、(1)大学院生及びポスドク、(2)企業に所属する技術者や開発者を対象にスクールを開設し、各種装置の使用法や技術を習得する一日～数週間の実学コースを多数設け、実際に高度な実験を行うことのできる工学者を育成する。若手研究者や企業技術者が主体となって運営する研究会の開催などを通じて若手研究者や企業技術者間の議論やネットワーク作りの場を提供する。

② 学術的な意義

応用物理学会では半導体、エレクトロニクス、光学など多様な先端科学技術が研究されているが、これらの多様なディシプリンの融合による新たな学術領域の1つとしてナノバイオテクノロジーを重点的に推進してきた。工学、情報科学と生命科学の融合をもたらす成果は単なる相加ではない。生命機能の根源である自己組織化、特異的な分子認識能と選択性、高効率で多機能な情報伝達、エネルギー伝達や情報処理といった機能の原理を理解し、応用することで単一領域の専門家には決してない新しい新たな価値の創発(convergence)が可能になり、バイオの巧妙な機能原理をインテグレートした機能システムとしてのナノバイオ・デバイスを生み出すなど、より高い次元での相乗効果が期待できる。具体的に期待される成果としては、(1)生命現象を計測・観察・操作する方法・装置開発とその応用(生体内一分子観察装置の開発)、(2)生命原理に啓発された物質・材料の創製(自己組織化により形成した医療用材料・医薬品の開発、及び生命進化原理を利用したアプタマー分子の創出・医薬品の開発)、(3)生命原理に啓発されたデバイスの創製(ウイルスを模倣した人工ナノ粒子によるドラッグデリバリーシステムの開発)などが挙げられる。

応用物理分野のアカデミック・ロードマップにおいても、要素技術クラスター「バイオエレクトロニクス」の将来ビジョンとして持続可能社会の構築や健康・医療が取り上げられると共に、主要な技術項目として診断デバイス、ドラッグデリバリーシステム、イメージング技術などの重要性が記載されており、わが国としてもこのような異分野融合科学技術分野を、戦略的かつ積極的に推進することが強く求められている。

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

ナノバイオ研究は世界的な異分野融合による新学術創発の最有力分野である。欧米だけでなくシンガポールはトップ水準の研究を行っており、中国、韓国等でも欧米で実績を上げた研究者が帰国し、高いレベルの研究に追従しつつある。日本は世界的にもオリジナリティーの高い研究成果を発信し続け、特に材料、分析、バイオ界面等では世界をリードしているが、認可や臨床試験等のシステムの問題もあり医薬・医療機器への応用では欧米に大きく遅れてきた。しかし、最近10年来のナノバイオ研究の継続的推進と規制改革により、ナノ医療の研究開発で国際的な競争力が培われてきている。東京大学は分野を横断した「ナノバイオ・インテグレーション研究拠点」事業を実施し、世界を先導する多くの顕著な成果を挙げナノバイオの学理を築いてきた。世界トップレベルのナノバイオ研究ネットワークの構築を主導し、MIT、ETHなど海外研究拠点と盛んな人材交流を続けている。理化学研究所等で構成された「生命分子の集合原理に基づく分子情報の科学研究ネットワーク拠点」では、情報科学を共通概念として生物固有機能と物質科学の融合を図り、若手研究者の育成と連携を図った。

④ 所要経費

総額 55 億円

1～2 年目・各 20 億円

国内で 2～3 箇所程度のナノバイオ共用研究開発拠点を強化・整備する。そのため大型機器を初めとする研究設備導入を進め、各拠点間で連携を図りながら技術シーズ開発を行うと共に、人材育成を開始する。予算は主に大型機器購入に充てる。

3～5 年目・各 5 億円

研究開発を加速し、学術としてのナノバイオ確立を図るため、予算は主に拠点維持管理費、消耗品、博士研究員を雇用する人件費、旅費として用いる。

⑤ 年次計画

1年目・拠点と設備の整備を行う。実行組織メンバーを中心に委員会を設立しロードマップを作成することで将来必要とされる医療デバイス、医療システムを考え“革新的な診断・治療技術に関わる課題”を抽出するとともに、ナノバイオ技術シーズの研究開発の展開を行う。また委員会では医薬・医療機器への実用化を前提としたニーズ調査も行い、研究開発の方向性を検討する材料として用いる。これらの情報はインターネット、学会誌、学会の講演会、公開シンポジウム等を通じて一般に公開するとともに広く意見を募集する。

2年目・拠点と設備の整備を行う。委員会が1年目に開始した課題抽出、情報発信は引き続き継続させ、研究開発の方向付けを決定する。

A11 Japan の視点に基づいた人材育成ネットワークを構築する。拠点整備に合わせて研究開発を加速する。

3年目・研究開発、課題抽出、情報発信を継続して行う。新たに産学官連携を積極的に取り入れた人材ネットワークを構築する。そのためには世界最先端の研究テーマに沿った世界的な研究成果を多く輩出し、国内だけでなく世界中の研究者や開発者が交流を求めて集まってくる環境を整える必要がある。プロジェクトの中間評価を実施する。

4年目・A11 Japan 構想で研究開発に取り組む。課題抽出を継続させ得られた成果から優先課題の抽出選択し研究資源の集中化を行う。

5年目・A11-Japan 構想をより推進すると共に、研究成果の実証化を進め最終的にまとめたナノバイオ学術基盤を成果として公表する。

⑥ 主な実施機関と実行組織

主な実施期間：大学（北海道大学、東北大学、東京大学、東京工業大学、慶応大学、京都大学、大阪大学、九州大学、佐賀大学等）、独立行政法人（産業技術総合研究所、理化学研究所、物質・材料研究機構等）である。

中心となる機関は東京大学、産業技術総合研究所で、委員会を組織し研究統括、研究拠点形成、人材育成、ネットワーク形成、研究講演会を通じての情報発信等を行う。

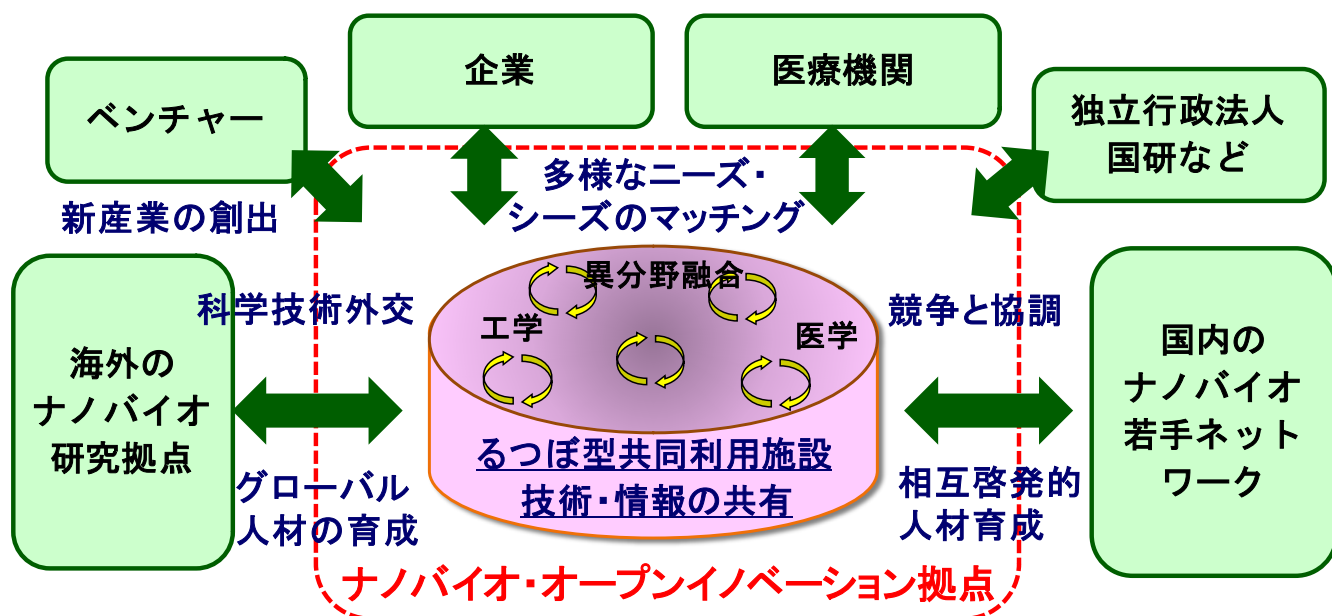
⑦ 社会的価値

我が国では社会の高齢化が益々深刻な課題となる一方、新興国においても着実に高齢化が進展し、高価な最先端医療技術の広がりも相まって医療費の高騰がグローバルな課題へと発展しうる。その一方、医療費や医療専門職、医療設備といった医療資源は先進国においても限りがあることから、医療の「場」は必然的に拡大せざるを得ない。具体的には先進国だけでなく新興国へ、高度な医療機関から在宅・日常生活へと医療の「場」が広がっていく事が想定される。ナノバイオによる診断・医療技術は上記の点を充足し、社会ニーズを満たす経済合理性をもつ高品質医療の提供を可能にするものであり、従来とは一線を画す日本初の新たな医薬・医療機器産業の創出に繋がる事が期待される。

本学術領域形成に伴い、バイオチップ、ドラッグデリバリーシステム、バイオイメージングを始めとして再生医療、新薬開発等の医療にかかわるデバイス、新材料、医療システム、観察装置等々の開発や研究に貢献するため、経済活動や雇用拡大への波及効果も著しい事が期待される。同時に、そうした医療全般の技術革新に伴い健康で元気なまま長生き出来る社会作り実現が可能となる。

⑧ 本計画に関する連絡先

松田 直樹（独立行政法人産業技術総合研究所） naoki.matsuda@aist.go.jp



ナノバイオ・オープンイノベーション拠点の構想図