

平成 25 年度戦略的創造研究推進事業における 新規発足研究領域の選定及び研究総括の指定について

本事業の新規研究領域(公募型研究)及びその研究総括は、科学技術振興機構(JST)の「基礎研究に係る課題評価の方法等に関する達」に基づき、JST の研究主監会議が事前評価を行い、研究領域の選定及び研究総括の指定を行います。

平成 25 年度の新規研究領域及び研究総括について、上記の手続きを経て、以下の表に示すとおり、平成 25 年度発足の新規 CREST、さがけ研究領域と、当該研究領域の研究総括を決定しました。研究主監会議における事前評価結果と、その選定・指定理由は、別紙のとおりです。

表. 平成 25 年度新規発足研究領域、研究総括及び戦略目標 一覧

研究領域	研究総括	戦略目標
<u>CREST・さがけ複合領域</u> 再生可能エネルギーからのエネルギーキャリアの製造とその利用のための革新的基盤技術の創出	えぐち こういち 江口 浩一 (京都大学大学院工学研究科教授)	再生可能エネルギーの輸送・貯蔵・利用に向けた革新的エネルギーキャリア利用基盤技術の創出
<u>CREST・さがけ複合領域</u> 素材・デバイス・システム融合による革新的ナノエレクトロニクスの創成	さくらい たかやす 桜井 貴康 (東京大学生産技術研究所教授) /副研究総括 よこやま なおき 横山 直樹 (株式会社富士通研究所 フェロー)	情報デバイスの超低消費電力化や多機能化の実現に向けた、素材技術・デバイス技術・ナノシステム最適化技術等の融合による革新的基盤技術の創成
<u>CREST</u> 疾患における代謝産物の解析および代謝制御に基づく革新的医療基盤技術の創出	しみず たかお 清水 孝雄 (東京大学 理事・副学長)	疾患実態を反映する生体内化合物を基軸とした創薬基盤技術の創出
<u>さがけ</u> 疾患における代謝産物の解析および代謝制御に基づく革新的医療基盤技術の創出	おだ よしや 小田 吉哉 (エーザイ・プロダクトクリエーション・システムズバイオマーカー&パーソナライズド・メディシン機能ユニット プレジデント)	
<u>CREST</u> 超空間制御に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製	せとやま とおる 瀬戸山 亨 (三菱化学株式会社 フェロー・執行役員／株式会社三菱化学科学技術研究センター合成技術研究所長・無機系機能材料研究所長)	選択的物質貯蔵・輸送・分離・変換等を実現する物質中の微細な空間空隙構造制御技術による新機能材料の創製
<u>さがけ</u> 超空間制御と革新的機能創成	くろだ かずゆき 黒田 一幸 (早稲田大学理工学術院 教授)	

CREST 科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータ利活用推進のための次世代アプリケーション技術の創出・高度化	たなか ゆずる 田中 譲 (北海道大学大学院情報科学研究科 教授)	分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化
CREST・さがけ複合領域 ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化	きつれがわ まさる 喜連川 優 (東京大学生産技術研究所 教授)	

(別紙)

研究領域の選定および研究総括の指定の手順および理由

1. 研究領域選定および研究総括指定のための事前評価の項目及び評価者

事前評価は、「基礎研究に係る課題評価の方法等に関する達」に基づき行いました。公募型研究に係る研究領域の事前評価の項目及び評価者は以下のとおりです。

(1) 事前評価の項目

(ア) 研究領域

- ① 戦略目標の達成に向けた適切な研究領域であること。
- ② 我が国の研究の現状を踏まえた適切な研究領域であり、優れた研究提案が多数見込まれること。

(イ) 研究総括

- ① 当該研究領域について、先見性及び洞察力を有していること。
- ② 研究課題の効果的・効率的な推進を目指し、適切な研究マネジメントを行う経験、能力を有していること。
- ③ 優れた研究実績を有し、関連分野の研究者から信頼されていること。
- ④ 公平な評価を行いうること。

(2) 評価者

研究主監会議が評価を行う。

◆研究主監会議 名簿（平成 25 年 3 月現在）

	氏名(敬称略)	所属
議長	中村 栄一	東京大学 大学院理学系研究科 教授
	西尾 章治郎	大阪大学 大学院情報科学研究科 教授
	宮野 健次郎	(独) 物質・材料研究機構 フェロー
	山本 嘉則	東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 名誉研究顧問

(※) 研究主監は、戦略的創造研究推進事業(CREST、さきがけ、ERATO)のプログラムディレクターです。

2. 研究領域選定および研究総括指定の手順

(1) 文部科学省における戦略目標の検討状況を踏まえた、JST における事前調査

- (ア) 文部科学省において、科学技術基本計画等の国の方針、各種の調査結果、外部有識者等から構成される各種の審議会からの報告・意見や JST CRDS(研究開発戦略センター)の政策提案等を踏まえて、戦略目標の検討が行われました。
- (イ) JST は、上記の戦略目標の検討段階から文部科学省より情報提供を受け(平成 24 年 8 月)、戦略目標の達成に向けてイノベーション創出に資する研究領域設定のための事前調査を行いました。
- (ウ) JST の事前調査は、以下の手法によりました。
 - ① 上記の文部科学省における検討に際しても参照されている、各種の審議会からの報告等や JST CRDS の戦略プロポーザル等の報告類等を参照するとともに、関連分野に関する研究動向・技術動向や関連学会の状況等の情報の収集と分析を行いました。
 - ② 関連分野における有識者へのインタビュー調査を行い、そのとりまとめと分析を行いました。

- インタビューは、JST のスタッフ 30 人が、延べ 156 名の外部有識者を対象として実施。
- インタビュー対象者は、上記の報告類からの関連科学技術分野をもとに、以下のデータベース等を用いて抽出。
 - ☆ J-GLOBAL(科学技術総合リンクセンター。JST が運営する科学技術情報の連携サービス。国内研究者約 21 万人、国内外文献の書誌情報約 2,864 万件を収録。)、JDream II (JST が運営する日本最大の科学技術文献データベース。5,500 万件を収録)、Web of Science(Thomson Reuters 社が提供する学術文献引用データベース。文献約 1,200 誌を収録)等を用い、国内の研究者を俯瞰。
 - ☆ JST 内部で構築している JST 関係者データベース(延べ約 1 万人)に蓄積された、過去のファンド状況や評価者としての活動状況などを確認。
- (エ) 上記の事前調査の進捗を、戦略目標毎に定めた担当研究主監に報告し、議論を深めました。
- (オ) 文部科学省からの戦略目標の正式通知(平成 25 年 3 月 4 日付、別添資料1)を受け、さらに調査(領域調査)を進めました。

(2) 新規発足研究領域の「研究領域の概要」(案)に対するパブリックコメントの実施

- (ア) 研究主監と JST 事務局が戦略目標ごとに領域調査結果を取りまとめました。研究主監会議(平成 25 年 3 月 11 日)を開催し、上記の調査結果を基に、「研究領域の概要」(案)を作成し、それらに対するパブリックコメントをホームページ上で実施しました(平成 25 年 3 月 14 日～3 月 21 日)。
- ※ なお、パブリックコメント結果は別添資料 2 の通りです。
- (イ) パブリックコメントを踏まえ、必要に応じて「研究領域の概要」(案)を見直しました

(3) 研究領域および研究総括の事前評価と決定

- (ア) 研究主監会議(平成 25 年 3 月 27 日)を開催し、研究領域および研究総括の事前評価を行いました。
- (イ) 上記の事前評価結果を受け、JST が研究領域および研究総括を決定しました(平成 25 年 3 月 27 日)。

3. 新規研究領域および研究総括とその選定・指定の理由

新規研究領域および研究総括と、研究主監会議によるその選定・指定の理由は以下の通りです。
(研究総括の所属・役職は、平成 25 年 3 月現在のものです)

3-1 戦略目標「再生可能エネルギーの輸送・貯蔵・利用に向けた革新的エネルギーキャリア利用基盤技術の創出」の下に設定した研究領域

[1] 研究領域の概要及び研究総括

研究領域『再生可能エネルギーからのエネルギーキャリアの製造とその利用のための革新的基盤技術の創出』(CREST・さががけ複合領域)

(1) 研究領域の概要

本研究領域は、再生可能エネルギーを安定的・効率的に利用する水素エネルギー社会の実現に向け、再生可能エネルギーを化学エネルギーの貯蔵・輸送の担体となるエネルギーキャリアに効率的に変換し、さらに、エネルギーキャリアから電気エネルギー、水素、動力等を取り出して利用する基礎的・基盤的技術の創出を目指します。そのために、電気化学・触媒化学・材料科学・プロセス工学といった分野の垣根にとらわれない異分野間の融合型研究を推進します。例えば、風力・太陽光などの再生可能エネルギーを利用してエネルギーキャリアを効率的に直接合成するための電解合成、触媒合成、電極・反応場材料に関する研究、太陽熱・地熱を用いた熱化学プロセスによりエネルギーキャリアを合成するための研究を対象とします。また、エネルギー

キャリアを燃料として用い電気エネルギーを取り出す直接燃料電池や、エネルギーキャリアから低温で高効率に水素を取り出す脱水素技術に関する研究も含まれます。

本研究領域では、研究が先行している有機ハイドライド、アンモニアを水素含有率、変換効率、安全性において凌駕する新規エネルギーキャリアの合成・利用に資する先導的な研究を推奨します。一方で、これら既知のエネルギーキャリアを対象とする研究であっても、これまで想定されてきた合成・利用・貯蔵運搬方法とは異なる、新たな着想に基づく独創的な技術であれば、本研究領域の対象とします。

(2) 研究総括

江口 浩一(京都大学大学院 工学研究科 教授)

[2] 研究領域選定及び研究総括指定の理由

研究領域「再生可能エネルギーからのエネルギーキャリアの製造とその利用のための革新的基盤技術の創出」(CREST・さががけ複合領域)

(1) 研究領域選定の理由

本研究領域は、再生可能エネルギーを安定的・効率的に利用する水素エネルギー社会の実現に向け、再生可能エネルギーを化学エネルギーの貯蔵・輸送の担体となるエネルギーキャリアに効率的に変換し、さらに、エネルギーキャリアから電気エネルギー、水素、動力等を取り出して利用する基礎的・基盤的技術の創出を目指すものである。

本研究領域は、風力・太陽光などの再生可能エネルギーを利用してエネルギーキャリアを効率的に直接合成するための電解合成、触媒合成、電極・反応場材料に関する研究、太陽熱・地熱を用いた熱化学プロセスによりエネルギーキャリアを合成するための研究、エネルギーキャリアを燃料として用い電気エネルギーを取り出す直接燃料電池の研究、さらには LCA 的な観点からエネルギーキャリアの製造から貯蔵・運搬、利用までにわたるシステム全体を評価する研究、など多岐にわたる研究を対象としている。電気化学、触媒化学、材料科学などの同一分野の研究者間の協働によって研究を推進するのではなく、これら様々な分野を繋いだ連携や融合によって、合成から利用にわたり一貫して研究を推進することが重要である。したがって、研究推進体制としては、異なる研究分野の研究者からなる研究型チームの編成が可能な CREST を選定することが適切である。

一方で、既存研究の延長線上にない高効率なエネルギーキャリアの創生に資する観点で、従来にない斬新な発想による挑戦的な研究や、基礎的段階でのボトルネックの解決に繋がるような独創的な研究の推進も必要である。このような研究の推進体制としては、個人の独創的なアイデアを元に研究を推進することが可能なさががけを選定するのが適切である。

さらに、一人の研究総括が CREST とさががけを一体的にマネジメントすることにより、チーム型研究と個人型研究との交流と連携がより一層緊密になり、その相乗効果からそれぞれの研究課題の効率的な推進とともに、広範な分野での革新的技術が期待できる。

エネルギーキャリアの基盤技術において鍵となる触媒化学、材料科学、燃料電池に係る各種要素技術、有機合成技術において、我が国は世界最高水準の研究開発レベルにある。本研究領域は、これら世界最高水準にある科学的ポテンシャルを活用し、低炭素な水素エネルギー社会の実現に向け、エネルギーキャリアの基盤技術の確立を目指す取り組みである。本研究領域選定における調査の結果から、上述の関連分野から新規の研究者が本研究領域に参入することが予想されることから、優れた研究提案が多数見込まれる。

以上のことから、本研究領域は戦略目標の達成に向けて適切に設定されている。

(2) 研究総括指定の理由

研究総括 江口 浩一

江口浩一氏は触媒設計工学と材料科学の分野のうち、特に水素製造用の触媒材料、燃料電池の新規電解質・電極材料、大気浄化触媒、燃焼触媒についての研究で著名な研究者である。同氏は、改質ガスに含まれる

微量 CO を除去する金属酸化物担持貴金属触媒について、ナノ構造と触媒活性の相関を分析し、触媒活性・選択性・触媒寿命の向上を目指す研究に取り組み、顕著な研究成果を上げている。また、中温動作燃料電池のための新規の電極・電解質材料の探索や、固体酸化物型燃料電池の信頼性向上、NO_x 等を除去する大気浄化触媒の研究にも精力的に取り組んでいる。このような同氏の研究業績は、触媒学会賞(学術部門)、石油学会奨励賞の顕彰などに表れているように高く評価されている。このように同氏は、触媒化学と材料科学をベースとして、エネルギー変換技術や環境技術の発展に大きく貢献しており、革新的エネルギーキャリア変換技術・利用技術の創出を趣旨とする本研究領域をリードする上で高い先見性と洞察力を有していると認められる。

また同氏は、触媒学会の理事、石油学会の理事、SOFC 研究会の副会長など多くの要職を歴任されている。このことから、様々な研究分野に関する俯瞰的な視野と豊富な人脈を備えており、幅広い研究分野との交流や連携、文部科学省や経済産業省の関連施策との協調が必要な本研究領域の運営に関して適切な研究マネジメントを行う経験と能力を有していると認められる。

また、同氏が経済産業省の研究開発事業、NEDO のプロジェクトの評価委員などを歴任していることは、公平な評価を行いうるとともに、より広い視座に立って科学技術の将来を展望できる研究者として関連分野の研究者から信頼されていることを示している。

以上のことから、江口浩一氏は、本研究領域の研究総括として適任であると判断される。

3-2 戦略目標「情報デバイスの超低消費電力化や多機能化の実現に向けた、素材技術・デバイス技術・ナノシステム最適化技術等の融合による革新的基盤技術の創成」の下に設定した研究領域

[1]研究領域の概要及び研究総括

研究領域『素材・デバイス・システム融合による革新的ナノエレクトロニクスの創成』(CREST・さがけ複合領域)

(1)研究領域の概要

本研究領域は、材料・電子デバイス・システム最適化の研究を連携・融合することにより、情報処理エネルギー効率の劇的な向上や新機能の実現を可能にする研究開発を進め、真に実用化しイノベーションにつなげる道筋を示していくことを目指します。

本研究領域で目標とするような、桁違いの情報処理エネルギー効率の向上と新機能提供の達成には、単に微細化技術の進展だけに頼るのではなく、革新的基盤技術を創成することが必要です。これらは、インターネットや情報端末などをより高性能化し充実してゆくのに必須であるとともに、センサやアクチュエータなどを多用して物理世界と一層の係わりをもった新しいアプリケーションやサービスを創出するのにも役立ちます。

具体的な研究分野としては、新機能材料デバイス、炭素系や複合材料・単原子層材料など新規半導体や新規絶縁物を利用した素子、量子効果デバイス、低リークデバイス、新構造論理素子、新記憶素子、パワーマネジメント向け素子、物理世界インターフェイス新電子デバイス、非ブール代数処理素子などのナノエレクトロニクス材料や素子が考えられていますが、これらに限定することなく、新規機能性材料や新材料・新原理・新構造デバイスの追求を進めていきます。一方、これらを真のイノベーションにつなげるためには、アプリケーションやシステム、アーキテクチャ、回路技術などがシナジーを持って連携あるいは融合する必要があります。そのために、実用化を見据えることによる、素材技術やデバイス技術の選別や方向性の最適化を積極的に推進します。

このような領域横断的な科学技術の強化ならびに加速によって、革新的情報デバイス基盤技術の創成を目指します。

(2)研究総括

さくらい たかやす
桜井 貴康 (東京大学生産技術研究所 教授)

副研究総括

よこやま なおき
横山 直樹 (株式会社富士通研究所 フェロー)

[2]研究領域選定及び研究総括指定の理由

研究領域 1 「素材・デバイス・システム融合による革新的ナノエレクトロニクスの創成」(CREST・さがけ複合領域)

(1)研究領域選定の理由

本研究領域は、新規機能性材料の適用可能性の追求等による素材技術の創出、新材料・新原理・新構造の論理素子・記憶素子の動作検証等によるデバイス技術の構築、先進的なナノテクノロジー等の実装に向けたナノシステム最適化技術の創出、及びそれら技術の融合や連携により、情報処理エネルギー効率の劇的な向上や新機能の実現を目指す。

本研究領域では、上記の目標に対して、情報処理デバイスの微細化だけに頼るのではない、多岐にわたる

研究テーマを対象としている。具体的なものとして、炭素系や複合材料・単原子層材料など新規半導体や新規絶縁物を利用した素子、新構造論理素子、新記憶素子、物理世界インターフェイス新電子デバイス、非ブール代数処理素子などの創製及び開発などが上げられる。加えて、材料やデバイス分野に留まらずに、アプリケーションやシステム、アーキテクチャ、回路技術などの連携・融合、即ち、実用化を見据えた上で、素材技術やデバイス技術の選別や方向性の最適化も行う。このことから、研究推進体制としては、多種多彩な分野の研究者からなるチームの編成が可能なCRESTを選定することは適切である。

一方で、素材・デバイス・回路等の個別技術において、従来にない全く斬新な発想による挑戦的な研究や、チーム型研究に比べてより中長期的視点に立った独創的な研究の推進も必要である。このような研究の推進体制としては、個人の独創的な着想を基に研究を推進することが可能なさがけを選定することは適切である。そして、一人の研究総括が副研究総括とともに分野や知見等を補完しあいながら、CRESTとさがけを一体的に推進する体制とすることにより、チーム型研究と個人型研究の交流と連携が一層緊密で活発となり、その相乗効果からそれぞれの研究課題の効率的な推進とともに、より広範な分野での技術革新が期待できる。

以上のとおり、本研究領域は戦略目標達成に向けて適切に設定されている。総じて国際的水準の高いナノエレクトロニクス研究を基盤とし、情報処理エネルギー効率の劇的な向上や新機能の実現への貢献を目指す取り組みであり、社会的要請のみならず、過去の関連施策による研究成果の発展や研究基盤の強化、ひいては新たな産業競争力の強化という観点においても、学界や産業界等からの要請や関心も高い。このことから、本研究領域に対しては、先見性を有する優れた研究提案が多数見込まれる。

これらを総合すると、多岐にわたる分野の独創的な研究者が、本研究領域で真に連携・融合を行うことにより、科学技術が社会・産業の要請に応える潮流を加速することが期待できる。

(2) 研究総括指定の理由

研究総括 桜井 貴康

桜井貴康氏はこれまでに、企業及び大学の立場から、低消費電力半導体集積回路設計や3次元集積回路設計などに関する第一線級の研究開発に従事し、卓越した研究業績を上げてきた。また最近では、新素材としての可能性に注目されている有機分子材料を用いた大面積エレクトロニクスシステム設計にも取り組んでいる。

これらの業績は国内外にも認められ、電子情報通信学会業績賞や IEEE Pederson 賞、IEEE ISSCC Leading Contributor 賞などを受賞するとともに、IEEE Fellow、電子情報通信学会フェローに選出されている。これらの点を踏まえると、本研究領域を推進するに必要な先見性及び洞察力を十分に有していると認められる。また同氏は現在、半導体集積回路に関する世界最高レベルの国際会議の一つである VLSI Symposia のエグゼクティブ委員会委員長などを務めるなど、関連分野の研究者から信頼も厚く、適切な評価と公平な選考を行いうると認められる。

さらに同氏は、企業在籍時には半導体集積回路設計の開発責任者を、また大学においては 2009 年度から 2012 年度まで NEDO 極低電力回路・システム技術開発(グリーン IT プロジェクト)の統括チームリーダー等を経験していることから、本研究領域での研究課題の効果的、効率的な推進を目指し、適切な研究マネジメントを行う経験、能力を有していると考えられる。

副研究総括 横山 直樹

横山直樹氏は、長年企業の立場から、主として化合物半導体や炭素系材料を用いた集積回路実用化の鍵となるデバイス製造技術を開発してきた。うち化合物半導体に関する成果は一時、世界最高速のスーパーコンピュータVPP500に使用され、その後も、光通信用の高速集積回路や携帯電話用増幅器などにも使用されるようになった。

これらの成果は、卓越した業績として国内外から評価され、IEEE Morris N. Liebmman Memorial Award を受賞するとともに、IEEE Fellow、電子情報通信学会フェロー、応用物理学会フェローに選出されている。これらの点を踏まえると、本研究領域を推進するに必要な先見性及び洞察力を十分に有していると認められる。また同氏はこれまでに、SSDM 組織委員長・論文委員長、応用物理学会理事や IPAP(物理系学術誌刊行協会)監事、応用物理学会評議員などを歴任するなど、関連分野の研究者から信頼も厚く、適切な評価と公平な選考を行いうると認められる。

さらに同氏は、長年企業での研究開発およびマネジメントに係る要職を務め、また現在は最先端研究開発支援プログラム(FIRST)の中心研究者を務めている。JSTでは、2006年から2012年までの間、さがけ「ナノ製造技術の探索と展開」領域の研究総括を務め、研究課題の効果的、効率的な推進、適切な研究マネジメントを遂行するとともに、異分野連携・融合等を通じた若手研究者の育成についても積極的に取り組んだ。

以上を総合すると、素材技術・デバイス技術・システム最適化技術等の連携や融合、ひいては実用化側からの素材技術やデバイス技術の選別を図っていく本研究領域では、実用化側に近い回路設計やシステム開発等により多くの知見のある桜井貴康氏を研究総括として位置づけ、素材技術やデバイス技術開発等により多くの知見のある横山直樹氏を副研究総括として位置づけることで、領域の適切な運営を図る。

3-3 戦略目標「疾患実態を反映する生体内化合物を基軸とした創薬基盤技術の創出」の下に設定した研究領域

[1]研究領域の概要及び研究総括

研究領域 1『疾患における代謝産物の解析および代謝制御に基づく革新的医療基盤技術の創出』(CREST)

(1)研究領域の概要

本研究領域は創薬・診断・予防といった医療応用を見据え、生体内化合物の動態解析を出発点とした、疾患を反映する代謝産物等の探索およびその情報に基づく疾患制御標的分子の分析を加速する技術の創出を目的とします。

具体的には、メタボロミクスをはじめとするオミクス解析等による疾患関連因子のプロファイリングとその分析・同定に資する技術を開発します。また、見出された因子に関係するタンパク質等の分子を同定する技術を構築します。さらに、これらを基盤としてヒトの疾患制御の概念実証を行うことにより成果の医療応用を目指します。

本研究領域では、複数の研究課題が共通の技術目標のもとで推進されるべく、その技術の構築に向けて一体的に運営します。さらに、対応するさがけ研究領域とも緊密に連携し、相互の技術の向上を図ります。なお、成果の迅速な臨床応用に向けて、必要に応じて他の創薬関連プログラム等との連携を実施します。

(2)研究総括

しみず たかお
清水 孝雄 (東京大学 理事・副学長)

研究領域 2『疾患における代謝産物の解析および代謝制御に基づく革新的医療基盤技術の創出』(さがけ)

(1)研究領域の概要

本研究領域は創薬・診断・予防といった医療応用を見据え、生体内化合物の動態解析を出発点とした、疾患を反映する代謝産物等の探索およびその情報に基づく標的分子の分析を加速する技術の創出を目的とします。

具体的には、新規疾患関連因子の発見につながる超高感度検出技術、見出された因子の同定技術・定量計測技術、そしてこれらのスループットを飛躍的に高める技術や多種因子同時分析技術、各種情報技術等を開発します。また、既知の生理活性化合物が作用する代謝産物やタンパク質、代謝経路の特定を通じて、医療応用につなげるための標的分子を解析する一連の技術群の開発・高度化もあわせて行います。これらの成果により技術的アプローチを多様化し、医療応用を目指す上で標的となりうる生体内分子を核としたヒト疾患制御の概念実証に貢献します。

本研究領域ではナノテクノロジー、合成化学、工学等の分野とライフサイエンスの融合研究を積極的に支援し、イノベーションの源泉を涵養します。また、対応する CREST 研究領域とは事実上一体となって運営し、緊密に連携します。そのため、独立した研究者として各研究課題を担うさがけ研究者には、CREST 研究領域と有機的なつながりを持ったバーチャル・ネットワーク型研究所の一員としての活躍にも強く期待します。

(2)研究総括

おだ よしや
小田 吉哉 (エーザイ・プロダクトクリエーション・システムズバイオマーカー&パーソナライズド・メディシン機能ユニット プレジデント)

[2]研究領域選定及び研究総括指定の理由

研究領域 1 「疾患における代謝産物の解析および代謝制御に基づく革新的医療基盤技術の創出」(C REST)

研究領域 2 「疾患における代謝産物の解析および代謝制御に基づく革新的医療基盤技術の創出」(さがけ)

(1)研究領域選定の理由

これまでの疾患研究はその原因の多くをゲノムの機能に求め、疾患を規定する遺伝子同定と制御技術の開発が研究開発の主流であった。一方、近年は表現型を規定する代謝産物が注目され、それらの解析結果から、関連するタンパク質や遺伝子を特定する流れが生まれつつある。特に、臨床材料の充実や質量分析計の高度化が、これらの研究を加速させ、疾患と代謝産物の相関解析による新たな創薬標的や診断技術の確立が多数報告されている。また、未同定の代謝産物も多くこれらの機能や構造解析から新たな医療技術の創出が期待されている。

本戦略目標は、このように国内外で代謝産物に関する科学的知見の蓄積や統合が進みつつあり、また、これらに基づく医療基盤技術の創出に対する社会的要請も高まりを見せている流れを踏まえ、生体内化合物の解析に基づく多様な医療技術基盤の構築を目的とするものである。

研究領域1では、疾患における代謝産物の解析および代謝制御に基づく革新的医療基盤技術の創出、具体的には、創薬・診断・予防といった医療応用を見据えた生体内化合物の動態解析と疾患を反映する代謝産物等の探索およびその情報に基づく標的分子の同定を加速する技術の創出を目指すものである。このため、メタボロミクスをはじめとするオミクス解析による疾患関連因子のプロファイリング、代謝産物の分析・同定に資する技術、さらには見出された因子に関係するタンパク質等の創薬標的分子を同定する技術などの革新的な基盤技術の構築や、これらを基盤とした疾患制御の概念実証等を対象としつつ、これに限定することなく、幅広い研究者層からの革新的な研究提案が対象となるよう設定されている。

研究領域2では、研究領域1が対象とする技術に対応する要素技術として、例えば、新規疾患関連因子の発見につながる超高感度検出技術、見出された因子の同定技術・定量計測技術、そしてこれらのスループットを飛躍的に高める技術や多種因子同時分析技術、各種情報技術等、さらには既知の生理活性化合物が作用する代謝産物やタンパク質と代謝経路の特定を通じて、医療応用につなげるための標的分子を解析する一連の技術群の開発・高度化などを対象とし、これらの技術を先端的な計測技術として昇華させ革新的な医療技術の創出を目指すために、個人のポテンシャルを活かした革新的・独創的なアイデアを広く募ることができるように設定されている。

研究領域1と研究領域2は、相互に連携し、複数の研究課題を共通の技術目標のもとで推進するなど、技術の構築に向けて一体的な運営を行いながら、相互の技術の向上を図ることで、戦略目標の目指す医療技術基盤構築に関する成果を最大にすることが見込まれる。

以上、研究領域1において、生物学、医学、合成化学、材料化学、工学などの異分野の研究者がチームを組んで融合的に高いレベルの研究開発を強力に推進し、研究領域2において個人研究者によって生み出される独創的な研究を推進し、さらに、両研究領域の相乗効果によって革新的な基盤技術の創出に向けた研究が飛躍的に進展することが期待できる。以上のことから、研究領域1及び2は、戦略目標の達成に向けて適切に設定されている。

国際的にもポストゲノムの研究としてメタボロミクスを用いた医療応用を目指す機運が高まっており、ケミカルバイオロジーや代謝物に関する我が国の研究者の幅の広さからからも、幅広い分野から優れた研究提案が多数見込まれる。

なお、成果の迅速な臨床応用に向けて、必要に応じて他の創薬関連プログラム等との連携を実施することが求められる。

(2)研究総括指定の理由

研究総括 清水 孝雄

清水孝雄氏は、生理活性脂質の代謝とその機能に関する研究の第一人者である。清水氏はこれまでに疾患発症に関与するホスホリパーゼA2、5-リポキシゲナーゼなどをはじめ、脂質代謝に関わる重要な酵素を単離し、生理活性脂質の生合成と分解経路を明らかにした。また、これらの解析結果から生理活性脂質の生理機能および気管支喘息、肺線維症、急性呼吸逼迫症候群等の病態、さらには関節リウマチや閉経後骨粗鬆症等との関わりをも発見するなど、当該分野の先駆的研究の業績を有する。これらの業績に対して、日本学士院賞を始めとする各種の賞を受賞しており、特に、最も権威のあるドイツの科学賞の一つである Ernst Schering (エルンスト・シェーリング) 賞の受賞は、その国際的評価の高さを示している。これらのことから、本研究領域に関する先見性・洞察力を有していると認められる。

また、東京大学の大学院医学系研究科長を歴任した後、理事・副学長として東京大学の研究力の増強とトランスレーショナル研究促進に取り組んだ実績を有する。加えて、早くから、メタボロミクス、とりわけリポドミクスの解析技術の開発に着手し、これらの技術を活用した新しい診断技術や創薬に関する企業との連携を深め、産学共同研究の高い実績を有する。これらのことから、代謝産物の動態解析に基づいた機能や機構解明のための医療基盤技術の構築を目指す本研究領域について、効果的かつ効率的な研究推進に向けた適切な研究マネジメントを行う経験、能力を有していると認められる。

さらに、生化学会・分子生物学会合同大会会頭、日本脂質生化学会幹事、日本生化学会理事、日本医学会副会長を歴任した実績のみならず、本研究領域の運営で肝要となる異分野研究者の連携と融合についても、グローバル COE やライフイノベーションプログラムといった医、薬、工の共同プロジェクトを率いた経験を有しており、関連分野の産学の研究者から信頼され、公平な評価を行いうると認められる。

以上を総合すると、清水氏は研究領域1の研究総括として適任であると判断される。

研究総括 小田 吉哉

小田吉哉氏は、HPLC や質量分析を用いた生体内物質の高感度分析、ナノ LC/MS や EDTA 添加法などを用いたプロテオミクスやメタボロミクス分析手法の開発、安定同位体元素標識内部標準法による高精度の定量分析法の開発、種々の質量分析計から得られる生データを自由に取り扱うことを可能にした Mass++ の開発等、細胞内の代謝産物を統合的あるいは網羅的に解析する基盤技術の確立に多大な貢献をするとともに、これらの技術を用いて薬剤のバイオマーカー解析やアルツハイマー病の新たなバイオマーカーの同定を行う等の実用性を示してきた。これらの業績に対して各種の賞を受賞しており、特に、ライフサイエンスおよび創薬に関連した独創的で実用化可能な技術を対象に贈られる Invitrogen-Nature Award バイオテクノロジー賞の受賞歴は、これらの研究実績がイノベーション創出に資する研究成果であることを示している。また、米国スクリプス研究所およびロックフェラー大学において客員研究員を務めた経歴は、製薬企業執行役員として日米を足場に世界戦略を具現化している事実とともに、産学両面において国際的に活躍してきたことを示す証左である。これらのことから、本研究領域に関する先見性・洞察力を有していると認められる。

また、自身が所属するエーザイ株式会社においては、個別化医療のためのバイオマーカーの貢献を目指している。その手法として、自身が開発した手法も含め、ゲノミクス、プロテオミクス、メタボロミクス、イメージングおよび検体バンク等のあらゆるコア技術を駆使した実績を持ち、それらへの理解も非常に深い。加えて、米国および日本の大学、企業、研究所で組織を運営し成果を挙げてきた実績を有しており、代謝産物の動態解析に基づいた機能や機構解明のための医療基盤技術およびその要素技術の構築を目指す本研究領域における効果的・効率的な研究推進に向けて、自身の経験に裏打ちされた適切な研究マネジメントを行う能力を有すると認められる。

さらに、同氏はエーザイ株式会社に本務を置く傍ら、これまで複数の大学において客員教授等を歴任しており、加えて本研究領域において必須となるナノテクノロジー、合成化学、工学等の分野とライフサイエンスの融合研究の観点からも、質量分析総合討論会(日本質量分析学会主催)の実行委員長の任にあるなど、関連分野の産学双方の幅広い研究者から信頼されており、公平な評価を行いうると認められる。

以上より、小田氏は、研究領域2の研究総括として適任であると判断される。

3-4 戦略目標「選択的物質貯蔵・輸送・分離・変換等を実現する物質中の微細な空間空隙構造制御技術による新機能材料の創製」の下に設定した研究領域

[1]研究領域の概要及び研究総括

研究領域 1『超空間制御に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製』(CREST)

(1)研究領域の概要

本研究領域は、21 世紀の人類社会が直面する環境・資源・エネルギー・医療・健康等の諸課題を解決するために、空間空隙を有する物質の次元、形状、大きさ、組成、規則性、結晶性、および界面を高度設計する超空間制御技術を構築し、既存材料・技術では到達困難な革新的機能素材等の創製を目的とします。

具体的には、エネルギー(原料)や化学資源の貯蔵、輸送、分離、(触媒的)物質変換、エネルギーの高効率利用、環境汚染物質の低減・除去、生活水の獲得、さらに医療・健康に関わる素材において、実現されていない“あらまほしき高度の機能・物性”の発現を目的として、物質を構成する原子・分子の配置と結合によって生じる空間空隙構造を高度設計・制御すること、すなわち、超空間制御により、十分に差異化された革新的機能素材等の創製を目指した研究開発を推進します。

ポーラス材料、メソポーラス材料、層状構造物質、かご状構造物質、ナノチューブ、高分子、超分子、生体分子、構造材料などの一般的な空間空隙材料に限らず、空間空隙が機能発現の場となりうる物質・材料を研究対象とします。化学、物理、生物学、工学、計算科学、計測技術等の異分野間の知見を融合したチーム体制のもと、単なる基礎研究ではなく、世界でダントツの素材・製品につながる機能・物性が発現し産業化の端緒となる研究課題を推奨します。

(2)研究総括

瀬戸山 亨^{せとやま へい} (三菱化学株式会社 フェロー・執行役員／株式会社三菱化学科学技術研究センター合成技術研究所 所長／同センター無機系機能材料研究所 所長)

研究領域 2『超空間制御と革新的機能創成』(さきがけ)

(1)研究領域の概要

本研究領域では、環境・エネルギーや医療・健康をはじめとする社会的ニーズに応えるべく、「時代を創る」新物質・材料の創製に向けて、物質中の空間空隙を高度に設計・制御する「超空間制御技術」を確立し、従来の空間利用の常識を超える革新的機能の創出を目指します。

具体的には、エネルギー変換材料、化学物質の貯蔵・輸送・分離・変換を可能にする材料、分子認識材料、医用材料、構造材料、電子材料等への利用に向けて、高度に設計・制御した空間空隙を革新機能創成の場として捉えた先駆的・独創的な研究を推進します。

加えて、将来的な素材化、プロセス化の技術の流れを意識し、空間空隙の合成化学の側面と、最先端計測及び計算による機能解明等、広い観点を背景とした挑戦的なアプローチを有する研究を目指します。

世界を牽引し、物質・材料開発研究のフロンティア開拓を期待できる挑戦的・意欲的な研究に取り組みます。

(2)研究総括

黒田 一幸^{くろだ かずゆき} (早稲田大学理工学術院 教授)

[2]研究領域選定及び研究総括指定の理由

研究領域 1「超空間制御に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製」(CREST)

研究領域 2 「超空間制御と革新的機能創成」(さきがけ)

(1) 研究領域選定の理由

本戦略目標は、21世紀の人類が直面する環境・エネルギー、医療・健康等の諸問題を解決するために、物質を構成する原子・分子の配置と結合によって生じる隙間、すなわち、空間空隙の形状、寸法、次元、大きさ、組成、規則性、結晶性および界面を自在に設計・制御・活用する空間空隙構造制御技術によって、既存材料・技術では実現困難な新機能・新物性を発現させ、革新的機能性材料を創製することを目的としている。「空間空隙」とは、ナノ、メソ、マクロといった様々なスケールの物質で発現する機能を理解し、設計・制御する際の新しい基本概念であり、研究推進に当たっては異分野間交流による融合の促進やシナジー効果が不可欠となる。したがって、化学、物理、生物学、工学などの多数の学問的知見を融合し、さらに日本が誇る最先端の計算科学、計測技術等を活用したネットワークを形成することが必須となる。

研究領域1においては、エネルギーの効率的利用、環境負荷の低減などの10年後、20年後の社会が欲する大きな課題(NeedsではなくWants)を予見し、空間空隙構造の高度設計・制御(＝超空間制御)を切り口として、現状では達成しえない「あらまほしき物性・機能」をもつ新素材等の創製を目指して機関横断型もしくは分野横断型のチーム研究を推進する。ここでは、大きな新産業創生の足掛かりを作るためのインキュベーション期間と位置づけ、世界でダントツの素材・製品につながる機能・物性が発現する物質・材料開発に取り組むことで、産業化の端緒となる新たな科学技術イノベーションを創出することが見込まれる。したがって、CRESTを選定することは適切である。

研究領域2においては、従来の空間空隙を有する物質では到達できない新機能性物質群創製を旗印とし、多様な独創的・挑戦的な個人型研究を推進する。「時代を創る」新物質・新材料創製を見据え、新たな科学技術イノベーションの源泉となる先駆的な研究成果を期待することができる。また、異分野融合・シナジー効果によって次代を担う強いつながりを持った研究者ネットワークが形成されることが見込まれる。したがって、さきがけを選定することは適切である。

以上のとおり、将来のWantsを予見し、超空間制御技術によって“あらまほしき物性・機能”を有する新材料創製のためのインキュベーション期間として位置づけられるCREST(研究領域1)と、「時代を創る」新物質・新材料創製を目指し、世界を牽引する強い意志を持った研究者集団を形成するさきがけ(研究領域2)の2つの研究領域を選定し、両者で密な連携を図っていくことで、空間空隙制御技術によって従来の機能・物性を凌駕する素材・製品につながる研究開発を相補的・相乗的に行うことが期待される。「空間空隙」という新しい共通概念の下、異分野融合研究を推進することで新しい研究領域を産み出し、幅広い社会的課題を解決できる物質・材料開発にブレークスルーを起こすことが期待される。したがって、研究領域1および2は、戦略目標の達成に向けて適切に設定されている。

研究領域1、2とも、対象となりうる研究分野は、化学、物理、生物学、計算科学、工学、材料科学、計測技術など多岐にわたり、独創的かつ挑戦的な研究提案が多数見込まれる。

(2) 研究総括指定の理由

研究総括 瀬戸山 亨

瀬戸山亨氏は、固体触媒、無機材料設計、環境エネルギー工学の第一線の研究者として、多孔性固体酸触媒を用いた低環境負荷テトラヒドロフラン開環重合プロセスの開発など、これまで機能性無機材料の探索研究・工業化研究を精力的に取り組んできた。その業績は高く評価され、石油化学賞やグリーン・サステイナブルケミストリー賞(経済産業大臣賞)などを受賞しており、本研究領域を推進するに必要な先見性、洞察力を十分に有していると考えられる。また、触媒学会の理事・副会長、石油学会理事、ゼオライト学会副会長、文部科学省「元素戦略プロジェクト」評価委員などを務めていることから、関連分野の研究者から信頼され、公平な評価を行いうると見られる。さらに、(株)三菱化学科学技術研究センター合成技術研究所長・無機系機能材料研究所長を務めており、大きな新産業創生の足掛かりを作ることをミッションとする本研究領域のマネジメントを行うに適した経験、能力を備えていると考えられる。

以上を総合すると、同氏は他国の追随を許さないダントツの革新的機能材料の創製を目指した研究領域1の研究総括として適任であり、優れた調整能力と強力なイニシアティブを発揮すると期待できる。

研究総括 黒田 一幸

黒田一幸氏は、無機材料科学、無機有機複合系化学の卓越した研究者として、層状ケイ酸塩と多様な有機化合物との反応およびナノ複合体の合成で多数の業績を挙げてきた。同氏が開発したメソポーラスシリカ薄膜は最も優れた構造規則性を有している多孔性物質と評されており、また、ケイ酸塩有機複合体からのメソ多孔体への変換は世界に先駆けて報告され、その後のモービル社から報告されたMCM-41型のシリカメソ多孔体に先駆けるものとしてその波及効果は極めて大きい。その業績は高く評価され、触媒調整化学賞、日本粘土学会賞、日本セラミックス協会学術賞などを受賞しており、本研究領域を推進するに必要な先見性、洞察力を十分に有していると考えられる。さらに、日本化学会の理事及び関東支部長、日本セラミックス協会理事、ゼオライト学会会長、日本粘土学会副会長、日本ゾルゲル学会副会長、文部科学省新学術領域研究専門委員会委員などを務めていることから、関連分野の研究者から信頼され、公平な評価を行いうるとみられる。また、グローバルCEO「実践的化学知」教育研究拠点リーダーを務められた等、次の時代を切り拓き世界を牽引する強い意志をもった挑戦的・独創的な研究を推進する本研究領域のマネジメントを行うに適した経験、能力を有していると考えられる。

以上のとおり、同氏は「時代を創る」新物質群創製を見据えたサイエンスのフロンティアを開拓する研究領域2の研究総括として適任であり、優れた調整能力と強力なイニシアティブを発揮すると期待できる。

3-5 戦略目標「分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化」の下に設定した研究領域

[1]研究領域の概要及び研究総括

研究領域 1 『科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータ利活用推進のための次世代アプリケーション技術の創出・高度化』(CREST)

(1)研究領域の概要

ICTの社会浸透や、実世界から情報収集するセンサーや計測・観測機器の高度化と普及に伴い、実時間ストリームデータを含む様々な分野で得られるデータは指数関数的に増大し、多様化し続けています。これらのビッグデータの高度な統合利活用により、新しい科学的発見による知的価値の創造や、それらの知識の発展による社会的・経済的価値の創造やサービスの向上・最適化などにつながる科学技術イノベーションが期待されています。

本研究領域では、情報科学・数理科学分野とビッグデータの利活用により大きな社会的インパクトを生むような様々な研究分野(アプリケーション分野)との協働により研究を進め、科学的発見及び社会的・経済的な挑戦的課題の解決や革新的価値創造のために、個々の研究者や組織のみでは集積することが困難な大規模かつ多様な関連データを相互に関連付けて高度な統合的分析処理を行うことにより、これらのビッグデータに隠されている革新的知見や価値を抽出し創成することを実証的に研究開発します。そのために必要な次世代アプリケーション基盤技術を実証的に創出・高度化することを目指します。

具体的には、生命、物質材料、健康・医療、社会・経済、都市基盤システム、防災・減災、農林水産業、宇宙地球環境などにおける様々な科学的発見及び社会的・経済的な挑戦的課題の解決や革新的価値創造を、ビッグデータを高度統合利活用する革新的技術によって実証的に実現します。単に、既知の基盤技術の適用による知見や価値の創造を目指すのではなく、目的達成に必要な次世代アプリケーション基盤技術を新たに実証的に創出・高度化し、適用分野の特性に応じた総合的かつ統合的なビッグデータ解析システム技術を確立することを目指します。

また、本研究領域では、関連領域の「ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化」で得られる次世代基盤技術を共有・活用するなどの連携を推進します。

(2)研究総括

たなか ゆずる
田中 譲 (北海道大学大学院情報科学研究科 教授)

研究領域 2 『ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化』(CREST・さきがけ複合領域)

(1)研究領域の概要

ICTの社会浸透や、実世界から情報収集するセンサーや計測・観測機器の高度化と普及に伴い、実時間ストリームデータを含む様々な分野で得られるデータは指数関数的に増大し、多様化し続けています。これらのビッグデータの高度な統合利活用により、新しい科学的発見による知的価値の創造や、それらの知識の発展による社会的・経済的価値の創造やサービスの向上・最適化などにつながる科学技術イノベーションが期待されています。

本研究領域では、ビッグデータの複数ドメインに共通する本質的課題を解決し、様々な分野のビッグデータの統合解析を可能にする次世代基盤技術の創出・高度化・体系化を目指します。

具体的には、大規模データを圧縮・転送・保管する大規模管理システムの安定的運用技術や、多種多様な情報を横断して検索・比較・可視化して真に必要な知識を効率的に取り出す技術、これらを可能にする数理的手法やアルゴリズムなどの開発を推進します。これらの研究の推進にあたり、ビッグデータから社会における価値創造に至るシステム全体の設計を視野に入れ、ICT以外の分野との積極的な連携・融合によって

社会受容性の高い次世代共通基盤技術の創出・高度化・体系化に取り組みます。

また、本研究領域では、関連領域の「科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータ利活用推進のための次世代アプリケーション技術の創出・高度化」で得られる次世代アプリケーション技術やデータを共有・活用するなどの連携を推進します。

(2) 研究総括

喜連川 優^{きつれがわ まさる}（東京大学 生産技術研究所 教授）

[2] 研究領域選定及び研究総括指定の理由

研究領域 1 「科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータ利活用推進のための次世代アプリケーション技術の創出・高度化」(CREST)

研究領域 2 「ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化」(CREST・さがけ複合領域)

(1) 研究領域設定の理由

本戦略目標は、分野を超えたビッグデータの利活用により、新しい科学的発見や社会的課題解決に資する新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術や数理的手法の創出・高度化・体系化を目指すものである。このためには、生命・健康・医療から地球環境、都市基盤システム、防災・減災までの多様な分野における科学的発見・社会的課題解決を目指す横断型アプローチと、ビッグデータを利活用する上で本質的となる技術課題を情報学・数理科学的見地から深く掘り下げブレークスルーをねらう深堀型アプローチによる重奏的な研究が行われる必要がある。そのため、本戦略目標の下には、2つの研究領域を選定することが適切である。

とくに、研究領域 1 における次世代アプリケーション技術の創出・高度化に当たっては、研究領域 2 の研究で得られる IT 基盤技術を取り込みながら推進し、その逆に研究領域 2 の IT 基盤技術の創出・高度化・体系化に当たっては、研究領域 1 の研究で得られる次世代アプリケーション基盤技術やデータを共有・活用しながら研究を進め、研究領域 1 と研究領域 2 が相互連携することで、効果的に戦略目標が達成されるものと考えられる。

研究領域1においては、科学的発見及び社会的・経済的な挑戦的課題の解決や革新的価値創造のために、個々の研究者や研究室のみでは集積することが困難な大規模かつ多様な関連データを分野や組織を越えて集積し、相互に関連付けて高度な統合的分析処理を行うことにより、これらのビッグデータからそこに隠されている革新的新知見や価値を抽出し創成することを実証的に研究開発することを目的とする。さらに、この目的の達成に必要な IT 基盤技術を実証的に創出・高度化・体系化することを目指す。

そのためには、生命、物質材料、健康・医療、社会・経済、都市基盤システム、防災・減災、農林水産業、宇宙地球環境など様々な IT 以外の研究者と IT 系研究者との連携が不可欠であるが、現状ではデータの活用についてはまだ端緒の段階にあり、このような連携はあまり多く見られない。本研究領域の設定により、このような連携による研究を促すことで、優れた研究提案が数多く見込まれるとともに幅広く数多くの研究分野の発展に寄与することが期待される。

研究推進体制としては、上記のように IT 系以外と IT 系の研究者がチームを組むことができる CREST を選定することが適切である。

以上のことから、本研究領域は戦略目標の達成に向けて適切に設定されている。

研究領域2においては、ビッグデータの高度な統合利活用により、新しい科学的発見による知的価値の創造や、それらの知識の発展による社会的・経済的価値の創造やサービスの向上・最適化などに資する、情報学を基盤とした IT 基盤技術の創出・高度化・体系化を目指す。このため、大規模データを圧縮・転送・保管する大規模管理システムの安定的運用技術や、多種多様な情報を横断して検索・比較・可視化して真に必要な知識を効率的に取り出す技術、これらを可能にする数理的手法やアルゴリズムなどの開発を対象としている。これらの研究の推進にあたり、ビッグデータから社会における価値創造に至る全体のメカニズムデザインやエコシステムを視野に入れ、個別要素技術を組み合わせ総合的に高度化・体系化する取り組みが必要とされている。そのため、関係する研究者がチームを組んで研究推進する CREST を選定することが適切である。

また、独創的なアプローチを有するポテンシャルの高い個人研究者について当該研究領域への参画を促すことで、ビッグデータ時代に必要となる IT 基盤技術を研究開発する研究者コミュニティが醸成されると見込まれる。さらに、ビッグデータのドメインに依存しない本質的課題を抽出・解決する上で、個人研究者が研究チーム等の研究目標に捉われず、自由に IT 以外の分野との横断的交流を進めることは、将来的な IT 以外の分野との積極的な連携・融合に資すると期待される。したがって、さきがけを選定することは適切である。

本領域の設定により、様々な分野のビッグデータの統合解析を行うための次世代基盤技術の創出・高度化・体系化への取り組みが行われるとともに各アプリケーション分野における次世代アプリケーション基盤技術の創出・高度化へ資することから、本研究領域は戦略目標の達成に向けて適切に設定されている。また、ビッグデータから新たな知識等を得ようとする社会的ニーズが高まる中、そのための技術・手法の創出・高度化・体系化を促すものとして適切な研究領域であり、データマイニング・機械学習・統計学等の分野から優れた研究提案が多数見込まれる。

(2) 研究総括指定の理由

研究総括 田中 譲

田中譲氏は、知識の構築・編集・再利用のための知識メディア研究および抽出した様々な価値を人が評価・意思決定できるよう複数のプログラムモジュールを容易な操作で自在に組み替えて連携させる技術で、国際的・学際的な情報学の発展に寄与するなど優れた研究実績を有する研究者である。近年ではこれらの研究を元に EU(欧州連合)の推進する FP7(Framework Programme 7)の中の「p-medicine」に 2011 年から参画しており、臨床治験や遺伝子情報、患者のカルテ履歴といった多様で大量の情報から、患者ごとにオーダーメイド医療を提供することが最終目標としている。このプロジェクトには、EU 圏外の研究機関として田中譲氏のラボラトリーだけが唯一参加している。また文部科学省の 2011 年度の委託研究にて「知識創成 HCPS スマート・フェデレーション統合環境と降雪地域における除排雪の効率化・最適化への適用」という研究テーマを実施。札幌市の除排雪システムの最適化やドライバーの適切な誘導などを目指しながら、データ分析可視化基盤を開発している。

これらのことから、ビッグデータ時代における科学的発見・社会的課題解決に向けた次世代アプリケーション技術を創出することを目的とする本研究領域の運営と推進に関し、分野を越えた俯瞰的な視野と豊富な人脈および優れた先見性と洞察力を有すると判断できる。

同氏はまた情報処理学会英文論文誌 JIP 編集委員長、21 世紀 COE リーダーなどを歴任、EU の推進する FP6 の研究開発プロジェクト ACGT(Advancing Clinico-Genomic Trials on Cancer)に正規メンバーとして参画するなど、国際的にも関連分野の多くの研究者から信頼され、適切な研究マネジメントを行う経験、能力を有するとともに、公平な評価を行いうると認められる。

以上より、同氏は本研究領域の研究総括として適任であると判断される。

研究総括 喜連川 優

喜連川優氏は、web マイニングを用いたサイバーコミュニティ抽出と次世代サーチエンジンの研究、大規模 PC クラスタによる超並列データマイニングおよびデータベース研究など、多数の卓越した業績をもつ研究者である。世界に先駆けてビッグデータの重要性に着目し、「情報爆発時代に向けた新しい IT 基盤技術の研究」(科学研究費補助金特定領域研究、平成 17～22 年度)や、「超巨大データベース時代に向けた最高速データベースエンジンの開発と当該エンジンを核とする戦略的社会サービスの実証・評価」(最先端研究開発支援プログラム(FIRST)、平成 22～26 年度)のプロジェクト代表者として、ビッグデータから真に必要な情報を効率よく取り出す要素基盤技術や、社会が受け入れやすい先進的 IT サービスのためのシステム構築に大きく寄与している。優れた研究成果は、電子情報通信学会業績賞、情報処理学会功績賞の受賞を始め、リレーショナル・データベースの結合演算の高速化への貢献により ACM SIGMOD Edgar F. Codd Innovations Award を日本人として初めて受賞するなど、国内外で高く評価されている。これらのことから、同氏は、ビッグデータ時代における IT 基盤技術について深い先見性と洞察力を有すると判断される。

また、国立国会図書館科学技術関係資料整備審議会委員や学術会議会員などを歴任し、かつ IEEE ICDE や PAKDD など複数の国際会議のチェアを務めるなど、当該分野を牽引する世界的リーダーの一人である。その発展への精力的な関与により、多数の分野における豊富な人脈を有し、国内外の関連分野の研究者からの

信頼も厚く、適切な研究マネジメントを行う経験、能力を有するとともに、公平な評価を行いうると認められる。

加えて、東京大学地球観測データ統合連携研究機構機構長として、地球環境分野と IT 分野の連携・融合に積極的に取り組むなど、IT 以外の分野との融合を目指す本戦略目標の達成に不可欠となる、俯瞰的視野を有すると見られる。

以上より、同氏は本研究領域の研究総括として適任であると判断される。

(別添資料1)

戰略目標

平成25年度 戦略目標

- 再生可能エネルギーの輸送・貯蔵・利用に向けた革新的エネルギーキャリア利用基盤技術の創出
- 情報デバイスの超低消費電力化や多機能化の実現に向けた、素材技術・デバイス技術・ナノシステム最適化技術等の融合による革新的基盤技術の創成
- 疾患実態を反映する生体内化合物を基軸とした創薬基盤技術の創出
- 選択的物質貯蔵・輸送・分離・変換等を実現する物質中の微細な空間空隙構造制御技術による新機能材料の創製
- 分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化

平成 25 年度戦略目標

1. 戦略目標名

再生可能エネルギーの輸送・貯蔵・利用に向けた革新的エネルギーキャリア利用基盤技術の創出

2. 達成目標

水素エネルギー社会の到来を控え、水素含有率、低環境負荷、取扱いの容易性等において総合的にエネルギーキャリア（エネルギーの輸送・貯蔵のための担体）としての利用にふさわしいものとなり得る窒素化合物や炭化水素、無機水素化物等の高効率変換・利用技術を創出する。そのために、以下の目標の達成を目指す。

○再生可能エネルギーを効率的に化学的なエネルギー（エネルギーキャリア）に変換するための基盤技術の創出

○エネルギーキャリアから、電気エネルギーを取り出し利用するための基盤技術の創出

○エネルギーキャリアを安全に輸送・貯蔵する技術の創出

3. 将来実現し得る重要課題の達成ビジョン

本戦略目標下において「2. 達成目標」に向けた研究成果が得られることにより、太陽光、風力等の再生可能エネルギーを様々なエネルギーキャリアに変換するとともに、エネルギーキャリアを安全に輸送・貯蔵し、必要に応じて電力や動力、又は化成品原料として利用することを可能とする基盤技術が確立されることを目指す。これらの研究成果を民間企業につなげ、更に国内における再生可能エネルギーの負荷平準化に応用することにより、電力グリッドによらない再生可能エネルギーの新たな利用形態の確立を目指す。これにより、再生可能エネルギーを安定的かつ積極的に利用する社会の実現、水素エネルギー社会の到来に資するシステムの構築に貢献する。

また、本戦略目標において得られる技術を活用し、再生可能エネルギーの賦存量（ふぞんりょう）が大きい諸外国に技術を輸出することで相手国の経済成長に貢献するとともに、相手国の再生可能エネルギーを化学エネルギーの形態で大量に輸入することを可能とし、国内外の再生可能エネルギーの安定的利用に貢献することを目指す。

これにより第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）に掲げられた「エネルギー供給源の多様化と分散化」、「長期的に安定的なエネルギー需給構造の構築と世界最先端の低炭素社会の実現」の達成に貢献する。

4. 具体的内容

（背景）

我が国の電力需要を賄う一次エネルギー源として、再生可能エネルギーが占める割合を大幅に増やすためには、再生可能エネルギーが自然現象によることに起因する課題を克服しなくてはならない。例えば太陽光、風力等の再生可能エネルギーが得られる地域は国内外において偏っており、都市などのエネルギー消費地から遠隔であることが多い。季節や時間といった月・日・時間単位の変動が大きく、電力の需要と供給のピークが一致しない等の課題がある。

これら再生可能エネルギー特有のいわば地理的・時間的な課題を克服するための方策として、再生可能エネルギーによって生産される電力や熱を用いた化学変換により、その反応生成物にエネルギーを蓄え、エネルギーキャリアとして活用することが考えられる。これによりエネルギーキャリアを介してエネルギーを安全に輸送・貯蔵し、必要に応じて電力や動力、又は化成品原料として利用することが可能となる。変動の大きい再生可能エネルギー発電の負荷の平準化のためには、蓄電池以上に長期間にわたりエネルギーの出し入れが可能となるエネルギーキャリアの活用が有効である。

これまでの水素関連研究により、高効率化や低コスト化の課題は残るもののアルカリ水電解による水素生成技術はある程度確立している。しかし本格的な水素エネルギー社会を見据えると、水素の輸送・貯蔵における大きな課題が残る。水素を大量に輸送するためには、 -253°C まで冷却して液化しエネルギー密度を上げなくてはならないが、これには大きなエネルギーとコストを要する。海上の大規模輸送のみならず燃料電池自動車や家庭用燃料電池に供給するために都市に張り巡らすインフラ構築を考慮すると、これに代わる、水素含有率、低環境負荷、取扱いの容易性等に優れたエネルギーキャリアの利用技術を創出することが必要である。

（研究内容）

本戦略目標の達成には、これまでの水素関連研究とは異なった、新たな着想に基づく独創的研究が必須であり、触媒化学、電気化学、材料科学、プロセス工学などから新規の研究者が参入することが重要である。これらの研究者が同一の目標の下に集結・連携して各分野の知見を融合させた新しいエネルギーキャリア研究に挑むことによって、既存研究の延長線上にはない高効率なエネルギーキャリア合成・利用の基盤技術の確立を目指す。具体的には、以下の研究を想定する。

【エネルギーを変換する】

- ① エネルギーキャリアを効率的に直接合成するための触媒化学的・電気化学的な技術やその機構解明のための研究
- ② 太陽熱や地熱を用いた熱化学プロセスによりエネルギーキャリアを合成するための研究
- ③ その他、水素含有率、低環境負荷、取扱いの容易性等に優れたエネルギーキャリアとなる新規材料の創出・設計指針の構築や、光化学などにより水素や水を効率良くエネルギーキャリアに変換するための研究

【エネルギーを利用する】

- ① エネルギーキャリアを燃料として用いて電気エネルギーを取り出す新しい直接燃料電池の研究
- ② エネルギーキャリアから低温で高効率に水素を取り出す脱水素技術に関する研究
- ③ エネルギーキャリアを利用して有用化成品を直接合成する新規プロセスの研究

【エネルギーを安全に輸送・貯蔵する】

各エネルギーキャリアを安全に長距離輸送・長期間貯蔵するための研究

なお、研究が先行している有機ハイドライド、アンモニアについては、既存の合成方法とは全く異なる、例えば電気化学と触媒化学を融合させた新規電解合成による水素を介さない有機ハイドライド直接合成方法、希少金属や入手困難な還元剤を用いることなく窒素三重結合の解離を可能とする新規触媒開発によるアンモニア合成方法などを想定する。

5. 政策上の位置付け（政策体系における位置付け、政策上の必要性・緊急性等）

第4期科学技術基本計画では、「グリーンイノベーションの推進」は、我が国の将来にわたる成長と社会の発展を実現するための主要な柱の一つとして掲げられている。また、「Ⅱ-3. グリーンイノベーションの推進」において、「製造・輸送・貯蔵にわたる水素供給システム」の研究開発とその海外展開が課題として挙げられている。本戦略目標では、水素をそのまま利用することに加えて、エネルギーの輸送・貯蔵・利用を可能とする新たなエネルギーキャリア利用技術を創出するための研究開発を国として推進することで、より多角的に再生可能エネルギーの導入拡大を図るものである。こうした取組は、第4期科学技術基本計画の「安定的なエネルギー供給と低炭素化」、「エネルギー利用の高効率化及びスマート化」及び「社会インフラのグリーン化」に貢献する。

エネルギー基本計画（平成22年6月18日閣議決定）では、「新たなエネルギー社会の実現」として、「中長期的には水素エネルギーを有効活用する社会システムを構築していくこと」の重要性を指摘した上で「水素エネルギー社会の実現」を掲げている。当面は「化石燃料由来の水素を活用し、化石燃料の有効利用を図るとともに、製鉄所等からの副生水素等を活用する」が、将来的には「非化石エネルギー由来水素の開発・利用を推進する」としており、このためには本戦略目標下におけるエネルギーキャリアの利用基盤技術の確立が不可欠である。

さらに、「平成25年度科学技術重要施策アクションプラン」（平成24年7月19日総合科学技術会議 科学技術イノベーション政策推進専門調査会）においても、グリーンイノベーションの項目の重点的取組として、「革新的なエネルギー供給・貯蔵・輸送システムの創出」が掲げられている。

本戦略目標はこれらに貢献するものである。

6. 他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い

文部科学省・経済産業省合同検討会で、本研究開発分野の両省連携の重要性が認識されるに至った。経済産業省（経産省）では企業等における再生可能エネルギーからの低コスト水素製造技術開発等を推進していく一方、文部科学省（文科省）では革新的エネルギーキャリア変換・利用技術等を中心に研究を実施する。

文科省では、本戦略目標と独立行政法人科学技術振興機構（JST）の先端的低炭素化技術開発（ALCA）で分担・連携してエネルギーキャリアの研究開発を推進する。具体的には以下のとおりである。

エネルギーキャリアの実現に求められる研究開発は大きく二つのフェーズに分けられる。一つは産業界が既に着目しているものの、社会普及の前に大規模化や低コスト化が大きな障壁として立ち塞がり、単独企業の努力では突破不可能で産学連携による技術基盤の確立が不可欠なものである。これに該当するのが有機ハイドライド及びアンモニアである。ALCA では、この状況を打破するために、有機ハイドライド及びアンモニアを対象に最長 10 年の産学官の混成メンバーによる研究開発を実施し、経産省事業や産業に橋渡しすることを目指す。具体的には、例えば有機ハイドライドでは、電解合成、水素化・脱水素、有機ハイドライド燃料電池の研究開発を、アンモニアでは、熱化学合成、脱水素、アンモニア燃料電池の研究開発を行う予定である。

もう一つのフェーズは、いまだ実用性は可能性の域にあるものの利用技術を確立すれば有機ハイドライドやアンモニアを凌駕（りょうが）する新たなエネルギーキャリアとしての地位を確立できる新規物質、あるいは、有機ハイドライドやアンモニアに関してこれまで想定されてきた合成方法を根底から覆すような技術の創出である。本戦略目標ではこのフェーズに焦点を絞る。

本戦略目標及び ALCA で得られた研究成果は、文科省及び経産省が共同で設置するガバニングボードで共有し、有望な基礎技術が開発されれば速やかに次のフェーズへと橋渡ししていく等、単独のプロジェクトに完結させない連携体制をとる。

また、本戦略目標と同年に設定される戦略目標「選択的物質貯蔵・輸送・変換等を実現する物質中の微細な空間空隙構造制御技術による新機能材料の創製」とも選択的物質貯蔵・輸送・変換等を可能にする革新的な空間空隙材料の創製という観点で、得られた知見を共有するなど効果的な研究体制を推進していく必要がある。

7. 科学的裏付け（国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等）

我が国は、太陽電池発電所や風力発電所の設備に関する技術の輸出大国の一つであるが、そのエネルギーを輸入するための技術開発は皆無に等しい。国際的ビジョンにおける新エネルギー生産・輸送・貯蔵・利用に関する研究投資は多くなく、基礎技術から社会工学的視野までを俯瞰（ふかん）した研究が必須である。また、水素国際クリーンエネルギーシステム技術（WE-NET）以降の電気化学、触媒化学、材料科学、プロセスエ

学などの個々の分野の進展と、その後の国立大学法人山梨大学の燃料電池ナノ材料研究サテライト拠点や国立大学法人九州大学の次世代燃料電池産学連携研究センターなどの集中的研究拠点の整備が総合的に結実した結果、燃料電池では世界最高水準の研究開発を誇っている。燃料電池の要素技術開発によって得られた基礎的知見は、エネルギーキャリアの研究開発につながるものが多い。さらに、エネルギーキャリアの基盤技術において鍵となる触媒に関しても、材料開発及び有機合成を中心とする反応研究で極めて高い研究水準を維持しているとともに、米国に次いで世界第 2 位の触媒生産国であり、基礎研究と産業の双方において世界をリードしている※¹。

エネルギーキャリアを共通目標に掲げ、関連分野の世界最高水準の科学的ポテンシャルを活用しこれらの連携・融合を一層促進することによって、我が国はエネルギーキャリアの基盤技術を世界にさきがけて確立することができる。

米国エネルギー省（DOE）では、太陽エネルギーを燃料に変換する技術（ソーラーフュエル）や反応の触媒研究などが実施されている。また、欧州第七次研究枠組み計画（FP7）においても、ソーラーフュエルや電解あるいは熱による水素製造に関するプロジェクトが実施されている。こういった国際的な研究開発動向の中、日本、中国、ドイツ、米国におけるエネルギーキャリアに関する研究論文数はここ数年増加している。日本は米国、中国、ドイツに次いで第 4 位を維持するものの、その数は米国の 1/4、中国の 1/3 にとどまり、5 年前よりも差は拡大しつつある※²。

日本では、過去に WE-NET において、水素の利用技術を中心としてエネルギーキャリアに取り組んだ経緯もあるが、最近の米国 DOE や欧州での取組を踏まえ、さらに関連分野の科学的水準が世界トップクラスであるというポテンシャルを生かして、再生可能エネルギーの地理的・時間的な課題を克服し、それを輸送・貯蔵が可能な状態に効率的に変換して消費地に安定供給するための技術を確立する必要がある。

※¹ 独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター、『ナノテクノロジー・材料分野 科学技術・研究開発の国際比較 2011 年版』，2011

※² トムソン・ロイター「WEB OF KNOWLEDGE」〈<http://wokinfo.com/>〉

本戦略目標に関するキーワードを設定し、2007～2011 年の原著論文数を検索した結果に基づく。

8. 検討の経緯

東日本大震災復興の観点から、再生可能エネルギーを積極的に利用するための関連技術の必要性を認め、独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター（JST/CRDS）環境・エネルギーユニットにおいて検討を開始し、再生可能エネルギーを化学エネルギーに変換、また化学エネルギーから電力へ変換し利用するために取り組むべき技術課題や、研究開発の方向性などについて、有識者へのインタビューなどによる予備調査を実

施した。その後、詳細検討チームを発足させ、科学技術未来戦略ワークショップ「再生可能エネルギーの輸送・貯蔵・利用に向けたエネルギーキャリアの基盤技術」を開催（平成 24 年 7 月 28 日）した。多分野の研究者により具体的な研究開発課題及び推進方策等について検討を行い、

- ・再生可能エネルギー又はそれを基とした電力からのエネルギーキャリアへの変換技術における研究課題

- ・エネルギーキャリア間やキャリアから電力や動力への変換技術の研究課題

などの俯瞰整理を進めた。これらの検討結果を取りまとめ、戦略プロポーザル「再生可能エネルギーの輸送・貯蔵・利用に向けたエネルギーキャリアの基盤技術」が平成 25 年 3 月に発行される予定である。

他方、文科省では、経産省との合同検討会を開催し、上記の JST/CRDS の検討も踏まえながら両省が連携して 2030 年頃の実用化を目指して取り組むべき革新的技術について議論し、その一つとして「エネルギー貯蔵・輸送」が特定されるに至った。さらに、合同検討会の下に本技術を議論するため両省と学識経験者等からなるワーキンググループを設置し、平成 25 年 2 月までに 7 回にわたり会議を行って、両省の役割や連携の仕組みについて議論を続けてきた。

本戦略目標は、これらの検討の結果を踏まえて作成したものである。

9. その他

平成 25 年度戦略目標

1. 戦略目標名

情報デバイスの超低消費電力化や多機能化の実現に向けた、素材技術・デバイス技術・ナノシステム最適化技術等の融合による革新的基盤技術の創成

2. 達成目標

従来のシリコンデバイスによる微細化，集積化が限界を迎える中，現在より 2 桁以上低い消費電力と 2 桁以上高速の情報デバイスを開発することを共通目標とし，将来のエレクトロニクス産業の基盤を確立するため，新規機能性材料の適用可能性の追求等による素材技術（先端材料や部材の開発及び活用に必要な基盤技術）の創出，新材料・新原理・新構造の論理素子・記憶素子の動作検証等によるデバイス技術の構築，先進的なナノテクノロジー等の実装に向けたナノシステム※最適化技術の創出，そしてそれら技術の融合に取り組むことにより，以下の目標を達成することを目指す。

- 革新デバイスを下支えする新規機能性材料の創製及び適用可能性の追求による素材技術の創出
- 超低消費電力，超高速，超大容量等を可能にする新材料・新原理・新構造の論理素子・記憶素子等による革新デバイス技術の創出
- 異分野の要素技術を集積・統合・融合することによるナノシステムの最適設計に向けた基盤技術の創出

※本戦略目標においては，ナノテクノロジーを基軸として他分野の要素技術を集積・統合・融合し，全体として重要課題の解決に資する高度な機能を提供することが可能で，かつ社会的に認知される部品・装置・システムのことと定義する。

3. 将来実現し得る重要課題の達成ビジョン

本戦略目標において「2. 達成目標」に記載した研究成果を企業等の実用化研究につなげることで，その諸技術を活用した革新的なデバイスが開発され，情報通信機器やシステム構成機器の超低消費電力化，高機能化や多機能化の実現が可能となる。

これにより，具体的には以下のような社会の実現につなげ，第 4 期科学技術基本計画（平成 23 年 8 月 19 日閣議決定）に掲げられた「エネルギー利用の高効率化及びスマート化」，「産業競争力の強化に向けた共通基盤の強化」，「領域横断的な科学技術の強化」等の達成に貢献することを目指す。

- （１） あらゆる情報通信端末，情報デバイス等が超低消費電力化されることにより，省エネルギー時代に適合した持続可能な高度情報通信ネットワーク社会の形

成に大きく貢献する。

- (2) 新たな動作原理に基づくデバイスの融合による、タッチパネル、フレキシブルディスプレイ、太陽電池、バイオセンサ等、多方面での応用が可能となり、真のユビキタス社会が実現される。
- (3) 知識基盤社会、低炭素社会、高度情報化社会等に対応した社会的付加価値を有する最終製品を生み出すことにより、我が国の国際競争力を堅持し、新たな産業構造を切り拓（ひら）く基幹産業が育成される。

4. 具体的内容

（背景）

現在、半導体産業は世界的に厳しい競争に直面しているが、最近の予測^{※1}では、2012年の市場規模は2,899億ドルと過去最高であった前年度をわずかに下回ったものの、今後も緩やかな成長を継続していくと予想されており、その位置付けについては、例えば「半導体産業は「見えるインパクト」と「見えざるインパクト」を通して、日本の社会、経済、環境に大きな影響を与えている」と紹介^{※2}されるなど、産業競争力の基盤としての役割を果たしている。また、今後の本格的なIT化に伴い、我が国の情報量は爆発的に増大（情報爆発）し、試算では2025年には現在の100～200倍もの情報がインターネット上を行き交う時代となり、こうした情報爆発に対応すべく、情報を処理するIT機器の台数が大幅に増加するとともに、各機器の情報処理量が急増し、今後のIT機器による消費電力量の急増が深刻な課題になると指摘されている（消費電力量が2025年には2006年比で約5.2倍、2050年には2006年比で約12倍になると推計されている。）^{※3}。また、民間調査機関の推計^{※4}によれば、世界の情報量は、2020年には約40ゼタバイト（2010年度時の約50倍）へ拡大する見込みであり、この増え続ける情報を処理するために、現在のシリコンデバイスの集積化、微細化は今後も必須の流れとなっている。しかし、現状のシリコンデバイスでは、集積化に伴う素子の消費電力増大、微細化の物理的限界、特性ばらつきの増大等が喫緊の課題となっている。これらの制約を突破する方策として、近年、世界的に進展の著しいナノエレクトロニクス技術を駆使して、従来のCMOS（相補性金属酸化膜半導体）技術に沿って新たな機能を持った材料及びデバイスを付加し性能向上を図る方向と、従来のCMOSを超える新しい動作原理に基づくデバイス及びシステムの実現を目指す方向とが模索されている。

（研究内容）

このような現状において、本戦略目標では、微細化・高速化や低消費電力・多機能化を個別に追及するのではなく、先進的なナノテクノロジー等の要素技術を糾合することにより、革新的なシーズを創出し、将来のエレクトロニクス産業の基盤を確立することを目的として、具体的には、以下のような研究を行う。なお、本戦略目標では、材料、デバイス、システム等、それぞれの分野の専門家がプロジェクトの早期の段階から連

携・協働できる体制を構築し、現在より2桁以上低い消費電力と2桁以上高速の情報デバイス（携帯電話、パソコン、ストレージ等をはじめとするICT機器全般）を開発するという共通目標の達成に向け、戦略的かつ機動的な研究を実施することが求められる。具体的には、以下の研究を想定する。

- ① 革新デバイスを下支えする新規機能性材料の創製及び適用可能性の追求による素材技術の創出
 - ・新規機能性材料の構造や物性に関する計測・解析・加工プロセス技術の創出
 - ・革新デバイスになることが期待されるグラフェン等の原子薄膜の結晶実現・機能解明・学理構築に関する研究
- ② 超低消費電力、超高速、超大容量等を可能にする新材料・新原理・新構造の論理素子・記憶素子等による革新デバイス技術の創出
 - ・優れた物性を有する新物質・新規機能性材料をデバイスに応用する技術に関する研究
 - ・異種材料の接合等による新機能デバイスの提案と原理実証
 - ・微細化・高集積化を可能とする革新的なデバイス・アーキテクチャ技術の創成
- ③ ①、②をはじめとする要素技術を集積・統合・融合することによるナノシステムの最適設計に向けた基盤技術の創出
 - ・デバイス機能を発現・最適化するための物質構造及びデバイス構造の設計及び計算機シミュレーション技術の創出
 - ・素材、回路等の様々な階層の連携・協調による超低消費電力化技術の創出

※1 世界半導体市場統計(WSTS: World Semiconductor Trade Statistics), “WSTS Semiconductor Market Forecast Autumn 2012”, 2012.11

※2 一般社団法人半導体産業研究所 (Semiconductor Industry Research Institute Japan), 「半導体産業が日本の社会・経済・環境に与えるインパクトの社会科学分析 最終報告書」, 2009.7

※3 経済産業省「情報通信機器の省エネルギーと競争力の強化に関する研究会」

※4 IDC, “Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East”, 2012.12

5. 政策上の位置付け（政策体系における位置付け、政策上の必要性・緊急性等）

「第4期科学技術基本計画」では、エネルギー利用の高効率化及びスマート化に向け、「情報通信技術は、エネルギーの供給、利用や社会インフラの革新を進める上で不可欠な基盤的技術であり、次世代の情報通信ネットワークに関する研究開発、情報通信機器やシステム構成機器の一層の省エネルギー化、ネットワークシステム全体の最適制御に関する技術開発を進める」こととされ、また、産業競争力の強化に向けた共通基盤の強化のため、「付加価値率や市場占有率が高く、今後の成長が見込まれ、我が国が国際競

争力のある技術を数多く有している先端材料や部材の開発及び活用に必要な基盤技術、高機能電子デバイスや情報通信の利用、活用を支える基盤技術など、革新的な共通基盤技術に関する研究開発を推進するとともに、これらの技術の適切なオープン化戦略を促進する」こととされている。

総合科学技術会議においても、「平成 25 年度科学技術重要施策アクションプラン」（平成 24 年 7 月 19 日総合科学技術会議 科学技術イノベーション政策推進専門調査会）において、「大幅なエネルギー消費量の削減を目指す「エネルギー利用の革新」」が政策課題として掲げられ、「技術革新によるエネルギー消費量の飛躍的削減」が重点的取組とされた。また、「平成 25 年度重点施策パッケージの重点化課題・取組」（同上）では、我が国で発見されたカーボンナノチューブやグラフェン等のナノカーボン新材料を、世界に先駆け様々な部材・製品（熱交換器、電池、エレクトロニクスデバイス、複合材料等）へ応用することにより、幅広い産業で部材、部品及び製品の産業競争力を高めるとともに、新たな成長産業を創出することなどから、我が国の産業競争力の強化に向けた重点的取組として、「ナノカーボン新材料（CNT（Carbon Nano Tube）・グラフェン等）の様々な分野への応用／商用技術の開発」が提示された。

以上のとおり、「グリーンイノベーションの推進」や「我が国の産業競争力の強化」に向け、革新的な材料による省エネデバイスの開発が政策的にも求められているところである。

6. 他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い

大学等におけるこれまでの取組や既存の戦略的創造研究推進事業等の成果を積極的に活用するとともに、関連するプロジェクト間と緊密な連携を確保し、速やかに成果の実用化を図る。具体的には、本戦略目標において創出される成果については、将来のエレクトロニクス産業の基盤を確立する観点から、研究期間中であっても、知的財産を適切に確保した上で、研究成果の実用化を目指す産学連携事業等や民間企業のプロジェクトへ速やかに展開する。特に、幅広い産学官の研究者が集結する TIA（つくばイノベーションアリーナ）やその他の研究開発拠点等の枠組みを最大限に活用し、本戦略目標における基礎研究の成果を、我が国の産業競争力の強化に直結させる体制を構築する。

7. 科学的裏付け（国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等）

米国では 2011 年 2 月に改定された「米国イノベーション戦略」において重点項目として「ナノテクノロジーを加速化する」との表現が盛り込まれ、特にナノエレクトロニクスへの投資の必要性が謳（うた）われている。また、欧州においては、長期的かつ多額の資金が必要なハイリスク研究で、産業界の支援が明確な領域を優先的に支援する「ジョイント・テクノロジー・イニシアティブ（JTI）」を立ち上げており、その中に、「ナノエレクトロニクス」が含まれている。中国においては、国家中長期科学技術発展

計画綱要（2006～2020 年）に基礎研究分野の重点科学研究のテーマとしてナノテクノロジー研究が盛り込まれており、具体的な重点課題として「コンセプト及び原理段階のナノデバイス、ナノエレクトロニクス、ナノバイオ・医学」が挙げられている。

一方、我が国の現状については、「ナノエレクトロニクスでは日本は総じて高い水準を保つが、世界のアクティビティと比較すると必ずしも楽観できるものではない。特にナノエレクトロニクスを牽引（けんいん）するナノ CMOS 技術においては、世界的に研究開発の拠点化とアライアンスが進む中、日本メーカーの研究開発アクティビティは大幅に低下している。深刻なのはアカデミアの基礎研究・開発も他国に遅れ始めたことであり、今後、長期的観点に立った人材育成策や産学協同体制の構築を図らない限り、やがては韓国あるいは中国に追い抜かれることは避けられないだろう」と、諸外国との国際比較に基づき分析している※。

このような状況を踏まえ、本戦略目標を通じて、ナノエレクトロニクスに関わる研究開発が進展することで、大幅な低消費電力化、小型化、新機能を有するデバイスが実現し、ビッグデータ時代に不可欠な省エネシステムを達成するとともに、エレクトロニクス産業等の競争力強化を実現することが求められる。

※独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター、『ナノテクノロジー・材料分野 科学技術・研究開発の国際比較 2011 年版』，2011

8. 検討の経緯

独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター（JST/CRDS）が開催した科学技術未来戦略ワークショップ「次世代を拓くナノエレクトロニクス～2030 年の先を求めて」（平成 21 年 3 月）において、①微細化、集積化の限界を突破又は回避するためのナノエレクトロニクス基盤技術の研究開発、②ナノエレクトロニクスデバイスのための新材料探索とデバイス適用可能性の実証の推進の重要性が改めて確認された。上記ワークショップの議論も踏まえ、JST/CRDS 戦略プロポーザル「ナノエレクトロニクス基盤技術の創成－微細化、集積化、低消費電力化の限界突破を目指して－」（平成 21 年 7 月）が策定され、新原理、新構造、新材料の探索と、それらを用いたデバイスの研究開発に対する長期にわたる取組が必要であることが提言された。グラフェンを始めとする二次元薄膜が注目を集めている中、JST/CRDS 科学技術未来戦略ワークショップ「機能性原子薄膜／分子薄膜の創生と展開」（平成 24 年 2 月）が開催され、エレクトロニクス動作に際してのエネルギーロス最小化には、究極的に薄い膜、つまり原子薄膜、分子薄膜が理想的であることが指摘された。上記ワークショップの議論を踏まえ、JST/CRDS 戦略プロポーザル「二次元機能性原子薄膜による新規材料・革新デバイスの開発」が策定され、「アプリケーションニーズに応える機能性原子薄膜による革新デバイス基盤技術の創出」と「シーズ技術の先鋭化に資する新構造原子薄膜の機能研究とデ

バイス設計学理の創出」が、具体的な研究開発課題として提言された。

以上の議論も踏まえ、科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 ナノテクノロジー・材料科学技術委員会が取りまとめた「ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について＜中間取りまとめ＞」（平成 23 年 7 月）において、「エレクトロニクスの省エネルギー化，多機能化」が課題解決に向けた重点研究開発課題とされ，省エネルギー性能の向上やグローバルな競争環境を注視しながら研究開発を加速することが重要であるとされた。また，情報科学技術委員会が取りまとめた「情報科学技術に関する推進方策（中間報告）」（平成 23 年 9 月）において，情報科学技術に今後求められる方向性として，「IT システムの超低消費電力化（グリーン化）」が挙げられた。以降，両委員会において継続的に議論が重ねられた。

本戦略目標は，これらの検討の結果を踏まえて作成したものである。

9. その他

世界各国がしのぎを削る中，我が国としてもこれまでの学術的・技術的・人的蓄積を最大限生かし，TIA などの世界的な産学官集中連携拠点等とも連携して，本戦略目標における基礎研究の成果を，我が国の産業競争力の強化に直結させる体制を構築させることが重要である。そのため，本戦略目標では，大学等におけるこれまでの取組や既存の戦略的創造研究推進事業等の成果を積極的に活用するとともに，関連するプロジェクト間と緊密な連携を確保し，速やかに成果の実用化を図ることが求められる。

平成 25 年度戦略目標

1. 戦略目標名

疾患実態を反映する生体内化合物を基軸とした創薬基盤技術の創出

2. 達成目標

疾患実態を反映する生体内化合物（二次代謝を含む代謝産物及び微生物由来・食品由来の天然有機化合物の総称）を出発点とする新たな創薬技術を確立するため、ナノテクノロジー、合成化学、工学等の我が国に強みのある分野とライフサイエンスの融合研究により、以下の目標の達成を目指す。

- ナノテクノロジー、合成化学等を活用した生体内化合物の標的分子（タンパク質等）を効率的に同定する技術の創出と高度化
- 疾患実態を反映する生体内化合物を出発点とした、創薬標的となり得る機能作用点の特定及びその制御を可能とする技術の創出
- 臨床現場での感染症、疾病等の診断への応用に向けた、疾患実態を反映する生体内化合物（バイオマーカー）を同定・検出する技術の創出

3. 将来実現し得る重要課題の達成ビジョン

本戦略目標において「2. 達成目標」に記載した成果が得られることにより、生命科学研究成果をライフイノベーションへと展開する際の従来の主要戦略の一つである、疾患の原因（遺伝子）を探る「疾患メカニズム解明」に加えて、疾患制御技術の確立を目指した「治療メカニズム解明」を統合した研究が可能となる。これにより、疾患実態を反映する生体内化合物を出発点とした創薬技術の確立を世界に先駆けて行うことを目指す。

本事業終了後に、これらの研究成果の技術をアカデミア・企業等で更に展開・発展させ、実用化につなげることにより、例えば

- ・ 生体内化合物の生体内標的分子スクリーニングの標準法の確立
- ・ 上記方法の医薬品等の人工合成化合物に対する応用を行い、複数経路による生理活性や医薬品の有害副作用の同定
- ・ 化合物の生体内標的分子スクリーニングを用いた創薬開発支援基盤の設立
- ・ 生体内化合物の生理機能の作用点解明等による、細胞状態を決定する新しい生体システム制御概念に基づく創薬候補の探索技術の創出
- ・ 臨床サンプルからのメタボロームプロファイルの測定による疾患バイオマーカーの同定
- ・ 臨床サンプルからの簡易測定による感染症の病原体の同定や病態進行度等の診断

- ・ 微生物、動植物からの生理活性上あるいは病態上で重要な生体内化合物の同定に基づく、機能性食品や医薬品の開発 等

の実現を目指す。これらの実現によって従来の創薬・診断・治療法を覆す新しい技術・手法を提示し、第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）の「革新的な予防法の開発」、「新しい早期診断法の開発」、「安全で有効性の高い治療の実現」に貢献することを目指す。

さらに生命科学全般としても、一種類の生体内化合物が複数の作用点を持つことで生じる相乗効果による生理活性や、これまで発見されていない代謝経路・分子標的を明らかにすることにより、生体内化合物を中心に見た分子ネットワークを解明し、新しい生体の制御概念を創出するという波及効果が期待される。

4. 具体的内容

（背景）

疾患に対する従来の研究は、疾患原因をゲノム情報に求め、そのメカニズム解明を中心に進められてきた。そのためDNAの変異によるRNA発現量や配列の変化をターゲットとしたゲノム・トランスクリプトーム解析による疾患メカニズム解明、タンパク質の立体構造情報を基にした創薬開発を中心に進められてきた。

代謝産物はゲノム情報の最終的な表現型であり、疾患実態を反映するものであるが、その標的や機能の解明に向けた技術が確立されていなかったため研究が進んでこなかった。しかしながら、近年、質量分析計やNMRを用いた解析法が開発されるなど研究が可能となりつつあり、ポストゲノム研究として注目されてきている。

我が国では、これまでポストゲノム研究として平成17年度の戦略目標「代謝調節機構解析に基づく細胞機能制御に関する基盤技術の創出」等の設定により研究を進めてきた。具体的には、植物やげっ歯類などを研究対象として細胞内のある特定の代謝変化や代謝経路を解析し、代謝産物の機能メカニズムについて、原因遺伝子やシグナル分子等を生物学的に解明することにより、特定の細胞状態における代謝産物のプロファイル情報の取得や既存代謝産物のデータベース構築等を行ってきた。また、疾患コホートや網羅的な有用代謝産物の探索についても、試験的に開始しており、特定の疾患において疾患実態を反映するバイオマーカーとして有用な代謝産物の発現情報が見つかりつつある。このように代謝産物の発現計測によるバイオマーカーといった発現情報やデータベースとしての利用研究は進みつつある。

しかし、代謝産物の具体的な生理活性、病態に関与する場合の機能やその制御因子・機構の解明はまだ進んでいない部分が多く、現状でもアミノ酸、核酸類、糖類、脂質等のヒト代謝産物の約7割の機能が明らかになっていない。また、ヒトの体内には腸内細菌や皮膚常在菌等の微生物由来や食品として摂取された植物由来の天然有機化合物が存在し、生存に欠かせない役割を果たしている。

これらの生体内化合物（代謝産物及び微生物由来・食品由来の天然有機化合物の総称）について、がんや感染症等の疾患時に特異的に生成される生体内化合物は疾患のバイオマーカーとして利用でき、更に生体内で薬のように機能する分子はそのまま創薬につながる可能性を持っている。加えて、疾患等の異常状態や病原菌において必須の機能を担っている場合には、それらの生体内化合物と結合する標的分子（タンパク質等）は創薬ターゲットになり得る。このため、これらの生体内化合物を出発点とし、生体内化合物の創薬やバイオマーカーへの利用、タンパク質等の標的分子の探索・制御機構解明に向けて、これまでの研究基盤を活用して研究を進めていく必要がある。

（研究内容）

研究に当たっては、従来の疾患研究による、疾患に特異的な遺伝子の産物（RNA やタンパク質）の知見を生かしつつ、ナノテクノロジーや合成化学、工学等の我が国に強みがある分野とライフサイエンスの融合、連携が求められる。例えば、ナノテクノロジーや合成化学を駆使したアフィニティーカラム・ビーズ等による低分子化合物の標的分子同定技術と、生命科学や医科学におけるゲノム等の網羅的研究の密接な連携を図り、「化合物・合成経路研究（者）が主導する医療」の実現のための技術等の創出を目指す。具体的には、以下の研究を想定する。

- ナノテクノロジー、合成化学等を活用した生体内化合物の標的分子（タンパク質等）を効率的に同定する技術の創出と高度化
 - ・ 生体内化合物に結合するタンパク質等の標的分子の効率的な精製技術等の創出
 - ・ 上記技術を応用したがん、感染症、生活習慣病、神経疾患、免疫・炎症性疾患等の疾患実態を反映する生体内化合物やその関連酵素、輸送体等の単離・精製技術の創出
- 疾患実態を反映する生体内化合物を出発点とした、創薬標的となり得る機能作用点の特定及びその制御を可能とする技術の創出
 - ・ がん、感染症、生活習慣病、神経疾患、免疫・炎症性疾患等の臨床検体のメタボローム解析とゲノミクス、エピジェネティクス等との統合による疾患実態を反映する生体内化合物の同定とその機能作用点の特定のための技術創出
 - ・ 疾患モデル動物を用いた基質・酵素・代謝産物等が形成する生体内の作用点に基づく疾患制御概念の検証
- 臨床現場での感染症、疾病等の診断への応用に向けた、疾患実態を反映する生体内化合物（バイオマーカー）を同定・検出する技術の創出
 - ・ 血液、唾液、尿等の臨床検体を用いたメタボローム解析による疾患代謝プロファイリング技術及びバイオマーカーの同定技術の創出
 - ・ 臨床検体における疾患実態を反映する生体内化合物の高感度測定法（サンプリング前処理、測定、情報処理等）と定量分析技術の創出及び機器への応用

5. 政策上の位置付け（政策体系における位置付け、政策上の必要性・緊急性等）

第4期科学技術基本計画では「革新的な予防法の開発」として、「臨床データ、メタボローム、ゲノム配列の解析等のコホート研究を推進し、生活習慣病等の発症と進行の仕組みを解明することで、客観的根拠（エビデンス）に基づいた予防法の実現を進める。さらに、疾患の予兆を発見し、先制介入治療（先制医療）による予防法の確立を目指す」こと、「新しい早期診断法の実現」として、「早期診断に資する微量物質の同定技術等の新たな検出法と検出機器の開発、新たなマーカーの探索や同定など、精度の高い早期診断技術の開発を推進する」こと、また「安全で有効性の高い治療の実現」として、「新薬の開発においては、動物疾患モデルやiPS細胞による疾患細胞等を駆使して疾患や治療のメカニズムを解明し、新規創薬ターゲットの探索を行う必要がある、そのために生命科学の基礎的な研究を充実、強化する」ことが重要とされている。

これらの実現には、定量的計測によるがんや感染症等の診断・進行度判定やバイオマーカーとしても使用でき、化合物として創薬シーズにもなる生体内化合物をターゲットとした研究を進めることが効果的であると考えられる。特に、革新的な創薬スクリーニング法を実現するための技術は、国内研究者、製薬企業等において国際競争力を保ち、新しい創薬シーズを生み出し続けるには必須であり、本戦略目標で狙う生体内化合物の標的分子同定技術は、その中核となり得る重要な技術として研究を進めることが必要である。

6. 他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い

現在広く普及している創薬技術は、化合物ライブラリーを用いるハイスループットスクリーニング系であり、最先端研究基盤事業「化合物ライブラリーを活用した創薬等最先端研究・教育基盤の整備」や文部科学省創薬等支援技術基盤プラットフォーム事業等で集中的に開発・高度化を行うとともに、技術や施設・設備を共用し、創薬研究を支援している。本戦略目標では、それらを活用しつつ、創薬へつなぐための生体内化合物とタンパク質等の標的分子を効率的に同定する新しい基盤技術創出のための研究を遂行する。

また、生体内化合物の研究では、質量分析を用いたバイオマーカー探索事業や網羅的な探索拠点は欠かすことのできない取組であり、慶應義塾大学の先端生命科学研究センターや国立大学法人神戸大学の質量分析総合センター等の国内の研究所で自主的に開始されている。しかし現段階では、多施設共同での大規模な生体内化合物の比較解析を行うための標準的な方法・技術や前処理方法が確立されておらず、多施設で収集した血液、唾液、尿等のサンプルを統合して解析することができない。このため、新たな技術開発が必要であり、本戦略目標で生体内化合物の解析を行う標準技術を創出する。また、多施設共同で行うためには、臨床現場で医師が簡易、迅速に操作、解析できる技術が必要となる。そこで、本戦略目標において、臨床現場での診断活用を目指した疾患実態を反映

する生体内化合物（バイオマーカー）を同定・検出する技術を創出し、オールジャパンとしての解析に貢献する。

以上のとおり、既に複数の研究機関で推進されている既存の大規模な疾患実態を反映する生体内化合物の網羅的な探索をする事業と相互補完により効果的・効率的な推進を目指す。

7. 科学的裏付け（国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等）

独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター（JST/CRDS）の報告書^{※1}によると、生体内化合物の解析を基盤とするメタボローム研究は欧米を中心に基盤整備が進んでいる。まず、欧州では、2008年にはオランダのライデン大学にメタボロミクスセンター（5年間で約50億円）が整備され、これに続き、2010年にはドイツ、フランスでもメタボロミクスの国家プロジェクトが相次いで立ち上がっている。北米をみると、2012年に米国で国立衛生研究所（NIH）がメタボロームの既存3拠点に約7億円を供給、今後5年間で約28億円を投資する計画を発表している。また、カナダでも2003年に約7.5億円を投じてアルバータ大学にヒューマンメタボロームプロジェクトが設立されている。この他、2007年にオーストラリアにおいて「メタボロミクス・オーストラリア」（5年間で約80億円）によって5大学が中核拠点として整備されている。このように各国においてメタボローム研究の重要性を認識し、特に近年は、がんなどの疾患との相関に関する研究開発に注力した研究投資を積極的に行っている。

こうした背景のもと、論文の輩出状況を見ると2012年に「代謝（metabolo*）」が含まれる我が国の論文シェアは米国、ドイツに次いで3位に位置付けられている^{※2}。しかし、JST/CRDSの報告書^{※1}では「日本は基礎研究分野では、質量分析等、個々の技術にこそ強みはあるものの、総体としては米国等との大きな差が確認される。この傾向は応用に向かうほどなお強く、今後競争力の低下が危ぶまれている。」とされている。

一方、メタボローム解析に基づく創薬基盤技術に関わる化学生物学（ケミカルバイオロジー）分野においても、JST/CRDSの報告書^{※1}によると「日本は欧米の水準からかなりの距離を置かれている」のが現状である。これには幾つかの理由が挙げられるが、「日本においては各学会による縦割りの的な分野の分断があるため、横断的な研究を推進する地盤が築かれておらず、ケミカルバイオロジー研究を担う人材の育成がこれまで十分になされていなかったことも無視できない。」との指摘もされている。

日本は合成化学の分野において、ノーベル賞受賞等に顕著に表れているような強みを有しており、ここ数年、日本初の標的分子同定技術が大学、研究機関の合成化学の研究者により開発されてきている。このような状況を踏まえ、政策的にこれらの研究者を医学・創薬研究分野へ誘導し、化学・工学と生物学の融合研究を推進することで、我が国の製薬産業等における国際競争力を維持し得る成果を創出するとともに、人材育成を含む地盤を築くことが肝要である。

現状では、新薬の開発能力がある地域は、日米欧の3極のみで、アジアでは我が国だけが新薬の開発実績を有する。メタボローム解析を基盤とした研究は、一つの因子の発見によって創薬等のブレイクスルーにつながる可能性を秘めており、本戦略目標への早期の着手により成長の著しい他のアジア諸国に対する優位性をこれまで以上に保つことが期待される。

※1 独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター、『ライフサイエンス分野 科学技術・研究開発の国際比較 2012 版』, 2012

※2 トムソン・ロイター「WEB OF KNOWLEDGE」<<http://wokinfo.com/>>

本戦略目標に関するキーワード「代謝 (metabolo*)」を設定し、2012 年の原著論文数を検索した結果に基づく。

8. 検討の経緯

科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会のライフサイエンス委員会（平成 24 年 4 月 20 日）において「今後取り組むべきライフイノベーションに関する研究課題について」議論を重ねた結果、「新しい早期診断法の開発」、「安全で有効性の高い治療の実現」に必要な研究課題としてメタボローム関連研究が挙げられ、代謝研究等の医学への展開が望まれた。それを踏まえて平成 24 年 7 月 13 日に、ナノテクノロジー、有機化学や臨床医学との学際的連携を目指すワークショップ「JST-CRDS 代謝研究検討ワークショップ」を JST/CRDS が開催し、代謝研究分野の全容把握と長期的に行うべき研究課題、5 年程度で解決を目指すべき研究課題の絞り込みが行われた。

また、各大学の自主的な取組においても、平成 24 年 12 月 18 日に「関西疾患メタボロミクスシンポジウム」（大阪大学グローバル COE プログラム「オルガネラネットワーク医学創成プログラム」、神戸大学グローバル COE プログラム「次世代シグナル伝達医学の教育研究国際拠点」共催）が開催され、疾患研究に対する代謝研究全体の俯瞰（ふかん）、疾患研究分野への応用例の提示等が行われるなど、代謝研究と臨床医学研究をつなぐための議論が行われた。また、がん研究に特化した代謝解析の応用について、平成 25 年 1 月 17～18 日にかけて日本癌（がん）学会が「がんと代謝シンポジウム 2013」を開催し、がん研究における創薬や診断法開発における代謝研究が重要であると議論された。

本戦略目標は、これらの検討の結果を踏まえて作成したものである。

9. その他

本戦略目標では、生体内化合物を出発点とする研究を推進し、創薬や治療の新概念を創出するとともに、他分野の知見や技術を創薬・医療開発に取り込むことによる斬新な手法の創出や、医学応用が期待されている。本研究領域では、ライフサイエンス以外の

分野で活躍している研究者や企業等の研究者の参加も得るとともに、臨床医師や創薬開発者とのコミュニケーションを密にし、日本発の新技術確立を目指すことが望まれる。

平成 25 年度戦略目標

1. 戦略目標名

選択的物質貯蔵・輸送・分離・変換等を実現する物質中の微細な空間空隙構造制御技術による新機能材料の創製

2. 達成目標

空間空隙構造制御技術（物質を構成する元素間結合の隙間（「空間空隙」）の形状・寸法・次元及び配列等の構造を自在に設計・制御・活用するための共通基盤となる技術）により、そのもととなる物質が本来持ち得なかった革新的な機能を創出し、通常の方法では解決できない環境・エネルギー、医療・健康等における諸課題を解決するグリーン/ライフ部素材の創製に向け、以下の目標の達成を目指す。

- 選択的物質貯蔵・輸送・分離・変換等を可能とする革新的な空間空隙制御材料の創製
- 空間空隙構造制御技術に係る技術体系の構築

3. 将来実現し得る重要課題の達成ビジョン

本戦略目標において「2. 達成目標」に記載した研究成果が得られることで、その諸技術を活用した新たな機能を持った材料が創製され、幅広い社会ニーズや産業分野での課題解決に適用することが可能となる。デバイスや医薬品等の各応用分野に応じて、学术界と量産・市場化等を担う産業界との協力体制を早期から構築することにより、第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）に掲げられたグリーンイノベーション及びライフイノベーションの推進に向け、環境・エネルギー、医療・健康、社会インフラ等の分野から、例えば、以下の成果が事業終了後5年程度で得られることを目指す。

- ・ 不安定な気体を効率的に貯蔵・輸送し、かつ自在に分離・変換する技術の開発
- ・ 排水や汚染水、大気の浄化を高性能かつ経済的に行う分離膜の開発
- ・ 感知機能や有効成分の放出調整機能を備えたドラッグデリバリーシステムの開発
- ・ 耐震・免震機能を飛躍的に向上する空隙率制御による超軽量・高強度構造材料の開発

このほか、太陽電池・二次電池等のエネルギー変換材料や、半導体・超伝導等の電磁気材料、センサー・生体適合材料等の分子認識材料といった様々な分野での実用化が考えられる。

4. 具体的内容

（背景）「空間空隙」を舞台とする新しい概念へ！

近年、物質・材料の設計の自由度及び組成・構造の制御性が格段に向上し、持続可能

社会の実現に不可欠な新機能を発現する物質・材料の創出が可能となってきた。この10年間の成果として、ポーラス（多孔質）材料、メソポーラス材料、カゴ状構造物質などで、特異なナノ構造を特徴とする新物質の形成法や多様な機能を引き出すシーズ技術が発掘され、熾烈（しれつ）な国際競争の中で、技術の先鋭化が著しく進展してきた。現時点で我が国は素材産業において世界的に高いシェアを誇り、基礎的な研究も高いレベルにあるが、今後も競争力を維持できる保証はない。特に、物質・材料に対し、高エネルギー変換、超伝導、高イオン伝導、耐熱、高機械強度、軽量、生体活性、医療、創薬等に関わる新機能の発現や、飛躍的な機能向上に対する要求が世界的に高まっている中、各国に先駆けて、「界面」「表面」といった概念から歴史的に一步進んだ「空間空隙の活用」という新しい概念の下、革新的な次世代新機能材料を開発・供給していくという戦略が今こそ求められている。

（研究内容）「空間空隙」を活用した新機能の創出へ！

本戦略目標で提示した空間空隙構造制御による新機能材料の創製という新たなコンセプトの下、それを目指す過程で創出される多数の技術シーズを基盤とし、基礎・応用、物理・化学など、立場の異なる研究者間の意識を高いレベルで共有し、人的ネットワーク形成を促進しつつイノベーション創出を図る。具体的には、達成目標である「選択的物質貯蔵・輸送・分離・変換等を可能とする革新的な空間空隙制御材料の創製」の実現に向けた①技術シーズに基づく機能先鋭化の課題及び②社会実装に向けた基盤的技術課題と、達成目標「空間空隙構造制御技術に係る技術体系の構築」に向けた③材料創製の基盤となる観察・解析技術、原理解明等に係る課題を相互に連携しつつ推進することにより、達成目標及び将来ビジョンの実現を目指す。具体的には、以下の研究を想定する。

- ① 空間空隙制御材料の設計と合成＜機能先鋭化＞
 - ・ 空間空隙制御材料における構造及び相互作用の設計と機能発現
 - ・ 空間空隙構造を有する物質の新規合成技術開拓
- ② 空間空隙制御材料の実装＜社会実装に向けた基盤的技術＞
 - ・ ナノからマクロへの規模拡大、高強度化、高速合成、低コスト化
- ③ 共通基盤技術の構築＜観察・解析技術、原理解明＞
 - ・ 空間空隙制御材料における物理的諸現象（物質輸送・貯蔵及び物質・エネルギー変換等）の観測・解析技術
 - ・ 計算機シミュレーション及びマルチスケール・モデリングによる空間空隙構造の合成プロセス及び構造と機能の設計・解析技術

5. 政策上の位置付け（政策体系における位置付け、政策上の必要性・緊急性等）

第4期科学技術基本計画では、産業競争力の強化に向けた共通基盤の強化のため、「付加価値率や市場占有率が高く、今後の成長が見込まれ、我が国が国際競争力のある技術

を数多く有している先端材料や部材の開発及び活用に必要な基盤技術、高機能電子デバイスや情報通信の利用、活用を支える基盤技術など、革新的な共通基盤技術に関する研究開発を推進するとともに、これらの技術の適切なオープン化戦略を促進する」こととされ、また、領域横断的な科学技術の強化に向け、「先端計測及び解析技術等の発展につながるナノテクノロジーや光・量子科学技術、シミュレーションやe-サイエンス等の高度情報通信技術、数理科学、システム科学技術など、複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進する」こととされている。さらに、「ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について〈中間取りまとめ〉」（平成23年7月 科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 ナノテクノロジー・材料科学技術委員会）においては、「国際的な優位性を保持するためには、革新的な技術の開発が不可欠であることから、社会的課題を設定する際に把握可能な技術のみに重点化するのではなく、中長期的観点から、潜在的可能性を持つ技術の創出に向けた研究開発等の取組も推進すべき」とされ、課題解決に向けた重点研究開発課題である「物質材料設計及び制御技術」の一つに「空間及び空隙構造の制御」が取り上げられている。

以上のとおり、第4期科学技術基本計画に掲げられている重要課題「グリーンイノベーションの推進」「ライフイノベーションの推進」「我が国の産業競争力の強化」に向け、革新的な材料の開発が政策的にも求められているところである。

6. 他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い

現在、我が国の材料開発関連の戦略目標としては、物質・材料の特性・機能を決める元素の役割の解明を目指す「レアメタルフリー材料の実用化及び超高保磁力・超高靱性等の新規目的機能を目指した原子配列制御等のナノスケール物質構造制御技術による物質・材料の革新的機能の創出」（平成22年度戦略目標）や、「環境・エネルギー材料や電子材料、健康・医療用材料に革新をもたらす分子の自在設計『分子技術』の構築」（平成24年度戦略目標）が存在する。これら既存の戦略目標は材料組成や成分そのものを改変させて「如何（いか）に新機能を創発させるか？」といった考え方であるのに対し、本戦略目標は元素や分子間に存在する「空間や空隙（カゴ）を如何に活用するか？」といった全く逆のアプローチである。すなわち、既存の戦略目標と目的や研究内容において相互補完関係にあり、新機能創出という共通目標を掲げて異なるアプローチから推進するものである。既存の戦略目標との相乗効果により我が国の材料開発の基盤を更に強固なものとすることで、環境・エネルギー、医療・健康等の諸分野における新材料開発において革新をもたらすことが可能となる。なお、空間空隙制御材料の一つの例として触媒やエネルギーキャリア（エネルギーの輸送・貯蔵のための担体）があるが、「環境、エネルギー、創薬等の課題対応に向けた触媒による先導的な物質変換技術の創出」（平成24年度戦略目標）及び「再生可能エネルギーの輸送・貯蔵・利用に向けた革新

的エネルギーキャリア利用基盤技術の創出」（平成 25 年度戦略目標）との研究成果や基盤技術の共有等の連携を図ることが求められる。

文部科学省においては、平成 24 年度より、ナノテクノロジーに関する研究設備の全国的な共用体制を構築する「ナノテクノロジープラットフォーム」事業を開始するなど、研究施設・設備の共用や異分野融合のための環境整備を促進している。本戦略目標においては、研究の効果的推進、既存の施設・設備の有効活用、施設・設備導入の重複排除等の観点から、大学・独立行政法人等が保有し広く開放されている施設・設備や産学官協働のための「場」等を積極的に活用することが求められる。

7. 科学的裏付け（国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等）

空間空隙制御材料としては、ゼオライト、メソポーラス材料、多孔性金属錯体（金属 - 有機骨格体 (Metal Organic Framework (MOF)) / 多孔性配位高分子 (Porous Coordination Polymer (PCP)) 等が主要な材料群となっている。特に、近年 MOF/PCP に関係する論文数が中国を中心として世界的に増加傾向にあり、トムソン・ロイターの「Materials Science and Technology 2011」においても、3 つの注目研究テーマの 1 つに MOF が採り上げられ、当分野に対する中国の対応について、「これらのデータは、MOF の研究が中国の研究者と中国政府にとって優先的な研究分野であることを示しており、これは恐らく、単に学術的興味のためだけでなく、エネルギー貯蔵やその他の産業応用に向けた巨大な可能性を狙っていることだろう」と紹介している。また、同社の論文引用数に基づく分析によると、“ドラッグデリバリーやバイオセンサーへの応用に向けたメソポーラスシリカナノ粒子 (Mesoporous silica nanoparticles for drug delivery and biosensing applications)” や “高秩序メソポーラスポリマーカーボン構造 (Highly ordered mesoporous polymer and carbon frameworks)” が世界的に注目されているところである。

一方、我が国では、世界で初めてメソポーラスシリカの合成に成功するとともに、多孔性配位高分子 (PCP) の応用可能性に 1990 年代から着目し世界的な成果を上げるなど、「空間空隙」を活用する試みは他国に先駆けて行われてきた。最近では、セメントの構成成分の一つでもあるナノサイズのカゴ状の骨格がつながった構造を有する $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ (C12A7, 酸化カルシウム・酸化アルミニウム化合物) を活用した高活性なアンモニア合成触媒の実現が発表され、約 100 年前に確立されたアンモニア製造技術（ハーバーボッシュ法）に革新をもたらす可能性があるとして産業的にも学術的にも注目されており、また東日本大震災以降、セシウム等の放射性元素の回収・除去にゼオライト等のメソポーラス材料が着目されるなど、空間空隙制御材料による課題解決の新たな展開も期待されている。

以上のような国内外の研究動向を踏まえ、我が国としてもこれまでの学術的・技術的・人的蓄積を生かし、「空間空隙」という新しい概念の下、応用展開を見据えた基盤

的研究を早急に実施すべきである。

8. 検討の経緯

独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター(JST/CRDS)が開催した「物質・材料分野」俯瞰(ふかん)ワークショップ(平成20年12月)及び「ナノテクノロジー分野」俯瞰ワークショップ(平成21年8月)において、ナノテクによる新機能材料開発の重要性が改めて確認されるとともに、重要課題として「空間空隙制御・利用技術」が挙げられた。これを受け、科学技術未来戦略ワークショップ「空間空隙制御・利用技術」(平成21年10月)が開催され、「新物質開発を先導する指導原理の一つとして空間・空隙を設計・制御する方法論はコアとなる重要概念であり、そのための具体的な諸技術は社会課題解決や産業競争力強化に大きく寄与する」との共通認識が得られるとともに、具体的な技術的課題の抽出や制度設計上の課題に関する検討が行われた。上記の議論を踏まえ、JST/CRDS 戦略プロポーザル「空間空隙制御材料の設計利用技術～異分野融合による持続可能社会への貢献」が策定され、「微細な空間・空隙を設計・制御することにより、革新的物質機能を生み出す方法論」がコアとなる概念として示され、地球規模の社会的課題解決や、我が国の産業競争力強化に大きく寄与することが期待されている。

以上の議論も踏まえ、科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 ナノテクノロジー・材料科学技術委員会が取りまとめた「ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について<中間取りまとめ>」(平成23年7月)において、課題領域「科学技術基盤」における「物質材料設計及び制御技術」として、「空間及び空隙の制御(ナノ、マイクロ、ミリのマルチスケールのポーラス構造等で、高比強度、強靱性、選択透過性、反応性等の実現等)」が課題解決に向けた重点研究開発課題とされ、既存の組織を超えて活動を統合するような新たな枠組みが必要であるとの指摘がなされ、それ以降、継続的に議論が重ねられた。

また、総合科学技術会議 科学技術イノベーション政策推進専門調査会 ナノテクノロジー・材料共通基盤技術検討ワーキンググループにおいて、今後強化すべき技術領域の一つとして空間空隙制御材料が取り上げられ(平成24年11月)、特許網構築の重要性、実用化に向けた集中的な取組とともに、合成・物性・相互作用等のメカニズムの理解に向け、計算科学を含む基礎的なアプローチを並行して進めることの重要性が示された。

本戦略目標は、これらの検討の結果を踏まえて作成したものである。

9. その他

本戦略目標においては、「空間空隙」という新しい概念の下、応用展開を見据えた基盤的研究を推進することとしている。環境・エネルギー、医療・健康等における諸課題の解決のためには、空間空隙構造制御技術を軸に様々な研究領域の研究者が積極的に参

入し、実質的に協働するための環境が必要となる。また、本戦略目標の成果を共通基盤技術の構築に向けて発展させていくためには、産業界との協力体制を早期から構築するなどの取組が重要である。

平成 25 年度戦略目標

1. 戦略目標名

分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化

2. 達成目標

情報科学・数理科学分野とビッグデータの利活用により大きな社会的インパクトを生むような様々な研究分野（アプリケーション分野）との協働により研究を進め、アプリケーション分野での課題解決を通じてビッグデータから新たな知識や洞察を得ることを可能とする次世代アプリケーション技術を創出し、高度化すると同時に、様々な分野のビッグデータを統合解析することを可能とする共通基盤技術の構築を目指す。そのため、以下の目標の達成を目指す。

○各アプリケーション分野においてビッグデータの利活用を推進しつつ様々な分野に展開することを想定した次世代アプリケーション基盤技術の創出・高度化

○様々な分野のビッグデータの統合解析を行うための次世代基盤技術の創出・高度化・体系化

3. 将来実現し得る重要課題の達成ビジョン

本戦略目標を実施し、「2. 達成目標」に記載した研究成果が得られることで、様々な分野のビッグデータを統合解析するための共通基盤技術を構築することができ、分野を超えたビッグデータの利活用を実現することができる。構築された技術を用いることで、ビッグデータの利活用が有効な研究分野の論文データ、実験・シミュレーションデータ、観測データ等の高度利用が可能となり、社会科学・人文科学等を含む複数の分野が連携した異分野融合領域のイノベーション創出を加速させることができる。

本事業終了後、アカデミア・企業等が様々な分野のビッグデータを統合解析できる共通基盤技術を活用して、研究開発や実用化を推進することで、例えば

- ・ライフサイエンス分野では、診療情報と関連づけられた 10 万人規模の全ゲノムデータ（30 億塩基対）を活用した、疾患関連遺伝子の効率的な探索技術等による、オーダーメイド医療や早期診断、効果的治療法の確立
- ・地球環境分野では、様々な要因が複雑に絡み合う地球規模課題の解決に貢献し持続可能な社会を構築するため、地球温暖化、森林や水などの自然循環、生態系、地理空間等の異なるデータ間の関係性を高度につなぎ合わせる基盤的情報技術の確立
- ・防災分野では、災害・事故から得られた気象、地理空間等のデータを容易に分析可能な形に蓄積・構造化する技術等による精緻な災害の予測や防災機能強化の推進、都市の最適設計手法の高度化 等

の実現を目指す。これらの実現によって、イノベーションによる新産業・新市場の創出や、国際競争力の強化を推進し、第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）の「我が国の産業競争力の強化」、「研究情報基盤の整備」の達成に貢献することを目指す。

4. 具体的内容

（背景）

高度情報化社会の進展に伴い、デジタルデータが爆発的に増大するビッグデータ（情報爆発）時代が到来した。世界のデジタルデータの量は、民間調査機関の推計^{※1}によれば、2020年には、約40ゼタバイト（2010年度時の約50倍）へ拡大する見込みである。また、情報通信政策研究所の調査^{※2}によると、日本における平成21年度の流通情報量は7.61E21ビット（一日あたりDVD約2.9億枚相当。例えば、E18ビットは10の18乗であることを示している。）であるが、消費情報量は2.87E17ビット（一日あたりDVD約1.1万枚相当）であり、流通に対して消費された情報量は0.004%にしかすぎない、と言われている。

その質的・量的に膨大なデータ（ビッグデータ）には新たな知識や洞察を得られる可能性があるが、様々なデータ（バイオ、天体観測等の自然科学のデータから社会科学的な人の観測データまで多様）を組み合わせ、大規模な処理を実行しようとすると、想定外のデータや正常に分析できないデータが大きくなることが多く、現況においてはその多くのデータが整理・構造化されておらず、有効に活用できていない状況である。

このため、ビッグデータを効果的・効率的に収集・集約し、革新的な科学的手法により知識発見や新たな価値を創造することの重要性が、国際的に認識されてきている。第一の科学的手法である経験科学（実験）、第二の科学的手法である理論科学、第三の科学的手法である計算科学（シミュレーション）と並び、データ科学（data centric science =e-サイエンス）は第四の科学的手法と言われ^{※3}、ビッグデータ時代における科学の新たな地平を拓（ひら）く方法論として注目されている。

（研究内容）

本戦略目標では、ビッグデータの解析を円滑に実行するための革新的な方法論等の創出等のため、2つの達成目標の実現を目指す。具体的には以下の研究を想定する。

- ① 各アプリケーション分野においてビッグデータの利活用を推進しつつ様々な分野に展開することを想定した次世代アプリケーション基盤技術の創出・高度化

個別のアプリケーション分野の課題解決とともに、固有技術の他分野展開や新規基盤要素技術の導入を強力に推進する。このため、情報科学・数理科学分野とアプリケーション分野の研究者等による協働研究チーム体制を構築することが期待される。具体的には、以下の研究を推進する。

- ・多様かつ大量のアプリケーションデータ（健康・医療データ、地球観測データ、

防災関連データ、ソーシャルデータ等）の転送、圧縮、保管等を容易に実現するための研究

- ・画像データや3次元データ等の多様なデータを検索、比較、解析等することでの有意な情報を抽出するための研究
- ・アプリケーションデータから新たな課題の発見や洞察をより正確に行うための研究（疾患要因の解明、気候変動予測、リアルタイム解析による減災、人のニーズの予測等）
- ・定量データから生体、自然現象等に係る多様な数理モデルを構築し、実測データと組み合わせることで新たな知見を得るような、発見的探索スタイルの研究アプローチ推進のための研究基盤創出

② 様々な分野のビッグデータの統合解析を行うための次世代基盤技術の創出・高度化・体系化

情報科学・数理科学分野や人文科学の研究者による、独自の新規基盤要素技術の創出や複数のアプリケーション分野に展開する新規要素技術の創出を行う。具体的には、以下の研究を推進する。

- ・データクレンジング技術（ノイズ除去、データの正規化、不要なデータ変動の吸収等）やデータに対して自動的に意味や内容に係る注釈を付与する技術
- ・高度な圧縮技術、圧縮したままで検索する技術、秘密性や匿名性を損なわないままマイニングする技術
- ・データマイニング技術や機械学習の高度化（大量・多様なデータからのモデリング技術、異種データから関連性を探索する技術等）
- ・多様なアプリケーションデータの相関や関係性から新たな洞察を導くための可視化技術
- ・ビッグデータを共有・流通するためのシステム技術（データの加工、メタデータ管理、トレーサビリティ、匿名化、セキュリティ、課金等）
- ・課題の本質やビッグデータの構造を見いだすための数理的手法

なお、①の次世代アプリケーション基盤技術の創出・高度化に当たっては、②の研究で得られる次世代基盤技術を取り込みながら推進することが効果的であり、また、②の次世代基盤技術の創出・高度化・体系化に当たっては、①の研究で得られる次世代アプリケーション基盤技術やデータを共有、活用しながら研究を進めることが効果的であることから、①と②の研究が相互に連携することが求められる。

※1 IDC, “Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East”, 2012.12

※2 情報通信政策研究所調査部「我が国の情報通信市場の実態と情報流通量の計量に関する調査研究結果(平成21年度)-情報インデックスの計量-」, 平成23年8月

※3 Tony Hey, Stewart Tansley, and Kristin Tolle, *The Fourth Paradigm: Data-intensive Scientific Discovery*, (Microsoft Research 2009)

5. 政策上の位置付け（政策体系における位置付け、政策上の必要性・緊急性等）

第4期科学技術基本計画では、「我が国が直面する重要課題への対応」において、「我が国の産業競争力の強化」として、電子デバイスや情報通信の利用、活用を支える基盤技術等、革新的な共通基盤技術に関する研究開発を推進するとともに、これらの技術の適切なオープン化戦略を促進すると掲げている。また、「科学技術の共通基盤の充実、強化」として、シミュレーションやe-サイエンス等の高度情報通信技術、数理科学等、複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進すると掲げている。さらに、「国際水準の研究環境及び基盤の形成」において、「研究情報基盤の整備」として、研究情報基盤の強化に向けた取組を推進するため、研究情報全体を統合して検索、抽出することが可能な「知識インフラ」としてのシステムを構築し、展開すると掲げている。

文部科学省では、全国の大学等の研究者が、サイエンスに活用できる多分野にわたるデータ、情報、研究資料等を、オンラインにより、手軽に利用でき、最新の「データ科学」の手法を用いて、科学的あるいは社会的意義のある研究成果を得ることのできる「アカデミッククラウド環境」について、必要な議論、検討等を進めるため、研究振興局長の下に「アカデミッククラウドに関する検討会」を設置し、平成24年4月から6月に、「データベース等の連携」、「システム環境の構築」、「データ科学の高度化に資する研究開発」の3点を検討課題として議論を行い、7月に提言「ビッグデータ時代におけるアカデミアの挑戦」において、ビッグデータに関する共通基盤技術の研究開発として、ビッグデータ処理の各段階（データ収集、蓄積・構造化、分析・処理、可視化）における基盤技術の研究開発等が必要との方向性を取りまとめた。

6. 他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い

平成24年10月に科学技術政策担当大臣及び総合科学技術会議有識者議員による「平成25年度科学技術関連予算重点施策パッケージ」の選定が行われ、総務省、文部科学省、経済産業省の3省合同で提案した「ビッグデータによる新産業・イノベーションの創出に向けた基盤整備」が資源配分の重点化を行うべき重点施策パッケージとして特定された。この重点施策パッケージでは、3省が連携して平成28年頃までの実現を目指したある一定の分野におけるビッグデータの収集・伝送、処理、利活用・分析に関する基盤技術の研究開発及び人材育成を一体的に進めることとしている。

このうち、文部科学省は「次世代IT基盤構築のための研究開発」の一プログラム「ビッグデータ利活用のためのシステム研究等」を、重点施策パッケージの個別施策として位置付け、異分野融合型研究拠点によるデータサイエンティスト等の人材育成や国際連携を進めるとともに、データ連携技術等の技術開発課題やアカデミッククラウド環境

（大学等間でクラウド基盤を連携・共有するための環境）構築の在り方に関する検討を行うこととしている。また、独立行政法人科学技術振興機構はビッグデータ活用モデルの構築のため、死蔵されている膨大なデータの掘り起こしやルールの整備を行い、研究機関のデータベース連携や民間等での利活用を推進することとしている。上記施策に加え、分野を超えたビッグデータの利活用を可能にするため、本戦略目標では、中長期的な視野で次世代の課題解決に向けた共通基盤技術の高度化・体系化のための研究を行う。

また、総務省では、平成 24 年 5 月に情報通信審議会 ICT 基本戦略ボードにおいて、「ビッグデータの活用の在り方について」を取りまとめ、情報通信インフラの構築を進めているため、本戦略目標下の研究を推進する際には、当該インフラ（独立行政法人情報通信研究機構（NICT）が構築・運用するテストベッド（JGN-X））も必要に応じて活用する。

7. 科学的裏付け（国内外の研究動向を踏まえた必要性・緊急性・実現可能性等）

米国においては、2011 年に科学技術に関する大統領諮問委員会 (PCAST) が、連邦政府はビッグデータ技術への投資が少ないと結論づけたことに対応し、科学技術政策局 (OSTP) が 2012 年 3 月 29 日にビッグデータイニシアチブに関する公告を発表した。このイニシアチブには 6 機関 (NSF, NIH, DOD, DARPA, DOE, USGS) が総額 2 億ドルを投資し、データへのアクセス、体系化、知見を集める技術を改善、強化することとしている。欧州、アジアにおいても、ビッグデータに対する研究投資を実施しており、今後、激しい国際競争が予想される。具体的には、欧州では 2020 年までに ICT における研究開発への公共支出を 55 億ユーロから 110 億ユーロへと倍増させ、大規模なパイロットプロジェクトを実施し、公共に利益のある分野における革新的かつ相互運用可能なソリューション（エネルギーや資源を節約するための ICT、持続可能な保険医療、電子政府、インテリジェント輸送システム等）を開発することとしている。また、中国では情報資源を共有するためのセンターを設置し、収集したデータの相互の関係付けのためにメタデータの付与や自動分類等の技術開発を行っている。さらに、韓国ではビッグデータを含む研究データの共有とデータ科学を推進する National Scientific Data Center を 2013 年から構築することとなっている。このことから、官民の役割分担と省庁の枠を超えた連携のもと、科学技術分野におけるイノベーションの推進等に向け、分野を超えたビッグデータの利活用を促進するための研究開発が急務となっている。

我が国は、各種センサー情報が発達していること、ハイパフォーマンスコンピューティング、自然言語処理等、世界的に高い研究水準を有する関連研究領域があることや、遺伝子情報等の地域単位での研究が必要な大規模データを扱う領域にも取り組んでいる。このことから、大規模データの活用において、これらの強みが幅広い分野・領域に展開することで、科学技術における共通基盤の強化や産業競争力の強化が可能な環境で

ある。

8. 検討の経緯

文部科学省の研究振興局長の下に設置したアカデミッククラウドに関する検討会においては、平成 24 年 7 月 4 日に提言「ビッグデータ時代におけるアカデミアの挑戦」を取りまとめ、ビッグデータに関する共通基盤技術の研究開発として、ビッグデータ処理の各段階（データ収集、蓄積・構造化、分析・処理、可視化）における基盤技術の研究開発等が必要との方向性や具体的な研究開発事項について取りまとめた。

これを踏まえ、科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会情報科学技術委員会（第 77 回、第 78 回）（平成 24 年 7 月 5 日、8 月 2 日）においても、様々な分野における知的活動の成果として生み出されている大量データを効果的・効率的に収集・集約し、革新的な科学的手法により情報処理を行うことにより、新たな知的価値を創造する「データ科学」が重要との共通認識のもと、ビッグデータを利活用するための共通基盤技術の研究開発が必要との見解が示された。

また、科学技術・学術審議会先端研究基盤部会（第 5 回）（平成 24 年 8 月 7 日）で取りまとめられた「数学イノベーション戦略（中間報告）」においては、ビッグデータを有効に活用するための革新的な手法や技術を開発するには、数学者は情報科学分野の研究者や各アプリケーション側の研究者と積極的に連携を図るとともに、数学者の多様な知見とポテンシャルを最大限活用し、ビッグデータの有効活用において本質や構造を見いだすための共通基盤的技術の構築に向けて取り組むことが重要と述べられている。

本戦略目標は、これらの検討の結果を踏まえて作成したものである。

9. その他

本戦略目標を推進するに当たっては、情報科学・数理科学分野とビッグデータの利活用が有効な様々な研究分野の融合により、ビッグデータに関係する研究者に流動的なネットワークを生み出し、新たな人材育成スキームや、イノベーション創出サイクル（常にイノベーションを創出し続ける環境）の構築も目指すことを期待する。

(別添資料2)

戦略的創造研究推進事業(CREST・さがけ)
平成 25 年度新規発足研究領域の「研究領域の概要」
(案)に対するパブリックコメントの結果について

戦略的創造研究推進事業（CREST・さきがけ）平成 25 年度新規発足研究領域の「研究領域の概要」（案）に対するパブリックコメントの結果について

平成 25 年 4 月 12 日

科学技術振興機構（JST） 戦略研究推進部

平成 25 年 3 月 14 日から平成 25 年 3 月 21 日までの間、平成 25 年度新規発足研究領域の「研究領域の概要」（案）に対するパブリックコメントを、ホームページ上で実施しました。その結果、合計 21 件のご意見をいただきました

いただいたご意見の概要及び、それに対する JST の考え方は以下の通りです。

※ 掲載したご意見の内容は、JST の判断により適宜、要約および個人情報に関する内容の削除等を行っております。

※ ご意見提出者ご自身の研究提案構想に相当する内容など、本募集の趣旨にそぐわないと判断されるご意見につきましては、対象外といたしました。

● 研究領域 2、3、4、5、6 の 5 つの領域に対するご意見

ご意見の概要	ご意見に対する考え方
5 項目は、表現を変えて説明されていますが、基本的に開発したい要素技術に明確な差が感じられません。要するにすべて同じと見なされても仕方がない程度にしか分野設定が練られていません。もう少し研究領域設定を検討された方がよいと思います。	ご意見ありがとうございます。 ご指摘の研究領域 2、3、4、5、6 に関し、 ・研究領域 2 は、戦略目標「情報デバイスの超低消費電力化や多機能化の実現に向けた、素材技術・デバイス技術・ナノシステム最適化技術等の融合による革新的基盤技術の創成」の下に設定するものであり、情報処理エネルギー効率の劇的な向上や新機能の実現を可能にする研究開発等を対象とします。 ・研究領域 3 及び 4 は、戦略目標「疾患実態を反映する生体内化合物を基軸とした創薬基盤技術の創出」の下に設定するものであり、疾患を反映する代謝産物等の探索およびその情報に基づく疾患制御標的分子の分析を加速する技術の創出等を対象とします。研究領域 3 は CREST として、研究領域 4 はさきがけとして運営します。 ・研究領域 5 及び 6 は、戦略目標「選択的物質貯蔵・輸送・分離・変換等を実現する物質中の微細な空間空隙構造制御技術による新機能材料の創製」の下に設定するものであり、物質中の空間空隙を高度に設計・制御することで、既存材料・技術では実現困難な機能・素材等の創出を目指すものです。研究領域 5 は CREST として、研究領域 6 はさきがけとして運営します。 以上のように、研究領域 2、3、4、5、6 では、対象とする研究内容が異なっております。

● 研究領域 3 : 「疾患における代謝産物の解析および代謝制御に基づく革新的医療基盤技術の創出 (CREST)」に対するご意見

ご意見の概要	ご意見に対する考え方
本質的に重要なテーマだが、あまり基礎的なテーマ設定ではなく、応用と成果を狙いすぎているように思える。おそらく、この領域の拡大に資することはなく、有力研究室がその水準を維持するためにもっぱらつかわれることが予想できる。	ご意見ありがとうございます。 本事業は、我が国が直面する重要な課題の達成に向けた基礎研究を推進して、科学技術イノベーションを生み出す創造的な新技術を創出することを目的としており、これまでの研究を大きく凌駕するような研究提案を求めています。
食品に利用される植物中に含まれる「二次代謝物」の生物活性はわかっているものの、そのような物質がそのままの状態で作作用するのか、それとも、体内で代謝されるのかという点、さらに、その標的タンパクはほとんど理解されていません。 本研究領域はこのような重要な課題を体系的に解明するものだと思います。 この点を考慮すると、生命科学、有機化学、および分析化学の全てに精通している研究機関の参加、もしくは、各専門分野の研究機関の幅広い参加と緊密な連携が欠かせないと思います。	ご意見ありがとうございます。 ご指摘の研究内容は、戦略目標の達成に貢献し得る一つのテーマになり得るととらえており、疾患との関連性や医療応用の可能性が示された研究提案であれば、本研究領域の対象となり得ると考えております。 また、分野連携の必要性に関するご指摘については、研究者・研究機関の幅広い参加と緊密な連携が実現できるような研究領域運営を検討して参ります。
切れ味のよい化合物を釣り針として標的タンパク質を探索するケミカルバイオロジ的な手法が発展してきているが、水溶性タンパク質が主であり、シグナル伝達に重要な役割を果たしている膜タンパク質やタンパク質複合体の検出が遅れている。本領域では、これまで困難であったこれら標的のスクリーニング法の確立が望まれる。 探索に用いる化合物として、医薬品のみならず、健康食品として広く大量に摂取されている物質の標的探索研究を推奨したい。従来、食品としての歴史があるということで副作用がほとんど検討されていないが、サプリメントとして、これまでにない量を摂取する人が増えてきているにもかかわらず、効能標的が明確で無いものが多い。医薬品に比して弱い相互作用のものが多くと考えられるので、弱い相互作用の検出技術の確立が必要となり、従来のスクリーニング法だけでは不十分である。このような技術革新についても目標に含めるべきである。単に標的を決定するだけでなく、標的となるタンパク質と薬物との相互作用解析まで踏み込むことを期待する。分子生物学だけでなく、構造生物学や有機化学と連携した領域設定を期待する。	

● 研究領域 4：疾患における代謝産物の解析および代謝制御に基づく革新的医療基盤技術の創出（さきがけ）

ご意見の概要	ご意見に対する考え方
【対象部分】 研究領域の名称 【意見】 魅力的な領域だと感じるが、可能であれば、研究領域の名称内の”代謝”という言葉を除き、代わりに”生体内化合物”などの言葉を用いたほうがよいと思う。 【理由】 研究領域の名称の中で”代謝”と断定されると、応募者が”代謝”を意識した説明に文面を割く必要が生じる。本当に”代謝”のみに限定するのであればそれでよいが、戦略目標や、研究領域の概要（案）の中でも、”生体内化合物”や”代謝産物など”という言葉が使われており、研究の対象を代謝に限定していないと理解できる。”代謝”という言葉が名称からのぞけば（もしくは”代謝など”とする）、このような不一致や、上記した応募者の負担は軽減されると思われる。	ご意見ありがとうございます。 ご指摘のとおり、戦略目標において、研究対象は「疾患実態を反映する生体内化合物（二次代謝を含む代謝産物及び微生物由来・食品由来の天然有機化合物の総称）」と広くとらえられています。 医療応用を見据える本研究領域においては、代謝産物や代謝経路との関わりを要件として掲げます。従って、疾患実態との関連性や医療応用の可能性が示された研究提案であれば、本研究領域の対象となり得ると考えております。

● 研究領域 5：「超空間制御に基づく高度な特性を有する革新的機能素材等の創製（CREST）」に対するご意見

ご意見の概要	ご意見に対する考え方
【意見】 （１）「超空間制御」という用語について「超」をつける意味が明確ではない。「超分子」という用語の「超」には、「非共有結合を用いた」という明確な定義がある。これまでにMOFやメソポーラスシリカなど優れた研究が多々あり、それらより少し性能が上がったという程度で「超」を用いるのは、学術用語として適切でないを考える。この企画書で「超」がつくならば、すでに「超」を実現している研究は他にあり、今更、やる必要もないタイトルになります。ご一考願いたい。 （２）当該内容については、NEDOを中心に巨額を投じた実用化プロジェクトが進行している。また同じくNEDOの「グリーン・サステイナブルケミカルプロセス基盤技術開発（革新的触媒）」の内容とも重なるように思われるが、下位の研究分担者も含めて切り分けはできるのでしょうか？ JSTのACT-Cという触媒化学のプロジェクトとも重なる部分があると思います。 （３）JSTは、有機材料系のナノ空間制御の研究者にこれまで多額の研究費をつぎこんできたのですが、論文は出るものの、CRESTやERATOの目的とするような次のステップに行ったものは少ないと感じます。自己組織化による材料は、合成が大変で、多くの場合に力学強度が不足し、使えません。私個人としてはどちらでもいいのですが、論文を出すことが目的なのか、最終的にモノになりそうな仕事を優先するのか、募集時に明確化されることを望みます。最初に条件を示しておく、統括や領域アドバイザーが縁故者を優先したなどと言うような陰口をたたかれることも少なくなります。そして、研究者にとってはつらいことですが、途中でお金を削られる時に受け入れる心の準備ができます。	ご意見ありがとうございます。 （１）「超空間制御」の「超」には、「超」えるという意味を持たせています。従来技術や従来機能を「超」えるための超空間制御技術や新たな物質創成の概念の基盤構築を目指します。 （２）公募および選考に際しては、「競争的研究資金の不合理な重複及び過度の集中の排除等に関する指針」（平成17年9月9日 競争的研究資金に関する関係府省連絡会申し合わせより）に基づき、適切に対応いたします。 （３）本研究領域では、大きな新産業創生の足がかりを作るとともに、新たな物質創成のための基盤を構築する研究課題を募ります。

【対象部分】 領域概要案の２段目から３段目 【意見】 科学と社会のつながりを強める上で大変重要な領域になると期待しています。特に、材料科学における「異分野融合チーム」、「構造材料」というキーワードは、まさに現在必要とされる点だと考えます。JST-CRDS 報告書 CRDS-FY2009-SP-05 の冒頭 3～4 ページにある、「想定される implementation 技術とその科学的原理との関連」を明らかにする研究とする特徴的な提案「B：空間空隙インプリメンテーション技術： 応用促進」および「C：共通基盤技術： 観察・解析技術、原理解明」を含めるのが、分野の応用展開促進に有効と考えます。 【理由】 概要案の中の特に「構造材料」が重要であると考えます。ここ数十年の間に、高度成長期に建造した多くのインフラストラクチャーの改修・メンテナンス時期がやってきます。例えばコンクリートの空間空隙構造と、水やイオンの浸透挙動の関係などは、耐久性や劣化診断の観点からよく検討されている問題です。しかし、毛管現象・毛管凝縮・ナノスケール液体のレオロジーなどが関与する複雑な過程であり、研究手法としては、相関関係からの原因推定に限られています。そのため、マイクロから原子スケールでの直接観察に基づく科学的原理解明には至っておりません。近年、ナノ・マイクロ化学と構造材料分野の融合的研究として、このような複雑な現象の科学的原理を直接的に解明しようという野心的な試みが始まっています。先端加工法により形成した 10 ナノメートルスケールの空間空隙を利用して、構造材料中のイオン輸送現象が明らかになりつつあります。このような新しい取組みの先には、より強度が高くメンテナンス性の高い新しい構造材料の実現が期待でき、社会的インパクトのある成果へと結びつくと期待できます。ナノ・マイクロ化学の中でも、10 ナノメートルスケール空間での物理化学研究は、日本が世界に先駆け研究を進めている分野です。毛管現象（Anal. Chem. 2002 74 6170）や毛管凝縮（Chem. Lett. 2008 37 1064）の研究手法においても世界をリードしています。土木分野や建築分野の研究者と、ナノ・マイクロ化学分野の研究者が強力なチームを組むことで、世界的に見て独自性の高い研究成果が期待できます。	
【対象部分】 領域の対象について 【意見】 「構造材料」、特に nm スケールから mm スケールまでの多様かつ複雑な連結性を有する空隙構造を内包しているセメントコンクリートは、本研究領域において、チャレンジングな対象と考えます。コンクリートは建設材料として広く用いられ、大規模空間の構成材料として多方面で高い空間保持・貯蔵性能等が期待されていることから、空間空隙構造制御によって更に高い機能を発現させることができれば、応用展開先の広がりは大きいと考えます。 【理由】 コンクリートは古典的な構造材料で、様々な経験則・構成則が確立され、実用に供されていますが、セメント水和物が内包する層間空隙・ゲル空隙・毛管空隙はオングストロームから μm レベルの広範な空隙径分布を有すると共に複雑な連結性を有しており、また、コンクリート中の骨材周りに形成される遷移帯や空気泡は μm から mm レベルのサイズを有することから、コンクリート中の空隙における水やイオンの物質移動については、空隙レベルでの十分な理解と制御が確立していません。例えば、コンクリート中の鉄筋の腐食を誘発する塩分の浸透はフィックの拡散則によって予測されますが、実際には、毛管現象によるコンクリート中への水の浸透はコンクリートの表層で停滞するために、コンクリート中の空隙が全て拡散場とはなっていない可能性が指摘されています。また、コンクリート表面から液状水が浸透できる領域よりも更に深い領域の空隙には、毛管凝縮によって nm スケールの空隙に水が溜まっていますが、そのような空隙では、電気二重層の影響により塩素イオンが拡散しないように制御できることが分かってきました。このように、近年、飛躍的な進歩を遂げている観察・解析技術を駆使して、原理を解明することにより、古典的な構造材料であるコンクリートの性能を従来の知見を超えて高めることが可能であると考えられます。微小空隙中の液状水の挙動は、様々な多孔質材料にとって、不明な部分が多い現象と考えますが、コンクリートにおいても、弱点であるひび割れをコンクリート自らが修復するひび割れ自己治癒性能の長期温存、塩害抵抗性・凍害抵抗性などのコンクリート中	ご意見ありがとうございます。 本研究領域は「空間空隙」を共通キーワードとし、現状では達成しえない“あらまほしき物性・機能”を超空間制御技術によって実現可能なものとし、ご指摘の構造材料も含め、それにかなう新材料等を創製することも目的としています。そのためには、ご指摘の通り、単独分野による「既存研究の延長線上」ではなく、異分野間の知識を集結させた「既存研究の延長線上にない」研究を推進し、新たな産業創生の足がかりとしたいと考えています。

への水の侵入が関与する劣化現象に対する耐久性向上、コンクリートの軽量化を可能とする軽量骨材コンクリートの施工性向上など、様々な応用面で従来の問題点を克服できるイノベーションの鍵を握る現象といえます。その原理解明は、基礎研究の深化に留まらず、応用展開にとっても重要な取り組みであり、異分野融合によって初めて達成可能になるものと考えます。

●研究領域 6：「超空間制御と革新的機能創成（さきがけ）」に対するご意見

ご意見の概要	ご意見に対する考え方
【対象部分】 第 2 段落後半部分 【意見】 2 段落後半の「・・・向けて、空間空隙を・・・」の部分に超空間制御創成についての文言を加えるべきではないかと感じる。 【理由】 領域名にもあるように超空間制御が 1 つの重要な目標となっていることに加えて、空間空隙を制御することとその空間での機能創成は切り離せない関係にあると考えられるため。	ご意見ありがとうございます。 超空間制御と空間での機能性は切り離せない関係にあると考えており、その関係性については、1 段落に記載しております。 ＜（抜粋）「・・・高度に設計・制御する「超空間制御技術」を確立し、従来の空間利用の常識を超える革新的機能の創出を目指します。」＞ 2 段落については、ご意見も踏まえて検討したいと考えます。
【対象部分】 研究領域の概要 【意見】 構造柔軟性を示す空間空隙制御材料について含有するものであることが望ましい。	ご意見ありがとうございます。 ご指摘の概念については、「空間空隙が本質的役割を果たすと期待できる研究提案」でしたら、本研究領域の対象となり得ると考えています。ご意見は、今後の研究領域運営の参考とさせていただきます。

●研究領域 7：「各分野のビッグデータ利活用を推進するための次世代アプリケーション技術の創出・高度化（CREST）」に対するご意見

ご意見の概要	ご意見に対する考え方
【対象部分】 研究領域の概要（案）最後の部分また、本研究領域では、関連領域の「ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化」で得られる次世代基盤技術を共有・活用するなどの連携を推進します。 【意見】 8）ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化（CREST・さきがけ複合領域）のとの連携を図っていく上で、7）及び8）の課題採択後、直ちに採択された研究者間での合同研究会ないしは情報交換会を持った方がよい。 【理由】 7）のアプリケーション技術の創出・高度化研究に最新のビッグデータ処理基盤技術を取り入れるためには、どのような基盤技術の可能性があり、それらをどう自らのアプリケーションに取り込むべきなのかを、プロジェクト開始当初から常に念頭において研究開発を進めるべきである。	ご意見ありがとうございます。 ご指摘の通り、2 つの研究領域の連携が重要であると認識しております。研究課題の採択後、早期に 2 領域の意識共有を図る機会を設けることを検討して参ります。

【対象部分】 研究領域の目的 【意見】 目的達成に必要な次世代アプリケーション技術を新たに創出・高度化し、総合的かつ統合的なビッグデータ解析システム技術確立することを目指すという目的には、大いに賛同する。 【理由】 ビッグデータを解析する技術の確立は、現代社会・世界人類の急務であるにも関わらず、まだなされていない。この目的のためには、数理科学をはじめとする基礎的な研究も積極的に推進すべきであろう。でなければ、既存の技術を超えるものはなかなか得られないことが容易に想像される。	ご意見ありがとうございます。 ご指摘のような本研究領域の目的は重要であると認識しており、目的の達成に向けた研究領域運営に努めて参ります。
---	--

●研究領域 8：「ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化（CREST・さきがけ複合領域）」に対するご意見

ご意見の概要	ご意見に対する考え方
【対象部分】 研究領域の概要(案)最後の部分 また、本研究領域では、関連領域の「ビッグデータ統合利活用のための次世代基盤技術の創出・体系化」で得られる次世代基盤技術を共有・活用するなどの連携を推進します。 【意見】 7)『分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化』のとの連携を図っていく上で、7)及び8)の課題採択後、直ちに採択された研究者間での合同研究会ないしは情報交換会を持った方がよい。 【理由】 8)の次世代基盤技術の研究それ自体が非常に重要ではあるが、ビッグデータ統合利活用を目指すからには、どのような実世界ニーズがあり、それに対してどのような次世代基盤技術としていくべきなのかを、プロジェクト開始当初から常に念頭において研究開発を進めるべきである。	ご意見ありがとうございます。 ご指摘の通り、2つの研究領域の連携が重要であると認識しております。研究課題の採択後、早期に2領域の意識共有を図る機会を設けることを検討して参ります。
【対象部分】 研究領域の概要 【意見】 数理的手法やアルゴリズムなどの開発を推進することに大いに賛同する。 【理由】 多種多様な情報を横断して検索・比較・可視化して真に必要な知識を効率的に取り出す技術の創出には、種々の付加的状況に寄らない、普遍的な立場からの研究が重要である。そのためには、事象を抽象化し、その結果に汎用性のある、数理的手法が大いに期待されるところである。	ご賛同のご意見ありがとうございました。

【対象部分】 研究分野創出の方針について 【意見】 国外におけるビックデータ処理は、分野横断の研究チームが構成されており、その中には数理科学及び情報科学の研究者が、ビックデータの問題に直面する計算及び計測分野の研究者が緊密に連携しながら研究を行なっている。特に、アメリカとドイツを中心としたヨーロッパにおいては、ビックデータ処理のための新しい科学として Visual analytics（視覚分析学）と呼ばれる分野が創出されている。しかしながら、日本においてはこのようなビックデータ処理のための科学の体系化は、欧米はもとより他のアジア国家(中国、韓国含む)からも遅れを取っているのが現状である。そのような現状を踏まえた上で、各学問分野におけるエゴを超越したような、分野横断を促進する研究プロジェクトの促進を目指して欲しい 【理由】 スパコンの高性能化やセンサーデバイスの高度化により、我々が蓄積できる情報の質や量は向上の一途をたどっており、そのような大容量のデータ(以下、ビックデータと呼ぶ)を解析および理解する需要は非常に大きいことは火を見るよりも明らかであるのが現状と考えられる。先日私が実際にビックデータ処理に直面している国内機関の研究者に話をうかがったところ、そのようなビックデータ処理で用いられている技法は、周波数解析等のデータ簡単化や主因子分析等の単純な次元圧縮に終始してとのことで、意外なほど稚拙な道具しか持ち合わせていない現状に非常に驚いたことがあった。実際に日本国内にも、そのようなビックデータ解析のためのアイデアをもつ数理科学の研究者、あるいはそれを計算アルゴリズムとして実現しうる情報科学の研究者が存在する。しかしながら、上記のようなビックデータを保持し解析を行う立場に立てる研究者は、基本的にはスパコンを保有しシミュレーションを行う立場にいる研究者、あるいはセンサーなどの計測機器を保有し大容量のデータを蓄積できる研究者に限られる。加えてデータを取得すること自体が非常に労苦を伴うものであり、おいそれとそのデータを一般に開示することは、データをもつ研究者自身にそのデータが帰することが保証されない限り、難しいのが現状であろう。片や欧米においては、テロ解析や経済指針の施策策定など、ビックデータをより積極的に活用する重要性に関して先見の明があったこともあり、国家的なプロジェクトとしてそのようなビックデータ処理を強く促進してきた経緯がある。特に、欧米で促進されたのは分野横断を目指したビックデータ処理であり、データ解析のアイデアをもつ側、データそのものをもつ側のエゴが衝突しない形で、大型の研究プロジェクトを促進してできた点が特筆に値する。先に述べた、Visual Analytics（視覚分析学; http://nvac.pnl.gov http://www.vismaster.eu)は欧米で発達した、ビックデータ処理のため新しく構築された可視化科学であり、既存の数理科学、統計学、機械学習等との学問の融合により、ビックデータを理解するための手法を確立した事例ととらえられる。ビックデータの事例なども、重要なものは国家レベルの支援をウェブ等で公開するなどの配慮がなされており、アイデアをもつ研究者は自由にデータ事例にアクセスをし、解析・理解する手法の研究にチャレンジできる環境がある。 本研究領域は、ビックデータの分野によらない、一般的なデータの解析と理解の技法を目指している点で、非常に先見の明がある方向性であると理解しており、個人的にもうたわれている研究領域の戦略は非常に希望が持てるものと理解している。是非この方向性を維持して欲しいとともに、今一度欧米のビックデータ科学の成功事例を検証し、今回の領域発足がそれを超えるものを目指すこと、また組織や分野によらず、すべての研究者がアイデアさえあればビックデータに関連する研究に参画できるような基盤作りを国家のレベルで促進することを目指して欲しい。それは、仮に選からもれた研究提案でも、本研究領域が率先して解析対象のビックデータの事例を公開し、間接的にも研究奨励するかたちを取るべきであろう。ある特定の研究者、研究組織が資するような支援体制ではなく、国内の研究レベル全体の底上げを目指した施策が必要と思われる。	ご意見ありがとうございます。 ご指摘も踏まえ、研究領域内での情報科学・数理科学の融合が生まれるよう、研究領域運営に努めて参ります。
--	---

【対象部分】 戦略提案において想定する研究分野について 【意見】 今回の戦略提案において研究を推進すべき要素技術としてデータマイニング技術や機械学習をはじめとする要素技術が挙げられているが、これらの要素技術の殆どは大量のデータの自動的分析を直接的に行うためのものであり、実際にデータ解析を行う際に中心的な役割を果たす「人間」という要素をビッグデータ解析のプロセスの中にいかに位置づけていくかという点が欠けているように見受けられる。ビッグデータ解析が対象とする多種大量のデータの解析系における「人的ボトルネック」の解消のために、様々なバックグラウンド・知識をもった多くのデータキュレーターやデータサイエンティストが知恵を結集し問題解決を行う「クラウドソーシング」の考え方が極めて有効であることを指摘するとともに、本戦略提案において重点的に研究を推進すべき要素技術としてクラウドソーシング関連技術を盛り込むことを提案したい。 【理由】 大量データの自動分析技術はビッグデータ解析の中核を担う技術であることは事実である。しかしながら一方で、多様で非定型なデータのすべてを全自動的に分析することは現実的でなく、そこに人の手を介在することは不可避といえる。例を挙げれば、複数種のデータ統合を考えたとき、複数のデータベースのスキーマ統合を自動的行うことは極めて困難であり人間の手によって行わざるを得ない。あるいは、機械学習アルゴリズムの適用対象となるデータをいかに表現するか、アルゴリズムの各種パラメータのチューニングをいかに行うかという点はその性能を大きく左右するカギであるが、最大限の性能を引き出すためにはその使い手である人間の技能に依存する部分が極めて大きい。一方で近年、自然言語や画像・音声等メディアの認識技術は著しく発展しているが、未だ人間の認知レベルには至っているとはいいがたく、完全な自動化はまだまだ先と言わざるを得ない。さらに、より抽象的にビッグデータの解析プロセスを考えたときに、そもそも何を目標として、何を分析すべきか、そして分析結果から抽象的なレベルでの意思決定を行うのは、分析プロセスを回すデータサイエンティスト等の人間である。以上に述べたように、ビッグデータの分析においては、機械的なデータの処理能力ももちろんのことながら、結局は人的資源が本質的なボトルネックとなることは明らかであると考ええる。ビッグデータ解析が対象とする多種大量のデータの解析系におけるこの「人的ボトルネック」の解消のためには、「クラウドソーシング」の考え方が極めて有効であると考えられる。このことは米国政府が「ビッグデータ研究開発イニシアティブ」の中で、注力すべき情報技術分野として、機械学習（分析手法）、クラウドコンピューティング（プラットフォーム）とともに、クラウドソーシングを挙げていることから示唆される。 データ収集やクレンジング、分析、意思決定などのデータ解析にまつわる様々なステージを、様々なバックグラウンド・知識をもった多くのデータキュレーター、データサイエンティストが知恵を結集し行うことが有効となるであろう。計算機科学分野ではここ数年でクラウドソーシングに基づく新しいシステム設計論の研究が爆発的に増加しており、これらに対する数理的なアプローチもまた盛んである。また、またオープンデータに対してコンペティション形式でデータ解析の性能を競う方式のクラウドソーシングも盛んになりつつあり、アルゴリズムの改良とデータサイエンティスト育成に寄与している。本戦略提案において重点的に研究を推進すべき要素技術としてクラウドソーシング関連技術は欠かすことのできないものであることを指摘したい。	ご意見ありがとうございます。 ビッグデータを統合的に処理する研究としては、幅広い手段を視野に入れており、ご意見は今後の研究領域運営の参考とさせていただきます。
【対象部分】 「ビッグデータのドメインに依存しない本質的課題を解決」 【意見】 ビッグデータの課題解決の鍵は個々のドメインの特性をいかに深く把握し洞察できるかにあります。「ドメインに依存しない本質的課題」という表現では、汎用の大規模処理技術や機械学習手法の研究開発に限定されるように読めるため「ドメインに依存しない」を削除、あるいは「ドメインを融合する」ないし「ドメインを統合する」等に置換すべきと考えます。 【理由】 直後に「具体的には、大規模データを圧縮・転送・保管する大規模管理システムの安定的運用技術や、多種多様な情報を横断して検索・比較・可視化して真に必要なとなる知識を効率的に取り出す」とありますが、「圧縮や保管」の方法がドメインに依存して最適化されるべきなのはもち	ご意見ありがとうございます。 「ドメインに依存しない」とは、「単一のドメインには依存しない」という意味で考えております。必ずしも汎用の研究開発に限定されるものではありません。ビッグデータを統合的に処理する研究としては、幅広い手段を視野に入れております。ご意見は、研究領域の概要の作成において参考とさせていただきます。

ろん、「検索・比較・可視化」はドメイン非依存ではありません。今求められている戦略目標は、多様なドメインを融合した研究が求められているにもかかわらず旧来の分野区分で分断されている今の研究スタイルを打破し、各分野の特性を俯瞰して各個に対応しつつも融合・統合されたシステムの設計ではないでしょうか。	
【意見】 次世代基礎基盤構築のために、純粋応用を問わず様々な数学者が先導することを前提とした「募集」をかけて頂きたい。 【理由】 現状の募集の仕方ですと、やや情報技術系・工学系の色彩の強い内容と見受けられます。暗号その他では純粋数学者の活躍は既知と思いますが、「次世代基盤技術の創出」には、より多くの数学者との連携や協働が必須と思います。そのような数理的・科学的観点を重視した形でこの研究領域を育てて頂けたらと思います。CG やビジュアライゼーションはまさにビッグデータを扱う典型であり、そこで現在開発しつつある技術は深い数理的洞察と数学的発想が必要とされています。ビッグデータを扱う「情報」分野とは、今やコンピュータサイエンスによる進化のみでなく、数学者により開拓されるであろうことが歴史的必然になろうと思われます。是非ご一考をお願い致します。	ご意見ありがとうございました。 数学者・数理科学分野の研究者が研究代表者として研究を先導するような研究提案は、本研究領域の対象となり得ると考えますが、数学・数理科学と情報科学の融合により新しい基盤技術が創出されることを期待しています。