

令和2年度戦略的創造研究推進事業(CREST)コロナ対策臨時特別プロジェクトにおける新規発足研究領域及び研究総括の設定について

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「戦略的創造研究推進事業(社会技術研究開発及び先端的低炭素化開発を除く。)の実施に関する規則」に基づき、JSTの研究主監会議が事前評価を行い、研究領域及び研究総括の設定を行います。

この度JSTでは、新型コロナウイルスをはじめとする新興・再興感染症との共生に資する新技術シーズ創出に向け、医療分野に留まらない様々な分野の研究者の力を結集した異分野融合研究を推進するため、戦略的創造研究推進事業(CREST)においてコロナ対策臨時特別プロジェクトを立ち上げることとし、平成28年度から平成30年度に設定されている6つの戦略目標の下に、新規研究領域及び研究総括を設定しました。研究主監会議における事前評価結果と、その設定理由は、別紙のとおりです。

表. 令和2年度コロナ対策臨時特別プロジェクト 新規発足研究領域、研究総括及び戦略目標 一覧

研究領域(略称)	研究総括	戦略目標(設定年度)
<p><u>CREST</u> 異分野融合による新型コロナウイルスをはじめとした感染症との共生に資する技術基盤の創生(コロナ基盤)</p>	<p><small>いわもと あいきち</small> 岩本 愛吉 (日本医療研究開発機構 研究開発統括推進室長/ 東京大学名誉教授)</p>	<p>「ゲノムスケールのDNA合成及びその機能発現技術の確立と物質生産や医療の技術シーズの創出」(平成30年度) 「細胞外微粒子により惹起される生体応答の機序解明と制御」(平成29年度) 「実験とデータ科学等の融合による革新的材料開発手法の構築」(平成29年度) 「ネットワークにつながれた環境全体とのインタラクションの高度化」(平成29年度) 「材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合」(平成28年度) 「急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出」(平成28年度)</p>

(別紙)

研究領域及び研究総括の設定の手順及び理由

1. 研究領域及び研究総括の設定のための事前評価の項目及び評価者

事前評価は、「戦略的創造研究推進事業(社会技術研究開発及び先端的低炭素化開発を除く。)の実施に関する規則」に基づき行いました。公募型研究に係る研究領域及び研究総括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 (2020年9月末時点)

	氏名(敬称略)	所属
議長	小安 重夫	理化学研究所 理事
	澤本 光男	中部大学 教授
	辻 篤子	科学ジャーナリスト/中部大学 特任教授
	辻井 潤一	産業技術総合研究所 人工知能研究センター センター長
	富山 和彦	株式会社経営共創基盤 IGPI グループ会長
	平山 祥郎	東北大学 教授
	保立 和夫	豊田工業大学 学長

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

2. 研究領域及び研究総括設定の手順

- (1) 新型コロナウイルス感染症拡大を受け、濱口理事長イニシアティブにより戦略的創造研究推進事業（CREST）におけるコロナ対策臨時特別プロジェクト実施が決定
- (2) JST による調査の推進（CRDS ポストコロナを見据えた研究開発戦略ワークショップにおける情報収集、関係報告書等の調査等）、文部科学省関係部署との意見交換等を通じた研究領域立案
- (3) 研究領域および研究総括の事前評価と決定
 - ・研究主監会議（2020年9月18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。
 - ・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（2020年9月28日）。

3. 新規研究領域及び研究総括とその設定の理由

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設定の理由は以下の通りです。
（研究総括の所属・役職は、2020年10月現在のものです）

3-1 次の戦略目標の下に設定した研究領域

「ゲノムスケールのDNA合成及びその機能発現技術の確立と物質生産や医療の技術シーズの創出」

「細胞外微粒子により惹起される生体応答の機序解明と制御」

「実験とデータ科学等の融合による革新的材料開発手法の構築」

「ネットワークにつながれた環境全体とのインタラクションの高度化」

「材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合」

「急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出」

[1] 研究領域の概要及び研究総括

研究領域1 「異分野融合による新型コロナウイルスをはじめとした感染症との共生に資する技術基盤の創生」（CREST）

(1) 研究領域の概要

本研究領域は幅広い分野の研究者の結集と融合により、新型コロナウイルスの感染拡大に対応する新たな戦略や、それに繋がる革新的な技術シーズの早期創出を目指します。

2019年12月ごろ中国湖北省武漢市を中心に発生したとされる新型コロナウイルス感染症は、2020年3月11日には世界保健機関からパンデミックが宣言され、人々の日常や社会・経済活動に多大な影響を与えています。繰り返す感染の再拡大等への懸念から社会・経済活動の長期の

停滞を余儀なくされる中で、感染症危機に対して強靱な社会への構造的な変革と、それを支える科学技術イノベーションが早急に求められています。

そこで本領域では、新型コロナウイルスを含む新興・再興感染症による社会・経済活動のダメージを最小限に食い止めるとともに、ウィズコロナ・ポストコロナにおける強靱な社会を創るため、あらゆる科学技術を総動員して、新型コロナウイルスをはじめとする新興・再興感染症との共生に資する技術基盤の早期構築を目指します。

(2) 研究総括

岩本^{いわもと} 愛吉^{あいきち}（日本医療研究開発機構 研究開発統括推進室長／東京大学名誉教授）

[2] 研究領域選定及び研究総括指定の理由

研究領域 1「異分野融合による新型コロナウイルスをはじめとした感染症との共生に資する技術基盤の創生」(CREST)

(1) 研究領域選定の理由

2019年12月ごろ中国湖北省武漢市を中心に発生したとされる新型コロナウイルス SARS-CoV-2 を原因とする新型コロナウイルス感染症 COVID-19 は、2020年3月11日には世界保健機関からパンデミックが宣言され、人々の日常や社会・経済活動に多大な影響を与えている。繰り返す感染再拡大への懸念から社会・経済活動の長期の停滞を余儀なくされる中で、この難局を乗り越えて新たな日常(ニュー・ノーマル)を確立するために、感染症危機に対して強靱な社会への構造的な変革と、それを支える科学技術イノベーションが求められている。

また、COVID-19の世界的な感染拡大を受け、COVID-19関連のプレプリント論文の利用や国際コンソーシアムを通じた研究データの共有と利活用など、オープンサイエンスが急速な拡がりをみせるとともに、様々な異分野の基礎研究者が独自のアプローチで感染症対策に資する研究活動に参画しようとする機運がかつてないほど高まっている。

さらに、2020年7月17日に閣議決定された「統合イノベーション戦略2020」でも、COVID-19への対応として、中長期的な視点で将来の感染症対策に貢献し得る基礎研究及びそれらを支える研究基盤の充実を図ることが求められており、COVID-19を含む新興・再興感染症の感染拡大に対して社会・経済活動のダメージを最小限に食い止めるため、医療分野に留まらないあらゆる科学技術を総動員して、感染症パンデミックに対する社会の対応力強化に向けた技術基盤の構築に早急に取組む必要がある。

これらの状況を踏まえ、本研究領域は JST のコロナ対策臨時特別プロジェクトとして、「材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合」「急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出」「細胞外微粒子により惹起される生体応答の機序解明と制御」「実験とデータ科学等の融合による革新的材料開発手法の構築」「ネットワークにつながれた環境全体とのインタラクションの高度化」「ゲノムスケールの DNA 合成及びその機能発現技術の確立と物質生産や医療の技術シーズの創出」の6つの戦略目標のもと、医療分野に留まらない幅広い分野の研究者の結集と融合を促し、COVID-19を含む新興・再興感染症に対する新たな戦略や、これに繋がる革新的な技術シーズを創出することを目標としている。

特に本研究領域では異分野融合を推進するため、情報学、環境科学、工学、物理学、有機化学、計算科学、基礎生物学など幅広い分野の研究者が研究代表者となり、必要に応じて人文・社会科学系、医薬臨床系等の研究者が参画する研究体制の構築を求めることから、複数分野の研究者からなるチーム編成が可能な CREST 事業で実施するとしている。

以上のことから、本研究領域は、複数の戦略目標の達成に貢献するとともに、我が国が直面する喫緊の課題であるコロナ感染症対策のために、既存の研究分野にとらわれない異分野融合チームで取り組む研究提案の応募が多数なされるものと期待できる。

(2) 研究総括指定の理由

研究総括 岩本 愛吉

岩本氏は、HIV/エイズ感染症の研究と医療に長年従事しており、基礎・臨床・社会といった分野の垣根を越えて感染症対策に取り組むとともに、国際的な医学協力にも長年貢献するなど、その実績や指導力は国内外で高く評価されており、異分野融合や国際連携を不可欠とする本研究領域のマネジメントにおいて、十分な経験、能力を有していると認められる。

また、AMED の科学技術顧問や研究推進部長を務めるなど、資金配分機関における研究開発マネジメントの実践を通じて、感染症を含む医療分野の研究開発や行政に関する国内外の動向や情勢を熟知しており、本研究領域について高い先見性や洞察力を有していると認められる。

上述のような卓越した研究実績やマネジメント経験等に加え、ウイルス感染症に関する国内の主要な学会において多数の要職を歴任するとともに東大医科研の病院長を務めるなど、コミュニティからの信頼も厚く、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。

(別添資料1)

戦略目標

平成 30 年度 戦略目標

- ゲノムスケールの DNA 合成及びその機能発現技術の確立と物質生産や医療の技術シーズの創出

平成 29 年度 戦略目標

- 細胞外微粒子により惹起される生体応答の機序解明と制御
- 実験とデータ科学等の融合による革新的材料開発手法の構築
- ネットワークにつながれた環境全体とのインタラクションの高度化

平成 28 年度 戦略目標

- 材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合
- 急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出

平成 30 年度戦略目標

1. 目標名

ゲノムスケールの DNA 合成及びその機能発現技術の確立と物質生産や医療の技術シーズの創出

2. 概要

ゲノム DNA 配列決定技術やゲノム編集技術は、生命科学研究の進展を支える重要な基盤技術となっている。特に近年、ゲノム編集技術は、CRISPR-Cas9 の登場により生命科学を転換する技術として大きな注目を集め、育種や医療分野への応用研究も急速に進められている。このような中、これらに続く新たな技術として DNA 合成技術に革新が起こりつつあり、数万塩基対以上の長鎖 DNA を合成し、細胞内での機能発現を解析することで、ゲノムに関する機能やその原理を理解するための研究が行われつつある。

本戦略目標では、生命科学を中心に、情報科学、物質科学等とも連携しつつ、ゲノムを設計、合成して細胞に導入し、期待する機能を発現させる技術の確立を目指す。

3. 達成目標

本戦略目標では、ゲノムスケールの DNA を合成する技術の確立と、合成した DNA の活用によるゲノム機能の本質的解明及び細胞機能の制御を目指す。具体的には、以下の達成を目指す。

- (1) ゲノムが持つ機能を理解し、人工的にゲノム配列を設計するための基本的な原理の発見と手法の創出
- (2) ゲノムスケールの DNA を設計、合成して細胞に導入し、期待する機能を発現させる技術の開発
- (3) 設計・合成した DNA を用いた細胞機能の制御技術の創出

4. 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

3. 「達成目標」の実現を通じ、生物種に依存せず細胞を工学的に操作、制御するための技術基盤が整備され、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。

- ・未利用の生物機能を最大限引き出すことにより、製品の製造や精製に係るエネルギー消費が大幅に削減し、持続可能な消費と生産のパターンを確保する社会。
- ・バイオ医薬品の製造効率の大幅な向上、疾患研究や創薬研究に利用する細胞の確立が進み、複合的な要因による疾患に対する研究と治療法の確立が進む社会。
- ・化学工業プロセスからバイオ産業プロセスへの転換が進み、我が国がその分野で強い産業競争力を持つ社会。

5. 具体的な研究例

(1) ゲノムが持つ機能を理解し、人工的にゲノム配列を設計するための基本的な原理の発見と手法の創出

ゲノムが持つ機能を理解し、人工的にゲノム配列を新たに設計する具体的な手法に関する研究を行う。例えば、機能未知のゲノム領域を欠損・合成し、それらの変異体の機能を解析することによりゲノムが持つ機能を明らかにする研究、長鎖 DNA を用いてゲノムの高次構造を自在に再構成し、構造が細胞や生物の機能に対して果たす役割を明らかにする研究、期待する機能を具体的な DNA 配列情報として書き出す情報処理アルゴリズムの開発とその実験検証を行う研究、ミトコンドリアや葉緑体のゲノム DNA を合成した長鎖 DNA に置き換え、その機能を解明する研究等を行う。

(2) ゲノムスケールの DNA を設計・合成して、細胞に導入し、狙った機能を細胞内で発現させるための基盤技術の開発

現在の DNA の設計・合成・機能発現に関する要素技術を育成、革新し、長鎖 DNA の設計・合成・機能発現を可能にする基盤技術開発を行う。例えば、ゲノム配列設計に向けたビッグデータの解

析、合成可能な DNA 長の上限を飛躍的に拡張する長鎖 DNA の合成、長鎖 DNA の物理的安定化、長鎖 DNA の細胞への導入、長鎖 DNA の導入や機能発現が容易な宿主細胞等に関する技術開発を行う。

(3) 設計・合成した長鎖 DNA を用いた細胞機能の制御技術の創出

設計・合成した長鎖 DNA を細胞に導入し、ゲノム配列とその機能の対応関係を解明し、それに基づき細胞機能を制御するための研究を行う。例えば、合成した長鎖 DNA を利用して細胞に新たな機能を導入するほか、長鎖 DNA を利用する細胞のゲノムを再設計し、細胞機能を制御する研究等を行う。

なお、具体的な研究例 (1) ~ (3) に係る項目の研究開発にあたっては、将来の実用化を想定した際の倫理的・法的・社会的課題に配慮するために、関連する人文社会系の研究者の助言・提案を取り入れて研究を実施することが求められる。

6. 国内外の研究動向

(国内動向)

内閣府において、平成 29 年 10 月にバイオテクノロジーによるイノベーションを促進する上での課題及び戦略策定について政策討議が行われ、その後 12 月からバイオ戦略検討ワーキンググループが開催されている。その中で合成生物学についてはアカデミアのみならずバイオ産業からの関心も高く、その基礎基盤の確立が求められている。また、科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会「ライフサイエンス委員会」(第 85 回)において、ゲノム医療に関わる重要テーマのひとつとして "Genome-Write technology" が紹介された。

我が国ではゲノムスケールの長鎖 DNA 合成の基盤技術シーズが生まれつつある。枯草菌を DNA 集積に利用する手法や、試験管内で大腸菌ゲノム複製の機構を再構成した手法が報告される (ImPACT「人工細胞リアクタ」) など、長鎖 DNA 合成はわが国が世界的にも強みを有している分野である。このように、長鎖 DNA の合成技術の高度化とその普及による学術研究の新たな展開やその産業応用に、我が国の将来の成長エンジンとして大きな期待が集まっている。

(国外動向)

米国でゲノムスケールの DNA 合成の国際コンソーシアム (GP-Write) が立ち上がり、そのキックオフミーティングでは参加者の半数が企業であるなど、産学とも関心が高い。加えて、Nature 誌で 2017 年の注目テーマに挙げられた。中国では、ゲノムスケールの DNA 合成を含む合成生物学の分野で、深セン市、天津大学、中国科学院が中心となり数百億円レベルの予算で世界レベルの研究所の設置、拡充が進んでおり、若手研究者が米国で技術を習得し帰国している。しかし、国際コンソーシアム全体をコーディネートしているのは米国のコミュニティで、依然、研究のフロンティアは米国にある。英国は 2000 年代後半から合成生物学のコンソーシアムを作っているが学術的に世界をリードする状況にはなく、ベンチャー企業を介した産業化に重きを置いている。

7. 検討の経緯

「戦略目標等策定指針」(平成 27 年 6 月科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会決定)に基づき、以下のとおり検討を行った。

(科学研究費助成事業データベース等を用いた科学計量学的手法による国内外の研究動向に関する分析資料の作成)

科学研究費助成事業データベース等を用いて、研究論文の共引用関係又は直接引用関係の分析等の科学計量学的手法を活用することにより、国内外の研究動向に関する分析資料を作成した。

(分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成)

「科学技術振興機構研究開発戦略センターの各分野ユニット」、「日本医療研究開発機構のプログラムディレクター等」及び「科学技術・学術政策研究所科学技術動向研究センターの専門家ネ

ットワークに参画している専門家」に対し、作成した分析資料を用いて今後注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。その後、アンケートの結果の分析等を行い、注目すべき研究動向として本目標に係わる動向を特定した。

(ワークショップの開催及び戦略目標の作成)

注目すべき研究動向に関係する産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標等について議論を行い、ワークショップにおける議論等を踏まえ、戦略目標を作成した。

8. 閣議決定文書等における関係記載

「第5期科学技術基本計画」(平成28年1月閣議決定)

第3章(1)①ii)

バイオマスや廃棄物等からの燃料や化学品等の製造・利用技術及び廃棄物処理技術の研究開発等にも取り組む。

第3章(3)②ii)

このように、個別システムにおいて新たな価値創出のコアとなり現実世界で機能する技術として、国は、特に以下の基盤技術について強化を図る。

・センサ技術やアクチュエータ技術に変革をもたらす「バイオテクノロジー」

第3章(1)③

また、計算科学・データ科学を駆使した革新的な機能性材料、構造材料等の創製を進めるとともに、その開発期間の大幅な短縮を実現する。

「科学技術イノベーション総合戦略2017」(平成29年6月閣議決定)

第2章(2)[C]②ii)

・生物情報のデジタル化、AI、ゲノム編集技術等のNBT(New Plant Breeding Techniques)の融合、農業と生物機能の高度活用による新価値創造等バイオテクノロジー等に係る研究開発の強化

9. その他

本戦略目標に関連する施策として、ImPACT「人工細胞リアクタ」がある。当該プログラムは計測ともの作りを組み合わせ、無細胞系での長鎖DNA合成を進め、成果の社会還元を目指し事業化を推進しているのに対し、本戦略目標は長鎖DNAの設計・合成・機能確認を通じたゲノム機能の解明を目指しており、当該プログラムと相補的な関係にあるため、緊密な連携の下で進める必要がある。

国際戦略として、ゲノムサイズのDNA合成の国際コンソーシアム「GP-Write」との連携により若手人材の育成、日本発の技術の海外展開等を積極的に進める。また、技術を利用する企業と連携し、研究開発成果の社会還元を推進する。

本研究開発目標の下で行われる研究によって得られたデータについては、科学技術振興機構(JST)の「ライフサイエンスデータベース統合推進事業」(平成23年度～)等と連携しながら、データベース化等により更なる研究展開に向けた基盤を構築するなど、効率的・効果的な研究推進のための取組が期待される。

平成 29 年度戦略目標

1. 目標名

細胞外微粒子により惹起される生体応答の機序解明と制御

2. 概要

生物の細胞と細胞の間には、生体内で発生、若しくは外部から侵入するナノからマイクロサイズの「細胞外微粒子」が存在している。細胞外微粒子は、細胞外小胞であるマイクロベジクルやエクソソーム等の生体内由来のもの（内因性）と、PM2.5 や花粉、ナノ粒子等の体外から生体内に取り込まれるもの（外因性）に分類される。近年、内因性微粒子が多くの疾患の発症や悪性化進展に影響することが報告されており、世界的にも注目度が高い研究分野となっている。一方の外因性微粒子は環境問題との関係でも国民の関心が高く、PM2.5 等により引き起こされる生体への影響が徐々に明らかになりつつある。

内因性微粒子の研究分野では生体内の組織／細胞レベルの応答解析研究が先行しているのに対し、外因性微粒子の研究分野では微粒子の物理化学的分析や計測技術の開発に強みを持つが、両者は研究コミュニティが異なることもあり、これまでは相互に接する機会に乏しかった。そこで、本戦略目標において、これらの研究分野間の連携を図ることで、細胞外微粒子と生体の相互作用のメカニズム解明に資する研究や、微粒子自体の検出・分離・解析の技術開発において相乗効果が期待できる。

以上を踏まえ、本戦略目標では、細胞外微粒子に対する高精度・高効率な検出・分離・解析法の技術開発や、生体における細胞外微粒子の生理学的意義や生体応答機序の解明、さらには細胞外微粒子の体内動態を制御する技術への展開を目指す。これらの基盤的な研究成果は、将来における創薬・診断・治療技術等への医療応用や、食品・化粧品・素材等の微粒子と密接に関わる分野への産業応用、さらには環境対策など、社会への幅広い応用展開が期待できる。

3. 達成目標

本戦略目標では、細胞外微粒子に対する生体応答機序の解明やそれに必要な技術開発、微粒子の体内動態制御に向けた展開による、将来の医療や産業応用等に向けた基盤研究を推進する。

サイズや物性の異なる内因性微粒子と外因性微粒子は、異なる研究コミュニティにより研究されている。両分野が共通課題を共有し、融合するための土壌を創出することによって、これまで接点の乏しかった両者が互いの強みを強化・共有し、弱みを補うことでシナジー効果を生み出すとともに、分野融合的・集学的な研究に発展させることを目指す。

具体的には、以下の達成を目指す。

- (1) 細胞外微粒子の検出・分離・解析技術の高度化
- (2) 細胞外微粒子を介した生体応答機序の解明
- (3) 細胞外微粒子の体内動態制御に向けた展開

4. 究推進の際に見据えるべき将来の社会像

3. 「達成目標」に記載した事項の達成を通じ、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。

- ・創薬研究への展開や診断法・治療法等の創出による医療革新を実現する社会
- ・安全性や新たな機能性を備えた食品・化粧品・素材等の創出による産業の持続的発展を実現する社会
- ・環境対策等の社会ニーズに応えることで、国民が安全・安心して暮らせる社会

5. 具体的な研究例

- (1) 細胞外微粒子の検出・分離・解析技術の高度化

現状では難易度の高い、生体内における細胞外微粒子を取り扱う技術（検出、分離、解析）の

高度化を推進する。例えば、細胞外微粒子の高効率の分離・精製デバイスや、それに必要な材料等の要素技術の開発を行う。また、人工知能等の活用も視野に入れて、細胞外微粒子の高精度での粒径・形状解析や構成成分の網羅的解析等を可能とし、生体の部位や状態に特異的に発現する微粒子の検出や、それらの生体に及ぼす影響の解明につなげる。

(2) 細胞外微粒子を介した生体応答機序の解明

細胞外微粒子の生体との応答機序解明を推進する。例えば、様々な生物種における細胞外微粒子の生理学的機能や、生体内での組織／細胞に特異的な認識機構等の生体応答機序の解明を行う。細胞外微粒子の環境中における生体への曝露実態の解析や、生体に取り込まれた後の体内動態情報を明らかにする。またそれに必要な、生体に近いレベルで微粒子の挙動を観察・解析・シミュレーションする手法等の開発を行う。

(3) 細胞外微粒子の体内動態制御に向けた展開

上記で明らかになった知見や見いだされた技術を生かしつつ、細胞外微粒子の体内動態制御に向けた展開を図る。例えば、微粒子の形成・集積・取りこみ・内包物の放出・蓄積等の組織／細胞レベルでの動態制御法の開発や、それに必要な機能性素材や観察・評価法等の技術の開発を推進する。

6. 国内外の研究動向

(国内動向)

内因性微粒子では、「日本細胞外小胞学会」が2014年に発足し、アカデミアのみならず企業からの会員数も年々増加している。また、エクソソームをはじめとする微粒子研究は、2016年ノーベル生理学・医学賞につながった「オートファジー」とも関連があり、我が国からの世界トップレベルの研究成果の創出に向けてその機運が高まっている。

外因性微粒子では、産業技術総合研究所を中心とした民間企業を含む「ナノ材料の産業利用を支える計測ソリューション開発コンソーシアム」において、ナノ粒子計測システムを開発中であり、産学官連携体制の基盤を有する。また、腫瘍部位への微粒子の集積機構（EPR効果）の発見など、微粒子の体内動態の原理発見から解析、制御技術開発においても我が国の研究者が活躍している。

(国外動向)

本研究分野は、関連論文数が近年上昇傾向にあり、世界的に注目される分野となっている。内因性微粒子では、米国NIHの大型プロジェクト（“Extracellular RNA communication” program）が2013年より始動し、Gordon ConferenceやKeystone Symposiaといった国際的に権威のある会議においても2016年より分科会が発足している。欧州の医薬品研究開発官民パートナーシップ「革新的医薬品イニシアチブ(IMI)」の支援を受け進められているCANCER-IDプロジェクトでは、エクソソームを含めた研究が実施されている。また、外因性微粒子の計測技術及びその標準化に関して、欧州Nano Define Projectの設立等の活発な動きがある。

7. 検討の経緯

「戦略目標等策定指針」（平成27年6月8日科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会決定）に基づき、以下の通り検討を行った。

（科学研究費助成事業データベース等を用いた科学計量学的手法による国内外の研究動向に関する分析資料の作成）

科学研究費助成事業データベース等を用いて、研究論文の共引用関係又は直接引用関係の分析等の科学計量学的手法を活用することにより、国内外の研究動向に関する分析資料を作成した。

（分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成）

「科学技術振興機構研究開発戦略センターの各分野ユニット」、「日本医療研究開発機構のプログラムディレクター等」及び「科学技術・学術政策研究所科学技術動向研究センターの専門家ネットワークに参画している専門家」に対し、作成した分析資料を用いて今後注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。その後、アンケートの結果の分析等を行い、注目すべき研究動向として「細胞外微粒子により惹起される生体応答の機序解明と制御」を特定した。

(ワークショップの開催及び戦略目標の作成)

注目すべき研究動向「細胞外微粒子により惹起される生体応答の機序解明と制御」に係る産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標などについて議論を行い、ワークショップにおける議論等を踏まえ、戦略目標を作成した。

8. 閣議決定文書等における関係記載

「第5期科学技術基本計画」(平成28年1月22日閣議決定)

第4章(2)<1>(2)

企業のみでは十分に取組まれない未踏の分野への挑戦や、分野間連携・異分野融合等の更なる推進といった観点から、国の政策的な戦略・要請に基づく基礎研究は、学術研究と共に、イノベーションの源泉として重要である。(中略)また、学際的・分野融合的な研究の充実を図る。

「日本再興戦略2016ー第4次産業革命に向けてー」(平成28年6月2日閣議決定)

第2-1-2.(2)-4)-5

(中略)医療機器等に係る実用的な評価法を世界に先駆けて提案し、規制で用いられる基準として受け入れられるよう、国際標準化を推進する。

「健康・医療戦略」(平成26年7月22日閣議決定)

2.(1)1)

(中略)我が国の高度な科学技術を活用した各疾患の病態解明、(中略)ドラッグ・デリバリー・システム(DDS)及び革新的医薬品、医療機器等の開発等、将来の医薬品、医療機器等及び医療技術の実現に向けて期待の高い、新たな画期的シーズの育成に取り組む。(中略)次世代型計測分析評価技術・機器・システム開発の強化を図る。

「医療分野研究開発推進計画」(平成26年7月22日健康・医療戦略推進本部決定)

1-1.(1)<2>

(中略)発症予防・重症化予防に役立つ技術開発、先制医療や新たな医薬品や診断・治療方法の開発、医療機器等の開発が推進される社会の実現を目指す。

9. その他

平成27年度に終了した日本医療研究開発機構(AMED)のAMED-CREST「アレルギー疾患・自己免疫疾患などの発症機構と治療技術」(平成20年度ー平成27年度)では、免疫反応全体の制御に着目し、統合的に免疫制御細胞の働きを利用した医療技術開発を目標としていた。科学研究費助成事業の新学術領域研究「オートファジーの集学的研究:分子基盤から疾患まで」(平成25年度ー平成29年度)では、細胞内の小胞の形成機序解明を目標としている。同「ノンコーディングRNAネオタクソノミ」(平成26年度ー平成30年度)と新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「体液中マイクロRNA測定技術基盤開発」プロジェクト(平成26年度ー平成30年度)では、内因性微粒子の構成因子の理解や測定法につながる研究が進められている。環境省では、PM2.5に関して「大気汚染物質による暴露影響研究費」(平成11年度ー平成28年度)で疫学調査等が実施されている。これらの研究と本戦略目標による系統的な研究との連携・情報共有により、新たな研究進展や成果創出の加速が期待される。

平成 29 年度戦略目標

1. 目標名

実験とデータ科学等の融合による革新的材料開発手法の構築

2. 概要

材料の研究開発はインフォマティクス技術の進歩により革新時期を迎えており、マテリアルズ・インフォマティクスによる新規物質の探索では高速化の面でいくつもの成果が得られている。一方、物質合成や材料組織制御等の材料プロセスにおいては、実在物質の挙動を表現する理論やモデリングツール等が不足し、革新の妨げとなっている。最適な材料プロセスの効率的な探索や、材料を創製するための新プロセスの構築等に対して研究の進展が求められており、産業界においても同様の課題意識がある。

本戦略目標においては、物質探索から材料創製までの開発期間を、実験と計算科学・データ科学等（以下、データ科学等）との融合により桁違いに短縮し、多様な材料の創出に資する研究を推進し、産業競争力の向上に貢献する。さらに、実験とデータ科学等の双方を理解する人材の育成にも貢献する。

3. 達成目標

本戦略目標は、有機無機問わず様々な材料を対象とし、物質合成や材料組織制御における実験を基盤に、データ科学等との融合を図ることで、革新的材料開発へとつながる手法の構築を目的とする。具体的には、以下の達成を目指す。

- (1) 実在物質の挙動予測モデル構築とそれを用いた物質の合成
- (2) 材料の組織制御モデル構築とそれを用いた材料の開発

4. 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

3. 「達成目標」に記載した事項の達成を通じ、勘と経験に基づく材料開発ではなく、材料データに理論モデリングや現実挙動モデリングを組み合わせた、高速かつ高効率な材料開発が主流となり、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。

- ・新しい機能性材料や構造材料等、様々な新規材料が高度なデータ科学等によって創出される社会
- ・研究開発効率が大幅に向上し、例えば、従来 10 年かかっていた研究フェーズが 2~3 年に短縮される社会
- ・生産性向上とコスト削減の極限追求が高度なデータ科学等によって支援され、産業が高度化する社会
- ・要求性能と材料との相関が明らかになり、エンドユーザーや設計者・開発者も新機能材料候補を選択できる社会

5. 具体的な研究例

- (1) 実在物質の挙動予測モデル構築とそれを用いた物質の合成

実験時の物質挙動の予測や物質合成プロセスの予測を可能とする手法の構築と、物質の合成に取り組む。例えば合成実験を通じて反応条件や物質の変化をデータ化し、データ科学等の手法を用いて解析することで、所望の物質組成や特性を実現する最適な合成・反応経路を提示する技術を構築する。さらに、新規物質の合成や既存プロセスの最適化を対象とする。

- (2) 材料の組織制御モデル構築とそれを用いた材料の開発

材料制御プロセスにおける組織構造変化の予測を可能とする手法の構築と、組織を制御された材料の開発に取り組む。例えば、無機物質や有機物質の組織制御実験にデータ科学等を用いた解析を適用することで、所望の材料組織や組織構造を実現する加工プロセスを提示する技術を構築

する。さらに、組織制御や材料の開発あるいは既存の組織制御法の最適化を対象とする。

6. 国内外の研究動向

(国内動向)

2006年以降の累計論文数では、我が国は材料に適した物質合成分野や材料組織の制御により目的の材料を試作・製造するプロセス分野において、いずれも国際的に上位に位置しており、実験系材料研究に強みがある。加えて、対象材料は限定されるが、未知の物質を計算や理論から探索・発見するための研究を推進している「情報統合型物質・材料開発イニシアティブ (MI2I)」と、材料加工から材料製造、寿命予測等の領域を中心とした戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)「革新的構造材料」、マルチスケールシミュレーションを中心とした超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクトが先行して事業化されている。さらに、AIP：人工知能／ビッグデータ／IoT／サイバーセキュリティ統合プロジェクトや、各企業の取組等、材料のインフォマティクスやインテグレーションを取り巻く研究も勢いを増している。一方、未知の材料を実際に創製する研究については、課題とされており、研究の進展・発展が必要とされている。

(国外動向)

材料とインフォマティクスが関わる論文数は2006年から2015年まで年平均成長率9.8% (※)で増加しており、重要かつ開拓途上の研究領域と見なされていると言える。国別動向ではMaterials Genome Initiativeで先行している米国が2011年からの5年間に500百万ドルの投資を行い投資規模で圧倒している。EUでは個別の投資規模は小さいが、ドイツ、スイス、スペイン等が様々なプロジェクトを推進している。中国においては上海大学内にShanghai Materials Genome Instituteが設立されるなど、各国それぞれ人材育成や研究等、様々なフェーズで取組を推進している。

※ Web of Science のデータを基に、「材料」・「データ」・「インフォマティクス」等をキーワードとして件数を調査。

7. 検討の経緯

「戦略目標等策定指針」(平成27年6月8日科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会決定)に基づき、以下のとおり検討を行った。

(科学研究費助成事業データベース等を用いた科学計量学的手法による国内外の研究動向に関する分析資料の作成)

科学研究費助成事業データベース等を用いて、研究論文の共引用関係又は直接引用関係の分析等の科学計量学的手法を活用することにより、国内外の研究動向に関する分析資料を作成した。

(分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成)

「科学技術振興機構研究開発戦略センターの各分野ユニット」、「日本医療研究開発機構のプログラムディレクター等」及び「科学技術・学術政策研究所科学技術動向研究センターの専門家ネットワークに参画している専門家」に対し、作成した分析資料を用いて今後注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。その後、アンケートの結果の分析等を行い、注目すべき研究動向として「ステージ融合によるインフォマティクス技術の革新」を特定した。

(ワークショップの開催及び戦略目標の作成)

注目すべき研究動向「ステージ融合によるインフォマティクス技術の革新」に関係する産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標等について議論を行い、ワークショップにおける議論等を踏まえ、戦略目標を作成した。

8. 閣議決定文書等における関係記載

「第5期科学技術基本計画」（平成28年1月22日閣議決定）

第2章(3)<1>

新たな価値創出のコアとなる我が国が強みを有する技術を更に強化していくことが必要である。

第2章(3)<2>2)

・革新的な構造材料や新機能材料など、様々なコンポーネントの高度化によりシステムの差別化につながる「素材・ナノテクノロジー」

第3章(1)<3>

計算科学・データ科学を駆使した革新的な機能性材料、構造材料等の創製を進めるとともに、その開発期間の大幅な短縮を実現する。

「科学技術イノベーション総合戦略2016」（平成28年5月24日閣議決定）

第2章(1)3.2)[A]

他国に対して優位性を確保するため、物質探索を主体とするマテリアルズ・インフォマティクスのみならず、これを拡張し、理論、実験、解析、シミュレーション、データベースなど全ての科学技術を融合して材料のパフォーマンス（耐久性、安全性等）まで予測可能な材料開発システムを構築することが重要である。（中略）本システムは、ニーズを先取りした革新的な物質・材料の創製、研究開発期間の短縮を実現し、素材産業の競争力強化を実現することができる。また、新材料は、省エネ部材、軽量化部材などとして早期に社会実装されることにより、エネルギー、地球環境問題等の社会課題の解決をもたらす。

「日本再興戦略2016—第4次産業革命に向けて—」（平成28年6月2日閣議決定）

第2-3-1.(2)-2)-3

ナノテク・材料分野など我が国が強みをいかせる分野においてビッグデータ等の戦略的な共有・利活用を可能にするための国際研究拠点を形成し、人的・研究ネットワークの構築を図る。

9. その他

○科学技術振興機構（JST）さきがけ「理論・実験・計算科学とデータ科学が連携・融合した先進的マテリアルズインフォマティクスのための基盤技術の構築」（平成27年度発足）では、実験計測、理論計算、情報・数学出身の研究者が活動している。本目標において、物質合成・組織制御等の実験と、データ科学等との融合を推進し、材料開発におけるインフォマティクス技術の活用・発展を図る。

○MI2I ではデータベースの構築とデータ科学との融合により材料開発を発展させる取組を行っており、データプラットフォームの構築やインフォマティクスを用いた新規物質の探索を行っている。企業等が40社以上加入するコンソーシアム活動も始まっている。

○SIP-革新的構造材料では航空材料を対象とした構造材や機能材の開発が行われており、マテリアルズインテグレーション領域では材料と予測を統合する研究がなされている。成果を統合したソフトウェアの構築も進んでいる。

○各所での研究によって発見された探索物質と実際の材料の間には、仮想物質と実在物質という大きな技術的ギャップが存在している。本目標によってギャップを埋める研究成果の創出も期待される。すなわち、双方の研究や各事業をつなぐ研究の一部となることが期待され、橋渡しによる効率的、効果的な材料開発基盤の実現が期待される。

平成 29 年度戦略目標

1. 目標名

ネットワークにつながれた環境全体とのインタラクションの高度化

2. 概要

人工知能技術・ビッグデータ解析技術等が広範に用いられ、サイバー空間と現実社会が高度に融合した取組により、あらゆる人々が自然な形で最適かつ高品質なサービスを受けることが可能な「超スマート社会」の実現が求められている。このために欠かせない技術として、現在まで、「人間と人間」、また「人間と機械」等とのインタラクションに関する研究開発が多様に取り組みられてきたが、この研究分野をさらに発展・高度化させることにより超スマート社会の実現に向けた大きな飛躍が期待される。

そのため、本戦略目標ではインタラクションの研究分野をより広く“ネットワークにつながれた環境全体との相互作用”として捉え、「人間と人間」・「人間と機械」・「人間と環境全体」の多様な形態でのインタラクションを高度に支援し、その振る舞いを理解し制御することにより、社会構造や人間行動の最適化を促すような革新的なシステムのデザインへとつなげることで、急速に進展している人工知能技術等の恩恵を誰もが最大限享受出来、高度に最適化された社会の実現に資することを目指す。

3. 達成目標

本戦略目標では、社会の様々な場面での活用に向けたインタラクション高度化のための新たな技術の創出や、インタラクションの理解の更なる深化を図ることを目的とする。具体的には、情報科学技術を中心に、認知科学、心理学、脳科学等の学問分野と連携し、以下の達成を目指す。

- (1) インタラクションを支援するための、インターフェースや人間能力の拡張に関する技術開発
- (2) インタラクションを理解するための、原理・機構の解明とそれに資する情報の収集・分析に関する技術開発
- (3) インタラクション技術の活用による、社会構造や人間行動の最適化を促すような環境をデザインする技術開発

4. 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

3.「達成目標」に記載した事項の達成を通じ、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。

- ・発展が進む革新的な人工知能技術・ビッグデータ解析技術・IoT 技術等の社会への幅広い実装と産業化を支える基盤技術として、インタラクションの高度化が超スマート社会の実現に寄与し、様々な分野に波及している社会。
- ・様々なドメインにおける「人間と人間」・「人間と機械」・「人間と環境全体」との相互作用データが活用されることにより、クラウドソーシングを含む様々な人的・経済的・社会的資源の活用が最大限になされ、社会のありかた、人々の仕事の仕方、働き方等にも大規模な転換をもたらす社会。
- ・インタラクションの高度化によるパーソナルファブリケーションの進展により、従来の大量生産大量消費社会モデルでは不可能な、個人の多様な生活形態等に沿って自然な行動変容を促進しつつ、全体として最適化された社会。

5. 具体的な研究例

- (1) インタラクションを支援するための、インターフェースや人間能力の拡張に関する技術開発

場・状況や過去の記憶に応じて人や集団と持続的に深いインタラクションを行う知的エージェントの実現に向けた研究や、人間の身体に適合したウェアラブルデバイス等を使った非言語的コ

コミュニケーションの高度な支援のための研究開発。

(2) インタラクシオンを理解するための、原理や機構の解明とそれに資する情報の収集・分析に関する技術開発

生活・医療・介護・流通・ものづくり・インフラ等の具体的ドメインにおける人々の行動に関するデータや様々な社会的な現象の過程に関するデータの収集・解析や、人間と人間のインタラクシオンのモデル化に関する研究開発。

(3) インタラクシオン技術の活用により、社会構造や人間行動の最適化を促すような環境をデザインする技術開発

リアルタイムでインタラクティブなデザインが可能な創造的活動を支援するための研究開発や、グループやコミュニティの形成と高度な協働活動の支援に関する研究開発。

6. 国内外の研究動向

(国内動向)

- ・脳科学研究などに基礎付けられた分析的研究に加えてインタラクシオンをデザインする観点からは科研費・新学術領域「認知的インタラクシオンデザイン学（2014年度～2018年度）」など研究コミュニティが活発化している。
- ・人間や人工物をエージェントとして捉えて、その集団的振る舞いの分析・構成を行うマルチエージェント・システムの研究コミュニティが従来から活発に活動を続けている。
- ・人間とインタラクシオンを行うエージェントとして、VR・音声対話技術を用いたバーチャル・エージェントだけでなく、身体を備えたコミュニケーションロボットの研究も活発に活動を続けている。

(国外動向)

- ・米国ではマルチモーダルインタラクシオンの研究として、鬱・不安・PTSDなど精神的苦痛の緩和支援システム SimSensei（南カリフォルニア大）、看護師・患者を支援するカウンセリング・行動変容を促すバーチャル・エージェント（ノースイースタン大）等が DARPA や NIH などの資金によって継続的に支援されている。
- ・欧州では職を得るために必要な社会的スキル強化を支援する TARDIS（仏 UPMC が幹事機関）、ソーシャルシグナルのモデリング・解析・活用の技術基盤を整備・共有する SSPNET（英グラスゴー大が幹事機関）等がフレームワークプログラムにより支援されている。実用的な研究とともに認知科学・発達科学など学術的アウトカムも狙った取り組みが活発である。

7. 検討の経緯

「戦略目標等策定指針」（平成 27 年 6 月 8 日科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

（科学研究費助成事業データベース等を用いた科学計量学的手法による国内外の研究動向に関する分析資料の作成）

科学研究費助成事業データベース等を用いて、研究論文の共引用関係又は直接引用関係の分析等の科学計量学的手法を活用することにより、国内外の研究動向に関する分析資料を作成した。

（分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成）

「科学技術振興機構研究開発戦略センターの各分野ユニット」、「日本医療研究開発機構のプログラムディレクター等」及び「科学技術・学術政策研究所科学技術動向研究センターの専門家ネットワークに参画している専門家」に対し、作成した分析資料を用いて今後注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。その後、アンケートの結果の分析等を行い、注目すべき研究動向として「ネットワークにつながれた環境全体とのインタラクシオンの高度化」を特定した。

(ワークショップの開催及び戦略目標の作成)

注目すべき研究動向「ネットワークにつながれた環境全体とのインタラクションの高度化」に関係する産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標等について議論を行い、ワークショップにおける議論等を踏まえ、戦略目標を作成した。

8. 閣議決定文書等における関係記載

「日本再興戦略 2016 -第4次産業革命に向けて-」(平成28年6月2日閣議決定)

第2 1-1. (2)-1) <2>オ)

複数のロボットが周囲の環境等も認識した上で、自律的に連携していくといった新たなロボット社会の実現に向け、緊急時を含む人の移動・物の輸送、災害対応、インフラ維持管理などをはじめ、幅広い分野における技術開発・実証を進める。

「第5期 科学技術基本計画」(平成28年1月22日閣議決定)

第2章 (2) 2

(中略) 超スマート社会の実現には、様々な「もの」がネットワークを介してつながり、それらが高度にシステム化されるとともに、複数の異なるシステムを連携協調させることが必要である。それにより、多種多様なデータを収集・解析し、連携協調したシステム間で横断的に活用できるようになることで、新しい価値やサービスが次々と生まれてくる。

「科学技術イノベーション総合戦略 2016」(平成28年5月24日閣議決定)

第1章 (3) [A]2)

ヒューマンインターフェース技術：仮想現実(VR)や拡張現実(AR)、感性工学、脳科学等に加え、個々のデバイスや技術の進展を考慮し、ロボットに代表される知的機械と人間が共生するために、人間と同等なのか道具なのか、といった社会的受容の相違などの研究も重要となる。

9. その他

○平成21年度戦略目標「人間と調和する情報環境」や平成26年度戦略目標「知的情報処理技術」では人間や集団の高度な把握技術の研究開発の取組がなされてきた。

○また、ERATO「浅田共創知能システム」(平成17年度～平成22年度)やグローバルCOE「認知脳理解に基づく未来工学創成」(平成21年度～平成26年度)において高度なインタラクションの基礎となる人間理解の研究が取り組まれてきた。

○さらに、これらを支える基盤として生体と調和するハードウェアやロボットの研究がERATO「染谷生体調和エレクトロニクス」(平成23年度～平成28年度)やERATO「石黒ヒューマンロボットインタラクション」(平成26年度～平成31年度)において取り組まれている。

本戦略目標では、これらの取組における成果を活用しつつ、マルチモーダル化や言語・非言語の統合化の取組等、インタラクションの高度化と統合化により、人・集団・環境・社会全体との持続的インタラクションと行動変容を実現する取組が進展することが期待される。

平成 28 年度戦略目標

1. 目標名

材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合

2. 概要

放射光施設等の大型の研究施設から、汎用の計測機器に至るまで、計測技術は材料科学やライフサイエンス等様々な研究分野に浸透し、有効に活用されているが、計測データから有意な情報を読み解く際に研究者の経験に頼る部分もまだまだ多い。一方、情報科学や数理科学の分野においては、データから最大限の情報を読み解く手法の研究が進んできている。

そこで、本戦略目標では、第 5 期科学技術基本計画で掲げられた「超スマート社会」(Society 5.0)における一つの取組として、日本が強みを有する計測技術を近年急速に進展している情報科学・数理科学等と融合し、新たな「情報計測」分野を創出することを目指す。X 線、中性子を用いた量子ビーム施設や、電子顕微鏡、NMR 等の汎用機器を用いた様々な計測技術と、データ同化、スパースモデリング、画像解析、信号解析等の情報科学・数理科学等の双方向 (Bi-directional) の解析により、見えない物理量を計る、見えなかった変化を見る、見つけられなかった変化を見つけること等を実現する情報計測技術を構築する。これにより、物質・材料、資源・エネルギー、医療・創薬等、科学技術全般の新たな科学上の発見を促す。

3. 達成目標

本戦略目標では、材料科学・ライフサイエンス等の分野において、計測・解析技術の深化により新たな科学の開拓が強く期待される研究課題について、計測対象の特徴量解析技術を構築するとともに、それらを新たな計測・解析技術へと展開することを目的とする。具体的には、以下の達成を目指す。

(1) 計測対象の特徴量解析技術の構築

例えば、シグナル対ノイズ比の低いスペクトルや画像等からの特徴量抽出技術やより少ないデータから有用な情報を引き出す情報再構成技術、異種情報の統合解析技術を構築する。

(2) (1) を活用した新たな計測・解析技術の構築

4. 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

3. 「達成目標」に記載した事項の達成を通じ、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。

- ・ 科学技術全般の研究開発サイクルが加速されている社会
- ・ 計測・検出したデータから最大限の情報を読み解く解析アプリケーションが開発され、材料科学やライフサイエンス等の各分野が飛躍的に進展し、研究成果のより早い社会還元が実現されている社会
- ・ 計測、情報・数理、材料科学・ライフサイエンス等の融合領域の研究を推進する研究者が育成・発掘されている社会

5. 具体的な研究例

(1) 計測対象の特徴量解析技術の構築

シグナル対ノイズ比の低いスペクトルや画像等からの特徴量抽出技術としては、例えば電子顕微鏡像から特徴量を定量解析する技術や、実用条件下での触媒・電池等の材料表面において、反応状態の超短時間現象を動的に観察する手法、生理活性が発現している状態において、生体分子と基質・シグナル分子の結合等を解析するナノスケールでの動態解析手法を構築する。

より少ないデータからの情報再構成技術としては、例えば放射光の高輝度化に伴う放射線損壊を起こさず、より少ない光子数での計測を可能とするための解析手法や、脳血流のリアルタイム解析を可能とする従来の 10 分の 1 以下のデータ量から血管像を再構成するための解析手法を構

築する。

異種情報の統合解析技術としては、例えば生体分子複合体の立体構造解析等において、複数の異なる解析手段から得られたデータを統合し複合的に解析する手法を構築する。

(2) (1) を活用した計測手法の構築

計測対象の特徴量解析技術を活用し、最適化された計測条件をフィードバックする計測手法や計測限界を定量的に評価できる枠組みの構築や、汎用計測機器を用いた従来の大型計測施設並みの高度計測技術の開発を行う。

6. 国内外の研究動向

(国内動向)

先端計測については、大型施設（SPring-8, J-PARC 等）を用いた研究による成果が着実に上がっているが、各研究者あたりの大型研究施設のリソースは限られており、また、これらのデータから有意な情報を読み解く際には研究者の経験に頼るところが多い。一方で、科学研究費助成事業新学術領域研究「スパースモデリングの深化と高次元データ駆動科学の創成」（平成 25 年度～平成 29 年度）では、生物学と地学を対象に、情報科学が、計測結果の解析に使えることを実証する等、近年急速に進展している。

(国外動向)

データ科学や情報科学の他分野への有効活用という観点から関連する国外動向としては、最先端の情報科学的手法を物質・材料研究へ融合させ、開発期間を大幅に短縮する試みとして、アメリカの「マテリアルズゲノムイニシアティブ」（MGI：年間予算約 100 億円）や、MGI を支えるコンソーシアムとして国立標準技術研究所（NIST）が資金提供している「Center for Hierarchical Materials Design」が挙げられる。ヨーロッパ、中国でも同様の検討が始められている。

7. 検討の経緯

「戦略目標等策定指針」（平成 27 年 6 月 8 日科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会決定）に基づき、以下の通り検討を行った。

（科学研究費助成事業データベース等を用いた科学計量学的手法による国内外の研究動向に関する分析資料の作成）

科学研究費助成事業データベース等を用いて、研究論文の共引用関係又は直接引用関係の分析等の科学計量学的手法を活用することにより、国内外の研究動向に関する分析資料を作成した。

（分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成）

「科学技術振興機構研究開発戦略センターの各分野ユニット」、「日本医療研究開発機構のプログラムディレクター等」及び「科学技術・学術政策研究所科学技術動向研究センターの専門家ネットワークに参画している専門家」に対し、作成した分析資料を用いて今後注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。その後、アンケートの結果の分析等を行い、注目すべき研究動向として「材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合」を特定した。

（ワークショップの開催及び戦略目標の作成）

注目すべき研究動向「材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合」に関係する産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標などについて議論を行い、ワークショップにおける議論等を踏まえ、戦略目標を作成した。

8. 閣議決定文書等における関係記載

「科学技術イノベーション総合戦略 2015」（平成 27 年 6 月 19 日閣議決定）

第 2 部 第 1 章 2.

「超スマート社会」において我が国の強みを活かし幅広い分野でのビジネス創出の可能性を秘めるセンサ、ロボット、先端計測、光・量子技術、素材、ナノテクノロジー、バイオテクノロジー等の共通基盤的な技術の先導的推進を図ることも重要である。

第 2 部 第 2 章 IV. iii) 2.

ニーズの先取りを可能とするビッグデータ収集・解析システムを開発することも重要であり、最終的にこれらのシステムを統合することで、(中略)材料開発期間の短縮による製品開発の加速、さらには新市場の創出を通して経済的な効果が生み出される。

「第 5 期科学技術基本計画」（平成 28 年 1 月 22 日閣議決定）

第 2 章 (3) ② ii)

新たな価値創出のコアとなり現実世界で機能する技術として、国は、特に以下の基盤技術について強化を図る。

(中略)

- ・革新的な構造材料や新機能材料など、様々なコンポーネントの高度化によりシステムの差別化につながる「素材・ナノテクノロジー」
- ・革新的な計測技術、情報・エネルギー伝達技術、加工技術など、様々なコンポーネントの高度化によりシステムの差別化につながる「光・量子技術」

9. その他

○大型施設等を用いた計測の高度化としては「光・量子融合連携研究開発プログラム」（平成 25 年度～平成 29 年度）や、「X 線自由電子レーザー施設重点戦略課題推進事業」（平成 24 年度～平成 28 年度）が行われているが、データ解析に特化したプロジェクトではなく、情報科学との連携については十分ではない。

○情報科学の近年の進展を他の分野へ展開する研究は、科学研究費助成事業の基盤研究や、地学・生物学を対象にした科学研究費助成事業新学術領域研究「スパースモデリングの深化と高次元データ駆動科学の創成」（平成 25 年度～平成 29 年度）において実施されている（新学術領域研究「スパースモデリングの深化と高次元データ駆動科学の創成」では、物質・材料研究は対象とされていない）。また、科学研究費助成事業新学術領域研究「ナノ構造情報のフロンティア開拓－材料科学の新展開」（平成 25 年度～平成 29 年度）の一部ではデータ解析手法を材料研究へ展開する試みを実施されており、情報科学を物質・材料研究へ展開する機運は高まりつつある。

○大量のデータを活用した物質・材料研究の新機軸として、マテリアルズインフォマティクスが挙げられる。国内では、科学技術振興機構（JST）さきがけ「理論・実験・計算科学とデータ科学が連携・融合した先進的マテリアルズインフォマティクスのための基盤技術の構築」（平成 27 年度発足）や、「イノベーションハブ構築支援事業」（平成 27 年度～平成 31 年度）において「情報統合型 物質・材料開発イニシアティブ (MI²I)」が開始されており、データ活用の機運が高まっている。本戦略目標により、情報科学と物質・材料研究が融合してデータ取得の手法が高度化すれば、世界をリードする新しい研究開発のスキーム・基盤技術の構築が可能となる。

平成 28 年度戦略目標

1. 目標名

急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出

2. 概要

情報技術が世界的に発展し、50 年来の大きな技術的ブレークスルーと言われるディープラーニングに代表される人工知能技術の進展に対する関心が高まり、各分野における活用も急速に進みつつある。文部科学省では「AIP：人工知能／ビッグデータ／IoT／サイバーセキュリティ統合プロジェクト」が実施され、世界的に優れた競争力を持つ研究者の力を結集させるための、革新的人工知能技術の中核とした統合研究開発拠点が理化学研究所に新たに設置されており、一体的な事業実施が、本戦略目標の下でなされることとなっている。

「第 5 期科学技術基本計画（平成 28 年 1 月閣議決定）」においても、世界に先駆けた「超スマート社会」の構築が重要な課題とされており、コホートデータ等の医療・健康関連のデータや材料・物性に関するデータ、都市のインフラや地球環境に関するデータ等、多種多様なビッグデータが社会の様々な場面で生み出され集積されつつある。

このような、実社会で用いられているデータについて多様な状況や要求に応じ、知的・統合的に解析・処理・制御を行う必要があるが、現時点ではそのための基盤技術が確立できていない。また、将来において社会がこれらの技術基盤を最大限活用できるようにするために、将来的な拡大を踏まえたセキュアな情報技術についても早急に構築・実装される必要がある。

このため、本戦略目標では、膨大なデータを知的・統合的かつセキュアに収集・処理・制御するための基盤技術を確立し、その成果を組み合わせることにより、膨大な情報の利活用が更に高度かつ広範に浸透した将来社会を念頭に、モビリティ、介護・ヘルスケア、防災・減災、ロボティクス等、実社会の様々な分野に適用可能な、既存サービスのさらなる効率化や新サービスの創出等に資する技術の確立を目指す。

3. 達成目標

本戦略目標では、世界的に発展しつつある革新的な人工知能技術の成果や国内で研究開発が進展している新たなアルゴリズム等を更に発展させ、社会の様々な分野における多種・膨大な情報をもとに状況に応じ、知的で統合的な解析・処理・制御を行うことのできる情報基盤技術を確立することを目的とする。具体的には、以下の達成を目指す。

- (1) 社会・経済等に貢献するため、多種・膨大な情報を組み合わせ解析する技術開発
- (2) 多種・膨大な情報に基づき、状況に応じ最適化されるシステムのための技術開発
- (3) 多種多様な要素で構成される複雑なシステムに適用可能なセキュリティ技術開発

4. 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

3. 「達成目標」に記載した事項の達成を通じ、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。

- ・今後、量・種類ともに爆発的に増大する情報を最大限に活用するための革新的人工知能技術が広く利用され、様々な分野において将来にわたる効果的な情報活用が実現された社会。
- ・急激に進化する情報技術・環境を有効に活用し、ネットワークにつながった人々に最適なサービス等を提供する、一人一人に優しい社会。（例：平常時には、混雑のない都市交通や、地域・個人ごとのニーズにきめ細かく応える介護・ヘルスケアサービスを提供するが、一方で災害時には発災直後の情報が入らない混乱期を短縮する等の目的で、平常時と異なるデータを結びつけたサービスを迅速に構築・提供できる社会。）
- ・産業界で分野横断的に活用される情報基盤技術が確立され、その成果を通じて交通・物流や人々の暮らしに関わるシステムが業種等の垣根を越えて最適化されることにより、社会コストの大

幅な削減や、これまでにないビジネスやサービスの創出が可能となる社会。

- ・あらゆるモノがネットワークに接続される多様な状況において、セキュアな情報環境が適切に埋め込まれることにより、高度で多彩なサービスをストレスなく享受できる社会。

5. 具体的な研究例

(1) 社会・経済等に貢献するため、多種・膨大な情報を組み合わせ解析する技術開発

新たな革新的人工知能基盤技術等を活用して、多様な解析情報を自律的に整理し組み合わせることで、絶えず変化する環境やニーズに応じた適切なサービスの構築や提供につながる技術の研究開発、複数の要素技術を統合的に取り扱うための研究開発等を推進する。

具体例としては、カプセル内視鏡やCTなどから取得される膨大な医療画像を診断において高速処理する技術や電子カルテの高度解析による投薬や治療計画最適化をサポートする技術、及びこれらの技術から得られる解析情報を整理し組み合わせることにより病気の予兆を発見する技術等の研究開発や、個別の機能・サービスを統合するために必要なソフトウェア技術、これらの技術に基づくサービスプラットフォーム構築技術の研究開発等を推進する。

(2) 多種・膨大な情報に基づき、状況に応じ最適化されるシステムのための技術開発

個別の状況や環境に応じ、知的かつ自律的に最適なデータ取得を可能にする技術や、多様な機器等が存在する中できめ細かなニーズに応じた配置・構成を可能にする制御技術の開発、最先端の機械学習アルゴリズムにより多種・大容量の情報の超高速な解析を行い最適化した制御を行うための技術、状況・環境等の変化に応じてオンデマンドで最適な処理を実現するための技術の研究開発等を行う。

具体例としては、自動運転において車載カメラやミリ波センサ等から連続して生み出される膨大な情報から安全走行に必要な情報のみを高度な知的情報処理を行い取捨選択しストリーム処理にかかる計算負荷を大幅に低減するデータ処理技術、災害発生時に現場の情報を迅速に把握するため平常時は他の目的に利用している街頭のカメラ・モバイル機器・医療用機器・自動車等から必要なデータを取得できるネットワークを状況に応じ自律的に構成する技術、多様なデータの意味を高度に理解してデータの統合分析を可能とするオントロジー等を多様に組み合わせた異種データ統合技術、時系列データをリアルタイムで分析するための各種の機械学習の活用技術、介護等で利用されるシステムにおいて被介護者の生体情報や環境データ等連続的に大量に発生する時系列データの処理をシステム本体周辺やクラウドサーバで分散しシステムの安定性やデータ処理遅延抑制等を実現する技術等の研究開発を推進する。

(3) 多種多様な要素で構成される複雑なシステムに適用可能なセキュリティ技術開発

多様な機器で実現可能な高機能かつ軽量の暗号化技術や、複雑多様な状況に対応するセキュリティ技術の研究開発等を行う。

具体例としては、革新的人工知能技術等を活用した予測型セキュリティ技術や、高機能な軽量暗号化アルゴリズムの開発・実装、多種膨大な情報を扱うネットワークシステム等に実装可能なセキュリティ・バイ・デザイン、来歴等のエビデンス情報（プロヴェナンス）によるデータ信頼性検証技術等の研究開発を推進する。

6. 国内外の研究動向

(国内動向)

平成 26 年度戦略目標「人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発」、平成 25 年度戦略目標「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」等の下で、デバイス・ハードウェアから人工知能（知的情報処理）、ビッグデータ（基盤・応用）といったミドルウェアに係る研究開発が進められている。また、コンピュータとモノを対象としてサービス提供まで見据えた研究開発が新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「IT 融合による新社会システムの開

発・実証プロジェクト」(平成 24 年度～平成 25 年度)等において実施されている。これらに加え、状況により変容する多種多様なデータについて、コンピュータとモノ、更にヒトまで対象として、オンデマンドでサービスを提供可能なプラットフォームやその社会実装に向けた研究開発が期待されている。

セキュリティ関連では、現実の脅威への対応を主眼として、ネットワークセキュリティに関する研究開発が情報通信研究機構(NICT)等において、クラウドでの秘匿計算等の研究開発が産業技術総合研究所(AIST)等において推進されている。今後の情報社会の特徴でもある、仕様や運用が統一的に管理されないシステムにおけるセキュリティについては取り組みの初期的段階であり、アカデミア、企業からなる「重要生活機器連携セキュリティ協議会(CCDS)」が2014年に設立され、セキュリティの研究開発・人材育成が開始される等、我が国においても機運が盛り上がってきている。

(国外動向)

米国においては、米国国立科学財団(NSF)が2006年から多種・大容量のデータ処理等関連技術の基盤となる研究開発を継続的に支援しており、2015年からの新たなプログラムでは、基礎研究(3年)、学際研究(3～4年)、大規模研究(4～5年)の募集が数十万～100万ドル規模で実施されている。民間企業においても、GE社が「インダストリアル・インターネット」構想を掲げ、産業用機器のデータ集約、分析による多様なサービスの展開を推進している。欧州では、「Horizon 2020」(2012年1月～)において2016、2017年を対象としたプログラムとして関連研究開発に約1億3,900万ユーロが配分されるほか、特にドイツでは製造業の産業競争力強化を目指して「Industrie 4.0」が推進され、関連したシステム研究開発等を実施している。

セキュリティ関連では、EUにおいてはHorizon 2020で「Secure societies」としてセキュリティ関連の課題が挙げられ、総額約17億ユーロの研究予算を計上している。米国ではセキュリティ研究開発予算が大幅に増額されている(2014年度には8億ドル規模)。

7. 検討の経緯

「戦略目標等策定指針」(平成27年6月8日科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会決定)に基づき、以下の通り検討を行った。

(科学研究費助成事業データベース等を用いた科学計量学的手法による国内外の研究動向に関する分析資料の作成)

科学研究費助成事業データベース等を用いて、研究論文の共引用関係又は直接引用関係の分析等の科学計量学的手法を活用することにより、国内外の研究動向に関する分析資料を作成した。

(分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成)

「科学技術振興機構研究開発戦略センターの各分野ユニット」、「日本医療研究開発機構のプログラムディレクター等」及び「科学技術・学術政策研究所科学技術動向研究センターの専門家ネットワークに参画している専門家」に対し、作成した分析資料を用いて今後注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。その後、アンケートの結果の分析等を行い、注目すべき研究動向として「人工知能・ビッグデータ・IoTの融合による将来の社会システム技術の構築」及び「IoT時代に向けたセキュアなサイバー社会を実現するための研究開発」を特定した。

(ワークショップの開催及び戦略目標の作成)

注目すべき研究動向「人工知能・ビッグデータ・IoTの融合による将来の社会システム技術の構築」及び「IoT時代に向けたセキュアなサイバー社会を実現するための研究開発」に係る産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標などについて議論を行い、ワークショップにおける議論等を踏まえ、戦略目標を作成した。

8. 閣議決定文書等における関係記載

『日本再興戦略』改訂 2015—未来への投資・生産性革命—（平成 27 年 6 月 30 日閣議決定）

第二 一. 1. (3) v) ④

人工知能や情報処理技術、高性能デバイス、ネットワーク技術、電波利用技術等については、世界最先端の技術・知見を我が国に集積するためのコアテクノロジーの確立及び社会実装を推進する。また、同様に IoT・ビッグデータ・人工知能に関し、分野を超えて融合・活用する次世代プラットフォームの整備に必要となる研究開発や制度整備改革等を行う

「科学技術イノベーション総合戦略 2015」（平成 27 年 6 月 19 日閣議決定）

第 1 部 第 1 章 2.

「システム化」が進むとともに、より大量なデータをリアルタイムで取得し、高度かつ大規模なデータ処理等を行うことが求められる。このため、将来を見据え、IoT (Internet of Things)、ビッグデータ解析、数理科学、計算科学技術、AI (Artificial Intelligence)、サイバーセキュリティ等の先導的な基盤技術の強化が必須である。

第 2 部 第 2 章

統合的なシステムを支える IoT、ビッグデータ解析、AI、サイバーセキュリティ等の基盤技術について、各政策課題の解決に横断的に活用できる観点も踏まえて、研究開発を推進する。

「第 5 期科学技術基本計画」（平成 28 年 1 月 22 日閣議決定）

第 2 章 (2) ②

複数のシステム間の連携協調を可能とし、現在では想定されないような新しいサービスも含め、様々なサービスに活用できる共通のプラットフォームを段階的に構築していく。(中略) システム全体の企画・設計段階からセキュリティの確保を盛り込むセキュリティ・バイ・デザインの考え方にに基づき推進することが必要である。(中略) 産学官・関係府省連携の下で、超スマート社会の実現に向けて IoT を有効活用した共通のプラットフォーム（以下「超スマート社会サービスプラットフォーム」という。）の構築に必要となる取組を推進する。

第 2 章 (3) ② i)

特に以下の基盤技術について速やかな強化を図る。

- ・設計から廃棄までのライフサイクルが長いといった IoT の特徴も踏まえた、安全な情報通信を支える「サイバーセキュリティ技術」
- ・非構造データを含む多種多様で大規模なデータから知識・価値を導出する「ビッグデータ解析技術」
- ・IoT やビッグデータ解析、高度なコミュニケーションを支える「AI 技術」
- ・大規模データの高速度・リアルタイム処理を低消費電力で実現するための「デバイス技術」
- ・大規模化するデータを大容量・高速度で流通するための「ネットワーク技術」
- ・IoT の高度化に必要となる現場システムでのリアルタイム処理の高速度や多様化を実現する「エッジコンピューティング」

また、これらの基盤技術を支える横断的な科学技術として数理科学が挙げられ、各技術の研究開発との連携強化や人材育成の強化に留意しつつ、その振興を図る。

9. その他

○現在、情報分野においては平成 26 年度戦略目標「人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発」、平成 25 年度戦略目標「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」が設定されているが、これらの研究開発とも連携しつつ、異種データをオンデマンドでリ

アルタイムに収集・処理し、多様な場面で安全に活用する等、技術的特性を踏まえて社会における活用を具体的に見通した研究開発を実施することが重要である。

- 「社会システム・サービス最適化のためのサイバーフィジカル IT 統合基盤の研究」（平成 24 年度より開始）においては、ビル、大学キャンパス、自治体といった規模を対象として実社会とサイバー空間とを有機的に連携させフィードバックを行う「ソーシャル CPS」を研究対象としている。同事業は、人工知能、IoT、セキュリティ等の研究開発を統合的に推進する「AIP：人工知能／ビッグデータ／IoT／サイバーセキュリティ統合プロジェクト」（平成 28 年度より開始）と一体的に実施される予定であり、本戦略目標下で実施される研究開発においても、関連分野を含めた密接な一体的推進による研究開発の加速が期待される。
- 本戦略目標下における情報セキュリティ分野に関する研究では、将来の実装を見越し、システム全体の設計・構築方法やソフトウェア工学など学術的な基礎にまで踏み込んだ実証的な基礎研究の実施が期待される。研究の推進に当たっては、情報通信や情報処理分野における現実の脅威に対応することを主目的とした研究開発等とも連携することが重要である。新たなセキュリティ技術等を各産業ドメインに閉じずに、多種多様な機器が接続する社会において横展開する上では、アカデミアが重要な役割を担うことが期待される。