

平成 29 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。

平成 29 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 29 年度発足の新規 CREST、さきがけの研究領域と、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、その設定理由は、別紙のとおりです。

表. 平成 29 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 (設定年度)
CREST ナノスケール・サーマルマ ネージメント基盤技術の創 出	栗野 祐二 (慶應義塾大学 教授)	「ナノスケール熱動態の理解と制御技 術による革新的材料・デバイス技術の開 発」
さきがけ 熱輸送のスペクトル学的理 解と機能的制御	花村 克悟 (東京工業大学 教授)	「ナノスケール熱動態の理解と制御技 術による革新的材料・デバイス技術の開 発」
CREST 実験と理論・計算・データ 科学を融合した材料開発の 革新	細野 秀雄 (東京工業大学 教授)	「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」
CREST 人間と情報環境の共生イン タラクション基盤技術の創 出と展開	間瀬 健二 (名古屋大学 教授)	「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」
さきがけ 人とインタラクションの未 来	暦本 純一 (東京大学 教授)	「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」
さきがけ 量子技術を適用した生命科 学基盤の創出	瀬藤 光利 (浜松医科大学 教授)	「量子技術の適用による生体センシ ングの革新と生体分子の動態及び相互作 用の解明」
CREST 細胞外微粒子に起因する生 命現象の解明とその制御に 向けた基盤技術の創出	馬場 嘉信 (名古屋大学 教授)	「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」
さきがけ 生体における微粒子の機能 と制御	中野 明彦 (東京大学 教授)	「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」

(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 (平成 29 年 4 月現在)

	氏名(敬称略)	所属
議長	山本 嘉則	立命館大学 招聘教授
	有川 節夫	放送大学学園 理事長
	小安 重夫	理化学研究所 理事
	辻 篤子	名古屋大学 特任教授
	富山 和彦	株式会社 経営共創基盤 代表取締役 CEO
	保立 和夫	豊田工業大学 副学長兼教授
	宮野 健次郎	物質・材料研究機構 フェロー

(※) 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. 研究領域及び研究総括設定の手順

(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、戦略目標等策定指針に従い、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 28 年 10 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を踏まえ、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 50 人が、延べ 142 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 25 万人、国内外文献の書誌情報約 4,356 万件を収録。)、JDreamⅢ (JST が運営する日本最大の科学技術文献データベース。6,000 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 12,500 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 FMDB (ファンディングマネジメントデータベース) に蓄積された、過去のパ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 29 年 3 月 10 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) 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 29 年 4 月 6 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 29 年 4 月 10 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、平成 29 年 4 月現在のものです)

3-1 戦略目標「ナノスケール熱動態の理解と制御技術による革新的材料・デバイス技術の開発」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『ナノスケール・サーマルマネジメント基盤技術の創出』(CREST)

(1) 研究領域の概要

本研究領域は、熱に関する様々な課題の解決や熱エネルギー有効利用に向けて、熱の根源的な理解と高度に制御・利用するための基盤技術の創出を目指します。

具体的には、3つの大きな方針に基づいて研究を推進します。

1つ目の方針は、ナノスケールの熱の振る舞いを理解し、革新的な熱制御基盤技術の構築に取り組み、高効率な放熱・断熱・蓄熱・変換などを可能とする新材料の創製や、従来の特性や機能を飛躍的に向上させる新たなデバイスの創出を目指します。

2つ目の方針は、上記熱制御基盤技術の創出のために重要な理論、計測、シミュレーション、加工技術などの研究を推進し、ナノスケールにおける熱の物理現象の予測・検証を可能とし、新たな材料設計、デバイス設計の指針に繋がる技術の構築を目指します。

3つ目の方針は、この領域はナノスケールの熱の理解を基本として様々な熱の課題を対象とすることから、方針1、2に示すとおり、様々な階層と広範な分野に関わる学問・技術分野の融合を積極的に推進します。

この領域は、ナノスケールの熱制御基盤技術の創出により、熱を味方につけ、新たな段階の高効率利用法を生み出すことで、高度情報化社会の実現や環境負荷の少ないエレクトロニクスや交通輸送・住宅など社会

インフラの実現、健康医療分野での新産業・新市場創成を実現し新たな段階の高度熱利用社会の実現を目指します。

(2) 研究総括

栗野 祐二 (あわの ゆうじ) (慶應義塾大学 理工学部 教授)

研究領域 2 『熱輸送のスペクトル学的理解と機能的制御』(さきがけ)

(1) 研究領域の概要

本研究領域は、将来の持続可能社会および高度情報化社会・産業に革新をもたらすデバイスや新材料の実現に資するために、熱輸送の指向性制御やスイッチングとそれを可能にする原理解明、さらにその理解を支援する計算手法あるいは熱輸送のスペクトル計測等の基盤技術の創出を目指します。

具体的には、フォノン、分子振動、電子、光子(電磁波)、さらにスピンなどの熱を輸送する機構にまで立ち返り、従来の巨視的な熱輸送の概念に、新たに特徴と機能を付与する画期的な研究を推進します。例えば、これらの熱輸送機構について周波数や波長ごとの成分に分解し、成分ごとの輸送指向性付与、遮断を含むオンオフ制御、特定の周波数成分によるエネルギー変換などが想定されます。それによって、熱輸送の本質的な理解と制御に寄与する基盤技術、ならびにそれに関するスペクトル学理の構築を目指します。

本研究領域では、機械系、物理系、材料系に加え、化学系、生物系、情報系、数理系など、幅広い専門分野の研究を推進し、異なる分野の科学的知識を融合した総合的な取り組みを奨励します。そして、熱の輸送を自在に操るなどといった新たなサイエンスを切り拓く挑戦的・独創的な研究を推進します。

(2) 研究総括

花村 克悟 (はなむら かつのり) (東京工業大学 工学院 教授)

[2] 研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 1 『ナノスケール・サーマルマネジメント技術の創出』(CREST)

研究領域 2 『熱輸送のスペクトル学的理解と指向性制御』(さきがけ)

(1) 研究領域選定の理由

本戦略目標は、高度情報化社会の実現に向けた技術革新が進む現況を受け、電子デバイスの発熱問題の解決、未利用熱エネルギーの有効利用への貢献を目指し、熱の制御・利活用に向けた基礎的な原理の解明や基盤技術の確立、将来社会や産業に革新をもたらす新材料創製・デバイス開発を目的とするものである。

研究領域 1 は、熱に関する様々な課題の解決や熱エネルギー有効利用に向けて、熱の根源的な理解と高度に制御・利用するための基盤技術の創出を目指す。そのためには、理論、計測から材料開発、デバイス応用までを研究対象とし、ナノスケールの熱の振る舞いの理解とその制御に立脚した、新しい視点に立ったアプローチが必要である。また、計測、理論・シミュレーション研究では、材料・デバイス開発との相互連携を促進し、特許化や国際標準化提案を念頭に置き、企業連携も含めた活動も必要である。様々な階層と広範な分野に関わる学問・技術分野の融合を目指す上で、研究推進体制としては、前述の複数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。

研究領域 2 は、研究領域 1 と目的は同様であるが、個人研究者の独創的な発想による先鋭的でより挑戦的な研究を対象とする。熱輸送の本質的な理解と制御に資する基盤技術の創出に貢献し、科学技術イノベーションの源流を生み出すためには、これまでに注目されてこなかった新しい概念・発想・手法に取り組むとともに、異分野の知識を融合することが重要である。本研究領域では、これまでに個別の学会で熱の研究を進めていた様々な分野の研究者が分野の垣根を越えて参画することで新しい視点の多岐にわたる提案が多数見込まれる。また、異分野の知識を融合して新たな研究を生み出すネットワークの構築が期待でき、さきがけとし

て選定することは適切である。

本戦略目標の達成に向けては、分野の垣根を越え将来的に熱科学に関する研究を牽引していく研究者・研究グループの育成が必須であり、熱分野における複雑かつ本質的な問題の解決を目指し、研究領域 1 と研究領域 2 が成果を共有し新しい連携を行うことが必要である。

以上のことから、研究領域1および研究領域2は、戦略目標の達成に向けて適切に設定されていると認められる。

(2)研究総括指定の理由

研究総括 栗野 祐二

栗野祐二氏は、カーボンナノチューブやグラフェンをはじめとするナノマテリアルと、その電子デバイス応用に関する研究、及び、シミュレーションを利用した新デバイスの創製に関する研究を行っており、ナノエレクトロニクス分野における第一線の研究者として広く認識されている。その業績は高く評価され、応用物理学会論文賞を複数回受賞し、応用物理学会フェローに認定されている。さらに、本研究領域の対象分野の一つである電子デバイスの熱制御問題にも取組まれており、応用物理学会においては、日本初のフォノンエンジニアリングの研究を中心とした新たな研究グループの発足・運営で中心的な役割を担っている。理論、計測から材料開発、デバイス応用までを研究対象とし、ナノスケールの熱制御技術創出を目指す本研究領域に関連する分野について、先見性及び洞察力を有していると認められる。

また、国際半導体技術ロードマップ(ITRS) 新探究材料ワーキンググループ国内委員長、国際電気標準会議(IEC)/TC113(ナノエレクトロニクス)の国内審議委員会委員長を務め、電気・電子技術分野の国際標準化、技術ロードマップ作成に尽力され、関連分野の研究者から信頼され、公平な評価を行っていると認められる。

さらに、本研究領域は、特許化や国際標準化を念頭においた研究開発も考えており、20 年以上におよぶ企業での研究開発、特許取得実績、上述の国際標準化の経験から、本研究領域について、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認められる。

以上より、同氏は研究領域 1 の研究総括として適任であると判断される。

研究総括 花村 克悟

花村克悟氏は、固体酸化物燃料電池や近接場光発電、ふく射輸送などを含む熱工学分野における第一線の研究者として広く認識され、また、日本熱物性学会研究分科会や日本伝熱学会特定推進研究課題として熱のふく射に関する波長選択・制御のテーマを自ら主査として推進している。その業績は高く評価され、日本機械学会の熱工学部門貢献表彰を複数回、さらに同部門業績賞を受けるなどしており、伝熱工学、燃焼工学などの研究分野について深い知識と経験を有している。また、日本伝熱学会特定推進研究企画委員会委員長としてナノスケールでの伝熱等熱に関する新しい取り組みの課題についてもマネジメントを行っており、従来からの熱研究に加え新しい視点からの熱研究も重視し、本研究領域に関連する分野に対する俯瞰的な視点を有していると認められる。ついては、熱輸送に関する本質的理解を目指す本研究領域について、先見性及び洞察力を有していると認められる。

また、日本機械学会の代表委員会委員や理事を務め、同学会のフェローにも認定されている。他、日本伝熱学会 副会長、日本燃焼学会 理事、日本熱物性学会 理事および第 35 回日本熱物性シンポジウム実行委員長を務めてきていることから、関連分野の研究者から信頼され、公平な評価を行っていると認められる。

さらに、日本機械学会熱工学部門部門長、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構審査委員会委員長を歴任していることなどから、本研究領域について、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見られる。

以上より、同氏は研究領域 2 の研究総括として適任であると判断される。

3-2 戦略目標「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」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『実験と理論・計算・データ科学を融合した材料開発の革新』(CREST)

(1)研究領域の概要

本研究領域では、これまで実施されてきた物質・材料開発の基本となる実験科学と、理論、計算、データ科学とを融合させることにより、革新的材料開発へとつながる手法の構築を目指します。具体的には、高い社会的ニーズがあるものの、未だ達成されていない材料や機能をターゲットにして、その実現に向けた研究を新しい体制で行うことで、これまで世界をリードしてきた日本の材料研究の新しいスタイルを提示します。物質科学にとどまらず、実材料への展開に不可欠な複雑系にも踏み込んだ研究を対象とします。

体制として、材料に関する実験系を軸に、理論系、計算系、データ系研究者でチームを構成し、密に連携しながら研究を推進します。

これらを通じて、革新的な新規材料開発手法を提示し、我が国の産業競争力の向上に貢献します。

(2)研究総括

ほその ひでお
細野 秀雄 (東京工業大学 科学技術創成研究院 教授)

[2]研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域『実験と理論・計算・データ科学を融合した材料開発の革新』(CREST)

(1)研究領域選定の理由

本戦略目標は、物質合成や材料組織制御における実験を基盤に、実験科学と理論・計算・データ科学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ものである。

この目的を達成するためには、実際に材料をつくり出す実験系研究者を軸として、理論系研究者、計算系研究者、データ系研究者でチームを構成し、密に連携しながら有機的に融合を果たしていくことが必要である。このため、研究推進体制として、複数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。

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、際立った業績を有する研究者を数多く輩出する等、国際的に上位に位置しており、特に実験系材料研究に強みがある。また、未知の物質を計算や理論から探索・発見するための研究プロジェクトや革新的な人工知能技術や知的で統合的な情報基盤技術を確立するプロジェクトなどが先行して実施されており、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増加していることから、優れた研究提案が多数見込まれる。

昨今進展が著しいインフォマティクス技術やコンピュータ計算技術などを、実験系材料研究に有機的に取りこんで、新規材料開発手法の構築を行うことで、我が国の産業競争力の向上に貢献することが期待される。

以上のことから、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 細野 秀雄

細野秀雄氏は、透明酸化物半導体など電子機能材料などの分野で世界をリードする研究者である。大型有機 EL テレビなどの最先端ディスプレイの駆動用薄膜トランジスタとして実用化された IGZO に代表される透明アモルファス酸化物半導体 (TAOS) の創始やありふれた酸化物 C_{12}A_7 ($12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$) を対象とした新しい光・電子機能の開拓、鉄系高温超伝導物質の発見、常圧下でのアンモニア合成触媒反応の実証など、酸化物をベースとした革新的機能材料の創出において、数々の優れた研究業績を有し、日本国際賞、恩賜賞・

日本学士院賞をはじめ多くの受賞歴があり、2013 年にはトムソン・ロイター引用栄誉賞(物理学)も受賞している。このように、革新的な機能材料の開発に関して多くの研究実績があり、本研究領域運営に必要な先見性および洞察力を十分に有していると考えられる。

また、これまでに内閣府最先端研究開発支援プログラム(FIRST)や文部科学省「元素戦略プロジェクト＜研究拠点形成型＞」などの大型研究プロジェクトの代表を務め、当該分野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、能力を有しており、研究についての公平な評価を行うことができると思われる。

以上のとおり、細野秀雄氏は材料科学における世界的な第一人者であり、その独創的な成果は関連分野の研究者から広く認知されており、実験と理論・計算・データ科学を融合させ革新的材料開発手法の構築を目指す本研究領域において、強力なイニシアティブを発揮すると期待され、研究総括として適任であると考えられる。

3-3 戦略目標「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」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『人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開』(CREST)

(1)研究領域の概要

人工知能技術・ビッグデータ解析技術等が発展しIoT技術が社会に浸透するなか、現実社会へのサイバー空間の融合が高度にかつ急速に実現されつつあります。そこで、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インタラクション”として捉えることが重要になってきています。特に情報環境の知能化や人間拡張技術の進展により、環境知能と拡張された人間が共存する新しい共生社会のインタラクション(共生インタラクション)をデザインすることが急務となっています。本研究領域では、人間・機械・情報環境からなる共生社会におけるインタラクションに関する理解を深め、人間同士から環境全体まで多様な形態でのインタラクションを高度に支援する情報基盤技術の創出と展開を目指します。

具体的には、情報科学技術を中心に認知科学、社会科学、脳科学等の学問分野と連携し、人間理解・社会デザイン・構成論的アプローチの共創をねらい、以下の研究開発に社会の叡智を結集して取り組みます。

- 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
- 3) インタラクショ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

これらの研究開発により、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することができ、全体として最適化された共生社会の実現に貢献していきます。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能/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(AIPプロジェクト)の一環として運営します。

(2)研究総括

間瀬 健二 (名古屋大学 大学院情報科学研究科 教授)

研究領域 2『人とインタラクションの未来』(さきがけ)

(1)研究領域の概要

人工知能・ビッグデータ解析技術等が広範に用いられ、IoT が社会の各所に浸透し、情報空間と現実社会が広範囲に融合しつつある中、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、能力を発揮し、快適な生活を享受できる「超スマート社会」の実現が期待されています。

本研究領域では、情報科学技術をはじめとする各種の技術により、人間と人間、人間と機械、人間と情報環境、人間と実世界環境などの多様な状況でのインタラクションの進展に資する、人間の能力を拡張するための新たな技術や人間と環境が高度に調和する技術の創出、インタラクション理解のさらなる深化を目指します。

具体的には、ヒューマンコンピュータインタラクション、バーチャル／オーグメンティッドリアリティ、人間拡張、人間と AI の協調／融合、テレプレゼンス、ウェアラブルコンピューティング、コミュニケーション技術、スマート環境、高度センシング、デジタルファブ리케이션等、人に関わるあらゆる情報科学技術を対象とし、これらの技術を中心に、認知科学、心理学、脳科学等の関連学問分野と連携し、インタラクションの支援・理解・活用のための未来先導型の研究開発を推進していきます。

インタラクション技術により、人々の相互理解を深め、個々人の多様な生活形態や能力等に沿って自然に行動を支援し、急速に進化している人工知能・IoT 等の恩恵を誰もが最大限に享受できる未来社会の実現に貢献していきます。

なお、本研究領域は文部科学省の人工知能/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(AIP

プロジェクト)の一環として運営します。

(2)研究総括

れきもと じゅんいち
暦本 純一

東京大学 大学院情報学環 教授
(ソニーコンピュータサイエンス研究所副所長)
(多摩美術大学 美術学部 客員教授)
(クウジツ株式会社 取締役(非常勤))

[2]研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 1 『人間と情報環境の共生インタラクション基盤技術の創出と展開』(CREST)

研究領域 2 『人とインタラクションの未来』(さががけ)

(1)研究領域選定の理由

本研究領域にかかる戦略目標は、「人間と人間」・「人間と機械」・「人間と環境全体」の多様な形態におけるインタラクションの研究分野を、従来よりも広く「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」として捉えることで、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さらなる深化を図ることを目的としている。これにより、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することができ、全体として高度に最適化された社会の実現に資することが期待されている。そのため、情報科学技術を中心に、認知科学、心理学、脳科学等、人間の認知・心理にかかわる幅広い学問分野との連携により達成すべき戦略目標として、以下の3項目が設定されている。

- 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

以上のような目標を踏まえ研究領域1では、「人間と人間」「人間と機械」「人間と環境」の振る舞いに関する認知科学的な理解を深め、個人および集団の特性に適した行動変容を促す環境・社会構造をデザインするための革新的な情報基盤技術の確立を目指す。研究領域1では、教育・医療・介護・流通・ものづくり・インフラ等、研究領域の成果普及の場(ドメイン)を設定し、そのドメインにおいて想定されるインタラクションにかかる技術開発課題を本研究領域の主たる対象としており、研究成果が社会に受容され速やかに実装されるよう、倫理的・法的・社会的問題への配慮についても研究推進にあたり議論することも視野に含めていることから、研究領域は戦略目標の達成に向けて適切な設定となっている。また、研究課題の推進においては、センシング、データ解析、デザイン、アクチュエーションというデータ取得から最適制御に至るまでのイノベーションループを繰り返すことで、先端科学技術を活かしながら新しい価値やサービスを具体化することを目指している。それぞれの技術における強みを生かして研究者がチームを構築するが、研究領域においてチーム間連携を促しつつ社会実装に向けて取り組むことを想定している。以上のことから、本研究領域は CREST の研究領域として適切であると考えられる。

研究領域 2 は、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として、「人間と人間」「人間と機械」「人間と情報環境」「人間と現実環境」の振る舞いを明らかにし、人間の能力を拡張するための新たな技術の創出や、人々の相互交流や相乗効果の理解を深め、個人や集団の特性に応じた環境・社会構造の最適化を支える基盤となる研究開発を幅広く対象としている。さらに、研究成果がどのように社会に受容され、どのように暮らしを豊かにしていくかを十分に考慮した上で、利用環境を想定した実証についても SciFoS 活動等を利用して研究推進が行われるよう、研究領域が適切に設計されている。また、研究領域 2 が目指す革新的な要素技術の確立のためには、人間と環境全体とのインタラクションを様々な学術的観点から解明し、最適化に取り組もうとする多様な研究者の相互触発が必須である。以上のことから、本研究領域はさががけ研究領域として適切に設計されている。

以上を総合すると、これら2領域は、「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

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ための研究を推進することで、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つなげるという戦略目標の達成に向けて、我が国の研究の現状を踏まえて適切に設計されており、優れた研究提案が多数見込まれると考えられる。

(2) 研究総括指定の理由

研究総括 間瀬 健二

間瀬健二氏は、インタラクション分野における優れた見識を有しており、動画像からの表情認識の研究をはじめとして、医療従事者と患者の対話可視化による意思疎通支援システムの研究や、ものづくり技能ログのパターン認識研究など、画像処理・マルチモーダルインタラクション・ウェアラブルコンピュータ・ユビキタスシステムによるコミュニケーション支援の研究を推進している。日本電信電話株式会社の研究所で企業経験があるほか、インタラクション研究における世界最先端の研究機関である米国マサチューセッツ工科大学に客員研究員として在籍した経験もあり、当該研究分野における国内外の研究動向を熟知し、幅広い知見や優れた先見性及び洞察力を有している。

株式会社国際電気通信基礎技術研究所においては研究室長を務め、名古屋大学に教授として着任してからは、人工知能学会の理事・評議員や、ACM International Conference on Multimodal InteractionのAdvisory Board memberを務めた経歴があり、本研究領域の運営においても適切なマネジメントを行う経験、能力を有している。さらに、人工知能学会において功労賞を受賞しており、電子情報通信学会においては動画像処理のインタラクション応用技術研究における貢献によりフェローの称号を受けるなど、これまでの研究実績が学会等から高く評価されるとともに関連分野の研究者から広く信頼を得ていると考えられる。

同氏は、認知モデルに関する研究にも携わっており、人間行動の理解をとらしてインタラクションの高度化を図る本研究領域の研究総括として重要な知見を有している。また、国内外の学会等におけるプログラム委員長やGeneral Chairを務め、JSTにおいてもCREST・ERATOの選考・評価委員の経験があることから、関連分野を中心に幅広い研究提案の集まるCREST研究領域において、公平な評価を行いうると認められる。

以上より、同氏は研究領域 1 の研究総括として適任であると判断される。

研究総括 暦本 純一

暦本純一氏は、1990 年代に世界初のモバイル AR システム NaviCam を開発し、マルチタッチの基礎研究を世界に先駆けて行うなど常に時代を先導する研究活動を展開しており、ヒューマンコンピュータインタラクションをはじめとした当該研究領域に関する先見性及び洞察力を有している。国際的トップカンファレンス（ACM SIGCHI 等）や、国内の関連学会での発表は多数にのぼり、論文賞などを数多く受賞している。例えば、2013 年に日本ソフトウェア科学会基礎研究賞、ACM UIST Lasting Impact Award、2015 年に情報処理学会論文誌ジャーナル特選論文賞等を受賞しており、優れた研究実績を有している。

また、暦本氏は PlaceEngine や AR 事業を展開するベンチャー企業クウジット株式会社を創設している他、世界経済フォーラム 2016 のパネリストとして招待されるなど、研究成果の社会展開や、社会変容のあり方についても幅広い見識を有しており、若手研究者の研究課題の社会実装やデザイン思考の醸成も視野に含める本研究領域において優れた運営が期待できる。加えて、同氏はユビキタスコンピューティングに関する世界的に著名な国際会議である Ubicomp において 2005 年、2013 年に Program Chair を務め、ヒューマンコンピュータインタラクションのトップカンファレンスである ACM UIST 2017 の日本招致、General Chair を務める等、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。

なお、Ubicomp においては 10 年以上にわたってプログラム委員を務め、ヒューマンコンピュータインタラクションに関する国際ジャーナルである”International Journal of Human-Computer Studies”において副編集委員を務めるなど、国内外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。

以上より、同氏は研究領域 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「量子技術の適用による生体センシングの革新と生体分子の動態及び相互作用の解明」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『量子技術を適用した生命科学基盤の創出』(さきがけ)

(1)研究領域の概要

本研究領域では、量子科学・量子技術を生体や生体分子の計測に応用することで、量子と生体の研究者の交流と融合を促進し、生命科学を革新的に発展させることを目的とします。近年、量子科学の発展により、量子科学を基盤にした量子ビーム、量子スピン、光量子センサー、量子エレクトロニクス等の技術は、例えば量子コンピューティングやtime crystal(時間結晶)の実現に至るような著しい進展をみせており、我が国でも世界をリードする技術シーズが創出されています。こうした量子技術は、生体分子の動態や相互作用を検出する新規生体計測技術の開発等のテクノロジーの創出や、生命現象の中に真に量子的な現象を見出す等の革新的なサイエンスへの展開が期待されているにもかかわらず、十分に進んでいるとは未だ言い難いのが現状です。そこで本領域では、量子技術のライフテクノロジー分野での積極的な応用を促すことで生命科学分野の一層の発展を目指します。

(2)研究総括

瀬藤 光利 (浜松医科大学 細胞分子解剖学講座 教授)

[2]研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 1『量子技術を適用した生命科学基盤の創出』(さきがけ)

(1)研究領域選定の理由

本戦略目標は、最新の量子技術と生命科学研究をつなげ、生体内でこれまで観察されなかった現象の解明、生体分子の動態及び相互作用の精密な解明、産業応用や新しいサイエンス領域(量子生命科学)の開拓を目指し、マルチモーダル解析や時空間スケール横断的な計測技術の相補的・相乗的活用の基盤を形成しつつ、量子技術の適用により生命科学のフロンティアを開拓することを目的とするものである。具体的には、以下の達成を目指す。

①量子センサ技術を用いて、生体内の微弱な温度・磁場・電場等の高感度観測を実現し、生命科学や医療・産業応用の新たな潮流を生み出す。

②量子もつれ光子や多光子、光量子検出技術等の最新の量子技術を、超解像顕微鏡や革新的新規プローブと組み合わせ、いわば量子イメージングと言える新たな生体内イメージングを実現し、可視化されなかった状態を高い空間分解能で捉える。

③量子ビーム利用・計測の高度化技術を用いて、生体分子の電子状態、水素原子の挙動、化学結合の状態等の量子レベルに至る超精密構造・機能解析を行い、分子間の相互作用や反応といった生体分子の機能を解明する。

以上のような目標を踏まえ、本研究領域では、①生命現象を量子技術の応用により解明する課題、②生命科学に応用可能な計測技術を量子技術の利用により開発する課題、③生命現象を量子科学的に理解する課題 の3つの柱と対象としており、それぞれが戦略目標の達成項目に対応している。また、研究課題の推進上、「異分野研究者の積極的な融合・マッチング」、「拠点形成による一体的な研究実施」の促進を掲げ、我が国における量子技術分野と生命科学分野の交流・融合の遅れを打破することを目指している等、戦略目標の達成に向けた適切な設定となっており、戦略目標の目指す「量子技術と生命科学との融合による生命科学フロンティアの開拓」が見込まれる。

以上を総合すると、本研究領域は、効率的に戦略目標の達成に寄与するように設計されており、優れた先進的な研究提案が多数見込まれると考えられる。

(2) 研究総括指定の理由

研究総括 瀬藤 光利

瀬藤光利氏は、解剖学、細胞生物学、顕微鏡学および質量分析学を専門とし、経年時間情報を構造的に蓄積する分子基盤としての蛋白質翻訳後修飾ならびにメタボローム変化に着目、質量分析を用いて解析してきた。また、顕微鏡による形態観察と、質量分析計による構造解析を一体化した新しいタイプの分析装置である質量顕微鏡を開発してきた。現在は「老化研究」に関し、医学生物学ならびに物理学的視点から、臨床研究も推進している等、科学・技術両面から高い先見性や洞察力を有している。また、浜松医科大学国際マスイメージングセンターのセンター長を務めるなど、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。また、上述のような卓越した研究業績等から、2008 年には文部科学大臣表彰若手科学者賞を、2015 年には日本顕微鏡学会 瀬藤賞を受賞するなど高く評価されている。

さらに、日本顕微鏡学会および日本解剖学会の評議員、日本脂質生化学会の幹事、日本細胞生物学会の代議員を務めるなど、関連分野の研究者からも信頼されており、公平な評価を行いうると認められる。

以上のことから、同氏を本研究領域における研究総括として指定する。

3-5 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」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『細胞外微粒子に起因する生命現象の解明とその制御に向けた基盤技術の創出』(CREST)

(1)研究領域の概要

本研究領域は、細胞外微粒子に起因する生命現象の解明及びその理解に基づく制御技術の導出を目的とします。

生体内の細胞外微粒子にはナノからマイクロサイズに至る様々なものが存在します。それらは、環境中から生体内に取り込まれるPM2.5やナノマテリアル等の外因性微粒子と、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内因性微粒子に大別されます。外因性微粒子は、ナノマテリアル等について安全性評価の側面から研究が進められてきたこともあり、生体における動態や応答機序等は十分には解明されていません。一方、内因性微粒子は、細胞外小胞が細胞間コミュニケーションにおいて重要な役割を果たし、がんや認知症等の多くの疾患と関連が近年注目を集めていますが、形成過程や生理的な意義等についてはその多くが未解明です。

以上を踏まえ、本研究領域では、外因性微粒子や内因性微粒子の動作原理、生体の応答・認識に関する分子機構の解明に加え、微粒子の検出・分離・計測・解析等の基盤技術の開発を一体的に取り組み、細胞外微粒子に起因する生命現象を明らかにするとともにその制御に向けた基盤的研究を推進します。

(2)研究総括

ば ば よしのぶ
馬場 嘉信 (名古屋大学 大学院工学研究科 教授)

研究領域 2『生体における微粒子の機能と制御』(さががけ)

(1)研究領域の概要

本研究領域では、生体内の微粒子の動態や機能の解明、さらにはそれらの制御に関する研究開発の推進によって、微粒子により惹起される生命現象の本質的な課題に取り組みます。

近年、環境中の様々な微粒子(外因性微粒子)の生体内への影響や、生体内で形成された微粒子(内因性微粒子)の機能が注目されています。例えば外因性微粒子では、PM2.5やカーボンナノチューブなどと疾患との関連に関する研究が進められ、内因性微粒子ではエクソソームなどの体内動態や機能発現に基づく診断技術に関する研究が多数報告されています。

しかしながら、外因性微粒子については、生体内への取り込み過程、分布や局在等の挙動については多くが未解明のままとなっており、有害微粒子の対策が遅々として進んでいません。また、内因性微粒子については、細胞内での生成過程、細胞外動態、さらにはその生物学的意義について不明な点が多く、これらの微粒子を対象とした診断や治療技術の開発における本質的な課題となっています。さらに、これらの微粒子の生体内での定量分析や動態把握は、粒径の多様さや観察技術の遅れなどから、既存の技術では正確な解析が十分には行われていない状況です。

以上を踏まえ、本研究領域では、生体内の微粒子の機能の解明とその制御を目的とした研究開発を推進します。具体的には、環境や生体に影響を及ぼす微粒子の機能解明をしようとする課題、生体内の微粒子の動態解析の新技术に着目し、それを汎用的な技術に発展させようとする課題、さらには、微粒子の生理学的意義を通じた制御技術の開発から健康に寄与する新技术を創出する課題などに取り組み、環境や健康に関する各種課題解決に貢献します。

(2)研究総括

なかの あきひこ
中野 明彦(東京大学 大学院理学系研究科 教授)

[2]研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 1 『細胞外微粒子に起因する生命現象の解明とその制御に向けた基盤技術の創出』(CREST)

研究領域 2 『生体における微粒子の機能と制御』(さががけ)

(1)研究領域選定の理由

本戦略目標は「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」を目標とする。細胞外微粒子は、生体内由来の内因性微粒子と体外から生体内に取り込まれる外因性微粒子に分類されるが、両分野の研究コミュニティ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ものである。具体的には、「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」の3つの項目が達成目標として設定されている。

以上のような目標を踏まえ、研究領域1では、「①細胞外微粒子の生体・細胞への取り込み、体内動態の理解に基づく生体応答機序解明」、「②細胞外微粒子の検出・分離・計測・解析に係る基盤技術の創出及び高度化」、「③細胞外微粒子の体内動態制御に向けた基盤技術創出への展開」の3つを研究開発の柱として掲げ、上記達成目標と対応させている。また、研究開発課題の推進では、上記3項目の有機的な連携を掲げており、戦略目標の達成に向けた適切な設定となっている。

一方、研究領域2も、戦略目標と対応する「環境や生体に影響を及ぼす微粒子の機能解明をしようとする課題」、「生体内の微粒子の動態解析の新技术に着目し、それを汎用的な技術に発展させようとする課題」、「微粒子の生理学的意義を通じた制御技術の開発から健康に寄与する新技术を創出する課題」、の3つの課題を掲げている。とりわけ研究領域2は「内因性微粒子の形成機序や構造と機能の解明」に焦点を当てることで、最先端の生命科学を切り開こうとしている若手研究者からの斬新な提案が期待される。

以上を総合すると、これら2領域は互いに連携し、細胞外微粒子に起因する生命現象の解明に向けてそれぞれが効率的・効果的に戦略目標の達成に寄与するように設計されており、優れた先進的な研究提案が多数見込まれると考えられる。

(2)研究総括指定の理由

研究総括 馬場 嘉信

馬場嘉信氏は、ナノバイオデバイスの専門家として、半導体超微細加工技術や自己組織化ナノ構造構築技術を駆使して、ゲノムの超高速解析やバイオマーカーの超高感度検出を実現するなど、国際的にも評価の高い優れた業績を上げている。また、がん診断・治療や iPS 細胞の再生医療などのバイオメディカル分野における計測デバイスの開発にも精力的に取り組んでおり、テクノロジーとバイオの両分野に精通していることから、本研究領域における高い先見性や洞察力を有していると認められる。

また、名古屋大学では先端ナノバイオデバイス研究センターのセンター長を務めるなど、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、2016年の文部科学大臣表彰科学技術賞など、数々の賞を受賞するなど、優れた研究実績が認められ、日本化学会の生命化学研究会会長や主要ジャーナルの米国化学会 Anal. Chem. 副編集長、英国王立化学会 Lab on a Chip 編集委員や多くの学会誌の審査委員を務めるなど、関連分野の研究者からも信頼されており、公平な評価を行いうと認められる。

以上より、同氏は研究領域1の研究総括として適任であると判断される。

研究総括 中野 明彦

中野明彦氏は、国立予防衛生研究所(現・国立感染症研究所)にてタンパク質の細胞内輸送の研究に従事し、その後米国カリフォルニア大学留学中に遺伝子操作を自由に行える酵母を用いた研究に取り組み、帰国後には代表的な研究である「タンパク質の細胞内輸送に重要な役割を果たす GTPase 分子スイッチ」を発見し、東京大学においてその機能を解明した。また、細胞内で起こっている現象を、細胞が生きたままの状態を観察するライブセルイメージングに挑戦し、理化学研究所で開発に取り組んだ高感度高速共焦点レーザー顕微鏡は世界中の科学者から注目され、本顕微鏡を用いて得た成果は様々な分野から大きな反響を呼んだ。

以上のように、同氏は、膜輸送をはじめとする細胞生物学に精通しているだけでなく、そのために必要な最先端技術の開発にも自ら精力的に取り組んでいる。したがって、細胞外微粒子に起因する生命現象の本質的な理解を目指す上で、本研究領域における高い先見性や洞察力を有していると認められる。

また、井上學術賞、文部科学大臣表彰・科学技術賞など数々の賞を受賞するなどの実績を有し、生物科学学会連合の代表や日本学術会議の生物学分科会委員長などを歴任、関連分野の研究者からも信頼されており、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、**Cell Structure and Function**（日本細胞生物学会誌）の編集長や国内外の学会誌の編集委員を務めるなど公平な評価を行っていると認められる。

以上より、同氏は研究領域2の研究総括として適任であると判断される。

(別添資料1)

戰略目標

平成29年度 戦略目標

- ナノスケール熱動態の理解と制御技術による革新的材料・デバイス技術の開発
- 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
- 量子技術の適用による生体センシングの革新と生体分子の動態及び相互作用の解明
- 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年度戦略目標

1.1 目標名

ナノスケール熱動態の理解と制御技術による革新的材料・デバイス技術の開発

1.2 概要

電子機器における発熱の問題は微細化されたデバイスやそれを用いた機器の高性能化の障壁となっており、IoTの進展を阻害するおそれがある。熱を電気や光と同様に自在に制御することができれば、これらの電子機器の熱問題の解決に貢献することができる。

また、工場、自動車、住宅等において、未利用のまま排出されている熱エネルギーが大量に存在しており、こうした熱エネルギーの有効活用が省エネルギー社会の実現には不可欠である。

近年、国内外で「放熱」「熱輸送」「熱発生」「断熱」「蓄熱」「熱変換」「輻射」等の熱の時空間変動（以下、熱動態）に関してナノスケールから原理原則に立ち返った研究が活発化しており、熱制御技術のシーズが次々と創出されている。

本戦略目標において、熱の制御・利活用に向けた基礎的な原理の解明や基盤技術を早急に確立し、将来社会や産業に革新をもたらす新材料創製・デバイス開発に取り組む。

1.3 達成目標

本戦略目標では、熱に関する課題の解決や熱エネルギーの有効活用に向けて、熱の根源的な理解と制御を通じた新材料創製やデバイス開発を目的とする。具体的には、以下の達成を目指す。

- (1) ナノスケールでの熱動態の基礎的理解と熱制御基盤技術の構築
- (2) 熱に関する課題の解決や熱エネルギーの有効活用に向けた革新的材料の創製
- (3) 熱に関する課題の解決や熱エネルギーの有効活用を実現する新規デバイスの開発

1.4 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。

- ・電子・光デバイス等の電子機器や、住宅や自動車等の構造物等の幅広い対象において、熱制御に関する制約を克服し、これまでになかった機能性やデザインの追求が可能になる社会
- ・工場や自動車などにおいて、熱を時空間的に自在に制御し、無駄にしている熱エネルギーを有効に活用できる社会

1.5 具体的な研究例

- (1) ナノスケールでの熱動態の基礎的理解と熱制御基盤技術の構築

ナノスケールでの熱動態の理解を進め、ナノスケールからマクロスケールまでの体系的な学理体系を構築する。また、熱制御に係る基礎的・基盤的な技術開発を行う。例えば、高断熱性と光透明性を両立した新機能材料の提案・原理検証や、界面熱抵抗をなくすための制御技術開発、半導体集積回路の更なる高集積化を可能とする放熱技術の開発等を進める。

- (2) 熱に関する課題の解決や熱エネルギーの有効活用に向けた革新的材料の創製

ナノスケールでの熱制御機能を有する革新的な材料創製を行う。例えば、真空断熱パネルより熱伝導が少ない超断熱材料、特定の方向に熱伝導性を有する異方性熱伝導材料、幅広い温度域でも使用可能な蓄熱材料の創製等を進める。

- (3) 熱に関する課題の解決や熱エネルギーの有効活用を実現する新規デバイスの開発

ナノスケールでの熱制御技術を活用したデバイスの試作や基本機能・特性の確認を行う。例えば、熱整流デバイス・熱スイッチ、超低消費電力のセンサ、次世代不揮発メモリ、高蓄熱密度で短時間に蓄熱・放熱可能なシステムの開発等を進める。

1.6 国内外の研究動向

(国内動向)

- ・応用物理学会では2016年3月の第63回春季学術講演会において、日本伝熱学会、日本熱物性学会、日本表面科学会、化学工学会、ナノ学会、日本熱電学会、日本物理学会等が共催・後援する特別シンポジウム「フォノンエンジニアリングの広がり」、日本伝熱学会では第52回伝熱シンポジウム「ナノスケール伝熱機能発現とその応用への展開」、日本物理学会では2016年3月の第71回年次大会シンポジウム「フォノンエンジニアリングに向けた物質科学の新展開」等が開催され、ナノスケールの熱制御やフォノンエンジニアリングに関する研究者コミュニティが形成され始めた。
- ・さらに、応用物理学会で2016年9月に研究分野の連携に向けたフォノンエンジニアリングの合同セッション、2017年1月に新領域グループ「フォノンエンジニアリング研究グループ」が創設されるなど、各学会でナノスケール熱制御に関する研究が活発化している。
- ・2015～2016年には、その他に日本伝熱学会、日本化学会、日本表面科学会、化学工学会等でもナノスケール熱制御に関するシンポジウム・研究会の開催や学会誌での特集が組まれている。

(国外動向)

- ・欧米では、ナノエレクトロニクス分野の熱制御に積極的に取り組み始めている。2014年5月開催の第10回ナノテクノロジー国際会議（INC10）における日米欧の熱制御関係の大きなプロジェクト数は、米国：16件、欧州：14件、日本：2件となっており、欧米に比べて日本の少なさが懸念される。
- ・また、欧州ではEUナノフォニクスコミュニティ作りを目的として、固体物理学、ナノエレクトロニクス、生物学を対象としたEUPHONONが2013年にスタートし、5800万円/年の規模で実施されている。米国では、ナノスケールでの熱制御に特化したプログラムはまだ無いものの、論文発表や新アイデア発信が多数行われており、ナノ構造でのフォノン制御を活用した熱設計・熱解析や、フォノン制御材料の創製に精力的に取り組んでいる。
- ・中国ではフォノンニック・熱エネルギーセンター（同済大）の設立や、フォノンエンジニアリングや熱電材料に関する論文数の顕著な増加など、活発な取組が進んでいる。
- ・フォノンエンジニアリング関係の論文数は、20件（2000年）⇒130件（2010年）⇒280件（2014年）（出典：戦略プロポーザル CRDS-FY2014-SP-04）、のように急激な伸びを示しているが、各国の割合は、中国：34%、米国：21%、フランス：15%、ドイツ：11%、日本：6%（出典：Web of Science のデータを基に集計）、となっており、日本がこの分野でリーダーシップをとっていくためには、コミュニティの増加と活動支援が求められる。

1.7 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「熱の諸問題解決へ向けたナノスケール熱制御技術の革新」及び「中低温域の熱源活用等を通じた化学プロセスに関する革新的技術の創出」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「熱の諸問題解決へ向けたナノスケール熱制御技術の革新」及び「中低温域の熱源活用等を通じた化学プロセスに関する革新的技術の創出」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。

1.8 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 2016」(平成 28 年 5 月 24 日閣議決定)

第 1 章 (3) 2) [B]

基盤技術を支える横断的技術として、素材・ナノテクノロジー(中略)の早期構築を進める。また、これら基盤の強化に当たっては(中略)高度な熱マネジメントで重要となるナノ領域の熱(フォノン)制御技術(中略)等の基礎研究を中長期的視点に立って推進することも重要である。

第 2 章 (1) 1. 1) [C] 3)

・蓄熱・断熱技術、再生可能エネルギー熱利用技術等の開発

「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(後略)。

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) <1> 1)

産業、民生(家庭、業務)及び運輸(車両、船舶、航空機)の各部門において、より一層の省エネルギー技術等の研究開発及び普及を図る。

1.9 その他

○未利用熱エネルギー革新的活用技術研究組合(TherMAT)では産業応用を見据えた研究開発に焦点を当てて熱電変換、蓄熱断熱、遮熱等に関する取組がなされている。

○科学技術振興機構(JST)CREST/さきがけ「微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出」(平成 27 年度発足)やCREST「エネルギー高効率利用のための相界面科学」、さきがけ「エネルギー高効率利用と相界面」(平成 23 年度発足)では、一部に熱電変換材料の研究開発が含まれる。

上記のような関連事業で得られた知見も活用しながら、熱の統一的な理解や熱制御そのものを主軸とした戦略目標を早期に設定することにより、他国をリードする新たな研究開発基盤技術の確立が可能となる。

2.1 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

2.2 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。

2.3 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

2.4 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

2.5 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。

2.6 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。

2.7 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。

2.8 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。

2.9 その他

○科学技術振興機構（JST）さがけ「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。

3.1 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

3.2 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まれてきたが、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。

3.3 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

3.4 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。

3.5 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션을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ヨンのモデル化に関する研究開発。

(3) インタラクシヨ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。

3.6 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ヨ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ヨンデザイン学（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が続いている。
- ・人間とインタラクシヨ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が続いている。

(国外動向)

- ・米国ではマルチモーダルインタラクシヨンの研究として、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。

3.7 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ヨンの高度化」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ヨンの高度化」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。

3.8 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。

3.9 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。

4.1 目標名

量子技術の適用による生体センシングの革新と生体分子の動態及び相互作用の解明

4.2 概要

我が国においては、これまでの連綿とした光・量子に係る基礎研究から、世界をリードする技術シーズが生まれてきている。例えば、量子センサの作製技術は、我が国の機関が国際的にも高い技術を有しており、海外研究グループからも材料提供の依頼を受けている。また、量子もつれ光を用いた顕微鏡は我が国発の技術であり、さらに、量子ビームの高度利用による超精密構造・機能解析についても、世界に先駆けた研究を創出している。これらの量子技術は、生命科学への応用も期待されており、海外では強く推進され始めているものの、我が国においては、量子技術分野と生命科学分野の交流の遅れにより、その生物応用が十分に進んでいない。さらに、このままではこれらの高度量子技術の国外流出も危惧されている。

そのため、本戦略目標において、量子技術と生命科学との融合を促進することにより、日本の優位性を保持しつつ、細胞内の生体分子が有する機能を量子レベルから統合的に理解する生命科学フロンティアを開拓する。これにより、新規治療・診断法等への応用が図られるとともに、量子技術の特性を利用した新規計測装置・機器による産業へと展開していくことが期待される。

4.3 達成目標

本戦略目標では、最新の量子技術と生命科学研究をつなげ、生体内でこれまで観察されなかった現象の解明、生体分子の動態及び相互作用の精密な解明、産業応用や新しいサイエンス領域（量子生命科学）の開拓を目指し、マルチモーダル解析や時空間スケール横断的な計測技術の相補的・相乗的活用の基盤を形成しつつ、量子技術の適用により生命科学のフロンティアを開拓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) 量子センサ技術を用いて、生体内の微弱な温度・磁場・電場等の高感度観測を実現し、生命科学や医療・産業応用の新たな潮流を生み出す。
- (2) 量子もつれ光子や多光子、光量子検出技術等の最新の量子技術を、超解像顕微鏡や革新的新規プローブと組み合わせ、いわば量子イメージングと言える新たな生体内イメージングを実現し、可視化されなかった状態を高い空間分解能で捉える。
- (3) 量子ビーム利用・計測の高度化技術を用いて、生体分子の電子状態、水素原子の挙動、化学結合の状態等の量子レベルに至る超精密構造・機能解析を行い、分子間の相互作用や反応といった生体分子の機能を解明する。

4.4 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。

- ・生命現象の物理的・本質的理解に基づいて高い効果を有する治療法・新薬が開発され、国民の健康長寿が実現する社会。
- ・現代病とも言われる機能性疾患や早期発見が困難な疾病の早期かつ定量的な診断・予防法が確立され、医療費抑制が実現する社会。
- ・高い付加価値（小型・低侵襲・高精度等）のセンサ・計測装置・診断機器が世界市場に展開され、Society5.0の産業競争力を有する社会。
- ・新しいサイエンス領域を主導することによる国際的な存在感の向上と、新規医療・技術シーズの持続的な創出によって、科学技術立国を実現する社会。

4.5 具体的な研究例

- (1) 量子センサ技術の進展を取り込んだ生体センシング（※達成目標1関連）

ダイヤモンド中の窒素-空孔（NV）センタや炭化ケイ素（SiC）中のシリコン空孔などの量子センサを用いて、例えば、これら量子センサの生体親和性を活用し、細胞、ニューロン、タンパク

質・生体分子に対し、ナノメートル空間分解能での定量的な温度・磁場・電場等の計測を実現する。また、光／電気検出磁気共鳴や電子スピン共鳴を利用した単一分子 NMR・ナノ MRI の開発を行う。心磁や脳磁等の計測を実現し、産業・医療応用への展開を進める。

(2) 新たな生体内イメージング（量子イメージング）（※達成目標 2 関連）

最新の量子技術の導入によって新しい生体イメージング技術の開発へつなげる。例えば、様々な超解像顕微鏡に、多光子等の光・量子技術を組み合わせた分解能向上等による新たな生体内イメージングや、多光子顕微鏡に量子もつれ光を導入することによる低光量イメージング技術確立する。また、上記のようなイメージング技術と革新的な蛍光プローブの同時並行開発による相乗効果を狙った新規イメージング技術を開拓する。量子センサを新規プローブとして既存のモダリティと組み合わせた、生体分子間の相互作用や細胞内局所の物理場のマルチモーダルイメージングを開発する。

(3) 原子・電子レベルの超精密構造・機能解析（構造から直接的に機能情報を得る）（※達成目標 3 関連）

量子ビーム利用・計測の高度化技術を活用して、生体分子の機能に直接的に迫る研究を行う。例えば、高い信頼度の結合距離情報に、中性子線と X 線の連携利用による水素原子・水分子の挙動情報の導入による、生体内の分子間相互作用や反応の解明や、生体分子と分子標的薬等の相互作用に重要な外殻電子の振る舞いや水素結合等の働きを理解するための研究を行う。また、生体分子における化学結合情報の獲得による化学反応プロセスに関する詳細な原子構造の解明や生体反応と疾患との関係解明への展開を進める。さらに、酵素等の反応における量子力学的効果、分子間の電子・情報・エネルギー伝達の解明といった量子生命科学への展開を進める。

これらの研究を通じて、新たに確立された技術等の導入によるマルチモーダル解析の基盤が形成され、例えば再生組織のがん化／非がん化の識別や深部領域における異常検出、機能性疾患（うつ病、統合失調症等）の原因解明・定量診断とその診断機器開発、神経細胞の興奮の検出による神経伝達の異常等の同定、室温動作の脳磁計測機器開発、分子標的薬の精緻化とプレジジョンメディスン産業の進展などが期待される。

4.6 国内外の研究動向

（国内動向）

日本では、これまでの連綿とした光・量子に係る基礎研究から、生命科学への実際の適用が可能となってきた技術シーズが生まれており、例えば、量子センサ、量子もつれ光、量子ビーム高度化といった量子技術は、日本が世界をリードする技術シーズであるが、日本でダイヤモンド NV センタ研究に携わっている有能な若手研究者が欧米諸国にスカウトされつつあるという現状もある。

また、本年 2 月に公表された科学技術・学術審議会先端研究基盤部会量子科学技術委員会の間とりまとめの中では、我が国の強みが多面的に発揮できる上、新しい領域を拓くようなハイブリッド型の研究推進による競争力強化が強く望まれる分野として位置付けられている。この議論の中では、本分野における日本のポテンシャルの高さ、医療・エネルギー・製造業等の経済波及効果の広さ、若手研究者の流動性や連携を含めた人材育成等への期待が指摘され、我が国における早急な施策対応が求められている。

（国外動向）

ここ数年、最新の量子技術と生命科学を融合する研究動向が世界的に見られ、英国政府の National Quantum Technologies Programme や欧州委員会の Quantum Flagship にも生命科学との融合が明確に位置付けられている。またドイツが大学を中心とした欧米融合の拠点となって、産業界も巻き込んで医療応用などを目指した研究を進めており、シュツットガルト大学及びウルム

大学に、それぞれ量子センサ及び量子生物学を強化する研究センターが設置される予定である。これらの国外動向の下、我が国研究グループの高度な量子センサ等の作製技術への関心は高く、既に、海外の研究グループからの引き合いで材料提供されている状況にある。また、細胞や組織中における量子力学的な効果の探索研究が萌芽的になされており、2012年には量子生物学に係る初の国際会議が英国で開催されている。

4.7 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「量子技術の適用による生体センシングの革新と生体分子の動態及び相互作用の解明」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「量子技術の適用による生体センシングの革新と生体分子の動態及び相互作用の解明」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。

4.8 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）＜2＞2）

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。

・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」

第3章（1）＜2＞1）

我が国の基礎科学研究を展開して医療技術の開発を推進し、その成果を活用した健康寿命の延伸を実現するとともに、医療制度の持続性を確保することが求められている。その際、我が国発の創薬や医療機器及び医療技術開発の実現を通じて、医療関連分野における産業競争力の向上を図り、我が国の経済成長に貢献することが期待される。

「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]

横断的に支える技術として、下記の基盤技術についての強化を図る必要がある。

・光・量子技術：情報通信、医療、環境・エネルギー等の広範な分野を横断的に支え、精度・感度・容量・省エネ・セキュリティ等の様々な点で社会的要請に応える高次な社会・産業インフラ

の形成に貢献していくため、計測技術、イメージング・センシング技術、情報・エネルギー伝達技術、加工技術の一層の高度化に向けた基礎・応用研究を推進することが重要である。

第1章 (3) [B]

計測技術、イメージング・センシング技術、情報・エネルギー伝達技術及び加工技術の高度化に資する光・量子技術、高度な熱マネジメントで重要となるナノ領域の熱（フォノン）制御技術、計測・診断・イメージングの高度化、有用物質創成等に資するバイオテクノロジー等の基礎研究を中長期的視点に立って推進することも重要である。

4.9 その他

本戦略目標にある量子技術は、過去の息の長い基礎研究から生まれてきた世界をリードする技術シーズを、実際の適用が可能となってきた生命科学分野につなげるものである。一方、H27年度開始の戦略目標「新たな光機能や光物性の発現・利活用による次世代フォトニクスの開拓」やH28年度開始の戦略目標「量子状態の高度制御による新たな物性・情報科学フロンティアの開拓」は、現時点の最新の物理学・物性科学を基にして最先端の光機能・光物性や量子状態の高度制御を新たに開拓するものであり、将来、異分野に繋がっていく最先端シーズをこれから生み出す位置付けとなる。これらの戦略目標で創出された最先端の技術シーズについても、順次、本戦略目標の下で行われる生命科学研究への導入を検討することによって、成果創出の加速が期待される。

5.1 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

5.2 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。

5.3 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

5.4 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

5.5 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。

5.6 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。

5.7 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。

5.8 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－第4次産業革命に向けて－」（平成28年6月2日閣議決定）

第2-1-2.（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。

5.9 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－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－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－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－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－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。