令和８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(新技術シーズ創出)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。

令和８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. 令和８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（略称）	研究総括	戦略目標（設定年度）
CREST 量子科学技術における未踏領域の開拓	平山 祥郎 （量子科学技術研究開発機構 SIP 推進センター センター長／東北大学 名誉教授／同 先端スピントロニクス研究開発センター 特任教授）	基礎量子科学技術研究がドライブする量子未踏領域の開拓(令和８年度)
さきがけ 量子未踏領域への挑戦	初田 哲男 （理化学研究所 数理・計算・情報科学領域 領域総括）	基礎量子科学技術研究がドライブする量子未踏領域の開拓(令和８年度)
CREST 革新的な超寿命マテリアルの創出とその理論的基盤の構築	乾 晴行 （京都大学 大学院工学研究科 教授）	持続可能社会につなげる超寿命マテリアルの創出(令和８年度)
さきがけ 超寿命マテリアルの創出に向けた機構解明と技術革新	津﨑 兼彰 （物質・材料研究機構 名誉フェロー）	持続可能社会につなげる超寿命マテリアルの創出(令和８年度)
CREST デジタル時空間拡張の実現に向けた技術革新と持続的価値共創	本村 陽一 （産業技術総合研究所 人工知能研究センター 首席研究員）	デジタル時空間拡張(令和８年度)
さきがけ 計算科学とデータ駆動科学の融合によるデジタル時空間拡張の基盤創出	河原 吉伸 （大阪大学 大学院情報科学研究科 教授）	デジタル時空間拡張(令和８年度)

CREST 感覚の理解と制御がつなぐ生体システム操作	古川 貴久 (大阪大学 蛋白質研究所 教授)	拡張五感と認知(令和８年度)
さきがけ 外界刺激の感知機構の理解と革新的拡張技術創出	富永 真琴 (名古屋市立大学 なごや先端開発研究センター 特任教授)	拡張五感と認知(令和８年度)
さきがけ 複雑な環境曝露が生物の今と未来を作る分子機構	牛島 俊和 (星薬科大学 学長)	生体環境インタラクション～生物とエクスポソームの相互作用の解明～(令和８年度)
ACT-X GX 実現に資するフロンティアマテリアル	内田 健一 (物質・材料研究機構 磁性・スピントロニクス材料研究センター 上席グループリーダー／東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授)	・持続可能社会につなげる超寿命マテリアルの創出(令和８年度) ・非連続な技術革新を目指す量子マテリアル研究(令和７年度) ・ゆらぎの制御・活用による革新的マテリアルの創出(令和７年度) ・選択の物質科学～持続可能な発展型社会に貢献する新学理の構築～(令和６年度)

(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(新技術シーズ創出)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 (2026 年 3 月末時点)

	氏名(敬称略)	所属
議長	平山 祥郎	量子科学技術研究開発機構 SIP 推進センター センター長 東北大学 先端スピントロニクス研究開発センター 特任教授
	五十嵐 道子	フリージャーナリスト
	熊ノ郷 淳	大阪大学 総長
	辰巳砂 昌弘	大阪公立大学 エグゼクティブアドバイザー・名誉教授
	辻井 潤一	産業技術総合研究所 フェロー
	益 一哉	産業技術総合研究所 量子・AI 融合技術ビジネス開発グローバル研究センター センター長

(※)研究主監は、戦略的創造研究推進事業(CREST、さきがけ、ACT-X、ERATO)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(2025 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。国内研究者の情報、国内外文献の書誌情報を収録。)、JDreamⅢ(JST が運営する日本最大の科学技術文献データベース。)、Web of Science(Clarivate Analytics 社が提供する学術文献引用データベース。)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(2026 年 2 月 27 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)研究領域及び研究総括の事前評価と決定

(ア) 研究主監会議(2026 年 3 月 26 日および 2026 年 4 月 13 日～15 日)を開催し、研究領域及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 が研究領域及び研究総括を決定しました(2026 年 4 月 1 日および 2026 年 4 月 16 日)。

3. 新規研究領域及び研究総括とその設定の理由

新規研究領域及び研究総括と、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、2026 年 4 月現在のものです）

3－1. 戦略目標「基礎量子科学技術研究がドライブする量子未踏領域の開拓」の下に設定する研究領域

1. 研究領域の概要及び研究総括の略歴等

研究領域 1「量子科学技術における未踏領域の開拓」（CREST）

(1)研究領域の概要

この研究領域では、量子技術が社会に浸透した持続的な量子未来社会を実現するために、量子科学技術に新しい分野や方向性を生み出すような、量子未踏領域の開拓を進めます。ここで言う未踏領域とは、すでに道があるが、まだそこまで到達していないという意味ではなく、新たな道を切り開くという意味で、そのような挑戦的な量子科学技術分野の研究を後押しします。未踏量子分野の開拓には、量子科学研究の基礎学理の深化が不可欠です。挑戦的だが探求可能性が現実的である基礎量子科学をベースにして、これも挑戦的ではあるが解決の可能性が見えつつある未踏量子技術を開拓することを目指します。量子科学技術分野を代表する量子コンピューティング、量子情報処理、量子センシング、量子マテリアルなどの各分野に新たな未踏領域を開拓する研究に加えて、これらの分野を融合して、量子ネットワークを構築したり、量子生命に基づいた未踏量子分野を開拓したりするなど新しい融合方向を創生する研究やそのために必要になる基礎的な研究にも挑戦します。量子科学技術における未踏領域の開拓を進めることで、将来的には、他の量子関連の CREST、さきがけやムーンショット、Q-LEAP、SIP など多くのプロジェクトで進められている量子科学技術の進展と相まって、高度な量子技術が社会全体に広がった未来社会の実現を目指します。

(2)研究総括

平山（ひらやま） 祥郎（よしろう）（量子科学技術研究開発機構 SIP 推進センター　センター長／東北大学　名誉教授／
同 先端スピントロニクス研究開発センター　特任研究員）

研究領域 2「量子未踏領域への挑戦」（さきがけ）

(1)研究領域の概要

この研究領域では、量子科学の地平を広げ、そこから将来の新たな学理・方法・技術の潮流を生み出

すことを目指します。ここでいう「未踏」とは、新たな問いを立て、新たな見方や方法を育むことを通じて、量子科学の次なる方向を指し示すことです。その根底にあるのは、量子論を基礎量子科学（Fundamental Quantum Science）として捉える視点です。

本研究領域では、量子論の基礎、量子と古典の境界、測定・情報・相関・ダイナミクスの原理の探究に加え、量子状態や量子現象を新たな形で観測・制御・創出する実験的研究、さらに量子重力、非可換確率論、量子リソース理論など、量子論の深い数理構造に関わる研究まで、広く視野に収めます。理論・数理、実験・計測、材料・デバイスにわたる多様な挑戦が響き合うことにより、基礎量子科学の探究を深めるとともに、将来の新たな技術や社会像につながる萌芽を育み、量子科学の新たな展開へとつなげることを目指します。

（2）研究総括

初田 哲男（はつだ てつお）（理化学研究所 数理・計算・情報領域 領域総括）

2. 研究領域選定及び研究総括指定の理由

研究領域 1 「量子科学技術における未踏領域の開拓」（CREST）
研究領域 2 「量子未踏領域への挑戦」（さきがけ）

（1）研究領域選定の理由

本戦略目標は、既存の量子重点技術分野における漸進的な技術成熟にとどまらず、将来の量子技術を拓く新たな領域を開拓し、高度な技術が社会全体に浸透した「量子未来社会ビジョン」を実現することを目指すものである。現在の技術水準と将来像の間の隔たりを埋めるため、量子通信・制御の革新的技術の創出、古典限界を超える量子計測・イメージング技術の開拓、量子生命科学による生命現象の量子的理解などを重点的に推進する。これらの未踏領域の開拓のため、量子インターコネクト、量子非平衡・開放系、新奇量子もつれといった基礎量子科学の深化を両輪とし、社会変革を導く量子トランスフォーメーションを加速させる。

研究領域1は、最先端の基礎量子科学の深化を駆動力として量子技術分野の新たな道を切り開くことを目指すものであり、既存技術の単なる深掘りではない、新しい量子技術と社会像の創成に寄与する独創的な研究提案を対象としている。本領域では、量子コンピューティング、量子情報処理、量子センシング、量子マテリアルといった基幹分野に加え、これらを融合した量子ネットワークや、量子生命現象にドライブされたバイオ、創薬、医療技術などの広範な分野において、当該分野の研究の発展に資する優れた提案が多数見込まれる。また、これまで量子科学技術の枠に捉われてこなかった異分野の研究者が積極的にチームに参画することにより、最先端の潮流を作る独創的な研究の展開が期待される。さらに、量子の特性を最大限に引き出すための古典技術や周辺分野の知見を柔軟に取り込み、相補的に効果を発揮させることも不可欠である。したがって、異分野融合等の様々なアプローチにより未踏量子技術を開拓するには、複数分野の研究者からなるチーム編成が可能な CREST 事業を選定することが、戦略目標の達成に適切である。

研究領域2は、量子科学の可能性を大きく拡張し、そこから将来の新しい方法・技術の流れを生み出すことを目指すものであり、研究者が自ら「未踏」を定義し、新しい問いや方法を育てる独創的な研究提案を対象としている。本領域では、量子論の基礎、量子と古典の境界、測定・情報・相関の原理に加え、量子生命現象の科学的探求といった広範なテーマに係る研究を推進することで、将来の量子技術の起点となる萌芽を育てることが期待される。また、物理、数学、情報、化学、生命、材料といった多様な専門性を持つ新しい研究者層の参画が期待されており、量子分野の研究の発展に資する優れた提案が多数見込まれる。将来の「量子未来社会」を実現するためには、固定観念にとらわれない若手研究者による独創的な飛躍が不可欠である。本研究領域では、個々の自由な発想に基づく挑戦的な研究を推進可能とし、かつ理論／実験分野の若手研究者を未来の量子科学を牽引する人材として芽を育むことができるさきがけ事業を選定することは、戦略目標の達成に向けて適切である。

さらに、CREST ・さきがけ合同での領域会議の開催等、両領域間で連携を図り、それぞれがもつ知見や技術を共有することで、効率的な成果創出と異分野連携の促進が期待できる。

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。

(2)研究総括指定の理由

研究総括　平山　祥郎

平山祥郎氏は、半導体量子構造における電子スピンおよび核スピンの物性解明と、その高度な制御に基づく量子輸送研究の世界的な研究者である。特に、半導体ナノ構造における核スピンの動的偏極や核磁気共鳴(NMR)を用いた独創的な量子操作技術を確立し、日本の核スピン量子技術を世界トップレベルへと牽引してきた。その優れた業績は、第 17 回江崎玲於奈賞や ISCS Quantum Device Award 等の国際的評価の高い受賞歴によって裏付けられている。

同氏は、NTT 物性科学基礎研究所と東北大学の両組織において、広範な研究に従事した経験を有し、技術の社会実装に向けた課題にも精通している。また、研究マネジメント面では、ERATO「平山核スピンエレクトロニクスプロジェクト」の研究総括や新学術領域「ハイブリッド量子科学」の領域総括を務めるなど、顕著な実績を有している。

現在は Q-LEAP アドバイザリーボードや SIP 第 3 期プログラムマネージャーを務め、量子通信・量子イメージングを含む量子技術全般のグローバルな動向を俯瞰する立場にある。また、これまでに CREST 領域アドバイザーや研究主監を歴任しており、事業の趣旨に対する深い理解と公平かつ的確な評価能力を有している。

専門のデバイス物理のみならず、量子技術の将来像を広く見通す識見と研究者を鼓舞する指導力を併せ持つ同氏は、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　初田　哲男

初田哲男氏は、素粒子・原子核理論、および強相関量子系における世界的研究者であり、量子色力学(QCD)に関する研究において独創的な業績を挙げている。その優れた研究成果は、仁科記念

賞や東レ科学技術賞といった国内最高峰の賞に加え、アメリカ芸術科学アカデミー(AAAS)外国人名誉会員への選出など、国際的にも高く評価されている。

同氏の特筆すべき実績は、理化学研究所において「数理創造研究センター（iTHEMS）」を創設し、理論科学・数学・計算科学を融合させた研究拠点を構築・牽引してきた卓越した組織運営能力にある。この活動を通じて、専門領域に埋没しない幅広い視野と、異なる学問分野を「量子」という共通言語で接続する高度な俯瞰力を実証している。また、iTHEMS における若手研究者の自律的な研究推進を支援する仕組み作りなど、次世代の育成に対する確固たるビジョンと熱意を有している。

さらに、JST 戦略的創造研究推進事業においても、CREST の領域アドバイザーを2領域にわたり務めており、事業趣旨への深い理解に基づいた公平かつ厳正な審査・評価能力を有している。

基礎理論から宇宙物理、さらには量子情報へと広がる広範な知見と統率力を兼ね備える同氏は、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「持続可能社会につなげる超寿命マテリアルの創出」の下に設定する研究領域

1. 研究領域の概要及び研究総括の略歴等

研究領域 1「革新的な超寿命マテリアルの創出とその理論的基盤の構築」（CREST）

（1）研究領域の概要

本研究領域では、構造材料及び機能材料としての材料・デバイスの寿命に着目し、従来の寿命を凌駕する材料・デバイスに加え、周囲の環境を利用して必要に応じて自己修復する材料・デバイスなど、既存の寿命の概念を変革する超寿命マテリアルの創出とその理論的基盤の構築を目指します。

対象とする材料には、金属やセラミックスなどの無機材料、有機・高分子材料、さらにそれらの複合材料が含まれます。これらの材料を用いた、電池（太陽電池、蓄電池等）半導体デバイス、センサー、機能性高分子など、多様なデバイスも含まれます。

材料・デバイスの内部および界面の劣化・破壊の素過程等、劣化・破壊の本質的なメカニズムについては、原子スケールからデバイススケールまでのマルチスケールで探求します。これにより、劣化・破壊メカニズムの理解を飛躍的に進展させ、材料・デバイスの長寿命化に向けた強固な理論的基盤の構築を目指します。なお、劣化・破壊メカニズムの解明には、近年急速な発展がみられるマルチスケール、マルチフィジックス、オペランド計測技術や計算科学、情報科学などの活用が望まれます。また、実環境では物理的・化学的・生物学的な様々な要因が複合的に関与して劣化・破壊が進行すると考えられるため、極限環境を含めた実環境での材料・デバイスの劣化・破壊現象を探求します。

さらに、材料・デバイスの寿命については、寿命全体を高精度に予測可能な手法の確立を目指します。このためには、劣化・破壊現象の解明により培った知見を踏まえ上述の実環境の複合要因を考慮した数理モデルの構築、統計・情報科学・AIを活用した寿命予測シミュレーションの実施、実際の寿命を高精度に再現する加速試験手法の開発が求められます。

劣化・破壊過程の解明および高精度な寿命予測手法の開発によって、最終的には従来の寿命の概念を変革する超寿命マテリアルおよび高信頼性・高精度の評価手法の創出とその理論的基盤の構築を目指します。

（2）研究総括

乾（いぬい） 晴行（はるゆき）（京都大学 名誉教授）

研究領域 2「超寿命マテリアルの創出に向けた機構解明と技術革新」(さきがけ)

(1)研究領域の概要

本研究領域では、材料・デバイスの構造面および機能面での寿命に着目し、従来の寿命を凌駕する材料・デバイスに加え、周囲の環境を利用して必要に応じて自己修復する材料・デバイスなど、既存の寿命の概念を変革する超寿命マテリアルの創出に向けた機構の解明と技術の革新を行います。

本領域で対象とする材料は、金属・セラミックスなどの無機材料、有機・高分子材料、さらにこれらの複合材料まで幅広く含みます。また、これらの材料を用いた電池(太陽電池・蓄電池等)、半導体デバイス、センサー、機能性高分子など、多様なデバイスも研究対象とします。

材料・デバイスの表面・内部・界面における劣化や破壊の素過程、およびそのメカニズムに対し、原子レベルからデバイス実装スケールまでを網羅するマルチスケールな視点から挑戦的にアプローチします。これにより、劣化・破壊現象の理解を飛躍的に進展させ、寿命変革に向けた強固な学術基盤を構築することを目指します。 その探究においては、近年急速に発展したマルチフィジックス解析や先端オペランド計測、計算・情報科学等を高度に融合し、従来は不可視であった複雑な現象の真理を解き明かす提案を期待します。

さらに、物理・化学・生物学的要因が複合する実環境、あるいは極限環境下での劣化プロセスを先駆的に解明することも重要です。自由な発想に基づき、多様な現象の本質を捉え、そこから新たな原理を発掘することを期待します。 加えて、メカニズム解明に裏打ちされた高精度な寿命予測手法の構築も、本領域の重要な柱です。複合要因を考慮した数理モデル、AI・統計科学を駆使したシミュレーション、実寿命を忠実に再現する加速試験法の提案など、若手研究者による独創的かつ先駆的な研究を強く奨励します。

これらの機構探求と技術革新によって、従来の寿命の概念を変革する超寿命マテリアルの創出に貢献します。

(2)研究総括

津崎(つざき) 兼彰(かねあき) (国立研究開発法人 物質・材料研究機構 名誉フェロー)

2. 研究領域選定及び研究総括指定の理由

研究領域 1「革新的な超寿命マテリアルの創出とその理論的基盤の構築」(CREST)
研究領域 2「超寿命マテリアルの創出に向けた機構解明と技術革新」(さきがけ)

(1)研究領域選定の理由

本戦略目標は循環経済、経済安全保障、国土強靭化などの社会要請から、長い期間にわたり安全に使用可能であり、かつリユースや分解、リサイクル性、修復メンテナンス性を考慮した材料・デバイスが不可欠となっている背景から、多様な分野の研究や数理、計測技術、計算科学、情報科学などを融合し、材

料・デバイスの劣化・破壊の機構を解明、さらに高精度な寿命予測手法、加速試験手法を確立することで、従来の材料・デバイスの寿命を凌駕し、様々な社会課題の解決につなげる超寿命マテリアルの創出を目指している。

研究領域１は、金属やセラミックスなどの無機材料、有機・高分子材料、加えてそれらの複合材料や、これらの材料を用いた、電池（太陽電池、蓄電池等）半導体デバイス、センサー、機能性高分子など多様なデバイスの、超寿命マテリアルの創出、材料設計、材料・デバイスの寿命予測、劣化・破壊の機構解明、評価手法の確立を目的とした研究提案の対象としている。

本領域では、理論・モデル、計算・AI・シミュレーション、材料設計、材料創製、評価・解析などの様々な研究アプローチが想定され、幅広い分野から多くの研究提案が予想されるとともに、いずれも目的達成に重要であることから、階層性を考慮したチーム編成を組み、様々な研究分野との融合が望まれる。よって研究推進体制から複数分野の研究者からなるチーム編成が可能な CREST 事業を実施することは適切である。

研究領域2は、無機材料から有機材料、さらに構造材料からデバイスを含む機能材料まで幅広い材料・デバイスを対象とし、超寿命マテリアルの創出、材料設計、材料・デバイスの寿命予測、劣化・破壊の機構解明、評価手法の確立を目的とした研究提案の対象としている。

本領域では材料合成・設計・成型加工を専門とする研究者のみならず、理論・モデル・シミュレーションや評価・解析等で革新的な研究を推進している研究者の参画も大いに期待する。将来的に材料・デバイスの寿命の分野で世界を牽引する若手研究者の輩出を目指す。従来の延長線上にない従来の材料・デバイスの寿命を凌駕する超寿命マテルアルの創出を探求するためには、独創的かつ挑戦的な提案が望まれるため、さきがけ事業を実施することは適切である。また対象とする材料・デバイスが多岐に亘り、様々な研究アプローチを対象としていることから、多数の提案が見込まれる。

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。

(2)研究総括指定の理由

研究総括　乾　晴行

乾晴行氏は、構造材料研究の第一人者として、金属材料学における結晶塑性、格子欠陥、金属間化合物等の研究を長年にわたり牽引してきた研究者である。特にハイエントロピー合金や転位論の分野で国際的に高く評価されており、原子分解能電子顕微鏡を用いた転位や芯構造の原子スケール解析を基盤に、金属間化合物のナノ・メゾ構造を高度に制御することで、高延性・高強度 TiAl 合金の創製とジェットエンジン部材への実用化、超高温材料の新概念提案、めっき層設計思想の刷新など、材料科学の学術的発展と産業応用の双方に大きく貢献する革新的な成果を挙げてきた。これらの業績により、同氏はフンボルト賞や本多フロンティア賞をはじめとする多数の権威ある賞を受賞している。ハイエントロピー合金や超耐熱合金は本領域の事前調査の中でも注目度が高く、またこれら業績は本領域と密接に関係していることから、総括として適任である。

また過去には、新学術領域研究「ハイエントロピー合金:元素の多様性と不均一性に基づく新しい材料の学理」の領域代表者、日本金属学会の会長も務めており、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。

さらに同氏は済安全保障重要技術育成プログラム「耐熱超合金の高性能化・省レアメタル化に向けた技術開発及び革新的な製造技術開発」分科会委員も務められており、JST 事業への理解も深く、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 津﨑 兼彰

津﨑兼彰氏は、材料強度学および材料組織学を中心とした構造材料研究の第一人者として、鉄鋼における相変態、組織制御、水素脆化、疲労強度等に関する研究を牽引してきた研究者である。 鉄鋼材料の組織形成と特性制御に関する基礎研究で突出した成果を挙げるとともに、多くの高性能鉄鋼材料を世界に先駆けて開発し、従来の常識を覆す新しい現象や設計法を示した点が高く評価され 2014 年に本多フロンティア賞を、さらに 2024 年に日本鉄鋼協会西山賞(学会賞)を 受賞している。また、疲労耐久性を従来の約 10 倍に高めた新合金の開発と、それを用いた耐疲労制振ダンパーの実用化を通じて、建築物の耐震性向上に大きく貢献した成果により、2015 年に文部科学大臣表彰・科学技術賞(開発部門)を受賞している。これらの成果は疲労特性や耐久性を重視する本領域の目的と強く合致しており、総括として適任である。

また物質・材料研究機構(NIMS)の元素戦略センターのセンター長、および新構造材料センターのセンター長を務めており、若手をエンカレッジしながら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。

さらに、同氏はさきがけ「ナノ力学」の領域アドバイザーも務めており、さきがけ事業への理解も深く、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。

3－3. 戦略目標「デジタル時空間拡張」の下に設定する研究領域

1. 研究領域の概要及び研究総括の略歴等

研究領域 1「デジタル時空間拡張の実現に向けた技術革新と持続的価値共創」(CREST)

(1)研究領域の概要

本研究領域では、次世代計算科学と AI 等のデータ駆動科学、数理・生命・人間・社会科学および都市工学やロボティクスなど多様なドメインの専門知の融合により、仮想表現の時空間的拡張と仮想・現実間の探索・介入・相互フィードバックを通じて、デジタル時空間拡張の基盤を構築し、それを活用した価値共創やコミュニティを拡大する標準化や次世代育成も行うことで、その技術革新と持続的な価値創出を目指します。

近年、フィジカル AI や AI for Science 等の潮流の中で、現実世界をデジタル空間上で表現(仮想表現)し、物理空間との相互接続によって付加価値を提供する「デジタルツイン」の重要性が高まっています。一方で、仮想表現が扱おうとする現実世界は複雑かつ多様な空間・時間スケールを有しており、価値提供(意思決定の支援)に足るだけの忠実度や即応性は十分達成できていません。これらの課題に対して、本領域では AI・シミュレーション・数理科学、及び多様な対象ドメインの研究者が協働することで、現実世界のデータに基づくデジタル基盤技術の革新と、それを活用した価値創出サイクルの持続的進化を見据えた課題解決型の研究を推進します。

具体的には、(1)仮想表現の拡張と即応性の向上、(2)現実世界との相互作用と信頼性・有効性の向上、(3)データ・モデル・インターフェースの共通プラットフォーム構築に係る研究開発を推進します。

(2)研究総括

本村 陽一(もとむら よういち)　(産業技術総合研究所　人工知能研究センター　首席研究員)

研究領域 2「計算科学とデータ駆動科学の融合によるデジタル時空間拡張の基盤創出」(さきがけ)

(1)研究領域の概要

本研究領域では、次世代計算科学と AI 等のデータ駆動科学の融合により、現実世界の複雑な現象をデジタル空間上で効率的、かつ目的に応じて適切に表現可能にする仮想表現の時空間的拡張手法と、仮想から現実への探索・介入と相互のフィードバックによる自己最適化を実現する方法論や要素技術といった、デジタルツインの高度化に資する新たな学術的・技術的基盤の創出を目指します。

昨今のフィジカル AI や AI for Science、AI for Engineering の潮流の中で、デジタルツインに代表される「現実世界をデジタル空間上で表現(仮想表現)し、物理空間との相互接続によって様々な付加価値を提供する技術・システム」の重要性が高まっています。一方で、仮想表現が扱おうとする現実世界は複雑かつ多様な時空間スケールを有しており、価値提供(意思決定の支援)に足るだけの忠実度や即応性は未だ十分達成できていません。

本領域では、こうした課題を乗り越えるため、仮想表現の時空間的拡張と現実世界との双方向の相互作用を可能にする基盤的技術の確立に資する取り組みを推進します。具体的には、仮想表現の拡張と即応性の向上、現実世界との相互作用と信頼性の向上、データモデル・インターフェース等の共通化・標準化を見据えた基盤的要素技術の開発における挑戦的な研究を推進します。

(2)研究総括

河原（かわはら） 吉伸（よしのぶ） （大阪大学 大学院情報科学研究科 教授）

2. 研究領域選定及び研究総括指定の理由

研究領域 1 「デジタル時空間拡張の実現に向けた技術革新と持続的価値共創」(CREST)

研究領域 2 「計算科学とデータ駆動科学の融合によるデジタル時空間拡張の基盤創出」(さきがけ)

(1)研究領域選定の理由

本戦略目標は、現実世界が有する膨大な空間及び時間スケールやその複雑性を扱うための仮想表現の時空間的拡張や、仮想と物理間の相互作用を通じた意思決定支援に足るだけの忠実度や即応性の実現、さらにドメイン間の接続性と再利用性を高める共通基盤の底上げ等を通じて、現実世界を仮想空間上で表現し、物理空間との相互接続によって様々な付加価値を提供する「デジタルツイン」の高度化及び社会実装を目指すものである。

研究領域 1 は、次世代計算科学と AI 等のデータ駆動科学、および多様なドメインの専門知の融合に基づく、仮想表現の時空間的拡張と仮想・現実間の探索・介入・相互フィードバックを実現する技術革新と応用展開、それによるデジタル時空間拡張の基盤構築に資する研究提案を対象としている。シミュレーション・AI だけでなく、数理科学、制御、画像処理、HPC、対象ドメイン（ロボット、医療、都市開発、防災・減災、宇宙開発、海洋・地球科学、細胞生物学、材料科学等）といった様々な専門分野の研究者が、横断的かつ国際的な協調・共創により革新的な研究開発を推進することで、計算科学とデータ駆動科学の融合分野における新たな技術潮流と国際競争力の創出が想定されるため、CREST チーム型研究として設定することが適切である。また、本研究領域が関連する「デジタルツイン」や「AI for Science」、「フィジカル AI」などに関わる研究開発は、産業界・学術界ともにここ数年で世界的に関心が高まっており、優れた研究提案が多数見込まれるように設定されている。

研究領域 2 は、現実世界の複雑な現象をデジタル空間上で適切に表現可能にする新たな仮想表現方法や忠実度・即応性を向上させるための理論・手法、仮想から現実への探索・介入と相互のフィードバックによる自己最適化を実現する方法論や要素技術といった、デジタルツインの高度化に資する新たな学術的・技術的基盤の創出に資する研究提案を対象としている。さきがけでは、数理科学・計算科学・情報科学・データ科学等に基づくより原理的・基盤的な知見・成果の創出が見込まれるため、CREST 研究との連携や協働による相乗効果が期待できる。また、人材育成の観点を重視し、様々な学術分野の若手研究者が議論する場を設けることで、研究者ネットワークの構築やシミュレーション・AI と諸分野の融合促進を図る方針であることから、関連分野の若手研究者の自由な発想に基づく萌芽的・挑戦的な提案が多数見込

まれるように設定されている。

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。

(2)研究総括指定の理由

研究総括 本村 陽一

本村陽一氏は、確率モデル、統計的学習、ベイジアンネットワークを中心とした人工知能技術を専門としており、人間行動モデリング、サービス工学、社会的現象の確率的モデル化など、多様な実世界データを統合したシミュレーション・AI の融合技術に関する研究開発を長年牽引してきた、日本における実世界指向 AI・デジタルツイン研究の第一人者である。とりわけ、生活者やコミュニティの状態をデータから多面的に再構成する生活者デジタルツインや、確率的潜在構造モデリングを用いた行動・地域特性の分析など、デジタルツインの社会応用に直結する研究成果を多数発表しており、シミュレーションと AI の融合による行動理解・支援技術を統合した実証的な取組において、高い先見性と洞察力を有していることが認められる。加えて、産総研において 200 を超える企業と連携し、実社会ビッグデータの収集・整理から社会実装までを一貫して推進する「人工知能技術コンソーシアム(AITeC)」の会長や人工知能学会理事を務めるなど、学術界・産業界双方から高い信頼を得ており、公平な評価を行いうると認められる。

同氏は、産総研の確率モデリング研究チーム 研究チーム長、サービス工学研究センター 副研究センター長、人工知能研究センター 副研究センター長、などを歴任し、多数の大規模研究プロジェクトを率いてきた。また、NEDO 事業等において、人とロボットが協調して作業を行う産業用デジタルツイン技術の開発にも深く関与し、実証研究を通じて生産性向上や人の負担軽減を両立する成果を上げており、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。

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 河原 吉伸

河原吉伸氏は、非線形動力学、機械学習、動的システム、時系列解析、データ駆動科学などを専門とし、計算科学と知能情報学を横断する研究に長年取り組んできた、日本を代表するデータ駆動型計算科学研究の第一人者である。とりわけ、データから潜在的ダイナミクスを抽出し数理モデルと統合する作用素論的データ解析や、クープマン作用素に基づく予測・制御技術、非線形系の高精度モデリングなど、多様な実世界現象を計算論的に再構成するための先駆的な手法を創出している。2020 年には「複雑現象解析のための統計的機械学習に関する先駆的研究」における業績が認められ、令和 2 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰、若手科学者賞を受賞しており、デジタルツイン技術の基盤となる数理計算とデータ駆動推論を融合する研究領域において高い先見性と洞察力を有することが認められる。加えて、NeurIPS、ICLR、ICML、AISTATS、AAAI 等の主要国際会議においてエリアチェア・シニアエリアチェアを多数歴任(2023～2026 年)しており、国際的にも高い評価と信頼を得ており、公平な評価を行いうると認められる。

同氏は、理化学研究所 革新知能統合研究センターにおいて動的システム学習チームのチームディレ

クターを務め、実世界の複雑ダイナミクスを理解・予測・制御するための計算科学基盤の構築を主導している。また、数学、統計学、機械学習、物理学、生物モデリングなど、異分野の研究者を束ねた大規模な融合研究プロジェクトの代表者も務めており、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。

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「拡張五感と認知」の下に設定する研究領域

1. 研究領域の概要及び研究総括の略歴等

研究領域 1「感覚の理解と制御がつなぐ生体システム操作」(CREST)

(1)研究領域の概要

私たちの五感を含む「感覚」は、外界の情報を受容し、高次な行動や情動へと繋げる生体インターフェースです。しかし、感覚は単なる情報の入り口ではありません。それは、私たちの感情を動かし、健康状態を左右し、他者とのつながりを形作る「生体システムの根幹」です。近年の神経科学の目覚ましい進展にも関わらず、複雑な感覚入力がいかにして全身の生理状態や感情に影響を与え、さらに運動機能へと統合・変換されるのか、その動的な制御メカニズムは未だ多くの謎に包まれています。

本領域では、感覚を単なる受動的な情報入力としてではなく、「生体システムを操作するための能動的なレバー」と再定義します。最先端の計測技術、情報処理、および介入手法を融合させた感覚の基礎研究と、その知見を活かした感覚の認識・模倣・拡張・伝達・改善の技術開発の両面から感覚研究を推進します。五感をはじめとする体性感覚、固有受容覚、平衡感覚、時間感覚を含む幅広い感覚を対象に、生命科学による「感覚機能メカニズムの解明」と、次世代感覚ユーザーインターフェース、仮想現実(VR)、ロボティクスなどの工学・情報科学による「感覚の制御と拡張」を統合し、さらに人間工学や人文・社会科学の視点を取り入れた異分野融合研究を進めることで、感覚という窓を通じて生体システムを最適化する新たな学術体系の確立を企図します。これにより、人間とテクノロジーが高度に調和する未来社会の基盤を構築し、「感覚の変容がいかにして人の生活の質を向上させ、持続的な幸福(ウェルビーイング)に寄与するか」を科学的に明らかにし、一人ひとりが能力を発揮して社会における活躍(フラーリッシュ)をもたらす「人間中心の生体操作学」の創出を目指します。

(2)研究総括

古川(ふるかわ) 貴久(たかひさ)（大阪大学 蛋白質研究所 教授／副所長）

研究領域 2「外界刺激の感知機構の理解と革新的技術創出」(さきがけ)

(1)研究領域の概要

本研究領域では、生物が生体外の刺激を感知し、必要に応じて生存のための適切な対応をとるために必須の機能である感覚機能のメカニズムを理解し、その機能を模倣・拡張・伝達する基盤技術の確立を目指します。

ヒトは、五感をはじめ温度や侵害刺激から磁気に至るまで、さまざまな外界刺激を感知し、その刺激情報を統合して外界刺激に適応して生きています。つまり、私たち人間は、刺激の感知なしで生存することはできません。しかし、感知メカニズムには不明の点が多く、加えて、痛覚・味覚・嗅覚のように客観的に

評価する指標が乏しい感覚があります。客観的に感覚刺激を伝達する情報インターフェース等が開発され、感覚模倣デバイスのロボット応用等が進んでいる感覚もいくつかありますが、多くの感覚、特に、痛みやかゆみ、味や匂い、温度等の感覚は刺激感知の分子メカニズム解明が進んでおらず、応用研究への展開も遅れています。これらのことから、さまざまな外界刺激の感知メカニズムの基礎研究を推進し、その基礎研究を基にした技術の実用化に研究を広げることが求められています。本研究領域の推進は生物学研究と物理工学研究の融合によって初めて成し遂げられるものであり、数理科学や計算科学といった多様なアプローチも取り入れながら、感覚の本質を追究することによって、「人間らしさとは何か」という問いにも答えを出していけるものと考えています。

⑵研究総括

富永 真琴（名古屋市立大学 なごや先端研究開発センター　特任教授）

2. 研究領域選定及び研究総括指定の理由

研究領域 1 「感覚の理解と制御がつなぐ生体システム操作」(CREST)

研究領域 2 「外界刺激の感知機構の理解と革新的技術創出」(さきがけ)

⑴研究領域選定の理由

本戦略目標は、「感覚を拡張し、人の生活を豊かにする」技術開発の深化を目指し、感覚に関する基礎研究を進め、「人間らしい」感覚模倣・拡張システムなどの基盤技術開発を目的とする。そのために、分野融合研究を推進し、感覚における基礎研究力の底上げ、感覚の認識・模倣・拡張・伝達に関わる基盤技術の創造を目指す。

研究領域1では、五感に限らず体性感覚、固有受容覚、平衡感覚、時間感覚まで含むあらゆる外界を認識する感覚を対象に、分子・細胞レベルから個体差、多個体間の感覚共有まで幅広く感覚の未踏領域の解明を目指す。同時に「一人ひとりが能力を発揮し社会の中で活躍することで、生活を豊かにし、持続的な幸福を増す」基盤技術の創出を目的とし、次世代感覚ユーザーインターフェースや感覚フィードバックデバイス、感覚を認識するロボティクスの開発などの感覚情報の模倣・拡張やシェアリング技術の実用化に向けた基盤研究を推進する。最先端の計測技術、情報処理、および介入手法を融合させることで、感覚受容から生理的応答、行動変容に至る一連の循環的プロセスを解明し、自在に制御することを目標とする。さらに人間工学や人文・社会科学の視点を取り入れ、感覚を軸とした生体システムを最適化する新たな学術体系の確立を目指す設計は領域目標に合致し、適切である。加えて、基礎研究と基盤技術研究の両立を図るため、異分野融合チームを基本としつつ、単独提案も受け入れ、感覚モダリティや研究ステージの違いを考慮する設計となっており、多様で優れた研究提案が多数見込まれる。

研究領域2では、生体内の感知機構の解明と、感覚の客観的な評価指標の開発を目指す。そこでは分子レベルの刺激感知機構、末梢感覚系の情報処理や符号化原理、力学構造解析、「おいしさ」や触覚感度の数値化など、感覚の基礎研究から評価技術の確立を対象とする。またその感知機構の知見を基に、「人間らしい」感覚創出のための基盤技術開発として、臨場感・没入感のあるハプティクス、個体差を識別

して触覚の質的情報と量的情報に応じた運動を可能にするロボット、音や光の刺激でにおいや味を再現する感覚変換技術、微細触覚提示ユーザーインターフェースなどを想定している。こうした感覚の基礎研究または基盤技術研究において従来の研究手法にとらわれない独創的な、優れた研究提案が多数見込まれる設計となっている。また同一戦略目標下の CREST との密な連携が期待できることからも、CREST、さきがけ領域を設定することは、戦略目標達成に向けて相補的かつ相乗的な効果が期待できる。

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。

(2)研究総括指定の理由

研究総括 古川 貴久

古川貴久氏は、脊椎動物の中枢神経発生の分子メカニズム研究を専門とし、視覚系の網膜を主なモデルシステムとして、網膜の発生、分化、機能発現に至る主要部分を分子レベルで解明してきた、神経発生・視覚研究において日本を代表する研究者の一人である。様々な遺伝子改変マウスを駆使し、さらにアフリカツメガエル、ゼブラフィッシュなど多様なモデル生物も用いた研究手法で、遺伝子・たんぱく質といった分子から回路・生体機能レベルで統合的に神経発生メカニズムと生体機能発現およびその障害によるヒト疾患の関連を解明し、数々のヒト視覚疾患の原因遺伝子の同定と病態メカニズムの解明を行い、網膜変性疾患の治療戦略にも道を拓いてきた。さらに、近年はシングルセル解析や数理解析を導入し、中枢神経発生メカニズムの原理に迫っている。その業績は大阪科学賞(2012 年)、大阪大学総長顕彰(2013 年)、文部科学大臣表彰・科学技術賞(2015 年)他、数々の賞により高く評価、顕彰されている。

感覚研究コンソーシアムの評議会委員を長く務めており、神経科学の面から視覚研究に留まらず広く感覚研究に造詣が深く、多くの感覚研究者から厚い信任を受けている。また公平な評価と的確な指導で人材育成についても定評があり、指導を受けた若手研究者の学会賞・奨励賞受賞が継続的に報告されており、多くの優秀な研究者を輩出している。また幾つもの学会で役員・委員を務め、現在も大阪大学蛋白質研究所 副所長として組織を束ねる実績を有し、強いリーダーシップを持って領域運営を行う能力が高いと言える。

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 富永 真琴

富永真琴氏は、2021 年にノーベル生理学医学賞授与の対象となった、唐辛子の辛味成分(カプサイシン)が作用するTRPV1チャネルが、痛みを伴う高温刺激でも活性化する侵害刺激および温度の受容体であることの解明を中心に、温度刺激に対するマウスの行動反応を精密に測定する装置の開発に成功するなど、痛覚・温度受容体研究における第一人者である。

また、同氏は 2011 年に辛み受容に関する分子メカニズムの解明により安藤百福賞を、2019 年に TRP チャネルを介した化学感覚の分子メカニズムの解明により The 3rd Kunio Yamazaki Distinguished Lectureship Awards(Monell Chemical Senses Center)を受賞するなど、研究業績が高く評価されている。また、日本生理学会および日本疼痛学会においては理事を、感覚研究コンソーシアムでは発足当時より評

議会委員を務め、研究領域代表を務めた新学術領域研究では高い評価を得ており、幅広い関連分野の研究者から厚い信頼を集めていることから、適切な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。ソルト・サイエンス研究財団の運営審議委員会委員や JST においてはさきがけ「生体多感覚システム」領域の領域アドバイザーの経験を有しており、公平な評価や若手研究者の育成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。

3－5. 戦略目標「生体環境インタラクション～生物とエクスポソームの相互作用の解明～」の下に設定する研究領域

1. 研究領域の概要及び研究総括の略歴等

研究領域:複雑な環境曝露が生物の今と未来を作る分子機構(さきがけ)

(1)研究領域の概要

本研究領域は、分子から生態系に及ぶ多階層において、生物と環境の複雑かつ多様な相互作用、環境曝露の生体記憶、さらには世代を超える影響についてのメカニズム解明を進めることにより、最終的にはヒトの健康と環境に資する基盤技術の創出を目的とします。

生物が生涯を通じて曝露される環境因子は多種多様であり、また、ヒトを含めた生物は環境と相互作用し互いに変化を続けています。ゲノム情報のみでは解明できない現象があると同時に、環境因子の一部については生涯にわたり記憶されたり、世代を超える影響を及ぼす場合もあることが明らかになっています。そのような中、生物がライフコースを通じて曝露されるものを全て含む概念であるエクスポソームは、生命科学分野の挑戦的な課題として注目を集めてきました。加えて、生物が生存活動により環境に影響をもたらし、その結果、環境から生物への影響がどのように変化するのかについても理解を深める必要があります。

こうした背景のもと、生命科学の基盤と AI を含む計測技術・情報処理やモデリング等手法の進展に基づき、研究資源(コホート、各種データベース、試料バンク、計算資源等)の蓄積を活かし、従来困難であった、複雑な環境因子群の生体影響や相互作用を読み解くことができる、新しいエクスポソーム研究の時がきました。本研究領域では、領域の規模や期間と発展性をふまえて、曝露・生体応答に関する測定技術の開発、複合曝露や曝露タイミングの意義の解明、生体における曝露記憶および世代継承メカニズムの解明、さらにはモデル構築による健康維持・疾患予防などに、従来にない新たな着眼から挑戦する研究を支援対象とします。

(2)研究総括

牛島(うしじま) 俊和(としかず) (星薬科大学 学長)

2. 研究領域選定及び研究総括指定の理由

研究領域 「複雑な環境曝露が生物の今と未来を作る分子機構」(さきがけ)

(1)研究領域選定の理由

本戦略目標は、生物とエクスポソーム(※)との相互作用を多階層で解明し、世代を超えた健康影響や生物の適応、生物活動による生態系影響に関する知見の創出を目指し、さらにはこれらの知見を基に健康・生態系保全・食料供給等に資する介入・制御に関する検討を目的とするものである。(※生物がライフコースを通じて曝露されるものを全て含む概念。本戦略目標においてエクスポソームは、化学物質、栄養、

気候変動、生活環境などを含むことが想定されている。）

当該研究領域は、生物と環境の分子・細胞・個体・生態系の多階層での複雑な相互作用と世代を超える生物影響・適応についてのメカニズム解明に、従来にない新たな着眼から挑戦する研究提案を対象としており、生命科学・環境科学の両面に加えデータ・研究試料など研究資源においても我が国の強みを活かしながら国際的に新規性のある発想を提案し得るように設定されている。学際的アプローチも有効であると考えられ、幅広い研究者層から近年進展が著しい国内外動向を受けて優れた提案が多数見込まれ、領域内外との連携も可能となるように領域設計を行っている。

以上のことから、当該研究領域は、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　牛島 俊和

牛島俊和氏は、発がんの分子機構とリスク予測およびこれらに関するエピジェネティクス研究において優れた研究実績があり、国際的に幅広い研究者層から認知されている。環境因子による生体応答およびそれにより引き起こされるエピジェネティク記憶さらに世代を超える分子メカニズム応答への深い知見は生物とエクスポソームの相互作用の理解と介入・制御に不可欠であり、本研究領域に関する先見性と洞察力を有していると評価できる。

また、日本癌学会の理事等に加え国際的な研究アドバイザー活動にも長年の実績を有し、的確な深掘りによる助言や指導に研究コミュニティから定評がある。

加えて、CREST「エピゲノム」領域の研究副総括、さきがけ「エピジェネティクス」領域アドバイザー、AMED 事業における PO 経験などを多数有し、適切な研究マネジメントと公平な評価を行いうると認められる。

以上より、同氏は当該研究領域の研究総括として適任であると判断される。

3－6. 戦略目標「持続可能社会につなげる超寿命マテリアルの創出」、「非連続な技術革新を目指す量子マテリアル研究」、「ゆらぎの制御・活用による革新的マテリアルの創出」、「選択の物質科学～持続可能な発展型社会に貢献する新学理の構築～」の下に設定する研究領域

1. 研究領域の概要及び研究総括の略歴等

研究領域　「GX 実現に資するフロンティアマテリアル」(ACT-X)

(1)研究領域の概要

本研究領域は、グリーントランスフォーメーション(GX)の実現に向け、エネルギー高効率利用・物質変換のためのフロンティアマテリアルの創出を目的とします。マテリアルの性能・機能の限界に挑むサイエンス・技術のフロンティアや、新たな価値の創造に繋がるマテリアルの創成は、次世代エネルギー利用、高効率エネルギープロセス、資源循環型システムなどの実現において必要不可欠です。本領域では、既存の枠にとらわれない革新的なアイデアや手法で、材料・プロセス・デバイス研究に挑戦する若手研究者の連携・融合を促進し、従来は到達困難、あるいは実現不可能とみなされてきた課題に挑み、不可能を可能へ転換する挑戦的研究を推進します。

材料創成だけでなく、材料設計、計測や評価手法開発、原理解明を含む多様な研究を含み、最終的にGX の実現に資するフロンティアマテリアル 研究を推進します。具体的には、次世代半導体、量子マテリアル、新原理コンピューティング用マテリアル、ソフトマテリアル、極限環境マテリアル、イオニクスなどを対象とし、AI、マテリアルズインフォマティクス、計算科学などの先端的な手法も活用しながら、熱輸送・熱輻射制御・外場制御・反応速度促進などの機能性設計も含め、多様なアプローチの研究を進めます。領域内において基礎・基盤研究と社会実装を見据えた研究の相互連携・融合を図ります。

研究推進にあたっては、異分野の若手研究者同士が交流・触発する場を設け、未来に貢献する先端研究を推進する人材の育成と、将来の連携につながる研究者ネットワークの構築を重視します。

(2)研究総括

内田（うちだ） 健一（けんいち）(物質・材料研究機構 磁性・スピントロニクス材料研究センター　上席グループリーダー／東京大学 大学院新領域創成科学研究科　教授)

2. 研究領域選定及び研究総括指定の理由

研究領域　「GX 実現に資するフロンティアマテリアル」(ACT-X)

(1)研究領域選定の理由

「統合イノベーション戦略 2025」や「マテリアル革新力強化戦略」でも述べられているように、マテリアル分野の研究開発は我が国の科学技術・産業競争力の基盤であり、GX(グリーントランスフォーメーション)の実現や持続的な価値創出、さらに人材育成の観点からも重要な研究分野である。特に、エネルギー高効率利用・物質変換に関連するフロンティアマテリアルの創出は、新たな材料科学分野の革新・創成につ

ながる挑戦的課題として注目され、国家戦略上の重点分野として位置付けられている。

エネルギー高効率利用・物質変換に関連するマテリアルは、材料設計、材料創成、原理解明、計測、評価といった多様な研究プロセスの高度化とともに、相互に関係しながら発展してきたが、既存の材料体系や手法の延長では到達が困難な課題も存在している。そのため、従来の分野区分やアプローチにとらわれない新たな発想に基づき、材料概念、評価手法、機能発現に挑戦する研究の重要性が高まっている。

本研究領域は、このような背景を踏まえ、GX の実現を将来的な出口として見据えつつも、特定の技術分野や応用に限定されない、エネルギー高効率利用・物質変換のためのフロンティアマテリアル創出に関する基礎・基盤研究を推進することを目的として設定するものである。若手研究者が、既存の枠組みにとらわれない独創的・挑戦的な発想に基づき、材料・プロセス・デバイスに関わる研究に取り組むことで、革新的な研究成果の創出が期待される。

フロンティアマテリアルの創出は、戦略目標「持続可能社会につなげる超寿命マテリアルの創出」、「非連続な技術革新を目指す量子マテリアル研究」、「ゆらぎの制御・活用による革新的マテリアルの創出」、および「選択の物質科学～持続可能な発展型社会に貢献する新学理の構築～」の達成の基盤である。また、幅広い専門分野から多様な若手研究者が集い、相互に交流・触発する場を形成することで、異なるバックグラウンドに基づく研究の重要性を理解し、それを自身の研究へと還元する機会を提供する。これにより、多様な分野で活躍できる研究者を育成するものであり、人材育成の観点からも意義が高く、ACT-X 事業の趣旨に合致している。

以上のことから、本研究領域は複数の戦略目標達成に向けて、従来の専門分野やアプローチにとらわれない研究を推進する多様な若手研究者からの独創的・挑戦的な研究提案が多数見込まれると判断でき、ACT-X の研究領域とし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　内田 健一

内田健一氏は、スピンカロリトロニクス分野を先頭に立って開拓してきた研究者である。特に、熱・電荷・電子スピン(磁性)の相互作用に注目する研究を通じて、熱エネルギーの変換・制御に関わる新機能材料の創製や物理現象の理解深化に貢献しており、当該分野における第一線の研究者として、世界的な研究者コミュニティから多くの尊敬を集めている。これまでの顕著な研究業績により、同氏は文部科学大臣表彰若手科学者賞(科学技術分野)、日本学術振興会賞など、主要な表彰を受けているほか、関連分野における学会賞等を含め多数の表彰を受賞している。

同氏は、2016 年に NIMS のグループリーダーに抜てきされ、着任と同時に新設された独立研究室を主宰し、翌年 2017 年には当時 31 歳という異例の若さで CREST に研究代表者として採択された。さらに 36 歳にして ERATO に研究総括として採択され、大型研究プロジェクトを主導し、研究チームを運営してきた豊富な実績を有している。これらの経験を通じて、異分野研究者を含む研究体制の構築や、研究の進捗管理、成果創出に向けた戦略的な研究推進を行ってきており、適切な研究マネジメントを行う能力を有していると認められる。

また、端国際共同研究推進事業(ASPIRE)マテリアル分野アドバイザー、創発運営委員等を務めるなど、研究推進および評価の両面に関する経験も有しており、公平性と専門性を兼ね備えた評価を行いうると認められる。

さらに、国際的にも Spin Caloritronics XII 国際会議の Chair を務め、Conference on Magnetism and Magnetic Materials ではアドバイザリー委員を務めるとともに、学術誌「Science and Technology of Advanced Materials(STAM)」運営委員会にも参加しており、国際的研究動向の形成と発展に中心的な役割を果たしている。

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

令和８年度戦略目標一覧

タイトル	達成目標	設定年度
基礎量子科学技術研究がドライブする量子未踏領域の開拓	本戦略目標では、近年学理探求が可能となりつつある基礎量子科学技術の深化を礎とした研究推進により、量子技術が社会に深く取り込まれた未来社会と現時点との隔たりを埋めるとともに新たな量子技術や社会像の創成に資する量子未踏領域の開拓を目指す。具体的には、以下の達成を目指す。 (1)量子通信・制御にかかる革新的技術の創出 分散量子コンピュータや量子インターネットの確立を目指し、量子メモリ、ネットワークプロトコル、量子中継、スケーラブルなハードウェアなどの量子通信、制御に関わる研究を推進する。 (2)古典物理限界を超える量子計測・イメージング技術の開拓 量子干渉・量子もつれなどの量子現象を活用して、従来の物理限界を超える高感度・高分解能計測イメージングを可能にする研究を推進する。 (3)量子生命科学領域の創成による生命現象における量子性の理解 生命現象における量子効果(量子トンネル効果、量子もつれ、量子コヒーレンスなど)との関わりを解明、応用する研究を推進し、新たな学理構築を目指す。 本戦略目標では、量子未踏領域の開拓という目標達成に向けて研究を推進する。未踏な学術領域を切り拓くためには、研究の意義を示す「学理」の部分と、その実現方法を示す「方法論」が明確である必要がある。上記の(1)と(2)は、「学理」の部分(「なぜ量子で通信ができるのか」等)が明確に位置づけられている。一方、それを実現する「方法論」が課題である(方法革新型研究)。また、(3)では「学理」に対応する具体的課題(「生命現象に量子性はどのように関わっているのか」等)を、研究推進のプロセスを通じて解明することを目指している(学理深化型研究)。したがって、本戦略目標では「学理」と「方法論」を追求する基礎研究推進が重要であると捉え、その解明に必要な基礎量子科学を中心に研究を進める。以下に、本戦略目標策定時点で特に重要と考えられた基礎量子科学の 3 つの研究テーマを示す。ただし、これらはあくまで当初設定の例であり、研究の進展に伴い新たに発見されるテーマについても、柔軟に取り入れながら研究領域を拡張していく。 ①量子インターコネクト 異種量子系間の相互作用・雑音起源など、基礎物理の未解明課題を解決し、その活用範囲を広げることは量子未踏領域の開拓範囲を広げる事にも相当すると考えられる。 ②量子非平衡・開放系 環境との相互作用により生じる非平衡・開放系の物理的原理を解明し、その制御手法を確立することで、量子技術の適用可能性を大きく拡張できる可能性がある。 ③新奇量子もつれ 新奇量子もつれとは、その一例として、複数の量子系が関与するマルチパータイト量子もつれなど、従来の二体もつれでは記述できない新しい形態の量子もつれを指す。このような多体系における新奇量子もつれの構造や生成メカニズムを解明することで、量子技術の基盤が拡張される。これにより、量子通信や量子計算における安定性・制御性の課題克服につながる可能性がある。	2026 年度

持続可能社会につなげる超寿命マテリアルの創出	本戦略目標では、様々な社会課題の解決につなげる超寿命マテリアル・デバイスの創出を目指す。そのうえでは劣化・破壊のメカニズムを本質的に理解することや複雑な環境下における劣化・破壊の評価手法や高精度な予測手法などが必要となる。具体的には以下の達成を目指す。 (1) 超寿命マテリアルの創出 従来研究の延長線を超えた新たな設計指針に基づく材料・デバイス、加えて周囲の環境を利用して自己修復・自己成長する材料・デバイスなど、既存の寿命の概念を変革する革新的な材料・デバイスの創出を目指す。創出のうえでは下述の項目を踏まえること。 (2) 劣化・破壊の本質的な機構を解明 材料・デバイスにおける内部及び界面の劣化・破壊の過程、反応など、劣化・破壊の本質的な機構を原子スケールからデバイススケールまでマルチスケールに解明する。これにより、劣化・破壊のメカニズムの理解を飛躍的に進展させ、超寿命化に向けた強固な学理を構築する。マルチスケール、マルチフィジックス、オペランド計測技術や計算科学、情報科学などを活用することが想定される。 (3) 複合要因、複雑・極限環境の影響を解明 材料・デバイスが劣化・破壊する際には複合的な要因が作用する。(2)で確立した学理を拡張し、実際の使用環境における材料の劣化・破壊現象を解明する。具体的には物理的要因(温度、荷重、など)や化学的要因(酸化還元、分解、水素など)、生物学的要因(酵素界面反応など)が複合的に影響しあう環境における劣化・破壊現象を解明する。さらに、原子力、フュージョンや宇宙、生体などの極限環境における劣化・破壊現象も重要な課題である。これらのためには評価手法の確立や仮想空間の構築も必要である。 (4) 高精度寿命予測、加速試験法の確立 上述(2)、(3)により解明した劣化・破壊の機構や複合的要因による劣化・破壊現象に基づく数理モデル構築に加え、情報科学を活用することにより、高精度な寿命予測手法を確立する。さらに、実際の寿命を高精度に再現する加速試験手法の開発も重要である。これらの手法を確立することで、材料・デバイスの信頼性を担保し、社会実装を加速させる基盤を構築する。 (5) 予防・修復・再生の材料設計原理の確立 劣化・破壊を予防し、必要に応じて自己修復や自己成長といった自律的な機能を付与する設計原理を確立する。上述の(2)～(4)の成果を積極的に活用することで、成果創出を加速することが重要である。	2026 年度
デジタル時空間拡張	本戦略目標では、目的・用途別のデジタルツインの社会実装の加速に向けて、これに必要となる仮想表現の拡張と即応性の向上、現実世界への接続と信頼性の向上を目指すとともに、これらの研究開発を通じてドメイン間の接続性と再利用性を高める共通基盤の底上げを目指す。具体的には、以下(1)～(3)の達成を目指す。 (1)仮想表現の拡張と即応性の向上 ・ 細胞から生体、原子から材料、陸域から海域、住環境から地球環境といったミクロからマクロを横断する空間階層の連続的な接続・統合による空間スケールの拡張 ・ 過去から未来を含んだ長期的変化の推定による時間スケールの拡張 ・ 意味的互換性を確保した上での多様なモデルの組み合わせによる現実の記述 ・ 膨大な計算の効率化・高速化を通じたリアルタイム・ニアリアルタイムでの表現 等を実現する。	2026 年度

	空間スケールや時間スケールの拡張には、用途やスケールに応じた異種のデータやモデル同士の統合に向けた、異なる忠実度のデータやモデルの複数のサブシステムに渡る使用、異なる仮定の調整、複数のソースから得られるマルチモーダルデータを同期させる手法が必要となる。また、多様なモデルの組み合わせには、シミュレーションに係るデータ駆動的手法(十分なデータが存在し、意思決定への支援が主として内挿的領域に収まる場合等)と力学モデル的手法(データが乏しく、外挿的領域で予測を行う必要がある場合等)を、双方の利点が失われないように組み合わせる手法(物理と AI のハイブリッドモデリング)が重要となる。加えて、膨大な計算の効率化・高速化には、複雑なシミュレーションを簡略化し、計算時間を短縮する手法(サロゲートモデリング等)が必要となる。これらの手法や技術を獲得する上で、現実世界をデジタル空間にどのように表現するかといった対象表現の手法自体の革新がもたらされることも期待される。 (2)現実世界との相互作用と信頼性の向上 ・ 物理空間と仮想空間における相互のフィードバック ・ 現実への介入や探索によるデジタルツインの自己最適化 ・ 透明性の確保やリスク判定を通じたデジタルツインの社会受容 等を実現する。 仮想と物理の相互作用を実現するにあたり、特に、人手介入や高頻度計測が困難な極端環境(エッジコンピューティング条件下、宇宙・海洋、原子力施設、複合災害環境、生体内や微細環境等)や、明確な支配方程式やルールで記述できない不確実性・非定常性・人間要因が混在する現実世界との接続には多くの課題が存在する。物理から仮想へのフィードバックでは、意思決定に活用可能な時間スケールでの較正・更新に対応する逆問題手法やデータ同化に基礎的ギャップがあり、シミュレーションで学習・訓練したモデルの現実世界への適用(Sim2Real 転移)に必要なシミュレーションデータ量や収集頻度の判断に加え、解像度やサンプル不足を考慮したデータ取得及び予測・出力手法の最適化が求められる。仮想から物理へのフィードバックでは、予測結果やその不確実性に基づき、限られた計測手段や時間の下での観測対象・観測頻度の最適化が必要となる。これら双方向の伝達が適切に循環し、自己最適化に至るためには、特に、仮想から物理への指示が真に情報量や推定精度の向上に寄与したかを評価する学習ループの構築が重要となる。加えて、デジタルツインの社会受容に向けては、デジタルツインを構成する複数の動的システムのリスクを横断的に集約して不確実性を定量化する手法や、無意味な外れ値を無視しつつ重要な稀な事象を正確に表現する損失関数や性能指標、デジタルツイン自体を財産と見なしたセキュリティ対策等も必要となる。 (3)データモデルやインターフェース等の共通化 (1)及び(2)に掲げる要素は、様々な利用環境(ドメイン)におけるデジタルツインの社会実装に向けた研究開発の過程で取り組まれることを想定した共通基盤的な目標である。これらの共通基盤的目標への取組にあたっては、ドメインごとの縦割りでの開発にとどまらず、データの様式や時間・空間表現を含むデータモデルやインターフェース・プロトコルの共通規格化を通じたツール群やモジュール群の共有化を進めることで、ドメイン間の接続や将来的な社会需要や技術進展に応じた機能拡張に柔軟に対応可能な基盤を構築する。これにより、多様なドメインにおける研究開発および社会実装を我が国全体として加速し、新規参入の促進や国際的なデファクトスタンダードをはじめ、多様な形態での標準の形成につなげることを目指す。	
拡張五感と	本戦略目標では、感覚を認識・模倣・拡張する革新的技術を創出し、「感覚を拡張し、人の体験を豊かにする」	2026 年度

認知	ことの深化を目指す。具体的には、以下の達成を目指す。 (1)感覚の生体内メカニズム解明 感覚領域における、未解明な分子メカニズム、感覚刺激の個体への影響等 (2)次世代 UI・デバイス等技術の実用化に向けた応用研究 感覚情報の模倣・拡張やシェアリングのための次世代 UI・デバイス開発等 (3)「人間らしい」感覚創出のための基盤技術開発 感覚フィードバックデバイスや感覚を認識するロボティクス等の開発	
生体環境インタラクション～生物とエクスポソームの相互作用の解明～	本戦略目標では、多様なエクスポソームと生物との相互作用およびそのメカニズムを、分子レベルから個体・種、さらには生態系レベルまで統合的に解明することを目指す。具体的には、以下の達成を目指す。 (1)エクスポソームを測定・可視化する技術の開発 環境中のナノスケール粒子や化学物質等が、生体内に取り込まれ、作用し、蓄積・代謝・排泄され、さらには世代を超えて残存・影響する過程を分子レベルで精緻に計測・モニタリングする技術を開発する。 (2)生物により環境にもたらされる変化が生態系に与える影響の解明 生物が環境中に放出する物質や、ヒトの産業活動や生活様式の変化による新規汚染物質等、ヒトを含む生物により環境にもたらされる変化が、生態系の構造や機能にどのような影響を及ぼすかを解明する。 (3)生物のライフコースにおけるエクスポソームの影響の解明 エクスポソームが生物の個体、組織、細胞、分子ネットワークにどのような変化をもたらし、生物がどのように適応するのか、またそれらがどのように世代を超えた影響をもたらすのか、そのメカニズムを解明する。ヒトパンゲノムの公表に象徴されるように、ゲノム解析は急速に進展している一方、環境因子がエピゲノム等を介して世代を超えた表現型多様性を生み出す仕組みは未解明の部分が大きい。 (4)健康リスク因子の同定と制御 バイオバンク等を活用したマルチオミックス解析等による、健康リスクに関連する遺伝的要因・環境要因の同定や、iPS 細胞・オルガノイド、モデル生物等を用いた基礎研究、AI を用いた構造推定やシミュレーションを組み合わせ、生体への影響の大きさや因果関係を検証し、真に介入が必要な因子を特定し、さらには制御する技術を開発する。	2026 年度

令和７年度戦略目標一覧

タイトル	達成目標	設定年度
非連続な技術革新を目指す量子マテリアル研究	本戦略目標では、量子マテリアル研究を通じて広範な社会課題の解決につながるイノベーションへの貢献に向け、以下の研究目標の達成を目指す。 (1)量子マテリアルの量子状態発現・制御 新奇な量子力学的機能を発現するために、①対称性、②量子幾何学、③多体相関に起源を有する量子状態の制御を目指した研究を推進する。ただし、これらは本戦略目標策定時の課題設定例であり、研究進捗に伴って発見される新たな現象についても柔軟に取り入れる。 (2)量子マテリアルの高性能化 現行の量子マテリアルを用いた量子機能をさらに高性能化するために、最適な環境を構築するための材料研究開発や、量子マテリアル特有の機能を活用した高性能な量子デバイス・半導体デバイスの実現に寄与する材料の研究を推進する。加えて、現行の量子マテリアルを用いた量子機能をさらに高性能化する。 (3)量子マテリアルの計測・分析 量子マテリアル研究を活性化するために、時間、空間、温度等が制限された環境下で発現する量子現象をとらえる計測・分析技術の開発を推進する。	2025 年度
ゆらぎの制御・活用による革新的マテリアルの創出	本戦略目標では、計測技術や計算科学など、ゆらぎを捉える技術が発展する中で、機能・特性発現において重要な因子の一つである材料中のゆらぎを理解し、ゆらぎの材料科学的な学理構築につなげるとともに、材料設計指針を進化させ、革新的なマテリアルの創出を目指す。具体的には、以下の達成を目指す。 (1)ゆらぎを制御・活用した革新的機能・特性を有する材料とデバイスの創出 ゆらぎの材料科学的な学理を構築し、ゆらぎを制御・活用した材料の設計指針の確立を目指す。また、従来の材料開発の既成概念を超えた革新的機能・特性を有する材料とデバイスの創出を目指す。これを達成する上では、後述の(2)(3)(4)の活用も必要である。 (2)先進計測や計算機シミュレーション等の高度化 材料に内在するゆらぎを捉え理解するための、様々な環境下でのその場観察や動作中のデバイスでのオペランド計測技術の更なる発展を目指す。また、ゆらぎが材料に及ぼす影響を正確に捉えるための、原子・分子から実材料スケールまでのマルチスケールでの計測技術に加え、マルチモーダル計測技術の発展を目指す。加えて、計算機シミュレーションにおいて、第一原理計算や大規模分子動力学計算など、計算科学の手法にゆらぎを導入するための技術開発を目指す。 (3)高度プロセス技術の確立 ゆらぎを制御・活用し、材料設計をするための、先端計測や計算機シミュレーションから予測された機能・特性を再現するプロセス技術の開発、ゆらぎを導入するプロセス技術の開発(先進計測や計算シミュレーションとの融合も含む)を目指す。 (4)データ科学・計算科学におけるゆらぎの概念の導入とモデル化 材料開発の進化に向けてゆらぎを特徴量として導入したデータ駆動型研究を確立するため、材料・デバイス中	2025 年度

	におけるゆらぎを特徴量として導入したデータ蓄積、数理科学との融合等によるゆらぎのモデリング技術の確立や機械学習モデルの構築を目指す。	

令和6年度戦略目標一覧

タイトル	達成目標	設定年度
選択の物質科学～持続可能な発展型社会に貢献する新学理の構築～	本戦略目標では、材料・プロセス性能だけでない新たな価値基準のもと、持続可能な発展型社会に資する複雑・混合系からのモノづくり・物質循環を実現するため、これらの基盤となる「選択」と「多機能制御」を追求する物質科学の確立を目指す。具体的には、マテリアル創製、循環・プロセス技術、システム設計・評価の各項目について以下の達成を目指す。 (1)資源制約・環境規制から脱却した高機能マテリアルの創出 発展的持続可能性の前提条件の下、元素戦略的な観点から資源制約がなく、低環境負荷かつ高機能なマテリアルを創出する。例えば、複雑系材料のリソーシング・アップグレード、不純物を含む再生材の理解・制御による高機能材料の創製、選択的反応・構造制御による未踏多機能性物質の創製、多元素・複雑系材料による圧倒的な機能創出、非平衡性の制御による高機能材料や準安定物質の選択合成、易分解性材料の創出、可逆的接合界面の設計、超長寿命材料の創製、生分解性マテリアルの高機能化などが挙げられる。また、計算科学・情報科学(機械学習、AI、シミュレーション等)、先進実験手法(その場計測、ロボット等による自動化)を積極的に活用し、効率的な研究開発を推進する。 (2)超高エネルギー効率/資源効率を達成する循環・プロセス技術の創出 実環境にあるような複雑・混合系の学術的理解を深めるとともに、循環プロセスの高度化、高選択性かつ多機能性を持つ新規マテリアル創製・変換・分離・回収法の開発を進め、生成・処理量と選択性のトレードオフに見られるような従来困難であった「相反する特性の両立」を実現する。これにより、省エネルギー・高精度な物質循環を目指す。循環システム全体で超高エネルギー効率/資源効率を達成するための循環・プロセス技術として、例えば、反応選択的な(外場駆動型)多機能プロセス技術、未使用エネルギーの別システムへの積極利用による高効率プロセス技術、未利用資源の効率的活用・再資源化の技術、混合物からの選択的かつ高効率な分離回収技術、大量利用されている基盤素材のリサイクル技術、環境親和性の高い循環・プロセス技術などが挙げられる。 (3)物質循環技術を高度に分析・評価するためのシステム設計・評価プラットフォームの構築 循環・プロセス技術の高度な予測・診断・解析技術や複雑系における非平衡熱力学、ダイナミクスに関する理論モデルの構築に加え、コスト、エネルギー、LCA といった社会科学的な観点を含む多様な視点での評価法など、物質循環技術を分析・評価するためのプラットフォームを構築し、全体最適化による新しい材料・プロセス技術の価値基準を確立する。例えば、種々の循環・プロセス技術の優位性を多面的(社会科学的な観点も含む)・定量的にサイクル全体で評価する手法の確立、選択性・多機能性を設計・解析するための原子・分子スケールの精密分析法の開発、複雑・混合系の理論解析モデルの構築などが挙げられる。	2024年度

令和 8 年度戦略目標

1. 目標名

基礎量子科学技術研究がドライブする量子未踏領域の開拓

2. 概要

我が国は量子技術が取り込まれた社会の実現に向け、量子重点技術分野の非連続な革新を多角的に進めている。しかし目指すべき将来像と現時点で到達可能な技術水準との間には依然大きな隔たりがある。本戦略目標は、量子未踏領域（新たな量子技術と社会像の創成に寄与し、解決可能性が見えつつある重要領域）を主軸に、その領域を切り拓く基礎量子科学（学理深化が不可欠で挑戦的だが探求可能性が現実的な学術テーマ）を広く取り込み、両者の連関により量子トランスフォーメーションを加速する。具体的には量子通信・制御の革新的技術の創出、古典限界を超える量子計測・イメージング技術の開拓、量子生命科学による生命現象の量子的理解を目指す。

3. 趣旨

現在、各国が量子技術の研究開発および社会実装に向けて競争を激化させる中、我が国は量子技術が社会全体に取り込まれた「量子未来社会ビジョン」の実現を目指している。このビジョンを実現するためには、量子コンピューティング、量子センシング、量子通信、量子マテリアルという 4 つの量子重点技術分野において、非連続な技術革新を有機的かつ多角的に達成し、量子技術による社会変革を実現することが求められる。しかし、量子未来社会ビジョンに必要とされる技術水準と、現時点で到達が見込まれる技術水準の間には依然として大きな隔たりが存在する。既存の学理に基づく漸進的な技術成熟だけでは、この隔たりを埋めることは困難であり、抜本的な研究開発の強化が不可欠である。

特に重要な技術や分野として、以下の 3 点が挙げられる。第一に、分散量子コンピュータや量子インターネットの確立である。これらは量子資源を結合し、社会全体で共有・活用するための中核的基盤であるが、量子メモリ、ネットワークプロトコル、量子中継、スケーラブルなハードウェアなど、多くの要素技術において未解決の課題が残されている。第二に、量子センシング技術の本格的な社会実装に向け、古典的物理限界を超える新たな計測手法を確立することである。これにより、医療、材料、環境など多様な分野で革新的な価値創出が期待される。第三に、将来の医療・創薬・バイオ分野の飛躍的発展が期待される量子生命科学分野の確立である。量子関連技術の急速な革新が進む現在だからこそ、生命現象を量子論的視点から解明する学理を追及し、新たな領域を創造できる可能性がある。

これらの確立において鍵となるのは量子系の精緻な理解と、その高度な応用である。この観点から、本戦略目標では、新たな量子技術や社会像の創成に資する、現在、解決の可能性が見出されつつある技術領域を「量子未踏領域」と定義する。現時点では既存の量子重点技術領域に含

まれていない萌芽的な量子技術領域の研究開拓はもちろん、4 つの量子重点技術分野を再構築し得る研究も本領域の対象となる。これらの量子未踏領域の研究開拓を推進することで、量子技術が社会全体に取り込まれた未来の実現に向けて、有機的かつ多角的なブレイクスルーの創出に寄与することが期待される。

量子未踏領域の開拓には、技術革新を支える学理の深化が欠かせない。量子未踏領域の開拓を推進する両輪として追求すべき基礎量子科学としては、量子インターコネクト、量子非平衡・開放系、新奇量子もつれに関する基礎研究が挙げられる。これらは、現在進行中の研究プロジェクト等によって、学理探求が現実的なテーマとして浮上してきたものである。量子未踏領域と基礎量子科学研究を組み合わせることで、量子技術が社会に深く取り込まれた未来社会の実現に向けた「量子トランスフォーメーション」を目指す。

4. 達成目標

本戦略目標では、近年学理探求が可能となりつつある基礎量子科学技術の深化を礎とした研究推進により、量子技術が社会に深く取り込まれた未来社会と現時点との隔たりを埋めるとともに新たな量子技術や社会像の創成に資する量子未踏領域の開拓を目指す。具体的には、以下の達成を目指す。

（1）量子通信・制御にかかる革新的技術の創出

分散量子コンピュータや量子インターネットの確立を目指し、量子メモリ、ネットワークプロトコル、量子中継、スケーラブルなハードウェアなどの量子通信、制御に関わる研究を推進する。

（2）古典物理限界を超える量子計測・イメージング技術の開拓

量子干渉・量子もつれなどの量子現象を活用して、従来の物理限界を超える高感度・高分解能計測イメージングを可能にする研究を推進する。

（3）量子生命科学領域の創成による生命現象における量子性の理解

生命現象における量子効果（量子トンネル効果、量子もつれ、量子コヒーレンスなど）との関わりを解明、応用する研究を推進し、新たな学理構築を目指す。

本戦略目標では、量子未踏領域の開拓という目標達成に向けて研究を推進する。未踏な学術領域を切り拓くためには、研究の意義を示す「学理」の部分と、その実現方法を示す「方法論」が明確である必要がある。上記の(1)と(2)は、「学理」の部分（「なぜ量子で通信ができるのか」等）が明確に位置づけられている。一方、それを実現する「方法論」が課題である（方法革新型研究）。また、(3)では「学理」に対応する具体的課題（「生命現象に量子性はどのように関わっているのか」等）を、研究推進のプロセスを通じて解明することを目指している（学理深化型研究）。したがって、本戦略目標では「学理」と「方法論」を追求する基礎研究推進が重要であると捉え、その解明に必要な基礎量子科学を中心に研究を進める。以下に、本戦略目標策定時点で特に重要と考えられた基礎量子科学の 3 つの研究テーマを示す。ただし、これらはあくまで当初設定の例であり、研究の進展に伴い新たに発見されるテーマについても、柔軟に取り入れな

がら研究領域を拡張していく。

①量子インターコネクト

異種量子系間の相互作用・雑音起源など、基礎物理の未解明課題を解決し、その活用範囲を広げることは量子未踏領域の開拓範囲を広げる事にも相当すると考えられる。

②量子非平衡・開放系

環境との相互作用により生じる非平衡・開放系の物理的原理を解明し、その制御手法を確立することで、量子技術の適用可能性を大きく拡張できる可能性がある。

③新奇量子もつれ

新奇量子もつれとは、その一例として、複数の量子系が関与するマルチパータイト量子もつれなど、従来の二体もつれでは記述できない新しい形態の量子もつれを指す。このような多体系における新奇量子もつれの構造や生成メカニズムを解明することで、量子技術の基盤が拡張される。これにより、量子通信や量子計算における安定性・制御性の課題克服につながる可能性がある。

5. 見据えるべき将来の社会像

4.「達成目標」の実現を通じ、あらゆる地点間で量子通信を可能にする量子インターネットや大規模分散量子コンピューティングの実現が期待される。量子インターネットは、量子鍵配送（QKD）による究極のセキュリティ基盤を提供するだけでなく、分散量子計算を通じて大規模な量子計算インフラを構築する基盤ともなる。さらに、量子計測・センシング・イメージング技術の深化によって古典的物理限界を突破することは、脳活動の可視化など医療分野に大きな革新をもたらすだけでなく、極微弱な信号を高感度で捉える量子計測の特性を活かし、地球内部や宇宙現象の観測、通信技術、材料科学にも新たな展開をもたらす。また、生命活動における量子性の理解は、光合成メカニズムの根本的理解など生命の効率的な営みの解明を進展させ、エナジーハーベスティングなど高度な省エネルギー社会の実現に寄与する。

6. 参考

6-1. 国内外の研究動向

量子技術は、経済・社会・安全保障を横断する「基盤インフラ技術」として各国が国家戦略レベルで位置づけており、量子コンピュータだけでなく、量子通信、量子センシング、また人材育成・産業基盤整備まで含んだ「エコシステム」として研究開発投資が活発化している。

（国内動向）

科学技術振興機構（JST） 戦略的創造研究推進事業 さきがけ「物質と情報の量子協奏」（令和4年度～令和9年度）では、「量子多体系の制御と機能化」、「新現象・新状態の量子デバイス・量子材料応用」の2つの観点から研究が推進（令和6年度公募終了）。同事業 CREST・さきがけ「量子・古典の異分野融合による共創型フロンティアの開拓」（令和5年度～令和10年度）で

は、様々な分野と協調・融合し、新しい量子デバイスとその制御技術、システム、アプリケーションの実現を目指す研究が推進（令和 7 年度公募終了）。同事業 さきがけ「非連続な技術革新を目指す量子マテリアル研究」（令和 7 年度～令和 12 年度）では、様々な社会課題の解決に貢献する新たな量子機能物質・材料を創出・制御する研究が推進。

内閣府 ムーンショット型研究開発制度のムーンショット目標 6(令和 2 年度～令和 11 年度)においては、多数の量子コンピュータを量子通信で結合して大規模化する可能性も念頭に置いて誤り耐性型汎用量子コンピュータの実現を目指した研究が推進。文部科学省 光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP、平成 30 年度～令和 11 年度）では、量子情報処理技術領域においてNISQ量子コンピュータの実現を念頭にハード、ソフト両面から研究が推進されている他、量子計測・センシング領域では量子力学的効果を利用したセンシング技術や、量子生命技術の研究が推進。

（国外動向）

米国では、国家量子イニシアティブ法に基づき、Department of Energy（DOE)、National Science Foundation（NSF)、Department of Defense（DoD）等が連携して、量子コンピューティング、量子センシング、量子通信を包括的に推進。センシングでは、Quantum Sensing Challenges for Transformational Advances in Quantum Systems により、量子センサを用いた新概念・プラットフォームの実証と、実際の応用分野での優位性の実証を目指されている他、Quantum Sensing in Biomedical Applications により生体計測・診断向けの量子センシング技術を対象に、研究～臨床応用の橋渡しを支援。

欧州では、Quantum Flagship、Horizon Europe、EuroHPC、EuroQCI など、複数のプログラムで量子技術研究を推進。EuroQCI では、EU 加盟 27 か国と欧州宇宙機関が参加して欧州全土にわたる量子通信ネットワークの構築を目指しており、英国でも Space Photon Entanglement Quantum Technology Readiness Experiment にて宇宙空間を利用した量子鍵配送（QKD）の高度化を目指している。

中国では、科学技術省主導で統合量子通信ネットワークの整備が進められている。地上の 700 本以上の光ファイバと 2 つの衛星リンクを組み合わせ、国家・地方銀行、電力網、電子政府プラットフォームなど 150 以上の産業ユーザーが利用する総延長 4,600 km の量子鍵配送（QKD）ネットワークが構築されている。

6-2. 検討の経緯

「戦略目標の策定の指針」（令和元年 7 月科学技術・学術審議会基礎研究振興部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

1. 我が国あるいは世界の基礎研究を始めとした研究動向について、科学計量学的手法を用いた論文分析や科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）の有する知見、科学

技術・学術政策研究所（NISTEP）の各種調査結果、JST の有する過去の研究領域の評価結果や事業運営から得られた知見等を収集・蓄積し、研究動向を俯瞰した。

2. 上記情報収集の結果及び有識者インタビュー等を参考にして分析を進めた結果、量子技術が社会に深く取り込まれた未来社会に必要とされる技術水準には依然として大きな隔たりがあり、既存の学理を基盤とした漸進的な技術成熟だけではこの隔たりを埋めることは難しく、現行の重点技術分野の再構築を含む抜本的な研究開発の強化が重要であるとの認識を得て、注目すべき研究動向「基礎量子科学技術研究がドライブする量子未踏領域の開拓」を特定した。

3. 令和 7 年 11 月に、文部科学省と JST は共催で、注目すべき研究動向「基礎量子科学技術研究がドライブする量子未踏領域の開拓」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、量子未踏領域の定義や、取り組むべき基礎量子科学テーマ等について議論を行い、ワークショップにおける議論や有識者へのインタビュー等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

6-3. 閣議決定文書等における関係記載

「第 6 期科学技術・イノベーション基本計画」（令和 3 年 3 月 26 日閣議決定）

第 2 章 Society 5.0 の実現に向けた科学技術・イノベーション政策

1. 国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革

(1) サイバー空間とフィジカル空間の融合による新たな価値の創出

(c) 具体的な取組

④ デジタル社会に対応した次世代インフラやデータ・AI 利活用技術の整備・研究開発

○ 国土全体に網の目のように張り巡らされた、省電力、高信頼、低遅延などの面でデータや AI の活用に適した次世代社会インフラを実現する。このため、5G/光ファイバの整備を進め、5G については、2023 年度末には 98%の地域をカバーし、光ファイバについては、2021 年度末には未整備世帯数が約 17 万世帯に減少すると見込まれる。さらに、宇宙システム（測位・通信・観測等）、地理空間（G 空間）情報、SINET、HPC（High-Performance Computing）を含む次世代コンピューティング技術のソフト・ハード面での開発・整備、量子技術、半導体、ポスト 5G や Beyond 5G の研究開発に取り組む。

第 3 章 科学技術・イノベーション政策の推進体制の強化

2. 官民連携による分野別戦略の推進

③量子技術

量子技術は、我が国及び世界の社会、経済、産業、安全保障に大きな変革をもたらす可能

性を秘めた革新的な技術である。近年、欧米や中国をはじめとする諸外国では、各国が巨額の投資と大型の研究開発に取り組むなど、将来の覇権をかけた国家間・企業間競争が激化しており、我が国においても量子技術の研究開発や社会実装に向けた戦略的な取組が求められている。

このため、第６期基本計画期間中は、「量子技術イノベーション戦略」に基づき、量子コンピュータ、量子計測・センシング、量子通信・暗号等をはじめとする主要技術に関する研究開発の抜本的強化、量子技術イノベ―ション拠点の形成、国際協力の促進、戦略的な知的財産マネジメントと国際標準化、優秀な人材の育成に加え、既存技術と組み合わせることによる短中期での実用化も含めた、量子技術の産業・社会での利活用の促進等、基礎基盤的な研究開発から社会実装に至る幅広い取組を、我が国の産学官の総力を結集して協力に推進する。

「量子技術イノベーション戦略」（令和 2 年 1 月 21 日統合イノベーション戦略推進会議決定）

IV. 量子技術イノベーション実現に向けた 5 つの戦略

1. 技術開発戦略

(1) 主要技術領域

〇量子技術の基盤となる技術領域として、以下の 4 つを「主要技術領域」として設定する。

・量子コンピュータ・量子シミュレーション

・量子計測・センシング

・量子通信・暗号

・量子マテリアル（量子物性・材料）

(2) 量子融合イノベーション領域

〇生命現象の細胞レベルでの機能解明や医療・健康分野等への固体量子センサの活用など、量子技術と生命・医療等とを融合した「量子生命技術」は、我が国独自の学問的開拓が始まった段階にある。一方、高齢化の進展や健康寿命の延伸、医療費の高騰など、我が国が抱える課題を解決し、健康・長寿社会を実現する上で、極めて大きな波及効果が期待される有望な技術領域である。

7. その他

本戦略目標は、量子技術が社会全体に取り込まれた未来の実現を見据え、有機的かつ多角的なブレイクスルーの創出に向け、量子技術の既存重点技術 4 領域（量子コンピューティング、量子センシング、量子通信、量子マテリアル）にとらわれない量子未踏領域の開拓を基礎量子科学の深化とともに切り拓くことを目指している。そのためには、量子技術分野の研究者だけでなく、広く関連する分野の研究者が参画、連携した研究推進が必須である。また量子研究分野は

中長期的な研究テーマである。そのため研究代表者が長期的なビジョンを持った量子研究分野の研究者であることが重要であり、その上で共同研究者として異分野連携ができる研究者を加えた体制とすることが望ましい。特に、既存の量子重点技術領域に含まれない量子技術領域の研究に関しては、挑戦的な研究テーマを推奨する。

本戦略目標の実現においては、上記 6. （国内動向）に示した量子技術関係の戦略的創造研究推進事業や、ムーンショット型研究開発制度（ムーンショット目標 6)、光・量子飛躍フラッグシッププログラム（Q-LEAP）等、現行で実施している研究開発事業と密接に連携・情報共有することにより、新たな研究進展や成果創出の加速を促すことが望まれる。

令和 8 年度戦略目標

1. 目標名

持続可能社会につなげる超寿命マテリアルの創出

2. 概要

循環経済、経済安全保障、国土強靭化、などの社会要請から、長い期間にわたり、安全に使用可能な材料・デバイスの必要不可欠性が増している。材料・デバイスは物理的・化学的・生物学的な要因が非定常に影響し合い、劣化・破壊に至る。従来、各分野において劣化・破壊のメカニズムや寿命予測手法の研究開発が行われてきているなか、近年の計測技術や計算科学、情報科学の発展により、劣化・破壊の学理構築や寿命予測手法を飛躍的に進化させる環境が整いつつある。本戦略目標では、最新の科学技術を活用し、各分野の知を融合することで様々な社会課題の解決につなげる超寿命マテリアル[*1]の創出を目指す。

＊１：超寿命マテリアルとは従来研究の延長線を超えた新たな設計指針に基づき創出された材料・デバイスである。従来の寿命を凌駕する材料・デバイス、加えて、周囲の環境を利用して自己修復・自己成長する材料・デバイスなど、既存の寿命の概念を変革するものと本戦略目標では定義する。

3. 趣旨

持続可能な社会の実現に向け、資源効率の向上や環境負荷の低減、資源循環などが求められている。また国際社会の複雑化や国家のリスクマネジメントなどの観点から経済安全保障や国土強靭化の重要性が高まっている。これら社会課題に貢献する分野は多岐にわたるが、材料はこれらの分野を支え、根幹となる分野横断的な基盤技術であり、多様な分野に飛躍的な技術進展をもたらし、イノベーションを先導する重要な要素である。特に、昨今は長い期間にわたり安全かつ安心して使用可能であり、かつリユースや分解、リサイクル性、修復、メンテナンス性を考慮した材料・デバイスが求められている。

従来、金属、無機、有機など様々な材料、それらを複合したマルチマテリアル、これらを組み合わせることで効果を発現するデバイスにおいて、長寿命化が図られるとともに、劣化過程や破壊のメカニズムの研究が行われてきた。また材料研究と一体となり計測技術や寿命予測手法なども進展してきた。一方で、実際の使用環境における材料・デバイスの劣化・破壊は、物理的・化学的・生物学的な要因が複雑かつ非定常的に影響しあうプロセスであり、科学の発展を遂げた現代でもなお、劣化・破壊のメカニズムは未解明の領域がある。また複雑な環境下における寿命予測は社会が求める精度に至っておらず、評価手法も十分に確立されていない。加えて、材料・デバイスの長寿命化が必ずしも最終製品の長寿命化に直結しないという、階層構造に起因する課題も存在する。

近年、計測技術や計算科学、情報科学における著しい発展は材料・デバイスの研究を大きく進展させている。特にオペランド計測や非破壊計測、マルチスケール（時間、空間）、マルチフィジックスシミュレーションは材料・デバイスの劣化・破壊の理解に貢献するものである。また機械学習やAI、LLMなどの活用によるAI・データ駆動型研究は、複雑な要因が絡み合う劣化・破壊のメカニズムの理解を進展させ、寿命予測の精度を飛躍的に高める可能性がある。

以上の背景より、本戦略目標では従来の材料・デバイスの寿命を凌駕し、社会課題の解決につなげる「超寿命マテリアル」の創出を目的とする。材料の創出を主体とする科学者のみならず、材料の劣化・破壊、数理、計測技術、計算科学、情報科学の研究者、さらには実用を見据えたデバイスやシステムの設計者らによる融合的な研究体制を構築し、材料特性の向上に留まらない、社会課題解決型の研究を推進する。

4. 達成目標

本戦略目標では、様々な社会課題の解決につなげる超寿命マテリアル・デバイスの創出を目指す。そのうえでは劣化・破壊のメカニズムを本質的に理解することや複雑な環境下における劣化･破壊の評価手法や高精度な予測手法などが必要となる。具体的には以下の達成を目指す。

（1） 超寿命マテリアルの創出

従来研究の延長線を超えた新たな設計指針に基づく材料・デバイス、加えて周囲の環境を利用して自己修復・自己成長する材料・デバイスなど、既存の寿命の概念を変革する革新的な材料・デバイスの創出を目指す。創出のうえでは下述の項目を踏まえること。

（2） 劣化・破壊の本質的な機構を解明

材料・デバイスにおける内部及び界面の劣化・破壊の過程、反応など、劣化・破壊の本質的な機構を原子スケールからデバイススケールまでマルチスケールに解明する。これにより、劣化・破壊のメカニズムの理解を飛躍的に進展させ、超寿命化に向けた強固な学理を構築する。マルチスケール、マルチフィジックス、オペランド計測技術や計算科学、情報科学などを活用することが想定される。

（3） 複合要因、複雑・極限環境の影響を解明

材料・デバイスが劣化・破壊する際には複合的な要因が作用する。（2）で確立した学理を拡張し、実際の使用環境における材料の劣化・破壊現象を解明する。具体的には物理的要因（温度、荷重、など）や化学的要因（酸化還元、分解、水素など）、生物学的要因（酵素界面反応など）が複合的に影響しあう環境における劣化・破壊現象を解明する。さらに、原子力、フュージョンや宇宙、生体などの極限環境における劣化･破壊現象も重要な課題である。これらのためには評価手法の確立や仮想空間の構築も必要である。

（4） 高精度寿命予測、加速試験法の確立

上述（2）、（3）により解明した劣化・破壊の機構や複合的要因による劣化・破壊現象に基づく数理モデル構築に加え、情報科学を活用することにより、高精度な寿命予測手法を確立する。さらに、実際の寿命を高精度に再現する加速試験手法の開発も重要である。これらの手法を確立することで、材料・デバイスの信頼性を担保し、社会実装を加速させる基盤を構築する。

（5） 予防・修復・再生の材料設計原理の確立

劣化・破壊を予防し、必要に応じて自己修復や自己成長といった自律的な機能を付与する設計原理を確立する。上述の（2）～（4）の成果を積極的に活用することで、成果創出を加速することが重要である。

5. 見据えるべき将来の社会像

4. 「達成目標」の実現を通じ、材料・デバイスの劣化・破壊に関する学理を深化させ、これまでの研究の延長線上にない新たな材料・デバイスの設計指針を見出し、超寿命な材料・デバイスを継続的に創出することにより、様々な社会課題（循環経済、経済安全保障、国土強靭化など）の実現に貢献する。

複雑な環境下における材料特性を評価し、高精度な寿命予測を可能とすることで、材料・デバイス特性を進化させることのみならず、社会実装において重要となる信頼性を担保し、創出した材料・デバイスを迅速かつ円滑に社会につなげることが可能な次世代の社会実装環境を構築する。これは我が国の産業が世界に誇る高い製品信頼性を担保しながらも、開発・リリース速度を向上させることに貢献し、国際競争力の向上につながるものである。また「売り切り型」から「循環・サービス化」への研究者の意識改革、産業構造の転換を加速させ、レデュース、リユース、リペア、リファービッシュ、リサイクルを一体化した循環経済の拡大を強力に推進する。劣化解析や寿命予測の分野に焦点を当て、研究者の裾野を広げることで、持続可能社会の実現を担う高度な人材の確保・育成へとつなげることも重要である。加えて極限環境（原子力、フュージョン、宇宙、生体など）における現象を理解することにより、次世代国内産業の国際競争力に貢献する。具体的には原子炉炉、フュージョンプラントにおける高温・高耐久対応や、深宇宙探査など人類のフロンティアを拡大する次世代極限技術に資するものである。

6. 参考

6-1. 国内外の研究動向

（国内動向）

我が国においては、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 CREST「革新的力学機能マテリアルの創出に向けたナノスケール動的挙動と力学特性機構の解明」（令和元年度～令和 8 年度）、さきがけ「資源循環の実現に向けた結合・分解の精密制御」（令和 3 年度～令和 9 年度）、未来社会創造事業「モノの寿命の解明と延伸による使い続けられるものづくり」

（令和元年度～令和 3 年度）、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」、ImPACT「超薄膜化・強靱化『しなやかなタフポリマー』の実現」（平成 26 年度～平成 30 年度）など、長寿命に資する取り組みが実施されてきており、本戦略目標ではこれらの成果を活用し、包括的に融合する取り組みとすることが重要である。

（国外動向）

諸外国においても長寿命化や己修復に関する研究や循環経済政策が実施されている。具体的には米国ではエネルギー省（DOE）において、長耐久性自己修復コンクリートや軽水炉に使用する材料の長寿命化や寿命予測手法に取り組んでいる。欧州では Horizon 2020 において、洋上風力発電のための長寿命マテリアルやコーティング技術の開発、循環型電子機器イニシアチブ、建築資材規則改正案など複数の循環経済に関わるプロジェクトに取り組んでいる。中国では第 14 次循環経済発展計画において、戦略的鉱物資源の輸出管理を強化する方針が示されていることや循環経済重要技術・設備イノベーションなどに取り組んでいる。

6-2. 検討の経緯

「戦略目標の策定の指針」（令和元年 7 月科学技術・学術審議会基礎研究振興部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

1. 我が国あるいは世界の基礎研究を始めとした研究動向について、科学計量学的手法を用いた論文分析や JST 研究開発戦略センター（CRDS）の有する知見、科学技術・学術政策研究所（NISTEP）の各種調査結果、JST の有する過去の研究領域の評価結果や事業運営から得られた知見等を収集・蓄積し、研究動向を俯瞰した。

2. 上記情報収集の結果及び有識者へのヒアリング等を参考にして分析を進めた結果、循環経済、国家安全保障、国土強靱化など様々な社会課題に対し、長寿命且つ安全、安心に使用可能なマテリアル・デバイスが重要であるとの認識を得て、「持続可能社会に貢献する超寿命マテリアルの創出」を注目すべき研究動向として特定した。

3. 令和 7 年 12 月に、文部科学省と JST は共催で、注目すべき研究動向「持続可能社会に貢献する超寿命マテリアルの創出」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、本戦略目標の意義や追及すべき課題、将来の社会像等について議論を行い、ワークショップにおける議論や有識者ヒアリング、アンケート等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

6-3. 閣議決定文書等における関係記載

「第 6 期科学技術・イノベーション基本計画」（令和 3 年 3 月 26 日閣議決定）

第 3 章 科学技術・イノベーション政策の推進体制の強化

2. 官民連携による分野別戦略の推進

④マテリアル

（略）

第 6 期計画期間中は、「マテリアル革新力強化戦略」に基づき、国内に多様な研究者や企業が数多く存在し、世界最高レベルの研究開発基盤を有している強みを生かし、産学官の共有ビジョンの下、産学官共創による迅速な社会実装、データ駆動型研究開発基盤の整備と物事の本質の追及による新たな価値の創出、人事材育成等の持続発展性の確保等、戦略に掲げられた取組を強力に推進する。

「改訂「マテリアル革新力強化戦略」」（令和 7 年 6 月 4 日閣議決定）

4. 取り組むべきアクション

（1） 重点分野に対応した、革新的マテリアルの研究開発及び社会実装

- 重点分野（短期・中期視点）に対応する革新的マテリアルの研究開発及び社会実装のため、以下を推進する。
  - 我が国が現に技術優位性を有する高機能・高付加価値マテリアル
    - データ駆動型研究開発の成果を活用した、マテリアルの高機能化・高付加価値化（マテリアルの性能向上や製造プロセスの効率化、低環境負荷等）による競争力の維持・拡大。
  - サーキュラーエコノミーの実現を通じた資源確保、サプライチェーン強靱化の鍵となるマテリアル
  - GX 成長に必要となる、グリーンマテリアル、エネルギー関連マテリアル
  - 経済安全保障上重要なマテリアル（半導体等）
    - 特定重要技術や特定重要物資に関する研究開発・設備導入支援等
- 重点分野（中期・長期視点）として、「フロンティアへの挑戦により、新たな価値を創出するマテリアル（フロンティア・マテリアル）」を目標として掲げ、以下を推進する。
  - 新たな市場の創出等につながる、ハイリスク・ハイインパクトな技術シーズの育成
  - 多様な元素の性質を引き出すことによる、従来の性能・機能を超越した革新的マテリアルの創出
    - 最先端の学理、評価・分析技術、データサイエンス、プロセス技術等を活用し、多様な元素の性質を引き出すことにより、従来の性能・機能を超越し、世界が直面する複合化する社会課題に対応し得る革新的マテリアルを創出。この際、産学連携や府省連携、社会科学等も含めた異分野連携による総合知を活用しつつ、新たな才能の発掘も含めた、卓越したサイエンスの創出を主軸においた取組を推進する。

「国土強靱化実施中期計画」（令和 7 年 6 月 6 日）

第４章 推進が特に必要となる施策

気候変動に伴い激甚化・頻発化する気象災害や切迫する南海トラフ地震を始めとする巨大地震等から国民の生命・財産・暮らしを守り、国家・社会の重要な機能を維持・発展させていくためには、災害経験から得られた知見を蓄積し、将来にわたり不断に事前防災の取組を進めていく必要がある。また、インフラ老朽化に伴う災害耐力の低下をもたらすことがないよう、将来にわたってインフラを健全な状態で維持し続けなければならない。

「循環型社会形成推進基本計画～循環経済を国家戦略に～」令和 6 年 8 月 2 日閣議決定

5. 国の取組

5.1.循環経済への移行による持続可能な地域と社会づくり

（略）

全国各地で地域の循環資源や再生可能資源の特性を生かした新たな資源循環の流れを生み出し、製品の適切な長期利用やリユースを促進し、地域や社会に様々な付加価値を創出しながら、その循環の輪を広げ太くすることで、地域経済の活性化や地場産業の振興、地域課題の解決を実現できるような循環型のビジネスモデルを各地域で生みだし、これらのビジネスモデルの全国各地への普及を促していく。

（略）

〇資源採取時において生物多様性や自然環境への影響を低減する観点からも、環境配慮設計や再生材の利用等による資源の効率的使用、製品等の長期的利用・再使用や循環利用を進めることにより新たな天然資源の消費の抑制を図る。また、資源の生産・採取時における生物多様性や自然環境の保全への配慮を促進し、循環経済への移行とネイチャーポジティブの実現に向けて、施策を統合的に実施する。また、3R+Renewable を徹底した後になお残る廃棄物の適正処理を確保する。

「成長志向型の資源自律経済戦略」（令和 5 年 3 月 31 日閣議決定）

2. サーキュラーエコノミーの目的：デカップリングの実現と Well-Being の向上

（3）リニアエコノミーからサーキュラーエコノミーへの非連続なトランジション

我が国が今後も持続的かつ着実に成長していくためには、技術革新によってリアルからデジタルへの大転換が進む中で、「もの売り」と「廃棄物の適正処理」が中心のリニアエコノミーから、デジタル技術を効果的に活用しながら、「価値売り」と「循環資源の創出と利活用」を中心とするサーキュラーエコノミーへの非連続なトランジションを進め、資源利用の最小化、資源の循環的利用、製品価値の最大化を追求していかなければならない。

7. その他

社会課題の解決に≪つなげる≫超寿命マテリアルを創出するためには、インフラ、エネルギー海洋、原子力、フュージョン、宇宙、生体など多様な専門分野の研究者と材料・デバイスの研

究者が融合することが必要である。また複雑な劣化・破壊現象を解明するためには科学的に正しく理解することが不可欠であることから、数理、計測技術、計算科学、情報科学などの研究者と融合した体制が望まれる。また環境、社会学といった俯瞰的な視点からの意見も留意すべきである。加えて、劣化・破壊のメカニズムに関する研究は様々な材料・デバイス分野で従来取り組まれてきており、各分野の先進的な取り組みを共有・活用・連携していくことが重要である。

令和 8 年度戦略目標

1. 目標名

デジタル時空間拡張

2. 概要

現実世界を仮想空間上で表現し、物理空間との相互接続によって様々な付加価値を提供する「デジタルツイン」は、従来の設計・運用最適化ツールとしてのみならず、近年のフィジカル AI や AI for Science 等の潮流の下、高精度シミュレーションや仮想実験を可能とする基盤としての重要性を増しており、基礎研究から産業技術までの幅広い領域で競争力を左右する技術となりつつある。一方、仮想と物理間の相互作用を通じた意思決定支援に足るだけの忠実度は未だ十分に実現されておらず、この根本的かつ共通的な問題は、仮想表現が扱わなければならない空間及び時間スケールの膨大な範囲やその複雑性にある。そこで本目標では、仮想表現の時空間的拡張等を通じた次世代のデジタルツインの開発及び社会実装に向けた研究開発を推進する。

3. 趣旨

現実世界をデジタル空間上で表現し、物理空間との相互接続によって様々な付加価値を提供するシステムである「デジタルツイン」は、主に産業・工業分野の設計・運用最適化ツールとして発展してきたが、近年では、「フィジカル AI」や「AI for Science」「AI for Engineering」等の潮流の中で、高精度なマルチスケールシミュレーションや現実では取得困難なデータの大量生成といった AI を支える仮想実験基盤としての役割も拡大しており、デジタルツインの機能もまた、AI との融合や計算能力向上により飛躍的な進化を遂げつつある。

こうした中、デジタルツインに関連する全世界での学術投稿数や特許出願数は近年急増しており、国際市場においても急速な成長が予想されている。これらの研究開発成果の適用範囲も、ロボットや医療、都市開発や防災・減災、宇宙開発や海洋・地球科学、細胞生物学や材料科学といったあらゆる分野へと波及しており、産業用途から学術用途に至るまで、国家の競争力を支える次世代の基盤技術となることが期待されている。

一方で、物理的ツインからのデータによる動的な更新や、予測能力を通じた現実での意思決定支援といった「仮想と物理の双方向の相互作用」こそがデジタルツインの中核であると見なされているにもかかわらず、現実には多くのシステムが、計算が実行可能なスケールでは未だ主要な現象を十分に解明できず、意思決定の支援に足るだけの忠実度を達成できていない。

デジタルツインの実装・普及に向けた課題は、想定される実装先の需要に照らして様々であるものの、根本的かつ共通的な問題は、仮想表現が扱わなければならない空間及び時間的スケールの膨大な範囲やその複雑性にある。この共通的問題の克服に向けては、デジタル空間での表現やシミュレーションのマルチスケール・マルチモーダル・マルチフィジックス化や、膨大な計算の効率化・高速化、加えて、仮想から現実への探索・介入と相互のフィードバックによる自

己最適化といった既存システムの限界を突破する技術課題への挑戦が必要となる。

そこで本戦略目標では、デジタルツインを我が国の産業競争力の源泉とするとともに、最先端科学研究の基盤として発展させることを目指して、仮想表現の時空間的拡張による次世代のデジタルツインの開発及び社会実装を志向した、目的基礎型の研究開発を戦略的に推進する。

4. 達成目標

本戦略目標では、目的・用途別のデジタルツインの社会実装の加速に向けて、これに必要となる仮想表現の拡張と即応性の向上、現実世界への接続と信頼性の向上を目指すとともに、これらの研究開発を通じてドメイン間の接続性と再利用性を高める共通基盤の底上げを目指す。具体的には、以下（1）～（3）の達成を目指す。

（1）仮想表現の拡張と即応性の向上

- 細胞から生体、原子から材料、陸域から海域、住環境から地球環境といったミクロからマクロを横断する空間階層の連続的な接続・統合による空間スケールの拡張
- 過去から未来を含んだ長期的変化の推定による時間スケールの拡張
- 意味的互換性を確保した上での多様なモデルの組み合わせによる現実の記述
- 膨大な計算の効率化・高速化を通じたリアルタイム・ニアリアルタイムでの表現

等を実現する。

空間スケールや時間スケールの拡張には、用途やスケールに応じた異種のデータやモデル同士の統合に向けた、異なる忠実度のデータやモデルの複数のサブシステムに渡る使用、異なる仮定の調整、複数のソースから得られるマルチモーダルデータを同期させる手法が必要となる。また、多様なモデルの組み合わせには、シミュレーションに係るデータ駆動的手法（十分なデータが存在し、意思決定への支援が主として内挿的領域に収まる場合等）と力学モデル的手法（データが乏しく、外挿的領域で予測を行う必要がある場合等）を、双方の利点が失われないように組み合わせる手法（物理と AI のハイブリッドモデリング）が重要となる。加えて、膨大な計算の効率化・高速化には、複雑なシミュレーションを簡略化し、計算時間を短縮する手法（サロゲートモデリング等）が必要となる。これらの手法や技術を獲得する上で、現実世界をデジタル空間にどのように表現するかといった対象表現の手法自体の革新がもたらされることも期待される。

（2）現実世界との相互作用と信頼性の向上

- 物理空間と仮想空間における相互のフィードバック
- 現実への介入や探索によるデジタルツインの自己最適化
- 透明性の確保やリスク判定を通じたデジタルツインの社会受容

等を実現する。

仮想と物理の相互作用を実現するにあたり、特に、人手介入や高頻度計測が困難な極端環境

（エッジコンピューティング条件下、宇宙・海洋、原子力施設、複合災害環境、生体内や微細環境等）や、明確な支配方程式やルールで記述できない不確実性・非定常性・人間要因が混在する現実世界との接続には多くの課題が存在する。物理から仮想へのフィードバックでは、意思決定に活用可能な時間スケールでの較正・更新に対応する逆問題手法やデータ同化に基礎的ギャップがあり、シミュレーションで学習・訓練したモデルの現実世界への適用(Sim2Real 転移)に必要なシミュレーションデータ量や収集頻度の判断に加え、解像度やサンプル不足を考慮したデータ取得及び予測・出力手法の最適化が求められる。仮想から物理へのフィードバックでは、予測結果やその不確実性に基づき、限られた計測手段や時間の下での観測対象・観測頻度の最適化が必要となる。これら双方向の伝達が適切に循環し、自己最適化に至るためには、特に、仮想から物理への指示が真に情報量や推定精度の向上に寄与したかを評価する学習ループの構築が重要となる。加えて、デジタルツインの社会受容に向けては、デジタルツインを構成する複数の動的システムのリスクを横断的に集約して不確実性を定量化する手法や、無意味な外れ値を無視しつつ重要な稀な事象を正確に表現する損失関数や性能指標、デジタルツイン自体を財産と見なしたセキュリティ対策等も必要となる。

(3) データモデルやインターフェース等の共通化

(1) 及び (2) に掲げる要素は、様々な利用環境（ドメイン）におけるデジタルツインの社会実装に向けた研究開発の過程で取り組まれることを想定した共通基盤的な目標である。これらの共通基盤的目標への取組にあたっては、ドメインごとの縦割りでの開発にとどまらず、データの様式や時間・空間表現を含むデータモデルやインターフェース・プロトコルの共通規格化を通じたツール群やモジュール群の共有化を進めることで、ドメイン間の接続や将来的な社会需要や技術進展に応じた機能拡張に柔軟に対応可能な基盤を構築する。これにより、多様なドメインにおける研究開発および社会実装を我が国全体として加速し、新規参入の促進や国際的なデファクトスタンダードをはじめ、多様な形態での標準の形成につなげることを目指す。

5. 見据えるべき将来の社会像

4.「達成目標」の実現を通じ、以下 (1) ～ (3) といった様々な分野における科学的・社会的インパクトがもたらされることが期待される。

(1) 潜在構造のモデリング

拡張されたデジタル時空間を基盤とし、これまで認識されていない事象間の隠された因果的構造や背景要因を発掘可能とする。視覚的・表層的事象のモデル化のみならず、人間には知覚・単純化困難な複雑事象（いわゆる「汚い世界」）を再現することで、デジタルツインの性能を抜本的に高めるとともに、新たな知の創出に向けたコア技術とする。

(2) 実社会への介入と定着

未だ「視覚的な最適化ツール」のイメージが拭えないデジタルツインについて、現実への介入を通じた自己最適化や、社会受容に向けたラストマイルを埋める技術を得ることで真の意味での社会実装と定着を加速し、都市管理や防災・減災に資する国土強靭化や、健康医療や環境保全を通じた持続可能な社会の実現、ライフ・マテリアル・エネルギー・ロボット等の科学及び産業領域における生産性向上、宇宙開発・海洋利用等のフロンティア開拓等に貢献する。

(3) 共通基盤の標準化と次世代の育成

マルチスケール・マルチモーダル統合技術やメタデータの表現手法、巨大なマルチシミュレーションデータについて、意味的互換性を保証しつつ扱うための仕様・フォーマットや、モデル更新・AI アルゴリズムの進化を受容可能な設計の開発といった「地味だが良い仕事」を共通基盤的に推進し、これらの標準化を通じた持続的な競争力の確保や国際プレゼンスの向上、次世代の育成と新規参入の加速を実現する。

6. 参考

6-1. 国内外の研究動向

気候・海洋・社会経済など複数スケールを統合する国際プロジェクトが活発化している。我が国でも都市政策や災害対応といった課題解決型の社会実装研究が進められており、製造業や医療等の分野では民間での技術開発や商用化が進んでいる。

（国内の動向）

国内では、例えば、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第 3 期における複数の課題の中で、それぞれ、医療や防災、インフラ管理に係るデジタルツインの開発や、サイバー空間とフィジカル空間を連接するインターバースに注力した取組が進捗している。また、国土交通省が主導する日本全国の 3D 都市モデルの整備・オープンデータ化プロジェクトである「PLATEAU」が 2020 年から進められているほか、海洋研究開発機構（JAMSTEC）や宇宙航空研究開発機構（JAXA）からは、海洋/地球デジタルツイン、宇宙デジタルツインといったコンセプトが提示されている。戦略的創造研究推進事業においては、ライフサイエンスやマテリアルといった分野毎の領域内の一部の課題として、シミュレーションの高度化やデジタルツインの構築といった取組が進められてきた。本目標に関連する技術開発は、社会実装に近い一部の領域を除き、分野別に閉じた取組として進められてきており、広範な分野の共通課題である時空間スケールの拡張や先端 AI との融合自体に重点を置いた横断的取組や、「AI for Science」等の新たな潮流への対応に必要となる基盤的研究開発といった基礎研究への立ち返りを志向した戦略的な施策はほとんど展開されていない。

（国外の動向）

欧州ではHorizon Europeを主軸とした数々のプロジェクトが進められており、Destination Earth（地球デジタルツインの構築を目指す大規模イニシアティブ）や、European DTO（複数プロジェクトの統合により構成・発展される海洋デジタルツイン基盤）、DTRIP4H（健康・医療研究インフラ向けの分散型デジタルツインシステムの開発とAI・連合学習等との統合）、DT-GEO（地震・火山噴火・津波等の地球物理的極端現象のデジタルツイン開発）、interTwin（学際的デジタルツイン基盤エンジン開発）等に見られるように、多用途・複数ドメインで利用可能な共通デジタルツインインフラの構築を強力に推進している。

米国では、米国商務省によるCHIPS for Americaプログラムの一部として、デジタルツイン技術にフォーカスした半導体製造研究所が立ち上げ予定であるほか、基礎研究領域においては、例えば、アメリカ国立科学財団（NSF）によるMATH-DT（デジタルツインに関する基礎的な数学的・統計的研究）や、FDT-BioTech（生物医学の革新を触媒するデジタルツイン基盤の開発）等での支援が予定されている。他にも、アメリカ航空宇宙局（NASA）によるEarth System Digital Twinの開発や、米国コモンウェルス・フュージョン・システムズ（CFS）社による核融合研究用のAI融合型デジタルツインの開発など、産学官における研究開発が盛んに行われている。

6-2. 検討の経緯

「戦略目標の策定の指針」（令和元年7月科学技術・学術審議会基礎研究振興部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

1. 我が国あるいは世界の基礎研究を始めとした研究動向について、科学計量学的手法を用いた論文分析や特許出願数や市場動向の分析、科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）の有する知見、JSTの有する過去の研究領域の評価結果等の知見を収集し、研究動向を俯瞰した。

2. 他の施策の実施状況等にも勘案しつつ、上記情報収集の結果及び国内外の有識者等へのヒアリング並びに各国の政策動向を参考に分析を進めた結果、フィジカルAIやAI for Science等の潮流において、仮想表現のマルチスケール・マルチモーダル・マルチフィジックス化やハイパフォーマンス・コンピューティング（HPC）等を駆使したシミュレーションとAIとの融合研究が重要であるとの認識を得て、「デジタル時空間拡張」を注目すべき研究動向として特定した。

3. 令和7年12月に、文部科学省とJSTは共催で、注目すべき研究動向「デジタル時空間拡張」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、我が国の研究者層や巻き込むべき研究分野、目標として目指すべき姿や戦略等について議論を行い、ワークショップにおける議論や更なる政府内での検討を踏まえ、本戦略目標を作成した。

6-3. 閣議決定文書等における関係記載

「第 6 期科学技術・イノベーション基本計画」（令和 3 年 3 月 26 日閣議決定）
第 2 章 1.(1)(b)

・Society 5.0 の実現に向け、サイバー空間とフィジカル空間を融合し、新たな価値を創出することが可能となるよう、質の高い多種多様なデータによるデジタルツインをサイバー空間に構築し、それを基に AI を積極的に用いながらフィジカル空間を変化させ、その結果をサイバー空間へ再現するという、常に変化し続けるダイナミックな好循環を生み出す社会へと変革することを目指す。

「デジタル社会の実現に向けた重点計画」（令和 7 年 6 月 13 日閣議決定）
第 1 4.(2)

・産官学による将来予測、デジタルツイン、AI 活用等の技術研究開発を促進し、未来に向けた構想を推進していくとともに、官民の各分野における災害対応業務の高度化・効率化を図っていくため、デジタル技術の積極的導入に取り組む。併せて、我が国の優れた防災 DX 技術・産業の海外展開を推進する。

「宇宙基本計画」（令和 5 年 6 月 13 日閣議決定）
2.(2)ⅱ(b)

・小型衛星コンステレーションの構築の進展や新たなセンサの開発等により、地球観測衛星の時間・空間・波長分解能が高まると同時に、ビッグデータ処理及び人工知能といったソリューション技術が発展する中、地球観測衛星のデータとドローンのデータ、IoT データ、気象データ、海洋データ、その他の地上で得られるデータ等を組み合わせることにより、幅広いアプリケーション・サービスを実現し、防災・減災、国土強靱化及び地球規模課題への貢献や民間市場分野におけるイノベーションの創出を図っていく。

「海洋基本計画」（令和 5 年 4 月 28 日閣議決定）
第 1 部 3-3.(3)

・DX を課題解決につなげるとの観点から、様々な気候変動対策の実効性、海洋由来の自然災害に対する防災・減災の政策の有効性、持続可能な利用に資する水産資源政策の効果等の適切な評価に活用する。そのため、海洋のデジタルツインの構築を念頭に、観測データの解析技術並びに海洋環境、気候変動及び地震予測等に関するシミュレーション技術の高度化に取り組む。

「マテリアル革新力強化戦略」（令和 7 年 6 月 4 日閣議決定）
4. (2)

・「マテリアル革新力強化戦略」に沿って進めてきたマテリアル DX を更に発展させる。この際、

AI をはじめとする DX 技術の進展は目覚ましく、新たな手法に絶えず対応すること、また今後は、研究・製造において、AI、ロボティクス、量子コンピュータ等の活用を前提とした発想の転換が不可欠であることに留意しつつ、以下を推進する。

（略）

上質なシミュレーションデータの創出と活用

・ 第一原理計算からのマルチスケールシミュレーション技術を高度化させるとともに、AI とシミュレーションの融合を更に推進し、シミュレーションにより物性を正確に予測するシステムの構築。

「健康・医療戦略」（令和 7 年 2 月 18 日閣議決定）

2. 3-4　創薬・医療機器創出エコシステムの構築、イノベーション人材力の強化

・創薬や医療機器創出のイノベーションにおいて、データの利活用、DX は重要な要素である。AI 創薬・ゲノム創薬、SaMD の開発で必要となる、医療情報の基盤構築・ 利活用促進や、データ処理能力・品質の向上、AI・DX・RWD を活用した異分野融合による創薬・医療機器創出の環境整備、社会実装を推進する。

7. その他

（1）国内外の関連施策・学会等との連携への期待・可能性

本目標において行われる研究開発に必要となる計算資源については、文部科学省において「革新的ハイパフォーマンス・コンピューティング・インフラ(HPCI)」を通じた計算資源への円滑なアクセスと利用に向けた方策を検討し、JST による公募開始までにその方向性を示すこととする。

また、デジタルツインに係る国内の研究者層が限られている中にあって、本目標の成果は科学基盤モデルの構築や自動実験等といった AI for Science の取組やスマートシティをはじめとする Society 5.0 に係る取組との関連が深いことから、これらにまつわる政府の関連施策との連携による分野横断的なコミュニティの形成・拡大や、国内外の関連学会等での積極的な広報や成果の普及が図られることを期待する。

（2）期待される研究開発の戦略及び JST の領域設定にあたっての留意事項

本目標での各研究課題の推進にあっては、目的型基礎研究としての社会実装・出口志向が重要となる。特に「CREST」においては、デジタルツインの構築や関連要素技術の研究開発それ自体が自己目的化することのないよう、社会実装に向けた解像度の高さ（例えば用途に応じた出口戦略や性能・精度・実装効果等の達成目標の設定）を重視するとともに、ユースケースに応じたステークホルダーの意見や評価が段階的に組み込まれていく形での研究開発が行われることが望ましい。こうした取組を通じた社会実装に向けた課題の見極めがなされた上で、従来型の取組の単純延長線上にはない、先端 AI と計算科学の融合や目的や課題に応じた異分野

連携による革新的なアプローチを積極的に取り入れていくことが期待される。

「さきがけ」においては、デジタルツインの社会実装や高度化に向けた革新的アイデアや最先端の研究動向を踏まえた個別課題（数理科学や計算科学、情報科学やデータ科学等における新たな手法の提案や適用研究等）が幅広く推進されることが期待される。

領域全体では、データモデルやインターフェース・プロトコルの共通規格化を通じたツール群やモジュール群の共有化等による共通基盤の構築と底上げが求められる。これにはドメイン志向の縦串と共通基盤志向の横串との連携を促す領域設計と運用が重要であり、例えば「CREST」において、各ドメインでの社会実装を志向した研究課題に取り組みつつも、標準化に向けて、領域内での分野横断的な体系化や共通化の取組にも積極的に協力・尽力することを前提とするような申請を促す工夫や、「CREST」課題で見出された新たなボトルネックへの「さきがけ」課題の突合、又は「さきがけ」課題同士の連携等による段階的かつ新たなチーム編成といった柔軟な領域運営が期待される。

令和 8 年度戦略目標

1. 目標名

拡張五感と認知

2. 概要

近年、五感を含む感覚に関する基礎研究の知見から、疑似的な感覚刺激を伝達する情報インターフェース等が開発され、「感覚を拡張し、人の体験を豊かにする」技術の実用化が進んでいる。一方で、感覚研究は基礎領域においても未解明な部分が多く、単一の学問領域からではアプローチが困難であり、全貌を掴むことが容易ではない。このような背景も踏まえて、本目標では分野融合研究により感覚を模倣・拡張する革新的技術を創出し、「感覚を拡張し、人の体験を豊かにする」技術のさらなる充実とその実用化を目指す。そのために、感覚の持つ生体機能を統合的に理解するとともに、それらの基礎研究の知見を応用することで、「人間らしく」直感的に情報を認識・模倣・拡張できるデバイス等の技術の実現を図る。

3. 趣旨

視覚・聴覚・触覚・味覚・嗅覚の五感等を含む感覚は、外界からの刺激・情報を感じ取るインプット面と、得られた情報を認知・処理・行動に移すアウトプット面があり、それらを統合して外界を認識している。近年では、2021 年に、温度と触覚の受容体タンパク質の発見にノーベル賞が授与される等、五感のメカニズム解明に関する研究は国際的にも注目されている。一方で、感覚研究は基礎領域においても未解明な部分が多く、基礎医学や基礎生物学など単一の学問領域からではアプローチが困難であり、全貌が掴めていない。我が国では感覚の模倣・拡張として人工視覚や人工触覚の研究開発が行われており、光遺伝学を活用した視覚再生の試みなど、世界に先駆けて研究開発が進む分野がある。一方で、今後、本領域で我が国が国際的なリードを獲得していくためには、研究力向上は急務といえる。

加えて、Virtual Reality(VR)や Augmented Reality(AR)といった現実世界を拡張する技術の進歩が目覚ましく、感覚や認識を拡張する技術の革新と併せて、生成 AI など大規模言語モデルの性能も飛躍的に向上している。しかしながら、感覚の「人間らしい」再現技術は未だ発展途上にあり、ユーザーが情報を直感的かつ身体的に体験可能な形で処理する次世代 UI 等といった広い分野における基礎研究のニーズが高まっている。その中で、基礎研究を基にした技術の実用化については、工学領域やロボティクスとの分野融合研究が不可欠であり、技術創出の基盤となる基礎研究と、それを踏まえて実用化を目指して行う応用研究の両面から感覚研究を戦略的に発展させる必要がある。

以上の背景を基に、本目標では、「感覚を拡張し、人の体験を豊かにする」技術開発の深化を目指し、そこからのバックキャスト的に感覚に関する基礎研究・応用研究を進め、「人間らしい」感覚模倣・拡張システム等の基盤技術開発を図る。そのために、感覚領域における基礎研究力の

底上げ、分野融合研究を推進し、感覚模倣・拡張に関わる基盤技術等の創造を目指す。

感覚分野の生体メカニズムは現在でも未解明領域が多くあり、応用研究、実用化研究を行う上でも基礎研究の更なる推進が課題である。このため、従来のアプローチに留まらず、超高感度量子センシングや生命の量子性といった、量子研究分野の知見を踏まえた研究や、数理科学・情報科学による高度なデータ解析を前提とした研究計画の立案等の従来の枠組みを超えた研究による基礎研究力の底上げが必要である。

また上述のとおり、新規メカニズム解明やデバイス等の開発にあたっては、各専門領域における知見を有機的に繋ぎ、互いの専門領域での活用を前提とした研究推進が重要である。一方で、感覚領域における分野融合は発展途上である。本目標においては、感覚のメカニズムを解明する基礎生物学・基礎医学などと、次世代 UI・デバイス等開発を行う工学、感覚を受容した後の行動等の解析を行う認知行動学などとの分野間融合が期待される。本目標を通じ分野横断的な研究者らによる分野融合エコシステムの創出を図ることで、基礎研究成果の社会実装を加速しつつ、実用化における課題から必要とされる基礎研究を推進する好循環を形成する。

さらに、感覚研究の技術発展によって、例えば触覚や温度などの非言語情報を共有するコミュニケーションの質向上への貢献や、感覚模倣ロボットの開発による遠隔操作の効率性の上昇など、本目標の達成を通じて多くの社会課題の解決が望める。

4. 達成目標

本戦略目標では、感覚を認識・模倣・拡張する革新的技術を創出し、「感覚を拡張し、人の体験を豊かにする」ことの深化を目指す。具体的には、以下の達成を目指す。

（1）感覚の生体内メカニズム解明

感覚領域における、未解明な分子メカニズム、感覚刺激の個体への影響等

（2）次世代 UI・デバイス等技術の実用化に向けた応用研究

感覚情報の模倣・拡張やシェアリングのための次世代 UI・デバイス開発等

（3）「人間らしい」感覚創出のための基盤技術開発

感覚フィードバックデバイスや感覚を認識するロボティクス等の開発

5. 見据えるべき将来の社会像

4.「達成目標」の実現を通じ、「感覚を拡張し、人の体験を豊かにする」技術開発の深化のために、バックキャスト的に感覚研究を推進し、基礎研究・応用研究を両面から発展させ、感覚の基礎的メカニズムの知見から、それらを活用した「人間らしい」感覚模倣・伝達・拡張システム等の基盤技術開発を推進することで、本領域における我が国のプレゼンスを示す。感覚の認識・模倣・拡張に関する技術開発と実用化によって、より質的に豊かな社会の実現の一助となることを目指す。

6. 参考

6-1. 国内外の研究動向

（国内動向）

CREST「生体マルチセンシングシステムの究明と活用技術の創出」研究領域や、さきがけ「生体多感覚システム」研究領域、AMED-CREST、PRIME「マルチセンシングネットワークの統合的理解と制御機構の解明による革新的医療技術開発」研究開発領域にて生体感覚システムの統合的理解・可視化・制御法開発を目標とした研究が推進されている。また、さきがけ「信頼される AI の基盤技術」研究領域などを通じ、現在の AI 技術の限界を突破する次世代 AI 技術の基盤創出を目指している。ムーンショット目標１「2050 年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現」では、人の身体的、認知、知覚能力を技術的に強化することで、身体的能力、時間や距離といった制約を解消することを目的として研究を進めている。本目標は、これらの研究により得られた知見の有機的活用を行うと共に、特に感覚領域において、未踏部分の基礎研究と技術開発を推進することで、テクノロジーと五感を含む感覚の融合を学際的に押し出す新規性のある課題に取り組むものである。

（国外動向）

近年、米国における Project Stargate を始めとする AI 研究・開発・運営に対する国家をあげた強力な支援が行われている。また、Horizon Europe における Future Emerging Technologies flagships や Massachusetts Institute of Technology が主導している MIT Media lab など、国際的に五感とテクノロジーを融合させるための取り組みが推進されている。

6-2. 検討の経緯

「戦略目標の策定の指針」（令和元年 7 月科学技術・学術審議会基礎研究振興部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

1. 我が国あるいは世界の基礎研究を始めとした研究動向について、科学計量学的手法を用いた論文分析や科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）の有する知見、科学技術・学術政策研究所（NISTEP）の各種調査結果、JST の有する過去の研究領域の評価結果や事業運営から得られた知見等を収集・蓄積し、研究動向を俯瞰した。

2. 上記情報収集の結果及び有識者へのヒアリング等を参考にして分析を進めた結果、五感を含む感覚の基礎研究から応用研究、実用化を見据えた戦略的な研究開発が重要であるとの認識を得て、注目すべき研究動向「拡張五感と認知」を特定した。

3. 令和 7 年 11 月に、文部科学省と JST は共催で、注目すべき研究動向「拡張五感と認知」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、
①本戦略目標に関する注目すべき国内外の最新の動向。

②五感・感覚領域の基礎研究として、今取り組むべき領域や技術、融合すべき分野はどこか。

③実用化研究と基礎研究の橋渡し・連携をどのように行うか。

④本目標において、「マルチセンシング」目標と比べて、発展性や領域としての独立性をどのように示すか。

等について議論を行い、ワークショップにおける議論や有識者ヒアリング等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

6-3. 閣議決定文書等における関係記載

「第 6 期科学技術・イノベーション基本計画」（令和 3 年 3 月 26 日閣議決定）

第 1 章基本的な考え方

3. Society 5.0 という未来社会の実現

（1）我が国が目指す社会（Society 5.0）

①国民の安心と安全を確保する持続可能で強靭な社会

（略）政府は、科学技術の発展を梃子にして、我が国の国際競争力の強化を図るとともに、これらの様々な脅威に対して常に適切に対応することができる持続可能で強靭な社会の構築や総合的な安全保障の実現を目指すことが求められており、国民の安全・安心を確保すべく様々な取組を充実・強化させる必要がある。その際、科学技術には多義性があり、ある目的のために研究開発した成果が他の目的に活用できることを踏まえ、適切に成果の活用を図っていくことが重要である。

② 一人ひとりの多様な幸せ（well-being）が実現できる社会

経済的「富」の拡大を豊かさの現れと考え、その代表的指標としてＧＤＰの増大を目標としてきた我々の社会は、その結果としての経済優先による環境破壊、世界の富の偏在と社会的分断などの弊害を眼前にしている。

Society 5.0 の世界で達成すべきものは、経済的な豊かさの拡大だけではなく、精神面も含めた質的な豊かさの実現である。そのためには、誰もが個々に自らの能力を伸ばすことのできる教育が提供されるとともに、その能力を生かして働く機会が多数存在し、さらには、より自分に合った生き方を選択するため、同時に複数の仕事を持つことや、仮に失敗したとしても社会に許容され、途中でキャリアを換えることも容易であるといった環境が求められる。しかも、そうした働き方によって、生活の糧が得られるとともに、家族と過ごせる時間や趣味や余暇を楽しめる時間が十分に確保されなければならない。

また、多くの国民が人生 100 年時代に健やかで充実した人生を送るため、健康寿命の延伸だけでなく、いくつになっても社会と主体的に関われるような、いわば「社会参加寿命 22」の延伸に取り組むことが求められる。

さらに、人々がコミュニティにおける自らの存在をいつも肯定的に捉えることができるよう

な、社会において一つの組織を離れても自らの夢を持ち続け、生きがいを持って社会に参加し続けることができるような環境が求められている。それによって自らの能力を向上させ、活躍可能な場を切れ目なく見つけることができるようになることも不可欠である。このような包摂性を持った社会の構築を目指す。

「経済財政運営と改革の基本方針 2025」（令和 7 年 6 月 13 日閣議決定）
第 2 章　賃上げを起点とした成長型経済の実現
３.「投資立国」及び「資産運用立国」による将来の賃金・所得の増加
（4）先端科学技術の推進
我が国の国力に直結する科学技術・イノベーション力を強化し、国際競争を勝ち抜くため、官民が連携して大胆な投資を行い、多様で豊富な「知」を生み出すエコシステムを活性化する。このため、社会課題解決の原動力となる AI、量子、フュージョンエネルギー、マテリアル、バイオ、半導体、次世代情報通信基盤（Beyond 5G）、健康・医療等について、分野をまたいだ技術融合による研究開発・社会実装を一気通貫で推進する。G7 を始め同志国や ASEAN・インドを含むグローバル・サウスとの先端共同研究、研究者・学生交流など戦略的な国際連携を推進する。我が国の研究者に海外の先端研究の経験機会を提供するとともに、昨今の国際情勢の変化も踏まえ、緊急的な措置を含めた取組により、海外研究機関からの優れた研究者を積極的に呼び込み、国際的な頭脳循環を確立する。

7. その他

本目標では、未解明・未活用の知見が多い単一の感覚に着目した研究について分野融合研究を中心として取り組むことで、従来の感覚研究に関する取り組みとの相乗効果が得られると考えられる。また、感覚に関する基礎研究と、感覚刺激が行動を含めた個体に与える影響等をスコープに含めることで、広く感覚研究の研究内容を補完し、領域全体として発展が見込める。

また、本目標の特徴として、「感覚を拡張し、人の体験を豊かにする」技術創出を目標として位置付ける等、出口を意識して統合的な研究開発を行うことで、社会ニーズに対応した研究開発が見込める。例として、近年発展した情報科学や量子分野、AI 技術を前提に、工学領域との連携も含めた融合研究を推進することで、技術の潮流を踏まえた発展的な研究が期待される。

本目標の達成により、感覚のフィードバックデバイス等、生体情報の知覚を模倣・強化する技術要素を含む成果が創出され得るため、経済安全保障・ELSI/RRI の観点からの議論や情報発信の推進等を行うことが望ましい。

令和8年度戦略目標

1. 目標名

生体環境インタラクション～生物とエクスポソームの相互作用の解明～

2. 概要

ヒトを含む生物は、多様な環境因子であるエクスポソームに曝露されている。一方、生物は代謝産物やヒトの産業活動等を通じて、外界である環境に影響を与えている。近年、このような生物と環境の双方向的な関係において、生態系やヒトの健康に重要な影響を及ぼす因子の存在が明らかになりつつある。

本戦略目標は、生物とエクスポソームとの相互作用を多階層で解明し、世代を超えた健康影響や生物の適応、生物活動による生態系影響に関する知見の創出を目指す。さらに、健康リスクの低減、生態系の保全や安全で安定した食料供給等に資する介入・制御の可能性を検討する。これらの取組を通じて、健康寿命の延伸と持続可能な社会の実現に貢献する。

3. 趣旨

ヒトを含めた生物は、エクスポソーム（※1）の影響を受ける。エクスポソームは、生物の健康に対して有益な場合がある一方で、有害な影響を及ぼす可能性も有している。特に一部の因子は、慢性疾患の発症リスクを高める要因となりうることや、ヒトの生殖システムを通じて次世代へ影響をもたらす可能性が指摘されている。少子高齢化と人口減少が進む我が国において、エクスポソームが生物に与える影響と因果関係を解明し、そのリスクを低減・制御する技術の開発に取り組む意義は大きい。また、現代のヒトの産業活動、生活様式や土地利用の変化は、新規化学物質の環境中への放出、気候変動などを通じて、生態系およびヒトの健康に未知のリスクをもたらしている。近年注目されているOne Health（※2）の考え方に基づけば、ヒトの健康は動植物や環境の健康と密接に関連しており、生物が環境に影響を与えるメカニズムも同時に解明する必要がある。

従来の研究は、単一因子に対する生体応答の関係に着目するものが主であり、複数の環境因子が同時に作用する「カクテル効果」や、食物連鎖を介した生物濃縮、低濃度での長期曝露、さらには世代を超えた影響を十分に捉えることは困難であった。しかし、近年の観測技術の進化、計算資源の充実、AIやモデリング手法の進歩により、あらゆる環境因子が複合的に、世代を超えて生物に影響するメカニズムの解明に挑戦する土壌ができつつある。他方、ヒトのエクスポソームを網羅的に測定することは未だ困難であり、世代時間の短いモデル生物を用いた基礎的な研究を行い、異分野融合研究を通じて、種を超えたメカニズムを解明していくことも重要である。

国際的には、米国においてAIやビッグデータを活用したエクスポソーム研究が重点化され、欧州でもHorizon Europeを中心に研究が推進されているなど、研究開発競争が激化している。

一方、我が国は、充実した経世代コホートやバイオリソース、それらを基盤とした解析研究等の研究ナレッジを有する。また、戦略的創造研究推進事業の下で研究開発された我が国発の魚類の検出技術が環境 DNA 解析研究において国際的に広く活用されているなど、環境科学でも独自の研究基盤を有している。

本戦略目標は、エクスポソームを中核に据え、生物とエクスポソームが分子・細胞・個体・生態系の各階層で相互に影響し合うメカニズムを解明しつつ、世代を超えた健康影響や適応の評価を進めることで、健康寿命の延伸と持続可能な社会の実現に貢献することを目的とする。

※1 エクスポソーム：生物がライフコースを通じて曝露されるものを全て含む概念。本戦略目標では、化学物質、栄養、気候変動、生活環境などが含まれることを想定している。

※2 One Health：ヒトと動物、それを取り巻く環境（生態系）は、相互に密接に関係していると包括的に捉え、ヒトと動物の健康と環境の保全を担う関係者が緊密な協力関係を構築し、分野横断的な課題の解決に取り組むという考え方。

4. 達成目標

本戦略目標では、多様なエクスポソームと生物との相互作用およびそのメカニズムを、分子レベルから個体・種、さらには生態系レベルまで統合的に解明することを目指す。具体的には、以下の達成を目指す。

（1）エクスポソームを測定・可視化する技術の開発

環境中のナノスケール粒子や化学物質等が、生体内に取り込まれ、作用し、蓄積・代謝・排泄され、さらには世代を超えて残存・影響する過程を分子レベルで精緻に計測・モニタリングする技術を開発する。

（2）生物により環境にもたらされる変化が生態系に与える影響の解明

生物が環境中に放出する物質や、ヒトの産業活動や生活様式の変化による新規汚染物質等、ヒトを含む生物により環境にもたらされる変化が、生態系の構造や機能にどのような影響を及ぼすかを解明する。

（3）生物のライフコースにおけるエクスポソームの影響の解明

エクスポソームが生物の個体、組織、細胞、分子ネットワークにどのような変化をもたらし、生物がどのように適応するのか、またそれらがどのように世代を超えた影響をもたらすのか、そのメカニズムを解明する。ヒトパンゲノムの公表に象徴されるように、ゲノム解析は急速に進展している一方、環境因子がエピゲノム等を介して世代を超えた表現型多様性を生み出す仕組みは未解明の部分が大きい。

（4）健康リスク因子の同定と制御

バイオバンク等を活用したマルチオミックス解析等による、健康リスクに関連する遺伝的要因・環境要因の同定や、iPS 細胞・オルガノイド、モデル生物等を用いた基礎研究、AI を用いた構造推定やシミュレーションを組み合わせ、生体への影響の大きさや因果関係を検証し、真に介入が必要な因子を特定し、さらには制御する技術を開発する。

5. 見据えるべき将来の社会像

4.「達成目標」の実現を通じ、エクスポソームと生物の相互作用を多階層で理解することで、生命科学分野を横断する新たな科学的知見を創出する。得られた知見をもとに、生態系の多様性保全や、安全で安定した食料供給、さらにはヒトの well-being に資する、栄養学・予防医学の発展、創薬やオーダーメイド医療につながる研究開発を目指す。さらに、ヒト・動植物・環境の健康を一体的に守る One Health の観点から、持続可能な社会の実現に貢献することが期待される。

6. 参考

6-1. 国内外の研究動向

（国内動向）

AMED 革新的先端研究開発支援事業「全ライフコースを対象とした個体の機能低下機構の解明」(平成 29 年度～令和 6 年度)、「健康・医療の向上に向けた早期ライフステージにおける生命現象の解明」(令和元年度～令和 8 年度)、「根本的な老化メカニズムの理解と破綻に伴う疾患機序解明」(令和 4 年度～令和 11 年度)、「ストレスへの応答と疾病発症に至るメカニズムの解明」（令和 5 年度～令和 12 年度）では、ヒトにおけるストレス応答やライフコースに沿った生命現象の理解を深化させる研究が推進されている。また、JST 戦略的創造研究推進事業・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」(平成 29 年度～令和 7 年度)、さきがけ「生体における微粒子の機能と制御」(平成 29 年度～令和 4 年度)では、細胞外微粒子の高度な検出・解析技術開発や、生体応答機序の解明等に関する研究が推進されてきた。さらに、科学研究費助成事業　学術変革領域研究 (A)「動的な生殖ライフスパン―変動する生殖細胞の機能と次世代へのリスク―」(令和 5 年度～令和 9 年度)、新学術領域研究（研究領域提案型)「代謝アダプテーションのトランスオミクス解析」(平成 29 年度～令和 3 年度)、「遺伝子制御の基盤となるクロマチンポテンシャル」（平成 30 年度～令和 4 年度）では、ライフ時間に沿った生殖細胞の変化や、エピゲノムによる遺伝子発現制御機構、環境変化に応じた代謝の調節機構などが研究されてきた。また、国立環境研究所の包括環境リスク研究プログラム（令和 3 年度～令和 7 年度）においては、化学物質等の包括的なリスク評価・管理の推進に係る研究が推進されている。これらの事業で生まれた成果を生かし、さらに本戦略目標では、エクスポソームに着目して、ヒトに限らない様々な生物のライフコースにおける影響を解析することで、新たな知見を創出する。

（国外動向）

米国においては、National Institutes of Health (NIH)による All of Us プログラム（平成

27 年～)を通じて、遺伝子、環境、生活習慣の個人差を考慮した病気の治療と予防に関する研究等への関心が高まっている。また、令和 8 年の NIH 予算においては、「ヒトの健康に対する環境影響のマッピング」が重点領域に盛り込まれ、「AI やビッグデータを活用したエクスポソームに関する研究」が推進される見込みである。欧州においても、Horizon による「The European Human Exposome Network」（令和 2 年～令和 7 年）などにより、本領域の研究が推進されている。

6-2. 検討の経緯

「戦略目標の策定の指針」（令和元年 7 月科学技術・学術審議会基礎研究振興部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

1. 我が国あるいは世界の基礎研究を始めとした研究動向について、科学計量学的手法を用いた論文分析や科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）の有する知見、科学技術・学術政策研究所（NISTEP）の各種調査結果、JST の有する過去の研究領域の評価結果や事業運営から得られた知見等を収集・蓄積し、研究動向を俯瞰した。

2. 上記情報収集の結果及び有識者へのヒアリング等を参考にして分析を進めた結果、我が国の強みを生かしつつ、異分野融合によりトップサイエンスを生み出しながら、かつ社会的課題の解決に資する研究を推進することが重要であるとの認識を得て、注目すべき研究動向「生体環境インタラクション～生物とエクスポソームの相互作用の解明～」を特定した。

3. 令和 7 年 11 月に、文部科学省と JST は共催で、注目すべき研究動向「生体環境インタラクション～生物とエクスポソームの相互作用の解明～」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、
   （１）分野融合を進めつつ、どのようにトップサイエンスを生みだすか。
   （２）本戦略目標の全体として達成されうるサイエンスメリットは何か。この戦略目標の出口としてどのようなものが考えられるか。

等について議論を行い、ワークショップにおける議論や有識者ヒアリング等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

6-3. 閣議決定文書等における関係記載

「第 6 期科学技術・イノベーション基本計画」（令和 3 年 3 月 26 日閣議決定）
第 1 章基本的な考え方
３．Society 5.0 という未来社会の実現
(1) 我が国が目指す社会（Society 5.0）
① 国民の安全と安心を確保する持続可能で強靭な社会
（略）環境問題については、人間活動の増大が、地球環境へ大きな負荷をかけており、気候変動問題

や海洋プラスチックごみ問題、生物多様性の損失などの様々な形で地球環境の危機をもたらしている。今を生きる現世代のニーズを満たしつつ、将来の世代が豊かに生きていける社会を実現するためには、食品ロス問題をはじめとする従来型の大量生産・大量消費・大量廃棄の経済・社会システムや日常生活を見直し、少子高齢化や経済・社会の変化に対応した社会保障制度等の国内における課題の解決に向け、環境、経済、社会を調和させながら変革させていくことが不可欠となっている。

「健康・医療戦略」（令和 7 年 2 月 18 日閣議決定）
Ⅱ　現状と課題
２．１ 健康・医療をめぐる我が国の現状
（我が国の疾病構造）
（略）予防については、二次予防（疾病の早期発見、早期治療）、三次予防（疾病が発症した後、必要な治療を受け、機能の維持・回復を図るとともに再発・合併症を予防すること）にとどまらず、一次予防（生活習慣を改善して健康を増進し、生活習慣病等を予防するなど、病気の原因をもとから絶つ予防のこと。 この他、環境における危険因子の削減を目指す健康保護、病気の発生の予防を目指す疾病予防がある。）にも併せて取り組むべきであることが指摘されている。

7. その他

本戦略目標を達成するためには、非常に多種多様であり、かつ長い時間軸において変化するエクスポソームを測定し解析する上で、従来の方法論にとらわれない新しい発想に基づく研究の推進が不可欠である。そのためには、生命科学、医学、薬学、環境科学、農学、獣医学、工学、物質・材料科学、情報科学、分析学、社会科学等の多様な分野が相互に連携し、それぞれの知見や技術を単に持ち寄るにとどまらず、各分野の研究手法、評価軸を含めたより本質的なレベルでの融合を図ることが重要である。新しい科学的価値の創出と社会的課題の解決に資することを常に意識しながら、柔軟かつ戦略的に研究体制を構築していく必要がある。

また、本戦略目標に基づき創出される知見や技術は、栄養学、予防医学、創薬、オーダーメイド医療、環境保全、農業・食料供給システム、さらには都市設計や社会インフラの在り方にまで波及する可能性を有している。一方で、エクスポソーム研究の進展は、個人の健康リスクの可視化や世代を超えた影響の評価につながることから、倫理的・法的・社会的課題（ELSI）や責任ある研究・イノベーション（RRI）の観点を初期段階から踏まえつつ、社会との対話と双方向のコミュニケーションを継続的に行うことが不可欠である。研究成果の社会実装を見据えつつも、短期的な出口に過度に拘泥することなく、自由な発想に基づく基礎研究と、将来的な応用展開を視野に入れた研究の双方をバランスよく推進していく姿勢が求められる。

令和 7 年度戦略目標

1. 目標名

非連続な技術革新を目指す量子マテリアル研究

2. 概要

AI 技術等の急速な進展に伴うデータ処理の大規模化やエネルギー消費の急増等が問題となる中、非連続な技術革新が求められており、量子技術はその一手として世界的に研究開発が激化している。量子コンピュータや量子計測・センシング、量子通信等の量子技術は様々な応用が期待されているが、それらを支える基盤技術として量子マテリアルの研究があり、特に新奇な量子力学的機能を発現・制御するための技術が求められる。近年では広い分野に革新を起こす可能性を秘めた新規の量子マテリアルやその概念も出始めている。そこで量子マテリアルの物性や応用を見据えた基礎研究を通じて、様々な社会課題の解決に貢献する研究開発を推進する。

3. 趣旨

現在、カーボンニュートラルに向けた社会の変化、DX（デジタルトランスフォーメーション）の急速な進展等と相まって、量子コンピュータに代表される量子技術の発展は、ここ数年の大きな技術潮流を生み出している。量子技術とは粒子と波の二重性、重ね合わせ、量子もつれといった量子特有の性質を積極的に操作・制御、利活用する技術とされる。我が国では、令和 2 年に策定された「量子技術イノベーション戦略」以来、量子の主要技術領域を大きく 4 つに分類している。量子コンピュータ・量子シミュレーション、量子通信・暗号、量子計測・センシング、そして、量子的振る舞いが発現する環境を創り出す量子マテリアルである。量子マテリアルは、量子技術を支える基盤技術として研究開発が推進されてきた。近年広い分野に革新を起こすような新しい材料系や概念も現れてきており、新規機能を実現する次世代 ICT システムや革新的エネルギーデバイス等をはじめとした様々な応用の期待が高まってきている。このような流れの中、量子マテリアルの研究開発を推進することで、従来の延長線上にない非連続な技術革新が期待される。

量子マテリアルは、電子の運動やスピン等の量子状態を制御することで量子力学的機能を発現するが、量子状態の維持や制御、特に量子力学に従う数多くの要素が相互作用する量子多体系の制御は未踏である。量子性の発現には、物質設計に基づく内因的量子性、外場によって発動する外因的量子性がある。また限られた時間や条件で存在し機能発現する量子系を計測する技術も重要である。さらには量子力学やそれから派生した概念を活用し既存にない機能を発現しえる物質・材料、構造も新しい物質観を拓く対象となる。

本戦略目標は、量子マテリアルを「電子の運動やスピン等の量子状態を制御することで、量子機能が発現する物質・材料・構造」と捉え、広く新奇な量子力学的機能の発現と制御にかかる材料・物性研究等を推進するものである。

4. 達成目標

本戦略目標では、量子マテリアル研究を通じて広範な社会課題の解決につながるイノベーションへの貢献に向け、以下の研究目標の達成を目指す。

（1）量子マテリアルの量子状態発現・制御

新奇な量子力学的機能を発現するために、①対称性、②量子幾何学、③多体相関に起源を有する量子状態の制御を目指した研究を推進する。ただし、これらは本戦略目標策定時の課題設定例であり、研究進捗に伴って発見される新たな現象についても柔軟に取り入れる。

（2）量子マテリアルの高性能化

現行の量子マテリアルを用いた量子機能をさらに高性能化するために、最適な環境を構築するための材料研究開発や、量子マテリアル特有の機能を活用した高性能な量子デバイス・半導体デバイスの実現に寄与する材料の研究を推進する。加えて、現行の量子マテリアルを用いた量子機能をさらに高性能化する。

（3）量子マテリアルの計測・分析

量子マテリアル研究を活性化するために、時間、空間、温度等が制限された環境下で発現する量子現象をとらえる計測・分析技術の開発を推進する。

5. 見据えるべき将来の社会像

4.「達成目標」の実現を通じ、例えば誤り耐性量子コンピュータや超高感度量子センシング、次世代半導体技術等に活用が見込まれる革新的量子マテリアルの創出や基盤技術の進展が期待される。また高度な量子系の制御による新規量子マテリアルは、現在知られていない未知の物性、材料機能を発現する可能性を秘めている。これらの成果は、AI 技術等の進展に伴うデータ処理の大規模化やエネルギー消費の急増等が問題となる中、非連続な技術革新を巻き起こし、超スマート社会、自然と人が高度に共生する持続可能社会、健康長寿社会の実現に貢献し得ると期待される。

6. 参考

6-1. 国内外の研究動向

量子技術は、将来の我が国及び世界の経済・社会に大きな変革をもたらす革新的技術として期待されており、経済安全保障上も重要な技術である。量子マテリアル分野にも

世界的に研究開発資金が投じられている状況。

（国内動向）

日本学術振興会（JSPS） 科学研究費助成事業（科研費）学術変革領域研究（A） 「2.5次元物質科学」(令和3年度～令和7年度)、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)エネルギー・環境新技術先導研究プログラム「二次元材料の産業化に向けた革新的製造プロセスとデバイス作製基盤技術の開発」（令和 3 年度）において、二次元物質の物性研究や応用に向けた研究開発を実施。科学技術振興機構（JST） 戦略的創造研究推進事業 CREST「トポロジカル材料科学の構築による革新的材料・デバイスの創出」（平成 30 年度～令和 7 年度）で、トポロジカルな性質を利用した革新的機能を有する材料・デバイスが創出。同事業「ナノ物質を用いた半導体デバイス構造の活用基盤技術」(令和 5 年度～令和 12 年度）で、ナノフォトニクスにもつながる数々の成果が創出。

（国外動向）

米国では、United States Department of Energy (DOE)管轄のもと、Center for the Advancement of Topological Semimetals (CATS) が量子マテリアルに関する研究開発を牽引。トポロジカル材料のユニークな特性を活用、相関トポロジカル物質の発見、トポロジカル物質の応答制御・操作を 3 つのゴールに設定して、1,260 万ドルの継続的資金を獲得して研究を実施。

欧州では、「Horizon Europe」の下で、令和 3 年から令和 6 年の期間に量子技術の 177 件以上のプロジェクトに資金を提供し、累計投資額は 3 億 5,300 万ユーロに達すると総計されている。量子マテリアルに関しては、反強磁性スピントロニクスの実現を目指した「Antiferromagnetic spintronics (ASPIN)」や新規トポロジカル物質・トポロジカル物性の開拓を目指す「Topological Materials: New Fermions, Realization of Single Crystals and their Physical Properties (TOPMAT)」がある。また、ドイツではスピンカロリトロニクスに関する新規研究分野開拓を目指した「Spin Caloric Transport (SpinCAT)」、スキルミオンを含む実空間でのトポロジカルスピンソリトンを用いたデバイス開発等を行う「Topological Spin Phenomena in Real-Space for Applications (Skirmionics)」等が実施され多くの成果が創出。

中国では、北京量子信息科学研究院において 5 つの主要な研究分野の一つとして量子マテリアル・デバイスを位置づけ、トポロジカル半金属、強相関電子系、反強磁性スピントロニクス等、多岐に渡る研究が実施されている。精華大学では反強磁性スピントロニクスの研究を推進しており、National Science Foundation of China, Beijing Natural Science Foundation 等から公開されているだけでも総額 70 億円/年。

6-2. 検討の経緯

「戦略目標の策定の指針」（令和元年 7 月科学技術・学術審議会基礎研究振興部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

1. 我が国あるいは世界の基礎研究を始めとした研究動向について、科学計量学的手法を用いた論文分析や科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）の有する知見、科学技術・学術政策研究所（NISTEP）の各種調査結果、JST の有する過去の研究領域の評価結果や事業運営から得られた知見等を収集・蓄積し、研究動向を俯瞰した。

2. 上記情報収集の結果及び JST-CRDS 俯瞰ワークショップ報告書「量子マテリアル研究の最前線」(CRDS-FY2023-WR-05)、JST-CRDS 科学技術未来戦略ワークショップ報告書「量子マテリアル活用基盤技術の創出」(CRDS-FY2024-WR-06）や有識者インタビュー等を参考にして分析を進めた結果、量子産業や半導体産業の発展に資する量子マテリアル開発が重要であるとの認識を得て、注目すべき研究動向「革新的量子マテリアル開発研究」を特定した。

3. 令和 6 年 12 月に、文部科学省と JST は共催で、注目すべき研究動向「革新的量子マテリアル開発研究」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、量子マテリアルの定義や、取り組むべき研究領域や研究分野の活性化等について議論を行い、ワークショップにおける議論や有識者へのインタビュー等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

6-3. 閣議決定文書等における関係記載

「第 6 期科学技術・イノベーション基本計画」（令和 3 年 3 月 26 日閣議決定）

第 2 章 Society 5.0 の実現に向けた科学技術・イノベーション政策

1. 国民の安全と安心を確保する持続可能で強靭な社会への変革

(1) サイバー空間とフィジカル空間の融合による新たな価値の創出

(c) 具体的な取組

④ デジタル社会に対応した次世代インフラやデータ･AI 利活用技術の整備･研究開発

〇 国土全体に網の目のように張り巡らされた、省電力、高信頼、低遅延などの面でデータや AI の活用に適した次世代社会インフラを実現する。このため、5G/光ファイバの整備を進め、5G については、2023 年度末には 98%の地域をカバーし、光ファイバについては、2021 年度末には未整備世帯数が約 17 万世帯に減少すると見込まれる。さらに、宇宙システム（測位・通信・観測等）、地理空間（G 空間）情報、SINET、HPC（High-Performance Computing）

を含む次世代コンピューティング技術のソフト・ハード面での開発・整備、量子技術、半導体、ポスト 5G や Beyond 5G の研究開発に取り組む。

第 3 章 科学技術・イノベーション政策の推進体制の強化

2. 官民連携による分野別戦略の推進

③量子技術

量子技術は、我が国及び世界の社会、経済、産業、安全保障に大きな変革をもたらす可能性を秘めた革新的な技術である。近年、欧米や中国をはじめとする諸外国では、各国が巨額の投資と大型の研究開発に取り組むなど、将来の覇権をかけた国家間・企業間競争が激化しており、我が国においても量子技術の研究開発や社会実装に向けた戦略的な取組が求められている。

このため、第 6 期基本計画期間中は、「量子技術イノベーション戦略」に基づき、量子コンピュータ、量子計測・センシング、量子通信・暗号等をはじめとする主要技術に関する研究開発の抜本的強化、量子技術イノベーション拠点の形成、国際協力の促進、戦略的な知的財産マネジメントと国際標準化、優秀な人材の育成に加え、既存技術と組み合わせることによる短中期での実用化も含めた、量子技術の産業・社会での利活用の促進等、基礎基盤的な研究開発から社会実装に至る幅広い取組を、我が国の産学官の総力を結集して協力に推進する。

「量子技術イノベーション戦略」(令和 2 年 1 月 21 日統合イノベーション戦略推進会議決定)

IV. 量子技術イノベーション実現に向けた５つの戦略

1. 技術開発戦略 (1)主要技術領域

・量子技術の基盤となる技術領域として、以下の４つを「主要技術領域」として設定する。

・量子コンピュータ・量子シミュレーション

・量子計測・センシング

・量子通信・暗号

・量子マテリアル（量子物性・材料）

・量子技術は、今後の飛躍的な発展が見込まれる一方、未だ基礎研究段階にある技術領域が多く、我が国の技術・人材等の厚みを増す観点からも、幅広い領域を対象として中長期的視野に立ったサイエンスベース（基礎研究段階）での研究開発等を着実に推進していくことが極めて重要である。

7. その他

量子マテリアル分野は、現在進行形で新しい現象、物性、概念等がうち出されており、多様な人材により挑戦的な研究を進めることが重要である。そのため広く若手研究者が挑戦的・独創的な研究を推進できる領域となることが望ましい。また量子マテリアル研究の推進には、国際的な連携や異分野連携は必須の要素であり、学会等にてシンポジウム講演や特別セッション等を設定することで潜在的な応募者への宣伝や連携の促進等を行うことを期待する。

また、本戦略目標の実現においては、上記 6.（国内動向）に示した量子マテリアル関係の戦略目標に加えて、令和 4 年度戦略目標「量子情報と量子物性の融合による革新的量子制御技術の創成」等、現行の戦略目標で実施している研究と密接に連携・情報共有することにより、新たな研究進展や成果創出の加速を促すことが望まれる。

令和 7 年度戦略目標

1. 目標名

ゆらぎの制御・活用による革新的マテリアルの創出

2. 概要

材料における空間的・時間的なゆらぎは、機能・特性を決定付ける重要な因子の一つである。近年の材料科学を取り巻く計測技術、計算科学等の急速な発展により、従来、困難であったゆらぎを捉えることが可能になりつつある。本戦略目標では、計測・計算、プロセス技術、データ駆動研究等を融合することで、ゆらぎを制御・活用した革新的なマテリアルの創出を目指す。従来の延長線上にあるゆらぎの理解を超えた、ゆらぎの材料科学的な学理を構築し、ゆらぎを用いた材料設計指針を進化させることで、多様な社会課題解決に貢献する革新的マテリアルの創出を目指す。

3. 趣旨

持続可能な社会の実現に向けて、資源制約や環境規制への対処が求められている。また、経済安全保障の重要性が高まる中、原料の特定少数国・地域への依存を超克したものづくりも必要である。このような社会的背景において、材料に要求される機能や役割は急速に高度化・多様化しており、これらの課題に対応する新たな材料・デバイスが求められている。

材料の機能・特性を決定付ける重要因子の一つとして、「ゆらぎ」がある。本目標においては、材料におけるゆらぎとして、空間的ゆらぎ及び時間的ゆらぎを対象とする。

【補足】本戦略目標では上記のゆらぎとして、構造、欠陥、組成、イオン、分子、配向等の不均一、非平衡、ダイナミクス等を想定する。例えば、有機材料では、分子の構造や配向等が対象。また、無機材料では、原子変位や点欠陥等が対象。金属材料では、相分解や転位等の結晶欠陥等が対象。

従来、有機・無機・金属等様々な材料において内在するゆらぎを利用し機能・特性の向上が行われてきた。また、限られた元素からなる材料においてもゆらぎを利用することで、資源・環境制約に捉われず、社会が求める性能を持つ材料・デバイスの創出が見込まれる。

一方で、ゆらぎは材料全体の平均として捉えられることやゆらぎの導入、プロセス（ダイナミクス）が不明確であること、計算科学においてはゆらぎが考慮されていないことなど、十分な学理がない中で材料の設計に利用されてきた側面もある。

昨今のマテリアル分野を取り巻く計測技術や計算科学等の急速な発展により、ゆらぎを捉える技術が大きく向上している。大型実験施設（SPring-8、SACLA、J-PARC 等）や電子顕微鏡・走査型プローブ顕微鏡等によるオペランド計測等の分析・計測技術、解析

技術が進展しているとともに、マルチスケール・マルチモーダル計測も進展してきた。また、計算機能力・計算手法の発展も目覚ましく、均一体・完全結晶を対象にした材料研究も世界各国で競争的に取り組まれていることに加え、ゆらぎを加味した材料のモデリング・シミュレーションも可能になりつつある。このように各種技術が発展しつつある今こそ、ゆらぎの材料科学的な学理を構築し、世界に先んじたゆらぎの制御・活用基盤を構築する必要がある。加えて、これらの制御・活用基盤を活用し、ゆらぎを材料・デバイスに組み込むためには、設計・プロセス技術の確立も必要である。

以上より、本戦略目標では多様な社会課題にいち早く対応できる材料・デバイスの創出に向け、ゆらぎによる機能・特性の発現メカニズムを解明し、ゆらぎの材料科学的な学理構築につなげる。また、世界に先んじてゆらぎを材料・デバイスに活用するための計測・計算、プロセス技術の確立、データ駆動の進化など、材料の設計指針を進化させるとともに、従来の機能・特性を超越した多様な社会課題に貢献する革新的マテリアルの創出を目指す。

4. 達成目標

本戦略目標では、計測技術や計算科学など、ゆらぎを捉える技術が発展する中で、機能・特性発現において重要な因子の一つである材料中のゆらぎを理解し、ゆらぎの材料科学的な学理構築につなげるとともに、材料設計指針を進化させ、革新的なマテリアルの創出を目指す。具体的には、以下の達成を目指す。

(1) ゆらぎを制御・活用した革新的機能・特性を有する材料とデバイスの創出

ゆらぎの材料科学的な学理を構築し、ゆらぎを制御・活用した材料の設計指針の確立を目指す。また、従来の材料開発の既成概念を超えた革新的機能・特性を有する材料とデバイスの創出を目指す。これを達成する上では、後述の (2) (3) (4) の活用も必要である。

(2) 先進計測や計算機シミュレーション等の高度化

材料に内在するゆらぎを捉え理解するための、様々な環境下でのその場観察や動作中のデバイスでのオペランド計測技術の更なる発展を目指す。また、ゆらぎが材料に及ぼす影響を正確に捉えるための、原子・分子から実材料スケールまでのマルチスケールでの計測技術に加え、マルチモーダル計測技術の発展を目指す。加えて、計算機シミュレーションにおいて、第一原理計算や大規模分子動力学計算など、計算科学の手法にゆらぎを導入するための技術開発を目指す。

(3) 高度プロセス技術の確立

ゆらぎを制御・活用し、材料設計をするための、先端計測や計算機シミュレーション

から予測された機能・特性を再現するプロセス技術の開発、ゆらぎを導入するプロセス技術の開発（先進計測や計算シミュレーションとの融合も含む）を目指す。

（4）データ科学・計算科学におけるゆらぎの概念の導入とモデル化

材料開発の進化に向けてゆらぎを特徴量として導入したデータ駆動型研究を確立するため、材料・デバイス中におけるゆらぎを特徴量として導入したデータ蓄積、数理科学との融合等によるゆらぎのモデリング技術の確立や機械学習モデルの構築を目指す。

5. 見据えるべき将来の社会像

4.「達成目標」の実現を通じて、最先端の材料・デバイス設計に展開可能なゆらぎの基礎学理の構築、ゆらぎを取り入れた設計指針に基づいた革新的機能・特性を有する材料とデバイスの創出、ゆらぎを取り入れたデータ蓄積・モデル化によるデータ駆動型研究の確立、ゆらぎの先進計測技術の高度化、大規模シミュレーション手法の進化、ゆらぎを制御する材料創成プロセスの進化等が期待される。このような要素技術の開発とその連携により、ゆらぎを制御・活用したマテリアルの開発基盤が確立される。また、マテリアル分野の研究開発の進展にとどまらず、我が国の強みであるマテリアル産業の更なる活性化にも貢献し得る。さらに、ゆらぎの制御・活用により、多様な社会課題（持続可能社会、経済安全保障、人類の Well-being 等）に貢献する革新的マテリアルの開発・社会実装を加速し、我が国独自のマテリアル調達や、希少資源の代替、環境への負荷が小さい従来の機能・特性を超越した材料の開発と生産の基盤構築に貢献する。

6. 参考

6-1. 国内外の研究動向

ノーベル賞受賞にもつながった革新的なマテリアルを多数創出してきたマテリアル分野、最先端の大型研究施設をはじめとした計測技術等は我が国の強みである。一方、マテリアル分野におけるデータ駆動型研究開発をはじめとして、マテリアルの研究開発が人材を含めた投資規模と比例する状況にある。国外では、関連分野への大規模な投資が実行され、研究開発が活発化していることを踏まえると、我が国でも戦略的に取り組む必要がある。

（国内動向）

関連事業として、科学技術振興機構（JST）戦略的創造研究推進事業 CREST「ナノスケール動的挙動の理解に基づく力学特性発現機構の解明」（令和元年度～令和 8 年度）、さきがけ 「自在配列と機能」（令和 2 年度～令和 7 年度）、CREST「未踏探索空間における革新的物質の開発」（令和 3 年度～令和 10 年度）、日本学術振興会（JSPS）科学研究費助成事業（科研費）新学術領域（A）「超秩序構造が創造する物性科学」（令和 2 年度

～令和 6 年度)「散乱・揺らぎ場の包括的理解と透視の科学」(令和 2 年度～令和 6 年度)等があり、ゆらぎの制御・活用に係る研究の土壌ができつつある。また、文部科学省「データ創出・活用型マテリアル研究開発プロジェクト（DxMT)」等によって、均一系材料や完全結晶に関するデータの蓄積・活用が進められている。

（国外動向）

米国では、National Science Foundation（NSF）プログラムである「Condensed Matter and Materials Theory(CMMT)」において、マテリアル分野のデータ駆動型研究における予測理論とモデリングの開発に取り組んでおり、ゆらぎに関連する分野（非平衡、欠陥、転移、ゲル、ガラス、ゆらぎ材料）が一部含まれている。

6-2. 検討の経緯

「戦略目標の策定の指針」(令和元年 7 月科学技術・学術審議会基礎研究振興部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

1. 科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）の有する知見、科学技術・学術政策研究所（NISTEP）の各種調査結果、各種政策文書を収集・蓄積し、研究動向を俯瞰した。

2. 上記の結果及びJST-CRDS研究開発の俯瞰報告書　ナノテクノロジー・材料分野(2024年)、JST-CRDS 俯瞰ワークショップ報告書「マテリアル設計の未来戦略」、有識者ヒアリング等を参考にして分析を進めた結果、近年の材料科学を取り巻く計測技術、計算科学等の急速な発展により、従来まで困難であったゆらぎを捉えることが可能になりつつあることが分かった。また、持続可能社会、経済安全保障、人類の Well-being 等多様な社会課題の対応にあたって、ゆらぎを制御・活用することで革新的なマテリアルの創出を目指すことが必要であるとの認識を得て、注目すべき研究動向「ゆらぎの制御・活用による革新的マテリアルの創出」を特定した。

3. 令和 6 年 11 月に、文部科学省は、注目すべき研究動向「ゆらぎの制御・活用による革新的マテリアルの創出」に関係する産学官の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、強化すべき研究分野や追及する学理、国内・国外の動向、想定される研究内容・成果のイメージやそれらの学術的・社会的インパクトや波及効果等について議論を行い、ワークショップにおける議論や有識者へのインタビュー等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

6-3. 閣議決定文書等における関係記載

「第 6 期科学技術・イノベーション基本計画」(令和 3 年 3 月 26 日閣議決定）(抄)

第 3 章　科学技術・イノベーション政策の推進体制の強化

２．官民連携による分野別戦略の推進

④マテリアル

（略）

第 6 期計画期間中は、「マテリアル革新力強化戦略」に基づき、国内に多様な研究者や企業が数多く存在し、世界最高レベルの研究開発基盤を有している強みを生かし、産学官の共有ビジョンの下、産学官共創による迅速な社会実装、データ駆動型研究開発基盤の整備と物事の本質の追及による新たな価値の創出、人事材育成等の持続発展性の確保等、戦略に掲げられた取組を強力に推進する。

「マテリアル革新力強化戦略」（令和 3 年 4 月 27 日統合イノベーション戦略推進会議決定）（抄）

第 5 章．アクションプラン

1．革新的マテリアルの開発と迅速な社会実装

【目標】重要なマテリアル技術・実装領域での戦略的研究開発の推進

（2）具体的取組

- ✓ マテリアルが社会課題解決や産業競争力強化に資する重要な技術領域において、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）や科学技術振興機構（JST）等を通じた、国内外・産学官の英知を結集したプロジェクトを推進
- ✓ 中長期的な観点から、基礎基盤研究・実装領域での戦略的研究を支援。競争的研究費改革や資金配分機関間の連携を適切に進め、戦略型研究と創発型研究の双方を充実
- ✓ サイエンスに基づくボトルネック課題のブレークスルーをもたらす新たな手法や技術シーズの創出、革新的マテリアルと既存技術の組み合わせによる飛躍的な性能向上、次世代スピントロニクス技術等の新たな原理・発想に基づく革新的技術の創出等、脱炭素化に向けた革新的技術シーズ創出のための研究開発を加速

（略）

② フォアキャスト型研究で取り組むべき技術領域の例

- ✓ 研究開発手法の革新のための、表面・界面・粒界制御、反応制御、原子・分子の自在制御等の「物質と機能の設計・制御技術」や、マテリアルデータの構造化、ハイスループット技術、高度な計測、分析、加工、精密プロセス技術、スマートラボラトリ化、安全性・信頼性・リスク評価等の「マテリアルの共通基盤技術」

7. その他

本戦略目標では、多様な材料・デバイスにおけるゆらぎの材料科学的な学理を構築し、社会課題の解決に貢献する革新的マテリアルを創出することを目的としている。ゆらぎに関する研究は基礎物理や生物化学分野等で学理構築が先行しているものもある。また、ゆらぎを理解して材料研究に適用するためには数理科学や情報科学等といった材料科学以外の分野との連携も重要である。以上より、本戦略目標を強力に推進する際には材料研究者に加えて異分野の知見・技術を融合させることが必要不可欠である。

領域設定の留意点として、上記 4.（達成目標）の（2）～（4）の各要素の研究者が緊密に連携しつつ、(1）の「ゆらぎを制御・活用した革新的機能・特性を有する材料とデバイスの創出」を各研究課題共通の目標とする構造とすること、さらに領域として材料種を超えたゆらぎに対する新たな学理の構築することを期待する。また、「非連続な技術革新を目指す量子マテリアル研究」の戦略目標も設定されることから、2 つの領域の成果によるシナジーが期待される。加えて、本戦略目標の実現においては、上記 6.（国内動向）に示したナノテクノロジー・材料関係の関連した研究や各関連学会と密接に連携・情報共有することにより、新たな研究進展や成果創出の加速を促すことが望まれる。

令和６年度戦略目標

1. 目標名

選択の物質科学～持続可能な発展型社会に貢献する新学理の構築～

2. 概要

持続可能な発展型社会の実現には循環経済への移行が重要視されており、従来のモノづくり・物質循環の在り方にも変革が求められている。本戦略目標では、モノづくり・物質循環のパラダイムシフトに大きく寄与する学術分野として「選択」と「多機能制御」を追求する物質科学に注目する。これらの追究により、資源制約・環境規制から脱却した高機能マテリアルや超高エネルギー効率/資源効率を達成する循環・プロセス技術を創出するとともに、これらの技術を、エネルギー、LCA といった社会学的な観点などを含む多様な視点で高度に分析・評価するためのプラットフォームを構築することで、実環境にある多様な物質が混在した複雑・混合系からのモノづくり・物質循環の技術基盤の確立を目指す。(300 字以下)。

3. 趣旨

持続可能な社会の実現へ向け、「大量生産・大量消費・大量廃棄」型の経済社会から脱却し、循環経済（サーキュラーエコノミー）を確立する必要性が大きくクローズアップされている。近年、世界的環境規制強化(欧州 ELV 指令、PFAS 規制等)や資源枯渇・調達リスクが増大しており、経済安全保障の観点からも、種々の制約に対応した国内の物質循環システムの自律化・強靭化が求められている。また、これら複雑化する社会課題に対応しつつ、社会全体としては発展・成長を続け、新たな価値を生み出すこと（「持続可能な“発展型”社会」）が求められている。持続可能な発展型社会を見据えた場合、単なる資源の循環にとどまらず、高機能な素材としての再生（リソーシング・アップグレード）を可能とするような循環システムの構築が重要と考えられる。同時に、機能・性能の価値基準だけでなく、新たに経済合理性と環境適合性を両立するモノづくり・物質循環の発展も重要と考えられる。

これらのことは、我々の生活を取り巻く製品（モノ）が多種多様な物質・材料から構成されている中、その製品や利用する物質・材料として何を「選択」し、資源の循環と社会の成長を両立させるべきかについての問いを投げかけている。つまり、持続可能な発展型社会を実現する上で、物質・材料を高度に利用し循環させるための「選択」的な生成・分離・回収・変換などの精緻なメカニズム解明や革新的技術の確立、実社会での循環可能性等の検証を進めることが必要である。その際、複数のモノが複雑なシステムの中で混在していることから、一つの要素だけではなく多数の異なる要素を理解し、それらの要素にそれぞれ対応しコントロールする、「多機能制御」が重要である。この「選択」・「多機能制御」は、化学、物理学、生物学、各工学分野、人文科学分野等の幅広い分野で共通のキーワードであり、持続可能な発展型社会を実現する上で重要な物質循環を達成するために、重要な基本概念である。

以上より、本戦略目標では、学術分野として「選択」と「多機能制御」を追求する物質科学に注目するとともに、実環境にある物質循環とそこからのモノづくりのボトルネック課題を抽出し、複雑・混合系に関わる対象領域を開拓する。特に、資源制約・環境規制から脱却した高機能マテリアルの創製や超高エネルギー効率/資源効率を達成する多機能性を活用した循環・プロセス技術の創出を目的とする。このため、原子・分子レベルの相互作用やナノ反応場、相界面、外場、生物などを利用/融合し、また、資源制約や環境規制を考慮した、選択と多機能制御を追求する学理を構築し、複雑現象の多元的な理解と制御のもと、複雑な構造・エネルギー状態・非平衡性を選択的に精密制御可能な循環・プロセス技術を創出することを目指す。また、実環境にある様々な要素から持続可能な発展型社会の実現に必要な最適解を見出すため、物質循環技術の高度な分析・評価を可能とするプラットフォームの構築を目指す。加えて、モノづくり・物質循環の間の融合を進めることで、物質循環は最先端・新規モノづくりのインフラであるという認識を研究者間で共有し、既存のモノづくり・物質循環のアプローチや概念を刷新し得る基礎学術を体系化することを目的とする。

4. 達成目標

本戦略目標では、材料・プロセス性能だけでない新たな価値基準のもと、持続可能な発展型社会に資する複雑・混合系からのモノづくり・物質循環を実現するため、これらの基盤となる「選択」と「多機能制御」を追求する物質科学の確立を目指す。具体的には、マテリアル創製、循環・プロセス技術、システム設計・評価の各項目について以下の達成を目指す。

（1） 資源制約・環境規制から脱却した高機能マテリアルの創出

発展的持続可能性の前提条件の下、元素戦略的な観点から資源制約がなく、低環境負荷かつ高機能なマテリアルを創出する。例えば、複雑系材料のリソーシング・アップグレード、不純物を含む再生材の理解・制御による高機能材料の創製、選択的反応・構造制御による未踏多機能性物質の創製、多元素・複雑系材料による圧倒的な機能創出、非平衡性の制御による高機能材料や準安定物質の選択合成、易分解性材料の創出、可逆的接合界面の設計、超長寿命材料の創製、生分解性マテリアルの高機能化などが挙げられる。また、計算科学・情報科学（機械学習、AI、シミュレーション等）、先進実験手法（その場計測、ロボット等による自動化）を積極的に活用し、効率的な研究開発を推進する。

（2）超高エネルギー効率/資源効率を達成する循環・プロセス技術の創出

実環境にあるような複雑・混合系の学術的理解を深めるとともに、循環プロセスの高度化、高選択性かつ多機能性を持つ新規マテリアル創製・変換・分離・回収法の開発を進め、生成・処理量と選択性のトレードオフに見られるような従来困難であった「相反する特性の両立」を実現する。これにより、省エネルギー・高精度な物質循環を目指す。循環システム全体で超高エネルギー効率/資源効率を達成するための循環・プロセス技術として、例えば、反応選択的な（外場駆動型）多機能プロセス技術、未使用エネルギーの別システムへの積極利用による高効率プロセス技術、未利用資源の効率的活用・再資源化の技術、混合物からの選択的かつ高効率な分離

回収技術、大量利用されている基盤素材のリサイクル技術、環境親和性の高い循環・プロセス技術などが挙げられる。

(3) 物質循環技術を高度に分析・評価するためのシステム設計・評価プラットフォームの構築

循環・プロセス技術の高度な予測・診断・解析技術や複雑系における非平衡熱力学、ダイナミクスに関する理論モデルの構築に加え、コスト、エネルギー、LCA といった社会科学的な観点を含む多様な視点での評価法など、物質循環技術を分析・評価するためのプラットフォームを構築し、全体最適化による新しい材料・プロセス技術の価値基準を確立する。例えば、種々の循環・プロセス技術の優位性を多面的（社会科学的な観点も含む）・定量的にサイクル全体で評価する手法の確立、選択性・多機能性を設計・解析するための原子・分子スケールの精密分析法の開発、複雑・混合系の理論解析モデルの構築などが挙げられる。

5. 見据えるべき将来の社会像

4.「達成目標」の実現を通じ、高度なモノづくり・物質循環技術として、例えば、ありふれた元素を用いた高機能代替材料の開発、複雑・混合系からの最先端・新機能材料の創製、超省エネルギー分離による高付加価値な元素・有用物質の回収再利用、精緻で選択的な分離による高価値な材料とその機能の再活用、環境負荷低減・再利用を事前に考慮したマテリアル設計による永続的な物質循環、複数プロセスの融合による超効率アップサイクル技術、計算科学や AI を活用した物質・材料創製、循環プロセスの高度な予測・診断・評価による迅速な社会実装などとしての活用が期待できる。これにより、サーキュラーエコノミー実現への貢献や人類の Well-being と経済性との両立への寄与だけでなく、国内の物質循環システムの自律化・強靭化と経済安全保障リスクの低減、我が国の強みである最先端マテリアル産業の更なる活性化、国内産業の中長期的な競争力の強化にも貢献できる。

6. 参考

6-1. 国内外の研究動向

我が国は元来、材料創製関連の研究開発および産業に強みを有している。また、多孔性分離吸着材料や非熱駆動型の分離膜、プラスチック資源循環技術など循環技術でも世界トップの技術がある。一方、近年は関連分野において、日本の論文数、研究者数の減少が見られ、2050 年に中心的活躍が期待される次世代人材の育成、産業界への人材供給の面で課題もある（関連学会での会員数減少、各大学での関連学科の縮小傾向）。一方、国外では、関連分野への大規模な投資や産業政策が実行されており、研究開発が急激に活発化している。

（国内動向）

関連事業として、JST CREST「革新的触媒」、CREST 「革新的反応」、 CREST 「分解と安定化」、さきがけ「調和物質変換」、ERATO「野崎樹脂分解触媒」などがあり、持続可能な発展型社会に貢献する重要な関連要素技術（反応、触媒、分解等）が進展している。特に、CREST 「分解と安定

化」は、従来型の高機能・最先端を目指したモノづくりに対して、循環利用や環境配慮の重要性を提言するもので、主に高分子関連の循環技術の開発が進められている。また、CREST「未踏物質探索」では、物質探索域を複合化・多元素化・準安定相等に拡張することで、複雑・混合系に対する物質創製の基盤が確立しつつある。

応用物理学会、化学工学会、日本化学会、高分子学会などの学会でも資源循環やグリーントランスフォーメーションに関するシンポジウムが数多く開催されており、持続可能な発展型社会に貢献する物質・材料創製や循環・プロセス技術に関する研究開発は近年ますます盛んに行われている。

（国外動向）

循環経済の考え方は世界中で主流になりつつあり、諸外国でも関連技術の研究開発が活発に行われている。米国では希少鉱物に関する大統領令が多数発令され、希少元素のサプライチェーン強化に向けた研究開発プロジェクトが進められている。また、CO_2 をはじめとするガス分離技術への投資も盛んで研究開発も活発になっている。欧州でも、フレームワークプログラム Horizon 2020、Horizon Europe を通じて希少元素の持続可能な供給の促進、資源循環効率の向上を掲げたプロジェクトや、反応分離プロセスに関する研究など多数推進している。中国では、関連研究分野での学術論文発表件数の世界シェアが高く、新製品、新材料、新技術の研究開発と産業化を目指した取組も活発化している。

6-2. 検討の経緯

「戦略目標の策定の指針」（令和元年７月科学技術・学術審議会基礎研究振興部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

1. 科学研究費助成事業データベース等を用いた国内の研究動向に関する分析及び研究論文データベースの分析資料を基に、科学技術・学術政策研究所科学技術予測センターの専門家ネットワークに参画している専門家や科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）の各分野ユニット、日本医療研究開発機構（AMED）のプログラムディレクター等を対象として、注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。

2. 上記アンケートの結果及び JST-CRDS 戦略プロポーザル「分離工学イノベーション」、「環境調和型プラスチック戦略」、「物質循環を目指した複合構造の生成・分解制御」、「材料創製技術を革新するプロセス科学基盤」等を参考にして分析を進めた結果、持続可能な発展型社会を実現するためには、実環境である複雑・混合系を理解し制御することや環境規制・資源制約の下で高機能材料を創製することが重要であることが明らかとなった。また、日本の強みであるモノづくり要素技術や先端素材産業分野での国際的プレゼンスを確固たるものにするため、複雑・混合系からのモノづくり・物質循環を目指す研究を加速することが必要

であるとの認識を得て、注目すべき研究動向「(仮) 選択の物質科学 ～持続可能な発展型社会に貢献する新学理の構築～」を特定した。

3. 令和５年 12 月に、文部科学省は、注目すべき研究動向「(仮) 選択の物質科学～持続可能な発展型社会に貢献する新学理の構築～」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、持続可能な発展型社会に必須で未開拓な領域、技術課題注目すべき国内・国外の動向、想定される研究内容・成果のイメージやそれらの学術的・社会的インパクトや波及効果等について議論を行い、ワークショップにおける議論や有識者へのインタビュー、アンケート等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

6-3. 閣議決定文書等における関係記載

「第 6 期科学技術・イノベーション基本計画」(令和 3 年 3 月 26 日閣議決定) (抄)

第 2 章　Society 5.0 の実現に向けた科学技術・イノベーション政策

1. 国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革

(1) 地球規模課題の克服に向けた社会変革と非連続なイノベーションの推進

(c) 具体的な取組

① 革新的環境イノベーション技術の研究開発・低コスト化の促進

〇循環経済への移行に向けて、環境配慮型の設計推進、使用済製品の選別効率化等の高度リサイクル基盤技術開発、海洋生分解性プラスチック等環境負荷の低い革新素材の研究開発やイノベーション推進のための投資等を推進する。

「マテリアル革新力強化戦略」(令和 3 年 4 月 27 日統合イノベーション戦略推進会議決定) (抄)

第 5 章. アクションプラン

1. 革新的マテリアルの開発と迅速な社会実装

【目標】重要なマテリアル技術・実装領域での戦略的研究開発の推進

(2) 具体的取組

- ✓ マテリアルが社会課題解決や産業競争力強化に資する重要な技術領域において、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) や科学技術振興機構 (JST) 等を通じた、国内外・産学官の英知を結集したプロジェクトを推進
- ✓ 中長期的な観点から、基礎基盤研究・実装領域での戦略的研究を支援。競争的研究費改革や資金配分機関間の連携を適切に進め、戦略型研究と創発型研究の双方を充実
- ✓ サイエンスに基づくボトルネック課題のブレークスルーをもたらす新たな手法や技術シーズの創出、革新的マテリアルと既存技術の組み合わせによる飛躍的な性能向上、次世代スピントロニクス技術等の新たな原理・発想に基づく革新的技術の創出等、脱炭素化に向けた革新的技術シーズ創出のための研究開発を加速

【目標】サーキュラーエコノミーの実現

（2）具体的取組

①「プラスチック資源循環戦略」におけるマイルストーン達成に必要なルール及び社会インフラ環境の整備

- ✓ リサイクル可能な材料・製品設計
  リユース・リサイクルを前提とした材料・製品設計技術（モノマテリアル）の確立及び製品設計指針の策定
- ✓ 環境負荷低減材料の導入
  代替材料（再生材・バイオマス材・生分解性材等）の技術及び評価方法の確立並びに利用を促すための政府率先調達等での需要喚起を実施

② サーキュラーエコノミー実現のための技術開発・社会実装の促進

- ✓ プラスチックリサイクル技術の開発・実装
  カーボンニュートラルとの両立を図るためのマテリアルリサイクル・ケミカルリサイクル技術の効率化・高度化を実施
- ✓ リユース・リサイクルを前提とした材料・製品設計技術（マルチマテリアル、接着、内容物の分離、印刷、劣化抑制等）及びそのトレース技術（識別・承認、追跡等）
- ✓ 製造過程での環境負荷を低減した材料、未使用資源（建設副産物等）を有効利用した材料の技術開発と実装推進（品質評価、設計施工マニュアル等）
- ✓ 雑電線を始めとする低品位スクラップの有効利用に向けた技術開発・設備導入支援

【目標】資源制約の克服

（2）具体的取組

② 代替・省資源化・リサイクル等の技術開発

- ✓ 希少元素の特異な機能を、豊富に存在する元素で置き換える元素代替を目指した研究開発の実施

「2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略」（令和 3 年 6 月 内閣官房他）

4. 重要分野における「実行計画」

（13）資源循環関連産業

リデュース、リユース、リサイクル、リニューアブルについては、法律や計画整備により技術開発・社会実装を後押ししている。廃棄物発電・熱利用、バイオガス利用については、既に商用フェーズに入っており普及や高度化が進んでいる。今後、これらの取組について、「国・地方脱炭素実現会議」等における議論を踏まえつつ、技術の高度化、設備の整備、低コスト化等により更なる推進を図る。循環経済への移行も進めつつ、2050 年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする。

7. その他

本戦略目標は、応用・開発研究の土台となる複雑・混合系からのモノづくり・物質循環を実現する基礎学理を構築することを目的としており、応用研究事業として国内で進められている JST ALCA-Next「資源循環」、ムーンショット目標 4「2050 年までに、地球環境再生に向けた持続可能な資源循環を実現」、 開発研究として NEDO「高効率な資源循環システムを構築するためのリサイクル技術の研究開発事業」などの関連施策や各関連学会との緊密な連携が期待される。また、領域設定の留意点として、材料・化学、環境・エネルギー、バイオ、機械、エレクトロニクス、原子力、地質・海洋、社会システム、経済など多分野の研究人材が知識やアイデアを共有し合うことによる連携・融合を進め、新しい科学技術が生まれる構造を醸成することが期待される。本戦略目標は困難かつ最重要社会課題を対象としているため、研究者の持つ学術的好奇心と応用への方向性を合致させる仕組み、目標を共有するための場の形成など事業運営側からの様々なアプローチも期待される。