

平成 28 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 28 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 28 年度発足の新規 CREST、さきがけ、ACT-I 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 28 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 光の特性を活用した生命機能の時空間制御技術の開発と応用	かげやま りょういちろう 影山 龍一郎 (京都大学 教授)	「生命科学分野における光操作技術の開発とそれを用いた生命機能メカニズムの解明」(平成 28 年度)
さきがけ 生命機能メカニズム解明のための光操作技術	しちだ よしのり 七田 芳則 (京都大学 教授)	「生命科学分野における光操作技術の開発とそれを用いた生命機能メカニズムの解明」(平成 28 年度)
CREST・さきがけ複合領域 計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント情報・解析手法の開発と応用	あめみや よしゆき 雨宮 慶幸 (東京大学 教授) きたがわ げんしろう 北川 源四郎 (副研究総括) (情報・システム研究機構 機構長)	「材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合」(平成 28 年度)
CREST 量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出	あらかわ やすひこ 荒川 泰彦 (東京大学 教授)	「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」(平成 28 年度)
さきがけ 量子の状態制御と機能化	いとう こうへい 伊藤 公平 (慶應義塾大学 教授)	「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」(平成 28 年度)
CREST イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化	えとう みのる 栄藤 稔 (株式会社 NTT ドコモ 執行役員)	「急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出」(平成 28 年度)
さきがけ 新しい社会システムデザインに向けた情報基盤技術の創出	くろはし きだお 黒橋 禎夫 (京都大学 教授)	「急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出」(平成 28 年度)

<p><u>ACT-I</u> 情報と未来</p>	<p>ごとう まさたか 後藤 真孝 (産業技術総合研究所 首席研究員)</p>	<p>「急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出」(平成 28 年度)</p> <p>「人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発」(平成 26 年度)</p> <p>「分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化」(平成 25 年度)</p>
-------------------------------	--	---

(別紙)

研究領域及び研究総括の設定の手順及び理由

1. 研究領域及び研究総括の設定のための事前評価の項目及び評価者

事前評価は、「戦略的創造研究推進事業(社会技術研究開発及び先端的低炭素化開発を除く。)の実施に関する規則」に基づき行いました。公募型研究に係る研究領域及び研究総括の事前評価の項目及び評価者は以下のとおりです。

(1) 事前評価の項目

(ア) 研究領域

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

(イ) 研究総括

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

(2) 評価者

研究主監会議が評価を行う。

◆研究主監会議 名簿 (平成 28 年 5 月現在)

	氏名(敬称略)	所属
議長	山本 嘉則	東北大学 原子分子材料科学高等研究機構 特別研究顧問
	有川 節夫	九州大学 名誉教授
	笹月 健彦	九州大学 高等研究院 特別主幹教授
	辻 篤子	朝日新聞社 記者
	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 27 年 9 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 46 人が、延べ 107 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 24 万人、国内外文献の書誌情報約 3,651 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、過去のファンド状況や評価者としての活動状況などを確認。
- (エ) 上記の事前調査の進捗を、戦略目標毎に定めた担当研究主監に報告し、議論を深めました。
- (オ) 文部科学省からの戦略目標の正式通知(平成 28 年 3 月 23 日付及び平成 28 年 5 月 19 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 28 年 4 月 5 日及び 5 月 20 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 27 年 4 月 11 日及び 5 月 31 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 28 年 5 月現在のものです)

3-1 戦略目標「生命科学分野における光操作技術の開発とそれを用いた生命機能メカニズムの解明」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 『光の特性を活用した生命機能の時空間制御技術の開発と応用』(CREST)

(1) 研究領域の概要

本研究領域では、光操作技術の開発および応用による生命機能の高度理解と制御を目的とします。

近年、オプトジェネティクスなどの光操作技術の進展により、生命科学研究のあり方が大きく変わろうとしています。これらの技術は、高い時空間分解能での機能制御を特徴とすることから、生命機能の理解に飛躍的な進展をもたらしつつあります。光の特性を活かした生命機能の制御技術は、可逆性・即時性などの他にない技術特性等からも今後は多様な分野への急速な展開が予想されます。

一方で、これらの技術は生命機能の解明に向けて決して万能とは言えません。例えば、光源毒性による生体への影響や因子導入による機能障害、さらには光タンパク質の精密制御など、技術が浸透しつつある現在もなお多数の課題が挙げられています。また、将来の医療応用を見据えた場合、光照射や因子導入の生体侵襲そのものが臨床展開への大きな障害となることは容易に類推できます。

以上のような背景から、本領域では、上記課題を克服する光操作技術の開発とそれらを活用する生命機能の制御動作原理の解明を行います。具体的には、脳・神経、免疫、発生、再生、がんなどの多様な生命現象を対象とし、複雑な生体システムの理解と制御を目指します。

(2) 研究総括

かげやま りょういちろう
影山 龍一郎 (京都大学ウイルス研究所 教授)

研究領域 2 『生命機能メカニズム解明のための光操作技術』(さきがけ)

(1) 研究領域の概要

本領域では、光によって生体を制御する革新的な技術の開発を目的とします。このため、「操作」および「観察」とそれらの技術を活用した「機能解明」の3つを領域の柱とし、異分野による連携、融合による新しい生体機能制御技術の確立を目指します。

近年、ライフサイエンス分野では、光の特性を活かした様々な操作技術の開発により、生命現象の理解が飛躍的に進展しようとしています。例えば、オプトジェネティクスは、光感受性タンパク質の神経細胞への発現と特定波長の光照射によって、脳神経回路の機能解明に革命的な変化をもたらしました。また、最近では、光感受性タンパク質を用いた酵素活性や細胞内シグナル伝達の操作技術、ゲノム編集などとの組み合わせによる遺伝子発現の制御技術など、新たな生体機能制御技術の萌芽も確認されます。

これらの技術開発が爆発的に広がろうとしている背景には、光関連タンパク質の同定や関連因子の知見が過去 70 年以上にわたって膨大に蓄積され、これらタンパク質を利用した生体への応用の基礎ができあがっていたことが挙げられます。そのため、基礎的な知見のさらなる展開により既存の技術の弱点を解消し、さらに、世界的にも新奇な光操作技術の開発が喫緊の課題として浮かび上がっています。

以上のことから、本研究領域では、生体機能を光によって操作する技術、光操作によって表出する生命現象を観察・計測・解析する技術、さらにはそれらの技術を用いて生命機能の解明を目指す研究開発を推進します。領域の運営にあたっては、我が国が強みを持つ光生物学や光学、ナノテクノロジー、工学、生理学などとの連携を促すことで、革新的な光操作技術の確立を目指します。

(2) 研究総括

七田 芳則 (京都大学大学院理学研究科 教授)

[2] 研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 1 「光の特性を活用した生命機能の時空間制御技術の開発と応用」(CREST)

研究領域 2 「生命機能メカニズム解明のための光操作技術」(さきがけ)

(1) 研究領域選定の理由

提示された戦略目標は、光操作技術の開発と生命機能メカニズムの解明を目標とし、以下の3つの項目が達成目標として設定されている。

- ① 生命機能を光によって自在に操作する基盤技術の確立
- ② 光操作によって表出する機能の計測技術・解析技術等の開発
- ③ 光操作技術を用いた多様な細胞・組織等の生命機能メカニズムの解明

また、研究対象をオプトジェネティクスなどの光操作技術の浸透が著しい脳・神経科学分野に加え、免疫や発生などの多様な生命科学分野へ拡大し、生命現象の高度理解の方向性が示されている。さらに、技術開発においては、物理学・工学・化学・情報科学等の異分野とも連携・融合し、光操作技術を「生体の様々な機能を操作する汎用基盤技術」へと発展させるとしている。

以上のような目標を踏まえ研究領域1では、①超低侵襲で時空間分解能に優れた光操作技術、②光照射による生命現象を組織から臓器、さらには個体全体を視野に入れて観察する技術の開発、③光操作技術を活用した生命機能の時空間解析と制御を3つの柱としており、それぞれが戦略目標の達成項目に対応している。また、研究課題の推進では、上記3課題の一体運営を掲げており、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は、光を活用した分子操作技術と機能解析技術の開発に加え、生体機能の解析研究を対象とし、戦略目標の達成項目と整合している。また、提案が想定される分野は、生物学、物理学、工学などの多様な分野としており、異分野融合による、戦略目標の目指す「生体の様々な機能を操作する汎用基盤技

術」の確立が見込まれる。さらに、本領域は、萌芽的かつ独創的な研究開発を推奨し、研究領域1の基盤研究に位置づけている。

以上を総合すると、これら2領域は互いに連携し、光操作技術に関する課題と解明する生命現象を共有することで、それぞれが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 影山 龍一郎

影山龍一郎氏は、神経発生学を専門とし、神経発生における遺伝子発現制御ネットワークの解明・体節形成に必須因子の同定とメカニズム解明・成体脳のニューロン新生・幹細胞分化調節メカニズムの解明などの研究テーマに取り組んでいる。近年、光遺伝学手法を用いて転写因子 *Ascl1* の発現パターンをコントロールし、神経幹細胞の増殖とニューロンへの分化に同因子の発現が関与していることを報告し、*神経幹細胞多分化能と細胞分化の調節機構を提唱する*など、本研究領域において高い先見性や洞察力を有していると認められる。

また、生物科学・発生生物学の専門家として、卓越した研究業績が認められ、1994年に日本生化学会賞を、2015年には文部科学大臣表彰科学技術賞を受賞するなど高く評価されており、京都大学ウイルス研究所所長、京都大学物質-細胞統合システム拠点・副拠点長を務めるなど、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、日本生化学会および日本分子生物学会では理事をそれぞれ、1期、2期努め、2015年の日本分子生物学会年会では年会長を務めるなど、関連分野の研究者からも信頼されており、公平な評価を行っていると認められる。

以上を総合すると、同氏は本研究領域の研究総括として適任であると判断される。

研究総括 七田 芳則

七田芳則氏は、生物物理学を専門とし、視覚の光情報変換機構の研究・オプシン類の多様性解析・Gタンパク質共役型受容体(GPCR)の構造・機能解析などの光受容体タンパク質をメインとした研究テーマに取り組んでいる。特に、ロドプシンの構造解析から活性化状態形成を明らかにし、新規紫外光光受容タンパク質を同定するなどオプシンタンパク質分野において、優れた研究成果をあげていることから、本研究領域において高い先見性や洞察力を有していると認められる。

また、動物生理・行動学の専門家としても優れた研究業績が認められ、2000年に日本動物学会賞を受賞するなど高く評価されている。人材育成の観点では、2016年の本領域関連の欧州カンファレンス(EMBO)において、世界41名の登壇者中5名が七田氏に師事した若手研究者となっており、研究者育成にも力を入れている。これらのことから、本さきがけ研究領域について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、日本生物物理学会では副会長、生物物理編集委員長、会長を歴任し、日本動物学会では理事、評議員、支部代表委員を、日本光生物学協会では会長、監事を務めるなど、関連分野の研究者からも信頼されており、公平な評価を行っていると認められる。

以上を総合すると、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。

3-2 戦略目標1「材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合」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『計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の開発と応用』 (CREST・さきがけ複合領域)

(1)研究領域の概要

本研究領域は、計測・解析技術の深化による新たな科学の開拓や社会的課題の解決のために、多様な計測・解析技術に最先端の情報科学・統計数理の研究を高度に融合させることによって、これまでは捉えられなかった物理量・物質状態やその変化あるいは潜在要因等の検出、これまでは困難であった測定対象が実際に動作・機能している条件下でのリアルタイム計測等を実現するインテリジェント計測・解析手法の開発とその応用を目指します。

具体的には、2つの大きな柱で研究を推進します。1つはデータ同化、スパースモデリング、画像解析、信号処理等の広範な逆解析技術を中心とした情報科学・統計数理による計測対象の特徴量解析手法や大量データの迅速・高精度解析手法等の開発です。もう1つの柱は、上記基盤手法を具体的な計測課題に応用し、物質・材料、生命・医療・創薬、資源・エネルギー、地球・宇宙、Web 空間等、科学技術全般における新現象の発見、原理の解明や新たな知識獲得等を成し遂げることです。

これらを通じて、新たな計測・解析手法を切り拓くことのみならず、豊かな社会の構築に資する科学技術イノベーションの創出に貢献します。

(2-1)研究総括

あめみや よしゆき
雨宮 慶幸 (東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授)

(2-2)副研究総括

きたがわ げんしろう
北川 源四郎 (情報・システム研究機構 機構長)

[2]研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域「計測技術と高度情報処理の融合によるインテリジェント計測・解析手法の開発と応用」(CREST・さきがけ複合領域)

(1)研究領域選定の理由

本戦略目標は、日本が強みを有する計測技術を近年急速に進展している情報科学・数理科学等と融合し新たな「情報計測」分野を創出するとともに、課題解決に向け、計測の深化が強く求められている科学的課題の解決を目指すことを目的とするものである。

この戦略目標の下で、本研究領域は、データ同化、スパースモデリング、画像解析、信号処理等の広範な逆解析技術を中心とした情報科学・統計数理等による計測対象の特徴量解析技術や大量データの迅速・高精度解析技術等と様々な計測技術との高度な融合研究を対象とし、物質・材料、生命・医療・創薬、資源・エネルギー、地球・宇宙、Web 空間等、科学技術全般における新現象の発見、原理の解明や新たな知識獲得等を成し遂げるように設定されている。

領域が目指す目標を達成するためには、計測の深化を求める各課題分野の研究者、情報科学・数理科学分野の研究者、計測技術分野の研究者らが、これまでの延長線上ではない連携をし、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、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。同時に、個人の独創的な着想を基に研究を推進することが可能なさきがけを選定することも、次の二つの観点から適切であると認められる。一つは、情報科学・数理科学

等の個別技術について、計測技術との融合を目指す独創的で挑戦的な研究をさきがけで採択し、課題を進展させていく中で、研究領域内外の研究者・研究グループと従来にない連携・融合を図ることが、新たな「情報計測」分野の創出を目指すうえで重要な機能を果たすと考えられるためである。もう一つは、この新しい分野を担って活躍する若手の研究者を育成することが求められるためである。

日本は世界最高水準の先端計測技術を有しており、また、情報科学・数理科学分野は第5期科学技術基本計画で掲げられた「超スマート社会」(Society 5.0)における取組等によって、加速度的な研究発展が期待されるため、優れた研究提案が多数見込まれる。そして、一人の研究総括のもとに、副研究総括、アドバイザー、さらには採択された研究者ら自身も加わり、知見を補完しあいながらCRESTとさきがけが一体となって運営される複合領域体制とすることによって、より広範な分野のなかから実効的な融合・連携や成果の横展開を達成していくことが期待できる。

以上のことから、本研究領域は、戦略目標の達成に向けて適切に設定されていると認めうる。

(2) 研究総括指定の理由

研究総括 雨宮 慶幸

雨宮慶幸氏は、シンクロtron放射X線を利用して、物質のナノ・サブナノ構造とその動きを回折法、分光法、イメージング法により探究する研究に従事し、日本結晶学会賞学術賞を受賞するなど、卓越した研究業績を上げてきた。そのなかでも例えば、Spring-8を用いたタイヤのサブマイクロメートル領域の三次元構造情報を得る計測手法とスーパーコンピュータを用いた高精度なシミュレーション手法とを融合させ、タイヤ性能を予測制御可能な新材料開発技術を開発し、企業が抱える未解決問題を解決した研究成果への大きな貢献は、本領域が目指す方向性と非常によく重なるものであり、先見性及び洞察力を有している。

また、東京大学大学院新領域創成科学研究科長や文部科学省先端研究基盤部会委員等を務めるなど、自身の専門である放射光を利用した計測技術のみならず、幅広い計測技術や様々な分野からの計測技術への期待についての知見を持ち、本研究領域での研究課題の効果的、効率的な推進を目指し、適切な研究マネジメントを行う経験、能力を有していると考えられる。

さらに、日本放射光学会会長や日本結晶学会評議員、協同体や懇談会の長を務めるなど、関連分野の研究者からの信頼されており、公平な評価を行い得ると認められる。

以上より、同氏は本研究領域の研究総括として適任であると判断される。

副研究総括 北川 源四郎

北川源四郎氏は、統計数理学、とくに時系列解析および統計的モデリングの手法とその応用を専門とし、特に線形定常型のモデルから非定常・非線形・非ガウス型時系列モデリングへの世界的な潮流形成に大きな影響を与えた。日本統計学会賞、石川賞、日本統計学会出版賞、そして2012年には統計界で最高の栄誉と言われる大内賞を授与されており、優れた研究実績とともに本領域を推進するために必要な先見性および洞察力を有している。

また、統計数理研究所長(2002~2010年度)、情報・システム研究機構長(2011年度~)、大学共同利用機関所長懇談会座長を歴任、NOE形成事業、データ中心科学リサーチコモンズ事業等を推進し、縦型の学問と横型の学問との連携・融合を通して新たな学術的成果と研究パラダイムを生み出し、かつ実社会の課題を解決することに尽力してきた。さらに、日本学術会議情報委員会のE-サイエンス・データ中心科学分科会委員長として人材育成に関する提言をまとめるなど、教育や若手研究者育成にも力を入れており、本研究領域での研究課題の効果的、効率的な推進を目指し、適切な研究マネジメントを行う経験、能力を有していると考えられる。

さらに、日本統計学会評議員や日本学術会議会員、応用経済時系列学会会長を務めるなど、関連分野の研究者からも信頼されており、公平な評価を行い得ると認められる。

以上より、同氏は本研究領域の副研究総括として適任であると判断される。

3-3 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」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 『量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出』(CREST)

(1)研究領域の概要

本研究領域は、光科学、物性科学、ナノ構造・材料科学、情報科学に立脚して量子状態の高度制御の物理と技術を探求し、量子科学のフロンティアを開拓するとともに、新たな量子情報処理や従来性能を凌駕する素子・システム機能を実現することにより、社会の発展に資する革新的量子技術基盤を創出することを目的とします。本研究領域においては、量子状態制御の物理の探索とその技術展開をはかる「新しい源流の創出」と、将来の社会・産業イノベーションを牽引する量子技術の実装に向けた「革新的システム機能の創成」を二本柱として、研究開発を推進します。

研究の具体例としては、量子ドットや超伝導体などにおける多様な量子系の状態制御の高度化とその量子情報処理技術への展開、高度に制御された量子系による新しい量子融合素子や高感度センサー素子の実現、および巨視的量子効果や量子光学の高度な活用による超高精度計測技術の開発などが含まれます。さらに、将来の社会基盤の構築に資する革新的量子システム機能の実現やその集積化・統合化も目指します。

(2)研究総括

あらかわ やすひこ
荒川 泰彦 (東京大学 生産技術研究所 教授・光電子融合研究センター長)

研究領域 2 『量子の状態制御と機能化』(さきがけ)

(1)研究領域の概要

量子現象をただ観るのではなく、制御して機能化するフロンティアを切り拓く独創的で意欲的な研究を本研究領域では推進します。様々な原子、分子、物質、ナノ構造、電磁波、生命体や、それらが相互作用する系に潜む量子現象の本質を紐解き、挑戦的な量子状態の操作・制御・測定をとおして新概念、新機軸、新技術の創成に大きく寄与します。これらがシーズとなり、将来的には革新的な情報処理技術、計測技術、標準化技術、通信ネットワーク技術、省エネ技術などに発展することを目指します。高度な洞察力と、理論展開・実験技術・計算技術などに支えられた実力を駆使して、量子科学とその応用の将来を世界レベルでリードする若手研究者の輩出を目指します。

具体的には、量子が関わる物理学、情報科学、化学、工学や生物学のみならず、数理科学、物質科学、ナノ構造科学などの多岐に渡るテーマを推進し、これら異分野の連携・融合を促進するプラットフォームを構築します。

(2)研究総括

いとう こうへい
伊藤 公平 (慶應義塾大学 理工学部物理情報工学科 教授)

[2]研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 1 「量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出」(CREST)

研究領域 2 「量子の状態制御と機能化」(さきがけ)

(1)研究領域選定の理由

量子状態の制御は、新しい産業や技術基盤創出の核となる技術として、欧米政府や世界的企業が中長期的な視点から研究開発を推進しており、今後大きく変革する社会の基盤技術として大きな発展が期待されている。

本戦略目標は、このような背景の下、技術的フイージビリティや国際優位性、先進性等の観点を総合的に勘案した上で研究領域・方向性を特定し、その研究開発を重点的に進めることにより、新たな量子物性の開拓や量子情報システム開発等を通じて幅広いイノベーションの源泉(新技術シーズ)を生み出すとともに、今後大きく変革する社会像の基盤となる量子技術・システム実装を世界に先駆けて実現することを目指すものである。量子の孤立系から多体系、巨視的な凝縮体に至る、多彩な量子状態の高度制御を実現することにより、未知の物理現象や物質機能・物性の探索、新たな概念に基づく情報科学の開拓及び新技術シーズ創出を目指すため、複雑な量子系の実験的な解析・描像解明に向けた基盤構築や大規模・省エネ情報処理に係る要素技術の実現、既存技術分野の発展的融合・ブレークスルーの促進、従来の精度・感度の限界を超えたセンシング・イメージング技術の革新などを視野に入れ、次の研究領域 1、2 が設定されている。

研究領域 1 は、量子ドットや超伝導体などにおける多様な量子系の状態制御の高度化とその量子情報処理技術への展開、高度に制御された量子系による新しい光電子融合素子や超高感度センサー素子の実現、および巨視的量子効果や量子光学の高度な活用による超高精度計測技術の開発などの研究提案を対象とし、将来の社会基盤の構築に資する革新的量子システム機能の実現やその集積化・統合化も目指すように設定されている。

研究領域 2 は、量子現象の本質を紐解き、挑戦的な量子状態の操作・制御・測定をとおして新概念、新機軸、新技術の創成に大きく寄与する研究提案を対象とし、これらがシーズとなり、将来的には革新的な情報処理技術、計測技術、標準化技術、通信ネットワーク技術、省エネルギー技術などに発展することを目指すように設定されている。

研究領域 1 においては、量子技術・システム実装を目指した「革新的システム機能の創成」を中心に、量子状態制御の物理の探索とその技術展開をはかる「新しい源流の創出」の研究も推進する。研究推進体制としては、多彩な物理・工学系の研究者からなるチームの編成が可能な CREST を選定することが適切である。研究領域 2 においては、「新しい源流の創出」を目指した挑戦的な研究を実施することで、若手研究者の育成について重点的に推進し、本研究分野における研究基盤を強化する。研究推進体制としては、個人の独創的な着想を基に研究を推進することが可能であるさきがけを選定することが適切である。

研究領域 1 と 2 は、相互に連携することで広範囲な研究分野を共通概念の下で相補的に実施する構成となっており、効果的に戦略目標が達成されるものと考えられる。

なお、研究領域 1、2 とも、対象となりうる研究分野は、量子技術に関わる物理学、情報科学、化学、工学や生物学のみならず、数理科学、物質科学、ナノ構造科学など多岐にわたり、これらの研究分野を横断する融合的な研究を促すよう設定されており、独創的かつ挑戦的な優れた研究提案が多数見込まれる。

(2) 研究総括指定の理由

研究総括 荒川 泰彦

荒川泰彦氏は、電子を三次元的に閉じ込めるという半導体量子ドット構造の概念を世界に先駆けて提案し、しきい値電流の温度安定性など、極めて高性能な半導体レーザーが実現可能であることを理論予測した。さらに、その実現に向けて実験的、理論的な研究を推し進め、産業界との強力な連携の下に従来の半導体レーザーを格段に凌駕する量子ドットレーザーを実現し、その実用化にも大きなリーダーシップを発揮している。また、量子ドットを応用した量子光情報デバイスなどの発展に卓越した貢献をなした。2009 年には電子工学分野における顕著な功績により紫綬褒章を受賞、2013 年には量子ドットレーザーの先駆的研究が評価され応用物理学会の業績賞を受賞している。同氏のこれまでの研究成果は本研究領域が目指す方向性と非常によく重なるものであり、先見性及び洞察力を有している。

同氏は、東京大学生産技術研究所のナノエレクトロニクス連携研究センター長や光電子融合研究センター長を兼任している。また、企業なども参画する連携研究拠点プロジェクトである「ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構」の研究機構長も務めている。このため、本研究領域での研究課題の効果的、効率的な推進を目指し、適切な研究マネジメントを行う経験、能力を有していると考えられる。

日本学術会議会員・第三部部长、総合工学委員会 ICO 分科会委員長を務め、現在は光学技術に関する国際的な学術組織である ICO 会長を務めるなど、関連分野を中心に国内外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。

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 伊藤 公平

伊藤公平氏は、カリフォルニア大学博士課程在学中に同位体ゲルマニウムの研究に従事し、その経験を元に同位体半導体工学という新しい研究分野を創成し、その発展に貢献してきた。IV族同位体エレクトロニクスの提案と推進における顕著な業績が評価され、2006年には日本IBM賞、2015年には応用物理学会フェロー表彰を受賞している。最近、国内外の研究者と連携して同位体シリコンを用いた基本量子デバイスの研究を推進し、2015年にはコヒーレンス時間が1.2ミリ秒と、従来の50ナノ秒から桁違いに向上した量子ビットの形成に成功し、シリコン半導体回路を用いた量子コンピューターの実現に向けて大きなブレイクスルーをもたらしている。現在は、科学研究費補助金基盤研究(S)の代表者としてダイヤモンド量子センシングの研究を推進している。同氏のこれまでの研究成果は本研究領域が目指す方向性と非常によく重なるものであり、先見性及び洞察力を有している。

同氏は、大学では、2005年から5年間理工学部国際交流委員長、慶應義塾大学国際センター副所長を務め、若手国際人材の育成に大きく貢献している。本研究領域での研究課題の効果的、効率的な推進を目指し、適切な研究マネジメントを行う経験、能力を有していると考えられる。

また、30代という若さで日本物理学会理事や物理系学術誌刊行協会理事を務めた。さらには、現在、応用物理学会の理事も務めている。関連分野を中心に国内外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。

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「急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出」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 『イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化』(CREST)

(1)研究領域の概要

21世紀に入り通信ネットワークの発展と通信・センサーデバイスの低廉化によりこれまでの情報通信産業だけでなく、農業や製造業など第一次、第二次産業においても、大規模データを利活用するデータベース技術とそのデータを基にした機械学習によりこれまで不可能であった産業の自動化と最適化が可能になりつつあります。今後、量・種類ともに爆発的に増大する情報を最大限に活用するためのディープラーニング、強化学習等の機械学習を例とする革新的な人工知能基盤技術が広く利用され、様々な分野において将来にわたり効果的に情報が活用される社会の実現が期待されています。今後、データ利活用により、全ての産業においてその構造を変革するような新たなサービス、イノベーションが社会に要請されています。

本研究領域では、実社会の膨大なデータを知的・統合的かつセキュアに収集・処理・学習・制御するための人工知能基盤技術と、その成果を組み合わせることにより社会問題の解決と産業の自動化・最適化に貢献するイノベーション創発に資する技術の確立を目指します。

具体的には、以下の研究開発に取り組みます。

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

膨大な情報の利活用がさらに高度かつ広範に浸透した将来社会を念頭に、実社会の様々な分野への適用を見据えて、センサー技術、実時間ビッグデータを扱うデータベース技術、システムセキュリティ技術、機械学習を核とするシステム最適化技術等の高度化を進めます。さらに、それらを組み合わせることで実世界データを総合的に実時間で処理理解する情報処理システムを構築するための統合化技術の研究開発を推進します。

本研究領域による研究成果が、モビリティ、ロボティクス、健康・医療・介護、防災・減災、農業、ものづくり等における自動化・最適化を進める際のイノベーション創発の核となることを目指します。

これらに取り組むにあたっては、効果的な産学連携体制を構築しつつ、社会の実問題に取り組むために、基盤研究と統合化研究が互いの課題と成果を共有しながら進展する研究開発に挑みます。すなわち人工知能基盤技術という要素技術を揃えることと、イノベーション創発のために実際にそれを組み合わせることで統合化していくことの両面を考慮した研究開発を行います。

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

栄藤 稔 (株式会社NTTドコモ 執行役員 イノベーション統括部 部長)

研究領域 2 『新しい社会システムデザインに向けた情報基盤技術の創出』(さきがけ)

(1)研究領域の概要

情報技術の急速な進展により、莫大な数のセンサやデバイスがインターネットにつながるようになってきました。また、医療・健康、材料・物性、都市インフラや地球環境など、あらゆる場所で多種多様なビッグデータが蓄積され、応用されてきています。さらに、自然言語処理やディープラーニング等を駆使した人工知能技術にも大きな関心が集まり、これらの各分野における活用が急速に進みつつあります。

本研究領域では、この様な情報技術に基づいた社会変革の時代に対応し、これからの新しい社会システムのデザインを可能にするための情報基盤技術の創出を目指します。モビリティなどを含めた社会基盤、介護を含むヘルスケア、防災・減災、ロボティクスなど、あらゆる分野において、情報を知的・統合的に解析・処理・制御し、新しいサービスや社会構造の構築に貢献する基盤技術を創出します。

具体的には、多種・膨大な情報を収集・取得するための高度なセンシング技術、リアルタイム処理のためのデータ処理技術およびシステム最適化技術、知的メディアを使ったコミュニケーション支援や、人工知能などを含むデータ処理と知識処理の技術、多種多様な機器やシステムに対応可能なセキュリティ・プライバシーエンハンスメント技術などを対象とします。

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

くろはし きだお
黒橋 禎夫 (京都大学大学院 情報学研究科 知能情報学専攻 教授)

[2] 研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 1 「イノベーション創発に資する人工知能基盤技術の創出と統合化」(CREST)

研究領域 2 「新しい社会システムデザインに向けた情報基盤技術の創出」(さきがけ)

(1) 研究領域選定の理由

本研究領域にかかる戦略目標は、文部科学省で平成 28 年度より開始された「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)」に資する研究領域を設定するために提示されたものである。AIP プロジェクトでは、JST の戦略的創造研究推進事業において新たなイノベーションを切り開く独創的な研究課題を支援し、理化学研究所に世界的に優れた競争力を持つ研究者の力を結集させるための、革新的人工知能技術を中核とした統合研究開発拠点を設置し、これらを一体的に実施することにより成果最大化を目指している。当該戦略目標は、膨大なデータを知的・統合的かつセキュアに収集・処理・制御するための基盤技術を確立し、その成果を組み合わせることにより、既存サービスのさらなる効率化や新サービス創出等に資する技術の確立を目標とし、以下の 3 項目が達成目標として設定されている。

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

また、これらの目標の達成を通じ、今後爆発的に増大する情報を最大限活用するための革新的人工知能技術が広く利用される社会や、産業界に活用可能な情報基盤技術の確立により社会コストの大幅削減や新しいビジネス・サービスの創出が可能となる社会の実現に貢献するとしている。

以上のような目標を踏まえ研究領域1では、実社会の様々な分野への適用を見据えて、センサー技術、実時間ビッグデータを扱うデータベース技術、システムセキュリティ技術、機械学習を核とするシステム最適化技術等の高度化を進めることとしている。さらに、それらを組み合わせ実世界データを総合的に実時間で処理し理解する情報処理システムを構築するための統合化技術の研究開発を推進することなど、戦略目標の達成に向けて適切な設定となっている。研究課題の推進においては、基盤研究と統合化研究が互いの課題と成果を共有しながら進展する研究開発を進め、研究成果が様々な産業における自動化・最適化を進める際のイノベーション創発の核となることを目指しており、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、急速に高度化・複雑化が進む情報技術に基づいた社会変革の時代に対応し、これからの新しい社会システムのデザインを可能にするための情報基盤技術の創出を目標としている。これは、革新的な人工知能基盤技術などを用いて、多種膨大な情報の利活用を行うための統合化技術の創出という、戦略目標の趣旨と合致している。また、本研究領域では、今後の新たな価値創造につながる新しい基盤技術を提案し、情報技術分野の発展だけでなく、将来の新しい社会構造に貢献することを視野に入れた研究を行うことを目指している。そのためには、独創的で柔軟な発想と、様々な分野の研究者が交流・融合し、そこでの議論

を通して、研究のスコープを発展させていくことが重要であり、若手研究者が一つの領域に集まり、異分野融合研究を進めていくさきかけの研究領域として設定することは適切である。

以上を総合すると、これら2領域は、人工知能基盤技術等を活用して新しい社会のデザインに必要な情報基盤技術の創出とシステム構築のための統合化という課題を推進し、多種膨大な情報の利活用を実現するという戦略目標の達成および AIP プロジェクトに寄与するよう適切に設計されており、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 栄藤 稔

栄藤稔氏は、パターン認識・機械学習等に関する優れた見識を有しており、企業における多くの技術開発経験を持つ。松下電器(現パナソニック)ではMPEG標準化のリーダーを務めたのち、2000年にドコモに転じてからは、Appleと共同でMP4ファイル形式を定めたほか、シリコンバレーにおいてH.264標準化活動でMPEGのエミー賞受賞に貢献した。2005年に分散音声認識を商用化し、2007年にはデータマイニング事業を立ち上げ、並列分散ペタバイトデータベースを構築した。このように、信号処理、モバイルマルチメディア、モバイルネットワーク等の多様な技術開発に携わっていることから、本研究領域が目指す方向性と合致しており、幅広い知見や優れた先見性及び洞察力を有している。

さらに、米国のベンチャーキャピタル系の子会社等で社長・CEOを歴任しており、イノベーション創出に取り組む経験が豊富で目利き能力が高く、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。また、シリコンバレーの人脈を有していることから、要素技術の基盤研究と統合化・統合化研究が互いの課題と成果を共有しながら進展する研究開発を推進する取り組みにおいて、優れたマネジメントを行うことが期待できる。

同氏は、奈良先端科学技術大学院大学 客員教授、および大阪大学 招聘教授を務めた経歴を持ち、また、電子情報通信学会や情報処理学会の論文賞・業績賞、科学技術分野の文部科学大臣表彰などを受賞しており、大学・学会等からも取り組みを評価されている。こうした点から、大学の研究者に対しても十分な指導力を有し、関連分野を中心に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。

研究総括 黒橋 禎夫

黒橋禎夫氏は、自然言語処理に関する深い見識を有し、形式意味論、意味解析の理論的研究者と協働してテキストの意味を捉えるという難問に正面から挑戦している。格フレーム、コーパス、形態素解析技術など広範囲の研究開発において、国際的トップカンファレンス(ACL、COLING等)での発表が多く、国内においても関連学会での発表は多数にのぼり、発表賞、論文賞などを数多く受賞している。2010年には第9回ドコモ・モバイル・サイエンス賞(先端技術部門優秀賞)、2011年には第56回前島賞、第43回市村学術賞(貢献賞)を受賞しており、当該分野において高い評価を得ている研究者であり、本研究領域が目指す方向性と合致しており、優れた先見性及び洞察力を有している。自動翻訳システムや検索エンジンなどの出口を見据えた研究もバランス良く行っており、研究成果を企業のカスタマセンター業務等の社会の実問題に適用する取り組みを行っていることから、社会実装を見通した研究領域運営が期待できる。

また、同氏は現在CRESTの研究代表者として研究チームを率いており、言語処理学会の理事や監事等の要職を歴任していることから、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。

さらに、ACLではOrganizing Committee委員、COLINGではTutorial ChairやLocal Co-chairを務め、情報処理学会では全国大会プログラム委員長や若手研究者の会の代表を務めるなど、関連分野を中心に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。

3-5 戦略目標 1「急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出」、戦略目標 2「人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発」、戦略目標 3「分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化」の下に設定した研究領域

[1]研究領域の概要及び研究総括

研究領域 1 『情報と未来』(ACT-I)

(1)研究領域の概要

情報学とそれに基づく技術開発の目覚ましい進展は、これまでに学術・産業・社会・文化的に新たな価値を生み続けてきましたが、今後も未来社会を創造する中心的技術として、その重要性がより一層高まっています。既に情報学・情報技術は、あらゆる学術分野の進展や、産業・経済の持続発展、物理空間・情報空間が融合した社会基盤の高度化、健康で文化的な生活の質の向上等において、本質的な役割を果たしています。そのため、情報学における独創的な研究開発を推進して、人類が現在および未来において直面する問題を解決しつつ新たな価値を創造することは、人類の未来を切り拓き、人類が持続発展していく上で不可欠です。

本研究領域では、情報学における研究開発によって未来を切り拓く気概を持つ若手研究者を支援するとともに、新しい価値の創造につながる研究開発を推進します。具体的には、人工知能、ビッグデータ、IoT、サイバーセキュリティ等を含む、情報学に関わる幅広い専門分野において、新しい発想に基づいた挑戦的な研究構想を求めます。今後の学術・産業・社会・文化を変えていくような多種多様な研究開発を、独創的な発想によっていかに推進するかが重要だと考えています。

研究推進においては、未来開拓型の研究開発、価値創造型の研究開発を募り、本研究領域で若手研究者同士がお互いに切磋琢磨し相互触発する場を設けることで、未来社会に貢献する先端研究を推進する研究人材の育成や、将来の連携につながる研究者のヒューマンネットワーク構築を促していきます。それによって、ひときわ輝き存在感のある研究者がより一層増え、ひいてはより良い未来社会が切り拓かれることを期待します。

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ていきます。

(2)研究総括

ごとう まさたか
後藤 真孝 (産業技術総合研究所 情報技術研究部門 首席研究員)

[2]研究領域及び研究総括設定の理由

研究領域 1 「情報と未来」(ACT-I)

(1)研究領域選定の理由

情報技術が世界的に発展し、50年来の大きな技術的ブレークスルーと言われるディープラーニングに代表される人工知能技術の進展に対する関心が高まり、各分野における活用も急速に進みつつある。このような中、文部科学省では平成28年度より「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)」が開始されており、JSTの戦略的創造研究推進事業において新たなイノベーションを切り開く独創的な研究者を支援する公募プログラムを推進し、理化学研究所に世界的に優れた競争力を持つ研究者の力を結集させるための、革新的人工知能技術の中核とした統合研究開発拠点を設置し、これらを一体的に実施することによりAIPプロジェクトの成果最大化を目指している。

本研究領域は、AIPプロジェクトにおける重要なテーマである、新たなイノベーションを切り開く独創的な若手研究者の発掘と育成に対応した研究領域として設定されている。このため、AIPプロジェク

トが対象とする幅広い分野に対応するべく、「急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の利活用を可能とする統合化技術の創出」、「人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発」、「分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化」の3つの戦略目標のもとに研究領域が設定されている。

本研究領域は、これらの戦略目標が目指す多種膨大な情報の利活用や人間と機械の創造的協働の実現等につながる基盤技術の確立に向かって、人工知能、ビッグデータ、IoT、サイバーセキュリティ等を含む、情報学に関わる幅広い専門分野における新しい発想に基づいた挑戦的な研究構想を求めており、未来を切り拓く若手研究者の支援と新しい価値の創造につながる研究開発を推進するよう設定されている。

また、本研究領域では若手研究者の発掘と育成という観点から、公募における年齢制限を実施している。大学院生の応募を可能としており、博士号取得の有無は問わないので、企業の若手研究者や社会人ドクターからの応募も対象とするなど、さきがけよりもさらに若手の研究者に向けた公募プログラムとして設定されている。研究推進においては、未来開拓型の研究開発、価値創造型の研究開発を募り、本研究領域で若手研究者同士が互いに切磋琢磨し相互触発する場を設けることで、未来社会に貢献する先端研究を推進する研究人材の育成と、将来の連携につながる研究者のヒューマンネットワークの構築が促されるよう工夫がなされている。

以上を総合すると、本研究領域は戦略目標の達成およびAIPプロジェクトに効果的に寄与するよう適切に設定されており、産学の若手研究者による独創的かつ挑戦的な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 後藤 真孝

後藤真孝氏は、コンピュータによる音楽の自動理解に取り組む音楽情報処理分野の第一人者である。人間が音楽を聴くときに無意識に行う処理を自動化し、音響信号から「サビ」の区間を同定するための画期的な技術を確認した。同氏はこの技術に基づき、一般ユーザーの参加・貢献によって利便性が向上する能動的音楽鑑賞サービスを実現した。音楽情報処理研究における顕著な業績が評価され、2008年に文部科学大臣表彰若手科学者賞、2009年には情報処理学会長尾真記念特別賞、2014年には日本学士院学術奨励賞ならびに日本学術振興会賞を受賞している。現在、科学技術振興機構CREST「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」の研究代表者として、人間とメディアの能動的な共生を目指す研究に取り組んでいる。

また同氏は一貫して将来の社会像を想定して研究に取り組む姿勢を有し、開発した成果をサービス化して一般公開する社会実装や、産業界と連携した実用化にも尽力してきた。このことから、本研究領域が目指す新しい価値の創造等と方向性が合致しており、優れた先見性及び洞察力を有している。

同氏は、産業技術総合研究所でメディアインタラクション研究グループ長を務めており、情報処理推進機構が実施する未踏IT人材発掘・育成事業において2009年からプロジェクトマネージャーを務めるなど、情報科学研究およびその実用化に取り組む若手研究人材育成においても実績を有しており、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考えられる。

また、情報処理学会論文誌特集号編集委員長、日本ソフトウェア科学会ワークショッププログラム委員長、さらには国際会議ISMIRの理事および大会委員長を務め、現在は情報処理学会理事を務めるなど、関連分野を中心に国内外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。

(別添資料1)

戦略目標

平成28年度 戦略目標

- 生命科学分野における光操作技術の開発とそれを用いた生命機能メカニズムの解明
- 材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合
- 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
- 急速に高度化・複雑化が進む人工知能基盤技術を用いて多種膨大な情報の活用を可能とする統合化技術の創出

平成26年度 戦略目標

- 人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発

平成25年度 戦略目標

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

平成 28 年度戦略目標

1. 目標名

生命科学分野における光操作技術の開発とそれを用いた生命機能メカニズムの解明

2. 概要

近年、光の特性を利用した生命機能の制御技術が飛躍的な進展を遂げている。例えば、光遺伝学は、光感受性タンパク質を遺伝子工学の手法により特定の細胞に発現させ、その機能を特定の波長の光照射によって高い時間精度で操作する技術として脳・神経科学分野で急速に浸透している。本技術は特定の神経活動と行動発現を直接つなげることを可能とし、神経細胞の機能解明の研究パラダイムに革命的な変化をもたらしている。また、最近では脳・神経科学分野だけではなく、酵素活性操作や細胞内シグナル伝達操作、遺伝子発現操作、さらにはゲノム編集操作などの萌芽的な光操作技術も登場し、その研究対象は神経活動から生体の機能全般へと広がりを見せつつある。

以上を踏まえ、本戦略目標では、新しい光操作技術の開発や既存技術の高度化、関連する操作・計測技術等の開発を異分野技術との融合によって推進することで、現在もなお発展途上にある技術課題を克服し、光操作技術を生命科学研究における汎用基盤技術に発展させることを目指す。また、脳・神経科学分野では、細胞の現象から神経回路、さらには個体レベルの行動に至る過程をシームレスにつなげ、様々な脳の動作原理や疾患・障害に関わる神経回路の解明等を目指す。発生・再生・免疫・代謝等の分野においては、光操作技術の最大の特徴である高い空間・時間精度を活用し、多様な細胞・組織等の生命機能メカニズムの解明を目指す。

3. 達成目標

本戦略目標では、脳・神経科学分野とともに多様な生命科学分野を対象とし、光操作技術を用いて生命現象の理解を目指す。また、技術開発においては、物理学・工学・化学・情報科学等の異分野とも連携・融合し、光操作技術を「生体の様々な機能を操作する汎用基盤技術」へと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) 生命機能を光によって自在に操作する基盤技術の確立
- (2) 光操作によって表出する機能の計測技術・解析技術等の開発
- (3) 光操作技術を用いた多様な細胞・組織等の生命機能メカニズムの解明

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。

- ・本戦略目標で見いだされた光操作技術が、生体の機能を担う様々な実態を自在に操作する汎用技術として発展し、生命機能メカニズム解明のための強力な基盤技術として確立されることで、生命科学研究におけるイノベーション創出力が向上した社会。
- ・光操作技術を用いて、現在では解明不可能な生命機能メカニズムを明らかにすることによって、生命科学の知的基盤が強化された社会。また、見いだされたシーズをもとにした、難病を含む様々な疾患メカニズムの解明、さらには診断・治療・予防法の創出による医療革新、作物・家畜の効率的生産法の創出による農業・畜産業の持続的発展、人工知能の性能向上による情報処理・通信基盤の高度化等により、人々の健康長寿や産業発展を実現した社会。

5. 具体的な研究例

- (1) 生命機能を光によって自在に操作する基盤技術の確立

光操作技術の新規開拓や既存技術の高度化を異分野技術との融合によって推進することで、現在もなお発展途上にある技術課題を克服することを目指す。例えば、生体の深部を非侵襲的に操作するための近赤外光・超音波・磁場等を利用した光操作技術の開発や、対象とする動物種の小動物から霊長類への拡大を可能とする技術開発、これら技術開発の基盤となる光感受性分子の構

造解析や光情報変換メカニズムの解明等を行う。また、酵素活性操作や細胞内シグナル伝達操作、遺伝子発現操作、ゲノム編集操作、細胞内小器官の生理機能操作等の近年新たに登場した光操作技術の更なる高度化や新規開拓を進める。

(2) 光操作によって表出する機能の計測技術・解析技術等の開発

光操作技術を用いて生命機能メカニズムを解明する際に必要な観察・解析技術を開発する。例えば、生体の深部の機能を非侵襲的に可視化するための技術開発や、光による操作と同時に光を用いた計測を行う技術開発、ライブイメージング技術開発、複数の種類の観察結果を対応付ける技術開発等を進める。

(3) 光操作技術を用いた多様な細胞・組織等の生命機能メカニズムの解明

光操作技術を用いることで、これまで解明できなかった様々な生命機能メカニズムを明らかにする。例えば、記憶形成や意思決定、本能行動（睡眠・摂食・性行動等）を制御する機構の解明や、発生・再生・免疫・代謝系等のメカニズムの解明、生命現象のモデル構築等を進める。

6. 国内外の研究動向

(国内動向)

米国において光遺伝学が神経科学分野で創始されたのとほぼ同時期に、我が国からも動物（マウス）での成果が報告されるなど先駆的な業績が上がっている。当初は個々の研究者によって光遺伝学の開発・導入がなされたのみで、研究成果としては米国に遅れを取っていた。しかしながら、関連する研究者による研究会の設立などにより脳・神経科学分野において本技術の普及が進んだこともあり、2015年末までの論文数は米国・ドイツに次ぐ3位と健闘するに至っている。例えば、逆行性ウイルスベクターを用いた特定の神経経路への選択的な遺伝子導入技術の開発や、シナプス光遺伝学の創出といった脳・神経科学分野での顕著な業績のみならず、世界最速で切り替わる「光スイッチタンパク質」に代表される世界最先端の技術の創出や、チャネルロドプシンの構造解析等の基盤的な研究成果など、個別の研究レベルは高く我が国の強みとなっている。一方、それらを利用して生命科学的課題の解明につなげる融合的研究においては、米国にやや遅れを取っており、最近になって記憶のメカニズム解明など国際的評価の高い研究成果が出始めたところである。

(国外動向)

米国では、2005年に神経細胞での世界で最初の光遺伝学に関する報告がなされ、Nature Methods誌により全自然科学研究分野の中から最もインパクトのある技術として2010年度のMethod of the yearに選出された。光遺伝学の創始後、特に2010年以降は脳・神経科学分野を中心に世界的に関連する論文数が飛躍的に増加している中で、米国が関連論文数の半数以上を占め、現在も世界の研究をリードしている。欧米、特に米国では生命科学・物理学・工学・化学等の異分野の研究者が一体となって取り組み、各々の技術を迅速に融合し重要な生命科学的課題の解決を推進する体制ができています。

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「脳科学をはじめとする生命科学の革新をめざした光科学研究と光操作技術応用」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「脳科学をはじめとする生命科学の革新をめざした光科学研究と光操作技術応用」に関係する産学の有識者が一堂に会するワークショップを開催し、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標などについて議論を行い、ワークショップにおける議論等を踏まえ、戦略目標を作成した。

8. 閣議決定文書等における関係記載

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

第 1 部 第 1 章 2.

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

9. その他

○既存の研究開発事業では、科学技術振興機構(JST)CREST「新たな光機能や光物性の発現・利活用を基軸とする次世代フォトニクスの基盤技術」(平成 27 年度発足)やさきがけ「光の極限制御・積極利用と新分野開拓」(平成 27 年度発足)において、多様な分野における光利用や光科学技術開発等を目指した研究が行われている。また、日本医療研究開発機構(AMED)「革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト」(平成 26 年度～平成 35 年度)の一部において、既存の光遺伝学によるマーモセットの脳皮質高次機能回路操作等にターゲットを限定した研究が行われている。本戦略目標の下で行われる研究との連携により、成果創出の加速が期待される。

平成 28 年度戦略目標

1. 目標名

材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合

2. 概要

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

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

3. 達成目標

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

(1) 計測対象の特徴量解析技術の構築

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

(2) (1) を活用した新たな計測・解析技術の構築

4. 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

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

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

5. 具体的な研究例

(1) 計測対象の特徴量解析技術の構築

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

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

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

(2) (1) を活用した計測手法の構築

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

6. 国内外の研究動向

(国内動向)

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

(国外動向)

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

7. 検討の経緯

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

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

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

（分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成）

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

（ワークショップの開催及び戦略目標の作成）

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

8. 閣議決定文書等における関係記載

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

第 2 部 第 1 章 2.

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

第 2 部 第 2 章 IV. iii) 2.

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

「第 5 期科学技術基本計画」（平成 28 年 1 月 22 日閣議決定）

第 2 章 (3) ② ii)

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

(中略)

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

9. その他

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

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

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

平成 28 年度戦略目標

1. 目標名

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

2. 概要

半導体やレーザーなど、量子論を応用した科学技術の進展はこれまでも産業や社会に大きなインパクトを与えてきたが、1990 年代以降、量子情報処理を可能とする物理素子が開発され、先端レーザー等による量子状態の制御技術も磨かれてきた中で、量子論を包括的かつ高度に応用しつつ産業応用までを視野に入れた新たな技術体系の発展の兆しが見られるようになった。近年、欧米政府や世界的企業が量子科学技術への投資を拡大している中、我が国においても、最先端の量子研究に光科学技術、物性物理、ナノテクノロジー等の強みを糾合させ、中長期的な視座から量子科学のフロンティア開拓を先導するとともに、超スマート社会の実現に向け、新たな産業や技術基盤の創出の核となるコア量子技術を世界に先駆けて生み出していくことが重要である。

このため、本戦略目標では、技術的フィージビリティや国際優位性、先進性等の観点を総合的に勘案した上で研究領域・方向性を特定し、その研究開発を重点的に進めることにより、新たな量子物性の開拓や量子情報システムの開発等を通じて幅広いイノベーションの源泉（新技術シーズ）を生み出すとともに、今後大きく変革する社会像の基盤となる量子技術・システム実装を世界に先駆けて実現することを目指す。

3. 達成目標

本戦略目標では、量子の孤立系から多体系、巨視的な凝縮体に至るまで、多彩な量子状態の高度制御を実現することにより、未知の物理現象や物質機能・物性の探索、新たな概念に基づく情報科学の開拓及び新技術シーズ創出を図ることを目的とする。具体的には、以下の達成を目指す。

- (1) 量子情報処理・シミュレーションの高度化により、複雑な量子系の実験的な解析・描像解明に向けた基盤を構築するとともに、従来手法では不可能な大規模・省エネ情報処理に係る要素技術を実現する。
- (2) 多彩な物理・工学系をつなぐ基盤的な量子技術・システムの開発により、既存技術分野（フォトニクス、エレクトロニクス等）の発展的融合・ブレークスルーを促す。
- (3) 巨視的な量子効果や先端量子光学等の応用により、計測・解析技術を飛躍的に向上させ、従来精度・感度の限界を超えたセンシング・イメージング技術の革新につなげる。

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。

- ・通信秘匿性の格段の高度化やビッグデータの超高速処理、超省エネ・高速・大規模情報処理が可能となるとともに環境負荷の低減が進展した超サイバー社会、及びこれらの情報処理・通信基盤に基づき物理空間とサイバー空間とが高次に結合された超スマート社会。
- ・環境エネルギー、安全・安心、健康・医療等の地球規模の社会的課題の解決・緩和、知識集約度の高い装置・部材・技術産業等を源泉としたグローバル・バリュー・チェーンにおける優位性の確保、人々の多様なニーズに応える新たな価値を生み出すシステムの形成等を通じて質の高い生活の実現された社会。
- ・物質・生命理解を含めた知識体系の革新により、次々世代の価値創造や安全・安心確保のコアとなる科学基盤・技術基盤が確保された社会。

5. 具体的な研究例

- (1) 超電導回路、単一スピン、半導体量子ドットなど多彩な量子ビット技術の高度化による量子コンピューティング要素技術の開発

古典的コンピュータの計算性能を凌駕する量子計算手法のデバイス実装に向けては、欧米をはじめ各国の国家プロジェクトにおいて、量子情報の最小単位である様々な量子ビット及びその制

御技術の開発やそれらのポートフォリオの戦略的な開拓が進められている。本分野において、我が国の光科学技術や量子基盤技術の強みを活かした研究開発を進めることで、世界に先駆けた量子暗号通信、量子コンピューティング等の要素技術の開発及びシステム実装を加速する。例えば、長距離で秘匿性の高い広帯域通信方式を確立するためには、多数ビット間での制御ゲート動作検証に加え、十分なコヒーレント時間の確保が重要であり、その実現に向けた特色ある量子ビットの開発及び組合せや量子コヒーレント制御技術の高度化等を行う。

(2) 多彩な量子自由度を利用した新たな光・電子制御デバイスや超高感度計測技術の開発

量子ドットにおける単一電子スピンのコヒーレント制御など、個々のスピン状態の制御技術の高度化・実用化（新機能材料開発等）や、オプト・メカニクスの要素技術開発、極低温原子気体やイオン、固体等の多彩な量子多体系の制御技術の組合せによる量子シミュレーション技術の高度化等に向けた研究開発を進める。これにより、力学系と量子光学・スピン系との融合を実現し、既存技術では不可能な微弱な相互作用の制御や従来精度の限界を超えた精密測定など新たな量子基盤技術の獲得を目指す。あわせて、量子多体系の電磁応答に関する第一原理計算の大規模化・高度化から期待される新原理に基づく超高感度センサー等の新技術創出に向けた基礎研究を推進する。

(3) 巨視的な量子状態の精密制御による超高精度センサー等の開発

分子やクラスター等の量子多体系における極低温状態の制御技術の高度化や、巨視的な量子波動性を利用した高精度な量子センサー等の開発を推進する。

具体的には、ボーズ・アインシュタイン凝縮（BEC）の人工的操作・制御技術の高度化により最先端の原子物理や量子光学、超伝導や超流動等の量子論特有の現象に関する本質的な理解深化を促すとともに、高感度かつ高精度な BEC 原子干渉計（加速度センサー、重力勾配計、ナビゲーション）など量子波の特長を活かした計測手段の開発・利活用等に取り組む。また、従来の補償光学応用では限界のある生体等の複雑構造系に対しても、量子もつれの干渉効果を利用することにより分散の影響の極めて少ない高分解能計測が期待できるため、その実用化・高度化に向けた技術開発を進める。

6. 国内外の研究動向

（国内動向）

最先端研究開発支援プログラム（FIRST）「量子情報処理プロジェクト」（平成 21 年度～平成 25 年度）、科学研究費助成事業新学術領域研究「量子サイバネティクス」（平成 21 年度～平成 25 年度）などで、超伝導量子ビット、電子スピンを用いた量子ビット、及びこれらのハイブリッド量子系の研究が行われ、これらの成果を発展させた革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）「量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現」（平成 26 年度～平成 30 年度）では脳型情報処理を量子コンピュータに取り込んだ量子人工脳の開発が進められている。

（国外動向）

英国では 2014 年から量子科学研究の 5 年プロジェクト（予算：約 2.7 億英ポンド）が始まっており、ハブとなる 4 拠点において量子コンピューティング、量子センサー等の研究開発拠点形成プロジェクトが始動するなど具体的な強化策がとられている。量子コンピューティング関係では、カナダのベンチャー企業である D-Wave 社が開発した、世界初の市販量子コンピュータとされる「D-Wave 2」を米国のグーグル社や NASA が購入（2014 年）するなど、産業界を巻き込んだ研究開発が進められている。また、D-Wave 社の採用した量子アニーリング手法に基づくアナログ量子コンピュータに加え、米国カリフォルニア大学サンタバーバラ校（UCSB）・グーグル社や欧州では超伝導素子を用いたデジタル量子コンピュータ（論理ゲート方式）の開発も活発に進められている。オランダでは、デジタル量子コンピュータに特化した研究機関「QuTech」において 10 年間の量子科学研究イニシアティブ（予算：約 1.4 億ユーロ）を 2015 年に開始しており、マイ

クrosoft社やインテル社も支援・共同研究を行うなど量子コンピュータ実現に向けた研究開発を加速させている。

マクロ量子制御に基づく時間標準の研究は、これまで日本と米国がリードしてきたが、近年では欧州でも活発化しているほか、原子イオンに関連した物性研究では中国も追い上げを見せており、本技術を発展させた量子シミュレーションの研究が世界中で開始されている。また、従来の古典光によっては実現不可能な感度・分解能を有する量子もつれに基づく計測・イメージング技術や物質制御技術が注目されているほか、量子科学に基づく計測技術に関して、従来は理想的な完全測定を目指した研究が進められてきたのに対し、数学的な推定処理を前提とした不完全測定・弱測定など将来的な実用性を考慮した研究へのシフトが見られる。

7. 検討の経緯

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

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

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

（分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成）

「科学技術振興機構研究開発戦略センターの各分野ユニット」、「日本医療研究開発機構のプログラムディレクター等」及び「科学技術・学術政策研究所科学技術動向研究センターの専門家ネットワークに参画している専門家」に対し、作成した分析資料を用いて今後注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。その後、アンケートの結果の分析等を行い、注目すべき研究動向として「量子状態の高度制御による新たな物性物理・情報科学フロンティアの開拓」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「量子状態の高度制御による新たな物性物理・情報科学フロンティアの開拓」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、特に注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクトやその結果実現し得る将来の社会像、研究期間中に達成すべき目標などについて議論を行い、ワークショップにおける議論等を踏まえ、戦略目標を作成した。

8. 閣議決定文書等における関係記載

「第 5 期科学技術基本計画」（平成 28 年 1 月 22 日閣議決定）

第 2 章 (3) ② ii)

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。

（中略）

・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」

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

第 1 部 第 1 章 2.

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

9. その他

- 平成 27 年度の戦略目標「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」では、新たな光機能や光物性の解明・利活用・制御等を通じて従来の光科学技術を横断的かつ重層的に集積・発展させることにより、将来の社会・産業ニーズに応える新たなフォトニクス分野の進展を加速させるとともに、新技術シーズの創出を支える基礎的な原理の解明にも併せて取り組むことで、新たな光機能物質の人工生成や革新的な光通信技術の開発・活用、微細構造の高時空間分解可視化、先端数理科学との融合による複合光基盤技術・システムの創出等を目指している。ここで創出された優れた研究シーズを、本戦略目標を通じて相乗的に伸ばしていくことで、最先端の光・量子科学技術の実用化を加速していくことが重要である。

平成 28 年度戦略目標

1. 目標名

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

2. 概要

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

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

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

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

3. 達成目標

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

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

4. 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

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

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

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

5. 具体的な研究例

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

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

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

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

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

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

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

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

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

6. 国内外の研究動向

（国内動向）

平成 26 年度戦略目標「人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発」、平成 25 年度戦略目標「分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化」等の下で、デバイス・ハードウェアから人工知能（知的情報処理）、ビッグデータ（基盤・応用）といったミドルウェアに係る研究開発が進められている。また、コンピュータとモノを対象としてサービス提供まで見据えた研究開発が新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）「IT 融合による新社会システムの開発・実証プロジェクト」（平成 24 年度～平成 25 年度）等において実施されている。これらに加

え、状況により変容する多種多様なデータについて、コンピュータとモノ、更にヒトまで対象として、オンデマンドでサービスを提供可能なプラットフォームやその社会実装に向けた研究開発が期待されている。

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

（国外動向）

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

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

7. 検討の経緯

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

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

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

（分析資料を用いた専門家へのアンケートの実施及び注目すべき研究動向の作成）

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

（ワークショップの開催及び戦略目標の作成）

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

8. 閣議決定文書等における関係記載

『日本再興戦略』改訂 2015—未来への投資・生産性革命—（平成 27 年 6 月 30 日閣議決定）
第二 一. 1. (3) v) ④

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

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

第 1 部 第 1 章 2.

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

第 2 部 第 2 章

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

「第 5 期科学技術基本計画」（平成 28 年 1 月 22 日閣議決定）

第 2 章 (2) ②

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

第 2 章 (3) ② i)

特に以下の基盤技術について速やかな強化を図る。

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

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

9. その他

○現在、情報分野においては平成 26 年度戦略目標「人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発」、平成 25 年度戦略目標「分野を超えたビッグデータ利活用により新たな知識や洞察を得るための革新的な情報技術及びそれらを支える数理的手法の創出・高度化・体系化」が設定されているが、これらの研究開発とも連携しつつ、異種データをオンデマンドでリアルタイムに収集・処理し、多様な場面で安全に活用する等、技術的特性を踏まえて社会にお

ける活用を具体的に見通した研究開発を実施することが重要である。

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

平成 26 年度戦略目標

1. 目標名

人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理技術の開発

2. 達成目標

情報科学技術（知的情報処理技術関連）を中心に、認知科学、ロボティクス（知能・制御系）の学問分野と融合した新たな領域を構築し、人間と機械の創造的協働を実現する統合的な知的情報処理技術を開発するため、以下の目標の達成を目指す。

○場の状況と話の流れに応じた対話の実現に向けた知的情報処理技術の開発

○人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理システムの開発に向けた対話、作業等のメカニズムの解明と技術開発

3. 将来実現しうる重要課題の達成ビジョン

本戦略目標下において、「2. 達成目標」に記載した研究成果を得られることにより、現在の知的情報処理技術では解明できていない、場の状況と話の流れに応じた対話の実現に向けた知的情報処理技術や、人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理システムの開発に向けた対話、作業等のメカニズム解明と技術開発を行い、それらの技術を統合して新たな知的情報処理技術を創出することを目指す。

本事業終了後に、これらの研究成果を実証的に展開・発展させることで、2025 年頃には、

- ・ 高度な質問応答・助言システム（高齢者支援、個別教育、医師の診断支援 等）
- ・ 高度な意思決定支援システム（専門家の議論支援、政策・制度設計支援 等）
- ・ 自律的ロボット（人間が行う作業の模倣、災害救助、介護者の支援 等）

等の知的情報処理システムを開発することにより、アンビエントな情報社会が構築され、我が国の重要課題である安全かつ豊かで質の高い生活の実現や新たな知の創造、イノベーションによる新産業・新サービスの創出等に貢献することを目指す。

4. 具体的内容

（背景）

複雑化した社会において、人間は多様な情報や価値判断から適切な問題解決や創造活動を行う等、多様な知的活動を行っている。また、認知科学の分野では、人間の知的処理の原理解明が進められており、ロボティクス分野では、課題達成型ロボットの開発・実用化が行われている。

現在の知的情報処理技術の開発では、人間の知的活動を工学的に実現するために、音声認識、自然言語処理等、個別タスクごとに研究開発や音声対話等の研究開発が進んでおり、このアプローチに認知科学やロボティクス（知能・制御系）のアプローチを追加することで、相乗効果を発揮するような協働研究体制が構築できる。また、異分野の研究を融合することにより、イノベーションの創出の期待が高まる。

（研究内容）

本戦略目標では、上記達成目標を実現するため、情報科学技術（知的情報処理技術）の研究者を中心に、認知科学、ロボティクス（知能・制御系）の研究者と協働研究体制を構築し、人間と機械の創造的協働を実現する統合的な知的情報処理技術の開発を目指す。具体的には以下の研究を想定する。

1) 場の状況と話の流れに応じた対話の実現に向けた知的情報処理技術の開発

- ・ 特定の人間の周辺環境や、対話する人間の行動（相手の態度、声の抑揚、言葉使い等）把握等、非言語の情報により状況を把握する技術の開発
- ・ 人間が発した言語から多様な意味や解釈を生成し、場の状況や話の流れに基づく推論を加えて理解する技術の開発
- ・ 対話する人間の特性（性格や習慣等）に基づき、適切な対話を実現するための情報表現生成

技術、タイミング制御技術の開発 等

2) 人間と機械の創造的協働を実現する知的情報処理システムの開発に向けた対話、作業等のメカニズムの解明と技術開発

- ・対話を通じて曖昧性を減少させ、解決すべき課題を定義する技術の開発
- ・機械が対話で得た情報や Web に存在する情報等に基づき、人間に対し効果的に回答、提案、助言等の解決策を提示する技術の開発
- ・人間と機械の対話プロセスも含めた意味レベルで適応的な振る舞いをする情報システムの開発 等

なお、統合的な知的情報処理技術の開発に当たっては、倫理的・法的・社会的課題に配慮するために、関連する人文社会系の研究者の助言・提案を研究開発段階から取り入れておくことが求められる。

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

第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）では、「安全かつ豊かで質の高い国民生活の実現」において、「国民生活の豊かさの向上」として、人々の生活における真の豊かさの実現に向けて、最新の情報通信技術等の科学技術を活用した公共、民間のサービスの改善・充実、人々のつながりの充実・深化等、科学技術による生活の質と豊かさの向上に資する取組を推進すると掲げている。さらに、「科学技術の共通基盤の充実、強化」として、複数領域に横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術に関する研究開発を推進すると掲げている。

科学技術イノベーション総合戦略（平成25年6月7日閣議決定）では、「世界に先駆けた次世代インフラの整備」において、「次世代インフラ基盤の実現」として、インフラが有機的・効率的に構築され、データや情報が流通・循環し、生活者や企業の潜在的なニーズを取り込むことで、生活者のQOLが向上するほか、企業の経済活動の支援等、生活の豊かさと安全・安心を実感できる社会を目指すとして掲げている。

日本再興戦略－JAPAN is BACK－（平成25年6月14日閣議決定）では、「ITを利用した安全・便利な生活環境実現」において、ビッグデータ等を活用して、安全・便利な生活が可能となる社会を実現するため、関係各府省が連携し、重点課題について、ITを活用分野複合的な解決に取り組むと掲げている。

世界最先端IT国家創造宣言～第二次安倍内閣の新たなIT戦略～（平成25年6月14日閣議決定）では、「研究開発の推進・研究開発成果との連携」において、情報通信社会の今後の動向を見据えた研究開発を推進するとともに、イノベーションにつながる様々な先端技術を迅速かつ的確にIT戦略と連携させるため、研究開発を推進すると掲げている。

6. 他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い

独立行政法人科学技術振興機構（JST）CRSET「共生社会に向けた人間調和型情報環境の構築」（平成21年度開始）は、実空間コミュニケーション、ヒューマンインタフェース、メディア処理などの要素技術を融合・統合し、「人間と情報環境の調和」を実現する基盤技術を構築することを目的としている。また、JST さきがけ「情報環境と人」（平成21年度開始）は、ユビキタスコンピューティングや、ユーザビリティテスト、統計分析など利用現場における知的機能の評価研究、知的機能のネットワークング等を目的としている。一方、本戦略目標は、人間と機械とのインタフェースにとどまらず、人間の知的活動の質向上や人間と機械の創造的協働を実現することや、情報から「知」を取り出し、人間の知的活動を支援するツールや共通的基盤技術の構築することを目指しているものであり、他の関連施策と連携して取り組むことにより、相乗的な効果が期待される。

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

欧州では、EUの第7次研究枠組み計画（FP7）において自然言語解析技術がWork Programの一つにあげられ、関連した取組として言語解析ツールの相互運用や機械翻訳のプロジェクトに年間5000万ユーロ（約65億円）の予算が割り当てられている。

また、米国では、DARPAにおいて、自然言語処理や画像の深い意味理解技術が重要な目標に位置づけられており、Machine Reading Program（年間2000万ドル：約20億円）等、大規模な予算が割り当てられている。また、Google、Amazon、Apple、IBM等の巨大IT企業は、世界をITビジネスで圧巻しているだけでなく、情報通信技術においても最先端の研究開発を進め、世界をリードしている状況である。特に、知的情報処理技術の関連では、IBMは質疑応答システム「ワトソン」を開発し、1997年に、当時のチェス世界チャンピオンに勝利し、2011年にはクイズ番組「ジェパディ！」で人間との対戦による総合優勝等の成果を上げている。さらに、IBMは平成26年1月、「ワトソン」の本格的な事業化に向け、10億ドルを投資すると発表した。現在、医師の診断支援システムだけでなく、金融、小売、官公庁等、幅広い業界に応用することを進めようとしている。

我が国においては、知的なICTを実現するための分野融合的な取組として、国立情報学研究所の「ロボットは東大に入れるか」プロジェクトがある。これは人とは独立に機械のみによって東大入試レベルの統合的なAIを実現しようとする試みである。我が国の現在の知的情報処理技術の開発は、人間の知的活動を工学的に実現するために、音声認識、自然言語処理など個別タスクごとの研究開発が進んでおり、知的なICT技術を社会へ適用していくためには、人と機械の創造的協働を実現する人間参加型の枠組みでの研究開発の取組が今後重要である。

知的情報処理技術の研究開発においてこのまま米国や欧州に大きくリードを許し続ければ、あらゆる科学技術分野において研究開発スピードに後れを取ることになり、我が国の国力にも影響を及ぼすことから、研究開発は一刻の猶予も許されない状況である。

8. 検討の経緯

JST 研究開発戦略センター（CRDS）情報科学技術分野の俯瞰活動において、新しい社会的価値を創造するために出現しつつある重要な技術開発として、知的情報処理技術、サイバーフィジカルシステム、ビッグデータの3項目を抽出した。その後、知的情報処理技術について、核となる有識者によるコアメンバー会議の開催（平成25年4月）等、本戦略目標において取り組むべき内容について議論を進めた。

平成25年7月には、CRDSが国内外からの有識者を集めて本戦略目標に関する科学技術未来戦略ワークショップを開催して、取組内容の詳細化と異分野連携や研究者コミュニティの醸成を図った。本ワークショップにおいて、知的情報処理システム作成、人間と機械の協働、知的活動に関わる人を増やすための人間を刺激するための知のシステムの構築等、複数の提案があった。

本戦略目標は、これらの検討の結果を踏まえて策定したものである。

9. 留意点

本研究開発の実施に当たっては、個々の研究チームが独立した要素技術の開発に終始することのないよう、統合的な研究体制を形成することが必要である。

また、本事業では開発した技術を統合して新たな知的情報処理技術を創出し、本事業終了後に知的情報処理システムの開発を目指していることから、研究開発の成果として、特定分野でのサービスをデモンストレーションできるよう、研究領域を推進していくことが重要である。

平成 25 年度戦略目標

1. 目標名

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

2. 達成目標

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

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

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

3. 将来実現し得る重要課題の達成ビジョン

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

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

- ・ライフサイエンス分野では、診療情報と関連づけられた 10 万人規模の全ゲノムデータ（30 億塩基対）を活用した、疾患関連遺伝子の効率的な探索技術等による、オーダーメイド医療や早期診断、効果的治療法の確立

- ・地球環境分野では、様々な要因が複雑に絡み合う地球規模課題の解決に貢献し持続可能な社会を構築するため、地球温暖化、森林や水などの自然循環、生態系、地理空間等の異なるデータ間の関係性を高度につなぎ合わせる基盤的情報技術の確立

- ・防災分野では、災害・事故から得られた気象、地理空間等のデータを容易に分析可能な形に蓄積・構造化する技術等による精緻な災害の予測や防災機能強化の推進、都市の最適設計手法の高度化 等

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

4. 具体的内容

（背景）

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

その質的・量的に膨大なデータ（ビッグデータ）には新たな知識や洞察を得られる可能性があ

るが、様々なデータ（バイオ、天体観測等の自然科学のデータから社会科学的な人の観測データまで多様）を組み合わせて、大規模な処理を実行しようとする、想定外のデータや正常に分析できないデータが大きくなることが多く、現況においてはその多くのデータが整理・構造化されておらず、有効に活用できていない状況である。

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

（研究内容）

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

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

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

- ・多様かつ大量のアプリケーションデータ（健康・医療データ、地球観測データ、防災関連データ、ソーシャルデータ等）の転送、圧縮、保管等を容易に実現するための研究

- ・画像データや3次元データ等の多様なデータを検索、比較、解析等することで有意な情報を抽出するための研究

- ・アプリケーションデータから新たな課題の発見や洞察をより正確に行うための研究（疾患要因の解明、気候変動予測、リアルタイム解析による減災、人のニーズの予測等）

- ・定量データから生体、自然現象等に係る多様な数理モデルを構築し、実測データと組み合わせることで新たな知見を得るような、発見的探索スタイルの研究アプローチ推進のための研究基盤創出

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

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

- ・データクレンジング技術（ノイズ除去、データの正規化、不要なデータ変動の吸収等）やデータに対して自動的に意味や内容に係る注釈を付与する技術

- ・高度な圧縮技術、圧縮したままで検索する技術、秘密性や匿名性を損なわないままマイニングする技術

- ・データマイニング技術や機械学習の高度化（大量・多様なデータからのモデリング技術、異種データから関連性を探索する技術等）

- ・多様なアプリケーションデータの相関や関係性から新たな洞察を導くための可視化技術

- ・ビッグデータを共有・流通するためのシステム技術（データの加工、メタデータ管理、トレーサビリティ、匿名化、セキュリティ、課金等）

- ・課題の本質やビッグデータの構造を見いだすための数理的手法

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

※1 IDC, “Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East”, 2012. 12

※2 情報通信政策研究所調査部「我が国の情報通信市場の実態と情報流通量の計量に関する調

査研究結果（平成 21 年度）「情報インデックスの計量」, 平成 23 年 8 月

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

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

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

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

6. 他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い

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

このうち、文部科学省は「次世代 IT 基盤構築のための研究開発」の一プログラム「ビッグデータ利活用のためのシステム研究等」を、重点施策パッケージの個別施策として位置付け、異分野融合型研究拠点によるデータサイエンティスト等の人材育成や国際連携を進めるとともに、データ連携技術等の技術開発課題やアカデミッククラウド環境（大学等間でクラウド基盤を連携・共有するための環境）構築の在り方に関する検討を行うこととしている。また、独立行政法人科学技術振興機構はビッグデータ活用モデルの構築のため、死蔵されている膨大なデータの掘り起こしやルール整備を行い、研究機関のデータベース連携や民間等での利活用を推進することとしている。上記施策に加え、分野を超えたビッグデータの利活用を可能にするため、本戦略目標では、中長期的な視野で次世代の課題解決に向けた共通基盤技術の高度化・体系化のための研究を行う。

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

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

米国においては、2011 年に科学技術に関する大統領諮問委員会（PCAST）が、連邦政府はビッ

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

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

8. 検討の経緯

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

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

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

本戦略目標は、これらの検討の結果を踏まえて作成したものである。

9. その他

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