

戦略的創造研究推進事業  
—CREST・さきがけ複合領域—

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」

複合領域中間評価用資料

研究総括：雨宮 慶幸  
副研究総括：北川 源四郎

2021 年 2 月



## 目 次

1. 研究領域の概要 .....	1
(1) 戦略目標 .....	1
(2) 研究領域 .....	4
(3) 研究総括 .....	5
(4) 採択研究課題・研究費.....	6
2. 研究総括のねらい.....	12
3. 研究課題の選考について.....	13
(1) 研究課題の選考方針.....	13
(2) 選考結果 .....	14
4. 領域アドバイザーについて.....	15
5. 研究領域のマネジメントについて.....	17
(1) CREST .....	18
(2) さきがけ .....	20
(3) 複合領域として .....	23
6. 研究領域として戦略目標の達成状況について研究を実施した結果と所見.....	29
(1) 全体状況 .....	29
(2) 個別課題の状況 .....	31
①CREST .....	31
②さきがけ .....	39
7. 総合所見 .....	52



## 1. 研究領域の概要

### (1) 戦略目標

「材料研究をはじめとする最先端研究における計測技術と高度情報処理の融合」

#### ①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・数理学等の双方向(Bi-directional)の解析により、見えない物理量を計る、見えなかった変化を見る、見つけられなかった変化を見つけること等を実現する情報計測技術を構築する。これにより、物質・材料、資源・エネルギー、医療・創薬等、科学技術全般の新たな科学上の発見を促す。

#### ②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。

##### (i) 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。

##### (ii) (i)を活用した新たな計測・解析技術の構築

#### ③研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

②「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

#### ④具体的な研究例

##### (i)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。

##### (ii) (i)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。

#### ⑤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。

## ⑥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。

## ⑦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 4. 3) 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>2)

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」

### ⑧その他

- 大型施設等を用いた計測の高度化としては「光・量子融合連携研究開発プログラム」(平成 25 年度～平成 29 年度)や、「X 線自由電子レーザー施設重点戦略課題推進事業」(平成 24 年度～平成 28 年度)が行われているが、データ解析に特化したプロジェクトではなく、情報科学との連携については十分ではない。
- 情報科学の近年の進展を他の分野へ展開する研究は、科学研究費助成事業の基盤研究や、地学・生物学を対象にした科学研究費助成事業新学術領域研究「スパースモデリングの深化と高次元データ駆動科学の創成」(平成 25 年度～平成 29 年度)において実施されている(新学術領域研究「スパースモデリングの深化と高次元データ駆動科学の創成」では、物質・材料研究は対象とされていない)。また、科学研究費助成事業新学術領域研究「ナノ構造情報のフロンティア開拓－材料科学の新展開」(平成 25 年度～平成 29 年度)の一部ではデータ解析手法を材料研究へ展開する試みが実施されており、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。

(国が定めた戦略目標より抜粋・引用)

## (2) 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」  
(2016 年度発足)

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す。

具体的には、2つの大きな柱で研究を推進する。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にした情報科学・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ある。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ある。

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する。

### (3) 研究総括

研究総括 雨宮 慶幸 ((公財)高輝度光科学研究センター 理事長)  
副研究総括 北川 源四郎 (東京大学数理・情報教育研究センター 特任教授)

本研究領域では、雨宮慶幸研究総括がCREST、および、計測関係を主に担当し、北川源四郎副研究総括がさきがけ、および、情報関係を主に担当する運営体制としている。

## (4) 採択研究課題・研究費

## ①CREST

(百万円)

採択年度	研究者	所属・役職 上段：研究終了時／中 間評価時 下段：採択時	研究課題	研究費
2016 年度	岡本 博	東京大学大学院新領域 創成科学研究科 教授 同上	強相関係における光・電場応答 の時分割計測と非摂動型解析	224
	小松崎 民 樹	北海道大学電子科学研 究所 教授・センター 長 同上	一細胞ラマン計測と情報科学 の融合による細胞診断の迅速 解析技術の開発	244
	佐藤 薫	東京大学大学院理学系 研究科 教授 同上	大型大気レーダー国際共同観 測データと高解像大気大循環 モデルの融合による大気階層 構造の解明	237
	村上 恭和	九州大学大学院工学研 究院 教授 同上	AI と大規模画像処理による電 子顕微鏡法の技術革新	212
	吉川 元起	物質・材料研究機構 国際ナノアーキテクト ニクス研究拠点 グル ープリーダー 同上	標準ニオイ多次元メガライブ ラリ構築と高解釈性数理モデ ル抽出による判別精度の定量 予測	206
	鷲尾 隆	大阪大学産業科学研究 所 教授 同上	機械学習と最先端計測技術の 融合深化による新たな計測・解 析手法の展開	232
2017 年度	岡田 真人	東京大学大学院新領域 創成科学研究科 教授 同上	ベイズ推論とスパースモデリ ングによる計測と情報の融合	233
	高田 彰二	京都大学大学院理学研 究科 教授 同上	高速原子間力顕微鏡 1 分子計 測のデータ同化による生体分 子 4 次元構造解析法の開発	234

	平田 直	東京大学地震研究所 特任研究員 東京大学地震研究所 教授	次世代地震計測と最先端ベ イズ統計学との融合によるイン テリジェント地震波動解析	260
	向川 康博	奈良先端科学技術大学 院大学情報科学研究科 教授 同上	多元光情報の符号化計測と高 次元化処理の協調設計	201
	矢代 航	東北大学多元物質科学 研究所 准教授 同上	超圧縮センシングによるミリ 秒X線トモグラフィ法の開発	194
2018 年度	赤井 一郎	熊本大学パルスパワー 科学研究所 教授 同上	データ駆動科学による高次元 X線吸収計測の革新	200
	石濱 泰	京都大学大学院薬学研 究科 教授 同上	質量分析と統計解析の融合に よるメタプロテオミクス	200
	清末 優子	理化学研究所生命機能 科学研究センター チ ームリーダー 同 ユニットリーダー	高精度時空間計測による多元 細胞情報統合	224
	小村 豊	京都大学こころの未来 研究センター 教授 同上	情報網に潜む因果構造解析と 高次元脳計測による意識メー タの創出	208
	光岡 薫	大阪大学超高压電子顕 微鏡センター 教授 同上	クライオ電子顕微鏡法のバイ ズ高度化と他計測との融合	197
			総研究費	3,508

\*研究費：2020 年度上期までの実績額に 2020 年度下期以降の計画額を加算した金額

②さきがけ

(百万円)

採択年度	研究代表者	所属・役職 上段：研究終了時／中間 評価時 下段：採択時	研究課題	研究費*
2016 年度	安藤 正浩	JST さきがけ研究者 早稲田大学 ナノ・ライ フ創新研究機構 次席 研究員(研究院講師)	ラマン分光スパース解析によ る生細胞の包括的分子イメー ジング	30
	小川 紘樹	京都大学化学研究所 准教授 京都大学化学研究所 助教	X 線小角散乱-CT 法と計算科 学の融合による可視化手法の 開発	36
	小野 峻佑	東京工業大学情報理工 学院 准教授 東京工業大学情報理工 学院 助教	統合的凸最適化による In Hand な成分分離型信号情報 再構成	27
	葛西 卓磨	理化学研究所生命機能 科学研究センター 研 究員 同上	試料への情報の符号化を活用 する NMR 計測・解析法	30
	片山 建二	中央大学理工学部 教 授 同上	変調光誘起位相差顕微鏡によ る光生成キャリア寿命・移動 物性評価法	33
	桑谷 立	海洋研究開発機構海城 地震火山部門 研究員 海洋研究開発機構地球 内部物質循環研究分野 研究員	岩石からのプロセス抽出：究 極の逆問題に挑むベイズ計測	37
	中村 友哉	東京工業大学工学院 助教 同上	人工散乱体と圧縮センシング を融合した超小型撮像系によ る大規模画像計測	32

	野々村 拓	東北大学工学研究科 准教授 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 助教	流体最適制御に向けた高速高精度データ同化手法の確立	32
	松永 康佑	埼玉大学大学院理工学研究科 准教授 理化学研究所計算科学研究機構 研究員	生体分子動態解析のためのデータ同化基盤の開発と応用	30
	渡辺 義浩	東京工業大学工学院准教授 東京大学大学院情報理工学系研究科 講師	スパースモデリングと動的光線制御による視覚的質感の高速計測	36
2017年度	木寺 正平	電気通信大学大学院情報理工学研究科 准教授 同上	超高精度画像化法と多偏波解析による誘電率推定を統合した革新的マイクロ波イメージング法の創出	30
	木村 隆志	東京大学物性研究所准教授 北海道大学電子科学研究所 助教	ビッグデータアプローチによるX線レーザーイメージングの高度化	30
	中西 義典	東京大学大学院総合文化研究科 助教 同上	再標本化による情報計測のためのデータ駆動診断法開発	14
	中村 和幸	明治大学総合数理学部専任教授 明治大学総合数理学部専任准教授	データ同化モデリングの自動化原理開発によるハイレベル予測発見手法の構築	23
	成田 憲保	東京大学先進科学研究機構 教授 東京大学大学院理学系研究科 助教	多色同時撮像観測と高精度解析による第二の地球たちの探査	37
	星野 学	JST さきがけ研究者 理化学研究所創発物性科学研究センター 研究支援パートタイマー	高分解能データの統計的推定による超高精細結晶構造解析の開拓	34
	松岡 大祐	海洋研究開発機構付加	気象ビッグデータからの極端	34

		価値情報創生部門 副 主任研究員 海洋研究開発機構地球 情報基盤センター 技 術研究員	現象発生予測 ～台風のタマ ゴ発見から豪雨予測まで～	
	宮脇 陽一	電気通信大学大学院情 報理工学研究科 教授 同上	高時空間分解能脳情報解析に よる自然条件下での実世界認 識ダイナミクスの研究	33
	森下 喜弘	理化学研究所生命機能 科学研究センター チ ームリーダー 理化学研究所生命シス テム研究センター ユ ニットリーダー	高度情報処理技術を用いた器 官発生過程の再構築、予測、 操作	30
	山崎 裕一	物質・材料研究機構統合 型材料開発・情報基盤部 門 主任研究員 同上	スパース位相回復法によるコ ヒーレント軟 X 線オペランド 計測	39
2018 年度	石川 亮	東京大学総合研究機構 特任准教授 東京大学大学院工学系 研究科 助教	オンライン自動収差補正によ る 3 次元電子顕微鏡法の開 発	36
	加藤 健一	理化学研究所放射光科 学研究センター 専任 研究員 同上	データ駆動型全散乱計測に基 づく不均質現象可視化システ ムの開発と応用	30
	阪本 卓也	京都大学大学院工学研 究科 准教授 兵庫県立大学大学院工 学研究科 准教授	生体信号の数理モデルと電波 センシングを融合した人体の 非接触バイタルイメージング	31
	玉井 康成	京都大学大学院工学研 究科 助教 同上	スパース解析と遺伝的アルゴ リズムの融合による新奇スペ クトル分離手法の開発	33
	徳永 旭将	九州工業大学大学院情 報工学研究院 准教授 同上	学習型動態モーフィングによ る神経間シグナル伝達特性の 解明	34

	西川 悠	海洋研究開発機構付加 価値情報創生部門 研 究員 海洋研究開発機構東日 本海洋生態系変動解析 プロジェクトチーム 特任研究員	魚群探知機とバーチャル生簀 の融合による養殖魚計測技術 の開発	30
	林 久美子	東北大学大学院工学研 究科 准教授 同上	非平衡統計力学に基づく軸索 輸送動画解析の医療応用	33
	平松 光太 郎	東京大学大学院理学系 研究科 助教 同上	任意のスペクトル次元を測定 できる functional Raman 分 光法の開発	35
	松岡 里実	大阪大学大学院生命機 能研究科 助教 理化学研究所生命機能 科学研究センター 研 究員	データ同化による1細胞内自 己組織化過程の全可視化	42
	松田 佑	早稲田大学理工学術院 准教授 同上	圧縮センシングを活用した高 精度空力診断システムの構築	32
	森島 邦博	名古屋大学大学院理学 研究科 特任助教 名古屋大学高等研究院 特任助教	高度情報処理と素粒子計測の 融合によるミューオントモグ ラフィ技術	33
			総研究費	996

\*研究費：2020年度上期までの実績額に2020年度下期以降の計画額を加算した金額

## 2. 研究総括のねらい

多くの新しい科学は、新たな計測・解析技術による発見によって切り拓かれてきた。そして、切り拓かれたその科学は、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、幅広い学術・産業分野における科学技術の発展とそれを利用した高度な文明社会を生み出してきた。計測・解析技術は、すべての領域に対して欠かせない基盤的なものであり、その成果が大きな波及効果を生み出すことは疑いを挟む余地がない。また、さらなる成果に向けてなんとか計測限界を突破したいという強い希求に積極的に応えようとすることによって計測・解析技術は飛躍的に進歩し、学術・産業と互いに相乗効果を生み出す関係を築いてきた。

計測限界を超えるための手段は、大きく分けるとハードウェアとソフトウェア、二つのアプローチがあるが、これまでの計測技術の開発プロセスは、ハードウェア面に軸足を置いたものであった。一方、現在の情報科学・統計数理の分野においては、データから最大限の情報を読み解く方法論や異種の情報を統合する方法論等が目覚ましい発展を遂げており、重大な科学の発見につながっている。例えば、重力波の発見は莫大なデータからノイズを除去することによってもたらされたブレークスルーであると言われている。また、これまでの予想をはるかに前倒しして、人工知能が社会のあらゆる場面で驚くべき成果をあげている。これらの最先端の方法論と計測・解析技術とを高度に融合することにより、ソフトウェア面からのアプローチならではの新しい展開が期待され、研究開発プロセスの流れを変革することも可能であると考えられる。

本研究領域では、2つの大きな柱で研究を推進する。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にした情報科学・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ある。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ある。

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する。



### 3. 研究課題の選考について

#### (1) 研究課題の選考方針

本研究領域では、従来の計測・解析システムのみ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や、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の実現を目指すために、情報科学・統計数理の手法と計測・解析技術を高度に融合させることによる「インテリジェント計測・解析」手法の開発とその応用に資する研究を行う。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にした情報科学・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によって、新たな計測・解析手法を切り拓くことのみならず、これらの基盤的な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を目指した。

狙う計測対象、情報科学・統計数理的方法論、計測・解析技術についての制約は特に設けず、研究の高度融合が、研究開発の新しいパラダイムシフトを誘起し、科学技術イノベーションに資する、意欲的な研究を求めた。

研究総括のねらいでも示したように、本研究領域では、2つの大きな柱で研究を推進する。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にした情報科学・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ある。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ある。ここでは、情報科学・統計数理による手法を、「データ同化」、「最適化問題」、「スパースモデル・機械学習」に分類し、一方、具体的な計測課題を、「材料」、「ライフサイエンス」、「その他」と分類して、広く採択できるよう課題選考の目安とした。

#### ①CREST

CRESTは、チーム型研究であり、情報科学・統計数理分野研究者の積極的な参加を促すために、応募時点では以下のような研究提案が可能と考えた。

(I) 融合アプローチ：研究代表者のリーダーシップのもと、計測と情報の高度融合を目指す総合的な研究提案

(II) 情報アプローチ：主に情報科学・統計数理に関する研究提案(応募時点では計測手法を担当する研究グループを含まないチーム)

本アプローチであっても、必ず、計測データとの融合による効果を考察した。

なお、本研究領域の趣旨を鑑み、計測手法のみの提案は不可とした。

## ②さきがけ

さきがけについては、個人型研究であることを踏まえ、応募時には、計測と情報の連携提案であることを求めなかった。

(I) 融合アプローチ：提案者が個人で、計測と情報の高度融合を目指す研究提案

(II) 情報アプローチ：提案者は情報科学・統計数理手法の専門家で、計測手法との連携については共同研究で行う研究提案（共同研究はアイデア段階でも可）

(III) 計測アプローチ：提案者は計測手法の専門家で、情報手法との連携については共同研究で行う研究提案。ただし、本アプローチであっても、さきがけが個人型研究であることを踏まえ、提案者自身が情報との高度融合についての説明ができることを必須とした。

## (2) 選考結果

### ①CREST

2016年度は、85件の応募があり、書類選考を通じて候補課題を15件に絞り、面接選考を経て最終的に6件の研究提案を採択した。採択課題は、材料系が2件、ライフ系が3件、その他として南極大気に関するもの1件となった。

2017年度は、67件の応募があり、書類選考を通じて候補課題を15件に絞り、面接選考を経て最終的に5件の研究提案を採択した。採択課題は、材料系が2件、ライフ系が1件、その他として地震関係1件、画像計測1件の計2件となった。

2018年度は、49件の応募があり、書類選考を通じて候補課題を15件に絞り、面接選考を経て最終的に5件の研究提案を採択した。採択課題は、材料系が1件、ライフ系が3件、その他として脳計測に関するもの1件となった。

### ②さきがけ

2016年度は、124件の応募があり、書類選考を通じて候補課題を25件に絞り、面接選考を経て最終的に10件の研究提案を採択した。採択課題は、材料系が2件、ライフ系が4件、その他に関するものは4件となった。

2017年度は、78件の応募があり、書類選考を通じて候補課題を25件に絞り、面接選考を経て最終的に10件の研究提案を採択した。採択課題は、材料系が4件、ライフ系が2件、その他に関するものは4件となった。

2018年度は、99件の応募があり、書類選考を通じて候補課題を25件に絞り、面接選考を経て最終的に11件の研究提案を採択した。採択課題は、材料系が3件、ライフ系が5件、その他に関するものは3件となった。

結果として、材料、ライフ、その他、そして、情報アプローチもデータ同化、最適化問題、スパースモデル・機械学習と広く採択できた。また、ダイバーシティに関しても、CRESTの研究代表者として2名、さきがけ研究者として3名の女性研究者を採択することができた。

#### 4. 領域アドバイザーについて

本研究領域の CREST、さきがけともに共通の視点からの視野が必要であり、また複合領域として相互の連携の必要性から、同一のメンバーで領域アドバイザーに就任いただいた。

本研究領域は、多様な計測・解析技術に最先端の情報科学・統計数理の研究を融合させるものであるため、それぞれの研究領域の第一線の研究者の中から人選し、就任を依頼した。また、サイトビジットをはじめ合同で開催する検討会、領域会議、評価会、及び個別研究課題議論に際しては、領域アドバイザーにも参画の協力を依頼した。

領域アドバイザー名(専門分野)	中間評価時の所属	役職	任期
石井 信 (統計、機械学習、脳科学)	京都大学大学院情報学 研究科	教授	2016年10月～ 2024年3月
伊藤 聡 (第一原理計算、ナノテク材料)	(公財)計算科学振興財 団	チーフコー ディネータ	2016年10月～ 2024年3月
伊藤 隆 (NMR分光光学、構造生物学、生 化学)	東京都立大学大学院理 学研究科	教授	2016年10月～ 2024年3月
長我部 信行 (ホログラフィー電子顕微鏡)	(株)日立製作所ライフ 事業統括本部	CSO 兼企画 本部長	2016年10月～ 2024年3月
岸本 浩通 (タイヤ用材料開発、構造解析)	住友ゴム工業(株)研究 開発本部分析センター	センター長	2016年10月～ 2024年3月
喜多 泰代 (医用画像解析、ロボットビジョ ンを中心とする画像認識・理解)	東京理科大学理工学部	嘱託准教授	2016年10月～ 2024年3月
佐藤 寛子 (ケモインフォマティクス、計算 化学, データケミストリ、分子動 力学シミュレーション)	情報・システム研究機 構/チューリッヒ大学	特任准教授 /研究員	2016年10月～ 2024年3月
高尾 正敏 (固体物理、磁性材料、光記録材 料)	元大阪大学/パナソニッ ク		2016年10月～ 2024年3月
瀧川 仁 (NMR を主な実験手段とした固体 内の強い電子間相互作用によって 引き起こされる様々な現象研究)	東京大学物性研究所	教授	2016年10月～ 2024年3月
民谷 栄一 (バイオとマイクロチップ、ナノ	大阪大学産業科学研究 所	特任教授	2016年10月～ 2024年3月

テク融合が拓くバイオ分子デバイスの研究)			
寺内 正己 (電子線分光解析手法の開発と新規物性開拓への応用)	東北大学多元物質科学研究所	教授	2016年10月～ 2024年3月
鳥海 光弘 (地球物理)	海洋研究開発機構海域地震火山部門	招聘上席研究員	2019年4月～ 2024年3月
西野 吉則 (放射光・自由電子レーザーなどのコヒーレントX線を用いた計測技術開発と生物学などへの応用)	北海道大学電子科学研究所	教授	2016年10月～ 2024年3月
樋口 知之 (統計科学、ベイジアンモデル)	中央大学理工学部	教授	2016年10月～ 2024年3月
福山 秀敏 (物性(超伝導、強相関))	東京理科大学	理事長補佐・学長補佐	2016年10月～ 2024年3月

## 5. 研究領域のマネジメントについて

本研究領域は、研究総括および副研究総括の強いイニシアティブの下、CREST・さきがけを複合領域として一体的に推進する。参画する研究者は、情報と計測の高度融合について研究領域全体へ貢献するために、研究総括・副総括の指示により、以下の参加条件を課した。

- 1) 研究体制や研究計画を柔軟に見直すこと
- 2) 研究領域内外の研究者・研究グループと連携を行うこと
- 3) 若手研究人材育成の促進を積極的に行う、あるいは自らが関連する活動に参加すること
- 4) 新たな「インテリジェント計測・解析手法」のハブ機能に資する活動に参加すること

### 1) 研究体制や研究計画の柔軟な見直し

提案された研究体制の強化が必要であると認められた場合や、自ら提案されているものと異なる計測対象／情報科学・統計数理的手法／計測・解析技術とも融合をすることが有用であると認められる場合には、研究総括・副総括の指示により、研究計画の変更、共同研究、連携措置、グループやメンバーの追加をお願いした。

### 2) 研究領域内外における連携

本研究領域に参画する研究者には、異分野連携・融合を目指し、自チーム内はもちろん、研究領域全体に対して貢献いただくことを求めた。

#### ・ 研究領域内連携

研究課題の発展が見込まれる場合は、本研究領域に参画するCRESTチーム・さきがけ研究者間の連携を推奨した。(例えば、計測研究者は領域内の他研究者への計測データ提供、情報研究者は領域内の計測研究者との連携を行う。また、他の情報研究者との手法の比較に関して、共同研究を行う。)

#### ・ 研究領域外連携

研究領域外の研究者との連携を行うことで、各々の研究課題が発展できると認められた場合、研究費の追加配賦などによる共同研究等を推奨した。

#### ・ 連携促進の取り組み

他制度等により支援されている研究者との連携促進を目指す会議等への参加を推奨した。(例えば、情報の手法に取り組む研究者が、他のJST事業に参画する計測課題との共同研究を模索できる交流会へ参加する。)

### 3) 若手研究人材育成への取り組み

本研究領域では、情報科学・統計数理の手法と計測・解析技術の双方を理解して自ら推進できる、「インテリジェント計測・解析手法」を牽引できる若手研究人材を育成することを目指した。それにより、研究開発の手法を変革し、将来に渡って日本の科学技術を支える人材を輩出することを強く打ち出し、そのための方策を領域全体で検討した。(例えば、さ

きがけ研究者、CREST チームに参画する若手の研究者が発表・交流する場を設ける、情報科学・統計数理的手法に関する成果を特に切り出して、様々な形でアピールすること等を検討。) )

#### 4) ハブ機能を目指す取り組み

本研究領域では、国内外の研究者、産業界に対して、「インテリジェント計測・解析」の発信・交流の場を提供するプラットフォームを構築することを目指した。2)や 3)と共通する部分もあるが、そのための方策を領域全体で実施していくとともに、研究領域の成果等が産業へつながるよう、働きかけた。(例えば、CREST チーム・きがけ研究者全体で集まる領域会議以外に、分科会活動等も行つて領域内に素地を作つたうえで、領域外からの関連研究者も参加するワークショップやシンポジウム等、外部も巻き込んだムーブメントへの展開を検討する。)

以下に CREST、きがけそれぞれの実施例について具体的に紹介する。

### (1) CREST

#### ① サイトビジット

採択後、最低 1 回は内容について深い議論を行うため、研究代表者、主たる共同研究者も含めて詳細な議論を実施し、実験設備等の見学も含めて、サイトビジットを行った。参加者は、研究総括、副研究総括の他、必要に応じて、領域アドバイザーも同行した。なお、2020 年 3 月に予定していた 3 チームについては、新型コロナウイルスの影響により同年 9 月～10 月に延期してオンライン形式によるサイトビジットを実施した。

#### 1 期生 :

2017/8/18 小松崎チーム ニセコ町民センター(チーム合宿に参加)

2017/8/25 鷺尾チーム 大阪大学 産業科学研究所

2017/12/13 吉川チーム 物質・材料研究機構 WPI-MANA 棟

2017/12/14 岡本チーム 東京大学 柏キャンパス 寺内 AD、福山 AD

2018/1/24 佐藤チーム 東京大学 大学院理学系研究科 理学部 1 号館 高尾 AD、西野 AD、樋口 AD、福山 AD

2018/1/25 村上チーム (株)日立製作所 基礎研究センタ 伊藤聡 AD、喜多 AD、寺内 AD、西野 AD、福山 AD

#### 2 期生 :

2018/11/8 矢代チーム 東北大学西澤センター 高尾 AD、西野 AD

2018/11/13 向川チーム 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学 B 棟 石井 AD、伊藤聡 AD

2018/11/28 平田チーム 東京大学地震研究所 1号館 伊藤聡 AD、瀧川 AD、福山 AD  
2018/12/13 高田チーム 京都大学大学院 理学研究科 1号館 石井 AD、高尾 AD、福山 AD  
2019/3/18 岡田チーム 東京大学 大学院新領域創成科学研究科 基盤棟 高尾 AD

3期生：

2020/1/15 光岡チーム 大阪大学超高压電子顕微鏡センター西棟 伊藤聡 AD、伊藤隆 AD、高尾 AD、寺内 AD  
2020/2/1 清末チーム 理化学研究所 神戸キャンパス、発生・再生研究棟 A 棟 伊藤聡 AD、高尾 AD、民谷 AD、西野 AD、樋口 AD  
2020/9/22 赤井チーム オンライン開催 伊藤聡 AD、岸本 AD、西野 AD、瀧川 AD  
2020/9/26 小村チーム オンライン開催 石井 AD、樋口 AD  
2020/10/5 石濱チーム オンライン開催 伊藤隆 AD、民谷 AD

## ②領域会議

研究進捗の報告・検討の場として、年 1 回の領域会議を開催している。出席者は研究総括、領域アドバイザー、CREST 研究代表者、主たる共同研究者、研究参加者に加えて、さきがけ研究者の参加も可能にし、情報交換の機会としつつ、深い議論につながることを期待した。これらの領域会議では、会議中の議論、アドバイスに加えて、各領域アドバイザーからのコメントを文書で各研究者に提供することで、研究の進め方への指導を行った。領域関係者間での交流・情報交換を促進するために、毎回ポスターセッションも同時開催する懇親会（意見交換会）を実施し、議論の促進を図った。

これまでの開催実績を以下に示す。

第 1 回 2016 年 11 月 11 日 TKP 市ヶ谷 さきがけと合同でキックオフ会議と合わせて実施 53 名参加  
第 2 回 2017 年 9 月 10 日、22 日 JST 東京別館 47 名参加  
第 3 回 2018 年 8 月 31 日～9 月 1 日 JST 東京別館 87 名参加  
第 4 回 2019 年 8 月 29 日～30 日 AP 市ヶ谷 126 名参加  
第 5 回 2020 年 10 月 11 日～12 日 オンライン開催 141 名参加

## ③研究費の配分

研究体制の見直し、研究領域内外の研究者・研究グループとの連携に関する増額要求等について、重点配分を行ってきた。特に、さきがけ終了者の CREST チームへの参画を積極的に推進し、これらの案件についての重点配分を行った。

加えて、研究開始後、年度毎に研究計画および研究費の見直しと共に増額要求等の提出を求め、主に研究領域内の総括裁量経費から必要に応じて配分を行ってきた。

主な重点配分措置(3,000 千円以上)の案件は次の表の通りである。

代表者氏名	年月	支援金額 (千円)	支援内容
岡本 博	2018年6月	12,500	オプティカルパラメトリックアンプの導入
	2019年4月	5,070	計算機装置
	2020年6月	6,000	チタンサファイア再生増幅器
小松崎 民樹	2017年9月	7,000	CCDカメラ (装置故障による購入)
	2019年10月	3,850	クライオスタット装置の導入
	2020年4月	13,354	組織変更 (さきがけ終了者の参画) (後年度負担を含む)
佐藤 薫	2018年4月	28,872	組織変更 (JAMSTEC、極地研の独立) (後年度負担を含む)
	2018年12月	8,300	計算機装置
村上 恭和	2017年9月	4,000	機械学習ソフトウェア購入 (研究加速のため)
	2017年9月	3,756	画像処理ソフトウェア購入 (64ビット大容量対応)
鷺尾 隆	2018年8月	50,000	研究参加者の増員 (後年度負担を含む)
	2019年10月	11,770	1分子解析装置を開発
	2020年4月	19,859	組織変更 (さきがけ終了者の参画) (後年度負担を含む)
岡田 真人	2020年4月	33,000	組織変更 (さきがけ終了者の参画) (後年度負担を含む)
高田 彰二	2020年4月	25,460	蛍光顕微鏡
	2020年4月	8,125	組織変更 (さきがけ終了者の参画) (後年度負担を含む)
平田 直	2020年4月	60,000	組織変更 (さきがけ終了者の参画) (後年度負担を含む)
矢代 航	2020年4月	9,600	装置開発
	2020年4月	6,320	装置開発
	2020年4月	20,300	組織変更 (さきがけ終了者の参画)
清末 優子	2020年4月	5,310	計算機サーバー、レーザー装置
	2020年4月	9,420	計算機サーバー
小村 豊	2019年6月	6,000	実験用動物ケージ

## (2) さきがけ

### ① サイトビジット

採択後、最低1回は内容について深い議論を行うと同時に、所属上長への挨拶も兼ねて、詳細な議論と実験設備等の見学も含めて、サイトビジットを行った。参加者は、研究総括、副研究総括の他、必要に応じて、領域アドバイザーも同行した。

1期生：

- 2017/4/12 葛西卓磨 理化学研究所 横浜キャンパス中央研究棟 伊藤隆 AD
- 2017/4/14 松永康佑 理化学研究所 神戸キャンパス融合連携イノベーション推進棟
- 2017/4/17 小野峻佑 東京工業大学 すずかけ台キャンパス R2 棟 伊藤隆 AD
- 2017/4/17 中村友哉 東京工業大学 すずかけ台キャンパス G2 棟
- 2017/4/18 野々村拓 東北大学青葉山キャンパス機械系 I 号館 高尾 AD、西野 AD



2017/4/19 桑谷立 海洋研究開発機構 横須賀本部フロンティア棟 寺内 AD、西野 AD、  
福山 AD  
2017/4/21 渡辺義浩 東京大学 本郷キャンパス工学部 6 号館 高尾 AD、福山 AD  
2017/4/21 片山建二 中央大学理工学部後楽園キャンパス 6 号館 高尾 AD、寺内 AD、  
福山 AD  
2017/5/11 小川紘樹 京都大学化学研究所本館 N 棟 石井 AD、西野 AD  
2018/4/4 安藤正浩 早稲田大学 120-5 号館 高尾 AD

2 期生 :

2018/3/8 松岡大佑 海洋研究開発機構 横浜研究所 福山 AD  
2018/3/9 木寺正平 電気通信大学 西 2 号館 伊藤隆 AD、寺内 AD  
2018/3/14 星野学 理化学研究所 和光地区物質科学研究棟 石井 AD、高尾 AD、西野 AD  
2018/3/29 山崎裕一 物質材料研究機構 千現地区 伊藤聡 AD、喜多 AD  
2018/4/4 宮脇陽一 電気通信大学 東 4 号館  
2018/4/10 森下喜弘 理化学研究所 神戸事業所・医療センター 伊藤聡 AD、高尾 AD  
2018/4/12 中村和幸 明治大学総合数理学部 高尾 AD、福山 AD  
2018/4/12 中西義典 東京大学総合文化研究科 高尾 AD  
2018/4/17 木村隆志 北海道大学電子科学研究所 伊藤聡 AD、高尾 AD  
2018/4/24 成田憲保 東京大学大学院理学系研究科 伊藤聡 AD、福山 AD

3 期生 :

2019/3/6 加藤健一 Spring-8 ハイスループト棟 岸本 AD、高尾 AD、西野 AD  
2019/3/20 松田佑 早稲田大学西早稲田キャンパス 60 号館 喜多 AD、高尾 AD  
2019/4/4 森島邦博 名古屋大学(東山キャンパス) 理学部 C 館 高尾 AD、瀧川 AD、寺  
内 AD  
2019/4/5 松岡里実 大阪大学 生命機能研究科ナノバイオロジー棟 高尾 AD、民谷 AD、  
福山 AD  
2019/4/11 石川亮 東京大学工学部 9 号館 高尾 AD、寺内 AD、福山 AD  
2019/4/11 平松光太郎 東京大学・化学東館 高尾 AD、伊藤隆 AD、福山 AD  
2019/4/12 西川悠 海洋研究開発機構 横浜研究所 伊藤聡 AD、西野 AD、樋口 AD、高尾  
AD、鳥海 AD、福山 AD  
2019/4/16 玉井康成 京都大学・桂キャンパス、A2 棟 石井 AD、高尾 AD、瀧川 AD  
2019/4/18 林久美子 東北大学 青葉山東キャンパス 電気情報システム・応物系 1 号  
館 伊藤隆 AD  
2019/4/25 徳永旭将 九州工業大学 飯塚キャンパス インキュベーション施設 石井  
AD、高尾 AD  
2019/5/30 阪本卓也 京都大学 桂キャンパス A クラスタ A1 棟

## ②領域会議

研究進捗の報告・検討の場として、年 2 回の領域会議を開催している。出席者は研究総括、領域アドバイザー、さきがけ研究者である。第 6 回目以降は CREST 研究者の参加も可能とし、領域内の共同研究、意見交換の機会としつつ、深い議論につながることを期待した。領域会議では、会議中の議論、アドバイスに加えて、各領域アドバイザーからのコメントを文書で各研究者に提供することで、研究の進め方への指導を行った。領域関係者間での交流・情報交換を促進するために、合宿形式で実施し、毎回ポスターセッション、および、懇親会(意見交換会、情報交流会)を実施し、議論の促進を図った。

加えて、領域アドバイザーからのさきがけ研究者向けの特別講演を実施している。しかし、新型コロナウイルスの影響により、2020 年度はオンライン会議に移行しており、特別講演も中断中である。

以下に、さきがけ領域会議の実績を示す。

- 第 1 回 2016 年 11 月 11 日 TKP 市ヶ谷 CREST と合同でキックオフ会議と合わせて実施  
53 名参加
- 第 2 回 2017 年 5 月 14 日～15 日 ロワジールホテル豊橋 樋口知之アドバイザーの特別講演 24 名参加
- 第 3 回 2017 年 12 月 26 日～27 日 東京大学柏の葉キャンパス駅前サテライト 寺内正己アドバイザーの特別講演 35 名参加
- 第 4 回 2018 年 5 月 11 日～13 日 アートホテル石垣島 伊藤聡アドバイザーの特別講演、石垣島天文台の見学・関係者との議論 34 名参加
- 第 5 回 2018 年 11 月 23 日～25 日 クロス・ウェーブ府中 伊藤隆アドバイザーの特別講演 45 名参加
- 第 6 回 2019 年 5 月 12 日～14 日 淡路夢舞台国際会議場 石井信アドバイザーの特別講演 55 名参加
- 第 7 回 2019 年 12 月 6 日～8 日 ホテルフクラシア大阪ベイ 1 期生の事後評価会との連続開催 58 名参加
- 第 8 回 2020 年 6 月 1 日～2 日 オンライン会議 65 名参加

## ③研究費の配分

さきがけ領域会議での研究進捗報告に基づき、研究の加速が期待できる研究課題に対して、適宜増額措置を行っている。

また、前にも述べたように本研究領域では、領域内外の研究者・研究グループとの連携を推進している。そのため、領域内外のさきがけ研究者間の共同研究も積極的に推進しており、成果の期待できる研究課題に対しこれまで増額措置を行っている。

3,000 千円以上の増額実績は下記の通りである。

研究者名	年月	支援金額 (千円)	支援内容
小川 紘樹	2018年4月	3,900	総括、ADの助言に伴う実験試料変更による実験装置改良
片山 建二	2019年4月	3,024	実験装置の改良費用
桑谷 立	2019年4月	4,000	実験装置の新規導入
渡辺 義浩	2019年4月	5,800	研究成果の価値を分かりやすく伝えるためのシステム開発
星野 学	2019年4月	3,200	低温実験装置の導入
山崎 裕一	2020年4月	8,700	オペランド計測実現のための実験装置改造費用
石川 亮	2020年6月	6,100	資料を回転するための実験装置改造費用
平松 光太郎	2019年9月	4,263	研究の進展に伴う実験装置の開発
松岡 里実	2019年6月	11,560	実験装置の改良による研究加速

#### ④人材育成

本研究領域は情報計測の研究分野を強力に率いる次世代の人材育成も大きな任務である。採択後の研究者の異動実績は下記の通りである。

研究者名	採択時所属、役職	終了時/中間評価時所属、役職
小川紘樹	京都大学科学研究所 助教	京都大学科学研究所 准教授
小野峻佑	東京工業大学科学技術創成研究院 助教	東京工業大学情報理工学院 准教授
野々村拓	宇宙航空研究開発機構 助教	東北大学大学院工学研究科 准教授
松永康佑	理化学研究所計算科学研究機構 研究員	埼玉大学理工学研究科 准教授
渡辺義浩	東京大学大学院情報理工学系研究科 講師	東京工業大学工学院 准教授
木村隆志	北海道大学電子科学研究所 助教	東京大学物性研究所 准教授
中村和幸	明治大学総合数理学部 専任准教授	明治大学総合数理学部 専任教授
成田憲保	東京大学大学院理学系研究科 助教	自然科学研究機構アストロバイオロジーセンター特任准教授を経て 東京大学大学院総合文化研究科 教授
松岡大佑	海洋研究開発機構地球情報基盤センター 技術研究員	海洋研究開発機構付加価値情報創生部門 副主任研究員
石川亮	東京大学大学院工学系研究科 助教	東京大学大学院工学系研究科 特任准教授
坂本卓也	兵庫県立大学大学院工学研究科 准教授	京都大学大学院工学研究科 准教授
西川悠	海洋研究開発機構東日本海洋生態系変動解析プロジェクトチーム 特任研究員	海洋研究開発機構付加価値情報創生部門 研究員
松岡里実	理化学研究所生命機能科学研究センター 研究員	大阪大学大学院生命機能研究科 助教

さきがけ研究課題の中で継続的な指導が必要と判断したものに関しては、研究者自身の自主性、発想を十分に尊重しつつ、総括または専門に応じた特定の領域アドバイザーによるサポートも実施している。しかし、最近の新型コロナウイルスの影響で、個別に現地訪問によるサイトビジットをすることも困難になったので、オンライン形式のサイトビジットによるサポートを2020年度中に導入する予定である。

#### (3) 複合領域として

領域内の連携(情報交換、共同研究)を促進するための取り組みとして行った項目を説明し、その結果の連携について述べる。

#### ①合同キックオフ会議

採択後のキックオフミーティングはチーム型研究の CREST では制度化されて行われているが、複合領域である本研究領域では、さきがけ採択者も加わり、合同で開催した。CREST・さきがけ間の連携や研究交流を積極的に進めていく上で、採択後早期に領域内の研究者交流を促すために今後の研究についてお互いに周知し連携等を勧める目的で企画した。

## ② クラスタ会議

クラスタ会議は、情報アプローチを「データ同化」、「最適化問題」、「スパースモデル・機械学習」に分類し、CREST、さきがけの各課題をこれらの情報アプローチで分類することにより、各課題の研究者、研究チームが連携、研究交流を積極的に行えるように実施している。「データ同化」をクラスタ1、「最適化問題」をクラスタ2、「スパースモデル・機械学習」をクラスタ3と呼び、最低年1回は各クラスタ会議を実施している。各クラスタの取りまとめとして、さきがけ研究者から各1名を事務局として選任し会議の企画から実施までお願いしており、外部講演者の依頼や、施設見学等の企画も行っている。

今までのクラスタ会議の実績を以下に示す。

クラスタ1会議（データ同化）			
	日程	会場	特別講演、交流の企画等
第1回	2017年6月27日	理化学研究所神戸 融合連携イノベーション棟	京コンピュータ見学
第2回	2018年10月18日	日本橋ライフサイエンスHUB	特別講演：中野慎也先生（統計数理研究所）、蒲池政文先生（海洋研究開発機構） ポスターセッション
第3回	2020年3月6日	仙台国際センター	特別講演：林洋平先生（理化学研究所）、藤渕航先生（京都大学iPS研究所）、鷺尾巧先生（UT-Heart研究所）
第4回	2020年3月	オンライン開催予定	企画検討中

クラスタ2会議（最適化問題）			
	日程	会場	特別講演、交流の企画等
第1回	2017年4月21日	中央大学工学部後楽園キャンパス	中央大学・片山研（さきがけ1期生）の見学
第2回	2018年8月10日	電気通信大学 東7号館	ポスターセッション
第3回	2019年10月7日	東京大学本郷キャンパス 福武ホール 福武ラーニングシアター	特別講演：五十嵐康彦先生（東京大学）、山田誠先生（京都大学）、溝口照康先生（東京大学）
第4回	2020年3月	オンライン開催予定	企画検討中

クラスタ3会議（スパースモデル、機械学習）			
	日程	会場	特別講演、交流の企画等
第1回	2017年6月7日	東京大学本郷キャンパス工学部6号館	特になし
第2回	2019年1月8日	東京大学本郷キャンパス伊藤国際学術センター	特になし
第3回	2019年10月30日	早稲田大学西早稲田キャンパス55号館N館	特別講演：鈴木大慈先生（東京大学）、山本雅貴先生（理化学研究所） ポスターセッション
第4回	2020年3月	オンライン開催予定	企画検討中

### ③共同研究の推進

#### (i) 研究領域内共同研究の推進

研究領域内の連携(情報交換、共同研究)を積極的に進めた。特にさきがけは個人研究であるので、計測アプローチ、情報アプローチの研究が連携することを前提に採択しており、実際も複数の計測アプローチの研究者が情報アプローチの研究者と共同研究を実施した。代表的なものを以下に示す。

#### ●CREST 研究者での連携例

・CREST1 期生の吉川チーム「標準ニオイ多次元メタライブラリ構築と高解釈性数理モデル抽出による判別精度の定量予測」とCREST1 期生の鷺尾チーム「機械学習と最先端計測技術の融合深化による新たな計測・解析手法の展開」が連携研究を行い、鷺尾チームの開発した計測指向機械学習原理を用いて、ニオイセンサの計測条件変化に対する超ロバスト化、センサの超コンパクト化、超低コスト化を実現した。一連の研究成果として、ジャーナル論文発表3報、特許出願2件、招待講演を含む国際会議発表3件を行った。

・CREST2 期生の岡田チーム「ベイズ推論とスパースモデリングによる計測と情報の融合」とCREST3 期生の赤井チーム「データ駆動科学による高次元 X 線吸収計測の革新」が連携研究を行い、希土類絶縁体化合物の 3d-XPS のクラスターモデルを生成モデルに組み込んだスペクトルデータに基づく有効ハミルトニアンとそのパラメータについてのベイズ推論を、交換モンテカルロ法によって実現した。La2O3 と CeO2 の 3d-XPS のクラスターモデルに基づくシミュレーションスペクトルに対して、提案手法を適用したところ、従来物理的考察によって妥当とされていた有効モデルと同じモデルが選ばれることが確認された。研究成果として、ジャーナル論文6報の発表を行った。

#### ●さきがけ研究者間での連携例

・小川紘樹研究者(さきがけ1期生・計測)と小野峻佑研究者(さきがけ1期生・情報)が共同研究により計測原理を数理モデルに落とし圧縮センシングベースのCT像再構成アルゴリズム

ムを構築。従来計測にかかっていた時間を最大で 1/12 に短縮した上で高解像度の CT 像を得ることに成功、応用結晶学領域に初めて高度な数理情報技術を持ち込んだ画期的な成果となった。

・葛西卓磨研究者(さきがけ 1 期生・計測)と小野峻佑研究者(さきがけ 1 期生・情報)が共同研究により NMR によるタンパク質解析に有用な正則化・制約を利用し効率的にテンソル因子分解を行えるアルゴリズムを構成し、従来の 100 倍以上の高速化を達成。国際学会に発表し、論文も投稿中。

・山崎裕一研究者(さきがけ 2 期生・計測)と中西義典研究者(さきがけ 2 期生・情報)がスキルミオン格子のイメージングに向けたスパース位相回復法のハイパーパラメータ決定に関する共同研究を行い、2 編の論文にまとめ中。

・星野学研究者(さきがけ 2 期生・計測)と中西義典研究者(さきがけ 2 期生・情報)が研究協力により X 線回折データに基づく結晶構造解析にベイズ推論を適用した研究成果が査読有り英文学術雑誌に掲載された。

#### ●CREST・さきがけ研究者間での連携例

・水牧仁一郎共同研究者(CREST3 期生赤井チーム)と山崎裕一研究者(さきがけ 2 期生・計測)がさきがけの予算で作製した装置を使って観測した軟 X 線光渦の共同研究を行い、論文投稿。また、さきがけ研究の一環で山崎裕一研究者と共同研究を行った横山優一研究参加者(CREST3 期生赤井チーム)が当該研究で放射光学会の奨励賞を受賞した。

・CREST1 期生の佐藤チームとさきがけ 2 期生の松岡大祐研究者が、共同で深層学習を用いた重力波のダウンスケーリング法を開発し、米国地球物理学連合の学術誌に発表した。ハイライト論文として、同学会の EOS Magazine に紹介記事が掲載された。

・CREST1 期生の佐藤チームとさきがけ 3 期生の坂本卓也研究者が、共同でアダプティブアレイ信号処理の干渉波がある場合についての数学的な取り扱いについて理論的に整理し、電子情報通信学会の英文誌に発表した。

#### ●さきがけ終了者の領域内 CREST チームへの参画

・さきがけ 1 期生の小川紘樹研究者は、2020 年度より CREST2 期生の矢代チームの主たる共同研究者として研究題目「走査型 CT 用マルチビーム光学系の開発」を担当している。

・さきがけ 1 期生の小野峻佑研究者は、2020 年度より CREST1 期生の小松崎チームの主たる共同研究者として研究題目「圧縮計測されたラマンデータからの信号再構成技術の開発」を担当し、また、CREST1 期生の鷺尾チームの主たる共同研究者として研究題目「計測を念頭に置いた新たな信号情報処理の要素原理・技術開発と先端的計測への展開」を担当している。

・さきがけ 1 期生の桑谷立研究者は、2020 年度より CREST2 期生の岡田チームの主たる共同研究者として研究題目「ベイズ計測による非時系列・画像データからの情報抽出」を担当している。

・さきがけ1期生の野々村拓研究者は、2020年度よりCREST2期生の平田チームの主たる共同研究者として研究題目「スパースセンサ最適化技術および低次元モデル化技術の地震学への適用」を担当している。

・さきがけ1期生の松永康佑研究者は、2020年度よりCREST2期生の高田チームの主たる共同研究者として研究題目「高速原子間力顕微鏡1分子計測のマルコフ状態モデル解析」を担当している。

#### (ii) 研究領域外共同研究の推進

##### ●他のCRESTまたはさきがけ研究領域との研究連携

・岡本チームとCREST「トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出」研究領域の課題名「トポロジカル非線形光学の新展開」島野亮・東京大学教授との共著論文を発表した。

・岡本チームと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」研究領域の課題名「強磁性量子ヘテロ構造による物性機能の創出と不揮発・低消費電力スピンドデバイスへの応用」田中雅明・東京大学教授との共著論文を発表した。

##### ●国際連携

・CREST2期生の向川チームは、アリゾナ州立大学のSuren Jayasuriya准教授と共同研究を行い、2018年7月から11月に同氏を招へいし、時間同期プロジェクターカメラシステムを用いた実験と分析を実施し、その成果をまとめてIEEE Transaction on Visualization and Computer Graphics (TVCG)に国際共著論文を発表した。また、新たに開発に取り組んでいたプロジェクターカメラシステムのプロトタイプを構築し、IEEE International Conference on Computational Photography (ICCP) 2019(査読付国際会議)に国際共著論文として発表した。

・さきがけ2期生の松岡研究員は、2019年8月より2020年3月までカナダ・トロント大学のSteve Easterbrook教授のところに海外派遣され共同研究を実施した。気象シミュレーションデータと気象衛星観測データを組み合わせた新しい台風予兆検出手法の開発、機械学習を用いた重力波パラメタリゼーション技術の開発と高精度化を行い、Journal of Geophysical Research 誌等に投稿中である。

#### ④プレスリリース

	年月日	研究チーム、研究者	プレスタイトル
1	2017/3/7	CREST岡本チーム岩野G	光で強誘電体中の水素原子を動かし、分極を高速に制御 ～理論と実験の発展的融合～
2	2017/8/22	CREST岡本チーム岡本G	1兆分の1秒の間の電場印加で絶縁体を金属に高速スイッチング ～消費電力の小さな新たな光デバイスに向けた新手法～
3	2018/9/26	CREST岡本チーム岡本G	銅酸化物におけるスピン系の超高速ダイナミクスを検出 ～強相関電子系の物理の解明に期待～
4	2018/12/17	さきがけ成田研究員	第二の地球を発見するための新しい多色同時撮像カメラM u S C A T 2が完成
5	2018/12/19	さきがけ松岡研究員	人工知能を用いて気候実験データから熱帯低気圧のタマゴを高精度に検出する新手法を開発 ～台風発生予測の高精度化に期待～
6	2019/3/7	CREST鷲尾チーム谷口G	世界初 1分子量子シークエンサーによりDNAに取り込まれた抗がん剤の直接観察に成功 ～抗がん剤のメカニズムを調べる技術～
7	2019/4/6	さきがけ加藤研究員	データで推定、真のX線感度 ～画像による病状の診断精度向上へ期待～
8	2019/6/8	CREST岡本チーム岡本G	反強磁性交換相互作用に起因するダブロンーホロン間引力の発見 ～テラヘルツパルスを用いたモット絶縁体の電場効果の精密測定と理論解析～
9	2019/8/22	さきがけ星野研究員 さきがけ中西研究員	熟練の研究者の「勘と経験」を誰でも簡単に再現 ～たった数分で単結晶構造解析の結果の事前評価が可能に～
10	2019/10/31	CREST岡本チーム 岡本G・遠山G	強相関一次元物質における励起子分子の発見 ～離れた電子間のクーロン相互作用の重要性が明らかに～
11	2019/12/24	CREST岡本チーム高橋G	1次元モット絶縁体の光励起状態を精密計算する電荷モデルを開発 ～光学スペクトルの理論解析による光誘起現象の解明へ～
12	2020/5/13	CREST矢代チーム 矢代G・工藤G・フォグリG	ミリ秒X線CTのための放射光マルチビーム化に成功 ～試料の回転要らず動的3D観察を可能に～
13	2020/6/25	さきがけ成田研究員	若い恒星「けんびきょう座AU星」をめぐる惑星を発見
14	2020/7/9	CREST鷲尾チーム谷口G	世界初 量子計測とAIによる新手法 神経伝達物質の高速検出・識別に成功～神経疾患の詳細な理解へ期待～
15	2020/8/5	さきがけ片山研究員	光触媒材料中の見えない光生成キャリアを可視化する方法を開発 ～AIによる顕微画像からの情報抽出～
16	2020/8/6	CREST佐藤チーム渡辺G	南極成層圏の大気の乱れが日本の南海上の台風発生域に影響することを証明—2019年9月に南極上空で起こった成層圏突然昇温の遠隔影響とそれを利用した季節予測精度向上の可能性—
17	2020/9/17	さきがけ成田研究員	燃え尽きた星をめぐる無傷の巨大惑星候補の発見
18	2020/9/22	さきがけ成田研究員	超高温・超短周期の海王星型惑星を発見



## 6. 研究領域として戦略目標の達成状況について研究を実施した結果と所見

### (1) 全体状況

#### ① 研究総括のねらいに対する研究の状況

研究総括のねらいである2つの柱、すなわち、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・高精度解析手法の開発と、これらの基盤手法を具体的な計測課題に適用し、科学技術全般における新現象の発見、原理解明やあらたな知識獲得等を成し遂げることに关しては、研究領域全体として、CREST、さきがけ共に順調に進んでいる。

CREST に関してはもともと融合アプローチが多く、チーム内で「情報×計測」の体制ができており、例えば、村上チームでは、当初の目標を大きく上回る世界最高の位相計測精度での磁性薄膜の電子線ホログラフィー計測を達成する等で成果が上がってきている。一方、さきがけは、個人研究が基本であるので、「情報×計測」を実現するために、さきがけ内の情報の研究者、計測の研究者が領域内で連携、共同研究が活発に行われており、さきがけでも顕著な成果が出てきている。加えて、複合領域として、CREST 研究者とさきがけ研究者の共同研究も充実してきており、さきがけ1期生の終了者の内5名がCRESTの主たる共同研究者として参加した。これらの事より、戦略目標の達成に向けて着実に進んでいると言える。

#### ② 研究領域全体として見た場合の特筆すべき研究成果の見通し

特筆すべき研究成果の見通しに关して、幾つかの課題を取り上げる。CREST・小松崎チームは戦略目標の趣旨に最も合致した研究課題の一つである。新機軸のダイナミックミラーデバイス(DMD)を開発し、プログラマブルラマン分光を可能にしたことにより、癌/非癌判定のリアルタイム判定化に成功しつつある。加えて、当初の癌、非癌の判定だけではなく、より難しい非アルコール性脂肪肝疾患の病状予測等へも進展していることが評価できる。次に、CREST・村上チームは目標数値を大きく超える分解能を達成しただけでなく、画像処理技術を活用することで計測時間の大幅な短縮化を実現した。応用事例としての触媒材料、磁性材料に关しては予定していた以上の分解能で計測できることを示し、触媒微粒子に关しては新しい知見を得ている。CREST・鷺尾チームは、ナノギャップシーケンサーのノイズ除去をはじめ、具体的な計測プロセスに対して情報工学的手法をカスタマイズして成果を挙げている。計測指向機械学習技術の幅広い応用展開で、インパクトの高い意義ある成果が得られている。例えば、ナノギャップによって、抗がん剤のDNAへの取り込みを世界で初めて直接観察するなど医学上も意義のある成果が得られている。

さきがけに关しては、小川研究者は、ゴム充填系材料の破断プロセス解明を目的として、領域内の情報アプローチの研究者である小野研究者との共同研究によって、SAXS-CT像のTikhonov正則化に基づくノイズ・アーティファクト、ストリーク除去に成功した。この成果は、これまで困難であった材料破断プロセスの微視的計測の可能性を示すものであり、今

後「構造材料」科学の基本的課題である「疲労」「破壊」過程の学理究明への道筋を切り開いていくことが期待される。

### ③研究成果の科学的・技術的な観点からの貢献

科学的・技術的な観点における代表的な研究課題として、CREST・高田チームが、分子シミュレーションと高速 AFM(原子間力顕微鏡)計測とをデータ同化することにより、高精度のタンパク質構造動態を再構成するという極めて野心的な研究を進めている。これを応用することにより、創薬開発への貢献を目指している。研究は堅実に進められており、引き続き生体分子 4 次元構造解析法の確立に向けて研究が進められており、インパクトの大きな成果が創出されることが期待される。また、CREST・佐藤チームによる南極大型大気レーダーを軸とした観測データを用いての大気の大気層構造や気候の遠隔結合に関する物理的解明を目指す研究において、半日周期の中間圏変動が潮汐ではなく、本研究課題の重力波によるものであることを明らかにしたことは優れた成果であり、WCRP(世界気候研究計画)の SPARC(成層圏・対流圏の諸過程と気候影響研究)などにおける国際的な活動によるプレゼンスも期待される。さきがけ・成田研究者は、NASA のトランジット惑星(恒星の前を通過する軌道を持つ惑星)探索衛星 TESS が発見したトランジット惑星候補の集中的な発見確認観測により新しい地球型惑星(特に主星からの距離がちょうど良い「生命居住可能惑星」)の発見を目指しているが、多色同時撮像カメラの開発とガウス過程を用いたデータ解析により複数の地球型惑星を発見し、その惑星の公転周期・質量・半径などの物理的情報を得た。これらの地球型惑星は、将来の惑星大気の観測に適したターゲットになると期待されている。さらに、赤色矮星を公転する周期 1 日未満の巨大惑星や、白色矮星を公転する巨大惑星の発見など、従来の常識から外れた惑星の発見を通じて科学的にインパクトの大きな成果を創出した。

### ④研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献

社会的・経済的な観点における代表的な研究課題としては、CREST・向川チームが、光線計測を光学的な工夫と情報処理を組み合わせることで、光線が持つ豊富な視覚情報に基づいて計算機によるシーン理解の能力を向上させる研究を進めている。「情報×計測」の融合活用を企業との共同研究(実施例:果実糖度分布計測、受精卵計測、自動運転の霧中距離計測)により推進しており、社会的・経済的貢献が大いに期待される。また、さきがけ・松岡(大)研究者は、データ駆動型アプローチ(ビッグデータと機械学習)とプロセス駆動型アプローチ(気象モデルによるシミュレーション)の融合により、熱帯低気圧および豪雨予測の高度化を目的として研究を進めている。機械学習による熱帯低気圧発生の前兆となる雲分布の特徴量の抽出により、その早期検出を可能にする技術を構築し、また、気象庁などの予報官が手動作成した天気図データを用いて降雨の原因となる停滞前線を機械学習によって自動的に抽出する手法の開発に成功するなど、台風や集中豪雨のよう

な異常気象の発生の早期予測手法に基づく防災・減災の実現による社会的・経済的貢献への期待は大きい。

#### ⑤研究成果の戦略目標達成の観点からの貢献

本研究領域の戦略目標である「計測技術と高度情報処理の融合」により新たな科学の開拓に結びつける代表的な研究課題として、CREST・矢代チームは、放射光のマルチビーム化の実現と、従来の圧縮センシングの枠組みを超える超圧縮センシングの概念に基づくCT再構成の基礎・応用研究の成果との融合により、当初の中間目標を大きく上回る、時間分解能1ms、空間分解能40 $\mu$ m弱で、かつ、試料を回転することなくCT再構成ができることを実証した。これは情報×計測の融合によって、目標を上回る成果が得られた好例である。また、さきがけ・小川研究者は、領域内の情報アプローチの研究者である小野研究者との共同研究によって、これまで困難であった材料破断プロセスの微視的計測の可能性を示す成果を創出した。本研究は情報×計測の融合によって初めて達成された成果であり、新規学問分野としての「情報計測」の好例として高く評価できる。

#### ⑥研究領域におけるマネジメントの取り組み

本研究領域においては、領域アドバイザー、研究総括、副研究総括の情報交換と連携により、各研究課題において想定される課題に対するタイムリーなアドバイスやフィードバックを行っている。CREST・佐藤チームについては、当初1チーム1グループ体制であったが、研究参加者を別グループとして独立させることにより、情報×計測の分担体制がより明確になり、多チャンネルレーダー干渉計と数理モデルを用いたイメージング技術の開発など新たな研究の進展も図られた。CREST・矢代チームにおいては、共同研究者を当初6名から25名(2020年10月時点)に増員したことにより、研究の進展が著しく、さらに応用研究に向けて進められる状況になった。

また、ロードマップの適正化が必要な研究課題に対しては、今後オンライン形式のサイトビジットの実施等を通じて研究総括、副研究総括及び領域アドバイザーによるフォローアップを講じていく。

### (2) 個別課題の状況

#### ①CREST

各チームの研究経過と研究総括の所見は下記の通りである。

<2016 年度採択>

岡本チーム

本研究課題は、「強相関電子系の非摂動型応答の時分割分光計測」及び「厳密計算にビッ

「データ解析とデータ同化の手法を加えた過渡スペクトルの解析手法構築」を一体として推進し、強相関電子系の光/電場応答の解明と学理構築を目標としている。

中間評価の段階では、テラヘルツ領域および中赤外領域のポンプ光源に関して、当初の目標を上回る光電場強度と高速・高安定性を実現し、世界的にも最高水準の分光測定系を整備している。この光源を用いて、光電場によるモット絶縁体の金属化、分子性結晶における分極生成など当初予想された現象の観測に成功したのみならず、高強度中赤外光を駆動源としたフロッケエンジニアリングなど、新分野の開拓につながる成果が生まれつつある。

得られた研究成果のインパクトに関しては、強相関系の物性物理学の基礎研究において、既に顕著な成果が多く得られており、今後も質の高い成果が期待される。機械学習を援用した解析など、本領域の趣旨に合致した成果が、今後得られることを期待したい。

研究の進め方については、実験と理論の密接な連携により、基礎科学のフロンティア開拓が行われている。

本領域は計測×情報による相乗効果、あるいはそれによって初めて得られる成果を求めるものなので、今後、その方向に沿って研究を進めることも期待している。

#### 小松崎チーム

本研究課題は、細胞および生体組織のラマン分光イメージングデータを情報科学・統計数理手法に基づいて解析し、これまで判別が難しかった癌の早期診断の実現を目指すものである。「情報計測」分野の主旨に最も合致した研究課題の一つである。

中間評価の段階では、新機軸のダイナミックミラーデバイス(DMD)を開発し、プログラマブルラマン分光を可能にすることによって、がん/非がん判定のリアルタイム判定化に迫りつつあるのは大変大きな成果である。

科学技術イノベーションへの寄与に関しては、本技術はラマン分光計測のバイオインフォマティクスへの利用であり、我が国で相対的に研究者層が薄いバイオインフォマティクス分野の再興の点でも、基礎研究への貢献が期待できる。また、本技術は、対象としている細胞計測・生理状態の評価だけでなく、材料評価技術としての展開も考えられるので、他分野への水平展開も含め、幅広い分野でのイノベーション創出への貢献が期待できる。

3グループからなる実施体制の運営は優れており、プログラマブルラマン計測というキーワードでまとめている代表者のリーダーシップも評価できる。研究員や教員の昇任などもあり、研究者育成も順調である。本研究領域におけるCREST・さきがけ間の連携も高く評価できる。

がんと非がんの判別が、従来の長時間待機からリアルタイムに近い時間スケールで行えることは、手術の成否に関わる貢献を果たす可能性があり、今後の進展に期待したい。

#### 佐藤チーム

本研究課題は、代表者らが開発し昭和基地に設置した世界初の南極大型大気レーザー

(PANSY レーダー)を軸とした国際共同観測による高解像度でスパースな観測データと、人工衛星による低解像度でグローバルな観測データを組み合わせ、地上から高度約 100km に至る全大気の大気大循環モデルに同化する手法を開発し、これを用いて超高解像度の全球大気データを作成し、大気の階層構造や気候の遠隔結合に関する物理的解明を目指すものである。

中間評価の段階では、当初の計画通りに、大気の間中圏における重力波とロスビー波の相互作用、および注目されている成層圏突然昇温現象の解明に、国際協同大型レーダー観測計画との融合による研究開発が貢献した。大気科学、気象学分野では成層圏・中間圏での大規模現象について、国際研究観測計画と協同した研究開発が、新開発のレーダーデータの解析による検証を通して、高精度で捉えることができたことは評価される。半日周期の中間圏変動が潮汐ではなく、本研究課題の重力波によるものであることを明らかにしたことは優れた成果である。また、データ公開を計画している点も好ましく、この分野の進展に寄与するものと思われる。

研究領域からの助言に沿ってチームが再編成され、研究が戦略的に進められるようになってきた。WCRP(世界気候研究計画)の SPARC(成層圏・対流圏の諸過程と気候影響研究)などにおいて、国際的にもビジビリティの高い活動を進めていることは評価できる。代表者のリーダーシップは明確である。領域内での共同研究も進めており、基礎研究としてのネットワーク形成は順調である。国際的なプレゼンスも高い。

#### 村上チーム

本研究課題は、物質が示す電磁場を原子スケールで実測できる「電子線ホログラフィー」に、人工知能(AI)を用いた電子顕微鏡画像の処理、数理解析による情報欠損の回復等、情報科学の最先端技術を導入し、これにより、電子1個相当の微弱な電場を計測する新技術を世界に先駆けて開発することを目標としている。

中間評価の段階で、当初計画の数値目標である  $2\pi/400$  を陵駕する、世界最高の位相計測精度  $2\pi/600$  での磁性薄膜の電子線ホログラフィー計測を達成したことは高く評価される。

他に類を見ない電子線ホログラフィー顕微鏡の高度化技術であって、産業界への波及効果も期待できる内容であり、開発した電子ホログラフィー装置の共用化に向けた展望が示されているので、今後の触媒系や磁性材料の研究において、産業応用上も意義のある成果創出を期待できる。

研究の進め方に関しては、おおよそ1か月に1度の頻度でグループ間のミーティングが行われ、グループ間の連携が密である。ネットワーク形成に関しても共用事業を通じた展開が紹介されており、よく検討されている。

ホログラムの雑音除去、大規模画像データ取得技術開発、形態分散の大きい微粒子の画像認識・分類技術の開発、について当初目標を達成し、これを用いて触媒系での電荷分布および磁性薄膜での非磁性元素の拡散に伴う内部電位・磁束密度変調を究明した。今後は、達成

された高度計測・解析技術を適応することにより本手法の「独自性」が発揮できる課題の見極めが重要である。

#### 鷲尾チーム

本研究課題は、最先端の計測・デバイス技術と融合した新たな機械学習技術を確立・深化し、従来限界を超える高精度の計測実現を目指している。具体的テストベッドとして、先端のナノギャップナノポアによる高効率、低コストな第4世代 DNA シーケンシング技術を確立することを目指している。

中間評価の段階では、ナノギャップシーケンサーのノイズ除去をはじめ、具体的な計測プロセスに対して情報工学的手法をカスタマイズして成果を挙げている。ナノギャップシーケンサーによる  $\Psi_{x174}$  全ゲノム配列の決定は、計測手段の研究成果として評価できる。計測指向機械学習技術の幅広い応用展開で、インパクトの高い意義ある成果が得られている。例えば、ナノギャップによって、抗がん剤の DNA への取り込みを世界で初めて直接観察するなど、医学上も意義のある成果が得られた。

研究の進め方に関しては、国内外の学术界・産業界と幅広いネットワークを構築している。「情報計測」領域内での共同研究にも積極的に取り組み、更に、研究会の開催などを通じ、国内外の研究者との積極的な連携を図り、成果が得られつつある点は高く評価できる。超高速超解像計測、においセンサ、構造物欠陥センシングなど、本領域の他の計測分野の専門家との積極的な連携により計画以上の進捗が見られている。

本領域に不可欠な研究課題であり、本課題に期待した役割を十分に果たしつつある。今後、新しい視点から機械学習を革新する可能性も追求して頂きたい。

#### 吉川チーム

本研究課題では、人間の五感に対応するセンサで最も開発が遅れている「嗅覚センサ」について、研究代表者が中心となって開発に成功した膜型表面応力センサ (Membrane-type Surface stress Sensor, MSS) 素子、データ解析技術、および感応材料を融合することによって、社会実装に向けた技術的な課題を洗い出し、それらを克服する指針を与えることを目的とした。

CREST 研究としては、MSS を用いた全自動測定システムの開発、メガライブラリに対する解析技術の開発、新しい感応膜材料の開発からなる。実用化基礎検討のみならず、感応膜の物性解析にも取り組んでおり、多数の適用例によって MSS を実証したことは高く評価できる。しかしながら、どのテーマも定量的には詰め切れていないところがある。また、全自動計測システムの開発は今後の MSS データの収集には非常に役立つと考えられるが、出来上がったメガライブラリは、匂い判別基準としてのメガライブラリという意味では計測対象分子が少なく、不十分であるという印象を否めない。

研究成果の発信に関しては、発表論文 57、口頭発表 110 (招待 89 件)、受賞 11 件と活発で

あり、成果のインパクトも高く、評価できる。当領域の鷺尾チームとの共同研究で、伝達関数を用いた解析を行い、流量制御に依存しない「フリーハンド」測定を実現したことは、高く評価できる。今後、更なる定量的考察を行い、この取り組みが実用化に繋がることを期待したい。

感応膜の力学応答による匂い機能の検出という着想は独創的であり、今後、実用化に向けた取り組みが進展することを期待する。その際、旨くいかなかったことを含めて、深い科学的考察を誠実に行うことが重要であると考え。この点に配慮して、産官学連携を通して、実用化に向けた研究に取り組みられることを強く期待する。

#### <2017 年度採択>

##### 岡田チーム

本研究課題は、ベイズ推論を計測科学に導入したベイズ計測により、計測科学がどう変わるかの具体例を提示し、その具体例の中から、ベイズ計測の情報数理科学的な学理の構築を目的としている。

中間評価の段階で開発している内容を示す。具体的には、S/N比が低く、ノイズに埋もれたシグナルの顕在化や計測限界の定量化方法を開発した。直接計測できない対象として、計測データからハミルトニアンを決定することが可能であることを示した。材料科学を例に、異なるサンプルから得られるデータから、対象の時間発展を推定するためのベイズ推論の方法論を開発した。ガウス過程回帰を用いた能動学習によるスペクトル計測の効率化手法を提案し、物理量測定 of 効率化が可能であることを実証した。以上のように、ベイズ計測の情報数理基盤が構築されつつあり、さらに実践的なベイズ計測へと展開している。

##### 高田チーム

本研究課題は、データ同化と分子シミュレーション法によって、高速原子間力顕微鏡 (AFM) 計測からの生体分子の高精度 4 次元構造解析法を開発し、それを様々な細胞生物学的課題に適用し新たな生物学的発見に繋げることを目的としている。

中間評価時点での成果を示す。基礎研究における成果として、高速 AFM で得られた静止像に対して、適合する 3 次元分子構造モデルを求める方法をベイズ統計の枠組みによって構築した。分子動力学 (MD) シミュレーションによる AFM 像へのフレキシブルフィッティング法の計算パラメータをチューニングし、実際の高速 AFM 像への適用を行った。細菌鞭毛の輸送システムタンパク質 FlhAC 単量体の AFM 像について、フレキシブルフィッティング法により AFM 像と整合する原子レベルの構造モデルを得ることに成功した。また、科学的イノベーションに寄与する成果として、高速 AFM の時間分解能を律していた主要なデバイスである Z スキャナーに用いる圧電素子の小型化と圧電素子の固定法の工夫により、高速 AFM の時間分解能が一段と向上した。今後はデータ同化法との融合の加速も期待される。

#### 平田チーム

本研究課題では、まもなく到来する「地震超ビッグデータ時代」に先駆け、最先端ベイズ統計学の導入によって従来の地震データ解析手法を根本的に刷新し、それらを集約した「インテリジェント地震波動解析システム」を構築することを目的としている。

中間評価時点での各研究テーマの到達状況は次の通りである。(i)深層学習による高精度地震波自動検測法の開発では、地震波の誤検知率・見逃し率を従来の手法よりも大幅に改善する学習器のプロトタイプを構築した。(ii)データ同化に基づく地震波動場再構成の開発では、seismic wave gradiometry 法やレプリカ交換モンテカルロ法に基づき、地震観測網データから波動場を再構成する手法を開発した。いずれも本研究課題の最終目標であるインテリジェント地震波動解析システムにおいて必要不可欠な開発要素である。加えて、スパスセンサー最適化アルゴリズムを、地震観測点選択に応用するための手法改良を開始している。

#### 向川チーム

本研究課題では、光線が持つシーンに関する多元情報を効率よく計測・解析することを目的とし、計測デバイスの光学設計と情報科学分野における計算アルゴリズムを協調的に設計することを目指している。さらに、高次元光イメージングの幅広い分野での活用を開拓している。中間評価時点の各研究テーマの到達状況は次の通りである。

- (1) 高解像データの計測に関しては、波長軸として分光器を用いて直接的に高次元計測するとともに、冗長性を利用した符号化計測によって効率的に圧縮センシングできる手法を明らかにした。また、時間軸として光と熱の伝播を解析することで、形状や材質を推定する手法を明らかにした。
- (2) 高解像データの解析に関しては、各多元軸に共通に利用できる高次元データ解析法として、ロバスト主成分分析、L1 最小化、乱択アルゴリズム、クラスタリング等のアルゴリズムを開発した。これらの一連の成果は、高解像データの活用において利用している。
- (3) 高解像データの活用に関しては、(1)(2)の研究成果に基づいて、波長軸として農作物の品質検査、視点位置軸として受精卵の観察や文化財の質感を含めた計測、時間軸として車載カメラによる悪天候下での計測等に取り組んだ。加えて、視点位置軸と波長軸の計測技術を融合させ、医療分野への応用を目指して皮膚の奥にある血管を鮮明に可視化する技術等を開発した。

#### 矢代チーム

本研究課題では、放射光のマルチビーム化の実現と、従来の圧縮センシングの枠組みを超える超圧縮センシングの概念に基づく CT 再構成法の開発により、試料を高速で回転することなく、ms オーダーの時間分解能、10  $\mu\text{m}$  の空間分解能の 4D(3D+時間) X線トモグラフィ(CT)を実現することを目的としている。繰り返しが不可能な非平衡系のダイナミクスをそ



のまま観察できるという特長を活かして、生命・材料科学の基礎研究から産業界の新規イノベーション創出に至る新たなフロンティアの開拓を目標としている。

中間評価時点での目標として、単結晶型マルチビーム光学素子の開発と、それを用いた 5 ms 時間分解能、数 10  $\mu\text{m}$  空間分解能 CT(ただし、試料は回転してよいとする)の実現を目指してきた。現時点までに、 $\pm 70^\circ$  の投影方向(投影数: 32)をカバーできる三段双曲面型マルチビーム光学系(マルチビーム光学素子およびマルチビーム画像検出器)を開発し、さらに、非常に少数の不完全投影データからの CT 再構成を可能にする超圧縮センシング CT 再構成の基礎・応用研究の成果との融合により、当初の中間目標を大きく上回る、時間分解能 1 ms、空間分解能 40  $\mu\text{m}$  弱で、かつ、試料を回転することなく CT 再構成ができることを実証した。

#### <2018 年度採択>

##### 赤井チーム

本研究課題では、機能性材料において、そのマイクロ物性、メゾ構造、マクロ機能の発現までをシームレスに解明する方法論を開発することを目的としている。そのため、放射光を用いた X 線吸収微細構造(XAFS)スペクトルとその顕微計測(-XAFS)データから、物性特徴量を抽出する段階とメゾ構造を解析する段階でデータ駆動科学を融合し、日本が世界のトップを走る高性能磁石材料と二次電池の固体電解質材料の先端研究に応用することを目指している。この応用研究では、開発した方法論の展開と材料開発研究者からのフィードバックを行う共同研究を深化させて、先端材料の高度化研究を躍進させる。得られる成果によって、高性能材料の研究・開発における日本の競争力強化を実現し、さらに、多くの若手研究者を本研究に参画させることで若手データサイエンティストの育成も行い、日本の競争力強化の持続的発展へと繋げることが期待される。

##### 石濱チーム

本研究課題では、質量分析技術と統計的信号解析技術を融合させることにより、プロテオームの計測・解析技術を深化させ、次世代プロテオーム解析技術を開拓する。具体的には、液体クロマトグラフィータンデム質量分析(LC/MS/MS)法を用いるプロテオーム解析に関わる連続した複数のステップを、確率モデルの推定という立場から再解釈・統合することで、統一的な階層モデルを構築し、LC/MS/MS 測定からタンパク質同定にいたる情報処理(Computational Proteomics)と、下流解析で利用されてきた情報処理(Proteome Informatics)を融合した同時解析手法を構築することを目的としている。また、ベイズ統計を用いてプロテオーム解析の信用度を評価することを可能にし、逆に、信用度を最大化するように計測機器の局所的解像度や印加電圧を自由に適応制御する技術を開発することで、計測技術自体を深化させる。この双方向からの技術融合により、かつてない高速性・特異性・検出力を有する革新的なプロテオーム計測が可能となり、微生物生態系など複雑な生命系

を対象とするメタプロテオミクス情報学を実現することが期待される。

#### 清末チーム

本研究課題では、“がん”をはじめとする疾患メカニズムの理解や再生医療の発展に貢献するため、かつてない高い時空間分解能で細胞計測が可能な『格子光シート顕微鏡』を機軸とした、多元的な細胞情報統合による新規な生命機構の発見を目指している。

そのため、計測技術と情報技術を高度に融合し、本顕微鏡の検出限界を超える情報を抽出するための画像処理技術、画像からの情報抽出技術、抽出した情報の解析を行うための技術を開発している。さらに、顕微鏡システムに1細胞採取ロボットを連結することで、画像から得られた細胞活動情報とゲノム等の物質的情報の融合を実現する多元細胞情報統合プラットフォームを構築している段階である。

#### 小村チーム

本研究課題では、新たな情報科学と全脳計測法を融合させ、これまで捉え難かったヒトの意識を可視化する「意識メータ」を創出することを目指している。

そのためには、大脳皮質表面だけでなく、深部脳に位置する視床からの神経活動を、かつてないスケールの時空間解像度で、広範囲に多点計測する。その上で、数理的手法としては、単一の信号をばらばらに解析するという従来の手法を越えて、脳が作る情報ネットワークの変化に着目する。今回、統合情報量を高次元データから算出する新しい解析手法を、実際の脳データに適用し、意識レベルの変化との関係性を明らかにする。将来的には、より実用的なワイヤレス脳波(頭蓋外電極)から、意識を推定する手法の開発に貢献することが期待される。また、神経結合操作によって、意識レベルを上昇することが可能になれば、植物状態や昏睡の患者を、回復させる、極めて有力な手法を示すことにもなる。

#### 光岡チーム

本研究課題では、最近分解能が飛躍的に向上したクライオ電子顕微鏡(電顕)からの画像の解析法を、最新の情報科学・数理統計手法を用いて高度化し、より一般の研究者が利用しやすいシステムの構築を目指している。さらに、クライオ電顕からの得られた複数の機能中構造を活用するため、他の計測手法や計算シミュレーション結果も用いて、数理統計的手法を用いてデータ統合することを目指した。

以上の目的を達成するため、SPA法のベイズ推定や機械学習を利用した高度化・汎用化を行い、その成果を少なくとも数種類の生体高分子試料の構造解析に応用していく。また、その構造解析にもベイズ推定や機械学習などを応用した。

これにより、超巨大複合体全体について原子レベルの分解能の構造や、複数の構造と時間変化の情報を融合した分子動態を解析できる。複合体の全構造や分子動態が明らかになれば、生体機能理解が進むとともに、その複数のサブユニットや中間状態に結合するような化

合物の設計が可能となり副作用の少ない薬物の開発などにも役立つことが期待される。

## ②さきがけ

本研究領域は、多様な計測技術に最先端の情報科学や統計数理を高度に融合させることによって、これまでは困難であった計測や解析の限界を突破することを目指している。2019年度に終了する一期としては、ライフサイエンス系、材料系などの主要な研究分野に加え、岩石、流体、視覚的質感など、非常に多岐にわたる計測分野と、情報科学アプローチの挑戦的課題を採択した。領域会議やクラスタ会議などを通して、情報と計測の融合のみならず、異分野間の融合やさきがけと CREST の融合を目指した活発な活動を行った。各研究者は領域の趣旨をよく理解して従来の枠を超える研究に挑戦し、積極的な共同研究や研究交流を行うとともに領域アドバイザーによる適切な助言を活用して、それぞれ情報計測の名にふさわしい顕著な研究成果を挙げた。

各研究課題の経過と研究総括の所見については下記の通りである。

### <2016 年度採択>

#### 1. 安藤 正浩 研究者 「ラマン分光スパース解析による生細胞の包括的分子イメージング」

本研究は、あらゆる分子の構造・定量情報を光照射のみから得られるラマン分光法と、スパースモデリングなどによる高度な信号抽出・解析技術を融合し、生きた細胞中で脂質、タンパク質、核酸、糖質、色素、代謝産物などを包括的に非破壊分析する技術基盤創出を目的として行われた。

装置開発としては多点同時励起ラマン分光顕微鏡を新たに開発し、生細胞の多点同時観測を可能にした。本装置を用いて計測したラマンスペクトルを、非負値行列分解を活用して作成した分子自動認識プログラムによって成分分解することで、生細胞内分子分布の自動イメージングを可能とした。また非公開の研究成果において、本手法の実用性を裏付ける結果も出てきており評価できる。

企業との共同研究も開始されており、実用的な利用に向けた展開が期待される。一方、分子自動認識プログラムの基盤となる分子スペクトルデータベースの構築は本研究期間では不十分なものであったため、今後データベースの充実による更なる適用範囲の拡大を期待する。

#### 2. 小川 紘樹 研究者 「X線小角散乱-CT法と計算科学の融合による可視化手法の開発」

本研究は、ソフトマテリアルにおけるナノスケールの構造解析手法として用いられる SAXS-CT 法と情報科学を融合することにより、あらゆるソフトマテリアルにおけるナノスケールの構造情報を可視化する手法の開発を目的として行われた。

特にゴムの破断現象の理解に着目してゴム充填系材料へ SAXS-CT 法を適用し、情報科学との融合により Tikhonov 正則化に基づくノイズ・アーティファクトの除去、ストリークの

除去を可能とした。これにより SAXS-CT 像の再構成に成功し、ゴム弾性体の破壊直前のシリカ粒子、ボイドの空間分布パターンの解析が可能となり、材料破断プロセスの微視的計測の可能性を示した。破壊のメカニズムの探求は材料研究、素材産業で重要な位置を占めるが十分な科学研究ができていない領域であり、材料破断プロセスの微視的計測の可能性を示した点で、本研究課題は重要な基礎研究であり高く評価できる。また領域アドバイザーの助言や情報科学研究者との連携により、研究計画を柔軟に見直し成果を挙げた点で、本領域が目指す情報×計測の融合成果として高く評価できる。

本さきがけ研究で得られた成果をもとに、今後、材料科学の未解決の基本的課題の一つである「疲労」「破壊」過程の学理究明への道筋を切り開いていくことを期待する。またゴム材料の配向状態のイメージングが、今後高寿命タイヤゴムの開発に繋がれば、産業界へのインパクトも高いと考えられる。

### 3. 小野 峻佑 研究者 「統合的凸最適化による In Hand な成分分離型信号情報再構成」

本研究は、シグナル/ノイズ比の低い観測データに内在する高精細な信号情報を特徴づける「加法型成分分解モデリング・正則化」、および少計算量・安定性・スケーラビリティ等を担保しながら統一的な方法論で信号情報を再構成する「統合的凸最適化アルゴリズム」の開発を目的として行われた。

その結果、統合的凸最適化による成分分離型信号情報再構成の基盤が開発され、特に正則化成分分離による多用途・高速化に成功した。本手法は新機軸の特徴量抽出法、再構成技術であり、既に多方面への展開が行われ実証されている点で今後の新たな産業創出への可能性が期待できる。また、領域内の計測グループとの融合研究を活発に行い、多数の課題について当初予想されていなかった成果を挙げることができたが、その中で本質的な貢献を果たしたことは特筆に値する。

今後は成分分離型モデルや関連アルゴリズムが in-hand に利用可能になるように、開発した方法の実装を実現することを期待する。

### 4. 葛西 卓磨 研究者 「試料への情報の符号化を活用する NMR 計測・解析法」

本研究では、窒素や水素の同位体で標識された多数のアミノ酸のシグナルに対して、符号化標識法とテンソル分解を組み合わせた、新しい NMR スペクトル解析法を確立した。

時間軸データを高階テンソルの成分とみなして、符号化標識法をさらに拡大し計測を効率化する方法を開発した。また、領域内情報研究者との共同研究によるテンソル分解の高速化や低 S/N のスペクトルからの特徴量抽出に関して、独自の特色ある手法を開発した点は、当初の想定を超えた成果である。これによって、重畳信号の解析など従来困難であった問題を質的に改善した点は高く評価される。

一方、本手法の有用性を客観的に示すための実証実験があまり進んでおらず、試料の選定などを担当する研究者との協力が不足していたように見受けられる。また手法の新規性に

対する研究者コミュニティの理解や、論文化が難しい融合研究という背景もあり、論文数など定量的な成果に直接結びついていない点は今後の課題である。本手法は、アルツハイマー病にも関連し社会的インパクトも大きな天然変性タンパク質への応用展開も期待されるため、論文化によるアピールを積極的に行う必要がある。

#### 5. 片山 建二 研究者 「変調光誘起位相差顕微鏡による光生成キャリア寿命・移動物性評価法」

本研究では、半導体微粒子配列構造とキャリア物性との相関の解明を目的として、位相差により粉末状の材料の光生成キャリアを観測するための独自の装置を開発した。

本装置に情報技術を組み合わせることで、従来困難であったローカルキャリアのダイナミクス可視化に成功した。光誘起位相差顕微鏡の開発では、励起光に1次元、あるいは2次元の周期性を持った空間変調分光を用い、また画像再構成においては、当初計画にはないデータ同化によるパラメータ推定を導入してキャリア寿命と移動度の推定を実現したことは高く評価できる。本研究により得られた高い時空間分解能を有するキャリアダイナミクス解析法を用いて、グラフェンなどの新しい材料の解析にも展開したことも評価できる。

多くの共同研究や装置開発に関する特許出願などの成果も挙げており、産業的なインパクトも大きいと思われる。今後、界面や欠陥にトラップされたキャリアの動的特性などの観察などにも発展させ、基礎研究への更なる貢献を目指して頂きたい。

#### 6. 桑谷 立 研究者 「岩石からのプロセス抽出：究極の逆問題に挑むベイズ計測」

本研究は、地球科学分野にデータ駆動型アプローチを導入し、岩石の履歴推定を実施するという「答え合せのできない」挑戦的な研究課題である。

主な成果としては、顕微鏡写真と電子プローブマイクロアナライザ(EPMA)データを組み合わせ定量的大規模な2次元組成画像データを作成する方法を確立した。また、グループLassoの方法を用いるSparse Isocon法を開発し、不動元素に関する情報がなくても、物質移動量が求められる汎用性の高い方法を確立し、海底熱水鉱床の鉱石沈殿の推定などの多くの応用研究を行い、積極的に成果の論文化を進めている点も高く評価できる。

データ同化法の拡張により、岩石データという平面データから時間履歴を復元するという目標は達成できたが、今後は実証実験による検証が期待される。また研究で得られた知見を岩石学だけでなく、材料科学等における逆問題解析へと拡大できれば、産業界への波及も期待できる。

#### 7. 中村 友哉 研究者 「人工散乱体と圧縮センシングを融合した超小型撮像系による大規模画像計測」

本研究は、人工散乱体と画像再構成処理を融合設計し、実世界の大規模光情報を超小型光学系で計測できる新原理レンズレスカメラの創出を目的として行われた。

小型・マルチスペクトル・広視野を同時に達成する圧縮センシング(CS)融合型コンピューショナルカメラを新規にデザインし、光学実験での原理実証や数値実験による定量評価を行った。当初計画していた多重法では、CS 画像再構成では良好な分離画像が得られないことが判明したため疎標本化法に切り替え、柔軟に計画変更することで目標を達成した。また、本さきがけ研究期間中に特許出願を複数実施している点は評価できる。

自動運転、ドライバー監視、セキュリティなどへの応用の可能性が期待され、今後大きな展開も考えられるが、実用化に当たっては再構成に時間がかかる問題の解決が必要と思われる。また、領域内における連携は限定的であったが、今後は国内外の研究者や産業界とのより活発な連携が期待される。

#### 8. 野々村 拓 研究者 「流体最適制御に向けた高速高精度データ同化手法の確立」

本研究は、高速かつ複雑な流れ場に対し、詳細な流体情報の取得と、リアルタイムの高性能データ同化を実現し制御するという非常に挑戦的なテーマで推進された。

その結果、オプティカルフローによる詳細な流体情報の取得や、カルマンフィルタ動的モード分解による低次元化を実現した。加えて、当初計画になかったスパースセンサ位置最適化を行い、スパースプロセッシング PIV(粒子画像速度計測法)を開発して、リアルタイムデータ同化の実現可能性を示したことは評価できる。領域内外の研究者との連携により、問題解決が図られ、計測と情報とが融合した流体最適化制御研究が進められた点も評価できる。

一方、本研究期間中に得られたセンサ最適位置は空間に浮いており、シミュレーションに対してのみ有効な結果であるため、今後は実時間フィードバック制御を実現するための更なる研究を期待する。

#### 9. 松永 康佑 研究者 「生体分子動態解析のためのデータ同化基盤の開発と応用」

本研究は、生体分子シミュレーションと計測データを融合させて分子構造情報を伴った動的プロセス(動態)のモデリングを実現することで、これまで見えなかった構造変化プロセスや分子認識における中間構造・パスウェイおよびメカニズムを解明することを目的として行われた。

その結果、大規模分子動力学シミュレーションによるタンパク分子の機能性に関するシミュレーションと活性状態のモノマー距離の時間変化を、マルコフ過程モデルとデータ同化を駆使して繋ぎ、タンパク質の構造変化解析に成功した。さらに研究の後半では更なる汎用化を目指して、計測データとして高速 AFM データを用いた解析を試み、一定の成果を出しつつある。データ同化手法としては、当初想定したマルコフ状態モデルを超えて、よりミクロな力場パラメータへのフィードバックを目指したデータ同化手法へと進展させつつある。データ同化によって、蛋白質の新しいフォールディングパスが提案されるなど、本研究によって初めて得られた知見があり、蛋白質科学的に新しい展望が広がったと考えられ、高く評価できる。

今後は、本さきがけ研究で得られたタンパク分子の解析を、病態の分子理解や創薬などへの展開へと繋げることを期待する。

#### 10. 渡辺 義浩 研究者 「スパースモデリングと動的光線制御による視覚的質感の高速計測」

本研究は、これまで困難であった高速かつ高解像度な視覚的質感の計測手法を、情報科学との融合によって、計測回数を最小化しつつ質感の再現性を極限まで高めることを目的として行われた。

多自由度照明システムとベイズ最適化を利用したサンプリング設計および機械学習を用いて、視覚的質感である反射特性を高速に計測・解析する装置と手法の研究を推進し、150万次元を1秒で測定できるハンディタイプの測定・解析装置を開発した。当初計画では照明・観測方向の自由度を最大化した計測システムの開発を予定していたが、エンドユーザへのヒアリングに基づき、小型化を目指す方向に計画変更した結果、広範な応用が期待できる研究成果が得られたことは高く評価できる。

少数サンプリングによる質感の高精度表示によって、人間の質感知覚メカニズム研究の基盤ともなり得る成果を得たことは基礎研究として重要であり、また質感の研究は文化、芸術、哲学、医療等、実に幅広い応用展開が考えられ、今後、そのインパクトは広範囲にわたると期待される。

#### <2017 年度採択>

#### 1. 木寺 正平 研究者 「超高精度画像化法と多偏波解析による誘電率推定を統合した革新的マイクロ波イメージング法の創出」

本研究は、マイクロ波、ミリ波、テラヘルツ波等の高周波電磁波センシング技術における独創的な画像解析アプローチに基づく高度データ抽出により、多様な情報を統合した革新的イメージングシステムの研究基盤を構築することを目的として行われている。

マイクロ波非破壊検査(コンクリート内部亀裂探知)における内部目標識別において、独自のレーダー画像化法(RPM)とトモグラフィ法であるCSI法を統合し、複素誘電率とROI(目標のサイズ・位置)の両方を高精度に推定させる双方向処理を実現させた。他に類をみないアプローチであり、実機実験で実証したのは本研究が世界で初めてである。

災害現場や自動運転等での近距離レーダーによる人体検出においては、自動車運転時における見通し外環境下の人体と人口構造物からの回折波を機械学習で識別させ、完全な遮蔽状況下で識別率80%を達成させた。同成果は、自動運転における影領域での衝突回避システムセンサとして有用である。

#### 2. 木村 隆志 研究者 「ビッグデータアプローチによる X 線レーザーイメージングの高度化」

本研究は、X線自由電子レーザー(X-ray Free-Electron Laser: XFEL)によるフェムト秒

のシングルパルス計測を、取得した大量データを高精度・高効率に解析可能する情報処理技術と組み合わせることによって、液中における試料の特異構造を高空間分解能に観察可能な新たな顕微イメージング技術の開発を目指したものである。

XFEL での計測に利用する高集積度溶液試料ホルダと、コヒーレント回折パターンの高精度データ解析アルゴリズムの開発を行うとともに、SACLA での液中試料イメージングの実証に成功した。半導体プロセス技術を活用した新たな溶液試料ホルダ構造を考案・作製するとともに、原子散乱モデルに基づいた X 線回折シミュレーションを用いたコヒーレント回折パターンの識別・高精度化アルゴリズムを作成した。

従来観察困難な対象を高分解能イメージング可能にし、溶液環境と切り離せない化学反応、例えば新規ナノ粒子の合成手法の開発などへのインパクトは大きいものと考えられる。なお、新型コロナの影響による試料作製遅延、実験中止に伴い、2020 年後期に代替施設を利用した最終データ取得による成果のまとめのため、「新型コロナウイルス支障対策のための延長支援制度」を活用し、研究計画を当初 2020 年 3 月 31 日終了から 2020 年 9 月 30 日終了に延長する(予定)。

### 3. 中西 義典 研究者 「再標本化による情報計測のためのデータ駆動診断法開発」

本研究は、情報計測の限界を見極め、その成否を診断するためのデータ駆動診断法を開発することを目的として行われている。

計測・解析課題に対して情報科学・統計数理手法を適用するという情報計測の枠組みについて、その成否を診断する手法やその限界を定量化する手法を提案し、性能を評価した。圧縮センシングと呼ばれる情報計測の枠組みに対して、データ駆動的にその成否を診断する手法を開発した。計測対象に顕著なスパース性が確認できる場合に、簡便に推定アルゴリズムのハイパーパラメータを決定する手法の開発という副次的な成果も得た。結晶構造解析にベイズ推論を適用するという情報計測の枠組みに対して、計測データに基づいて構造モデルを最適化するとともに、最適な構造モデルの不確かさを定量化する方法を開発した。

スパースモデリングによる圧縮センシングに対してデータ駆動診断法を開発したことは理論的に重要な成果である。

### 4. 中村 和幸 研究者 「データ同化モデリングの自動化原理開発によるハイレベル予測発見手法の構築」

本研究は、数理科学・統計科学・データ同化の 3 つの分野における手法を融合した手法を開発することで、これらの問題を解決する枠組を構築し、時空間計測データから高度なデータ同化を実施できるようにすることを目的として行われている。

数値シミュレーションと計測データを融合するデータ同化の自動化原理開発に向け、local translation error (LTE) 解析のデータ同化手法への展開、データからの機能モデル



構築、不確かさの設計・事前分布の検討、ベイズ統計手法による各要素項目の統合を行った。

実問題への応用として、気象レーダーデータ、生命科学モデル、高速 AFM データへの適用を進めるとともに、領域内外のデータ同化モデル、特に気象レーダーデータや擬似 AFM データへの適用において、これまでに整備した手法により適切なフィルタ推定値が得られることを確認した。

#### 5. 成田 憲保 研究者 「多色同時撮像観測と高精度解析による第二の地球たちの探査」

本研究は、多色同時撮像カメラを用いて、2018 年 4 月に打ち上げられた NASA のトランジット惑星探査衛星 TESS が発見したトランジット惑星候補の集中的な発見確認観測を行い、ガウス過程やマルコフ連鎖モンテカルロ (MCMC) 法などの統計手法を取り入れた時系列データの解析を通して、新しい地球型惑星(特に主星からの距離がちょうど良い「生命居住可能惑星」)の発見とその惑星の物理的情報を得ることを目的として行われている。

MuSCAT シリーズの観測をもとに複数の地球型惑星を発見し、その惑星の公転周期・質量・半径などの物理的情報を得ることができた。これらの地球型惑星は、将来の惑星大気の観測に適したターゲットになると期待されている。

赤色矮星を公転する周期 1 日未満の巨大惑星(これまで発見されていなかった周期と半径のパラメータ領域にある)の発見や、白色矮星(太陽のような恒星が寿命を終えた後に残る天体)を公転する巨大惑星の発見など、従来の常識から外れた惑星の発見も行うことができた。

なお、新型コロナの影響により観測装置の稼働時期が当初 2020 年 5 月から 2020 年 11 月にシフトしたことに伴い、観測出来なかった春夏時期のデータ取得等のため、「新型コロナウィルス支障対策のための延長支援制度」を活用し、研究計画を当初 2020 年 3 月 31 日終了から 2020 年 9 月 30 日終了に延長する(予定)。

#### 6. 星野 学 研究者 「高分解能データの統計的推定による超高精細結晶構造解析の開拓」

本研究は、回折データを発生可能な「結晶学と統計数理・情報科学の融合技術」を開発し、計測困難な回折データを補完した結晶構造解析を実行可能にすることを目的として行われている。

高分解能回折データの欠損(級数打ち切り効果の影響増大)によって低下した原子位置精度の向上を達成した。任意の分解能  $\sin \theta / \lambda$  で回折強度  $I$  が計測される確率分布関数  $P(I)$  のパラメータである  $\Sigma$  を取得、回折データの強度発生を行った上、最適化計算によって得られた回折データセットを結晶構造解析に利用し、電子密度分布において原子位置のピークが先鋭化したことを確認した。

以上により、「高分解能回折データの欠損」という計測限界の影響により電子密度分布の原子分解能が失われる問題を解決することができた。

なお、新型コロナの影響による放射光施設の稼働停止に伴い、最終データ取得を 2021 年 4

月～6月として成果をまとめるため、「新型コロナウイルス支障対策のための延長支援制度」を活用し、研究計画を当初2020年3月31日終了から2020年9月30日終了に延長する(予定)。

7. 松岡 大祐 研究者 「気象ビッグデータからの極端現象発生予測 ～台風のタマゴ発見から豪雨予測まで～」

本研究は、データ駆動型アプローチ(ビッグデータと機械学習)とプロセス駆動型アプローチ(気象モデルによるシミュレーション)の融合により、熱帯低気圧および豪雨予測の高度化を目的として行われている。

過去30年分の気候シミュレーションデータを用い、深層畳み込みニューラルネットワークを用いた機械学習によって熱帯低気圧発生の予兆となる雲分布の特徴量を抽出し、その早期検出を可能にする技術の構築に成功した。

さらにその研究を雲画像データにおける不均衡な2クラス分類問題に置き換え、多数派クラスのデータ選別および少数派クラスのデータ拡張、重み付き誤差関数などに基づく高精度なクラス分類手法を開発した。

観測データに基づく大気再解析データおよび現業機関において予報官が手動作成した天気図データを用い、降雨の原因となる停滞前線を機械学習によって自動的に抽出する手法の開発に成功した。

なお、新型コロナの影響による共同研究先のスーパーコンピューターの利用規制のため小・中規模計算機を代替利用に伴う結果取得遅れと全体計画遅延が発生した。「新型コロナウイルス支障対策のための延長支援制度」を活用し、研究計画を当初2020年3月31日終了から2020年9月30日終了に延長する(予定)。

8. 宮脇 陽一 研究者 「高時空間分解能脳情報解析による自然条件下での実世界認識ダイナミクスの研究」

本研究は、低拘束性と精密性という相反した状況のもとで、自然な画像を自然に観察した際のヒト脳活動を高時空間分解能で計測および解析可能にする基盤技術の確立を目的として行われている。

眼球運動信号とMEG信号を同時計測可能にする実験系の構築に成功し、眼球運動課題下での脳活動信号を高時間分解能で計測することを可能にした。新規課題への発展として、静磁場強度7Tの超高磁場MRIを使った超高速fMRI計測の技術を新たに確立した。

MEG信号源推定における情報拡散現象の定量化手法を確立し、従来のMEG信号源推定手法の問題点を新しい視点から提言することに成功した。

これら基盤技術の応用により、高次画像特徴量に対する時空間的視線誘引性の発見、視覚野における物体画像情報表現潜時と眼球運動潜時の時間関係の発見、脳血流動態反応潜時と独立した神経情報表現の同定に成功した。

なお、新型コロナの影響による実験施設への入構制限やヒトを対象とした被験者実験が困難なため一部の検証実験や計測実験が未実施となっていたが、実験再開を受けてこれらを実施して成果のまとめのため、「新型コロナウイルス支障対策のための延長支援制度」を活用し、研究計画を当初 2020 年 3 月 31 日終了から 2020 年 9 月 30 日終了に延長する(予定)。

#### 9. 森下 喜弘 研究者 「高度情報処理技術を用いた器官発生過程の再構築、予測、操作」

本研究は、細胞集団の自己組織的な形態形成・空間パターンニングの研究において典型的に現れる 2 種類の細胞運動データへ統計的・機械学習的手法を応用し、背後にあるメカニズムを解明することを目的として行われている。

心臓研究に関して、組織動態を表すテンソル量を個々の細胞プロセスへの寄与へと定量的に分解することで、組織動態と細胞動態の関係性を明らかにし、特に心臓初期発生で生じる原始心筒のルーピングの仕組みとして、従来モデルで想定されてきたダイナミクスとは異なる新規メカニズムの発見へとつながった。

四肢発生過程に関して、相同器官形成過程における種間比較(ニワトリ・カエル)を目的とし、現象を記述する適切な座標系を新規導入することで、種を超えて保存されたダイナミクスの存在を明らかにした。

#### 10. 山崎 裕一 研究者 「スパース位相回復法によるコヒーレント軟 X 線オペランド計測」

本研究は、材料・デバイスが動作している最中の電子状態変化を観測するオペランド(動作環境下)計測の新しい技術として、放射光施設や X 線自由電子レーザー(XFEL)から発生するコヒーレント(可干渉)な軟 X 線による実空間イメージング技術を開発することを目的として行なわれている。

複数の顕微手法を簡便に切り替えて試料を観測できる軟 X 線顕微鏡のシステムを構築し、数十ナノメートル程度の空間分解能を有することを実証した。

回折図形から実空間像を再構成する位相回復アルゴリズムにおいて、計測試料の事前情報をスパースモデリングによって組み入れたスパース位相回復法を開発し、計測ノイズや情報欠損を含むような低精度の計測データからも必要な情報を抽出できる解析手法を確立した。

これらの計測装置と解析手法を用いて、軟 X 線回折の干渉による位相や光渦の観測、トポロジカル磁性体や強磁性体材料において熱揺らぎによって安定化するトポロジカル安定性や磁気スキルミオンの粒子半径の変化に伴う構造相転移現象など、新しい物性現象の観測に成功した。

#### <2018 年度採択>

##### 1. 石川 亮 研究者 「オンライン自動収差補正による 3 次元電子顕微鏡法の開発」

本研究は、原子レベルでの究極的な点欠陥構造解析を目指した大収束角 STEM 法を実現するために、自動収差補正手法や画像解析技術の開発を行い自動計測と画像解析を高度に融合し、これまでにない精度での点欠陥構造や原子レベルでの立体構造への応用を目的として行なわれている。

高次収差のライブ補正法により、50 mrad 以上の大収束角でも原子分解能像の取得が可能となった。立方晶窒化ホウ素中にドーブされた Ce 単原子を深さセクション法(電子プローブの焦点位置を変化させて多数の像を取得する方法)による 3 次元データの取得を行い、63 mrad の大収束角により 2.1 nm の深さ分解能を実現した。

## 2. 加藤 健一 研究者 「データ駆動型全散乱計測に基づく不均質現象可視化システムの開発と応用」

本研究は、局所構造解析ツールとして認識されてきた放射光全散乱(ブラッグ反射+散漫散乱)計測に基づく原子二体分布関数(Atomic Pair Distribution Function:PDF)解析法を、「個々の平均像」を原子スケールで明らかにする不均質現象可視化システムへ転換し、「真」の全散乱 PDF 法を実現することを目的として行われている。

計測誤差低減のための ReLiEf 法をデータ駆動型 ReLiEf 法へと高度化し、これまで半日かかっていた補正時間を 30 分に短縮することに成功した。解析誤差に関しては、情報学的アプローチによってフーリエ逆変換に伴う打ち切り誤差をほぼ解消し、実空間分解能の向上に寄与することを確認した。

以上により、ナノ材料を 100 Å 以上の範囲にわたって 0.1 Å の分解能で不均質を可視化する下地を整えた。

## 3. 阪本 卓也 研究者 「生体信号の数理モデルと電波センシングを融合した人体の非接触バイタルイメージング」

本研究は、電波計測により人体全身の脈波伝搬を非接触計測する技術を開発することを目的として行われている。

生体信号についての先験情報を表現する数理モデルを構築し、そのモデルに基づいて脈波信号に特化した信号分離手法を開発した。多入力多出力アレイレーダーシステムと接触型センサによる人体の同時測定を行い、開発した信号分離手法の性能を実験的に評価した。

以上により、従来のアダプティブアレイ信号処理や独立成分分析では正確に信号分離できない場合においても、提案する信号分離手法により人体の複数部位の脈波が高精度に非接触計測できることを実証した。

## 4. 玉井 康成 研究者 「スパース解析と遺伝的アルゴリズムの融合による新奇スペクトル分離手法の開発」

本研究は、複雑にオーバーラップした観測データを個々の過渡成分に関する情報(スペク

トル、キネティクス)に分離する手法として、特に有機物のようなディスオーダー材料において頻繁に観測されるスペクトルシフトまで含めたスペクトル分離手法を開発することを目的として行われている。

比較的スペクトル分離が容易な系であればスペクトルシフトも含んだ上で分離可能なアルゴリズムを構築し、界面近傍のエネルギーカスケードを利用した電荷分離メカニズムについて分光学的に直接観測した最初の例となった。

HJ-会合性を示す共役高分子 PNOz4T の薄膜中における励起子拡散ダイナミクスを過渡吸収分光法を用いて明らかにした。

#### 5. 徳永 旭将 研究者 「学習型動態モーフィングによる神経間シグナル伝達特性の解明」

本研究は、自然科学での様々なイメージングデータから、従来の限界を超えて緻密な動態を推定するためのモーフィング技術を確立することを目的として行われている。

線虫 *C. elegans* の匂い刺激の感覚神経細胞である AWA に対し膜電位プローブである paQuasAr3 と、 $\text{Ca}^{2+}$ プローブである GCaMP6f を同時に発現させた線虫株を作成し、匂い刺激を付与した際の AWA の神経活動動態を蛍光顕微鏡を用いて測定することにより、膜電位応答と  $\text{Ca}^{2+}$ 応答を同時にイメージングすることに成功した。

#### 6. 西川 悠 研究者 「魚群探知機とバーチャル生簀の融合による養殖魚計測技術の開発」

本研究は、魚群探知機のエコー画像から生簀中の養殖魚のバイオマスを推定することを目的として行われている。

魚群の行動シミュレーションとエコーシミュレーションの開発、および機械学習の基本部分の開発を行なった。

既往の研究で示された魚群行動モデルに、海面を避ける行動を再現する趨光性や壁を避ける力を加えて改良し、現実的な生簀中の魚の動きを表現した。

エコーシミュレーションを用いた機械学習のテストにより、数%の精度でバイオマスが推定可能であるという結果を得た。

#### 7. 林 久美子 研究者 「魚群探知機とバーチャル生簀の融合による養殖魚計測技術の開発」

本研究は、蛍光イメージングで得られる軸索輸送動画の非平衡統計力学解析から、分子モーターの情報(力・速度・個数)を引き出し、神経疾患の分子メカニズムを解明することを目的として行われている。

疾患と比較のための標準測定としてマウス野生型分子モーターを調べ、シナプス小胞前駆体輸送についての解析結果から、小胞が最大 6 個の分子モーターに協同輸送されていることが判った。遺伝性痙性対麻痺を引き起こすヒト変異型分子モーターとは力・速度・個数が異なるという結果を得た。

8. 平松 光太郎 研究者 「任意のスペクトル次元を測定できる functional Raman 分光法の開発」

本研究は、情報科学的アプローチに基づくレーザーパルス整形技術を活用し、1回(または数回)の測定で生体機能と最も相関の大きい情報だけを取得する手法(functional Raman: fRaman 分光法)の開発を目的として行われている。

fRaman 分光計測システムを構築し、複数の異なる分子に関して、fRaman 計測の実証を行い、1回の測定で異なる分子種を区別できることを示した。また、ラマンスペクトルを高速かつ効率的に計測するための方法として圧縮センシングを用いた解析手法の開発を行い、従来法と比べ5倍程度の効率で計測が可能であることを示した。

9. 松岡 里実 研究者 「データ同化による1細胞内自己組織化過程の全可視化」

本研究は、細胞内で起こる自己組織化現象の計算機シミュレーションによる再現を、データ同化を利用して生細胞内1分子イメージング計測に基づいて達成することを目的として行われている。

1分子粒度シミュレーション法の研究開発を行い、双安定系に特徴的なダイナミクスである、細胞膜上でリン脂質PI(3,4,5)P3の濃縮した領域とその脱リン酸化酵素であるPTENの濃縮した領域が空間的に分離する過程について、分子の反応と拡散を1分子ごとに計算することによって計算機内での再現に成功した。

10. 松田 佑 研究者 「圧縮センシングを活用した高精度空力診断システムの構築」

本研究は、構造化光(空間パターン化した光)を励起光として用い、圧縮センシングの手法を融合させることにより、自動車や鉄道車両の車体形状をはじめとする民生品の空力設計に活用できる高空間分解能でかつ高圧力分解能(10 Pa)での圧力分布計測手法の確立を目的として行われている。

構造化した光をPSPの励起光として用いることにより計測誤差の低減を図る手法を提案し、PSP計測用の構造化照明光学系を用いたデモンストレーション実験を行い、提案手法の有効性に関して調査した。その結果、従来は困難であった誤差源からの誤差を除去することに成功し、その有効性を示した。

11. 森島 邦博 研究者 「高度情報処理と素粒子計測の融合によるミュオントモグラフィ技術」

本研究は、超高解像三次元素粒子検出器「原子核乾板」による計測技術と高度情報処理の融合により、巨大な物体の内部を三次元可視化する革新的な計測技術「宇宙線ミュオントモグラフィ」の実現を目的として行われている。

エジプトのクフ王のピラミッド内部に発見した2つの未知の空間(2016年、2017年)を対象としてピラミッド内部に原子核乾板を複数設置し、同時に多地点からの観測を実施した。

このデータを解析して、発見した 2 つの新空間の詳細な三次元形状を再構成するためのデータ処理系の枠組みを構築して解析技術の開発を進めた。

他にも、マヤ遺跡の一つであるホンジュラスのコパン遺跡やイタリアのナポリの地下遺跡の調査など、幅広い対象へ適用可能な世界最先端の宇宙線トモグラフィ技術の基盤の構築を進めている。

## 7. 総合所見

本研究領域の戦略目標である「計測技術と高度情報処理の融合」を目指して、順調に進捗している。

上記を推進するにあたり、本研究領域内のあらゆる形の研究を「融合」させるという方針のもと、本研究領域の中で CREST-さきがけ間、CREST-CREST 間、さきがけ-さきがけ間の連携や協業が積極的に進められている。その結果、さきがけ研究を終了した研究者が CREST チームの主たる共同研究者や研究参加者として加わることにより、研究課題を推進する上で重要な役割を果たす「融合」の事例も複数出てきている。このように多くの研究課題において、新しい分野を開拓する上で重要と見做す要素が、領域内の連携や協業によって為されている。

これらは本研究領域のマネジメントとして課題選考段階から注力してきたことであり、これまで順調に推移しており、研究領域の目標達成にむけて重要な役割を果たしている。

また、CREST とさきがけが一つの研究領域の中で研究推進することにより、計測の研究者は情報技術を、また情報の研究者は計測の実課題を深く理解する機会を持ち、さらに異分野との共同研究の場に参加することによって、「計測×情報」という新しい分野を担う若い人材育成が実現しつつある。このことは、本研究領域を設定した目的の一つであり、その目指したことが順調に進展していることを示している。

2020 年 3 月以降の新型コロナ禍の中でも、オンライン形式によるサイトビジットや領域会議を通してフォローアップすることにより、議論が円滑に進み、各研究課題もリモート環境を活用して順調に進展している。その結果、計測に関する一部の研究課題に進捗遅延はあるものの、コロナ延長支援などの対応によって全体として大きな影響は受けていない。

なお、本研究領域は多様な計測・解析技術に最先端の情報科学や統計数理を融合させるものであることから、それぞれの研究領域の第一線の研究者である 15 名の領域アドバイザーに就任頂き、幅も広く強力な陣容からの確かなアドバイスやフィードバックが行われており、重要な成果に繋がった例も見られる。領域アドバイザー、研究総括、副研究総括の情報交換と連携によりチームとして適切なガイドを各研究課題に行うことができる点が、本研究領域における強力な領域マネジメントの根幹となっている。

今後、本研究領域のそれぞれの研究で成果を挙げつつある「情報計測」を定着させる必要がある。そのための方策として、①若手人材育成の更なる促進、②「情報計測」の教科書の作成、③広報などを通じた啓蒙活動の取り組みを進める。

本研究領域は、今後も引き続き、計測と情報の高度な「融合」を推進し、更に高度化した計測・解析技術の構築を通して、新しい科学技術研究の嚆矢として、科学技術全般の研究開発サイクルの加速、解析アプリケーションの開発による材料科学やライフサイエンス等の各分野の飛躍的な進展と研究成果のより早い社会還元、及び融合領域の研究を推進する研究者の育成・発掘を目指す。

以上