

戦略的創造研究推進事業
—CREST・さきがけ複合領域—

研究領域「素材・デバイス・システム融合
による革新的ナノエレクトロニクスの創成」

複合領域中間評価用資料

研究総括：桜井貴康

副研究総括：横山直樹

2018年3月

目次

1. 研究領域の概要	1
(1)戦略目標	1
(2)研究領域	5
(3)研究総括	6
(4)採択課題・研究費	6
2. 研究総括のねらい	13
(1)CREST	13
(2)さきがけ	13
(3)複合領域として	14
3. 研究課題選考について	15
(1)CREST	15
①選考方針	15
②採択状況	16
(2)さきがけ	20
①選考方針	20
②採択状況	20
(3)複合領域として	24
4. 領域アドバイザーについて	25
(1)CREST	25
(2)さきがけ	26
5. 研究領域の運営について	29
(1)CREST	29
①研究運営方針	29
②研究環境の整備における運営	29
(i)サイトビジット	29
(ii)研究費の配分	32
③進捗状況把握、評価、それに基づく指導における運営	34
(i)テーマ分類と担当アドバイザー	34
(ii)アドバイザーサイトビジット	34
(iii)キックオフミーティング、領域会議、ヒアリング会議の運営	34
④研究交流、人材育成における運営	35
(2)さきがけ	35
①研究運営方針	35
②研究環境の整備における運営	35
(i)採択時サイトビジット	35
(ii)研究費の配分	37
③進捗状況把握、評価、それに基づく指導における運営	38

(i) テーマ分類と担当アドバイザー.....	38
(ii) アドバイザーサイトビジットおよび終了年度前サイトビジット.....	39
(iii) 領域会議の運営.....	41
(iv) 四半期報告.....	42
④ 研究交流、人材育成における運営.....	42
(i) SciFoS 活動.....	43
(ii) 外部機関との討論会.....	44
(iii) 副研究総括と研究者の直接面談.....	44
(iv) レイヤー間研究会.....	45
(v) 賞の推薦（受賞については 6. 研究の経過と所見に記載）.....	46
(3) 複合領域として.....	46
① 採択におけるポートフォリオ等の考慮.....	46
② 合同キックオフミーティング.....	46
③ ニュースレターの共同発行.....	47
④ さきがけ研究者のテーマについて CREST 研究者等との討論.....	47
⑤ 領域会議における交流.....	48
⑥ さきがけ課題評価における CREST 担当アドバイザーの参加.....	49
6. 研究の経過と所見.....	51
(1) CREST.....	51
① 研究総括のねらいに対する研究の状況.....	51
② 科学技術の進歩への貢献.....	54
③ 科学技術イノベーションへの貢献.....	54
④ 顕彰、受賞.....	55
⑤ 今後の期待や展望.....	55
(2) さきがけ.....	55
① 研究総括のねらいに対する研究の状況.....	55
② 科学技術の進歩への貢献.....	57
③ 科学技術イノベーション創出に貢献する卓越した成果の見通し.....	61
④ その他の特記事項.....	61
7. 総合所見.....	67
(1) 複合領域のマネジメント.....	67
(2) 複合領域としての研究成果の見通し.....	68
(3) 本複合領域を設定したことの意義.....	68
(4) 今後への期待、展望.....	69
(5) 所感、その他.....	69

1. 研究領域の概要

(1) 戦略目標

「情報デバイスの超低消費電力化や多機能化の実現に向けた、素材技術・デバイス技術・ナノシステム最適化技術等の融合による革新的基盤技術の創成」

①達成目標

従来のシリコンデバイスによる微細化、集積化が限界を迎える中、現在より2桁以上低い消費電力と2桁以上高速の情報デバイスを開発することを共通目標とし、将来のエレクトロニクス産業の基盤を確立するため、新規機能性材料の適用可能性の追求等による素材技術（先端材料や部材の開発及び活用に必要な基盤技術）の創出、新材料・新原理・新構造の論理素子・記憶素子の動作検証等によるデバイス技術の構築、先進的なナノテクノロジー等の実装に向けたナノシステム※最適化技術の創出、そしてそれら技術の融合に取り組むことにより、以下の目標を達成することを目指す。

- (i) 革新デバイスを下支えする新規機能性材料の創製及び適用可能性の追求による素材技術の創出
- (ii) 超低消費電力、超高速、超大容量等を可能にする新材料・新原理・新構造の論理素子・記憶素子等による革新デバイス技術の創出
- (iii) 異分野の要素技術を集積・統合・融合することによるナノシステムの最適設計に向けた基盤技術の創出

※本戦略目標においては、ナノテクノロジーを基軸として他分野の要素技術を集積・統合・融合し、全体として重要課題の解決に資する高度な機能を提供することが可能で、かつ社会的に認知される部品・装置・システムのことと定義する。

②将来実現し得る重要課題の達成ビジョン

本戦略目標において「①達成目標」に記載した研究成果を企業等の実用化研究につなげることにより、その諸技術を活用した革新的なデバイスが開発され、情報通信機器やシステム構成機器の超低消費電力化、高機能化や多機能化の実現が可能となる。

これにより、具体的には以下のような社会の実現につなげ、第4期科学技術基本計画（平成23年8月19日閣議決定）に掲げられた「エネルギー利用の高効率化及びスマート化」、「産業競争力の強化に向けた共通基盤の強化」、「領域横断的な科学技術の強化」等の達成に貢献することを目指す。

【1】あらゆる情報通信端末、情報デバイス等が超低消費電力化されることにより、省エ

エネルギー時代に適合した持続可能な高度情報通信ネットワーク社会の形成に大きく貢献する。

- 【2】新たな動作原理に基づくデバイスの融合による、タッチパネル、フレキシブルディスプレイ、太陽電池、バイオセンサ等、多方面での応用が可能となり、真のユビキタス社会が実現される。
- 【3】知識基盤社会、低炭素社会、高度情報化社会等に対応した社会的付加価値を有する最終製品を生み出すことにより、我が国の国際競争力を堅持し、新たな産業構造を切り拓（ひら）く基幹産業が育成される。

③具体的内容

（背景）

現在、半導体産業は世界的に厳しい競争に直面しているが、最近の予測※1 では、2012年の市場規模は 2,899 億ドルと過去最高であった前年度をわずかに下回ったものの、今後も緩やかな成長を継続していくと予想されており、その位置付けについては、例えば「半導体産業は「見えるインパクト」と「見えざるインパクト」を通して、日本の社会、経済、環境に大きな影響を与えている」と紹介※2 されるなど、産業競争力の基盤としての役割を果たしている。また、今後の本格的な IT 化に伴い、我が国の情報量は爆発的に増大（情報爆発）し、試算では 2025 年には現在の 100～200 倍もの情報がインターネット上を行き交う時代となり、こうした情報爆発に対応すべく、情報を処理する IT 機器の台数が大幅に増加するとともに、各機器の情報処理量が急増し、今後の IT 機器による消費電力量の急増が深刻な課題になると指摘されている（消費電力量が 2025 年には 2006 年比で約 5.2 倍、2050 年には 2006 年比で約 12 倍になると推計されている。）※3。また、民間調査機関の推計※4 によれば、世界の情報量は、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り、この増え続ける情報を処理するために、現在のシリコンデバイスの集積化、微細化は今後も必須の流れとなっている。しかし、現状のシリコンデバイスでは、集積化に伴う素子の消費電力増大、微細化の物理的限界、特性ばらつきの増大等が喫緊の課題となっている。これらの制約を突破する方策として、近年、世界的に進展の著しいナノエレクトロニクス技術を駆使して、従来の CMOS（相補性金属酸化膜半導体）技術に沿って新たな機能を持った材料及びデバイスを付加し性能向上を図る方向と、従来の CMOS を超える新しい動作原理に基づくデバイス及びシステムの実現を目指す方向とが模索されている。

（研究内容）

このような現状において、本戦略目標では、微細化・高速化や低消費電力・多機能化を個別に追及するのではなく、先進的なナノテクノロジー等の要素技術を糾合することにより、革新的なシーズを創出し、将来のエレクトロニクス産業の基盤を確立することを目的として、具体的には、以下のような研究を行う。なお、本戦略目標では、材料、デバイス、システム等、それぞれの分野の専門家がプロジェクトの早期の段階から連携・協働できる体制を

構築し、現在より2桁以上低い消費電力と2桁以上高速の情報デバイス（携帯電話、パソコン、ストレージ等をはじめとするICT機器全般）を開発するという共通目標の達成に向け、戦略的かつ機動的な研究を実施することが求められる。具体的には、以下の研究を想定する。

(i) 革新デバイスを下支えする新規機能性材料の創製及び適用可能性の追求による素材技術の創出

- ① 新規機能性材料の構造や物性に関する計測・解析・加工プロセス技術の創出
- ② 革新デバイスになることが期待されるグラフェン等の原子薄膜の結晶実現・機能解明・学理構築に関する研究

(ii) 超低消費電力、超高速、超大容量等を可能にする新材料・新原理・新構造の論理素子・記憶素子等による革新デバイス技術の創出

- ③ 優れた物性を有する新物質・新規機能性材料をデバイスに応用する技術に関する研究
- ④ 異種材料の接合等による新機能デバイスの提案と原理実証
- ⑤ 微細化・高集積化を可能とする革新的なデバイス・アーキテクチャ技術の創成

(iii) (i)、(ii)をはじめとする要素技術を集積・統合・融合することによるナノシステムの最適設計に向けた基盤技術の創出

- ⑥ デバイス機能を発現・最適化するための物質構造及びデバイス構造の設計及び計算機シミュレーション技術の創出・素材、回路等の様々な階層の連携・協調による超低消費電力化技術の創出

※1 世界半導体市場統計 (WSTS: World Semiconductor Trade Statistics)、「WSTS Semiconductor Market Forecast Autumn 2012」、2012.11

※2 一般社団法人半導体産業研究所 (Semiconductor Industry Research Institute Japan)、「半導体産業が日本の社会・経済・環境に与えるインパクトの社会科学分析 最終報告書」、2009.7

※3 経済産業省「情報通信機器の省エネルギーと競争力の強化に関する研究会」

※4 IDC、「Big Data, Bigger Digital Shadows, and Biggest Growth in the Far East」、2012.12

④政策上の位置付け（政策体系における位置づけ、政策上の必要性・緊急性等）

「第4期科学技術基本計画」では、エネルギー利用の高効率化及びスマート化に向け、「情報通信技術は、エネルギーの供給、利用や社会インフラの革新を進める上で不可欠な基盤的技術であり、次世代の情報通信ネットワークに関する研究開発、情報通信機器やシステ

ム構成機器の一層の省エネルギー化、ネットワークシステム全体の最適制御に関する技術開発を進める」こととされ、また、産業競争力の強化に向けた共通基盤の強化のため、「付加価値率や市場占有率が高く、今後の成長が見込まれ、我が国が国際競争力のある技術を数多く有している先端材料や部材の開発及び活用に必要な基盤技術、高機能電子デバイスや情報通信の利用、活用を支える基盤技術など、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」こととされている。

総合科学技術会議においても、「2013 年度科学技術重要施策アクションプラン」（平成24年7月19日総合科学技術会議 科学技術イノベーション政策推進専門調査会）において、「大幅なエネルギー消費量の削減を目指す「エネルギー利用の革新」」が政策課題として掲げられ、「技術革新によるエネルギー消費量の飛躍的削減」が重点的取組とされた。また、「2013 年度重点施策パッケージの重点化課題・取組」（同上）では、我が国で発見されたカーボンナノチューブやグラフェン等のナノカーボン新材料を、世界に先駆け様々な部材・製品（熱交換器、電池、エレクトロニクスデバイス、複合材料等）へ応用することにより、幅広い産業で部材、部品及び製品の産業競争力を高めるとともに、新たな成長産業を創出することなどから、我が国の産業競争力の強化に向けた重点的取組として、「ナノカーボン新材料（CNT（Carbon Nano Tube）・グラフェン等）の様々な分野への応用/商用技術の開発」が提示された。

以上のとおり、「グリーンイノベーションの推進」や「我が国の産業競争力の強化」に向け、革新的な材料による省エネデバイスの開発が政策的にも求められているところである。

⑤他の関連施策との連携及び役割分担・政策効果の違い

大学等におけるこれまでの取組や既存の戦略的創造研究推進事業等の成果を積極的に活用するとともに、関連するプロジェクト間と緊密な連携を確保し、速やかに成果の実用化を図る。具体的には、本戦略目標において創出される成果については、将来のエレクトロニクス産業の基盤を確立する観点から、研究期間中であっても、知的財産を適切に確保した上で、研究成果の実用化を目指す産学連携事業等や民間企業のプロジェクトへ速やかに展開する。特に、幅広い産学官の研究者が集結する TIA（つくばイノベーションアリーナ）やその他の研究開発拠点等の枠組みを最大限に活用し、本戦略目標における基礎研究の成果を、我が国の産業競争力の強化に直結させる体制を構築する。

⑥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）

米国では2011年2月に改定された「米国イノベーション戦略」において重点項目として「ナノテクノロジーを加速化する」との表現が盛り込まれ、特にナノエレクトロニクスへの投資の必要性が謳（うた）われている。また、欧州においては、長期的かつ多額の資金が必要なハイリスク研究で、産業界の支援が明確な領域を優先的に支援する「ジョイント・テクノロジー・イニシアティブ（JTI）」を立ち上げており、その中に、「ナノエレクトロニク

ス」が含まれている。中国においては、国家中長期科学技術発展計画綱要（2006～2020年）に基礎研究分野の重点科学研究のテーマとしてナノテクノロジー研究が盛り込まれており、具体的な重点課題として「コンセプト及び原理段階のナノデバイス、ナノエレクトロニクス、ナノバイオ・医学」が挙げられている。

一方、我が国の現状については、「ナノエレクトロニクスでは日本は総じて高い水準を保つが、世界のアクティビティと比較すると必ずしも楽観できるものではない。特にナノエレクトロニクスを牽引（けんいん）するナノCMOS技術においては、世界的に研究開発の拠点化とアライアンスが進む中、日本メーカーの研究開発アクティビティは大幅に低下している。深刻なのはアカデミアの基礎研究・開発も他国に遅れ始めたことであり、今後、長期的観点に立った人材育成策や産学協同体制の構築を図らない限り、やがては韓国あるいは中国に追い抜かれることは避けられないだろう」と、諸外国との国際比較に基づき分析している。

このような状況を踏まえ、本戦略目標を通じて、ナノエレクトロニクスに関わる研究開発が進展することで、大幅な低消費電力化、小型化、新機能を有するデバイスが実現し、ビッグデータ時代に不可欠な省エネシステムを達成するとともに、エレクトロニクス産業等の競争力強化を実現することが求められる。

(2) 研究領域

「素材・デバイス・システム融合による革新的ナノエレクトロニクスの創成」
(CREST・さきがけ複合領域) 2013年度発足

本研究領域は、材料・電子デバイス・システム最適化の研究を連携・融合することにより、情報処理エネルギー効率の劇的な向上や新機能の実現を可能にする研究開発を進め、真に実用化しイノベーションにつなげる道筋を示していくことを目指している。

本研究領域で目標とするような、桁違いの情報処理エネルギー効率の向上と新機能提供の達成には、単に微細化技術の進展だけに頼るのではなく、革新的基盤技術を創成することが必要である。これらは、インターネットや情報端末などをより高性能化し充実してゆくのに必須であるとともに、センサやアクチュエータなどを多用して物理世界と一層の係わりをもった新しいアプリケーションやサービスを創出するのにも役立つものである。

具体的な研究分野としては、新機能材料デバイス、炭素系や複合材料・単原子層材料など新規半導体や新規絶縁物を利用した素子、量子効果デバイス、低リークデバイス、新構造論理素子、新記憶素子、パワーマネージメント向け素子、物理世界インターフェイス新電子デバイス、非ブール代数処理素子などのナノエレクトロニクス材料や素子が考えられているが、これらに限定することなく、新規機能性材料や新材料・新原理・新構造デバイスの追求を進めていく。一方、これらを真のイノベーションにつなげるためには、アプリケーションやシステム、アーキテクチャ、回路技術などがシナジーを持って連携あるいは融合する必要がある。そのために、実用化を

見据えることによる、素材技術やデバイス技術の選別や方向性の最適化を積極的に推進する。

このような領域横断的な科学技術の強化ならびに加速によって、革新的情報デバイス基盤技術の創成を目指している。

(3) 研究総括

研究総括および副研究総括

研究総括 (CREST 担当) : 桜井 貴康 (東京大学生産技術研究所 教授)
副研究総括 (さきがけ担当) : 横山 直樹 (富士通研究所 名誉フェロー)

(4) 採択課題・研究費

①CREST

(百万円)

採択年度	研究代表者	中間評価時 所属・役職	研究課題	研究費*
2013 年度	内田 建	慶應義塾大学 理工 学部 教授	極細電荷チャネルとナノ熱管理工 学による極小エネルギー・多機能 センサプラットフォームの創製	475
	主たる共同研究者 柳田 剛 (九州大学 先導物質化学研究所 教授) 寺尾 潤 (東京大学 総合文化研究科 教授) 石黒 仁揮 (慶應義塾大学 理工学部 教授) 黒田 忠広 (慶應義塾大学 理工学部 教授)			
	高木 信一	東京大学 大学院工 学系研究科 教授	極低消費電力集積回路のためのト ンネル MOSFET テクノロジーの構 築	502
	主たる共同研究者 稗田 泰之 ((株) 東芝 研究開発センター フロンティア・リサーチ・ラボラトリー 室長) 山本 武継 (住友化学 (株) 情報電子化学品研究所 主席研究員) 満原 学 (日本電信電話 (株) NTT 先端集積デバイス研究所 主任研究員)			
	波多野 睦子	東京工業大学 工学 院 教授	炭素系ナノエレクトロニクスに基 づく革新的な生体磁気計測システ ムの創出	404
主たる共同研究者				

	<p>牧野 俊晴 (産業技術総合研究所 先進パワーエレクトロニクス研究センター 研究チーム長)</p> <p>水落 憲和 (京都大学 化学研究所 教授)</p> <p>原田 慶恵 (大阪大学 蛋白質研究所 教授)</p> <p>安田 晋 (ルネサスエレクトロニクス (株) オートモーティブソリューション事業本部 シニアスペシャリスト)</p>			
2014 年度	浅野 種正	九州大学 大学院システム情報科学研究科 教授	異種機能コデザインによるテラヘルツ帯ビデオイメージングデバイスの開発	352
	主たる共同研究者			
	<p>前田 辰郎 (産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 研究主幹)</p> <p>池田 誠 (東京大学 大学院工学系研究科 教授)</p> <p>小倉 睦郎 (アイアールスペック (株) 技術部 技術担当取締役)</p>			
	橋本 昌宜	大阪大学 大学院情報科学研究科 教授	ピアスイッチの実現によるアルゴリズム・処理機構融合型コンピューティングの創出	345
	主たる共同研究者			
	<p>杉林 直彦 (日本電気 (株) システムプラットフォーム研究所 部長)</p> <p>密山 幸男 (高知工科大学 システム工学群 准教授)</p> <p>小野寺 秀俊 (京都大学 大学院情報学研究科 教授)</p> <p>越智 裕之 (立命館大学 情報理工学部 教授)</p>			
益 一哉	東京工業大学 科学技術創成研究院 教授	ナノ慣性計測デバイス・システム技術とその応用展開	384	
主たる共同研究者				
<p>三宅 美博 (東京工業大学 情報工学系 教授)</p> <p>曾根 正人 (東京工業大学 科学技術創成研究院フロンティア材料研究所 教授)</p>				
2015 年度	高尾 英邦	香川大学 工学部 教授	繊細な触覚を定量的に検知する「ナノ触覚神経網」の開発と各種の手触り感計測技術への応用	275
	主たる共同研究者			
	<p>有本 和民 (岡山県立大学 情報工学部 教授)</p> <p>三木 則尚 (慶應義塾大学 理工学部 教授)</p>			
	竹内 健	中央大学 理工学部 教授	デジタルデータの長期保管を実現する高信頼メモリシステム	273
主たる共同研究者				

安原 隆太郎 (パナソニックセミコンダクターソリューションズ (株) 半導体ビジネスユニット 主任技師) 内藤 泰久 (産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 主任研究員) 上野 和良 (芝浦工業大学 工学部 教授)			
樋口 昌芳	物質・材料研究機構 (NIMS) 機能性材料研究拠点 グループリーダー	超高速・超低電力・超大面積エレクトロクロミズム	275
主たる共同研究者 大橋 啓之 (早稲田大学 ナノ・ライフ創新研究機構 上級研究員 (研究院教授))			
富士田 誠之	大阪大学 大学院基礎工学研究科 准教授	共鳴トンネルダイオードとフォトニック結晶の融合によるテラヘルツ集積基盤技術の創成	295
主たる共同研究者 金 在瑛 (ローム (株) 基礎研究開発部 主任研究員) 鈴木 左文 (東京工業大学 工学院電気電子系 准教授)			
総研究費			3,580

*研究費：2017年度上期までの実績額に2017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	研究者	中間評価時所属・役職	研究課題	研究費*
2013年度	青野 真士	東京工業大学地球生命研究所 准主任研究者	アメーバ計算パラダイム：時空間ダイナミクスによる超高効率解探索	21.5
	吾郷 浩樹	九州大学グローバルイノベーションセンターアドバンスプロジェクト部門 教授	二次元原子薄膜の積層システムの創製とナノエレクトロニクスへの展開	37.0
	安藤 和也	慶應義塾大学工学部 准教授	スピンホールエンジニアリングによる省エネルギーナノ電子デバイスの創出	42.47
	井上 振一郎	情報通信研究機構未来ICT研究所深紫外光 ICT	有機・シリコン融合集積フォトニクスによる超高速電気光学デバイス	38.0

		デバイス先端開発センター センター長	バイス	
	大野 武雄	東北大学原子分子材料科学高等研究機構 准教授	極薄ナノ金属酸化膜をもつ抵抗変化型メモリ	36
	岡田 直也	産業技術総合研究所ナノエレクトロニクス研究部門新材料デバイス集積グループ 主任研究員	遷移金属内包シリコンクラスターを用いた低消費電力トランジスタ材料・プロセスの創出	33.6
	戸川 欣彦	大阪府立大学工学研究科 准教授	カイラル磁気秩序を用いたスピントロニクスエレクトロニクスの創成	43.7
	原 祐子	東京工業大学工学院情報通信系 准教授	階層融合型機能的冗長化による次世代低電力デバイス向け高信頼化設計	34.1
	宮田 耕充	首都大学東京理工学研究科 准教授	単原子膜ヘテロ接合における機能性一次元界面の創出とエレクトロニクス応用	39.0
	望月 維人	青山学院大学理工学部 准教授	高いデバイス機能を有するナノスケールトポロジカル磁気テクスチャの理論設計	31.1
	安武 裕輔	東京大学大学院総合文化研究科 助教	水素終端 4 族単原子層を用いた室温動作新機能素子の創成	38.0
	山田 浩之	産業技術総合研究所電子光技術研究部門 主任研究員	強誘電体と機能性酸化物の融合による不揮発ナノエレクトロニクス	33.1
	山本 倫久	東京大学大学院工学系研究科 講師	単一電子量子回路の集積化へ向けた基盤技術の開発	38.0
2014 年度	荒井 礼子	産業技術総合研究所スピントロニクス研究センター 主任研究員	スピンを利用したニューロモルフィックシステムの理論設計	36.7
	河野 崇	東京大学生産技術研究所 准教授	定性的モデリングに基づいたシリコン神経ネットワークプラットフォーム	35.6
	関 剛斎	東北大学金属材料研究所 准教授	磁性規則合金を用いた新機能性スピントルク発振素子の創製	41.4

	高橋 陽太郎	東京大学大学院工学系 研究科 准教授	電気磁気創発現象による電磁波 制御デバイスの創生	40.8
	友利 ひかり	科学技術振興機構 さ きがけ専任研究者	ひずみ誘起ゲージ場を用いた単 原子層膜の伝導制御とエレクト ロニクス応用	38.08
	長汐 晃輔	東京大学大学院工学系 研究科 准教授	2層グラフェンのギャップ内準 位解析と複層化界面制御による 準位低減	50.9
	長田 貴弘	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 MANA 研 究者	フッ化物ユニバーサル高誘電体 極薄膜材料の創出	32.1
	廣理 英基	京都大学化学研究所 准教授	超高強度テラヘルツ光のナノ空 間制御と物性制御技術への応用	46.5
	福田 憲二郎	理化学研究所染谷薄膜 素子研究室 研究員	ナノ膜厚ポリマー絶縁膜を利用 した全印刷型基板レス有機集積 回路の創成	43.0
	山崎 歴舟	科学技術振興機構(JST) さきがけ専任研究者	マイクロ波・光領域における量 子オプトメカニカルシステムの 構築	40.4
2015 年度	赤井 恵	大阪大学大学院工学研 究科 助教	ポリマー配線を用いたニューラ ルネットワーク型情報回路の創 成	32.5
	太田 実雄	東京大学生産技術研究 所 助教	二次元窒化物半導体を用いたエ ピタキシャル積層構造の創出と 光電子機能デバイス応用	17.2
	後藤 太一	豊橋技術科学大学大学 院工学研究科 助教	極薄磁性酸化物中におけるスピ ン波位相干渉を用いた多入出力 演算素子の開発	37.4
	小林 正治	東京大学生産技術研究 所 准教授	超低消費電力動作に向けたゲー ト絶縁膜の負性容量による急峻 スロープトランジスタ技術の開 発とナノワイヤ構造への応用	33.7
	高橋 一浩	豊橋技術科学大学大学 院工学研究科 テニュ アトラック講師	光干渉型分子間力センサによる 高感度マルチバイオマーカー検 出システム	31.9

高橋 圭	理化学研究所創発物性 科学研究センター 上 級研究員	高移動度二次元酸化物構造によ る非散逸電流デバイスの創成	35.0
竹内 尚輝	横浜国立大学先端科学 高等研究院 特任教員 (准教授)	極限的エネルギー効率を有する 超伝導可逆計算機の開発	32.2
服部 梓	大阪大学産業科学研究 所 助教	遷移金属酸化物のナノ空間 3 次 元制御による省エネルギー駆動 機能選択的相変化デバイス創製	31.5
藤枝 俊宣	早稲田大学高等研究所 講師	移植用培養生体組織に搭載可能 なナノエレクトロニクス創成	37.36
牧 英之	慶應義塾大学理工学部 准教授	ナノカーボン光・電子量子デバ イス開発と量子暗号通信応用	37.86
吉村 哲	秋田大学大学院理工学 研究科 附属理工学研究 センター 准教授	電界書込み型の超低消費電力磁 気メモリの開発	31.2
総研究費			1228.87

*研究費：2017 年度上期までの実績額に 2017 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

本研究領域は、ナノ材料、ナノデバイス、設計・回路、アーキテクチャ、システムなどの技術レイヤーの融合による革新的な情報処理デバイス基盤技術創成を目指している。各レイヤー間の有機的連携や融合を促進するために、異なるレイヤーの研究者が協働して成果を出すことを前提に、領域を設定している。

これまで情報化社会を下支えしてきたシリコンデバイスは、近年その進歩の根源をなしていた微細化や集積化が限界を迎え始めている。それを踏まえ、本研究領域は微細化の進展だけに頼らずに、今後ともナノエレクトロニクスが情報化社会基盤の向上に貢献し続け、エネルギー環境問題、少子高齢化問題、健康安全社会の実現、インフラの老朽化など、わが国あるいはグローバルな社会的課題を解決する一助として活用されるよう、革新的なナノエレクトロニクス基盤技術の創成を目指している。また、このような努力を通じて産業の国際競争力を高めることを指向している。

(1)CREST

CRESTは、研究代表者がどのレイヤーを専門とすることも可能としつつ、他のレイヤーを専門とする共同研究者を組み込んでチームを構成することを必須としている。それによって、チームには、ナノ材料レイヤーあるいはナノデバイスレイヤーの研究者が参加していることを条件としている。単に異なるレイヤーの研究者が名を連ねているのではなく、研究者が有機的につながることによってシナジー効果が生まれることが期待されており、創出された基盤技術がどのようなアプリケーションやサービスを強化するのか、また新規創出につながるのかという、実用化やイノベーションを常に意識しながら研究内容を吟味し、選択し、修正しながら推進することを想定している。

研究の最終フェーズでは、実システムによるデモンストレーションを必須とし、イノベーションを加速する上でも産業界の参画を強く推奨して領域を設定している。

(2)さきがけ

さきがけは、エネルギー効率の桁違いの向上に資する成果や、新原理に基づくエレクトロニクスのイノベーションに資する成果をねらっている。非ノイマン型コンピューティングやスピントロニクスなどの分野が想定される。対象となる応用先は、情報処理分野（情報蓄積、情報伝送も含む）や、新規機能の実現（ヘルスケア、医療、パーソナルモビリティ、ヒューマン・インターフェイス）などエレクトロニクス全般であり、より広範に人々の生活に貢献できるような研究課題を想定している。また、エネルギーの高効率化により、自動運転や自動学習など高度な情報処理を低電力で行う技術シーズの創出も期待している。

科学技術を実用化し、真のイノベーションにつなげるために、アプリケーションに言及することも重要であり、さきがけでは実デバイスによるデモンストレーションを必須としないが、さきがけ終了後2年以内にデモンストレーションができるレベルの研究を期待している。

(3) 複合領域として

一人の研究総括が副研究総括とともに分野や知見等を補完しあいながら、CREST とさきがけを一体的に推進する体制とすることにより、チーム型研究と個人型研究の交流と連携が一層緊密で活発となり、その相乗効果からそれぞれの研究課題の効率的な推進とともに、より広範な分野での技術革新が期待できる。

本研究領域は戦略目標達成に向けて適切に設定されている。総じて国際的水準の高いナノエレクトロニクス研究を基盤とし、情報処理エネルギー効率の劇的な向上や新機能の実現への貢献を目指す取り組みであり、社会的要請のみならず、過去の関連施策による研究成果の発展や研究基盤の強化、ひいては新たな産業競争力の強化という観点においても、学界や産業界等からの要請や関心も高い。このことから、本研究領域に対しては、先見性を有する優れた研究提案が多数見込まれている。

これらを総合すると、多岐にわたる分野の独創的な研究者が、本研究領域で真に連携・融合を行うことにより、科学技術が社会・産業の要請に応える潮流を加速することが期待できる。

3. 研究課題選考について

(1)CREST

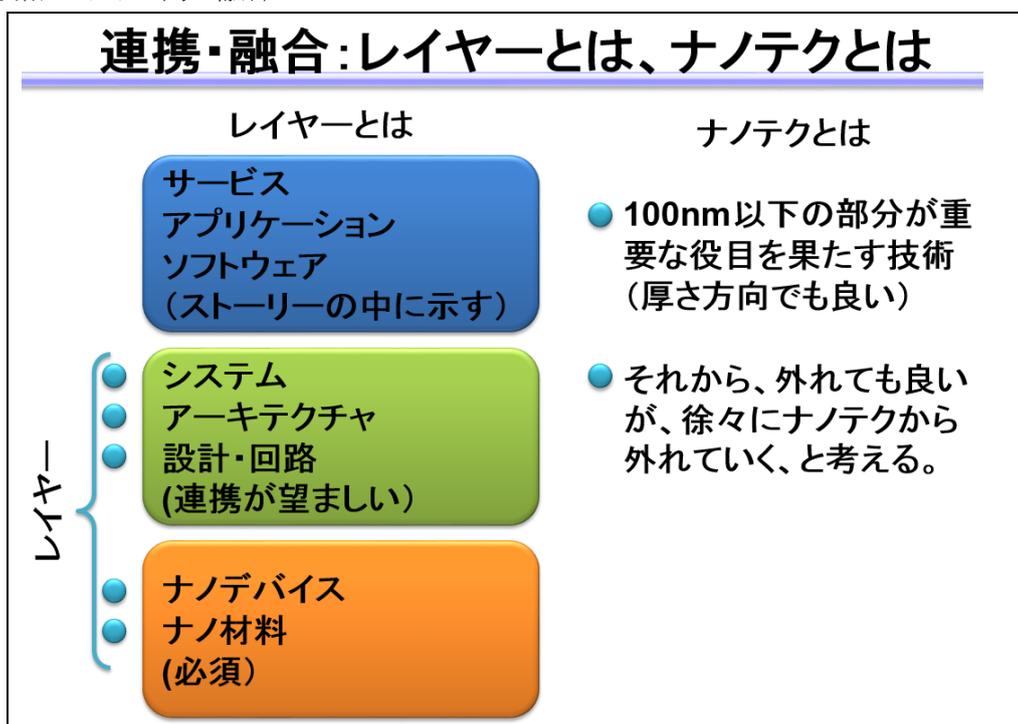
①選考方針

本複合領域は、ナノ材料、ナノデバイス、設計・回路、アーキテクチャ、システムなどの技術レイヤーの融合による革新的な情報処理デバイス基盤技術創成を目指している。取り分け CREST タイプ（チーム型研究）では、各レイヤー間の有機的連携や融合を促進するために、異なるレイヤーの研究者が協働して成果を出すことを推奨している。

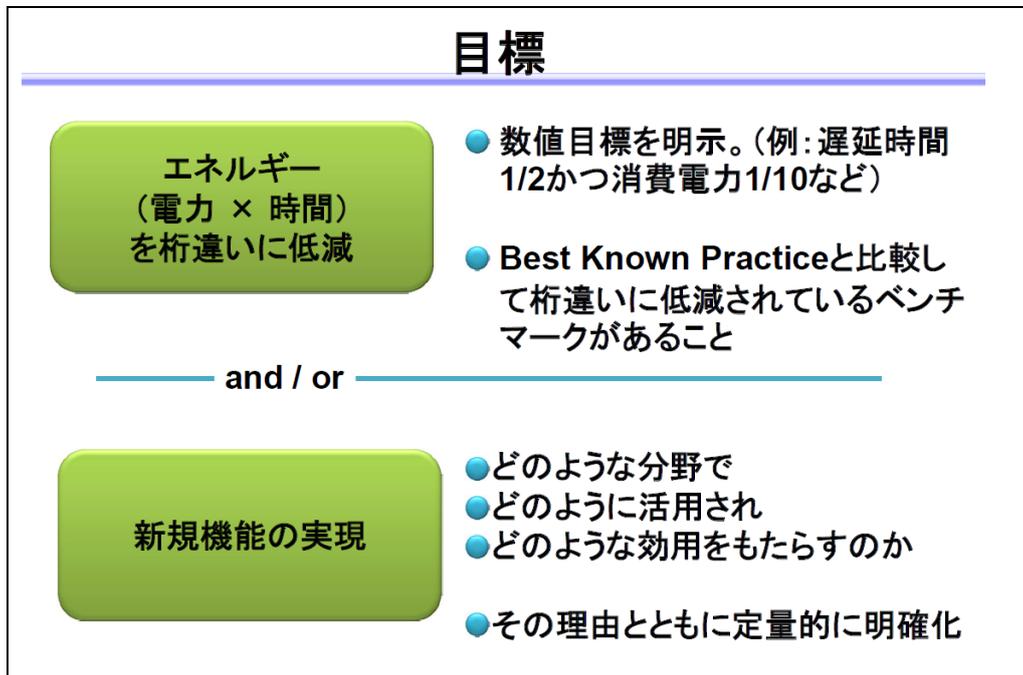
PI（研究代表者）はどのレイヤーを専門にしても可能としつつ、他のレイヤーを専門とする共同研究者を組み込んでチームを構成して提案することを必須とする。また、チームには、ナノ材料レイヤーあるいはナノデバイスレイヤーの研究者が参加していることも条件とする。単に異なるレイヤーの研究者が名を連ねているのではなく、研究者が有機的につながることによってシナジー効果が生まれることが研究提案書の中で明確化されていることが必要との考えである。レイヤーが異なると、最初に基盤に近いレイヤーの成果が出ないとそれを使用する上位技術レイヤーの研究ができないというタイミング的な齟齬が生じることもあるが、モデルやシミュレーションの活用、規模を徐々に拡大するなど、いくつかの工夫によってコンカレントな研究ができるような配慮する必要があり、この配慮に関しても、研究提案書に明確化されていることを強く望んでいる。

なお、研究総括の方針を、下記のように明示して募集説明会で説明を行っている。

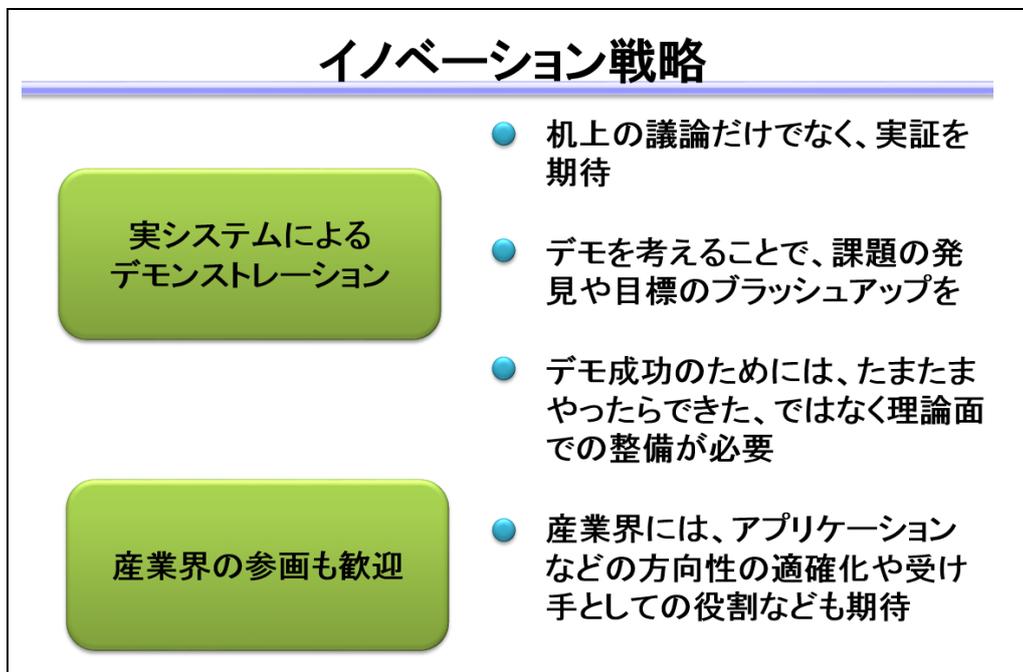
1) 技術レイヤー間の融合



2) 目標



3) イノベーション戦略



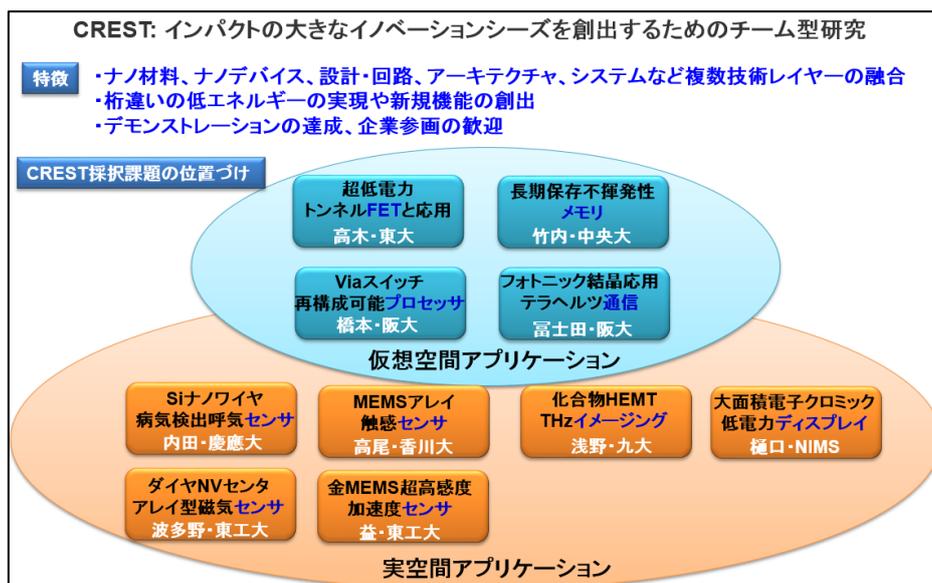
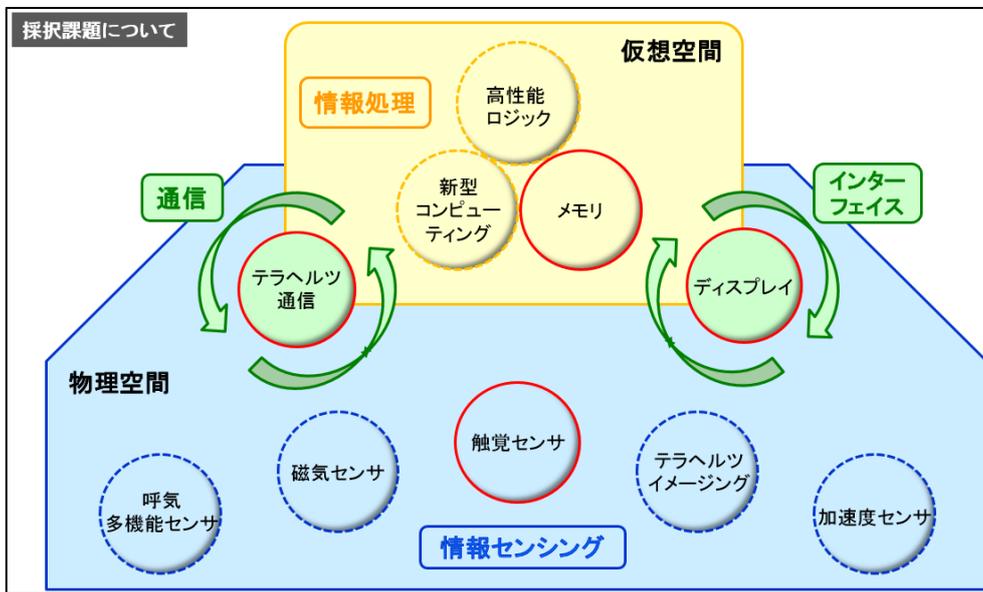
②採択状況

戦略目標にうたわれているように素材技術、デバイス技術、システム最適化技術等の各レイヤーを連携して革新的基盤技術を創成するため、①技術シーズとなるナノテクノロジー

が新規で明確か、②技術レイヤー間の連携・融合が有機的につながりシナジー効果が生まれるか、③アプリケーションが明確で研究の最終フェーズでデモンストレーションが可能か、という領域独自の評価視点として選考基準に加えて選考を行っている。

その結果、情報処理技術として、高性能ロジック、新型コンピューティング、メモリの3課題、情報センシング技術として、呼気多機能センサ、磁気センサ、触覚センサ、テラヘルツイメージング、加速度センサの5課題、通信・インターフェイス技術として、2課題、合計10課題の採択を行った（仮想空間アプリケーションとして4課題、実空間アプリケーションとして6課題、とも区分できる）。

ダイバーシティについては、非常に優秀な女性研究者1名（研究代表者）を採択している。



研究者の研究課題と戦略目標の具体的内容 (1. ③) との関係

平成 25 年度採択チーム

研究代表者	グループ	(i) 素材		(ii) デバイス			(iii) システム
		①	②	③	④	⑤	⑥
内田 建	内田 Gr (慶大)		○	○	○	○	○
	柳田 Gr (九大)	○		○	○	○	○
	寺尾 Gr (東大)	○		○	○		
	石黒 Gr (慶大)					○	○
	黒田 Gr (慶大)						○
高木 信一	高木 Gr (東大)	○	○	○	○	○	○
	稗田 Gr (東芝)			○	○	○	○
	山本 Gr (住化)	○	○	○	○	○	○
	満原 Gr (NTT)	○	○	○	○	○	○
波多野 睦子	波多野 Gr (東工大)	○	○	○	○	○	○
	牧野 Gr (AIST)			○	○	○	○
	水落 Gr (京大)	○		○	○		
	原田 Gr (阪大)			○			○
	安田 Gr (ルネサツ)						○

平成 26 年度採択チーム

研究代表者	グループ	(i) 素材		(ii) デバイス			(iii) システム
		①	②	③	④	⑤	⑥
浅野 種正	浅野 Gr (九大)			○	○		○
	前田 Gr (AIST)	○	○	○			
	池田 Gr (東大)						○
	小倉 Gr (IRspec)				○		○

橋本 昌宜	橋本 Gr (阪大)			○	○
	杉林 Gr (NEC)	○ ○	○ ○ ○		○
	密山 Gr (高知工大)			○	○
	小野寺 Gr (京大)			○	○
	越智 Gr (立命館大)			○	○
益 一哉	益 Gr (東工大)	○	○ ○ ○		○
	曾根 Gr (東工大)	○	○ ○ ○		○
	三宅 Gr (東工大)				○

平成 27 年度採択チーム

研究代表者	グループ	(i) 素材		(ii) デバイス			(iii) システム
		①	②	③	④	⑤	⑥
高尾 英邦	高尾 Gr (香川大)	○		○	○		○
	有本 Gr (岡山県大)					○	○
	三木 Gr (慶大)	○					
竹内 健	竹内 Gr (中央大)				○	○	○
	安原 Gr (パナ)			○	○	○	○
	内藤 Gr (AIST)	○	○	○	○	○	○
	上野 Gr (芝工大)	○	○	○	○	○	○
樋口 昌芳	樋口 Gr (NIMS)	○	○	○	○	○	
	大橋 Gr (早大)				○	○	○
富士田 誠之	富士田 Gr (阪大)	○		○	○	○	○
	金 Gr (ローム)			○	○	○	○
	鈴木 Gr (東工大)			○	○	○	○

(2) さきがけ

①選考方針

ナノ材料、ナノデバイス、それぞれ単独レイヤーでの提案も採択の対象とするが、設計・回路やシステムについても言及した提案を推奨している。さらに、設計・回路、アーキテクチャ、システム、それぞれのレイヤーでの提案も採択の対象とするが、それを実現するためのナノ材料やナノデバイス技術が現存、あるいは、近い将来手に入る可能性が高い提案を推奨している。

提案には、エネルギー効率の桁違いの向上の理由が定量的に記述されていることが望まれている。ここで、情報処理とは広義に解釈し、情報蓄積や情報伝送も含まれることとしている。一方、新規機能実現に関しては、情報処理基盤の向上やスマート社会の実現、スマートハウス、交通、ヘルスケア、医療、パーソナルモビリティ、ロボット、セキュリティやヒューマン・インターフェイスなどエレクトロニクスがより広範に人々の生活に貢献できるような提案を期待する（位置同定、時間同定、エネルギーハーベスト、無線給電、セキュアな短距離無線通信、神経インターフェイス、多様さに対応したハードウェアなどに資する基盤ナノエレクトロニクスなど）。提案では研究成果はどのような分野でどのように活用され、どのような効用をもたらすのかが、その理由とともに定量的に明確化されていることが望まれている。

現在、自動運転や自動学習など高度な情報処理を低電力で行う要求も高くなっている。リアルタイム性の向上、画像認識、暗号などのセキュリティ、ディープラーニングやデータストレージなど新たなアルゴリズムを低電力で行う情報処理デバイス基盤技術の提案も期待している。

科学技術を実用化し、真のイノベーションにつなげるために、アプリケーションに言及することも重要である。従って、創出された基盤技術がどのようなアプリケーションやサービスの強化や新規創出につながるかについても、その理由とともに記述されていることが望ましいと考えている。

②採択状況

戦略目標にうたわれているように素材技術、デバイス技術、システム最適化技術等の各レイヤーを連携して革新的基盤技術を創成するため、レイヤー間の連携が可能であるか、CREST との連携が可能であるか、実用化に向けた構想が示されているかを領域独自の評価項目として選考基準に加えて選考を行っている。

レイヤー間連携については、基礎・理論の提案、材料レイヤー、デバイスレイヤー、および回路システムレイヤーまで実用化を考えた優れた提案 34 件を採択している。

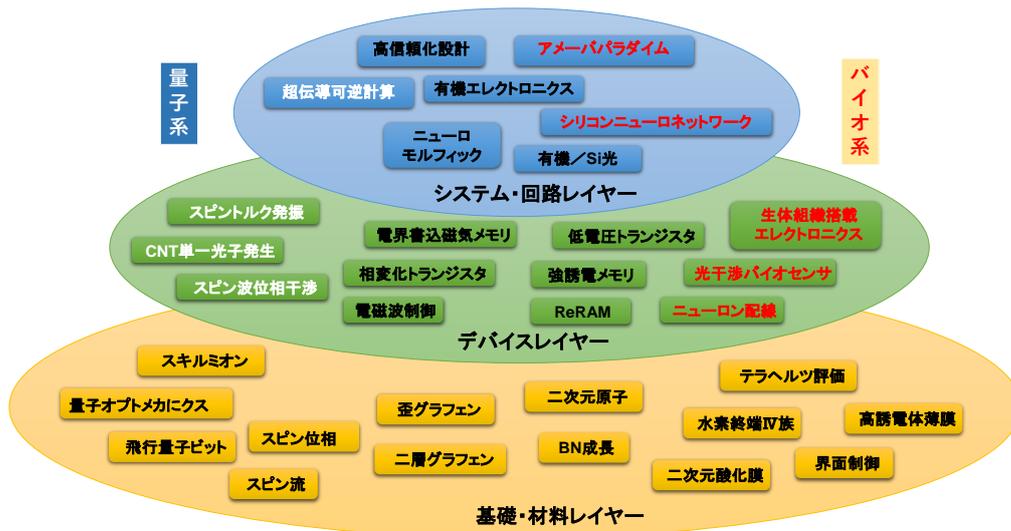
さがし採択者と研究テーマのレイヤー分類

横軸: 研究者数

設計／回路	河野 (回路) 赤井 (回路)	竹内 (回路) 原 (設計)	福田 (有機)				
デバイス	安藤 (スピン)	関 (スピン)	吉村 (スピン)	山本 (量子)	井上 (光)	廣理 (光)	小林 (CMOS)
	戸川 (スピン)	後藤 (スピン)	服部 (酸化物)	山崎 (量子)	牧 (量子)	高橋陽 (光)	高橋一 (ヘルス)
材料	吾郷 (2D薄膜)	安武 (2D薄膜)	長汐 (2D薄膜)	大野 (酸化物)	岡田 (CMOS)	山田 (強誘電体)	
	宮田 (2D薄膜)	友利 (2D薄膜)	太田 (2D薄膜)	高橋圭 (酸化物)	長田 (CMOS)	藤枝 (ヘルス)	
理論	青野 (回路)	望月 (スピン)	荒井 (スピン)	注. 材料レイヤーはすべてデバイスを志向した研究である。 赤字は女性。			

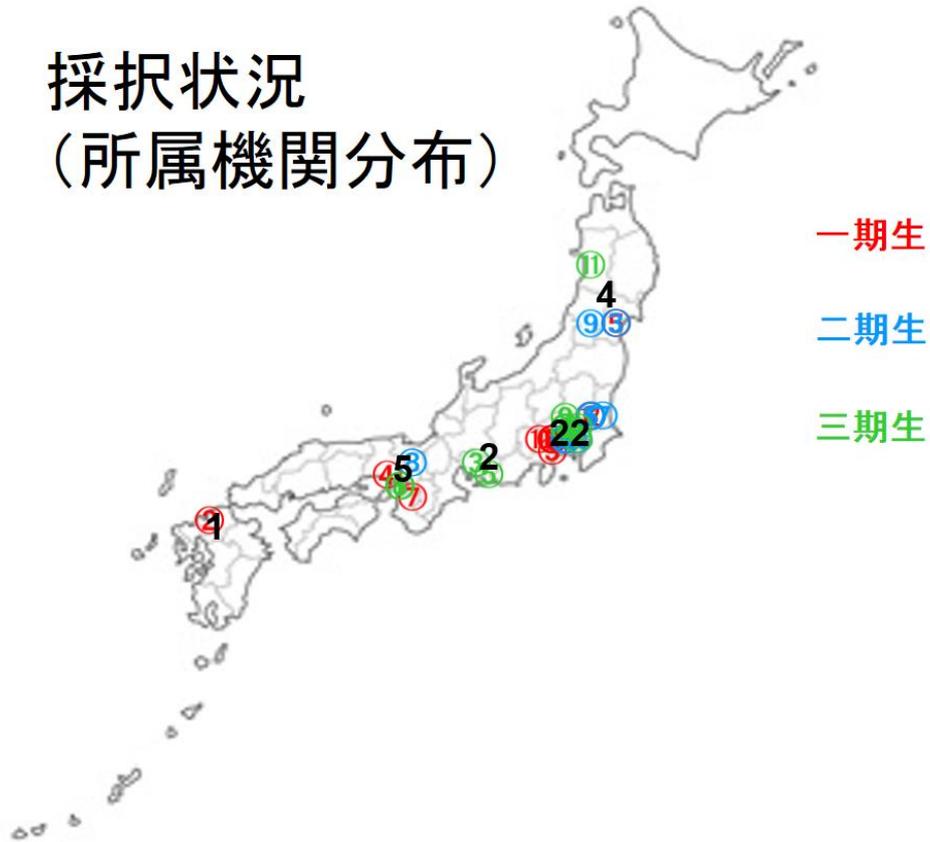
採択課題については下図のように量子・スピン関係のテーマからバイオにいたるまで当初から考えていた分野を広く採択している。これによって領域内の異分野交流も盛んになり多くの共同研究が行われるようになったと考えている。

さがし採択課題のキーワードの分類



選考では提案内容を第一に考慮し、評価が同程度であるときにダイバーシティも考慮し女性5名、および地方大学からも採択している。採択時の所属機関分布を下図に示す。

採択状況 (所属機関分布)



戦略目標に資するという観点から、戦略目標の具体的内容 (1. ③) を意識し、各レイヤーの具体的目標に関連するテーマについて下表のように広く採択している。

研究者の研究課題と戦略目標の具体的内容 (1. ③) との関係

一期生 (2013 年度採択)

研究者名	(i) 素材		(ii) デバイス			(iii) システム
	①	②	③	④	⑤	⑥
青野 真士					○	○
吾郷 浩樹	○	○	○			
安藤 和也	○					
井上 振一郎			○	○	○	
大野 武雄	○		○			
岡田 直也	○	○	○			
戸川 欣彦	○	○	○			
原 祐子						○

宮田 耕充		○		○		
望月 維人			○			○
安武 裕輔	○	○				
山田 浩之			○			
山本 倫久	○					

二期生（2014年度採択）

研究者名	(i)素材		(ii)デバイス			(iii)システム
	①	②	③	④	①	②
荒井 礼子						○
河野 崇						○
関 剛斎			○			
高橋 陽太郎			○			
友利 ひかり	○	○	○			
長汐 晃輔		○				
長田 貴弘	○					
廣理 英基	○		○			○
福田 憲二郎	○					○
山崎 歴舟	○					

三期生（2015年度採択）

研究者名	(i)素材		(ii)デバイス			(iii)システム
	①	②	③	④	①	②
赤井 恵			○			○
太田 実雄	○	○				
後藤 太一			○		○	
小林 正治			○		○	○
高橋 一浩				○		
高橋 圭		○	○			
竹内 尚輝			○			
服部 梓	○		○			
藤枝 俊宣	○		○	○		○
牧 英之		○	○		○	
吉村 哲			○	○	○	

(3) 複合領域として

CREST とさきがけの交流を進めるため選考時においても研究テーマおよび目標とする指標において、レイヤー間の連携に限らず他のグループとの交流を進め易くするように考慮している。さきがけは個人研究であり目標とするテーマも多岐にわたることから、まずCRESTの選考を行って採択課題を決め、それを踏まえてさきがけの選考を行っている。

ただし、選考においては応募課題の提案内容を第一に考慮し、同程度の評価であった場合に上述の点を考慮して採択課題を決定している。

4. 領域アドバイザーについて

(1)CREST

領域アドバイザー (専門分野)	現在の所属	役職	任期
石内 秀美	株式会社先端ナノプロセス基盤開発センター	代表取締役社長	2013年4月 ～2021年3月
井上 淳樹	株式会社富士通研究所	特任研究員	2013年4月 ～2021年3月
河村 誠一郎	国立研究開発法人 科学技術振興機構	フェロー/PM	2016年4月 ～2021年3月
清水 徹	慶応大学義塾大学	特任教授	2013年4月 ～2021年3月
高柳 万里子	東芝デバイス&ストレージ株式会社	参事	2013年4月 ～2021年3月
田原 修一	技術研究組合 光電子融合基盤技術研究所	専務理事	2013年4月 ～2021年3月
知京 豊裕	国立研究開発法人 物質・材料研究機構	副拠点長	2013年4月 ～2021年3月
津田 健二	セミコンポータル（編集長）	国際技術ジャーナリスト	2013年4月 ～2021年3月
中込 儀延	ルネサス エレクトロニクス株式会社	シニア プリンシパルスペシャリスト	2013年4月 ～2021年3月
西村 正	大阪大学	特任研究員	2013年4月 ～2021年3月
久本 大	株式会社 日立製作所	主管研究員	2013年4月 ～2021年3月

アドバイザーの人選に当たっては、以下を考慮して検討している。

ナノエレクトロニクス分野の研究は産業界とのかかわりが非常に重要であり、産業界で活躍している研究者および産業界出身の研究者を多く選定している。また、ナノ材料、ナノデバイス、設計・回路、アーキテクチャ、システムなどの技術レイヤーの融合を目指したチーム型研究を選定するため、後述する専門分野に精通したアドバイザーとしており、更にナノエレクトロニクス分野での応用や実用化を見据えて、市場や国際的な情勢などをアドバイスできるように、この分野に精通している国際技術ジャーナリストの津田 健二（セミコンポータル編集長）を選定して、9割にあたる10名（11名中）が産業界経験者となっている。

また、領域運営上の工夫として、研究総括および副研究総括を補佐して CREST チームと密に支援できるように、下記の通り、各研究課題で担当アドバイザー制（主、副の 2 名体制）を導入して、各研究チームがより具体的・効果的なアドバイスを受けられる体制としている。

担当アドバイザー制

採択年度	研究チーム	主担当アドバイザー	副担当アドバイザー
2013 年度 採択チーム	内田チーム	知京 アドバイザー	久本 アドバイザー
	高木チーム	久本 アドバイザー	西村 アドバイザー
	波多野チーム	石内 アドバイザー	知京 アドバイザー
2014 年度 採択チーム	浅野チーム	中込 アドバイザー	石内 アドバイザー
	橋本チーム	清水 アドバイザー	津田 アドバイザー
	益チーム	井上 アドバイザー	中込 アドバイザー
2015 年度 採択チーム	高尾チーム	西村 アドバイザー	高柳 アドバイザー
	竹内チーム	河村 アドバイザー	清水 アドバイザー
	樋口チーム	高柳 アドバイザー	田原 アドバイザー
	富士田チーム	田原 アドバイザー	井上 アドバイザー

(2) さきがけ

領域アドバイザー名 (専門分野)	現在の所属	役職	任期
秋永 広幸 (ナノエレクトロニクス全般)	産業技術総合研究所	総括研究主幹	2013 年 4 月 ～2019 年 3 月
上田 大助 (パワー半導体)	京都工芸繊維大学	特任教授	2013 年 4 月 ～2019 年 3 月
楠 美智子 (応用物性・結晶工学)	名古屋大学	教授	2013 年 4 月 ～2019 年 3 月
笹川 崇男 (強相関電子系)	東京工業大学	准教授	2013 年 4 月 ～2019 年 3 月

高井 まどか (バイオインターフェース・バイオマテリアル)	東京大学	教授	2013年4月 ～2019年3月
平山 祥郎 (半導体ヘテロ構造・核スピントロニクス)	東北大学	教授	2013年4月 ～2019年3月
福島 伸 (ナノ材料・ナノデバイス)	(株) 東芝	首席技監	2013年4月 ～2019年3月
水谷 孝 (半導体電子デバイス)	中部大学	客員教授	2013年4月 ～2019年3月
武藤 俊一 (半導体ナノ構造・量子情報処理)	北海道大学	名誉教授	2013年4月 ～2019年3月
森村 浩季 (LSI 回路設計)	日本電信電話 (株)	プロジェクト マネージャ、 主席研究員	2013年4月 ～2019年3月

アドバイザーの人選に当たっては、以下を考慮して検討している。

これまでの枠にとらわれない新しい研究を採択する観点から広い研究分野を網羅するように、そして若く優秀な研究者をアドバイスできる指導力を持っており将来のエレクトロニクス社会を見据えて研究を支援できる方を選んでいる。尚、ナノエレクトロニクス分野の研究は産業界とのかかわりが重要であり、産業界で活躍している研究者および産業界出身の研究者を多く選定している。結果、アドバイザー10名中7名が産業界経験者で7割になる。同時に、多様な観点から意見ができるようにダイバーシティに配慮し、女性アドバイザーは2名で全体の2割になる。専門分野は前述のように、研究総括および副研究総括を補佐して研究者を丁寧に支援できる担当アドバイザー制をとるため、募集分野を広く網羅するように人選している。

担当アドバイザー制

一期生			二期生			三期生		
研究者	担当		研究者	担当		研究者	担当	
青野 真士	武藤		荒井 礼子	秋永		赤井 恵	森村	
吾郷 浩樹	水谷		河野 崇	森村		太田 実雄	上田	
安藤 和也	笹川		関 剛斎	笹川		後藤 太一	平山	
井上 振一郎	上田		高橋 陽太郎	上田		小林 正治	福島	
大野 武雄	秋永		友利 ひかり	楠		高橋 一浩	高井	
岡田 直也	福島		長汐 晃輔	水谷		高橋 圭	笹川	

戸川	欣彦	平山
原	祐子	森村
宮田	耕充	楠
望月	維人	笹川
安武	裕輔	平山
山田	浩之	福島
山本	倫久	武藤

長田	貴弘	福島
廣理	英基	武藤
福田	憲二郎	高井
山崎	歴舟	平山

竹内	尚輝	森村
服部	梓	秋永
藤枝	俊宣	高井
牧	英之	楠
吉村	哲	水谷

5. 研究領域の運営について

(1)CREST

①研究運営方針

ナノ材料、ナノデバイス、設計・回路、アーキテクチャ、システムなどの技術レイヤーの融合による革新的な情報処理デバイス基盤技術創成を目指した研究領域であり、各レイヤー間の有機的連携や融合を促進するために、異なるレイヤーの研究者が協働して成果を出すチームを採択している。

目的達成に向けて、チーム発足時の体制だけでなく、モデルやシミュレーションの活用、規模を徐々に拡大するなど、いくつかの工夫によってコンクリートな研究ができるように有益な助言・サポートができるように配慮しながら領域運営を行っている。

研究チームには、研究の達成目標の明確化・ビジュアル化のために、2次元図の作成を必須としている。この図は、縦軸・横軸に任意の単位を設定し、研究当初および研究終了まで研究成果数値をプロットしていくものとして作成している。また、机上の議論だけでなく、実装を期待して、実システムによるデモンストレーションも各チームに課して研究を推進しており、研究終了時にデモをすることも必須としている。

②研究環境の整備における運営

(i) サイトビジット

各研究チームのサイトビジットを年 2 回のペースで実施している。研究代表者の研究場所を訪問するだけでなく、チームミーティングへの参加や、主たる共同研究者の研究場所の訪問も含めて、いままでに 40 回（2015 年：10 回、2016 年：16 回、2017 年度：14 回【下表】）開催している。実施方法としては、担当アドバイザー制として、それぞれにチームに主担当、副担当の領域アドバイザーを指名しており、主副の領域アドバイザーを中心に訪問を行い、すべての訪問報告書を研究総括に提出する仕組みを導入している。

サイトビジット一覧

年度	日付	チーム名	場所	訪問者
2015 年度	12月16日	内田チーム	慶應義塾大学 矢上 キャンパス	知京アドバイザー、久本アド バイザー、JST 生嶋
	12月21日	波多野チーム	東京工業大学 大岡 山キャンパス	石内アドバイザー、知京アド バイザー、JST 生嶋
	12月24日	高木チーム	東京大学 本郷キャ ンパス	久本アドバイザー、西村アド バイザー、JST 生嶋
	1月15日	益チーム	東京工業大学 すす かけ台キャンパス	井上アドバイザー、中込アド バイザー、JST 生嶋

	1月15日	橋本チーム	大阪大学 吹田キャンパス	清水アドバイザー、津田アドバイザー
	2月4日	樋口チーム	物質・材料研究機構 並木地区	高柳アドバイザー、田原アドバイザー
	2月26日	高尾チーム	香川大学 工学部	西村アドバイザー、高柳アドバイザー、JST 生嶋
	2月26日	富士田チーム	大阪大学 豊中キャンパス	田原アドバイザー、井上アドバイザー
	3月11日	浅野チーム	九州大学 伊都キャンパス	中込アドバイザー、石内アドバイザー、JST 生嶋
	3月14日	竹内チーム	中央大学 後楽園キャンパス	河村アドバイザー、JST 生嶋
2016年度	7月12日	内田チーム	慶應義塾大学 矢上キャンパス	知京アドバイザー、久本アドバイザー、JST 生嶋
	7月27日	波多野チーム	東京工業大学 大岡山キャンパス	石内アドバイザー、知京アドバイザー、JST 生嶋
	8月18日	橋本チーム	NEC 玉川事業場	清水アドバイザー、津田アドバイザー
	8月26日	益チーム	東京工業大学 すすかけ台キャンパス	井上アドバイザー、JST 生嶋
	8月29日	浅野チーム	九州大学 伊都キャンパス	中込アドバイザー、石内アドバイザー、JST 生嶋
	9月6日	富士田チーム	東京工業大学 大岡山キャンパス	田原アドバイザー、井上アドバイザー
	9月23日	樋口チーム	NIMS 並木地区	高柳アドバイザー、田原アドバイザー
	12月19日	竹内チーム	中央大学 後楽園キャンパス	河村アドバイザー、清水アドバイザー、JST 生嶋
	1月13日	高尾チーム	岡山県立大学	西村アドバイザー、高柳アドバイザー、JST 生嶋
	1月13日	益チーム	東京工業大学 すすかけ台キャンパス	井上アドバイザー、中込アドバイザー、JST 生嶋
	1月17日	樋口チーム	(株) 東芝 浜松町ビルディング	高柳アドバイザー、田原アドバイザー、JST 生嶋
1月18日	浅野チーム	産業技術総合研究所 つくば地区	中込アドバイザー、石内アドバイザー、JST 生嶋	

	1月25日	高木チーム	東京大学 本郷キャンパス	久本アドバイザー、西村アドバイザー、JST 生嶋
	1月27日	橋本チーム	京都大学 吉田キャンパス	清水アドバイザー、津田アドバイザー、JST 生嶋
	1月30日	波多野チーム	京都大学 宇治キャンパス・吉田キャンパス	石内アドバイザー、知京アドバイザー、JST 生嶋
	3月1日	富士田チーム	ローム(株) 本社	田原アドバイザー、井上アドバイザー、JST 生嶋
2017年度	7月31日	波多野チーム	産業技術総合研究所 つくば地区	石内アドバイザー、知京アドバイザー、JST 生嶋
	8月23日	益チーム	東京工業大学 すすかけ台キャンパス	井上アドバイザー、中込アドバイザー
	8月28日	浅野チーム	東京大学 工学部	中込アドバイザー、石内アドバイザー、JST 生嶋
	8月30日	竹内チーム	JST 東京本部別館	河村アドバイザー、清水アドバイザー
	9月7日	樋口チーム	(株) 東芝 浜松町ビルディング	高柳アドバイザー、田原アドバイザー、JST 生嶋
	9月15日	橋本チーム	高知 中央公民館(かるぽーと)	清水アドバイザー、津田アドバイザー、JST 生嶋
	9月26日	富士田チーム	東京工業大学 大岡山キャンパス	田原アドバイザー、井上アドバイザー
	10月16日	高木チーム	東京大学 本郷キャンパス	久本アドバイザー、西村アドバイザー、JST 生嶋
	12月20日	内田チーム	慶應義塾大学 矢上キャンパス	知京アドバイザー、久本アドバイザー、JST 生嶋
	1月19日	高尾チーム	香川大学 工学部	西村アドバイザー、高柳アドバイザー、田原アドバイザー、清水アドバイザー、JST 生嶋
	1月22日	波多野チーム	東京工業大学 大岡山キャンパス	桜井総括、横山副総括、石内アドバイザー、知京アドバイザー、JST 生嶋
	1月23日	益チーム	東京工業大学 すすかけ台キャンパス	井上アドバイザー、中込アドバイザー

1月24日	竹内チーム	JST 東京本部別館	河村アドバイザー、清水アドバイザー
2月9日	内田チーム	東京大学 駒場リサーチキャンパス生産技術研究所	桜井総括、横山副総括、知京アドバイザー、久本アドバイザー、JST 生嶋

(ii) 研究費の配分

CREST では、研究成果があがっている採択課題に予算を重点的に配分することを優先し、領域会議、ヒアリング会議、研究課題中間評価、サイトビジットにおいて研究進捗を確認し、研究費増額を行っている。

この領域の特徴として、翌年度の研究計画の作成については、研究代表者（および主たる共同研究者）からヒアリングを実施しており、そのヒアリング会議にて研究総括および領域アドバイザーから研究計画や体制の見直し、予算計画に関するコメントを行い、その内容も加味して予算増額も行っている。

特に、研究課題中間評価においては、「選択と集中」の観点から、成果があがっているテーマを加速するとともに、必要な場合には、研究体制の見直しや更なるアウトリーチにも言及している場合がある（体制見直し：2013年度採択・高木チーム、アウトリーチ言及：2014年度採択・浅野チーム、益チーム、橋本チーム）。

・採択時の配分

面接選考において採択候補者が決定した段階で研究費項目を精査し、不要な部分は減額し、必要に応じて採択課題数を増やすことも行い、2015年度（採択3期目）は、提案額の上限も3億円と設定して公募を実施している。

減額については、研究領域全体の予算が非常に少ない中、その予算内で優秀な課題をより多く採択するために、提案金額より大幅な減額も行いながら予算配分を行っている。減額を行った課題は、採択時に研究代表者に通知し、その金額での実施可能性も含めて判断を行い、研究計画を作成している。

採択年度	減額した総額
2013年度	350百万円を減額
2014年度	230百万円を減額
2015年度	120百万円を減額

・予算見直しによる配分

年度途中に、研究計画の見直しを実施することにより、必要な研究費の変更（前倒し、増額等）を行っている。研究総括は、申請があった研究費の内容を案件毎に確認し、予算増額

希望については優先順位（特に装置の故障や成果加速、その他緊急時などは優先）をつけて、CREST 全体予算から予算確保を行っている。年度によって異なるが、年 2 回ほど実施している。

更に中間評価を実施した研究課題には、研究加速支援費を増額しており、現在までに 2016 年度、2017 年度に実施している。

各年度の実績は下表の通りである。

年度	CREST 予算による増額
2013 年度	約 2.2 百万円の増額／1 チーム
2014 年度	約 5 百万円の増額／1 チーム
2015 年度	約 39 百万円の増額／3 チーム
2016 年度	約 40 百万円の増額／5 チーム
2016 年度（中間評価）	33 百万円の増額／3 チーム
2017 年度	約 42 百万円の増額／3 チーム
2017 年度（中間評価）	44 百万円の増額／3 チーム

・国際強化支援策

国際強化支援策として、JST の制度を利用して国際交流も進めている。

2014 年度には、内田チームにより、米国カリフォルニア大学・サンタバーバラ校と連携研究を実施し、海外研究機関のポテンシャルを活用した研究加速を行っている。

また、2015-2016 年度には、波多野チームが欧州 Horizon2020 ナノテク分野へ欧州研究機関と共同応募の調整・申請を行っている。

更に、2017 年度には、前年までに共同応募を検討していた欧州研究機関と波多野チームによるダイヤモンド NV センターに関するミニワークショップおよび共同研究の実施と、海外研究者招へい制度を利用した波多野チーム及び富士田チームによる海外研究者の短期招へいおよび共同研究を実施して、研究の加速やネットワーク作りを実施している。

・総括裁量経費による研究加速

採択時に減額を行った研究費は、当該年度の追加課題採択だけでなく、研究総括の総括裁量経費として、随時、研究成果の加速や突発的な増額必要性などの対応として再配分を行っている。

年度	総括裁量経費の増額
2014 年度	約 30 百万円の増額／2 チーム
2015 年度	約 66 百万円の増額／3 チーム
2016 年度	約 30 百万円の増額／5 チーム
2017 年度	約 13 百万円の増額／3 チーム

③進捗状況把握、評価、それに基づく指導における運営

(i) テーマ分類と担当アドバイザー

選考時に、戦略目標で定められている達成目標にある「素材」、「デバイス」、「システム」のそれぞれの分類をすべて網羅するように課題採択を行っている。

研究総括および副研究総括による全課題のチェックに加えて、領域アドバイザーが普段から適切な支援ができるように研究チームと専門分野に近いアドバイザーを担当アドバイザー（主副2名）として設置し、助言を行っている。

(ii) アドバイザーサイトビジット

いままでの説明の通り、領域アドバイザーの中から同じ専門分野の担当アドバイザーを専任しており、その担当アドバイザーによるサイトビジットを2015年度より実施し、チーム毎に実施している。訪問時も議論を行っているが、訪問後に報告書の形でサイトビジットの議論内容をまとめ、研究総括に報告すると共に関係者で共有している。

サイトビジットでは、専門分野の担当アドバイザーに加えて、JST 研究領域担当も同行して、研究の進捗状況に加え、その研究環境を施設・設備（共用設備なども）、さらに人的構成等も含めて視察・確認を行うことで、研究課題に関する議論や予算運営面の基本的情報を得ている。

その視察の中で、具体的な助言から大きな進展があった事例は下記の通りである。

・波多野チーム（担当：石内アドバイザー、知京アドバイザー）

デバイスの作製で議論を行っていた中で、アドバイザーの研究室にある装置を使って試作を試してはどうかとの助言があり、チームの若手メンバーが研究室を訪問して実施している。

・樋口チーム（担当：高柳アドバイザー、田原アドバイザー）

エレクトロクロミック方式のデバイス応用として、方向性を模索していた中で、環境部材やアート・デザインに関わる展開を助言し、実際に、多摩美術大学との共同研究に発展して、成果プレスリリースも行っている。

(iii) キックオフミーティング、領域会議、ヒアリング会議の運営

まず、研究課題採択後に実施したキックオフミーティングで、さきがけの採択研究課題と併せて行うことで、さきがけのテーマを知るとともに、さきがけの領域アドバイザーからも幅広く指導してもらおう機会を作っている。

また CREST 領域会議には、さきがけの領域アドバイザーとさきがけ研究者の参加を促し、CREST の研究進捗の内容の把握だけでなく、さきがけ研究者とも密度の濃い研究議論や研究者相互の情報交換の機会とし、活用を図っている。

更に、毎年2月頃に1年間の研究進捗確認と、翌年度の研究計画の精査のために、ヒアリ

ング会議を開催している。ヒアリングによって研究進捗の把握だけでなく、翌年度計画や予算計画など詳細の情報を基に、適切なアドバイスとして、会議内の議論だけでなく、終了後の総括・副総括、領域アドバイザーの全員からコメントを文書として作成し、研究代表者に提供することにより、研究の方向性や最終デモに向けた取り組みなどのアドバイスを行っている。

④研究交流、人材育成における運営

CREST では、研究開始時点で既に研究代表者は教授、グループリーダーとして活躍している方が大半であるが、准教授で採択された、橋本 昌宜（大阪大学）研究代表者は、2016 年度から教授へ昇進となっている。

また、CREST チーム内の研究者については、プロジェクト推進中の昇進や独立（他ファン ド採択）もみられ、また、ポスドク育成にも注力しつつ、キャリアパスの支援を行っている。

具体的には、益チームから、CREST・さきがけ複合領域「微小エネルギーを利用した革新的な環境発電技術の創出」[微小エネルギー]のさきがけに採択（2017 年度）、波多野チームから、さきがけ研究領域「光の極限制御・積極利用と新分野開拓」[光極限]（2016 年度）・さきがけ研究領域「量子技術を適用した生命科学基盤の創出」[量子生体]（2017 年度）にそれぞれ採択されており、キャリアパス形成が進んでいる。

(2) さきがけ

①研究運営方針

レイヤー間連携をうたっている本研究領域において、さきがけは個人型研究であるため各個人がすべてのレイヤーについて研究を遂行することは困難である。そこで領域全体としてレイヤー間連携ができるよう、各レイヤーからの研究提案を採択することとしている。さらに提案において材料レイヤーの研究課題についてはデバイスレイヤーやシステムレイヤーでの展開を見据えた提案を、デバイスレイヤーやシステムレイヤーにおける提案についても同様に他のレイヤーを意識した研究提案を採択している。

さきがけ研究者間の連携や CREST との交流を通じて領域の目標であるエネルギー効率の劇的な向上や新機能の実現を目指すべく、研究状況を把握して研究成果最大化に向けて環境および研究方針について有効なアドバイスができるような運営を心がけている。

②研究環境の整備における運営

研究者がさきがけ研究を遂行するにあたり、採択当初から効率よく進められるように下記の支援を行っている。

(i) 採択時サイトビジット

すべての研究者を訪問し、直上の教授や学科長などの上司の方に、それぞれの課題遂行に

あたっの理解と支援を依頼すると共に、研究者と今後の研究遂行計画について打ち合わせを行い、研究計画と研究予算を決定している。このサイトビジットによって申請額を上回る予算を配分した研究者もいる。

また研究環境についても視察／見学し、状況把握に努めた。訪問日程および訪問場所は下表のとおりである。

一期生

日程	訪問研究者	訪問先
2013年10月4日	原 祐子	奈良先端科学技術大学院大学
2013年10月4日	井上振一郎	情報通信研究機構
2013年10月5日	戸川欣彦	大阪府立大学
2013年10月7日	宮田耕充	首都大学東京
2013年10月7日	安武裕輔	東京大学
2013年10月7日	山本倫久	東京大学
2013年10月8日	望月維人	青山学院大学
2013年10月9日	山田浩之	産業技術総合研究所
2013年10月9日	岡田直也	産業技術総合研究所
2013年10月9日	安藤和也	慶應義塾大学
2013年10月10日	青野真士	東京工業大学
2013年11月15日	大野武雄	東北大学
2013年11月15日	吾郷浩樹	九州大学

二期生

日程	訪問研究者	訪問先
2014年10月3日	福田憲二郎	山形大学
2014年10月3日	山崎歴舟	東京大学先端研
2014年10月8日	廣理英基	京都大学
2014年10月14日	河野 崇	東京大学生産研
2014年10月15日	関 剛斎	東北大学
2014年10月16日	友利ひかり	筑波大学
2014年10月16日	荒井礼子	産業技術総合研究所
2014年10月16日	長田貴弘	物質・材料研究機構
2014年10月17日	高橋陽太郎	東京大学
2014年10月17日	長汐晃輔	東京大学

三期生

日程	訪問研究者	訪問先
2015年10月7日	太田実雄	東京大学生産研
2015年10月7日	小林正治	東京大学生産研
2015年10月8日	高橋一浩	豊橋技術科学大学
2015年10月8日	後藤太一	豊橋技術科学大学
2015年10月19日	赤井恵	大阪大学
2015年10月19日	服部梓	大阪大学
2015年10月21日	牧英之	慶應義塾大学
2015年10月21日	竹内尚輝	横浜国立大学
2015年10月23日	吉村哲	秋田大学
2015年10月29日	藤枝俊宣	早稲田大学
2015年10月29日	高橋圭	理化学研究所

(ii) 研究費の配分

研究の状況を絶えず把握するように努め、成果最大化に向けてタイムリーな予算見直しによる研究費の増額を行っている。2017年度まで46件で総額92,082,840円の増額を行っている(2018年2月5日集計)。特にさきがけ研究に支障が出るのが予想される緊急時や当初を上回る成果が期待される加速・発展の案件については積極的な増額を行っている。

・採択時の配分

面接選考において採択候補者が決定した段階で研究費項目を精査し、不要な部分は減額し、必要と思われるものには増額を決めている。減額については採択後に研究者に通知し、増額については採択後のサイトビジットで必要性を考慮して必要額を増額している。

・予算見直しによる配分

JSTでの予算見直しによって必要な研究費の増額を申請して研究費の補充を適宜促している。またさきがけで購入した装置が破損した場合や、研究室移転で水質の悪化があった場合など、さきがけ研究に支障がでたときに緊急案件として研究費を増額して支援している。

・国際強化支援策

若手研究者の頭脳環境支援としての国際強化支援策で、研究者から応募のあった2014年度は安藤研究者が支援を受けて英国・グラスゴー大学に渡っている。翌2015年度は研究領域主導で副研究総括の裁量で支援し、岡田研究者が豪州・メルボルン大学へ渡航し、山崎研究者が英国・サセックス大学に渡航して、短期ではあるが、さきがけ研究を進めている。他に2015年度はCREST研究領域「二次元機能性原子・分子薄膜の創製と利用に資する基盤技

術の創出」[二次元] から吾郷研究者と長汐研究者が支援を受けている。

JST の制度を利用して国際交流も積極的に進めている。

・総括裁量経費による研究加速

2014 年度から JST が認めた総括裁量経費について、さきがけ担当の副研究総括が妥当と判断した研究加速のための増額を行っている。また、最終年度前に最後の研究計画を検討する際に必要な研究費を総括裁量経費から最終年度の研究費として増額を行っている。

採択時の配分を除き、研究費増額によって研究者を支援したのはこれまで 46 件になり、総額 92,082,840 円（2018 年 1 月 31 日時点での集計、ただし契約における研究費に含まれていない CREST [二次元] 領域からの国際強化支援による増額を含む。）になる。多くの新しい研究項目を支援している。

③進捗状況把握、評価、それに基づく指導における運営

(i) テーマ分類と担当アドバイザー

選考時からすべての提案を分類し戦略目標の達成項目を網羅するように努めている。採択後は広い分野にわたる研究テーマについて適切な支援ができるように研究者と専門分野が近いアドバイザーに担当アドバイザーとして助言をするようお願いしている。

課題の分類

分類	研究者
二次元薄膜	吾郷浩樹、宮田耕充、安武裕輔、友利ひかり、長汐晃輔、福田憲二郎、太田実雄
酸化物	大野武雄、山田浩之、高橋圭、服部梓
光	井上振一郎、高橋陽太郎、廣理英基
スピン	安藤和也、戸川欣彦、望月維人、荒井礼子、関剛斎、後藤太一、吉村哲
量子	山本倫久、山崎歴舟、牧英之
CMOS	岡田直也、長田貴弘、小林正治
回路	青野真士、原祐子、河野崇、赤井恵、竹内尚輝
ヘルス	高橋一浩、藤枝俊宣

担当アドバイザー

一期生

研究者	担当
青野 真士	武藤
吾郷 浩樹	水谷
安藤 和也	笹川
井上 振一郎	上田
大野 武雄	秋永
岡田 直也	福島
戸川 欣彦	平山
原 祐子	森村
宮田 耕充	楠
望月 維人	笹川
安武 裕輔	平山
山田 浩之	福島
山本 倫久	武藤

二期生

研究者	担当
荒井 礼子	秋永
河野 崇	森村
関 剛斎	笹川
高橋 陽太郎	上田
友利 ひかり	楠
長汐 晃輔	水谷
長田 貴弘	福島
廣理 英基	武藤
福田 憲二郎	高井
山崎 歴舟	平山

三期生

研究者	担当
赤井 恵	森村
太田 実雄	上田
後藤 太一	平山
小林 正治	福島
高橋' 一浩	高井
高橋" 圭	笹川
竹内 尚輝	森村
服部 梓	秋永
藤枝 俊宣	高井
牧 英之	楠
吉村 哲	水谷

(ii) アドバイザーサイトビジットおよび終了年度前サイトビジット

研究者に対し、きめ細かな支援ができるよう、担当アドバイザーによる研究室訪問も行っている。研究課題について深い知識と研究経験を持つアドバイザーと議論することにより新たな研究の方向性を見いだすケースもある。

アドバイザーによるサイトビジット

日程	アドバイザー	研究者
2014年5月29日	秋永 広幸	大野 武雄
2014年6月23日	武藤 俊一	青野 真士
2014年7月11日	平山 祥郎	安武 裕輔
2014年7月24日	水谷 孝	吾郷 浩樹
2014年9月22日	笹川 崇男	安藤和也
2014年10月10日	武藤 俊一	山本倫久
2016年2月9日	秋永 広幸	山田浩之（最終年度時に参加）
2016年2月17日	秋永 広幸	友利ひかり（担当外で）
2016年9月28日	笹川 崇男	廣理英基（担当外で）

さきがけ研究期間の最終年度前に、副研究総括がそれぞれの担当アドバイザーとともにすべての研究者に対してサイトビジットを行い、研究の進捗状況を把握して研究成果の最大化に向けて、最終年度の研究計画を確定、研究費の見直しも行っている。

一期生

日程	訪問研究者	訪問先
2016年2月8日	望月維人	青山学院大学
2016年2月9日	岡田直也	産業技術総合研究所
2016年2月9日	山田浩之	産業技術総合研究所
2016年2月10日	井上振一郎	情報通信研究機構
2016年2月11日	戸川欣彦	大阪府立大学
2016年2月12日	吾郷浩樹	九州大学
2016年2月15日	山本倫久	東京大学
2016年2月16日	安藤和也	慶應義塾大学
2016年2月17日	安武裕輔	東京大学
2016年2月19日	大野武雄	東北大学
2016年2月22日	青野真士	東京工業大学
2016年2月22日	原祐子	東京工業大学
2016年2月23日	宮田耕充	首都大学東京

二期生

日程	訪問研究者	訪問先
2017年1月17日	河野崇	東京大学生産技術研究所
2017年1月17日	山崎歴舟	東京大学科学技術研究センター
2017年1月19日	福田憲二郎	理化学研究所
2017年1月24日	関剛斎	東北大学
2017年1月26日	友利ひかり	筑波大学
2017年1月27日	廣理英基	京都大学
2017年2月2日	荒井礼子	産業技術総合研究所
2017年2月2日	長田貴弘	物質・材料研究機構
2017年2月3日	長汐晃輔	東京大学工学系研究科
2017年2月3日	高橋陽太郎	東京大学工学系研究科

三期生

日程	訪問研究者	訪問先
2018年1月9日	小林正治	東京大学生産研
2018年1月9日	高橋圭	理化学研究所
2018年1月12日	吉村哲	秋田大学

2018年1月17日	藤枝俊宣	早稲田大学
2018年1月25日	高橋一浩	豊橋技術科学大学
2018年1月25日	後藤太一	豊橋技術科学大学
2018年1月31日	竹内尚輝	横浜国立大学
2018年1月31日	牧 英之	慶応義塾大学
2018年2月5日	赤井恵	大阪大学
2018年2月5日	服部梓	大阪大学

(iii) 領域会議の運営

本研究領域における領域会議の特徴として以下の3点を挙げられる。

- ・1年に2回、さきがけ研究生、領域アドバイザー、副研究総括が一堂に会し、さきがけ研究生の研究進捗を把握し情報交換を行う領域会議を開催した。研究テーマの分類およびアドバイザーの担当を考慮してスケジュールを組み、深く活発な議論ができるようにしている。予定を含むこれまでの開催日時・場所は以下のとおりである。

	日程	会場	特別講演
第1回	2014年 2月7日～8日	土佐ロイヤルホテル	横山副研究総括、 笹川アドバイザー
第2回	2014年 9月4日～5日	新横浜 グレイスホテル	外村理事、黒部研究総括、 上田アドバイザー
第3回	2015年 1月13日～15日	チサンホテル神戸	津田アドバイザー (CREST)
第4回	2015年 7月6日～8日	ホテルクレセント	福島アドバイザー、 平山アドバイザー
第5回	2015年 11月26日～28日	アークホテル ロイヤル福岡天神	秋永アドバイザー、 笹川アドバイザー
第6回	2016年 5月12日～14日	アワーズイン 阪急シングル館	桜井研究総括
第7回	2016年 11月17日～19日	ロワジールホテル 豊橋	(なし)
第8回	2017年 5月18日～19日	オークラフロンティア ホテルつくば	(なし)
第9回	2017年 11月15日～17日	大阪コロナホテル	森村アドバイザー
第10回	2018年 5月17日～18日 (予定)	秋田ビューホテル	高井アドバイザー

・所属機関の見学等を企画して開催場所も所属機関所在地が多く、開催場所は全国に分布している。所属機関所在地がある都市の例として、横浜市、神戸市、仙台市、福岡市、東京都、豊橋市、つくば市、大阪市で開催している。次回は2018年5月にさきがけ研究者の所属する秋田大学の所在地である秋田市での開催を計画している。予定を含むこれまでの開催地分布は下図の通りである。



(iv) 四半期報告

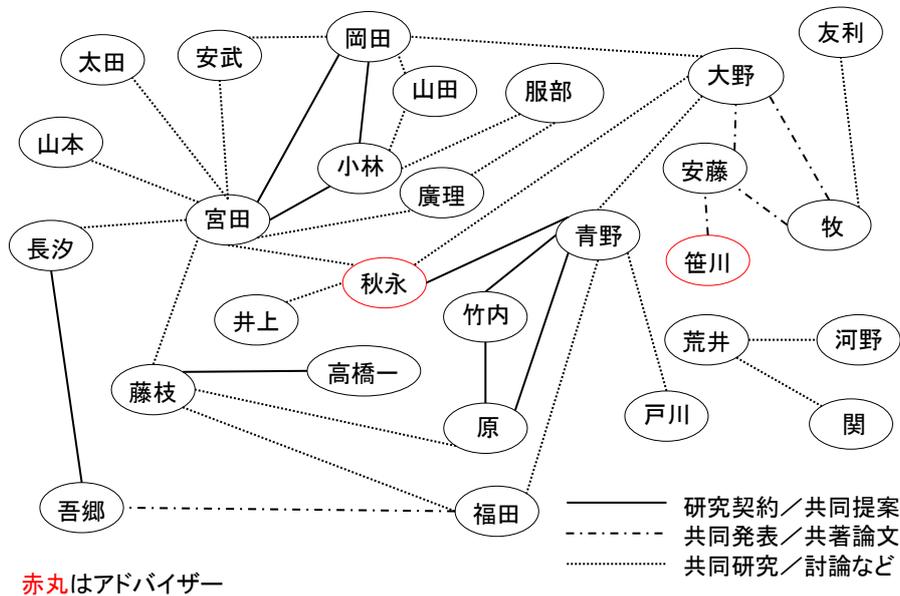
JSTに提出する研究進捗報告とは別に、その中間時期に四半期報告を研究者から副研究総括に直接提出して、タイムリーなアドバイス等を行えるようにしている。すべての研究者に対して、副研究総括がひとりずつ回答をしている。

研究の進め方や研究環境等について副研究総括、事務局だけでなく、専門的な知識を有する担当アドバイザーが対応することもある。

④ 研究交流、人材育成における運営

研究の異分野交流については領域会議やサイトビジットの際も助言や奨励をしてきており、自主的な交流においても図のように交流のネットワークが構築されている。この中から一期生の宮田研究者を代表として一期生の岡田研究者および三期生の小林研究者とともにCREST「二次元」領域に採択されるなど、交流による効果が出てきている。

領域内交流ネットワーク



上図の主な交流について

1. 藤枝、高橋一：早稲田大学と豊橋科学技術大学で共同研究契約締結。
2. 吾郷、福田：第 50 回フラーレンナノチューブグラフフェン学会（2016 年 2 月 20 日）、および応用物理学会春季学術講演会（2016 年 3 月 19 日）で発表。
3. 青野、秋永：NEDO プロジェクト「IoT 推進のための横断技術開発プロジェクト」に採択。
4. 宮田、岡田、小林：CREST「二次元」領域に提案し採択。
5. 大野、安藤、牧：Science Advances にアクセプト。
6. 安藤、笹川：Physical Review B 96, 214440 (2017)。

(2018 年 1 月末までのデータによる)

(i) SciFoS 活動

JST のさきがけ研究者向け Science For Society (SciFoS) 活動の目的は、社会からの期待に触れる機会としてのインタビューを通じて、“出口から見た基礎研究”的な視点や様々なニーズを知ることによって、新たな気づきを得て、自らの研究の位置づけを見つめ直し、“出口を見据えた基礎研究”である「さきがけ」研究のステップアップに繋げることである。

本さきがけ研究領域では積極的に SciFoS プログラムに参加しており、2014 年度は本さきがけ研究が疾患代謝領域とともに SciFoS 活動を行っている。それぞれの研究領域から 4 名の研究者が参加し、産業界関係者とインタビューを数回繰り返して、視野を広めている。研究者にも大変好評であり、JST のホームページに報告書が掲載されている。

2017 年度は SciFoS 活動を広げるための展開型に関研究者と高橋一浩研究者の 2 名の研究

者が参加した。来年度も三期生の後藤研究者が参加する。

(ii) 外部機関との討論会

実用化の構想を示すことを課している本研究領域では企業との打合せを企画して研究成果の応用等についての視野を広げることを進めている。

外部機関との打合わせは研究者が個別に行うのも多くあるが、さきがけ担当の副研究総括は特に必要と思われる研究者に対して外部機関（主に産業界）との打合わせをアレンジして、研究内容およびその応用についての議論を通じて今後の研究活動に資するように心がけている。副研究総括がアレンジした主な打合わせは下記の表のとおりである。

年月日	内容	場所	打合せ機関
2016年 12月22日	井上研究者のテーマについて意見交換	産業技術総合研究所	PETRA
2017年 1月16日	赤井研究者のテーマについて意見交換	NTT コミュニケーション科学基礎研究所	NTT
2017年 2月2日	友利研究者の研究についての相談	NIMS MANA 棟	(株) コメット
2017年 3月3日	高橋陽太郎研究者のテーマの応用についての相談	浜松ホトニクス中央研究所	浜松ホトニクス

(iii) 副研究総括と研究者の直接面談

・大野研究者のテーマについての打合せ

テーマが広がり気味であったため、最終的に目指す方向を打ち合わせ。

2016年7月12日 @JST 東京本部別館 2階H会議室

・山崎研究者のさきがけ研究遂行についての相談

翌年度、所属機関の任期が切れることもあり、今後の研究活動について相談。

2016年9月2日 @JST 東京本部別館 7階打ち合わせ室 2

・友利研究者のさきがけ研究遂行についての相談

今後のさきがけ研究の進め方についての相談。

2017年7月5日 @筑波大学自然系学系 118室

・太田研究者の今後についての相談

海外企業への就職が内定し、さきがけをどのように終了するかについて相談。

2017年8月10日 @JST 東京本部別館 4階A会議室

(iv) レイヤー間研究会

さきがけは、すべてのレイヤーについて研究を遂行することは困難であるが、選考において連携を意識した採択を行っている。異なるレイヤーの研究者が集まる領域会議ではレイヤーの連携を踏まえた議論も多く行われ、2016 年度よりさきがけ研究者の有志によりレイヤー間研究会を開催してレイヤー間の交流を深めている。これまでの開催は下記の通りである。

	年月日	場所	話題提供者／演題	参加者
第 1 回	2016 年 6 月 30 日	東京工業大学・大 岡山キャンパス 地球生命研究所・ 旧棟(ELSI-2)4 階 407/409 会議室	原祐子 特論：組込みシステム設計とは？ 竹内尚輝 アメーバ計算の実現	青野真士 大野武雄 戸川欣彦 山田浩之 服部梓
第 2 回	2016 年 11 月 1 日	東京工業大学・大 岡山キャンパス 地球生命研究所・ 旧棟(ELSI-2)4 階 407/409 会議室	小林正治 デバイスの歩留まりとは 福田憲二郎 プリント有機デバイスの実情 青野真士 特論：アメーバ計算	服部梓 竹内尚輝 戸川欣彦
第 3 回	2017 年 3 月 7 日	東京工業大学・大 岡山キャンパス 南 3 号館 2 階 第 3 会議室	戸川欣彦 材料が示す多値性は意味あるか？ キラ ル磁性体とスピンドバイスを題材に 服部梓 脳型トランジスタの動向と研究状況	青野真士 原祐子 大野武雄 山田浩之 竹内尚輝 福田憲二郎 小林正治 藤枝俊宣
第 4 回	2017 年 7 月 21 日	公益財団法人 新 世代研究所	宮田耕充 CREST への道	戸川欣彦 原祐子 大野武雄 山田浩之 服部梓 竹内尚輝 小林正治

第 5 回	2017年 12月15日	新世代研究所4階 会議室	藤枝俊宣 生体とエレクトロニクスと私 小林正治 シリコントランジスタの研究動向	大野武雄 戸川欣彦 原裕子 山田浩之 服部梓
-------------	-----------------	-----------------	--------------------------------------------------	------------------------------------

(v)賞の推薦（受賞については6.研究の経過と所見に記載）

受賞は研究者の研究成果を評価され認められることから人材育成の観点からも機会あるときは推薦をしている。これまで推薦して受賞に繋がったのは文部科学大臣表彰若手科学者賞3件と本多記念研究奨励賞1件がある。

(3)複合領域として

研究総括および副研究総括がそれぞれ CREST およびさきがけを担当し、アドバイザーも各々CREST またはさきがけを担当しているが、相互に補完しながら運営を進めて戦略目標に資する成果を最大化するために複合領域としての取り組みを積極的に行っている。

①採択におけるポートフォリオ等の考慮

選考についての箇所でもふれたように、さきがけの CREST による取り込みも視野に入れて選考を行っている。さきがけではすべてのレイヤーを網羅している課題はほとんどないと考えられることから、CREST との交流および連携は研究を進めるうえで有効である。CREST としても独創的で挑戦的な構想は参考になる。

選考時には、CREST の面接選考を先に行い、CREST 採択候補を決めた後に、さきがけの面接選考を行い、CREST との連携可能性も含めて採択候補を絞るようにしている。

連携を考慮した選考の結果として、CREST への取り込みの例はないが、CREST 橋本チームのピアスイッチを用いたデバイス作成において、さきがけ一期生の原研究者との連携が進められていることや、CREST 竹内チームの超高信頼配線（グラフェンラップ Cu 配線）のために結晶性の良い単層グラフェン (SLG) を、さきがけ一期生の吾郷研究者が提供するなど、CREST とさきがけの連携が進んでいる。

②合同キックオフミーティング

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、合同で開催している。レイヤー間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ている。

③ニュースレターの共同発行

情報発信を目的に CREST とさががけ共同で採択概要、研究内容、および顕著な研究成果等を1回/年程度で発行している。配布対象は異分野の研究者など基礎的な科学知識のある方を念頭に広く配布している。第四巻は2018年1月末に発行している。



④さががけ研究者のテーマについて CREST 研究者等との討論

個人型研究であるさががけは研究の方向について他の研究者の意見が重要になることがある。複合領域である利点を活かしてチーム型の研究を行う CREST の研究者およびアドバ

イザーと意見交換することで新たな展開が生まれる可能性がある。研究総括および副研究総括は積極的に意見交換の機会をつくり複合領域としての討論を推進してきている。主な討論は下記のとおりである。

年月日	会合目的	会場	参加者
2015年 8月15日	アメーバ計算についての意見交換会	東京本部別館4F 会議室	桜井研究総括 横山副研究総括 武藤さきがけ担当アドバイザー 石内 CREST 担当アドバイザー 井上 CREST 担当アドバイザー 田原 CREST 担当アドバイザー 青野真士研究者
2016年 1月22日	CMOS-TFET のアーキ テクチャ構成につい ての打合せ	東京大学生産技術 研究所桜井教授室	桜井研究総括 横山副研究総括 森村さきがけ担当アドバイザー 原祐子研究者 CREST 高木チーム（高木教授、東芝 G 関係者）
2017年 2月22日	河野研究者のテーマ について意見交換	東京大学生産技術 研究所桜井教授室	桜井研究総括 横山副研究総括 中込 CREST 担当アドバイザー 森村さきがけ担当アドバイザー 河野崇研究者
2017年 2月28日	関研究者のテーマに ついて意見交換	東京工業大学	横山副研究総括 笹川さきがけ担当アドバイザー CREST 波多野チーム（波多野教授、 他） 関研究者

⑤領域会議における交流

さきがけ領域会議での CREST との交流

年月日	日程	会場	CREST との交流の企画
2014年9月 4日～5日	第2回 さきがけ領域会議	新横浜グレイスホ テル	CREST 「二次元」領域黒部研究総括 の特別講演
2015年1月 13日～15日	第3回 さきがけ領域会議	チサンホテル神戸	CREST 津田アドバイザーの講演

2016年5月 12日～14日	第6回 さきがけ領域会議	アワーズイン阪急 シングル館	CREST 担当の桜井研究総括の特別講演
2016年11月 17日～19日	第7回 さきがけ領域会議	ロワジュールホテル 豊橋	一期生課題評価のため CREST アドバイザーの参加
2017年11月 15日～17日	第9回 さきがけ領域会議	大阪コロナホテル	二期生課題評価のため CREST アドバイザーおよび CREST 研究者の参加

CREST 領域会議でのさきがけとの交流

年月日	会合	会場	さきがけとの交流内容
2016年 9月7日	第1回 CREST 領域会議	東京グリーンパレス 会議室ふじ	さきがけ担当アドバイザー6名、さきがけ研究者2名が参加して討論
2017年 9月27日	第2回 CREST 領域会議	JST 東京本部別館 1階ホール	さきがけ担当アドバイザーおよびさきがけ研究者も参加して討論

⑥さきがけ課題評価における CREST 担当アドバイザーの参加

さきがけでは、課題評価会を領域会議で行っている。さきがけ終了前最後の領域会議において下記の項目について口頭での説明を行い、その後ポスター発表で詳細に評価を行っている。その際、CREST 担当のアドバイザーも参加して、新たな視点で評価を行っている。

- ・当初の研究目標
- ・研究目標に変更があった場合はその内容と理由
- ・うまくいかなかった部分も含めた研究成果
- ・ベンチマークを含めた成果の位置づけと意義
- ・さきがけ後を含めて、どのように発展するかの見通し

CREST 担当アドバイザーの評価は、それまでのさきがけ内の状況にとらわれない新鮮な評価がなされ、研究者にフィードバックしている。

6. 研究の経過と所見

(1)CREST

①研究総括のねらいに対する研究の状況

新規機能性材料の適用可能性の追求等による素材技術の創出、新材料・新原理・新構造の論理素子・記憶素子の動作検証等によるデバイス技術の構築、先進的なナノテクノロジー等の実装に向けたナノシステム最適化技術の創出、及びそれら技術の融合や連携により、情報処理エネルギー効率の劇的な向上や新機能の実現を目指した研究が実施されている。

そのため、各チームは産業界から共同研究機関（もしくは関係者）が参画した、複数技術レイヤーからなる研究チームを構築し、桁違いの低エネルギーの実現や新規機能の創出を目標と定めて、最終的なデモンストレーションを行うように研究チーム内で研究が進められている。

以下に、中間評価を終えた 2013 年度及び 2014 年度採択の各研究チームの特筆すべき成果を記す。

内田チーム：

半導体ナノ細線を使って少量の標的物質を選択的・電氣的に認識するセンサを高感度かつ低エネルギーで実現するシステムの開発を目標としている。このセンサは呼気による病気の診断や環境ホルモンの検出をスマートフォンなどに搭載することが可能である。

最終目標のガスセンサーの消費電力を 3 桁低減する目標はすでに達成し、特性の物質としての肺がんマーカーの検出にも成功している。最終目標では複数種（3 種類以上）の物質を検出することを目指している。基礎研究の観点からは、当研究は、化学反応とエレクトロニクスという異なる分野の融合を進めており、原理や素過程の理解による新しい学術領域を創成することに貢献すると期待される。また、データ解析の部分では機械学習を導入するなど、新しい知の融合にも成功している。応用・実用化の観点からは、特定の分子を高感度に検出するセンサは環境応用、医療分野への展開が期待でき、実際に実用化に繋がるデータもでており、肺がんマーカーとなる分子の高感度検出に成功している。多様のセンサを効率的に開発するプラットフォームを構築していることも注目に値する。

高木チーム：

CMOS と比較して低電圧動作により集積回路の消費電力を大きく低減できるバンド間トンネル型 FET (TFET) を、スイッチング特性 (S 値) 60mV/桁 (CMOS の理論限界値) 以下の達成を目標に、開発するものである。また本研究では、実用的で高性能のデバイス技術を開発すると共に、TFET の設計技術や回路技術を構築し、0.3 V 以下で動作しうる極低消費電力のシステムの実現を目指している。本研究のデバイスに関する研究は学問的水準が非常に高く、世界的にも第一線の研究であり、Ge ソース/ひずみ Si ヘテロ構造 TFET で S=29mV/桁を実証す

るとともに、Zn 拡散による急峻接合の実現や量子井戸チャンネルと薄膜 EOT (Equivalent Oxide Thickness) を用いて $S=55\text{mV}/\text{桁}$ を達成するなど、化合物系 TFET に関して重要な成果を上げている。また、基板貼り合わせ技術や縦型化合物 TFET など、当初計画にない成果も上げている。本研究課題の解決に産業界は切実な期待があり、成果は、直接的かつ強力な産業インパクトを持っている。また、これにとどまらず基礎的な物性や材料創成やデバイスの回路設計など、基礎研究から実証まで広範な成果を創出し、ナノエレクトロニクスの発展および科学技術イノベーションに貢献するものと期待される。

波多野チーム：

ダイヤモンド中の NV センターにより高感度、高分解能、かつ常温動作可能な 2 次元磁気イメージセンサを開発し、その応用として革新的生体磁気計測システムを創出することを目標としている。本研究課題の中間目標は感度 $1\mu\text{T}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、空間分解能 1mm であったが、すでにこの目標を達成し、最終目標の感度 $1\text{nT}/\sqrt{\text{Hz}}$ 、空間分解能 $10\mu\text{m}$ への達成の方向性が示されている。本研究では、ダイヤモンド中の NV センターを高配向かつ高密度に生成することに成功している。NV センターが高配向となる物理的メカニズムについても理論的説明が進んでいる。独創性が高く、かつ、国際的にも高い水準の研究成果となっている。結果、基礎研究、応用研究ともに国内外の研究者との共同研究が成果をあげている。特に、生体や細胞の計測分野においては、生体内でのダイヤモンド微粒子の回転運動の観察に成功するとともに、細胞計測を目指した磁性微粒子のベクトルイメージング技術を構築している。また、ダイナミカルデカップリングによる AC 磁場検出のためのシステムを FPGA (Field Programmable Gate Array) によって構成し、将来の専用 LSI 化に向けての大きな成果となっている。NV センターによる磁気センサは、多くの応用が期待される。

浅野チーム：

1THz 近傍で高利得を有するアンテナ、半導体検波素子、信号処理回路の集積により従来比 100 倍以上の感度を有する実時間イメージングデバイスを開発し、その応用としてセキュリティ、社会インフラ保守、創薬などの分野で新規なサービスの提供を目指すものである。本研究課題の中間目標はテラヘルツ・イメージング・ピクセルの動作検証であるが、高利得アンテナ、2 乗則検波素子用高移動度 T_r の開発により従来比 30 倍程度の高感度化に目途をつけるとともに 1THz の検波特性を確認するなど、世界トップレベルの成果を上げている。また、感度の定式化やさらなる高感度化のための同期検波の基礎検討も済んでおり、最終目標に向けた道筋も明確になっている。基礎研究の面では、アンテナや高感度検波素子をガラス基板上に集積する技術や 1THz 近傍での分光イメージングは科学技術に大きく貢献すると期待される。実用面では電波の持つ物質透過性、光の持つ屈折性、さらには分子間力の検知などを併せ持つ特徴を活かした新規なサービスが拓ける事が期待される。今後、この技術によって可能となる具体応用例の明確化と提示を期待したい。

また、他の研究機関の動きも活発化しており、権利化も怠りなく進めてもらいたい。

橋本チーム：

ビアスイッチと呼ぶ不揮発スイッチ素子と、これに基づいて不揮発プログラム可能な新 FPGA 構造を開発する。更に、高密度で配置可能なビアスイッチの特長を活かして FPGA 構造とハードウェア演算器を混載し、ソフトウェアと同様に回路をプログラミング可能な再構成可能チップを開発することによって、飛躍的に高い処理性能・エネルギー効率の実現を目標としている。中間段階では、ビアスイッチ試作を通じた特性改善、新 FPGA 構造の提案と回路プログラミング可能性の検証、回路プログラミング密度の評価が計画通り実行されており、国際学会等で中間成果への注目度も高い。一方、FPGA 構造全体としての試作・評価、回路プログラミングと組み合わせた総合的な処理性能・エネルギー効率の実証・評価は後半の主要課題である。再構成可能チップ開発では適切な応用設定が重要で、本研究では AI 処理向けの CNN (Convolutional Neural Network) アクセラレータを適用分野として具体的な実装検討を開始しており、今後の成果が期待されるとともに挑戦的な研究運営が評価できる。スイッチ素子から FPGA 構造、プログラミング・ツール、応用技術までの幅広い技術の統合によって研究目標が達成されるため、ビアスイッチ FPGA というデバイス面とこれを使うためツールに代表されるソフト面の一層密な研究連携を期待する。

益チーム：

「ナノ G (加速度) 計測」が産み出す新機能実現を目標として、CMOS-MEMS 異種機能集積プロセスとその統合解析・設計技術による慣性センサの超小型化超低消費電力化と、これを利用したナノ G レベルの超高感度計測を目指している。本研究課題の中間目標は各レイヤーですべて達成しており、慣性センサデバイスとして $0.1\text{G}/\text{Hz}^{1/2}$ センサ、 $1\text{mG}/\text{Hz}^{1/2}$ センサの開発・評価も順調な進捗がみられ、 $1\mu\text{G}/\text{Hz}^{1/2}$ センサの開発も始まっている。研究成果においては、病理診断チームではアルツハイマー病以外の難病への適用も視野に入ってきている。デバイス、回路では目標ノイズレベルをクリアする方式が提案され、実証ができています。材料グループではこれまでになかった降伏強度 1.1GPa 、硬度 370HV を持つ金合金の製法とその基礎物理の解明が行われており、世界トップクラスの成果を上げている。今後、超高感度加速計の実現に向けたデバイスと回路を融合させた試作で、総合性能として目標を達成することに注力することを期待する。最終的には診断システムのデモを目標としてレイヤー連携での成果が期待されるが、現在のセンサではできない、この新しいセンサによって初めて可能となる部分の明確化は必要である。研究体制も、各レイヤー連携が極めて密で、良好な関係で全体の研究が推移している。また、病院との連携を深化させることにより、真に必要な技術を見極め、研究の方向性を適切にコントロールすることが期待される。得られた成果は難病の病理診断への適用が可能であると考えられるので十分に産業応用への期待が持てるが、さらにほかの分野の新規産業創出に向け検討を進めてもらいたい。

②科学技術の進歩への貢献

CREST 研究チームの、これまで論文口頭発表特許件数を下に示す。

	論文			口頭発表			特許			プレス
	国内	国際	合計	国内	国際	合計	国内	国際	合計	
2013 年度 採択課題	18	170	188	254 (87)	187 (127)	488 (214)	16	7	23	8
2014 年度 採択課題	2	126	128	98 (16)	57 (27)	165 (43)	9	2	11	-
2015 年度 採択課題	4	54	58	148 (41)	40 (57)	249 (98)	13	2	15	4
研究領域 合計	24	350	374	500 (144)	284 (211)	902 (355)	38	11	49	12

(特許は出願数、口頭発表のカッコ内は招待講演数を内数で記入)

③科学技術イノベーションへの貢献

採択課題は、レイヤー間連携を見据えた研究体制となっており、机上の議論だけでなく、実証を期待している。そのため、実システムによるデモンストレーションを終了時の要件としており、実際に各チームで基礎研究だけでなく、実証デモに向けた取り組みを研究期間内で行われている。

チーム内で企業研究者が参加しているチーム（主たる共同研究者もしくは研究メンバー）は、高木チーム、波多野チーム、浅野チーム、橋本チーム、益チーム、高尾チーム、竹内チーム、富士田チームの 8 チームであり、残りの内田チームも樋口チームも協力企業や、元企業研究者の参画があり、ほぼ全てのチームで産業界との連携を行っている。

具体的には、高木チームは材料メーカーとデバイスメーカーとの共同チームであり、TFET の実用化を視野に研究を進めている。橋本チームや竹内チーム、富士田チームは、実際のデバイスやメモリなどの研究開発や製造を行っている企業との共同チームであり、長期メモリの実用化や、不揮発スイッチ素子（ビアスイッチ）を用いた新 FPGA 構造の開発、テラヘルツ電磁波を利用した無線通信デバイス集積基板技術の開発を行っている。

さらに、チーム外企業との意見交換や技術展開なども実施しており、2015 年度にはテラヘルツ波の伝送に関する意見交換会を研究総括の指示の下、CREST2 チーム（浅野チーム、富士田チーム）と研究領域外の大学研究者、国内企業を集めた討論会を広島で実施している。

また、さきがけ研究者と CREST チームとの個別打合せや相談、WS も実施しており、デバイス・アーキテクチャ分野、量子センサ分野でそれぞれ開催している。

④顕彰、受賞

CREST はさきがけとは異なり、賞などへの研究代表者の積極的な推薦は行っていないが、主な受賞としては、高木信一研究代表者の科学技術分野の文部科学大臣表彰(2015年4月)や益チームの受賞「第33回センサ・マイクロマシンと応用シンポジウム 最優秀技術展示賞」(2016年10月)、内田チーム(主たる共同研究者)による「高分子化学会 神奈川大学 高分子化学日立化成賞(2016年9月)」「平成29年度日本化学会 第35回学術賞」などがあげられる。それぞれのチームでは、産業技術に関する受賞も多く、「ベスト産業実用化賞(SATテクノロジーショーケース)」「STARC 感謝状」などの受賞もこの研究領域の特徴と言える。

また、研究チーム内メンバーの受賞も多く、IEEE (IEEE EDS Japan Chapter Student Award(2015・2016・2017)、Excellent Presentation Award(2015)、IEEE SENSORS 2016 Best Industrial Paper Award) や各学会の論文賞 (MTSA2017-OptoX Nano-Tera Nano Student Award 2017、応用物理学会優秀論文賞(2016年9月)、応用物理学会講演奨励賞(2015年9月)、電子情報通信学会 MWP 優秀学生論文賞(2016年11月))、ポスター賞(応用物理学会集積化 MEMS 技術研究会優秀ポスター賞(2017年3月)、Best Student Poster Award KJF-ICOME2016(2016年9月)、Poster Award 第7回分子アーキテクニクス研究会(2016年10月)) など、若手研究者の活発な研究成果創出の現れと、今後のキャリア形成に寄与するものと考えられる。

⑤今後の期待や展望

CREST では、今後益々、研究論文成果などによる世界的な科学技術への貢献を促進するとともに、イノベーションにつながる研究成果を最大化するように努力してゆく。特に、ユニークな異分野にまたがるチーム構成ができていますので、その研究者同士の有機的つながりを推進しつつ、世界に類のない高いレベルの成果が期待できると考えている。

CREST では、最終的に何らかのデモンストレーションができるように各課題をお願いしている。それは、このようなデモンストレーションによって、CREST 終了後には新たな応用研究開発が始まり、社会貢献、産業貢献などイノベーションにつなげられるように、との配慮からである。後半では、このような次につながる成果も、力を入れて支援してゆく予定である。

(2) さきがけ

①研究総括のねらいに対する研究の状況

さきがけでは、従来になく斬新な発想による挑戦的な研究や、CREST に比べてより中長期的視点に立った独創的な研究の推進を進めることがねらいである。そのため、量子分野からバイオ分野までの研究課題を採択し分野間融合をはかるとともに、素材・デバイスから回路レイヤーまでの研究課題を採択しレイヤー間連携をはかった。

その結果、表にまとめたように、多くの成果物が出ており、特に国内外含めて 300 件を超

える招待講演は、これらの成果が国内ばかりではなく世界的に高く評価されていることを示している。社会還元の観点から、メディア対応も積極的に行っており、戸川研究者（一期生）のスピン位相エレクトロニクスに関する研究成果（らせん結晶構造を持つ磁石のひねりの数の制御・検出に成功）が複数の新聞紙で紹介されるとともに、安藤研究者（一期生）の新しいスピン流発生技術（銅の自然酸化膜が白金よりも優れたスピン流発生源となることを実証）についてNHKの取材を受け放送され、福田研究者（二期生）の洗濯可能な超薄型有機太陽電池に関する成果は、朝日、読売を含む10紙に掲載されTBSやテレビ東京で紹介され注目されている。

レイヤー間連携では、領域会議以外に、研究者が自発的にレイヤー間連携をはかるための連絡会を開催し、チームを組みCRESTなどの新しいファンドをとる動きが加速している。また、企業を訪問し研究成果の出口をさぐることも推奨して進めており、これまで、研究総括の狙いどおりに進捗していると考えている。

以下に、2013年度及び2014年度採択者の特筆すべき成果を記す。

青野研究者（一期生）は、環境に効率的に適応する粘菌アメーバのユニークな並列処理法に学んだアルゴリズム「アメーバモデル(AmoebaSAT)」の理論研究とそのデバイス実証を行い、SAT問題（重要な組合せ最適化問題である「充足可能性問題」）でのベンチマーキングの結果、CPU時間では劣るが、反復回数では勝るといふ、アメーバの物理実装を肯定するデータを示した。今後、新しく採択されたNEDOプロジェクトにおいて、様々な応用で威力を発揮する超小型・超低消費エネルギーの非ノイマン型コンピュータの開発につながるものとして期待している。

望月研究者（一期生）は、2009年に発見されて間もないトポロジカル磁気テクスチャであるスキルミオンについて、これを情報担体として使うというデバイス応用へのアイデアを実験しやすい例示の形で理論展開し、スキルミオンの制御法確立への道筋を理論的に示した。具体的には、スキルミオンの熱的駆動、電場や磁場による書き込みなどを、先駆的なシミュレーション技術を活用して高いレベルで研究を進展させた。当初目標以上の想定していなかった成果として、マイクロ波による巨大な整流効果の発見や、初のネール型磁気スキルミオンをもつ物質(GaV₄S₈)の発見が特筆される。ScienceやNature系の雑誌に掲載され特許も取得し成果は高く評価される。今後、実用化に向けての道筋は不明確ではあるが、新しいメモリへの展開が期待される。

長汐研究者（二期生）は、Si MOSFETの短チャネル効果の課題を克服し得る素子として期待の高い二層グラフェンFETにおいて、電流オン/オフ比が小さい問題について、グラフェン/絶縁膜多層系における界面に着目し、界面の理解を進め、その理解に基づき理想的な界面を実現し、グラフェンの電子デバイス応用への展開を切り開くことを目的として研究を進めた。その結果、グラファイトバックゲート+機械剥離BN/grapheneのAll-2D（すべて2次元原子膜）高品質構造を実現することにより、 I_{on}/I_{off} 比として20Kではあるが 4.6×10^5

を達成し、グラフェンが超短ゲート FET のチャンネル材料として利用できる可能性を示した。

高橋陽太郎研究者（二期生）は、ギガヘルツからテラヘルツ帯域の電磁波（光）において、振動磁場と振動電場の両者に応答するエレクトロマグノンという励起状態を実現できる新機能材料の開発と、その電気磁気光学効果と呼ばれる全く新しい原理に基づく室温動作の電磁波制御デバイス創成を目指した。その結果、Y-type ヘキサフェライトを開発しエレクトロマグノンの室温化に成功、室温下で THz 帯吸収材料、偏光素子として利用できることを示した。実用化の出口をみつけるべく企業訪問等を行っており、今後の展開に期待している。

河野研究者（二期生）は、シリコン集積回路による神経ネットワーク（SNN）を実現するため、従来の人工ニューラルネットワークとは異なる脳神経系との互換性を意識したニューロモルフィックによる脳に近い AI の基盤技術確立を目指した。具体的には、複雑な神経活動と消費電力・集積度のトレードオフの課題を解決するため、イオンコンダクタンスモデルの数理構造を少数の多項式で記述した定性的神経モデリングをシリコンハードウェアに実現することをターゲットとした。その結果、単一チップ SNN の構築：1000 シナプス／ニューロン（次回試作で達成予定）、チップ間インタコネクト技術：10 チップ結合（次回試作で達成予定）、メモリ回路：SRAM+DAC ベースを達成し、STDP(Spike-timing dependent synaptic plasticity)によるノイズに埋もれたパターン抽出に成功した。ニューラルネットワークに代表される非ノイマン型情報処理技術は、今後大きなブレイクスルーとなる可能性を秘めており、神経系を模倣した回路の機械学習応用は、エレクトロニクス分野における、今後のメインテーマの 1 つになる可能性が高い。

②科学技術の進歩への貢献

外部発表等については下記のとおりである。上述したとおり、おもなプレスリリースは文部科学省でレクチャー付きで行い複数紙に掲載された戸川研究者、NHK の取材を受け放送された安藤研究者、朝日、読売を含む 10 紙に掲載され TBS やテレビ東京で紹介された福田研究者などの研究成果がある。

	論文		口頭		ポスター		出版物		著書		招待講演		合計	国内 出願	海外 出願	プレ ス
	国 際	国 内														
一期生	117	4	130	189	48	61	0	19	5	4	71	90	577	16	1	14
二期生	64	1	90	113	25	6	0	9	1	3	39	41	312	9	0	6

三期生	46	4	84	136	45	14	0	4	2	1	31	36	336	15	5	8
合計	227	9	304	438	118	81	0	32	8	8	141	167	1225	40	6	28

赤字は口頭発表の中の招待講演であり、合計に加えられていない数字。(2018年2月6日集計)

戦略目標の具体的達成内容に該当する成果が出ているかまたは達成できる見通しがあるかについて触れる。具体的達成目標と研究課題の関係については研究課題選定についての項目で上げたとおりであり、以下に各目標について個別にあげる。

(i) 「新規機能性材料の構造や物性に関する計測・解析・加工プロセス技術の創出」に資する成果

研究総括のねらいに対する研究状況でふれた安藤研究者（一期生）および戸川研究者（一期生）の課題が相当する。

安藤研究者は、ある程度の知見が蓄積されていたバルクにおける効果から脱却して表面や界面に注目することで、電流-スピン流変換の効率が向上できることを見出ししている。特に、さきがけ開始時には～数10%であった電流-スピン流変換の効率を、巨大Rashbaスピン軌道相互作用に着目することにより、非磁性元素のBi/Ag界面において～50%まで上昇させることに成功したことは高く評価できる。加えて、ありふれた銅を自然酸化するだけでスピン軌道トルク生成効率が2桁以上向上する効果を発見したことは、想定外の非常に重要な成果である。従来から用いられていた白金を凌駕する性能であり、技術的にも容易なアプローチの提示であることから、将来のスピンエレクトロニクス素子の実用化に向けた大きな貢献が期待される。Nature Communicationなどの著名誌への8報の論文掲載や国際会議での8件の招待講演など、成果発表も申し分ない。

戸川研究者はマイクロメートル程度の微細化単結晶デバイスを作製し、離散的ソリトン閉じ込め効果とコヒーレントスピン位相に起因する多値的磁気抵抗効果を実証している。これはカイラルソリトン格子の示す位相コヒーレンスが巨視的スケールにおいて顕在化することを世界で初めて実証したものである。カイラル磁性体のマイクロサンプリング試料を高周波回路に配置し、共鳴現象の測定を進めていくことで、スピン波の位相コヒーレンス、集団的共鳴現象のダイナミクス の 解明も進展している。特に、磁気共鳴モードの非対称性など興味深い高周波特性が明らかになっている。これらはカイラルソリトン格子の集団ダイナミクスの高速制御につながる成果である。強い偏光依存性や長距離スピンコヒーレンスに基づいた非局所応答など当初想定していなかった成果も出現している。

科学技術の進歩に資する成果が得られたと言える。

(ii) 「革新デバイスになることが期待されるグラフェン等の原子薄膜の結晶実現・機能解

明・学理構築に関する研究」に資する成果

特筆すべき成果であげた長汐研究者（二期生）の成果は、ダブルレイヤのグラフェンに関し、界面を十分に制御できれば、電界を印加することにより実用的なバンドギャップを形成できることを示した成果であり、グラフェン等の原子薄膜の結晶実現・機能解明・学理構築に関する研究に資する成果といえる。また太田研究者（三期生だが一年前倒しで終了）は、独自開発のパルス・スパッタ法で hBN 薄膜成長用の装置を開発、パルスのかけ方にも工夫することでサファイア基板上に AlN バッファをはさんでウェハスケールの BN 薄膜を形成することに成功した。hBN をウェハレベルの高面積で、高速に薄膜作製できる技術の開発にも成功、作製した hBN 薄膜について、ラマン散乱で BN の形成を確認し、X 線回析などで高品質でヘキサゴナルであることを確認した。さらに室温 CL で欠陥に由来する発光に加えて、バンド端発光も確認した。hBN/GaN 構造の作製において低温成長にも成功、これは世界で初めて、GaN とのヘテロ接合を実現した成果である。

(iii) 「優れた物性を有する新物質・新規機能性材料をデバイスに応用する技術に関する研究」に資する成果

特筆すべき成果であげた望月研究者（一期生）のスキルミオン、高橋陽太郎研究者（二期生）のエレクトロマグノンに関する研究成果が本項に当たる成果と言える。これに加えて、関研究者（二期生）は、 $L2_1$ 型ホイスラー合金材料の開発と同材料を用いたボルテックス型の磁気構造を利用したスピントルク発振素子の開発を行い、生体磁場の測定が可能な高感度磁場センサを開発することを目的とした。その結果、ホイスラー合金を用いたボルテックス型発振の実証に成功、素子の微細化が発振出力に対してメリットになることを示した。数値目標としては、発振線幅を狭めて高い Q 値を得ることに成功しており、 $\text{Co}_2(\text{Fe}_x\text{Mn}_{1-x})\text{Si}$ を用いた素子では、シングルボルテックス型で $Q=4000$ 、ダブルボルテックス型で $Q=23000$ を達成、目標である $Q=10000$ を上回る成果が得られた。ただし、出力については 10 nW オーダに留まっており、目標未達となっているが、ホイスラー合金という素材そのものについても検討を行った点、スピントルク発振器のノイズ特性を評価して MTJ と比べて GMR 系スピントルク発振素子のほうがノイズを抑制できる利点があることを実証した点は評価される。今後、ホイスラー合金のさらなる改善と素子構造の適正化により、高出力化が期待される。

また、荒井研究者（二期生）は、ニューロモルフィックシステムの特長を、「膨大で曖昧・不完全な情報を低消費電力で処理できる新しい情報処理基盤となりえること」と考え、スピンを利用したニューロモルフィックシステムの構築を目指した。具体的には、スピントルク発振器 (STO) と磁壁型メモリをニューロンの機能を模倣する基本要素としてとらえ、それぞれの制御を行うための理論的な考察を進めた。そして STO 位相同期を利用した画像分離システムに関し同期実験まで達成した。磁気異方性に着目した STO と磁壁型メモリの制御方法の提案は、スピントロニクス分野における、着実な進歩として受け取られていると考えられる。まだ未完成的な成果であるが、スピントルク発振器のニューロシステムへの応用可能性

を示した成果として期待できる。

(iv) 「異種材料の接合等による新機能デバイスの提案と原理実証」に資する成果

宮田研究者（一期生）は CVD 法を用いた高品質遷移金属ダイコルコゲナイド（TMDC）原子層合成技術をもとに、原子レベルで直線的接合界面を有する TMDC 面内ヘテロ構造の作製に成功している。独自に合成した $WS_2/Mo_{1-x}W_xS_2$ ヘテロ界面において、1 原子レベルでの急峻な界面が実現出来ていることを明らかにしている。特に、共同研究の実施体制を積極的に進めることによって、 WS_2 と MoS_2/WS_2 の二層積層構造の接合界面において、導電性原子間力顕微鏡および走査トンネル顕微鏡/分光を用い、価電子帯では閉じ込めポテンシャル、また伝導帯ではポテンシャル障壁が形成されることを見出している。これらのポテンシャル変調を「一次元界面」として捉え、極微細伝導チャネルを目指した量子細線の一形態を提案した点は高く評価される。さきがけテーマの拡張内容でチームを組んで応募した CREST が採択されたことは、本さきがけ研究内容が認められたことを端的に示すものであり、さらなる展開を期待され、科学技術の進歩に資する成果が得られたと言える。

(v) 「微細化・高集積化を可能とする革新的なデバイス・アーキテクチャ技術の創成」に資する成果

特筆すべき成果であげた青野研究者（一期生）の課題は、粘菌アメーバのユニークな並列処理法に学んだ新しいアルゴリズム提案であり、そしてその実装化において、既存デバイスである FPGA を用いるだけでなく、牧本研究者（三期生）が進めている超伝導量子回路を用いた化学反応シミュレータの開発を進めており、まさに、革新的なデバイス・アーキテクチャ技術の創成に資する成果であると言える。

加えて、井上研究者（一期生）は独自開発の有機電気光学（EO）ポリマーと、シリコン 1 次元フォトニック結晶導波路とをハイブリッドした EO 光変調器を作製し、その動作を初めて実証している。特に、ナノオーダーの高い加工精度をもとに、有機 EO ポリマーとシリコンフォトニクスとの融合プロセス技術を開発し、EO 変調効率の向上、極めて大きな電気光学係数を達成した点で大きな成果に繋がったと評価される。電気光学変調デバイスにより、「超高速動作 (>100GHz)、LN 変調器の 1/1000 以下の素子サイズ (<100 μ m)、低消費電力性を同時に達成する」という高い目標をほぼ実現しており、高く評価でき、インパクトの大きな成果と考える。ポリマーとシリコンで温度依存性が相反することを利用して温度無依存を実現したのはアピールできる成果である。企業との共同研究等により、実デバイスとしての可能性を示すことが期待される。

(vi) 「デバイス機能を発現・最適化するための物質構造及びデバイス構造の設計及び計算機シミュレーション技術の創出・素材、回路等の様々な階層の連携・協調による超低消費電力化技術の創出」に資する成果

特筆すべき成果であげた青野研究者のアメーバ回路の提案、および河野研究者のシリコン集積回路による神経ネットワーク（SNN）の実現が相当し、科学技術の進歩に資する成果が得られたと言える。これらに加えて、長田研究者（二期生）のどの半導体チャネル材料にも適用可能なフッ化物高誘電体ゲート極薄膜材料の開発に関し、 CeF_3 や LaF_3 絶縁膜が、Ge トランジスタや GaN トランジスタ用絶縁膜として一定の可能性を検証したことが挙げられる。

③科学技術イノベーション創出に貢献する卓越した成果の見通し

科学技術イノベーションを創出するためには前項の科学技術の成果のみでは達成できず、その出口を見据えたレイヤー間連携が必須となる。また国際的な連携も必要である。

戸川研究者（一期生）はレイヤー間研究会を立ち上げるとともに、カイラルソリトンラティスの研究分野においてイギリス、ロシア、オーストラリア、カナダ、およびドイツの研究グループをまとめて国際コンソーシアムを立ち上げ世界をリードしている。カイラルソリトンが科学技術イノベーション創出に貢献することを期待している。

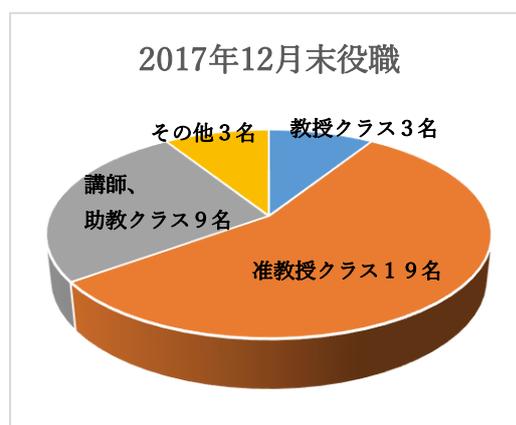
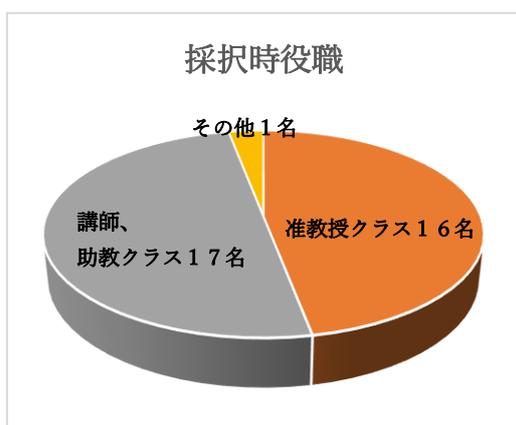
レイヤー間連携により CREST に採択された宮田研究者（一期生）については、二次元薄膜の横界面を利用する提案において卓越しており、新しいデバイス群がこの成果より生まれることを期待している。

また、山崎研究者（二期生）は、ナノメカニクスと量子情報操作技術を融合した新しい物理系として、量子オプトメカニカルシステムの構築を狙う一環として、超伝導量子ビットと結合するマイクロ波帯と通信波長帯の光をコヒーレントに結合する量子トランスデューサの実現に挑戦した。その結果、この量子情報の極めて重要な課題を機械系の振動を介して行うアイデアを考え、マイクロ波と光を結合するオプトメカニクス技術の開発に指針を与えるアプローチをいくつも示した。これは、将来量子コンピュータが実現したときに、そのネットワーク化を行うための必須の技術になると考えられ、今後の科学技術イノベーション創出への寄与が期待できる。

④その他の特記事項

(i)昇進

採択時は教授クラスの研究者は一人もいなかったが、現在は 3 名で 4 月に昇進が内定している研究者を含め 4 名になる。またさきがけを早期終了して海外の企業の部長待遇で就職した研究者も出ている。



採択時にパーマネントの役職ではなかった研究者は10名いたが、現在は6名が定職を得ている（下記の表参照。下線が定職）。

氏名	採択時所属機関	採択時役職	現所属	現役職
青野 真士	東京工業大学	期限付き 研究員	慶應義塾大学	<u>准教授</u>
大野 武雄	東北大学	准教授（WPI）	（採択時と同じ）	（採択時と同じ）
岡田 直也	筑波大学	大学院生	産業技術総合研究所	<u>主任研究員</u>
戸川 欣彦	大阪府立大学	特別准教授	大阪府立大学	<u>准教授</u>
荒井 礼子	産業技術総合研究所	特別研究員	産業技術総合研究所	<u>主任研究員</u>
高橋 陽太郎	東京大学	特任准教授	東京大学	<u>准教授</u>
友利 ひかり	筑波大学	研究員	科学技術振興機構	さきがけ専任研究者
廣理 英基	京都大学	特別拠点 准教授	京都大学	<u>准教授</u>
山崎 歴舟	東京大学	助教（任期 付）	科学技術振興機構	さきがけ専任研究者
高橋 一浩	豊橋技術科学大学	テニユアトラ ック講師	（採択時と同じ）	（採択時と同じ）
竹内 尚輝	横浜国立大学	特任教員 （准教授）	（採択時と同じ）	（採択時と同じ）

(ii)受賞

サー・マーティン・ウッド賞 1 件、文部科学大臣表彰 4 件、本多記念研究奨励賞 1 件、船井学術賞 1 件を含めさきがけ採択後 40 件の受賞をしている。採択者の成果が広く評価されている証拠である。

(iii)進捗が思わしくない事例

研究課題によっては、研究の進捗が捗らず研究成果を高めることができなかつた例もある。ただし、得られた結果がネガティブなものであっても知見としては重要であり、新たな課題を見つけること自体が研究成果であると考えている。

(iv)懸案事項

CREST・さきがけ複合領域として運営してきているが 2018 年度をもってさきがけ研究者はすべて研究期間を終了し、CREST のみ存続することとなる。これは体制としては複合領域として機能しなくなることを意味するが、さきがけ卒業生が CREST 領域会議に出席し情報交換できるようにするなど、工夫が必要である。

(v)今後の期待、展望

一期生に加えて二期生も卒業する段階にきた。採択時には必ずしも注目されていなかった非ノイマン型コンピュータや量子コンピュータに関わる領域での研究成果も出ており、さきがけ領域としてはうまく機能したと言える。さらに大きなファンドを獲得し、発展することが期待される。またスピントロニクス分野において、スピンの up/down 情報だけではなく、スピンの位相情報や新しい量子状態としてのスキルミオンを利用したデバイス提案等も行われており、スピントロニクス分野のさらなる発展に寄与できると期待される。また、新しい電子材料としての 2D 原子膜や極薄有機材料に関し、材料開発とその応用研究が進展しており、生体との親和性があるフレキシブルエレクトロニクスや超高感度の各種センサへの展開が期待される。この研究期間にさきがけ研究者が大きく成長しており、各種受賞や昇進により形となって表れていることは、何よりも特筆すべきである。日本の将来のエレクトロニクス業界を支える集団になることが期待できる。

(vi)さきがけ終了後の活躍状況

さきがけ終了後に研究者がどのように活躍しているかは、研究者にとってさきがけが人材育成の観点から重要であったことが判断できる。終了生は 2013 年度採択の一期生のみであるが、国際会議の主催や昇進、他のファンディングを獲得するなど多くの活躍をしている。

研究者名	分類	内容
青野真士	著書	「人工知能はこうして創られる」合原一幸・編著、牧野貴樹、金山博、河野 崇、青野真士、木脇太一著、ウェッジ社、2017.の「第5章 ナチュラル・コンピューティングと人工知能—アメーバ型コンピュータで探る自然の知能」、青野真士, pp. 189-239 を執筆。2017年9月20日に出版。 http://wedge.ismedia.jp/articles/-/10586
	昇進	2017年4月1日より、慶應義塾大学 環境情報学部 准教授（定年制）に着任。 さきがけ研究者時代（～2017年3月31日）は、東京工業大学 地球生命研究所 特任准教授（任期制）。
	特許	同領域のさきがけ3期生・竹内尚輝先生（横国大）と、下記の特許出願。 特願 2017-140272, 竹内尚輝, 青野真士, “解探索装置,” 出願人: 横浜国立大学, 出願日: 2017年7月19日
安藤和也	共著論文	アドバイザー笹川先生との共著論文1編、1期生大野先生・3期生牧先生との共著論文1編を投稿。
岡田直也	国際会議	さきがけでの研究内容（クラスター材料の接合特性）で、2017年12月開催のIEDMに投稿し、採択。
戸川欣彦	シンポジウムを主催	国際(予定を含む) JSPS Core-to-Core project, Glasgow meeting, University of Glasgow, United Kingdom, September 4-6, 2017. χ -mag 2018, Nara Kasugano International Forum 麓 (IRAKA), Nara, Japan, July 25-28, 2018 .
		国内 IEEE Kansai/Shikoku Joint Sections Magnetics Society Chapter 「第3回関西四国磁性研究会」, 2017/6/24
	国際会議のチェアマン	JSPS Core-to-Core project, Glasgow meeting, University of Glasgow, United Kingdom, September 4-6, 2017. International Workshop “Dzyaloshinskii-Moriya Interaction and Exotic Spin Strutcutre” (DMI2017), Peterho, RUSSIA, May 23-26, 2017.
新たなファンディング	日本学術振興会 科学研究費 基盤研究(B) 代表 「キラル磁性の物理と応用」 2017年4月-2020年3月 18,070千円(直接経費 :13,900千円)	

国際交流 事業		日本学術振興会 外国人特別研究員 受入研究者 (研究代表者) 「キララらせん磁性体を用いた超広帯域論理/干渉操作の実現」 2017年11月-2019年10月
		日本学術振興会 日露二国間交流事業 分担 「カイラル螺旋磁性体の構造とスピンドイナミクス」 2017年4月-2019年3月 5,000千円
		日本学術振興会 研究拠点形成事業 A. 先端拠点形成型 分担 「スピנקイラルリティを軸にした先端材料コンソーシアム」 2015年4月-2020年3月 75,000千円
学生の受 賞 (人材 育成)		IEEE Kansai/Shikoku Joint Sections Magnetics Society Chapter 第3回関西四国磁性研究会 最優秀ポスター発表賞 2017/6/24
		IEEE Kansai/Shikoku Joint Sections Magnetics Society Chapter 第3回関西四国磁性研究会 優秀ポスター発表賞 2017/6/24
原祐子	新たなフ ァンディ ング	2016年度にACT-Iに採択。さきがけ終了後に開始。
宮田耕充	新たなフ ァンディ ング	2016年度にCREST「二次元機能性原子・分子薄膜の創製と利用に資 する基盤技術の創出」に採択。さきがけ終了後に開始。
望月維人	昇進	2017年4月1日より、早稲田大学理工学術院 先進理工学部 応用物 理学科に着任。 さきがけ研究者時代(～2017年3月31日)は、青山学院大学准教 授。
山本倫久	昇進	東京大学大学院工学系研究科附属量子相エレクトロニクス研究セン ター 特任准教授 兼 理化学研究所創発物性科学研究センター 量子電子デバイス研究ユニット ユニットリーダーに昇進。(2017 年8月1日)
	受賞	サー・マーティン・ウッド賞を受賞 http://www.msforum.jp/about_sir_martin/ 受賞題目 「半導体ナノ構造における量子位相の検出と制御」

7. 総合所見

(1) 複合領域のマネジメント

本研究領域では、ナノ材料、ナノデバイス、設計・回路、アーキテクチャ、システムなどの技術レイヤーの融合による革新的な情報処理デバイス基盤技術創成を目指している。この目標を達成するために研究課題選考には次のような観点を重視している。

- i) 複数技術レイヤーの融合されたチーム構成
(さきがけでは、領域として複数レイヤーにまたがることを重視)
- ii) 研究目標として、桁違いの低エネルギーの実現または新規機能の創出
- iii) 最終デモンストレーションの記述
(さきがけでは、実デバイスによるデモンストレーションを必須としない)

CREST に関して必須とした最終デモンストレーションについては、本研究領域での基礎研究が後にイノベーションにつながるよう応募時にお願いしたものである。このような配慮によって、研究開始時から本研究領域の方向性にあった質も意識も高い研究者が集うことになった。また、さきがけは個人研究なので i) に関しては課題それぞれでは達成することはできないが、領域として複数レイヤーにまたがるよう研究課題選考時に考慮している。

研究領域運営は、何種類かの会議および総括・アドバイザーによるきめ細かい支援を中心に行っている。このように総括・アドバイザー団による全般的な支援のほか、各課題に対して、特にその課題に適した担当アドバイザーをアサインし、サイトビジットほか、適切な助言でサポートを行っている。

会議に関しては、採択されて間もなくキックオフ会議（CREST・さきがけ合同開催）を行い、領域の方針などになじんでいただくとともに、研究者間でのつながりを作っている。また、毎年、次年度の研究方針、研究計画を議論する場を用意するためにヒアリング会議（CREST）を実施している。その他、領域会議を設定している。CREST では年に一度全チームが集合して、アドバイザーや他チームとの研究交流を深めるとともに、成果を報告することで緊張感を高めることに役立っている。さきがけの領域会議は2～3日の合宿形式で行われ、研究者同士で情報交換や刺激を与えあうことによって研究連携強化に役立っている。CREST やさきがけの領域会議に、それぞれの研究者やアドバイザーも相互に参加しており、複合領域全体としての活性化を計っている。

本研究領域のアドバイザーは企業出身者の割合が高いのが特徴で世界的にも活躍しているメンバーが揃っており、長い経験値からの助言やイノベーション創出の観点からの前向きなコメントを上述の各種会議で行っている。会議だけでなく、複数回のサイトビジットを各課題に対して行うなど、研究がたゆむことのないよう、きめ細かい適切な指導や有益なアドバイスをを行い、各研究課題の成果最大化に貢献している。また、さきがけでも、領域会議

やサイトビジットだけでなく、四半期報告として普段の研究推進の段階から研究進捗の確認やアドバイスをを行い、さきがけ個人研究者の更なる飛躍のためにエンカレッジしている。

また、研究成果を研究事業体や企業などに知ってもらい、イノベーションにつなげる努力として、News Letter の発行・配布（4回発行済）、プレスリリースなども積極的に行っている。CREST の中間評価時、およびさきがけの研究終了時などには、一般公開の成果報告会を毎年開催して、この分野に関係する産業界から多数の参加を頂いている。

以上のように、研究課題選考の配慮、複合領域の特徴を生かした各種会議やアドバイザーによる助言などを通じた成果最大化に向けた運営、論文発表のみならず報告会などによる成果の流布などを通じて科学技術の進歩に貢献していると考えられる。

(2) 複合領域としての研究成果の見通し

CREST に関しては、各課題で現在までの前半で研究の方向性などでも活発な議論が行われ、多少不明確さも残っていた課題も含め、研究目標が明確化された。これにより、ナノエレクトロニクス・イノベーションへの期待がより高まった。さきがけでは、レイヤー連携で若手研究者の世界が広がり成果に結びついている。特に応用も意識した基礎研究に成果が上がり、科学技術の創出とともにイノベーションにもつながりやすい成果がでてきている。

この中間段階で、論文誌に掲載された論文数は 610 件（内 CREST 374 件、さきがけ 236 件）、招待講演数 663 件（内 CREST 355 件、さきがけ 308 件）、受賞数 97 件（内 CREST 57 件、さきがけ 40 件）、特許出願 95 件（内 CREST 49 件、さきがけ 46 件）というように高い研究成果が出ている。

(3) 本複合領域を設定したことの意義

本研究領域は「素材・デバイス・システム融合による革新的ナノエレクトロニクスの創成」と題されているが、現在 JST としては唯一のエレクトロニクス分野での戦略目標になっている。開始当時は言葉を聞くこともほとんどなかった IoT（Internet of Things）や AI（人工知能）といった科学技術の社会貢献期待が高まる中、エレクトロニクス分野はこれらすべての礎であり、本研究領域が設定されたことは意義深い。開始時点で、エレクトロニクス研究は微細化というテーマだけでは立ち行かなくなるのではないかと考え始められていたが、その後、益々その傾向が強まってきている。その意味で、いち早く微細化だけに頼らないナノエレクトロニクス研究という方向性を設定した本研究領域はエレクトロニクス研究方向に新たなベクトルを示したことになる。特に、素材やデバイスのみならずシステムまで含めたレイヤー連携といった考え方で大きな成果が得られていることは強調されるべきであろう。

ナノエレクトロニクス技術は、コンピューティングや通信などのサイバー空間アプリケーションのみならず、センサ・アクチュエータやエネルギー取得などの実空間アプリケーションにも適用されることに注目が高まっている。本研究領域も設定当初からこの潮流をと

らえており、未踏領域センサなど多くの実空間アプリケーションを志向した研究課題を含んでいる。サイバー空間アプリケーション、実空間アプリケーションの両方を包含することで、今後のナノエレ・イノベーションが人々の安全・安心・豊かな暮らしを支えるサービス・エネーブリング・プラットフォーム (Service Enabling Platform) を構築できる要素が揃ったことになる。その意味で本研究領域は社会的、産業的貢献といった意義を捉えていると考えられる。

(4) 今後への期待、展望

CREST の研究課題に関しては、多少不明確さも残っていた課題も含め全課題、イノベーションにつながる研究方向が明確化されている。本 CREST の次に企業も巻き込んで実用化研究に移行できるよう、最終実証デモンストレーションを各課題で考えているが、これも最終的にイノベーションにつながる可能性を高める工夫となっている。すでに、10 課題中 8 課題に産業界から主たる共同研究者としてチームに入っているため、科学技術イノベーション創出につながる期待は高い。

さきがけの研究課題に関しては、複合領域であることを生かして CREST の会議に参加するとともに多技術レイヤーにまたがる研究者同士の交流を深めることによって、また産業界の経験豊かなアドバイザーからの助言などを通じて、イノベーションへの意識が高まっている。さきがけ課題の中には、人的ネットワークを通じて、すでに他分野の CREST に採択された例なども出ており、イノベーションに少し近づいたとも言える。

(5) 所感、その他

本複合領域を開始するにあたり、特にレイヤー連携という観点を重視している。微細化がエレクトロニクスの最大の研究領域だった過去の時代は材料やデバイス、回路やシステム、それぞれのレイヤーで微細化に向けて深堀する方向を決めることができた。しかし、微細化技術が飽和しつつあり、微細化以外の研究に目を向けざるを得なくなった現在、それぞれの個別レイヤーだけでは、研究の方向性も決定しづらくなってきており、応用や出口を意識しながらでないとならば研究意義も見失いがちになっている。このような時代的背景から、基礎研究を実施する上でもレイヤー連携を意識しながら相互にフィードバックを行うことで、研究の方向性をより明確化することが重要になってきている。レイヤー連携が大切という初期の目論見通り、本研究領域でナノエレクトロニクス研究が活性化され、将来のイノベーションの種となりそうな科学技術が創出され、そして中にはイノベーションにかなり近い研究成果まで出てきていることは喜ばしい。

開始当初はあまり意識しなかったが、このプロジェクトに応募あるいは参加しなかったら全く会話もしなかったであろう異分野あるいは異レイヤーの研究者同士の研究交流が始まっている。このような人的ネットワークができたことは、今後の本分野の発展に長きにわたって貢献できると思われる。

今後、領域としての後半に入るが、レイヤー連携やアドバイザーからの積極的な支援も活用し、CREST では次の実用化研究につながる有意義なデモンストレーションを提示することなどにも腐心しながら、本研究領域の成果最大化に向けての努力を行っていくつもりである。さきがけは、来年度が最終年度となり 2015 年度採択課題を残すのみとなるが、今まで以上に研究成果創出だけでなく若手研究者のキャリアパス形成も含めて、エンカレッジを進めていくつもりである。

以上