

## CREST・さきがけ「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」 複合領域事後評価報告書

### 総合所見

本研究領域では、革新的な情報処理デバイス基盤技術創成を目指し、材料/デバイス/設計・回路/アーキテクチャ/システムの各技術階層で活躍する研究代表者を中核として構成されるチーム(CREST)や、他の技術階層との協調連携を志向する若手研究者(さきがけ)が、革新的な技術融合・創出に挑戦するとともに、技術革新に向けた学理の探求のみならず、実用化に向けた実証研究や産業界との連携が積極的に推進された。

桁違いの低消費電力化や多機能・高機能化の実現に向け、CRESTでは、技術階層間の融合による技術革新を強く意識した研究チームをバランスよく採択し、さきがけでは、中長期的視点に立った独創的な研究を採択した。領域アドバイザーを各研究課題に割り当てた担当アドバイザー制とし、定期的なサイトビジット、予算配分の見直しや研究加速のための予算追加配分、領域会議やヒヤリング会議の実施等、細やかな研究マネジメントが行われた。また、CRESTにおいては、研究総括は各研究チームに具体的な達成目標・数値目標(マイルストーン)を設定するとともに、実システムによるデモンストレーションを課して、研究成果の可視化、発信を推し進めるなどリーダーシップを発揮したと言える。さきがけでは、領域アドバイザーやCRESTチームも含めた研究領域横断の視点で研究交流や各技術階層間の連携が促進され、今後の展開につながる研究者ネットワークの構築に貢献したと言える。

CRESTでは、当初の目標値以上の性能・成果を達成したチームが複数あり、さらに、NEDOプロジェクトへの展開や複数企業との共同研究が進展しているもの、ベンチャー企業において事業化が進められているもの、企業とのライセンス契約を締結しているものなど、ほとんどの研究チームで実用化の動きが進んでいる。残念ながら目標値には達していない研究チームにおいても、今後の進展が十分期待できる重要な知見や指針が明らかになっている。また、何れの研究チームも、学術論文、特に招待講演が極めて多く、特許出願も積極的であり、学術論文865件の公表、国際会議発表721件、国内会議発表992件、特許出願も112件なされている。

さきがけでは国際的学術雑誌論文421件、国際会議論文416件が公表されており、とりわけ国内および国際会議での招待講演がそれぞれ、246件、221件と極めて多く、世界的にも注目される研究成果が公表されたと言える。挑戦的基礎研究でありながら、約6割の研究課題で特許出願がなされており、それらは87件に上る。さきがけにおいても、当初の期待値以上の優れた研究成果が上がっている研究課題が多く、各研究者の研究助成金の獲得やキャリアアップにもつながっている。

以上を総括し、本複合研究領域は総合的に特に優れていると評価できる。

## 1. 複合領域としての成果について

### 1.1 CREST

#### (1) 研究領域としての研究マネジメントの状況

超低消費電力化や多機能化の実現をキーワードとして、材料/デバイス/設計・回路/アーキテクチャ/システムの各技術階層間の連携・融合を強く意識した研究チームをバランスよく採択しており、研究総括は各研究チームに、具体的な達成目標（マイルストーン）を設定するとともに、実システムによるデモンストレーションを課して、研究成果の可視化、発信を推し進めるなどリーダーシップを発揮したと言える。いずれの研究チームにおいてもシナジー効果による優れた成果が得られており、研究課題選考段階での先見性が認められる。

研究進捗状況の把握と評価・指導において、産業界経験者を中心に各専門領域に精通した適切な人材を領域アドバイザーとして人選し、各チームの研究課題を専任する主担当、副担当を配置する担当アドバイザー制とした。サイトビジットを数多く実施し(2015年度下半期～2020年度で計79回。年平均14回以上)、主・副担当の領域アドバイザーによる訪問報告書を研究総括に提出する仕組みを導入した。これら工夫により、領域会議やヒヤリング会議の実施も含めて、研究総括・副総括や領域アドバイザーから細やかな研究マネジメントが行われ、適切な予算配分の見直しや研究加速のための予算追加配分等がなされた。また、本研究領域では、異なる技術階層間の協働や産業応用への実証などの難易度の高い研究マネジメントが求められる中で、70名近くの博士課程学生が研究に関わり、50名近くの博士課程修了者を輩出しているほか、博士研究員等として研究に参加し、後に常勤教育研究職となった人材も多い。さらに、CRESTに参画した若手研究者から6名がさががけに採択されており、科研費若手(A)を獲得した研究者も5名いるなど、若手研究者の育成の場としても重要な役割を果たした。

以上により、本研究領域の研究マネジメントは特に優れていると評価できる。

#### (2) 研究領域としての戦略目標の達成状況

##### ① 研究成果の科学的・技術的な観点からの貢献

何れの研究チームも、学術論文、特に学会発表における招待講演が極めて多く、特許出願も積極的に行うなど研究成果の発信、普及に取り組んでおり、極めてアクティブに研究を推進したと言える。研究領域全体としては、学術論文865件の公表、国際会議発表721件、国内会議発表992件が行われ、特許出願も112件なされており、この分野の科学技術の発展に大きく貢献したと評価できる。

特に、各技術階層間の連携による実システムによるデモンストレーションでは、超高感度分子センサー(内田チーム)、ダイヤモンドNVセンターを活用した高感度・高視野NMRイメージングや磁性粒子イメージングによる細胞動態計測(波多野チーム)、ピアスイッチFPGA(橋本チーム)、Au錘MEMSデバイスによる超高感度慣性モジュールや歩行障害のウェア

ラブル診断支援システム(益チーム)、ナノ触覚センサー(高尾チーム)、eRAM 信頼性モデル(竹内チーム)、メタル超分子ポリマー(樋口チーム)、テラヘルツ波による非圧縮フル解像度 8K 映像無線伝送(富士田チーム)における世界最先端の研究成果を上げており、それらの多くで、実用化に向けた産業界との連携が進んでいる。

以上により、研究成果の科学的・技術的な観点からの貢献については、高い水準にあると評価できる。

## ②研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献

各研究チームにおいて、社会実装を強く意識した研究連携が推進され、その結果として、超高感度分子センサー(内田チーム)では、NEDO プロジェクトへの展開や企業との共同研究に進展している。また、ダイヤモンド NV センターを活用した高感度・高視野 NMR イメージングや磁性粒子イメージングによる細胞動態計測(波多野チーム)、Au 錘 MEMS デバイスによる超高感度慣性モジュールや歩行障害のウェアラブル診断支援システム(益チーム)、メタル超分子ポリマー(樋口チーム)、テラヘルツ波による非圧縮フル解像度 8K 映像無線伝送(富士田チーム)では、複数の企業との共同研究が進展している。さらに、ビアスイッチ FPGA(橋本チーム)では、ベンチャー企業において事業化が進められ、ナノ触覚センサー(高尾チーム)では、企業とのライセンス契約を締結し実用化の動きが進んでいる。加えて、ReRAM 信頼性モデル(竹内チーム)では、企業の生産・品質管理に貢献している。

研究領域全体では 112 件の国内外特許が出願されている。これらの中の基本特許出願は、いくつか既に登録となっており、基本発明の知的財産の確保も着実に進められている。今後、企業との連携を進める中で周辺特許戦略も含め展開が期待できる。

以上により、研究成果の社会的・経済的な観点からの貢献については、特に高い水準にあると評価できる。

## 1.2 さきがけ

### (1)研究領域としての研究マネジメントの状況

異なる技術階層を横断する独創的かつ挑戦的な研究課題を採択し、各研究課題に対して産業界で活躍している、もしくは企業経験のある研究者から専門分野の近い領域アドバイザーを選んでいる。基礎レベルの研究においても応用に関する視点を意識したマネジメント体制で、研究総括・領域アドバイザー団によるサイトビジットでの助言・サポートを行っている。領域アドバイザーや CREST チームも含めた研究者間の交流・意見交換の場としての連絡会も適度な頻度で開催された。さらに、各研究者の進捗状況やアクティビティに応じた予算見直しに加えて、国際強化支援にも必要に応じた予算を配分しており、研究課題ごとに適切なマネジメントが行われたと言える。学術論文数、学会発表、特に招待講演数が極めて多く、多数の特許出願をはじめプレスリリースも積極的に行われている。これらの活動により、研究成果の最大化および発信がなされるとともに普及が促進され、参画研究者のキャ

リアアップにもつながったと評価できる。また、日本学術振興会賞 1 件、文部科学大臣表彰若手科学者賞 11 件、本多記念研究奨励賞 1 件の受賞があるなど、次世代の教育研究を担う若手人材の育成がなされていると言える。さらに、任期付き研究職にあってその後、テニユアの教育研究職を得た研究者が 11 名いる。このように、研究領域内外での異なるレイヤーとの連携に関して助言・指導を受けてきた研究者が広く活躍の場を得ていることは特筆すべきで、当該複合領域における活動において形成された研究者ネットワークを有する若手研究者の今後の活躍が大いに期待される。

以上により、本研究領域の研究マネジメントは特に優れていると評価できる。

## (2) 研究領域としての戦略目標の達成状況

国際的学術雑誌論文 421 件、国際会議論文 416 件が公表されており、とりわけ国内および国際会議での招待講演が、それぞれ、246 件、221 件と極めて多く、世界的にも注目される研究成果が公表されたと言える。挑戦的基礎研究でありながら、約 6 割の研究課題で特許出願がなされ、5 件以上の関連特許出願をした研究課題が 4 件、特許出願総数は 87 件に上り、知財の取得も着実に進めており、将来の産業貢献につながることを期待できる。また、さきがけの研究成果に基づいて、小林研究員が関連分野の主要学会である IEEE EDS の Leo Esaki Award (2019 年創設) の初代受賞者に輩出されたことは特筆すべき事項である。研究課題によっては、得られた研究成果や実績を基に、起業、企業との共同研究の推進、JST SICORP や CREST への展開が行われ社会的・経済的価値の創造につながっており、研究領域としての達成度は高いと言える。

以上により、本研究領域の戦略目標の達成状況は特に優れていると評価できる。

以上