

CREST「先端光源を駆使した光科学・光技術の融合展開」

研究領域事後評価報告書

総合所見

研究領域「先端光源を駆使した光科学・光技術の融合展開」は、最先端の光源・分光計測法の開発を主眼とする研究者と特色のある「物質と光の係わり」を探究する研究者が連携・協力して科学技術のイノベーションを目標とした研究に取り組んだ領域である。ここで対象にした光科学技術は、情報通信、ナノテクノロジー・材料、ライフサイエンス、環境・エネルギーなどの広範な分野における研究・開発の基盤となる原理と技術を探究している研究分野である。

「今ある最先端の光源等を徹底的に使い尽くす研究であること」「全く新しい発想による研究にチャレンジすることにより、各重点分野における光の利用研究で世界トップの成果を目指すものであること」を選考の基本方針として、実績のある研究者ばかりではなく比較的若手の研究者の提案にも注目し、将来性のある優れた課題が採択されている。全体として本研究領域は「光と物質の係わり」に関する重要な研究分野に積極的に取り組んだと評価できる。

光科学・技術とその応用に関して広い知識と視点をもった研究総括と領域アドバイザーによって適切な領域マネジメントが行われた。サイトビジットや研究会などを通して研究項目の重点化やチーム間の共同研究の実施などの適切な指導、予算の柔軟な配分・措置が行われた結果、領域全体として当初目標をほぼ達成するとともに、チーム間の連携研究によって当初目標を超えた成果が生まれたことは高く評価できる。

多くの研究チームは、光源・分光法の研究グループと独創的アイデアをもつグループとがチームを組んで新しい課題に挑戦した。その結果、原子・分子、結晶、生物系材料を対象とした研究分野において、例えば、佐藤俊一チームが開発した新規短パルスレーザ技術を今村健志チームの新しい多光子イメージング装置に融合することによる深部細胞イメージングに成功するなど、極めて高い水準の研究成果が得られたことは特に高く評価できる。各チームからは、質の高い、インパクトのある論文が多数発表され、学術分野において高い注目を受けるとともに社会的にも広範な反響を得ている。研究成果の一部には、公表後間もない論文や今後論文が公表されると期待される成果も含まれているが、先端光源・計測法の浸透・展開には時間を要する研究分野やテーマがあるので、より長期的な視点で評価するのが適切であろう。

本研究領域の多くの研究課題は長期的なイノベーションを目標にしていたが、関係する企業との共同研究などによって実用化や短期的なイノベーションに繋がりがつつある研究が出ていることは高く評価できる。また、基礎的な学術研究においても成果を科学技術イノベーションに繋げる方向で研究を進め、光科学と光技術の融合展開を図ったことを評価したい。

本研究領域の成果は、「光源・計測法開発」研究と「光源・計測法利用」の研究が連携・協力することによるシナジー効果によって、学術的に未解決で大きな課題が解決し、新しい領域が開拓できることを示しており、大きな意義を有する領域設定がなされたと言える。新しい計測技術と基礎科学の連携・協力によって融合分野を開拓するモデルケースとして新たな領域設定に繋がり、科学技術のイノベーションを生む独創的な研究がさらに発展することを期待したい。

以上を総括し、本研究領域は総合的に特に優れていると評価できる。

1. 研究領域としての成果について

(1) 研究領域としての研究マネジメントの状況

最先端の光源や計測法を徹底的に使い尽くして、全く新しい発想に基づいた「物質と光の係わり」に関する研究を進めるという研究総括のねらいは、光科学・光技術の融合展開に対する強いメッセージとなり、研究領域として優れた成果を生み出したことは高く評価できる。このねらいを選考の基本方針として、息の長い技術シーズを生み出す可能性、産業的・社会的ニーズとの繋がり、異分野への波及効果および有機的連携の可能な研究体制などを評価の具体的な観点にした選考方針は適切である。特定の大学・研究機関に偏らず、比較的若手の研究者の課題も採択されており、将来性のある優れた課題が選考されたことは高く評価できる。採択課題は、①光源の限界を駆使した物質探索、②光の未開拓領域への挑戦とイメージング・新機能、③最先端光量子を駆使した原子・分子・集合系の量子制御、④イメージングや光操作によるバイオ・医学応用に分類される。環境・エネルギーに関連する分野の課題が採択に至らなかったのは残念であるが、全体として本研究領域は「光と物質の係わり」に関する重要な研究分野の課題に積極的に取り組んだと評価できる。

本研究領域のアドバイザーは、最先端光源と計測技術の開発研究と最先端光源を使い尽くす研究の視点と知識によって、光と物質の係わりを対象とする広い分野の研究を見渡すことが求められた。公募開始後に医用工学分野のアドバイザー、中間評価の提言を受けてライフサイエンス分野において最先端計測法を利用した研究実績のあるアドバイザーを加えたことによりライフサイエンスと光の最先端科学・技術の融合を目指すチームへの適切な助言・評価がなされ、それらの連携が格段に進んだことは高く評価できる。

研究総括や領域アドバイザーは、毎年 1 回開催する領域研究状況報告会や研究課題班会議などの折に研究者を訪問することで、85 回に及ぶサイトビジットを行い、研究者による進捗状況の報告を受けて問題点を把握しながら目標達成のための軌道修正や方針の進言を行った結果、多くの課題において目標をほぼ達成し、優れた成果が生まれたことは評価できる。さらに、各チームの成果をチーム間の連携・共同研究に繋げることに注力し、佐藤チームが開発した半導体レーザーを今村チームのイメージング技術の応用に資するため、今村チームの研究期間を 1 年間延長して、医学への応用研究の実証に展開させたことは、領域マネジメントとして特筆に値する。

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たと評価できる。

(2) 研究領域としての戦略目標の達成状況

① 研究成果の科学技術への貢献

各チームは光源・分光法の限界に対する挑戦や光と物質の係わりにおける未開拓領域のテーマに積極的に取り組み、原子・分子、結晶、生物系材料を対象とした研究分野において極めて高い水準の研究が行われたことは高く評価できる。これは、多くの研究課題が光源・分光法の研究グループと独創的アイデアをもつグループがチームを組んで挑戦した成果であると言える。特に、佐藤チームが開発した半導体レーザーシステムを、今村チームの二光子励起顕微鏡システムに搭載して、体内深部のがん細胞の光イメージングに初めて成功した研究は、最先端光源を開発して、使い尽くすという本研究領域で取り組んだ研究の最もよい事例の一つである。

各チームは、質の高い論文を掲載している学術誌などに多数の論文を発表し、学術分野において高い注目を受けるとともに社会的にも広範な反響を得ている。特に、高橋チーム、田中チーム、山内チームの論文の中には、発表後5年以内ですでに被引用件数が100件を超える、あるいはそれに迫るものがあり、科学技術分野において大きなインパクトのある研究が行われたことを示している。研究総括により、これらの成果は、科学技術の進歩に貢献した研究(先端的研究をさらに深化させた研究)、科学技術のイノベーションに資する研究(関連する分野において波及効果の大きい革新的な研究)、研究途上であるが将来大きな成果が期待される研究、具体的な応用に繋がった研究に分類されており、本研究領域で行われた研究がそれぞれのカテゴリーにおいて科学技術に大きく貢献したことが認められる。一方で、ライフサイエンス分野における主要な研究成果の一部には、公表後間もない論文なども含まれており、この分野における先端光源・計測法の浸透・展開には時間を要することを考慮するならば、より長期的な視点で評価するのが適切であろう。

以上により、研究成果の科学技術への貢献については、特に高い水準にあると評価できる。

② 研究成果の科学技術イノベーション創出への貢献

本研究領域で採択されたいずれの課題も光源と分光法・計測法を開発・駆使して、それぞれの分野の未開拓領域における科学技術上のイノベーションとその波及効果として技術シーズに繋げることを目標にした研究である。当初の狙いとしては長期的なイノベーションを目標にしていたが、関係する企業との共同研究などによって実用化や短期的なイノベーションに繋がりがつつある研究が出ていることは評価できる。そのような成果として、田中チームのリアルタイムテラヘルツ近接場顕微鏡、今村チームの新規二光子励起顕微鏡、高橋チームの低損失誘電体多層膜の開発などをあげることができる。さらに、佐藤チームのベクトルビーム半導体レーザー、川田チームの電子線による微小光源励起技術、山内チ

ームのX線顕微鏡などはイノベーションへの貢献を十分に期待させる特長と独創性・先行性に富んだ成果であり、いずれも高く評価できる。一方で、ライフサイエンス分野においては目立った成果が蛍光イメージングに偏っている傾向が見られ、蛍光超解像技術の限界を超える新たな超解像技術、生物材料の光による物性測定や医学・薬学分野における光技術の応用に対して広く展開することが望まれる。

国際特許を含め 56 件の特許出願あり、顕微鏡装置、半導体レーザー装置、分析法などの主要な特許は本研究領域の趣旨に沿った成果として評価できる。

以上により、研究成果の科学技術イノベーション創出への貢献については、高い水準にあると評価できる。

2. 研究領域の活動・成果を踏まえた今後の展開等についての提言

(1) 本研究領域の活動や成果を、科学技術の進歩へと展開させるための方策

本研究領域は、「光源・計測法開発」研究と「光源・計測法の利用」研究が連携・協力することによるシナジー効果によって、学術的に未解決で大きな課題が解決し、新しい領域が開拓できるという優れたモデルになっている。新しい計測技術と基礎科学との融合分野は他にも豊富にあると考えられるので、物理、化学、生物系の根本問題に対する知見やアイデアをもった研究者と計測技術開発の研究者が交流し、連携に繋げることができる場を設けることが科学技術の進歩にとって重要であり、そのための方策が望まれる。

本研究領域の研究活動において、両者の連携・協力によって優れた成果が生まれることを経験した研究者は、さらに高いレベルの研究を創造することが期待される。特に、計測法開発のマインドと個別課題を深化させるマインドを兼ね備えた若い研究者が育つことによって我が国の科学技術がさらに進歩することを期待したい。

(2) 本研究領域の活動や成果を、社会還元や産業化・実用化に向けて実現させるための方策

本研究領域の成果には、科学技術の研究においてすぐに役に立つ有用なものがいくつか含まれている。関連する企業との連携によって製品化され、新規の装置・ツールとして広く普及することが望まれる。それによって、日本が学術上の優れた成果を生み出すばかりではなく、優れた研究を創り出すためのツールも生み出す国として国際的な存在感を高める社会的な意義をもつであろう。

異分野研究者の連携・協力によって新分野・融合分野の開拓を目指して進められた本研究領域では、研究期間において生まれた成果と萌芽を継続して育てることが重要である。終了後も引き続き研究者が交流して、このフィロソフィーとアクティビティを継続発展させる仕組みが望まれる。

本研究領域で得られた光科学技術の研究成果を実用化に展開するためには、生物や医学といった別の分野の研究者との交流を継続して推進する組織と体制が必要と思われる。そのためには、異分野を繋ぐコーディネータの役割が重要であり、自分の分野だけにとどま

らないための技術交流には企業の貢献も欠かせないと思われる。容易にまねをすることが難しい高度な技術と高い付加価値のある応用を視野に入れて、産学官の協力により研究成果の社会還元に取り組むことが望まれる。

(3) その他の提言

光に関わる科学と技術は今世紀に入っても進歩発展を続け、広い範囲の研究分野において重要な基盤的分野として位置付けられている。本研究領域で進められた課題はその一部であり、光と物質の係わりの根源的な課題から光の利用法に至る広いカテゴリーにおいて新たな切り口によるプロジェクト研究が進められることを期待したい。独創性の高い研究を進め成功させるためには、関連する領域の優れた研究者との交流と連携が必要であるとともに、結実するためには相応の時間も要することであり、多様性の観点と長期的視点で取り組み、評価することが望まれる。