

# 研究領域「独創的原理に基づく革新的光科学技術の創成」中間評価（課題評価）結果

## 1. 研究領域の概要

光科学技術は、これまでの力強い研究ならびに開発によって、産業・学術の両面においてその発展に大きく貢献し、またそれ自身も大きく発展してきました。本研究領域ではこれをさらに進めて、光の有する本質的な特性を使いつつ従来にない独創的な発想に基づく革新的な原理による光科学技術の創出を目指します。また将来あるべき姿やゴールを見定めることによって、バックキャスト的な視点を取り入れながら他の科学・技術分野との相互作用によって、全く新しい光応用分野領域の創成を図ります。

具体的には、既存の原理や技術と異なる新しい発想に基づく光デバイス・装置や計測・分析法、ナノ加工の提案と実証、生命体の理解や医療システムにおける新しい原理と技術の開拓、数理科学に基づく光情報処理システムへの展開、さらには、光による環境モニタリングと環境制御・保全の創出、食の安全の確保などを例とし、持続可能な社会を実現するための解決すべき大きな課題、豊かな社会を支えるための産業上の大きな課題、あるいは未来を切り開く知を得るための大きな課題、これらの課題解決に向けて突破口を開き具体的な貢献を果たすための契機となる具体的でチャレンジングな光科学技術の研究や開発を対象とします。

## 2. 中間評価の概要

### 2-1. 評価の目的、方法、評価項目及び基準

戦略的創造研究推進事業・CRESTにおける中間評価の目的、方法、評価項目及び基準に沿って実施した。

### 2-2. 評価対象研究代表者及び研究課題

#### 2020年度採択研究課題

- (1) 赤木 和夫（立命館大学総合科学技術研究機構 招聘研究教授）  
円偏光発光材料の開発に向けた革新的基盤技術の創成
- (2) 芦原 聡（東京大学生産技術研究所 教授）  
赤外テラレーメイド励起を機軸とする革新的振動分光
- (3) 川田 善正（静岡大学電子工学研究所 教授）  
光と電子の融合による超高分解能細胞機能イメージング・制御
- (4) 竹中 充（東京大学大学院工学系研究科 教授）  
ハイブリッド光位相シフタによるプログラマブル光回路を用いた光演算

### 2-3. 中間評価会の実施時期

2023年11月09日（木曜日）

### 2-4. 評価者

#### 研究総括

河田 聡 大阪大学 名誉教授

#### 領域アドバイザー

石川 正俊 東京理科大学 学長

石原 美弥 防衛医科大学校医用工学講座 教授

井上 康志 大阪大学大学院生命機能研究科 教授

笹木 敬司	北海道大学電子科学研究所 教授
為近 恵美	横浜国立大学成長戦略教育研究センター 教授
中野 義昭	東京大学大学院工学系研究科 教授
羽根 一博	東北大学未来科学技術共研究センター 特任教授(研究)
不二門 尚	大阪大学大学院生命機能研究科 特任教授
吉川 研一	京都大学高等研究院 特任教授
渡邊 裕幸	元 富士フイルム (株) フェロー

外部評価者

該当なし

## 研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 円偏光発光材料の開発に向けた革新的基盤技術の創成
2. 研究代表者： 赤木 和夫（立命館大学総合科学技術研究機構 招聘研究教授）
3. 中間評価結果

新規の円偏光発光物質開発が着実に進捗していると評価する。とくに高分子材料では、従来と比べて優れた  $g$  値、量子収率を有する物質が開発されつつあり、白色発光薄膜の作製にも成功している。また、温度や光により、可逆的にキラル反転する液晶の開発に成功しており、これは世界に誇れる研究成果と言える。材料および有機合成化学の基礎研究としての成果は十分に挙げられていると認められ、論文誌の表紙に多く取り上げられている点や、円偏光発光(CPL)に関する専門書を刊行する点は高く評価される。さらに、高分子、低分子、デバイス、評価、理論のグループがそれぞれの専門分野の研究を展開するとともに、強い連携研究体制が築かれているところは高く評価できる。

一方で、デバイスに適した低分子系材料の性能においては不十分な面があり、分子合成の指針について理論グループと共同で更なる展開を検討する必要がある。

これまでの優れた研究成果を 3D ディスプレー装置に限定することなく、センサー等、他対象への展開を検討すると同時に、社会展開に際しての知的財産権の確保についても検討して欲しい。

## 研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 赤外テラレーメイド励起を機軸とする革新的振動分光

2. 研究代表者： 芦原 聡（東京大学生産技術研究所 教授）

3. 中間評価結果

中赤外モード同期パルスレーザーの構築として、スペクトル広帯域化やチャーピングなど自在に制御するテラレーメイド振動励起技術の開発が進展している。特に、中心波長  $2.3\mu\text{m}$  のフェムト秒パルスの発生に成功しており、今後、中赤外領域での振動励起が可能になった意味は大きい。バックグラウンドフリー分光を新たに構築し、吸光度  $10^{-4}$  の感度を達成していることや、二酸化炭素を対象にしてこれまでにないような高振動励起の実現を達成していることなどは特筆に値する。

中赤外モード同期パルスレーザーについては、分光計測への応用だけでなく、有機材料加工への展開も検討されているようであり、今後の成果が期待される。将来的に種々の化学反応へ展開することができれば、新しい光応用分野領域の創成に繋がり、戦略目標に貢献することが期待される。さらにチャープパルスによる多段階振動励起も達成するなど、自在な振動励起による化学反応制御法の実現へ向けて着実に進展していると考えられる。

一方で、優れた研究成果を社会へ展開するに際して、知的財産権の確保も重要である。

## 研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 光と電子の融合による超高分解能細胞機能イメージング・制御

2. 研究代表者： 川田 善正（静岡大学電子工学研究所 教授）

3. 中間評価結果

生物細胞に電子線を照射してナノメートルスケールの局所領域からの発光を解析する超高分解能光学顕微鏡システムの開発目標はほぼ達成されている。本システムやその要素である真空／大気圧分離試料セル等の技術は独自に開発されたものであり、電子線照射により大腸菌が伸長する現象を新たに見出すなど、順調に進捗しており、生体細胞を観察するあらたな手法としての観察原理を確立したと評価できる。

また、装置開発会社が当初より参画し、装置開発と原理解明の両面からの取組により、安定した性能を示す先端機器がもたらされ、特に生体組織のような再現性を強く意識する対象に対して優れた基礎研究成果を見出した。

一方で、電子線照射による基礎的なデータに不十分な面があり、透過電子エネルギー分布、電子線照射による発生熱量、流れる電流量など、細胞変化につながる電子照射の基礎物理量をシミュレーション等も併用して明確にしておくことが、今後の細胞の機能変化のメカニズムの解明には必要と思われる。

## 研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： ハイブリッド光位相シフタによるプログラマブル光回路を用いた光演算

2. 研究代表者： 竹中 充（東京大学大学院工学系研究科 教授）

3. 中間評価結果

強誘電体トランジスタ及び相変化材料によるメモリ機能光位相シフタを開発し、特に消費電力を抑制し、かつ動作速度がナノ秒を下回るようなハイブリッド型位相シフタの開発に成功していることは特筆される。さらに、ハイブリッド光位相シフタによるプログラマブル光回路を試作するなど順調に進捗している。ハイブリッド光位相シフタに相変化材料を集積するなど、光回路の各要素を格段に進歩させることにより、国際的にみて先導的な研究を展開してきており、プログラマブル光回路システムの開発が着実に進展するものと期待される。

高効率深層学習および量子計算機の基盤となるプログラマブル光回路の基本的技術となる5つの特許を出願するなど、本研究課題の成果を積極的に知財化している点は大いに評価できる。

また、民間企業との共同研究等は素晴らしい成果展開活動と評価できる。

一方で、これまでの優れた成果にとどまることなく、既存の研究の概念を超えて独創的な発想に基づく革新的な原理による光科学技術の創出への挑戦も検討して欲しい。