

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

2019年度採択研究課題

- (1) 岩井 伸一郎（東北大学大学院理学研究科 教授）
キャリアエンベロープ位相制御による対称性の破れと光機能発現
- (2) 小川 美香子（北海道大学大学院薬学研究院 教授）
光を用いたヒト生体深部での分子制御
- (3) 尾松 孝茂（千葉大学大学院工学研究院 教授）
光渦が拓く超解像スピンドット技術
- (4) 田中 拓男（理化学研究所光量子工学研究センター チームリーダー）
メタマテリアル吸収体を用いた背景光フリー超高感度赤外分光デバイス
- (5) 丸尾 昭二（横浜国立大学大学院工学研究院 教授）
光駆動ドロプレット・プリンティングの開発と応用

2-3. 中間評価会の実施時期

2022年11月24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： キャリアエンベロープ位相制御による対称性の破れと光機能発現

2. 研究代表者： 岩井 伸一郎（東北大学大学院理学研究科 教授）

3. 中間評価結果

研究代表者らが独自に開発し、パルス幅 4fs まで短縮化した近赤外超短パルス光のキャリアエンベロープ位相制御技術やアト秒精度の干渉計技術など世界トップレベルの光物性計測技術を実現した。研究の基盤となる光源および計測法の開発を確実に推進し、無散乱光電流による空間反転対称性の破れによる SHG 観測と理論解析や量子スピン液体物質における巨大光磁気効果を見出すなど、極めて優れた光物性計測技術と高く評価できる。加えて、インパクトファクターの高いジャーナルに多く発表し、Faraday Discussion で講演するなど国際的に高い水準で研究成果が評価されている。論文発表と国内外の特許出願を両立している点において、特に高く評価できる。加えて、光機能発現の展開先として、一般的には超電導や強誘電体などの強相関係数など、無機・金属材料が想定される中で、生体材料への応用を見据えた取り組みがなされている点は、評価できる。新規光機能材料への展開も含めて科学技術イノベーションへの寄与が期待される。これまでの研究を更に進めることで、更に大きな成果を得ることが期待できる。

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 光を用いたヒト生体深部での分子制御
2. 研究代表者： 小川 美香子（北海道大学大学院薬学研究院 教授）
3. 中間評価結果

生体透過性の高い硬 X 線により化学構造を変化させるフタロシアン化合物の開発に成功し、またその反応過程及びラジカル連鎖反応による高効率化を理論的に解明することに成功するなど、本研究の最重要課題を着実に推進している。また、これらの研究成果に対する論文発表及び特許出願を行っており、生体深部における薬剤放出等の直接的な治療法として確立した場合の知財などにも対応できている。フタロシアン軸配位子切断に関わる機構解明並びに X 線切断が連鎖反応的に起きていることを明らかにした一連の成果は、低線量での実用を実現する材料開発で先端を走っている。社会・経済への貢献可能性から見て、当初の想定を超えた技術になり得ることを示した。提案した手法をすべて試みており、いくつかの提案材料で、分子切断が確認でき進展が得られている。チェレンコフ光での課題も原因が明らかにされ、進めるべき方法が明らかにされつつあり、リソース再配分を検討した上での研究継続が望ましい。

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 光渦が拓く超解像スピンジェット技術
2. 研究代表者： 尾松 孝茂（千葉大学大学院工学研究院 教授）
3. 中間評価結果

液膜に光渦ビームを照射したとき、液膜が自転しながら光渦の中心に向かって集まり極細の連続的な物質の流れへと構造化するスピンジェット現象について、そのメカニズムの解明に向けて5.5ナノ秒間隔で8枚の画像を連続撮影するイメージングシステムを開発するとともに、流体力学に基づくシミュレーション解析が進展している。また、ダイレクトプリント技術への展開として、ドットの形状や大きさの制御、ドット位置精度を高める技術の検討が進められ、インク材料としても磁性体（フェライト）を用いて微小単結晶をプリント・パターニングする技術が開発されている。オリジナリティーが高く、プリンタブルエレクトロニクスへの応用など新たな成果が多く得られ、論文誌への掲載や招待講演が十分行われており、国際的に見ても、先駆的な研究を行い成果の水準が高い。特許出願も行い、複数企業との研究ネットワークも構築しており、新産業創出に十分期待できる。液滴の飛散・自転運動に関する理論・実験的な解析およびスピンジェット現象のメカニズム解明は本研究の重要課題であり、これら重要課題の研究を強力に推進しながらの研究継続が望ましい。

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： メタマテリアル吸収体を用いた背景光フリー超高感度赤外分光デバイス

2. 研究代表者： 田中 拓男（理化学研究所光量子工学研究センター チームリーダー）

3. 中間評価結果

ナノメートルの間隔を持った2枚の金属フィンが基板表面に垂直に集積化された垂直配向金属-絶縁体-金属(v-MIM)メタマテリアル吸収体を考案し、有限要素法を用いてv-MIM構造の最適化を行うとともに、電子ビーム描画装置とドライエッチング装置を用いた独自の加工プロセスによる作製技術を開発している。また、試作v-MIM構造を用いてブタンや二酸化炭素ガスの検出実験を行い、背景光の抑制と分子スペクトルの増強に成功している。また、「新型コロナウイルス検出のための発色デバイス構造の最適化とデバイスの試作」を新たなテーマとして加えた点も評価できる。背景光抑制赤外分光手法の開発研究は国際的に見ても先駆的であり、海外で多くの招待講演を行っている。また、Natureをはじめとした国際論文誌に採択されている。さらに、国際交流がし難い社会環境の中で、台湾、香港、韓国の東アジア拠点間の連携で、課題が推進された。超高感度の赤外分光手法の開発研究は、医学、生物生産なども含め多様な分野の発展に貢献するものと期待され、社会や公共的な価値創出の期待は大きい。実用面からの量産化やロバストネスを考慮したデバイス開発がなされており、産業界への技術移転を睨んだ研究となっている。想定した検出レベルが達成可能かを見極めることを含め、現行計画どおり継続することが適当である。

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名： 光駆動ドロプレット・プリンティングの開発と応用
2. 研究代表者： 丸尾 昭二（横浜国立大学大学院工学研究院 教授）
3. 中間評価結果

遠赤外線ヒータやCO₂レーザーを用いて複数の液滴を入れ替え、3Dヘテロ構造体を一体造形するマルチマテリアル・マイクロ光造形技術について実験システムの構築が順調に進んでいる。また、光硬化性樹脂の液柱に鉄粉を混合して磁石で遠隔操作する新規なマルチマテリアル2光子造形技術を開発している。適用材料として、シリカやジルコニアナノ微粒子を混合した光硬化性スラリーによるマイクロレンズや微小流路構造体の作製、液体金属を用いた伸縮性導電高分子材料、可逆的付加開裂連鎖移動重合を用いた光硬化性樹脂、プリントドエレクトロニクス応用を指向した高伝導性伸縮材料等の作製に成功している等、ドロプレットプリンティングの技術を高いレベルに発展させている。国内外で論文発表されているとともに、国内海外特許出願もあり、産業応用の可能性は高い。一部計画以上の進捗もあり、得られた成果は期待通りの水準にある。一方、検討事項が多岐にわたるため、インパクトの大きいデバイスや手法への注力を検討してもよいと思われ、現研究計画を原則継続しつつ、従来技術・手法では実現できない研究への展開を期待する。