

○戦略目標「持続可能な社会を支える光と情報・材料等の融合技術フロンティア開拓」の下
の研究領域

光でつなぐ情報と物理の融合分野の開拓

研究総括：川西 哲也（早稲田大学 理工学術院 教授）

研究領域の概要

本研究領域では、持続可能な情報通信システムの実現を目指して、我が国が強い光科学と情報・材料等の科学を融合し、従来技術の限界を打破する革新的な融合技術のフロンティアを開拓します。これまでも光の性質を活用した情報処理に関する研究は長年進められてきましたが、既存の情報処理技術との融合や蓄積された知見の活用が十分ではなく、実用化が進んでいませんでした。逆に、既存の情報処理の手法を光技術で代替しようとするあまり光の性質を生かし切れていないといったケースもありました。そこで、基礎科学やデバイス・システムに関する要素技術の深掘りに加え、利用技術開拓にわたる階層間の融合を推進することで、革新的な技術創出と期待拡大の好循環を生み出すことを目指します。

本研究領域では、「光の真価を発揮する原理・要素技術」と「光と異分野のハイブリッド技術」の2つを柱として研究を推進します。具体的には、光の潜在能力を最大限に引き出す要素技術の開発や新たな理論・材料等を導入し、光の基礎原理・新現象等を追究することで、光を適材適所に活用したシステム全体を効率化する技術の開拓を目指します。さらに、光と情報等の科学の融合により、光や電子だけでは突破できなかった従来の性能限界を超えるハイブリッド技術を開発することで、従来限界を打開できるシステムの実証を目指します。

このように、ハードウェアの物理的性質の高度な理解と情報技術に基づくシステム設計の融合を進め、高効率・高速といった利点のある光を駆使した情報と物理とが直結する世界を目指すことで、持続発展可能な情報システム社会の実現に貢献します。

募集・選考・領域運営にあたっての研究総括の方針

1. 背景

光の波動性や多重性を生かした光コンピューティングに関する研究が始まって数十年が経過しています。エレクトロニクスをベースとする既存のコンピュータの性能向上が早晚限界を迎えるとさげばれはじめたのも、光コンピューティングの研究開始時期に呼応していますが、CMOS 集積回路技術の進展はめざましく、今日に至るまで、性能向上がつつきましました。これまでの集積電子回路は古典的な電流を対象としており、さらなる微細化には量子力学があたえるトンネル長による限界が立ちはだかっていますが、現在、量産技術として準備が進められているプロセスは2nm世代であり、これはトンネル長限界に近づくものです。その先には、原子間距離が究極の限界をあたえると考えられています。これまで、集積電子

回路のプロセスは微細化の限界に近いといわれ続けても、発展がつづいていたので、聞く耳を持つ人が減っているのかもしれませんが、物理法則があたえる究極の限界が近づいていることは間違いありません。半世紀ほど前の CPU 開発以来、正確に高速で動作する計算機が求められてきました。しかしながら、最近では、生成系 AI や機械学習が注目を集め、必要となる機能が大きく変わりつつあります。本研究領域では、光と情報・材料等の異なる科学分野の英知を結集し、既存デバイスに対する物理的な限界の突破と情報処理に求められる機能の大変革を実現するための、光を活用した情報通信システムの構築を目指します。

また、社会問題の解決へ向けて、実世界の情報をサイバー空間に結びつけるサイバーフィジカルシステムが注目されています。このような実世界と融合した情報システムの高度化のためには、現状のシステムでは実世界との入出力機能が圧倒的に不足しており、大容量かつ長距離・低遅延のデータ伝送を得意とする光の特徴をいかした技術の革新が必要です。

2. 募集・選考の方針

本研究領域では、光を活用した情報システムの実現を目指した、光科学、情報科学、材料科学等の基礎研究およびこれらの融合分野に関する研究提案を募集します。情報システムの革新につながる、画期的なアイデアに基づく提案に加えて、基礎研究から利用技術開拓までの階層間の融合をねらいとした研究提案を期待します。具体的な研究課題の例を以下のように挙げますが、提案に際しては、複数のテーマの内容が含まれる課題でもかまいません。

(1) 光の真価を発揮する原理・要素技術

将来の情報システムでの活用を見据えた、光の潜在能力を最大限引き出せる究極的な光電変換・制御等の要素技術に関する研究。新たな理論・材料等を導入し、光の基礎原理・新現象等を物性や量子性に踏み込んで追究する。具体的には、光の振幅・位相・空間・偏光・周波数等の様々な自由度を駆使して光デバイスのスケーラビリティ・制御性・効率等を極限まで高めるための学理や技術の創出にかかる研究などがあげられる。要素技術の応用として、環境・食料・医療・製造等の様々な分野の社会課題を、光を利用する情報システムで解決するコンセプトを提示することが望ましい。光を適材適所に活用してシステム全体を効率化する技術の開拓が重要である。

(2) 光と異分野のハイブリッド技術

光と情報等の科学の融合により、光や電子だけでは突破できなかった従来の性能限界を超える光×電子・量子等のハイブリッド技術を開発する。この際、物性物理・材料科学等に基づく光デバイスに係る研究と情報科学に基づく数理モデル・アーキテクチャ・ソフトウェア等に係る研究の相補的な協調・融合が欠かせない。このような科学の融合により、光と電子・量子等のハイブリッドシステムを統一的に扱える設計理論・実装方法等を創造し、従来限界を打開できるシステムを実証する。

例えば、光と他方式の計算資源の協調により従来計算機の効率・速度を圧倒する技術、光と電子の自在な相互変換により有線と無線の光通信をシームレスにつなぐ技術、従来未利用の光の性質・波長帯等を活用可能とする新たなデバイスとアルゴリズムが融合したセンシング等の技術の開発が重要である。

3. 研究期間と研究費

当初研究費は1課題あたり、総額 4,000 万円（直接経費）を上限とします。また、研究期間は採択年度から 3 年半以内とします。

4. 領域運営の方針

本研究領域では、個人研究者が短期的な成果に固執することなく、独創的研究に取り組めるよう、研究総括・領域アドバイザーがサポートします。また、関連する CREST、さきがけ研究領域等の異分野研究者との交流により分野横断的な研究交流を進め、分野を異にする科学技術の間からの新しい研究の創出を図ります。さらに、ワークショップやシンポジウム等の開催を通じて、同じ戦略目標の下で実施する、CREST「光と情報・通信・センシング・材料の融合フロンティア」との連携や、海外研究機関との学術交流も積極的に進めます。