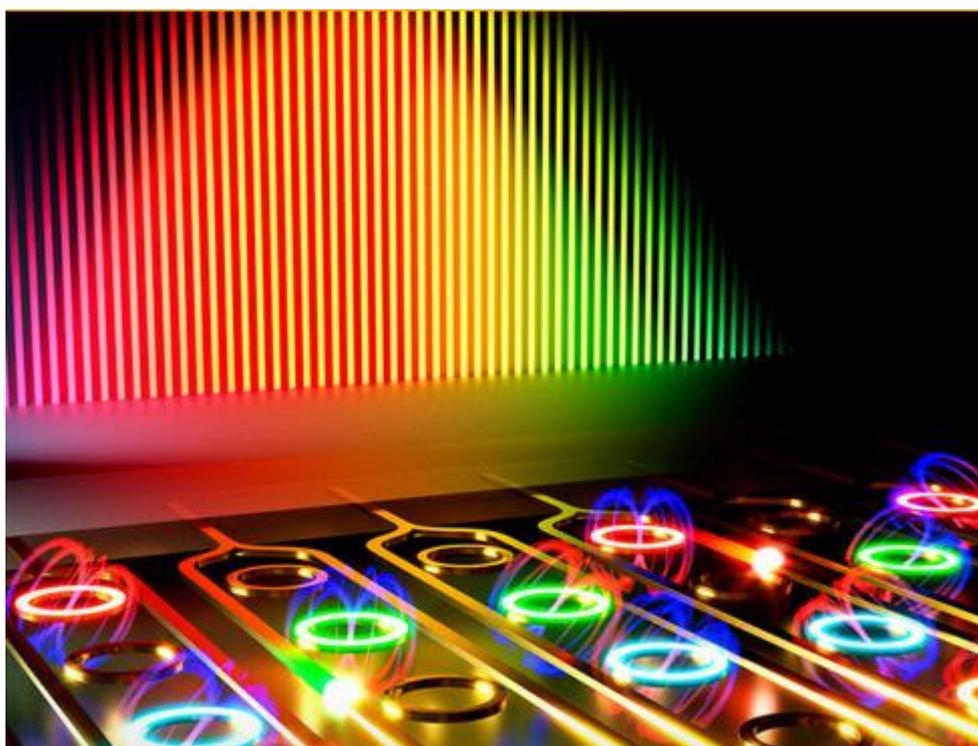


【電子・情報通信分野】

仮訳

光コンピューティングにおけるマルチレベルのブレイクスルー（米国）  
ピッツバーグ大学、カリフォルニア大学サンタバーバラ校、イタリア・カリアリ大学および  
東京科学大学のエンジニアらが、より高速・効率的でロバストなメモリセルを実証

2024年10月23日



(上: 本研究で開発されたフォトニック・イン・メモリコンピューティングの概念イメージ  
提供: Brian Long, Senior Artist, UCSB)

これまでの AI プロセッシング用のフォトニック・メモリの開発には制限があり、速度等の重要な特性を得ることで、エネルギー消費が犠牲になっていた。本研究では、単一のプラットフォームへの不揮発性、マルチビットストレージ、高速・低エネルギースイッチングや高耐久性の導入に向けた、現行の光メモリの限界に対処するユニークなソリューションを実証している。

国際的な電気エンジニアらのグループが、近い将来に光コンピューティングを実現する可能性のある、フォトニック・インメモリコンピューティングの新しい技術を初めて開発した。

この国際チームには、[ピッツバーグ大学 スワンソン・スクール・オブ・エンジニアリング](#)、[カリフォルニア大学サンタバーバラ校 \(UCSB\)](#)、[イタリア・カリアリ大学](#)、[東](#)

[京工業大学 \(現・東京科学大学\)](#) の研究者らが参加している。本研究の成果は、[Nature Photonics](#) 誌 (“Integrated non-reciprocal magneto-optics with ultra-high endurance for photonic in-memory computing” [doi:10.1038/s41566-024-01549-1](#)) に掲載されている。

本研究は、ピッツバーグ大学の電気・コンピューター工学の助教授の [Nathan Youngblood](#) 氏、UCSB 出身で現在はイタリア・カリアリ大学の助教授の [Paulo Pintus](#) 氏、そして東京科学大学の [庄司雄哉](#) 准教授が共同で実施した。

これまでの AI プロセッシング用のフォトニック・メモリの開発には制限があり、速度等の重要な特性を得ることで、エネルギー消費が犠牲になっていた。本研究では、単一のプラットフォームへの不揮発性、マルチビットストレージ、高速・低エネルギースイッチングや高耐久性の導入に向けた、現行の光メモリの限界に対処するユニークなソリューションを実証している。

「これらのセルの開発に使用する材料は、何十年も前から入手可能です。しかし、それらは高性能フォトニック・メモリのためのプラットフォームではなく、主にオンチップ・アイソレータのような静的な光アプリケーションに使用されてきました」と [Youngblood](#) 助教授は説明する。「今回の発見は、CMOS (相補型金属酸化物半導体) 回路で直接プログラム可能な、より高速、より効率的でよりスケーラブルな光コンピューティングアーキテクチャを実現するための重要な技術です。これはつまり、今日のコンピューティング技術に統合できるということです」。

「さらに、私たちの技術は、24 億回のスイッチングサイクルとナノ秒の速度という、他の不揮発性のアプローチよりも三桁優れた耐久性も示しています」。

本研究の論文著者らは、フォトニック・インメモリコンピューティングの実現に向けて、磁気光学材料における非相反移相効果を利用した共鳴ベースの光アーキテクチャを提案している。

光処理の一般的なアプローチは、急速に変化する光入力ベクトルに固定された光の重みの行列を乗算することだが、従来の方法と材料を使用してこれらの重みをチップ上にエンコードすることが困難であることがわかっている。シリコンマイクロリング共振器上に集積されたセリウム置換イットリウム鉄ガーネット(Ce:YIG) から成る光磁気メモリセルを使用することで、短距離走者が競技場のトラックでその逆の方向へと走るように、セルは二方向へ光を伝播させる。

## 光の速度の制御によるコンピューティング

UCSB でこの実験を率いた Pintus 助教授は、「一方の走者に対して風が吹き、その逆方向に行く走者の加速を助けているようなものです」と説明する。「メモリセルに磁場を印加することにより、光がリング共振器の周りを時計回り、または反時計回りのどちらに流れるかによって、光の速度を制御することができます。このことが、従来の非磁性材料では不可能であった付加的な制御レベルを提供します」。

研究チームは現在、単一のメモリセルから、コンピューティングアプリケーションでさらに大量のデータを扱える大規模なメモリアレイへのスケールアップに取り組んでいる。同研究チームは論文記事の中で、この非相対的磁気光学メモリセルが、ナノ秒以下のプログラミング速度での無制限の読み取り/書き込みの耐久性の実現が可能な、効率的な不揮発性ストレージソリューションを提供すると言及している。

「この技術の進展により、様々な効果を利用してスイッチング効率を向上できるようになり、また、Ce:YIG 以外の材料を用いた新製造技術や、より精確な蒸着技術が、非相反光コンピューティングの可能性をさらに進展させると考えています」と、東京科学大学の庄司助教授は付け加える。

同プロジェクトの他の研究者らは次のとおり：

カリフォルニア大学サンタバーバラ校特別研究員 John E.Bowers 氏  
カリフォルニア大学サンタバーバラ校大学院生研究員 Mario Dumont 氏  
カリフォルニア大学サンタバーバラ校元研究員 Duanni Huang 氏  
カリフォルニア大学サンタバーバラ校教授 Galan Moody 氏  
産業技術総合研究所(AIST)研究員 村井俊哉氏  
ピッツバーグ大学大学院生研究員 Vivswan Shah 氏

訳：NEDO（担当 イノベーション戦略センター）

出典：本資料は、米ピッツバーグ大学の記事 “A Multi-Level Breakthrough in Optical Computing ” （ <https://news.engineering.pitt.edu/a-multi-level-breakthrough-in-optical-computing/>） を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of University of Pittsburgh)