

【電子・情報通信分野】

仮訳

## 多種類の色の光で大量のデータを同時送信(米国)

2023年6月29日

新しいフォトニックチップが指数関数的に高速・エネルギー高効率の AI を可能に



回路ボードに電気・ファイバーオプティック接続で据え付けられたフォトニックトランスミッターチップ

Credit: Lightwave Research Laboratory/Columbia Engineering

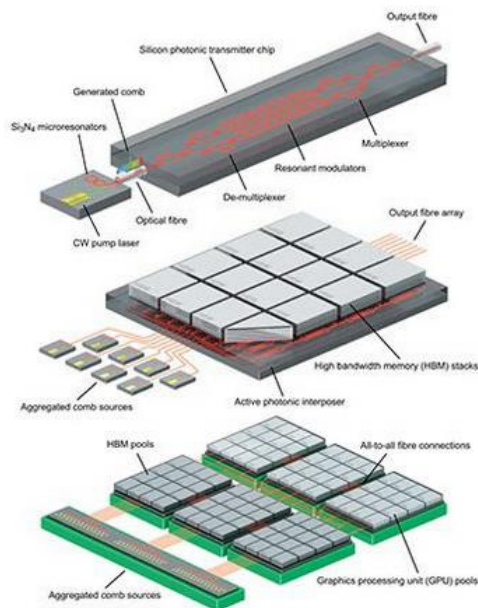
大規模言語モデルなどの人工知能プログラムを実行するデータセンターや高性能コンピューターの性能を制限するものは、個々のノードの演算能力だけではない。これらのシステム性能とスケールアップを制限する「帯域幅のボトルネック」の原因である、ノード間で転送可能なデータ量という別の問題がある。

これらのシステムのノードは、1 キロメートル以上離れていることもある。データを高速転送する場合、金属ワイヤが電気信号を熱として放散してしまうため、これらのシステムは光ファイバーケーブルを介してデータを転送するが、残念なことに、ノード間での信号送信時に電子データから光データへの（または光データから電子データへの）変換プロセスにおいて、大量のエネルギーが無駄になっている。

[Columbia Engineering](#) の研究者らは、[Nature Photonics](#) に掲載された研究において、ノードをつなぐ光ファイバーケーブルを介してエネルギー効率の高い方法で大量のデータを転送する方法を実証した。この新技術は、同一の光ファイバーケーブルで複数の信号を同時に転送する過去の試みを改良したものだ。新しいチップでは、それぞれの波長の光の生成に異なるレーザーを使用するのではなく、単一のレーザーだけで数百種類もの波長の光を生成し、個別のデータストリームを同時に転送することができる。

### よりシンプルでエネルギー効率の高いデータ転送方法

このミリスケールのシステムでは、波長分割多重 (WDM) と呼ばれる技術と、単一の色の光の入力により多くの新しい色の光を出力する、カー周波数コムと呼ばれるデバイスを使用している。電気工学の Higgins Professor で応用物理学教授の [Michal Lipson](#) 氏と、応用物理学・材料科学の David M. Rickey Professor で電気工学の教授である [Alexander Gaeta](#) 氏が開発したこの重要なカー周波数コムにより、個別の正確な光の波長を通じ、空間を挟んでクリアな信号を送ることができるようになった。



カー周波数コム駆動のシリコンフォトニクスリンクをベースとした、細分化されたデータセンターの階層構造のイラスト

Credit: Lightwave Research Laboratory/Columbia Engineering

「これらのデバイスは、各色の光に個別の情報チャンネルをエンコードし、一本の光ファイバーでの伝搬を可能にする光通信の理想的なソースになると思います。」と、コロンビア大学の電気工学の Charles Batchelor Professor で、[Columbia Nano Initiative](#) の学部長でもある論文上席著者の [Keren Bergman](#) 氏は言う。このブレイクスルーにより、指数関数的により大量のデータを、それに見合う量のエネルギーを使用することなく、転送できるようになる可能性がある。

約数ミリサイズのチップ上に微細化して配置した光学コンポーネントの発する光に電子データでエンコードした後、光データをターゲットノードで電気信号に変換する。隣接するチャンネルとの干渉を最小限に抑えながら、各チャンネルを個別にデータでエンコードできる、新しいフォトニック回路のアーキテクチャを開発した。ここでは、各色の光で送られた信号が混乱したり、レシーバでの受信と電子データへの変換が困難になったりすることがない。

「このように、私たちのアプローチは、他の同様なアプローチよりもはるかにコンパクトでエネルギー効率が高いのです」と、論文筆頭著者である Anthony Rizzo 氏は言う。彼は Bergman 教授の研究室で博士課程の学生として本研究を実施し、現在は米国空軍研究所(AFRL)の研究員である。「また、シリコン窒化物によるコム生成チップは、高価で専用の III-V 属半導体ファウンドリではなく、マイクロエレクトロニクスチップを製造する標準的な CMOS ファウンドリで製造できるため、低コストでスケールアップも容易です」。

コンパクトなこれらのチップはコンピューターの電子チップとの直接のインターフェースが可能で、電子データの信号は数十センチではなく数ミリの距離の伝播で済むため、総エネルギー消費量を大幅に削減できる。

「この研究は、システムのエネルギー消費を大幅に削減すると同時に、計算能力を桁違いに向上させ、環境への影響を最小限に抑えながら AI アプリケーションの指数関数的な成長を可能にする、実現的な道筋を示しているのです。」と Bergman 教授は説明する。

## 実現への道を開くエキサイティングな成果



32 の個別の周波数チャンネルにデータをエンコードできるフォトニック集積チップと 25 セントとのサイズの比較  
Credit: Lightwave Research Laboratory/Columbia Engineering

1 波長あたり 16Gb/s の、32 の個別の波長の光による 512 Gb/s を単一の光ファイバーで伝送する実験では、1 兆ビットのデータ伝送のうち、エラーが 1 ビットを下回った。これは信じられないほど高いレベルの速度と効率である。データを送信するこのシリコンチップはわずか 4mm×1 mm、また、光信号を受信して電気信号に変換するチップはわずか 3mm×1 mm という、どちらも人間の爪よりも小さなサイズである。

「概念実証では 32 波長のチャンネルを使用しましたが、このアーキテクチャは 100 チャンネルを超える対応に拡張できます。これは標準的なカーコム設計の範囲内です。」と Rizzo 氏は付け加える。

これらのチップは、一般的な消費者向けノートパソコンや携帯電話に搭載されているマイクロエレクトロニクスのチップの製造に使われているものと同様の設備を使って製造することができ、ボリュームスケーリングや実社会への展開への確実な道筋を提供する。

この研究の次のステップでは、チップスケールの駆動・制御エレクトロニクスにフォトニクスを集積し、システムのさらなる微細化を図る。

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、米国コロンビア大学の記事 “Transferring Data with Many Colors of Light Simultaneously”

(<https://www.engineering.columbia.edu/news/transferring-data-with-many-colors-of-light-simultaneously>) を翻訳したものである。

(Reprinted with permission of Columbia University)