

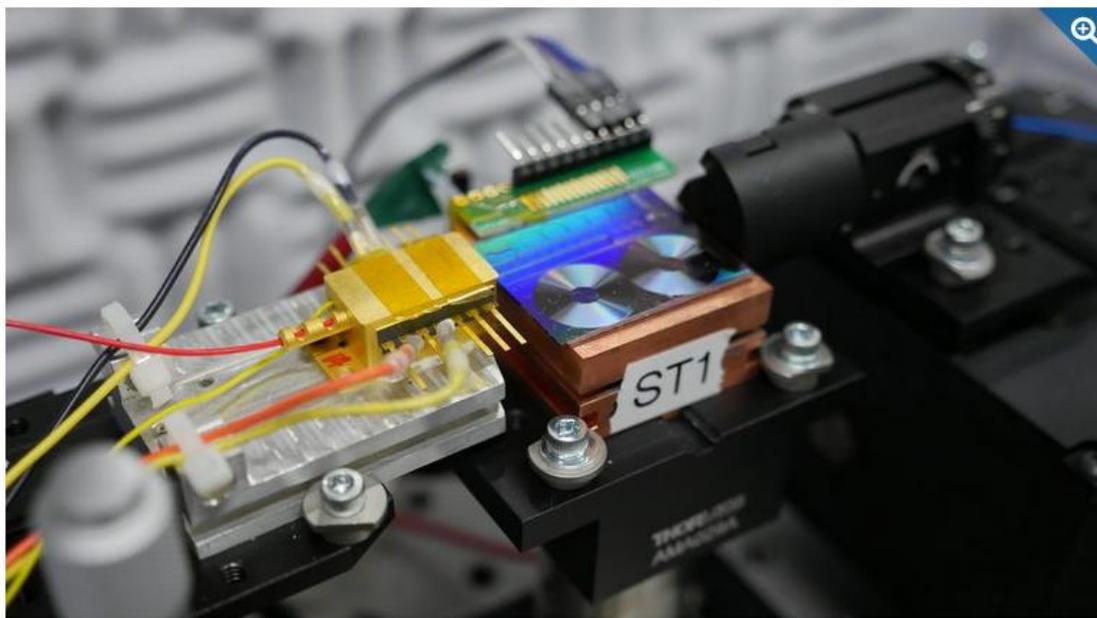
【電子・情報通信分野】

仮訳

縮小化技術で展望を拡大: 通信やナビゲーション等の 精確なタイミングを推進するコンパクトチップ(米国)

2024年3月6日

- ・ ナビゲーション、通信、レーダーシステムでは精確なタイミングと同期が不可欠である。
- ・ NIST とその共同研究者らは、光をマイクロ波に変換できるコンパクトなチップを開発した。これにより、これらのシステムを改善できる可能性がある。
- ・ この技術は、卓上サイズのシステムをチップサイズに縮小することで、消費電力を低減し、日常的なデバイスでの使用にさらに適したものにする。



NIST の研究者らによる、光をマイクロ波信号に変換するチップの試験。写真のうち、小さな 2 枚のレコード盤のように見える蛍光パネルがチップ。チップの左側にある金色の箱は、チップに光を放射する半導体レーザー。

Credit: K. Palubicki/NIST

米国立標準技術研究所 (NIST) とその共同研究者らが、光をシームレスにマイクロ波に変換する小型チップを開発し、タイミング技術における小さくて大きな進展をもたらした。このチップは、GPS、電話やインターネット接続の品質、レーダーやセンシ

グシステムの精度、そして高精度のタイミングと通信に依存するその他の技術を向上させる可能性がある。

この技術は、タイミングジッタ(時間変動)と呼ばれる、マイクロ波信号のタイミングのランダムで微小な変化を低減させるものである。ミュージシャンが音楽のビートを一定に保とうとするときと同様に、マイクロ波信号のタイミングは時として少々揺らぐことがある。研究者らは、これらのタイミングの揺らぎをほんの一瞬(正確には [15 フェムト秒](#))にまで低減した。これは従来のマイクロ波源からの大きな改善であり、信号を飛躍的に安定させ、精確にすることで、レーダーの感度、アナログ-デジタル変換器の精度や複数の望遠鏡が捉えた天体画像の鮮明さを向上させることができる。

本研究の成果は [Nature 誌](#)に掲載されている。

マイクロ波に光を当てる

この技術の実証の特徴は、信号を生成するコンポーネントのコンパクトな設計にある。研究者らは、かつては卓上サイズだったシステムの大部分を、デジタルカメラのメモリカードとほぼ同じサイズのコンパクトなチップにまで初めて縮小した。タイミングジッタを低減することで、消費電力が削減され、日常的なデバイスでの使い易さが向上する。

現在、この技術のコンポーネントのいくつかは、その有効性の試験のためにチップの外に置かれている。このプロジェクトの最終目標は、レーザー、変調器、検出器、光増幅器など、様々な部品をすべて1つのチップに統合することである。

すべてのコンポーネントを1つのチップに統合することで、システムのサイズと消費電力の両方を削減できるようになる。これは、大量のエネルギーや特別なトレーニングを必要とせず、小さなデバイスに簡単に組み込むことができるようになることを意味する。

「現行の技術では、マイクロ波信号を発生させるためには、複数の研究室と博士号保持者が数人必要です」と NIST の物理科学者である Frank Quinlan 氏は言う。「この研究の趣旨は、コンポーネントのサイズを小さくし、すべてのものをより利用しやすくすることで、光信号の利点をどのように活用するかということなのです」。

これを実現するために、極めて安定した懐中電灯のような半導体レーザーを使用し、リファレンスキャビティと呼ばれる小さなミラーボックス(光の反射する小部屋のようなもの)にレーザー光を照射する。このキャビティの内部では、光の周波数の一部がキャビティのサイズに整合し、光波の山と谷がキャビティの壁の間に完全に沿うようになる。このようにして光はその周波数にエネルギーを蓄積し、そのエネルギーでレーザーの周波数を安定させる。安定した光は、高周波数の光を低ピッチのマイクロ波信号に変換する、[周波数コム](#)と呼ばれるデバイスを使用してマイクロ波に変換される。これらの正確なマイクロ波は、ナビゲーションシステム、通信ネットワーク、レーダーなどの技術に不可欠な、精確なタイミングと同期を提供する。

「これらすべての部品を、1つのプラットフォーム上で効果的に連携させることが目標です。これにより、信号の損失が大幅に低減し、余分な技術の必要性が消失します」と **Quinlan** 氏は言う。「このプロジェクトの第一段階は、これらの個々の要素が連携して機能することを実証することでした。第二段階は、チップ上でそれらを組み合わせることです」。

GPS などのナビゲーションシステムでは、信号の精確なタイミングが位置の特定には不可欠である。携帯電話やインターネットシステムなどの通信ネットワークでは、複数の信号の精確なタイミングと同期がデータの正しい送受信を確実なものにしている。

例えば、混雑した携帯電話のネットワークでの複数の通話の処理には、信号の同期が重要である。このような信号のタイミングの精確な整合が、携帯電話等の複数のデバイスからのデータの送受信の整理と管理を可能にしている。これにより、大幅な遅延や切断を発生させることなく、複数の通話を同時にネットワーク上で転送できるようになっている。

航空機等の物体や気象パターンを検出するレーダーでは、信号が跳ね返って来るまでの時間を正確に測定するために、精確なタイミングが重要である。

「この技術には、多様な応用先があります。例えば、ブラックホールのような遠方の天体を撮影する天文学者には、非常に低ノイズの信号とクロック同期が必要です」と **Quinlan** 氏は説明する。「このプロジェクトは、そのような低ノイズの信号を、研究室からレーダー技術者、天文学者や環境科学者等の様々な分野の人々の手に届け、新しいものを測定する際の感度と能力の向上に役立てられるのです」。

共通の目標に向けた協働

この種の技術的進展は、単独では不可能なものである。コロラド大学ボルダー校、NASA ジェット推進研究所(JPL)、カリフォルニア工科大学(Caltech)、カリフォルニア大学サンタバーバラ校(UCSB)、バージニア大学、イェール大学の研究者らが、光とマイクロ波を利用する方法に革新をもたらすという共通の目標を達成するために共に研究を進めた。

「私たちの研究は、建設プロジェクトに例えることができます。可動部品がたくさんあって、配管工と電気技師がプロジェクトの適切なタイミングで来てくれるように、全員の調整を確実にする必要があります」と Quinlan は説明する。「私たちは皆、研究を進めるために非常にうまく協力しています」。

この共同の取り組みは、技術革新を推進する上での学際的な研究の重要性を強調していると Quinlan は言う。

Nature 誌掲載論文: Igor Kudelin et al. Photonic chip-based low noise microwave oscillator. *Nature*. Published online March 6, 2024.

DOI: [10.1038/s41586-024-07058-z](https://doi.org/10.1038/s41586-024-07058-z)

訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料は、米国立標準技術研究所(NIST)の記事“Shrinking Technology, Expanding Horizons: Compact Chips Advance Precision Timing for Communications, Navigation and Other Applications” (<https://www.nist.gov/news-events/news/2024/03/shrinking-technology-expanding-horizons-compact-chips-advance-precision>) を翻訳したものである。