

◆ feature  
ライダ

# ライダの能力を解き放つ、 超小型音響光学 ビームステアリングチップ

サリー・コール・ジョンソン



ワシントン大の研究者らは、可動部品を持たないチップスケールのレーザービームステアリングデバイスを、走査型ライダ(LiDAR)システム用に開発している。このデバイスはブリルアン散乱を利用することにより、100m(328フィート)離れた場所から物体を検出して画像化することができる。

米ワシントン大(University of Washington)の電気工学/コンピューティング/物理学教授でフォトニクスシステム研究所(Laboratory of Photonic Systems)の所長を務めるモ・リ氏(Mo Li)とそのチームが発明した、新しい種類のライダ(light detection and ranging: 光検出と測距、LiDAR)システムは、ライダ分野の能力を一新するものである。

同チームは、可動部品を持たないレーザービームステアリングデバイスを開発して、1つのチップに集積することにより、そのサイズを現在提供されている他のライダデバイスの1000分の1にした。1つのチップに集積することで、コンパクトで頑丈なデバイスになるとともに、比較的簡単かつ安価に製造することができる。

「米国立科学財団(National Science Foundation: NSF)のコンバージェンス・アクセラレータ(Convergence Accelerator)プログラムの助成を受けて、このプロジェクトを開始した。われわれの目標は、数千もの量子ビットを持つ冷却原子型の量子コンピューティングを支える、チップスケールのマルチビーム光学制御システムを革新することによって、量子コンピューティングのスケラビリティの問題を解決することだった。その過程で、われわれが開発した集積型ビームステアリングデバイスが、ライダの非機械式走査に理想的であることに気づいた。この気づきをきっかけに、ライダに関するその後のすべての取り組みが一気に進行し、われわれはわずか9カ月でこの

ライダを完成させた」と、リ教授は述べた。

## 設計作業

同チームのライダデバイスには、光学と音響学を組み合わせるビームステアリングを行うという、巧妙な設計が採用されている。数GHz(非可聴)の非常に高い周波数の音波パルスチップ表面に沿って送信することによって、走査レーザービームを導く。

量子物理学の観点では、音波の粒子(フォノン)が、レーザービームの粒子(フォトン[光子])とチップ表面上で衝突して、それらのエネルギーが結合される。

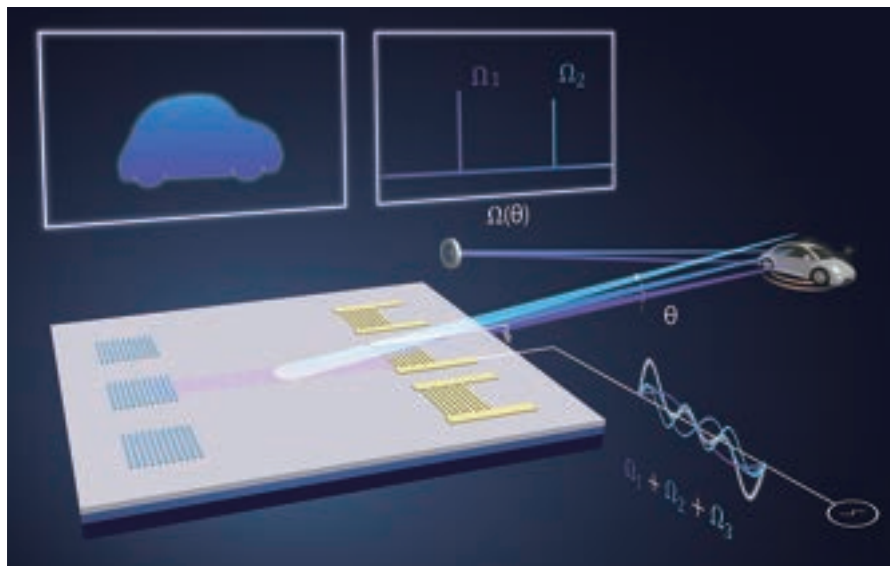
「超小型チップ上での音と光の間の相互作用の操作は、ライトショーを編成するような処理だ。音のトーンを調整することによって、任意の方向に光を向けることができる。この現象の有用性を拡張することによって、ライダを開発した。ライダは、自動運転車を実現するための重要な技術であり、私



同チームのライダチップには、可動部品が含まれていない(画像提供: チェシューアン・リン氏とビンザオ・リ氏)

ワシントン大のモ・リ教授率いるチームが発明した、新しい種類のライダシステムは、ライダ分野の能力を一新するものである

Image credit: Chengdu Xixi Zhiyan Cultural Media Co., Ltd.



新しい種類のライダは、チップ表面を伝播する音波を利用して、サーチライトのようにレーザービームをステアリングする。それは、自動運転車が、歩行者や他の車両などの遠くにある物体を検出して特定するために役立つ(画像提供:ビンザオ・リ氏とチーシュアン・リン氏)

たちの日常生活に影響を及ぼす可能性を秘めている」と、博士研究員であるビンザオ・リ氏(Bingzhao Li)は述べた。

送信器側では、「チップ表面を伝播する音波を生成することにより、光を空間内に散乱させる。散乱角は音波の周波数に依存するため、音波の励起に使用する駆動周波数を変更するだけで、散乱ビームをステアリングすることができる」と、モ・リ教授は説明した。

画像をレンダリングするために、同チームはブリルアン散乱を利用している。レーザービームの光子は、さまざまな角度にステアリングされて、固有の周波数変化によってラベル付けされる。つまり、1つの受信器で、走査レーザービームからデバイスに送り返される情報を復号化することができる。

「音波によって散乱される光の周波数は、正確に音波の周波数の分だけ増加するため、異なる角度の散乱光はそれぞれ、GHz範囲内の少し異なる周波数を持つ」とモ・リ教授は述べた。「ライダイメージング用に反射光を測定するときに、受信器に必要な処理は、反

射光の周波数を特定して、その光源の角度を計算することだけである。これにより、単一のコヒーレントな受信器で、反射物体の画像を構築することができる。この周波数領域の手法は、ライダデバイスの中の受信器の複雑さを大幅に軽減する」(モ・リ教授)。

また、同チームの受信器は、「カメラ全体ではなく単一のイメージングピクセルだけで、遠く離れた場所から物体を画像化することができる」と、同チームの実験作業の多くを担当した大学院生のチーシュアン・リン氏(Qixuan Lin)は指摘した。

「音響光学ビームステアリング技術が、ソリッドステート(固体:機械的な可動部がないことを意味する)ライダの要件に完璧に対応することに、本当に驚かされる。そして、光と音の相互作用の物理学に基づき、周波数領域で3D点群を再構築することによって、世界を『見る』ことができる。指の爪ほどの大きさのチップで、研究室全体の物体が簡単に画像化できるのを見て、私は感動した」と同氏は付け加えた。

## 可動部品を持たないことが、ライダの大きな進歩に

可動部品なしでレーザー光を走査することが、ライダシステムの堅牢性と耐久性や、そのコストを削減するために不可欠であるため、それらを取り扱う同チームの取り組みは、ライダにとって大きな進歩である。

「光学導波路チップの表面に生成される音波は、音波の周波数を変えることによってさまざまな角度に光を散乱させる。そして、音波の励起に使用したトランスデューサは、携帯電話のワイヤレス信号フィルタリングを支える技術でもあるが、これをオンチップに完全に集積することで、機械的な可動部品は1つもいない状態になる」と、モ・リ教授は述べた。

同チームの最大の課題の1つは、新型コロナウイルス感染症(COVID-19)に伴うロックダウンで研究室が閉鎖されている時に、その概念を考案してその理論を検証することだった。「率直に言ってそれ以降は、われわれの概念を検証する上でそれ以上に大きな課題は生じなかった。今後については、性能の向上、コストの低下、システムの完全集積化など、さらに大きな課題が待ち受けている」と、モ・リ教授は付け加えた。

機械知覚技術としてライダは、カメラやレーダと比べて、直接的な長距離の3Dイメージングに加えて速度測定が可能というメリットを持つ。ライダは、自動運転車(産業用/軍用/民生用)、ロボティクス、プライバシー重視のセキュリティと監視、物流など、多数の用途において莫大な可能性を秘めている。

興味深いことに、米国防高等研究計画局(Defense Advanced Research Projects Agency: DARPA)も同チームに

対して、類似のデバイスを衛星間の自由空間光通信に開発して、レーザービームを使用した衛星間のデータ伝送を可能にするための資金を助成している。

「ライダーの採用と普及は、そのコストをどれだけ引き下げられるかに大いに依存している。ライダーを非常に手頃な価格にすることができれば、ますます多くの応用事例が出現するだろう」と、モ・リ教授は述べた。

## スタートアップ創設の可能性

同教授らは現在、走査距離を115mから300mに倍増することによって、このライダーデバイスの性能向上に取り

組んでいる。自動運転車の安全規制では、200～300m先にビームが到達することが求められるため、これは重要な取り組みである。200～300mは、毎時60マイル以上の速度で走行する車両が、衝突を回避して安全に方向転換または停止するために必要な距離である。

「われわれの技術は、真にソリッドステートで完全集積型のライダーシステムの、近い将来の実現を可能にするものだ。それは、ライダーを手頃な価格にして堅牢性を高め、究極的にどこにもある存在にするために、極めて重要なことである」と、モ・リ教授は述べた。

同教授らは、ワシントン大の技術移転(インキュベーション)施設(Co-

Motion)と協力して、商用化計画を策定し、スタートアップの創設を検討している。

「われわれのライダー技術は、既存技術とは全く異なり、無数のメリットを備えているため、商用化に向けて始動する準備ができていると、私は楽観的に捉えている。この技術に対する多大な熱意が存在し、関心を抱く多数の組織から問い合わせを受けている。このベンチャー事業を支えるための資金を調達しており、路上試験に対する、準備が整った実行可能な試作品を、1年以内に構築するつもりだ。それが、われわれの最初のマイルストーンになる予定である」と、ビンザオ・リ氏は述べた。

LFWJ

# 光産業技術マンスリーセミナー



Optoelectronics Industry and Technology Development Association

## プログラム(12～1月)

No. / 開催日	講演テーマ / 講師
第487回 12月19日(火) 15:30-17:30	「光ファイバセンシングによる新たなインフラの将来像」 講師： 今井 道男 氏 (鹿島建設株式会社)
第478回 1月23日(火) 15:30-17:30	「シリコンフォトニクスを用いた多機能ハイブリッド波長可変レーザー光源」 講師： 北 智洋 氏 (早稲田大学)

- 会場 オンライン開催 (Webex)
- 定員 各90名
- 参加費 光協会賛助会員：1,500円(1回につき・税込み) / 一般参加：3,000円(1回につき・税込み)  
大学・公的機関：無料(学生・院生含む)  
※銀行振込でお支払いください。
- 申込方法 オンライン申込 >>> <http://www.oitda.or.jp/main/monthly-j.html>
- 申込締切 定員になり次第締め切ります。なお、締め切った場合には Web 上にその旨を掲載します。

## 問い合わせ先

一般財団法人光産業技術振興協会マンスリーセミナー担当 瀬戸山・村谷  
〒112-0014 東京都文京区関口1-20-10 住友江戸川橋駅前ビル7F TEL:03-5225-6431 FAX: 03-5225-6435  
E-mail: mly@oitda.or.jp URL: <http://www.oitda.or.jp/>