日本経済新聞　2023年（令和5年）9月22日（金曜日）

自動運転の「目」3分の1に

京大、「フォトニック結晶」で小型化
通信や計算の高速化も

京都大学などは自動運転車に使える高性能センサーを3分の1に小さくし、製造費を抑える技術を開発した。光を緻密制御する「フォトニック結晶レーザー」を使う。2020年代後半の実用化を目指す。同レーザーは日本発の技術で高速の情報通信など次世代産業を担う可能性を秘める。

小型化に成功した「LiDAR（ライダー）」はレーザー光を照射し、反射してきた光を捉えて、人やモノの位置を把握するセンサーで、自動運転車の「目」として重要になっている。

自動運転車はこれまでの車に比べて、多くのセンサーや計算性能の高いコンピューターを積むため、製造コストが高くなりがちだ。

ライダーの価格は1つ数万円で、1台の車に複数設置するため、製造コストを抑える必要がある。京大の野田進教授は光センサーメーカーの北陽電機（大阪市）と共同で、ライダーを従来の3分の1の名刺サイズまで小型化した。製造コストも大幅に下がるという。

倉庫で荷物を運ぶ無人搬送車に搭載して性能を確かめた。小型化を可能にしたのは、野田教授が開発したフォトニック結晶レーザーだ。ライダーを構成する部品のなかで最も重要なレーザーの発生装置に使った。

従来の半導体レーザーは出力を上げると光線が広がり、狙った対象に十分な光が届かず、センサーとしての精度が落ちる課題があった。複数のレンズをうまく組み合わせれば、光は広がらなくなるが、装置が大きくなり、高価になる。

野田教授らは半導体レーザーにフォトニック結晶の層を組み込み、特定の波長の光だけを出せるようにした。高い出力の光を垂直方向に出すことができる。光の波長範囲が狭く、光線が広がらないため、センサーの精度が高い。光の調整のためのレンズが不要になり、小さくできる。

フォトニック結晶は、結晶内に数百ナノ（ナノは10億分の1）メートルサイズの穴を規則的に開けることで光を制御できる。特定の光の波長に合わせて作ることで光を全く通さない「光の絶縁体」や、特定の波長の屈折率を変化させる効果を生み出す。穴の大きさや形、間隔の長さなどによって様々な制御ができ、ライダー以外にも幅広く応用できる。

野田教授らはフォトニック結晶レーザーで、金属などを精密に加工する装置を大幅に小型化することにも成功した。微細な穴の開け方を調整して分散する光を減らし、レーザーの出力を上げて、加工機に応用した。

従来、加工機に使える明るさのレーザーを出すには数十キロワット以上の大型装置を使う必要があったが、23年には直径3センチメートルのレーザー発生装置で、大型機並みの明るさまで高めた。今後、10倍の出力を目指すという。

次世代の情報技術として期待される光を使った情報処理や通信にもフォトニック結晶が重要な役割を担う可能性がある。NTTはフォトニック結晶を使った集積回路を開発する。

従来の集積回路は電気で演算や情報伝達をしている。情報を電気的なオンとオフの切り替え（スイッチング）で表現しているが、電気は配線を伝わるときに熱が発生したり、伝達速度が遅くなったりするため、小型化や高速化に限界があった。

NTTはフォトニック結晶が光をとじ込める性質を使って情報処理に使えるスイッチングを実現した。特定の信号が入ったときに通過できる光の周波数が変わり、オンとオフを切り替える。フォトニック結晶は光をとじ込めるため、弱い光でも切り替えができ、低消費電力で高速の処理ができる。光を使う演算素子の開発にも成功している。

NTT物性科学基礎研究所の納富雅也フェローは「チップ内の動作を全て光にできれば、小型で消費エネルギーを大きく下げられる。今までの光技術では難しいが、フォトニック結晶なら実現できる」と話す。30年代の実用化を目指している。

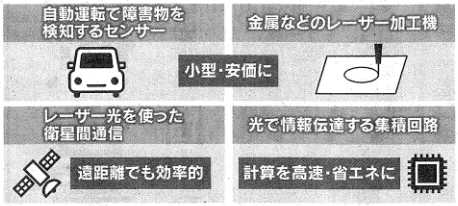
NTTは光技術を使った次世代通信基盤「IOWN（アイオン）」の実現を掲げており、フォトニック結晶は中核技術になる可能性がある。

京大の野田教授は「レーザー光源は様々な用途が考えられ、利用はさらに広がるだろう」と話す。今後、応用が期待されているのが、宇宙空間での衛星間通信だ。

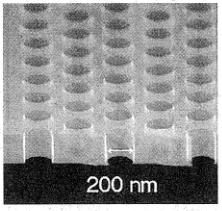
長距離でも効率的に光を送れ、衛星間の高速通信に使える可能性があるため、KDDI総合研究所（埼玉県ふじみ野市）などが研究している。

京都大学ではフォトニック結晶レーザーを起点にした産学連携組織「PCSELーCOE」を20年に設立した。三菱電機やロームなど国内外の企業・研究機関が100社以上関与しており、技術移転を進めてフォトニック結晶を新たな産業基盤に育成することを目指す。

フォトニック結晶は幅広い分野への応用が期待される



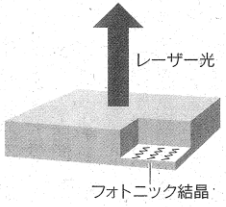
フォトニック結晶とは…



光の波長の長さに適合した周期的な穴をシリコンなどにつくり、光を制御

フォトニック結晶レーザーの仕組み

半導体レーザーに組み込んで特定の波長の光を出す



企業も応用や研究開発に積極的だ

大学	**京都大学** フォトニック結晶を使ったレーザーを世界で初めて開発
	横浜国立大学 光で障害物との距離を計測する装置（LiDAR）を開発
企業	**NTT** 光で情報伝達する集積回路
	ローム レーザーの光源
	北陽電機 工場などで使う無人搬送機のセンサー
	浜松ホトニクス レーザーの光源として世界で初めて商用化
	KDDI総合研究所 宇宙空間などでの長距離通信
	フォトニックラティス ガラスやレンズのひずみを測る装置を販売

京大や北陽電機の開発したLiDAR

研究者の探究、革新生む
自然界を理解する試み重要

産業に革新を起こす様々な技術は自然を理解し、世の中の役に立てようとする研究者の探究心が生み出してきた。

フォトニック結晶も、もともと自然の産物を参考としている。その一つが「生きた宝石」といわれるモルフォチョウ。羽は青く輝いて見えるが、色は付いていない。表面にある微細な凹凸で当たった光のうち、特定の波長だけを強く反射し、そのように見える。宝石のオパールは規則的に並んだ結晶で、光を屈折して独特の色を出す。

人工的に微細構造を作れば、光を操れるのではないか。その試みの一つがフォトニック結晶だ。

1990年代以降の加工技術の向上で様々な使い道が検討された。京都大学の野田進教授らは、99年に世界で初めて、立体的な微細構造を生かしたフォトニック結晶レーザーを実現した。その後も、英ネイチャーや米サイエンスなどの著名な学術誌に新たな成果を発表し続けている。

「数十年先の実用化を目指す基礎研究と産業に役立つ研究の双方を進めてきた」（野田教授）という。フォトニック結晶は現在も新たな現象が発見されて研究の裾野が広がり、産業応用も近づいている。

（福井健人）