

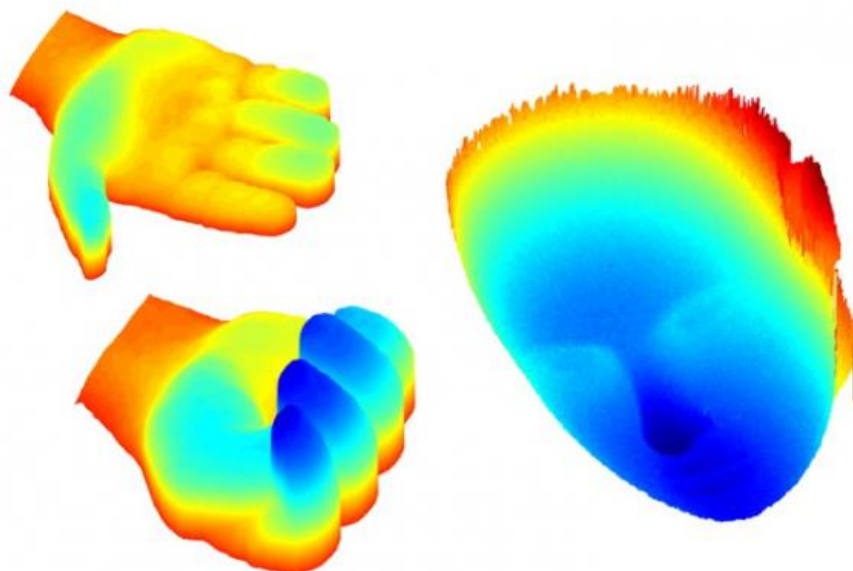
【電子・情報通信分野】

仮訳

ロボットや車の視覚情報処理能力を OCT 技術で向上(米国)

何十年にもわたる眼球イメージング技術からの教訓を
未来の自律システムセンサー技術に応用

2022年3月29日



デューク大学、LiDAR の新アプローチには人間の顔面などの特徴をミリメートル単位で把握できる感度があることを実証

ロボットの眼球には網膜がないが、ロボットがより自然かつ安全に外部の世界を見たり対話したりするための鍵は、眼科医のクリニックで一般的な光干渉断層計 (OCT) にあるのかもしれない。

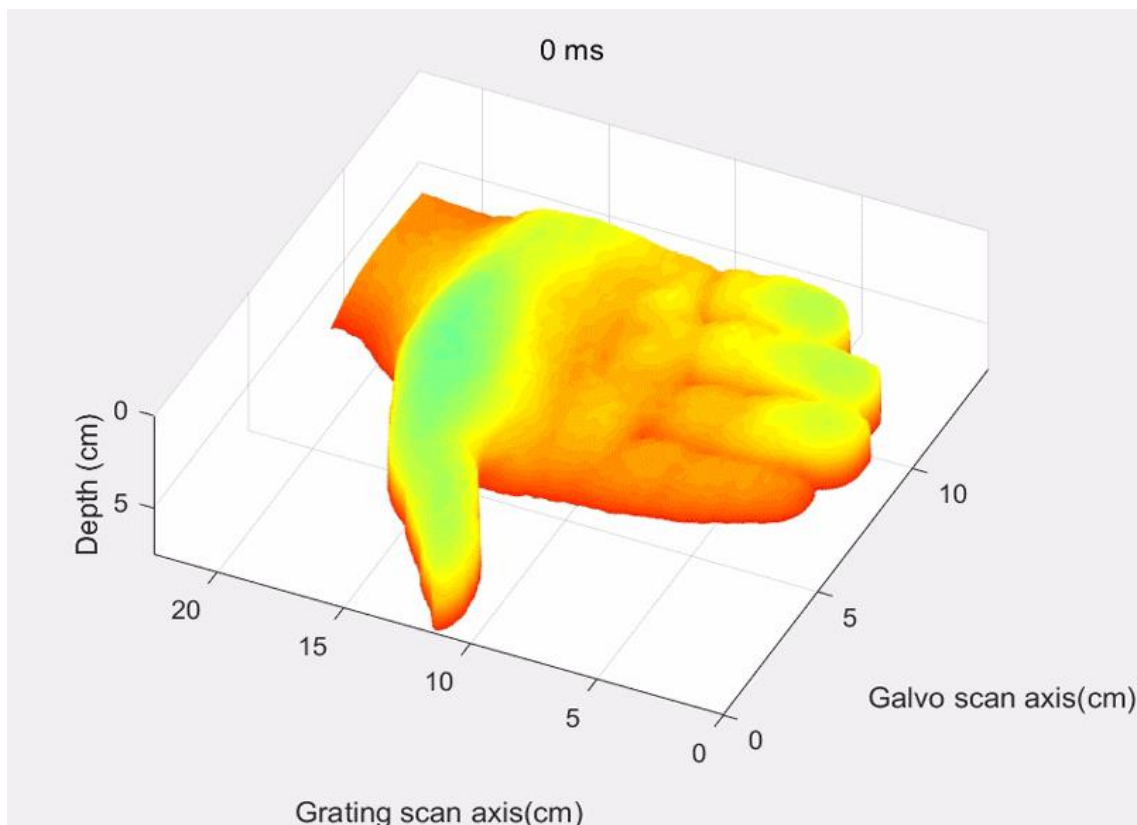
ロボットメーカーの大半のセンサーパッケージに組み込まれている画像技術のひとつが Light Detection and Ranging (LiDAR) だ。現在、自動運転車の開発者らが注視し、投資を行っている同技術は、基本的な機能はレーダーと同様だが、広域の電波を

発信して反射を探索する代わりにレーザーからの短い光パルスを使用する。

しかしながら、従来の ToF (Time of Flight) LiDAR には多数の欠点があったため、使用できる 3D ビジョンアプリケーションが限られていた。また、非常に微弱な反射光のシグナルを検出する必要があったが、他の LiDAR システム、あるいは周囲の太陽光でさえも簡単に検出器をオーバーライドしてしまっていた。さらに、深部での解像度が低いため、高速道路や工場のフロアなど広範囲なエリアを高密度にスキャンするには危険なほどの長時間を要することもあった。これらの課題に対処するために、研究者たちは、周波数連続変調 (frequency-modulated continuous wave : FMCW) LiDAR と呼ばれる LiDAR の一種に着目しているのだ。

デューク大学の [Joseph Izatt 教授](#) の研究室で勤務する博士課程の学生 Ruobing Qian 氏は、「FMCW LiDAR は、生体医工学の分野で 1990 年代初頭から開発されてきた OCT と同じ動作原理を共有しています」としたうえで、「しかし、30 年前は、自律走行車やロボットが登場するとは誰も想像しなかったので、この技術は組織イメージングに焦点を当てたものでした。今、この技術をこれら他の新興分野に役立てるためには、私たちは、その極めて高い解像度能力を、より一層の長距離と高速度と引き換えにする必要があるのです」との見解を示した。同氏が師事する Izatt 教授は、同大学 Biomedical Engineering において the Michael J. Fitzpatrick Distinguished Professor の肩書きを持つ。

Nature Communications 誌に 3 月 29 日に掲載された論文では、デューク大学の研究チームが OCT 研究から習得した技術が、サブミリメートル深度精度を達成しつつ、以前の FMCW LiDAR データ処理能力を 25 倍も改善できることを実証している。



OCT は超音波の光学的アナログであり、対象物に向けて発射した音波が戻ってくるまでの所用時間を測定することで機能する。OCT 装置は、同じ距離を移動し他の物体との相互作用がない同一の光波と比較して、その位相がどれだけシフトしたかを測定して光波が戻ってくる時間を計測する。

FMCW LiDAR は、これと同様の手法を取ってはいるものの、微調整をいくつか加えている。同技術では、異なる周波数間で連続的にシフトするレーザー光線を発信。検出器が光線を集めて反射時間を測定すると、特定の周波数パターンと他の光源とを区別することができ、あらゆる照射条件下で高速に動作するようになる。その結果、現在の LiDAR システムよりもはるかに正確に距離を測定することができるのだ。

Izatt 教授は、「私たちが何十年も取り組んできた生物細胞規模の画像技術が、大規模でリアルタイムの 3D 映像に直接応用できることを目の当たりにするのは、非常にエキサイティングなことです」と述べ、「これらはまさに、ロボットが人間を視覚でとらえて安全に交流するために必要な能力であり、さらには拡張現実においてライブ 3D 映像でアバターを置き換えることさえも可能なのです」との見方を示した。

LiDAR を使ったこれまでの研究の大半は、風景上で回転ミラーを使ってレーザーを走査していた。同手法はうまく機能するものの、どれほど強力なレーザーを使用しても、基本的にはメカニカルミラーの速度によって制限されていた。

私たちを取り巻く世界は 3D です。ですから私たちがロボットをはじめ、他の自動化システムとの自然かつ安全な交流を望む場合には、両者が同じように互いを見ることができなければならないのです

JOSEPH IZATT

デューク大学の研究者たちは、その代わりに回折格子をプリズムのように使用し、レーザーを虹色の周波数に分解し、光源から遠ざかるにつれて拡散させているのだ。同回折格子はプリズムのように機能し、レーザーを虹色の周波数に分解して光源から遠ざかるにつれて拡大していく。元のレーザーは依然、ひとつの周波数の範囲をすばやく通過するため、LiDAR 光線をメカニカルミラーが回転するよりもはるかに速く掃引することになる。これにより、深度や位置の精度を落とすことなく、広範囲を素早く網羅することができる。

OCT は物体の深さ数ミリまでの微細な構造を解析するのに使用されるが、ロボットの 3D ビジョンシステムに必要なのは、人体サイズの物体の表面を特定することだけだ。これを達成するために、研究者らは OCT で使用される周波数の範囲を狭め、物体の表面から発生するピーク信号のみを探索することにした。その結果、従来の LiDAR に比べ、解像度は少し落ちるものの撮像範囲とスピードは格段に向上した。

その結果、FMCW LiDAR システムは、サブミリメートルの位置精度を達成し、データ処理能力はこれまでの実証実験の 25 倍となり、首をかしげたり、手を握ったりする人体の詳細な動作をリアルタイムに捉えることができる高速性と精度を実証した。

Izatt 教授は、「電子カメラがユビキタスになったのと同様に、私たちの展望は、あらゆる製品に 3D ビジョン搭載を可能にするに足る高速で高性能な新世代 LiDAR ベースの 3D カメラを開発することです」としたうえで、「私たちを取り巻く世界は 3D です。ですから私たちがロボットをはじめ、他の自動化システムとの自然かつ安全な交流を望む場合には、両者が同じように互いを見ることができなければならないのです」との見解を示した。

本研究は、米国立衛生研究所 (EY028079)、米国立科学財団、(CBET-1902904)、国

防総省 CDMRP (W81XWH-16-1-0498) が支援した。

引用 : "Video-Rate High-Precision Time-Frequency Multiplexed 3D Coherent Ranging " Ruobing Qian, Kevin C. Zhou, Jingkai Zhang, Christian Viehland, Al-Hafeez Dhalla & Joseph A. Izatt. *Nature Communications* 誌、2022 年 3 月 18 日。
DOI: 10.1038/s41467-022-29177-9

翻訳 : NEDO (担当 技術戦略研究センター)

出典 : 本資料は、米デューク大学の以下の記事を翻訳したものである。
How Eye Imaging Technology Could Help Robots and Cars See Better
(<https://pratt.duke.edu/about/news/oct-for-robots>)
(Reprinted with permission of Duke University)