

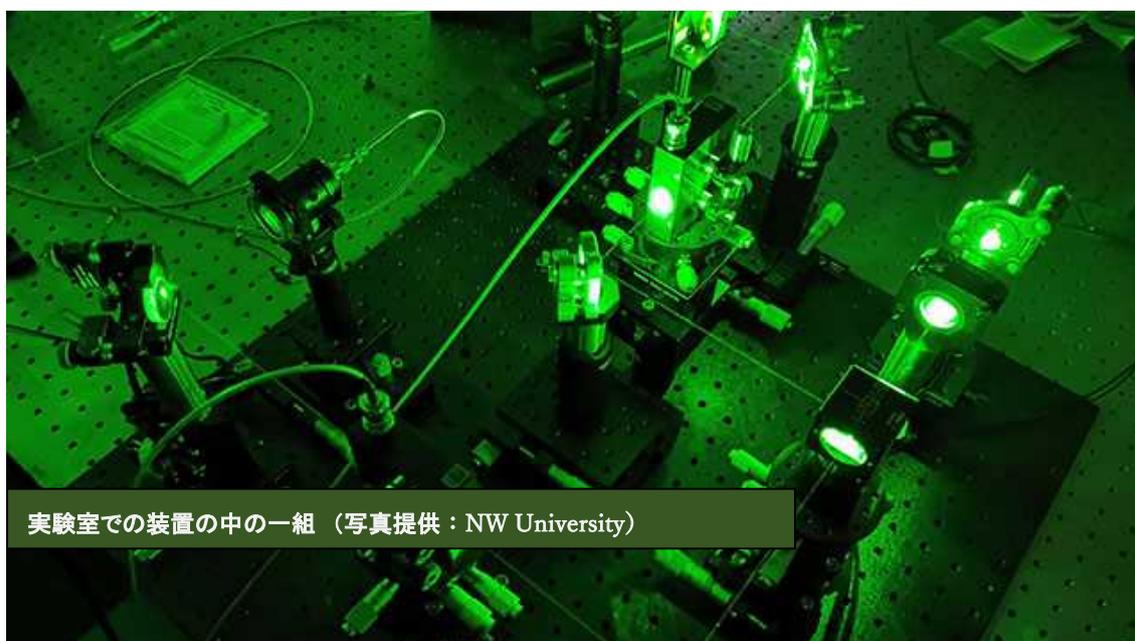
【電子・情報通信分野】

仮訳

高精度で不可視を可視化する新型ホログラフィックカメラ(米国)

このデバイスで曲がり角の先や濃霧、人体組織などの散乱媒体を通して
見えないものが見られるように

2021年11月17日/Amanda Morris 著



ノースウェスタン大学の研究者たちが、曲がり角の先や皮膚、濃霧、さらには人間の頭蓋骨のような散乱媒体を通して、見えないものを見られるようにする新型のホログラフィックカメラを開発した。

この新たな技術は合成波長ホログラフィー(Synthetic Wavelength Holography: SWH)と呼ばれ、隠れたオブジェクトに間接的にコヒーレント光を散乱させ、反射した散乱光をカメラが捉え、その光の信号をアルゴリズムが再構築してオブジェクトを復元するという仕組みだ。この技術は時間分解能が高いことから、胸部で聞こえる心臓の鼓動や街角を爆走する自動車など、高速で移動する物体の画像を撮影できる可能性もある。

本日（2021年11月17日）、学術誌『Nature Communications』に[本研究成果が掲載された](#)。

オクルージョン（閉塞物）や散乱媒体の背後にある物体を画像化する研究分野は比較的新しく、NLoS(non-line-of-sight)イメージングと呼ばれているが、同技術に比べ、ノースウェスト大学開発の SWH 技術はサブミリメートルの解像度で大きな面積の全体画像を迅速に捉えることができる。このレベルの解像度があれば、計算機カメラが皮膚を透過し、極細の毛細血管が機能している様子の画像化さえ可能となる。

また同技術は、非侵襲性の医療用イメージングや自動車用早期警戒ナビゲーションシステム、さらには密閉空間での工業検査などの分野における利用も期待できることは明らかだが、同研究者らはその応用範囲は無量大だと考えている。

本研究の筆頭著者であるノースウェスタン大学の [Florian Willomitzer](#) 氏は、「私たちの技術は、画像処理能力の新しい波を切り開きます」としたうえで、「私たちが現在試作しているセンサーは可視光や赤外線を利用していますが、原理は普遍的ですから、他の波長への拡張が可能で、例えば、同じ技法を宇宙探査用電波や水面下での音響画像処理に適用できます。応用できる分野は多いのですが、私たちが扱っているのはほんのわずかにしか過ぎません」との見解を示した。



Florian Willomitzer 氏
(画像提供：NW University)

Willomitzer 氏は、ノースウェスタン大学マコーミック工学院([McCormick School of Engineering](#))の研究準教授だ。同大学の共著者には、他にコンピュータサイエンスおよび電気・コンピュータ工学の准教授である Oliver Cossairt 氏と、博士課程の元学生である Fengqiang Li 氏がいる。ノースウェスタン大学の研究者たちは、全員が南メソジスト大学の研究員である Prasanna Rangarajan, Muralidhar Balaji, Marc Christensen 各氏と緊密に共同研究を行った。

散乱光を遮断

Willomitzer 氏によると、角を曲がったところを見るのと人体内の臓器を撮影するのは、まったく違った問題のように思えるかもしれないが、実はこの2つは密接に関係しているという。つまり、光が物体に当たって散乱し、その物体のダイレクトな像が見え

なくなるという散乱媒体を扱っているのだ。

同氏は、「懐中電灯を手当ててみたことがある人であれば、この現象を経験しています。手のひらの反対側に明るい部分が見えますが、理論的には骨によって影ができ、骨の構造が見えるはずですが、しかしその代わりに、骨を通過した光は、組織内で四方八方に散乱し、完全に影の映像をぼかしてしまうのです」と説明する。

これに対する目標は、散乱した光を遮断し、その移動時間に関する固有の情報を再構築して隠れた物体を明らかにすることになるが、これ自体にも課題がある。

「光の速度を超える速さのものはないので、光の移動時間を高精度で測定しようとする、非常に高速の検出器が必要になりますが、そのような検出器は、法外な値段になってしまうおそれがあるのです」と同氏は指摘する。

オーダーメイドの光波

Willomitzer 氏らは、高速の検出器を使用しなくて済むように、2種類のレーザーで光波を合成し、さまざまな散乱シナリオでのホログラフィックイメージングに特化してオーダーメイドできる合成光波を発生させた。

「物体の全ライトフィールドをホログラムで捉えることができれば、物体の3次元形状を完全に再現することができます」としたうえで、「私たちは角を曲がったり、散乱体を通過させたりしてこのホログラフィックイメージングを行います、その際に通常の光波の代わりに合成波を使うのです」と同氏。

長年にわたり、隠れた物体の画像を再現する NLoS イメージングへの取り組みは数多く行われてきた。しかし、これらの方法では常に一つ、あるいはそれ以上の問題が存在していた。すなわち解像度が低い、視野角が極端に小さい、時間のかかるラスタースキャンが必要、散乱光信号を測定するために広いプロービング領域が必要、などだ。

しかし、この新たな SWH 技術は、これらの問題を克服し、高空間分解能や高時間分解能、さらには小型のプロービング領域と広い視覚野を組み合わせることで、コーナー周辺や散乱媒体を通過するイメージングを行う初めての方法となっている。つまりこれにより、対象物が動いているときでさえも、カメラでは狭い密閉空間にある極小の物体の特徴や、広い場所にある隠れた対象物を高解像度で撮影することができるのだ。

「壁を鏡に」

光は直線コースしか通過しないため、この新装置で角の周辺を見通すためには、不透明な遮蔽物（壁や低木、自動車など）の存在が不可欠だ。光は（車の上部に取り付け可能な）センサーユニットから照射され、遮蔽物に当たって反射する。光はその後、遮蔽物へ跳ね返され、最終的にセンサーユニットの検出器に戻る。

「それはまるで、私たちが遠隔物のあらゆる表面にバーチャルな計算機カメラを埋め込み、その表面の視点から世界を見ることができるようなものです」と Willomitzer 氏は言う。

峠の曲がりくねった道路や閑散とした森林の蛇行した道路を運転する人々は、この方法を使えば、カーブの向こうに他の車両や鹿がいることがわかり事故防止になるかもしれない。同氏によると、「この技術は壁を鏡に変えるものです。この技術は、夜間や濃い霧のかかった天候で使えば、より効果的です」とされる。



「それはまるで、私たちが遠隔物のあらゆる表面にバーチャルな計算機カメラを埋め込み、その表面の視点から世界を見ることができるようなものです」

Florian Willomitzer

電気・コンピュータエンジニア

このように、高解像度技術は、医療用や産業用の画像処理に用いられる内視鏡の代替（または補完）にもなり得る。例えば大腸内視鏡検査では、コーナーや狭い空間を曲がって通るフレキシブルなカメラが必要だが、合成波長ホログラフィーは、光を使って腸の中の多数のひだを観察することができる。

同様に、現在の内視鏡では不可能な稼働中の産業機器の内部を撮影することも可能だ。

Willomitzer 氏は、「タービンが作動していて、その内部の不具合を検査する場合、通常は内視鏡を使うでしょう」と述べたが、「しかし、欠陥の中には、装置が作動ときにしかわからないものもあります。内視鏡を使って、作動中のタービンの内部を正面から見ることはできません。しかし私たちのセンサーでは、作動中のタービンの内部を見て、1 ミリ以下の構造体を検出することができます」との見解を示した。

目下、本技術はプロトタイプだが、Willomitzer 氏は、いずれはドライバーの事故回避に役立つ技術になると考えている。同氏は、「この種のイメージャが自動車に搭載されたり医療用途として承認されたりするのは、まだずっと先のことです。10 年、あるいはそれ以上かかるかもしれませんが、いずれは実現します」としている。

本研究について

本研究は、米国国防高等研究計画局(DARPA)、米国立科学財団(NSF)および米国海軍研究所(ONR)が支援した。

翻訳：NEDO（担当 技術戦略研究センター）

出典：本資料はノースウェスタン大学の以下の記事を翻訳したものである。

New holographic camera sees the unseen with high precision

(<https://news.northwestern.edu/stories/2021/11/new-holographic-camera-sees-the-unseen-with-high-precision/>)

(Reprinted with permission of Northwestern University)