

B20190312 新しい方法が X線を使う 3D イメージングを改善する

オーストラリア国立大学(Australian National University)の Andrew Kingston をリーダーとする研究チームは、フランスのヨーロッパシンクロトロン放射ファシリティ(ESRF)のチームとともに、ゴーストイメージングとして知られる、これまでにないイメージングアプローチを使って、可視光に不透明な対象内部の 3D X線画像を取得した。

研究チームは、X線を使って3D画像を生成する2つの新しいアプローチを報告している。この方法は、病気のスクリーニング、超高速プロセスを改善し、材料の特性分析と不透明な対象の構造情報の分析を前例のない詳細さで可能にする。

研究成果は、OSAの *Optica* 誌の2つの論文に発表された。1つの方法は、ある種の予防イメージング、乳ガンスクリーニングなどでX線量を減らす。もう1つの方法は、繊細なバイオサンプルの3Dイメージング、あるいは宇宙の廃棄物衝撃で起こる相互作用など非常に高速のプロセスの研究で、耐久性の高い開発を促進する。

高エネルギーと短波長のために、X線は、可視光が透過できない物質を透過する。現在のアプローチは、3D X線画像の取得はできるが、損傷を与えるX線への長期露光を必要とするために、アプリケーションに制限がある。

人では、医療用 X線イメージングからの照射が多すぎると、ガンのリスクが高くなるので、3D マンモグラフィや他の 3D X線技術を受ける頻度が制限される。材料や生物サンプルの詳細な組成を調べるために利用される非常に高エネルギーの X線は、1回の露光でサンプルが破壊されるので、使えないことがある。

X線による 3D ゴーストトモグラフィ

オーストラリア国立大学の Andrew Kingston をリーダーとする研究グループは、フランスの European Synchrotron Radiation Facility (ESRF)のチームとともに、ゴーストイメージングとして知られる非伝統的イメージングを使って、可視光に不透明な対象の内部を 3D X線画像で撮れることを初めて実証した。

「3D ゴーストイメージングでX線は非常に低用量になる可能性があるので、このアプローチは、医療イメージングを変革することになる。つまり病気の初期兆候の X線スクリーニングを遙かに安価に、直ぐに利用できるようにし、高頻度利用が可能になる。これによって、ガンを含む病気の早期検出が著しく改善される」とオーストラリア、モナシュ大学、David Paganin はコメントしている。

ゴーストイメージングは、2つのビームを相関させることで作用する。この場合は、X線ビーム。個別のX線は、対象についてなんら意味のある情報を提供しない。一つのビームは、レフアランスとして働き、サンプルをプローブすることがなく、ランダムパターンをエンコードする。他方のビームがサンプルを透過する。

研究チームは、X線の高輝度ビームを、金属でできたスポンジのような、金属フォームを通して照射することでランダムX線パターンを作った。このランダムビームの2D画像を撮り、その非常に弱いコピーをサンプルに通す。大口径シングルピクセルディテクタが、サンプルを透過するX線を捉える。そのプロセスは、マルチ照射パターンとサンプル-オブジェクト(対象)方位で反復され、対象物の内部構造の3D断層画像が構成される。

実験の概念実証として、研究チームは、2.0mm径以下の2つの穴を持つ5.6mm径のアルミニウムシリンダのゴーストX線トモグラフィを実行した。チームは、140万ボクセル分解能、ボクセルサイド長、1mの4800万分の1で、3D画像を生成することができた。

「X線ゴーストイメージング、特にゴーストトモグラフィは、全く新しい領域であり、さらなる研究、開発を必要としている。もっと開発が進めば、ゴーストX線トモグラフィを、より安価な、したがって、直ぐに利用できるX線イメージング装置として、医療イメージング、産業イメージング、セキュリティスクリーニングや偵察の方途に使えるようになる」とKingstonは話している。

単一露光からの3D画像

スイス、Paul Scherrer Instituteの研究チームは、ドイツのDeutsches Elektronen-Synchrotron (DESY)チームとともに、高輝度X線を使って3D画像を撮った。その新しいアプローチは、単一露光、つまりショットを使ってX線から3D情報を得る。これは病院のX線よりも1000億倍高輝度である。そのX線は、特別なシンクロトロンファシリティでしか生成できない。

「高輝度X線光源は、生物学や材料科学には極めて有益である。より高速のプロセスを調べることができ、他のX線光源と比較して高分解能だからである。これらの光源のパワーは、シングルパルスでサンプルを破壊するので、これらの光源のフルパワーを使う現在の3Dイメージングは、サンプルの同一複製物を多数必要とする」と論文の筆頭著者、DESYのPablo Villanueva-Perezは説明している。

新技術は、サンプルを破壊する前に3D画像形成に必要な測定を行うことができる。したがって、生きた昆虫など繊細な生物サンプルの機構の研究、完全なウイルスやタンパク質の

内的 3D 構造の研究に有用である。

新しいシングルショットアプローチは、結晶を使って一つの入力 X 線ビームを 9 ビームに分ける。これらは同時にサンプルを照射する。各ビームからの情報を記録するように方向付けられたディテクタを利用することで研究者は、サンプル対象の 9 個の異なる 2D 投射を同時に取得。これは高強度 X 線プローブビームによってサンプルが破壊される前である。

研究チームは、そのアプローチを使って、蛾を撮像した。これは、マイクロ秒〜フェムト秒のスピードで、昆虫の構造を 3D マイクロスケール分解能で研究できることの実証である。

「われわれは、この技術とヨーロッパ X 線自由電子レーザーファシリティ固有の能力を統合することを考えている、このファシリティは、1 秒に 100 万パルスで X 線パルスを放射できる初のファシリティである。これにより、1 秒に数 100 万フレームの高速プロセスの 3D 研究が可能になる」と Villanueva-Perez は話している。

研究チームは、そのシングルショット・マルチプロジェクションイメージング技術を昆虫の生体構造の理解向上に役立てることを計画している。これが新たなエンジニアリングセットアップの一因になる可能性がある。また、自動車の低燃費化に寄与する新しい軽量材料の研究、保護材の研究に寄与する、人工衛星に衝突する宇宙廃棄物の高速プロセスの研究を計画している。

[\(OSA News\)](#)

画像

<https://www.osa.org/getmedia/bed5f65e-4964-4472-a478-030b31eb4503/OpticaPublicity.aspx?width=200&height=142>