

M20220731_02_UCL

[針の内部](#)に収まる新しい光音響内視鏡

キングスカレッジ・ロンドン(King's College London)の研究者は、光音響イメージング内視鏡プローブを作製した。これは、内径がわずか 0.6 mm の医療用針内に収まる。

光音響イメージングは、光と音を組み合わせて 3D 画像を生成し、重要な臨床情報を提供できる。しかし、今日まで、その測定機器は大きすぎるか、前方視型内視鏡としての実用にはスピードが遅すぎるか、いずれかであった。

「従来の光ベース内視鏡は、表面の組織解剖学情報を解明するだけであり、大きなフットプリントになりがちである。われわれの新しい細い内視鏡は、細胞以下の組織構造や分子情報を 3D、リアルタイムで解明でき、介入医療機器に組みこめるほどに小さいので、処置中に組織の特性評価ができる」とキングスカレッジ・ロンドンのバイオメディカルエンジニアリング&イメージング科学、研究チームリーダー、Wenfeng Xia は説明している。

極細内視鏡は、UK の King's College London と University College London(UCL)との密接な協働により開発された。研究成果は、Biomedical Optics Express に発表された。それは、直径がヒトの髪の毛程度の 2 本の光ファイバで構成されている。

「この光音響内視鏡プローブのイメージング速度は、以前に報告されたモノよりも二桁高速である。最終的に、腫瘍生検など様々な侵襲性の少ない処置中に組織の 3D 特性評価ができる。臨床医がサンプルをとる適切な領域を狙う際に役立つので、診断精度向上となる」(Xia)。

光と音で見る

光音響イメージングは、光パルスが赤血球、DNA など体内の吸収構造に照射することで機能する。すると、その構造は、音響波を生成する。これは超音波センサーで検出され、画像形成に利用できる。画像は、分子、組織表面下からの構造的、機能的情報を解明できる。

ファイバベースの光音響内視鏡プローブが開発されているが、それらは通常、大きな超音波ディテクタを必要とし、イメージング速度が遅い。新研究ではチームは、波面ベースビーム成形と光ベース超音波検出、およびデバイスを整序する高速アルゴリズムを組み合わせることでこれら課題の両方を克服した。この独自の組み合わせにより、イメージング速度を犠牲にすることなく、極めて小さなプローブを作ることができた。

新しいプローブは、2 本の細い光ファイバを使う。一方は、パルス光をデリバーし、音響波を生成するために使用、他方は超音波検出用。励起光には、高速デジタ

ルマイクロミラーデバイスを使って強く集束した光スポットをスキャンする。このデバイスは、100 万近い微小ミラーを持ち、数万フレーム/秒で独立の反転し光の波面を変える。それが迅速に集束しスキャンできるようにするためである。

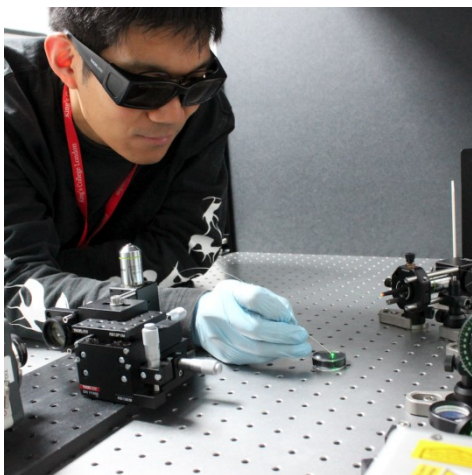
超音波検出のためにユニバーシティ・カレッジロンドンの研究者は、光マイクロ共振器を開発した。これは、光を閉じ込める微小構造で、光ファイバ端に作製することができる。音波が、そのマイクロ共振器に当たると、その厚さが変わり、次にファイバに反射して戻る光の量を変更するので、音響波の光学検出ができる。

血液細胞のイメージング

新しいデバイスを実証するために研究チームは、それを使って、径 100 μm エリアをカバーするマウスの赤血球の高解像度画像を取得した。「われわれは、約 3 フレーム/秒でこれを実行できた。そのニードルプローブは、画像をリアルタイムでスティッチングすることで視野を著しく拡大するようにスキャンできることも示した」(Xia)。

研究チームの指摘によると、イメージングパフォーマンスは、プローブスキン時に、それほど劣化しない。つまり、適度のファイバベンディングの影響は受けない。しかし、臨床利用に進むには、複雑なファイバベンディング、セミリッジ構成がイメージングパフォーマンスにどのように影響するかをさらに研究する。また、イメージング速度向上のために人工知能(AI)も利用する。

「この研究は、光音響内視鏡プローブの開発に焦点を当てていたが、励起光をデリバーするために使われる高速の方法は、他のイメージング法に組み込むためにも利用できる。例えば蛍光イメージング、ラマン顕微鏡、2 光子顕微鏡など」と Xia は付け加えている。



研究チームは、内径わずか 0.6 mm の医療用ニードルに収まる光音響イメージング内視鏡を作成した。

(Image Credit: Tianrui Zhao from King's College London)