耳の奥深くを探る テラヘルツ近接場イメージング

早稲田大の研究チームは、大阪大のレーザー科学研究所、神戸大、米ジョージア工科大（Georgia Institute of Technology）、岡山大の異分野基礎科学研究所の研究者らと共同で、内耳にある螺旋状の器官で聴覚を担う、つまり音波を神経信号に変換する蝸牛を観察するための3次元テラヘルツ近接場イメージング技術を開発した。

蝸牛は内耳の繊細な位置にあるため、従来のイメージング法ではミリメートル単位の焦点サイズまでしか得ることができず、観察が困難である。

テラヘルツ放射を用いるシステムはエネルギー放出量が小さく組織に害を及ぼさないため、生物イメージングに最適である。また、近赤外光（NIR：Near-infrared）や可視光に比べて散乱が少なく、骨を透過してイメージングできるが、水分含有量や細胞構造の変化に敏感である。

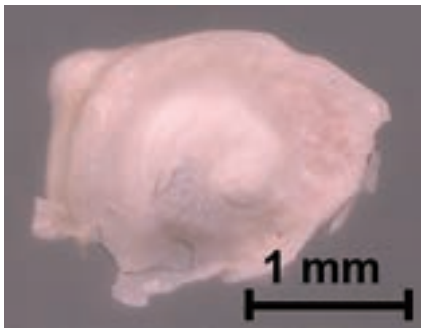
早稲田大の准教授で研究チームのリーダーである芹田和則氏は、「内耳の蝸牛は骨に囲まれている」と話す。「光は透過できず、X線は曝露される器官に放射線リスクをもたらす。従来の手法では安全に内部を観察する手段がなかった」。

内部を観察することは、適切な診断を行う上で不可欠だ。

よく聞きなさい！

マウスモデルによる研究において、研究チームは直径わずか20μmのテラヘルツ点光源（テラヘルツ波発生源）を使用し、試料に直接光を照射した。これにより、耳の内部から反射するテラヘルツ波を検出できる。これらのテラヘルツ波を検出することで詳細な3次元画像を再構築し、CTスキャンと同様に試料の断面画像を表示できた。

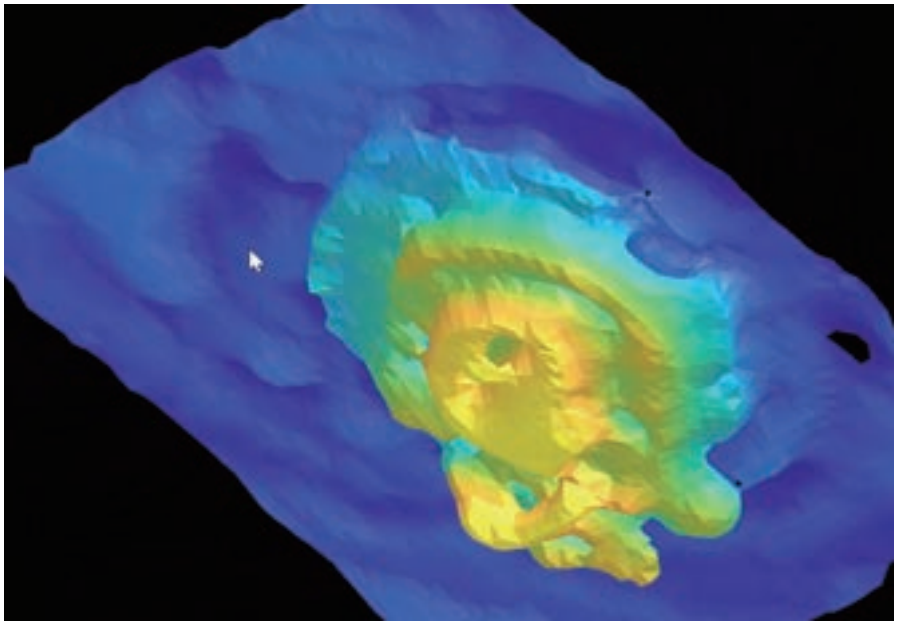
芹田氏は、「われわれのテラヘルツ点光源はマイクロメートルスケールのため、蝸牛の小さな内部構造を詳細に観察できる」と話す。



新しいテラヘルツイメージング手法は、マウスの蝸牛の内部構造をマイクロメートルレベルの空間解像度で可視化できる。摘出されたマウス蝸牛を示す

チームは当初、高解像度の2次元画像で蝸牛を撮影するためのイメージングシステムを構築し、その目的は達成した。その時、時間ドメインの波形も記録していた。芹田氏は、「偶然にも、そのうちの1つに小さな反射信号に気付いた」と振り返る。その後、画像と小さな反射を同期させることで、さらに発展して内側の3次元画像を取得で

研究者は、内耳を観察するためにテラヘルツ近接場イメージング手法を設計した



新たなテラヘルツイメージング手法による３次元点群と表面メッシュの再構築

きるかもしれないと考えた。

芹田氏は、「本当に高い解像度を実現した」と述べる。過去に3次元テラヘルツイメージングの報告は複数あるものの、空間解像度が十分ではなかったと指摘する。従来の手法では、このような小さな試料のイメージングは不可能だった。

今回の新しい方法ではレンズに依存していないと、芹田氏は説明する。その代わりに、非線形光学結晶内部の光からテラヘルツ波が生じる際に形成される、小さなテラヘルツ点光源を使用した。

芹田氏は、「この点光源はマイクロメートルスケールであるため、テラヘルツ波を用いて細胞のような小さな試料を測定できるようになる」と話す。

将来の展望

これまで、研究チームはマウスの内耳を採取、乾燥させてからテラヘルツイメージング技術をテストし、その有用性を評価してきた。次のステップは、より現実的な生物学的環境下で、実際の蝸牛に対して同手法の実現可能性を実証することだ。

芹田氏は、「蝸牛は耳の奥深くにあり、水であるリンパ液で満たされているため、いくつかの改善が必要だ」と話す。「システムを小型化して外耳道を通じて挿入できるようにし、より強力なテラヘルツ光源を開発して深部の構造物まで到達できるようにする必要がある」。

チームの最終目標は、生体内で聴力障害やその他の耳疾患を診断可能にすることだ。テラヘルツ波は、そのための方法の1つとなる可能性がある。

芹田氏は、「われわれの研究は、これまで診断が困難だった耳疾患に対する、新たな診断方法の開発につながるものかもしれない。本技術は、感音性難聴やその他の耳疾患を現場で診断できる可能性を秘めている」と話す。「将来、本技術は聴覚障害の早期発見にも役に立ち、患者に対して、早期治療とより良い治療結果をもたらす可能性がある」。

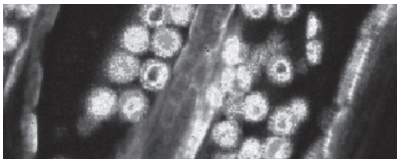
（JUSTINE MURPHY）

LFWJ

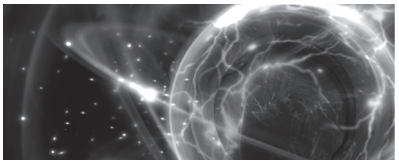
レーザー・光技術のお困りごとは
レーザー専門商社の
JLC JAPAN LASER
にお任せください!

レーザー加工

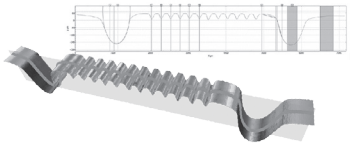
顕微鏡、バイオイメージング



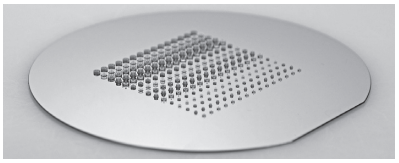
原子・分子・量子研究



検査・分析・評価



ナノフォトニクス、微細加工



光技術に関するご相談は
https://www.japanlaser.co.jp/
E-mail:jlc@japanlaser.co.jp
JLC JAPAN LASER 株式会社日本レーザー
本　社　〒169-0051 東京都新宿区西早稲田2-14-1
TEL: 03-5285-0861
大阪支店　TEL: 06-6323-7286
名古屋支店　TEL: 052-205-9711