



未来社会を革新する「テラヘルツ波」の実用を目指して

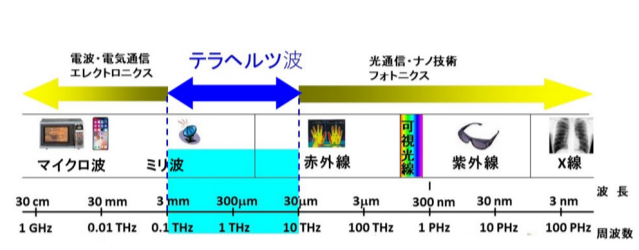
電波と光の中間周波数帯にあるテラヘルツ波は「未踏の電磁波」と呼ばれ、可能性を秘めながらも活用が難しい領域とされてきた。しかし近年の技術開発により、次世代の通信システムやバイオメディカル分野、半導体分野などへの応用研究が進み、産業界の注目を集めている。大学院情報生産システム研究科の芹田和則准教授は、光源開発をはじめとするテラヘルツ応用研究を行い、実用化に向けて取り組んでいる。

電波と光の性質を併せ持つ未知の領域

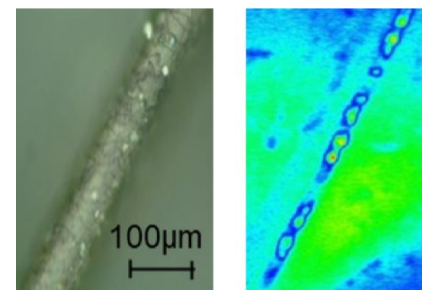
私たちの身の回りには、パソコンや携帯電話、テレビ、ラジオ、電子レンジなどさまざまな電化製品から電磁波が発生し、飛び交っている。電磁波には電波と光があり、照明のような可視光線や、自然界の赤外線や紫外線も含まれる。これらは周波数によって分類されており、ちょうど電波と光の間に位置するのがテラヘルツ波だ。周波数はおよそ100GHzから10THz、波長は約3mmから0.03mmの範囲に当たる。

「テラヘルツ波は、電波と光の性質を併せ持っています。電波のように物質を透過できる一方で、光のようにミラーに当てて反射させたり、レンズを使って集めたりすることも可能です。この性質を利用すれば、半導体内部や生体組織を非破壊で観察したり、X線検査と同じような検査をより安全に行ったりできる可能性があります。また、Beyond5Gの通信手段としても注目され、幅広い産業界から期待が寄せられています」と、芹田准教授は語る。しかし、テラヘルツ波は現時点でほとんど実用化されていない。空気中の水分や生体中の水に強く吸収されるため信号が弱くなりやすく、波長が長いことから空間分解能の影響で、小さなものを見分けることができない。また、テラヘルツ波を発生させる装置は大型でコストがかかるため、産業利用の大きな障壁となっていた。「例えば、携帯電話の電波は遠くまで簡単に届きますが、テラヘルツ波で送ろうとすると空気中の水分による影響を受けやすく届かないんです。医療現場で使おうとしても生体中の水分に強く吸収されてしまうので、ロスが大きくて感度が悪いことが大きな課題となっていました。芹田准教授は学生時代からテラヘルツ波に興味を持ち、研究に取り組んできた。「当時はこれから流行するといわれ、何に使えるかは未知の分野でした。学生時代の研究で自作したテラヘルツ顕微鏡でたまたま自分の髪の毛を計測したら、普通に見るのとは全然違って、構造がきれいに見えて面白かったです。これをきっかけに興味を深まり、身の回りにあるいろんな物を測ってみました。学んでいくうちに社会で多様なニーズがあることが分かり、実用化に向けた技術開発を目指すようになりました。」

テラヘルツ波 (THz波) とは

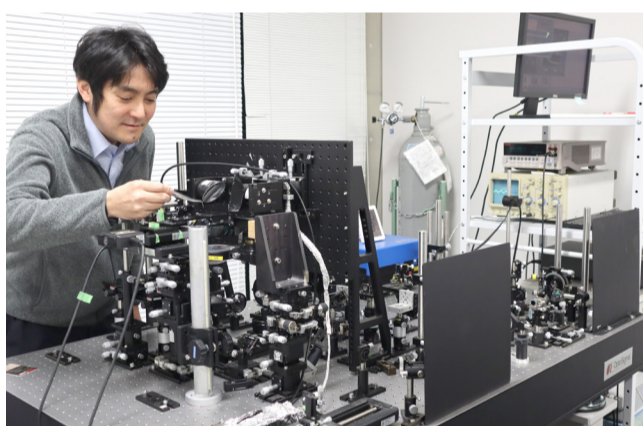


周波数 100 GHz から 10 THz の電磁波



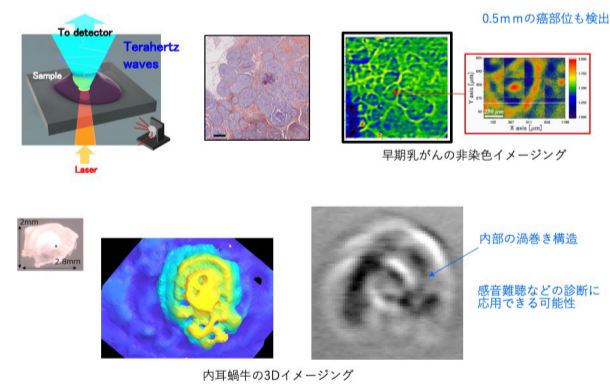
右がテラヘルツで見た髪の毛

産業界で実用するために新しい技術を開発



実用化の壁となっている課題を解決するために、研究室ではテラヘルツ波の新しい光源開発に取り組んできた。光からテラヘルツ波への波長変換プロセスで生成する「テラヘルツ波点光源」と呼ばれる高密度で非常に小さい光源を作る技術を持っている。この点光源を利用し、高感度でコンパクトなセンサーや、微細構造を観察できるテラヘルツ顕微鏡など、さまざまなデバイスの開発を進めている。「テラヘルツ波を自由に制御できるメタマテリアルという特殊な構造があります。これを動作させるのに、これまでは数千〜数万個の素子が必要でしたが、私たちの研究ではより少ない数百〜数千個でも高性能に動作させることが分かってきました。現在、コンパクトで高感度にオンオフを制御できるフィルターやセンサーの開発に取り組んでいます。また、研究室ではバイオメディカル分野への応用を積極的に進めている。テラヘルツ波は前述の通り水分に強く吸収されるため、生体を対象とした計測は特に難しい分野とされている。一方で、それは従来技術では見えなかった情報を取得できる可能性があることを意味しており、新たな発見が期待されている領域でもある。研究室では、細胞などの小さな物質を非破壊で観察できる新しいタイプのテラヘルツ顕微鏡や、微量溶液を高精度に測定できるバイオケミカルセンサーを開発し、0.5mm未満のごく初期のがんの迅速な識別や、DNA構造、血糖値などの極微量評価に挑戦している。2025年には、神戸大学の医師をはじめとする研究グループと共同で、耳の奥にある器官「内耳蝸牛」内部の非破壊3D観察に世界で初めて成功した。難聴の多くは内耳蝸牛の障害が原因といわれるが、X線では被ばくのリスクがあり、内部を非破壊で観察することができなかった。今回の成果は、経過観察しか手段がなかった耳の病気を見える化し、難聴の診断や医療用デバイスの開発に新たな希望を与えている。「蝸牛の内部を見ることができないか」という相談を受け、この研究を始めました。非常に小さなサンプルを我々の技術で見えたら、蝸牛の構造が見えてきたんです。これは使えるかもしれないと思い、独自の点光源の技術と画像解析を組み合わせて、解像度の高い3D観察を実現できました。さらに詳細の情報を得られるように、今も研究を進めているところです。」

バイオメディカル応用



テラヘルツ技術が Beyond 5G 時代を拓く

これから迎えるBeyond 5G時代、通信の世界はさらに大容量・超高速に変化を遂げていく。そのカギとなるのがテラヘルツ波といわれる。現在利用されているマイクロ波やミリ波などの電波と比べ、テラヘルツ波は光に近く周波数が高いため、大量のデータを一瞬で送ることができるのだ。バイオメディカル分野においては、人体への安全性の高さから医療機器への導入が期待されている。テラヘルツ波は水分に吸収される性質があるが、プラスチックやセラミックス、紙などの非金属材料には透過性がある。中を開けたり壊したりすることなく内部を観察でき、医薬品や工業製品の品質検査を非破壊・非接触で行うことが可能だ。特に高精度な評価が求められる半導体分野で、テラヘルツ検査のニーズが高いといわれる。

こうした状況を踏まえ、芹田准教授は「テラヘルツ技術はまだ普及していませんが、社会に貢献できる分野です。これまでの技術と研究を組み合わせたり、アップグレードしたりして、現場で使えるような技術にしていきたい」と話す。

医療の現場で使える技術に向けて

テラヘルツバイオフォトリクスの創成



一つの大きな目標としているのが、医療現場への応用だ。例えば、テラヘルツ技術で収集した生体情報のデータベースと医療現場をつなぎ、リアルタイムで診断し、手術に活用するような「オンサイトインテリジェント手術」への応用も目指しているという。

「10年後、20年後に、皆さんが普通にテラヘルツという言葉を使う社会にしたいというのが夢です。例えば、『ちょっと今日は病院で〇〇の検査とテラヘルツでの検査もしてくる』という会話が日常になるとか。そんな社会になれば、貢献できたのかなと思います。これから発展していく領域なので、興味のある学生はぜひ飛び込んできてほしいですね。質問があれば気軽に声をかけてください。」