

京都大学次世代開拓研究ユニット助教 工学博士・理学博士 岡田 隆典 氏 / Takanori Okada

「光励起構造体」がもたらした センシング技術の革命、テラヘルツ領域の光を 活用した技術は大きな前進を遂げている

「テラヘルツ」という周波数帯の光に注目し、研究を重ねてきた京都大学助教の岡田隆典博士。フェムト秒パルスレーザを使ったテラヘルツ光の発生、加えて、光を使ってこの光を制御する、世界に先駆けたテラヘルツ光技術にたどりついた。光だけで作る擬似金属という概念が自由度の高いセンシングへの道を開いている。テラヘルツ光技術の開花は間もなくである。



岡田 隆典氏

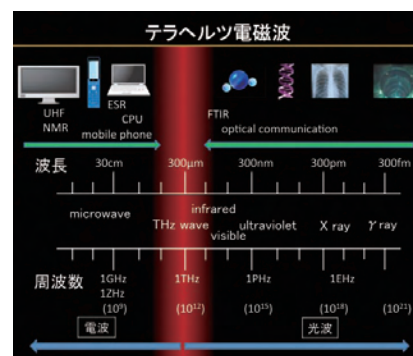
1999年東北大学工学部応用物理学科卒業、2005年大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程後期修了。博士課程在学中、パリ第6大学固体物理学部門留学。2005年京都大学大学院理学研究科21世紀COE研究員。2006年から京都大学次世代開拓研究ユニット助教。2008年村田学術振興財団研究助成受贈。

テラヘルツ光という光の魅力、 優れた透過性をもつ未踏の光

テラヘルツ (THz) 帯の光、テラヘルツ光は、分光学的には遠赤外線ともいわれ、電波としてみる通信分野ではサブミリ波などといわれている。1THzは波長300 μ mで、1THz付近は広義のマイクロ波と重なり、周波数が高くなると赤外線と重なってくる。テラヘルツ光に近いマイクロ波は、空港のセキュリティチェックで、銃やナイフなどの金属探知に活用されているが、テラヘルツ光はさらに優れた特長ある透過性を持つ。波長が短いため鮮明な画像が得られることや水分画像も得られるなどの特徴から、物体の非破壊検査にも使用できる。エネルギーが高いX線とは違い、検査にあたって特別な配慮は要らない。また、「指紋スペクトル」と称する個々の物質に特徴的な吸収スペクトルがテラヘルツ領域にあり、薬物などの判定にも利用できる。たとえば、封筒に入った薬物の検査ができる。アスピリンか、覚せい剤か、麻薬かが開封しなくてもわかるわけだ。

岡田博士は、このテラヘルツ光の研究を行っている。「子どものころから光に興味があり、大学に進んでからも光物性の研究を始めた。そのとき、恩師、伊藤正先生(現大阪大学ナノサイエンスデザイン教育研

究センター特任教授)の指導のもと、光と電子、加えて磁性体との相互作用に没頭した。この3つが絡み合って複雑なおもしろい現象が起きることに注目してきた」と語る。その後、京都大学でテラヘルツ光と出会い、「未踏の光」といわれているものへの可能性に挑戦することになった。テラヘルツ光そのものの存在は以前から知られていたが、具体的な研究が進んだのは近年、まだまだ開発途上にある分野である。



周波数1テラヘルツ (THz) の電磁波の波長は300 μ m。数THzのテラヘルツ光は、物体の非接触検査、非破壊検査に適している。物質固有の指紋スペクトル (Finger Print) を利用して封筒内の薬物を見分けることも可能。

「光励起構造体」、 研究に欠かせないキーワード

テラヘルツ光を発生させる方法は種々あるが、岡田博士は光伝導アンテナか

電気光学結晶に「フェムト秒パルスレーザ」を照射して発生させる。これは、パルス幅が数十から数百フェムト秒、フェムトは10のマイナス15乗、つまり1兆分の1秒以下の極端に短いパルスのレーザ。テラヘルツ光の研究には、そのレーザを発生させる装置を使う。

岡田博士の研究テーマは「テラヘルツ光を使ったセンシング」。サンプルにプリズムを通してテラヘルツ光を当て、反射してきた光を計測する、全反射減衰法(ATR法)という手法を用い、極微な反射の応答を計測しようとしている。これは、京都大学で博士研究員をしていた研究室の教授、田中耕一郎先生(現京都大学物質・細胞統合システム拠点教授)が開発した手法だ。この計測の際に、反射面を「励起」させる。励起とは、外部からエネルギーを与えることで、電子がエネルギーを受け取り、原子核の拘束を離れて自由電子になること。自由電子が存在する部分は金属のような導電性を示す。この励起を使って、光で「擬似金属」の構造体を作り、その構造体の形状を格子や穴、円形などに変えることによって、さまざまな物質のセンシングに役立つようというのが研究の狙いだ。

金属の周期構造はフィルタなどテラヘルツ光の光学素子として使われている。光励起で擬似金属の周期構造を作り、それをテラヘルツ光用のフィルタとして用いる。光で作る擬似的なものの、次々と入れ替えられ、何度でも使えるなどの特徴を持つ。この光励起構造体とプリズムを使った方法は世界でもまったく新しいものだった。岡田博士は「偶然にもテラヘルツ光とプリズムの組み合わせが成功につながった」という。

非破壊、非接触のセンシング、その可能性は高まるばかり

テラヘルツ光を使った計測技術はさまざまなところに応用されようとしている。たとえば、医療への応用では、皮膚

がんなどの早期発見、血液の状態検査、包装薬の誤成分チェックなど。また、高密度化する半導体において、従来の検査方法では限界に達しつつあるLSIチップの断線検査にも有効だ。さらに、半導体では不純物密度の計測が重要だが、テラヘルツ光を使えば非接触、非破壊でセンシングが可能。食品中のグルタミン酸を非接触で検出することができれば、うまみの程度もわかる。グルタミン酸の指紋スペクトルを利用すれば可能になるわけだ。

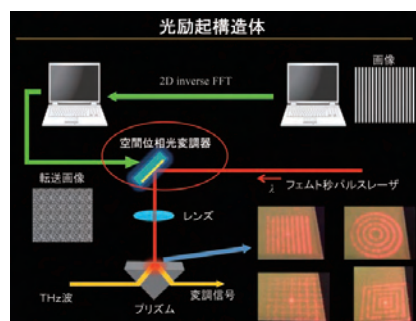
実際に、このような分野で光励起構造体を使った計測が実現するか否かは、設備やコストなどに左右される。しかし、ある周波数だけを通す光が作れるということは、その周波数に反応するキャリアを特定できるようになるわけで、微細なものや内部の分子構造をセンシングできる技術が確立することになる。最近の技術の進歩から、数年以内にはテラヘルツ光を使ったセンシングが実用化され、さまざまな産業で応用が広がる可能性が取り沙汰されている。

残る課題を克服し、技術の実用化を目指したい

光励起構造体は、まだまだ研究段階。光で金属のようにふるまう構造体を作るという研究になる。物体が反射する光でその物体が何かわかることは誰も

が認識しているが、その光が目に見えない光であっても同じことがいえる。最も身近にありながら、まだまだ多くの可能性があるのが光。21世紀になり、光に関する研究が大きく進み、特にテラヘルツ帯の光は、産業界では高密度実装、微細加工、コンピュータ構造の分野にも生かされようとしている。通信でも大容量で超高速の情報通信が可能になるのがテラヘルツ帯の技術だとされる。

「光を使ったセンシングの研究を進めるうちに、テラヘルツ光に出合い、光励起という技術にたどりついた。試行錯誤しながらも、プリズムを使ったことをはじめ、いくつかのブレイクスルーがあり、光励起構造体を利用したセンシングに成功した」と岡田博士は振り返る。しかし、「研究はまだまだ始まったばかりで課題も多い」とも。特にテラヘルツ光は、空気中の水蒸気により吸収されるため、大気中の水分を除いて実験しなければならない。さらに、より高強度で波形のそろったテラヘルツ光の発生、それをリアルタイム・高感度で検知できる機器も必要となっている。「うまく産業界とも連携をとって、早くテラヘルツ光を役立つ技術として確立したい」と岡田博士。村田製作所もこの夢ある技術への取り組みを進めている。これからも議論を深める関係が続きそうだ。



フェムト秒パルスレーザを使って半導体表面を励起し、金属のように自由電子を持つ仮想の構造体を作る。これを使って光を制御する。

