

<計画研究代表 自己紹介>

研究項目 A01:計画研究イ

「構造共鳴を利用したテラヘルツ波メタマテリアルの作製と機能」

萩行 正憲(大阪大学)

A01 班計画研究イ代表の萩行です。自己紹介ということですが、どのようにしてメタマテリアル研究に行きついたか、ということについて述べさせていただきたいと思います。

私は、1981年に京都大学大学院理学研究科物理学第一専攻を修了しましたが、光物性を専攻し、学位論文のタイトルは「 NaNO_2 のホットルミネッセンス」でした(指導教官は故中井祥夫先生、直接の指導は加藤利三先生)。その年に大阪大学工学部応用物理学科の三石明善先生の研究室の助手に採用され、主に中島信一助教授とともにラマン散乱の研究を行いました。研究室は固体の低エネルギー分光が専門ということで、三石先生と服部武志助手は主に赤外分光、中島先生と私はラマン分光という分担になりました。物質としては、初期には、当時電荷密度波が現れる低次元金属として興味を持たれていた遷移金属ダイカルコゲナイドを研究していました。それと同時に、光音響分光法やミリ波サブミリ波干渉分光計の開発を行いました。1980年代末になると、高温超伝導体が発見され、私もおっとり刀でラマン散乱やミリ波分光の研究を行いました。応用物理学科にいと、純粋物理とは異なる研究についての見方があり、そのことを学んだのがメタマテリアルという、純粋物理でもなく、また、技術だけというわけでもない分野に入ったことに影響していると思っています。

三石研の助手時代はいろいろ手を出しましたが、総じてうまくいかないことが多かったと思います。三石先生が退官されたこともあり、1990年に阪大の超伝導エレクトロニクス研究センターに助教授として移りました。それまで超伝導研究に本腰を入れていたわけでもなく、また、エレクトロニクスも素人で、しかも、センターのたった一人の教授は超伝導磁石を用いた電力貯蔵が専門で、私は何をしたらよいか全く五里霧中でした。超伝導エレクトロニクス研究用の



2008年3月阪大レーザー研を訪れた Veselago 先生と



装置もなかったもので、開発したミリ波分光装置を使って、超伝導体のミリ波分光を細々と行っていました。ただ、その装置開発の過程で、現在テラヘルツ時間領域分光法(THz-TDS)として知られている手法を知り、それがとても斬新であることに感銘を受けました。この手法では、半導体光伝導アンテナをフェムト秒レーザーで励起し、テラヘルツ波を放射させます。そこで、センターに移った私は、高温超伝導体でこのデバイスを作り、超伝導電流を流し、フェムト秒レーザーでクーパー対を破壊したら、超伝導電流の超高速変調によりテラヘルツ波が放射されるのでは、と予想しました。1995年に、当時の郵政省通信総合研究所関西先端研究センターの協力により、実験に成功しました。

この実験成功から、私の研究状況が全く変わりました。まず、研究のモチベーションが一挙に増大し、毎日、新しい実験のアイデアを思いつくようになりました。高温超伝導体からのテラヘルツ波放射現象は、超伝導そのものの性質が反映されていてとても興味深い性質を示すことがわかりました。もともと分光屋なので、強磁場を含む THz-TDS の様々なバリエーションの開発や、半導体、超伝導体、さらには、生体関連分子の分光への応用も行いました。2000年頃には、フォトニック結晶にも興味を持ちましたが、これが人工構造体の研究を始めることになるきっかけです。当時、千葉大の大高先生(理論家でフォトニック結晶の創始者のひとり)が東北大や理研の実験家と共同で2次元誘電体球配列のミリ波スペクトルを測定されていましたが、測定範囲や精度が十分ではありませんでした。私は、THz-TDS で測定すれば圧倒的に高精度・広周波数帯域のスペクトルが得られると考え、大高先生と共同研究を行いました。その結果、理論どおりの実験結果が得られ、大高先生には大変喜んでいただきました。同じころ、ある雑誌にフェムト秒励起テラヘルツ波のマッピングにより超伝導電流を可視化するという解説記事を書きましたが、そのひとつ前の解説記事が、Ebbesen らの金属薄膜に周期的に開口を配列した系(MHA)における異常透過現象の論文を紹介したものでした。それは光領域でなされた仕事でしたが、テラヘルツ領域でやればもっと簡単だ、というのが当時私が思ったことです。MHAは、現在ではプラズモニクスにおける顕著な現象として、メタマテリアルの会議でも発表が多く、また、Ebbesen は 22 年度のトムソン・ロイターのノーベル物理学賞候補に選定されています(ちなみに、Pendry は 21 年度)。この MHA の研究は、博士課程として入ってきた宮丸君(現信州大)が行いました。光領域と違って、いろいろな構造が簡単にでき、また、可動にもできるので、光領域の研究に先駆けていろいろな結果を得ることができました。

2004年ごろからメタマテリアルという言葉が聞かれるようになったと記憶



していますが、MHA 研究の延長として興味は持っていました。2005 年に参加したクレタ島で開かれた PECS 会議では、研究のメインストリームが既にフォトニック結晶からメタマテリアルに移り始めていました。石原照也先生は、このことに特に強い印象を受けられ、その後の特定領域や新学術領域のメタマテリアルプロジェクト応募に繋がっていきます。私の方は、当時は、テラヘルツ関連の応用研究で科研基盤(S)や文科省のリーディングプロジェクトをやっていたため、本格的にメタマテリアルの研究に没入することではなく、やや横目で見ながら参加しておりました。しかし、その後、テラヘルツ領域に参入する研究者は爆発的に増え、「猫も杓子も」状態になってきました。それで、単にテラヘルツ分野で研究をするだけでは生き残りは困難と考え、新しい分野であるメタマテリアル研究をより積極的に進めるべきだ、との考えに至りました。メタマテリアルは、単に物づくりではなく、物の見方の変更を要求します。これは、マネージメント業が多くなってくる我々のような年代にとっては相当きついのがあります。ということで、正直「メタマテリアル」になじむにはやや時間がかかりました。今でも、本当になじんでいるかどうか、不安になります(領域代表者がそれでは困る、という声も聞こえてきそうですが、そういうことも含めて新しいメタマテリアル概念を我が国から発信しよう、というのが本領域の目的のひとつでもあります。)

私の研究室は、センターに属していて学生数はあまり多くありません。圧倒的なマンパワーで大量のデータを出すようなやり方はなかなかできません。それで、高速で簡便に試料作製が可能な超微細インクジェット(SIJ)プリンタを導入し、様々な試料を作製しています。いろいろなものに金属線を書いて 200°C くらいで熱処理するだけ、という優れたツールです。試料を提供することで、多くの研究者と共同研究することが可能になります。以前は、THz-TDS 装置を持っているだけで有利でしたが、今は、一般に普及し多くの研究室で日常的に使われています。強磁場・低温というユニークな装置は保有していますが、それだけでは、独自性を保つのは困難な状況になってきました。SIJ プリンタは、テラヘルツ光伝導素子のようなアクティブな素子の作製にも用いることができるので、今後、活用していきたいと思います。テラヘルツ領域での試料が必要という方は、ご相談いただければ、できるだけ対応いたします。

以上、思うままに書いてきましたが、皆様方には、これからいろいろお世話になると思いますので、何とぞよろしく願いいたします。