

# テラヘルツ波の実用化に向けて

服部利明

数理解物質科学研究科助教授

## 1. テラヘルツ波とは

テラヘルツ波とは、より正確にはテラヘルツ電磁波といい、いわゆる電波と光波の境界に位置する電磁波の一種です(図1参照)。「テラヘルツ」(THz)とは、その周波数が毎秒10の12乗ほどであるという意味です。テラヘルツ波は、これまでその発生や制御・検出が困難であったため、その利用や研究があまりなされてこなかったのですが、最近の周辺技術の進歩に従って、注目されるようになってきました。電磁波とは、電場と磁場とが交互に振動しながら空間を伝搬していく波であり、いわゆる電波や光、

엑스線なども電磁波です。では、テラヘルツ波とその他の電磁波とはどこが違い、またどのような特徴を持っているのでしょうか。

電磁波は、その波長あるいは周波数によって分類されます。一般に、電磁波の周波数を $\nu$ 、波長を $\lambda$ とすると $\nu\lambda = c$ が成り立ち、 $c$ は電磁波が伝わる媒質ごとに決まっています。真空中では毎秒約30万キロメートルの定数です。つまり電磁波の周波数と波長とは互いに反比例する関係にあります。電磁波のうち、周波数の低い(または波長の長い)ものは一般に「電波」と呼ばれ、その波長によって、極低周波(波長10 kmから100 km)からサブミリ波(波長0.1 mmから1 mm)まで、細かく呼び名が決まっています。いっぽう、より短波長の電磁波は、目に見える可視光(波長約380から780ナノメートル。ナノは10のマイナス9乗を表す。)を中心として、より長波長側が赤外線、短

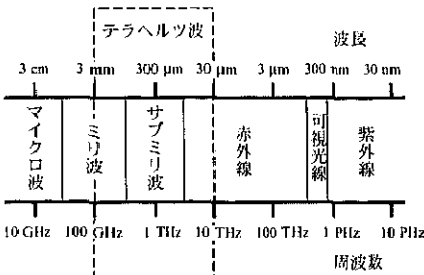


図1 電磁波のスペクトル

波長側が紫外線と呼ばれており、紫外線より短波長にはエックス線やガンマ線と呼ばれる放射線の領域があります。

このように広い周波数（または波長）範囲にわたる電磁波を、おおまかに、波長の長い「電波」と波長の短い「光波」とに分けることができます。電波は、電気回路やエレクトロニクスの世界に属します。電波を発生させ制御するには、発振・増幅回路やアンテナを用います。それに対して、光波は光学の世界に属します。光波を発生させるには、ランプやレーザーを用い、その制御には鏡やレンズを用います。電波も光波も  $v\lambda = c$  という同じ法則に従うのですが、その扱いはまったく異なります。そしてこの二つの領域の境界に、どちらからもアプローチの難しい、いわゆる「テラヘルツ・ギャップ」が存在しました。この周波数領域の電磁波は、これまでほとんど利用されることがなく、またその利用技術に関する研究もあまり進んでいませんでした。

## 2. テラヘルツ波の応用

ところがこの数年ほどの間に、「テラヘルツ波」が急速に注目を受けるようになってきました。その背景には、電波と光波の両方の領域からテラヘルツ帯域に向けての研究が盛んにおこなわれ、基盤技術の進歩が著しいこと、また、その技術的進歩を

背景として、テラヘルツ波の利用法がいくつか具体的に提案されてきたことがあると思います。その中でも代表的な応用例がセキュリティ関連への利用です。

エックス線を発見したレントゲンが脚座にそれを透視画像撮影に利用したように、数年前にテラヘルツ波の利用が注目されだすと、最初におこなわれたのがイメージングへの応用でした。これは、我々人間が可視光を使って物を見ているように、テラヘルツ波を使っていろいろなものを見ることです。テラヘルツ波は、波長が数百マイクロメートル程度と比較的長いため、紙や布、粉などのような表面のざらざらしたものによる散乱を受けにくく、そのためそれらのものを通り抜けて、その向こうにあるものを透視することができます。この性質は、衣服の中に隠し持った刃物の検出にもってこいです。テラヘルツ波はエックス線とは異なり、人体に有害でもありません。さらにテラヘルツ波は、その波長によって、いろいろな物質を透過できる割合が異なるため、麻薬などの薬物や、爆薬などの危険物を特定して検出することも可能です。封筒の中の薬物や細菌のような物質の検査は信書開封に当たるため、従来は難しかったのですが、テラヘルツ波を使うと、封筒の紙を透視して、中の薬品の種類や形を特定することができます。

### 3. テラヘルツ波研究者との交流を通して

テラヘルツ波は、電波と光波の境界にあり、またこの分野は新しく発展している研究分野ですから、他のいろいろな分野から、いろいろな知識や技術を持った研究者が参入しています。筆者自身もその一人で、もともと超短パルスレーザーの研究をしていたのですが、数年前に、超短パルスレーザーを使ったテラヘルツ波パルスの発生に関する研究を始めたのです。図2に、筆者らが開発中のテラヘルツ波発生素子の写真を示します。テラヘルツ波の発生法には、それ以外にもいろいろあり、それぞれの分野の専門家がいろいろな手法を持ち込んでいます。非線形光学の専門家は、二つのレーザー光の差周波を用いていますし、エレクトロニクスの専門家は、高速回路で直接テラヘルツ領域の発振を目指します。また、半導体技術によるレーザー、電子管、自由電子レーザーなど、さまざまな方法が研究されています。いろいろな研究会や委員会に参加することにより、いろいろな研究者と交

流することができることは、大変楽しいことです。それぞれ学問的なバックグラウンドが異なるのですが、「テラヘルツ波」という一点において交わっている、同じ言葉を用いて議論できるということは、なかなか経験できない貴重な機会だろうと思います。そのような議論の中から、新しいアイデアが生まれてきます。

最近、政府の科学技術・学術審議会で、国として戦略的に推進すべき基幹技術の候補10項目のうちの一つに、テラヘルツ域の実用光源、計測・分析技術等の開発が挙げられました。ますますいろいろな分野からの参入者が増えることだと思います。これからどのような出会いがあるのか、そしてそこからどのような研究が発展するのか、楽しみにしています。

(はっとり としあき/電子・物理工学)

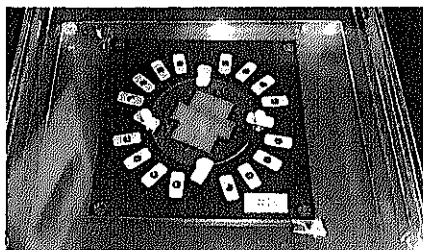


図2 筆者らが開発中のテラヘルツ波発生素子