

メタマテリアルに期待する

迫田 和彰

(物質・材料研究機構)

メタマテリアルの勃興期には、最も特徴的な新現象として、負の屈折率やそれを応用した完全レンズなどが精力的に研究された。これがセンセーショナルに喧伝されたこともあって、メタマテリアルとは負の屈折率を実現する手段である、とかなり狭くメタマテリアルを捉える向きもあったようである。しかし、今日では、対象とする電磁波の波長よりも小さな構造物一般を指す名称、という定義が定着したようだ。さらには、電磁波に限らず波動一般について、波長よりも小さな構造物をメタマテリアルとよんで（音響メタマテリアルなど）、新現象を開拓する試みも盛んに行われている。

電磁波の場合について改めてメタマテリアルの意味を考えてみると、これは誘電率や透磁率を用いて記述される媒質中の“巨視的”電磁場の再定義である。媒質中の電磁波は無数の原子や分子の影響を受けながら伝搬するが、1つ1つの原子や分子の影響を個別に取り入れてマクスウェル方程式を解くことは現実問題として不可能である。幸い、可視光やさらに低周波数の電磁波の波長は、原子や分子の大きさと比べて1,000倍以上大きい。そこで、原子や分子よりは大きく、対象とする電磁波の波長よりは小さいスケールで電磁場の平均値をとり（粗視化し）、媒質は誘電率などで記述される連続体と考えることで、私たちになじみの深い巨視的電磁場のマクスウェル方程式が導かれる。

ところが、メタマテリアルの場合には媒質自体が波長よりも小さいスケールで構造をもつので、誘電率や透磁率に2通りの定義が可能である。1つ目は、原子や分子よりは大きく、メタマテリアルよりは小さなスケールで粗視化を行うやり方であり、従来と同じ巨視的電磁場が定義される。2つ目は、メタマテリアルよりは大きく、電磁波の波長よりは小さなスケールで粗視化を行うやり方であり、負の屈折率や透明マントなど、以前には想像もしなかった新現象が導かれた。後者の視点に立てば、メタマテリアルにはまだまだ多彩な新現象実現の可能性が秘められているように思われる。基礎、応用の両面で、メタマテリアル研究のいつそうの発展に期待したい。