

# 光メタマテリアルの社会貢献と課題

理化学研究所 光量子工学研究センター  
メタフォトンクス研究チーム  
田中拓男

## 1. はじめに

「オプトメカトロニクス先端技術の光と影」という視点から、光工学技術の発展が社会にもたらす貢献と課題を AI 技術の発展も含めてというお題を頂戴した。このお題に沿って、筆者が研究している光メタマテリアルを中心に、研究成果の現状と AI の利用状況を紹介しながら、その社会への貢献と課題を紹介したあと、「光と影」という視点から思う所を述べてみたい。

これから紹介するメタマテリアルとは、電磁波の波長よりも細かなナノ構造を用いて人工的に作り出した疑似物質である。この研究分野は今世紀の初め頃、マイクロ波の領域で生まれた。マイクロ波の波長は光の波長と比較すると長いので、マイクロ～ミリメートルスケールの加工技術があれば、マイクロ波用のメタマテリアルを作る事はできる。一方、光の領域、特に可視光に対応できる光メタマテリアルを作るには、ナノメートルスケールの構造が必要であり、当時はそのような極微細な構造を作る事は難しかった。それから約四半世紀が経った今、最先端の半導体デバイスの加工技術の急速な進歩などのおかげで、光メタマテリアルを実際に加工することができるようになってきた。

光メタマテリアルでは、光と強く相互作用する共振器構造をナノメートルスケールで設計して加工・集積化する。そしてこの構造と光との共鳴相互作用を利用することで、自然界の物質が持たないような特異な光学特性を人工的に発現させることができる。そのような特異な特性を持つ物質の一例は負の値の屈折率を持つ物質で、メタマテリアルはこれをつくり出す手段の1つとして注目された。負の屈折率を持つ物質は無限の空間分解能を持つ「完全なレンズ」の実現に繋がる事が理論的に示唆されていたからである<sup>1)</sup>。これ以外にも、光学迷彩の実現や、2次元版のメタマテリアルである「メタサーフェス」を用いた新奇デバイスなど、光メタマテリアルは最先端の光学技術の1つとして世界中で活発に研究されている。本稿ではこの光メタマテリアルを用いて作ったレンズである「メタレンズ」に関する研究成果を中心に紹介してゆく。

## 2. メタレンズ

メタレンズとそれに関する我々の研究成果のいくつかについては、2年前の本紙で紹介したので、詳細はそちらを参照いただきたいが、少しの重複を許していただいてその概要だけ紹介しておく<sup>2)</sup>。

メタレンズは、ほとんどの場合、2次元版のメタマテリアルである「メタサーフェス」を基本として設計される。このメタサーフェスの起源は、2011年にハーバード大のCapassoのグループがScienceに発表した論文にあると言って良いだろう<sup>3)</sup>。彼らは、Si基板の表面に金属製の共振器構造を配列させた構造を提案した。配列された共振器は少しずつ形状が異なっており、これらに光波が照射されると共振器の形の違いによって透過もしくは反射する光の位相が僅かに変化するように設計されている。そしてこれらの共振器をうまく並べると、透過光の波面を思い通りに操作できることが示された。この論文では、まだメタサーフェスという言葉は使われていなかったが、後にこのような2次元平面状のメタマテリアルをメタサーフェスと呼ぶようになった。