

3次元を目指す メタマテリアル・クローキング手法

米テキサス大学オースティン校の研究者らは、自由空間内の巨視的物体を対象とした、全視野角範囲にわたる3次元における検出からの「クローキング」に初めて成功した。この手法は、電磁スペクトルのマイクロ波領域において実現されているが、原理的にはそれよりもずっと短い波長に適用可能である。クローキング応用にメタマテリアルを使用する研究は近年、ますます盛んにおこなわれており、いくつかの成功事例も発表されているが、それに固有の制約がある。複数の入射角および視野角に対して実現された手法はほとんど存在しない。

今回の実証結果によって、何年にもわたってプラスモニック・メタマテリアルの使用に挑戦し続けてきたアンドレア・アル氏は、長年の念願だった原理の証明をついに成し遂げた。同氏はこれまで、メタマテリアルにおける「変換光学」(transformation optics)の分野

の進展に関心を抱き、着目してきた。最も一般的なこのクローキング手法では、人工的に作られた材料のナノスケール構造によって、正確に定められた経路に従って物体を迂回するように光波を導き、物体を観測している側からは、あたかもそこに物体が存在しないかのように見せる。しかしこの手法は、基本的には2次元に制限されると同氏は述べる。

「ごく最近、鏡や反射体で膨らみを隠すといった、この『カーペット・クローキング』に関する多くの研究が発表されているが、それらはまだ、われわれが本当に求めているものではない」と同氏は説明する。「今回の新しい論文におけるわれわれの目標は、3次元に対応可能なクローケーが実現可能であることを証明することだった」(アル氏)

単に光を導いて、クローキング対象物の異なる側に像を再形成するのではなく、プラスモニック・メタマテリアル

は、物体の光学的効果を事实上「打ち消す」ことを目的とする。つまり、物体の周囲を光伝導性のないもので覆うような概念である。この材料は、金属と誘電体スタックで構成され、入射光を吸収して、表面プラズモンという異なる形に変換する。表面プラズモンは励起しながら進行し、物体を迂回して、光として出射することができる。

アル氏とその研究チームは、長さ18cmの円柱管を、プラスモニック・メタマテリアルで作られたカスタムメイドのカバーに入れ、入射マイクロ波からのクローキングを行った(図1)。これが実際に機能することを証明するために、マイクロ波放射器とイメージング検出器を使用した。これらは、円柱管の上下および左右方向へと、さまざまな視野角に動かすことができる。この実験によって得られた結果は、これまでの研究報告をはるかに超えるものだったとアル氏は述べている。

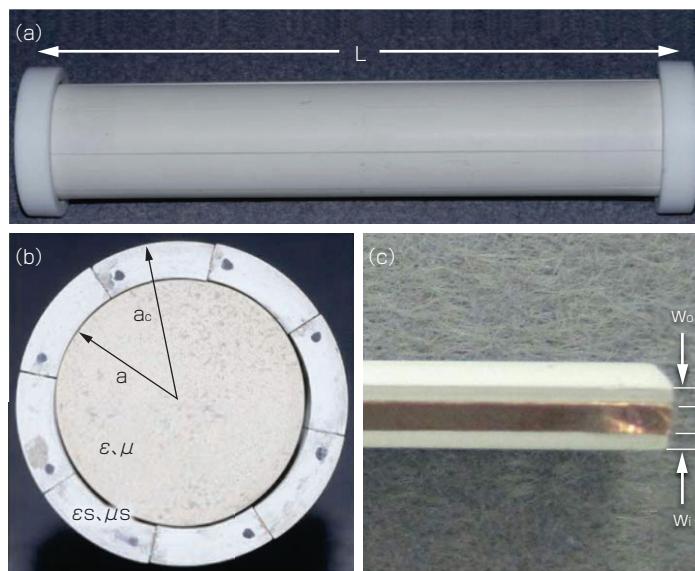


図1 クローキング対象の円柱管の側面(a)、底面(b)、そして、プラスモニック材料で作られたカバーの断面の様子(提供:A. アル氏)

「われわれの研究室に実際に存在する物体が、基本的にその姿を消す。われわれがこれを理論的に証明したのは7年前のことだが、今月これを、実験によって確実な方法で証明することができた」と同氏は述べる。

特別仕様のカバー

プラズモニックと、より標準的な変換光学との大きな違いの1つは、カバーが対象物ごとに特別に作成される点である。アル氏らがクローキングの対象とした誘電性の円柱管以外のものを隠すには、異なるスタックの組み合わせが必要になる。また、この手法は、光の波長に対してあまり大きすぎない物体に対してのみ、最もうまく機能する。

ただし、今回クローキングした円柱管と同程度のサイズの物体に対して、正確なナノスケール構造を作製するための材料には、製造上の深刻な障害となり得るような制約や要件は比較的少ない。このことからアル氏は、プラズモニック材料は、将来に向けた重要で斬新な材料であると述べている。「今後5年間で、どの種類のクローキング手法が実用的な用途に採用される可能性があるかを予測するとしたら、プラズモニック・クローキングである可能性が高いと思う」と同氏は述べた。

この手法の最も明白な応用分野は、非侵襲センサーや近接場イメージングになるだろうとアル氏は述べている。「プラズモニック・クローキングには限界

がある。したがって私は、飛行機や戦車全体をクローキングしようとは思わない。しかし、(最も狙われやすい)『ホットスポット』がわかれば、その部分をクローキングすることができ、それだけでもかなりの効果が得られる可能性がある」と同氏は言う。ハリーポッターのような透明マントにはならないが、アル氏いわく、今回の研究成果は、プラズモニック・メタマテリアルを追究する価値があることを示すものだとう。「なすべきことはまだ山積している。われわれはただ、このプラズモニック手法によって、自由空間における物体からの光の散乱が抑えられることを示したにすぎない」と同氏は述べた。

(Jason Palmer)IWN

BioOpto Japan 2012 Conference + Exhibition

光+バイオ・医療の専門展
www.optojapan.jp/bio

出展申込を受付中！

締切 2012年6月29日(金)

*詳細はWEBサイトにてご確認ください。

Sep. 25 火 - 27 木 10:00-17:00
パシフィコ横浜 Pacifico Yokohama

主催：株式会社 ICS コンベンションデザイン
Organized by: ICS Convention Design, Inc.

展示会についての
お問い合わせ・お申し込み

[同時開催]

INTERNATIONAL OPTOELECTRONICS EXHIBITION 2012
InterOpto 2012

LaserTech 2012

LED JAPAN Conference & Expo
Strategies in Light.

BioOpto Japan事務局：株式会社ICSコンベンションデザイン
〒101-8449 東京都千代田区猿楽町1-5-18 千代田ビル
TEL: 03-3219-3643 FAX: 03-3219-3628 e-mail: bioopto@ics-inc.co.jp