公募研究
紹介
（CO1）

ハニカム構造をベースとした フォトニック構造のトポロジカルな性質

石原 照也 / 東北大学 大学院理学研究科 教授

いしはら・てるや

1957 年埼玉県生まれ。1984 年東京大学大学院博士後期課程中退。1984-93 年 東北大学理学部物理学科助手（この間 1990-92 米国ブラウン大学客員研究員）、1993-1999 年広島大学工学部電気系助教授、1999-2007 年理化学研究所フロンティア研究システムチームリーダー、2003 年より現職。

低次元半導体の線形・非線形光学応答 [1]、共鳴構造をもつフォトニック結晶（ポラリトニック結晶 [2]、プラズモニック結晶 [3]）、メタマテリアル [4] の実験的研究を経て、トポロジカルフォトニクスにたどり着きました。

分野を牽引している電子系のトポロジー物理にくらべ、研究人口もまだまだ少ないのですが、構造を与えれば電磁波応答は正確に知ることができるため、いかに物理的に面白い系を考案、作製し、観測にかかる 2 次の電磁場量をどのように見積もるかが本質であると考えています。

この分野について我々が最初に取り組んだのが、ハニカム型に配列させた円筒を出発点に変形させて、トポロジカルに非自明な構造を生み出す胡暁さん（物材機構）のお仕事を出発点とするものであったため、テーマタイトルが限定的なものになっていますが、最近はむしろそれ以外の可能性を探索しています。
電磁場シミュレーションによる設計、電子線リソグラフィーによる微細構造作製、角度分解線形応答による構造評価、光整流効果を中心とした 2 次の非線形光学応答の実験をサイクルさせて、新現象の探求を進めてゆく予定です。化学合成に比べて制約の少ない人工構造作製の手法を用いることで、電子系のトポロジー研究の手の届きにくいところを先回りする戦略で研究を進めてゆきたいと考えています。

図 1 は一辺 500 nm の正方形状の Si パッチを正方格子（格子定数 800 nm）で配列した誘電体導波路に s 偏光光励起した場合の角度分解透過スペクトルから求めた分散関係図です。電磁場シミュレーションを用いると、特定の（波数、周波数）を励起したときにどの程度励起されるかという情報を読み取り、必要ならばその時の電磁場の空間分布を求めることができます。特定の空間パラメタの値を変化させたとき、トポロジカルに自明な状態から非自明な状態への移りかわりを調べることで、興味深いトポロジカルな物理を明らかにしてゆきます。

[1] T.Ishihara et al., “Optical Properties due to Electronic Transitions in Two-Dimensional Semiconductors $(C_nH_{2n+1}NH_3)_2PbI_4$”, Phys. Rev. B **42**, 11099-11107 (1990).
[2] T. Fujita et al., “Tunable polariton absorption of distributed feedback microcavities at room temperature,” Phys. Rev. B **57**, 12428 (1998).
[3] X. Luo and T. Ishihara , “Surface plasmon resonant interference nanolithography technique,” Appl. Phys. Lett. **84**, 4780-4872 (2004).
[4] T. Hatano et al, “Transverse Photovoltage Induced by Circularly Polarized Light,” Phys. Rev. Lett. **103**, 103906 (2009).

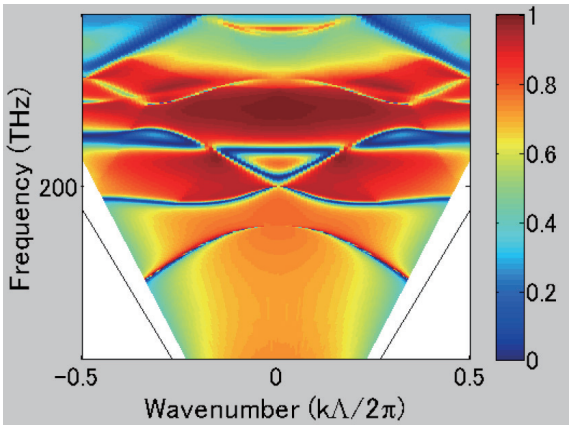

図 1 : 正方形パッチが正方配列された誘電体スラブ導波路の分散関係の一例（S 偏光）