

トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出
2019年度年度採択研究代表者

2021年度 年次報告書

岩本 敏

東京大学 先端科学技術研究センター
教授

トポロジカル集積光デバイスの創成

§ 1. 研究成果の概要

トポロジカルフォトンクスは、トポロジーの概念を活用し新たな光制御技術を開拓しようとする分野である。本研究課題では、集積フォトンクス技術とトポロジーの概念を融合し、トポロジカルエッジ状態を利用した光通信波長帯一方向性導波路や、スキルミオンレーザ等の新奇トポロジカル集積光デバイスの実現を目指している。また、集積フォトンクス技術を活かした様々なトポロジカル光状態の実現とその応用可能性の探求にも取り組む。さらに、これらの研究を通して、トポロジカル科学とフォトンクスの相互リンクを形成し、新たな光技術の創出とトポロジカル科学の発展に貢献することを目指している。

2021年度は、昨年度に引き続きコロナ禍の状況下ではあったが、いくつかの重要な成果を得ることができた。

- (1) Epsilon-Near-Zero(ENZ)を示す材料においてファラデー回転角の増大を観測することに成功した。これは本プロジェクトの中間目標であったENZ効果による磁気光学効果増強の実証を達成する成果である。この成果により、すべての中間目標を前倒しで達成した。
- (2) 積層構造を有する磁気光学材料において、Faraday 回転角の増強と光損失の低下が同時に実現できる可能性を発見した。
- (3) グループが提案したマイクロリング共振器を用いたオンチップ光スキルミオン生成器を用いて、スキルミオン数を制御した光スキルミオンビームの生成に成功した。
- (4) 複数のシリコンリング共振器からなるSSH(Su-Schrieffer-Heeger)格子を作製し、そのエッジ状態の直接観測に成功した。

マイクロ波帯3次元フォニック結晶において、高次トポロジカル状態の一つであるヒンジ状態の観測に成功した。これは、光を含む電磁波で初めてヒンジ状態を実現した成果である。

§ 2. 研究実施体制

(1) 岩本グループ

- ① 研究代表者: 岩本 敏 (東京大学 先端科学技術研究センター 教授)
- ② 研究項目
 - ・トポロジカルスローライトデバイスの作製と評価
 - ・ENZ 材料を用いた磁気光学効果増強の検討
 - ・一方向性トポロジカル導波路デバイスの作製と評価
 - ・人工次元エッジ状態の実現とその活用
 - ・スキルミオン光源の作製プロセス開発と原理実証
 - ・スキルミオンレーザの開発

(2) 小林グループ

- ① 主たる共同研究者: 小林 伸聖 ((公財)電磁材料研究所 研究開発事業部 部門長)
- ② 研究項目
 - ・新規磁性コンポジット材料の開発
 - ・一方向性トポロジカル導波路デバイスの作製と評価

(3) 高橋グループ

- ① 主たる共同研究者: 高橋 駿 (京都工芸繊維大学 電気電子工学系 准教授)
- ② 研究項目
 - ・3次元トポロジカルフォトリック結晶技術基盤の構築と高次トポロジカル状態の実現

【代表的な原著論文情報】

- 1) T. Liu, N. Kobayashi, K. Ikeda, Y. Ota, and S. Iwamoto, "Topological Band Gaps Enlarged in Epsilon-Near-Zero Magneto-Optical Photonic Crystals", ACS Photonics **9**, 1621 (2022). (年度末時点では査読中、2022年4月2日採択決定、4月27日出版)
- 2) A. Balčytis, T. Ozawa, Y. Ota, S. Iwamoto, J. Maeda, and T. Baba, "Synthetic dimension band structures on a Si CMOS photonic platform", Sci. Adv. **8**, eabk0468 (2022)
- 3) S. Takahashi, S. Tamaki, K. Yamashita, T. Yamaguchi, T. Ueda, and S. Iwamoto, "Transmission properties of microwaves at an optical Weyl point in a three-dimensional chiral photonic crystal", Opt. Express, **29**, 27127 (2021)
- 4) W. Lin, Y. Ota, Y. Arakawa and S. Iwamoto, "Microcavity-based generation of full Poincare beams with arbitrary skyrmion numbers", Phys. Rev. Research **3**, 023055 (2021).