

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年度採択研究代表者

2020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ニクスは、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、集積フォトニ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、集積フォトニ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ニ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。

2020年度は、新型コロナウイルスの影響で研究活動が制限される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) 光通信波長帯一方向性トポロジカル光導波路の実現に向けて、Epsilon-Near-Zero(ENZ)を示す磁気光学材料の利用を検討し、ENZ効果によりトポロジカルフォトニックバンドギャップ幅を大きく増大できる可能性があることを初めて明らかにした。また、ENZ効果を示す独自の磁気光学材料の開発に取り組み、ファラデー回転の観測に成功した。
- (2) グループが提案する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の原理実証に成功した。これは本プロジェクトの中間目標の一つを前倒しで達成する成果である。
- (3) グループが提案したバレーフォトニック結晶スローライト導波路を用いたレーザ及び単一光子発生素子を実現した。
- (4) シリコンフォトニクスのプラットフォームで初めて人工次元バンドの形成に成功するとともに、有効電場や有効磁場の印加に成功した。
- (5) 3次元光回路への応用が期待できる3次元フォトニック結晶について、ウッドパイル構造で周波数的に孤立した1次元ヒンジ状態を実現できる可能性を見出した。

## § 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、助教)

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) H. Yoshimi, T. Yamaguchi, Y. Ota, Y. Arakawa, and S. Iwamoto, "Slow light waveguides in topological valley photonic crystals", Opt. Lett. 45, 2648 (2020).
- 2) H. Yoshimi, T. Yamaguchi, R. Katsumi, Y. Ota, Y. Arakawa, and S. Iwamoto, "Experimental demonstration of topological slow light waveguides in valley photonic crystals", Opt. Express 29, 13441 (2021). (年度末時点では改訂中、2021年4月7日採択決定)
- 3) 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). (年度末時点では改訂中、2021年4月5日採択決定)