

先端国際共同研究推進事業

2023 年度採択

次世代のための ASPIRE

量子分野

2023 年～2024 年度

年次報告書（公開版）

研究課題名	量子情報と量子生命科学を包括する国際共同研究網の構築
日本側研究代表者	雨宮 智宏 東京科学大学 工学院電気電子系 准教授
相手側研究代表者	Alexander Khanikaev, Professor, University of Central Florida
研究期間	2024 年 2 月 1 日～2027 年 3 月 31 日

1. 研究成果の概要

① 研究構想にかかる成果

<実施したこと>

- トポロジカルフォトンクスによって発現する新しい位相干渉作用を用いた先進デバイス開発については、シリコン光回路（シリコンフォトンクス）上にバンドトポロジーの異なるフォトンニック構造を高密度集積することで、超小型光スイッチを開発した。本デバイスは、光の内部自由度である軌道角運動量を最大限に活用したものであり、将来的な光電融合デバイスに向けた要素素子となる可能性がある。
- トポロジカルフォトンクスによって発現する新しい位相干渉作用における物性探求については、トポロジカルフォトンクスにおける新規干渉現象の解明を行った。特に、バンドトポロジーの異なるフォトンニック構造で構成された構造における光子の内部自由度の位相干渉効果を理論解明するとともに、デバイス側の設計を活かすことに成功した。

<得られた成果>

理論グループと協力することで、トポロジーの異なるフォトンニック結晶の曲げ界面において、伝搬するトポロジカル状態に曲げ角度に依存した大域的な位相シフトが誘起されることを理論提案した後、この現象を活用することで、2 イン 2 アウト構造のシリコン光スイッチを設計した。このとき、2 つの入力ポートの位相差 ϕ を変化させることで、二つの経路の軌道角運動量を干渉させ、出力方向をスイッチングさせることが可能となる。実際にデバイスを作製し評価した結果、スイッチング出力比はおよそ 15dB となった。開発デバイスは既存の光スイッチと比較して、トポロジカルフォトンニック結晶の単位胞内（ $<1\mu\text{m}\times 1\mu\text{m}$ ）で起こることから、小型化が可能であり、将来的な光電融合に向けた光スイッチとして有望といえる。

② 国際頭脳循環の促進にかかる成果

<実施したこと>

米国側共同研究者である A. Khanikaev 教授が 2024 年の 8-10 月頃に The City College of New York (CCNY) からセントラルフロリダ大学 (University of Central Florida: UCF) に異動した。また、日本側も 10 月に東京工業大学から東京科学大学へ大学統合されたこともあり、その前後で、東京科学大学のリサーチディベロップメント機構 URA に渡航頂き、相手側グループとコンタクトをもった。また、UCF および東京科学大学間で国際共同研究契約を 10 月に締結するとともに、併せて Khanikaev 教授に本学 工学院の特定教授を兼任頂く手続きも進め、既に完了している。研究面では、2023-2024 年度に日本側グループで得られた研究成果とともに今後の研究計画を提案し、日米両機関でデバイス設計に関する打ち合わせをしつつ、互いのグループの渡航・招聘計画を練っている最中である。2025 年度に、本研究に従事するメンバー 2 名の 3 カ月程度の米国滞在を計画している。また、複数名の米国側研究者を招聘する予定である。

<得られた成果>

- 大学間国際共同研究契約（UCF-東京科学大学）を締結
- A. Khanikaev 教授の東京科学大学の特定教授就任
- 2025 年度の渡航・招聘計画の具体化

2. 研究実施体制

研究テーマ	中心となる研究者氏名	所属機関・部署・役職名
研究テーマ1	雨宮 智宏 A. B. Kanikaev	東京科学大・工学院電気電子系・准教授 UCF; Professor / 東京科学大・特定教授

	胡 暁 (2024.2-2024.10) XingXiang Wang (2024.10-)	東京科学大・特定教授 東京科学大・工学院電気電子系・PD研究員
研究テーマ2	雨宮 智宏 A. B. Kanikaev 胡 暁 (2024.2-2024.10) XingXiang Wang (2024.10-)	東京科学大・工学院電気電子系・准教授 UCF; Professor / 東京科学大・特定教授 東京科学大・特定教授 東京科学大・工学院電気電子系・PD研究員
研究テーマ3	苅宿 俊風 A. B. Kanikaev XingXiang Wang (2024.2-2024.10)	物質・材料研究機構・主任研究員 UCF; Professor, 東京科学大・特定教授 物質・材料研究機構・大学院生

3. 代表的な業績（原著論文、プレスリリース、表彰など）

- X.-X. Wang, S. Okada, T. Maekawa, L. Hu, T. Amemiya, X. Hu, "Interference and switching effect of topological interfacial modes with geometric phase," *Phys. Rev. Research* **7**, 023067 (2025).
- (招待論文) 雨宮 智宏, 岡田 祥, 西山 伸彦, 胡 暁, "トポロジカルエッジ状態を用いた 1×2 光スプリッタ," *レーザー研究*, Vol. 53, No. 5 (2025).

など