2025 年度年次報告書

先端国際共同研究推進事業
【2024 年度採択　次世代のための ASPIRE　量子分野】

【研究課題名】
近未来型量子中継技術の実現

研究代表者：
武岡 正裕（慶應義塾大学 教授）

相手側研究代表者：
Ulrik L. Andersen（Technical University of Denmark, Professor）

1. 研究進捗状況と成果

本研究では、現在の技術で実現可能な単一光子干渉による 1 ホップ量子中継の手法を提案し、その理論と基盤技術を確立するとともに、これを次世代の量子鍵配送（Quantum Key Distribution: QKD）である装置無依存 QKD（device-independent QKD: DIQKD）に応用し、光学系のみでの長距離装置無依存型 QKD の原理を実証することを目指している。また、この研究目標を核としつつ、日本-デンマーク間でより包括的な量子技術研究のネットワーク形成を目指し、量子ネットワーク、量子センシング等に関する幅広い研究を展開することを目的としている。今年度は、上記手法を活用した長距離 DIQKD の方式を提案し、現実的な量子光学系においても鍵生成が可能なことを理論的に明らかにした。また、ネットワーク量子センシング、連続量量子情報処理等に関する新たな共同研究を開始した。

国際頭脳循環に関しては、春にデンマーク側 PI およびメンバーが日本側に 2 ヵ月滞在し、量子情報技術に関する様々な共同研究の可能性について議論し、そのいくつかの研究を開始した。また秋には日本側の博士・修士学生計 4 名が 1〜3 ヵ月間デンマーク側に滞在し、共同研究を推進した。

2. 代表的な成果事例

1. M. Ishihara, A. Brendan, W. Roga, U. L. Andersen, and M. Takeoka, “Long-distance device-independent quantum key distribution with standard optics tools”, Optica Quantum 3, 535 (2025).

概要： 単一光子干渉による伝令付き量子もつれ配布による長距離型装置無依存量子鍵配送の新しい手法を提案した。さらに現実的な量子光学技術を想定した理論解析により、数 10km 以上の長距離伝送における鍵生成レート、また必要な光子検出効率などを定量的に明らかにした。