

2023 年度年次報告書

量子・古典の異分野融合による共創型フロンティアの開拓

2023 年度採択研究代表者

福井 浩介

東京大学 大学院工学系研究科

特任研究員

誤り耐性光接続によるハイブリッド量子ネットワークの構築

## 研究成果の概要

本研究では、光の量子誤り訂正技術を活用した誤り耐性型量子ネットワーク(量子もつれ)形成手法とともに、光物質間相互作用を活用した光量子ビットの効率的な実装プロトコルを理論的に提案する。これにより光と物質系の量子情報処理技術を相互補完させた量子ネットワーク方式を提案することを目的としている。

2023 年度では主に4つのプロトコルを考案した。まず光物質間相互作用による相互位相変調を活用した大規模もつれ形成のためのプロトコルを考案した。そして光子損失耐性の向上と誤り耐性閾値の大幅な改善を数値実験により示した。さらに現象論的ノイズモデルの閾値を達成できるため、さらなる閾値改善の余地は無いことも明らかにした。次に、光量子ビットの効率的実装手法を考案した。光子数識別器を用いる既存手法は識別器での光子損失に脆弱であることが欠点である一方で、損失耐性を備えた手法は存在しない。そこで識別器を非線形性の獲得だけでなく光子損失の検出に利用する手法を考案した。これにより既存手法と同等の忠実度と生成レートを実現しながら損失を2乗オーダーで低減できる。次に、異種のボソニック符号をノイズ環境に合わせて適切に組み合わせるハイブリッドボソニック符号方式を開発した。そして量子もつれ形成における光子損失耐性向上やリソース削減という利得が示された。最後に、光量子計算で採用される時間領域多重方式と、光原子間相互作用を介したコヒーレント光のもつれ形成を組み合わせたもつれ形成プロトコルを考案した。これにより誤り耐性型量子計算に必要な1モード当りの平均光子数を約  $1/100$  に緩和されることが期待できる。

2024 年度では引き続き光と物質系の量子情報処理技術を活用したプロトコルを考案する。そして構築した量子ネットワークを基礎として、誤り耐性型量子計算のための回路構成の具体化とその性能評価基盤の構築を目指す。