

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

山内 薫

東京大学 アト秒レーザー科学研究機構

特任教授

イオントラップ qudit-boson 型量子演算の実現

主たる共同研究者:

沖野 友哉 (理化学研究所 光量子工学研究センター 研究員)

立川 豊 (DIC 株式会社 R&D 統括本部 グループマネージャー)

## 研究成果の概要

(1) 山内グループでは、**qudit** を用いたイオントラップ型量子コンピューター (**qudit-TIQC**) で実行するための量子アルゴリズム開発を開始した。**qudit** 形式の **Hamiltonian** と、それに対応する **qudit** 形式の量子回路を構築し、**qubit-TIQC** と **qudit-TIQC** の性能を比較している。また、連続量型 **TIQC** で必要となるゲートの開発を進めた。フォノンホッピングの制御のために、位相シフトゲートを用いる方法を採用し、位相シフトゲートとフォノンホッピングを高精度にシミュレーションするコードを実装した。また、大規模量子回路シミュレーションに向けて、**GPU** サーバーと **CPU** クラスターを導入した。

(2) 沖野グループでは、 $^{40}\text{Ca}^+$ を用いた **qudit** を用いたイオントラップ型量子コンピューター (**qudit-TIQC**) の開発に向けたレーザー光源および光源レイアウトの検討を行い、その仕様を確定した。並行して、レーザー冷却やゲート動作に必要な音響光学光変調器や **RF** 増幅器等を選定した。さらに、特注の水冷非磁性空気バネ式防振台を導入するとともに、イオントラップの電極形状の設計およびイオントラップの電極形状の数値シミュレーションを開始した。蛍光検出部には、高感度超低ノイズかつ高速読み出しが可能な **qCMOS** カメラを次年度に導入することを決定した。

(3) 立川グループでは、**qudit** を用いたイオントラップ型量子コンピューター (**qudit-TIQC**) の社内材料開発への適用課題についての調査および議論を行った。フォトン・アップコンバージョン材料の三重項-三重項消滅機構では、3 つ以上の励起状態が関与し、かつ複数の分子間での状態遷移を取り扱う必要があるため、**qudit** を利用した量子計算が必要となる課題であると議論された。また第 4 四半期において量子計算検証用の計算機サーバーを購入し、稼働に必要なシステムのインストールを行い運用可能な状態とした。

### 【代表的な原著論文情報】

- 1) Erik Lötstedt, Takanori Nishi, and Kaoru Yamanouchi, “Simulation of time-dependent quantum dynamics using quantum computers,” *Advances in Atomic, Molecular, and Optical Physics* (2024), *accepted for publication*.