

2023 年度  
創発的研究支援事業 年次報告書

研究担当者	丹治 はるか
研究機関名	電気通信大学
所属部署名	レーザー新世代研究センター
役職名	准教授
研究課題名	真空場の積極活用による量子技術の開拓
研究実施期間	2023 年 4 月 1 日～2024 年 3 月 31 日

研究成果の概要

本研究では、真空場をレーザー光と同様に様々な用途で活用するための真空場制御の要素技術の開拓および、制御された真空場を利用した原子や光子の操作に挑戦する。そのために、まずは、真空場の制御技術、具体的には、真空場の強度と周波数の制御技術の開発に取り組む必要がある。そこで、2023 年度は、光共振器を用いた真空場の増強に向けて、共振器長を安定化させるためのレーザー周波数の安定化を行った。また、増強させた真空場を用いて原子の状態を制御するために、光共振器中で磁気光学トラップと単一原子を捕捉するための微小な光双極子トラップを共存させられる新たな光学系の考案とその評価、並びに、原子をレーザー冷却するために必要な超高真空チャンバーのベーキングを行った。

光共振器長を安定化させるためのレーザーは、周波数の相対ゆらぎが  $10^{-8}$  以下となる必要がある。原子の共鳴周波数を基準としたレーザー周波数の安定化によりこれを達成することができるが、本研究で状態制御の対象としているルビジウム原子の共鳴波長のレーザー光は光共振器内部の原子の状態に影響を与えてしまうため、共振器長安定化に用いることができない。そこで、ルビジウム原子の共鳴波長から十分に離れたカリウム原子の共鳴波長を共振器長の安定化に用いることとし、カリウム原子の飽和吸収信号から変調移行分光法により生成した誤差信号を用いてレーザー周波数を安定化させることに成功した。また、光共振器中で磁気光学トラップと微小光双極子トラップを共存させるために、光学アクセスの不足を補う新たな光学系を考案し、試験セットアップを構築して、トラップ領域におけるレーザー光の空間モードの評価を行った結果、今回考案した方法の有効性を検証することができた。超高真空チャンバーについては、ガラスセルを除く部分のベーキングが完了した。