

2024 年度年次報告書
物質と情報の量子協奏
2022 年度採択研究代表者

野口 篤史

東京大学 大学院総合文化研究科
准教授

イオントラップ技術による物性の創造

研究成果の概要

令和6年度は、電子のパウルトラップ技術を確立するため、電子トラップの実現と、捕獲された電子を冷却し、さらに非破壊的に検出する技術の開発をおこなった。そのために、電子からの信号を増幅する同軸マイクロ波共振器が内蔵された電子トラップ系を室温において構築した。この実験系を用いて実際に電子を捕獲することに成功し、抵抗冷却という手法により 300K まで電子を冷却することができた。また同時に共振器によって増幅されたトラップ電子からの信号の取得に成功した [1]。しかしながら、冷却レートや電子からの信号は想定より小さく、室温での信号検出には、約 1,000 個程度電子を捕獲する必要がある、単一電子の信号検出はできないことがわかった。この信号の劣化は、トラップポテンシャルの非調和性によって説明され、より精密で正確なポテンシャル形成が必要であるとともに、熱ノイズを低減させるためにより極低温での実験が必要であることがわかった。一方で、パウルトラップは振動電場による有効ポテンシャルが荷電粒子の運動を決めるため、その運動解析には非線形微分方程式を正確に解くことが求められる。そこで、令和6年度では、実験研究に平行して、こうした課題を克服する新しい計算方法を確立し、論文としてまとめた [2,3]。

また、イオン・電子同時トラップに向けて、イオントラップ系の立ち上げと技術開発を並行しておこなった。同時トラップが可能な電極構造において、イオンの余剰マイクロ運動を測定する実験系を構築し、補正電場によって余剰マイクロ運動を補正することで、より低温にまでレーザー冷却をすることが可能になった。現在、引き続きイオンの量子状態制御を可能にする超狭線幅レーザーを開発している。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Kento Taniguchi, Atsushi Noguchi, arXiv:2502.16578 (2025).
- 2) Kento Taniguchi, Atsushi Noguchi, Takashi Oka, arXiv:2502.17200 (2025).
- 3) Andris Huang, Edith Hausten, Qian Yu, Kento Taniguchi, Neha Yadav, Isabel Sacksteder, Atsushi Noguchi, Ralf Schneider, Hartmut Haeffner, arXiv:2503.12379 (2025).