

「量子情報処理システムの実現を目指した新技術の創出」

平成16年度採択研究代表者

占部 伸二

(大阪大学大学院基礎工学研究科 教授)

「冷却イオンを用いた量子情報処理基礎技術」

1. 研究実施の概要

平成16年度は以下の研究を実施した。

(1) 量子情報処理を行うための前提条件であるイオンの振動基底状態への冷却技術の確立に向けて単一カルシウムイオンの冷却実験を行った。ドップラー冷却限界近くまでの冷却を行うために余剰マイクロ運動の二次元的な評価およびトラップポテンシャルの補正を行い、光スペクトルのサイドバンドの高さの評価することにより約 $900\ \mu\text{K}$ (振動量子数 $n=5$) までの冷却を実現した。また次年度のサイドバンド冷却実験に向けてゼーマンサブレベルの光ポンピング実験を行った。

(2) イオンの空間的な配列およびイオンの輸送の基礎技術として5セグメントの小型分割型リニアトラップを試作してCaイオンを冷却し、ドップラー冷却限界到達の妨げとなる余剰マイクロ運動の観測とその補正電圧による低減を行った。

(3) $^{40}\text{Ca}^+$ を冷却媒体とした奇数核同位体 $^{43}\text{Ca}^+$ の共同冷却については光イオン化に独自の光学系を用いてカルシウム同位体の選別捕獲を行い、 $^{43}\text{Ca}^+$ と近い存在比をもつ $^{48}\text{Ca}^+$ (存在比約0.2%)の選別捕獲、また $^{48}\text{Ca}^+$ と $^{40}\text{Ca}^+$ との共同冷却に成功した。同じ手法で $^{43}\text{Ca}^+$ の選別捕獲も可能と思われる。現在 $^{43}\text{Ca}^+$ 冷却用の光源を準備している。

(4) 長寿命時計遷移を用いた量子ゲートの構成に関する研究開発については、イッテルビウムイオン(Yb^+)とバリウムイオン(Ba^+)のレーザー冷却用光源の開発を行った。また、リニアトラップを試作し、レーザー冷却実験を試みた。 Ba^+ 時計遷移分光用レーザーをパラメトリック発振器で実現するための準備を開始した。

(5) 複数種イオンを用いた協同冷却法の研究では In^+ の光二重鳴法による生成法およびレーザー冷却法の検討を行い、それに基づいてレーザー光源の整備を行った。今後、 $^{40}\text{Ca}^+$ と In^+ を線形イオントラップに蓄積して共同冷却の実験を進める予定である。

(6) 空間的に離れたトラップ中のイオンの量子状態の結合を目指した光子とイオンの相互作用に関する研究については、遠隔地にあるイオン間に量子もつれを生成するためのプロトコルの詳細な検討を行った。

2. 研究実施体制

大阪大学グループ

- ①研究分担グループ長：占部 伸二（大阪大学大学院基礎工学研究科、教授）
- ②研究項目：零点振動までのCaイオンの冷却とラマン遷移を用いた量子ゲート実験、イオンの空間操作と同位体を用いた協同冷却

京都大学グループ

- ①研究分担グループ長：杉山 和彦（京都大学大学院工学研究科、助教授）
- ②研究項目：長寿命時計遷移を利用した量子ゲートの開発

情報通信研究機構グループ

- ①研究分担グループ長：早坂 和弘（情報通信研究機構 基礎先端部門 主任研究官）
- ②研究項目：協同冷却および光子-イオン相互作用に関する研究開発