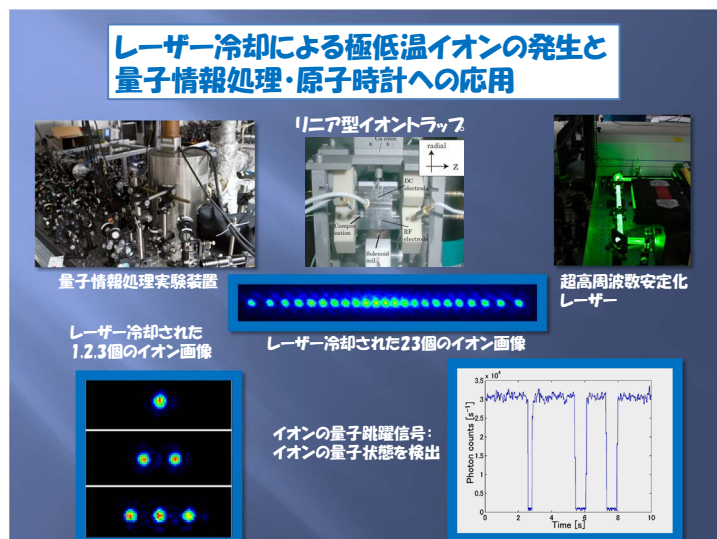


レーザー冷却による極低温イオンの発生と 量子情報処理・原子時計への応用

< スタッフ > 向山 敬 教授、田中 歌子 講師、豊田 健二 助教

本研究室では、イオントラップという特殊な電極からなる装置によって超高真空中に捕獲したイオンを、レーザー光を用いて極低温（振動基底状態）まで冷却して空間に並べ、量子情報処理や原子時計へ応用する研究を進めています。

冷却され空間に並んだイオンは、数日以上捕獲することが可能なため、繰り返し同じイオンを使って実験することができます。また、外部からの擾乱が小さいため量子力学的な重ね合わせ状態を長く保つことができます。このため、量子情報処理や高分解能分光の理想的な実験系となります。イオンとスペクトル幅の狭い超高安定レーザーの相互作用を用いると、イオンの内部状態（二つのエネルギー準位からなるキュービット）と振動状態をともに信頼性高く制御することができます。この量子状態制御により、量子コンピューターのための量子ゲートなどの演算素子、強磁性体や固体の強相関関係をシミュレートする量子シミュレーター、量子ネットワークにおける量子リピーターなどへの応用が期待されています。また、冷却された一個のイオンを使った超高安定原子時計の実現も期待されています。



TOPICS1

最新研究トピックス

断熱過程を用いた 多粒子量子もつれ状態の発生

多粒子量子もつれ状態は量子情報処理を行うための大きな資源となります。我々は断熱的な方法を用いて忠実度が高い多粒子量子もつれ状態の発生に成功しています。

TOPICS2

最新研究トピックス

結合共振器モデルの 量子シミュレーションの実現

原子を含む光共振器(CQED)が結合し、配列したモデルは、固体の強相関関係をシミュレートする新しいモデルとして理論的に提案され解析がなされてきました。我々は、冷却イオンを用いて初めてこのモデルを実験的に実証することに成功し、注目を集めています。

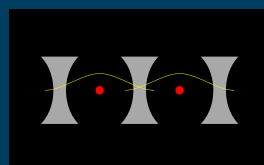
TOPICS3

最新研究トピックス

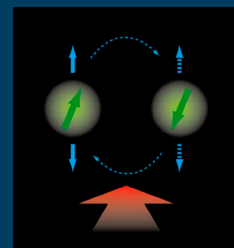
プレーナー型イオントラップの開発

イオンを用いた量子情報処理を大規模化していくためには、イオントラップを集積化していくことが必要です。このために、平面基板上に電極を集積化できるプレーナー型イオントラップを開発しています。現在、このトラップ中のイオンのレーザー冷却やイオンの電極間の移動、および二次元配列型や磁場勾配を持つトラップ等の新しい機能のトラップの開発を進めています。

結合共振器モデルの量子シミュレーションの実現

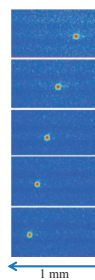
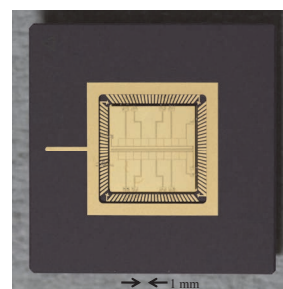


結合共振器モデル。灰色の部分およびそれには含まれた領域が光共振器を表し、赤色の丸が光共振器中の原子を表す。黄色の線は光共振器中に閉じ込められている光子を表す。光子が原子と結合することにより、複数の光子間に反発相互作用が生じる。これにより、光子を用いて固体中の相互作用する電子をシミュレートすることが可能となる。



冷却イオンを用いて結合共振器モデルを実現している様子を表す図。イオン（緑色の球）が一つの光共振器に対応し、イオンの内部状態（緑色の矢印）が光共振器内の原子に対応する。また、イオンの振動の量子（青色の矢印）が光子に対応する。赤色の矢印で表される光がイオンの内部状態と振動の量子の間の結合を引き起こす。結局左側の結合共振器系と等価となり、同様に固体中の相互作用する電子のシミュレーションを行うことが可能となる。

プレーナー型イオントラップの開発



プレーナー型イオントラップ電極（左）と電圧操作によるイオンの移動（右）