

研究課題別中間評価結果

1. 研究課題名：超狭線幅光源を駆使した量子操作・計測技術の開発

2. 研究代表者：高橋 義朗（国立大学法人 京都大学大学院理学研究科 教授）

3. 研究概要

本研究課題では、先端光源として極めて線幅の狭い超安定な光源の可能性に着目した。まず、超狭線幅光源を独自に開発し、それをミリヘルツ台の自然幅のスピン禁制遷移を有する2電子原子のイッテルビウム(Yb)およびストロンチウム(Sr)に適用することにより、究極的な量子操作・量子計測技術へ応用展開することを目指した。

これまでに、レーザー安定化技術を光源開発に適用し、磁場勾配と組合せた光格子点の究極的な磁気共鳴イメージング法の開発に成功した。また、理論グループと連携して新量子凝縮相の物性研究に取り組み、最先端光源である狭線幅光源を用いた光会合分光により、新しい量子多体系の実現および狭線幅光源の量子状態観測の有用性の実証に成功した。また、スピンスクイーミングの新しい量子フィードバック制御による量子測定時の波束の収縮の制御の実現に成功しており、これを独自開発の光格子時計に適用することにより、革新的な精度向上を図る。また、低損失誘電体多層膜鏡技術を着実に獲得してきたので、今後の試験を経て京大装置に導入し、光格子点制御等に大幅な改善を行う。スピンスクイーミング技術を、これまでのレーザー冷却されただけの原子系から、光トラップされた原子系への応用に展開し、より長寿命で、かつ実用上でも十分有益となりうるレベルのスクイーミングを目指す。超低温極性分子生成、モット絶縁体転移の臨界点近傍での振舞いの解明など、超狭線幅光源を用いた先端光源の応用展開を実現し、本戦略目標に貢献する。本研究で得られる成果は、単一量子操作・大規模量子多体系の量子シミュレーションなど量子情報処理や、光格子時計などの量子計測など、社会的なインパクトの大きな発展に繋がるものと期待される。

4. 中間評価結果

4-1. 研究の進捗状況及び研究成果の現状

極めて線幅の狭い超安定な光源を開発し、Yb 原子のレーザー冷却、光トラップ、BEC の 3 次元光格子導入、光格子点の磁気共鳴イメージング、などの手法を開拓し、ボーズ粒子とフェルミ粒子の混合気体を光格子に閉じ込めて 2 種類のモット絶縁体が混ざった新奇な量子多体系の実現に実験と理論との連携によって成功すると共に、スピンスクイーミングの量子フィードバック制御による量子測定時の波束の収縮のランダムさを低減することにも世界に先駆けて成功している。光格子を用いた量子シミュレーターで、物性研究や基礎物理(非平衡量子統計など)に関連する非常に重要な成果を得ている。また、YbLi という 2 原子極性分子を超低温状態で生成し、量子磁性、超流動などを目指した開拓的な研究を展開している。著名雑誌に多数論文を掲載し、News&Views、Editors Suggestion などの注目論文に選ばれるなど、インパクトのある研究成果が顕著であり、高く評価できる。

研究目的達成のために、バランス良くチームが構成されており、各チームに十分な能力を持った研究者が配置されている。最終的に、すべての研究成果が研究代表者のところに集約され、大きな成果になるような流れが感じられる。

4-2. 今後の研究に向けて

超狭線幅光源開発、光格子点の個別量子操作・検出技術の開発、光格子時計の革新的改良法の開拓、超低温極性分子の生成技術開発などを通じて、最終的に、大規模量子多体系の量子シミュレーションなどの量子情報処理や光格子時計などの量子計測などについて、社会的に大きなインパクトを与える成果を上げる事が期待される。

多彩で開拓的なサブテーマの一つ一つは着実に進展しているが、今後、イノベーティブな研究成果を得るための一層の連携体制に努めるとともに、最終段階ではいくつかの重点テーマを選択し、集中的に研究を展開することも必要であろう。特許出願やプレス発表等を積極的に行っており、今後も継続的に実施されることを期待する。

4-3. 総合的評価

光格子点の磁気共鳴イメージング法の開発、新しい量子多体系の実現、スピンスクイーミングの量子

フィードバック技術の開発等において世界トップレベルの成果を挙げている。原子冷却の実験分野は、研究者人口が高く、競争が激しい分野であるが、その中であって、初期の目標に見合った注目度の高い論文をインパクトの高いジャーナルへ多数発表しており、現時点までの成果は満足すべきものである。本組織は当該分野の代表的な研究者が多数参加しているので、今後は、光格子量子計算機の実現への努力など、プロジェクト研究だからこそ実施できるイノベーティブな成果を大いに期待したい。