

プログラム名：量子人工脳を量子ネットワークでつなぐ高度知識社会基盤の実現

PM名：山本 喜久

プロジェクト名：量子シミュレーション

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 27 年度

研究開発課題名：

局所操作を用いた光格子量子シミュレータの開発

研究開発機関名：

国立研究開発法人理化学研究所

研究開発責任者：

福原 武

# I 当該年度における計画と成果

## 1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

光格子中のボース原子気体を用い、新規冷却手法の開発及び非平衡ダイナミクスの研究を行っていくことが本研究開発の課題であり、平成 27 年度と 28 年度の研究目標は、これらの実験研究を行うことが可能な装置を新規に立ち上げることである。装置において重要な点として、光格子中の原子気体を単一格子・単一原子レベルで観測し、そして操作できるものであることが挙げられる。これらを可能にするには、回折限界の高分解能なイメージング系を極高真空槽と結びつけ、更には冷却や光格子などのレーザー光のアクセスと共存させる必要がある。

また、実験研究を行っていく上で重要となる問題についての理論的な研究も、準備段階にある実験に先行して進めていく。平成 27 年度の目標は、回折限界にある光格子中にトラップされた原子集団のダイナミクスを記述する基礎方程式を導出し、そこから導かれる新奇な物理現象を探求することにある。

## 2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

### 2-1 進捗状況

実験装置全般に関しては、装置の設計、光源の準備、機器の選定などを行った。精密な実験を行うためには、実験装置の周りの環境の変動やノイズなどを評価し、実験に影響を及ぼす可能性のある要因は取り除かなければならない。そのため周りの環境として温度、磁場、振動などについて調査を行った。

光格子中原子集団のダイナミクスの理論研究に関しては、離調を大きくとった非破壊に近い状態で連続的に原子をプローブした場合に原子集団が従う確率微分方程式を導くことができ、それに基づいた考察を行ってきた。

### 2-2 成果

実験研究に関しては、計画よりも若干遅れているが装置組み立てに取り掛かる準備がほぼ完了した。特に温度に関しては、温度調整ブースを導入することで長期の温度安定度が飛躍的に改善することが確かめられた。

理論研究に関しては、非破壊に近い状態で連続的に原子をプローブした場合に原子集団が従う確率微分方程式を導き、それに基づいて原子間の相対座標のコヒーレンスが長時間にわたって保たれることを見出した。また、量子臨界点付近にある原子集団の臨界的振る舞いに対する測定の影響について明らかにした。

### 2-3 新たな課題など

非平衡ダイナミクスの研究として、2次元正方格子のみを扱う予定であったが、三角格子などができる  
と面白いという理論からの指摘があった。特に、反強磁性相互作用をするハイゼンベルクスピン系の場合には、スピンプラストラクションが起こる。その非平衡ダイナミクスにおいて、秩序や量子相関・エンタングルメントがどのように形成され時間発展していくかを調べるのが重要となる。装置の設計の際に三角格子への拡張もできるように自由度を持たせておいた。

理論研究においては、回折限界を超えた撮像法の研究の過程で、原子のロスを取り扱う必要性の問題に直面した。その問題を、非エルミートハミルトニアンを導入することで対処し、それを量子臨界へと応用した。

### 3. アウトリーチ活動報告

平成 27 年 8 月 6 日に、インテックス大阪で開催された平成 27 年度スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会の中の研究者ミニライブという企画において、「量子が切り開く新しい世界」と題し、「量子」を用いて目指している研究について話した。また、平成 27 年 10 月 24 日に都立戸山高校において、「量子の世界によろこそ」というタイトルで、出張授業を行った。授業の内容は、物理とは何か、光とは何か、量子とは何かと順につなげ、最後に自分の研究紹介やプロジェクトで目指している研究について話した。