

## 【基盤研究 (S)】

理工系 (数物系科学)



### 研究課題名 光格子中イッテルビウム量子気体の究極的操作・観測が拓く新奇量子凝縮相研究の新展開

京都大学・大学院理学研究科・教授 たかはし よしろう  
高橋 義朗

研究分野： 量子エレクトロニクス

キーワード： 原子物理、レーザー冷却、光格子、量子情報

#### 【研究の背景・目的】

レーザー冷却による量子縮退気体の研究の勢いはとどまることを知らぬほど進展が著しい。その中でも、特に注目を集めている重要な研究テーマとして、本分野における世界的な一大アジェンダとなっているものに、光格子と呼ばれる周期的なポテンシャルにナノケルビン台の極低温原子気体を導入した系を用いた量子多体系の量子シミュレーションの研究を挙げることができる。ここで、制御性のよい量子系を用いて別の量子系をシミュレートすることを、ファインマンに倣い、量子シミュレーションと呼んでいる。光格子中の冷却原子は、格子点間のトンネリング項と格子点内での原子間相互作用項の2つの項からなるハバードモデルで記述されることが知られている。このハバードモデルは、遍歴磁性や異方性超伝導などの強相関電子系を記述する凝縮系物理にとって大変重要なモデルであり、光格子中の冷却原子系は、極めて制御性の良いハバードモデルの新たな実験系として、大変注目を浴びている。

以上のような背景のもと本基盤研究 (S) では、我々のグループがこれまで世界をリードしてきた超低温 2 電子系原子の系を、光格子に導入して、冷却原子を用いた量子凝縮相に関する物性研究を格段に発展させることを目的とする。

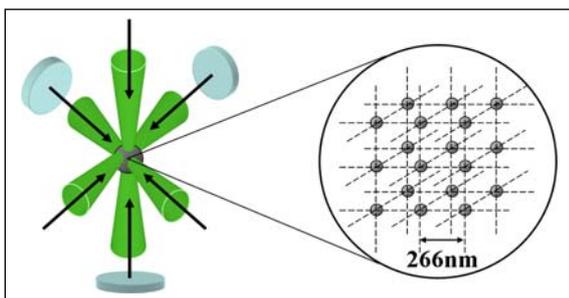


図1 光格子

#### 【研究の方法】

具体的には、イッテルビウム (Yb) 原子量子気体のハバードモデルを実装し、“異なる電子軌道間クーパ対のフェルミ超流動の実現とスピン軌道相互作用の導入によるトポロジカル超流動の実現”、“フェルミ同位体  $^{173}\text{Yb}$  を用いた  $\text{SU}(6)$  量子磁性の解明”、“ボース・フェルミ混合系における対向流超流動の観測”、“「リーブ格子」で誘起される新規磁性相の解

明”、“量子混合気体によるアンダーソン・ハバードモデルの研究”を行う。さらに、光格子の超高空間分解能「その場」観測を実現し、量子凝縮相の研究における全く新しい可能性を開拓する。

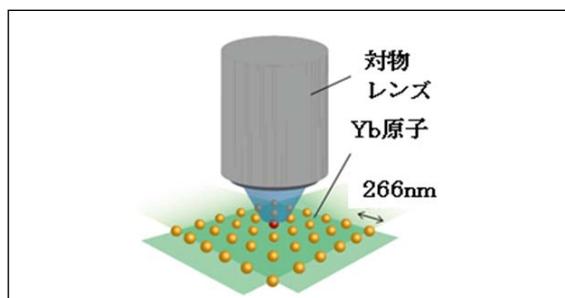


図2 空間分解観測

#### 【期待される成果と意義】

上記の具体的な本研究課題設定はすべて、独創的なものであり、固体系での難問に対応する。これを本研究により実現・解明することにより、当該分野の一大アジェンダである量子シミュレーション研究が飛躍的に発展するのは間違いない。さらには凝縮系理論・計算物理などへの学術的な波及効果や、物質設計に対する重要な指針の提示など、科学技術・産業に幅広い意味でインパクト・貢献が期待できる。

#### 【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- “An  $\text{SU}(N=6)$  Mott insulator of an atomic Fermi gas realized by large-spin Pomeranchuk cooling”, S. Taie, S. Sugawa, R. Yamazaki, and Y. Takahashi, **Nature Physics**, **8**, 825(2012.9.23)
- “Interaction and filling induced quantum phases of dual Mott insulators of bosons and fermions”, S. Sugawa, K. Inaba, S. Taie, R. Yamazaki, M. Yamashita, and Y. Takahashi, **Nature Physics**, **7**, 642-648(2011.6.26)

#### 【研究期間と研究経費】

平成 25 年度 - 平成 29 年度  
165,400 千円

#### 【ホームページ等】

<http://yagura.scphys.kyoto-u.ac.jp/>