

【基盤研究(S)】

大区分B



研究課題名 光格子中超低温原子気体の軌道及びスピン自由度を駆使した新量子物性の開拓

京都大学・大学院理学研究科・教授 たかはし 高橋 よしろう 義朗

研究課題番号：18H05228 研究者番号：40226907

キーワード：量子エレクトロニクス、冷却原子、量子シミュレーション、光格子

【研究の背景・目的】

進展著しいレーザー冷却による量子縮退気体の研究の中で、特に注目を集めている研究テーマとして光格子と呼ばれる周期的なポテンシャルにナノスケールの極低温原子気体を導入した系(図1)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。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

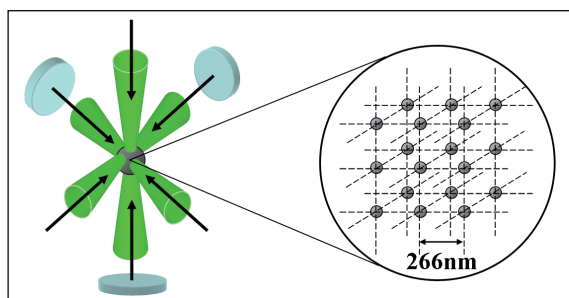


図1 光格子

の2つの項からなるハバードモデルで記述される。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大変重要なモデルであり、光格子中の冷却原子系は、ハバードモデルの極めて制御性の良い新たな実験系として注目を浴びている。

このような背景のもと、光格子中に導入された超低温原子気体を用いた量子物性に関する独創的な研究として、特に、非標準的な光格子をデザインすることによって初めて可能となる特異な多重軌道の自由度と、2電子系原子のみが特別に有する高スピン対称性 $SU(N)$ に着目し、その二つの自由度が織りなすユニークな新量子物性を開拓することを目的とする。原子系として、 $SU(N=6)$ 対称性を有するイッテルビウム (Yb) 原子量子気体を主な対象とし、非標準型格子として、「平坦バンドを有するリーブ格子」、「基底電子状態と準安定電子状態からなる局在・非局在混合軌道系」、などを系のパラメーターを高度に実時間制御して生成し実験を遂行する。さらに、光格子の超高空間分解能観測・制御技術を開発して上記研究に適用することにより、量子凝縮相の研究における全く新しい高度な量子シミュレーターを実現する。

【研究の方法】

具体的には、Yb 原子量子気体のハバードモデルを実装し、「光リーブ格子の平坦バンドで発現する量子磁性・超流動の物理の解明」、「局在・非局在混合軌道系による局在不純物の物理の解明」、「巨大スピンの $SU(N)$ 量子磁性の物理の解明」、「ユニークな軌道自由度を駆使した新しい可能性の追求」の4つの研究項目を設定して研究を行う。

【期待される成果と意義】

「多重軌道」と「高対称性スピン」の二つの自由度に着目した本研究課題設定は独自性が高く、かつ、申請者がこれまで研究を推進してきた、光格子中の2電子系原子系を用いて、極めて理想的に、高い制御性を持って実現することができるものである。これにより、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】

・ T Tomita, S Nakajima, I Danshita, Y Takasu, and Y Takahashi, "Observation of the Mott insulator to superfluid crossover of a driven-dissipative Bose-Hubbard system", *Sci. Advances*, 3, 2017, e1701513 (1-8).

・ S. Taie, H. Ozawa, T. Ichinose, T. Nishio, S. Nakajima, and Y. Takahashi, "Coherent driving and freezing of bosonic matter wave in an optical Lieb lattice", *Sci. Advances*, 1, 2015, e1500854(1-6).

【研究期間と研究経費】

平成30年度-34年度
144,600千円

【ホームページ等】

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