

冷却原子を用いた量子情報技術と量子シミュレータへの展開

Quantum simulation with cold atoms

理研¹ ○福原 武¹

RIKEN¹, °Takeshi Fukuhara¹

E-mail: takeshi.fukuhara@riken.jp

冷却原子とは、レーザーを用い数百マイクロケルビン以下という超低温まで冷却された希薄な原子気体である。この冷却原子は、システムの制御性が優れており、比較的大規模な系がすでに実現されていることから、大規模量子情報処理が有望視される。その中でも特に注目されているのが、物質探索を出口とした量子シミュレーションである。

制御性に優れた量子多体系を用いて、実用上有用な量子多体系の知見を得ることが量子シミュレーションの役割である。冷却原子では、「人工的な物質」を作り上げ、実際の興味深い物質のもののまねをさせることでこの目的を果たす。冷却原子に非共鳴の光を照射すると、光の強度に比例したポテンシャルを原子に対して生み出すことができ、例えば対向するレーザー光で形成された定在波は、光格子と呼ばれる周期的な閉じ込めを作り出す。光格子に導入された冷却原子は、強相関電子系の基本的なモデルであるハバード模型で表され、つまりは人工的な物質を形成する。ハバード模型は銅酸化物の高温超伝導を記述すると考えられており、超伝導体の転移温度上昇に向けこの量子シミュレータの開発が精力的に取り組まれている。この光格子系には以下の特長がある。まず、システムのパラメーターを広域にわたって制御できる。そして個々のパラメーターはそれぞれ独立した実験によってその値を精密に求めることが可能である。これらにより、系統のかつ定量的な議論ができる。また、意図しない不純物や格子欠陥などの不確定な要素も極めて少なく、明確な結論を導くことができるのも特長である。さらに近年、単一原子レベルでの操作・測定が実現され、従来の凝縮系実験では困難、あるいは不可能であった様々な操作や測定も実装することが可能となった。本講演では、冷却原子を用いた量子シミュレーションとその最近の動向を紹介する。

物質開発に関しては、高温超伝導以外にも非平衡ダイナミクスやフラストレーションなどの出口が考えられる。量子シミュレーションの新たな可能性についても言及し、それについての我々の実験結果も紹介する。

