

冷却原子系と相関電子系 — 展望と新たな切り口

青木 秀夫¹

¹ 東京大学大学院 理学系研究科物理学専攻

E-mail address: aoki@phys.s.u-tokyo.ac.jp

[キーワード] 冷却原子系、相関電子系、超伝導・超流動、トポロジカル系

冷却原子系、特に光格子上での冷却原子系の物理は、強相関電子系の物理と密接に関連する。特に、冷却原子系では多彩な制御が可能なので、両分野をまたがる物理を通して新たな発展が期待される。具体的には、

- 望んだ格子構造をもつ光格子を実現することも現実的となってきたので、粒子相関から発生する**磁性**、超伝導が興味深い。例えば強磁性と格子構造（梯子 [1]、籠目など）との関連がピンポイントできれば、電子磁性の理解が深まる。
- 電子系での**超伝導**は原子系では**超流動**に対応するが、電子系では T_c が電子エネルギーから 2 桁落ち、超流動密度も低いですが、この打開についてのヒントが、原子系におけるユニタリ極限を跨ぐ制御から得られるかもしれない。
- 原子系では、**複数の内部自由度** (hyperfine 状態など) をもつ場合が多彩な可能性を提供し、電子系では多バンド系に対応する [2]。電子系では特殊な状況でしか実現しない nonabelian 系が多成分原子系において実現という理論的示唆もされている。
- 最近、中性原子系においても synthetic 磁場や synthetic スピン・軌道相互作用を発生させる提案が相次いでおり、量子ホール効果やグラフェン物理などの**トポロジカル現象**の光格子版に進展が期待される。
- 重要な方向性として、相関電子系を**非平衡**にするとさらに多彩な現象が生じ、新分野を造りつつある [3]。電子系の非平衡ダイナミクスは非常に速いが、冷却原子系の時間スケールは桁違いに遅いので、より詳細に追える。また、非平衡により単に相の間を跨がせるだけでなく、非平衡で発生する相の探索も面白い。例えば、光格子のポテンシャルを AC 的にゆするとホッピングがダイナミカルに変わるが、これにより電子系での相互作用が斥力・引力転換する可能性も理論的に議論されている [4]。

[1] M. Okumura et al, Phys. Rev. A **83**, 031606(R) (2011).

[2] Y. Ota et al, Phys. Rev. B **83**, 060507(R) (2011).

[3] 岡 隆史、青木秀夫、日本物理学会誌、出版予定。

[4] N. Tsuji et al, Phys. Rev. Lett. **106**, 236401 (2011);

J. K. Freericks, Physics **4**, 45 (2011).