

スピノルBECにおけるスピントクスチャー

東京大学理学系研究科 川口由紀

スピン自由度を持ったボース・アインシュタイン凝縮体(スピノルBEC)におけるスピンの空間構造形成について講演する。原子気体BECは超流動Heや超伝導体と異なり、非常に希薄であるため緩和時間が長く、非平衡ダイナミクスの直接観測が可能である。また、系の特徴的なエネルギーが0.1 nKから1 μ Kの5桁にわたって階層構造になっており、注目したい物理に焦点を絞って研究することが可能である。このため、スピノルBECは対称性の破れを研究する上で非常に理想的な系といえる。

スピノルBECは内部自由度としてハイパーファインスピンを持ち、特にスピン1の場合には超流動 ^3He A相とよく似た秩序が現れる。ただし、原子気体BECは真空中に浮いた孤立系であるという点で超流動Heや固体電子系とは異なり、エネルギーや角運動量の保存則がダイナミクスに大きな役割を果たす。たとえば、自発磁化過程を考えると、スピン保存則のために系全体で同じ方向に磁化することは不可能で、必ずスピントクスチャーが生じる[1]。また、低磁場下では全角運動量を保存するため、スピン緩和に伴って軌道角運動量が生じ、BECは自発的に回転を始める[2]。ここでのスピン緩和の起源は磁気双極子-双極子相互作用である。

磁気双極子-双極子相互作用は原子気体が希薄であるために、一般に非常に弱い相互作用であるが、最近では双極子相互作用に焦点を当てた実験も可能になってきた。双極子相互作用は異方的超距離力という点で新しく、超固体などの興味深い現象がいろいろと予言されている。講演では、双極子相互作用に関して、スピントクスチャーの自発形成[3]、および、d波型の崩壊現象[4]について説明する。

他方、内部自由度を持つ系では多様なトポロジカル励起の研究が可能となる。最近の研究により、量子色力学における低エネルギー励起に相当するノットと呼ばれる構造がスピノルBECを用いることで実現出来ることがわかった[5]。これは欠陥のない3次元構造であり、トポロジカル不変量が従来の「巻き付き数」ではなく「絡み数」とあるという点で新しい。

以上の一連の研究について、関連する実験を紹介しつつ説明する予定である。

- [1] H. Saito, Y. Kawaguchi, and M. Ueda, *Physical Review A* **76**, 043613 (2007).
- [2] Y. Kawaguchi, H. Saito, and M. Ueda, *Phys. Rev. Lett.* **96**, 080405 (2006).
- [3] Y. Kawaguchi, H. Saito, and M. Ueda, *Phys. Rev. Lett.* **97**, 130404 (2007).
- [4] T. Lahaye, *et. al.*, to be published in *Phys. Rev. Lett.* (arXiv:0803.2442).
- [5] Y. Kawaguchi, M. Nitta, and M. Ueda, *Phys. Rev. Lett.* **100**, 180403 (2008).