

スピン 3 B E C における自発的対称性の破れと量子渦

川口 由紀

東京大学理学系研究科物理学専攻

スピン内部自由度を持ったボース・アインシュタイン凝縮体（スピノール B E C）では、さまざまな対称性を持った量子相が実現し、トポロジカル励起の研究を行うよい舞台となっている。しかし、スピンの大きい系に対しては、どのような内部状態に凝縮が起こるかは自明ではなく、複雑な多変数非線形方程式を解く必要がある。我々は、系の対称性を利用することで、系統的に基底状態を求めることが可能となることに着目し[1]、スピン 3 のスピノール B E C における基底状態相図を求めた[2]。これは、自由度の大きい系では部分的に対称性を残した凝縮状態が実現するため、残りうる対称性から逆に、基底状態として存在しうる状態を探すという方法である。したがって、この方法を用いれば基底状態の持つ対称性の情報も同時に得ることができる。具体的に、スピン 3 の B E C においては、正八面体回転群、二面体群、循環群などの離散対称性を持つ相が得られた。

さらに、得られた対称性からトポロジカルに安定な渦の構造を調べ、超流動速度の循環が非自明な形で量子化されることを見出した。一般に、自発磁化を持つスピノール B E C では速度場の循環は量子化されず、磁化の空間変化により作られる幾何学的位相との差が量子化される。スピン 3 のある基底状態では、その量子化の単位が 3 つ ($\kappa_1, \kappa_2, \kappa_3$) 存在し、3 つの整数 n_1, n_2, n_3 により、 $n_1\kappa_1 + n_2\kappa_2 + n_3\kappa_3$ と量子化されることがわかった。また、その他にも、非アーベル渦や、半整数量子渦が存在することがわかった。

[1] L. Michel, Rev. Mod. Phys. **52**, 617 (1980).

[2] Y. Kawaguchi and M. Ueda, Phys. Rev. A **84**, 053616 (2011).