

極低温希薄原子気体における超流動状態の理論的研究

量子多体物理学 41417131 高橋 雅裕

粒子数インバランス下の中性フェルミ超流動体における量子渦の研究:

近年、粒子数インバランス下の中性フェルミ超流動体において、粒子密度低下を介した量子渦の観測が実験的に可能となった [1]. 超流動を確認する方法の一つは、系へ角運動量を与えたときに実現される量子渦を観測することである. フェルミ粒子超流動体において、準粒子の束縛状態の離散性は、量子渦中心での粒子密度の減少を引き起こす [1]. しかし、2つの内部状態の占有数が異なる ($N_{\uparrow} > N_{\downarrow}$) 状況においては、アップスピン状態を占有する粒子が量子渦中心へ局在するなど、量子渦中心の構造は大きく変わる. よって、必ずしも実験で量子渦が粒子密度の低下として観測されるとは限らない. また一方で、粒子数インバランスの系では、秩序パラメーターが空間変調をする Fulde-Ferrell-Larkin-Ovchinnikov (FFLO) 状態が起こる可能性がある. FFLO 状態ではそのノードに超過粒子が局在すると考えられる. 本研究では、量子渦と FFLO 状態という 2つの異なったトポロジカル欠陥を持つ系を、微視的理論を用いて調べた.

結論は、粒子数インバランスの度合いが大きくなるにつれ、量子渦芯内に超過粒子が溜まり、全粒子密度を観測した場合、量子渦が見えにくくなることがわかった. しかし、各スピン状態の密度分布を別々に見る場合、ダウンスピン状態の量子渦中心における粒子密度の低下は観測することができることがわかった [1]. これは、直接に各状態の粒子数密度を観測する “*in situ*” の方法を用いて、実験的に検証可能である

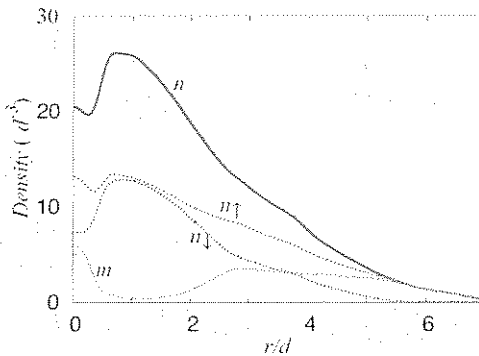


図: 粒子数インバランス $P = (N_{\uparrow} - N_{\downarrow}) / (N_{\uparrow} + N_{\downarrow}) = 0.3$ のときの各粒子密度の空間分布. $R = 0$ が量子渦の中心である. トータル粒子数密度: $n(r) = n_{\uparrow}(r) + n_{\downarrow}(r)$, アップ [ダウン] スピンの粒子数密度: $n_{\uparrow}(r)$ [$n_{\downarrow}(r)$], 磁化: $m(r) = n_{\uparrow}(r) - n_{\downarrow}(r)$.

- [1] M. W. Zwierlein *et al.*, *Science* **311**, 492 (2006).
- [2] N. Hayashi, M. Ichioka, and K. Machida, *J. Phys. Soc. Jpn.* **67**, 3368 (1998).
- [3] M. Takahashi, T. Mizushima, M. Ichioka, and K. Machida, *Phys. Rev. Lett.* **97**, 180407 (2006)