

研究タイトル：

トポロジカルソリトン中での不純物問題



氏名：	越智一成 / Ochi Kazunari	E-mail：	k_ochi@nagano-nct.ac.jp
職名：	助教	学位：	博士(理学)

所属学会・協会： 日本物理学会

キーワード： 超流動, 量子渦, ポーラロン, 冷却原子多体系

技術相談

提供可能技術：

 ・
・
・

研究内容： 量子渦中のポーラロン問題

原子集団を電場・磁場により閉じ込め、冷却することにより、数十 nK 程度の原子気体を実現することが可能となっている。このような原子気体を冷却原子気体と呼び、ボソン原子気体では、相転移現象に伴い、ボース・アインシュタイン凝縮状態や超流動状態が実現されている。

この超流動状態に回転を加えることで、新たな真空状態として量子渦状態が実現される。これに対応する古典的な流体は渦門の渦潮のように回転を伴う流体であるが、時々刻々、生成消滅を繰り返すのではなく、安定に存在することができる。これは、量子渦がトポロジカルソリトンと呼ばれる位相励起の一種であり、トポロジカル不変量によって守られているためである。超流動には、 $U(1)$ 対称性の自発的破れに伴う南部ゴールドストン(NG)モード(ゼロエネルギーを持つ)である超流動フォノンが現れるため、摩擦のないさらさらした状態となる。量子渦が出現すると、それに伴い新たな低エネルギー励起が出現し、量子渦のダイナミクスはそれらによって支配される。この新たな低エネルギー励起は、渦糸と垂直方向の並進対称性の破れに伴う NG モードでケルボンと呼ばれる。これは、渦糸のうねりに対応し、うねりの減衰するダイナミクスは、ケルボンの超流動フォノン放出による崩壊によって引き起こされる。

これらの特徴的な低エネルギー励起を有する量子渦系に、超流動体を形成する原子種とは別の原子を導入することにより、量子渦中の不純物問題を考えることができる。このような問題は、冷却原子系だけでなく、超流動ヘリウム中の量子渦の可視化や、中性子星内部におけるグリッチの前駆状態として考えられており、似た状態が実現されている。媒質中の異種粒子は、周囲の素励起と相互作用することで新たな一粒子状態であるポーラロン準粒子状態を形成する。冷却原子系では、相互作用や原子種、トラップ形状といったパラメータを変更できることから、ポーロンの性質を調べるための最適なプラットフォームとなっている。量子渦中のポーロンは、超流動フォノンやケルボンといった素励起が存在するため、これらと不純物原子が相互作用することで量子渦特有のポーロン状態が形成される。本研究では、この静的、動的な性質を明らかにし、さらには、他のトポロジカルソリトン中のポーロンの性質解明に繋げることを期待している。

提供可能な設備・機器：

名称・型番(メーカー)
