


# ダークソリトンの消失過程における ゼロモードの量子ゆらぎ

川口 拓磨, 中村祐介, 高橋淳一, 山中由也  
早稲田大学大学院 基幹理工学研究科 電子物理システム学専攻

# 研究概要

1995年、希薄なBose中性原子気体を $\mu\text{K}\sim\text{nK}$ まで冷却することにより冷却原子気体系にてBECが実現[1]

1999年、冷却原子気体のBECを用いてダークソリトンの作成が実現[2]

 本研究で扱う系

BECが発現した系…ハミルトニアンが持っていた大域的位相変換対称性が自発的に破れている



南部-Goldstoneモード、あるいはゼロモードが存在

特にダークソリトンの存在により並進変換対称性も破れており、これに付随した2つめのゼロモードも存在する

[1] M. H. Anderson *et al.*, Science **269**, 198 (1995); K. B. Davis *et al.*, Phys. Rev. Lett. **75**, 3969(1995); C. C. Bradley *et al.*, Phys. Rev. Lett. **78**, 985 (1995).

[2] S. Burger *et al.*, Phys. Rev. Lett. **83**, 5198 (1999).

# 研究概要

従来の研究では、ゼロモードの存在により物理量が発散してしまう問題

たとえば、ダークソリトンの中心での凝縮体密度が時間とともに発散

→ 物理的に明らかに誤った結果

近年、通常の冷却中性原子BEC系において非摂動ハミルトニアンを選び方を工夫することにより、ゼロモードによる発散の問題を回避する手法が提案[3]

この手法をダークソリトンのあるBEC系に応用  
ゼロモードに対応する状態まで含めて真空を定義することができる。



☆ゼロモードによる量子ゆらぎの期待値を具体的に計算することが可能

☆凝縮体密度発散の原因であったゼロモードの量子ゆらぎの振る舞いを  
数値計算により解析し、これが比較的小さな値で抑えられることを見る

[3] Y. Nakamura, J. Takahashi, and Y. Yamanaka, Phys. Rev. A **89**, 013613 (2014).