

多成分内部自由度を持つ冷却フェルミ原子の秩序状態とダイナミクス



兵庫県立大学大学院工学研究科

菅 誠一郎



NTT物性科学基礎研究所

山下 眞

多成分内部自由度を持つ冷却フェルミ原子の研究

フェッシュバハ共鳴

⇒ 原子間相互作用: **引力・斥力、強さを制御**

光格子中のフェルミ原子

多体効果による(量子)相転移: **モット転移、超流動-絶縁体転移**

2成分⁶Liで超流動を観測 Chin et al, Nature 443, 261 (2006)

多成分内部自由度を持つ冷却フェルミ原子

・¹⁷³Yb: **6成分斥力系** 高橋研@京大理

・⁶Li: **3成分引力系**

3成分内部自由度を持つ⁶Liフェルミ原子系の作成

$T/T_F \sim 0.37$

Ottenstein et al. PRL 101, 203202 (2008)

3体ロスの異常 ⇒ Efimov trimerに起因

Naidon and Ueda PRL 103, 073203 (2009)

光格子中3成分引力フェルミ原子系の理論研究

- ・3成分原子中の2成分原子がクーパペア: **カラー超流動(CSF)**
- ・3成分原子の一重項束縛状態: **トリオン状態**

Rapp et al. PRL 98, 160405 (2007); PRB 77, 144520 (2008)

これらの状態の有限温度の性質、異方性の影響は未解明!

研究目的: 光格子中の**3成分引力フェルミ原子の絶対零度・有限温度における性質を調べる**

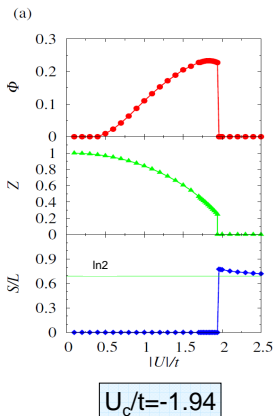
ハーフフィリング

3成分引力ハバードモデルを用い**自己エネルギー汎関数法**で計算

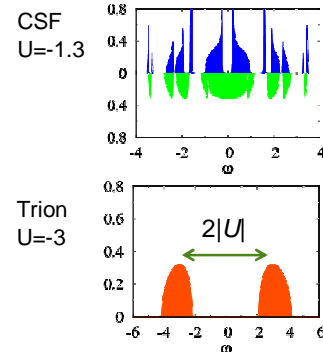
Inaba and Suga, Phys. Rev. A 80, 041602 (R) (2009)

1. 等方的相互作用, $T=0$

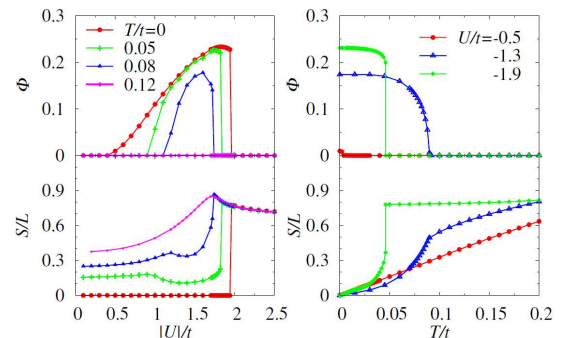
Φ : CSF秩序変数、Z: 繰り込み因子、S: エントロピー



1粒子励起スペクトル



2. 等方的相互作用, $T \neq 0$: 熱力学の性質

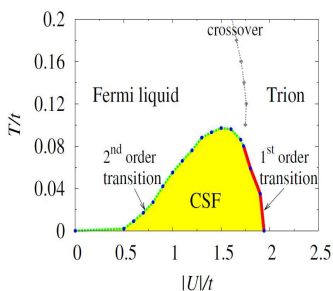


- ・CSF-Trion 移転: **1次転移**
- ・CSF-フェルミ流体移転: **2次転移**
- ・フェルミ流体-Trion: **クロスオーバー**

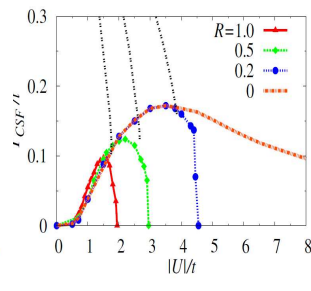
CSF-trion 量子相転移: **1次転移** ⇔ Rapp et al の結果: **2次転移**と異なる!

3. 温度-引力相図

等方的相互作用 ($R=1$)

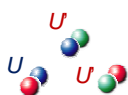


異方的相互作用 ($R < 1$)



CSF転移温度は、異方性増大 ($R \rightarrow 0$) とともに増加する

観測可能性! ?



$$U_{12}=U, U_{23}=U_{31}=U' \quad R=U'/U (<1)$$

今年度の他の成果

1. 斥力相互作用をする光格子中の3成分フェルミ原子

斥力相互作用の異方性に応じて多彩な状態

カラー選択型モット転移、カラー選択型反強磁性、カラー密度波

Miyatake, Inaba and Suga, Physica C (2010) in press; submitted to PRA.
Inaba, Miyatake and Suga, in preparation

2. 光超格子中の2成分冷却フェルミ原子系のダイナミクス

光格子の非断熱的变化に伴う秩序状態の時間変化

Yamamoto, Yamashita, Suga and Kawakami, in preparation

3. 光格子中の多軌道冷却フェルミ原子系

軌道選択型BCS-BECクロスオーバー

Inaba, Higashiyama, and Suga, submitted to PRA