

課題名 (タイトル) :

## 変分クラスタ法による重い電子系 s 波超伝導と反強磁性秩序の解析

利用者氏名 : ○山本 大輔

所属 : 古崎物性理論研究室

## 1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

1979 年の  $\text{CeCu}_2\text{Si}_2$  を皮切りに、重い電子系に属する数多くの物質で超伝導転移が観測されてきた。重い電子系における主要な相互作用は f 電子間の強いクーロン斥力であるため、これらの超伝導体の多くは超伝導ギャップにノードが存在する d 波対称性や p 波対称性を持つものと考えられてきた。その一方で重い電子系においては、ノードが存在しない従来型の s 波対称性を示す超伝導体も発見されている。このような s 波対称性は通常、BCS 理論において知られる電子格子相互作用によって説明される。しかしながら先に述べたように、重い電子系においてはクーロン斥力が主要な相互作用となるため、電子格子相互作用による引力がこの斥力に勝るかという点は自明ではない。このような重い電子系の s 波超伝導を理解するため、先行研究では、伝導電子と f 電子による異種電子間クーパーペアリング(c-f ペアリング)を考慮に入れることが提案されている。しかしながら、このような先行研究はいずれも平均場近似に基づいているため、重い電子系特有の強い f 電子間斥力の効果を十分に考慮できているとは言い難い。

そこで本研究では、電子間斥力の効果をより良く考慮できる変分クラスタ法を用い、重い電子系における s 波超伝導について考察を行った。我々は周期アンダーソン模型に変分クラスタ法を適用することで、s 波超伝導相が現れるパラメタ領域を探索した。また、このような s 波超伝導と反強磁性の関係についても調査した。

## 2. 具体的な利用内容、計算方法

本研究で我々が解析する系は f 軌道と伝導軌道からなる 2 軌道系である。変分クラスタ法は少数サイトクラスタに関する厳密対角化法を含んでおり、2 軌道系にこの手法を適用する際には比

較的規模が大きい数値計算が必要となる。さらに変分クラスタ法で超伝導状態の解析を行う際には、常伝導状態で解析を行う際に比べ計算コストが大きくなることが知られている。我々は RICC を用い、このような変分クラスタ法による重い電子系超伝導の解析を行った。

## 3. 結果

系の粒子数がハーフフィリングに比較的近い領域で、s 波超伝導と反強磁性の共存相が存在することを見出した。そして粒子数を増加させていくことにより反強磁性秩序が消失し純粋な s 波超伝導相が発現することを明らかにした。

## 4. まとめ

平均場近似を超える変分クラスタ法を用い、重い電子系において s 波超伝導が発現する可能性があること、またこの超伝導と反強磁性が共存する可能性があることを示すことができた。

## 5. 今後の計画・展望

本研究で見出した s 波超伝導と d 波超伝導との競合問題について議論していく。

平成 25 年度 RICC 利用研究成果リスト

**【論文、学会報告・雑誌などの論文発表】**

なし

**【国際会議などの予稿集、proceeding】**

1. Keisuke Masuda and Daisuke Yamamoto,  
『Cooper pairing between conduction and localized electrons in heavy-fermion systems』,  
J. Korean Phys. Soc. 63, 459 (2013).
2. Keisuke Masuda and Daisuke Yamamoto,  
『Interorbital Cooper pairing with s-wave symmetry in heavy-fermion systems』,  
to be published in JPS Conf. Proc. (2014).

**【国際会議、学会などでの口頭発表】**

1. Keisuke Masuda and Daisuke Yamamoto  
『Interorbital Cooper pairing with s-wave symmetry in heavy-fermion systems』  
International conference on strongly correlated electron systems (SCES 2013), Tokyo, Japan, July 2013.

**【その他】**

なし