

学位申請論文公開講演会

日時：2020年1月31日（金）13時30分～

申請者：田財 里奈（物性理論研究室(Sc研)）

場所：理学館(506号室)

題目：Theory of Multipole Fluctuation Mediated Superconductivity and Multipole Phase: Important Roles of Many Body Effects and Strong Spin-Orbit Coupling

(多極子揺らぎ誘起の超伝導及び多極子秩序相の理論研究：多体効果及びスピン軌道相互作用の重要性)

主論文の要旨

f 電子や d 電子系では、強いスピン軌道相互作用(SOI)と電子相関が協奏し、多彩な電子状態が出現する。しかし、その微視的機構は、多体効果を見逃した従来の近似理論では説明できず、永らく未解明問題として残されてきた。解明には、従来の近似を超えた多体効果と SOI を共に考慮可能な理論を構築する必要がある。本研究では、汎関数くりこみ群と diagram による摂動論を併せ、高次の多体効果である「vertex 補正(VC)」を考慮した理論を構築した。本理論を f, d 電子系に適用し、多体効果の重要性とその役割を見出した。

初めに、SOI が小さく無視できる d_{xz}, d_{yz} 電子系の模型に対し、汎関数くりこみ群による超伝導理論を適用した。この結果、軌道秩序と磁気秩序の境界領域において、トリプレット超伝導相が発現することを見出した。更に、この発現要因として、VC を介したスピン揺らぎと軌道揺らぎの協力機構が重要であることを明らかにした。

次に、SOI が強い f 電子系の特徴である「多極子自由度」を考慮し、超伝導研究を行った。具体的な物質として $CeCu_2Si_2$ に着目した。この物質は長年、d 波超伝導体だと考えられてきたが、最近の実験により、符号反転の無い s 波超伝導体である事が示された。この事実は、f 電子系の強いクーロン斥力が s 波対を阻害するという従来の理論では説明できない。そこで本研究では、VC を考慮した解析を行った。その結果、多極子揺らぎが引力機構を与える新しい超伝導理論を見出した。特に、双極子だけでなく 8 極子や 32 極子など様々な磁気多極子揺らぎが発達し、これらが VC を介してフォノン由来引力を増強する機構を見出した。磁気多極子揺らぎとフォノンの協力という新しい超伝導機構を提唱した。

最後に、 CeB_6 で見られる電気 4 極子相の微視的発現機構の研究を行った。従来の RPA 近似を超えた VC を考慮し、多極子揺らぎを解析した。この結果、 O_{xy} 対称性の反強四極子揺らぎが、AL 項を介して磁気多極子揺らぎに増強されるという機構を見出した。本結果から、従来無視された多極子揺らぎ間の量子干渉効果の重要性を示した。

論文全体を通して、強い SOI と電子相関が存在する系においては、従来の理論で見逃された VC が本質的に重要となる事を明らかにした。特に、非従来型 s 波超伝導や、多極子秩序相の微視的発現機構が、VC による多極子揺らぎ間干渉効果で理解できる事を見出した。