

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 田財 里奈

論 文 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)

論文審査担当者

主査 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 紺谷 浩

委員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(理学) 原田正康

委員 名古屋大学大学院理学研究科 教授 博士(工学) 谷山智康

委員 名古屋大学大学院工学研究科 教授 理学博士 田仲由喜夫

委員 名古屋大学大学院理学研究科 准教授 博士(理学) 大成誠一郎

論文審査の結果の要旨

遷移金属化合物や f 電子化合物などの強相関電子系では、通常の BCS 超伝導とは大きく異なる非従来型超伝導や、電気 4 極子や磁気 8 極子などの高次多極子の秩序など、電子相関を起源とするユニークな相転移現象が起きる。これらは単純な平均場近似では理解できないため、より精密な多体電子理論を発展させる必要があり、凝縮系物理の理論の重要課題となっている。

最近では鉄系超伝導体や銅酸化物超伝導体など 3d 電子系において、電気 4 極子秩序（具体的には軌道秩序やボンド秩序）が相次いで発見され、これを契機に強相関電子系の理論が発展してきた。一方で f 電子系においては、この系特有の強い電子相関と強いスピン軌道相互作用 (SOI) が障害となり、理論の進展が遅れていた。

申請者は、「バーテックス補正」と呼ばれる多電子間の高次相関効果に着目した理論研究に取り組んできた。申請者はまず汎関数くりこみ群法を多軌道電子系に適用し、(バーテックス補正が記述する) スピン揺らぎ間の量子干渉効果により軌道秩序が誘起されるという、新しい相転移機構を見出した。さらに、発達した軌道揺らぎがクーパー対の引力を媒介することを示した。これらの結果は先行する摂動理論と整合し、摂動理論の正当性を裏付けることに成功した。

次に申請者は、強い電子相関と強い SOI が存在する f 電子系の研究を、摂動理論に基づき実行した。f 電子系では強い SOI により高次の多極子秩序の自由度が生じることが知られている。申請者はこの状態に電子相関効果を導入して、バーテックス補正のもたらす量子干渉効果により、様々な多極子揺らぎが互いに干渉しつつ協力的に発達することを見出した。特に電気 16 極子の揺らぎが強いクーパー対引力をもたらし、f 電子間の強いクーロン斥力に打ち勝ち s 波超伝導が実現し得るという結論を得た。最近の不純物効果や磁場侵入長の実験によって、重い電子系 CeCu_2Si_2 が s 波超伝導体であるという予想外の事実が明らかにされたが、申請者が提唱する多極子揺らぎが媒介する超伝導機構に基づき、矛盾なく説明ができる。

さらに申請者の理論に基づき、重い電子系において観測される多彩な高次多極子の秩序状態の研究を行った。申請者は、重い電子系 CeB_6 を対象にバーテックス補正を考慮した多極子揺らぎの計算を実行し、この系で磁性相の近傍で発現する電気 4 極子秩序や、磁場誘起磁気 8 極子秩序の出現を、微視的理論に基づき説明した。

以上まとめると、申請者は汎関数繰り込み群と摂動理論を併用して、バーテックス補正が記述する量子干渉効果を起源とする、新しい相転移機構や超伝導発現機構を理論的に見出した。特に重い電子系の強い SOI を考慮した多体理論を構築し、 CeCu_2Si_2 における s 波超伝導状態や、 CeB_6 における多極子秩序の起源を理論的に解明した研究は前例がなく、高く評価される。参考論文は、いずれも強相関電子系の高次多体効果に関する最先端の理論研究であり、価値あるものである。以上の理由より、申請者は博士 (理学) の学位を与えられるに相応しいと認められる。