

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 松原 舜

論 文 題 目 Theory of edge induced quantum critical
phenomena in strongly correlated system

(強相関電子系における表面誘起量子臨界現象の理論)

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 教授 博士(工学) 谷山智康
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

別紙 1-2

電子間のクーロン斥力がフェルミエネルギー程度に大きい強相関電子系は、非従来型超伝導や磁気秩序をはじめとする、多彩な量子相転移の宝庫である。これまで様々な物質群において、内部（バルク）の多体電子状態が盛んに研究されてきた。ところが最近では、強相関電子系に表面構造や不純物などの並進対称性を破る実空間構造を導入することで、バルク電子状態とは全く異なる豊かな電子状態が出現することがわかってきた。しかしながらその理論的研究は、これまで限定的であった。

超伝導体においても、表面構造や不純物による興味深い電子状態が発現する。例えば、銅酸化物高温超伝導体をはじめとする d 波超伝導体においては、バルクの d 波超伝導ギャップの符号反転に由来して、表面電子構造にアンドレーフ束縛状態が出現することが知られている。この時、ゼロエネルギーの状態密度が増大するため、表面電子状態において顕著な強相関効果が期待される。しかしながら、その理論研究もこれまでなされてこなかった。

そこで申請者は、これまでバルクの電子状態の解析に幅広く用いられてきた揺らぎ交換（FLEX）近似を、並進対称性が破れた表面構造を有する電子系に適用するために、フォーマリズムの拡張を行った。得られた実空間 FLEX 近似理論に基づいて、表面構造を有する各種ハバードモデルを解析し、興味深い多体相関効果を見出した。申請者はまず、反強磁性相関が強い金属の表面電子状態を研究し、金属表面の近傍において電子相関が著しく増大する機構を見出した。その結果、表面誘起磁気秩序や量子臨界現象など、バルクの電子状態とは質的に異なる電子状態が金属表面において生じることがわかった。

次に申請者は、金属が d 波超伝導状態に相転移した場合を考察し、表面アンドレーフ束縛状態とクーロン斥力との協奏により、顕著な磁気揺らぎが生じることを見出した。この機構により、超伝導体の表面に偶周波数 p 波超伝導状態や奇周波数 s 波超伝導状態など、バルクとは異なる対称性の超伝導が創発する可能性が見出された。特に奇周波数超伝導状態は、バルクでは熱力学的に不安定であるため、表面電子状態に着目した申請者の理論は、その実現に向けての興味深い理論的提案になっている。

以上のように申請者は、強相関電子系に実空間 FLEX 近似理論を適用し、表面構造などの実空間構造を導入することで生じる電子状態を研究した。バルク電子状態が反強磁性秩序の近傍である場合、その表面にバルクとは異なる磁気相関の発達や磁気秩序の出現が期待される。特にバルクが d 波超伝導状態の場合、表面アンドレーフ束縛状態が生じることで、奇周波数超伝導状態などのエキゾチックな表面誘起超伝導状態が予言される。これらの成果は、強相関電子系における表面誘起相転移の理論研究の先鞭となる、意義のある研究である。以上の理由により、申請者は博士(理学)の学位を授与される十分な資格があるものと認められる。