

学位申請論文公開講演会

日時：2022年1月28日(金) 15:00~

申請者：松原 舜 (Sc 研)

場所：理学館 506 およびオンライン

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)

主論文の要旨

電子間のクーロン相互作用の効果が大きい強相関電子系では、スピン揺らぎによって超伝導や電子系の回転対称性が破れる電子ネマティック秩序など、多様な現象が生じる。加えて、強相関電子系の表面で生じるフリーデル振動や d 波超伝導体の(1,1)エッジに生じるアンドレーエフ束縛状態は、状態密度の増加によって電子相関を更に強めるため、バルクでは見られない新奇現象の実現が期待されるが、研究は発展途上にあった。

申請者は、表面が電子相関に及ぼす影響を明らかにし、表面特有の現象の提案を行うため、バルク d 波超伝導状態下の銅酸化物超伝導体 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_{7-x}$ を想定した 2 次元ハバードモデルに(1,1)エッジを導入した。そして、乱雑位相近似、揺らぎ交換近似を実空間で解析し、スピン感受率の空間依存性を求めた。その結果、エッジ近傍で強磁性揺らぎの顕著な発達が起こり、トリプレット超伝導の出現が期待できることが分かった。

そこで申請者は、エッジに生じるトリプレット超伝導を解析するために、バルク d 波ギャップ存在下の線形化ギャップ方程式を構築した。偶周波数超伝導を仮定して解析した場合には、エッジに局在した p 波超伝導の解が得られ、時間反転対称性の破れた「表面 $d+ip$ 波状態」が実現することが分かった。一方で、ギャップ関数の振動数依存性まで考慮した解析では、奇周波数 s 波超伝導の解が得られ、時間反転対称性を保った「表面 $d+s^{\text{odd}}$ 波状態」が実現し、エッジに沿って自発スピン流が生じるという結果を得た。以上の研究により、強相関電子系の表面は、電子相関の増強や、偶周波数 p 波超伝導、奇周波数 s 波超伝導などの多彩な現象を誘起することが予言された。

更に申請者は、強相関電子系である鉄系超伝導体 FeSe のネマティック秩序を研究した。スピン揺らぎ間の量子干渉効果に基づき、最近の実験で指摘されている Y 点電子面の消失を伴うネマティック秩序が正確に再現できることを明らかにした。これによって、FeSe のエッジ近傍で増大するネマティック秩序を理解する基礎ができた。

以上のように申請者は、強相関電子系の表面近傍において、フリーデル振動やアンドレーエフ束縛状態により電子相関が増強することを明らかにし、それらが媒介する多彩なエッジ誘起超伝導状態を理論的に予言した。今後の展開として、d 波超伝導体以外の超伝導体における新奇エッジ電子状態の解析や、鉄系超伝導体でのエッジ誘起ネマティック秩序の解析が期待できる。