

Title	Disorder Effects on Competition between Antiferromagnetism and Superconductivity in High-Tc Cuprate Superconductors
Author(s)	玉置, 洋正
Citation	大阪大学, 2011, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/58265
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉 大阪大学の博士論文について 〈/a〉 をご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

論文審査の結果の要旨

氏名	たまきひろまさ 玉置洋正
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 24631号
学位授与年月日	平成23年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学位論文名	Disorder Effects on Competition between Antiferromagnetism and Superconductivity in High-T _c Cuprate Superconductors (銅酸化物高温超伝導体における反強磁性と超伝導の競合関係に対する乱れの効果)
論文審査委員	(主査) 教授 三宅 和正 (副査) 教授 鈴木 義茂 教授 北岡 良雄

論文内容の要旨

近年、五層系銅酸化物高温超伝導体において反強磁性状態と超伝導状態の様な共存状態が発見された。これは、共存状態が存在しないだけでなく反強磁性相と超伝導相が正孔ドープ量相図において接点を持たない一層系であるLa_{2-x}Sr_xCuO₄の様な従来型銅酸化物とは典型的に異なる。この共存層の発生・消失に関する機構を明らかにすべく理論研究を行った。

反強磁性と超伝導の共存層を有する五層系物質では、超伝導を担うCuO₂二次元面に対して乱れを引き起こす原因となる電荷供給層がLa_{2-x}Sr_xCuO₄に比べて離れて位置している。そのため、乱れないきれいなCuO₂面は共存層を有し、乱れを加えていくと共存状態が消失するという仮説を現象論的に立てることが可能である。この仮説に基づき、乱れ、即ち不純物散乱ポテンシャルが電子同士の多体強相関効果によってどのような補正を受けるかを検討した。フェルミ液体論に基づいた理論に立脚すると、不純物散乱ポテンシャルの電子相関による増大因子は前方散乱の極限で電荷圧縮率の増大因子と等価であることが示される。銅酸化物高温超伝導体においては、母物質であるx=0の電荷移動型絶縁体に向かって電荷圧縮率が発散することが光電子分光の実験によって明らかにされている。これに、不純物濃度がホール濃度に比例することを加味すると、反強磁性と超伝導の競合領域では乱れによって秩序がより強く抑制されるものと期待される。

上記の考察を微視的な議論に発展させるために、まずAslamazov-Larkin型のバーテックス補正を取り入れることにより、反強磁性臨界点に向かって電荷圧縮率が増大することを示した。さらにこれと同等の補正を有効不純物ポテンシャルに取り入れることにより、反強磁性と超伝導に関する平均場相図がどのように乱れの影響を受けるかを調べた。その結果、乱れによる秩序抑制効果は特に反強磁性と超伝導の競合領域で顕著である事が数値解析により明らかになった。これは、五層系から二層系のYBa₂Cu₃O_{6+δ}、一層系のLa_{2-x}Sr_xCuO₄と共存層が消失していく傾向が乱れの強さを変数として理解出来ることを示している。

近年、五層系銅酸化物高温超伝導体において反強磁性状態と超伝導状態の様な共存状態が発見された。これは、第一世代の一層系La_{2-x}Sr_xCuO₄や第二世代の二層系YBa₂Cu₃O_{6+δ}の様に反強磁性相と超伝導相が互いに斥けあっている正孔ドープ量相図とは定性的に異なる。本論文では、高温超伝導と反強磁性の共存・競争に関する機構を解明することをめざした理論研究が行われた。

反強磁性と超伝導の共存層を有する五層系物質の内側の層では、超伝導を担うCuO₂二次元面に対して乱れを引き起こす原因となる電荷供給層が一層系や二層系のそれ_iに比べて離れて位置している。そのため、本論文では、乱れないきれいなCuO₂面は共存層を有し、乱れを加えていくと共存状態が消失するという作業仮説が立てられた。この仮説に基づき、先ず乱れを生じる不純物散乱ポテンシャルが電子同士の多体相関効果によってどのような補正を受けるかが検討された。フェルミ液体論に基づいた理論に立脚すると、不純物散乱ポテンシャルの多体相関による増大因子は前方散乱の極限で電荷圧縮率の増大因子と等価であることが示される。銅酸化物高温超伝導体においては、母物質である正孔ドープ量 x=0 の電荷移動型絶縁体に向かって電荷圧縮率が発散することが光電子分光の実験によって明らかにされている。これらのことから、反強磁性と超伝導が競合する正孔ドープ量の小さい(x~0.05) 領域では、乱れによって超伝導および反強磁性秩序が強く抑制されるものと期待される。

これらの予想が以下のような微視的な議論により正しいことが確認された。先ず、Aslamazov-Larkin 型のバーテックス補正を取り入れることにより、反強磁性臨界点に向かって電荷圧縮率が増大することが示された。さらにこれと同等の補正を有効不純物ポテンシャルに取り入れることにより、反強磁性と超伝導に関する平均場相図がどのように乱れの影響を受けるかが調べられた。その結果、乱れによる秩序抑制効果は特に反強磁性と超伝導の競合領域で顕著であり、反強磁性相と超伝導相が互いに斥け合うことが示された。この結果は、二層系のYBa₂Cu₃O_{6+δ}のδを変化さるときの相図の定性的振る舞いを理解する基礎を与えている。

以上の結果は、銅酸化物高温超伝導の正孔ドープ量相図の理解にとって新しい視点を与えたもので学術的にその意義は大きく、博士(理学)の学位論文として価値のあるものと認める。