

学位申請論文公開講演会

日 時：2009年1月13日(火) 14:00~

申請者：野々山 嘉人

場 所：物理会議室 (C207)

題 目：Theory of Charge and Spin Fluctuation-Induced Superconductivity

in Quasi-two-dimensional Organic Conductor

(擬二次元有機導体におけるスピン・電荷揺らぎによる超伝導の理論)

(主論文の要旨)

有機導体は組成や構造の多様さと圧力により変化しやすく、電荷秩序、磁気秩序、超伝導など多様な電子状態を示す。既に100種を超える有機超伝導体が発見されているが、具体的に理論的研究が行われている物質は一部にすぎない。

本研究では擬二次元有機導体における超伝導の理解を目指し、下記の二つの物質を研究した。拡張マルチサイトハバード模型において、X線構造解析に基づく拡張ヒュッケル法による飛び移りエネルギーを用い、同一格子点上のクーロン斥力 U および最近接格子点間のクーロン斥力 V の電子間相互作用を考慮し、平均場近似と乱雑位相近似を適用してスピンと電荷の揺らぎを媒介とする超伝導のメカニズムを理論的に研究した。

1. β -(BDA-TTP)₂SbF₆ および β -(BDA-TTP)₂AsF₆ では常圧で超伝導が観測され、比熱の実験から異方的な秩序変数をもつ状態であることが指摘されている。これについて電子相関によるペアリングメカニズムを研究し以下のことが分かった。 V が小さい場合、電荷揺らぎはスピン揺らぎの電子対生成への寄与を減少させる。このように両者が競合していることは、1/4-充填の正方格子ハバード模型において両者が協調する場合とは対照的である。一方 V が大きい場合は、これらの揺らぎは協調するため、 V の増加とともに超伝導転移温度は極小を示した後増加する。超伝導の秩序変数については、両方の物質も異方的でありフェルミ面上にノード(節)をもち、ノードの位置は V の大きさにより移動する。

2. β -(BDA-TTP)₂I₃ は常圧では絶縁体であり、磁性を伴うストライプ電荷秩序と考えられる。この状態が消失する圧力の近傍では超伝導が観測されている。本研究では拡張マルチサイトハバード模型に対して、平均場近似を適用し常圧においてストライプ電荷秩序を再現するように U と異方的な V を選び電子状態の圧力依存性を調べた。磁性を伴う電荷秩序絶縁相と均一金属相の間に中間相が存在することを見出した。これは非磁性の電荷秩序金属相であり、均一金属状態の準安定状態とほとんど同じ自由エネルギーをもっている。電荷秩序金属相では電荷揺らぎが抑えられ、スピン揺らぎが均一金属相より増大するので超伝導転移温度が高くなるという結果は、実験を定性的に説明できる。また、この超伝導は異方的でありフェルミ面上にノードを持つことを示した。これは α -(BEDT-TTF)₂I₃ や β'' -(DODHT)₂PF₆ において理論的に研究された電荷秩序下のフェルミ面上にノードを持たない超伝導とは異なる新しい結果である。

本研究では、擬二次元有機導体において、スピン揺らぎを媒介とする超伝導が電荷揺らぎにより抑制される場合があること、および電荷秩序下での超伝導状態としてフェルミ面上にノードを持つ異方的秩序変数をもつ状態を見出した。これらの研究により擬二次元有機導体の特徴的二つの物質において超伝導発現のメカニズムを解明した。