

氏 名	いち のみや たか し 一 宮 尚 志
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学位記番号	理 博 第 2014 号
学位授与の日付	平 成 11 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 1 項 該 当
研究科・専攻	理 学 研 究 科 物 理 学・宇 宙 物 理 学 専 攻
学位論文題目	κ -ET 塩とアンダードープ高温超伝導体：モット絶縁体近傍金属の 諸性質 (主査)
論文調査委員	教 授 山 田 耕 作 教 授 石 黒 武 彦 教 授 大 見 哲 巨

論 文 内 容 の 要 旨

申請論文は大きく分けて、1) 有機超伝導体の核磁気緩和率の温度変化と2) 銅酸化物高温超伝導体の低ドープ領域に見られる擬ギャップに関する理論の2つに分類される。

1) の有機超伝導体に関する理論では、s-波対の場合とd-波対の場合に対して核磁気緩和率の温度変化が計算された。準粒子の減衰率も考慮するとs-波に特徴的ないわゆるコヒーレンスピーク（核磁気緩和率の超伝導転移温度直下のピーク）が観測されない場合があることがわかった。しかし、低温での温度変化はd-波ではべき級数的になり、s-波では指数関数的になる。準粒子の減衰が低温では弱く、寿命が長くなるためである。反強磁性揺らぎによる緩和率の増大因子も温度変化に寄与する可能性がある。この効果も取り入れて計算されたがd-波に対しては反強磁性揺らぎの超伝導転移による抑制効果は小さいことがわかった。

第一論文が発表された後、層状構造の有機超伝導体に面に平行に磁場をかけ、核磁気緩和率が測定された。その結果、コヒーレンスピークがないこと、転移温度直下から、温度の3乗で減少することが確認された。このことと申請者の計算を対応させるとd-波の電子対が形成された超伝導として理解されることが明らかになった。申請者はギャップの大きさと転移温度の比をパラメーターとして核磁気緩和率の温度変化を計算し、転移温度に比べ相対的にギャップの大きい強結合の超伝導体であることを示した。

さらに、申請論文では電気抵抗の異常をスピングャップの形成の結果であるとして説明した。申請者の理論によるとスピンの揺らぎで支配される核磁気緩和率とスピンの揺らぎによる電気抵抗は互いに関係があり、その関係が実験データから、確認された。電気抵抗の温度勾配の急上昇はスピングャップの崩壊によることが示された。

2) 銅酸化物高温超伝導体の低ドープ領域で見られるいわゆる擬ギャップに関しては現在、様々な提案はなされているものの、確定はしていない。申請者はT-行列近似を用いて、超伝導転移温度より高温の領域で引力が強い場合には擬ギャップが形成されることを示した。フェルミ面上でd-波の引力が強いM点付近では高い温度から準粒子ピークの減少がみられ、一方、引力の弱いコールドスポットと呼ばれる点では低温まで準粒子ピークが残ることが明らかになった。

特に現実に近い、各格子点あたり1電子を持つ高濃度の電子密度の場合の擬ギャップの導出に成功した例はなくはじめての自己無撞着な計算である。

このような内容を持つ申請論文は学位論文として審査するに十分な価値を有すると判断した。

論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

有機超伝導体の超伝導ギャップの対称性を確定し、その超伝導のメカニズムを明らかにすることは相関の強い電子系の超伝導研究にとって重要な課題である。申請者による核磁気緩和率の温度依存性の計算は実験の前後でタイムリーになされ、

特に温度 T の3乗を理論的に確立し、その解析に寄与した。準粒子の減衰や反強磁性揺らぎによる増強効果を無視した計算は長谷川・福山によってなされていたが、電子相関の効果を取り入れた有機導体に対する計算は申請論文によってはじめてなされたものである。電子相関が強い有機超伝導体で d -波の電子対が形成されていることを疑問の余地なく示したのもとして価値がある。

電気抵抗と核磁気緩和率の関係が、いわゆるスピンギャップ領域でも成立していることが申請論文によって示されたことは電気抵抗の起源がスピンの揺らぎであることを確認するものである。このことは超伝導の引力機構にもスピン揺らぎが重要であることを示唆するものである。

申請論文の重要部分は後半の擬ギャップに関するものである。初めて、現実の高電子密度（各格子点あたり1個）で自己無撞着な T -行列による計算がなされた。特に自己エネルギーの計算から、超伝導転移温度より上の温度でクーパー対の形成のためフェルミ液体が不安定になることが明らかにされた。このとき、フェルミエネルギーが小さいため、電子対がコヒーレントに運動してその位相を揃えることができず、ボーズ凝縮の起こる低温まで超伝導転移は抑制される。

個々の詳細を見ると実験と一致していない点もあるが、大まかな振る舞いは記述されており、今後の理論的發展、精密化が期待される。このような擬ギャップの理論の基礎を確立したという点で高く評価できる。

このような成果をあげた本申請論文は博士（理学）の学位論文としての価値を有すると判断した。なお、申請論文に関連する物理現象に関して試問した結果、十分な学識を持つことを確認した。