

氏 名	依 田 俊 太 郎
学位(専攻分野)	博 士 (理 学)
学 位 記 番 号	理 博 第 2020 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	Some Aspects of Electronic Structures of Strongly Correlated Metals near Mott Transition (モット転移に近い強相関金属の電子構造に見られる諸様相) (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

本申請論文はモット転移に近い系に於ける電子状態の特徴を研究したものである。モット転移は電子間に働くクーロン相互作用に基づく多体効果の結果であるため長年の難問とされてきた。最近、高温超伝導に関連して強い関心を呼んでいる。例えば、次元 d が無限大としたハバードモデルが提案され、モット転移が記述された。この場合、電子の有効質量が無限大のフェルミ液体を経て絶縁体に転移する。ところが、藤森たちの $\text{Sr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{VO}_3$ を用いた実験では有効質量は発散せず、有限に留まる。これは通常の自己エネルギーの周波数微分からくる質量増大効果のみではなく、自己エネルギーの波数依存性による質量減少効果が効いていると思われる。波数依存性による有効質量は k -mass と呼ばれる。ところが無限次元モデルでは波数依存性を無視した近似を用いているため、無力である。したがって、現実の有限次元の金属状態では波数依存性を正しく取り扱った理論でなければならない。このようなことから、まず、申請者は短距離の同一サイト内のクーロン相互作用 U に関する摂動計算を用いて d - p モデルのエネルギースペクトルを計算した。特にエネルギースペクトルの波数依存性による有効質量の変化を調べた。その結果、短距離力では自己エネルギーの波数依存性はフェルミ面では小さく、実験を説明できないことが明らかになった。ところが一方、電荷感受率を計算するとクーロン相互作用で電荷揺らぎが抑制され、スクリーニング効果が弱くなることがわかった。このことはモット転移に近づくとき電子間のクーロン相互作用が長距離になることを示している。

そこで申請者は次に長距離のクーロン力によって相互作用する 2 次元ハバードモデルを用いて、波数依存性による有効質量の変化を計算した。長距離クーロン相互作用を高次まで繰り込んだ誘電率を考慮することにより、クーロン相互作用を再規格化した。その結果、再規格化したクーロン相互作用の 1 次の交換項の寄与が支配的であることがわかった。実験で見られている $1/20$ ほどの大きな有効質量の減少は見られなかったがかなりの減少が見られた。実験はかなり誤差が大きく、比熱のデータとも数倍のずれがある。理論的には残された効果としてはダイナミカルな効果しかなく、実験の精密化が望まれる。

次に申請者はハバードモデルにおける波数依存性によるフェルミ面の変形を調べた。その結果によるとハーフ・フィールドに近くモット転移の可能な系ではフェルミ面がコメンシュレイトなスピン密度波が起こる方向に変形することがわかった。これは弱い遷移行列は多体効果が強く効きより小さくなるためである。こうして、クーロン相互作用を強めると一般に反強磁性金属に近づくことが予想される。

一方、三角格子のようにフラストレイトした系では全く変形せず、1 次転移的にモット転移し、フラストレイトしたスピン系に移る結果を予想させる。

以上の結果はモット転移の研究としては重要な点を解明しており、学位審査に十分値する申請論文と判断した。

論文審査の結果の要旨

モット転移の研究の歴史は古く、オリジナルな結果を導くのは難しい。申請論文は有効質量の波数による変化を計算し、その重要性を示した。その際、モット転移は短距離のクーロン相互作用で起きるが、同時に電荷感受率を小さくし、クーロン相互作用が長距離になることを示した。この長距離のクーロン相互作用が交換項の波数依存性を通じて電子の有効質量を軽くすることが示された。これはモット転移へのシナリオとして具体的に面白い例が導かれたことになる。さらに、プラストトレイトした系とそうでない系のフェルミ面の変形が異なることはモット転移過程の違いを予測させる興味ある結果である。

このようにモット転移に関連した重要な問題を明らかにした申請論文は博士（理学）の学位論文として十分な価値を有していると判断した。

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、申請者が十分な学識を持つことを確認した。