

## 論文審査の結果の要旨

氏名 大成 誠一郎

銅酸化物高温超伝導体を典型とする強相関電子系の超伝導の発現機構については様々な提案がなされてきたが、電子間の斥力にその起源を求める有力な一つのシナリオとしてスピン揺らぎを媒介とする超伝導がある。スピンの揺らぎによる超伝導機構にたいする半定量的理論として揺らぎ交換近似 (Fluctuation Exchange Approximation) が広く使われ、FLEX 近似と通称されている。この論文では、従来扱われてきたモデルよりも広い範囲のモデルに対して FLEX 近似で超伝導を議論することにより、より高い超伝導転移温度を得る可能性や、スピントリプレット超伝導などの新しいタイプの超伝導を得る可能性を議論しようとしている。

第1章では、電子間相互作用をその起源とする超伝導について簡単な概観を行なった後、ハバード型の多体モデルについて単位胞に2サイトが含まれる場合および、サイト間の長距離相互作用を含むモデルへの拡張が議論されている。これらは、この学位論文で考察の対象とする理論モデルの提示となっている。続いてこれらのモデルも扱えるように FLEX 近似を拡張する方法が記述されている。

黒木、有田両氏は、単位胞に2サイトがある2次元ハバードモデルを FLEX 近似を用いて考察することにより、複数個のフェルミ面を持つときに超伝導が有利になる場合があることを見出した。基本的に斥力の多体効果をつかってクーパー対を形成するには対波動関数が符号を変える必要があるが、ことなるフェルミ面上でことなる符号をとり、フェルミ面上にノードがない状況を作ることができればノード形成にともなうエネルギーの損失を減少させることができるのがその理由である。当論文ではボンド交替を持つ正方格子を3次元的に積層したモデルやハチの巣格子を3次元的に積層したモデルを FLEX 近似で扱うことにより、同じ事情が3次元の場合にもなり立つことを示している。また、なるべく、高い転移温度を得るためにはスピン揺らぎが特定の波数のみで鋭いピークを持つのではなく、広がったスペクトル形状の方が有利であること、フェルミ面近傍の準粒子の分散関係については、分散が小さく広い波数空間の準粒子が寄与した方がより高い転移温度がえられることを議論している。

第3章では、二次元正方格子上のタイトバインディング模型を考え、通常のクーロン相互作用  $U$  に加え、隣あったサイト間のクーロン相互作用  $V$  を持つモデルについて考察を進めている。こうした場合への FLEX 近似については、その定式化はあったものの、実際に計算を進めた意義は評価される。 $V$  を大きくしていった時  $1/4$  フィリング近傍で  $d_{xy}$  型の超伝導秩序変数が  $d_{x^2-y^2}$  型の秩序変数に比べてより安定化される結果が得られている。また、CDW 相近傍でスピントリプレットで  $f$  波型の超伝導相関の成長が報告されている。しかしこの計算は比較的高温で実行され、そこで CDW の不安定性は見られないものの、 $f$  波型の超伝導相関は各種超伝導相関の中で相対的に大きな固有値を持つということに留まり、CDW に比して十分成長する可能性があるか否かを本論文の研究の範囲で結論することは困難である。最終的にその相が安定に存在するかどうかは、今後の検討にまつ必要がある。

第4章では、サイト間のクーロン相互作用についてさらに長距離の部分を考慮し、二次元電子ガスとの関連を調べ定性的に符合しているとの議論がなされているが、この場合の spin fluctuation の取り扱いは RPA の範囲に留まっており、やはり結論は今後の研究に委ねられている。

以上見てきたように、本論文では二次元および三次元のハバードモデルを拡張された FLEX 近似で扱い、強相関電子系の超伝導について、複数のフェルミポケットの影響、長距離相互作用と電荷揺らぎの効果などについて新しい知見を得た功績は大きく、今後の実験ならびに理論的研究の指針としても役立つことが期待される。また、本論文は指導教官である青木秀夫教授その他との共同研究に基づいているが、本人の寄与は主体的で十分であると認められる。

よって論文審査委員会は全員一致で博士(理学)の学位を授与できると認めた。