

論文審査の結果の要旨

氏名 広橋究一

本論文は5章からなり、第1章は、遍歴強磁性体 UGe_2 についての先行研究に対する概説、第2章は扱う模型と理論的手法についての解説、第3章はある結晶場模型を仮定した場合の研究結果、第4章は改良した結晶場模型のもとでの基底状態に関する結果が述べられており、第5章で結論が述べられ、それに関する論考がなされている。

UGe_2 はウランサイトの5f電子が遍歴的に振舞う強磁性体である。その強磁性相は相転移あるいはクロスオーバーを境界とする二つの相からなり、かつ高圧下では強磁性と共存する超伝導状態が存在する。その超伝導状態の発現と強磁性相内の相転移が密接に関連していることが超伝導臨界磁場の圧力依存性の測定から示唆されている。 UGe_2 における強磁性-強磁性転移の機構解明は5f電子系における重要なテーマのひとつである。

UGe_2 における強磁性強磁性転移については一次転移か二次転移かクロスオーバーかは未解決の問題である。またその性質も、フェルミ面のネステイングベクトルを介したCDW/SDW転移との主張があるものの、それを支持する中性子散乱の証拠はない。先行理論研究としてはバンド計算が常圧下の場合になされているのみであり、高圧下の強磁性強磁性転移に関する理論はない。本研究の目的は UGe_2 の結晶構造、スピン軌道相互作用および5f軌道縮退を取り込んだハバード型模型を構築し、平均場近似と乱雑位相近似で高圧下の磁気秩序、とくに強磁性強磁性転移の有無とその性質について理論的に解明することにある。

3章では、ある結晶場模型を仮定し、常磁性状態が有する並進対称性を持つ磁気秩序に限定した範囲内で平均場近似の解を求めた。結果的に、 $c(y)$ 軸SDWや $a(z)$ 軸SDW/CDWなどを含む多様な磁気秩序のなかで、一次相転移によって隣り合った2種類の a 軸一様強磁性が出現することを見出した。その二つの強磁性相間の相転移が起こる理由は、フェルミ面付近の状態を担う5f電子からなる複数のバンドがあり、同じ強磁性モーメントを出す準安定な平均場解が複数あり、それらの解の相対的な安定性が圧力変化とともに変化するためである。この機構は強磁性強磁性転移が軌道縮退が考慮された遍歴強磁性特有のものであることを示している。

さて上記の平均場解は結晶構造と同じ並進対称性を仮定したため、平均場近似における基底状態である保証はない。そこで、任意の周期構造を持つ磁気秩序への不安定性を常磁性状態における応答関数を乱雑位相近似を用いて調べた。その結果、上記の強磁性相は局所的に安定な状態であり、基底状態は長周期構造をもつSDW状態であることがわかった。そこで乱雑位相近似で、常磁性状態におけるSDW不安定性を与える結合定数と強磁性不安定性を与える結合定数を求め、強磁性相とSDW基底状態の相対的な安定性を半定量的に調べた。その結果は、平均場近似を越えた効果すなわち電子相関の効果によって、本研究における強磁性相が、SDW基底状態よりもエネルギー的に安定になるための条件の目安を与えている(3章)。

4章では、結晶場項を改良することにより、磁気異方性に関しては $a(z)$ 軸が容易軸となる条件を明らかにした。実際、そうした条件下では実験で観測されているような a 軸強磁性が基底状態として低密度領域で現れることが理論的に得られた。

本研究の主な意義は、平均場近似の範囲内で、 UGe_2 における強磁性-強磁性転移に関する以下の2つの知見を得たことにある。第一に、実験的に未解決であった転移の次数について一次転移

またはクロスオーバーであり、対称性の変化を伴わないことを示した。第二に、この強磁性強磁性転移が空間的異方性の異なる複数の軌道が縮退しているために生じることを示した。問題点としては3章で得られた強磁性相は局所安定相であり、平均場近似の範囲内でも真の基底状態ではないことであるが、本論文3章で基底状態に対する相対的な安定性を半定量的に評価し、また単一バンドハバード模型に関する先行研究との比較を行うことで、今後の課題は明らかにされている。

本論文中の第3, 4章の一部は、上田和夫氏との共同研究であるが、論文の提出者が主体となって分析を行ったもので、論文提出者の寄与は十分であると判断する。よって本論文は博士(理学)の学位請求論文として合格と認められる。