Osaka University Knowledge Archive

Title	Fermi Surface and Magnetic Properties of 5f-itinerant UTGa5
Author(s)	池田, 修悟
Citation	大阪大学, 2005, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/45604
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

【42】

氏　　　　　名　池田修悟（いけだしゅうご）

博士の専攻分野の名称　博　士（理　学）

学 位 記 番 号　第　19196　号

学位授与年月日　平成 17 年 3 月 25 日

学 位 授 与 の 要 件　学位規則第４条第１項該当

理学研究科物理学専攻

学 位 論 文 名　Fermi Surface and Magnetic Properties of 5*f*-itinerant $UTGa_5$ (T : Transition Metal) Compounds
（遍歴 5*f* 電子化合物 $UTGa_5$（T：遷移金属）のフェルミ面と磁気特性）

論 文 審 査 委 員　（主査）
教　授　大貫　惇睦

（副査）
教　授　野末　泰夫　　教　授　田島　節子　　教　授　萩原　政幸
助教授　摂待　力生

論 文 内 容 の 要 旨

物性物理学の強相関電子系において、現在最も盛んに研究されている分野に、希土類及びアクチノイド元素の *f* 電子による重い電子系がある。重い電子系とは、化合物中の伝導電子の有効質量等が、強い電子相関のために自由電子の値に比べ非常に大きくなった系のことを言う。ウラン化合物も重い電子状態を形成するが、現在までにその発現機構は明らかにされていない。この点を明らかにするためには、化合物中の構成元素を変化させて *f* 電子の周囲の環境を変え、系統的に 5*f* 電子状態を研究する必要がある。

このような系統的研究の対象として、正方晶 $UTGa_5$（T：遷移金属）系化合物がある。$UTGa_5$ は、遷移金属 T を周期律表の族番号８の Fe 列から族番号 10 の Ni 列まで変えることができるため、合計９つの化合物が存在する。この９つ全ての化合物に関して、ガリウムによる自己フラックス法を用いることで単結晶育成を試みた。その結果、例えば $UPtGa_5$ では、一般的に試料の純度の目安とされている残留抵抗比が 100 にもなるような非常に純良な単結晶を育成することに成功した。これらの単結晶を用いて室温までの帯磁率測定を行った。その結果、T が族番号８、９の Fe 列及び Co 列のときはパウリ常磁性であり、族番号 10 の Ni 列では反強磁性であることが分かった。また全ての $UTGa_5$ の帯磁率の温度依存性は小さく、この系の 5*f* 電子は遍歴的性格が強いことが分かる。この点を明らかにするために、ドハース・ファンアルフェン効果（dHvA）測定によるフェルミ面の研究から低温の電子状態を調べた。$UFeGa_5$ に関しては、すでに常盤氏らの研究があり、格子状と円柱状のフェルミ面を持ち、5*f* 電子は遍歴的であることが分かっている。そのため私は、$UFeGa_5$ からさらに価電子数が一つ増えた $UCoGa_5$ と $URhGa_5$ について dHvA の実験を行った。その結果、5*f* 電子は遍歴的で、体積が非常に小さい楕円状フェルミ面しか存在していないことが分かった。つまり $UCoGa_5$ と $URhGa_5$ は電子数と正孔数が等しい半金属である。この結果は、5*f* 電子を全て遍歴とすると価電子数が偶数になることから、殆どバンドが埋まってしまったと考えられる。ゆえにさらに電子数が一つ増えるため価電子数が奇数となる反強磁性体 $UPtGa_5$ のフェルミ面は、再び大きくなることが予想される。事実 dHvA 効果測定から、体積の大きい準２次元的な円柱状フェルミ面が存在することを明らかにできた。また最大で $24m_0$ にもなるような重い準粒子の観測にも成功した。このフェルミ面の形状は、5*f* 電子を遍歴とした相対論的スピン及び軌道偏極の LAPW 法に基づくエネルギーバンド理論から計算されたフェルミ面とよく一致する。以上の結果から、

$UPtGa_5$ の $5f$ 電子は、低温で遍歴的であることが分かった。次に $UTGa_5$ の高温の $5f$ 電子状態を調べるため、T が族番号8、9、10 に属している $UFeGa_5$、$UIrGa_5$ 及び $UPtGa_5$ について 800 K までの高温帯磁率測定を行った。その結果 $UPtGa_5$ では、550 K 以上の高温では、局在 $5f^2$（$5f^3$）電子状態から期待される逆帯磁率の傾きとほぼ等しくなった。例えば、逆帯磁率の傾きから求めた有効磁気モーメントは［001］方向で 3.5 μ_B/U となり、$5f^2$（$5f^3$）の場合の 3.6 μ_B/U とほぼ一致していることから、局在的な振る舞いを示していることが分かる。一方 $UFeGa_5$ 及び $UIrGa_5$ では、高温で温度依存性がでるものの $5f^2$（$5f^3$）の時の傾きと同じにはならなかった。

以上の実験から、$UTGa_5$ の T が族番号8、9の Fe 列及び Co 列のときはパウリ常磁性であり、族番号 10 の Ni 列では反強磁性であることが分かった。dHvA 測定から、この系の $5f$ 電子は全て遍歴的であることが分かった。特に反強磁性体 $UPtGa_5$ の $5f$ 電子は、高温では局在的に振舞っているが、温度が下がるにつれて、低温で遍歴的な振る舞いになる。つまり低温では、$5f$ 電子はウランサイトで磁気モーメントを担うと同時に、伝導電子となって結晶中を遍歴していると結論される。

論文審査の結果の要旨

Fermi Surface and Magnetic Properties of $5f$-itinerant $UTGa_5$ (T : Transition Metal) Compounds
（遍歴 $5f$ 電子化合物 $UTGa_5$（T：遷移金属）のフェルミ面と磁気特性）
について、以下のことを申請者は明らかにした。

申請者は、$UTGa_5$（T：遷移金属）の純良単結晶を育成し、その基本物性を測定し、その結果、T が周期律表の族番号8、9番の Fe 列及び Co 列の場合は常磁性体であり、族番号 10 番の Ni 列では反強磁性体であることを明らかにした。

特に、反強磁性体 $UPtGa_5$ の $5f$ 電子状態を明らかにするため、ドハース・ファンアルフェン効果と磁化率の測定を行った。低温でのドハース・ファンアルフェン効果によるフェルミ面の性質は、$5f$ 電子を遍歴としたスピン（軌道）偏極のバンド理論の結果と良く一致した。他方、800 K までの高温の磁化率を測定したところ、550 K 以上の高温で、局在 $5f^2$（$5f^3$）電子状態から期待される有効磁気モーメントを持つことを実験的に見出した。以上の低温と高温の実験結果から、反強磁性体 $UPtGa_5$ の $5f$ 電子は、高温では局在的に振舞っているが、温度が下がるにつれて、低温で遍歴電子系になることが明らかになった。つまり低温では、$5f$ 電子はウランサイトで磁気モーメントを担うと同時に、伝導電子となって結晶中を遍歴していると結論された。

よって本論文は博士（理学）の学位論文として十分価値あるものと認める。