

Title	Magnetic and Fermi Surface Properties in $\text{RCu}_2\text{Si}_2$ (R: Rare Earth), $\text{Ce}_2\text{Pd}_3\text{Si}_5$ and $\text{Lu}_2\text{Rh}_3\text{Ga}_9$
Author(s)	Nguyen, Duc Dung
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/49748">https://hdl.handle.net/11094/49748</a>
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、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	グエン ドウ ズン NGUYEN DUC DUNG
博士の専攻分野の名称	博士(理学)
学位記番号	第 22674 号
学位授与年月日	平成21年3月24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	Magnetic and Fermi Surface Properties in $\text{RCu}_2\text{Si}_2$ (R: Rare Earth), $\text{Ce}_2\text{Pd}_3\text{Si}_5$ and $\text{Lu}_2\text{Rh}_3\text{Ga}_9$ ( $\text{RCu}_2\text{Si}_2$ (R: 希土類)、 $\text{Ce}_2\text{Pd}_3\text{Si}_5$ 、 $\text{Lu}_2\text{Rh}_3\text{Ga}_9$ の磁性とフェルミ面の性質)
論文審査委員	(主査) 教授 大貫 惇睦 (副査) 教授 田島 節子 教授 竹田 精治 教授 野末 泰夫 教授 萩原 政幸

## 論文内容の要旨

希土類化合物はRuderman-Kittel-Kasuya-Yosida(RKKY)相互作用と結晶場効果が4f電子の磁気秩序に主たる影響を及ぼしている。4f電子の波動関数の拡がり小さいので、4f電子同士が直接に磁氣的相互作用をすることはできず、伝導電子のスピンを介した間接的な相互作用で起こる。ほとんど多くの希土類化合物は反強磁性秩序を起こす。ところが、CeやYb化合物では、その4f電子のスピンと伝導電子のスピンとはRKKY相互作用とは異なる近藤効果を発現し、低温で4f電子のスピンは伝導電子のスピンに遮蔽され、磁気モーメントがゼロとなる状態が出現する。これは芳田によって明らかにされた。この電子状態は、スピン一重項状態、あるいは近藤電子雲の形成であるが、CeやYb化合物では、この近藤電子雲が周期的に配列するので、エネルギーバンドを形成することになる。結果として局在した4f電子が結晶中を遍歴し、いわゆる“重い電子系”が形成される。

4f電子が織り成す様々な磁気秩序、4極子相互作用、重い電子系を研究するために $\text{RCu}_2\text{Si}_2$ (R:希土類化合物)、 $\text{Ce}_2\text{Pd}_3\text{Si}_5$ 、 $\text{Lu}_2\text{Rh}_3\text{Ga}_9$ の3種類の化合物を研究した。最初の $\text{RCu}_2\text{Si}_2$ は正方晶であり、例えば $\text{CeCu}_2\text{Si}_2$ では初めての重い電子系超伝導体として有名である。次の $\text{Ce}_2\text{Pd}_3\text{Si}_5$ は正方晶の $\text{CePd}_2\text{Si}_2$ に似ているが結晶は歪んでいて斜方晶である。最後の $\text{Lu}_2\text{Rh}_3\text{Ga}_9$ は六方晶に似ているが斜方晶である。結晶構造が及ぼす磁気異方性と電子状態に着目し、電気抵抗、比熱、磁化率・磁化、ドハース・ファンアルフェン効果の測定をして研究を行った。得られた研究成果は次の通りである。

(1) 正方晶の希土類化合物 $\text{RCu}_2\text{Si}_2$ (R:希土類)の純良単結晶を育成することに成功した。 $\text{CeCu}_2\text{Si}_2$ と $\text{YbCu}_2\text{Si}_2$ を除き、結晶場による4f準位の分裂は約100Kと小さく、その結果、常磁性状態での磁気異方性は小さいことが分かった。これは、過去に行われた中性子散乱の実験結果に基づき、磁気比熱、磁化率・磁化の異方性を考慮して、結晶場計算を行ったことから求められた。また、磁気秩序温度はRKKY相互作用に基づくドゥ・ジャン則にほぼ従うが、 $\text{PrCu}_2\text{Si}_2$ では4極子相互作用も重要な寄与をしていることが分かった。 $\text{YCu}_2\text{Si}_2$ 、 $\text{LuCu}_2\text{Si}_2$ 及び $\text{YbCu}_2\text{Si}_2$ でドハース・ファンアルフェン振動の検出に成功した。 $\text{YbCu}_2\text{Si}_2$ では高温では4f電子は局在しているが、低温では重い電子系となって遍歴するこ

とが明らかにされた。この実験結果は4f電子遍歴に基づくエネルギーバンド計算の結果と対比された。いくつかのバンド計算が播磨尚朝教授(神戸大学)によって行われたが、電子相関を考慮したバンド計算との一致度は驚くべきほど良かった。主要フェルミ面のサイクロトロン質量は30~40 $m_0$ ( $m_0$ :電子の静止質量)と大きく、重い電子系の描像が明らかにされた。また、(2)正方晶に近い斜方晶の $\text{Ce}_2\text{Pd}_3\text{Si}_5$ で特異な磁化曲線、及び(3)六方晶に近い斜方晶の $\text{Lu}_2\text{Rh}_3\text{Ga}_9$ で2次元電子状態が実験的に見出された。

## 論文審査の結果の要旨

4f電子が磁性とフェルミ面に及ぼす効果を系統的に研究した。正方晶の希土類化合物 $\text{RCu}_2\text{Si}_2$ (R:希土類)の純良単結晶を育成し、電気抵抗、比熱、磁化率・磁化、ドハース・ファンアルフェン効果を測定した。 $\text{CeCu}_2\text{Si}_2$ と $\text{YbCu}_2\text{Si}_2$ を除き、結晶場による4f準位の分裂は約100Kと小さく、その結果、常磁性状態での磁気異方性は小さいことが分かった。磁気秩序温度はRKKY相互作用に基づくドゥ・ジャン則にほぼ従うが、 $\text{PrCu}_2\text{Si}_2$ では4極子相互作用も重要な寄与をしていることが分かった。 $\text{YbCu}_2\text{Si}_2$ では高温では4f電子は局在しているが、低温では重い電子系となって遍歴することが明らかにされた。主要フェルミ面のサイクロトロン質量は30~40 $m_0$ ( $m_0$ :電子の静止質量)と重い。その他、正方晶に近い斜方晶の $\text{Ce}_2\text{Pd}_3\text{Si}_5$ で特異な磁化曲線、及び六方晶に近い斜方晶の $\text{Lu}_2\text{Rh}_3\text{Ga}_9$ で2次元電子状態が実験的に見出された。

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。