OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	Numerical Renormalization Group Study on Multiorbital Impurity Anderson Model
Author(s)	Nishiyama, Shinya
Citation	大阪大学, 2013, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/27502
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

【64】

氏名	西山真哉（にしやましんや）
博士の専攻分野の名称	博士（理学）
学位記番号	第　26112　号
学位授与年月日	平成25年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物質創成専攻
学位論文名	Numerical Renormalization Group Study on Multiorbital Impurity Anderson Model （数値くりこみ群法による多軌道不純物アンダーソン模型の研究）
論文審査委員	（主査） 教授　三宅　和正 （副査） 教授　吉田　博　教授　北岡　良雄

論文内容の要旨

近年、重い電子系で生じる多彩な物性、とりわけ量子臨界点（Quantum Critical Point：QCP）で生じる様々な異常な振舞いの理解が望まれている。本研究では、f電子を二つ含む2軌道不純物アンダーソン模型を用いて3種類のQCPの性質を解析した。

第2章では、2不純物問題での近藤効果とRKKY相互作用の競合によるQCPに着目し、fサイトと伝導電子の間の電荷移動感受率χ_{fc}がQCPにおいて、電子正孔対称性がある場合には対数発散し、それが破れた場合にも顕著な増大を示すという結果を得た。次にχ_{fc}のホール係数への寄与を久保公式に基づいて求め、QCPで増大することを示した。このQCPは、格子系では磁気転移温度T_Nと近藤温度T_Kが一致する点に概ね対応すると考えられ、本章の結果は$CeRu_2(Si_{1-x}Ge_x)_2$の$T_N \sim T_K$となる点でのホール係数の増大を解明する指針を与えた。

第3章ではf^2-電子配置正方晶系において、基底状態のf^2-結晶場一重項と近藤・芳田一重項間の競合に起因するQCPに着目し、競合により減少した系の特性温度T^*_Fが、$1000T^*_F$程度の磁場の印加に対しても変化しないことを示した。これは競合による非フェルミ液体的振舞いが、$1000T^*_F$程度の磁場下でも変化しないことを意味する。同様の磁場効果は他の対称性でも期待でき、このことからこれまで未解明であった立方晶UBe_{13}の磁場に鈍感という特異な非フェルミ液体の起源がこのQCPである可能性を提案した。

第4章では、第3章と同じQCP近傍の電気抵抗、磁化率、比熱の温度依存性に対する磁場効果を解析した。これらの物理量から得られるそれぞれのT^*_Fの磁場依存性は定性的に一致し、低磁場側では第3章で示したようにT^*_Fは磁場にほぼ依存せず、高磁場側では$T^*_F \propto H^2$となるこれら二つの磁場領域が移り変わる領域でのH依存性は$Th_{1-x}U_xRu_2Si_2$の実験結果をよく再現し長年議論されている$Th_{1-x}U_xRu_2Si_2$の非フェルミ液体の起源がこのQCPであることを裏付ける結果を得た。

第5章では、f^2-電子配置立方晶系を解析し、立方晶系では第3・4章で議論した2つの一重項は滑らかに移り変わること、混成効果によりf^2-結晶場第一励起状態の三重項が基底状態となる状態と近藤・芳田一重項の競合による新しいQCPを発見した。この結果は、上記のUBe_{13}のUを他の元素で置換して格子定数を制御した際に電子比熱係数がUBe_{13}で最大値を取るという実験と定性的に一致しており、今後UBe_{13}の磁場下での振舞いについて考察を進める際に確固たる出発点となる成果である。

論文審査の結果の要旨

近年、CeやYbなどの希土類元素、UやPuなどのアクチナイド元素を含む金属化合物で重い電子系と呼ばれる物質群において生じる多彩な物性、とりわけ量子臨界点（Quantum Critical Point：QCP）で生じる様々な異常な振舞いが注目を集めている。重い電子系ではこれらの元素に含まれるf電子が重要な役割を演じるが、本研究では、f電子を二つ含む多軌道不純物アンダーソン模型の低エネルギー状態に対してほぼ厳密な結果を与える数値くりこみ群の方法を用いて3種類のQCPの性質が調べられた。

論文の第2章では、2不純物問題での近藤効果とRKKY相互作用の競合によるQCPに着目し、f電子と伝導電子の間の電荷移動感受率χ_{fc}が、QCPにおいて、電子正孔対称性がある場合には対数発散し、それが破れた場合にも顕著な増大を示すという結果を得た。次にχ_{fc}のホール係数への寄与を久保公式に基づいて求め、QCPで増大することを示した。このQCPは、格子系では磁気転移温度T_Nと近藤温度T_Kが一致する点に概ね対応すると考えられ、この結果は$CeRu_2(Si_{1-x}Ge_x)_2$において$T_N \sim T_K$となる点でのホール係数のピークを定性的に説明する。

論文の第3章では、f^2-電子配置正方晶系において、基底状態のf^2-結晶場一重項と近藤・芳田一重項間の競合に起因するQCPに着目し、この競合により減少した特性温度T^*_Fが、$100 \times T^*_F$程度の磁場の印加に対しても変化しないことを示した。これは競合による非フェルミ液体的振舞いが、$100T^*_F$程度の磁場下でも変化しないことを意味する。同様の磁場効果は他の

対称性でも期待でき、このことからこれまで未解明であった立方晶UBe_{13}の磁場に鈍感という特異な非フェルミ液体の起源がこのQCPである可能性を提案した。

論文の第４章では、第３章と同じQCP近傍の電気抵抗、磁化率、比熱の温度依存性に対する磁場効果を解析した。これらの物理量から得られるそれぞれのT^*_Fの磁場依存性は定性的に一致し、低磁場側では第３章で示したようにT^*_Fは磁場にほぼ依存せず、高磁場側では$T^*_F \propto H^2$となる。これら二つの磁場領域が移り変わる領域でのH-依存性は$Th_{1-x}U_xRu_2Si_2$の実験結果をよく再現し、長年議論されている$Th_{1-x}U_xRu_2Si_2$の非フェルミ液体の起源がこのQCPであることを裏付ける結果を得た。

論文の第５章では、f^2-電子配置立方晶系を解析し、立方晶系では正方晶とは異なり、２つの一重項は滑らかに移り変わること、混成効果によりf^2-結晶場第一励起状態の三重項が基底状態となる状態が存在し、この三重項と一重項との競合に起因する新しいQCPを発見した。この結果は、上記のUBe_{13}の磁場下での振舞いについて考察を進める際に重要な指針を与える成果である。

これらの成果は当該分野の研究の発展にとって重要な寄与を成したものであり、博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。