

Title	Bulk Three-dimensional Fermiology by Photoelectron Spectroscopy and Instrumental Development in Spin-polarized Inverse Photoemission
Author(s)	矢野, 正雄
Citation	大阪大学, 2008, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/48822
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"〉 大阪大学の博士論文について〈/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	矢野まさお雄
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 22096 号
学位授与年月日	平成 20 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	Bulk Three-dimensional Fermiology by Photoelectron Spectroscopy and Instrumental Development in Spin-polarized Inverse Photoemission (光電子分光によるバルク三次元フェルミオロジーおよびスピン偏極逆光電子分光装置の開発)
論文審査委員	(主査) 教授 菅 滋正 (副査) 教授 三宅 和正 教授 北岡 良雄 准教授 井上 恒一

論文内容の要旨

CeRu₂X₂ (X=Si, Ge) は対照的な 4f 電子の振舞いを示し、4f 電子系の引き起こすミステリアスな物性理解の基本となる物質である。本研究では CeRu₂X₂ の軟 X 線角度分解光電子分光 (ARPES) を SPring-8 の BL25SU ビームラインにて行った。軟 X 線 ARPES では磁気量子振動測定と対照的にあらゆる温度領域において、かつそれほどの高純度を有しない試料においてさえバルクのバンド構造・フェルミ面形状を観測できることが最大の特長である。軟 X 線 ARPES によって CeRu₂X₂ の常磁性相におけるバルクの三次元的なフェルミ面形状を実験的に決定することに初めて成功した。これによって量子振動測定から得られた低温でのフェルミ面やバンド計算との比較が可能となり、CeRu₂Ge₂ の強磁性相と常磁性相で 4f 電子がフェルミ面への異なる寄与を持つことを発見した。CeRu₂Si₂ においては、重い準粒子の作るバンド構造・フェルミ面を観測することができ、CeRu₂X₂ の高温領域での三次元フェルミ面形状の顕著な違いが明らかになった。また、軟 X 線に比べてよりバルク敏感な硬 X 線光電子分光を SPring-8 BL19LXU で行い、実験結果から CeRu₂X₂ の始状態における 4f 電子数を定量的に見積もった。見積もられた 4f 電子数はどちらも 1 に近いが若干の違いがあり、この違いこそがフェルミ面形状・バンド構造の違いに反映されていることがわかった。更に詳しく 4f 電子のバンドへの寄与を調べるために ARPES の温度変化を測定し、バンド構造が近藤効果の温度による崩壊によってどのように変化するかを調べた。実験から近藤温度より十分高温の領域ではバンド構造は低温のものと大きく異なり、その変化はバンドごと・波数ごとに異なることを発見した。これは 4f 電子が寄与している部分が温度によって変化することを示唆した結果であり、LDA 計算によっても支持されている。

一方スピン偏極逆光電子分光装置の開発は、スピンに依存した非占有電子状態を観測することを目的としている。これまでに逆光電子分光装置を完成させ、電子源についても一通り動作させることに成功した。電子源の改良によって長時間電子線を出すことが可能となり、これによって逆光電子分光測定が可能であることが、標準試料である Cu 単結晶の逆光電子分光測定によって確かめられた。

論文審査の結果の要旨

4f 電子を含む強相関電子系においては 4f 電子と伝導電子との混成強度の違いにより、低温での物理現象は大きく異なる。RKKY 相互作用と近藤効果の競合する量子臨界点 (QCP) においては、電子の有効質量が自由電子の千倍近くにまで増大する現象や非 BCS 超伝導の発現など物理的に大変興味深い現象が観測されている。これまで QCP 付近の電子状態を解明するために低温領域でのフェルミ面やバンド構造の研究は盛んに行われてきたが、未だに QCP での 4f 電子の状態に対しては様々な議論がある。本研究では低温での 4f 電子の振る舞いが対照的な CeRu_2X_2 ($\text{X}=\text{Si}$, Ge) に対して、高温相でのバンド構造・フェルミ面の形状を調べ、温度あるいは混成強度の違いによる 4f 電子の振る舞いを研究することを目的とする。

実験は軟 X 線角度分解光電子分光 (ARPES) を SPring-8 の BL25SU ビームラインにて行った。軟 X 線 ARPES では磁気量子振動測定と対照的にあらゆる温度領域において、かつそれほどの高純度を有しない試料においてさえバルクのバンド構造・フェルミ面形状を観測できることが最大の特長である。今回 CeRu_2X_2 の常磁性相におけるバルクの三次元的なフェルミ面形状を実験的に決定することに初めて成功した。これによって量子振動測定から得られた低温でのフェルミ面やバンド計算との比較が可能となり、 CeRu_2Ge_2 の強磁性相と常磁性相で 4f 電子がフェルミ面への異なる寄与を持つことを発見した。 CeRu_2Si_2 においては、重い準粒子の作るバンド・フェルミ面を観測し、 CeRu_2X_2 の高温領域での三次元フェルミ面形状の顕著な違いが明らかになった。

また、軟 X 線に比べてよりバルク敏感な硬 X 線光電子分光を SPring-8 BL19LXU で行い、Ce 3d XPS の実験結果から CeRu_2X_2 の始状態における 4f 電子数を定量的に見積もった。Ce 3d スペクトルの違いは 4f 電子と伝導電子との混成強度の違いに起因しており、そのことが 4f 電子数の違いにも反映されている。HAXPES による結果は軟 X 線 ARPES から得られたフェルミ面・バンド構造の違いを矛盾なく説明するものであった。

更に詳しく 4f 電子のバンドへの寄与を調べるために ARPES の温度変化を測定し、バンド構造が温度によってどのように変化するかを調べた。実験から近藤温度より十分高温の領域ではバンド構造が低温のものとは大きく異なり、その変化はバンドごと・波数ごとに異なることを発見した。ARPES の結果と LDA 計算との比較によって、4f 電子が寄与しているバンドが主に温度変化していることがわかった。本研究によって 4f 電子のフェルミ面・バンド構造への寄与が明らかになったことで、今後強相関電子系の研究分野が更に発展すると期待される。

このように種々の実験手法を用い、理論計算とも比較した本研究のように、4f 強相関系のバルク電子状態を解明した研究は数少なく、博士 (工学) の学位論文として価値あるものと認める。