

論文審査の結果の要旨

氏名 下山田 篤史

強相関電子系の物質群は、強い電子間クーロン相互作用によってスピンや電荷、軌道の自由度が顕在化することで多彩な物性をしめすことから多くの関心が寄せられ、その基礎物性の解明および新規物性の開拓の見地から盛んに研究されている。 d 電子系物質 LiV_2O_4 、 $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$ ($x=0.2$)、 $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ は、 T^* 以下の温度で質量増大のクロスオーバーをしめすことが磁気、熱、輸送特性によって議論されており、その振る舞いが重い f 電子系物質の基礎物性と良く似ていることから非常に注目されている。本研究では、重い d 電子系物質のフェルミ準位 (E_F) 近傍の電子状態を高分解能光電子分光によって調べることで、その重い d 電子状態の起源を明らかにすることを目的としている。

本論文は全7章からなる。

第1章では、重い f 電子系の起源について説明し、 f 電子系と d 電子系の電子構造の違いについて述べている。そして、重い d 電子系を研究するに当たった動機について述べている。

第2章では、実験手法として用いた角度積分光電子分光 (PES)、角度分解光電子分光 (ARPES) について説明している。また、実験の手順について述べている。

第3章では、重い f 電子系物質における基礎物性の実験、及び電子状態に関する実験について述べている。

第4章では、 LiV_2O_4 の結晶構造、基礎物性について紹介した後、その重い電子状態の起源についての研究背景と本研究の目的について述べている。次に、 LiV_2O_4 を対象として行われた角度積分光電子分光の実験結果について述べている。光源にレーザーを用いた高分解能 PES の結果、 E_F の上、 4meV 付近に電子状態密度における鋭いピーク構造を見出した。ピーク位置、ピーク幅のエネルギースケールは $k_B T$ 程度であり、降温に伴い T 以下でピーク高さは大きく成長する。このようなピークの特徴は CeCu_2Si_2 等の様な $4f$ 重い電子系で観測されている近藤共鳴ピークと非常によく類似していることから、 LiV_2O_4 における重い電子状態の起源についても近藤機構の可能性が示唆された。また、硬X線光電子分光を行った結果、 $V 1s$ 、 $V 2p$ 内殻の電子構造において、 E_F でのコヒーレント状態によるスクリーニングを反映する構造を見出した。スクリーニングの構造の温度依存性を含めて、関連物質との比較検討を行うことは今後の課題となっている。

第5章では、 $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$ 系の相図、結晶構造、基礎物性について初めに紹介し、その

電子状態についての研究背景と本研究の目的について述べている。次に、 $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$ ($x=0.2$) を対象として行われた角度分解光電子分光の実験結果について述べている。光源にヘリウム放電管を用いた高分解能 ARPES の結果、フェルミ面を形成する 3 つの明瞭なバンド分散 (α, β, γ) を観測した。 Sr_2RuO_4 との大きな違いは、極めて重いバンド分散が $(\pi, 0)$ 点付近に存在することである。 $(\pi, 0)$ 付近でのみ重いバンド分散を形成する準粒子ピークの温度依存性は、 T^* 以下での質量増大のクロスオーバーと良く対応する。最後に、 f 電子系におけるフェルミ面全体に渡って起こる重い電子状態とは違って、波数空間の一部でのみ起こる $x=0.2$ の質量増大の起源について議論している。

第 6 章では、 $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ の結晶構造と基礎物性について紹介し、その電子状態についての研究背景と本研究の目的について述べている。次に、 $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ に対して行われた ARPES 実験の結果について述べている。レーザーを用いた高分解能 ARPES の結果、大きな傾きを持って分散するバンドが $\Gamma-(\pi, \pi)$ 方向において観測された。一方、 E_F 近傍の平坦なバンド分散が $\Gamma-(\pi, 0)$ 方向において観測され、また、極めて重いバンド分散が $(\pi, 0)-(\pi, \pi)$ 方向において観測された。重いバンド分散を形成する準粒子ピークの温度依存性は、 T^* 以下での質量増大のクロスオーバーと良く対応する。結果として、 $\text{Sr}_3\text{Ru}_2\text{O}_7$ は $\text{Ca}_{2-x}\text{Sr}_x\text{RuO}_4$ ($x=0.2$) と同様に、波数空間の一部でのみ強い質量増大をしめすことが分かった。

第 7 章では、本研究で得られた成果をまとめ、本研究の意義を述べている。

以上をまとめると、本論文では、高分解能光電子分光実験によって、重い d 電子系物質の E_F 近傍の電子状態を調べた。その結果、波数空間の一部でのみ重いバンド分散を形成することが、重い d 電子系物質において観測された。 f 電子系におけるフェルミ面全体に渡って起こる重い電子状態の場合とは異なり、 d 電子系における重い電子状態を議論する際には、多軌道と同時に、全体のバンド幅だけでなく局所的なバンド構造も考慮することが重要であることが明らかになった。本研究で得られたこうした知見は物性物理学、物質科学の進展に寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（科学）の学位請求論文として認められる。