

# 論文審査の結果の要旨

氏名 大川 万里生

本論文は「光電子分光によるイッテルビウム系近藤物質の電子構造の研究」と題し全6章で構成されており、放射光硬X線や紫外レーザーを用いたバルク敏感な光電子分光法による、 $\text{YbAlB}_4$ 系化合物の量子臨界現象及び近藤半導体 $\text{YbB}_{12}$ における混成ギャップ形成の研究についてまとめたものである。

第1章では、重い電子系物質の物性を概観し、その理論モデルや量子臨界現象、価数揺動現象について解説を行っている。その上で、本研究の目的について述べている。

第2章では、実験手法として用いられた光電子分光法の原理及び測定系の解説が行われている。

第3章及び第4章では、 $\text{YbAlB}_4$ 系化合物の量子臨界現象について、硬X線光電子分光によるYb価数状態の測定を通して考察している。第3章で対象となっている量子臨界超伝導体 $\beta\text{-YbAlB}_4$ では、Yb3d内殻スペクトルに二価と三価の両方の成分が明確に観測され、価数揺動系であることを明らかにした。Ybイオンに対する原子多重項計算によるYb3d多重項を基にスペクトルの解析を行ったところ、Yb価数は約2.8価と評価されている。このような強い価数揺動が量子臨界点と共存する例は他になく、 $\beta\text{-YbAlB}_4$ の量子臨界現象を理解するには新しい枠組みが必要であると結論し、価数ゆらぎの役割の重要性を指摘している。

一方、第4章では $\alpha\text{-Yb(Al,Fe)B}_4$ のYb価数のFeドーピング量依存性について報告されている。この物質はFeドーピングによる化学圧力で基底状態をフェルミ液体から反強磁性秩序相へ制御することができ、相図上の量子臨界点を跨いだ測定が可能となる。Yb価数のFeドーピング量依存性の測定結果から、量子臨界点にある組成付近で、価数が急激に増加することが明らかにされている。この結果は、臨界価数ゆらぎによる量子臨界現象の理論から予測されている振る舞いであり、本物質において臨界磁気ゆらぎに加えて臨界価数ゆらぎに起因する新しい量子臨界現象の可能性が実験的に示唆されている。さらに、反強磁性領域においてもYb価数2.9以下という比較的強い価数揺動状態にあることが明らかとなり、遍歴磁性による臨界磁気ゆらぎの影響も考慮する必要があることを明らかにしている。

第5章では、近藤半導体 $\text{YbB}_{12}$ の混成ギャップ形成の振る舞いについて、超高分解能レーザー光電子分光と時間分解光電子分光を用い検証されている。レーザー光電子分光によるフェルミ準位近傍の電子構造の超高分解能測定からは、伝導電子と4f電子の混成によるピーク構造が明瞭に観測され、さらに未報告の微細構造の存在を明らかにした。温度変化の測定からは、混成ギャップ形成を特徴付ける約100Kの特性温度が明確に定義されている。ポンプ・プローブ時間分解光電子分光からは、特性温度以下において、光励起された電子が伝導体の底に溜まり緩和しない振る舞いが観測され、フェルミ準位で混成ギャ

ップが開き半導体となっていることの証拠が得られている。

最後に第6章で本研究全体の総括がなされている。

以上、論文提出者は本研究で、近藤物質における量子臨界現象や混成ギャップ形成について、Yb 化合物を対象に研究が行われた。YbAlB<sub>4</sub>系物質については、硬 X 線光電子分光による Yb 価数状態の定量評価から、本系の量子臨界現象が従来の枠組みでは説明できないことを示し、それが臨界価数揺らぎという新しい量子臨界現象である可能性を強く示唆する結果を得ている。また近藤半導体 YbB<sub>12</sub>では、超高分解能レーザー光電子分光及び時間分解光電子分光を用い、その混成ギャップの構造と形成過程の詳細を明らかにしている。そしてこれらの手法が、電子状態におけるギャップ構造の研究に有用であること示した。本研究で得られた成果は、強相関電子系の研究において重要な意義があり、物性物理学の進展に寄与するところは大きい。

なお、本論文の一部は松波雅治、石坂香子、江口律子、田口宗孝、Ashish Chainani、高田恭孝、矢橋牧名、玉作賢治、西野吉則、石川哲也、久我健太郎、堀江直樹、中辻知、辛埴各氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって実験、解析を行ったものであり、また共同研究者全員の同意承諾書が提出されていることに鑑み、論文提出者の寄与は十分であると判断できる。

従って、本委員会は論文提出者に対し博士(科学)の学位を授与できると認める。