

論文審査の結果の要旨

氏名 辻本 真規

本論文は全 6 章からなり、第 1 章では研究背景、第 2 章では研究手法、第 3 章から第 5 章まで結果と考察について、最後に、第 6 章でまとめと今後の展望が述べられている。

第 1 章では、強相関電子系における四極子自由度（軌道自由度）の揺らぎとエキゾチック超伝導の重要性、さらに、本研究で対象とされている重い電子系と、多極子物理の基礎的な事柄について概観されている。その後、四極子近藤効果に関する過去の研究結果について、理論、実験の両面から紹介がなされている。次に、本研究で用いた $\text{PrV}_2\text{Al}_{20}$ と、その類縁物質 $\text{PrTi}_2\text{Al}_{20}$ の先行研究の結果が記述されている。章の最後には、四極子近藤効果の実現や軌道ゆらぎの重い電子超伝導の実現とその物性の解明が本研究の目的であることが示されている。

第 2 章には論文提出者自身が行った単結晶合成に関する手法と合成戦略について述べられており、その後、結晶評価手法が紹介されている。特に、 $\text{PrV}_2\text{Al}_{20}$ の純良な結晶の合成は本研究において不可欠な事項であり、論文提出者自身が合成に成功した、純良な単結晶合成の育成条件が細かく記されている。また、物性測定手法についても測定原理と装置の両方について述べられており、論文提出者が研究を進めるに足る実験技術を有していると判断できる。

第 3 章では $\text{PrV}_2\text{Al}_{20}$ の数 mT 以下の低磁場における低温物性測定の結果が示されている。 $\text{PrV}_2\text{Al}_{20}$ は非磁性基底状態を持ち、かつ局在モーメントと伝導電子の間の混成効果が強い物質であるため、それまで常圧下で実現していなかった電気四極子モーメント（軌道）ゆらぎの重い電子超伝導が発現する可能性があった。そこで論文提出者が合成に成功した純良な結晶に対して、希釈冷凍機を用いて電気抵抗率、磁化率、比熱の測定が行われたところ、50 mK において軌道ゆらぎの重い電子超伝導を発見した。常圧下で初めて軌道ゆらぎ超伝導を発見したことは、今後軌道ゆらぎ超伝導の性質を調べるための非常に重要な出発点となる。

第 4 章では、 $\text{PrV}_2\text{Al}_{20}$ の磁場下における軌道ゆらぎ量子臨界現象と複雑な多極子秩序状態について記述されている。磁気グリューナイズン係数は量子臨界現象をとらえるのに最も適した物理量である。そこで、ドイツのアウグスブルグ大学において磁気グリューナイズン測定を行い、量子臨界現象を見出した。これによって、電気抵抗率でしか確

認められていなかった軌道ゆらぎ量子臨界現象が磁気グリューナイズン係数でも確認され、軌道ゆらぎ量子臨界現象の存在がより確実になった。さらに、秩序状態を調べるために磁場中比熱測定が行われた。今回純良化された単結晶が用いられた結果、無磁場下で見られる 2 つの連続する多極子転移の、磁場中における振る舞いを明らかにした。その様子から秩序状態に関して様々な可能性が考えられ、四極子混成が強い系における秩序状態の今後の研究に対して、重要な結果が報告されたと言える。

第 5 章では、 $\text{PrV}_2\text{Al}_{20}$ の多極子転移点よりも高温側の電気抵抗率、磁化率、比熱の磁場中測定の結果が理論的結果と比較され議論されている。その結果、10 数 K 程度の温度領域では実験結果が四極子近藤効果の理論と一致する一方で、それよりも低温側の多極子転移点以上の温度領域では、四極子近藤効果の理論的計算で予測されない振る舞いとなることが示されている。よってこれは四極子の混成が強い系の振る舞いに関して、実験的視点から新しい可能性を提示した重要な結果である。

なお、本論文第 3 章は松本洋介博士、富田崇弘博士、酒井明人博士、中辻知教授との共同研究の成果であるが、論文提出者が主体となって実験および解析を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（科学）の学位を授与できると認める。

以上 1 5 1 2 字