

論文審査の結果の要旨

氏名 廣瀬 陽代

本論文は6章からなり、前文に引き続いて第1章は本論文の基礎となる磁気秩序と磁壁の概念、パイロクロア酸化物 $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$ の特徴とこれまでの研究、関連するワイル金属相について説明する。第2章は試料合成、結晶評価、物性測定に関する実験手法について述べ、第3・4章では all-in/all-out (AIAO) 型磁気秩序に伴う磁壁の磁性と電気伝導性について実験結果を総括する。さらに第5章は微小単結晶における磁壁の振る舞いに触れ、第6章で研究のまとめと今後の展望について述べている。

第1章では、まず様々な磁気秩序やその他の秩序状態において形成されるドメイン壁の一般的な性質について説明があり、ドメイン壁特有の物性が紹介されている。次に本論文で取り上げるパイロクロア酸化物 $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$ の物性に関してこれまでの研究をまとめ、未解決の3つの問題を整理している。さらに本物質の磁壁の理解に関係すると思われるワイル半金属状態の性質と期待される現象について記述されている。

第2章では、本論文においてなされた合成、評価、および、物性測定実験の手法について述べられている。

第3章では、本物質の磁氣的性質について精密な磁化測定の結果をまとめている。磁気転移温度以下で、外部磁場により反転しない強固な弱強磁性が存在することを見出し、その温度、試料、磁場依存性からその起源を検討した。その結果、AIAO 秩序に伴って形成される磁壁に関する詳細な考察を通して、 $\{001\}$ 磁壁が強固な強磁性モーメントを有することを明確に示すことができた。さらに、 $\{111\}$ や $\{110\}$ 磁壁の寄与と思われるフリースピンの寄与が低温で現れることを見出した。また、これらの磁壁の形成過程を疑似アニーリング法によるシミュレーションにより確かめた。

第4章は本物質の電気抵抗測定結果について述べている。電気抵抗率の温度依存性に対する冷却磁場の効果を調べ、低温でバルクの絶縁性が高まるとともに伝導性をもつ磁壁の寄与が現れること、これが大きな試料依存性を持つことを示した。さらに低温の磁気抵抗測定において、冷却磁場の正負により符号が反転し、磁場に対して奇関数的に振る舞う正の磁気抵抗成分があることを見出した。その磁場方位依存性の測定から、これが $\{001\}$ 磁壁の強固な強磁性と相関することを示し、磁壁が電気伝導性を有する可能性が高いことを結論した。

第 5 章では、収束イオンビーム加工装置を用いてバルクの単結晶から 10 μ m 程度の微小結晶を切り出し、その電気抵抗を測定した結果について報告する。磁気抵抗の磁場方位依存性から、複数の磁壁伝導の寄与が観測され、これが冷却過程での電流印加により、1 つの成分になることを見出した。その磁場方位依存性を説明する磁壁方位の可能性に関して議論を行っている。

第 6 章では、研究の総括と今後の展望が述べられている。パイロクロア酸化物 $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$ において未解決であった問題の解明を目指した結果、これが AIAO 磁気秩序の磁壁によることを初めて明確に示した。今後の課題として、磁壁における電気伝導性のミクロな起源を明らかにすること、および、微小結晶における磁壁コントロールと 1 枚の磁壁の物性を明らかにすることを挙げている。

なお、本論文中の第 3・4 章は山浦淳一、廣井善二氏との、第 5 章は木俣基、大谷義近氏との共同研究成果であるが、論文提出者が主体となって合成・物性実験を行い、結果の分析および検証を行ったものであり、その寄与が十分であると判断する。

以上のパイロクロア酸化物 $\text{Cd}_2\text{Os}_2\text{O}_7$ における磁壁物性に関する研究は、高度な結晶作製と精密な磁化・電気伝導性測定との組み合わせにより学位論文申請者がほぼ独力で行ったものであり、極めてオリジナリティーの高い研究である。これまで様々な物質系においてドメインの寄与が議論されてきたが、一般的にバルクに比べてドメインの寄与は微小であり、本研究でのように顕著なドメイン物性が明らかにされた例はほとんどない。特に強固な強磁性と伝導性が共存する{001}磁壁の存在は驚くべきものである。得られた成果は物性物理学の新たな展開に結びつくものであり、高く評価される。また、論文申請者は、本論文の成果の一部を英文論文「Robust ferromagnetism carried by antiferromagnetic domain walls, Hishiro T. Hirose, Jun-ichi Yamaura, and Zenji Hiroi」として Scientific Reports 誌に投稿し、平成 29 年 1 月 9 日に受理されている。

以上の理由により、論文申請者に博士（ 科学 ）の学位を授与できると認める。

以上 1949 字