

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 徳永 祐介

高温超伝導体の発見を期に盛んになった強相関電子系の研究は、様々な広がりを見せている。なかでも、スピン・軌道・格子・電荷の自由度が複雑に絡み合い、多様な基底状態をみせる遷移金属酸化物を中心とする物質系に関心が集まっている。

このような物質系の中で、ペロブスカイト型マンガン酸化物は、巨大磁気抵抗効果等の外場に対して巨大応答を示すことが知られており、その機構・デバイス応用等の研究が盛んに行われている。この系では2重交換相互作用により、電気伝導と磁性が密接に絡んでいる。これまで、電気伝導特性や磁気特性等のマクロな物理量の測定とそれらの関係に関する研究は行われてきたが、ミクロな磁気構造をもとに輸送現象を理解しようというものは無かった。本論文では2種類の層状ペロブスカイト型マンガン酸化物における磁区構造の観察・制御と、その輸送特性との関連が報告されている。1軸異方性を持つ強磁性を示す層状ペロブスカイト型マンガン酸化物では、面内磁場と面垂直磁場の同時印加による磁区構造の制御が試みられている。また、常磁性絶縁体相を準安定状態に持つ層状ペロブスカイト型マンガン酸化物では、磁場印加による強磁性金属相への転移過程にける特異な強磁性領域の発生を観測している。さらに、この不均一な強磁性領域の起因と、その輸送特性に対する影響が詳細に議論されている。

一方、チタンはd電子を1つだけ持つため基底状態は単純であるかに思われるが、典型物質である $\text{YTiO}_3$ は複雑な軌道秩序と、強磁性絶縁体という稀な基底状態を持つ。本論文では、これまで報告されていなかった $\text{YTiO}_3$ における磁区構造及びその磁場変化も併せて報告されている。

本論文は全6章より構成されている。緒言に続く第1章では、本研究の対象であるマンガン酸化物およびチタン酸化物に関する研究背景及び、物質紹介がなされている。第2章では、本研究で用いた実験手法である磁気光学法が、他の局所磁場測定法と比較しながら解説されている。第3章から第5章に3種類の強相関電子系に属するマンガン酸化物およびチタン酸化物における磁区観察結果とその考察が詳述されている。第3章では、層状ペロブスカイト型マンガン酸化物 $\text{La}_{2-2x}\text{Sr}_{1+2x}\text{Mn}_2\text{O}_7$  ( $x=0.32$ )における磁区観察が報告されている。特に、面内磁場により、強磁性体に特徴的な迷路状磁区が面内磁場方向に引き延ばされたストライプ状磁区に変化することを明らかにした。また、面垂直磁場の存在下において面内磁場を印加することにより、バブル状の磁区が生成することを示した。この、バブル状磁区は磁場を取り除いた後も安定に存在する。これらの面内磁場による磁区構造の変化は、磁性ガーネット等の1軸異方性を持つ典型的強磁性体で観測されたものと定性的に同じであることを指摘している。第4章では磁場印加により強磁性金属相に転移する層状ペロブスカイト型マンガン酸化物 $(\text{La}_{1-z}\text{Nd}_z)_{1.2}\text{Sr}_{1.8}\text{Mn}_2\text{O}_7$  ( $z=0.4$ )および酸化物 $(\text{La}_{1-z}\text{Pr}_z)_{1.2}\text{Sr}_{1.8}\text{Mn}_2\text{O}_7$  ( $z=0.6$ )における絶縁体-金属転移に伴う強磁性領域の生成及び磁場変化を報告している。発生した強磁性領域は、常に結晶の成長方向と垂直に広がる。この結果、強磁性領域は金属的伝導を示すため、正方晶であるにも拘らず電気抵抗に面内異方性が生じる。このような特

異な強磁性領域の生成は、結晶成長時に発生した結晶欠陥等によるものとしている。5章では、低温で強磁性を示すモット絶縁体である  $\text{YTiO}_3$  における強磁性磁区と、その磁場変化を報告している。c 軸を容易軸とする迷路状の磁区が明確に観測されている。磁場を c 軸に印加したときに観測される磁化曲線の異常を、局所磁場測定によっても明瞭に確認している。すなわち、ある閾磁場までは試料の磁化は変化せず、それ以上の磁場では試料全体が磁化し始める。この磁化過程は均一ではなく、変化の激しい点が散在する。高分解能磁気光学観察から、このような場所では、磁場と反対向きに磁化した磁気ドメインが急速に縮んでいることを見出している。これらのことから、磁化曲線に見られた異常はメタ磁性転移のようなものではなく、磁壁のピン止めに関係していると結論している。また、閾磁場の温度依存性と高温超伝導体における臨界電流の温度依存性との類似性を指摘している。6章は総括であり、研究結果がまとめられている。

以上を要約すると、本論文は典型的な強相関電子系であるマンガン酸化物およびチタン酸化物における磁区構造の観察・制御、およびその輸送特性との関係を明らかにしたものである。強相関電子系に属する物質系においても従来の磁性理論の範囲で理解される磁区構造が実現していることを明らかにしたものであり、物性物理学、物理工学の発展に寄与するところは大きい。よって本論文は博士（工学）学位請求論文として合格であると認められる。