

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 林 崇

酸化物高温超伝導体の発見を契機に、遷移金属酸化物に関する研究は現代の物性物理学におけるもっとも主要なテーマの一つとなっている。ペロフスカイト型マンガン酸化物では、キャリアをドーピングすることにより強磁性金属相が発現することが古くから知られていたが、近年の巨大磁気抵抗効果(CMR)の発見とともにその物性が基礎物性、応用の両面から急速に注目されるようになった。この系では、マンガンイオン間の二重交換相互作用が磁性と伝導に支配的な寄与をしていると考えられてきたが、最近それだけでは説明のつかない新奇な物性が次々と見出され、電子の電荷、スピン、軌道の自由度が複雑に結合した強相関系として多くの研究が行われている。しかしながら考慮すべき自由度が多いこともあって、未知の問題が数多く残されている。申請者は、強磁場を用い、スピン系に大きな変化を与える過程で、スピン、電荷、軌道の自由度に対応する磁化、電気伝導度、磁歪という 3 種類の物理量を同一試料について測定することによって、温度、磁場によって引き起こされる多様な現象を多角的に研究してきた。本論文は、「強磁場によるペロフスカイト型マンガン酸化物の磁性・電子状態の研究」と題し、その研究結果をまとめたものである。

第 1 章「序」では、本研究の意義、論文の概要などが述べられている。

第 2 章「背景と研究目的」では、これまでになされてきたペロフスカイト型マンガン酸化物の研究や、それらから明らかにされてきたこの系の基礎物性や特徴など、本研究の背景にある基本的問題の要約と研究目的が述べられている。

第 3 章「試料と実験方法」では、長時間パルス磁場下での磁化測定、電気伝導測定、磁歪測定など、本研究で使用した実験法が述べられている。特にパルス磁場中でストレーンゲージを利用して磁歪を精度よく測定する方法は本研究の過程で申請者が開発を進めた新しい実験技術である。

第 4 章、第 5 章、第 6 章は本論文の中心をなすもので、本研究で得られた実験結果とその考察が議論されている。

第 4 章「A タイプ反強磁性体の強磁性転移」では、A タイプ反強磁性体である $\text{Nd}_{0.45}\text{Sr}_{0.55}\text{MnO}_3$ 、 $\text{Pr}_{0.45}\text{Sr}_{0.55}\text{MnO}_3$ 、 $(\text{Nd}_{1-y}\text{Sm}_y)_{0.45}\text{Sr}_{0.55}\text{MnO}_3$ 、 $\text{LaSr}_2\text{Mn}_2\text{O}_7$ についての研究結果がまとめられている。 $\text{Nd}_{0.45}\text{Sr}_{0.55}\text{MnO}_3$ は強磁場下で 1 次の反強磁性—強磁性転移を示し、磁化、電気抵抗、磁歪に大きな変化が観測された。この相転移の振る舞いは電荷秩序—不秩序転移に見られるものと大きく異なっており、上記の 3 つの性質が相転移で示す振る舞いはスピンと軌道状態が協力的に結合して形成されている秩序状態が磁場によって同時に崩壊するという理論によって説明できることを示した。また弱磁場における相転移も含めこの物質の相図を決定した。さらに同様な基底状態をもつと

思われる $\text{Pr}_{0.45}\text{Sr}_{0.55}\text{MnO}_3$ においても同様な現象を見出し、単結晶における伝導度の測定から、強磁性相では異方性がより等方的になることを見出した。また A サイトの Nd をイオン半径の小さい Sm で置換していくと転移磁場が減少することを見出し、この点も電荷秩序—不秩序転移とは異なることから相転移の起源の違いを指摘している。層状結晶をとる $\text{LaSr}_2\text{Mn}_2\text{O}_7$ については磁歪の測定から、格子定数の変化が軌道状態の変化から予想されるよりも小さいことを見出し、結晶構造に由来した異方性が $d(x^2-y^2)$ 軌道を安定化させ、これがこの物質で強磁場を印加してもメタ磁性転移が起こらずに連続的に強制強磁性状態に転移する原因であることを推論した。

第 5 章「 $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ の C タイプ反強磁性相」では、 $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ のうちで C タイプ反強磁性体となるドーピング量 x が大きい領域の試料 ($x = 0.63 - 0.85$) についての結果がまとめられている。磁化、伝導度、磁歪の測定から、磁場によってスピン偏極をもたらしても軌道状態には大きな変化を与えず、このことがこの物質でもメタ磁性転移が起こらない原因であることを明らかにした。

第 6 章「強磁性金属相における磁気抵抗効果」では、Curie 温度が室温付近にある強磁性金属である $\text{Nd}_{0.55}\text{Sr}_{0.45}\text{MnO}_3$ について、磁気抵抗測定の温度依存性から、強磁性金属相では電子—電子散乱の他に 1 マグノン散乱が無視できないことを見出した。

第 7 章は総括である。

以上を要するに、本研究は 50T に及ぶ長時間パルス強磁場における磁化測定、伝導度測定、磁歪測定を手段として、ペロフスカイト型マンガン酸化物について系統的な研究を行い、スピンと軌道の自由度の結合が主要な役割を演ずる相転移を見出すなど、この分野で多くの新しい知見を見出したものであり、物性物理学、物理工学の発展に寄与するところがきわめて大きい。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。