

論文審査の結果の要旨

氏名 江端 一晃

遷移金属化合物の物性において、スピンの自由度に加えて電荷と軌道の自由度も重要な役割を果たしていることが近年明らかになり、盛んに研究がおこなわれている。その代表例であるペロブスカイト型マンガン酸化物は、マンガンの d 軌道が結晶場分裂してできた e_g 軌道の整列、マンガン原子の周囲の格子変形が e_g 軌道のさらなる分裂と結合したヤン・テラー効果、 e_g バンド電子の金属性電気伝導と強磁性が協調しておこる二重交換相互作用、およびこれらの電子相の間の競合で多彩な物性が出現している。本論文では、このような複雑な物質を見る新しい切り口として、系の電荷応答を直接反映する量である電子の化学ポテンシャル・シフトの系統的測定を光電子分光を用いて行い、電荷・スピン・軌道の自由度が強く結合した系に関する新たな知見を得ることを試みている。

本論文は9章からなる。第1章ではまず本研究の背景として、ペロブスカイト型マンガン酸化物の基本的な電子構造と物性、電子相図、結晶構造について述べている。とくに、この物質に特徴的な現象である巨大磁気抵抗効果、電荷・軌道整列、相分離現象、および光電子分光を用いたスペクトルと化学ポテンシャル・シフト測定の先行研究について詳しく紹介している。第2章では、光電子分光法の原理と光電子スペクトルから得られる情報について述べている。とくに、化学ポテンシャル・シフトから得られる情報についてまとめている。

第3章から第8章では、個々の物質系に対する実験とその結果、解析、議論について述べている。まず第3章では、バンド幅の狭い系である $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ の電子構造のホール濃度依存性を光電子分光で調べた結果について述べている。バンド幅の広い系である $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ の先行研究では、ホール濃度の増加により化学ポテンシャルが単調に下降していたが、 $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ では化学ポテンシャルがピン止めされ下降しなくなる現象が見出され、この系に見られる微視的な相分離あるいはストライプ状の電荷整列のためであるとして説明されている。続く第4章では、同じく $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ の電子構造の温度依存性を光電子分光で調べ、低温でギャップが開く様子と、それに伴う化学ポテンシャルのシフトを見出している。

第5章では、中間的なバンド幅を持つ $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ について電子構造のホール濃度依存性を光電子分光で調べており、 $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ と $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ の中間的な振舞いが示されている。続く第6章で $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ の電子構造の温度依存性が調べられている。 $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ は $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ と異なり強磁性金属であるために、二重交換相互作用による、温度に依存した化学ポテンシャルの巨大なシフトが理論的に予想されているが、本論文では実際にこれを観測している。

第7章では、第3章から第6章で述べた $\text{Nd}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ と $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ および新たに測定した $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ の結果を横断的にまとめて、バンド幅の変化による電子構造の変

化を論じている。いくつかの仮定を設けてデータ処理を行い、二重交換相互作用が働くと考えられる強磁性金属相のみにおいて、理論的に予想される化学ポテンシャルの上昇が見られることを示している。

第8章では、光照射によるマンガン酸化物の電子構造の変化を光電子分光により調べ、電荷整列相においてのみ、フェルミ準位付近のスペクトル強度の変化と化学ポテンシャルのシフトが起こることを見出している。最後の第9章で、本論文の結論をまとめ、将来の展望について述べている。

以上のように本論文は、電荷・軌道整列、二重交換相互作用の競合する複雑な強相関電子系であるペロブスカイト型マンガン酸化物について、新しい切り口から電子構造を系統的に研究し、深い物理的洞察に基づき新しい知見を得たことで高く評価された。従って、論文審査委員会は全員一致で博士(科学)の学位を授与できると認めた。

なお、本論文の一部は、十倉好紀、富岡泰秀、尾嶋正治、組頭広志、近松彰、桑原英樹、藤森淳、和達大樹、橋本信、滝沢優、田中清尚、前川考志の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、考察を行なったもので、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。