

# 審査の結果の要旨

氏名 松浦 慧介

本論文は、全 6 章からなり、強い電子相関を有する遷移金属酸化物における軌道自由度に着目して素励起の研究を行い、これまでにあまり認識されていなかった複合素励起の存在を強く示唆する結果を得たことを報告している。

第 1 章では、強相関電子系における軌道自由度の過去の代表的な研究についてまとめている。そのうえで、本研究における目的として、スピンと軌道角運動量の結合がもたらす特異な素励起や力学特性の探求を掲げている。

第 2 章では、単結晶試料作製、磁化測定、中性子非弾性散乱、非共鳴 X 線非弾性散乱、超音波音速測定の各々の方法論について述べている。

第 3 章では、まず、スピネル型のマンガンバナジウム複酸化物に関する過去の研究をまとめ、構造相転移、磁気相転移、軌道秩序相転移がほとんど同じ温度領域で生じることを述べている。この遷移金属酸化物がマンガン及びバナジウムのスピン自由度とバナジウムの軌道自由度の強い結合が期待できる物質系であることに注目して、単結晶中性子非弾性散乱の測定を行った。得られた非弾性散乱データを古典スピン模型によって解析した結果について述べ、逆格子点上  $22\text{meV}$  に見られる励起がスピンハミルトニアンでは再現できないことを明らかにしている。そのうえで、その励起の起源としてスピン自由度と軌道自由度の結合した素励起である可能性を提唱している。このような素励起は、これまでに実験報告例がなく、大いに注目される結果となっている。

第 4 章では、上記の物質の格子系のダイナミクスを調べる目的で、非共鳴 X 線非弾性散乱について述べている。縦波と横波のそれぞれの測定の結果、基本的な構造が常磁性立方晶相と磁気・軌道秩序相で変化しないことが示されている。この実験データを立方晶での格子振動モードのシェル模型による解析と比較し、スペクトル上のピークの帰属が提案されている。過去のラマン散乱分光の結果とも併せて議論し、 $22\text{meV}$  近辺に軌道励起と結合するような酸素原子の変位に基づく格子振動が存在すると結論している。第 3 章と第 4 章の結果は、マンガンバナジウム複酸化物におけるスピン・軌道複合素励起の存在を強く示唆している。

第 5 章では、擬一次元イジングスピン系の典型物質として知られているコバルトニオブ複酸化物についての過去の研究についてまとめ、低温で横磁場を印加することによる磁気秩序が消失する量子相転移が観測されていることを説明している。松浦氏はこの物質の強いイジング性がスピンと軌道の結合に起因することに注目し、量子臨界点を含む温度・磁場領域で超音波実験を行い、横波の音速の巨大なソフト化の発見に至った。その原因を探るために、同じ歪みモードを持ちながら直交する方向に伝搬する超音波の実験を行い、このソフト化の原因が弾性率の異常ではなく格子回転効果の異常に

あると結論づけている。

第6章では、以上の結果を踏まえて、本論文で得られた知見をまとめている。

本論文では、基底状態では軌道角運動量が凍結している遷移金属酸化物を対象として、励起や揺らぎにおける軌道角運動量とスピンの結合に着目して、中性子、放射光 X 線、超音波といった実験的な手法と対角化計算とを駆使した研究が展開された結果、これまでに観測例のなかったスピン・軌道結合励起モードの提唱や、横磁場イジングスピン系の量子臨界点における格子回転効果の異常などの発見に至っている。これらの成果は、物理的な考察の深さと、粘り強い実験によって初めて達成されたものであり、その価値は高く評価できる。

なお、第3章は上原周、新居陽一、阿部伸行、佐賀山基、有馬孝尚、蒲沢和也、池内和彦、梶本亮一、**Sungdae Ji** 各氏との、第4章は近江毅志、阿部伸行、徳永祐介、有馬孝尚、佐賀山基、石川大介、**A. Q. R. Baron** 各氏との、第5章は **P. T. Cong**、**S. Zherlitsyn**、**J. Wosnitza**、有馬孝尚各氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって、研究の計画、試料の作製、測定、および対角化計算による解析を行っており、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 1671 字