

氏名	藤原 弘和		
授与した学位	博士		
専攻分野の名称	理学		
学位授与番号	博甲第	5959	号
学位授与の日付	平成31年 3月25日		
学位授与の要件	自然科学研究科 数理物理学 専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	Studies on Strong Correlation Effects in Half-Metallic Ferromagnets based on Spin-Resolved Electronic Structure (スピン分解電子構造に基づくハーフメタル強磁性体の強相関効果の研究)		
論文審査委員	教授 池田 直	教授 市岡 優典	准教授 村岡 祐治
学位論文内容の要旨			
<p>本博士論文では、ハーフメタルのスピン偏極率の振る舞いを理解する上で重要だと指摘されてきたハーフメタル特有の多体状態を解明することを目的として、物質のスピン偏極電子構造を直接観測できるスピン角度分解光電子分光を用いてハーフメタル候補物質 CrO_2 及び CoS_2 の詳細な電子状態研究を報告している。</p> <p>高スピン偏極物質 CrO_2 のバルク敏感・高分解能スピン分解光電子分光</p> <p>ハーフメタルとは一方のスピンを持つ電子のみがフェルミ準位(E_F)において状態をもつような物質である。こうした特徴からスピントロニクス材料として期待されてきたが、ハーフメタルは昇温に伴ってスピン偏極率が急激に減少することが知られており、この温度依存性は巨視的な磁化の振る舞いからは理解できない。このスピン脱偏極の起源としてハーフメタル特有の強相関効果による E_F 近傍での多体状態の出現が指摘されてきたが、その多体状態を直接的に観測した例はなく、この強相関効果のスピン脱偏極への寄与は未解明のままである。本研究では、ハーフメタル候補物質の中で最も高いスピン偏極率を低温で示す CrO_2 を研究対象とし、独自手法によって作製した高品質試料とバルク敏感・高分解能スピン角度分解光電子分光法 (SARPES) を用いて CrO_2 の本質的な電子状態に基づく多体状態の有無を検証した。この研究により、CrO_2 の低温でのハーフメタル性を証明するとともに、80 K 以上の温度で E_F 近傍のスピン脱偏極の直接観測に成功した。理論との対応からこのスピン脱偏極は多体状態によるものであることを示した。以上の成果はハーフメタルの輸送特性を理解する上で微細な電子状態の直接観測が極めて重要であることを示すものである。</p> <p>ハーフメタル候補物質 CoS_2 のスピン角度分解光電子分光</p> <p>CoS_2 はブリュアンゾーンの R 点近傍において少数スピンバンドが E_F を横切るか否かがそのハーフメタル性を決めると予想されるが、SARPES によるスピン分解バンド構造の直接観測はなされておらず、CoS_2 のハーフメタル性に関して共通の理解は得られていない。本研究では高品質 CoS_2 単結晶を用いて放射光 ARPES 及びレーザー-SARPES によってスピン分解バンド構造の直接観測を試み、CoS_2 が少なくとも 10 K 以上で少数スピンバンドがブリュアンゾーン全体に渡ってわずかに占有された「ニアリハーフメタル」電子状態をもつことを明らかにした。さらにバンド計算との対応から、通常の強磁性金属よりも非常に大きなスピン依存電子相関効果を示すことを発見した。これらの結果は、ハーフメタルの電子状態を理解する上でスピン依存電子相関効果を考慮することが重要であることを示唆する。</p>			

論文審査結果の要旨

本学位論文は、ハーフメタルのスピンの偏極率の振る舞いを理解する上で重要だと指摘されてきたハーフメタル特有の多体状態を解明することを目的として、物質のスピンの偏極電子構造を直接観測できるスピンの角度分解光電子分光 (SARPES) を用いてハーフメタル候補物質 CrO_2 及び CoS_2 の詳細な電子状態研究を報告している。

ハーフメタルとは電気伝導を担うフェルミ準位 (E_F) 近傍の電子が一方のスピンの状態のみを持つ (スピンの偏極率 100%) 金属であり、スピントロニクス材料として期待されている物質である。ハーフメタルでは昇温によるスピンの偏極率の急激な減少が知られているが、この温度依存性は巨視的な磁化の振る舞いからは理解できない。このスピンの脱偏極の起源としてハーフメタル特有の強相関効果による E_F 近傍での多体状態の出現が指摘されてきたが、その多体状態を直接的に観測した例はなく、この強相関効果のスピンの脱偏極への寄与は未解明のままであった。本博士論文では、ハーフメタル候補物質の中で最も高いスピンの偏極率を低温で示す CrO_2 を研究対象とし、独自手法によって作製した高品質試料とバルク敏感・高分解能スピンの角度分解光電子分光法 (SARPES) を用いて CrO_2 の本質的な電子状態を観測することにより多体状態の有無を検証した。この研究により、 CrO_2 の低温でのハーフメタル性を証明するとともに、 E_F 近傍のスピンの脱偏極の直接観測に成功した。理論との対応からこのスピンの脱偏極は多体状態によるものであることを示した。加えて、関連物質 CoS_2 については、高品質単結晶を用いた放射光 ARPES 及びレーザー SARPES 研究より、 CoS_2 がわずかに占有された少数スピンのバンドを持つ”ニアリハーフメタル”であることを示し、さらにバンド計算との対応から、通常の強磁性金属よりも非常に大きなスピンの依存電子相関効果を示すことを発見した。これらの研究を通して、ハーフメタルの輸送特性を理解する上で微細な電子状態の直接観測が極めて重要であることも示した。

これらの成果は、スピントロニクス材料としてのハーフメタルの理解に貢献するだけでなく、遍歴磁性体における多体効果の理解にも貢献するものであり、博士の学位に値すると認められる。