

氏名	山本 督		
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	6 8 3 8	号
学位授与の日付	2 0 2 3 年 3 月 2 4 日		
学位授与の要件	自然科学研究科 学際基礎科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)		
学位論文の題目	ギンツブルグ・ランダウ模型に基づいた反強磁性スピnzeーバック効果の理論研究		
論文審査委員	教授 岡田 耕三	教授 野上 由夫	准教授 木原 工
学位論文内容の要旨			
本博士論文では、熱励起された磁性体中の非平衡磁気励起（マグノン）がスピン流を生成するスピnzeーバック効果を取り上げ、代表的な磁性体である反強磁性体のスピnzeーバック効果に関する理論研究について報告する。特に、反強磁性スピnzeーバック効果における2つの未解明問題、すなわちネール温度での信号のピーク構造の出現、およびスピnfロップ転移での信号の符号反転現象、について、ギンツブルグ・ランダウ模型による理論解析を展開し、前述の2つの未解明問題に対して一つの模型から統一的な説明を与えている。主要な研究成果は以下の通りである。 ネール温度近傍における反強磁性スピnzeーバック効果:解析計算 ネール温度近傍における反強磁性スピnzeーバック効果を解析計算し、以下の点について明らかとした。まず、スピン流が外部印加磁場に比例する事を示した。この結果から、一軸異方性の反強磁性体においてスピnzeーバック効果を観測するためには、外部印加磁場によって反強磁性体の時間反転対称性を破る必要がある、という事が明らかとされた。さらに、反強磁性スピnzeーバック効果が反強磁性スピnf帯磁率に比例する事を示した。従って、スピnf帯磁率がネール温度にピーク構造を持つ事を反映して、反強磁性スピnzeーバック効果の温度依存性にもネール温度にピーク構造が現れる事となり、ネール温度での信号のピーク構造の原因について一つの説明を与えた。この結果から、反強磁性スピnzeーバック効果がこれまで測定困難とされてきたナノスケールの反強磁性薄膜のネール温度を測定する新しいプローブとなる、という知見が得られた。 スピnfロップ転移近傍での反強磁性スピnzeーバック効果:数値シミュレーション 磁性体/非磁性金属の界面で発現する交換結合に着目し、副格子交換の対称性を保つ magnetic coupling、及び副格子交換の対称性を破る Néel coupling、の2つを提案した。この交換結合を考慮した上で、スピnfロップ磁場の近傍で反強磁性スピnzeーバック効果の数値シミュレーションを行った。その結果、Néel coupling が支配的な場合にはスピnfロップ転移に伴い反強磁性スピnzeーバック効果の符号反転現象が起きるが、magnetic coupling が支配的な場合には符号反転現象は存在しない、という結論を得た。これより、反強磁性スピnzeーバック効果の符号反転現象は界面状態に依存し普遍的な現象ではない、という知見を得た。この知見により、これまで報告されている符号反転現象に関する実験結果に対して一つの統一的説明を与えた。			

論文審査結果の要旨

本博士論文では、反強磁性体におけるスピントラップ効果に関する以下の二つの未解決問題について、Ginzburg-Landau理論に基づいて解析的計算と数値的シミュレーションを実行し、統一的観点から合理的解釈を与えることに成功している。

【スピントラップの温度依存性がネール温度で極大となる機構】 ネール温度近傍における反強磁性スピントラップ効果を議論するために、解析的計算を行い、スピントラップが外部印加磁場、反強磁性帯磁率に比例することを導いた。一軸異方性の反強磁性体においてスピントラップ効果を観測するためには、時間反転対称性を外部印加磁場により破る必要があることを示している。また、スピントラップが反強磁性帯磁率に比例していることから、ネール温度でスピントラップが最大となることも自然に説明される。これはナノスケールの反強磁性体薄膜のネール温度を測定する新しいプローブとしてスピントラップ効果が有効であることを示している。

【スピントラップ転移前後でのスピントラップの符号反転の機構】 反強磁性体/非磁性金属の界面で発現する交換結合について、magnetic coupling、Neel couplingの二つを典型的な場合として提案し、それぞれの場合について、低磁場での解析的な計算とスピントラップ転移近傍での数値シミュレーションを行った。その結果によれば、Neel couplingの場合はスピントラップ転移前後でのスピントラップの符号反転が起こりえるが、magnetic couplingの場合は符号反転が起こらないことが分かった。実際の実験試料の界面は複雑で、magnetic couplingあるいはNeel couplingの典型的な場合にはなっていないにしても、どちらかが優位になっている可能性がある。このことが、これまでに公表された実験結果では符号反転が起きるとするものと起きないとするもの両方が存在した原因であると結論した。

このように、本研究はこれまで未解決であった二つのテーマについて合理的な解釈を与えることに成功している。また、実験にあたっては界面をコントロールすることが重要であることを示し、この分野における今後の研究発展に大きく寄与しているといえる。よって博士の学位を授与するに値すると思う。