

別紙 1 - 1

論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 号
------	---------

氏 名 中根 丈太郎

論 文 題 目

Microscopic theory of antiferromagnetic spin dynamics
driven by magnetic field and electric current

(電流および磁場に駆動された反強磁性スピンダイナミクスの
微視的理論)

論文審査担当者

主 査 名古屋大学 大学院理学研究科 教授 理学博士 河野 浩
委 員 名古屋大学 大学院理学研究科 教授 博士(理学) 宮崎 州正
委 員 名古屋大学 大学院理学研究科 教授 博士(工学) 谷山 智康
委 員 名古屋大学 未来材料・システム研究所 教授 博士(工学) 水口 将輝
委 員 名古屋大学 大学院理学研究科 准教授 博士(理学) 小林 義明

論文審査の結果の要旨

別紙 1 - 2

電子の電荷とスピンを活用してエレクトロニクスの技術革新を図るスピントロニクス分野では、基礎的観点からも興味深い物理現象が多く扱われている。電流による磁化操作もそのひとつであるが、これまで主役であった強磁性体に加え、近年、反強磁性体が注目されている。

反強磁性体は巨視的磁化をもたないため、その磁気情報の検出および制御は挑戦的な課題となっている。また、強磁性体では有用であった角運動量保存則に基づく現象論的考え方などが成り立たないため微視的理論が必要とされるが、その取扱いは、たとえば2つの強磁性体の合成系といった過度に単純化されたモデルを用いて強磁性体の結果を援用するなど現象論的な議論に留まっていた。

申請者は、磁場および電流に駆動された反強磁性体の磁化ダイナミクスについて、とくに電流など伝導電子が及ぼす効果を中心に微視的な理論解析を行った。まず、反強磁性スピンの運動方程式を整備して従来理論の誤りを正すとともに、その応用例として、非一様な磁場で反強磁性磁壁が駆動されることを示した。

次に、伝導電子を導入したモデルを考え、電流が磁化ダイナミクスに及ぼす効果（スピン移行トルク）を微視的に計算した。その際、伝導電子のスピンを保存しない効果（スピン緩和）を磁性不純物でモデル化することにより、スピン移行トルクへの散逸補正や減衰定数も合わせて計算した。その結果、反強磁性体のスピン移行トルクは強磁性体のものとは逆向きに作用すること、電子の化学ポテンシャルが反強磁性ギャップ近傍に位置する場合は電流・トルク変換係数が大きく増大することを見出し、フェリ磁性体 GdFeCo の全角運動量が消失する温度（角運動量補償点）における磁壁移動の実験結果を無理なく説明できる可能性を指摘した。

スピン移行トルクは、強磁性体では単一であるのに対して反強磁性体では2種類存在する。申請者は、それらが物理現象（磁壁移動、スピン波のドップラーシフト）に応じて異なる形に発現することを見出した。さらに、電子の運動（ホッピング）を調節することにより、反強磁性的な電子輸送領域から強磁性的な領域までを連続的に変化させた解析を行い、反強磁性体と強磁性体の間でスピン移行トルクがどのように推移するかを具体的に示した。

本論文で申請者は、磁場および電流が反強磁性スピンの運動に及ぼす効果を理論的に調べた。とくに、反強磁性スピンに作用する伝導電子の効果の微視的導出に初めて成功した点は高く評価できる。得られた結果は、反強磁性スピントロニクスの基礎的理解を進展させるものである。参考論文2編は、傾角反強磁性体の磁化構造に起因するホール効果を調べたもの、および局在スピンから結晶格子への角運動量移行を調べたもので、ともに価値がある。以上の理由により、申請者は博士（理学）の学位を授与されるに相応しいと認められる。