

学位申請論文公開講演会

日時：2026年2月4日(水) 13:30~

申請者：平田 晶瑚 (St 研)

場所：理学館 415

題目：反強磁性体におけるスピントルクと創発インダクタの微視的理論

主論文の要旨

現代社会において情報処理技術の進展は加速しており、その基盤を支えるメモリ技術の重要性はますます高まっている。近年では電子の持つスピントルクを積極的に利用するスピントロニクスが次世代の情報処理基盤として注目を集めている。

これまでスピントロニクス研究の中心は強磁性体であり、スピントルクを用いたスピントルク操作技術などが提案されてきた。しかし強磁性体には外部磁場への感受性やスイッチング速度の限界といった制約が存在する。その一方で反強磁性体は、漏れ磁場がなく外乱に強い特性を持ち、共鳴周波数がテラヘルツ領域に達することから、デバイスの集積化や高速化に有望視されている。また、量子効果に基づく新しいインダクタとして永長により提案された創発インダクタは、従来のサイズ依存性を克服し微細化に適する特性を持つ。創発インダクタを構成するのは、磁性体中の伝導電子と磁化の間の交換相互作用に起因するスピントルクとスピントルクという作用である。本論文の目的は、場の量子論の手法でスピントルクとスピントルクの微視的計算を行い、さらに反強磁性体におけるインダクタ現象を理論的に定式化することである。

申請者はまず、反強磁性体におけるスピントルクの微視的計算を行った。磁化ダイナミクスの効果を有効ゲージ場として取り入れ、場の量子論の手法を用いて誘起されるスピントルクとスピントルクの表式を導出した。その結果、ゲージ場の断熱成分から縦スピントルクと横スピントルクが誘起されることが明らかとなった。縦スピントルクと横スピントルクの伝導度は一般に異なり、特に化学ポテンシャルが反強磁性ギャップ付近にある場合には横スピントルクが顕著に増大することが示された。さらに電流については、磁性不純物によるスピントルク緩和や磁化の一様成分の効果を取り入れた解析を行い、誘起される電流の表式を得た。

次に申請者は、反強磁性体における純スピントルクの微視的計算を行った。スピントルクの議論に入る前に、純スピントルクを生成する物理的機構として外因性スピントルク効果を考え、不純物による非対称散乱によって誘起される純スピントルクの微視的計算を行った。その上で、スピントルクの表式を用いて、スピントルクの微視的計算結果を統合し、Onsager の相反定理をも援用して、反強磁性体における電流およびスピントルクに対する創発インダクタの解析を行った。