

# 博士論文公聴会の公示（物理学専攻）

学位申請者：岩切秀一

論文題目：Non-linear and Non-equilibrium Phenomena in Magnetic Tunnel Junctions

（磁気トンネル接合における非線形非平衡現象）

日時：2021年2月4日(木) 10:30 - 12:00

場所：新型コロナウイルス感染防止のため、オンラインにより行う。URL等については、学内の方は下記を参照。

<https://www.phys.sci.osaka-u.ac.jp/naibu/kouchoukai.html>

学外の方は主査小林 (kensuke[at]phys.sci.osaka-u.ac.jp [at]=@) に問い合わせること。

主査：小林研介

副査：波多野恭弘、小川哲生、松野丈夫、新見康洋

論文要旨：

外場に対する物質の応答を理解することは、物性物理学の大きな目的であり、電子輸送や、スピンの応答など、その対象は多様である。特に、外場が弱く、系が熱平衡に近い領域で成り立つ線形応答理論は、物性を理解する一般的な枠組みとなっている。さらに、近年の微細加工技術により、物性物理学の対象は、ナノスケール素子へと展開している。こうした系では、外場やゆらぎの効果が、素励起など系に内在するエネルギースケールを上回ることで、応答の非線形性や相互作用の効果が顕著に現れる。しかし、こうした非線形・非平衡状態を理解し制御するための一般的な枠組みは確立しておらず、今なお挑戦的な問題となっている。

その探究の舞台として、本研究では、磁気トンネル接合 (Magnetic tunnel junction, MTJ) に注目した。MTJは、ナノスケールの強磁性体/絶縁体/強磁性体からなる素子で、スピンに依存した電子輸送が現れる。スピンの流れ (スピン流) は強磁性体に角運動量を運び込み、磁化に有効的な「力」を及ぼす。この原理により、従来からスピン流による磁化ダイナミクスが研究され、磁化方向の反転や、首振り運動 (歳差運動) など、工学的にも重要な現象が発見されてきた。これらは、定常状態や小振幅の現象であり、物理的には平衡・線形応答の枠組みで理解できる。一方、それを越えた非線形・非平衡領域の磁化ダイナミクスや、その起源の解明は、未開拓の領域である。そこで本研究では、MTJをモデル系として用いることで、多彩な非線形・非平衡現象を研究することを目的とした。

本研究ではまず、非平衡状態の電子輸送に注目し、量子効果 (パウリの排他律) を取り込んだスピン流の描像や、非線形輸送 (電流と電圧の比例関係の破れ) の背後に、マグノンによる電子散乱という物理的な起源があることを明らかにした。さらに、磁化制御の枠組みを非線形・非平衡領域にまで拡張することで磁化の準安定状態や、強く駆動された磁化ダイナミクスが示す振動スペクトルの分裂現象を発見した。

こうした成果は、物質が示す多彩な応答やダイナミクスを理解し制御するという物性物理学に、直接貢献するものであるとともに、新しい原理に基づいたメモリや計算素子など、新しいテクノロジーの開発にもつながることが期待される。