

アモルファス磁性体およびカイラル磁性体におけるスピン物性

東北大学大学院 理学研究科 物理学専攻 亀田麻衣

スピントロニクスは、電子が持つ電荷の自由度とスピンの自由度を同時に制御することで次世代の電子情報技術の創出を目指す研究分野である。これまで、磁化の集団歳差運動であるマグノンに伴う強磁性、フェリ磁性、反強磁性を有する物質が主にその研究対象であった。本研究では、スピン輸送という観点で注目を集めているアモルファス磁性、磁気スキルミオンのスピントロニクス応用という観点で注目を集めているカイラル磁性を対象とし、そこで実現され得るスピン構造とその物性を理論的に調べた。

アモルファス強磁性体 Co_4P のマグノン励起

アモルファス磁性体は、最近の実験により高効率スピン輸送が示唆された。一方、その後の再実験により矛盾する結果も報告されている。そこで本研究ではアモルファス磁性体におけるスピン輸送の理論的検証を長期的目標に据えた。その第一歩として、まずは磁気励起の全体像の解明が重要である。本研究ではモデル物質として典型的なアモルファス強磁性体 Co_4P を選択した。 Co_4P に対する実験から、磁気励起として波数 0 と有限波数とで極小を持つ放物線が報告されているものの、後者の物理的描像は長らく不明であった。その背景には、先行研究において系の不規則性が簡素化され、マグノン相互作用が無視されてきたという課題がある。その解決策として本研究では、独自の計算手法—スピンの時間発展方程式[1,2]と **Reverse Monte Carlo** との組合せ—により実験と整合するアモルファス構造を再現しマグノン相互作用を正確に取り入れた[3]。その結果、有限波数で極小を持つ磁気励起に対しアモルファスムクラップ散乱というマグノン描像の解釈が提示できた。

磁気スキルミオン間の引力相互作用の機構と制御

カイラル磁性体においては、トポロジカルに保護されたスピン渦構造である磁気スキルミオンが発現し、磁気メモリへの応用が期待されている。デバイス操作性向上のためにはスキルミオン運動の自在な制御が重要であるが、その手段として、本研究ではスキルミオン間相互作用の操作に注目した[4]。典型的な円形スキルミオン同士の斥力に対し、機構が不明であるものの、一部の系で引力が報告された。相互作用の操作にあたりその機構解明は重要である。スピンの時間発展方程式と **Exchange Monte Carlo** とを組合せて相互作用を解析した結果、引力が働く機構としてスキルミオンの歪みと磁気ドメイン形成が挙げられること、外部磁場の角度を変更するとその大きさを 2 桁にわたり制御できることを発見した。さらに磁気ドメイン形成に伴う巨大な引力がスキルミオン格子構造にも影響することを指摘し、最近見つかったドメイン壁スキルミオン相の機構の解明に成功した。

本研究により、アモルファス強磁性体におけるマグノン励起の存在およびそのスピン輸送の可能性が明らかになった。またカイラル磁性体において相互作用の操作を介したスキルミオン軌道制御に道が拓けた。関連分野におけるより一層の理論・実験研究の進展が期待される。

参考文献

- [1] S. Watanabe, ..., M. Kameda et al., *Sci. Rep.* 7, 4576 (2017).
- [2] M. Kameda et al., *J. Magn. Magn. Mater.* 476, 459 (2019).
- [3] M. Kameda et al., submitted.
- [4] M. Kameda et al., *Phys. Rev. B* 104, 174446 (2021).