日本中性子科学会ポスター賞を受賞して

中性子科学研究施設　益田研究室　博士後期課程 2 年　長谷川 舜介

この度、2020 年 11 月に開催された日本中性子科学会第 20 回年会にて「マルチフェロイック物質 $Ba_2MnGe_2O_7$ における軌道混成音響マグノン」という題目で講演を行い、ポスター賞を受賞する栄誉に恵まれました。今回の中性子科学会年会は中性子・中間子を用いた研究を中心として開催され、95 件の発表の中から、7 件の発表者に贈られました。以下、研究内容について簡単にご紹介します。

マルチフェロイクスとは(反)強磁性と(反)強誘電が共存する物質群を指します。スピン由来のマルチフェロイック物質においては、スピン軌道相互作用によって、スピン以外の自由度と強く混成した磁気励起(例えば、エレクトロマグノンやマグノン-フォノンカップリング)の存在が知られています。しかし、それらの励起エネルギーは高いため、バルクの磁気特性との関係性は議論されてきませんでした。

そこで私は、マルチフェロイック物質 $Ba_2MnGe_2O_7$ において、中性子非弾性散乱による低エネルギー磁気励起とバルク磁化測定によるスピンフロップ磁場の温度依存性を測定し、その関係性を議論しました[1]。

本研究の対象物質である $Ba_2MnGe_2O_7$ は $T_N = 4$ K で $S = 5/2$ を持った Mn^{2+}イオンのスピンが ab 面内を向いたコリニア反強磁性秩序を示すと同時に、磁場下において自発電気分極を示すマルチフェロイック物質です[2]。ESR 測定から容易面型の磁気異方性が、磁化測定では容易面内の磁気異方性がスピンフロップ転移によって確認されています[3,4]。私ははじめに、容易面内のスピンフロップ磁場の方位依存性を測定することで、その起源がスピンネマティック相互作用であることを明らかにしました。また、平均場エネルギーを計算することでスピンフロップ磁場の温度依存性を再現し、スピンネマティック相互作用が各温度においてどの程度の大きさを持つか評価しました。この結果を踏まえ、J-PARC MLF の装置である DNA(BL-02)を用いて非弾性中性子散乱実験を行い、磁気Γ点 $\boldsymbol{Q} = (1, 0, 0.5)$に見られるマグノンギャップの温度変化を高エネルギー分解能で測定しました。この結果を解析したところ、$Ba_2MnGe_2O_7$ のマグノンギャップは電子スピンと原子核スピンの相互作用である超微細相互作用が大きく寄与している稀有な例であることが明らかになりました。この理由は $Ba_2MnGe_2O_7$ の磁気異方性が数十 μeV と他の磁性体に比べ非常に小さく超微細相互作用のエネルギースケールと同程度であること、Mn^{2+}の原子核スピンが大きい 2 点が挙げられます。

一方、電子スピンと電気分極の関係性においては、磁化測定と中性子散乱で評価した磁気異方性ギャップが磁気モーメントではなく電気分極でスケールされることを見出しました。この結果は、音響マグノンが軌道と強く混成した非自明な励起であることを示しています。また、簡便なバルク磁気特性測定により非自明な磁気励起の存在を予見できることを示しており、マルチフェロイック物質の研究に新たな方向性を与えると考えています。

本講演を行うにあたり、益田隆嗣先生、浅井晋一郎助教、林田翔平博士、松浦直人博士をはじめ、多くの方々にお世話になりました。この場を借りて深く感謝申し上げます。

[1] S. Hasegawa *et al.,* to be published.
[2] H. Murakawa *et al.*, Phys. Rev. B **85**, 174106 (2012).
[3] T. Masuda *et al.*, Phys. Rev. B **81**, 100402(R) (2010).
[4] Y. Iguchi *et al.*, Phys. Rev. B **98**, 064416 (2018).