

ゼロであり、漏れ磁場の心配がないにもかかわらず、磁化が有限の強磁性体のようなカイラルマグノンを有している点で新しいのです。このため、交替磁性体のマグノンを直接観察することは、その物質が交替磁性を有するか否かの判定のためと、デバイス応用の可能性を探るための両方の意味で重要です。交替磁性体の候補物質は数多くありますが、これまでマグノンの観測には成功していませんでした。

〈研究の内容〉

わたしたちは、交替磁性のマグノン分散を観測するために、交替磁性候補物質 MnTe の良質な大型単結晶を合成しました。この物質は、磁性が観測されやすい Mn イオンを含んでおり、かつ、交替磁性の特徴の一つである電子バンドのスピンスplitが光電子分光実験で報告されていたため、マグノンのカイラル分裂の観測にも適切であろうと予想しました。さらに研究グループは、大強度陽子加速器施設 J-PARC 物質・生命科学実験施設 MLF の HRC 高分解能チョッパー分光器を用いて非弾性中性子散乱実験を行いました。結晶の評価には研究用原子炉 JRR-3 の HODACA 分光器も用いられました。

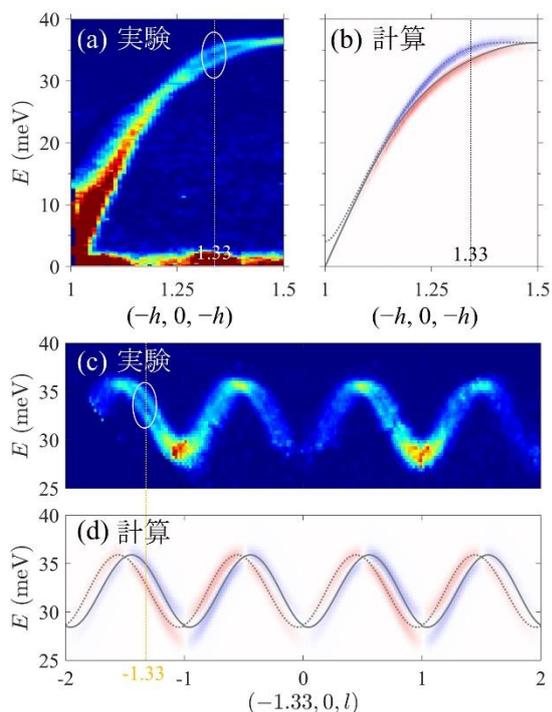


図2 (a)&(c) MnTe の中性子スペクトル。それぞれ異なる運動量領域を示していますが、(a)の $h = 1.33$ と(c)の $l = -1.33$ は同じ運動量 $(-1.33, 0, -1.33)$ となっています。この運動量では約 2 meV のマグノン分裂が観測されています。(b)&(d) 計算されたマグノンのカイラリティ。赤色と青色は各々異なるカイラリティを持つマグノンを示しています。灰色の実線および破線は計算されたマグノン分散を示しています。

観測された中性子スペクトルを図 2(a)および(c)に示します[6]。図 2(a)では、 $E = 30$ meV 以上の高エネルギーで、白丸で示されているように約 2 meV のマグノン分裂が観測されました。一方低エネルギーの小さな運動量領域の周りのマグノン分散は、反強磁性体に似て、直線的に立ち上がっています。これらは、交替磁性体の存在を示す重要な証拠です。図 2(c)は、別な運動量領域での高エネルギースペクトルですが、分裂したマグノン分散が運動量軸に沿って交替に伝播している様子が明瞭に観測されました。計算されたマグノン分散を、図 2(b)および(d)で黒い実線と点線で示します。計算は観測された中性子スペクトルを完全に再現しました。さらに、異なるカイラリティを赤色と青色で表すと、低エネルギーでは二つのカイラリティが打ち消しあって無色となっていますが、高エネルギーでは二つのマグノンは異なるカイラリティを有し、青色と赤色が明瞭となっています。図 2(d)ではカイラリティが交替的に変化することが確認されました。これらのことから、観測されたマグノンはマグノンスピンを運ぶカイラルマグノンであることが明らかとなりました。

〈今後の展望〉

交替磁性体は、新しい概念の磁性体です。本研究でカイラルマグノンの存在が実証されたことから、マグノンスピンスplit生成をもたらすことが明らかとなりました。今後、様々な交替磁性体での研究が進むことで、より高速で効率的な電子デバイスが実現し、我々の日常生活にも大きな変革をもたらすことが期待されます。

- [1] L. Šmejkal, J. Sinova, and T. Jungwirth, *Phys. Rev. X* **12**, 031042 (2023).
- [2] T. Osumi *et al.*, *Phys. Rev. B* **109**, 115102 (2024), J. Krempaský *et al.*, *Nature* **626**, 517 (2024), S. Lee *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **132**, 036702 (2024),
- [3] T. Aoyama *et al.*, *Phys. Rev. Mater.* **8**, L041402 (2024).
- [4] A. Hariki *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **132**, 176701 (2024).
- [5] M. Naka *et al.*, *Nat. Commun.* **10**, 4305 (2019), L. Šmejkal *et al.*, *PRL* **131**, 256703 (2023).
- [6] Z. Liu *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* **133**, 156702 (2024).