

三角スピントューブ物質の磁気状態

萩原 雅人

高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・中性子科学研究系

Magnetic state of perfect triangular spin tube CsCrF_4

Masato Hagihala

Neutron science division, Institute of materials structure science, KEK

理想的な低次元磁性体は基底状態として長距離秩序を持たない。また交換相互作用が競合する幾何学的フラストレーション磁性体は、スピン液体状態[1]等の非自明な磁気状態が予想されている。しかし実際のモデル物質においてはより遠距離の交換相互作用等により長距離秩序が形成されることが多い。この比較的弱いスピン相関は例えば Dzyaloshinsky-Moriya 相互作用等の異方的な効果と競合することにより複雑な磁気秩序や逐次相転移を示す。このような磁性体研究の第一歩としての磁気構造解析として、多結晶試料による中性子回折測定及び磁気モデリング[2][3]を用いた Rietveld 解析は非常に有効である。

今回の講演では主に低次元性と幾何学的フラストレーションを合わせもつ正三角スピントューブについて紹介する。この非常に特異な結晶構造は三角形に歪みが無い CsCrF_4 が唯一のモデル物質である(図1)。磁化率測定から $T \sim 50 \text{ K}$ で一次元物質特有のブロードな極大が観測され、 4 K 以下の低温で小さなヒステリシスが見られるが、比熱からは室温から 1.5 K までにスピンの自由度に対応するエントロピーを消費するような異常は見つかっていない[4]。このことからスピン液体状態[5]やカイラル秩序状態[6]のモデル物質として当初注目されていた。しかし多結晶試料を用いた中性子回折実験では磁気反射は小さいながらも存在し、かつ逐次の磁気相転移が明らかになった。 $T=3.5 \text{ K}$ で ab 面内に 3 倍周期、チューブ方向に倍周期の磁気反射が観測され、 $T=2.8 \text{ K}$ 以下では面内に倍周期、チューブ方向に倍周期の磁気反射が見られた。これによりチューブ間相互作用が有効であり、またスピン相関が競合していると考えられる。当該物質の結晶構造をチューブ間相互作用があることを念頭におくと、 ab 面内ではカゴメ三角格子[7]であることに気づく。Heisenberg 系での磁気相図では、 $k=(1/2 \ 0 \ 1/2)$ が伝播ベクトルとなる場合、立体構造の Cuboc 構造であることが予想される。しかし実験結果は 3 回対称性を破る co-planer な 120° 構造であることを示しているが、これは先の相図上に存在しない。しかし弱いチューブ間相互作用と競合することが予想される DM 相互作用とわずかな単イオン異方性項を入れた磁気相図を古典的に計算することにより、低温磁気相が再現されることが明らかになった。また中間相では DM 相互作用による $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ 構造が単イオン異方性により変調した磁気構造であることが示された。

本講演ではこのほか多結晶、単結晶試料による中性子回折装置を用いた磁気構造解析例を紹介する予定である。

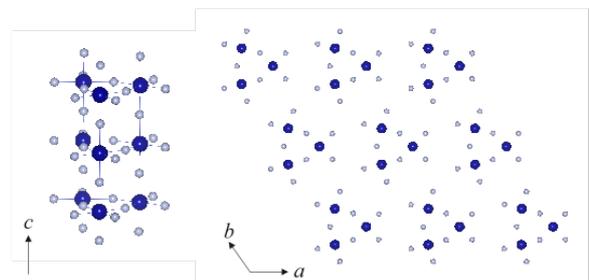


図1: CsCrF_4 の結晶構造。青丸は Cr イオンを示す。

[1] P. W. Anderson, Mat. Res. Bull. 8, 153 (1973).

[2] A. S. Wills, Physica B 276-278, 680 (2000).

[3] J.M. Perez-Mato, et al. Annu. Rev. Mater. Res. (2015), 45:13.1-13.32

[4] H. Manaka *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 78, 093791 (2009), H. Manaka *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 80, 084714 (2011)

[5] K. Kawano *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 66, 4001 (1997)

[6] M. Sato *et al.*, Phys. Rev. B 75, 014411 (2007)

[7] H. Ishikawa *et al.*, J. Phys. Soc. Jpn. 83, 043703 (2014).