

でスピン・ギャップ相を持つ物質や、競合鎖でスピン・ギャップ相を持つ物質は、私の知る限りではありませんでした。

我々は、 $R\text{CrGeO}_5$ (R は Y または希土類、 Cr^{3+} がスピン $3/2$ を持つ) が交替鎖の、 $\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ (Cu^{2+} がスピン $1/2$ を持つ) が競合鎖のモデル物質になると考えて、中性子非弾性散乱、磁化、比熱測定を行いました。結論としては、ともにスピン・ギャップ相を持つことがわかりました。

スピン・ギャップ相の有無を確認する最も一般的な方法は磁化測定です。帯磁率は低温で非常に小さな値となります。また、スピン・ギャップの大きさに対応する磁場を印加すると、スピン・ギャップが閉じるので、磁化曲線には、急激な磁化上昇が現れます。

$R\text{CrGeO}_5$ では、希土類の磁性もしくは磁性を持つ他相 (YCrGeO_5 では単相試料が得られなかった) の影響のため、帯磁率の温度依存性からはスピン・ギャップ相を確認できませんでした。金道研で強磁場磁化測定を行いました。スピン・ギャップが大きく、 YCrGeO_5 で磁化上昇の裾を捉えることができたに留まりました。そこで、J-PARC のビームライン BL12 にある HRC 分光器を使って、 R が Y、 ^{154}Sm 、または Nd の粉末試料の中性子非弾性散乱測定を行いました。全試料でスピン・ギャップの存在を示す磁気励起を観測しました。図 2 に YCrGeO_5 の結果を示します。東北大学の富安先生らによって考案された変換法¹⁾を用いて実験結果から計算した、スピン鎖方向に対応する散乱ベクトル q_{1D} と散乱エネルギー ω 平面での非弾性中性子散乱の強度分布です。なお、鎖内の Cr-Cr の平均距離 d を用いて、 $q_{1D} = Qd/2\pi$ と規格してあります。 $q_{1D} = 0.5$ で強度が強く、反強磁性鎖であることと一致します。磁気励起の分散関係は白線で示した $\omega = \sqrt{20^2 \sin^2(2\pi q_{1D}) + 10^2}$ で合わせることができます。ここからスピン・ギャップの値を 10 meV と評価しました。

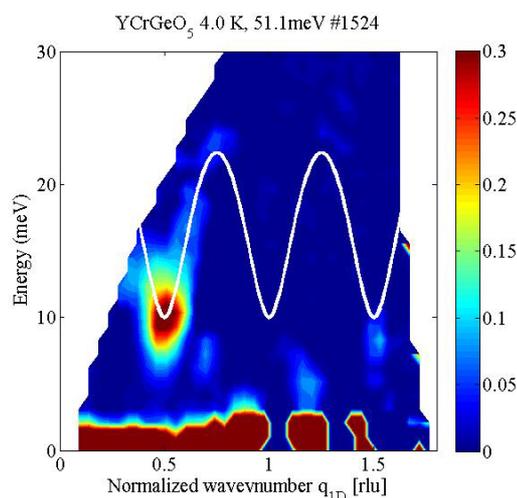


図 2 : $\omega - q_{1D}$ 平面での YCrGeO_5 粉末の 4.0 K の非弾性中性子散乱の強度分布。入射中性子のエネルギーは 51.1 meV である。

$\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ は明治大学の安井先生を中心に研究を行っています。私は中性子非弾性散乱と比熱測定に参加しました。榊原研で測定した極低温での磁化曲線と帯磁率の温度依存性、益田研で測定した比熱の温度依存性からスピン・ギャップ相が存在することが判りました。また、J-PARC のビームライン BL14 にあるアマテラス分光器を使って粉末試料の中性子非弾性散乱測定を行いました。スピン・ギャップ励起が観測され、スピン・ギャップの値は 3 種類の測定でほぼ一致しました。

実はフラストレーションスピン系の中性子散乱研究として、JRR-3 の PONTA 分光器で偏極中性子線を用いて、 $\text{Cu}_3\text{Mo}_2\text{O}_9$ という物質の磁気構造を決めることを目標としていました。大変残念なことに 2012 年度には JRR-3 は運転されませんでした。出来るだけ早期の再開を切望します。この研究はそのときまでの宿題とさせていただきます。

中性子散乱施設を含めて、東大物性研には多くの素晴らしい施設や装置があります。それらを利用するに当たって、客員職員であれば寒剤代や旅費のサポートが受けられます(つくばからの往復だって、回数を重ねればそれなりの額になるのです)。また、客員職員という肩書があると仲間の 1 人と(勝手に)思っ出入りできる点も良かったです。よって、普段の共同研究よりも楽しめました。客員職員制度は今後も是非とも続けて頂きたいです。特に若い人の支援になるといいと思います。

本研究に関しては、益田隆嗣先生を初め多くの方々大変にお世話になりました。名前を挙げさせて頂き、感謝したいと思います。東大物性研の萩原雅人さん、左右田稔先生、松尾晶さん、金道浩一先生、榊原俊郎先生。明治大学の安井幸夫先生。高エネ機構の川名大地さん、横尾哲也先生、伊藤晋一先生。J-PARC センターの河村聖子さん、中島健次さん、菊地龍弥さん、稲村泰弘さん。ありがとうございます。

参考文献

¹⁾ K. Tomiyasu *et al.*, Appl. Phys. Lett. 94, 092502 (2009).