

1次元スピ系における粉末中性子非弾性散乱研究

Powder inelastic neutron scattering study on one-dimensional spin system

富安 啓輔¹⁾, 安倍 弘¹⁾, 金子 耕士²⁾, 長壁 豊隆²⁾

Keisuke TOMIYASU, Hiromu AMBAL, Kouji KANEKO, and Toyotaka OSAKABE

¹⁾東北大院理 ²⁾原子力機構

単結晶と比して情報量の圧倒的に不足する粉末非弾性散乱データを有効に活用するための手法の開発を目指し、 $\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ をモデル物質としてその粉末中性子非弾性散乱を行なった。本物質は、大型単結晶の育成が不可能で、かつ、格子非整合スピン重項という興味深い量子現象を示す物質の候補である。本実験では、スピン励起が低温でギャップを持つことが発見された。

キーワード：粉末中性子非弾性散乱，手法開発

1. 目的

中性子非弾性散乱における大きな障害の一つは、しばしば cc 級またはそれ以上の大体積単結晶試料を必要とすることである。この問題に対し、我々は一次元系の粉末非弾性散乱データからおおよその単結晶データを抽出する数学的方法の開発に成功した¹⁾。さらに、磁化測定により長周期または格子非整合重項という珍しい状態を示す現実の物質候補として指摘されていた $\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ (Cu^{2+} : スピン 1/2, ジグザグチェーン, 磁化率は $T_{max} = 15$ K で極大) に本方法を適用し、格子非整合な Q 値から発生するスピン励起の分散関係を概形を抽出することに成功した¹⁾。

上記の実験では、 T_{max} よりも高い 20 K で測定され、また、低エネルギー領域におけるギャップの有無が決定されていなかった。そこで本研究では、 T_{max} よりも十分低い温度 3 K において、 $S(Q, E)$ 全体像の測定とギャップエネルギーの有無の検証を行なった。

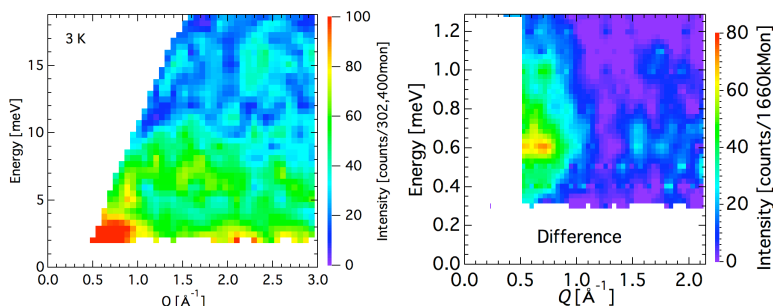
2. 方法

実験は JRR-3 ガイドホール内の三軸分光器 TAS-2 と LTAS にて行なった。水平コリメーションは G-40-80-80 と G-80-rad-B に、検出中性子のエネルギー E_f は 13.4 meV と 3.5 meV にそれぞれ設定した。高調波成分はそれぞれ PG フィルターと Be フィルターにより除去した。固相反応法で合成した約 11 g の $\text{Rb}_2\text{Cu}_2\text{Mo}_3\text{O}_{12}$ の粉末試料をアルミ箔に包み、⁴He 熱交換ガスと共にアルミ缶に封入し、⁴He 循環型冷凍機内に設置した。

3と4. 研究成果, 結論・考察

左図に示すように、3 K においても $Q \sim 0.5 \text{ \AA}^{-1}$ 付近から立ち上がるスピン励起の存在が認められる。また、右図に示すように、約 0.6 meV のギャップが発見された。

なお、本データを、配向粉末試料を用いた東北大内での磁化測定データと組み合わせることにより、本ギャップが異方性由来であることを決定したことも付記する。このような実験の組み合わせは粉末試料研究では大変有効と思われる。



左図：TAS-2 で測定した $T = 3$ K における $S(Q, E)$ 全体像。

右図：LTAS で測定した $T = 3$ K と 40 K の $S(Q, E)$ 差。

5. 引用(参照)文献等

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