

低エネルギー磁気励起測定による Shastry-Sutherland 格子 TbB_4 での疑似縮退の観測
Observation of quasi-generation of 4f states in
Shastry-Sutherland lattice TbB_4

大山研司¹⁾、伊賀文俊²⁾、道村大輔²⁾、松村武¹⁾
OHYAMA Kenji, IGA Fumitoshi, MICHIMURA Daisuke, MATSUMURA Takeshi

¹⁾東北大学 ²⁾広島大学

本研究の目的は、Shastry-Sutherland 格子希土類ホウ化物 TbB_4 での磁気転移近傍での低エネルギー ($e < 1\text{meV}$) 磁気励起の温度変化を詳細に追跡することで、 TbB_4 での逐次磁気転移の起源として疑似縮退が重要であることを証明することである。

キーワード : RB_4 , TbB_4 , Shastry-Sutherland 格子、低エネルギー磁気励起、疑似縮退

1. 目的

希土類正方晶ホウ化物 RB_4 (R =希土類)は、 c 面内の希土類の配置が、二次元フラストレーション格子として理論的に提案された Shastry-Sutherland 格子と等価である[1]。そのため、 R - R ダイマー内が反強磁性結合の場合にダイマー間にフラストレーションが生じていると予想されている。子の系の TbB_4 は、 $T_{N1} = 42\text{K}$, $T_{N2} = 22\text{K}$ の 2 点で逐次磁気相転移を起こし、どちらの相でも磁気モーメントが c 面内にあるハイゼンベルグ系であることが分かっている[2]。それにもかかわらず、 c 軸に磁場をかけた場合、 $H=15\text{T}$ から 30T の間で 9 段ものメタ転移を示す奇妙な磁化過程を示す[3]。

これまでの我々の 6G での中性子非弾性散乱実験で、常磁性状態から温度を上げていった場合、 $T_{N2} = 22\text{K}$ にむけて $4f$ 状態のエネルギーの低下がおきていることが分かった。その励起エネルギーは T_{N2} 直上で 1meV 以下になり、準弾性散乱的なスペクトルとなったのち、 T_{N2} 直下で再び明瞭な非弾性散乱にうつり変わる。したがって、 T_{N2} での転移には、このソフトニングが重要であり、 T_{N2} で疑似縮退が生じていることが転移の起源と深く関わっていると予想している。この予想を LTAS での低エネルギー実験によって証明することが本研究の目的である。

2. 方法

LTAS で磁気非弾性散乱測定を行う。 1meV 以下の励起を観測するのが目的となる。 60K 程度の常磁性状態から 4K までの領域で、 (100) 逆格子点またはその近傍での 4meV 以下の励起スペクトルを測定し、その温度変化を詳細に測定した。この実験により、 T_{N2} 近傍でのスペクトルが準弾性散乱的か非弾性散乱的かを区別し、 T_{N2} 近傍で疑似縮退がおきるかどうかを観測した。

3. 研究成果

$4f$ 低エネルギー励起スペクトルの詳細な温度変化測定から、 T_{N2} , T_{N1} をふくむ広い領域で連続的励起変化の観測に成功した。これにより、高温領域から T_{N2} にむけ、第 1 励起状態のエネルギーのソフトニングが観測された。しかし、LTAS での光分解も得測定により、 T_{N2} 直上でも第 1 励起状態は明確に観測され、ギャップがひらいたままであることが確認できた。しかし、そのギャップエネルギーは熱エネルギーよりも小さいため、疑似縮退が生じていることが確認できた。

4. 結論・考察

今回の測定により、 TbB_4 での特異な磁氣的性質を理解するには、第 1 励起状態との疑似縮退の影響が重要であることがわかった。他の希土類でも、磁気相関の発達により第 1 励起状態のソフトニングが観測される例があり、その比較が重要である。今後、その影響をあきらかにするため、各相での磁気相関解明を目的として分散関係の解明を行う必要がある。

5. 引用(参照)文献等

[1] B.S. Shastry and B. Sutherland, Physica B108 (1981) 1069-70.

[2] T. Matsumura, D. Okuyama, Y. Murakami, J. Phys. Soc. Japan 76 (2007) 015001.

[3] S. Yoshii, T. Yamamotoa, M. Hagiwaraa, T. Takeuchib, A. Shigekawac, S. Michimurac, F. Igac, T. Takabatakec and K. Kindod, J. Magn. Magn. Mat. 310, (2007) 1282-1284.