

高エネルギー分解能 3 軸型中性子分光器 (C1-1 HER)

装置責任者：横山 淳 (茨城大学理学部)

HER は実験利用棟 C1 冷中性子導管の第 1 ビーム孔 C1-1 に設置された 3 軸型中性子分光器で、冷中性子導管から得られる長波長ビームを用いて、非弾性散乱を高いエネルギー分解能で効率良く実施する。分光器本体は、試料・アナライザー・検出器の 3 テーブルに分かれ、その駆動には空気浮上方式を採用している。横集光アナライザーの利用により、平板条件に比べ 10~14 倍程度の散乱中性子束の増大が確認されている。エネルギー分解能 0.5meV-0.02meV、エネルギートランスファー 0.1meV-9meV が主な性能である。装置制御は、Linux 上の FLMMU で行う。

1. 装置の概略

モノクロ	PG002 垂直集光型 $45^\circ \leq 2\theta_M \leq 130^\circ$ (PG: $2.2\text{meV} \leq E_i \leq 12\text{meV}$)
コリメータ	第 2 : 10', 20', 40' (open) 第 3 : 20', 40', 80', radial 第 4 : 20', 40', 80'
サンプル	耐加重ゴニオメーター $-30^\circ \leq 2\theta_S \leq 130^\circ$
アナライザ	PG002 垂直集光型 PG002 水平集光型 $-10^\circ \leq 2\theta_A \leq 115^\circ$
フィルター	冷却型 Be フィルター (上流) 回転型 PG フィルター (上流) 室温 Be フィルター (下流)
検出器	縦型 ^3He ガス検出器 (直径 2inch、有効長 100mm)
ビーム	25mm(H)×50mm(V)

2. 装置の制御

- ・分光器制御プログラム
FLMMU (Linux 版)
- ・温度制御プログラム
TEMCON (Windows 版)
- ・その他
Telnet で Linux マシンにログインして分光器を制御する。

3. 装置の特色

HER は High Energy Resolution Triple Axis Spectrometer の略であり、高いエネルギー分解能をもつ冷中性子 3 軸型分光器である。平板アナライザーを用いた通常の冷中性子 3 軸分光器の使用用途に加え、横集光アナライザーを用いることで、たとえば結晶場状態のような波数分散が小さい励起も効率良く測定することが出来る。

2003 年度には、SANS-VS 遮蔽体の改良による分光器稼動範囲の拡大、2004 年度には制御システムの一新に加えて、横集光アナライザーの新設、2005 年度には分光器の非磁性化を行い、分光器の高度化を図った。

4. 装置の全景



写真 1 : C1-1 HER をガイド管下流から眺めた様子

C1-1 HER での測定例

フラストレートしたスピンス

Pyrochlore 格子では、磁気イオンが、頂点を共有する正四面体を形成し幾何学的にフラストレートした状態を起こしうる。最近、その Pyrochlore 格子上的 Ising 型強磁性状態に興味深い現象が見つかった。最隣接のスピ間に強磁性相互作用が働くとともに強い Ising 的異方性によってスピが正四面体の中心に向かう直線に平行か反平行になる場合には、個々の正四面体では六重縮退した「2-in 2-out 構造」がスピン秩序の基底状態となる。この縮退状態を結晶全体に展開すると、巨視的に縮退した基底状態が実現し、絶対零度でも有限のエントロピーが残ることになる。

このようなスピン状態は氷における水素イオンの空間構造になぞらえることができるため、この系は「スピンアイス」と呼ばれている。同じような巨視的な縮退状態は双極子相互作用をもつ局在 Ising スピン Pyrochlore 磁性体でも成立する。

スピンアイス Pyrochlore の一例として $\text{Ho}_2\text{Sn}_2\text{O}_7$ を HER で測定し、Ho スピンが Ising 的な振る舞いをしめし、スピン-スピン結合が双極子相互作用に基づくことを確かめた(図1)。また、別の Pyrochlore フラストレート系である $\text{Tb}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ を弾性・非弾性散乱によって調べ、スピン凍結が 1.5K 以下で実現しており、図2に示した等高線図のような特徴的な短距離相関状態を示していることを観測した。



図1 $\text{Ho}_2\text{Sn}_2\text{O}_7$ 多結晶の磁気弾性散乱の散乱ベクトル依存性。実線は局所Ising異方性と双極子相互作用を仮定し平均場近似を用いて計算した理論曲線である。H. Kadowaki et al. Phys. Rev. B 65 (2002) 144421.

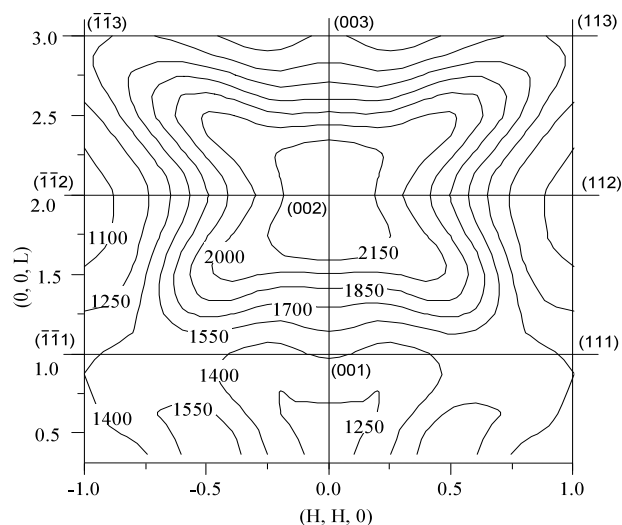


図2 $\text{Tb}_2\text{Ti}_2\text{O}_7$ 単結晶の(HHL)ゾーンにおける0.4Kでの磁気弾性散乱の等高線図。(002)周辺の特徴的な散漫散乱がこの系のフラストレーションによるものと考えられる。

Y. Yasui et al. J. Phys. Soc. Jpn. 71 (2002) 599.