

# 東北大理：3軸型中性子分光器（6G TOPAN）

装置責任者：岩佐 和晃（東北大学大学院理学研究科）

炉室内水平実験孔 6G に設置された東北大学大学院理学研究科 3 軸型中性子分光器 TOPAN は、スピン偏極・非偏極中性子を用いた散乱実験によって物質構造と励起状態を観測できる。物性研全国共同利用に供され、一般課題実験も可能である。

## 1. 装置の概略

東北大学大学院理学研究科が所有する 3 軸型分光器 TOPAN (Tohoku University Polarization Analysis Neutron Spectrometer) では、非偏極および偏極の熱中性子散乱実験が可能である。大型グラフィート集光モノクロメーターからの強い中性子束を用いた非弾性散乱実験による強相関電子系等の格子・スピンドYNAMICSなどの研究、また Heusler 結晶による偏極中性子の磁場中フリッピング比測定なども可能である。JAEA との協力により高圧アンビルセルを用いた微少試料の回折測定の実績もある。また冷中性子領域も利用できる。国内有数の 3 軸型中性子分光器として東京大学物性研究所全国共同利用に参画し、一般課題を受け入れている。

装置グループは主に東北大院理および金属材料研究所で構成し、共同利用実験サポートや独自研究・教育活動を行う。

トップロード型冷凍機（4～800 K）、標準 CTI 冷凍機（10～300 K）、液体ヘリウムクライオスタット（1.5 K）を常設し、物性研共同利用の超伝導マグネット（1.5 K, 6 T）、希釈冷凍機（20 mK, 5 T）、1K 冷凍機（0.7 K）の使用実績もある。分光器制御プログラムは LabVIEW PXI, LINUX FILMAN（物性研三軸分光器と共通）で、装置固有の中性子スピン偏極制御を併用する。また温度制御プログラム：TEMCON（物性研と共通）を常設する。

2011 (H23) 年度末に非弾性・偏極実験の性能向上に向けて装置を更新した（写真 1）。集光デバイスを増強し、さらに写真右端にあるように、上流モノクロメーターとサンプルテーブルの間にセクターシールド付きテーブルを加え、フィルターや第 2 モノクロメーターを設置できるようにした。2013 (H25) 年度共同利用実験を募集するが、更新装置コミッションのため採択実験日数が例年より

少ないと見込まれる。実験の可能性について装置責任者へ問い合わせることを勧める。

## 2. 装置の仕様（更新装置）

モノクロメーター	PG002 水平垂直可変集光型 Heusler111（偏極用） $15^\circ \leq 2\theta_M \leq 78^\circ$ (PG: $5 \text{ meV} \leq E_i \leq 80 \text{ meV}$ )
コリメーター	第 1 (in-pile) : 15', 30', open 第 2 : 10', 15', 30', 60', 100' 第 3～5 : 15', 30', 60', 100'
サンプル	耐加重ゴニオメーター $ 2\theta_s  \leq 150^\circ$
アナライザー	PG002 垂直可変集光型 Heusler111（偏極用） $ 2\theta_A  \leq 90^\circ$
フィルター	PG（モノクロ、アナライザー） サファイア（第 2 コリメーター） Be フィルター（モノクロ）
検出器	縦型 $^3\text{He}$ ガス検出器 （直径 2inch、有効長 100mm）
ビーム	120mm(H)×80mm(V)まで可変

## 3. 装置の全景（調整中の更新装置）

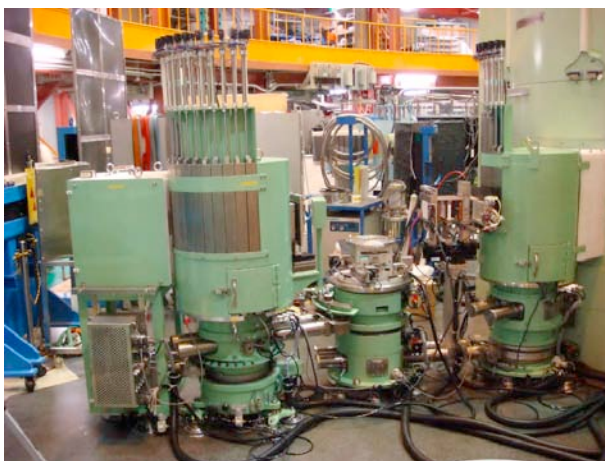


写真 1：更新・調整中の新 6G 三軸分光器。

## 6G TOPAN での測定例

### 充填スクッテルダイトにおける 4f 電子結晶場励起と電子混成効果

充填スクッテルダイト物質では、希土類イオンの 4f 電子と伝導電子の混成効果により、重い電子系・多極子相転移・超伝導など多彩な物性を示すことで知られる。電子混成の効果を調べるために PrOs<sub>4</sub>P<sub>12</sub> における 4f 電子結晶場分裂準位を非弾性散乱実験によって観測した。E<sub>f</sub> = 14.7 meV、コリメーション B-60'-60'-60' の条件で測定された磁気散乱断面積を図 1 に示した。結晶場準位エネルギーとスペクトル幅の顕著な温度依存性が見られ、電子混成効果による解釈が可能であることを見出した（東北大理グループ）。

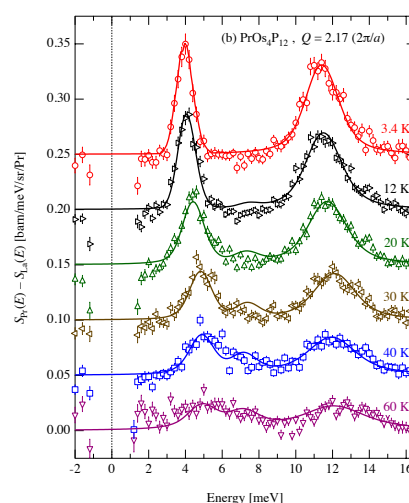


図 1 PrOs<sub>4</sub>P<sub>12</sub> の 4f 電子結晶場励起。

### フラストレート磁性体 MgCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> におけるスピン分子励起

MgCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> は幾何学的フラストレーション磁性体の典型物質であり、低温では何らかの機構により縮退が解けて反強磁気秩序を示す。秩序相における磁気励起を E<sub>f</sub> = 14 meV で測定した結果、離散的なエネルギー励起が観測され、図 2 左に示したような逆空間での特徴的な強度分布が見出された。これは有限個数で形成される反強の相を持つスピン分子内部での励起として理解することができ、図 2 右に示したモデル計算とよく一致する。（東北大理グループ）

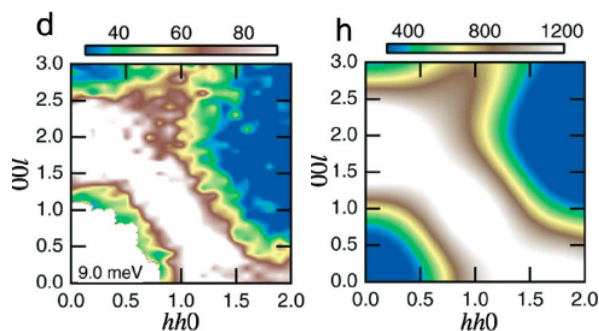


図 2 MgCr<sub>2</sub>O<sub>4</sub> の中性子非弾性散乱強度の逆格子マップ（左：実験、右：モデル計算）。

### 高温超伝導体におけるストライプ揺らぎ

高温超伝導と磁気揺らぎの関係を研究する一環として、スピンと電荷のストライプ秩序が実現する La<sub>1.875</sub>Ba<sub>0.125</sub>CuO<sub>4</sub> の低エネルギー磁気励起を研究した。図 3 にはエネルギー遷移 3meV と 6meV の格子非整合磁気ピークから求めたパラメータの温度依存性を示す。それぞれ、(a):局所磁化率( $\chi''$ )、(b):ピーク幅( $\kappa$ )、(c):非整合度( $\delta$ )である。各パラメータともストライプ秩序化温度(T<sub>sp</sub>)より高温の構造相転移温度(T<sub>d2</sub>)で異常を示している。これら変化は磁気揺らぎが電荷揺らぎとカップルしており、低エネルギー電荷ストライプが低温正方晶(LTT)相で安定化された結果であると考えるところ説明が付く。つまり少なくとも LTT 構造下では低エネルギーストライプ揺らぎが存在することを示唆している。（東北大金研グループ）

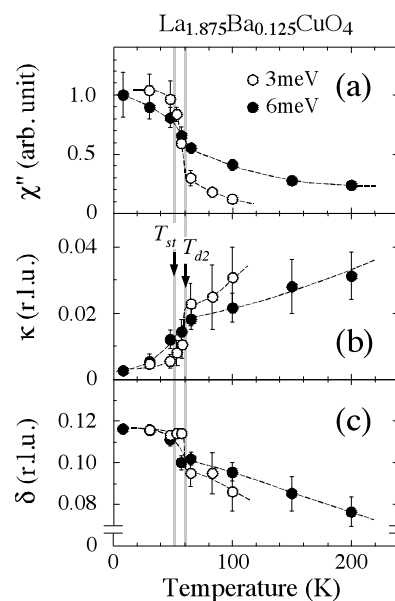


図 3 La<sub>1.875</sub>Ba<sub>0.125</sub>CuO<sub>4</sub> の格子非整合磁気ピークから求めたパラメータの温度依存性。(a):局所磁化率( $\chi''$ )、(b):ピーク幅( $\kappa$ )、(c):非整合度( $\delta$ )