

HRC における 14T マグネット+コリメーターのテスト

2014 年 12 月 11 日~12 月 16 日

東京大学物性研究所中性子科学研究施設

HRC での 14T スプリットペアマグネット、ラジアルコリメーター、入射ソーラーコリメーターを用いた中性子実験テストを下記にまとめる。ただ、ラジアルコリメーターは揺動させることができる設計になっているが、装置トラブルのため動かさずに測定を行っている。また、入射ソーラーコリメーターの前にマグネット専用の SUS コリメーター 30mm*30mm を設置している。

(1) 入射ソーラーコリメーター調整

バナジウムを用いて、入射ソーラーコリメーターの調整を行った。白色中性子を用いたバナジウム測定で得られる典型的な $I(d,p)$ マップを Fig. 1(a)に示す。マグネットの仰角が ± 5 deg であり、 p 座標の 300~700 が測定可能範囲であることがわかる。 $2\theta = 3\sim 20$ 度と $20\sim 40$ 度での強度の差、 $d=190$ 付近での強度の落ちは、マグネットを用いない測定(Fig. 1(b))でも見られているので、HRC での根本的な問題である。 $p=300\sim 700$ のトータル強度を、入射ソーラーコリメーターの角度を変えながら測定した結果を Fig. 1(c)に示す。ピーク強度を示す位置に入射ソーラーコリメーターを合わせて、以下のすべての測定を行った。

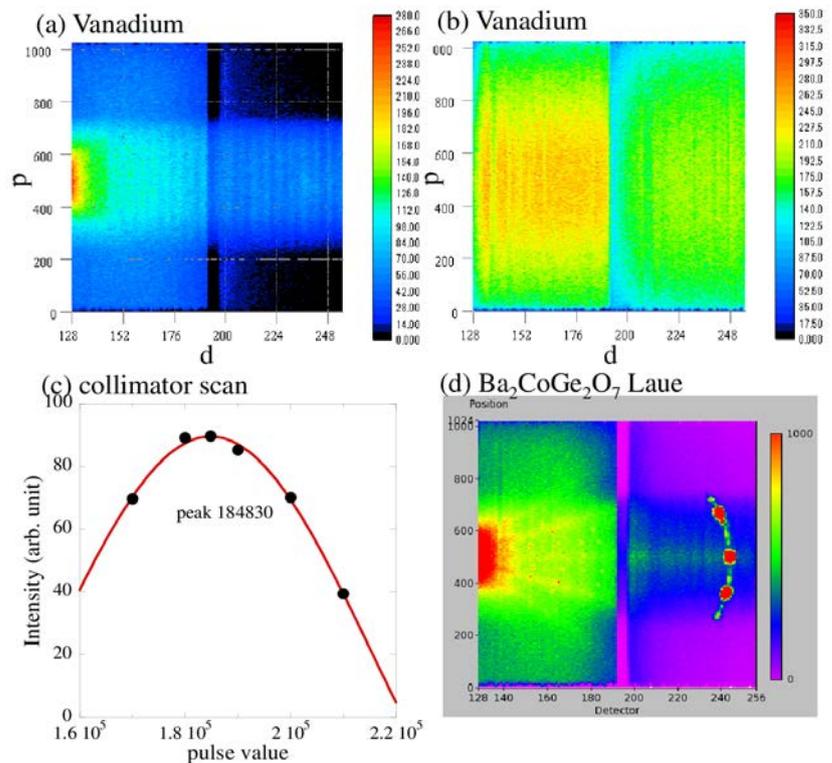


Fig. 1 (a) マグネットにおける白色中性子を用いたバナジウム測定。(b) 通常バナジウム測定。(c) 入射ソーラーコリメーターの ω scan。(d) $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ の Laue パターン。

Fig. 1(a) Run#3266, Vanadium, white beam, $T=300$ K, 1min 測定

Fig. 1(b) Run#3026, Vanadium, 2014-11-04 の測定データ

(2) Empty Al-can 測定

今回のテスト測定で用いた Al-can、Al 試料棒だけの測定を行った。温度 $T=300$ K、磁場 $H=0$ 、 $E_i=10$ meV の結果を Fig. 2(a)に示す。座標 $p=301\sim 700$ を spe ファイルにする際に p 座標の binning を 8 とし、粉末平均してある。また、以降すべてのデータは、 2×10^6 TP(約 1 時

間の proton 数)で規格化して表示する。 $E=0.75$ meV 付近に中性子強度があることがわかる。試料測定では、このデータを BG として用いる。

Fig. 2(a) Run#3269, Empty Al-can, S-chopper 200 Hz, $E_i=10$ meV, $T=300$ K, $H=0$ T, 2.2×10^7 TP 測定

(3) 試料軸立て

テスト測定の試料として $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ (約 5 g)を用いた。 $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ は、2次元正方格子をとり、単純な collinear 磁気構造をとるマルチフェロイック物質であり、面間方向(c 軸方向)には分散がない。今回は散乱面を(HOL)にとり、磁場印可方向を b 軸にとる。(tetragonal 構造であるため、 a , b 軸はドメインとなる。)白色中性子を用いた Laue パターンを Fig. 1(d)に示す。座標 $p=300\sim 700$ の範囲であるが、明瞭な Laue スポットが観測できる。その後、試料を Fig. 2(b)のように k_{\parallel}/c -axis となるように配置し、($H00$)に投影したデータを測定する。

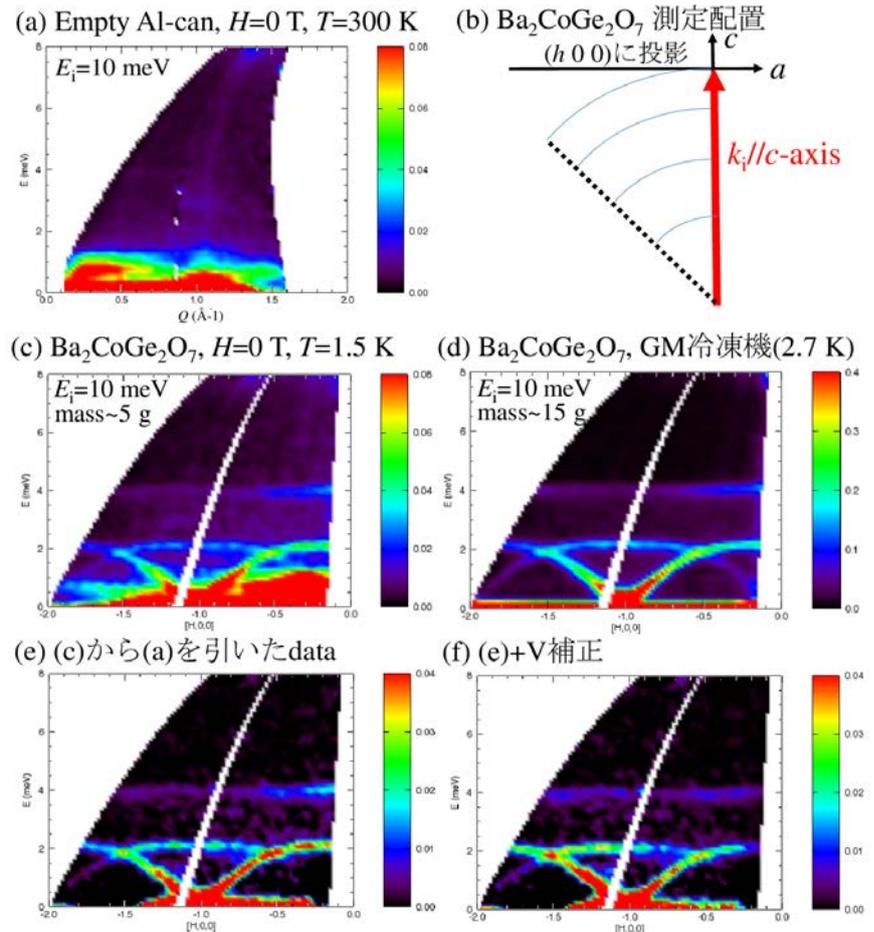


Fig. 1(d) Run#3273, $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$, white beam, T -cooling, $H=0$ T, 5min 測定

(4) $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ の低温、零磁場測定

$E_i=10$ meV、 $T=1.5$ K、 $H=0$ T で測定した $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ の中性子強度マップを Fig. 2(c)に示す。(座標 $p=301\sim 700$ を spe ファイルにする際に p 座標の binning を 8 とし、 H ; 0.02step、 K ; $-0.1\sim 0.1$ の積算、 L ; すべての範囲で表示する。)磁気励起が観測されているが、 $E=0.75$ meV 付近に磁気励起とは異なる中性子強度観測された。比較として、同じエネルギー、ビーム配置で GM 冷凍機を用いて測定した中性子強度マップを Fig. 2(d)に示す。(使用した $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$

Fig. 2 (a) Empty Al-can の 300 K における中性子強度。(b) 測定時の配置図。(c) マグネット下での $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ の中性子強度。(d) GM 冷凍機における $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ の中性子強度。(e) 空セルの強度を差し引いたマグネット下での $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ の中性子強度。(f) Vanadium 補正を行ったマグネット下での $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ の中性子強度。

単結晶は、約 15g である。) ピーク強度のみを比較すると、質量あたりの強度はマグネット使用時に約半分程度になることがわかる。Fig. 2(e)に空セルを差し引いた強度マップ、Fig. 2(f)に空セルの差し引きと Vanadium 補正をを行った強度マップを示す。空セルを用いたデータ解析を行うことで、明瞭な磁気励起データを得ることができる。また今回の測定では、温度の異なる空セルデータを用いたため、 $E=0$ 付近で強度が負になっていると考えられる。

Fig. 2(c) Run#3355, $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$, S-chopper 200 Hz, $E_i=10$ meV, $T=1.5$ K, $H=0$ T, 3.4×10^7 TP 測定
 Fig. 2(d) Run#2206, $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$, S-chopper 200 Hz, $E_i=10$ meV, $T=2.7$ K, 2.4×10^7 TP 測定

(4) $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ の低温、零磁場の E_i 依存性

Fig. 2(b)の試料配置、 $T=1.5$ K、 $H=0$ T の条件下でいくつかの E_i で測定を行った。その結果を Fig. 3 に示す。磁気励起以外の BG のエネルギーが E_i によって変化しており、実験状況ごとに空セル測定が必要だと考えられる。

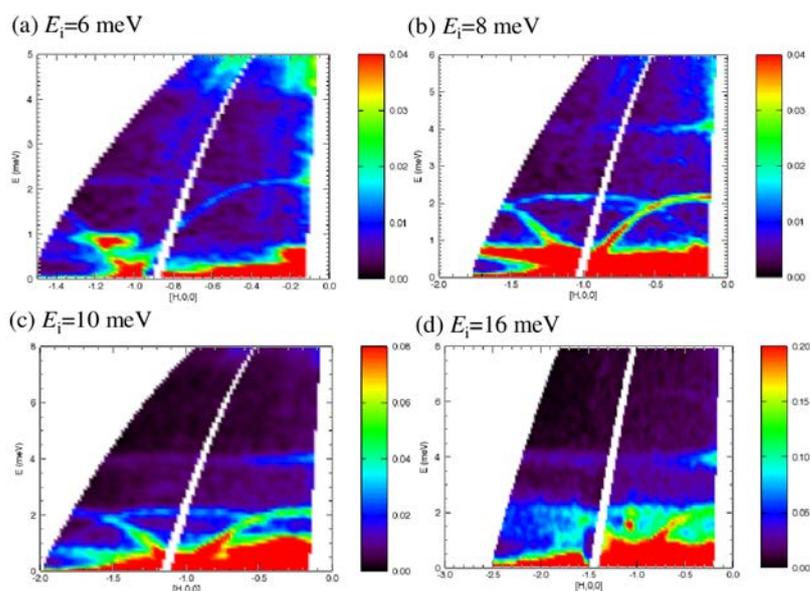


Fig. 3 マグネット使用時の $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ 中性子強度の E_i 依存性。

Fig. 3(a) Run#3426, $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$, S-chopper 200 Hz, $E_i=6$ meV, $T=1.5$ K, $H=0$ T, 3.3×10^7 TP 測定

Fig. 3(b) Run#3358, $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$, S-chopper 200 Hz, $E_i=8$ meV, $T=1.5$ K, $H=0$ T, 2.9×10^7 TP 測定

Fig. 3(d) Run#3426, $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$, S-chopper 200 Hz, $E_i=16$ meV, $T=1.5$ K, $H=0$ T, 3.3×10^7 TP 測定

(5) $\text{Ba}_2\text{CoGe}_2\text{O}_7$ の磁場依存性

Fig. 2(b)の試料配置、 $E_i=10$ meV、 $T=1.5$ K の条件下で $H=6$ T、 9 T を印加し、中性子測定を行った。未発表データなので、データそのものをここに示すことはできないが、磁気励起の磁場依存性が明瞭に測定できた。

(6) Sample Rotator のテスト

Sample Rotator のテストとして、磁場 $H=6$ T において試料を回転し、Bragg 反射の測定を行った。1 度ステップで 65 度回転させ、1 点あたり 1 min で測定した結果が Fig. 4 である。正確な位置で Bragg 反射が観測されており、Sample Rotator が問題ないことがわかった。

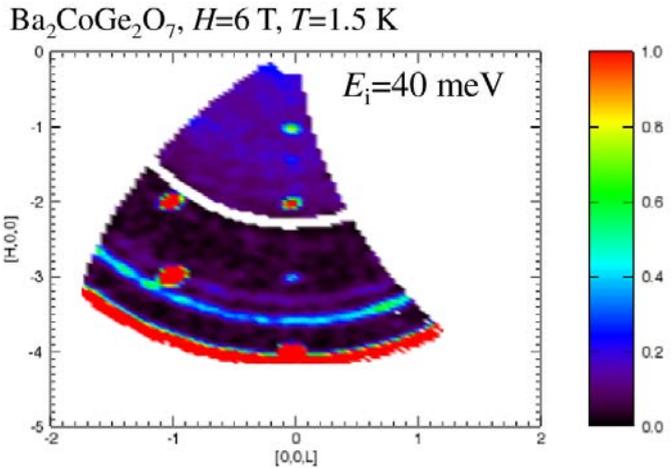


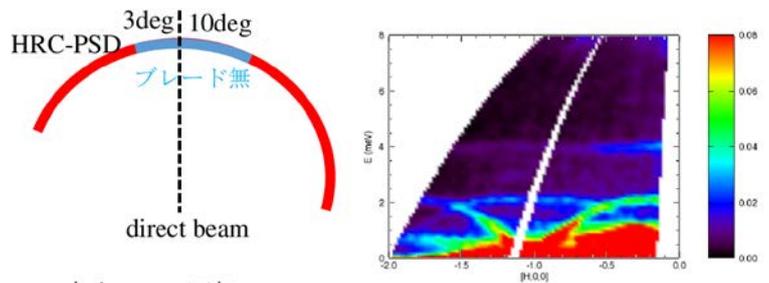
Fig. 4 Elastic 位置における中性子強度。

Fig.4 Run#3359~3424, Ba₂CoGe₂O₇, S-chopper 200 Hz, $E_i=40$ meV, $T=1.5$ K, $H=6$ T, 4×10^3 TP/1 点で測定

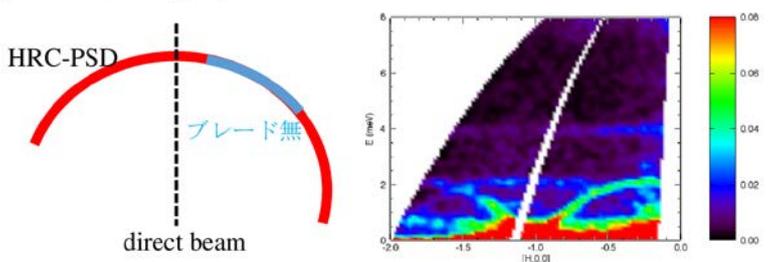
(6) ラジアルコリメーターの位置依存性

ラジアルコリメーターの有無によって BG がどのように変化するか測定を行いたかったが、クレーン等の関係でラジアルコリメーターの取り外しができなかつたので、リミット位置までラジアルコリメーターを移動させ、位置依存性の測定を行った。使用しているラジアルコリメーターは、ダイレクトビーム位置はコリメーターのブレードが無く、いままでの測定は、Fig. 5(a)のように配置していた。(HRC の PSD が 3 度からなので、そこからコリメーターのブレードがある配置である。) $E_i=10$ meV, $T=1.5$ K, $H=0$ T で、ダイレクトビーム位置までブレードがある状態(Fig. 5(b))と $2\theta=10$ までブレードが無い状態(Fig. 5(c))で測定した中性子強度マップをそれぞれ示す。

(a) 標準位置



(b) CW方向 12deg回転



(c) CCW方向 7.1deg回転

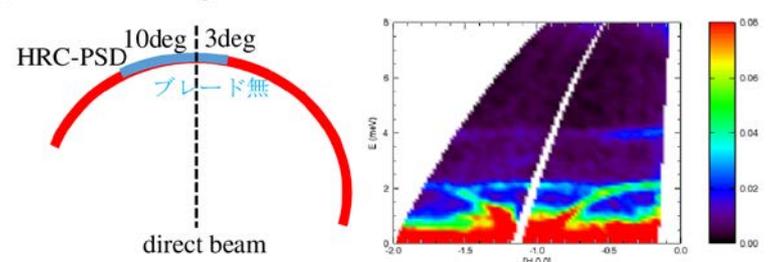


Fig. 6(b)の状態が一番 BG が低いことがわかるが、正確な測定のためには、ラジアルコリメーターがない状況で測定する必要があると思われる。

Fig.5(b) Run#3430, Ba₂CoGe₂O₇, S-chopper 200 Hz, $E_i=10$ meV, $T=1.5$ K, $H=0$ T, 0.9×10^7 TP 測定

Fig.5(c) Run#3431, Ba₂CoGe₂O₇, S-chopper 200 Hz, $E_i=10$ meV, $T=1.5$ K, $H=0$ T, 2.3×10^7 TP 測定

まとめ

14T スプリットペアマグネットとラジアルコリメーターのテストを行い、HRC において問題なく測定ができることを確認できた。