

## 偏極中性子散乱装置 POLANO Polarized Neutron Spectrometer POLANO

横尾哲也<sup>1,2</sup>、藤田全基<sup>3</sup>、伊藤晋一<sup>1,2</sup>、金子直勝<sup>1,2</sup>、池田陽一<sup>3</sup>、大河原学<sup>3</sup>、  
菅井征二<sup>1,2</sup>、坂口将尊<sup>1,2</sup>、大山研司<sup>4</sup>、猪野隆<sup>1,2</sup>

1KEK-物構研、2J-PARC センター、3 東北大-金研、4 茨大-大学院

KEK と東北大との大学連携の枠組みを最大限活用し推進している POLANO プロジェクトは J-PARC の大強度パルス中性子源に、偏極中性子散乱研究に特化した非弾性散乱装置を建設し、偏極度解析を利用した物性研究を行うことを目的としている。H26 年度に入って本格化した建設も、今年 H28 年度の工事で主要部分の製作・設置工事を終了した。また、放射線変更申請を受審、合格しいよいよ中性子ビーム受け入れの準備が整った。現在、ビームコンポーネント機器の最終調整を行っている。

一方で、パルス(TOF)における偏極中性子技術は世界的に見ても現在発展途上にあり、多くの重要な技術開発が必要である。我々はそれら技術開発にも注力し、特にチョッパー技術、SEOP や DNP といったスピン偏極技術、スピントリッパーなど磁場環境技術を中心にして開発を推進し、国際競争に対抗できる装置を目指している。講演ではビーム受け入れを目前に控えて、これまでの建設状況や機器・技術開発の現状と進捗状況を報告し、これからの予定と目指すサイエンスについて議論する。

## アルミニウム製薄肉円筒強度の実験的検証 Strength evaluation of aluminum thin-walled cylinder

桐山幸治  
総合科学研究機構

中性子実験で利用されるアルミニウム製の試料セルは、実験上の要求により1mm以下の薄肉で製作されることが多いが、薄肉化することで変形しやすくなり、場合によっては破損することも考えられる。そのため、最適な設計を行うにあたっては、計算上の強度の見積りに加えて、寸法効果や加工方法の影響の有無や程度を考慮できることが望ましい。

そこで、実験的検証として、これまでに行われた円筒試験片の疑似膨張試験となる専用治具を用いた単軸の引張試験によるアルミニウム製薄肉円筒（内径14mm；厚さ0.2～1.0mm；A1050、A2017）の強度評価試験[1]に続いて、今回、円筒内径と厚さの異なる2種類のアルミニウム（A1070、A2017）の薄肉円筒試験片の強度評価試験を行った。本発表では、系統的に調査した結果に基づいて、円筒の各条件と引張強さの変化や円筒としての限界内圧の関係等について報告する予定である。

[1] 桐山幸治、柴野純一、CROSS T&T (2015)

## HRC におけるソフトウェア環境の開発とその現状

### Development of Control and Visualization Programs for HRC

川名大地<sup>1</sup>、左右田稔<sup>1</sup>、吉田雅洋<sup>1</sup>、池田陽一<sup>1,3</sup>、浅見俊夫<sup>1</sup>、杉浦良介<sup>1</sup>、  
吉沢英樹<sup>1</sup>、益田隆嗣<sup>1</sup>、羽合孝文<sup>2</sup>、井深壮史<sup>2</sup>、横尾哲也<sup>2</sup>、伊藤晋一<sup>2</sup>

1 東大物性研、2 KEK 物構研、3 東北大金研

我々は、J-PARC 物質・生命科学実験施設(MLF)の BL12 に設置される高分解能チョッパ分光器 HRC において、ソフトウェア環境として、DAQ ミドルウェアによる測定や周辺機器の制御を行う YUI、ならびにイベントデータのヒストグラム化による可視化表示や解析前処理を行う HANA といった 2 種類のアプリケーションプログラムを導入し、ユーザー実験を通して整備を続けている。これらのソフトウェア環境のユーザー視点での基本的な構成について示すとともに、特徴的な機能やここ最近の整備内容について紹介したい。

今年度は、YUI の改造と新しい機能の追加を中心に進めた。主な改造項目として、使用する試料環境(SE)機器に応じて、「SE モード」を選択できるようにした。従来は、GM 冷凍機 1 種類のみを想定した作り込みであったため、SE 機器が変わった場合に温度調整器との通信がうまくいかず、復帰に複雑な手順を要していた。そこで、SE モードを導入し、この不具合を解消できるようにした。また、昨年度に実用段階に入ったオシレーティングコリメーターを制御する機能を追加した。

HANA では、2 次元グラフの表示の際に、単結晶でも粉末(多結晶)でもバナジウムデータによる検出効率の補正が可能である。さらに、ユーザーが退所後でもオフラインで解析作業が可能になるように、配布版の開発を行った。

## J-PARC MLF におけるパルス強磁場システムの開発 Development of Pulsed Magnet System in J-PARC MLF

渡辺真朗<sup>1</sup>、野尻浩之<sup>2</sup>、伊藤晋一<sup>3</sup>、河村聖子<sup>1</sup>、木原工<sup>2</sup>、佐原拓郎<sup>2</sup>、  
左右田稔<sup>4</sup>、高橋竜太<sup>1</sup>、益田隆嗣<sup>4</sup>

1 JAEA-JPARC センター、2 東北大学-金属材料研究所、

3 KEK-物構研、4 東京大学-物性研

近年、中性子や放射光をプローブとした数 10T 以上の強磁場下で行う実験・研究への要望が増えてきている。強磁場装置を用いた中性子散乱実験は、例えば、磁場誘起超伝導などにおける強磁場中磁気相関の研究やマルチフェロイック物質などの新しい凝縮系の研究などが挙げられる。

J-PARC MLF において、強磁場を利用した中性子実験を行うユーザーの要望に応えるために、パルス強磁場システムの開発を進めている。本システムは、高電圧・大電流パルス電源、強磁場に耐えられるコイル(図1)および試料スティック(図2)からなる。一般的に数 10 テスラ以上の強磁場装置は規模が大きいイメージがあるが、MLF の既存の各ビームラインに対して使用できる汎用性の高い小型・可搬型のパルス電源を製作した。また、磁場強度は、従来 17 テスラ以下程度では超伝導装置が利用されているため、最大 30 テスラを発生させるコイルを製作した。試料スティックは中性子利用実験で標準的に使用されるオレンジクライオスタットに適合するよう設計・製作した。本発表では、パルス強磁場システムの特性・動作試験や高分解能チョッパー分光器(HRC)での動作状況などについて報告する。

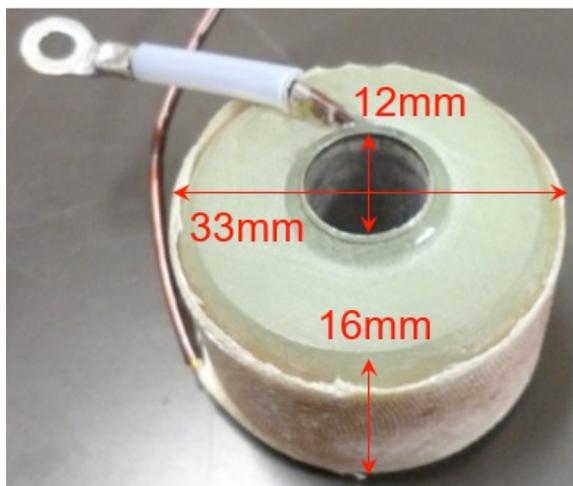


図1: コイル外観写真

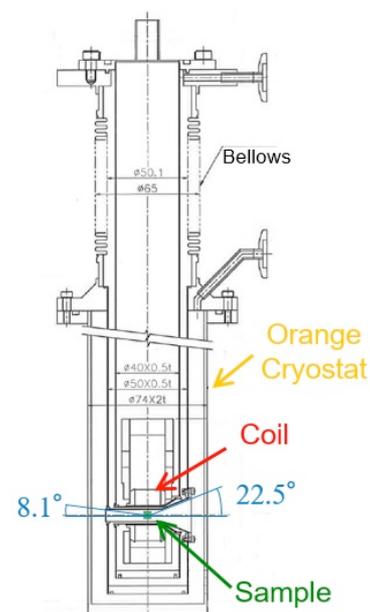


図2: 試料スティック断面

## 偏極中性子散乱装置 POLANO における SEOP 型 $^3\text{He}$ 核偏極中性子フィルターの開発(2) Development of SEOP type Polarized $^3\text{He}$ Filter for the Polarized Neutron Spectrometer POLANO (2)

大河原学<sup>1</sup>、猪野隆<sup>2</sup>、池田陽一<sup>1</sup>、横尾哲也<sup>2</sup>、藤田全基<sup>1</sup>、伊藤晋一<sup>2</sup>、  
吉良弘<sup>3</sup>、林田洋寿<sup>3</sup>、加倉井和久<sup>3</sup>、奥隆之<sup>4</sup>、酒井健二<sup>4</sup>、大山研司<sup>5</sup>

- 1 東北大学金属材料研究所、2 高エネルギー加速器研究機構、  
3 総合科学研究機構、4 日本原子力研究開発機構、5 茨城大学

J-PARC・物質生命科学実験施設(MLF)の BL23 に設置されている偏極中性子散乱装置 POLANO では、入射部の偏極子にオンビーム Spin Exchange Optical Pumping (SEOP) 型の  $^3\text{He}$  核偏極中性子フィルターが採用されている。これは他の偏極デバイスと比較して発散角の大きなビームに対応可能であり、広いエネルギー範囲の中性子の偏極が可能であることや、長時間の実験においても中性子偏極率が減衰しない特徴を持つ事が理由である。

SEOP 型中性子偏極スピンフィルターは、 $^3\text{He}$  とアルカリ金属が封入されたガラスセル、セル内の  $^3\text{He}$  核スピンの偏極に用いる高出力のレーザー、レーザー成形用レンズ等の光学系、セルの温度制御に用いられるオーブンとヒーター、セル内の磁場を均一に保つためのコイル、及び、磁気シールドで構成されている。

POLANO では、高い中性子偏極率を保持しつつ、可能な限り小型の SEOP 型スピンフィルターの設計と開発を進めてきた。フィルター用のガラスセルについては、偏極率を飛躍的に向上させる為に、従来の  $^3\text{He}$  と Rb を封入したセルに、Kを加えたハイブリットセル試作し、偏極率等の性能の評価を進めている。また、セル内の磁場を均一に保つためのコイルに関しては、有限要素法による磁場解析ソフト Femtet (ムラタソフトウェア) を用いて、巻き数等を最適化した。その他、コイルの磁場を乱さないセル昇温用の電熱線ヒーターの設計等も行った。

発表ではこれまで開発を進めてきた各部品と、それらを組み立て作製した POLANO へ導入予定の実機(図1)について報告する。

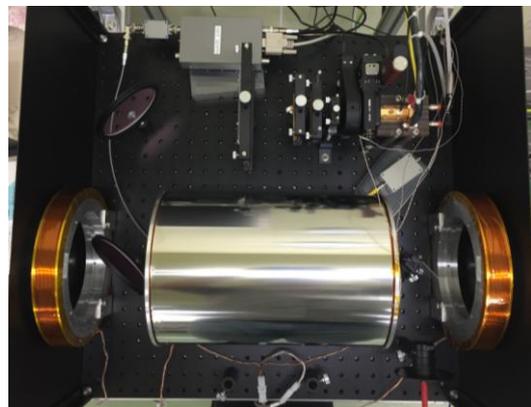


図1 POLANO に導入予定の実機の写真。

# 中性子粉末回折装置 HERMES の現状 —研究用原子炉 JRR-3 の再稼働に向けて Current status of the powder diffractometer HERMES -toward reoperation of the research reactor JRR-3

南部雄亮<sup>1</sup>、大河原学<sup>1</sup>、池田陽一<sup>1</sup>、鈴木謙介<sup>1</sup>、藤田全基<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東北大金研

中性子散乱は物性研究に欠かすことのできない微視的測定手段である。物性研究においては、その新奇物性、機能発現の機構解明に際して、結晶構造及び磁気構造の同定が研究の第一義として重要である。通常、強相関電子系などの固体物質の結晶構造・磁気構造は多結晶試料であれば粉末回折計を、単結晶試料であれば四軸回折計を用いて行われる。

東海村にある研究用原子炉 JRR-3 ガイドホールには中性子粉末回折装置 T1-3 HERMES が設置されており、東北大学金属材料研究所が保守・管理を行っている。最近、日本原子力研究開発機構から、2010 年より稼働を停止していた研究用原子炉 JRR-3 の再稼働を平成 30 年 2 月に予定しているとの公式発表があった [1]。我々は、JRR-3 の再稼働後速やかに中性子実験が行えるよう HERMES の健全性の維持に努めている。これまで、電気系統各種の状況確認と装置の制御 PC の OS や制御ソフトウェアの更新を行い、ダミー測定を含めた駆動試験や冷凍機の試運転を進めている。JRR-3 停止期間中に東日本大震災を経ているが、装置の電気系統には不具合はなく、軽微な通信エラーとエアパッド用ホースの劣化と、ポンプの動作に不具合が見られた。これらも順次解決してきており、再稼働に向けての体制を着々と整えつつある。JRR-3 の再稼働後に中性子ビームを受け入れ次第、波長較正および検出器較正を行い、全国共同利用に供する予定である。

本発表では、JRR-3 の再稼働に向けた粉末回折装置 HERMES の取り組みの現状を概観する。また、中性子粉末回折を用いた結晶構造の Rietveld 解析、群論的考察に基づいた磁気構造解析の具体的な研究事例について紹介したい。さらには、HERMES の下流側に現在建設している新たな回折計 HERMES-E について、現在までの準備状況と期待される使用法について議論する。

[1] <http://jrr3uo.jaea.go.jp/pdf/topics/20160613.pdf>

## 中性子小角・広角散乱装置 BL15(大観)の 活動報告

### Activity report on the small and wide angle neutron scattering instrument BL15 (TAIKAN)

森川利明<sup>1</sup>、高田慎一<sup>2</sup>、大石一城<sup>1</sup>、岩瀬裕希<sup>1</sup>、河村幸彦<sup>1</sup>、  
佐原雅恵<sup>1</sup>、鈴木淳市<sup>1</sup>

<sup>1</sup>CROSS、<sup>2</sup>J-PARC Center

J-PARC MLF の中性子小角・広角散乱装置 BL15(大観)は、広い  $q$  領域を測定できることから、ナノからミクロンスケールの特徴的な構造を持つ金属、磁性体、超伝導体、ソフトマター、生体高分子等の様々な試料の測定に利用されており、そのためユーザーが要望する実験環境も多岐に渡っている。

そうしたユーザーからの要望に応えるべく、BL15 では実験環境の整備、高度化を行ってきている。

BL15 の試料環境機器に関しては、新規に導入した 4T 超伝導マグネット(無冷媒、横磁場、開口角:90° (両側)、トップロード)及びレオメーター(粘弾性測定装置、Anton-Paar 社製 MCR302、二重円筒型石英セル(ギャップ:1mm))のユーザー実験での利用が始まり、成果を出しつつある。また、高精度ガス/蒸気吸着量測定装置(MicrotracBEL 社製 BELSORP-max、吸着質:N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>D<sub>2</sub> etc.)もビームラインでの利用に向けた準備が進められている。

BL15 の検出器に関しては、<sup>3</sup>He 検出器の増設を継続して行っているが、2016 年度は小角、中角、高角、背面の 4 つの検出器バンクの内、中角バンクの検出器の増設を行った。その結果、これまでよりも更に信頼性の高いデータが高効率に得られるようになった。また、2015 年度に導入した超小角検出器(2次元ホトマルとシンチレーターで構成)では検出特性の評価が完了し、超小角領域( $q_{\min}=5 \times 10^{-4} \text{Å}^{-1}$ )のユーザー実験での利用に向けて制御ソフトの整備などが進められている。

## 中性子小角・広角散乱装置 BL15(大観) High- $q$ 解析機能の現状

### The current capability of the small and wide angle neutron scattering instrument BL15 (TAIKAN) for high- $q$ analysis

河村幸彦<sup>1</sup>、森川利明<sup>1</sup>、高田慎一<sup>2</sup>、大石一城<sup>1</sup>、岩瀬裕希<sup>1</sup>、  
佐原雅恵<sup>1</sup>、鈴木淳市<sup>1</sup>

<sup>1</sup> CROSS、<sup>2</sup> J-PARC Center

J-PARC MLF の中性子小角・広角散乱装置 BL15(大観)は、<sup>3</sup>He-PSD 検出器を備えた小角、中角、高角、背面の 4 つの検出器バンクと超小角検出器(シンチレーション検出器)を有し、広い  $q$  領域で散乱実験を行うことができる。さらに、非偏極ビームと偏極ビームを選んで実験を行える特徴もある。そのため BL15 は多岐の分野のユーザーに利用されている。我々はこれらのユーザーの要望に応えられるように様々な実験環境の整備を行っている。

BL15 では、小角散乱測定を目的とした実験が多いが、背面バンクを用いると粉末(磁気)構造解析用のデータの測定もできる。Fig.1 は CeO<sub>2</sub> の解析パターンである。BL15 では収集データを空蝉で処理し、横軸を一定の  $q$  の幅で分割した一次元データを作成する。その後、横軸を  $d$  に変換すれば Z-Rietveld で構造解析を行うことができる。幾つかの標準試料(NIST 674b)で解析を行い、プロファイル関数は Type0m が適していることを確認できた。背面バンクを用いる散乱実験では、様々な試料環境機器が小角散乱実験と同時利用できるだけでなく、偏極中性子実験も可能である。そのため、BL15 は単一サイズの(磁気)構造の解析にのみならず、異なるサイズの(磁気)構造の同時解析のポテンシャルを有する。

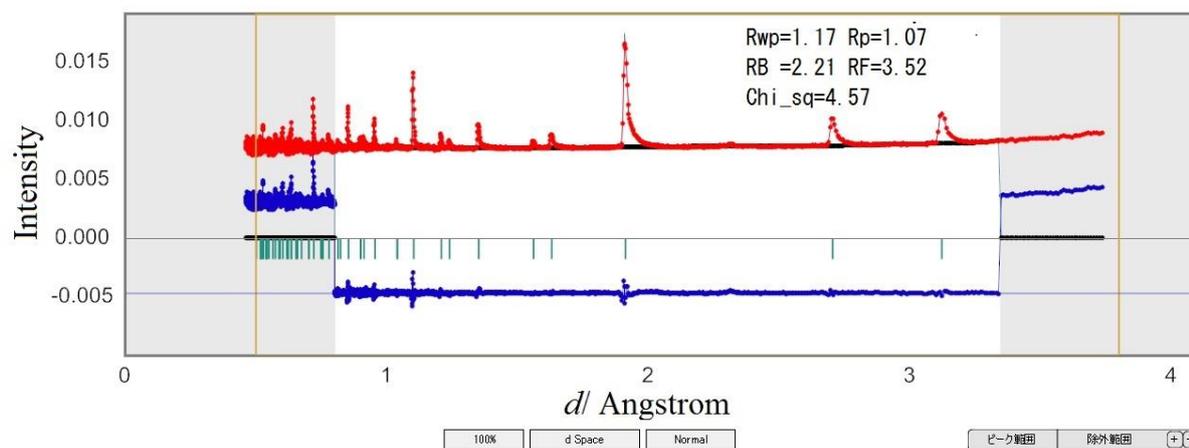


Fig.1 BL15 の背面バンクで測定した CeO<sub>2</sub> の粉末パターンを Z-Rietveld でパターンフィッティングした結果。

# J-PARC MLF 広帯域 $\mu$ eV 高エネルギー分解能 TOF 型 Si 結晶アナライザー-Backscattering 分光器 DNA の現状と成果

## Status and output of the broadband $\mu$ eV high energy resolution TOF type Si crystal analyzer backscattering spectrometer DNA at J-PARC MLF

柴田 薫<sup>1</sup>, 高橋伸明<sup>2</sup>, 川北至信<sup>1</sup>, 松浦直人<sup>3</sup>, 富永大輝<sup>3</sup>, 山田 武<sup>3</sup>, 神原理<sup>1</sup>, 稲村泰弘<sup>1</sup>, 中谷 健<sup>1</sup>, 小林 誠<sup>3</sup>, 笠井 聡<sup>3</sup>

<sup>1</sup>原子力機構 J-PARC, <sup>2</sup>京大化研,

<sup>3</sup>総合科学研究機構 CROSS 東海

J-PARC センター, 物質・生命科学実験施設の中性子源の内, 結合型モデレーターを臨んでいる BL02 に設置されている, 広エネルギー帯域を  $1.6\mu\text{eV}$  以下の高エネルギー分解能で測定することを実現した Si 結晶アナライザー背面反射 TOF 型高エネルギー分解能分光器 DNA の今年度の現状と成果は以下の通りである。併せて新たな研究成果を報告書する。

現在 DNA 分光器内部の Si アナライザーの配置は, Si111 アナライザーは設置予定散乱角  $\Phi = +150^\circ \sim -30^\circ$  の  $\Delta\Phi = 180^\circ$  をすべてカバーして運動量移行量  $Q = 0.08 \sim 1.93 [\text{\AA}^{-1}]$  の実験に供されている。更に高い運動量移行量  $Q_{\text{max}} \sim 3.8 [\text{\AA}^{-1}]$  まで  $\mu\text{eV}$  分解能で測定を可能にするため, Si311 反射結晶アナライザーの開発・テスト・増設作業を実施している。Si311 アナライザーは現在散乱角  $\Phi = -90^\circ \sim -78^\circ$  の  $\Delta\Phi = 12^\circ$  をカバーしてテスト実験を実施している。テスト実験から当初の計画通りエネルギー分解能  $\Delta E = 12\mu\text{eV}$ , 測定範囲:  $-150\mu\text{eV} < E < +300\mu\text{eV}$  の高エネルギー分解能, 広帯域エネルギースペクトル測定が実現していることが明らかになった。現在増設分の Si311 アナライザーを製作中で来年度 H29 年度秋には散乱角  $\Phi = -150^\circ \sim -30^\circ$  の  $\Delta\Phi = 120^\circ$  をカバーする予定である。

現在ターゲットのトラブルにより, 年度初めから入射陽子線出力  $200\text{kW} \sim 150\text{kW}$  で共用実験が行われている。生体物質、電池材料などの機能性材料中のプロトンの運動等を中心に観測し研究成果を上げている。

# 高位置分解能中性子位置 2 次元検出器 (FRP) システムの 開発

## Development of a 2-Dimensional Neutron Detector (FRP) System with Fine Resolution

佐藤節夫  
KEK-中性子

中性子散乱実験に於いて、簡易に高位置分解能が得られる位置 2 次元検出器として、RPMT システムが多くの場合に使用されてきている。しかし、2016 年 3 月で浜松ホトニクスが販売していた RPMT 検出器用光電子増倍管が製造中止になったので、代替検出器として FRP 検出器を開発した。4 個の光電子増倍管 (PMT) の FRP4 検出器 (浜松ホトニクス社 H13974MOD) と、1 個の FRP1 検出器 (H12700 使用の KEK 製) の試験結果を報告する。

FRP4 検出器の検出領域は 7.5cm × 7.5cm で、10mm 間隔に約 0.5mm 径の中性子ビームを照射していった時の直線性誤差は 2mm 程度で、位置分解能は X 軸で 1.26mm、Y 軸で 1.61mm であった。Fig.1 (a) にカドミウムで作った文字を照射したデータを示す。X 軸と Y 軸それぞれで、つなぎ目で PMT の外皮で 4mm も離れるので、またぎ方で特性が大きく変わる。FRP1 検出器の検出領域は 3.5cm × 3.5cm で、5mm 間隔に約 0.5mm 径の中性子ビームを照射していった時の直線性誤差は 0.4mm 程度で、位置分解能は X 軸で 0.83mm、Y 軸で 0.89mm であった。つなぎ目がないので良い特性である。Fig.1 (b) にカドミウムで作った文字を照射したデータを示す。

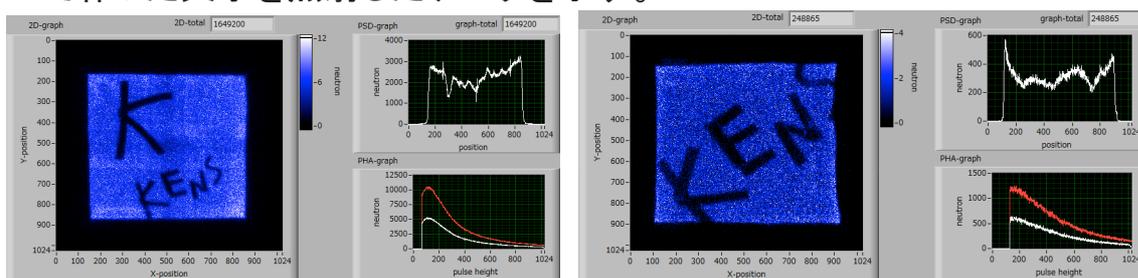


Fig. 1. (a) FRP4 検出器の 2 次元データ (b) FRP1 検出器の 2 次元データ

**J-PARC MLF BL06 MIEZE 型スピンエコー分光器での  
ダイナミクス測定に向けたコミッショニング  
Commissioning for the measurement of dynamics  
at the MIEZE-type spin echo spectrometer  
at J-PARC MLF BL06**

小田達郎<sup>1</sup>, 日野正裕<sup>1</sup>, 遠藤仁<sup>2</sup>, 山田悟史<sup>2</sup>, 川端祐司<sup>1</sup>, 瀬戸秀紀<sup>2</sup>

1 京大原子炉, 2 KEK-物構研

J-PARC MLF の中性子ビームライン BL06 には Neutron resonance spin echo (NRSE) と Modulation of intensity with zero effort (MIEZE) と呼ばれる 2 種類の中性子共鳴スピンエコー分光器が建設されている。NRSE 分光器では、従来の中性子スピンエコー法が得意とするソフトマターなどの遅いダイナミクス測定を目指して、2 次元回転楕円形ミラー集光による高分解能化の研究開発が進められている。MIEZE 分光器では、MIEZE 法の原理からくる試料環境の自由度や偏極解析を利用した、特徴的なダイナミクス測定を目指したコミッショニングが進められている。

中性子スピンエコー法は、中性子のスピン固有状態間の位相差を利用して、試料で散乱された中性子の速度変化を検出する分光法である。MIEZE 型スピンエコー法では、共鳴スピンプリッパーによって生じたエネルギー差に起因する位相差を利用して、時間に対して振動するスピンエコーシグナルを得る。試料からの散乱のシグナルコントラスト減少から、試料の中間散乱関数の情報を引き出すことができる。MIEZE 法では中性子の検出時間のばらつきがシグナルのコントラストを減少させる一因となるため、試料—検出器間の距離のばらつきを抑える必要がある。このため、高振動数の場合、測定できる試料形状・サイズが制限されるが、反射率測定や小角散乱の体系ではこの制限は緩和される。そこで、BL06 の MIEZE 分光器では、まず反射率計体系としての整備を行い、いくつかの試料測定を始めている。

発表では、これまでの MIEZE 分光器の整備状況やテスト測定の結果について紹介する。

## MLF 四季における高温用試料スティックの開発・整備状況 Development of high-temperature sample stick at BL01 4SEASONS in MLF/J-PARC

石角元志<sup>1</sup>、吉良弘<sup>1</sup>、中村充孝<sup>2</sup>、蒲沢和也<sup>1</sup>、池内和彦<sup>1</sup>、  
飯田一樹<sup>1</sup>、梶本亮一<sup>2</sup>、稲村泰弘<sup>2</sup>、高橋竜太<sup>2</sup>

1 CROSS 東海、2 J-PARC センター

J-PARC・MLF、チョッパー分光器「四季」は MLF における非弾性中性子散乱装置の 1 台として稼働している。四季は高強度・高効率という特徴を利用して、スピンや格子のダイナミクスを運動量-エネルギー(Q-E)の 4 次元空間にわたって観測することにより酸化物高温超伝導体やその関連物質、磁性体、誘電体など幅広い物質群での実験が行われている。四季での測定時における試料環境としては主に温度を変えた実験が行われることが多い。温度変化の実験では、GM 冷凍機に取り付けるインサートとして低温用試料スティック(4~300K)、高温用試料スティック(4~600K)、ゴニオ付き試料スティック(4~300K)を整備している。高温用試料スティックではスティック先端に取り付けたヒータで室温付近から 600K までの温度制御を可能にしているが、実際にはサンプル缶底の試料位置では 550K 程度までしか昇温できておらずこれまでは問題点であった。この温度差を改善する為に、我々は新たにサンプル缶の底蓋にヒータを追加した。講演では、ヒータ追加前までの状況とヒータ追加前に行った温度計算(シミュレーション)の結果、また安全対策後(安全審査の指摘を受けて行った)に行った昇温試験の詳細について報告する。

# MLF NOVA におけるオンラインデータ処理システムの現状 Status report of online data processing system for NOVA at MLF

大下英敏<sup>1</sup>、大友季哉<sup>1</sup>、池田一貴<sup>1</sup>、本田孝志<sup>1</sup>、金子直勝<sup>1</sup>、瀬谷智洋<sup>1</sup>、  
鈴谷賢太郎<sup>2</sup>、安芳次<sup>3</sup>、森山健太郎<sup>4</sup>、稲村泰弘<sup>2</sup>  
1KEK 物構研、2 原研 J-PARC センター、3KEK 素核研、4CROSS 東海

J-PARC MLF の高強度中性子全散乱装置 NOVA では実験状況の把握やデータの統計量を評価するために、オンラインデータ処理システムを整備している。我々の開発したオンラインデータ処理システムは技術要素として、分散メッセージングを用いている。分散メッセージングとは識別子とデータから構成される単純なデータ構造を計算機メモリ上で取り扱うソフトウェアを用いて、複数のプロセス間で処理を分散させることである。図 1 に我々が開発した Redis (レディス)[1]を用いたオンラインモニターの概念図を示す。あるプロセスが計算機メモリ上の Queue (キュー) サーバーに測定データを小サイズのデータとして保存し、別プロセスが Queue サーバーから小サイズのデータを取り出しオンラインモニターを実現している。これら 2 つのプロセスは独立性が高いので、互いのプロセスを阻害することなく、安定したデータ収集とヒストグラムのオンライン表示を可能としている。Queue サーバーには例えば試料環境装置から出力された温度データなどを保存することもできるので、検出器データと装置データの相関をオンライン的に示すことも容易である。本講演においては、MLF NOVA におけるオンラインデータ処理システムの現状について説明するとともに、今後の高度化計画についても述べる。

[1] Web site of Redis, <http://redis.io>.

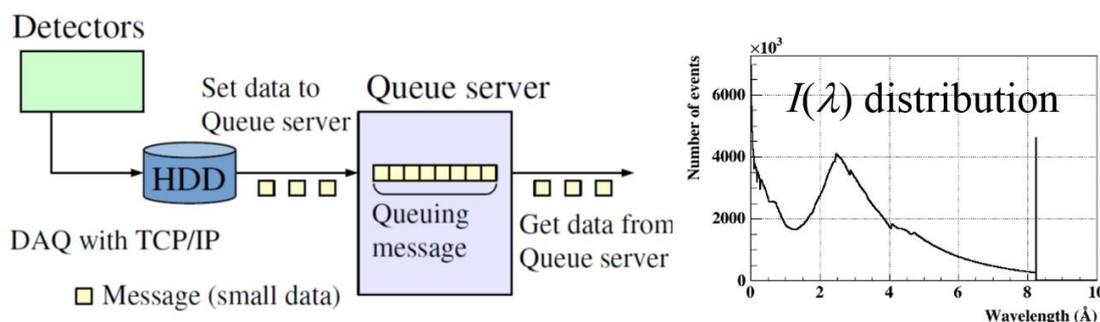


図 1 開発したオンラインモニターの概念図

開発したシステムは HDD に保存されたデータをオンライン的に処理している。検出器において生成されたデータは既存のデータ収集ソフトウェアを用いて HDD に保存されている。

## J-PARC MLF 偏極中性子反射率計「写楽」のソフトウェアの 現状

### Analysis and control software of the Polarized Neutron Reflectometer “SHARAKU” at the J-PARC MLF

笠井 聡<sup>1</sup>、曾山 和彦<sup>2</sup>、青木 裕之<sup>2</sup>、宮田 登<sup>1</sup>、阿久津 和宏<sup>1</sup>、花島 隆泰<sup>1</sup>、  
鈴木 淳市<sup>1</sup>

1 CROSS 中性子科学センター、2 原子力機構 J-PARC センター

J-PARC の物質・生命科学実験施設(MLF)にある共用ビームラインの偏極中性子反射率計「写楽」(BL17)は、2012 年の初ビーム受け入れ以来、装置整備・高度化が進められ、着実に性能を向上させるとともに、利用者数を増やしている。2016 年度、我々は、写楽の大きな特徴である偏極中性子反射率計測の制御方式と解析機能に関して主に2点の開発を行った。

1 点目の制御方式の開発として、偏極関係の制御方式を、従来の IROHA フレームワークを利用したソフトウェア制御から、単独でも動作可能な PLC 制御へ移行させた。従来の IROHA フレームワークによる偏極機構に対する極性の制御と切り替えは、デバイス制御のインターフェースの一つである GP-IB にて行っていたが、この制御方式は、数秒の時間間隔で切り替えをする制御には、時間間隔の変動が大きく十分な精度が得られない。これに対し、2015 年度以降、電磁石制御等の他デバイスを含め、PLC 制御に順次切り替えを進め、デバイス制御の精度を向上させている。

2 点目の解析機能の開発として、2次元検出器(MWPC: Multi Wire Proportional Counter)のコミッショニングに合わせて、各種の解析ソフトの機能充実を図った。従来、写楽で利用していた解析ソフトは、0次元検出器を中心としたスタンドアロンで動くものであったが、既存の解析ライブラリも活用できるように、MLF で多く用いられている Manyo-lib/空蟬のフレームワークを用いた偏極反射率解析ソフトを新規開発した。さらに、MWPC 用のディテクターマップ、ヒストグラム、および2次元偏極反射率解析ソフトを開発した。また、MWPC を用いた非鏡面反射率解析機能等の開発も継続して行っている。次年度以降も各機器のコミッショニングと並行しながら、解析機能の充実を図る予定である。

発表では、上記2点の性能向上とソフトウェア開発の現状について説明する。また、次年度以降の高度化計画についても触れる。

## MLF 共通試料環境機器の IROHA2 デバイスモジュール IROHA2 Device Module for Common Sample Environment Device in MLF

中谷健<sup>1</sup>、高橋竜太<sup>1</sup>、森山健太郎<sup>2</sup>

1 JAEA-J-PARC センター、2 CROSS-中性子科学センター

J-PARC・MLFでは装置制御ソフトウェアフレームワークIROHA2を用いて実験制御を行っている。今年度、我々はMLFの実験装置で共通に利用されている7Tマグネットおよび高温炉をIROHA2で制御可能にする開発を行った。

MLF 共通試料環境機器の一つである7Tマグネットは超伝導磁石を用いて試料に強磁場を印可する機器である。7Tマグネットは下図に示す電磁石に電流を印可する電源、マグネットを冷却する温度制御器、試料を冷却する温度制御器(ニードルバルブ制御を兼ねる)、ヘリウムの液面を監視する液面計および試料回転機構から構成されている。

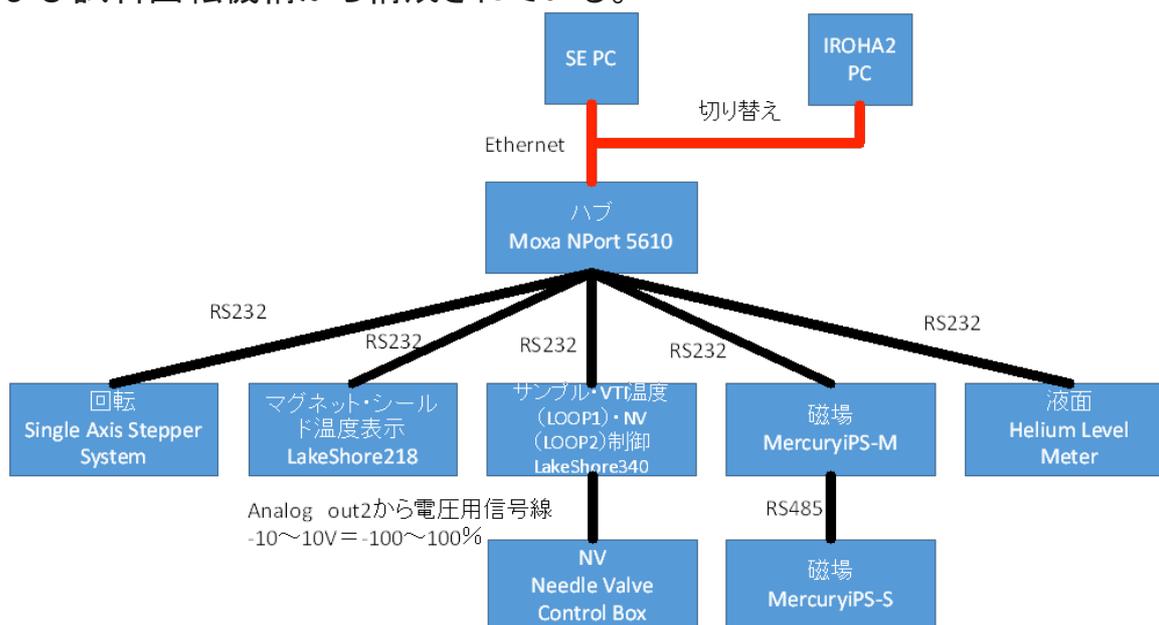


図 7T マグネット機器構成

MLF 試料環境の高温炉は試料を電熱により加熱する機器である。高温炉の監視はプログラマブルロジックコントローラ(キーエンス製 KV-5000)およびレコーダー(チノー製 KR2160MN2A)からステータス情報を読み出すことにより行う。我々は、これらの機器をIROHA2デバイス制御サーバーにより制御可能にするデバイスモジュールの開発を行った。

本開発により、IROHA2を使用している実験装置では、7Tマグネットおよび高温炉を実験装置制御系に簡便に組み込み、測定に使用することが可能になった。

# 「空蟬」における単結晶試料の非弾性散乱連続回転測定 “Utsusemi” and the inelastic neutron scattering measurement of a single crystal sample under the continuous rotation

稲村泰弘<sup>1</sup>, 中谷健<sup>1</sup>, 伊藤崇芳<sup>2</sup>, 梶本亮一<sup>1</sup>, 中村充孝<sup>1</sup>, 鈴木次郎<sup>3</sup>

1. J-PARC センター, 2. CROSS 中性子科学センター, 3. KEK

単結晶試料の 3 次元逆格子空間(運動量空間)上のエネルギー励起現象は 4 次元空間の強度として測定されるが、その際に測定できる領域は装置の検出器配置と入射エネルギー、および試料の方位によって制限を受ける。よって、より広い 4 次元空間を観測する場合、試料の方位を変化させて多数の測定を行い、それらを一つのデータに統合させるという手法が用いられる。この手法は近年非弾性散乱実験における一つのトレンドとして MLF の非弾性散乱装置でも実施される比重が高くなっている。しかし従来の手法では、試料の方位ごとに測定を行うため測定数やデータ数も非常に多く、目的とする領域を正しく測定できているかの判断はある程度測定を進めてから解析しないと難しいため、測定の即応性や柔軟性に欠ける状態であった。

これら測定解析手法の構造的欠陥を克服するためには、試料を連続的に回転させ中性子データをイベントデータで測定し、そのデータをほぼリアルタイムに解析し可視化する必要がある。「空蟬」ではこの測定・可視化を実現するための高度化を進めてきた。定期的にイベントデータファイルをスキャンしイベントデータの差分のみを解析可視化する、いわゆる擬似的オンラインモニター機能を高度化し、解析段階で角度情報により中性子分別(フィルタリング)と非弾性散乱解析を行えるようにした。結果として定期的(30 秒に 1 回程度)な差分解析により、連続回転測定中のデータの解析・可視化がほぼリアルタイムに可能となった(図 1)。BL01 ではすでにユーザーへの提供を開始している。

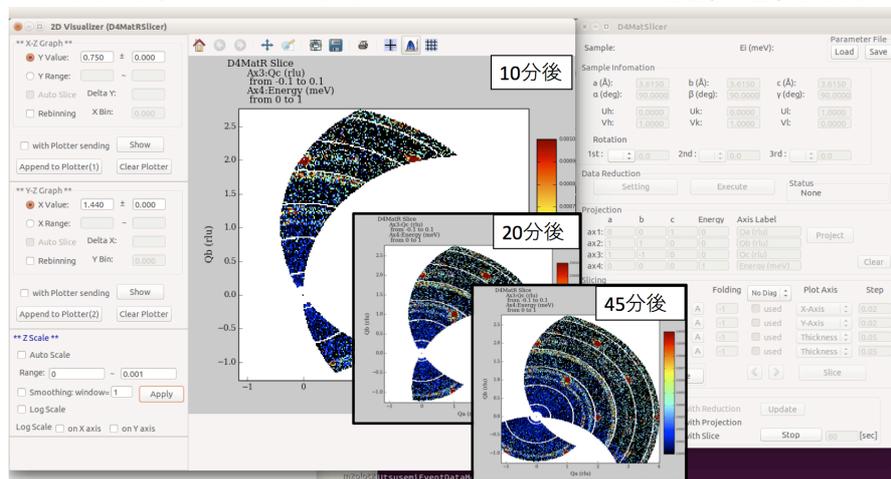


図1 連続回転測定の実時間可視化ソフトウェアインターフェース

# 単結晶中性子回折計 SENJU における計算環境整備

## Development of the computing environment for the Single Crystal Diffractometer SENJU

森山健太郎<sup>1</sup>、中谷健<sup>2</sup>、中尾朗子<sup>1</sup>、宗像孝司<sup>1</sup>、茂吉武人<sup>1</sup>、大原高志<sup>2</sup>、鬼柳亮嗣<sup>2</sup>

1 総合科学研究機構 中性子科学センター

2 日本原子力研究開発機構 J-PARC センター

我々は J-PARC 物質・生命科学実験施設(MLF)の BL18(SENJU)において、単結晶中性子回折実験の円滑な遂行と実験データの効率的な管理を目的とした計算環境の整備を進めている。今年度は、実験データベース及び統合監視システムの導入を行った。

### (1) 実験データベースの導入

実験データベースは、MLF 計算環境が整備を進めているデータ管理及びデータアクセスのサービス提供を目的とした統合的なデータ管理システムである。本システムは装置制御ソフトウェアフレームワーク IROHA2 が生成した測定ログを収集し、実験データをカタログ化する。また、データ収集システム(DAQ)が生成した測定 RAW データを MLF 共通ストレージに転送し一元的に管理する。実験ユーザーは本システムが提供する Web インタフェースを利用して実験データの検索・ダウンロード、測定ログの閲覧等が可能である。BL18 では現在、実験データベース用いて実験データのカタログ化と測定 RAW データの一元管理を進めている。

### (2) 統合監視システムの導入

多数の計算機システムで構成される実験環境では、システム障害が発生すると実験遂行が困難になり貴重なマシンタイムが失われることになる。したがってシステムの障害を未然に防止し、障害が発生した場合には迅速な発見と対応が求められる。そこで BL18 では、MLF 計算環境が整備を進めている統合監視システムを導入した。本システムは各種計算機システムの稼働状況を自動で監視し、障害発生時にはアラートを生成する。これによりシステム障害の早期発見・早期対応が可能となった。

本発表では、BL18(SENJU)における実験データベース及び統合監視システムの現状と今後の整備計画について報告する。

# 冷中性子ディスクチョッパー型分光器 AMATERAS の 2016 年度 A Cold-Neutron Disk-Chopper Spectrometer AMATERA in JFY2016

中島健次、河村聖子、菊地龍弥、古府麻衣子、稲村泰弘、川北至信、  
青山和弘、若井大介  
J-PARC センター 物質・生命科学ディビジョン

J-PARC 物質・生命科学実験施設に設置された冷中性子ディスクチョッパー型分光器 AMATERAS(図 1)は、パルス整形チョッパーと J-PARC の結合型減速材の高ピーク強度の組み合わせにより、大強度、高分解能を両立する非弾性・準弾性散乱装置であり<sup>1)</sup>、2009 年の稼働開始以来これまで、装置の高度化を進めながら、磁性や液体、非晶質、生体物質内のダイナミクスから産業

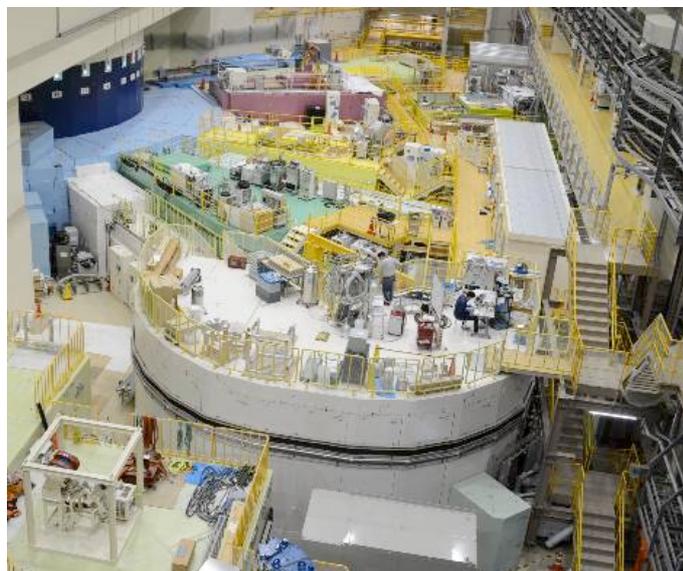


図 1 AMATERAS

利用に至るまで広い研究分野での利用に供されてきている。2016 年度においては装置課題の他、2017 年 2 月現在、一般課題 20 件、JAEA プロジェクト課題 4 件、元素戦略課題 2 件を実施している。また、これまで行われてきた AMATERAS の利用の成果として、2016 年には、4 件の学術論文、2 件の学位論文、関連する成果を元にした 1 件の受賞、その他多数の学術的会合での発表等がなされている。一方で、装置の整備としては、検出器バンク間の仕切り(ベーン)の不具合の改修、実験データの質を向上させるためのバックグラウンド低減の作業等を進めてきている。装置は、建設から 7 年以上を経過し、真空槽真空系、高速ディスクチョッパー等々で故障も目立ち始めそれらに対する対応も行っている。

当日は、最近の成果例と合わせて、これら AMATERAS の近況を報告する。

## Reference

[1] K. Nakajima et al., J. Phys. Soc. Jpn. 80 (2011) SB028

## J-PARC/MLF 偏極中性子反射率計「写楽」の現状

### Current Status of Polarized Neutron Reflectometer “SHARAKU” at J-PARC/MLF

青木裕之<sup>1</sup>、曾山和彦<sup>1</sup>、山崎大<sup>1</sup>、宮田登<sup>2</sup>、阿久津和宏<sup>2</sup>、  
花島隆泰<sup>2</sup>、笠井聡<sup>2</sup>、鈴木淳一<sup>2</sup>

1 原子力機構 J-PARC センター、 2 CROSS 中性子科学センター

J-PARC 物質生命科学実験施設(MLF)に設置された反射率ビームライン「写楽」は、2012 年のビーム受入から装置開発を進め、着実にユーザーを増やしている。中性子の高い透過性を利用した反射スペクトル測定により、物体内部に“埋もれた”界面の構造を評価することが可能であり、液中の高分子表面の状態解析や、Li イオン電池の電極評価に利用が広がっている。また写楽はスピンの方向を制御した偏極中性子をプローブとして利用可能であることを最大の特徴としており、試料の磁気散乱長に依存した反射スペクトルを得ることで、スピントロニクス材料などの磁性薄膜中における磁気構造の評価に大きな威力を発揮する。写楽は、共用開始以来、様々な高性能化・ユーザビリティの向上に向けた取り組みを行ってきた。本発表では、近年における整備状況を紹介する。

#### 1) 実験機器の PLC 制御化

写楽においては中性子分光器や試料ステージを始めとして、1T マグネット、冷凍機など様々な実験機器の制御を行っている。本年度においては、これらの機器制御の PLC (Programmable Logic Controller) 化を進めた。これにより、偏極制御の高速化を実現し、より効率的な偏極中性子反射率測定が可能となった。

#### 2) 二次元中性子検出器の整備

オフスペキュラー反射率測定や斜入射小角散乱測定を実現するための二次元検出器 MWPC のコミッショニングを進めている。MWPC は 256 x 256 のピクセル間で 11% の検出感度の不均一性が見られた。一方、波長特性については均一であり、全ピクセルで同じスペクトルが得られた。検出感度ムラについてはピクセル毎の補正ファクターを算出することで、感度較正を行った。

#### 3) 試料環境機器の整備

溶液セル・ガス置換セルの開発によって、液中及び制御雰囲気下での反射率測定を実現した。また空芯電磁石によって、試料に対して中性子光軸方向への磁場印加も可能とした。

## 茨城県生命物質構造解析装置 iBIX における 実験情報データベースの開発 Development of database manager for information of experiments using iBIX.

細谷孝明、日下勝弘、矢野直峰 (茨城大学)

茨城県生命物質構造解析装置 iBIX は、有機低分子から生体高分子までを対象とした飛行時間型単結晶中性子回折装置で、本装置での実験は数十の測定(一測定が数時間~半日)から構成される。これらの「測定」データは Run 番号や周辺機器情報などと結びつけられているものの、ユーザーの実験に対応する測定範囲等の「実験」情報は BL03 の測定キャビン内に常備してあるログノートに記載されるのみであり、ユーザーが過去の実験を参照するときや、データ処理を行う際に必要な測定データを参照するときは、ログノートを逐一参照する必要があった。また、1つの設定の測定が加速器/装置トラブルにより複数測定に分断してしまうことがしばしばある。この場合も、どの測定が同一の設定で測定されたものなのかを手動で判断して、データ処理時に手動でデータをマージする必要があり、極めて煩雑な手順を踏む必要があった。そこで、iBIX の測定情報を全てバックグラウンドで自動的に集約し、過去の測定情報の検索/閲覧、実験情報の編集(実験とは複数の測定からなるものを言う)を行う実験情報データベースソフトウェアの開発を行った。本実験情報データベースは、①Run 番号、開始日付、データ収集モジュールの計測開始・更新時刻、現在の T0 カウント数を管理して出力する DAQ ミドルウェア RunInfo コンポーネント、②IROHA を通じて周辺機器情報を集約・管理するサービスプログラム、③データベース(RDB)への登録をバックグラウンドで行う自動登録プログラム、④データベース本体(RDB)、⑤Webブラウザ上から実験情報を閲覧・編集するためのクライアントアプリケーション、からなる。実験情報の管理閲覧は、ユーザー区分によって制限され、測定を実験単位でまとめ、ユーザーアカウントに割り当てることが出来るのは管理者のみとなっている。一般ユーザーはアカウントに割り当てられた実験情報を閲覧、編集することが出来る。また、現状で実験情報付きの生データをダウンロードすることが出来るが、それをデータ処理ソフトウェア STARGazer でスムーズに処理するためのインターフェイスは開発中である。このソフトウェアにより、遠方においても過去の測定状況を瞬時に参照できるようになり、また、データ処理ソフトウェア STARGazer に引き渡すデータの前準備が Web アプリケーション上で自動で行われるようになったため、手動準備の手間(MLF への移動時間+作業時間)の節約、使用するデータの取り違いなどの人的ミスの減少、などユーザビリティの向上を果たした。

# クラウドサービスを用いた MLF 計算環境の改良

## Improvement of MLF Computational Environment with Cloud Services

岡崎伸生<sup>1</sup>、稲村泰弘<sup>2</sup>、伊藤崇芳<sup>1</sup>、中谷健<sup>2</sup>、  
鈴木次郎<sup>3</sup>、森山健太郎<sup>1</sup>、大友季哉<sup>4</sup>

<sup>1</sup>CROSS、<sup>2</sup>JAEA J-PARC センター、<sup>3</sup>KEK 計算科学センター、<sup>4</sup>KEK 物構研

近年、Amazon、Googleをはじめとする企業によるクラウドサービスの進歩や使い勝手の向上が著しい。IT企業やエンタープライズ以外のソフトウェア開発者にとってもクラウドサービスを念頭に置いた開発が非常に身近になり、また本格的に取り組むべき技術のひとつになっている。さらに、ハードウェアライフサイクルの短縮化や機器の複雑化(加えて保守スタッフ不足)、ネットワーク性能の向上といった要因もあり、我々J-PARC MLFにおいても、開発対象によってはハードウェア等を自組織で保有、保守するよりも様々な点でメリットが大きい場面が増えてきている。

検討中の現時点では施設側のメリットが目につくが、当然のことながらユーザーへのメリットもある。ユーザーから通信する際にクラウドサービスのネットワークに到達しさえすれば、開発したサービスを利用することができる。また、クラウドサービスの通信網は世界的に広がっているため、自組織で運営、公開するよりも通信速度の向上が期待できる。

そのような状況を鑑みて、MLF計算環境チームでも必要に応じてクラウドサービスを開発手段の一つとして積極的に取り組む動きを始めている。本報告では、具体例として、開発中のリモートデータ解析システムとクラウドサービスとを組み合わせる計画および検証状況、および、クラウドストレージサービスをデータバックアップ先と使用した場合の実際の結果をはじめとして、現在検討中の状況を紹介する。併せて最近開発した種々の内部向けサービスについても紹介する。

## 中性子ピクセル検出器 (Mpix) の開発 Development of neutron pixel detector

瀬谷智洋

高エネルギー加速器研究機構

物質構造科学研究所 中性子科学研究系

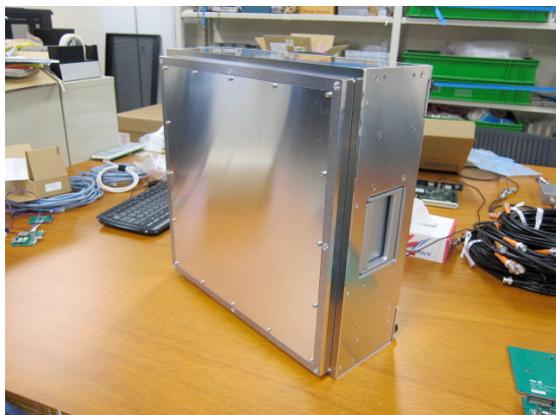
J-PARC MLF BL06 用に、マルチピクセル検出器を開発している。BL06 は、中性子スピンエコー法を用いて、入射中性子のエネルギー分解能によって測定可能なエネルギー分解能が制限されることなく、高エネルギー分解能かつ、高中性子強度を実現している。

この BL06 で使用する検出器は、MIEZE シグナル(時間に対して中性子強度が振動するエコーシグナル)を測定するため、高い時間分解能が要求される。合わせて測定を効率的に行うため、大面積の検出領域も要求されている。そのそのため、ガス検出器に比べ時間分解の高いシンチレータ検出器で、かつ比較的安価で大面積化可能な MPPC を用いたマルチピクセル検出器を開発した。

開発中の Mpix は、MPPC を 320mm × 320mm の領域に 10mm 間隔で配置し、全部で 1024 個の MPPC を実装している。これらの信号は FPGA で瞬時にデジタル化され、TCP/IP で測定用の PC に転送される。

MPPC は、一般に製造時の歩留まりが悪く、1つ1つのゲインにバラツキがある。この特性を改善するため、Mpix では各 MPPC に DAC を配置し、個別に電圧調整することで、改善を図っている。

発表では、BL06 で行った動作試験の結果と、今後の課題、展望についてふれたい。



Mpix の外観(正面)



Mpix の外観(背面)

## MLF-BL01 チョッパー分光器「四季」 Status Report of the Chopper Spectrometer 4SEASONS in MLF

梶本亮一<sup>1</sup>、中村充孝<sup>1</sup>、稲村泰弘<sup>1</sup>、蒲沢和也<sup>2</sup>、池内和彦<sup>2</sup>、飯田一樹<sup>2</sup>、  
石角元志<sup>2</sup>、村井直樹<sup>1</sup>、中谷健<sup>1</sup>、久保直也<sup>1</sup>、神原理<sup>1</sup>

1 J-PARC センター、2 CROSS 東海

本発表では、J-PARC・MLF に設置されているチョッパー型非弾性散乱装置「四季」[1]の最近の装置整備状況、利用状況、研究成果について報告する。四季のカバーするエネルギー領域と運動領域はそれぞれおよそ  $10^{-1} \sim 10^2$  meV,  $10^{-1} \sim 10^1$  Å<sup>-1</sup> であり、MLF 非弾性中性子散乱装置がカバーするエネルギー・運動量領域の中でも中程の領域を占める[2]。現在も性能および操作性・安全性のさらなる向上を目指して装置の高度化が続けられており、最近では特に試料環境やデータ解析環境の高度化が図られた。一方、利用状況を見ると、2016 年度は MLF の運転日数の制約から競争率が上昇したものの、その時期を除くと、ここ数年一般課題の競争率は 2 倍前後となっている。特に最近では海外からの申請が占める割合が高くなっている。課題の多くは強相関・磁性分野であり、2016 年には鉄系超伝導等の研究成果が生まれた[3-8]。

[1] R. Kajimoto et al., J. Phys. Soc. Jpn. **80**, SB028 (2011).

[2] H. Seto et al., Biochimica et Biophysica Acta **1861**, 3651 (2017).

[3] M. Ruminy et al., Phys. Rev. B **93**, 214308 (2016).

[4] Q. Wang et al., Nat. Commun. **7**, 12182 (2016).

[5] M. Ruminy et al., Phys. Rev. B **94**, 024430 (2016).

[6] T. Okuda et al., J. Phys. Soc. Jpn. **85**, 094717 (2016).

[7] D. Hu et al., Phys. Rev. B **94**, 094504 (2016).

[8] K. Horigane et al., Sci. Rep. **6**, 33303 (2016).

MLF-BL01、MLF-BL02、MLF-BL06、MLF-BL12、MLF-BL14、MLF-BL23

## MLF における中性子分光器 The Neutron Spectrometers in MLF

梶本亮一<sup>1,2</sup>、横尾哲也<sup>1,3</sup>、中村充孝<sup>1,2</sup>、柴田薫<sup>1,2</sup>、川北至信<sup>1,2</sup>、松浦直人<sup>4</sup>、  
遠藤 仁<sup>1,3</sup>、瀬戸秀紀<sup>1,3</sup>、伊藤晋一<sup>1,3</sup>、中島健次<sup>1,2</sup>、河村聖子<sup>1,2</sup>

1 J-PARC、2 JAEA、3 KEK、4 CROSS

J-PARC・MLF では現在 21 台の中性子実験装置が稼働または整備中であるが、そのうち 6 台が非弾性・準弾性散乱装置で占められている。すなわち、直接配置チョッパ型分光器の BL01 四季、BL12 HRC、BL14 アマテラス、および、逆転配置背面反射型分光器の BL02 DNA が稼働中であり、すでに多くの研究成果が生まれている。さらにスピネコー分光器 BL06 VIN ROSE がコミッショニング中、偏極チョッパ分光器 BL23 POLANO が整備中である [1]。これら特徴の異なる装置の組み合わせによって、MLF では固体物理、非晶質、液体、ソフトマター、生体物質から工業材料まで幅広いダイナミクス研究が可能になる(図 1)。本発表ではこれら MLF の中性子分光器群の特徴と目指すサイエンスを概説する。

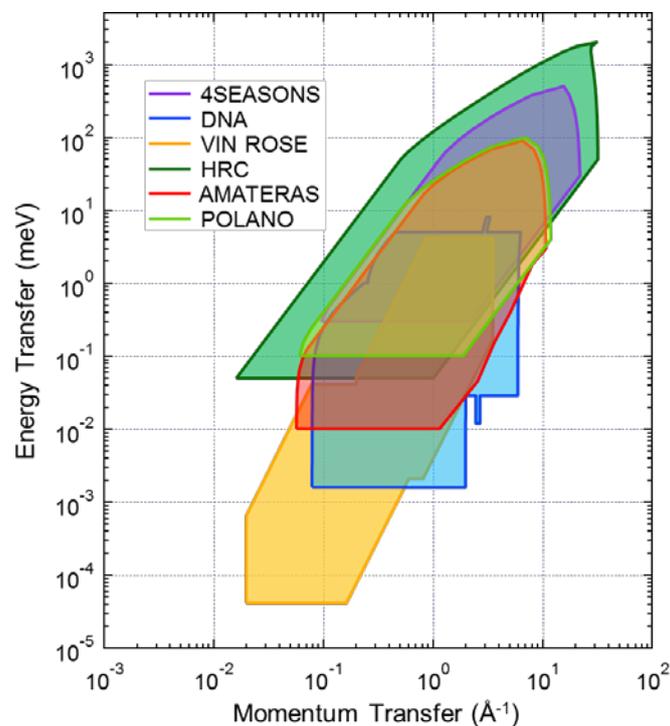


図 1. MLF の中性子分光器によって測定可能な運動量-エネルギー領域 [1]。

[1] H. Seto et al., *Biochimica et Biophysica Acta* **1861**, 3651 (2017).

## 超高速ダイナミクスワーキンググループ 2016 年度活動報告 Ultrafast dynamics WG 2016Fy

足立純一・山本樹・足立伸一・雨宮健太・岸本俊二・中尾裕則・野澤俊介・  
小菅隆・豊島章雄・菊地貴司・丹羽尉博・田中宏和・  
一柳光平・深谷亮・春木理恵・福本恵紀  
KEK PF

超高速ダイナミクスワーキンググループ (WG) は、次世代光源で実現されるフェムト秒領域での超高速ダイナミクス実験のための技術基盤を整備することを目標としている。そして、超高速実験に要求される技術要素の開発途上の過程で、PF リングおよび PF-AR において、放射光のパルス性を活用した実証実験を推進している。現在 WG として、レーザー-pump - 放射光 probe 実験のための基盤整備、パルスセレクター開発、極短周期アンジュレータ開発、ハイブリッドモード運転活用のための検出システム開発に取り組んでいる。

これまで取り組んできた時間分解計測実験において、2 つの実験でデータが得られ始めたことを紹介する。1 つは、PF スタッフ R&D ビームライン BL-19B において取り組んできたレーザー-pump - 放射光 probe による時間分解軟 X 線共鳴散乱実験であり、もう 1 つは、広島大中島准教授に協力して行った BL-9A での電場印加下誘電体の時間分解 X 線吸収分光実験である。また、PF リングハイブリッドモード運転用のパルスセレクターの運用および開発状況について報告する。

WG では時間分解実験を活用していただくため、他大学・他機関との共同研究を積極的に進める方針である。ポスターでは、時間分解実験で準備している装置 { 軟 X 線パルスセレクター・ピコ秒 Nd:YAG レーザー・時間ゲート機能付き軟 X 線 SDD・高繰返し高電圧パルス電源 } について仕様も紹介する。実現可能な実験について議論し、WG との共同研究も検討いただきたい。

## KEK-PF ハイブリッド運転用の光パルスセレクターの開発 5 Development of pulse selector for Hybrid mode of KEK-PF 5

田中宏和、小菅隆、足立純一  
KEK PF

以前より開発している動の実験用の KEK-PF ハイブリッド運転用の光パルスセレクターについて、安定に運用を続けている 1号機、2号機に加え、課題である広開口、高真空をめざした磁気軸受型の3号機を開発している。KEK-PF では、時分割実験に適

したパルス特性を有したまま、時間平均光量を増やすハイブリッド運転(HB モード)が行われている。HB モードは、PF リングのフィリングパターンを 50mA の孤立バンチと比較的高密度なバンチトレインとで合計 450mA のリングカレントとするものである(図 1)。孤立バンチ部ではシングルバンチと同じパルス幅約 100ps の光が得られる。

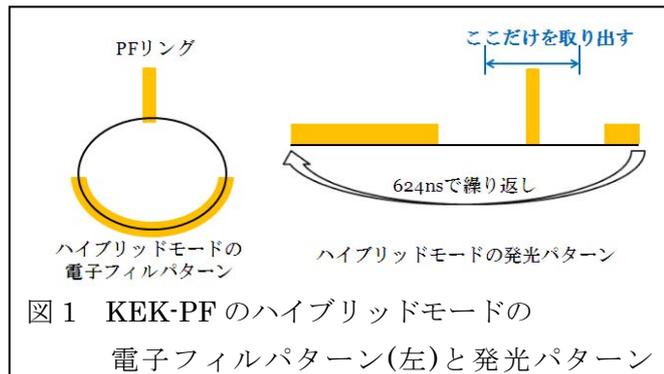


図 2 MB 運転時の光透過。開口時間はほぼ 360ns である

この運転モードでは時分割実験を行うためには、孤立バンチによる事象のみを取り出す必要がある。パルスセレクターは、機械的に光を選択する装置である。1号機 2号機で採用されている精密空気軸受と比較して、3号機で採用した磁気軸受は、真空中に完全に浮いているため理想的な真空断熱になり温度上昇により材料強度が低下して破損した。その対策を行い性能評価を行いつつある。その状況を発表する。

## 光電子増倍管を用いた微弱光の絶対応答度評価法の開発 Development of absolute optical responsivity evaluation method of the extremely low power light with photomultiplier tube

田辺稔<sup>1</sup>、丹羽一樹<sup>1</sup>、木下健一<sup>1</sup>

1 国立研究開発法人産業技術総合研究所

光電子増倍管(Photomultiplier tube : PMT)は、熱型や他の光電型の光検出器と比較して単一光子レベルまで低ノイズに検出可能、高速動作可能な点で優れており、高エネルギー物理学や宇宙天文学などの研究分野、分光分析や環境測定などの民生機器など幅広く使用されている。ところが、PMT は、応答が直線的な範囲で使用されるか、直線であるという仮定の元で使用されている。そのような場合では、PMT に入射させる光パワーの領域が限定されることや直線からのずれによる高精度計測が不可能といった問題が発生する。PMT を用いた広い光パワーでの微弱光測定は、高エネルギー物理学などの分野では重要な基盤技術である。そこで、本研究では、PMT の応答非直線性の高精度測定し、その結果を用いてフォトンカウンティングレベルの光パワーからピコワットの光パワーに対する絶対応答度評価技術の開発を実施し、PMT の絶対応答度を数パーセントの高精度で導出する手法を確立したので報告する。