

## 3-2 ビームライン・技術開発

### 1. 挿入光源

#### 1-1 新規増設・改造等

##### (1) BPM回路の改造

SPRING-8では、電子ビーム軌道にフィードバックをかけることで、各ビームラインの放射光光軸を安定化させているが、近年ユーザーから更なる安定性を求められており、挿入光源直線部における電子ビーム軌道測定の重要性が増している。挿入光源直線部上下流端には、電子ビーム位置を測定するRF-BPMが設置されており、挿入光源コミッション時に行う補正ステアリングテーブルの作成や、放射光が真空槽内壁に当たっておきる溶融事故を防止するためのインターロックに用いられている。現状のBPM回路は、電子ビームの508MHz周波数成分をバンド幅の広いフィルターを通して検波することにより位置を検出しているため、電子パンチのフィリングパターンが変わると周波数スペクトルが変化し、検出されるビーム位置に最大数10 $\mu$ m程度の誤差が生じる問題をもっている。電子ビーム軌道安定化には、BPM回路の測定精度を現状よりも一桁向上させる必要があり、その一つの方法としてフィルターのバンド幅を小さくすることにより、回路のフィリングパターン依存性を解消する方法が考えられる。本件では、携帯電話などに使用されているバンド幅の狭いSAWフィルターをBPM回路に組み込んだ試作回路を製作し、その性能評価を行っている。

##### (2) 永久磁石の減磁対策試験

###### (a) 背景

挿入光源には、その優れた磁気特性のため、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B (ネオジウム - 鉄 - ボロン) 焼結永久磁石が多数使用されている。すなわち、高保磁力や大きな最大磁気エネルギー積 [(BH) max] が、小さく薄い挿入光源用磁石を実現しているのだ。永久磁石は、同じ製造ロットであっても、それぞれわずかに磁場の強度、磁化方向にばらつきがある。このため、挿入光源磁石列は、磁場計測を繰り返しながら磁石の配列を入れ替えて、挿入光源部が、リングの電子軌道に影響を与えないような、最適化が行われている。しかし、これらのNd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B磁石は、強い放射線環境下で減磁 (磁石が磁力を減少させたり、失ったりすること) を起こすことが知られている。放射光施設の蓄積リングに設置された挿入光源が、通常の運転下で減磁を起こした事例はないようだが、今後、アンジュレータのミニギャップ化、トップアップ運転、あるいはFEL等での使用が進むにつれ、運転の方法、インターロックの仕組みによっては、高エネルギーの電子が連続して直接磁石へ、あるいは、磁石近くの部品、真空槽に誤って照射され、その結果発生した線、

プロトン、中性子、光子等の放射線に磁石が長期間曝される場合も起こりうると考えられる。例えば、アメリカのAdvanced Photon Source (APS) では2001～2003年の運転期間中、3台の挿入光源が減磁を起こし、挿入光源放射光の三次光の強度が変化したとの報告がある。これらの挿入光源部では、異常に高い放射線が検出されたが、これは真空槽がビームアパーチャーの狭いものに交換されたことと、新たに開始された、トップアップ運転におけるビーム調整の最適化が、不十分であったことが原因であると報告されている。このように、永久磁石の放射線減磁は、放射光発生装置の進歩につれ、物性的な興味もさることながら、工学的にも切実な問題となってきていると言える。本試験は、挿入光源用永久磁石が放射線減磁を起こす条件を明らかにするとともに、耐放射線性磁石を発見することを目的として実施している。

###### (b) 試験方法

磁石形状は減磁に大きな影響を与えるので、永久磁石サンプルは、真空封止標準型挿入光源実機と同じ形状の磁石 (46 × 12 × 8 mm) を用いた。表面には、実機と同じく、腐食防止のため5 $\mu$ mのTiNを蒸着している。電子線照射は、韓国浦項加速器研究所のライナックを使用して行ったが、ビームエネルギーは2.0GeVである。電子線は、40mmの銅ブロックの後ろに置いた、サンプル磁石に照射される。磁場変化はホール素子を使用して計測した。Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B磁石の磁場強さは、温度依存性がある。また、ホール素子についても出力に温度依存性があるため、本試験においては、試験環境下の温度管理が非常に重要になる。サンプル磁石は、精密温度調整チラーから供給される冷却水によって、常時 $\pm 0.1$  の精度でコントロールした。また、ホール素子は、銅製の板の中に、サーミスタと抵抗ヒーター素子とともに納められ、 $\pm 0.01$  の精度でコントロールした。ホール素子からの電圧を計測するデジタルマルチメータは、ペルチェ素子を使用した冷却恒温槽の中に納め計測を行った。ホール素子は、XYステージにて駆動され、磁場分布を計測することができる。電子線の照射中、ホール素子は、放射線ダメージを受けないよう、鉛の板の中に、格納される。電子線照射は、地下のダンプエリアで行われるが、上記のホール素子の駆動は、すべて遠隔操作で行うことができるので、測定者が照射毎にサンプルに近づくことなく、連続して測定を行うことができる。照射した電子数は、サンプル上流に設置したカレントモニタで計測している。

###### (c) 試験結果

###### (c-1) 2002年度以前の試験結果の総括

本試験は、2000年より開始されたが、これまで年報にお

いて、まとまった形での報告がなされていなかったため、ここで簡単に総括する。これまでの試験で以下のことが判明した。放射線減磁に大きな影響を与える条件としては、以下のものがある。「保磁力」：保磁力の大きな磁石ほど耐放射線性が大きい。「磁石形状」：パーミアンス係数の大きな磁石ほど耐放射線性が大きい。「電子線を照射するターゲット」：磁石の前に設置され、電子線が照射されるターゲット金属の種類により、減磁の仕方は異なる。原子番号の大きな金属では、激しく減磁する。「磁石製造メーカー」：同程度の磁石性能であっても、製造メーカーにより減磁の大きさは大きく異なる。「磁化方向と照射方向」：平行している場合は、減磁が大きくなる。「磁石を磁石列に組んだ場合」：減磁は、照射した側が大きい。単一の磁石より、減磁は、大きくなる。その他、Sm-Co系磁石についても複数試験を行った。上記試験に関しては、文献[1][2]において発表、解説を行った。それでは、次項より2003年度の試験について報告する。

(c-2) 熱処理による耐放射線性の向上

着磁後の磁石に熱処理を施すことにより、耐放射線性が向上することを見いだした。熱処理を施さない磁石は照射量が増すと、ある時点でなだれを起こしたかのように急激な減磁を起こす。これに対して熱処理したものは、照射量に比例した減少を示している。減磁の起こりにくさは、「ある磁区での磁化反転の起こりにくさ」と、「周囲への連鎖反応的な磁化反転の広がりにくさ」で決まるが、熱処理は、急激な磁化反転の伝播を抑える働きがあるようである。熱処理温度は、高すぎると効果が落ちるが(図1)<sup>[3]</sup>、最適温度であっても熱処理時間等が不十分で熱減磁がある程度起きないと、やはり効果が下がることが分かった(図2)<sup>[4]</sup>。

(c-3) 高保磁力磁石の熱処理による耐放射線性の向上

高保磁力磁石NEOMAX-27VHを用い、熱処理が本磁石に対しても有効であることを確認した。熱処理を施した磁石は、放射線に強いことが知られているSm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub>磁石と同等の耐放射線性を示すことが分かった(図3)<sup>[5]</sup>。

1-2 高度化

(1) 広帯域(クライオ型アンジュレータの開発)

SPring-8で稼働している挿入光源には例外なしに希土類磁石の一種であるNdFeB(ネオジム)系永久磁石が使用されている。ネオジム系永久磁石の欠点としてその特性の温度依存性が著しいことが挙げられる。残留磁束密度は-0.1%/、保磁力は-0.6%/ という温度に対して負の依存性を持っている。しかし、この欠点は逆に大きな長所であるともいえる。磁石を冷却することによって諸特性を高性能化するという逆転の発想が成り立つ。代表的なネオジム磁石(NEOMAX-50BH、NEOMAX-35EH)とプラセオジム磁石(NEOMAX-53CR)についての残留磁束密度を調べたところ、図4に示すような結果が得られた。ネオ

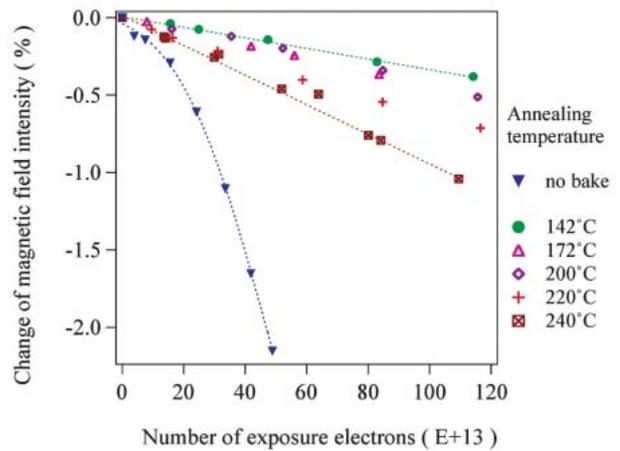


図1 熱処理を行った磁石の放射線減磁。熱処理温度により、減磁の仕方が異なる。

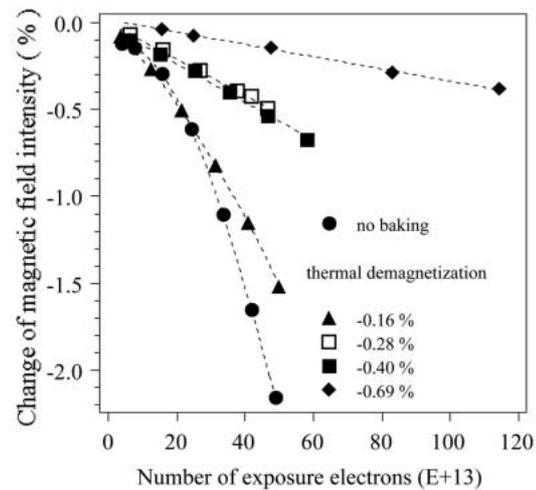


図2 熱処理を行った放射線減磁。熱減磁が不十分だと効果が少ない。

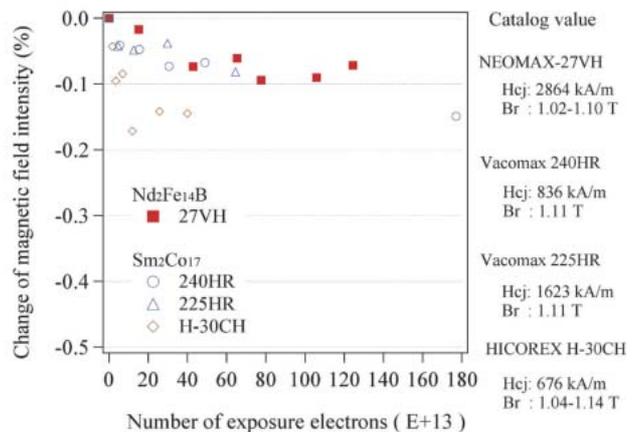


図3 高保磁力磁石に熱処理を施したものは、放射線に対して極めて強い。

ジウム系は予想通り極低温領域で磁場強度は著しく向上しているのがわかる。ただし、140K付近で最大値に達し、これより低温側では逆に磁場は低下していく。同図にはネオジウムをプラセオジウムに置き換えたNEOMAX-53CRの残留磁束密度温度依存性も示してある。図に示すように53CRにはネオジウム系に見られるような転移点は存在せず、冷却するにしたがって単調的に磁場強度が向上する。一方、永久磁石のもうひとつの重要特性である保磁力の低温特性も測定した。結果を図5に示す。転移点を持つ残留磁束密度の温度依存性とは異なり、温度を下げるにしたがって単調的にその特性が向上するのがわかる。特筆すべきは50BHの室温時保磁力が僅か $\mu_0 H_c = 1.3\text{T}$ 程度であったのが140Kにおいては約3倍の4Tに向上することである。

測定結果に示すように、極低温におけるネオジウム系磁石の特性はアンジュレータ技術にとって極めて魅力的で

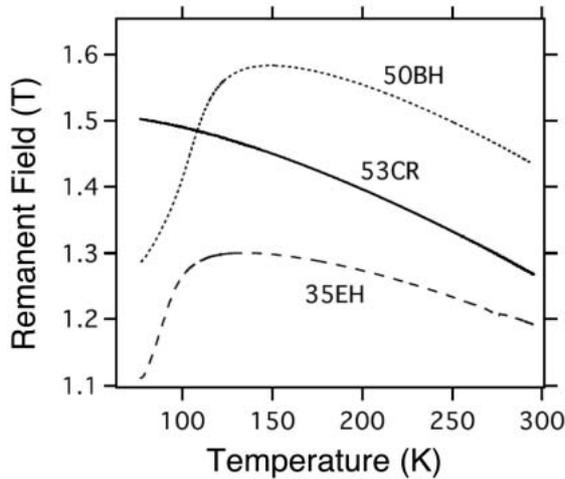


図4 ネオジウム系磁石 (NEOMAX-35EH, 50BH) とプラセオジウム系磁石 (NEOMAX-53CR) の残留磁束密度の低温特性。

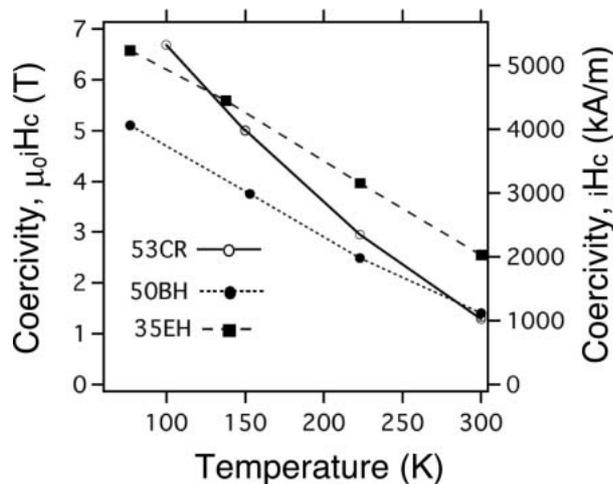


図5 ネオジウム系磁石 (NEOMAX-35EH, 50BH) とプラセオジウム系磁石 (NEOMAX-53CR) の保磁力の低温特性。

ある。しかも、液体窒素温度よりも高い温度で必要な特性が得られていることは実用上の観点から大変好ましい。というのは、このような温度域では液体ヘリウム温度域とは異なり、冷却能力200Wを優に超える小型冷凍機が容易に入手できるからである。しかも、真空封止アンジュレータにおいてはすでに永久磁石列が真空断熱されており、図6に示すように、これを液体窒素温度に対応させることは極めて容易である。これがクライオ型アンジュレータ (Cryogenic undulator, CPMU) のコンセプトである<sup>[6]</sup>。開発は2003年度秋から開始され、同年度の到達点は、前述した磁石素材の低温特性の測定とプロトタイプ型の試作である。

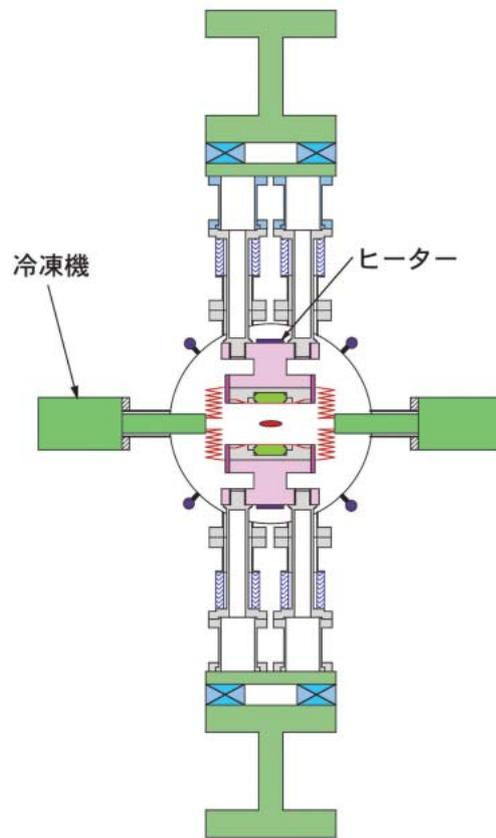


図6 クライオ型永久磁石アンジュレータの例。

参考文献

- [ 1 ] T. Bizen, T. Tanaka, Y. Asano, D. E. Kim, J. S. Bak, H. S. Lee, H. Kitamura : "Demagnetization of undulator magnets irradiated high energy electrons" Nuclear Instrument and Methods in Physics Research **A 467-468** (2001) p185-189.
- [ 2 ] T. Bizen, H. Kitamura : "Radiation-induced Demagnetization of Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B Magnets for Undulators" Journal of the Japanese Society for Synchrotron Radiation Research, Vol.17, No.2 (2004) p53-57
- [ 3 ] T. Bizen, Y. Asano, T. Hara, X. Marechal, T. Seike, T.

Tanaka, H. Kitamura, H. S. Lee, D. E. Kim, C. W. Chung :  
“Improvement of radiation resistance of NdFeB magnets by thermal treatment” Proceedings of the Eighth International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation, San Francisco (2003) p171-p174.

[ 4 ] T. Bizen, Y. Asano, T. Hara, X. Marechal, T. Seike, T. Tanaka, H. S. Lee, D. E. Kim, C. W. Chung, H. Kitamura :  
“Baking effect for NdFeB magnets against demagnetization induced by high-energy electrons” Nuclear Instrument and Methods in Physics Research **A 515** (2003) p850-852.

[ 5 ] T. Bizen, Y. Asano, T. Hara, X. Marechal, T. Seike, T. Tanaka, H. Kitamura, H. S. Lee, D. E. Kim, C. W. Chung :  
“Introduction of the high radiation resistance of undulator magnet” Proceedings of the Eighth International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation, San Francisco (2003) P167-170.

[ 6 ] T. Hara, T. Bizen, T. Tanaka, T. Seike, X. Maréchal, T. Kohda, Y. Matsuura and H. Kitamura : to be published in Phys. Rev. ST AB.

#### ビームライン・技術部門

光源・基幹チャンネルグループ 光源チーム  
北村 英男

## 2. 基幹チャンネル

### 2-1 新規増設、改造

2003年度は、新規の基幹チャンネルの建設は実施されなかったが、2002年度に建設したBL17SUのコミッシュニングを行い、光軸確認と、体積発熱型マスク、XYスリット、光位置モニター等の機器調整を実施した。このビームラインには、基幹チャンネルとしてのR&Dの使命を持った体積発熱型マスク、鉛直専用型光位置モニターが設置されており、今後各運転モードでの性能確認を継続して実施する。

### 2-2 改造

#### (1) 偏向電磁石ビームライン用光位置モニターの改造

蓄積リングの軌道安定性の向上にともない、偏向電磁石ビームライン用の光位置モニターの分解能を向上させる必要が生じてきた。このモニターは上下2枚の検出素子であるタングステンから放出される光電子の配分比から鉛直方向のビーム位置を測定するものである。供用開始以来使用していたモニターは、線形領域が広がるように素子の幾何学的配置を設計していたために、分解能が低いものとなっていた。そこで、信号の配分比から変位量の単位に変換する補正係数を小さくするように設計し、分解能を向上させた光位置モニターを設計製作した。この新型のモニターは、上下の検出素子形状の対称性、光軸中心面を遮らない構造、光電子収集用電極の効率の配置、耐熱性を考慮した

素子固定、といった点についても改良を施している。今年度は、BL02B2、BL04B2、BL28B2、BL40B2、BL44B2の5本ビームラインに対して導入した。その結果、分解能に直接反映される補正係数が1.15に低減され、分解能を1桁以上向上させることができた。

#### (2) 高熱負荷機器改造

BL39XUにおいて集光ミラーを使ったサブマイクロビームの実験を進めていくことになり、集光ビームをより小さくするには仮想光源となるXYスリットのブレードの形状が重要であるため、XYスリットを最新型のWスリット構造のものに交換した。交換後のビームライン調整時間で、光電子モニターを使ったXYスリットの軸出し作業を行った。

また、建設初期に製作した素管型マスク、アブソーバを1セット取り外し、一体型マスク・アブソーバに交換した。素管型は、冷却水路内に熱伝達向上用の銅コイルや銅メッシュが挿入されておらず、その代わりに冷却水を多量に流す構造になっていることから、エロージョン損傷が懸念されていたためである。取り外したアブソーバについてエロージョン損傷の分析調査を行ったが、エロージョン損傷は僅かであり、エロージョンによる減肉といった現象として述べられる程度のものではないことが確認できた。さらに当該機器に対し、高熱負荷による受光部の損傷状況を確認するため、材質変化とアブソーバの全閉光路の封止用楔の口ウ付け部の健全性についても調査を行った。材質変化については、機械的性質の他に金属組織学、結晶学的な見知からの分析も実施したが、放射光照射に起因する材質変化は生じていないことが確認できた。また、楔の口ウ付け部については、接合部に微小な隙間が多く存在することが明らかとなったが、これは温度上昇が起きない領域にも認められるため放射光照射によるものではなく、製作時からのものであると推定される。また、機械的な応力が作用する部位ではなくこれまでの使用実績を勘案すると実用上は特に問題にならないと判断した。

### 2-3 高度化

#### (1) 高耐熱フロントエンド機器の開発

昨年度整備した電子ビームを用いた熱負荷試験システムの調整と、間接冷却における接触熱抵抗の定量的評価試験を実施した。前者については、熱負荷試験において照射ビーム径を絞るための補正コイルの設置、照射位置を限定するための固定スリットの設計・製作、ビームプロファイルの測定等を行った。ビームプロファイルについては、時間的なドリフト、フィラメントの個体差、地磁気、システム構成機器の真空度や着磁部等の影響が見られるため、更なる安定化対策を継続して行う。また、高出力化に適したフィラメントの改良も必要である。

後者については、基幹チャンネル部に設置されているグラファイトフィルターとメタルフィルターの両者について

実験を行った。平行してANSYS（3次元有限要素法）による解析を行い、解析結果と測定値との比較から間接冷却部の接触熱抵抗の定量的評価を試みた。およその値については確認できたが、表面粗度、中間材の有無、締め付けトルクの影響も含めた実験と、解析モデルの精密化を継続して実施していく。

#### (2) 光伝導型光位置モニターの開発

従来の光電子放出型光位置モニターは挿入光源ギャップ依存性が大きいので、それを克服するためにダイヤモンド素子を用いた光伝導型光位置モニターの開発を行っている。内部光伝導は吸収したX線のエネルギーに比例して信号を生じるため、高いエネルギーのX線に対して高い検出効率を持つことがこのモニターの特徴である。ダイヤモンドをブレード状に作成したものを放射光軸と平行に配置することによって熱負荷を軽減した光伝導型光位置モニターを設計製作した。平行配置の更なる長所は、有感領域の光軸方向の距離を実効的に大きくできるので、より高いエネルギーのX線に対しても検出効率を向上させることができる点である。検出効率の波長依存性をR&Dビームライン（BL47XU）の実験ステーションで放射光を使って測定し、この平行配置の有効性を実験的に実証した。その後、平行配置の光伝導型光位置モニターをBL47XUの基幹チャンネル部に設置し、挿入光源ギャップ依存性が抑制されていることを確認した。

また、このダイヤモンド素子を実験ステーションでの単色X線用の光位置モニターとして応用するために、汎用X線スリットのエッジ部に装着したタイプのモニターも設計製作した。その結果、ユーザーが利用する光を全く遮ることなくビーム位置を測定できることを実証した。

#### ビームライン・技術部門

光源・基幹チャンネルグループ 基幹チャンネルチーム  
高橋 直

### 3. 光学系・輸送チャンネル

#### 3-1 新規増設・改造

2001年度から建設を進めてきた理研の軟X線ビームライン BL17SUでは、今年度は挿入光源の調整と一本目のAブランチにおけるビームライン分光器の据付調整とコミッショニングがおこなわれた。

挿入光源は一部の偏光モードでの運転が開始された。これにともない光学ハッチのサーベイを含む運転前検査が実施され、その後ビームライン分光器の調整が開始された。光学ハッチ内に据付られた2組の前置鏡調整機構によって放射光は2本のブランチに分岐されるが、今年度はAブランチの出射スリットまでの据付調整と後置光学系の設計等が完了した。Aブランチでは入射スリット上に垂直方向に集光された光を導き、その後球面鏡と回折格子を経て出射

スリットに分散光を与える光学系が採用され、これら光学素子の精密調整が実施された。当初の設計どおり0.8keV付近で10,000を超える分解能の達成が確認された。後置鏡は次年度設置の予定であるが、現状の光学系において一部のユーザー利用が開始されている。

新規ビームライン建設については、兵庫県の二本目のビームラインである偏向電磁石ビームライン BL08B2の建設が決まり、概念設計が進められた。

その他、既設ビームラインにおいて老朽化対策および必要に応じたビームライン改造が進められている。今年度の共用ビームラインの光学系改造としては、主に次のようなことがおこなわれた。

- ・BL10XUのダブルミラーホルダーの改造
- ・BL41XUのK-Bミラーを中心とした機器の再配置

これらはいずれも初期のビームラインレイアウトや個別機器の設計に関して、実際の使用後に明らかになった改善点を踏まえて改造に至ったものである。改造によりミラーの退避を可能とし、実験ハッチまで分光後の光を直接導くことが可能になった。この結果二結晶分光器のより確実な調整を可能とした。さらに、その光を用いて分光器下流にあるミラーをより精密に調整するといった相互の調整を可能とした。BL41XUでは、ピンポスト結晶の品質向上もあり、ロッキングカーブ幅が計算値の10～20%増にとどまり、フラックスが2～3倍に向上するなど、改造によって劇的な改善がみられた。

#### 3-2 高度化・要素技術開発

継続的にビームライン光学系・輸送チャンネルの要素技術開発を進め、パフォーマンス向上と安定な運転を目指している。以下に代表的な項目を示すとともに、主だったものについて簡単に状況を報告する。

- ・結晶分光素子の高品質化と安定供給
- ・MOSTABなどによるビーム振動対策
- ・クロストエリプティカルミラーによる二次元集光
- ・ベリリウム窓の評価/高品質化
- ・高分解能スリットの開発
- ・X線ビームライン用スクロールポンプの高寿命化

#### (1) 偏向電磁石光源用直接水冷結晶

2001年度から進めている偏向電磁石光源用分光第一結晶については、本年度は試作品をビームラインに設置して評価をおこなった。熱応力による変形はほぼ計算の範囲内に収まっているが、結晶内での冷却水量の不均一に起因する局所的な冷却能力の不均一性がみられた。結晶装着時の歪については、従来型のフィン式結晶では結晶反射面に対して垂直方向にOリングシール面があるためにホルダーへの装着時に結晶面が歪みやすい欠点があったが、新型結晶では結晶反射面に対して平行方向からシールする構造としたために、この結晶装着時の歪はほとんど解消された。また

水圧による変形および振動も観測されなかった。結晶接合時の歪は拡散接合時の加圧条件に依存し、現状では1秒程度のスロープエラーが残っている。来年度は、結晶内での均一な冷却水量を担保する結晶ホルダーおよび結晶の設計開発、接合条件の更なる最適化などをおこなう。

#### (2) 液体窒素冷却分光器の振動対策

アンジュレタビームラインにおいて液体窒素冷却分光結晶の性能を十分に利用するためには、結晶を効率良く冷却すると共に、結晶の振動を抑制することが重要である。振動を抑制する方法には、結晶のステージや冷却配管の構造を振動しにくいものにして、さらに振動源を抑制することが必要である。これまでの振動対策は、主にステージの剛性を上げることで振動に強いステージとするとともに、振動しやすいフレキシブル配管をできるだけ減らし、配管の固定位置を工夫し、フレキシブル配管の固有振動数を下げる等のステージおよび冷却窒素配管を振動に強い構造とすることであった。これらの対策をとることで、結晶の振動により生ずる分光フォトンビームの振動レベルは当初の1/10以下に抑制できている。

より一層の振動抑制には、振動源である循環液体窒素の圧力振動を低減することが必要である。振動源としては、ポンプによる循環窒素の脈動、曲がり配管あるいはフレキシブル配管内で発生する渦による圧力変動、および、パイヨネット接続部や圧力取り出し配管部に存在する気液界面の変動がある。この流体振動を無くすことは困難であるが、その振動を吸収して減衰させる対策は可能である。その対策の一つとして循環窒素配管内に2～4週間毎に圧力の緩衝効果を期待してヘリウムを添加したところ、かなりの効果が得られている。今回あらたに圧力取り出し配管部において、流体圧力の変動を減衰させることを目的としたアキュムレータを設けた。このアキュムレータと窒素配管との間には可変絞りとしてのコックを設けた。コックを調節することでダンピングできる周波数を変化させることができる。今後継続して効果の確認とその定量的な評価をおこなう。

#### (3) ベリリウム窓の品質向上に向けた評価

加速器の性能向上に伴って実効的な光源サイズがより小さくなり、その結果エンドステーションにおける空間的な可干渉性が向上してきている。このため輸送チャンネル最終段にある真空隔壁でありX線取り出し窓であるベリリウム窓の表面の不均一さによってもたらされる可干渉性の破壊がより深刻になり、より質の高いベリリウム窓の必要性が高まってきている。2001年度より継続的に、材料、研磨の両面からベリリウム窓の評価をおこなっている。これまでに少なくとも表面に存在する数ミクロン～十数ミクロンのピット状の欠陥によるフレネル回折により強度ムラが生じていることがわかった。

今回、製法が異なり、研磨仕上げは表面粗さ0.1ミクロン

(rms)以下に研磨した三種類のベリリウム箔について評価した。粉末冶金素材と、それにHIP処理し緻密にしたもの、および融解素材である。SPRING-8で最も高い空間的な可干渉性を有する1kmビームラインのエンドステーションにおいて、ベリリウム窓の透過イメージをサブミクロンの高空間分解能を有するズームング管によって観察した。フレネル回折の強度分布の違いから、粉末冶金素材、HIP処理した粉末冶金素材、融解素材の順に欠陥の大きさが小さくなっていることがわかった。また、欠陥密度の厚さ依存性を調べ、欠陥密度がベリリウム窓の厚さにほぼ比例していることから欠陥は表面にピットとして存在するのみならず内部にポイドとして存在している可能性が高いことがわかった。これらの結果から、高品質ベリリウム窓を得るにはこれらの素材ではなく、ポイドを含まない新たな素材が必要であることがわかった。

今後、CTなどを用いてポイドが存在することの確認を得るとともに、蒸着法など異なる製法によるベリリウム窓について評価を進める。

ビームライン・技術部門

光学系・輸送チャンネルグループ

後藤 俊治

## 4. 制御

### 4-1 全般

2003年度はBL17SU理研ビームラインの新設に伴いワークステーション、X端末1台ずつ、VME3台、インターロックシステム1式が新設された。共同利用ビームラインにおける挿入光源制御用VMEは全てIA32アーキテクチャCPUボードに交換が完了し、またシステムの安定性上ボトルネックとなっていたGPIB制御系を全て取り去ることが出来た。同時にOPT-VMEシステムによるステアリング電磁石の制御系を導入し、万一VME制御系が異常を起してもステアリング電磁石の設定電流を変えずにVME制御系の保守が可能となった。このことによりVME制御系の万一のトラブルが蓄積リング全体の運転へ影響を及ぼす可能性を大幅に低減することができる。共同利用以外のビームラインでも来年度導入することを計画している。

また、2002年度にBL26B1/B2に導入した蛋白質構造解析用ステーション制御VMEが順調に稼働したことから、BL38B1の蛋白質構造解析ステーションにも同様のVME制御系を導入し稼働を開始している。本システムは偏向電磁石ビームラインで得られるX線の強度に適したシステムではあるが、挿入光源ビームラインではより短時間の測定が可能のため、より高い時間精度が要求されるようになってきた。そこでDual CPU構成のVME制御システムを開発し、要求精度が満たされることを確認した。現在このシステムで蛋白質構造解析が安定に行えるかどうかの試験を進めて

おり、2004年度夏開けからは挿入光源ビームラインBL41XU（共同利用ビームライン）の実験ステーション制御に投入する予定である。

BL16XU/B2産業界専用ビームラインのパルスモーターコントローラについてはGP-IBベースからVMEベースのコントローラへ交換を行い、信頼性の向上と応答性改善を図った。また、BL45XU（理研ビームライン）ではパルスモーター制御にEPICSを用いていたが、使用していたボードの保守期限を過ぎて維持・保守が出来なくなったことから、EPICSをやめて、他のビームラインと同様のVMEのパルスモーターコントローラに変更し保守性を維持できるようにした。また、同BL45XUの実験ステーション制御系にもMADDOCAベースのVME制御システムを導入し制御系全体の統一性を確保し、ビームライン全体の維持管理、機能向上を容易にした。

秋期運転サイクル中にBL20B2のインターロックシステムで重故障を生じ、約4週間当該ビームラインの閉鎖を余儀なくされたが、原因を突き止めることが出来たため応急処置にて復帰させた。その後冬の停止期間中に改良工事を行ってその後順調に稼働している。原因調査の結果、この障害は改良前のBL20B2固有の問題であり他のビームラインでは発生しないことが判明している。

#### 4-2 Top-up運転Phase-1対応

2003年度後半から定時入射をIDギャップ閉、MBS開（Top-up運転Phase-1）で行うことが出来るようになった。これまでは入射中は各ビームラインのMBSを閉じて入射を行っていたために、実験の中断が生じたり、X線光学素子の熱負荷が大きく変動して入射後しばらくはX線ビームがドリフトしたりするなどの影響があったが、Top-up運転によってこれらを取り除くことが出来るようになった。

ただし入射中にはビームが多少振動する場合があり、測定によっては影響を受ける可能性がある。このため昨年度から入射時の影響をマスクするための入射ゲート信号生成の試験と、このゲート信号を各ビームラインに配信するための機器の製作を行ってきた。2003年度前半に各ビームラインへの信号配信機器の設置作業が完了し、Top-up運転試験において、10本程度のビームラインを抽出してタイミング測定を行った結果、当初の想定通り入射の1msec前にゲート信号がONになり、入射の10msec後にOFFになる信号が正しく配信されていることが確認できた。また、この信号を基準とすることで入射の影響が実験にどの程度影響するかを定量的に見積もることも出来るようになり、各種実験に対するTop-up入射の影響が十分小さいことも分かってきている。

写真法のような蓄積型の実験では上記のゲート信号で入射の瞬間だけ測定を停止することが困難なため、別途入射予告メッセージを各ビームラインに配信するシステムを作

成した。これは入射を制御している中央制御室の加速器運転プログラムが次に入射を行う時刻をデータベースに書き込み、各ビームラインのワークステーションでこの時刻を基に入射の予定時刻や入射までの残り時間等の情報を実験制御用のコンピューターに伝えるように作られている。ユーザーはこの残り時間を勘案して次の露光時間を決めることが出来る。

ゲート信号と入射予告メッセージを組み合わせることで、現在想定されている実験への影響を最小限にすることが出来、入射時のビーム振動も大幅に低下する見通しであることから、来年度早々にも開始が予定されている「定電流Top-up運転（Phase-2）」にも十分に対応可能である。

#### 4-3 ネットワーク

(a) 2003年度は、実験ホールに持ち込まれたコンピュータに感染していたウイルスが、実験ホールのネットワークの基幹機器に影響を及ぼすという事態が発生した。このため、実験ホールに持ち込むコンピュータにはあらかじめウイルスチェックを行うようユーザー等に注意喚起するとともに、ネットワークの安全な運用方法のルール決めや、万一ウイルスが実験ホールに持ち込まれても被害拡大を生じないようなネットワークの構成の検討に入った。コンピュータウイルスは合計9件が発生した。利用実験の支障となるような事態には至らなかったが、ウイルスの種類によっては重大な障害を引き起こしかねないので、2004年度夏の停止期間中に、コンピュータウイルスの検知・防御システムを導入し、ウイルスの活動をチェックして活動範囲を他のビームラインに波及させないような仕組みを導入する予定である。

(b) これまで、ネットワーク接続型のようなVMEバスに接続されていないデバイスは、排他制御が難しく、また、通信プロトコルを考慮したソフトウェア開発が煩わしいという問題を抱えていた。このような問題を解決するために、Device Masquerade（DM）というソフトウェアフレームワークを構築した。DMは、線型加速器におけるMTCの制御やビームラインにおけるER4C、MOSTABの制御に利用されている。

#### 4-4 機器制御

##### (a) GP-IB機器制御からの脱却

機器制御の応用性を高め、制御システムの安定性を図るために「脱GP-IB」を押し進めている。本年は、挿入光源制御系において利用していた全てのGP-IB接続機器ギャップコントローラを、非GP-IB接続の新型ギャップコントローラに置き換える作業を完了した。これにより挿入光源制御系の安定性を格段に高めることができた。脱GP-IBの一環として、従来のGP-IB等リモートに接続された機器を統一的に管理する機構、UPD（Universal Pseudo Driver）

の開発を行った。UPDIはGP-IB、RS-232Cなど計算機とローカルバス接続以外の間接接続された機器を、あたかもローカルバス接続されているように見せかけるソフトウェアフレームワークで、現在までに以下の機器をサポートしている。SEIKO EG&G製MCA7700、ニチゾウ電子制御製MCU、ツジ電子製Ethernet版PM16CおよびER4C、MOSTAB、UPDの導入により、多くのGP-IB機器を排除することができ、システムの安定性向上に寄与している。新規のデバイスとして、ハイデンハイン社製エンコーダ読み取りボード（IK320、IK220）に対応した。これらのエンコーダ読み取りボードは、従来のGP-IB接続の読み取り機器に比べ、飛躍的に高速な読み出しが可能で且つ安定性にも優れているため、Quick Scanなどの高度な応用が可能となる。

#### (b) 低発熱量VME CPUボードの採用

現在標準的に採用しているPentium<sup>®</sup> 600MHzを搭載したCPUボードは、発熱量が大きく、巨大な冷却フィンがVMEシャーシの2スロットを占めている。このことは、VMEシャーシの空間的利用効率の低下だけでなく、高い発熱によるシステム全体の不安定性の要因にもなりうるため、低電圧版Pentiumを搭載したCPUボードの採用は急務であった。本年より採用した電産製CPUボードDVE-686/50は、低電圧版Pentium<sup>®</sup> 800MHzを搭載した低発熱のCPUボードであり、処理能力の大幅な向上とともに、制御システムの安定性向上が見込める。

#### (c) VMEのステートレス化による耐障害性向上

本年開始されたTop-up運転では、継続的な運転を実現するために、制御システムの高い安定性が求められる。VMEに障害が発生した場合においても、システムの障害復帰性能を高め、運転の継続性を維持することが重要である。挿入光源制御システムで利用しているステアリング電磁石制御用アナログ出力ボードは、障害発生時にVMEシステムをリブート等すると、ボード上のステートを維持できないために運転の継続性を維持できない。これを改善するために、OPT-VMEシステムを導入した。OPT-VMEは、VMEバスから光接続された外部モジュールをステートにすることで、VME本体のステートレス化を実現している。これにより、VMEの障害発生時においてもVMEシステムをリブートすることが可能になり、運転の継続性を維持することが可能となった。

ID25（ツインヘリカルアンジュレータ）は上流と下流のアンジュレーターを、お互いに逆の円偏光を発生するようにセッティングして、挿入光源内の電子ビーム軌道を高速で偏向することによって、ビームラインに左右円偏光を切り換えて供給することが可能である。電子ビーム軌道を高速切り替えるために、キッカー電磁石の高速パターン制御を行う。従来、パターン制御のための専用システムとして用意したLinux計算機 + Yokogawa製WE7000を使用し

ていたが、システムの安定性を図るためにOPT-VME化を行った。同時に複数のキッカー電磁石を同期させるためのトリガシステムとして、トリガジェネレータの開発を行った。これにより、単一のVMEからの高速かつ安定なキッカー電磁石制御が可能となった。

#### (d) 新型X端末の導入

昨年度より調査 / 開発を進めてきた新型X端末の導入を行った。新型X端末では、システム障害の主な原因となる、ハードディスクや冷却ファンなどの回転部分を排除し、ディスクレスおよびファンレスシステムとした。同時に安定運用の要となる低発熱および排熱機構の設計を重視した。オペレーティングシステムとしてはネットワークサーバOSとして高い実績のあるFreeBSDを採用した。ブート環境はコンパクトフラッシュを用い、不慮の電源断などによるファイルシステムの破損を防ぐために、リードオンリーファイルシステム + メモリファイルシステムの環境を構築し、安定運用を実現している。

#### (e) VMEマルチマスターシステムの開発

VMEバスの基本仕様であるマルチマスタ環境を利用した、ソフトウェアベースのリアルタイム制御システム（マルチマスターコンフィグレーション）を開発した。従来の制御システムで使用しているVMEシステムにおいて、同一VMEバス上にリアルタイム処理を行う専用のCPUボードを追加することで、従来は実現できなかった100マイクロ秒オーダーのリアルタイム制御をソフトウェアベースで実現した。マルチマスターコンフィグレーションの最初の導入として、ID17におけるメイン電磁石の高速パターン制御に採用した。マルチマスターコンフィグレーションは、汎用的なCPUおよびOSを用いることで、高度な演算処理を含むサブミリ秒オーダーのフィードバック系や100マイクロ秒オーダーの高速なシーケンス処理に応用可能である。

#### (f) その他

運転情報を伝達する補助システムとして、所内PHSを用いたメッセージングシステムの開発を行った。Linux計算機上に、所内で採用しているPHS網とLAN上の電子メールシステムのゲートウェイを開発し、一般的な電子メールをPHSのメッセージングシステムにシームレスに接続することを実現した。これにより、実験装置の監視系などにメールサービスを組み込むことで、柔軟な情報伝達の手段を実現できる。

### 4-5 実験ステーション制御

#### (a) 高速化

昨年度は無機、低分子単結晶構造解析用の4軸回折計の制御にビームラインの制御系に用いられているVMEシステムを導入し、さらに「軸立て」の高速化を行った。このシステムは持ち込まれる結晶試料の大凡の方位が分かっている場合には、短時間で方位の精密決定が出来、詳細実験に

入るための準備時間を短縮することが出来た。しかし、微小結晶など試料によってはあらかじめ方位決定が出来ないものが存在し、この場合には様々な試行錯誤によって方位を決めている。多くの場合は蛍光スクリーンを試料の周辺に配置し、試料を回転させながら蛍光スクリーン上に現れる傾向スポットの位置を目視で見つけるという方法が行われている。この方法では人の目の集中力を必要とし、場合によっては回折スポットを見逃す場合がある。また、回折スポットの位置を測定することで結晶の方位を決めることができるが、目視の場合精密決定に持ち込むだけの精度が無い。

そこで、蛍光スクリーンをCCDカメラで撮影し、その画像データをコンピュータで解析しながら回折スポットを見つけだし、さらにスポットの位置を画像処理で計算することによって、簡単に方位を決めることが出来るシステムの開発を行った。このシステムは最大2000×2000pixelの画像を取得できるカメラによって、20cm×15cmのサイズの蛍光スクリーンを観察することができる。通常の使用では、600×600pixelの解像度で10cm×10cmの領域を観察すれば十分である。画像処理コンピュータは昨年度作成したVMEによる回折制御システムを使って試料を回転させながら、試料後方60mmの位置に設置した蛍光板の画像を約15frames/秒の処理速度で処理しながら、回折スポットを見いだすことができる。実際に人工単結晶ダイヤモンドを試料としてテストしたところ、試料を90度回転させる間に27の回折スポットを自動的に見つけだすことが出来た。必要な時間は10分程度であった。このうち、強い反射に適切な指数をつけてやると結晶の方位を正しく決めることが出来た。現在、見つかったスポットに対して自動的に指数付けをするアルゴリズムを検討しており、完成したところでBL46XUのユーザーに試用してもらおうべく準備を進めている。このシステムを用いることでこれまで何時間もかけて方位探索を行っていた試料でも数十分で方位を決定することが出来るようになる。

#### (b) 自動化

昨年度までに開発したフィードバックモジュールである Monochromator Stabilizer (MOSTAB) の制御を行うソフトウェアは、制御用PCが必要であり、たくさんのフィードバックパラメータをユーザーが設定する必要があった。そこで今年度は、ビームライン制御系の一部にMOSTABを取り込むとともに、オートチューニング機能をもつソフトウェアを開発した。ユーザーが操作する Graphical User Interface (GUI) は周辺技術グループが開発し、ビームライン制御グループではMOSTABと通信するための Equipment Manager と、自動的に最適なパラメータを設定しフィードバックをon/offするコマンドインタプリタプログラムを作成した。この結果、ビームラインにMOSTAB導入する際、新たなPCを準備する必要がな

くなり、ボタン1つで簡単にMOSTABを使用することが可能になった。現在BL46XU、BL38B1、BL37XUで用いられており、他のビームラインにも導入されていく予定である。

#### 4-6 インターロック

ビームラインワークステーションあるいは実験ホール内のユーザーPCから、インターロック制御下にあるMBSとDSSを開閉可能にする改良を、20本のビームラインに対して行った。現在は色々な目的に利用されている。

BL20B2のインターロックでは、2003年9月にシーケンサーのCPUが停止する事態となった。このビームラインは1999年に製作されたSPring-8では初の中尺ビームラインで、特殊な部品が使われていた。故障の原因は長距離信号伝送のためのRS422-光変換器と光ファイバーが老朽化によりノイズを発生させ、このノイズがシーケンサーのCPUを停止させていた為であった。このような状態に陥るとCPUの周辺回路がシーケンサーの出力を全てオフにする。これを安全系が検知して蓄積ビームを落とすので、安全性は確保される。このモジュールはBL20B2でしか使用されておらず、他の中長尺ビームラインでは同種の問題は発生しない。障害の原因特定に時間がかかり、一ヶ月弱の停止を余儀なくされたが、その後は問題のモジュールを使わないで済むようにシステムを組み替えて運転を続けた。2003年度の冬には抜本的な対策として、シーケンサーと長距離信号伝送系を全て交換して、最新の中長尺ビームラインと同様のシステムを導入して安定化を図った。今後は老朽化対策が重要になってくることが予想される。

ビームライン・技術部門  
制御グループ

田中 良太郎

#### 5. 検出器

##### (1) はじめに

本項では、先端性、供用性が高いX線検出器の研究開発という観点から、(i) ピクセル検出器、(ii) YAPイメージャー、(iii) 128チャンネルマイクロストリップゲルマニウム検出器に関して報告し、希ガスシンチレーションX線強度モニターに関しては文献に譲る<sup>[1]</sup>。

##### (2) ピクセル検出器

微細素子毎にX線単一光子を計数するというピクセル検出器は、次世代の2次元X線画像検出器と位置付けられている。SPring-8に於けるピクセル検出器開発は、PSI (Paul Scherrer Institute) との国際研究協力の下、2003年度には実際にタンパク質結晶構造解析に試用する段階に達した。昨年度末、単一モジュール型ピクセル検出器(ピクセルサイズ217 $\mu$ m×217 $\mu$ m、ピクセル数366×157、読み出

し時間6.7ms)を用いて実施された本邦初の蛋白質結晶構造解析実験の結果を踏まえて<sup>[2]</sup>、当該年度前半には、先ず、R&Dビームライン(BL38B1)に於いて、蛍光X線を利用してX線検出感度の様性と印加電圧の関係を精査する実験が実施された。当該年度後半には、同ビームラインに於いてX線検出領域を単一モジュール型ピクセル検出器で走査してLysozyme結晶の回折像を観測したが、その際、各走査位置に於いて複数の回折画像を取得して、偶発的に発生するスパイク状ノイズを除去する画像解析を行った。尚、同ノイズは、現行の単一モジュール型ピクセル検出器固有の事象で、既に次期ピクセル検出器からは除去されている。一方、PSI側では、18モジュールから構成されるピクセル検出器(PILATUS 1M)が完成し、本年度中期にはSwiss Light Sourceに於いて、thaumatin結晶を用いた共同実験が実施された<sup>[3]</sup>。また、本年度末には、ピクセル検出器と製作技術を共有する1次元マイクロストリップ検出器モジュール(Mythen Detector Module、ストリップ長8mm、ストリップピッチ50 $\mu$ m、ストリップ数1280本、読み出し時間250 $\mu$ s)が時分割粉末回折実験を目指してPSIからSPring-8に導入された。今後、PSIとの緊密な国際協力の下、PILATUS及びMythen両検出器の開発・利用が図られる。

### (3) YAP検出器

YAP検出器は、高エネルギーX線領域(100keV以上)で時分割X線画像が迅速に取得できる計測装置である。同検出器にはYAPシンチレーター素子(YAlO<sub>3</sub>:Ce、1mm×1mm×6mm)の2次元配列[128×128]が組み込まれている。高エネルギーX線光子が誘導するシンチレーションの位置を高速で決定するために、光学ファイバー群とマルチアノード光電子増倍管とから構成されるプロジェクション読み出し方式、及び高速位置座標変換装置(position encoder)とを採用している<sup>[4]</sup>。広Q領域の構造因子測定は、従来、回折計とシンチレーション検出器を用いた走査法の測定速度に支配されてきた。しかし、YAP検出器を利用することで広Q領域の構造因子測定の迅速化、さらに従来は不可能であった2次元回折像の時間変化追跡が可能となる。こうした観点から、本年度前半、高エネルギーX線回折ビームライン(BL04B2)に於いて亜鉛を加熱・冷却し、固相から液相、液相から固相への相転移時に於ける2次元X線回折像を取得した<sup>[5]</sup>。従来の走査法では試料温度を長時間一定に保持する点に困難を生じていたが、YAP検出器を用いた迅速なX線画像測定法ではそうした問題は軽減される。依然、従来の走査法はバックグランド遮蔽などに優れているが、今後、広Q領域の2次元X線回折像を実時間的に計測するなど、YAP検出器の利用実験を推進する。

### (4) 128チャンネルマイクロストリップゲルマニウム検出器

128チャンネルマイクロストリップ検出器は、現在、高

エネルギー非弾性散乱ビームライン(BL08W)のコンプトン・スペクトロメーターに組み込まれ、ローランド円上に集光された高エネルギーX線光子の位置とエネルギーとを計測してコンプトンプロファイルを測定する実験に供されている<sup>[5]</sup>。測定に際しては同検出器をローランド円に沿って連続走査し、ストリップ毎の個性の除去が図られる。2004年度には、前年度後半導入された多チャンネル高速読み出し装置(VATAC、IDEAS)を用いて、同検出器が搭載する4連ASIC(高速読み出し用フロントエンド回路、VA32c-TA32cg)の高速化、及び検出器計測システム全般の簡易化が図られた。その結果、4連スリットを装着した0次元ゲルマニウム検出器を用いる従来の計測方法に比較して、コンプトンプロファイルの測定速度が一桁以上(原理的には32倍)向上した。斯かる性能向上を受けて、コンプトンプロファイルの多方位測定が実施されている(長期利用課題「高分解能(磁気)コンプトン散乱測定による巨大磁気抵抗物質の電子及び軌道状態の研究」)。また、ストリップ毎の個性、或いはチャージシェアリング等から構成される補正項を予め含める形で装置関数を実験的に決定して、同検出器を連続走査することなくコンプトンプロファイルを決定する手法を提案し、R&Dを実施した。今後は、ASICの動作速度、及びそのトリガーレベルの個別調整とOR動作等に関して、一層の改善が図られる。

### 参考文献

- [1] M. Suzuki, H. Toyokawa and K. Hirota : in the proceedings of "Eight International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation," American Institute of Physics **CP705** (2004) p.580.
- [2] G. Huelsen, E. F. Eikenberry, R. Horisberger, B. Schmitt, C. Schulze-Briese, T. Tomizaki, H. Toyokawa, M. Stambanoni, G. L. Borchert, P. Willmott, B. Patterson and Ch. Broennimann : in the proceedings of "Eight International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation," American Institute of Physics **CP705** (2004) p.1009.
- [3] Ch. Broennimann, Ch. Buehler, E. F. Eikenberry, R. Horisberger, G. Huelsen, B. Schmitt, C. Schulze-Briese, M. Suzuki, T. Tomizaki, H. Toyokawa and A. Wagner : Synchrotron Radiation News Vol. **17**, No. 2 (2004) p.23.
- [4] M. Suzuki, H. Toyokawa and K. Hirota : in the proceedings of "Eight International Conference on Synchrotron Radiation Instrumentation," American Institute of Physics **CP705** (2004) p.917.
- [5] H. Toyokawa, K. Hirota, M. Itou, S. Kohara, Y. Sakurai and M. Suzuki : Nucl. Instr. And Meth. **A525** (2004) 85.

ビームライン・技術部門

共通技術開発グループ 検出器チーム

鈴木 昌世

## 6. 放射線評価

### 6-1 ガフクロミックフィルム線量計のデータ整備

放射線線量分布を評価するツールとして、ガフクロミックフィルムは電子蓄積リングをはじめ、挿入光源やフロントエンド等、幅広く用いられている。本フィルムおよび読み取り装置はもともと医療用に開発されており、蓄積リング内のような数～数百kGy（グレイ、線量単位）の線量測定は想定されておらず、SPring-8における利用がおそらく初めてと思われる。そこで、測定の信頼性を裏付けるデータをR&DビームラインBL38B1およびBL47XUにて測定した。

数百kGyまで10keV放射光を照射し、その光学吸収濃度曲線をCo-60 線照射から得た校正曲線と比較した。また、10-100keV放射光を用いて、エネルギー応答を測定した。以上により、従来通りCo-60 線による校正値を用いても、応答値は高々20%低下するに過ぎないことが明らかになった。

### 6-2 アンジュレータ放射光絶対強度モニターの開発

透過型の強度モニターとして、極板間隔4.2mmのミニ自由空気電離箱、ガス蛍光検出器および平行平板電離箱を開発した。ミニ自由空気電離箱は、 $10^{13}$ 個/秒オーダーの8～30keV放射光に対して直線性を示し、8 keVおよび10keVに対しては3%以内で絶対強度を測定できることを確認した。

このミニ自由空気電離箱をモニターにして、アルゴンおよび窒素ガスの蛍光について調べた。アルゴンについては、10keVに対して感度が光子強度とともに3%ほど増大する現象が見られ、窒素についてはそういう現象が見られなかったが、感度が小さいことが欠点であった。

平行平板電離箱は、電極を放射光ビームに対して垂直に配置するため、極板間隔を狭めることにより印加電圧を低く抑えられるメリットをもつ。厚さ0.15mmのグラファイト材料を電極に用いた場合、極性効果が顕著に現れ直線性も見られなかったが、厚さが6 $\mu$ mのアルミ蒸着膜電極を用いた場合、そういった欠点はほとんど現れなかった。

以上により、ほとんどのアンジュレータビームラインにおいて、絶対強度を3%の精度で測定できる透過型モニターを揃えることができた。偏向電磁石ビームラインにおいては、すでに昨年度に開発済みであり、これによりビーム性能の評価をさらに幅広く精度良く行えるようになった。

### 6-3 生体等価シート線量計の開発

医学利用の他、機器線量管理など幅広い利用が期待できる2次元型の線量計を開発しているが、SPring-8単色放射光を用いてそのエネルギー応答を調べた。10～150keVにわたって、Co-60 線と比べてほぼ20%以内に入る一定な結果が得られ、従来の2次元線量計にはない優れた特性を確認できた。

### 6-4 放射線漏洩検査

増設ハッチの放射線漏洩検査を2月にBL24XUにおいて実施した。

ビームライン・技術部門

共通技術開発グループ 放射線評価チーム

成山 展昭

## 7. 共通技術支援

共通技術支援チームでは、回路開発室、化学準備室、マシンショップ、ストックルーム、CAD室、ソフトウェア開発、共通測定器ストックなど、SPring-8で必要とされる幅広い範囲の技術支援を行っている。

(1) 回路開発室では、2003年度は、電気電子技術に関するコンサルティングなど通常の技術支援業務に加え、A：蛍光X線検出型挿入光源用光ビーム位置モニター、B：分光器フィードバックシステム（MOSTAB）の自動調整法の確立と制御ソフト（制御グループと共同）、C：ビーム強度最大化フィードバック制御装置（利促1と共同）、D：超高速型光位置モニタープロトタイプ（基幹チャンネルグループと共同）などにつき技術開発を行った。また、BのMOSTABと制御システムにつき要請のあったビームラインへのインストール・技術サポート業務を行った。

(2) 化学試料準備室では、ユーザーに対するビームライン測定試料の化学的処理のサポート、実験機器・器具の貸し出し、純水・超純水・各種ガス・その他の化学実験消耗品の供給、化学薬品の管理などを行っている。本年度はユーザーの利便性をよくするために、ヘリウム・アルゴン・窒素などのガス供給設備の改良を行った。また、BL28B2のエネルギー分散型XAFS装置の試料周りのガス供給システムや温度コントロールシステムの整備及びそのユーザーサポートを行った。

(3) マシンショップでは、2003年3月に、ホットマシンショップの機械を、蓄積リング棟外周のD18とD23に移動した。移動に伴いSPring-8のマシンショップの名称を、2003年4月1日から下記のように変更した。コールドマシンショップは、名称のみの変更である。

新名称	場所
第1マシンショップ	リング棟D23
第2マシンショップ	リング棟D18
第3マシンショップ	組立調整実験棟 (旧コールドマシンショップ)

(4) スtockルームの業務はユーザの入/退室管理、備蓄品の入庫/出庫/在庫管理、工具類管理、液体窒素/液体ヘリウム管理などである。2003年度に登録されたユーザー数は5,012名であり、その内利用者数は819名（記録者数は

721名)であった。出庫利用について、延べ利用者数は17,813名、出庫件数は26,720回であった。

上記業務に加え、2003年度には次のような業務も行った。

1. ストックルーム管理システムのコンピュータ交換、無制限登録のカードリード交換
2. ストックルーム管理システムのバージョンアップ、主にはデータ集計に関する管理者向きの開発

(5) CAD室の業務はCAD機器管理、依頼によりCAD図面及びCADデータの保管、図面作成、データ変換、保管されている図面の打ち出しなどである。

2003年度CAD室が保有するCADシステムは次のようである。

- ・ IBM Helix CADAM(旧Micro CADAM)システム 6台
- ・ A&A Vector Works(旧Mini CAD)システム 1台
- ・ AutoCADシステム 1台
- ・ Fujitsu ICADシステム 1台
- ・ HP ME10システム(端末を含む) 5台

上記業務に加え、2003年度には次のような業務も行った。

1. IBM Helix CADシステムのハードウェア更新及び(データ移行などの)更新作業
2. SPring-8全体図の作成
3. 「SPring-8 Research Frontiers」誌の挿絵作成
4. インターネットCAD部品参照ライブラリー作成、かつ一部分公開

今後の課題は、三次元CADシステムの構築と3D図面作成、及びインターネットCAD部品参照ライブラリーの充実である。

(6) 同チームにおけるソフトウェア開発業務は平成9年から始まった。「ストックルーム管理システム」開発、「PHSを用いた光ビーム位置モニターの同時計測システム」(特許取得済)開発、「SPring-8における放射光ビーム高速診断システム」構築、台湾BL12B2における「架台自動制御システム」などであった。

2003年度の主なソフト開発は次のようである。

- ・ 「SPring-8に於けるコンプトン散乱測定システム」の改良
- ・ 「ストックルーム管理システム」のバージョンアップ
- ・ 「新マシンショップ入室管理システム」の開発
- ・ 「Web上の周辺技術チーム作業集計システム」の改良

(7) 共通測定器ストックでは、昨年度年報に記した内容に加えて、これまで共通の予算で一括購入された大量の測定器について、管理するシステムを作り上げた。基本的には、測定器のシリアル番号をもとにXML形式のリストを作り、その中に持ち出し者等の情報を含め、サーバーサイドJavaベースのCocoonテクノロジーを用いて表示するものである。持ち出し・返却のほか、他の持ち出し者への変更についても、SPring-8内のどの端末からでも行うことができ、行った操作はサブレットにより持ち出し者に電子メールで通知されると同時にログとして保存される。また、

JPEG形式のファイルを測定器の履歴情報として添付することができ、これを利用して修理履歴を蓄積することによって、将来故障が生じた際の対処が容易になる。2003年度における持ち出し及び返却、添付の件数は、約100件となっている。

ビームライン・技術部門

共通技術支援グループ 周辺技術チーム

佐藤 一道、工藤 統吾、横田 滋

安積 則義、呉 樹奎

8. ネットワークシステムの整備・維持・管理報告

SPring-8情報ネットチームとして以下のようなSPring-8内のJASRI、理研、原研を含むOA系ネットワークの整備・増強及び維持・管理・運用を行った。

8-1 ネットワーク機器整備・増強

(a) 外部接続の変更と高速化(所外接続装置の高速化図7参照)

SPring-8の実験研究者が大量データを大学や本部の研究室に転送しリアルタイムで解析等を行えるように外部接続幹線をギガビット化し、兵庫情報ハイウェイ(500Mbps)、大阪大学CMCを経由してSINETに接続した(2003年3月)。これに合わせて外部接続用のルータ・ファイアウォールを1Gbpsに対応させた(2003年5月)。また阪大接続のためのバイオグリッド回線は高速であるがいくつかの機関を経由しておるために工事や故障時に回線断が起こる。これを補償するためのバックアップ回線がこれまで4Mbpsであったものを10Mbpsとし、ルートも整備調整して費用を削減した(2003年12月)。次年度はSINET接続ポートの高速化を計画している。

(b) 所内の幹線の高速化

Linac棟と組立調整実験棟間、またCVCF室と物性研究棟間の幹線を光ファイバーシステムを利用して高速化(1Gbps)を実現した。

(c) 各種サーバーの整備・増強

代表メールリスト管理サーバー(kurama)の機器更新を行った。

8-2 ネットワーク機器保守・管理

(a) SPring-8全体のネットワーク接続機器(OA系ネットワークスイッチ等)の保守・管理を行った。これらの設備は今や重要な通信基盤であることから、故障及び障害が発生した際の対応に緊急性を要求されるため緊急性の高い基幹部分に関しては24時間体制での保守契約の締結を行っている。また、基幹との中継である各棟の集中ネットワークスイッチ(VLAN)及び末端のハブ、スイッチに関しては代替装置・予備品を準備しておき当研究所

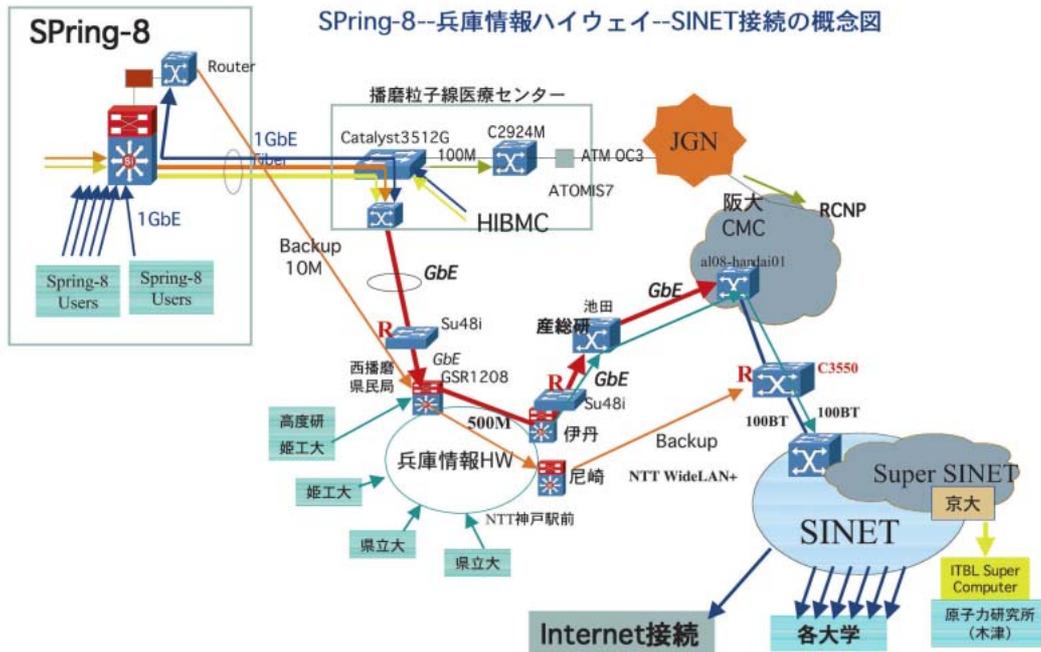


図7

のスタッフが交換するものとしている。

- (b) ネットワーク利用者のIP管理の強化を行うため、またデータベース統合化の一環としてNotes Database Systemを利用したシステムを構築し、ユーザーデータの変更や、検索、管理・連絡を行いやすくした。IPの登録数は2,911件である（JASRI 2,088件、RIKEN 823件）

### 8-3 サーバー類の運用管理

- (a) SPring-8代表WWWサーバーを運用管理している。
- (b) SPring-8内での電子メールの利用のためのメールサーバーおよびウイルス監視装置を設置し、維持・管理を行っている。メールアカウントの返却申請されていないユーザーデータを整理した（7月、1月）
- (c) SPring-8のネットワークは各棟・各ブロックのネットワークを円滑に運営するために、それぞれのネットワークを管理するためのワークステーションを運用管理している。

### 8-4 インターネットセキュリティの維持・強化

- (a) ファイアウォール装置について、新たな手口によるネットワーク侵入に常に備えるために、保守契約に基づいたソフトウェアの更新を行った。
- (b) 外部発信の計算機約100台に関して、所外からの攻撃に対するPC、WSの脆弱性を検査した。セキュリティ検査を所内から行うためのソフトウェアと装置を試験導入して行き、結果を各管理者に報告し、セキュリティ向上を促した（5月）

### 8-5 ネットワーク認証システムの試験的導入

ネットワーク接続利用者を認証する為のサーバーの導入実験・検討を行った。これにより無線LAN利用者の統括的管理が行えて、セキュリティを向上させた。国際会議などのシンポジウムの来訪者等も使いやすく、無線アクセスポイントを数十カ所設置した。利用実験施設では全棟に設置し統括的管理・運用が行える事を確認する。また、有線の場合に関しても研究交流施設、セミナー室でのなどでの利用時にセキュリティを重視した管理方式を検討・研究した。無線LANの電波を調査する装置を購入し設置状況を調査し、チャンネルやセキュリティの問題が無いかを調査した。

### 8-6 運転情報表示端末の保守・整備

2003年度に運転情報表示端末数台が故障し修理・交換等を行った。また、SPring-8施設全体にCATV-Ch15で配信している運転情報放送装置、表示装置を保守整備した。

### 8-7 リング棟談話室のPCの管理・研究交流施設管理棟共用PCの管理

リング棟談話室、研究交流施設管理棟等の共用PCの管理を行った。研究交流施設管理棟ロビーに設置されているPC3台では1年間で約900件の利用があった。

チームライン・技術部門

共通技術支援グループ 情報ネットワークチーム  
武部 英樹、間山 皇、酒井 久伸