

3-2 ビームライン開発（新規増設・改造、高度化）

1. 挿入光源

1-1 新規増設・改造等

挿入光源磁場調整用クリーンブースの建設

放射光の高輝度特性を得るためには磁場エラー（特に位相エラー）の小さい挿入光源を実現しなければならない。そのためには機械的にも電気的にも高精度の磁場測定システムが必要となるが、いずれの精度も環境温度の変化に著しい影響を受ける。具体的には、前者は熱膨張、後者はホール素子出力の温度依存性である。これまでSPring-8用の挿入光源は全て組立調整実験棟（組調棟）で行ってきた。組調棟の半分のスペースをビニールシートで覆い、温度安定性ばかりでなく外部からの埃の進入を防いでいた。平成17年3月までは大きな熱源が無かったため、以上の処置によって十分な温度安定性が得られていたが、その後、SCSSX線自由電子レーザーの試験加速器が残り半分のスペースを使って設置されたため、これが大きな熱源となり、必要な空調温度安定性（1時間あたり $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ）が得られなくなったのである。これを解決するために、組調棟内に挿入光源磁場調整用クリーンブースを建設・設置した。同時

に2台の挿入光源の磁場測定が実施できるよう床面積は 120m^2 、高さは 3.5m とした。このブースは独自の空調システムを持っており、必要な温度安定性を得ることができる。現在、この新ブースを使用して後述するクライオ型永久磁石アンジュレータの開発を行っているが、さらに平成18年度末にはBL23用の真空封止型ヘリカルアンジュレータの磁場調整が予定されている。

1-2 高度化

(1) その場磁場測定法の開発

真空封止アンジュレータにおいては真空槽のないアンジュレータ磁石列だけの状態で磁場測定を行ってきた。真空槽が存在すると高精度長尺ベンチ上を移動するテーブルに固定したホール素子のスキャンが不可能になってしまうからである。したがって、真空槽を取り付け、その中に磁石列を設置した後は磁場特性の確認ができないという問題点があった。これを解決するために開発中の「その場磁場測定」とは、アンジュレータ磁石列の磁場を真空槽内に設置された状態で高精度に測定できる方法である（図1参照）。

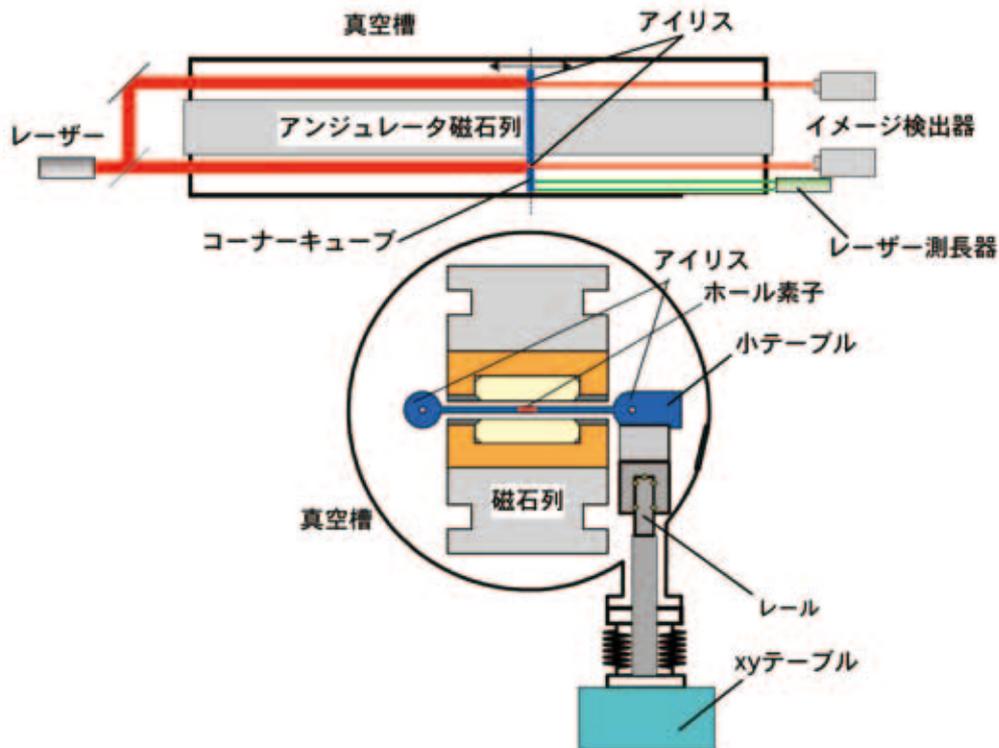


図1 その場磁場測定法の原理

この方法では、必ずしも精度を必要としないコンパクトなレーンを磁石列とともに真空槽内に設置し、この上をホール素子を取り付けられた小テーブルを移動させる。ただし、このレーンはビーム軸（z軸）に直交する平面内（xy面）で可動となるようなxyテーブルに取り付けられている。ホール素子のz座標はレーザー測長器を使用して精度1ミクロン程度を得る。もちろん、小テーブル上にはコーナーキューブを取り付けられている。また、精度の高い磁場測定を行うためにはz軸上を移動するホール素子のxy面上の位置精度として10ミクロン程度が必要である。これを得るためにz軸に平行な2本のレーザービームを真空槽内に通し、小テーブル上に取り付けられた2つのアイリスのイメージが不動となるようxyテーブルを制御する。この「その場磁場測定法」は、平成18年秋の完成を目指して開発を行っている。

(2) クライオ型永久磁石アンジュレータの開発

新しい世代の挿入光源というべきクライオ型永久磁石アンジュレータの開発を行っている。前年度までに周期長：15mm、周期数：40、磁石長：60cm、永久磁石：NEOMAX社製NdFeB磁石50BHのテスト機を製作し、極低温におけるアンジュレータとしての諸特性を調べたが、シャフトや磁石列ビーム等の熱収縮による磁石ギャップ変化等の問題点があり、実際のギャップ値とエンコーダーの読み取り値に大きな差異があることがわかった。本年度はこれを解決するために磁石ギャップの光学イメージによってその間隔を精度2ミクロンで測定できるレーザースキャン型変位計（キーエンス製LS-5120T）を導入した。また、磁場測定はベローズを介して真空中に設置したホール素子をビーム軸方向にスキャンさせることにより行っていたが、ベローズの応力によってホール素子の位置精度が大いに損なわれていることが判明した。本年度はウイルソンシール方式によって大気側からホール素子システムを導入し、位置精度50ミクロン程度を実現しているが、アンジュレータとしての磁場特性を正確に評価するには不十分な精度である。したがって平成18年度は精度10ミクロンを得るために「その場測定法」の真空対応版を開発する予定である。

(3) 高温超伝導永久磁石アンジュレータの開発

高温超伝導体（High Temperature Superconductor、以下HTSC）を用いた新しい原理に基づく短周期アンジュレータ2機種の開発を行っている。1つはクライオアンジュレータプラス（Cryoundulator plus以下CU+）、他方はピュア型超伝導永久磁石アンジュレータ（Superconducting Permanent Magnet Undulator）と呼ばれている。本年度の中心課題はCU+磁気回路の機械的強度の強化である。CU+におけるHTSCはループ形状に加工されている。磁場はこれに永久電流が発生することによって得られるが、判明した問題点は電磁力によるHTSCの

破壊である。国際超伝導研究所と協力して対策を検討したところ、ループ内に高飽和磁束密度特性を有するパーメンジュールをはめ込み、樹脂で固定して機械強度を向上させる方法が最良であることがわかった。今後は試作型の開発を念頭に置き、超伝導材料工学の専門家との協力を密にしつつHTSCの磁場特性、機械特性を改善していく

ビームライン・技術部門

光源・基幹チャンネルグループ

北村 英男

2. 基幹チャンネル

2-1 新規増設、改造

(1) BL08B2用基幹チャンネル

昨年度建設したBL08B2基幹チャンネルのコミッションングを実施した。

(2) グラファイトフィルター駆動部改造

建設初期のグラファイトフィルター駆動部で脱調する事例が度々発生したため、ガイド軸のL型サポート板を強化したタイプに全て取り替えた。

(3) ビームライン対応

ユーザ実験の高度化に対応するため、BL04B1ではベリリウム窓の交換とグラファイトフィルターの改造を、BL09XUではベリリウム窓の交換を行った。

2-2 高度化

(1) PVDベリリウム窓の機械的特性評価

特に高い空間的可干渉性を必要とするビームラインに対応できるように、光学系・輸送チャンネルグループと連携しながらコヒーレントX線対応光学窓材の開発を進めている。建設当初に標準品としていた粉末冶金素材に代わり、数年前から融解素材を高面粗度に仕上げた窓材で対応してきたが、更なる高品質化が求められている。昨年度光学系・輸送チャンネルグループにおいて、真空蒸着法に基づく（PVD）ベリリウム箔の評価を行ったところ、鏡面研磨を加えれば強度ムラは現れず窓材として最良の結果が得られた。しかしこのPVD材を基幹チャンネルに設置するには、放射光照射時の熱応力に耐えられることが必須であり、機械的特性を調査した。薄膜で、しかも大きな形状での試験片製作が困難であることから、スモールパンチ（SP）試験を採用した。SP試験は、微小試験片（φ3mm）で破壊発生歪や靱性の評価が可能となり、さらにSP試験で得られた荷重-変位線図から数値計算による逆解析によって応力-歪線図の推定が可能となる新しい手法である。試験温度は常温、100℃、200℃とし、試験片の厚みは、現状製作可能な最大値である125μmのものを用いた。比較のために粉末冶金素材、融解素材についても同様の試験を行った。その結果、PVD材は融解素材よりも降伏応力は低

いものの優れた韌性を示すことがわかり、基幹チャンネルの窓材として有力な候補となりえることが確認できた。SP試験で推定した応力-歪線図をもとに、三次元有限要素プログラム「ANSYS」を用いた弾塑性解析による寿命評価を行い、ビームラインへの設置の可否を決定する予定である。

(2) 高耐熱フロントエンド機器の開発

基幹チャンネルチームでは、光源の高出力化に対応する一環として、全ての高熱負荷機器の熱的限界 (Thermal Limitation) 調査に取り組んでいる。

(a) 斜入射型受光体の熱的限界 (Thermal Limitation) 調査

アプソバ、XYスリットに代表されるGlidCop製斜入射型受光体は最も一般的な高熱負荷機器であり、広く使われている。従来、放射光照射時の温度分布に基づく最大熱応力が降伏点以下になるように設計されているが、重大な欠陥が無い場合二次応力による局所的な降伏が一発破壊を生じる可能性は極めて少なく、塑性変形まで使用域を広げることを検討している。その場合、低サイクル疲労寿命の評価が重要となるため、①GlidCop材の材料特性調査、②試験片による破壊試験、③寿命予測方法の確立、④各実機の熱的限界評価、を推進している。今年度は特に、GlidCopの低サイクル疲労特性試験と、電子ビーム照射装置を用いた破壊試験において500回以下で破壊すると予想される試験片の設計・製作を行い、照射試験を開始した。今後は複数の試験片による照射試験を継続的に行い、実験・解析結果をリンクさせ、安全率も見込んだ寿命予測方法を確立するとともに、実機の熱的限界評価を実施する予定である。

(b) グラファイトフィルターの接触熱コンダクタンス測定

昨年度実施したメタルフィルターに引き続き、電子ビーム照射装置を用いて、挿入光源用グラファイトフィルターの接触熱コンダクタンスの定量的評価を行った。グラファイトフィルターは、一対の銅製水冷ホルダーの間にグラファイト (厚さ100 μm) を挟んでネジ止める構造になっており、実機では、水冷ホルダーとグラファイトの間 (2箇所) には中間材として金箔を使用している。接触熱コンダクタンスには接触面の表面粗さ、接触圧力、中間材などが影響するが、今回はボルトの締め付けトルクを管理することで接触圧力を一定にし、表面粗さと中間材の接触熱コンダクタンスに対する影響に的を絞り測定した。実験では両方の水冷ホルダーの接触面付近に熱電対を埋め込み、上流側の水冷ホルダーに電子ビームを照射した時の両熱電対の温度差を測定した。一方、ANSYSを用いて接触熱コンダクタンスをパラメータとした伝熱解析を行い、実験結果と比較した。その結果、いずれの条件でも接触熱コンダクタンスは

20,000W/m²/K以上であることが分かった。また中間材を入れない場合と20 μm 厚の金箔を入れた場合に接触熱コンダクタンスは良くなり、通常使われる50 μm 厚の金箔や銀箔では悪くなる傾向にあった。接触面の表面粗さによる接触熱コンダクタンスの差異は顕著ではなかった。これらの結果によりグラファイトフィルターへの限界入熱量の評価を行う。

(3) 高速型光位置モニターの開発

パルス毎の放射光ビームの動態 (強度、位置、タイミング等) の情報を得るために、放射光ビームを直接計測することのできる高速型放射光モニターの開発を行った。現行のSPring-8の光位置モニターは、他の施設と同じように耐熱性を重視して光電子放出を検出原理とするブレード型素子を採用しており、信号検出素子の時定数は比較的大きな値 (出力信号の半値全幅で数十nsec) を持っている。そこで、高周波用同軸ケーブル (50 Ω) にインピーダンスを整合させたストリップライン型光位置モニターを新しく考案した。図1に示すように、光電面は高周波伝送路に用いられるマイクロ・ストリップライン構造を有し、無酸素銅製のラインを熱伝導率の高い窒化アルミの板を介して冷却ブロック上にロウ付けしていることを特徴とする。冷却ベースには、高熱伝導率・低熱膨張率を有する銅タングステンを用いている。

試作機を偏向電磁石ビームライン基幹チャンネル用に設計・製作し (図2)、2005年夏に設置した。ビームテストの結果、図3に示すように、単バンチからの出力信号を半値

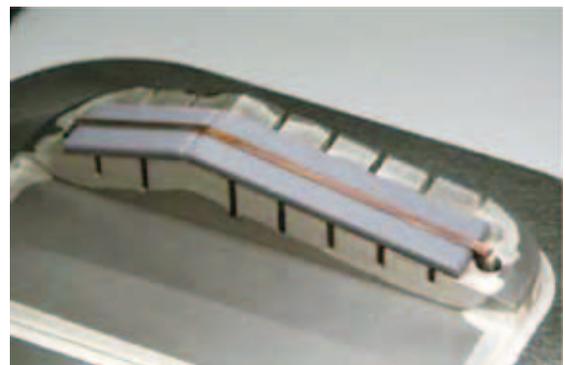


図1 ストリップライン型検出素子

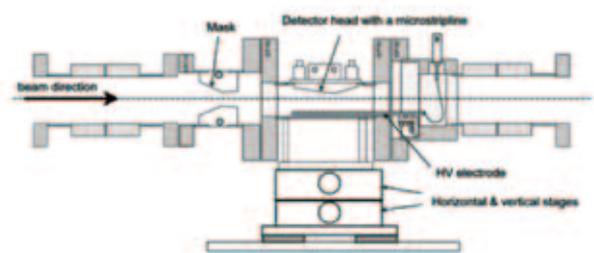


図2 基幹チャンネルに設置したモニターの全体図

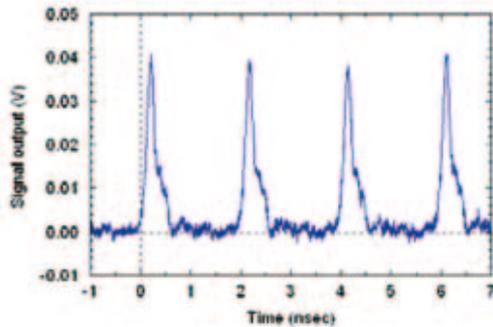


図3 観測された単極パルス信号

全幅が約0.2nsecの単極パルス信号として計測することが出来た。また、パルス強度モニター、パルス・タイミングモニター、パルス毎の位置モニターとしての動作も実証した。これらの性能は、光電子放出を検出原理として動作するモニターとして世界で初めて達成されたものである。本モニターは単極のパルス信号を出力するため、信号処理回路の簡素化に大きく貢献するものと期待される。また、放射光施設におけるX線ビームの診断以外にも、電子線加速器の電子ビーム診断においても有用であると考えている。

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

(1) BL14B2検討

産業利用ビームラインのビームタイムの不足を解消する目的で、XAFSを主な利用目的としたあらたな偏向電磁石ビームラインの検討に着手した。候補は残り少ない取り出し口のうちの一つであるBL14B2であるが、既設のBL14B1およびBL15XUにはさまれた狭隘なスペースにいかにより必要最低限の光学系と実験ステーションを配置するかが最大の課題となった。これまでの経験を生かし、収納部から出てすぐの狭隘スペースはフロントエンド部を延伸しフロントエンド遮蔽体により覆うことによりクリアした。また、隣接ハッチとの干渉を避けるために分離型ハッチとすることでビームラインの設置が可能であるという見通しが得られた。

(2) BL17SU立ち上げ調整

BL17SUの光学系に関しては当グループの理研への協力により継続的に建設と立ち上げ調整が進められてきている。今年度は、ビームライン光学系の調整を行った。

ブランチaでは光エネルギーの数時間にわたるゆっくりしたドリフトの原因究明を進めた。分解能0.01℃以下の高精度温度センサを多点計測し記録可能なシステムを構築した。ログデータの解析から、回折格子架台の0.01℃オーダ

の温度差変動と、エネルギードリフトとの相関を明らかにした。回折格子架台周辺の温度を6チャンネルPID制御により0.01℃オーダで精密制御し、エネルギードリフトを10meV/6hr以下に抑制した。

ブランチbにおいてコミッショニングを進め、設計通りのエネルギー分解能を確認した。

(3) BL39XUダイヤモンド用二結晶分光器導入

BL39XUでは結晶寿命の延伸とビーム集光効率の改善を目的として二結晶分光器の分光結晶を従来のシリコンピンポスト結晶からダイヤモンド結晶に交換することを計画していた。ダイヤモンドはシリコンに比べ格子定数が約70%小さくなるため、これまで通り標準二結晶分光器を用いた場合、この分光器でカバーするブラッグ角の範囲では低エネルギー領域が出せなくなるという問題があった。このため、今年度ブラッグ角の範囲を標準型の約1.5倍としたダイヤモンド結晶用二結晶分光器を設計、製作し、ビームラインに導入した。昨年度BL09XUにおいてダイヤモンド結晶に交換して評価を行った経験を生かし、また、ホルダ形状とダイヤモンド～ホルダ間の熱コンタクトのとり方などに新たな工夫をすることにより所定の性能が得られた。

(4) BL47XU改造

BL47XUは、実験ステーションの再配置にともない高エネルギー光電子分光が一つの使用目的となった。このため高次光除去と集光を兼ねたミラーの導入と、比較的高いエネルギー分解能を有する後置分光器の設置が要求されたため、標準二結晶分光器の下流にチャンネルカット結晶分光器とタンデムのミラー調整機構を設置した。ミラー調整機構の配置は理研ビームラインBL19LXU、BL29XUと同様のものであり、特にBL29XUにおける高エネルギー光電子分光の利用実績を踏まえての導入となった。一方、チャンネルカット結晶分光器はチェンバ、3軸のステージ機構、および架台について新規に設計を行い製作、設置したものである。実際に結晶を取り付けた立ち上げは2006年度からとなる。なお、このシステムはBL39XUにおいても製作され2006年度から使用される予定である。

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、性能向上と安定な稼働を目指している。

(1) 偏向電磁石ビームライン用分光結晶

偏向電磁石ビームライン用分光第一結晶については、今年度は主に熱負荷に依存しない歪の軽減、Oリングの長寿命化、ビームラインに組み込んでのオンライン評価を中心に開発を行った。冷却水導出入口を結晶の側面に設置することにより、結晶装着時の歪の軽減、OリングがSR光に直接曝されることによる放射線損傷の軽減が図られた。この設計に基づく(111)結晶では、12keV付近では熱歪みの影響は殆ど無く、集光光学系との組み合わせで、約

1mradの水平取り込み角のビームを効率約80%で集光できている。またリング寿命については、現在耐久試験中であるが、交換周期は半年以上となることが予測されている。

(2) アンジュレータビームライン用ピンポスト結晶

アンジュレータビームラインの一部で分光結晶として使われるピンポスト結晶の性能評価を継続して進めた。この結晶は反射表面の直下にピンを稠密に並べた水路によって、熱伝達係数を稼ぐ設計になっている。2004年度に、ビームラインでの使用によって冷却効率の不足が確認され、新しいピンポスト形状の結晶が製作された。今年度は、その結晶の評価を行った。1kmビームライン (BL29XUL) の大面積X線ビームを用いた予備テストで、結晶の加工精度が維持されていることを確認した。また、ビームラインでの使用によって、熱負荷への耐性が3倍程度向上したことも確認された。これはSPring-8の標準アンジュレータからの熱負荷500W/mm²に十分に対応できる性能を有している。

(3) アンジュレータビームライン用液体窒素冷却分光器

今年度は新たにBL09XUに分光結晶冷却用の液体窒素循環冷却装置が導入され、順調に立ち上がった。これにより液体窒素冷却分光器を使用するビームラインは、合計11ビームラインとなった。

BL09XUでの結晶振動はSi 111反射ではほとんど問題の無いレベルである。ただし、分光結晶の高次反射を用いた80keVのX線利用も行うので、この場合はより一層の振動対策が必要となっている。現状では、結晶の角度振幅が0.1~0.2秒程度と80keVでの結晶のロッキングカーブ幅と同等であり、これを数分の1程度まで低減することが今後の課題である。

液体窒素循環装置の稼働状況は順調であるが、装置を停止して修理が必要となる故障が発生することもある。循環装置を停止する故障は、長期間停止後に発生するポンプの異音発生で、原因は循環配管系に凝縮した空気中の水分である。長期停止後に配管が室温に戻るまで配管内を加圧状態に維持することで、空気中の水分が配管に入ることが防げるので、循環装置の停止手順の再検討を行った。効果の確認は2006年の夏期停止時に行う予定である。

(4) アンジュレータビームライン用ダイヤモンド二結晶分光器

アンジュレータビームライン用としてダイヤモンド結晶を用いた分光器の開発を一昨年から行っている。今年度はダイヤモンド結晶を結晶ホルダへマウントする方法についてR&Dを行った。この際、簡便かつ無歪みで結晶をマウントすることが重要である。1kmビームラインにおける評価を通して、インジウムシートを間にはさみ、加圧、開放、加熱、冷却のプロセスにより低歪にて再現性よく固定する方法を確立した。今後はこの方法による長期の安定性の確認が一つの課題である。

さらに、標準アンジュレータビームラインBL10XUとBL39XUにおいてダイヤモンド二結晶分光器の導入を行った。BL10XUに関しては、既存の標準分光器のステージ等について改造を行いダイヤモンド結晶用とした。また、BL39XUに関しては前述のように低エネルギー領域まで対応可能とするため、新たに分光器を設計し導入した。

BL39XUにおいて性能評価を行った結果、フォトンエネルギー20keV以下においてはほぼ計算通りの単色光のフラックスを確認した。これは液体窒素シリコン分光器の約50%に相当する。また、ロッキングカーブを測定した結果、入射パワー 400W (吸収パワー 100W) の条件まで顕著な熱歪みは観測されなかった。

今後の課題としては、ビームの空間プロファイルにみられた微細な構造を改善することと、フロントスリットサイズが大きいための安定性を高めることである。

(5) 分光器の振動測定

X線ビームの強度揺らぎの原因として分光装置等の振動が挙げられる。ビームの質の向上を目指して、水冷方式の分光器の振動計測を開始した。分光器の第1結晶ステージと第2結晶ステージの相対振動をレーザードップラー振動計によって測定した結果、50Hzの振動が発生していることを確認した。この周波数は分光器の構造に由来していると考えられる。X線強度の揺らぎには、50Hzの振動の他に、排気系に関連すると見られる30Hzと70Hzの成分も発生している。X線ビームの安定化のために、これらの振動成分の抑制が今後の課題となる。

(6) 光学素子評価

APS、ESRFとの協力のもと"2nd Round-Robin Project"が開始された。2回目となるRound-Robin Projectでは、非球面ミラー (楕円筒面) を対象に、APS、ESRF、SPring-8で同一ミラーを持ち回り、各施設の表面形状計測装置で測定し、光学素子評価装置及び評価手法の比較検証を行っている。

(7) 真空排気ユニット

標準排気ユニットの粗引きポンプの定期保守を引き続き行っている。

一部の専用ビームラインの実験ステーションにおいて、ユーザが管理していた粗引きポンプの保守や電源のとり方に不適切な取扱いが認められた。このため、ポンプ製造メーカーの協力のもと、粗引きポンプの使用状況を全てのビームラインについて調査し、各担当者に適切な使用方法、保守について告知した。また、過電流保護回路を装備した標準型スイッチボックスを設計、カタログ化し、入手性を高めた。

(8) 高性能スリットの開発

アンジュレータビームライン用の標準単色スリットについて、より再現性が高く、スリットブレードの位置決め精度の高いスリットの開発を進めている。従来のものはペロ

ーズを介した直線導入機において大気圧により機構部の変形などが問題となり、再現性、位置決め精度を制限していた。このような問題を解決すべく、真空中への直線導入のベローズを真空チェンバの両側に対向させ、貫通ロッドをチェンバ内で堅牢に結合させることにより大気圧の有無によるブレードの変位をキャンセルさせる機構を有したスリットの開発を進めてきており、試作機が長尺ビームラインの光学ハッチ内に設置され、性能が実用上十分であることが確認されている。

今回、縦方向スリットと横方向スリットそれぞれ独立に設計されていた試作機を結合し、従来の標準型スリットと外観寸法的に互換性のあるものの設計を行い、製作、評価を行った。この結果、試作機同様に所定の性能を確認した。製作したものの一台についてはBL39XUの光学ハッチに設置し、実際に使用した上で長期の安定性の評価と問題点の洗い出しを開始した。

(9) ベリリウム窓の品質向上に向けた評価

高い空間的可干渉性を必要とするビームラインを中心に、輸送チャンネル最終段にあるベリリウム窓によ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の評価を継続している。

従来用いてきた粉末冶金素材や融解素材には数ミクロン程度の空孔が多数存在し ($10^3 \sim 10^4$ 個/mm³) これらにより強度ムラ (スペックル) が生じている。第三の製造方法である真空蒸着法により内部の空孔の存在を示すような強度ムラも現れず、窓材としては最良の結果が得られている。今回さらに定量的な評価を行い、100ミクロン厚の真空蒸着ベリリウムの強度ムラは標準偏差値で2% (検出器視野内の300ミクロン平方の領域において評価) であり、X線透過窓材としてしばしば用いられているカプトン膜 (厚さ50ミクロン) のものと同等かそれ以上の結果が得られた。

また、厚さ100ミクロンの真空蒸着ベリリウムの圧力隔壁としての耐圧試験を行った結果、直径10mmの開口径の場合において、評価装置で与え得る最大圧力6気圧まで破損等の問題は見られなかった。一方、ステンレスフランジへの拡散接合のテストを行った結果、一部にピンホール的な真空的な漏洩の見られるものもあり、また、接合材料の一部がベリリウム表面 (ビームの照射領域) に飛散し、X線透過窓として若干の支障となる場合が見られた。Oリングシールの検討も含め、フランジへの取り付け方など実用化に向けたいくつかの課題が残されている。

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、竹下 邦和、山崎 裕史
大橋 治彦、望月 哲朗
矢橋 牧名、仙波 泰徳

4 制御

4-1 全般

平成17年度は新たなビームライン建設はなく、昨年に引き続き48台のワークステーション、101台のVME及び48式のインターロックシステムが稼働している。障害も昨年度までに行った瞬時電圧低下対策、VME熱対策等の安定化対策が功を奏し、今年度は制御系トラブルが週に数回から月に1、2回程度まで激減した。一方、膨大な数の計算機群を年間を通して安定に動作するよう維持管理を行うことは、今後もビームラインの増加が見込まれる中、大変困難な作業になりつつある。後述するようにワークステーションを統合して稼働するハードウェアの台数を少なくし、今後の維持管理の負担を低減させる計画をスタートさせた。

今年度もインターロックシステムについて、ハードウェア保守 (全BL対象) とPLCソフトウェア保守 (20BL対象) を行った。また、すべてのビームライン・インターロックに対し、UPSに代わるものとして、コンデンサを主体とした瞬低保護装置の導入を完了した。さらに、1997~1998年頃に建設した、6本のビームラインに対して、老朽化したインターロックのシーケンサを最新型のシーケンサに交換した。これまで、使用されてきたシーケンサは、製品設計されてから10年以上経過しており、最新のシーケンサに比べて処理能力、ラインナップ、生産中止等の問題が表面化しつつある。したがって、今後も古いビームラインを中心に定期的にシーケンサの交換を行う必要がある。

ユーザー実験のさらなる安定化と高速化を支えるために、ネットワークに関して高速・広帯域化のためのインフラ整備を進めている。また実験ステーション制御でも高速化、自動化などの要求に対して応えるべくハードウェアとソフトウェア開発を進めている。

4-2 ビームライン制御用計算機の統合

ビームライン制御システムは、機器制御用VME、オペレータコンソール用のワークステーション (ビームライン制御用計算機) およびX端末などにより構成されている。これら全てを合わせると、約200台もの計算機を分散配置した大規模な制御システムとなっている。X端末については、前年度まで行ってきたシンクライアント機器への移行により、劇的な保守性の向上が実現できている。しかし、蓄積リング棟全域に配置した現在の分散形態は、運用と保守に著しい影響を与えている。例えば、ビームライン制御用計算機本体に故障が発生した場合、利用実験の長いダウンタイムに至るケースが見られている。

これに対処するために、ビームライン制御用計算機の統合を行い、少数計算機管理による保守性の向上を目指した。具体的には、ビームライン毎の独立性を維持するために、仮想化技術の導入を行い、既存のビームライン制御用計算機を、少数台数のサーバ計算機へ統合することを計画して

いる。本年は試験導入としてBL05INへの導入を行った。夏期停止期間の導入から安定した動作を実現しており、2006年度以降は、他の全てのビームラインへ導入を予定している。

4-3 ネットワーク

(1) セキュリティシステムの運用と高度化

実験ホールでユーザが利用するネットワーク（BL-USER-LAN）を、ワームの拡散から防御する目的で、2004年8月にセキュリティゲートウェイInterSpect410（Check Point社製、スループット500Mbps）を導入した。2005年1月～2005年12月までに、本装置が、ワームなどに感染している疑いのあるコンピュータの通信を自動的に遮断した件数は497件であった。本セキュリティゲートウェイの保護機能は十分と言えるが、タンパク質構造解析実験などで今後要求されるデータ転送量に対して、十分な帯域を持っていない。また、現状の構成では、セキュリティゲートウェイがトラブルなどで停止すると、実験ホールから外部への通信が停止してしまうという問題点があった。そこで、広帯域化と冗長化を目指して、2006年3月に、InterSpect410の置き換えとして、その上位機種であるInterSpect610（スループット1Gbps）を2台導入した。スバニングツリーを使った冗長構成の導入は来年度に予定している。

(2) BL-USER-LANの基幹配線の整備

BL-USER-LANでは、CVCF室（Aゾーン）からB、C、Dゾーンへ、さらには、各ゾーンネットワークラックから、ゾーンごとに数カ所の副電気室に光ファイバが配線されている。CVCF～各ゾーン間については、既にギガビットイーサネット化がなされているが、各ゾーン～副電気室間は、62.5 μ のマルチモード光ファイバを使用しているため、距離的にファストイーサネットまでしか対応できない。近年、ネットワーク機器の高速化が進み、ギガビットイーサネット対応が一般的になってきた中、BL-USER-LANの基幹ネットワーク機器にファストイーサネット（100Base-FX）を維持することは、機器の選定において選択肢を狭めることとなる。そこで、2005年夏期停止期間に各ゾーン～副電気室間に、50 μ のマルチモード光ファイバを4芯づつ敷設し、広帯域化と冗長化を踏まえたインフラとして整備した。来年度以降、ファストイーサネットからギガビットイーサネット対応ネットワーク機器への置き換えを予定している。

4-4 実験ステーション制御

(1) 汎用ロジックボード

フィードバック制御やパターン駆動など、複雑なシーケンスや計算を含む制御を実現するため、汎用ロジックボードの開発を行った。従来、高速性を要求される処理では、専用のハードウェアをアプリケーション毎に開発する必要

があった。これでは開発に時間が掛かり、また制御方式の変更には容易に対応できないという問題があった。VMEのような汎用ハードウェアを汎用CPUボードで制御する方式は容易に構築できるが、アプリケーションによっては、要求される制御速度を達成できない場合がある。

今回開発したボードは、計算処理用にFPGAを搭載しており、汎用CPU上のソフトウェアでは実現できなかった高速かつリアルタイムな制御が可能である。また、専用ハードウェアと異なり、制御シーケンスを任意に書き換えることができるため、制御シーケンスを試行錯誤しながらシステムを構築することができる。このボードの特徴は、入出力機能をもつI/O部と、計算処理を行うロジック部を分離したデザインである（図1参照）。DIOやAD/DAの入出力機能は、制御対象ごとに必要な仕様を構成できる汎用性の高いロジックボードである。来年度以降、実験ステーションでの光位置安定化のためのフィードバックシステム等に導入される予定である。

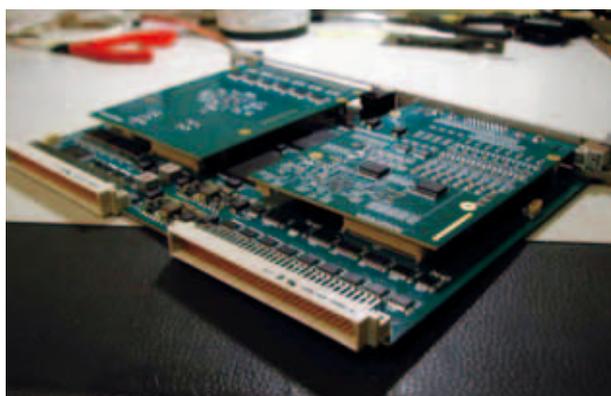


図1 汎用ロジックボード。ロジック部であるVMEのベースボードにI/O部を2枚（96chのDIO I/O部と16chのAD/DA I/O部）を取り付けたところ。

(2) CompactPCI制御系

ビームラインの制御系と実験ステーション制御系にVME制御システムを導入している。しかしながらVMEでは導入時や構成の変更を行うたびに、システムの詳細を知っている者が設定変更やプログラムの入れ替えを行う必要があり、使用目的によっては必ずしも最適なシステムとは限らない。そこで、CompactPCIを使ったポータブルな制御フロントエンドの開発を行うことにした。CompactPCIではhot-plug機構が仕様として定められている。これは、システム運用中に新たなインターフェイスカードを挿入すると、直ちにシステムの再設定を自動的に行うことが出来るものである。

今年度は実験ステーションで一番需要の多いカウンターボードを目標に、システムモデルを検討した。CompactPCI用のカウンターボードは数多く市販品があるが、いずれも汎用品であるが故に、放射光計測に使用するためには特注のコネクタの変換ボックスを用意するなどの対処が必要である。またカウンター部のスペックも、今後のX線検出器の進歩には十分に対応できるとは言えない物が多く、我々の用途に適した物は見いだせなかった。そこで、以前VME用に開発したカウンターボードの仕様を基に新たなボードを作成した。主な仕様は以下の通り。

1. 最高計測周波数：200MHz
2. カウンター長：32bit
3. チャンネル数：4ch
4. タイマー分解能：1MHz, 100MHz切り替え
5. 入力：Lemoコネクタ
6. 内部ゲート出力、ゲート入力端子付き

上記ボードを試作し、CompactPCI上で動作するLinuxシステム用のデバイスドライバを開発した。ただし、本デバイスドライバはボード評価用の限定機能の物であり、来年度hot-plug機能を含んだものを開発すべく準備を進めている。また、本カウンターボードは希薄試料の蛍光XAFS測定用19素子SSDの読み取り用に来年度用いられる予定である。

(3) MyDAQの開発

MyDAQは昨年度報告のように、実験データや真空度の記録に用いられている。MyDAQはLinux上で開発されたが、実験ステーションではWindows版への要求も多い。そこで、簡単にデータ・ロギング用データベースが構築できるように、Windows版のMyDAQを開発した。図2にその構成を示す。MyDAQソフトウェアは、MyDAQサーバーと、MySQLデータベース、Apache、PHPから構成されている。MyDAQサーバーは、データ測定クライアント計測機から、TCP/IP経由でデータを受け取り、MySQLにデータを登録する。TCP/IPで送られるデータは、SPRING-8 MADOCA コマンドに準拠したASCII文字列であるため、データ測定クライアントプログラムを作るのは簡単である。したがって、Labviewからも接続することができる。また、複数のコンピューターからもデータを集めることが可能である。このシステムは長時間のデータ収集に向いており、便利なペンレコのようなものである。

本年度は、このシステムをBL25SUに試験的に導入を行い、ミラーのフィードバックのモニタリングに利用した。今後さらに、現在は温度計測などにも利用するためのLabviewプログラムが開発されている。

ビームライン・技術部門
制御グループ

田中 良太郎 他

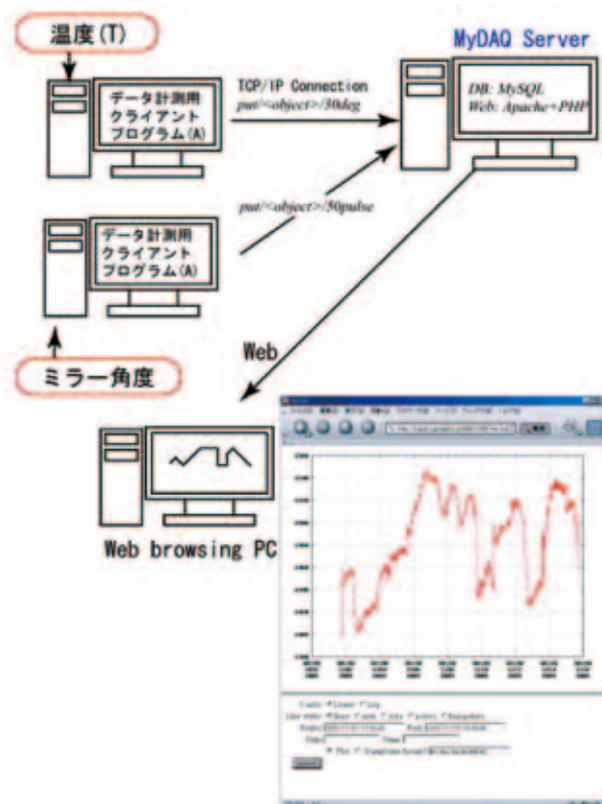


図2 MyDAQを用いたミラーフィードバックモニタリングシステム

5. 検出器

5-1 全般

第三世代放射光施設ではタンパク質結晶構造解析実験を典型としてCCD型検出器が普及しているが、今後、より複雑なサンプル系へと展開するは、より広いダイナミックレンジを有し、かつ、シングルフォトンが分解出来る低雑音で、速い繰り返し測定が可能なる二次元検出器の開発が必須である。ピクセル検出器は、ピクセル毎に単一X線光子が計測可能な機能を内部に有する微小検出器の集合体であり、上記の課題を解決するには理想的な形態であり、APS、ESRFなど世界各国の放射光施設でも注目され、国際的な開発競争が繰り広げられている。特に、スイス・パウルシュラー研究所（PSI）に建設された放射光施設 Swiss Light Source (SLS) は傑出したピクセル検出器技術を誇り、PILATUS (Pixel Apparatus for the SLS) 計画と呼んでいる。検出器チームは、JASRI-PSI研究協力協定（1999年5月～）に基づき、ピクセル検出器の共同開発研究を継続中である。

米国及び欧州では、LHC等の高エネルギー物理学の実験装置の建設を目的としてピクセル検出器の心臓部であるサブマイクロンCMOSを用いたデジタル・アナログ混載方式 ASIC（特定用途向け集積回路）の開発が組織的に行われてきた。これらの集積回路は、耐放射線、高精細度、低雑音といった特徴を有しているため当該分野のみならず、放

放射線医療、放射光利用の分野等にも広く展開している。しかし、日本では欧米のような大型プロジェクトに於いてASICの開発が大規模に行われた事がないため、技術的、人的資源において一歩遅れている。SPring-8は、JASRI-PSI研究協力協定により放射光施設の中ではピクセル検出器の実用化の点で先行しているが、更なる進展の為に独自の開発体制の確立が重要である。そこで、放射光、原子核物理、宇宙物理他の広い範囲に渡る理研研究室及びその施設に携わるグループが集まり、検出器をキーワードに共通の課題を議論するワークショップを企画し、「放射線検出器と電子回路の課題と展望」と題し、5月11日に理研和光キャンパスで第1回目を、12月5、6日にはSPring-8に於いて第2回目を開催した^[1]。理化学研究所・延興放射線研究室は、米国ブルックヘブン国立研究所（BNL）での相対論的重イオン加速装置実験（RHIC）でのシリコンピクセル検出器型のヴァーテックス検出器の開発を行っており、センサー開発、ASIC開発、バンプボンディング技術開発と共通要素が多い。ピクセル検出器は、自由電子レーザー(XFEL)でも注目されており、開発環境の整備と共にXFEL検出器の共同開発を計画している。

5-2 ピクセル検出器

(1) PILATUS-II読み出しチップの開発

JASRI-PSI研究協力協定下で、2002年にはPILATUS-I単一モジュール検出器が完成し、同年9月にSPring-8にも実機1台が導入された。また、2003年11月にはモジュールを3×6台組み合わせ、有感面積243mm×210mm、ピクセル数1,120×967（約1Mピクセル）の通称PILATUS-1Mが完成し、SLS-X06SAビームラインでの評価実験を行った^[2]。SPring-8とSLSは、これらの検出器を継続的に評価し、その有用性を実証したが、一方で、読み出しチップの製造過程のDMILL 0.8μm CMOS プロセスに起因する約5%の欠陥ピクセルが生じる歩留まりが問題となっていた。その為、2004から2005年にかけて0.25μm CMOS プロセスを用いて新規に設計したPILATUS-II読み出しチップを開発し、全く無欠陥の読み出しチップが80%以上の効率で得られた。その他、ピクセルサイズが217μmから172μmに小さくなっている等の仕様が改良されている。DMILLプロセスによるPILATUS-Iチップでは、5%程度の欠陥を許容しても

新旧読み出しチップの性能比較

チップ	PILATUS I	PILATUS II
CMOS技術	DMILL0.8μm	UMC0.25μm
面積	10.1×17.7mm ²	10.5×17.5mm ²
ピクセル数	44×78 = 3432	60×97 = 5820
ピクセルサイズ	217×217μm ²	172×172μm ²
カウンター	15bit	20bit
閾値調整用DAC	4bit	6bit

30%程度しか使えるチップが得られなかったのに比べると画期的な進展が得られた。

(2) PILATUS-II単一モジュール型検出器の製作

PILATUS-IIチップの成功を受けて、単一モジュール型ピクセル検出器の第1号機が2005年6月に完成した（図1）。モジュールは、8×2個の読み出しチップを1枚のセンサーにバンプボンディングして作られており、シリコンセンサーには光リソグラフィ技術を用いてピクセル型の微細電極が形成されている。SPring-8へは、2005年10月にSLS検出器グループの責任者であるBroennimann博士の来日時に予備的に導入され、その後2006年2月に科研費「X線光子計数型ピクセル検出器がもたらす先駆的な放射光利用実験（研究代表者：JASRI鈴木昌世）」により正式に導入された。



図1 PILATUS-II single module detector

新旧モジュール検出器のサイズの比較

モジュール	PILATUS I	PILATUS II
センサー	Si300μm	Si300μm
チップ数	8×2	8×2
ピクセル数	157×366	195×487
ピクセルサイズ	217×217μm ²	172×172μm ²
有感面積	34.1×79.4mm ²	33.5×83.8mm ²
許容強度	<10 ⁴ X-rays/pixel/sec	>2×10 ⁶ X-rays/pixel/sec
読み出し時間	>6.7msec	<2.5msec
フレーム率	<2Hz	>100Hz

(3) 高フレーム率測定

高フレーム率による繰り返し測定は、時分割X線回折・散乱実験の典型的な手法として有用である。この手法は、PILATUS-I単一モジュール検出器を用いて2004BにBL46XUで実施した、一般共同利用課題「X線回折による溶接金属急冷凝固組織のin-situ観察技術の開発、実験責任

者：米村光治、住友金属工業」にも供され、既に成果を出しているが^[3,4]、フレーム率が2フレーム毎秒に制限されていた。PILATUS-Iの読み出し速度は6.7ミリ秒と十分に速いが、一旦VMEモジュール上のメモリに読み出され、その後ネットワークを介してコンピューターに転送される為に、実行的な読み出し速度が0.1秒以上かかっている為である。PILATUS-IIでは、後段のデータ収集系も更新され、VMEを一切廃し、新規に開発したPCIカードにその機能を集約させ、コンピューターに直接転送する方式に改められた。これにより、2006年3月にBL46XUで行った開発課題では、20Hz、50Hz、100Hzのモードでの繰り返し測定に成功している。

(4) 外部トリガーによる同期測定

極限状況下でのX線回折実験では、外部トリガーによる同期測定が有効である。例えば、常磁場では得られない高磁場を発生するパルスマグネットによる相転移現象を観測するには、パルス高磁場と同期してX線回折像を測定する必要がある。PILATUS-II単一モジュール検出器は、露光シャッター機能をピクセル毎の電子回路に内蔵し、かつ、外部トリガーとの同期、遅延の機能を有する。BL19LXUでは、約40テスラの高磁場発生が可能なパルスマグネットが開発されており、これを用いてコバルト酸化物の粉末X線回折測定を行い、磁気体積効果を反映した回折ピークのシフトの観測に成功した^[5,6]。ここで発生するパルス磁場は、約5ミリ秒の寿命で、通電開始のタイミングから1.7ミリ秒の遅延で1ミリ秒幅の露光時間での測定を行った。

(5) 大面積化へ向けて

スイスに於けるPILATUS計画の最大の目標は、SLSでのタンパク質結晶構造解析ビームラインX06SAでの実用化で、5×12モジュールを組み合わせ、2463×2527ピクセル(424mm×435mm)の大面積検出器に向けてPILATUS-IIモジュールを量産中である。この検出器は、ピクセル数の規模からPILATUS-6Mと呼び、2006年夏に完成の予定である。2003年に完成したPILATUS-Iを3×6モジュールを組み合わせた1M検出器に比べ6倍相当になる。ここでは、一般的な振動写真法、及びピクセル検出器の読み出し速度の速い利点に着目し、結晶を連続的に回転させて高速フレーム読み出しを行うfine-φスライス法を用いる。特に、fine-φスライス法は新しいX線構造解析手法として注目されているが、解析ソフトウェアが未開発である事が課題となっている。そこで、SLSではXDSプログラムを改良し、fine-φスライス法の解析手法の開発も試みている。大面積化は、タンパク質結晶構造解析のみならず、多くの利用実験でメリットとなる。SPring-8へは、2006年度中に1M規模の検出器の導入を計画している。

参考文献

[1] 豊川秀訓：“ワークショップ「放射線検出器と電子回

路の課題と展望」報告”，SPring-8利用者情報 2006年3月，106-108.

- [2] Ch. Broennimann, E. F. Eikenberry, B. Henrich, R. Horisberger, G. Huelsen, E. Pohl, B. Schmitt, C. Schulze-Briese, M. Suzuki, T. Tomizaki, H. Toyokawa and A. Wagner : “The PILATUS 1M detector” , J. Synchrotron Rad. **13** (2006) 120-130.
- [3] M. Yonemura, Y. Komizo and H. Toyokawa : “Development of in-situ observation technique on solidification structure of weld metals by X-ray diffraction” , SPring-8 Research Frontiers 2005, to be published.
- [4] M. Yonemura, T. Otsuki, H. Terasaki, Y. Komizo, M. Sato and H. Toyokawa : “Two-dimensional Time-resolved X-ray Diffraction Study of Directional Solidification in Steels” , Mater. Trans., to be published.
- [5] Y. Narumi, K. Kindo, K. Katsumata, M. Kawauchi, Ch. Broennimann, U. Staub, H. Toyokawa, Y. Tanaka, A. Kikkawa, T. Yamamoto, M. Hagiwara, T. Ishikawa and H. Kitamuta : “X-ray diffractometer combining synchrotron radiation and pulsed magnetic fields up to 40 T” , J. Synchrotron Rad. **13** (2006) 271-274.
- [6] Y. Narumi, K. Katsumata, U. Staub, K. Kindo, M. Kawauchi, Ch. Broennimann, H. Toyokawa, Y. Tanaka, A. Kikkawa, T. Yamamoto, M. Hagiwara, T. Ishikawa and H. Kitamuta : “Lattice Distortion in Antiferromagnetic CoO under High Magnetic Fields” , J. Phys. Soc. Jpn. Vol. **75**, No. 7 (2006) 075001-1-2.

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

豊川 秀訓

6. 放射線評価

6-1 放射線測定機器の開発

(1) 放射光絶対強度測定法の開発

高エネルギー、大強度双方の単色放射光に対して、自由空気電離箱を用いて絶対強度を測定できるようになり、そのオプションとして、高調波成分の割合を迅速かつ高感度にモニターできる電離箱システムを提案し、BL46XUにて実証した。

(2) 放射線シミュレーション技術の向上

測定機器設計にも、放射線輸送計算コードが用いられるようになってきた。その精度を向上させるため、光電子角度分布について調査を行い、表現式として汎用コードにしばしば用いられるSauterの式のシミュレーションへの影響を調べた^[1]。

(3) 生体等価シート線量計の開発

ETFE樹脂をベースに、フッ化リチウム熱蛍光素子を分

布させたシート線量計開発を、共同研究として実施している^[2]。同蛍光材料の改良を行うため、XAFS測定をSPring-8 BL19B2ビームラインにて行った。国外でも放射線治療への応用を目指して、我々と同一のものが試作されてきており、実用化へ向けて加速されつつある。

6-2 放射線安全

(1) 線量計算

BL05SS光学ハッチの追加遮蔽設置に伴う線量計算の一部を担当した。モンテカルロ計算により高エネルギー放射線の挙動をシミュレーションした。

(2) 放射線漏洩検査

使用前検査を、BL08B2、BL17SU、BL29XU、BL40B2およびBL40XUにおいて実施した。

(3) ワーキンググループ

許認可対応、定期確認・定期検査対応および予防規定改定を目的に、「申請および検査」対応ワーキンググループが、10月より3月まで計10回開催され、事務局を務めた。

6-3 放射線損傷の防止

(1) 遮蔽用光学窓の調査

収納部や光学ハッチ内における放射線損傷は、機器の維持管理にとって重要である。鉛板による遮蔽が一般に有効であるが、カメラのレンズ部には透光性を有する鉛ガラスが用いられる。しかし、鉛ガラスは照射により着色し、徐々に画像の明るさが失われる。そこで、放射線を効率良く遮蔽しつつ着色しにくく、しかも安定入手できる光学材料について調査を行った。ビームライン照射試験や吸光度分析などを行い、Ba、Ta、Mg系透光性セラミックスが鉛ガラスより多くの点で優れている結果を得た。実際に、同材料は光学ハッチ内の測定時に利用された。

(2) 大線量マッピングシステムの運用

ガフクロミックフィルムを用いた大線量分布測定システムの運用を引き続き実施した。今年度は、線量領域をさらに広げるため、EBTフィルムの校正ファイル作成、反射光用スキャナー整備、B3000フィルムの試用なども行った。

(3) 放射線損傷データ予備測定

収納部内クロッチ上における材料照射の可能性について調べるため、ガフクロミックフィルムを用いて線量分布測定を行い、シンチレータ、光学窓、樹脂などの照射を試みた。

参考文献

- [1] N. Nariyama, "Photon-produced electron fluence calculated with photoelectron angular distribution of Sauter expression," Proc. X05, Radiat. Phys. Chem. (2006予定)
- [2] N. Nariyama, et al. "Tissue-equivalent TL sheet dosimetry system for X- and gamma-ray dose mapping," Proc.

SSD14, Radiat. Prot. Dosim. **120** (2006) 136-139.

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 展照

7. 専用施設支援

専用施設チームは、外部機関がSPring-8に設置しているビームライン（専用ビームライン）について、技術的な支援窓口として活動している。

2005年度には専用施設に関して大きな変化があった。これまで施設の建設者としてSPring-8の運営に携わってきた特殊法人日本原子力研究所（原研）が2005年10月に特殊法人核燃料サイクル開発機構と統合し、独立行政法人日本原子力研究開発機構（原子力機構）となり、原子力機構はSPring-8の運営から撤退することになった。その結果、これまで独立行政法人理化学研究所（理研）ビームラインとならんで施設者ビームラインとして4本のビームラインが運営されてきたが、2005年10月からは専用ビームラインと位置づけられることになった。

また2本目の兵庫県ビームラインBL08B2が5月より稼働を始め、上記原研ビームラインの専用ビームラインへの移行と合わせ、専用ビームラインは14ビームラインとなった。このうち加速器部門で担当している大阪大学核物理研究センタービームライン（BL33LEP）を除く、兵庫県ビームライン（BL08B2、BL24XU）、（独）日本原子力研究開発機構ビームライン（BL11XU、BL14B1、BL22XU、BL23SU）、台湾NSRRCビームライン（BL12XU、BL12B2）、（独）物質・材料研究機構ビームライン（BL15XU）、産業界専用ビームライン（BL16XU、BL16B2）、創薬産業ビームライン（BL32B2）、大阪大学蛋白質研究所ビームライン（BL44XU）の技術支援、連絡窓口として活動している。活動内容としては、運転に関わる連絡事項や施設改善に関わるスケジュールなどの調整、SPring-8のビームラインを保守管理するために必要な教育などである。

2005年度にはBL12XU（台湾NSRRC）にて、冷凍機のX線窓が破裂し軽傷者を出す事故があった。直ちに事故調査委員会が設置された。専用施設チームも委員会に参加して、NSRRC側との連絡、調査活動を行った。約半月の活動の後、原因解明と再発防止のための提言を纏め、「BL12XU事故原因調査報告書」を提出した。冷凍機の構造に事故の主因があることが判明したため、同種の冷凍機の構造を調査し必要な対処を行う指示が利用研究促進部門長より出され、再発防止策が講じられた。

ビームライン・技術部門

共通技術支援グループ 専用施設チーム

古川 行人

8. 共通技術支援

ユーザーの多様な要求やSPring-8の高度化に対応するために、サイト内における基盤技術とユーティリティー設備は極めて重要である。

周辺技術チームは、機器設計および工作技術を基盤とし、機器設計製作および据付、回路開発、化学試料関連の支援、ソフトウェア開発、その他技術相談などあらゆる依頼に対応している。2005年度の作業依頼の件数は311件であった。作業依頼者の所属と依頼件数の割合は、図1の通りである。また作業別では、機器設計製作および据付関連の依頼件数が、全体の77%であった。

さらに、マシンショップ、化学試料準備室、ストックルームおよびコーナー、液体窒素置場、CAD室の管理運営を行っている。

以下にそれぞれの詳細について報告する。

(1) マシンショップ

マシンショップでは定期的に新規利用者に対して安全講習を行っている。各マシンショップにはカードリーダーを設置し安全講習修了者のみ入室できるようにしている。

2005年度は、第1と第2マシンショップ安全講習を15回、第3マシンショップ安全講習を7回行った。参加者は第1マシンショップが55名（ユーザー23名を含む）、第2が43名（ユーザー18名を含む）、第3が27名（ユーザー8名を含む）であった。

2005年度の1日の平均利用者数は、第1または第2マシンショップが9名で、第3マシンショップが8名であった。

(2) 回路開発支援

回路開発支援として、2005年度は、電気電子技術に関する

コンサルティングなどの通常の技術支援業務に加え、A：近赤外線放射を利用した放射光モニターの検討、B：NMOSリニアセンサーによる時分割XAFS用検出器の開発、C：ミラーによる高速ビーム位置制御のためのフィードバック制御回路の開発などを行った。またフォトルミネッセンスを利用した放射光モニターの開発を開始した。

(3) 化学試料準備室

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。2005年度は、BL01B1及びBL28B2のin-situ XFAS実験で使用使用する燃焼式除害装置の開発を行った。本装置は、主に毒性ガスである一酸化炭素を水酸素炎中で燃焼させて無害化する装置である。また、BL01B1やBL28B2において可燃性ガスや毒性ガスを使用するin-situ XFASユーザーの実験サポートを行った。

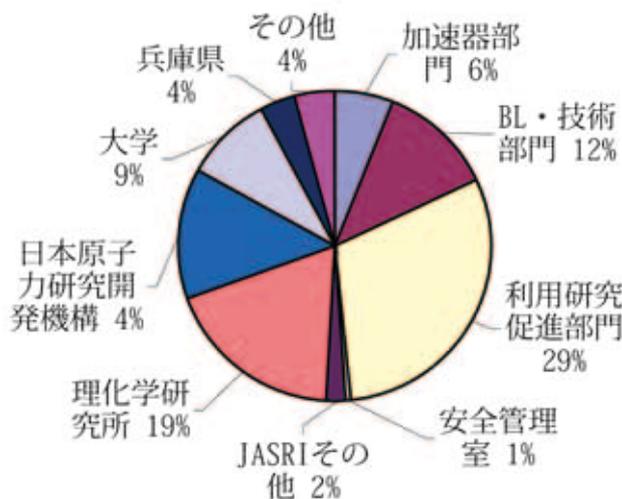
(4) ストックルーム

・2005年度報告

ストックルームの業務は蓄積リング棟におけるストックルーム1ヶ所、コーナー3ヶ所のユーザーの入退室管理、備蓄品の入庫／出庫／在庫管理、工具類管理であり、また、実験ホール内における液体窒素置場5ヶ所の供給、維持管理などである。

2005年度にストックルーム／コーナーの利用者数は延べ16,518名、出庫件数は24,111件であった。液体窒素は123,175リットルの供給であった。

今後のSPring-8における共用方針変更のため、ストックルームの利用状況を映像で記録する監視カメラシステム（4ヶ所にウェブカメラ8台）を導入した。



依頼者所属	件数
加速器部門	19
BL・技術部門	37
利用研究促進部門	94
安全管理室	2
JASRIその他	6
理化学研究所	58
日本原子力研究開発機構	42
大学	29
兵庫県	11
その他	13
合計	311

図1 作業依頼者の所属と依頼件数の割合

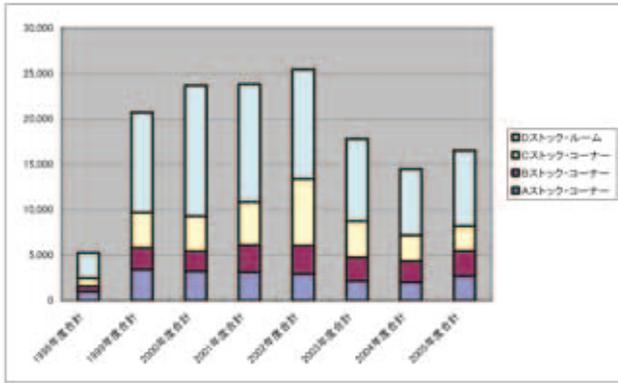


図2 ストックルーム／コーナーの延べ利用者数の推移

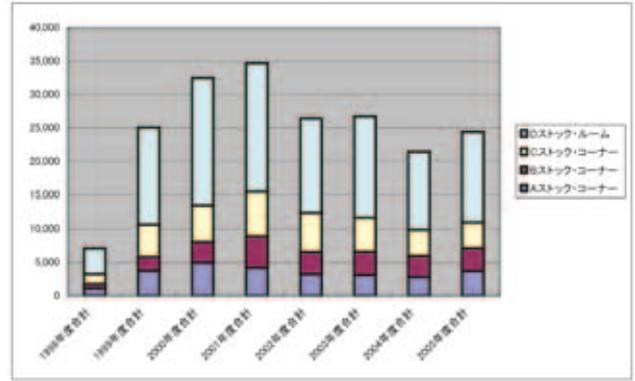


図3 ストックルーム／コーナーの利用件数推移

- ・過去8年間ストックルーム／コーナーの延べ利用者数の推移（図2）
- ・過去8年間ストックルーム／コーナーの利用件数推移（図3）

(5) CAD室

(a) CAD室の業務

CAD機器管理、依頼により青図及びCADデータの保管、CAD図面の作成、データ変換、CADシステム利用の講習などを行う。

2005年度Helix CADAMシステム（5台）利用について、利用の延べ人数は534名であり、利用時間（実稼動）は1093時間であった。

また、次の業務を行った。

- ・SPring-8全体図のバージョンアップ

- ・次世代放射光（SCSS）試験加速器図面作成と機器図面管理

- ・「SPring-8 Research Frontiers」年鑑誌の挿絵作成

(b) SCSS試験加速器図面管理の新手法の開発

SCSS試験加速器は機器製作メーカーも各々であるし、作成した図番も様々である。機器設計図、機器関連資料などを統括管理及び迅速検索としては新しい管理手法を開発した。

PDF参照図面と図面に関連する情報の統括管理：PDFファイルのハイパーリンク機能を利用して全体図に機器ごとにリンクをかけ、リンク先はPDF機器参照ファイルである。PDF機器参照ファイルには製造会社資料、設計図、議事記録及び機器に関連するパラメータなどのPDFファイルが挿入可能である。次の図（図4）

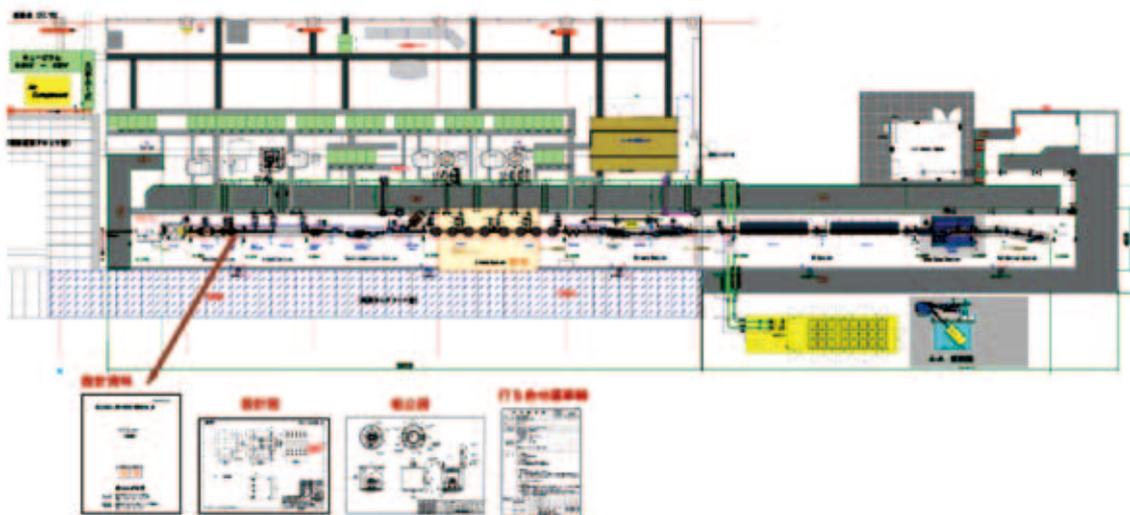


図4 SCSS試験加速器図面管理

のようにリンクして置いた。任意の加速器機器をクリックすると関連するPDF資料は新しいウィンドウで一括表示される。

また、PDFファイルの作法では、コピー禁止、印刷付加といった操作の制限を利用して「セキュリティ」の設定よりファイルの保護もできる。

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
 安積 則義、呉 樹奎
 横田 滋、工藤 統吾

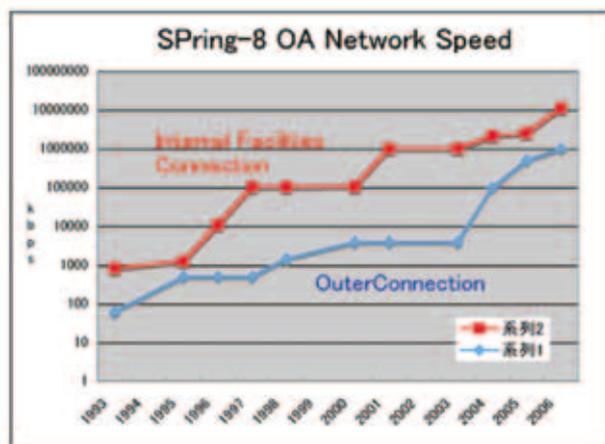


図2

9. 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（現 原子力機構）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。

9-1 ネットワーク機器整備・増強

(1) 外部接続の変更と高速化

これまでSPring-8のBL33LEPグループの大量データ転送で阪大RCNPに接続するために兵庫情報ハイウェイ(500Mbps)～神戸大学経由でSINETに接続してきた。しかし2005年12月にSuperSINETのAccess PointがSPring-8サイト内に設置された事を受け、1Gbpsでの専用線接続を行えるようになった(2006.1.18)。また蛋白構造解析メールインサービスで全国の大学への大量データ転送やその他一般研究者のインターネット接続のためにこのSINETのAccess Pointから汎用接続方式を利用出来るようになった。このために高いスループットと信頼性を上げるべく、SPring-8の主ルータ及びFirewallを高速化して接続(2Gbps)利用を開始した(2006.2.1, SINET接続の図1を参照)

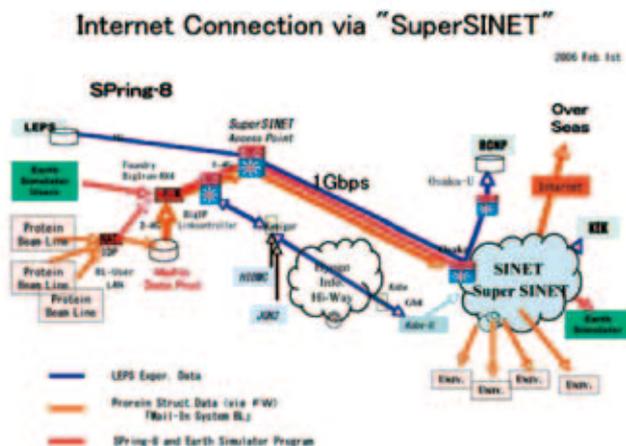


図1

(2) 所内の幹線の高速化

- ・蛋白構造解析メールインサービス実験装置と大容量、高速データプール装置と所内外のサーバーとを高速で接続するため、FastIron-SXをリング棟Dゾーンに設置、またNetwork中央基幹SWをBigIron-RX4に置き換えて10Gbpsの超高速幹線で接続した。参考として1993年から2006年までの所内幹線と外部接続幹線の通信回線速度の進捗グラフを図2に示す。このグラフからも分かる通り、通信速度は4～5年で10倍という世界の標準的な進化の速度にほぼ同調している。
- ・蓄積リング棟 ABF光ファイバー等増設整備をおこなった。蓄積リング棟の情報ネットワーク配線は一部収納部の管路を經由してあるため、放射線等に依って劣化、老朽化していた。これを補完するためのB、Dゾーンの光ファイバーの増設設置、工事を行った。また多数のネットワークが同時にアクセス出来るように上流幹線が1Gbpsで通信するため、不足しているB、Dゾーンの光ファイバー幹線の整備を行った。

(3) 各種サーバーの整備・増強

- ・メールサーバー
 - SPring-8全体の代表メールサーバーの処理能力を増強するための、調査を行った。次年度により高速、高可用システムを導入する方針を得られた。
- ・サーバホスティングサービス
 - 仮想ホスト技術を利用して、SCSS（理化学研究所）とJIAC（JASRI国際諮問委員会）のFTPサーバーの構築を行った。SCSSではデータ交換用として、JIACでは諮問委員会用の冊子作成、各委員の電子原稿収集及び配布に利用する事を目的とする。

(4) 無線ネットワークサービスの整備

- ・無線ネットワークのより広いサービスエリア提供とセキュリティ強化を目的として、無線LAN用ネットワーク敷設工事を行った。中央管理棟、医学利用棟、食堂棟、組立調整実験棟、放射光普及棟における、広いサービス

エリアの提供のため、各建家に無線LANネットワーク専用の配線を設定して無線LANアクセスポイントを設置した。これにより個別的なアクセスポイントの乱立を禁止し、共通化されたネットワーク構成で統括的に管理することに依ってより安全な利用体系を得た。

- ・蓄積リング棟 実験準備室側の廊下に無線LAN-APを設置した。BL-USER-LANに無線LANアクセスポイントを設置するとセキュリティ上の問題が発生しやすいため、リング棟のOA-LANに無線LANを設置し、認証ネットワークに接続させることにより、セキュリティを確保する。またこの蓄積リングエリアではプロトコルを制限し、BL-USER-LANとの安易なブリッジが出来ないような接続形態を確保する。また将来にわたってセキュリティを確保するための技術研究を進める。

9-2 ネットワーク機器保守・管理

(1) ネットワーク機器の保守・管理

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のスタッフが交換するものとしている。

(2) 研究交流施設ネットワーク改修

研究交流施設BCD各棟が建設当時のネットワーク配線やハブに不具合が発生してきたため、ネットワーク機器と1部の配線を更新した。

9-3 通信管理、サーバー類の運用保守管理

以下の主な3点に関して運用保守管理を行った。

(1) IP addressの発行・運用管理

NSの管理とIP addressの発行に関する詳細情報データの運用管理を行った。

(2) SPring-8代表WWWサーバーの運用管理

(3) Mail, News, Proxy サーバーの運用・管理

SPring-8の代表メールサーバーおよびウイルスメール監視装置の維持・管理を行った。メールサーバーのアカウント新規発行・削除などの整理を行った。

9-4 インターネットセキュリティの維持・強化

外部発信の計算機約80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い、結果を各管理者に報告し、セキュリティ向上を促した(9月)。

9-5 ネットワーク認証システムの整備

研究交流施設等のネットワーク接続、及び、共用エリアで不特定者が利用する場合のネットワーク接続を認証する為のサーバーを導入し無線LAN利用者を含めた統括的管理を行うことによりセキュリティを向上させてきた。認証ネットワーク用機器として、昨年度Vernier Networks製のものを1セット導入し運用していたが、冗長化の為に同じ製品を1セット追加した。また、増設作業時にファームウェアのアップデート作業も行った(2006年1月)。

9-6 運転情報表示端末の保守・整備

2004年度に故障した運転情報表示端末数台の修理・交換等を行った。8台のCPU装置の更新、及び、CRT DISPLAY装置10台の液晶への変更を行った。

9-7 談話室・研究交流施設共用PCの管理

リング棟談話室(6台)、研究交流施設管理棟の共用PC(3台)の管理を行った。

ビームライン・技術部門 情報ネットワークチーム
 武部 英樹、間山 皇
 酒井 久伸、坂本 達亮、濱野 崇