

4-2 理研ビームライン

理研では、構造生物学関連の4本のビームライン、物理学関連の2本のビームラインが稼働しており、また物理学関連のビームライン1本が建設中である。いずれも順調に稼働しているが、初期に建設されたビームラインに関しては、改修計画の策定が始められている。

1. 構造生物学ビームライン (BL45XU)

構造生物学ビームライン (BL45XU) では鉛直偏光のタンデムアンジュレータと人工ダイヤモンドを分光素子として利用することにより、蛋白質結晶構造解析 (BL45XU-PX) と溶液散乱 (BL45XU-SAXS) の実験を同時に行うことができる。

BL45XU-PXは、多波長異常分散 (MAD) 法に基づく回折強度測定を想定して、トリクロメーターによって3つの波長の異なるX線を同軸上に提供する。しかし、トリクロメーターは製作後7年が経過し、代替部品も存在しないため装置の安定動作を図ることが困難になりつつあった。また、BL45XU-PX及びBL45XU-SAXSがJASRI標準仕様と全く異なる制御システムをそれぞれ独自に保持していた。そこで本年度は光学系 - 実験ハッチ系制御システムの抜本の変更を行った。それに伴い約30%のユーザータイムをビームライン高度化枠として使用している。

本システム変更は、BL45XU-PX及びBL45XU-SAXS共にSPRING-8標準の制御システムを導入することによって、今後発生するであろう故障等に対して迅速に対応できるよう配慮したものである。ハードならびに基幹部制御ソフトウェアの開発をJASRI制御系グループに委託し、JASRI作成の制御ソフトウェアとつなぐためのサーバーソフトウェアの開発はBL45XU-SAXSと共同で行った。ユーザーの利用する回折計等の制御ソフトウェア等の新規開発も同時に行い、データ処理用コンピュータの高速化、ネットワーク環境の整備等も行った。この一連の作業により制御システムに伴うトラブルは大幅に減少している。

この他、昨年に引き続き、本年もトリクロメーターのオーバーホールを行った。また、着氷が目立ち、ユーザー実験に支障が出始めていたクライオ装置のオーバーホールを行った。CCD撮像装置 (Jupiter: 理学電機) に一部画像が読み取れない不具合が発生したため、その修理を行っている。

BL45XU-SAXSでは、上記制御システム変更をBL45XU-PXと共同で行うと共にそれに伴うモノクロメーター・スリットの制御ソフトを新規作成した。CCDカメラ制御ソフトの安定化のためにOS及びソフトの更新を行い、時分割測定に対してより自由度を持たせるために対数型任意バ

ルスジェネレーターを作成しCCDカメラのコントロールテストを行った。ストップドフロー装置でのミキシング確認のためにラビッドスキャン分光測定装置分光・制御系を更新し、X線を使用せずに装置の調整が行えるようにした。また、生分解性高分子の繊維回折が計測できるよう、カメラ長10cmから30cmの広角カメラを作成した。これにより、Bragg間隔で従来の3.7 から新たに1.2 の広角まで計測できるようになった。

(河野 能顕、藤澤 哲郎)

2. 構造生物学ビームライン (BL44B2)

構造生物学ビームライン (BL44B2) は生体高分子の構造生物学研究を目的として建設された理研ビームラインである。光源は偏向電磁石からの放射光を用い、幅広い波長範囲 (波長0.6 ~ 1.7) のX線を利用できる特徴を持っている。利用課題は蛋白質結晶のX線回折測定実験が大半を占めている。ユーザーは2次元CCD検出器を使ってデータセット測定を行い、測定イメージはビームラインに設置されたワークステーションでデータ処理することにより回折データとして持ち帰ることが可能である。

本年度は2次元CCD検出器をMar165 (Mar Research社) からQ210 (ADSC社) に更新した。これに伴い検出器の有効検出面積が約2倍となり、高分解能データの収集がより容易となった。また、2次元CCD検出器の更新に伴い、測定イメージの転送速度が1イメージ当り1秒と高速化した。これによりデータ処理用ワークステーションの処理速度がデータ処理全体のボトルネックとなる状況が見られた。このため、データ処理用ワークステーションをより高速な機種 (ペンティアム4搭載、2台) に更新した。

(内藤 久志)

3. 構造ゲノムビームライン (BL26B1&B2)

3-1 はじめに

SPRING-8構造ゲノムビームラインBL26B1&B2は、構造ゲノム研究の対象となる膨大な数のタンパク質の立体構造を解明するために、最も効率よく迅速かつ簡便に回折強度測定を行うことを目指している。サンプルの高速スクリーニングや連続データ収集のために、ビームライン運転の自動化を最終目標として研究開発を進めている。ビームライン光学系にはシンプルで最も取り扱いやすいSPRING-8標準の偏向電磁石ビームラインデザインを採用し、実験ステーションにはサンプルチェンジャーを中心とした大量サンプル管理システムを導入して、実験の自動化を図っている (図1)。



図1 構造ゲノムビームライン実験ステーション内部の様子
遠隔操作可能な実験ステージ上に、ゴニオメータ、サンプルチェンジャー、2種類の2次元検出器が設置されている。

2003年度はBL26B1ではサンプルチェンジャーを用いない通常のユーザ実験を行った。また、BL26B2ではビームライン自動運転のR&Dとして、サンプルチェンジャーの高度化を進めると共に、実際にユーザ試料を持ち込んで連続自動運転を行っている。また、ビームライン光学系高度化への準備として、BL26B2において分光器サジタル結晶を用いた集光光学系のスタディも行われている。

3-2 自動運転R&D

2003度前半は、BL26B2においてビームライン自動運転に向けたサンプルチェンジャーの連続運転試験を行った。2003度後半より自動運転によるビームライン運用を開始し、ユーザグループより持ち込まれたサンプルの連続自動測定を行った。測定に用いた試料は、実験室に設置されたサンプルマウントロボットにより専用トレイに保管され、ビームラインに運搬される。昼間はオペレータによるサンプル評価データ収集を行い、夜間は無人自動データ収集を行った。

3-3 光学系R&D

ビームライン光学系の高度化を目指して、第2サイクルにサジタル集光光学系の導入スタディを行った。サジタル集光光学系はJASRI、原研、理研共同でR&Dを継続して実行しており、今回はベンダー結晶 (Si (111)) およびベンダー双方に改良が加えられたものを使用した。BL26では第一結晶にはフィン付き直接冷却型が使用されているが、集光効率を理想状態に近づけるため第一結晶のホルダーへの取り付け歪みを低減させるためのR&Dも平行して行った。結果、1mのフラットミラーとの組み合わせにより試料位置でのビームサイズは、8keVから20keVのエネルギー領域で $200\mu\text{m} \times 200\mu\text{m}$ が実現された。今後もこの結果を基に、さらなる要素部品の改良を継続して行く予定である。

(山本 雅貴)

4. 物理学ビームライン (BL29XUL)

4-1 はじめに

BL29XULは全長が1kmの長さを持つ長尺ビームラインである。蓄積リング棟内の光源から60mまでの部分は1998年に完成した^[1, 2]。その後2000年に長尺部分の拡張が完了した^[3, 4]。この長尺部分の完成によって、本ビームラインの研究目的である可干渉X線を用いたX線光学の研究が本格的に行えるようになった。

4-2 ビームライン

輸送チャンネルミラー下流に、4象限スリットが設置されその調整が行われた。これにより、ミラー使用時の直接光の除去が簡易に行えるようになった。スリットの刃は完全閉時互いに接する構造になっており、簡易的なマイクロビームや仮想光源の生成にも用いる事ができる。

また、輸送チャンネルミラー上流には最小露光時間5ミリ秒程の真空仕様高速X線シャッタが設置された。このシャッタは外部TTLシグナルに同期した任意タイミングでの開閉操作が可能である。

4-3 実験ステーション

コヒーレントX線入射で得られるフラウンホーファ回折パターンから数学的に位相を回復して実空間構造に戻すX線回折顕微鏡の実験が、SSRL等との共同研究で行なわれた^[5-9]。ナノサイエンスへの応用として、多孔質シリカ内部の電子密度分布の絶対値測定に成功した^[6]。また、データ解析法の改良により、従来必要とされた低空間分解能での試料像測定なしに、硬X線回折強度のみからの試料像再生が可能となった^[7]。

高精度全反射ミラーを用いた実験が、大阪大学等との共同研究で行なわれた^[10-12]。ミラーはプラズマCVMとEEMを組み合わせ加工された^[11]。ミラーの形状計測には新たに改良されたマイクロステッチング干渉計が用いられた^[10]。1km長尺実験ハッチ (EH2) において、楕円ミラー2枚をKirkpatrick-Baez光学系に配置し、水平方向90nm、垂直方向180nmのほぼ回折限界の集光サイズを実現した (値は半値全幅)。

硬X線を用いたバルク敏感な光電子分光実験が、理研、JASRI等との共同研究で行なわれた^[13]。高エネルギー分解能を達成するため、Si 333チャンネルカット分光器 (バンド幅: 70meV @ 5.95keV) が用いられた。また、ミラーを用いた試料位置でX線ビームを二次元集光させ、測定の効率化を図った。

参考文献

[1] SPring-8 Annual Report 1998 (1998) 79.

[2] SPring-8 Annual Report 1999 (1999) 85.

[3] T. Ishikawa, K. Tamasaku, M. Yabashi, S. Goto, Y. Tanaka,

- H. Yamazaki, K. Takeshita, H. Kimura, H. Ohashi, T. Matsushita and T. Ohata : Proc. SPIE **4145** (2000) 1.
- [4] K. Tamasaku, Y. Tanaka, M. Yabashi, H. Yamazaki, N. Kawamura, M. Suzuki and T. Ishikawa : Nucl. Instrum. Methods **A467-468** (2001) 686.
- [5] J. Miao, T. Ishikawa, E. H. Anderson, K. O. Hodgson : Phys. Rev. **B 67** (2003) 174104.
- [6] J. Miao, J. E. Amonette, Y. Nishino, T. Ishikawa and K. O. Hodgson : Phys. Rev. **B 68** (2003) 012201.
- [7] Y. Nishino, J. Miao and T. Ishikawa : Phys. Rev. **B 68** (2003) 220101(R).
- [8] I. K. Robinson and J. Miao : MRS Bull. **29** (2004) 177.
- [9] J. Miao, H. N. Chapman, J. Kirz, D. Sayre and K. O. Hodgson : Annu. Rev. Bioph. Biom. **33** (2004) 157.
- [10] K. Yamauchi, K. Yamamura, H. Mimura, Y. Sano, A. Saito, K. Ueno, K. Endo, A. Souvorov, M. Yabashi, K. Tamasaku, T. Ishikawa and Y. Mori : Rev. Sci. Instrum. **74** (2003) 2894.
- [11] K. Yamamura, K. Yamauchi, H. Mimura, Y. Sano, A. Saito, K. Endo, A. Souvorov, M. Yabashi, K. Tamasaku, T. Ishikawa and Y. Mori : Rev. Sci. Instrum. **74** (2003) 4549.
- [12] K. Yamauchi, K. Yamamura, H. Mimura, Y. Sano, A. Saito, K. Endo, A. Souvorov, M. Yabashi, K. Tamasaku, T. Ishikawa and Y. Mori : Jpn. J. Appl. Phys. **42** (2003) 7129.
- [13] K. Kobayashi, M. Yabashi, Y. Takata, T. Tokushima, S. Shin, K. Tamasaku, D. Miwa, T. Ishikawa, H. Nohira, T. Hattori, Y. Sugita, O. Nakatsuka, A. Sakai and S. Zaima : Appl. Phys. Lett. **83** (2003) 1005.

(西野 吉則)

5. 物理科学ビームライン (BL19LXU)

5-1 はじめに

BL19LXUは、27m真空封止アンジュレータを光源とする世界最高輝度のX線ビームラインである。2000年度にファーストビーム導入及び実験ハッチ1から3の立ち上げ^[1]、2001年度に実験ハッチ4の利用開始^[2]、2002年度に各実験ステーションの整備^[3]が行われてきた。今年度は更なる高輝度放射光の有効利用に向けて光学ハッチ内にミラー設置用チャンバーを整備した。

5-2 ビームライン

輸送チャンネルに、高次光除去機能だけでなく集光機能も同時に持つミラー用チャンバーを設置した。図2に結晶分光器下流に設置されたミラー用チャンバーを示す。縦跳ね用であり、上跳ね下跳ねの計2台で構成されている。それぞれのチャンバー内のミラーホルダーには、垂直水平移動、およびbend機構が備わっており、全て独立に制御可能である。

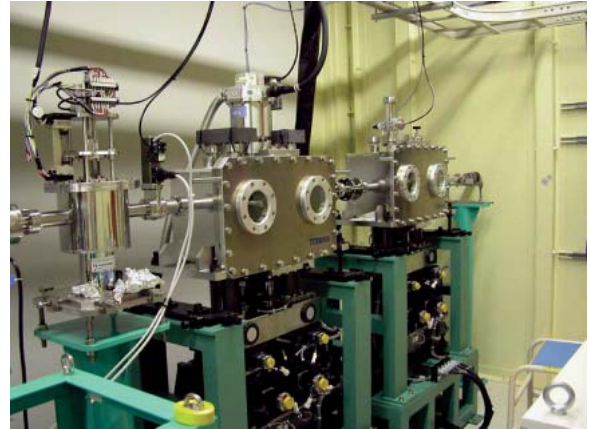


図2 光学ハッチ内に設置されたミラー用チャンバー

5-3 実験ステーション

各実験ステーションでは、強度相関法を用いたX線干渉計の開発、結晶光学系によるコヒーレンス伝播の研究、コヒーレント散乱法の基礎実験、強度干渉法によるX線の特性評価、X線・超短パルスレーザー同期による時間分解X線回折、強磁場下でのX線磁気散乱による物性研究、X線と走査型トンネル顕微鏡による表面物性研究、共鳴非弾性X線散乱など、光源の高輝度・高コヒーレンス特性を活用した多岐にわたる研究が進められた。

[1] SPring-8年報 2000年度 (2000) 118.

[2] SPring-8年報 2001年度 (2001) 132.

[3] SPring-8年報 2002年度 (2002) 143.

(田中 義人)

6. 物理科学ビームライン (BL17SU)

BL17SUは、理化学研究所専用の軟X線アンジュレータビームラインとして、2001年度から建設を始め、2004年度に建設を完了する予定である。前年度までに行われた挿入光源と基幹チャンネルの建設設置に引き続き、2003年度は、ブランチAの分光器と測定系の建設を行った。当面の目標としていたエネルギー分解能10,000を達成した。分解能の分解能評価には、超高分解能の電子エネルギー分析器を用いた。一方、本ビームラインに設置予定の高分解能光電子分光器および高分解能発光分光器の開発も行った。2004年度は後置鏡等の調整を行うと同時に部分的に光を使用する予定である。本ビームラインは軟X線領域の先端的な光科学研究を行うと同時に、物質科学の推進を目的としている。建設に際しては、これまで、SPring-8に建設された3本の軟X線ビームラインで蓄積されたビームライン技術を結集すると同時に、そこで指摘された問題点を解決するための技術開発のR&Dも行う。

(辛 埴)