トピックス

フロンティアソフトマター開発産学連合ビームライン（FSBL）：BL03XU の概要

増永啓康[1]，小川紘樹[1]，高野琢[2]，杉原保則[3]，櫻井和朗[4]

[1]高輝度光科学研究センター利用研究促進部門
[2]高輝度光科学研究センター　〒679–5198 兵庫県佐用郡佐用町光都 1–1–1
[3]フロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連合体　代表
[4]フロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連合体　運営委員長

要　旨　高分子・ソフトマテリアル分野のビームライン（フロンティアソフトマター開発産学連合ビームライン（FSBL））の建設が SPring-8 の BL03XU にて2008年からスタートし，2010年 2 月に竣工式を迎えた。現在ユーザーによる実験が順調に行われている。表面・薄膜精密構造解析のための第一ハッチ装置，小角・広角同時計測のための第二ハッチ装置及びその運用のための光学系について紹介する。

はじめに

高分子・ソフトマテリアル分野のビームライン（フロンティアソフトマター開発産学連合ビームライン（FSBL））のユーザー利用が2010年 2 月 4 日からスタートし，現在に至っている。高分子・ソフトマテリアル分野の学術・産業関係者及び SPring-8 施設側によって建設計画がスタートしてから約 4 年である。放射光を利用して高分子構造評価を行う研究者にとって，高分子構造評価をターゲットとするビームラインを持つことは夢であった。放射光 X 線を利用した小角散乱測定により構造解析を行う高分子材料研究者の多くは，主に Photon Factory の BL−15A，BL10C 及び SPring-8 の BL40B2，BL45XU（RIKEN の専用ビームラインであるが，一部共用に利用されている。）を利用していた。これらのビームラインはタンパク質，脂質などを測定ターゲットとする生物系のグループを中心として，建設・運用されており，高分子材料や新規ソフトマターの研究のための，物性同時測定システムや小角・広角散乱同時測定，及び薄膜材料のすれすれ入射小角散乱（GISAXS）システムを有する高分子分野専用の BL は存在しなかった。特に高分子材料研究を行うユーザーは，他分野の構築したビームラインを観測したい試料に応じて使用しており，高分子材料特有の Å（＝0.1 nm）から μm に及ぶ階層構造評価や物性との同時評価とのために，比較的大きな装置をビームラインに持ち込むことも多く，ビームラインを運用する分野との折り合いをつけながら実験を行っていた。SPring-8 では一方，高分子材料の構造・物性評価を行う課題数は年々増加しており，特に2007年からは産業利用が増えると共に高分子材料評価を行うユーザーが急激に増大していた[1)]。また，Photon Factory でも近年に到るまで実験課題数及び共同利用者数は増加の一途をたどっており，希望するビームタイムよりも少ないビームタイムの配分状況となっているのに加え，試料部分の持込装置セットアップのために実質的なビームタイムが非常に少なくなってしまっている。

産業界としては，軽量化，低コスト化が見込める高分子材料は金属・無機材料の代替としての研究がなされ，省エネルギーを推進するためには欠かせないものであり，高分子材料の構造評価は非常に重要な分野であった。放射光における高分子材料評価ユーザーの増大に伴なうビームタイムの混雑の緩和，高分子・ソフトマテリアル材料の精密構造評価，産業界からの高分子材料評価を達成すべく，次世代の高分子材料・ソフトマターの開発のために材料のメソ・ナノスケールから原子・電子密度レベルまでの構造を，高分解能の小角・広角同時計測と物性同時計測により明らかにし，この材料系特有の階層構造と物性相関を統合的に解明することを目的としてビームラインの建設が計画された。

フロンティアソフトマター開発産学連合ビームライン（Frontier Softmaterial Beamline: FSBL）は，SPring-8 の BL03XU 位置に設置された標準型真空封止アンジュレータから発せられる光を光源とする X 線散乱測定用ビームラインである。BL03XU はソフトマター・高分子材料の基礎・応用研究の発展及びそのための放射光技術の高度化に資することを目的とした専用ビームラインの建設と運営を行うために結成された産学連合体によって運営される。

(C) 2011 The Japanese Society for Synchrotron Radiation Research

BL03XU のコミッショニングは2009年末に終了し，2010A 期からユーザー利用を実施している[2-4]。

フロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連合体

フロンティアソフトマター開発専用ビームライン産学連合体は，我が国のソフトマター・高分子材料の基礎・応用研究の発展及びそのための放射光技術の高度化に資することを目的とした専用ビームラインの建設と運営を行うために結成された。連合体は学術の「知」と産業の「技」を結集する新たな産学連携の形が必要であるという認識に基づき，日本の代表的化学・繊維企業を中心とした19企業[5]と学術研究者とが連合し，形成した19研究グループで構成されている（**Fig. 1**）。学術研究者は建設時のメンバーに加え，企業 G の共同研究に応じて次々と増加しており，現時点では20の大学，研究機関に所属する学術メンバーが登録されている[6]。各研究グループでは，複数の事業者や学術メンバーと共同でさまざまな研究を行うパターンや基礎研究から応用研究まで幅広い研究を行うパターンなど，それぞれのグループでさまざまなパターンの個性的な研究を展開することにより，開発研究の発展を目指す。企業 G は学術研究チームと協力しソフトマター・高分子新材料開発のための FSBL を利用した基礎・応用研究を推進し，その成果を，新商品の開発や製造プロセスの革新，および知財形成や論文発表により社会へ貢献することを目標としている。学術研究者は企業との共同研究の枠組み内での基礎研究も実施していくと同時に，高分子科学の長期展望に基づいた研究の提案と展開を行うことにより，ビームラインの高度化や新しい研究領域の開拓を目指している。また，参加企業は建設資金を均等に出資し，連合体の運営・ビームラインの維持管理に要する予算も参加企業から均等出資しており，ビームタイム及び運営に関わる業務を企業 G ごとで均等に配分するというコンセプトで運用している。

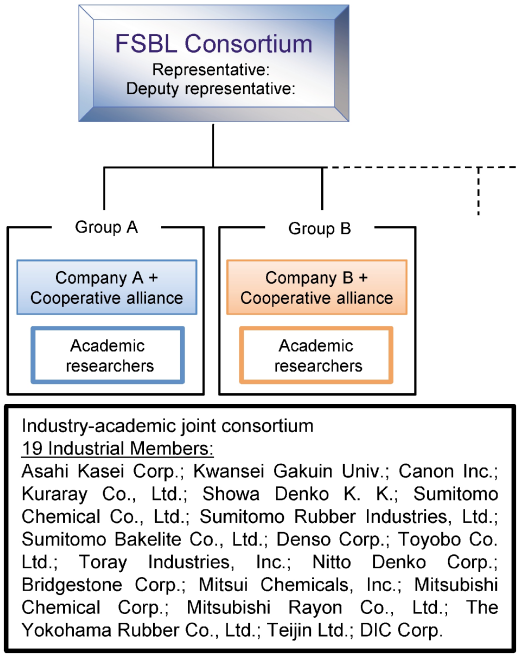

Fig. 1 Schematic of 19 Group and Advanced Softmaterial Beamline Consortium.

基本性能及び装置

(1) 光源・光学系

ビームライン光学系には SPring-8 標準装備型真空封止アンジュレータ及び標準的な輸送チャンネルを配置している。光学ハッチ内には液体窒素循環冷却型二結晶分光器（Si(111)）を配し，下流に設置した Kirkpatrick-Baez（KB）ミラーにより二次元集光を行う。集光ミラーは SiO_2 を基板材質とし表面はロジウム（Rh）とプラチナ（Pt）の二色コーティングされており，使用するエネルギーによりミラーを並行移動させることにより使い分ける。ミラー調整機構に備え付けられた湾曲機構により二結晶分光器で分光された X 線を第一ハッチ及び第二ハッチの希望する位置に集光させることができる。**Fig. 2** の光学系コンポーネント図に示すように光学ハッチ内にはスリットを配置しておらず，上流からの寄生散乱は第一ハッチ最上流の四象限スリットで取り除く仕様としている。実験に応じて二結晶分光器，ミラー，スリット等を調整し，光のエネルギー，集光，サイズ等を変更する。フロントエンドスリット（FE Slit）を0.2 mm × 0.2 mm（H × V），エネルギー12.4 keV，ミラー視斜角 4 mradでの第二ハッチ最下流（検出器面）におけるビーム形状は，0.08 mm × 0.06 mm（H × V, FWHM）の楕円状であった。利用できる X 線のエネルギー範囲は 6～35 keV である。Si(111)二結晶を用いた場合の計算によるロッキングカーブと実測値とはほぼ一致していたことから，エネルギー分解能 $\Delta E/E$ は 2 × 10^{-4} 程度と推測される。BL03XU では 6 keV～35 keV

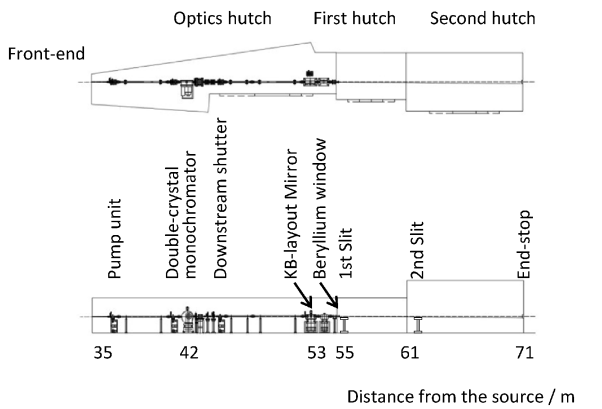

Fig. 2 Layout of optics components for FSBL (BL03XU). (Figure 2 in the reference 3)

までの光を用いて実験することが可能であるが，6 keV のエネルギーを用いる場合に高次光を十分減衰するためには，Rh コート面を用いてミラーの視斜角を 4 mrad 程度にする必要がある。また，21 keV より強い光を用いる場合には，Pt コート面を利用しても視射角を 4 mrad にすると光の強度は1/5以下となってしまうため，21 keV より強い高エネルギーを利用する時には，ミラーの視射角を 2 mrad にする必要がある。ミラーから第二ハッチ下流までは18 m であるので，視射角が 2 mrad 変化すると光の位置は70 mm 程度変化する。こうなるとスリット駆動や XZ ステージ駆動のみでは光学機器を光に合わせることは不可能であり，定盤ごと大きく駆動させそれに対応させる必要がある。ビームラインではユーザーの希望するエネルギーの光を提供することになるが，1 回の実験の平均日数が 1 日以下の現状では，ユーザーが実験できるようになるまでの光学系調整の時間をなるべく短くすることが要求される。そこで，通常の運用では 6 keV～21 keV の利用のみとしている。6 keV～16 keV まではミラー視射角を 4 mrad として Rh コート面を利用し，16 keV～21 keV 程度までは Pt コート面を利用する。こうすることで 6 keV～21 keV 程度の光を 1 時間程度の光学系調整のみで提供することが可能となる。21 keV より強い高エネルギーを利用する場合には，Pt コート面を用いてミラー視射角を 2 mrad とし，定盤等を大きく移動させそれに対応する。また 6 keV 程度の低エネルギー使用の場合にはミラーのみでは高次光は1/100程度しか減衰できないため，二結晶分光器の第一結晶の $\Delta\theta$ 角度をわずかにずらすデチューンを併用して運用している[7]。

(2) 実験ハッチ

BL03XU はアンジュレータ光源を用いて，反射型散乱測定による薄膜・表面構造評価を行う第一ハッチと透過型小角・広角散乱測定による構造解析を行う第二ハッチとがタンデムに配置するビームラインである。実験に応じて二つのハッチを切り替えて，若しくは両方のハッチを使用する。**Fig. 2** に示す 1st Slit の位置に X 線チョッパ，シャッタ，アッテネータ，スリット，イオンチャンバ（IC）を配置し，第一ハッチ中央には薄膜回折計と真空パイプ架台が，第二ハッチにはスリット，IC 及び小角散乱用自動真空パイプ昇降架台が配置されている。X 線チョッパはデューティ比が1/10，1/100になるような開口サイズをもつ円盤を高速で回すことで運用する。測定試料によっては非常に強い散乱強度を与えるものもあり X 線強度を減衰させる必要がある。X 線強度を減衰させるためには FE Slit を閉めたり，アンジュレータのギャップ値を大きくしたりすることで対応可能であるが，試料ごとに調整を行っていると光の位置，強度等の安定性が悪くなり実験に支障をきたす。また，強いアッテネータを挿入すると高次光の影響が無視できなくなる。そこで X 線チョッパを入れることで積分型検出器を用いた場合での見かけの強度減衰を達成する。また，X 線チョッパにより幅100 μs，周期100 Hz 程度のパルス光にすることが可能であるため，ユーザーが持ち込む試料周り装置と同期させることにより，構造に場所依存性のない材料であるならば，ポンププローブ法を用いて構造変化の時間分解測定も可能となる。

第一ハッチ仕様

第一ハッチには，試料水平配置型薄膜回折計とシンチレーションカウンタなどのポイントディテクタを用いた，すれすれ入射広角 X 線回折（GIWAXD）測定，広角 X 線回折（XD）測定，X 線反射率（XR）測定及び，二次元検出器を用いた，すれすれ入射広角 X 線散乱（GIWAXS）測定，すれすれ入射小角 X 線散乱（GISAXS）測定，が可能な計測システムが装備されている[8]（**Fig. 3**）。薄膜回折計は薄膜，フィルムなど試料表面を X 線に対して位置・角度調整するための，X, Y, Z 軸及び Swivel X, Y 軸の調整用 5 軸，及び回折測定を行うための θV， 2θV， θH, 2θH の 4 軸を有している。2θ の駆動範囲は 0～70°，角度分解能は 1″以下，4 軸の交差精度は30 μm 以下でエンコーダーにより絶対的な角度取得が可能である。試料及び調整用 5 軸，試料回転軸（θV）も同一真空チャンバ内に設置することで，試料の角度・位置調整時に真空チャンバが動かない設計となっている。薄膜回折計のアーム上には四象限スリット 2 台及びソーラースリット及びポイントディテクタである YAP シンチレーションカウンタ及び Si PIN フォトダイオードが設置されており，LabView により作成された GUI ソフトウェア（**Fig. 4**）により制御される。

薄膜回折計と組み合わせて GISAXS 測定を行うための真空パス架台は，2 本の真空パイプ，ビームストップ調整機構チャンバ，検出器自動切り替え機構を有し，試料―検出器距離（カメラ距離）が0.4 m，1 m 及び 2 m の実験が可能である。真空パイプを薄膜回折計の真空チャンバと連結させることも可能で，試料部から検出器直前までを同一真空下にすることで窓材や空気散乱などの影響の無い GI-SAXS 散乱測定も可能となる。また，第 2 ハッチでの実

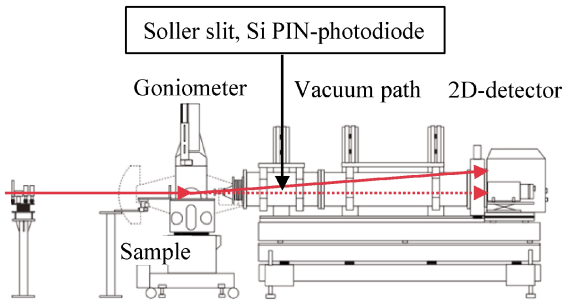

Fig. 3 Schematic illustration of a multi-axis diffractmeter and a vacuum path for GISAXS.

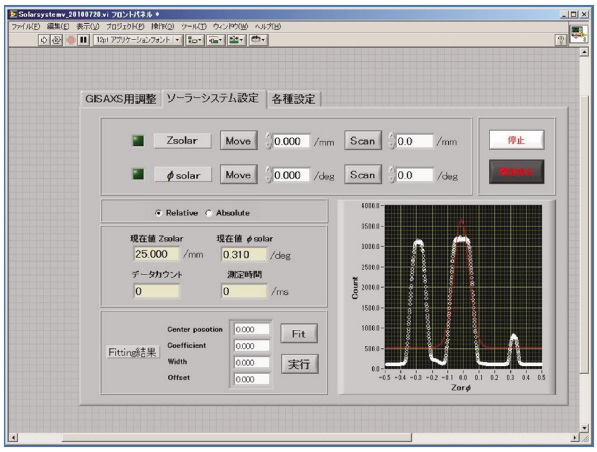

Fig. 4 GUI software that controls a multi-axis diffractometer and an alignment system of a surface.

験の際には光軸から真空パイプ，ビームストップ，検出器を大きく退避させる機構を有している。GISAXS 用検出器としてイメージングプレート X 線検出器（R-AXIS IV＋＋；㈱リガク製），イメージインテンシファイアー付き CCD（II＋CCD；浜松ホトニクス㈱製）が用意されている。

第一ハッチでの運用における光学系について説明する。二次元検出器を用いて散乱測定を行う場合には光を検出面に集光するのが理想であるが，すれすれ入射の散乱測定では試料に対する光の入射角度は0.1°程度の低角であるために，フットプリントの問題が存在する。つまり，検出器面で集光すると試料部分では垂直方向の光のサイズが大きいために光軸方向の X 線照射距離が長くなってしまい，試料が小さい場合には入射 X 線がすべて試料に照射されず，散乱強度が弱くなってしまう。そこで両方条件のバランスを取り，試料位置から検出器位置まで光のサイズが大きく変わらないような条件になるように垂直方向のミラーの湾曲率を決定した。また，水平方向を集光すると垂直方向の集光が少し悪くなり，且つ薄膜試料への X 線ダメージが増大するため，水平方向はミラーを湾曲させずスリットで横方向を切るにとどめる。決定した条件では垂直方向の光のサイズは30 μm 程度（FWHM）であり，光の入射角度が0.1°の場合にはフットプリントは20 mm 程度となる。水平方向の光のサイズは測定の種類によって変更することとなるが，GISAXS 測定の場合には FWHM＝50 μm 程度になるように運用する。この条件の場合にはフラックスは 1×10^{11} photons/sec 程度である。

GISAXS のための試料調整システム

表面・薄膜材料に対するすれすれ入射 X 線散乱測定を実施する際には，X 線光軸に対して試料表面を，平行且つ光軸中心（半割）位置に精度よく調整する必要がある。回折計の 2θ アームを用いる GIXD 測定の場合には，2θ アーム上のスリットと検出器を用いて試料の角度・位置調整を行うことが可能である。しかしながら，GISAXS 測定の場合には散乱強度の減衰を防ぐための真空パイプが試料直下流に存在するために，上記手法を用いることができない。そこで，**Fig. 3** の点線部に示すように真空パイプ中に制限された角度の X 線強度をモニターするためのソーラスリットと Si PIN フォトダイオードを設置した。このソーラスリットは垂直方向への自動並進軸と自動回転軸を有し，薄膜試料の角度・位置調整を可能としている。試料調整後はソーラスリットと Si PIN フォトダイオードを散乱測定範囲外に退避し，GISAXS 測定を行うシステムとなっている。現在，ダイレクト光軸を 0°とした場合に，試料アライメントの角度精度は±0.03°程度である。今後，ソーラスリットの改良，機器調整などを行ない試料角度調整の精度の向上を目指す。

第二ハッチ仕様

第二ハッチには，**Fig. 5(a)** 及び **Fig. 6** に示すような小角 X 線散乱（SAXS）測定，広角 X 線散乱（WAXS）測定及び同時測定が可能な計測システムが装備されている。様々なカメラ長の実験レイアウトがスムーズに変更できるように，長さ4.6 m の高精度リニアガイドが架台上に設置されており，ガードピンホール，移動ステージ，試料位置調整用 XZ ステージ，ビームストップチャンバ，検出器を光軸方向に精度よく位置を変更することが可能である。この架台は 4 種類 6 本（0.25 m と0.6 m 各 1 本及び0.5 m と 1 m 各 2 本）の自動昇降可能な真空パイプを有し，リニアガイド上のビームストップチャンバ，入射窓付きフランジとを接続することで，カメラ距離0.25 m～4.1 m の散乱測定が可能となる。**Fig. 6(a)** ƒ・J £4.1 m SAXS “ Ł ' **Fig. 6(b)** に示すカメラ距離 0.25 m の WAXS 測定の切替は光学系調整も含めて30分程度で完了する。検出器としてイメージングプレート X 線検出器 R-AXIS VII＋＋，イメージインテンシファイアー CCD 及び Flat Panel Detector（FPD; C9728DK-10）が用意されている。ダイナミックレンジ及び大面積が必要な測定の場合には R-AXIS VII＋＋が，時間分割測定などの高速散乱測定用に II＋CCD が用いられ，それら 2 台の検出器は **Fig. 6(c)**）に示すように水平に配置されており，実験に応じてユーザーが30秒程度で自動に検出器を切り替えることが可能である。また，試料直下流の小角散乱領域を干渉しない位置に広角散乱測定用検出器として FPD が設置され，小角・広角 X 線散乱同時測定が可能なレイアウトとなっている。FPD 及び II＋CCD を用いた同時散乱実験では最速で 3 Hz の時間分割測定が可能であり，測定時間，周期は外部 TTL トリガによって制御され，ユーザーの持ち込み装置等の同期のために測定系はマスター及びスレイブの

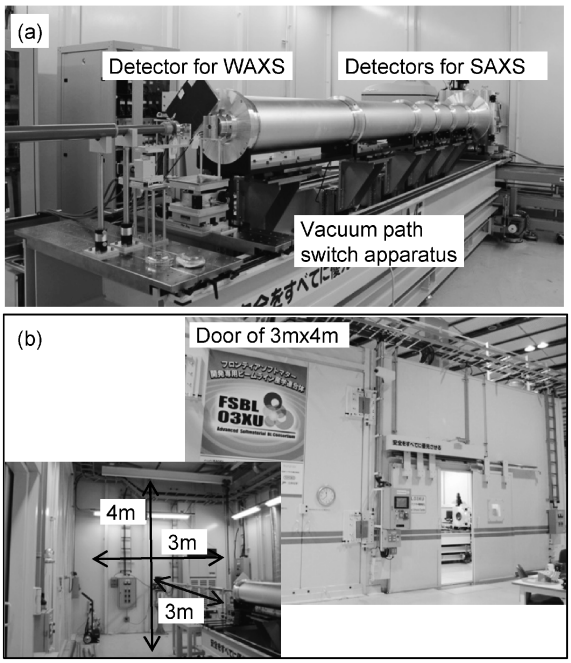

Fig. 5 Pictures of a WAXS/SAXS measurement apparatus and the second hutch. (a) a WAXS/SAXS measurement system; (b) Outside of hutch and a big space for sample in-situ measurements. (Figure 4 in the reference 3)

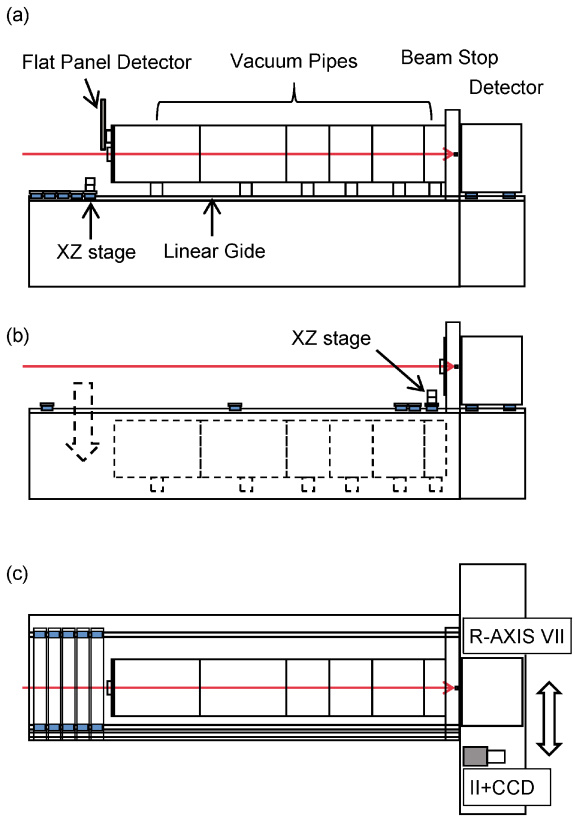

Fig. 6 Schematic illustration of a WAXS/SAXS measurement apparatus. (a) a side view at a setup of 4,1 m camera length; (b) a side view at setup of 0.25 m camera length; (c) a top view.

どちらでも対応可能なシステムとなっている。第二ハッチの大きな特徴として，**Fig. 5(b)**に示すようにハッチに 3 m ×3 m×高さ 4 m のフリースペース及びそのサイズの大型装置搬入可能な大扉を配置しており，ユーザー持込による大型装置を設置した測定も可能である。

第二ハッチでの運用における光学系について説明する。角度分解能を要求する実験で二次元検出器を用いて散乱測定を行う場合には，光を検出器のピクセルサイズ以下に検出面に集光するのが理想であり，光の集光が悪いとスメアリング補正等の必要が発生する[9,10]。BL03XU では検出面での光のサイズは60 μm 程度（FWHM）のサイズに集光されており，検出器のピクセルサイズが50～100 μm×μm であることから，小角散乱測定に十分な角度分解能があると言える。また，小角散乱測定では試料位置と検出器との距離が長いため，アンジュレータ光の角度発散が非常に小さいことも小角分解能の向上に大きく関係している。小角散乱測定では散乱角が0.1°以下のビームストップ周りの寄生散乱を抑える必要がある。寄生散乱の要因は主に二結晶分光器からの汚れた光，ミラーのスロープエラーによる光，窓材，空気からの散乱，スリット，ピンホールのエッジからの光による。窓材及び空気からの寄生散乱を抑えるために，BL03XU では窓材として表面研磨型 Be 窓を光学系真空パイプの最下流に設置し，空気パスをなるべく排除するように真空及び He パスを配置している。カメラ距離 4 m 以下の小角散乱測定レイアウトの際には，1st Slit, 2nd Slit は **Fig. 1** に示すように第一ハッチと第二ハッチの最上流に配置し，試料直前にガードピンホールを配置し，真空チャンバ内に配置された ϕ3 mm のビームストップ内に寄生散乱が収まるように Slit サイズ及びピンホールサイズを調整する。1st Slit サイズの調整によって二結晶分光器からの汚れた光，ミラーのスロープエラーによる光をカットしつつ光のサイズを決定し，スリット及びピンホールサイズは，それぞれダイレクトビーム及び 1st Slit からの寄生散乱を触らないように配置する。カメラ距離 2 m 以下の場合には ϕ1.6 mm のピンホールを用い，カメラ距離 2 m～4 m の場合には ϕ1.2 mm のピンホールを用いて，スリット幅の調整を行うことで寄生散乱を十分に抑えることが可能である。また，真空パイプ自動昇降架台の真空パイプに追加のパイプを接続することでカメラ距離7.7 m 程度にすることが可能である。この場合にはスリット間隔を十分に取ることができないため，検出 4 象限をすべて観測できるように寄生散乱を除去するピンホール光学系を組むことは難しくなる。そこでカメラ距離7.7 m の場合には，検出器の 1 象限をビームストップで覆いそこに寄生散乱を逃がし，3 象限を観測するタイプの 2d-USAXS カメラの構築を試みた[9,11]。この条件ではスリット，ピンホールサイズ，ビームストップを最適値にすることで，q=0.004 nm^{-1} までの小角領域を観測することが可能であり，フラックスも 2×10^{10} photons/sec と十分であるために，2d-

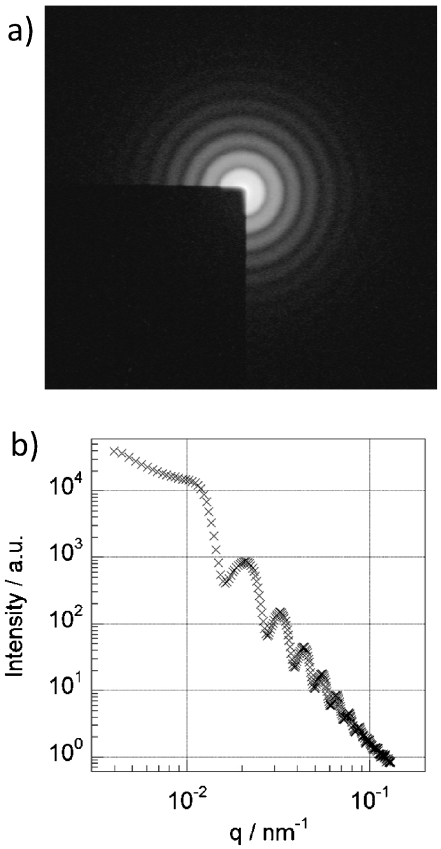

Fig. 7 Scattering pattern (a) and profile (b) from SiO_2 particles with a diameter of 570 nm measured with a sample-detector distance = 7.7 m and $\lambda = 0.20$ nm.

USAXSの高速時間分割測定なども可能となる。**Fig. 7** にカメラ距離7.7 m，波長2.0 Å で測定を行った直径570 nm のシリカ微粒子の散乱像及びプロファイルを示す。粒子形状に起因するフリンジが分解能良く観測されており，最大1.5 μm の構造観測が可能である。なお，極小角領域での散乱強度の立ち上がりはシリカ微粒子の凝集に起因するものである。

また，BL03XU では現在，ピンホール光学系を用いたマイクロビーム散乱測定[12]をユーザーに提供している。マイクロビーム生成では，試料上流の光軸に ϕ10～30 μm 程度のピンホールを挿入し光を絞り，ピンホールの100 mm 程度下流で試料の直上流に寄生散乱除去のための ϕ100 μm 程度のピンホールを挿入している。ϕ20 μm のピンホールを挿入した場合には，フラックスは 5×10^9 photons/sec 程度であり，試料から1.6 m 後方の検出器面での光のサイズは90 μm 程度（FWHM）であった。**Fig. 8** に15 μm 厚のポリエチレンの1軸延伸フィルムの散乱像を示す。延伸軸方向は図に示す縦方向であり，ラメラ長周期によるブロードな散乱が延伸軸方向に，フィブリルもしくはボイドから由来されると考えられるビーム中心からのストリークが延伸軸と直交方向に観測されており，ϕ20 μm のピンホールを用いたマイクロビーム光学系で，十分に構造評価できる散乱強度が得られている。

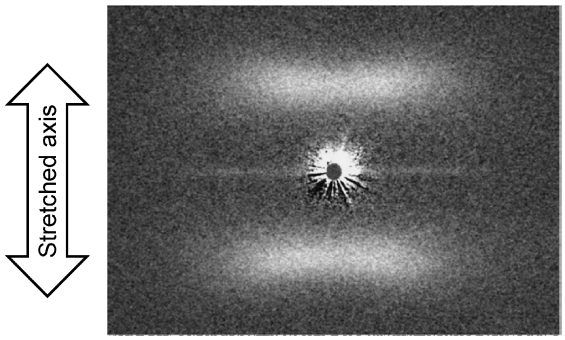

Fig. 8 Scattering pattern from a stretched polyethylene film. A sample-detector distance = 1.6 m and $\lambda = 0.10$ nm.

機器制御及びデータ収集系

制御について簡単に述べる。光学ハッチ及びその上流コンポーネントはすべて SPring-8 標準制御システムによって制御されており，非常に安定した運用となっている。また，実験ハッチ内のステージ類はすべて，実験ハッチ内に設置された PM16C 及び標準モータドライバにより駆動される。PM16C の制御及びシャッターコントロール等は，ハッチ外の PC から LabView で作成された GUI ソフトにより LAN による制御が行われている。X 線強度に比例する IC の値は VF コンバータ，カウンタにより変換された積算値としてビームラインのネットワークストレージに測定時間と共に記録され，二次元検出器による散乱データは，検出器を制御する PC 内ストレージもしくはネットワークストレージ上に保存される。

おわりに

ユーザーの放射光利用は千差万別であり，汎用的な測定が容易にできることを希望するユーザーと特殊な実験ができることを希望するユーザーが存在し，ビームラインでは全ての要求を満たす装置，システムを整備するのは困難である。特に産業利用においては開発段階にある様々な試料を測定するスクリーニング的な汎用測定と新規製品開発のための先端測定との両輪が要求される。汎用測定では試料の数，実験条件数によりビームタイム占有時間が決まり，先端測定では装置の調整，最適条件探しでビームタイム占有時間が決まってしまう。ビームタイム占有時間のうちの実効的な測定時間を増大させるために，FSBL ではセットアップ変更も含めた測定の効率化を考えている。例えば第二ハッチでは，カメラ距離 4 m 程度の小角 X 線散乱測定による II + CCD による時間分割測定のセットアップから，カメラ距離0.25 m の R-AXIS VII を使用した広角 X 線散乱測定のセットアップに変更するのに，光学調整も含

め１時間程度で切替が可能であり，それはユーザー自身でも可能な仕様となっている。BL03XU では今後，サンプルオートチェンジャ，簡易温調セルなどの汎用装置及び測定・解析システムを整備することで試料交換や調整時間を短くする予定である。今後，汎用測定の効率化とともに先端測定から生み出される新規材料の開発を目指す。

謝辞

FSBL は理化学研究所と JASRI の多大な協力を得たことにより竣工を迎え運用することができた。ここにこれまでのご協力に厚く御礼申し上げるとともに，今後のビームライン利用に関してもこれまで同様のご協力ご支援をお願いしたい。特に佐々木園博士（現京都工芸繊維大学准教授，ビームライン計画，完成時には JASRI 所属）には，連合体の結成から運営にかかわる様々な局面において非常なご尽力を頂き，此処に感謝の言葉を述べさせて頂く。

参考文献

1） 堀江一之，古宮　聰，高田昌樹編：機能物質・材料開発と放射光―SPring-8 の産業利用（シーエムシー出版，2008）p. 295.
2） FSBL ホームページ　http://fsbl.spring8.or.jp/
3） Pring-8 利用者情報誌，**15**(2), 69 (2010).
http: // www.spring8.or.jp / ja / news _ publications / publications/information/
4） H. Masunaga et al.: Polymer Journal, **43** (2011) in press.
5） 旭化成株式会社，関西学院大学，キヤノン株式会社，株式会社クラレ，昭和電工株式会社，住友化学株式会社，住友ゴム工業株式会社，住友ベークライト株式会社，株式会社デンソー，東洋紡績株式会社，東レ株式会社，日東電工株式会社，株式会社ブリヂストン，三井化学株式会社，三菱化学株式会社，三菱レイヨン株式会社，横浜ゴム株式会社，帝人株式会社，DIC 株式会社と大学及び研究施設研究者によるグループによって構成される。
6） 関西学院大学，北九州市立大学，九州大学，京都大学，京都工芸繊維大学，神戸大学，首都大学東京，信州大学，Stony Brook University，東京大学，東京工業大学，東京工芸大学，東京農工大学，豊田工業大学，長崎大学，名古屋工業大学，広島大学，三重大学，山形大学，㈱産業技術総合研究所
7） 大橋治彦，平野馨一編：放射光ビームライン光学技術入門（日本放射光学会，2008）p. 140.
8） 散乱と回折は測定法に依存する言葉ではないが，ここでは二次元検出器を用いて散乱を測定する場合には散乱と記述し，検出器前にスリット等を配置しある制限された角度の散乱を測定する場合には回折と記載している。
9） 雨宮慶幸，篠原佑也：放射光 **19**, 338 (2006).
10） Ryong-Joon Roe: Methods of X-Ray and Neutron Scattering in Polymer Science (Oxford University Press, Inc., 2000) 66.
11） 井上勝晶，八木直人：放射光 **19**, 378 (2006).
12） 野末佳伸，雨宮慶幸：放射光 **19**, 356 (2006).

● 著 者 紹 介 ●

増永啓康
財団法人 高輝度光科学研究センター研究員
E-mail: masunaga@spring8.or.jp
専門：高分子構造，小角散乱
[略歴]
2003年東京工業大学大学院有機・高分子物質専攻　博士課程修了，博士(工学)。2003年北九州市立大学招聘研究員，2005年高輝度光科学研究センター協力研究員を経て，2007年 4 月より現職。

小川紘樹
財団法人 高輝度光科学研究センター研究員
E-mail: ogawa@spring8.or.jp
専門：高分子薄膜，放射光科学
[略歴]
2008年京都大学大学院工学研究科　博士課程修了，博士（工学）。JSR 株式会社を経て2008年 9 月より現職。

高野　琢
財団法人高輝度光科学研究センター
E-mail: takano-t@spring8.or.jp
専門：固体電子物性
[略歴]
2009年東北大学大学院理学研究科　博士課程修了，博士（理学）。2009年日本学術振興会特別研究員を経て，2009年 9 月より現職。

杉原保則
日東電工㈱茨木事業所　機能設計技術センターセンター長
[略歴]
2007年 8 月より，連合体設立準備委員会の副代表となり，2008年 2 月，連合体の発足と同時に副代表に就任。2010年 4 月より代表に就任。

櫻井和朗
北九州市立大学国際環境工学部環境生命工学科教授
[略歴]
専用施設設置計画趣意書の取りまとめ段階から，参加。2007年 8 月，連合体設立準備委員会委員長に選出され，2008年 2 月，連合体の発足と同時に初代運営委員長に就任。

Advanced Softmaterial Beamline: Outline of BL03XU

Hiroyasu MASUNAGA[1], Hiroki OGAWA[1], Takumi TAKANO[2], Yasunori SUGIHARA[3], Kazuo SAKURAI[4]

[1]Japan Synchrotron Radiation Research Institute, Research & Utilization Division
[2]Japan Synchrotron Radiation Research Institute
[3]Advanced Softmaterial Beamline Consortium. Representative
[4]Advanced Softmaterial Beamline Consortium, Organizing Committee Chair

Abstract　The construction of a new beamline BL03XU for a polymer and soft materials was started in 2008 and completed in February, 2010. Systems of a simultaneous small and wide-angle X-ray scattering (SAXS/WAXS) measurements in the 2nd hutch, small- and wide-angle X-ray scattering under grazing incidence (GI-SAXS and GIWAXS) in the 1st hutch, and the optics of BL03XU are introduced.