DicifferX

WAXS Edition

Advanced Polymer Analysis XRD

ミクロな構造の世界を拓く

高輝度・柔軟性・広い測定範囲
多様な材料評価に応える次世代WAXS

Rigaku
視るチカラで、世界を変える

高分子構造評価のための
先進的なX線回折システム

DicifferX
WAXS Edition

高分子材料構造を解き明かす広角X線散乱（WAXS）装置

WAXS※では、高分子フィルム、繊維、機能性薄膜、油脂など、様々な材料の原子や分子の配列、結晶構造、配向など、特性を決定づける構造情報を非破壊で得ることができます。

DicifferX WAXS Editionは、高輝度回転対陰極X線発生源と人工多層膜X線集光ミラーによって高強度のX線を微小なスポットに集光することにより、微小なサンプルでも、短時間で高精度の測定を実現します。露光時間は僅か数秒に短縮され、加熱、延伸、湿度などのin-situ試験における時分割測定も可能です。ゴニオメーターのない広いステージには、大きなフィルム、シート、多検体試料ホルダーなどをそのまま取り付けることが可能です。

※ WAXS（Wide-Angle X-ray Scattering）はWAXD（Wide-Angle X-ray Diffraction）とも呼ばれますが、本カタログではWAXSに統一して表記しています。

Micron Scale | Nano Scale | Atomic Scale

SAXS
（小角X線散乱）

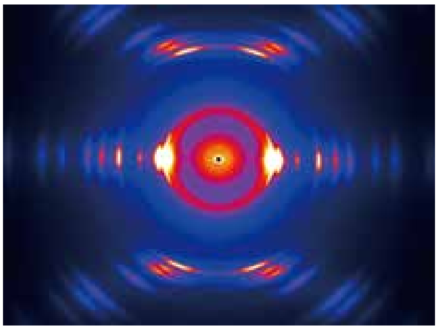
WAXS
（広角X線散乱）

PXRD
（粉末X線回折）

高分子フィルムの構造解析

高分子フィルム材料は、延伸加工によって分子配列が制御され、その構造が機械的強度や光学的特性に大きく影響します。
WAXSでは結晶構造や配向を評価することができるためフィルムの構造と物性との相関を解明し、材料の性能向上に役立てることができます。

- ポリプロピレン
- ポリエチレン
- ポリイミド
- PET
- 合成樹脂フィルム全般

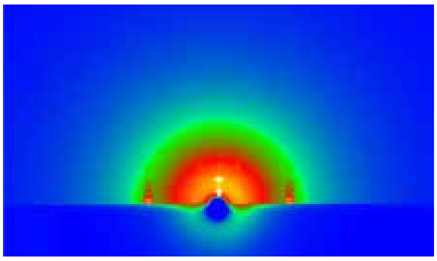


ポリエチレンフィルムの測定
結晶化度・配向度の評価

機能性薄膜の構造解析

機能性薄膜は、その構造が電気的特性や光学的特性に大きく影響します。
GI-WAXSでは、積層方向と面内方向の構造情報を区別して観測することができるため、結晶構造の異方性や配向の情報を明らかにして、薄膜の性能向上や新機能開発に活用することができます。

- 透明導電性酸化物（ITO・IZO薄膜）
- ペロブスカイト太陽電池
- 液晶性高分子薄膜
- ナノコンポジット材料

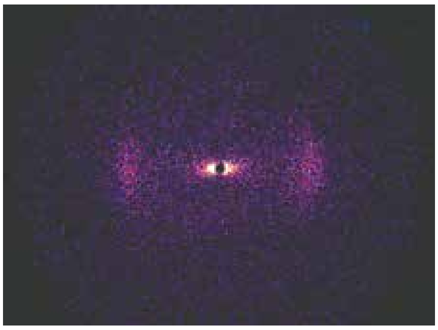


有機薄膜のGI-WAXS測定
面内/膜厚方向の周期評価・結晶相同定

繊維の構造解析

様々な繊維材料の構造解析にもWAXSは利用されます。WAXSは、繊維の結晶構造、結晶化度や配向性を評価することができ、繊維の強度や靭性の要因を明らかにすることで、高性能繊維の開発に貢献します。

- 炭素繊維
- セルロースファイバー
- 天然繊維（羊毛・綿・絹）
- プラスチック繊維（ナイロン・アクリル）
- 金属繊維

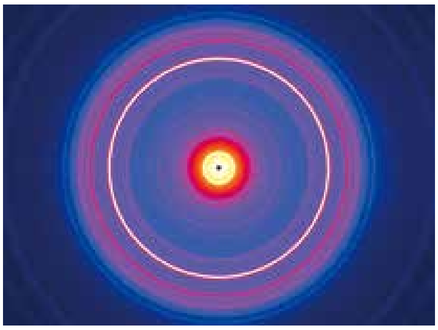


炭素繊維一本の測定結果
繊維の配向状態や結晶化度評価

油脂の構造解析

油脂材料は構造が物性や機能に大きな影響を与えます。WAXSは油脂の結晶構造やリポソームの膜構造を評価することにより、材料の安定性や機能との関係を解明して、製品開発に役立ちます。

- 医薬・化粧品材料
- 食品油脂
- エマルジョン
- リポソーム
- インク・塗料



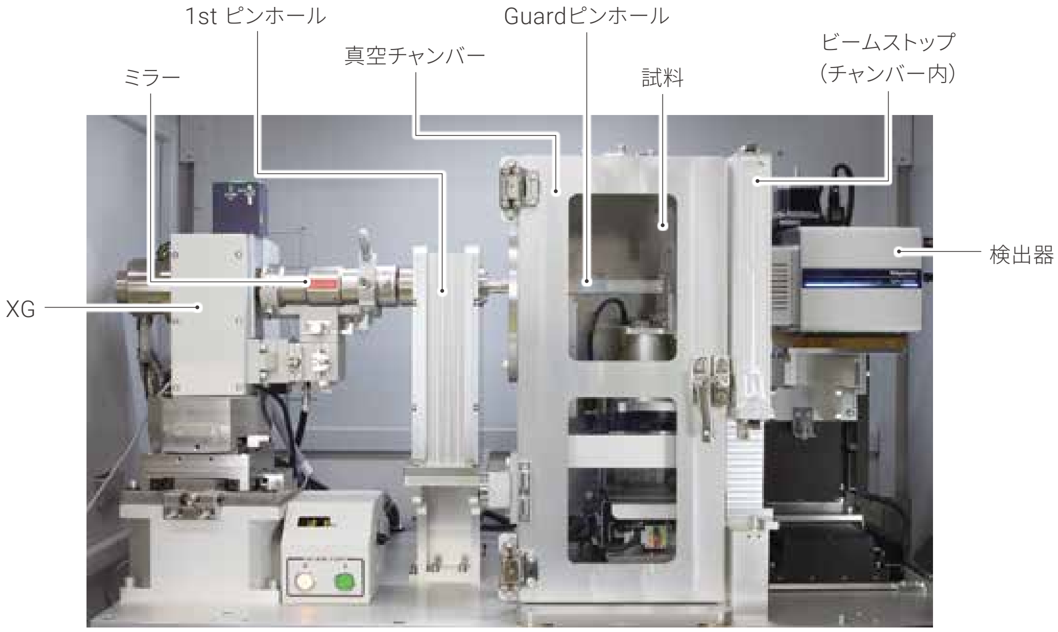
ココアバター（油脂）の構造・配向状態評価

自由度の高い試料空間

本装置はゴニオメーターレスのシステムデザインにより、試料周辺に広いスペースを確保しています。また、大型試料に対応した試料ステージや、液体試料向けの専用サンプルセルなど、多様な試料セルがラインアップされており、ユーザー自身で簡単に交換可能です。
さらに、さまざまな温度・雰囲気可変アタッチメントや、サードパーティー製の試料アタッチメントも装着可能で、柔軟な測定環境を実現します。

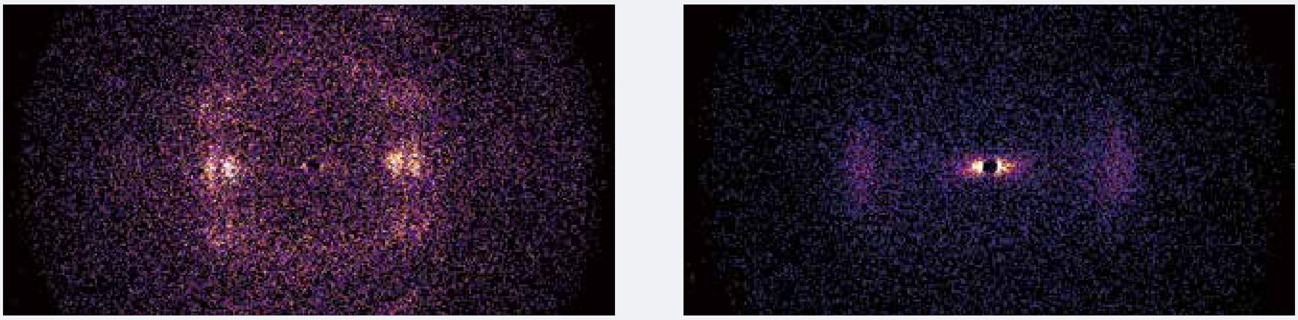
全真空チャンバー（オプション）

光学系および試料ステージを真空状態にして測定することにより、空気による散乱の影響を極限まで抑えることができます。このため、シルクやカーボンファイバーなど散乱の弱い繊維試料でも、単繊維での測定が可能です。



全真空チャンバーを用いたアプリケーション例

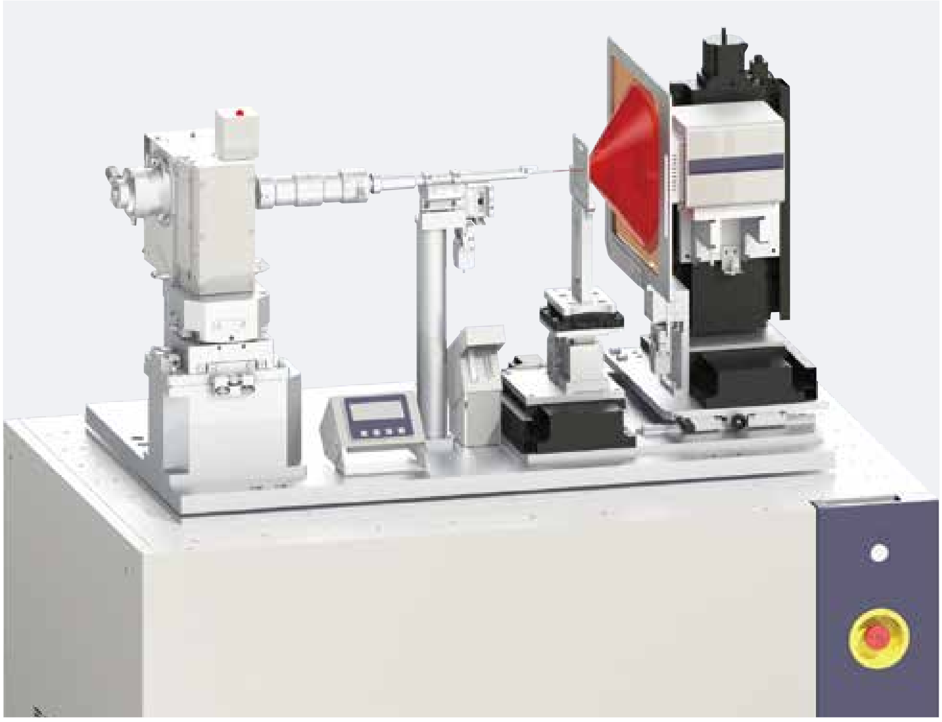
真空チャンバーにより繊維1本の構造評価が可能になります。

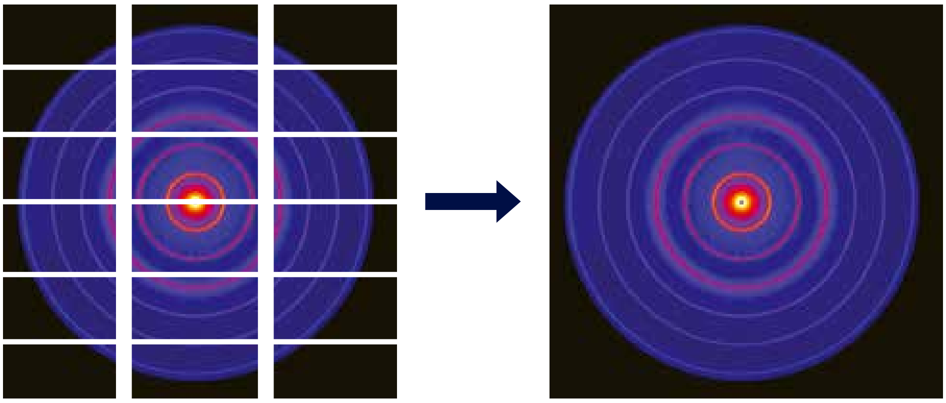


シルク繊維（左）とカーボンファイバー（右）の測定結果（露光時間10秒）

デバイリング全領域の測定

DicifferX WAXS Editionは検出器が標準で水平・垂直の電動2軸ステージに搭載されており、専用の制御ソフトウェアによって、複数の測定画像から大面積の測定画像へ繋ぎ合わせる「拡張測定機能」を備えています。この機能により、200 mm角以上の有効検出面積の測定画像が得られ、最小の試料ー検出器距離（カメラ長）40 mmとの組み合わせにより、65度以上の散乱角での測定が可能です。



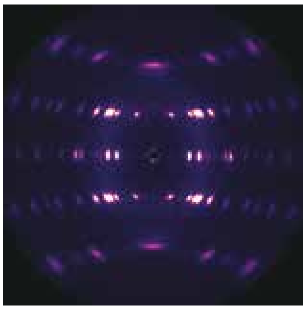


ハイブリッド型多次元ピクセル検出器

リガク独自の検出器HyPix-6000を搭載しており、ノイズフリーで高速な測定が実現されます。高い位置分解能と大きな検出面積により、優れた光学系性能を最大限に引き出します。

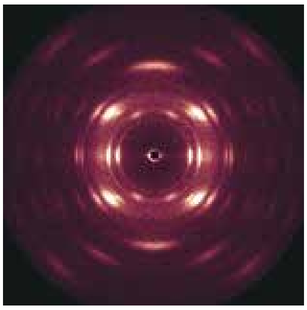
高分子材料の結晶構造、結晶化度、配向度分布評価

高延伸



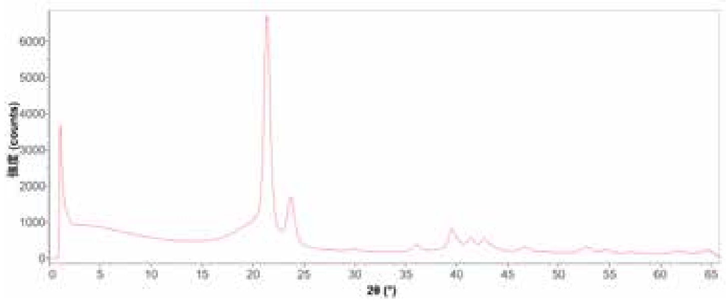
低延伸

ボイド繊維



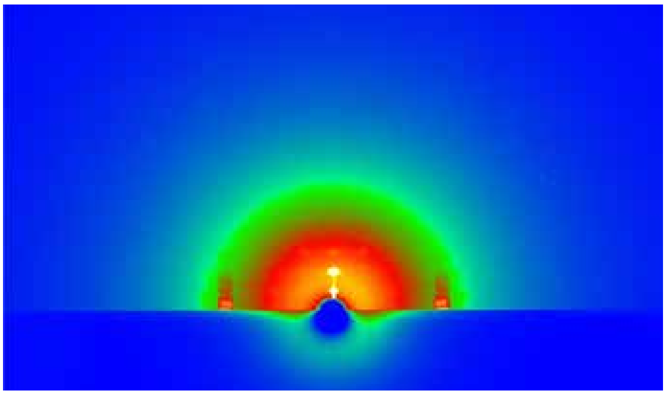
【測定条件】
試料：高延伸フィルム・低延伸フィルム・繊維
露光時間：1秒

一般的に、結晶性高分子材料は加工時に特定の方向に結晶が配向します。DicifferX WAXS Editionの光学系では、試料位置でのX線ビームサイズが小さいため、照射面積による回折ピークのブロードニング（広がり）が抑えられ、わずかな構造変化も捉えることが可能です。また、入射X線の強度が高いため、フィルム試料の高速マッピング測定や単繊維の構造評価にも対応できます。



【測定条件】
試料：PEフィルム　露光時間：20秒

薄膜材料の構造評価（GI-WAXS）



GI-WAXSステージを用いてX線を薄膜試料にごく浅い角度で入射させることで、面内方向および積層（法線）方向の構造評価が可能です。
実際の測定例では、薄膜試料の積層方向と面内方向の両方に回折が観測され、それぞれ異なる周期構造が存在することが確認されました。

GI-WAXS stage

GI-WAXS stage
with sample changer

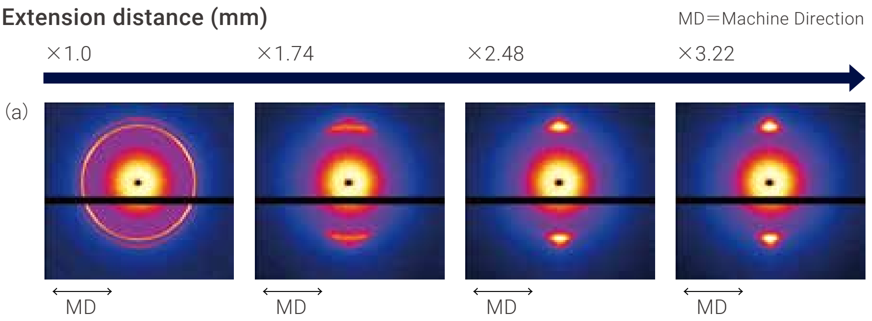
GI-WAXS stage
with gonio head

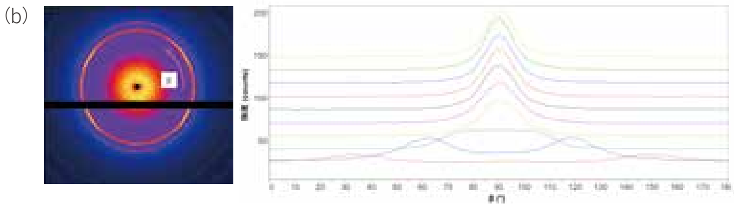
複数の試料に対応したT型の多検体ホルダー、加熱ステージ用アダプター、繊維試料向け専用ステージなど、多彩なアクセサリーを搭載可能です。幅広い材料や条件に対応した柔軟な測定環境を提供します。

高速時分割測定

延伸ステージを利用した結晶配向性の評価

PEフィルムの異なる伸長度における配向および結晶化度の変化を示した例です。2D-WAXS像から、2軸延伸による配向状態が、さらに1軸延伸することで1軸配向へと変化する様子が確認されました。DicifferX WAXS Editionと延伸ステージの組み合わせにより、延伸中の構造変化をin-situで観察可能。これにより、ラボ環境においてリアルタイムでの構造評価が実現します。





等温延伸時のPEフィルムの1秒毎の構造変化を高速時分割測定にて観察

(a) 2次元データ
(b) 円環平均処理後（方位角（β方向））の1次元プロファイル（縦軸をシフトして表示）

温度範囲：室温一定
延伸範囲：1倍～3.22倍
延伸速度：0.1 mm/秒
露光時間：1秒

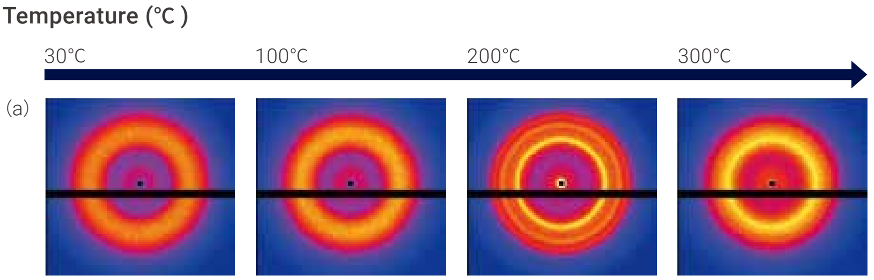
延伸ステージ（Linkam社製）

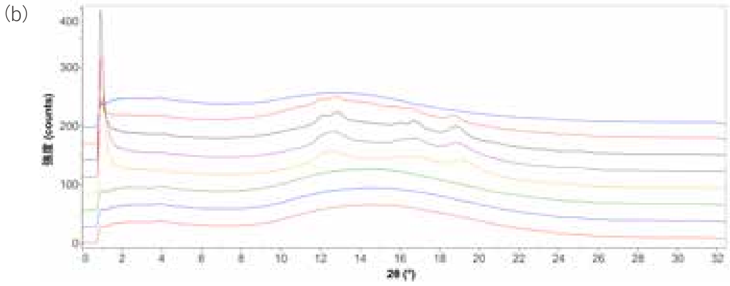
【ステージの仕様】
測定配置：透過配置
温度範囲：
RT～350°C（冷却オプション無し）
–195°C※1～350°C（冷却オプション有り）
ロードセル：2N、20N、200N、600Nから選択

※1　使用環境により変わることがあります

加熱ステージを利用した結晶構造の評価

高輝度X線と高速・高性能検出器の組み合わせにより、従来は放射光施設でしか行えなかったin-situ・operando測定を実験室レベルで実現可能にしました。ポリエチレンテレフタラート（PET）フィルムを室温から330°Cまで加熱（20°C /min）しながら、1秒露光で2D-WAXS像を連続取得。得られた1D散乱データから、溶融および再結晶化プロセスを明瞭に観察できます。日常のラボ環境における高速・時分割測定の新たな可能性を切り拓きます。



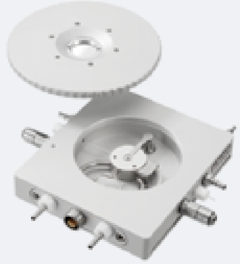


加熱時のPETフィルムの1秒毎の構造変化を高速時分割測定にて観察

(a) 2次元測定データ
(b) 円環平均処理後の1次元プロファイル（縦軸をシフトして表示）

温度範囲：室温～330°C
昇温速度：20°C /min
露光時間：1秒

加熱・冷却ステージ（Linkam社製）



【ステージの仕様】
測定配置：透過配置および反射配置※2
温度範囲：
RT～350°C（冷却オプション無し）
–195°C※3～350°C（冷却オプション有り）

※2　反射配置はGIアタッチメントが別途必要です
※3　使用環境により変わることがあります

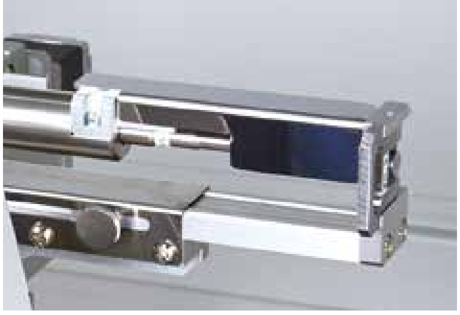
装置特徴

ビームユニット

MicroMax-007 HFでは、回転対陰極上に電子ビームを収束させることにより、ϕ70 μmの実効焦点から圧倒的な輝度を持つX線が得られます。この高輝度なX線源と集光ミラーVariMaxを組み合わせることで、試料位置において1.0×10^9 cps以上の高強度と微小ビームの両立を実現しています。

ガードスリット

試料からのX線散乱が非常に弱い場合、空気散乱の影響を大きく受けます。試料直前に空気散乱をカットするガードスリットと散乱防止筒を設置することで、試料より上流側の空気散乱の影響を低減できます。

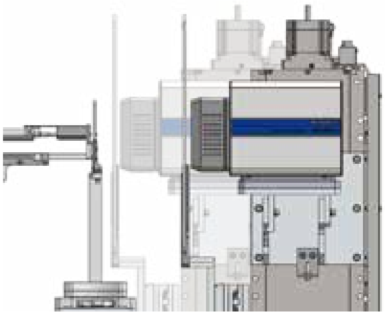


広い試料ステージ

可動域の広い試料ステージを搭載しており、多検体試料の測定やマッピング測定が可能です。試料アタッチメントの取り付けにはキネマティックベースを採用しており、取り付け・取り外しが簡単に行えます。

距離可変検出器

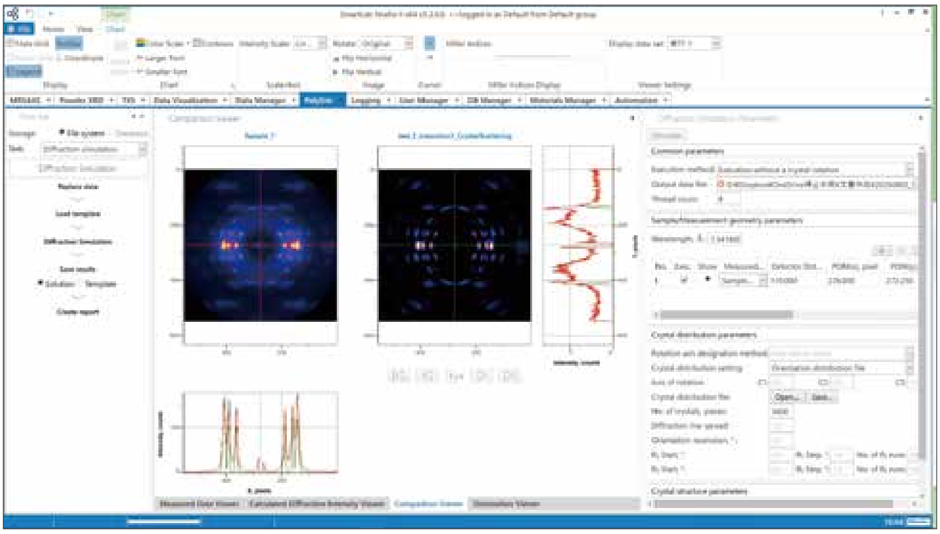
試料と検出器の距離は、40 mm～140 mmの範囲で手動調整が可能です。最長カメラ長140 mmでは、2θ＝0.5°からの低角度測定に対応。可変カメラ長により試料スペースの柔軟な調整ができるため、多様なアタッチメントの取り付けにも対応可能です。



PolyOrientX

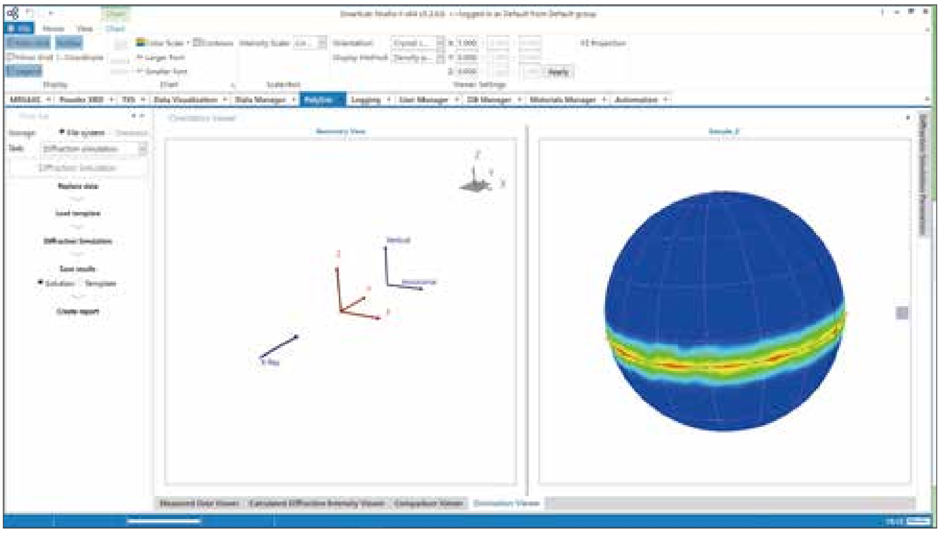
高分子材料の構造解析に特化した解析ソフトウェア

PolyOrientXは、高分子の物性に関わる重要な情報を定量的かつ視覚的に解析・表示するソフトウェアです。2次元の回折パターンから、高分子材料の結晶構造や配向分布やなどを解析し評価します。



ビューアー機能（実測データとシミュレーションを比較）

配向分布と結晶子サイズなどのパラメータを搭載し、実測データとシミュレーション結果を並べて比較することが可能となりました。
2次元の回折パターンだけでなく、任意の位置から抽出した1次元強度プロファイルについてもシミュレーション結果と比較が可能なため、実測と理論との差異を詳細に確認することができます。



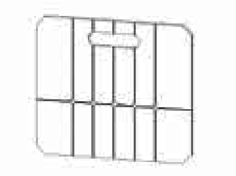
配向度分布の可視化機能

結晶構造の配向分布を視覚的に表示できる可視化機能を搭載しています。 X線の入射方向に対し、結晶がどの方向に配向しているかを直感的に把握すると同時に、配向性の強さを容易に理解することができます。この機能は、フィルムや繊維材料の構造解析において、配向挙動の評価に大きな力を発揮します。

多彩なアクセサリー

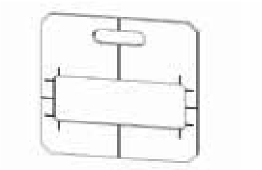
試料セル

フィルム・薄片・固体



標準セル
5スロット（穴径：ϕ2 mm）

多連装セル
35スロット（穴径：ϕ 3 mm）

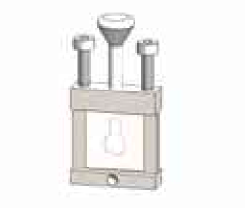


マッピングセル26×76
穴径：26×76 mm

フィルム

フィルム膜厚方向セル
2スロット
フィルム試料は縦向き・横向きのどちらでも取り付け可能です。

溶液



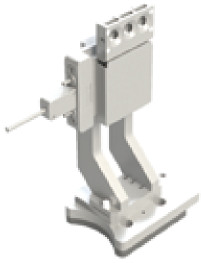
溶液セル
ペルチェアタッチメント用
平セルタイプの溶液用セル
試料容量は30～40 mL。

キャピラリーセル
6スロット
ϕ1.0、ϕ1.5、ϕ2.0 mmのガラスキャピラリーに対応しています。

粉末・ゲル・固体

粉末／個体セル
10スロット
1つのコンテナに5つの試料をセット可能です。

アタッチメント



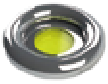
ペルチェアタッチメント
ペルチェ温調方式により加熱・冷却。
温度範囲：-10～120℃
昇温速度：0.01～20℃ /min

試料観察カメラ
X線と同軸方向から試料を観察する試料観察用カメラです。

温湿度ステージ
湿度・温度を制御して測定するステージです。高温・高湿度で結露することなく安定して測定が可能です。

ダイヤモンドアンビルセル（DAC）アタッチメント
市販のダイヤモンドアンビルセル（DAC）を固定して測定するためのアタッチメントです。4軸電動ステージによりX線入射角度を調整して測定することが可能です。

透過DSCアタッチメント
DSCとWAXSの同時測定が可能なアタッチメントです。試料を保持する専用の試料パンにより、透過配置での測定が可能です。



透過用試料パン

仕様

X線発生装置：MicroMax-007 HF

回転対陰極材質	Cu	Mo
実効焦点サイズ	ϕ70 μm	150 μm×100 μm
電流、電圧	40 kV、30 mA	50 kV、24 mA
出力	1.2 kW	

光学系

	標準仕様	真空チャンバー仕様
ミラー	VariMax HF	
コリメーション	コリメーターによる ビーム成形	2ピンホール光学系
カメラ長	40～140 mm	110 mm

検出器

回転対陰極材質	HyPix-6000C （Cu用）	HyPix-6000HE （Mo用）
検出素子	ピクセル型シリコン半導体素子	
ピクセルサイズ	100 μm×100 μm	
ピクセル数	775×770 pixels	

試料環境・アタッチメント

標準アタッチメント用セル・ステージ

- 多連装セル
- キャピラリーセル
- 溶液セル
- 高分子断面セル
- 粉末セル
- マッピングセル
- フローセル
- 手動延伸ステージ

GI-WAXSアタッチメント（4軸）

WAXS-DSCアタッチメント

温湿度アタッチメント

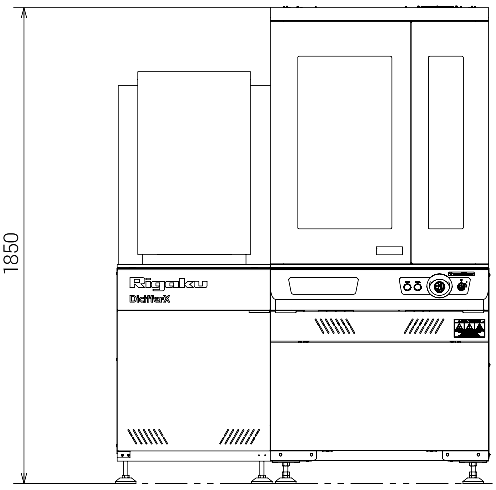
Linkam社製品用汎用アタッチメント

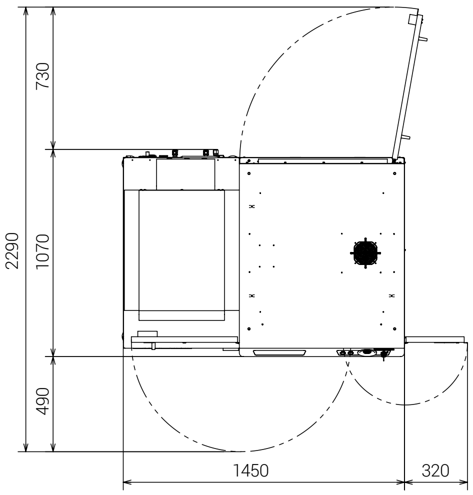
ペルチェアタッチメント

ダイアモンドアンビルセル（DAC）

試料観察カメラ

外形寸法（単位：mm）





	幅	奥行	高さ	重量
本体	1,450 mm	1,100 mm	1,850 mm	約750 kg
ロータリーポンプ	170 mm	490 mm	340 mm	25 kg

DicifferX
WAXS Edition

＊カタログ中に掲載されている性能上の数値は、株式会社リガクによるテスト結果であり、他の環境下で常に同様の結果となることを保証するものではありません。
＊「DicifferX」は、株式会社リガクまたはその関連会社の商標または登録商標です。
＊カタログ中の社名、製品名は各社の商標および登録商標です。
＊このカタログに掲載されている製品は、外国為替および外国貿易法の安全保障輸出管理の規制品に該当する場合がありますので、輸出する場合、または日本国外に持ち出す際は、日本国政府への輸出許可申請等、必要な手続きをお取りください。

製品改良にともない、やむをえず仕様・外観などを予告なく
変更させていただく場合があります。ご了承ください。

株式会社リガク　〒196-8666　東京都昭島市松原町3-9-12
☎ (042) 545-8111〈代表電話案内〉 FAX. (042) 544-9795

東 京 支 店／〒151-0051	渋谷区千駄ヶ谷5-32-10	☎ (03) 5312-7077	FAX. (03) 5312-7078
大 阪 支 店／〒564-0063	吹田市江坂町1-23-101	☎ (06) 6879-1660	FAX. (06) 6879-1664
東 北 営 業 所／〒980-0804	仙台市青葉区大町1-2-16	☎ (022) 264-0446	FAX. (022) 223-1977
名古屋営業所／〒461-0002	名古屋市東区代官町35-16	☎ (052) 931-8441	FAX. (052) 931-2689
九 州 営 業 所／〒802-0005	北九州市小倉北区堺町2-1-1	☎ (093) 541-5111	FAX. (093) 541-5288

www.rigaku.com ｜ info-gsm@rigaku.co.jp

BDDXWE0_JAJPA1