

# 全自動多目的X線回折装置 SmartLab 3



## 1. はじめに

SmartLab 3は、粉末から薄膜まで幅広い分析手法・材料に最適な測定テクニックを提供するインテリジェントな全自動多目的X線回折装置です。最適な光学系および測定条件を提案し、自動で光学系調整を行うなど、「ユーザーガイダンス」機能を搭載し、高度な自動化を実現しています。検出器には、高速1次元半導体検出器D/teX Ultra250を標準装備しています。また、1台で0次元/1次元/2次元の測定に対応可能な2次元半導体検出器HyPix-400や、高度な薄膜分析を可能にする5軸ゴニオメーターをオプション搭載できます。

## 2. 主な特長

### 2.1. ユーザーガイダンスによる究極の自動化

近年、1台のX線回折装置で様々なアプリケーションに対応することが求められており、粉末X線回折はもちろん、薄膜X線回折、小角X線散乱、残留応力測定、極点図測定など多岐にわたります。一般に、1台の装置で、目的に応じて光学系を変更するのは簡単ではありません。また、測定目的ごとに“最適な光学系”を選択すること自体も、専門的な知識を必要とします。

ユーザーガイダンスは、最高の測定結果へ導くための機能です。装置にセットされている光学系をソフトウェアが自動認識し、目的とするアプリケーションに適しているか判断します。最適な光学系が他にあれば提案します。最適な光学系が構成された後、その光学系を最適な状態に自動で調整します。また、複雑な測定を行うための試料位置調整条件や測定条件を自動で設定します。

シーケンスと呼ばれる自動化のためのプログラムには、測定を実行するために必要なすべての情報が登録されています。装置メンテナンス用のシーケンスも用意されており、たとえばX線管球交換後の光学系や検出器の調整を自動で実行します。これにより、メンテナンス後の装置のダウンタイムを最小限にとどめ、稼働時間を最大化することができます。X線管球を交換した後の光学系調整と検出器調整に要する時間は、わずか15分です。

### 2.2. データベースで測定データを一括管理

測定で得られたデータはデータベースに保存されます。多くのユーザーが同じSmartLab 3システムを使う場合でも、優れたデータ検索機能、ブラウジング機

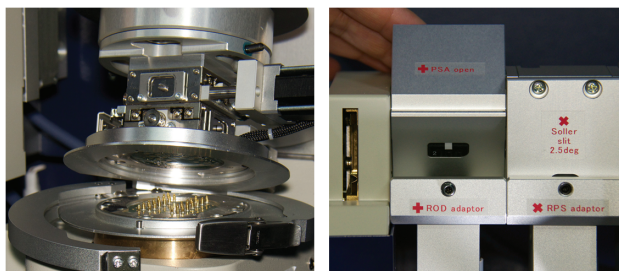


図1. ソフトウェアにより自動認識される光学系。

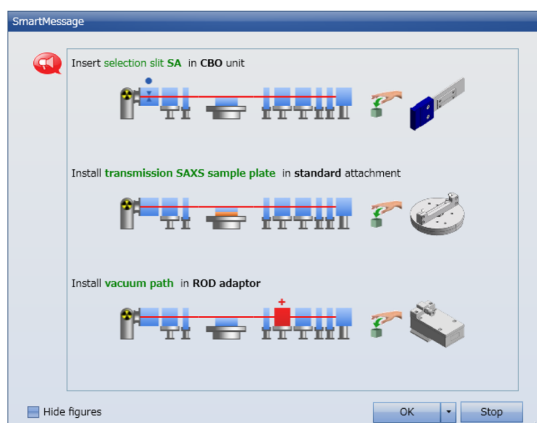


図2. 選択された測定目的に適した光学系の提案。

能、バックアップ機能により、膨大な数のデータを容易に一括管理できます。データベースは、2次元検出器を用いて得られる数多くの巨大なサイズの画像データの管理にも威力を発揮します。

### 2.3. 高速1次元X線検出器 D/teX Ultra250 を標準装備

D/teX Ultra250は、非常に高速な1次元半導体検出器です。アクティブチャンネル数は256、各チャンネルの幅は75  $\mu\text{m}$ 、最大カウントレートは $1 \times 10^6$  cps/strip、最大グローバルカウントレートは $2.5 \times 10^8$  cpsに達します。この検出器は、集中法光学系だけでなく、平行ビーム光学系、たとえば微小角入射X線回折測定(GIXRD)や高速逆格子マップ測定にも使用できます。また、ソフトウェアを通じて0次元検出器としても使用可能です。検出器の有効面積は約20 mm $\times$ 20 mmで、一般的な0次元検出器とほぼ同じ面積です。このため、D/teX Ultra250で0次元検出器を置き換えても、有効検出面積で不利になることはありません。

### 2.4. ハイブリッド型多次元ピクセル検出器 HyPix-400 (オプション)

HyPix-400は、400 mm<sup>2</sup>の広い受光面積と100  $\mu\text{m}$ 角の高分解能ピクセルサイズを併せ持つ、SmartLab 3のために設計・最適化された2次元半導体検出器です。最大カウントレートは $10^6$  cps/pixel以上です。ソフトウェアによって簡単に1次元、0次元検出器モードに切り替えて使用できるため、アプリケーションに応じ



図3. ハイブリッド型多次元ピクセル検出器 HyPix-400.

て検出器を載せ替える必要がありません。“31 bit モード”は、検出器のダイナミックレンジをさらに拡張し、小角X線散乱、反射小角X線散乱、X線反射率、高分解能X線回折測定など、高強度の散乱X線が発生する測定でも、強度減衰板無し（アッテネーターレス）の測定を可能にします。

### 2.5. 5軸ゴニオメーター (オプション)

一般的な薄膜分析には $\chi$ ,  $\phi$ 軸を追加した4軸ゴニオメーターが用いられますが、SmartLab 3はさらに5つめの $2\theta/\chi$ 軸を追加することで、インプレーンX線回折法が可能になります。インプレーンX線回折法は、試料面内方向の格子面間隔や配向の評価をはじめ、深さ方向分析、極薄膜(<10 nm)のX線回折測定に用いられます。

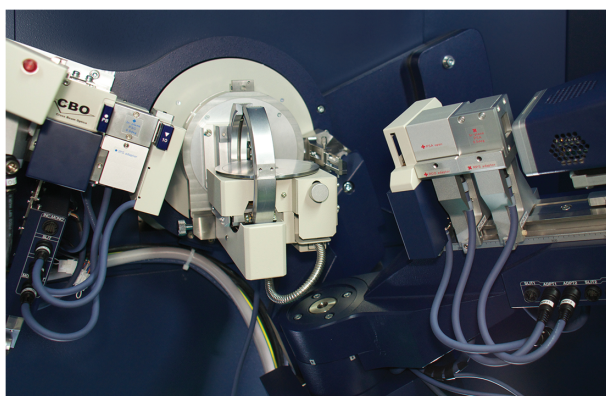


図4. SmartLab 3の5軸ゴニオメーター。

表1. 自動光学系調整対応アプリケーション。

|                   |                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 自動光学系調整対応アプリケーション | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Bragg-Brentano 集中法光学系</li> <li>・ 平行ビーム光学系</li> <li>・ 集光 Debye-Scherrer 光学系</li> <li>・ 微小部 X 線回折</li> <li>・ 残留応力・極点図測定</li> <li>・ インプレーン X 線回折</li> <li>・ 小角 X 線散乱・超小角 X 線散乱</li> </ul> |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|