

SPRUC 第4回 BLsアップグレード検討ワークショップ
2022年03月14日(月) 09時00分から16時10分

10:20-12:05 <BL再編の進捗状況> (座長 SPRUC幹事 西堀英治)
3. イメージング・SAXS BL群のアップグレード (JASRI/登野健介)

1. イントロダクション（基本方針、対象BL）

2. イメージングBL

BL20B2：多層膜ミラー分光器による高エネルギーX線の高
フラックス化

BL28B2 ● マイクロCT自動測定装置

3. SAXS BL

BL40XU：CITUIS検出器の導入

X線透過イメージング・散乱同時計測ユニット

BL40B2：液体試料の自動計測システム

- 共用BLとして、より効率的な運用を可能とし、既存および潜在ニーズに応えることで利用の拡大を目指す。
- より高エネルギー領域の利用に向けた取組みを重点的に実施。
- DXによる自動化により、ハイスループットかつタイムリーな測定を実現。
 - ✓ 学術・産業界の多様な研究開発ニーズに応える。
 - ✓ 依頼測定にも対応可能な装置の開発（自動CT、SAXS）。
- SPring-8全体の高度化・最適化と整合する形でのアップグレードを実施
 - ✓ 光学系、ITインフラの更新
 - ✓ 効率的なBL利用に向けた装置群の再編。
 - BL28B2：DXAFS装置を撤去（QXAFSへ統合）。
 - BL40XU：精密回折計をBL15XUへ移設（2023年度以降）。
 - BL47XU：HAXPES装置をBL09XUへ移設。

共用イメージングBL

(赤字部分を今回報告)

BL20B2: 高エネルギーマイクロCT (≤ 110 keV)

高フラックス (40, 110 keV, DMM) or 単色ビーム (DCM)
大面積ビーム (中尺BL)

BL20XU: マイクロ・ナノCT (≤ 30 keV、分解能150 nm)

BL28B2: 高エネルギー白色X線CT (~ 200 keV)

自動測定

BL47XU: マイクロ・ナノCT (10 keV前後、分解能100 nm)

持込み装置 (実験ハッチ2)。

共用SAXS BL

BL40B2: 汎用SAXS

自動測定

BL40XU: 時間分解SAXS/WAXS (SWAXS)

イメージング・SAXS複合計測

1. イントロダクション（基本方針、対象BL）

2. イメージングBL

BL20B2：多層膜ミラー分光器による高エネルギーX線の高
フラックス化

BL28B2：マイクロCT自動測定装置

3. SAXS BL

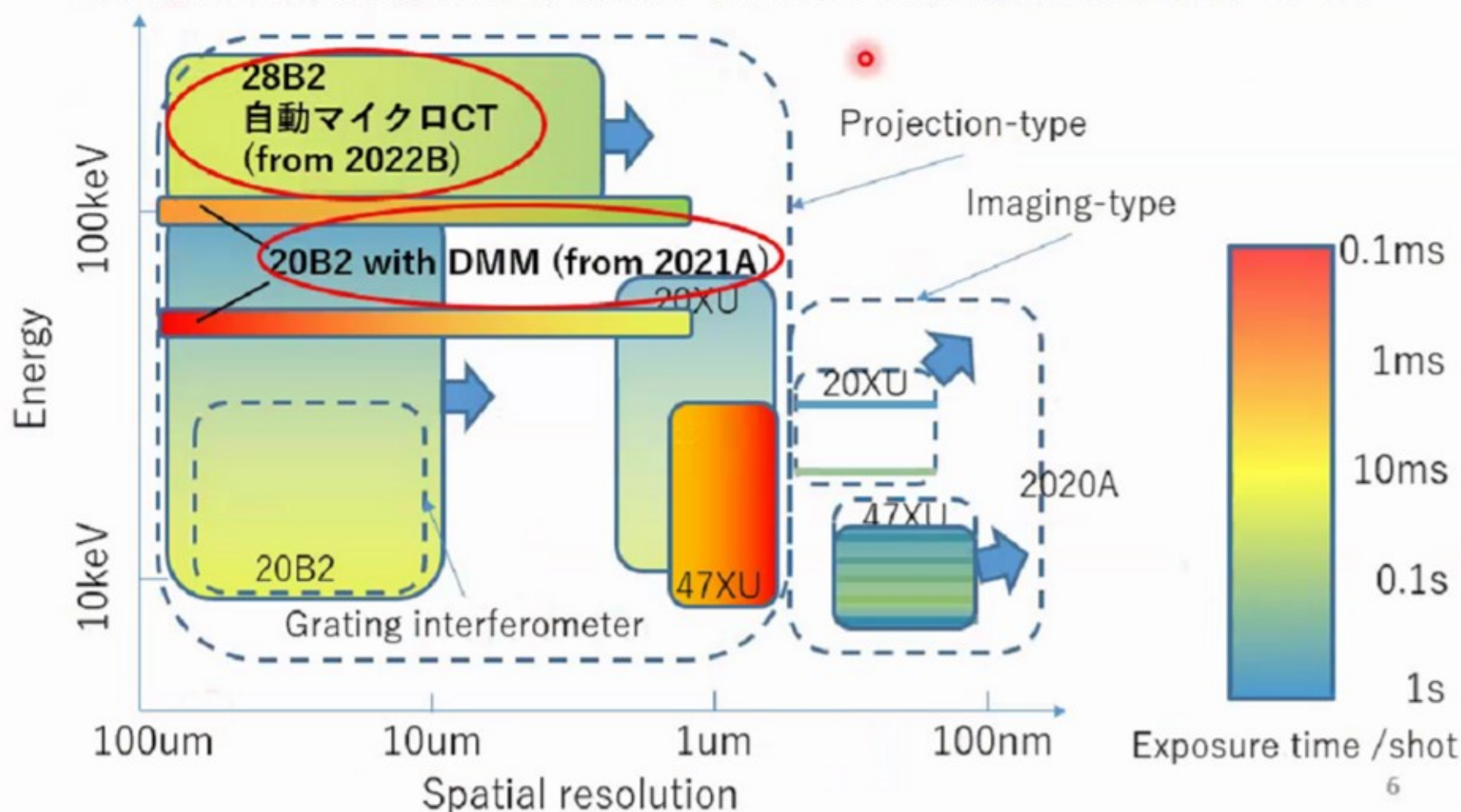
BL40XU：CITUIS検出器の導入

X線透過イメージング・散乱同時計測ユニット

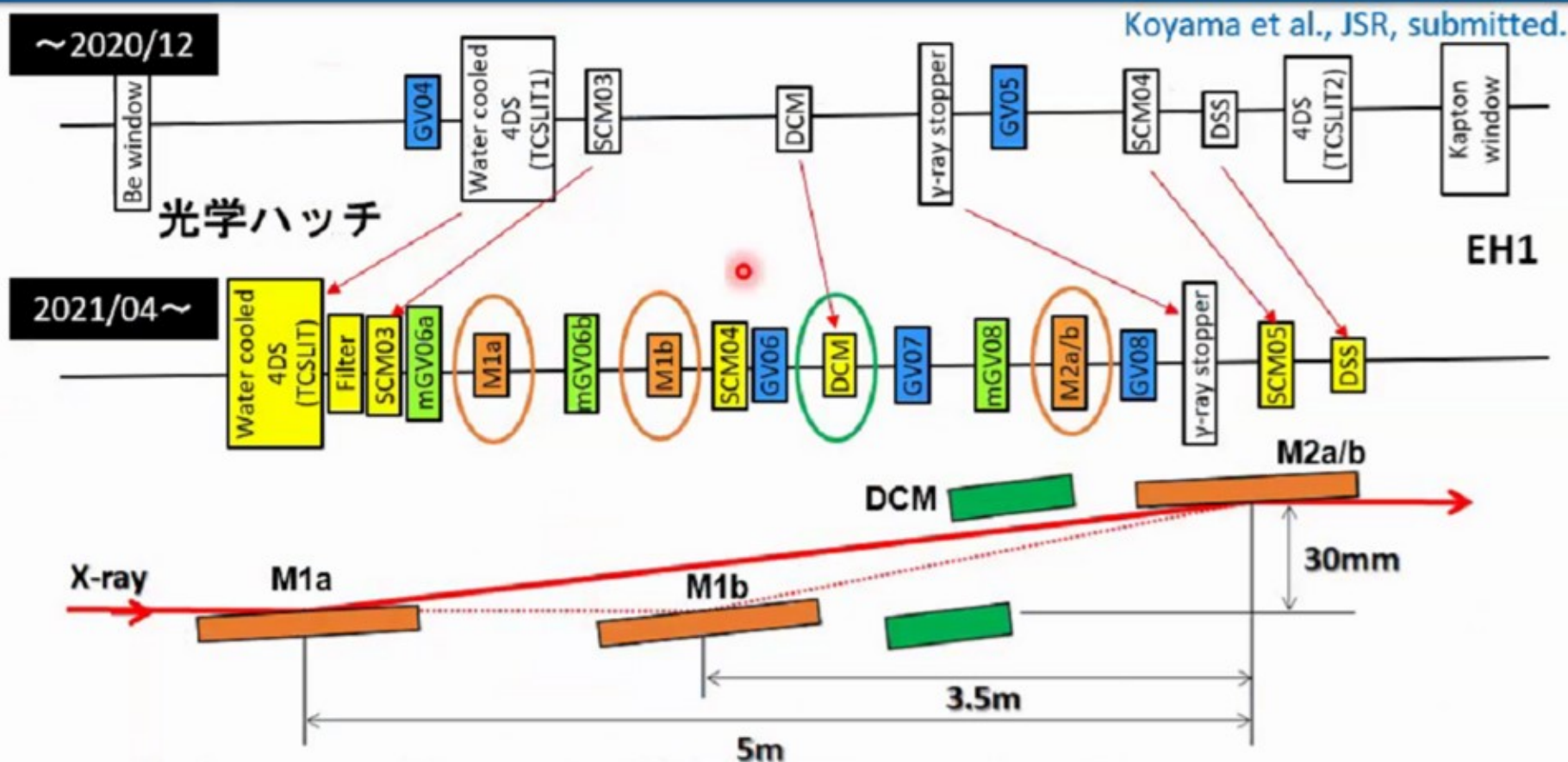
BL40B2：液体試料の自動計測システム

イメージングBL (BL20B2, 20XU, 28B2, 47XU)

- ・ マイクロ・ナノイメージング、CT計測のためのBL。
- ・ 4本のBLで幅広いエネルギー領域、分解能・視野範囲、試料環境をカバー。
- ・ 2019年度より、イメージング計測基盤拡充のための高度化を開始。高エネルギーX線の利用拡大と測定自動化による新しい利用者層の開拓を重点的に進めている。



多層膜ミラー分光器 (DMM) の利用 (2021A~) BL20B2



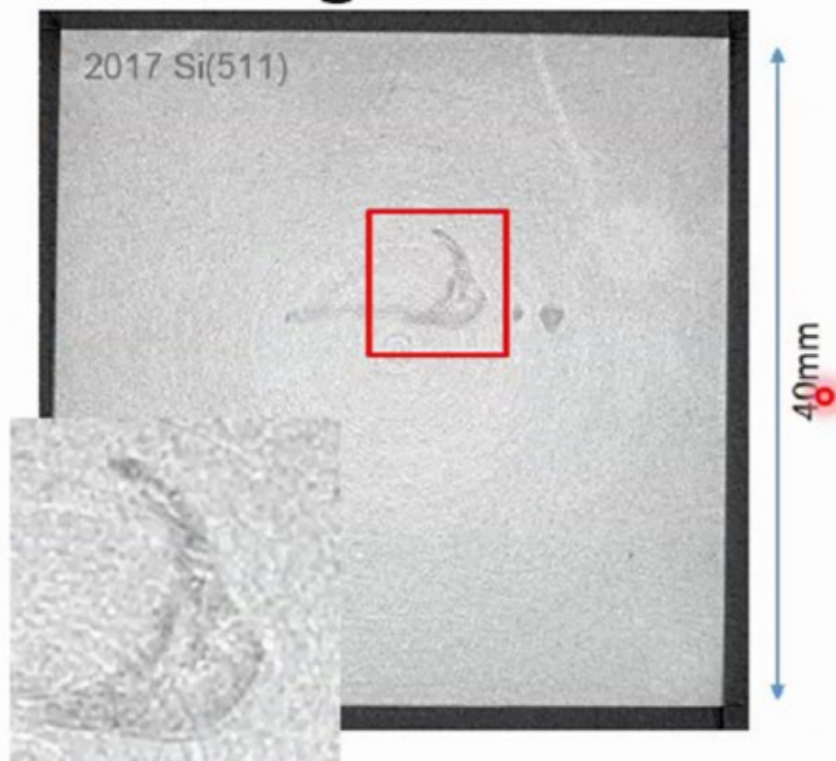
フラックス[phs/s] (EH1での実測値)

	40keV	110keV
Si-DCM	2.0×10^9	1.8×10^7
DMM (スペクトル幅)	1.3×10^{12} (4.2%)	3.9×10^{10} (0.9%)

- 高エネルギーX線の高フラックス化。
- 計算では200-300倍 (@40 keV) であるが、実測値で650倍程度になっていた。
- Si-DCMの光束密度が計算値より低くなっていた (結晶ひずみなどの影響と思われる)。
- 新しいSi-DCMとの入替えを進めており、2022A期より新DCMで運用する。

110keVにてCT撮影(@ハッチ3)

110keV CT@hutch3



110keV, 48.2 μ m/pixel, 1.0sec/projection,
0.1deg/step, 360deg

石灰岩 (化石)

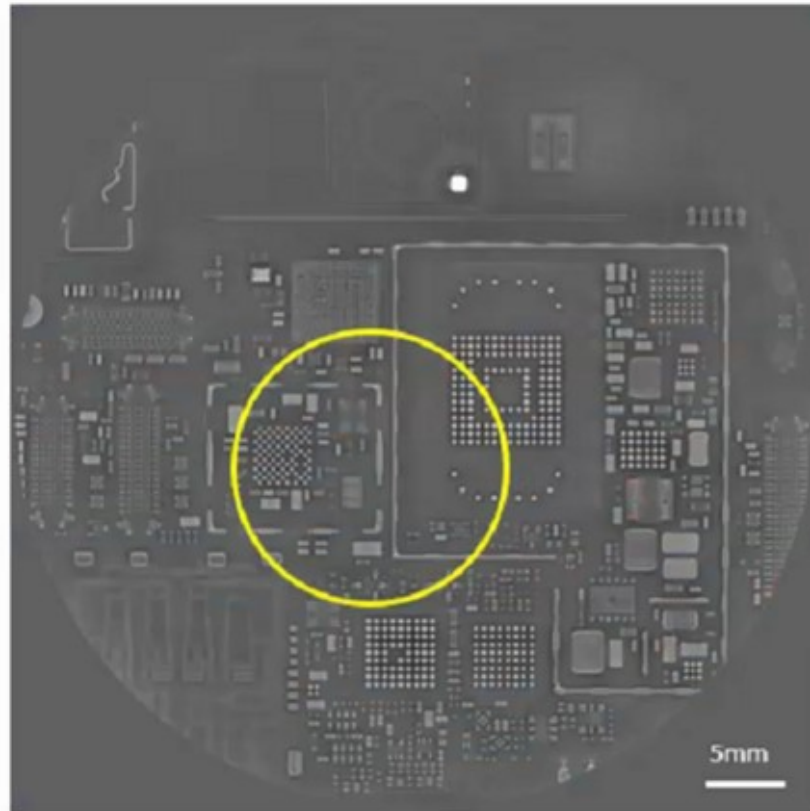


110keV, 17.3 μ m/pixel, 0.15sec/projection,
0.06deg/step, 360deg

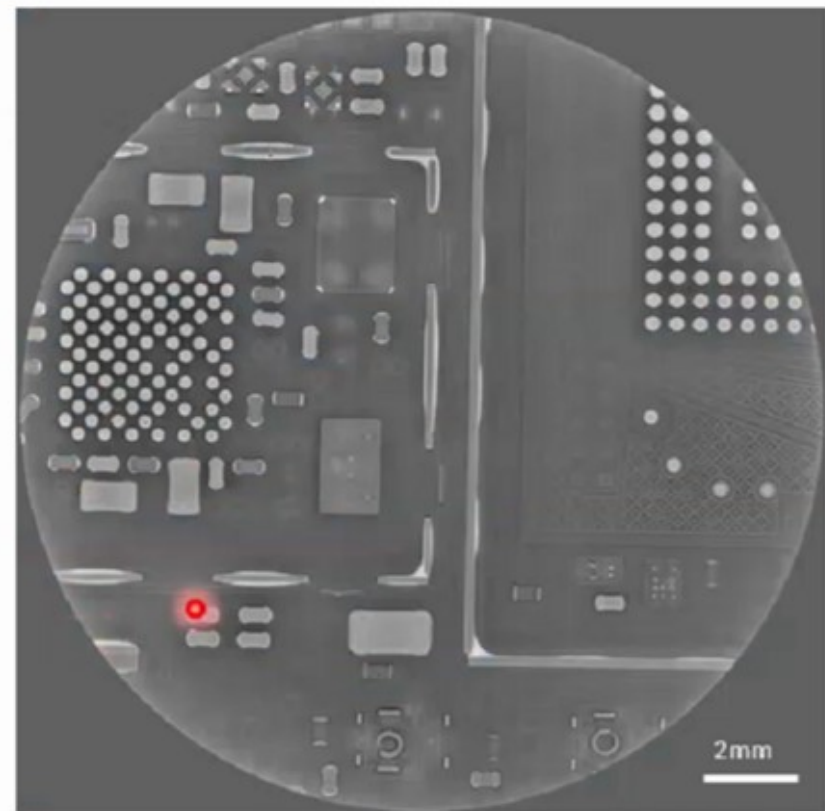
- 左は2017年の撮影。Si DCM (511)を使用。CT撮影条件から求めた光量比はおよそ1000倍となり、実測値と整合している。

110keVにてラミノグラフィー撮影(@ハッチ3)

広視野撮影

Voxel size: 12.4 μ m/pixel7200projections / 360deg.
150msec exposure → 25min scan

高分解能撮影

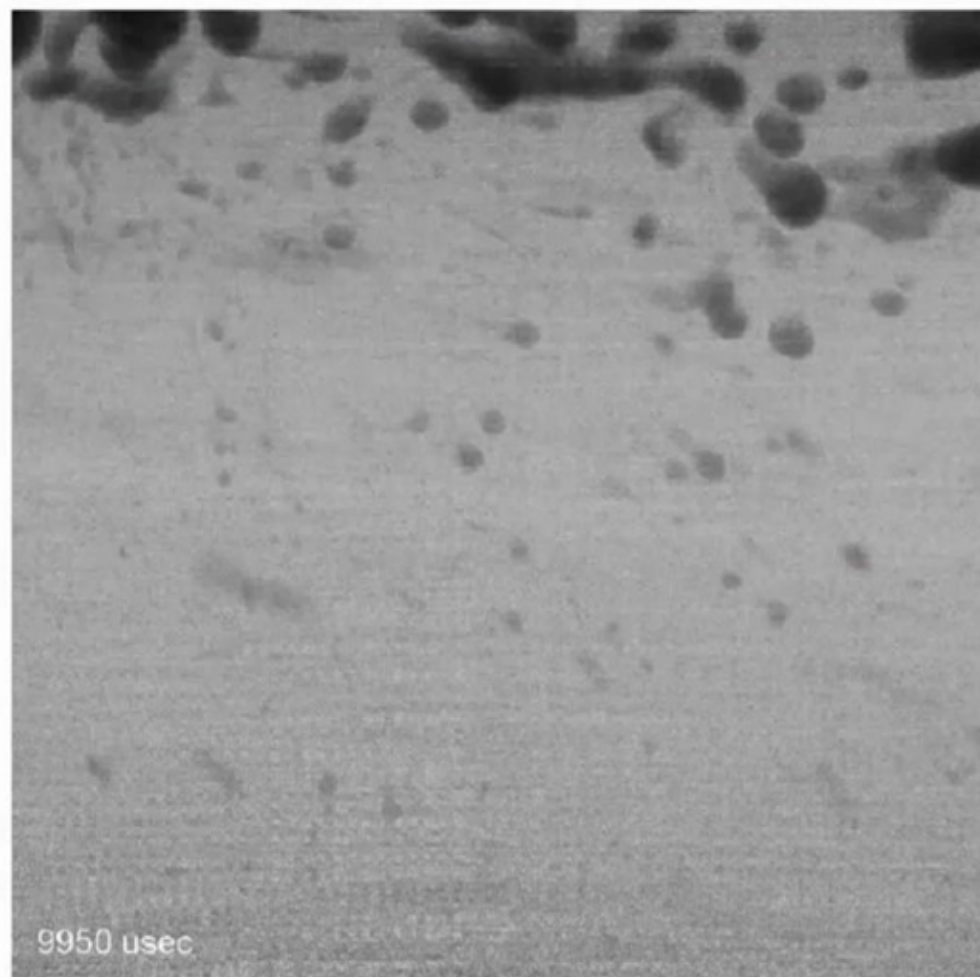
Voxel size: 4.22 μ m/pixel7200 projections / 360deg.
200msec exposure → 35min scan

携帯電話

- 通常のCTでは撮影が難しい平板状試料の観察を可能にするため、ラミノグラフィー測定システムの整備を進める。

40 keVにて高速度撮影(@ハッチ1)

40keVで、高速カメラを使用して撮影 (20 kHz)



試料：ヒューズ(250V, 10A)

条件：40keV, 3.0um/pixel, 20kHz,
1024x1024 pixels

検出器：Photron SA-Z (135mm),
BM2F(20mm), GAGG 200um

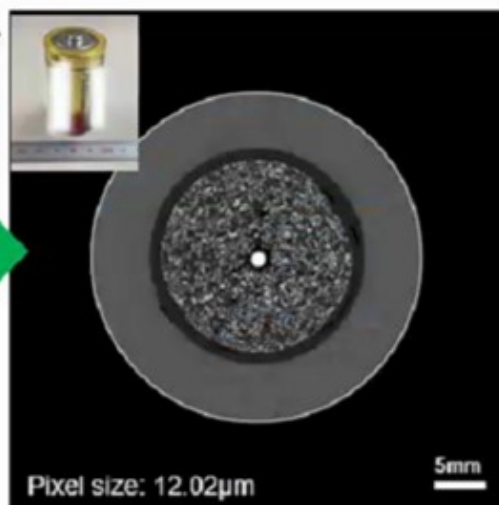
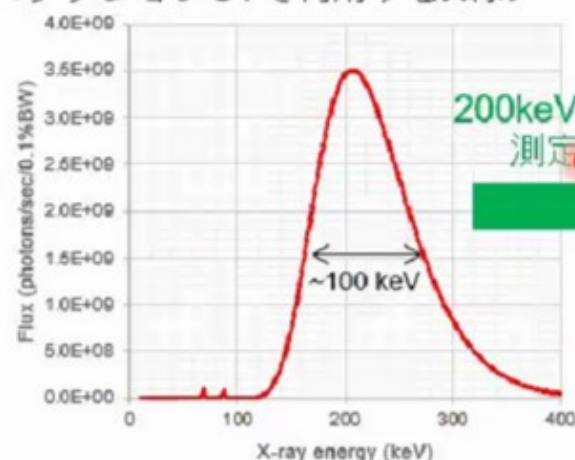


X線マイクロCT自動測定装置（プロダクションCT（仮称））のコンセプト

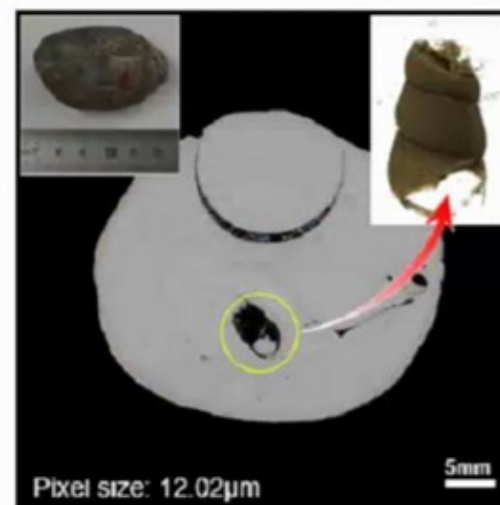
- ✓ 自動CTという測定の「手軽さ」により、潜在的需要を取り込む.
- ✓ 数多くの試料を人の手を介さずに自動測定 → 高効率化, 統計処理能の向上.
- ✓ 次世代画像計測へ向けたデータ取得システム(画像検出器, 計測用ソフトウェア)およびデータハンドリング・ストレージ機能の標準化.

BL28B2の高エネルギー白色X線(200keV)を用いたX線マイクロCTをベースに開発

プロダクションCTで利用するX線スペクトル



単一サイズアルカリ乾電池



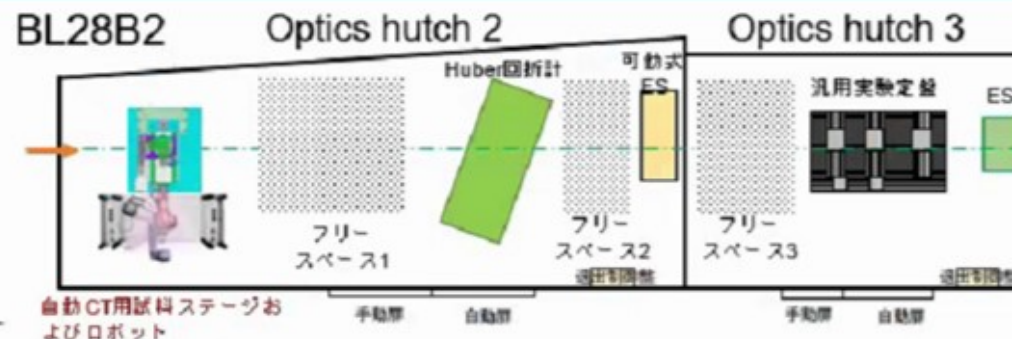
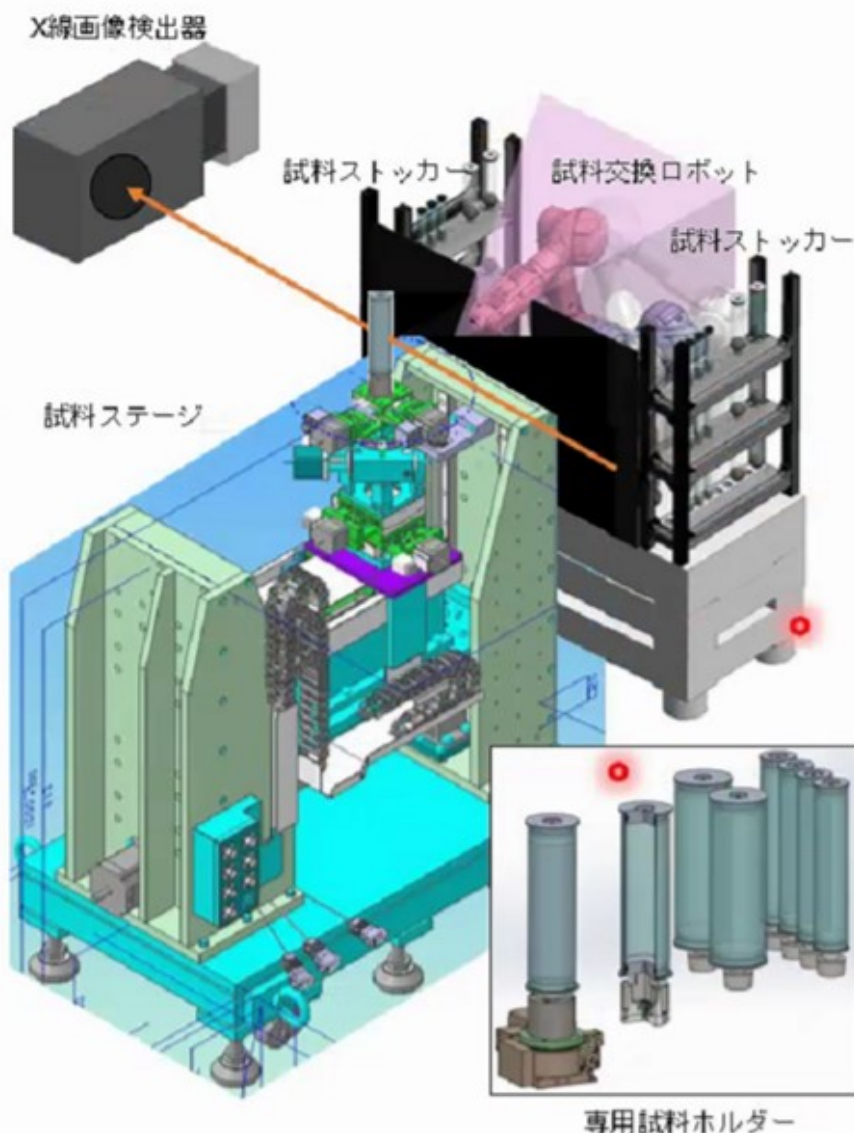
ノジュール（化石）

これに加えて以下を新規導入・開発

- 自動で試料を交換するためのロボットの導入
- 専用の画像検出器およびデータ収集系ハード(フレームグラバ, 計算機, ストレージ)・ソフト(名称: HiPer)の開発
- 自動測定用メインソフトウェアの開発

X線マイクロCT自動測定装置の導入 BL28B2 ②

装置の概要



- 専用試料ステージ・試料交換用ロボットおよび試料ストッカーをOH2上流部に常設
- ハッチ内フリースペースや汎用定盤に画像検出器を設置することで複数のカメラ長を実現
- 従来の白色X線を用いた利用実験も引き続き可能

装置性能 (暫定スペック)

広視野計測

- 投影像視野サイズ: 50mm(H)×1.5mm(V)
- 画素サイズ: 12 μ m/pixel
- 1CTあたりの測定時間: 6min + α
(1時間あたり測定可能なボリューム Φ 50mm×12mm)

高分解能計測

- 投影像視野サイズ: 16mm(H)×1.5mm(V)
- 画素サイズ: 4 μ m/pixel
- 1CTあたりの測定時間: 6min + α
(1時間あたり測定可能なボリューム Φ 16mm×12mm)

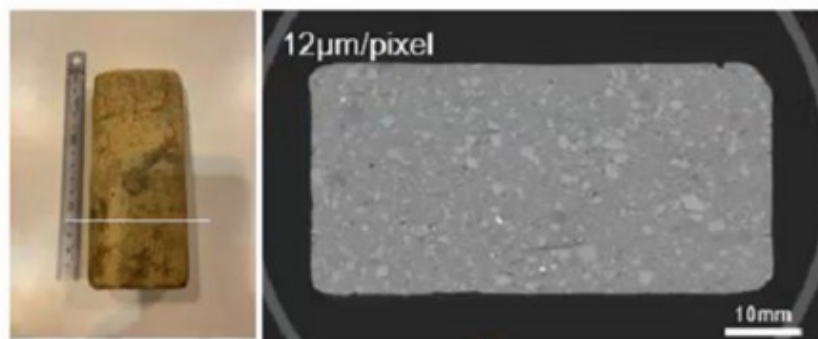
プロダクションCTの特徴

- 放射光CTならではの高精細・高コントラスト測定により、ラボベース装置では困難な高画質のCT画像を提供する(測定事例参照)。
- 専用ホルダーに試料を入れて送付・後日結果の受け取りといった簡便な利用が可能となる。
→放射光実験に敷居の高さを感じている潜在的ユーザーによる利用も期待。
- 1時間あたり約9万円の利用料金を想定 (画像再構成処理および簡単なノイズ除去処理を含む)
※一般課題でも装置の利用は可能

予想される利用例・測定対象

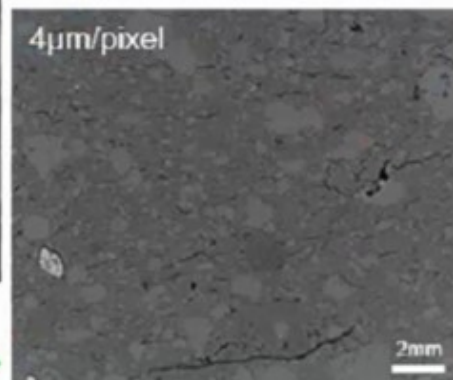
- 電子デバイス等接合部(疲労試験との組み合わせ)
- 電池関係(in-situ以外)
- 化石
- 木材・セメント・コンクリート関係
- (鉄鋼材)溶接内部の割れの可視化 など

測定事例2 リチウムイオン電池



測定事例1

ブロック状試料の広視野計測と高分解能計測 →



BL20B2

- DMM の導入により従来のDCMよりも数百倍以上の光束密度を達成 (@40 keV, 110 keV)。
- 100kHzまでの高速撮影、高S/Nの高エネルギーCTが実施可に。
- バンド幅が広がった影響は今のところ見られない。
- 今後の取組み予定
XRDやXRFも含めた複合計測（異物分析など）
試料への荷重、温度変化など、その場観察実験

BL28B2

- 高エネルギー白色X線（~200 keV）を利用した自動測定が可能なプロダクションCT装置（仮称）を2022A期に立ち上げる。
- 2022B期より共用開始。
- 今後の取組み予定
依頼測定（1時間9万円を想定）に向けた運用法の確立
高速測定、大容量データ処理を可能にするアップデート

スケジュール

- ほぼ計画通りに進捗している。

	BL	内容	2021年度												2022年度													
			4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
イメージング	BL20B2	DMM導入	立上げ、一部共用						共用						DCM更新													
	BL28B2	自動CT測定装置	設計、調達、ハッチ内整理												立上げ、試験測定						共用							
SAXS	BL40B2	自動測定	立上げ												共用						(SEC-SAXS追加)							
	BL40XU	CITIUS導入	検出器設計、調達												電源、ネットワーク等整備													
		イメージング・散乱同時計測	設計、試験機作製						試験測定										実用機設計、調達						立上げ、試験測定			
持込み装置	BL47XU	持込み装置用ハッチ											工事		共用													

皆様からのフィードバックをお待ちしています。