

SPRUC 第5回 BLsアップグレード検討ワークショップ
SPRUC 5th BLs Upgrade Review Workshop

2023.3.10 Fri 9:00-17:00

10:15 10:30 BL20B2 医学・イメージングI
施設担当 登野健介(5分)
BL20B2 Medical/imaging BL I
Kensuke Tono, JASRI (5 min)

高分解能X線イメージング研究会
土持 裕胤(10分)
High Resolution X-ray Imaging Group
Hirotsugu Tsuchimochi (10 min)

BL20B2高度化の概要

－高エネルギー用多層膜ミラー分光器の導入－

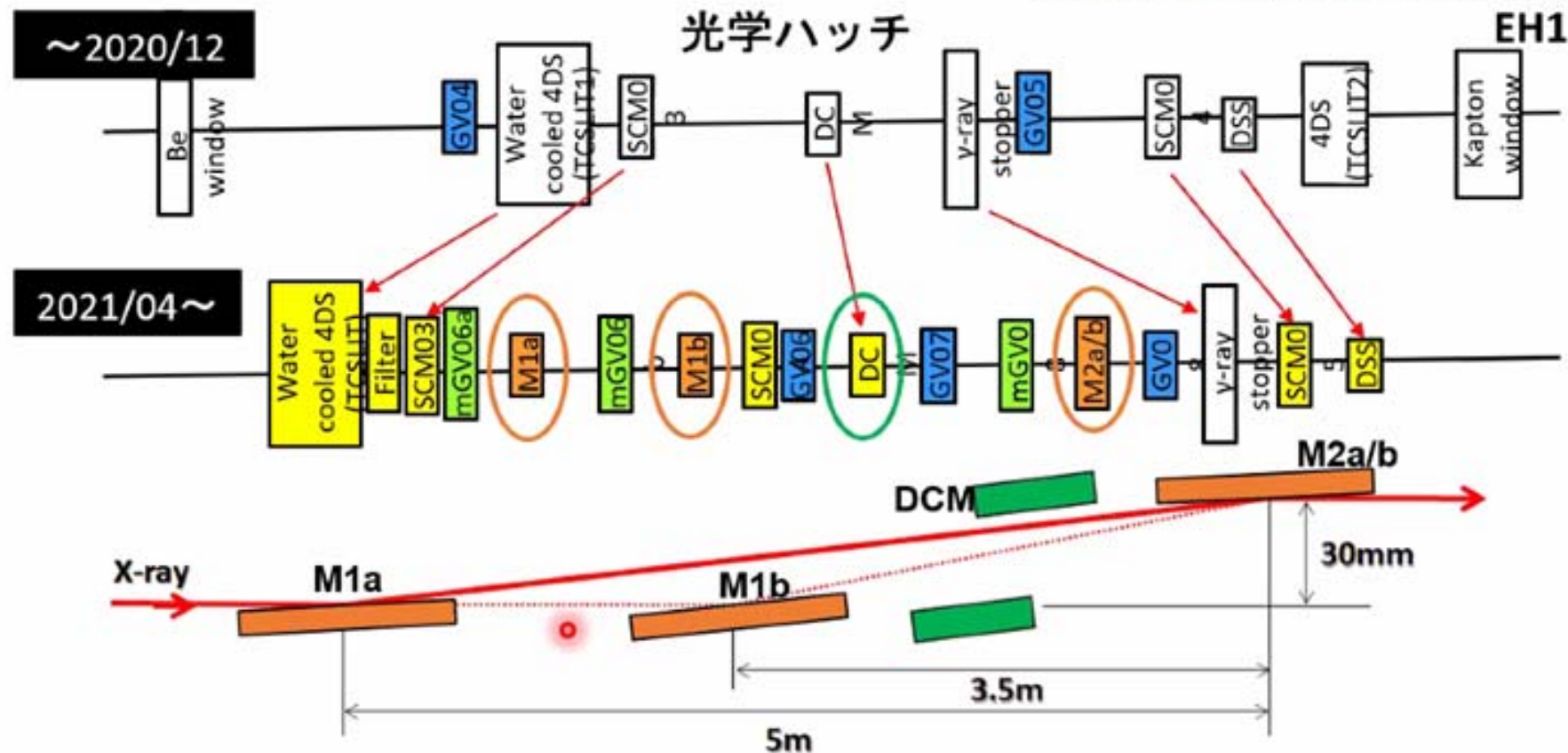
JASRI 散乱・イメージング推進室

登野健介



- 高エネルギーX線 (40 keV, 110 keV) の高フラックス化。
- 計算では200-300倍 (@40 keV)。
- 2021A期より利用を開始。
- Si-DCMの入替えも実施し、2022A期より新しいDCMで運用している。
- 2022年度にラミノグラフィー測定システムを導入。
- 位相コントラスト測定システム (@40 keV) の整備も計画している。

Koyama et al., JSR 29, 1265 (2022).



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%)

- 実測値で3桁程度の向上があった。
- 旧Si-DCMの光束密度が計算値より低くなっていたため（結晶ひずみなどの影響）と思われる。新Si-DCMへの更新を実施。

40keVでの高速撮影 (20 kHz)



試料：
ヒューズ(250V, 10A)

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

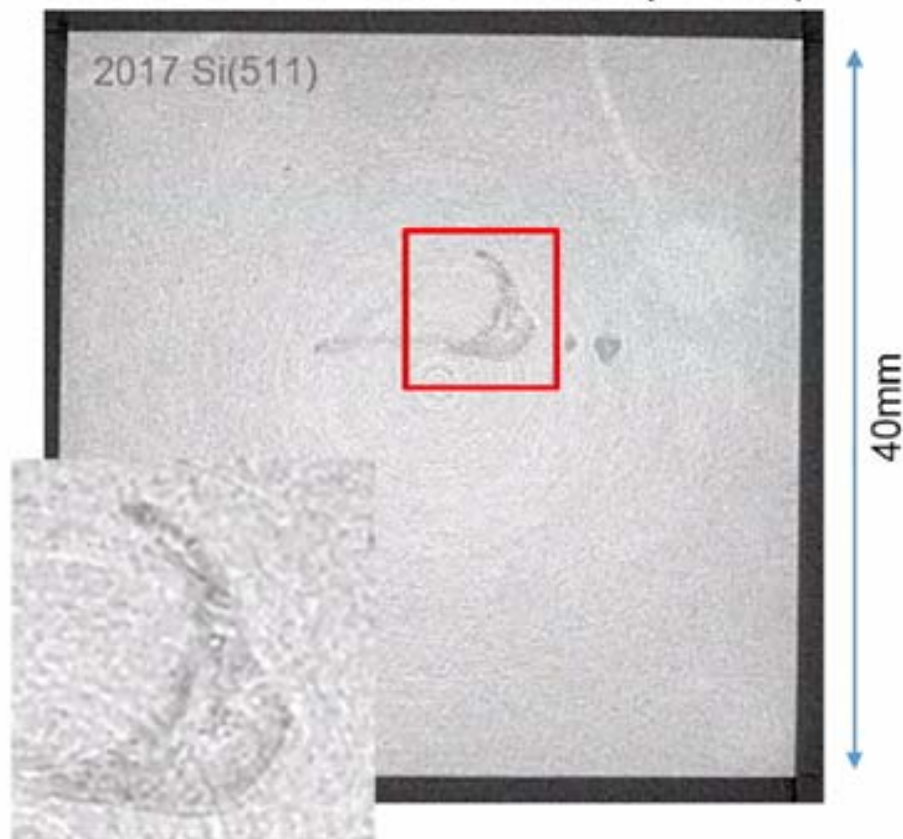
検出器：
Photron SA-Z
GAGG 200um

導入後のDMM利用状況 (課題数)

	2021A	2021B	2022A	2022B
40keV DMM	2	12	12	14
110keV DMM	1	2	1	5
Si-DCM	10	13	8	10
計	13	27	21	29

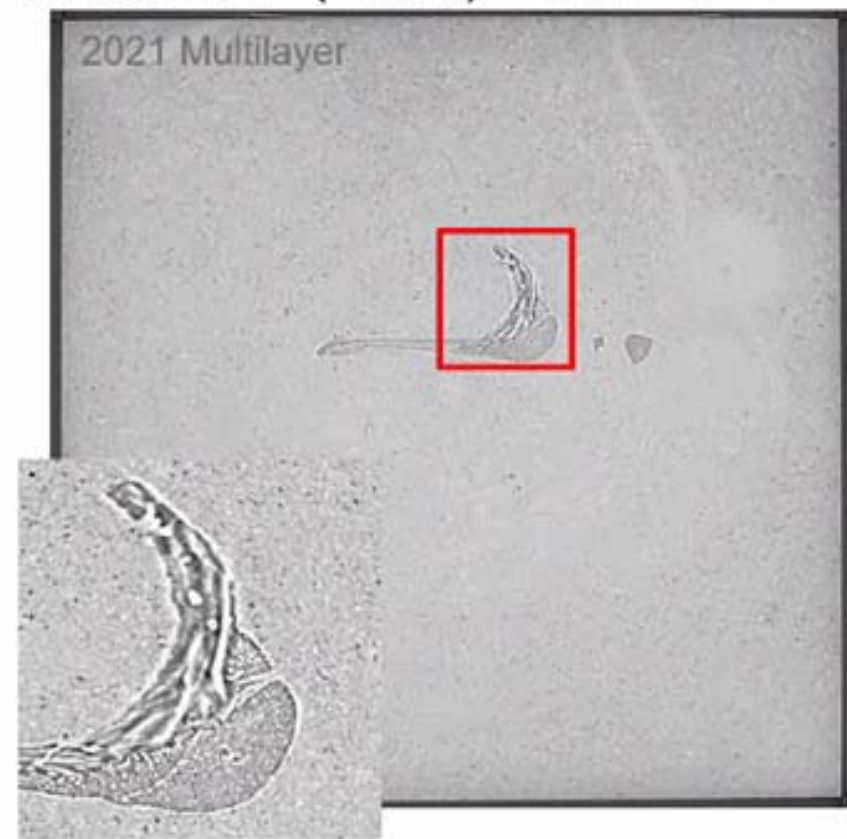
110keVにてCT撮影(@ハッチ3)

110keV CT with DCM (2017)



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

With DMM (2021) 石灰岩 (化石)



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

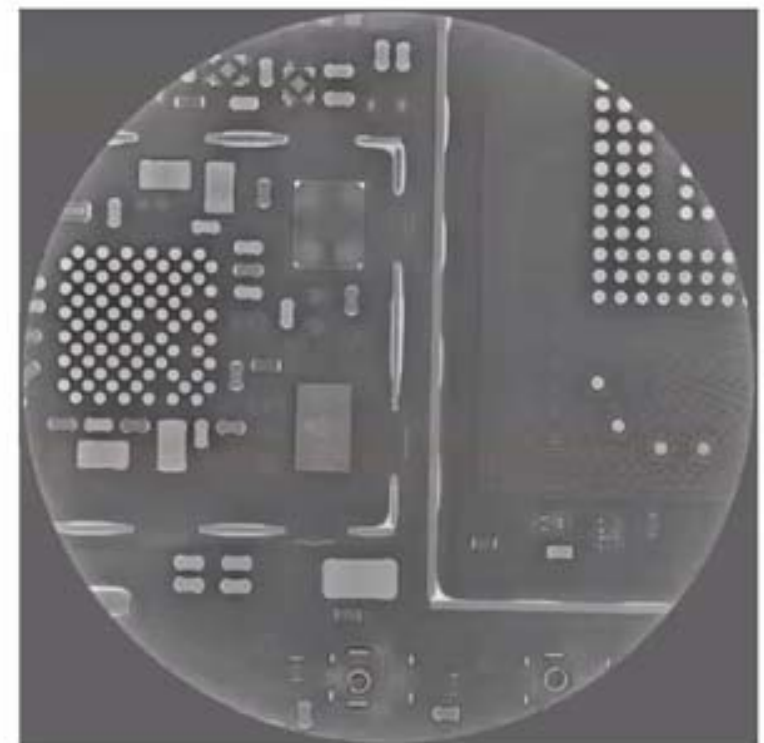
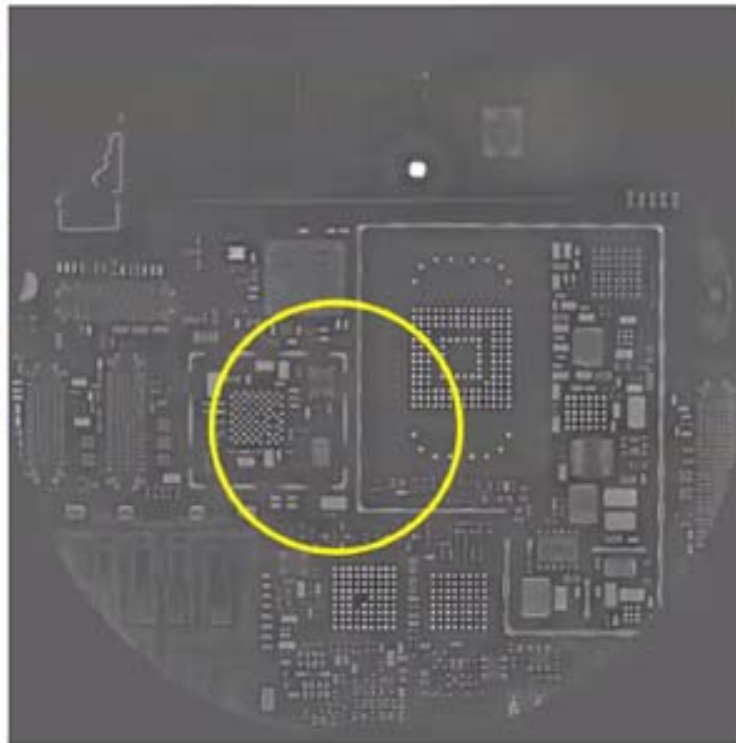
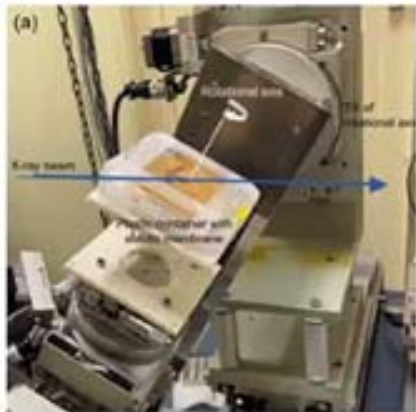
- 左は2017年の撮影。Si DCM (511)を使用。CT撮影条件から求めた光量比はおよそ1000倍となり、実測値と整合している。

Hoshino et al., J. Synchrotron Rad. 30, 400 (2023).

携帯電話

広視野撮影

高分解能撮影



Voxel size: 12.4 μ m/pixel

7200projections / 360deg.

150msec exposure \rightarrow 25min scan

Voxel size: 4.22 μ m/pixel

7200 projections / 360deg.

200msec exposure \rightarrow 35min scan

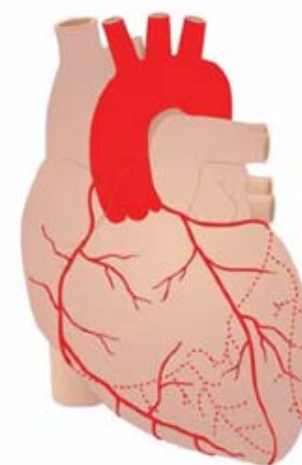
- 平板状試料の観察を可能にするため、ラミノグラフィー測定システムの整備を行った。

SPRUC第5回 BLsアップグレード検討ワークショップ
BL20B2 医学・イメージング I

In vivo 放射光微小血管機能イメージング

国立研究開発法人 国立循環器病研究センター
心臓生理機能部

土持 裕胤



2型糖尿病モデルマウス冠動脈造影 (BL28B2)

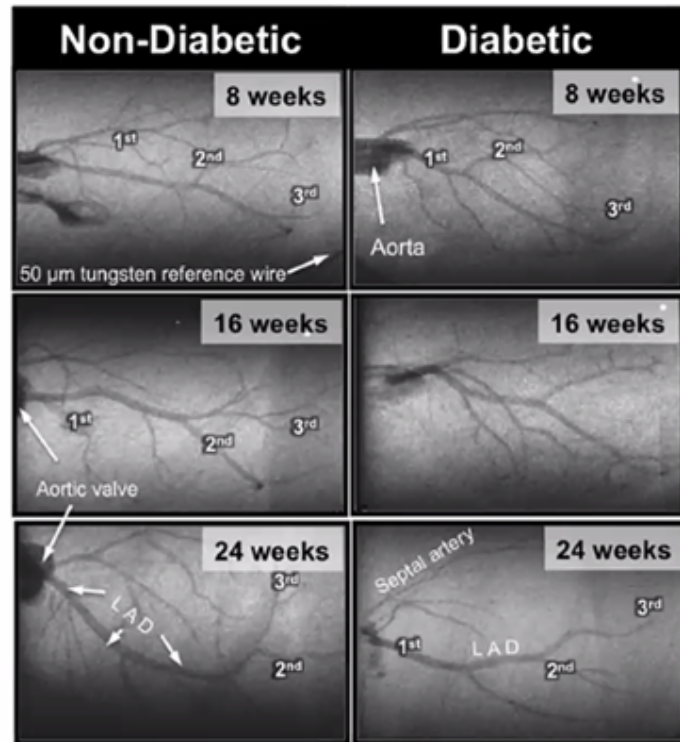


FIGURE 2 | Representative microangiogram images showing the contrast-enhanced coronary arterial branching network down to the 3rd order in anesthetized db/db non-diabetic (Left) and db/db diabetic (Right) mice at 8, 16, and 24 weeks of age. The tungsten wire in the bottom right corner of both angiogram frames is a reference of 50 μ m diameter.

Front. Physiol. 9:696. doi: 10.3389/fphys.2018.

我々の狙い

In vivo 放射光微小血管機能イメージング



単に病態モデル動物の臓器血管を描出だけでなく、収縮や拡張機能を画像化し、解析する

太い導管血管よりも、臓器血流調節に関わる細い抵抗血管に着目 (100 μ m以下)

我々は実験室設置型のマイクロフォーカスX線血管造影装置を構築し、生体肺や骨格筋等の血管造影を行ってきた

心臓は心拍動と肺の動きにより絶えず動いており、小動物の冠動脈造影は不可能であった (画像のブレ)



国立循環器病研究センター
National Cerebral and Cardiovascular Center

実験結果につきましては、大変恐縮ながら何枚か割愛いたしました。

画像を割愛
いたしました。

要望

Spring-8利用開始時から、段階的に画質や操作性の向上を進めて
いただいております、大変感謝しております

血管造影は二次元画像のため、血管同士の前後関係がわかりにくい

→各個体で左のような三次元情報を簡便に取得できると便利



現在、BL20B2では40keVでイメージングしているが、造影剤
に含まれるヨードの最適なKエッジは33.2keVなので、
33.2KeVに近いチューニングができれば、もう少しコントラス
トの向上が期待できるのではないかと思います



国立循環器病研究センター
National Cerebral and Cardiovascular Center

SPRUC 第5回 BLsアップグレード検討ワークショップ
SPRUC 5th BLs Upgrade Review Workshop

2023.3.10 Fri 9:00-17:00

11:00 11:30 回折・散乱BL群のアップグレード 理研/JASRI 玉作賢治
Upgrade of diffraction and scattering BLs, RIKEN/JASRI, Kenji Tamasaku

BL40XU 微小単結晶構造解析装置

微小単結晶構造解析

★ 有機材料 ($d \sim 20\text{\AA}$)

☑ マイクロビーム

X線回折マッピング

☑ マイクロビーム


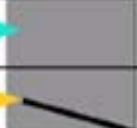






➤ BL再編でBL40XUは小角散乱専用

2024/12 (予定) BL40XU閉鎖

2025/10 (予定) BL05XU (未確定) にて再開

➤ IP検出器は現有の装置が修理不能になる／2024年末まで利用可

BL05XUへ移設の場合に検討しているスケジュール

現在	2024A	2024B	2025A	2025B
40XU 小角				
40XU 単結晶				
05XU R&D				
05XU 小角				

単結晶

新しい単結晶構造解析装置

BL02B1 高エネルギーX線構造解析装置

結晶構造解析

✧ 新規有機材料

☑ ハイスループット

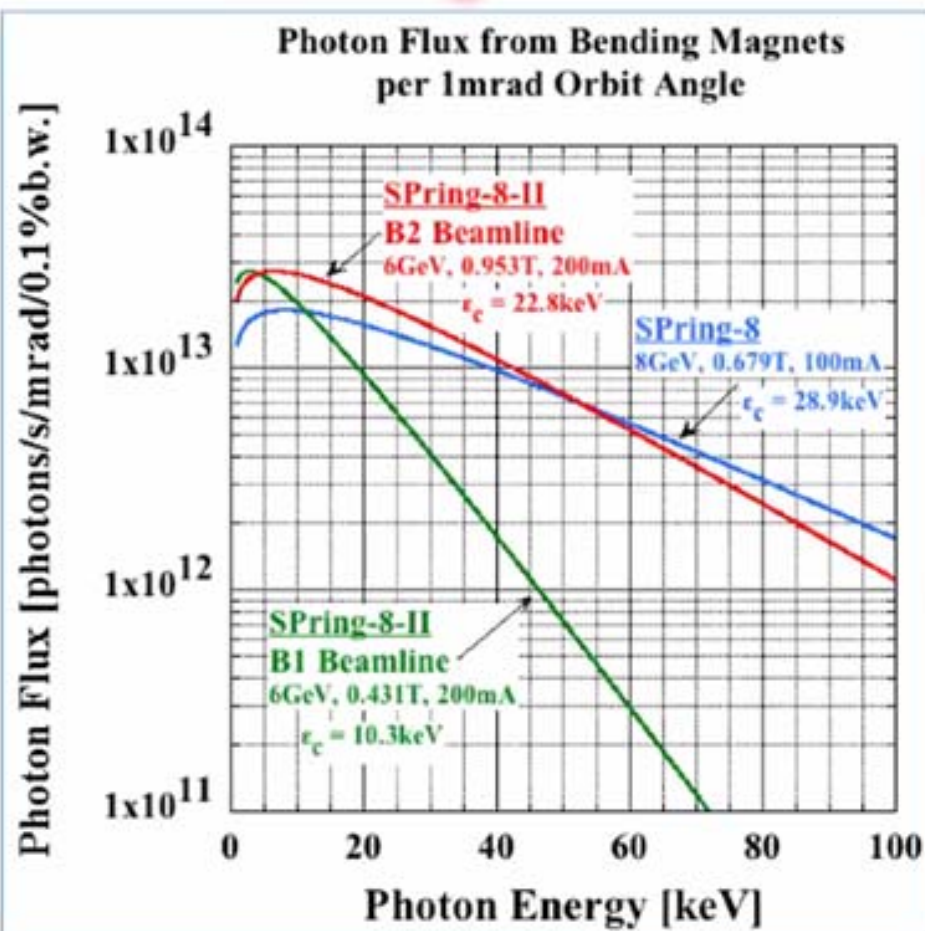
電子密度レベル精密構造解析

✧ 物性系無機材料

☑ 高分解能・高精度

偏向電磁石BLのフラックス比較

※暫定版 (変更の可能性あり)



➤ 4軸回折計は供用停止中

➤ IP検出器は2023A期まで

※動作不安定な制御系の更新のため

➤ **SPring-8-IIアップグレード**

・ B1ビームラインの10 keV以上で暗くなる

・ **B2ビームラインへの移設を検討中**

※50 keV以下で少し明るくなる

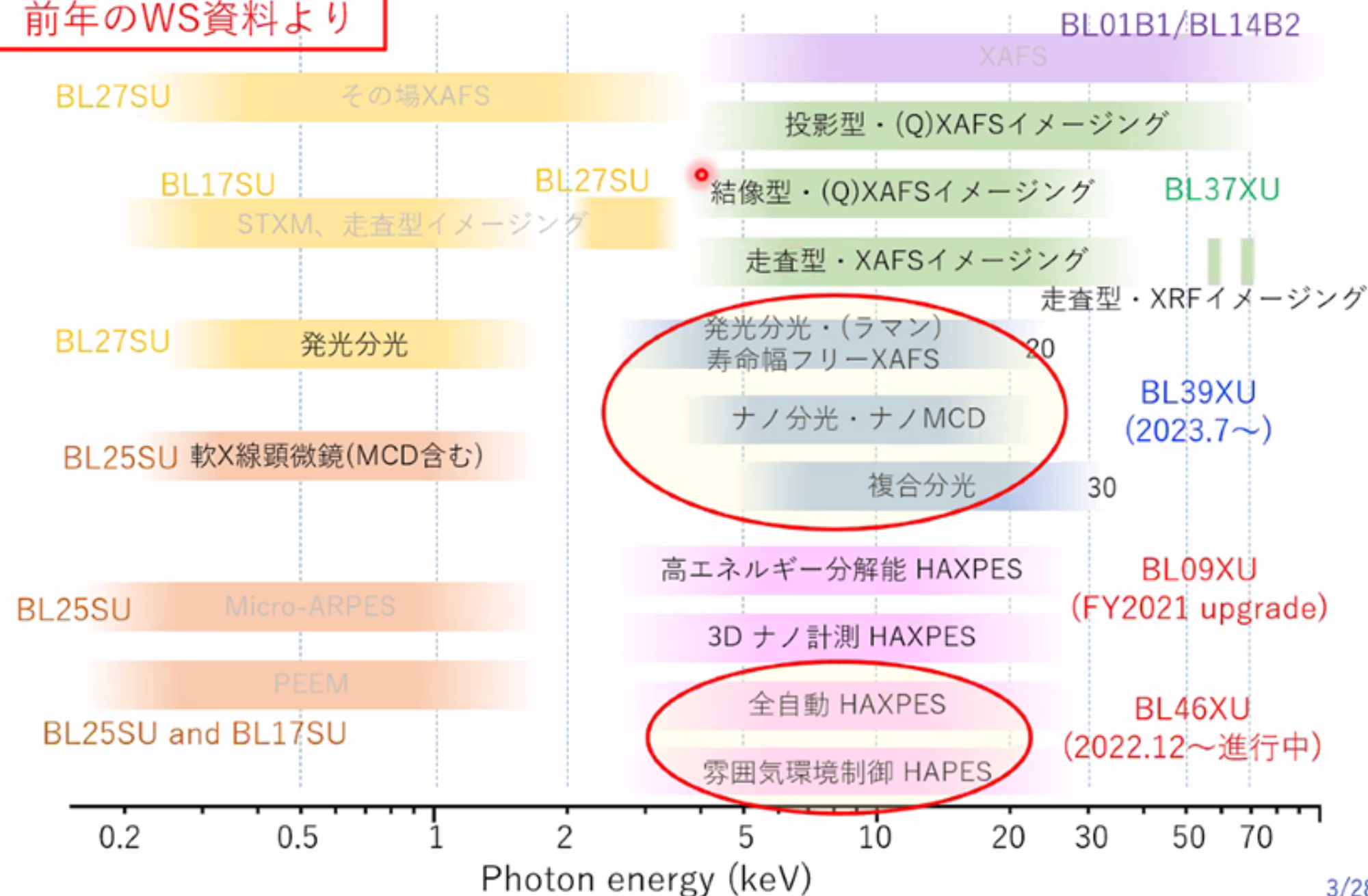
SPRUC 第5回 BLsアップグレード検討ワークショップ
SPRUC 5th BLs Upgrade Review Workshop

2023.3.10 Fri 9:00-17:00

13:00 13:30 分光BL群、BL39XUのアップグレード JASRI 為則雄祐
Upgrade of Spectroscopy BLs and BL39XU, Yusuke Tamenori, JASRI

分光BL群のポートフォリオ(FY2022の検討状況)

前年のWS資料より



SPRUC 第5回 BLsアップグレード検討ワークショップ
SPRUC 5th BLs Upgrade Review Workshop

2023.3.10 Fri 9:00-17:00

13:30 14:00 イメージング・SAXS BL群-BL40XUのアップグレード JASRI 登野健介
Upgrade of imaging/SAXS BLs - BL40XU, Kensuke Tono, JASRI

1. イントロダクション
 - 対象ビームライン
 - 基本方針
2. 共用イメージングBLsのアップグレード進捗
 - マイクロX線CT自動測定装置@BL28B2の紹介
3. SAXS BLsの再編について
4. BL40XUの改造計画
5. まとめ

対象ビームライン

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 (≤ 38 keV、分解能150 nm)

BL28B2: 高エネルギーマイクロCT (自動測定)

白色X線ビーム (~ 200 keV)

BL47XU: マイクロ・ナノCT (≤ 15 keV、分解能 < 100 nm)

持込み装置 (実験ハッチ2)

共用SAXS BL

BL40B2: 汎用SAXS/WAXS (SWAXS)

自動測定, SEC-SAXS

BL40XU: 時間分解SWAXS、イメージング・SAXS複合計測

高フラックス準単色ビーム

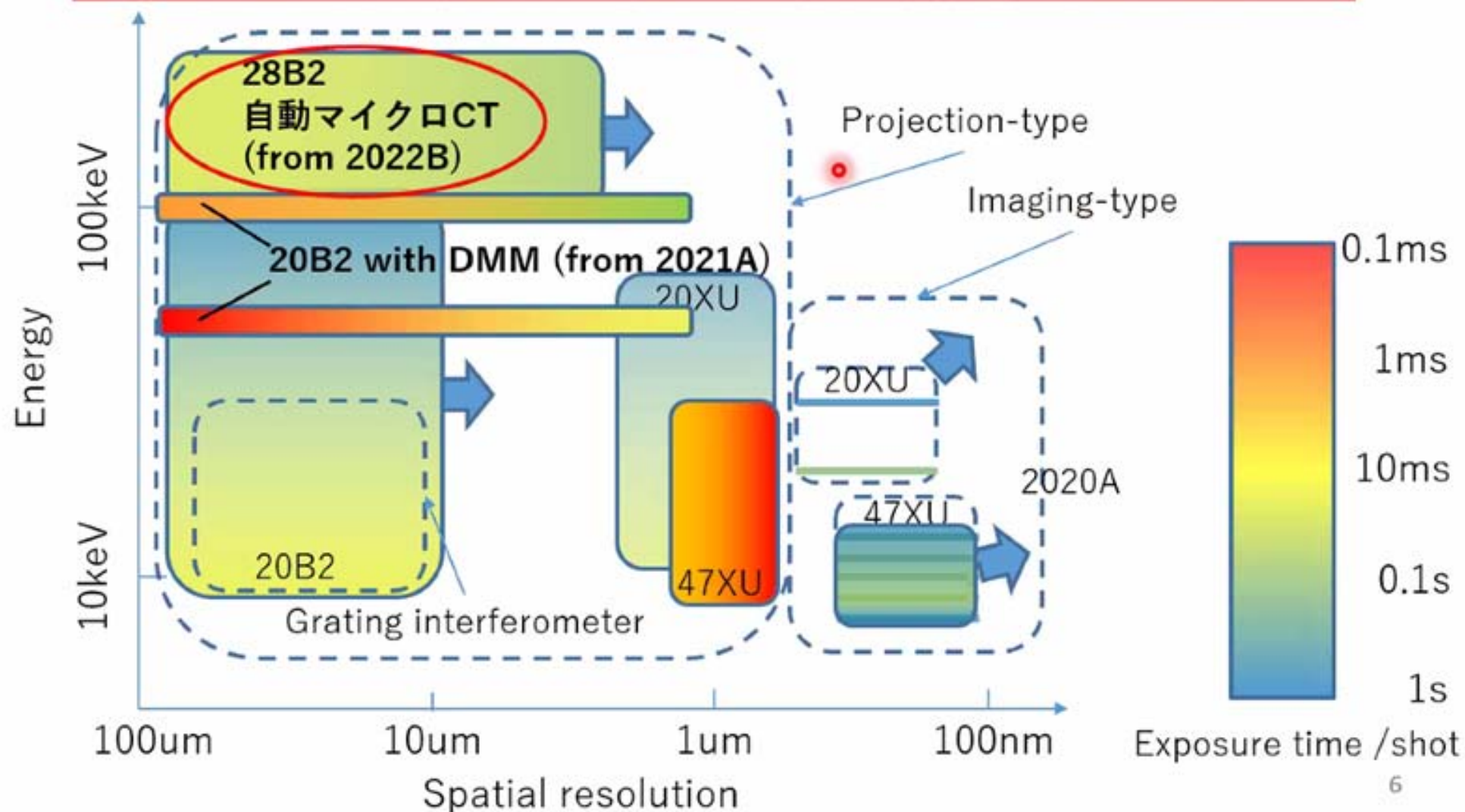
BLアップグレードの基本方針

- 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。
- 測定自動化により、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（マイクロCT、SAXS）。
- 高エネルギー領域利用に向けた取組みを重点的に実施（イメージングBL）。
- 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
 - ✓ 光源、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）（済）
 - BL40XU：SAXS専用BLに改造（FY2025～利用再開）
微小結晶用精密回折計を移設
 - BL47XU：HAXPES装置をBL09XUへ移設（済）
 - 実験ハッチ2を持込み装置用に再整備（済）

1. イントロダクション
 - 対象ビームライン
 - 基本方針
2. 共用イメージングBLsのアップグレード進捗
 - マイクロX線CT自動測定装置@BL28B2の紹介
3. SAXS BLsの再編について
4. BL40XUの改造計画
5. まとめ

共用イメージングBLs (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。



X線マイクロCT自動測定装置 (BL28B2)

- 自動測定の「手軽さ」により、潜在的需要を発掘。
- 効率向上、省力化、利用の活性化を実現。
- 高エネルギーマイクロCT実験がより簡便に。
 - ✓ 24時間連続自動測定
 - ✓ 3D画像再構成までのデータ処理も自動化
- 代行測定（1時間単位）が可能: <https://user.spring8.or.jp/?p=42152>

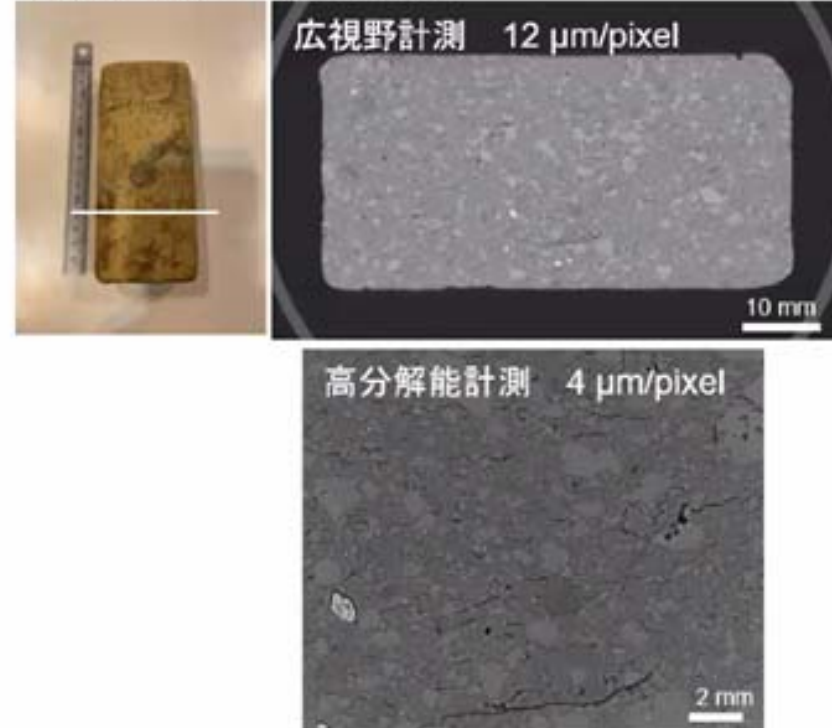
測定事例1 携帯電話



測定事例2 リチウムイオン電池



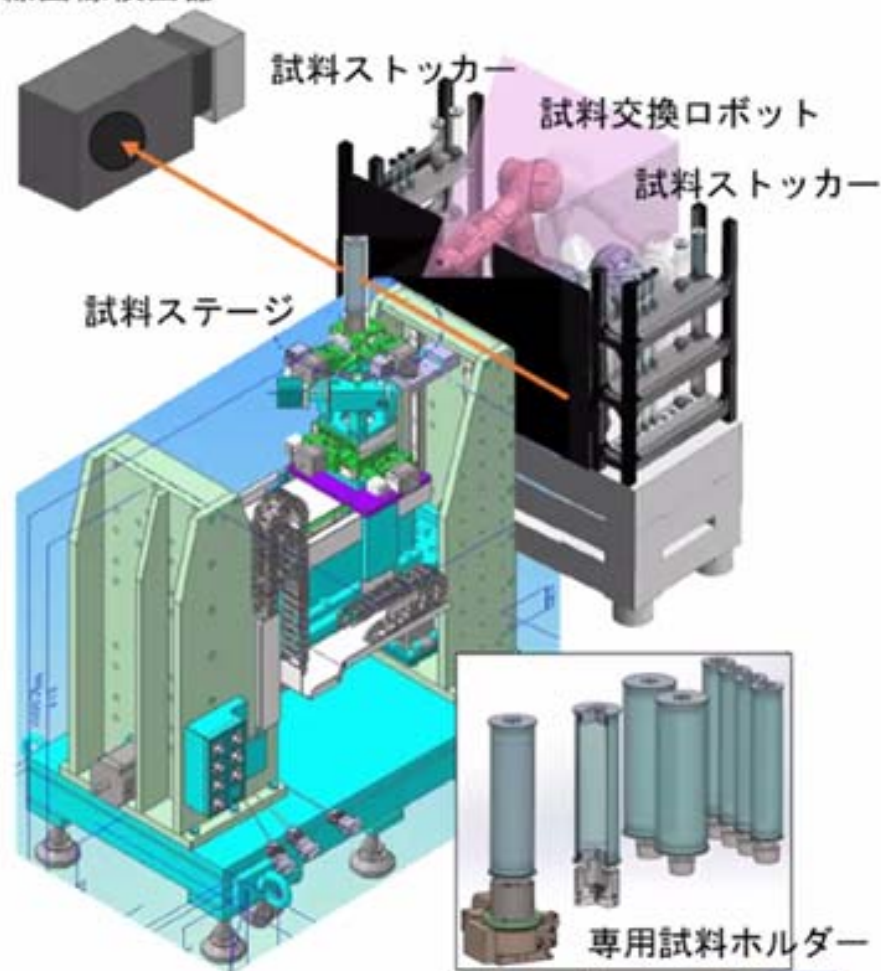
測定事例3 ブロック状試料



X線マイクロCT自動測定装置 (BL28B2)

自動CT測定システム

X線画像検出器



Φ26 mm

Φ46 mm

現状のスペック

広視野計測

- 投影像視野サイズ: 45mm(H)×1.5mm(V)
- 画素サイズ: 12μm/pixel
- 1CTあたりの測定時間: 6min
- 1時間あたり測定可能なボリューム:
Φ45mm×10mm*

*試料の鉛直方向への走査が必要

高分解能計測

- 投影像視野サイズ: 16mm(H)×1.5mm(V)
- 画素サイズ: 4μm/pixel
- 1CTあたりの測定時間: 6min
- 1時間あたり測定可能なボリューム:
Φ16mm×10mm*

- 最大試料(専用ホルダー収納可能)サイズ:
Φ46mm×150mm, Φ26mm×100mm

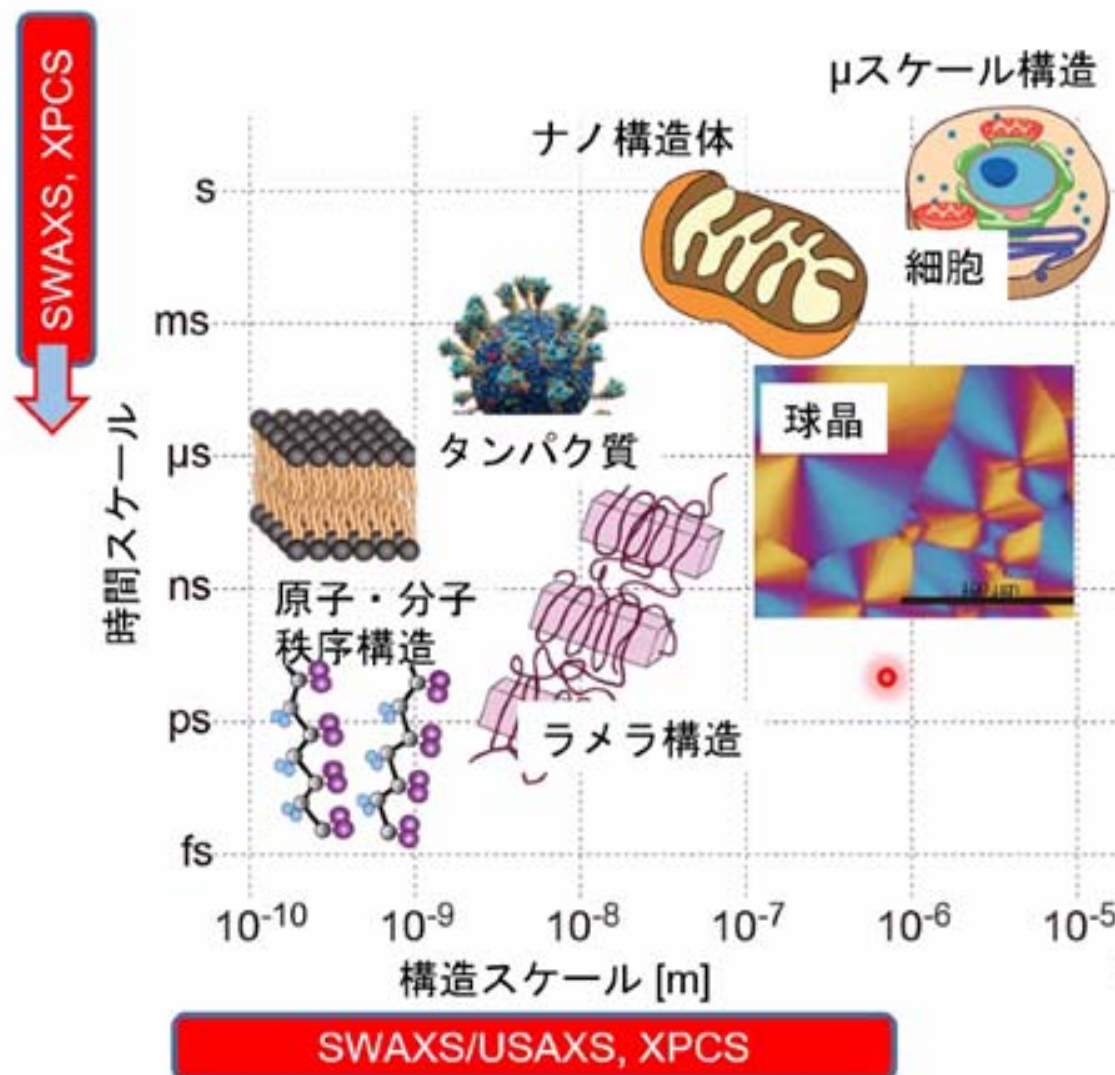
予想される利用例・測定事例

- 電池関係(in-situ以外)
- 電子デバイス等接合部(疲労試験との組み合わせ)
- 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
- 化石

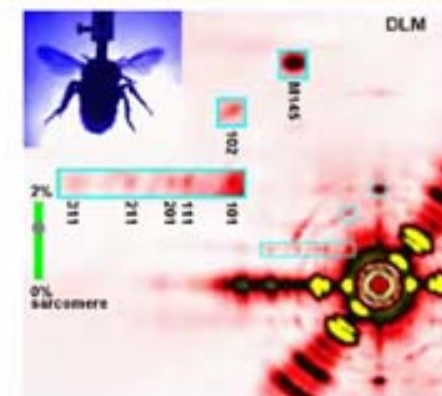
代行測定HP: <https://user.spring8.or.jp/?p=42152>

1. イントロダクション
 - 対象ビームライン
 - 基本方針
2. 共用イメージングBLsのアップグレード進捗
 - マイクロX線CT自動測定装置@BL28B2の紹介
3. SAXS BLsの再編について
4. BL40XUの改造計画
5. まとめ

幅広い階層性を有する試料の構造・ダイナミクス計測

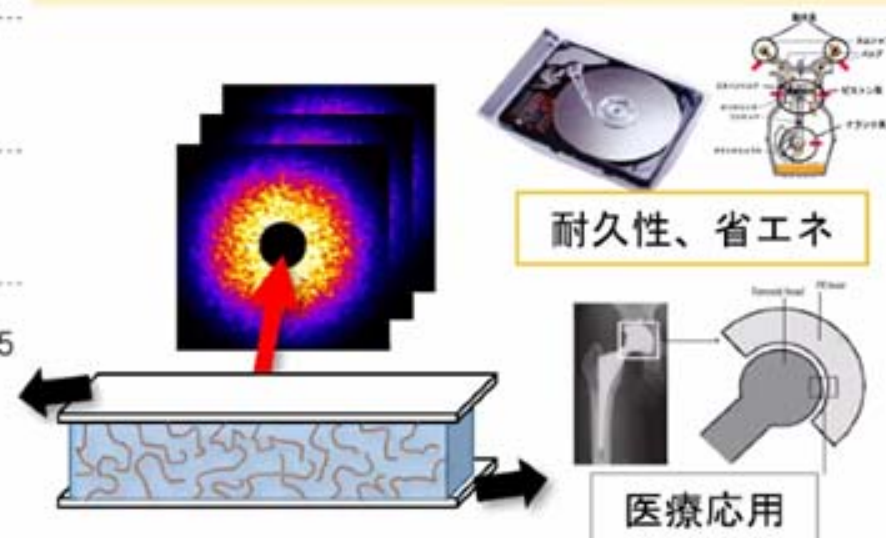


In situ, in vivo 高時間分解測定



Iwamoto and Yagi, Science 341, 1243 (2013)

トライボロジー：摩擦界面でのダイナミクス



(具体例)SAXSとイメージングの融合

計測システムと解析法の高度化により、実空間情報との組み合わせが容易になれば、より幅広いユーザー層の利用が期待できる。

分子構造イメージング



位相回復、計算科学

E.g., Grant, Nat. Meth. 15, 191 (2018).



Iwamoto et al., Biophysical Journal 85, 2492 (2003)

SAXS・イメージング同時計測



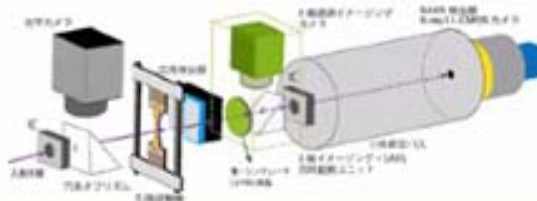
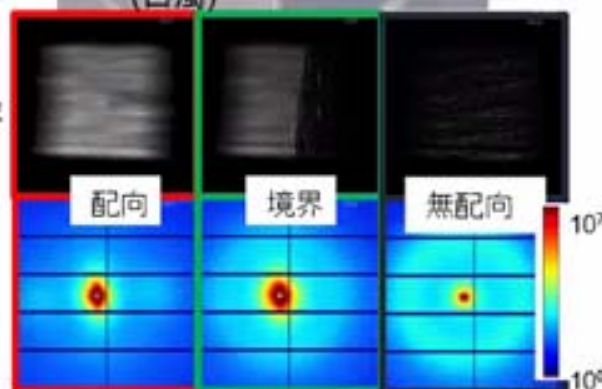
X線透過像

配向

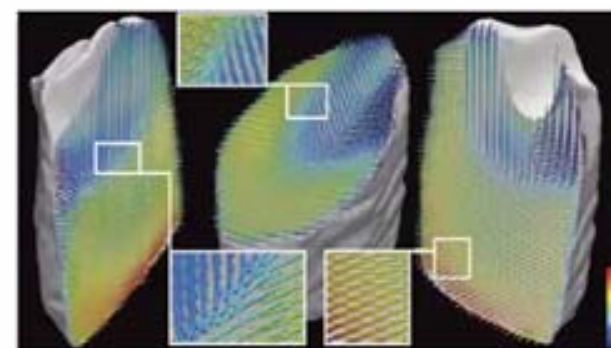
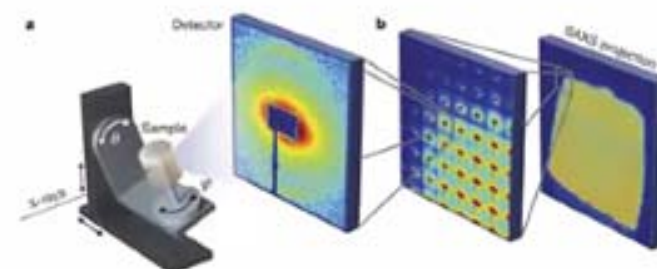
境界

無配向

SAXS像



SAXS CT



Schaff et al. Nature 527, 353 (2015)

マイクロビームによる高速空間分解計測（X線透過像+SAXSマッピング）は、複雑系試料の局所解析などの有効なツールとなり得る。

BL40XU SWAXS専用BL化 → BL基幹部も含めた大幅改造

BL40XU: 逆・実空間 動的イメージング

- 高フラックスビームと高速検出器による高速散乱測定/XPCS測定、in-situ測定
- 高フラックスμビームを利用したトライボロジー(摩擦)評価
- 破壊・生成プロセスの逆・実空間可視化

必要とされる性能と改造案

[高速測定]

高フラックスビーム: **ID準単色ビーム利用 (IDを標準型に入替え)**

エネルギー範囲: **8-15 keV + α** (高エネルギー領域は他のSAXS BLで)

検出器更新: **CITIUS導入**

[マイクロビーム]

ウォルターミラー集光光学系: **ミクロン ($\sim 1 \mu\text{m}$) ビーム**

非集光ビーム ($\sim 200 \times 50 \mu\text{m}$) も利用可能

[単色ビーム利用にも対応] **準単色-単色ビーム切替え機構**

ダブルチャンネルカットモノクロメーター

(XPCS、時間コヒーレンス利用、**8 \sim 15 + α keV**)

[カメラ長の延長] **カメラ長 $\sim 8 \text{ m}$** (USAXS、XPCSに対応)

[コヒーレントX線利用] XPCS、CDI、タイコグラフィー

[大量データ処理] **SPring-8 データ・解析インフラ活用**