

# BL40XU

High-flux (多目的)BLからSAXS専用BLへ

JASRI 散乱・イメージング推進室  
関口博史

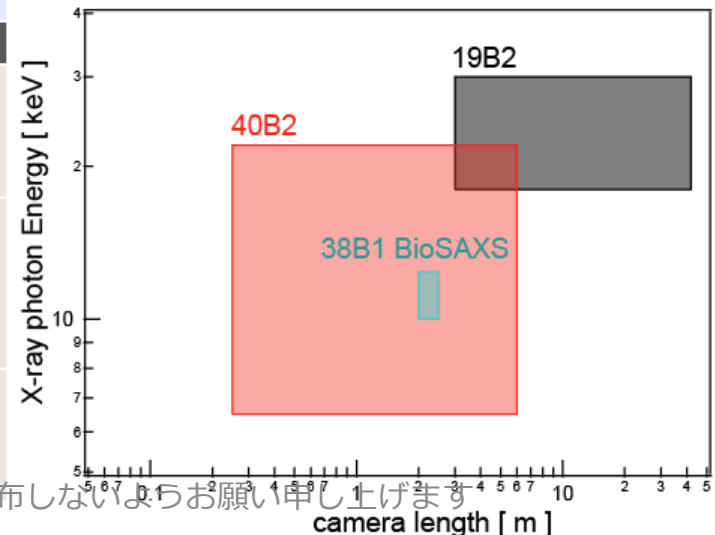
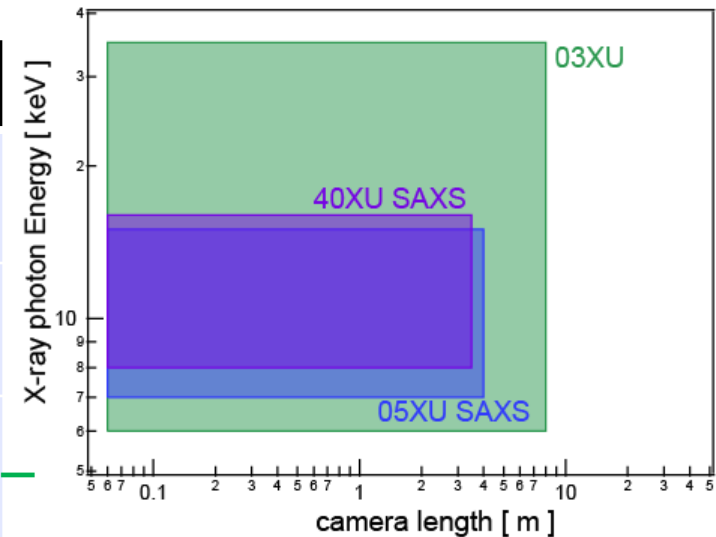
- SAXS-BLs再編
  - SAXS-BLs の現状、課題
  - BL40XU改修について

# SPring-8 SAXS BLの現状 課題

## 顕在化した課題

- ・ サイト内に複数のSAXS-BLが存在し、アクティビティが分散
  - ・ 多様な試料・計測レンジ(時間・空間)ニーズへの対応が不十分
- 共用・SAXS専用ID-BLへの強い要望 (μビーム、高時間分解計測、XPCS)

ID-BLs	SAXS仕様	特徴・課題
<b>40XU</b> <u>共用</u>	8-15 keV max 3.5 m	相乗りBL, 多目的 → <b>ロースループット</b> マイクロビーム(5μmφ)利用, <b>準単色のみ</b>
<b>05XU</b> 理研	7-15 keV - 4 m	相乗りBL (SAXS)プロジェクト利用
<b>03XU</b> 専用	6-35 keV - 6 m	<b>汎用的なID-SAXS BLとして十分な性能</b> ユーザーが固定, <b>共用不可</b> <b>ソフトマター</b> 実空間イメージングの要望 XPCS利用あるが100Hz測定にとどまる
BM-BLs		
<b>40B2</b> <u>共用</u>	6.5 – 22 keV 0.25 - 6 m	<b>低ノイズ</b> <b>ハイスループット化 (取組中)</b>
<b>19B2</b> <u>共用</u>	18 keV 3 or 41 m	<b>自動試料交換ロボット(Hummingbird)</b> <b>USAXS</b> 利用あり：時間分解・秒単位
<b>38B1</b> 理研	12.4 keV 2.5 m	一般課題は <b>BioSAXS</b> のみ (12.4 keV, 2.5 m SAXS)



# SAXS・BL再編の狙い

- SAXS BL群の再編ワーキンググループを立上げ(FY2021)、SAXS/WAXS装置群の配置最適化を検討
- **再編の核となるSAXS専用の-ID-BL(40XU)改修案を策定**

## 再編で何をめざすか？

### 使いやすさ

- 散乱測定の一通りの測定・解析のスループットを向上
- 必要な測定を必要なタイミングで必要な時間に (Just-in-time!)  
→新規ユーザー、研究分野の参入障壁を減らす

### Measurement

BL40B2 ハイスループット化

### 高性能化

- 階層構造の時間発展計測の深化 (USAXS、μビーム、高エネルギー利用)  
反応容器内の可視化、その場観察  
材料の創製プロセスへの貢献、反応条件の評価・最適化

### Measurement

BL40XU改修＋RIKEN-SAXS-BLs との連携

### 新たな評価軸の提供

- 高時間分解 XPCS, 散乱CT(SAXS-CT), 散乱とイメージング同時計測  
→ トライボロジー(摩擦)、テクスチャー(歯ごたえ、粒状感) の解析  
→ 柔らかいサンプル(ソフトマター、食品)  
新規研究分野の開拓、新たな評価軸の提供

### Experiment

BL40XU改修

# SAXS BLsの再編

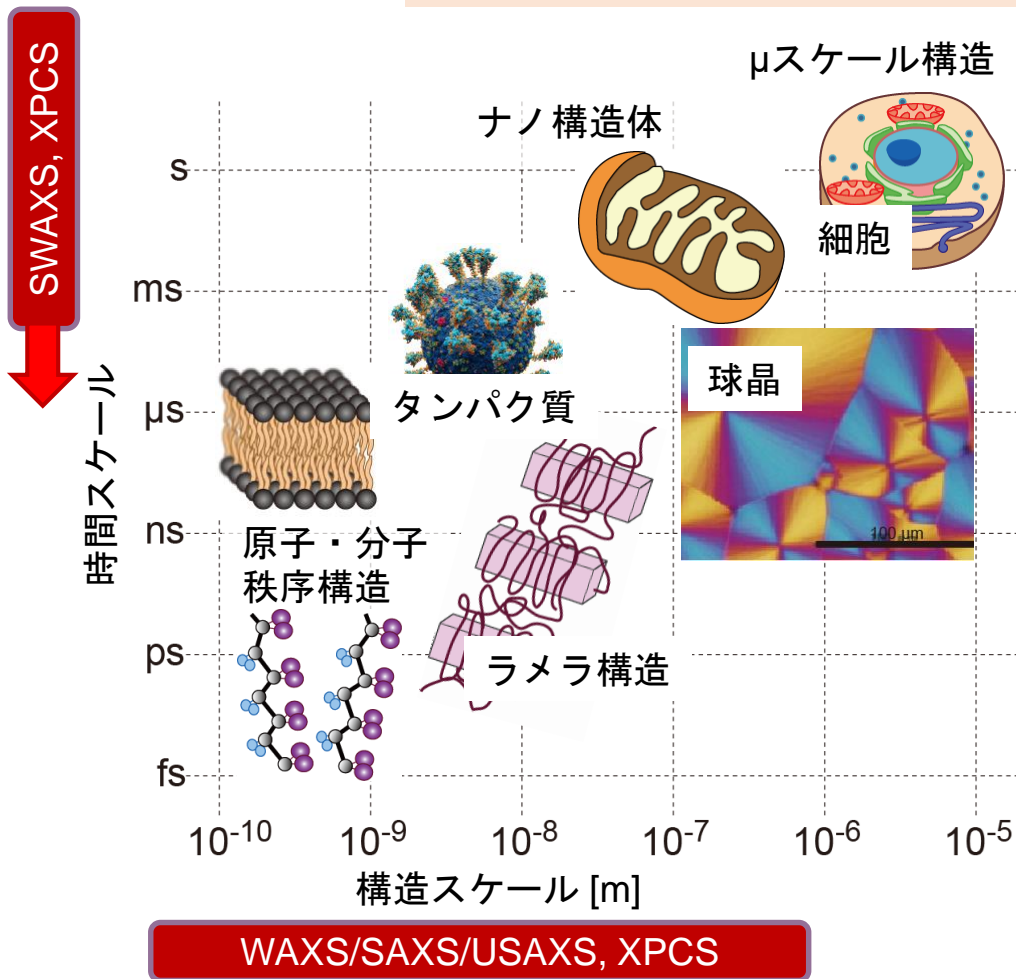
SPring-8アップグレード計画をみすえ、課題克服に向けて段階的にBLの再編成を実施

	2022 --- 2027	25B	SPring-8-II
<b>ID-BLs</b> <b>40XU</b> 共用	EH1 SAXS/WAXS EH2 単結晶構造解析	2024年12月-2025A SAXS専用 BLへ改造 ダウンタイム	<b>共用SAXS-ID</b> 高速SWAXS, XPCS, $\mu$ -Beam 利用 8-15 keV利用, USAXS ( ~ 10 m)
<b>05XU</b> 理研	EH SAXS プロジェクト利用 SAXS/WAXS	理研共用枠で受入れ	
<b>03XU</b> 専用			BL03XUの今後の運用については検討中
<b>BM-BLs</b> <b>40B2</b> 共用	ハイスループット化・低ノイズ化 測定代行対応 試料調製自動化		<b>共用SAXS-BM</b> <b>として継続</b>
<b>19B2</b> 共用	学術・産業利用の垣根をなくした利用 <b>EH3 USAXS/SAXS</b>	USAXSの一部	**アップグレード後の運用は未定
<b>38B1</b> 理研	共用枠 BioSAXS利用		**アップグレード後の運用は未定

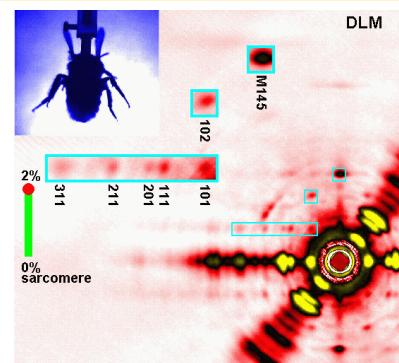
# BL40XU SAXS専用BL化で目指すこと

幅広い階層性を有する試料[ソフトマター]の構造・ダイナミクス計測

- 一過性の現象 (破壊・生成プロセス)をとらえる
- 局所・界面での動的評価/トライボロジー

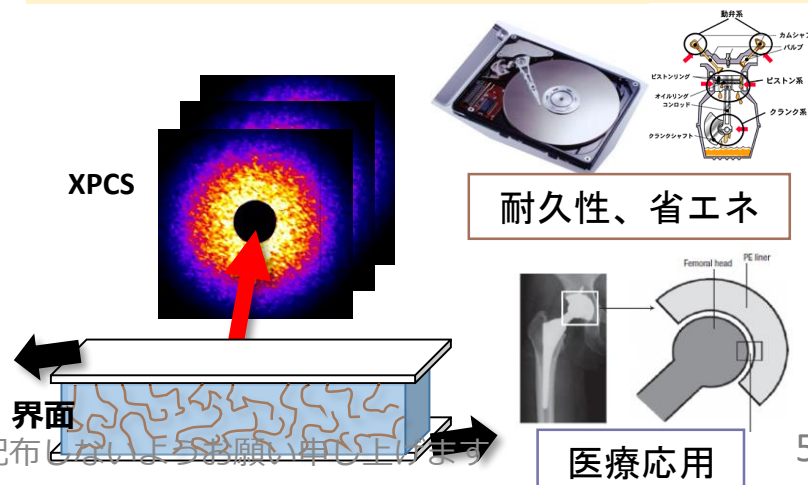


*In situ, in vivo*階層構造ダイナミクス



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



# BL40XU SWAXS専用BL化 → 要・改修

幅広い階層性を有する試料[ソフトマター]の構造・ダイナミクス計測

- 一過性の現象 (破壊・生成プロセス)をとらえる
- 局所・界面での動的評価/トライボロジー

## 必要とされる性能と改修案

[小角分解能]  $\mu$ メートルスケール ( $q_{\min} = 0.006 \text{ nm}^{-1}$ )

**カメラ長 10 m** → XPCS, (CDI) 利用

[高速測定] サブミリ秒散乱計測

高フラックスビーム：**ID準単色ビーム利用**  $\sim 10^{15}$  phs

検出器更新：**高速積分型・次世代検出器 CITIUS導入**

[ビームサイズ]  **$\mu\text{m}$ ～sub- $\mu\text{m}$ 、非集光ビームの切り替え利用**

ウォルターミラー集光光学系の導入

→ 需要多い 12.4 keV, 2 m SAXSに最適化

[X線エネルギー] 8～15 keV

[階層構造,XPCS] **準単色－単色ビーム切替え**

(退避可能な) ダブルチャンネルカットモノクロメーター

主ターゲットはソフトマター (40XUで20 keV以上の利用は想定しない)

コヒーレントX線利用実験では8～12 keV中心

[階層構造] SAXS/WAXS同時計測システム常設

**CITIUS検出器・カスタマイズ：開口付きWAXS検出器 + SAXS検出器**

[解析インフラ] 主に XPCS, SAXS-CT解析

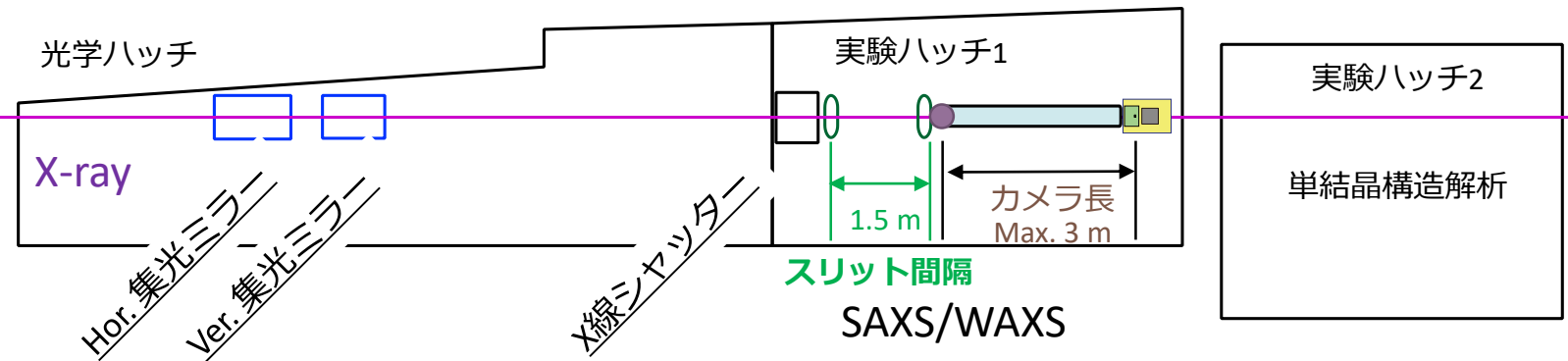
**SPRING-8 データセンター活用**

本資料はSPRUC研究会内にとどめ、対外的に参照・配布しないようお願い申し上げます

# BL40XU 現状と改修後(SAXS専用BL化)

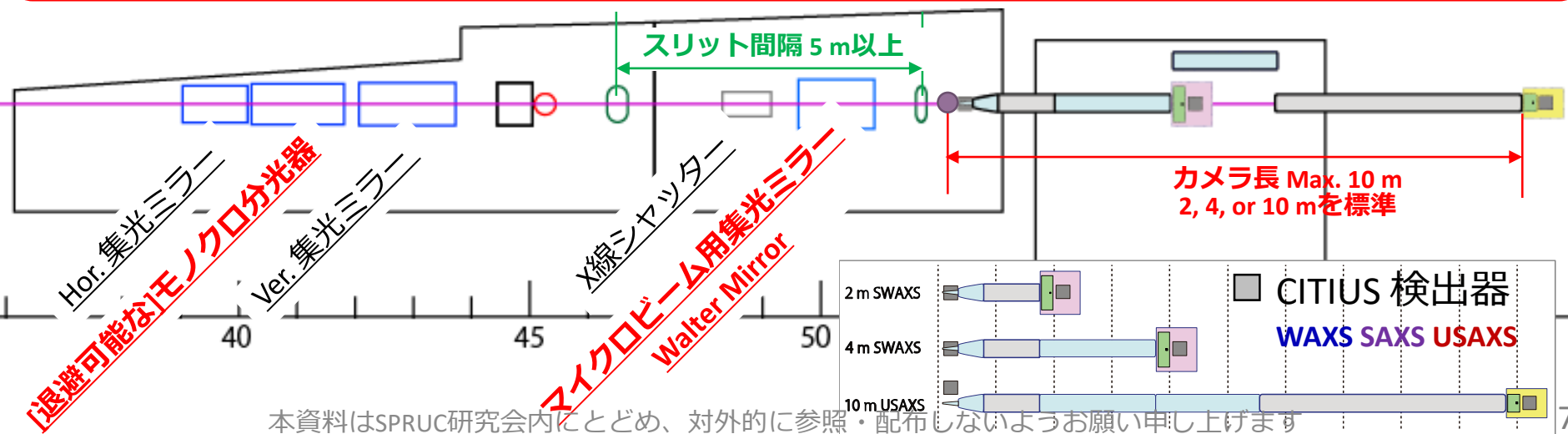
## 40XU現状

- ヘリカルアンジュレータ
- 準単色X線(ハイフラックス)利用 (8-15 keV)
- EH1: SAXS/WAXS, EH2: 単結晶構造解析
- SAXS カメラ長 3.5 mがMAX (第一ハッチ内)
- 用途に合わせて検出器・使い分け



## 40XU改修後 SAXS ID

- 標準IDへ入れ替え
- 準単色/単色の切り替え利用 (8-15 keV +  $\alpha$ )
- サンプル位置は第一ハッチ下流に固定
- カメラ長 10 m確保(2 m, 4 m or 10 m)
- CITIUS検出器 3種類(W,S,U)を段階的に導入
- マイクロビーム集光



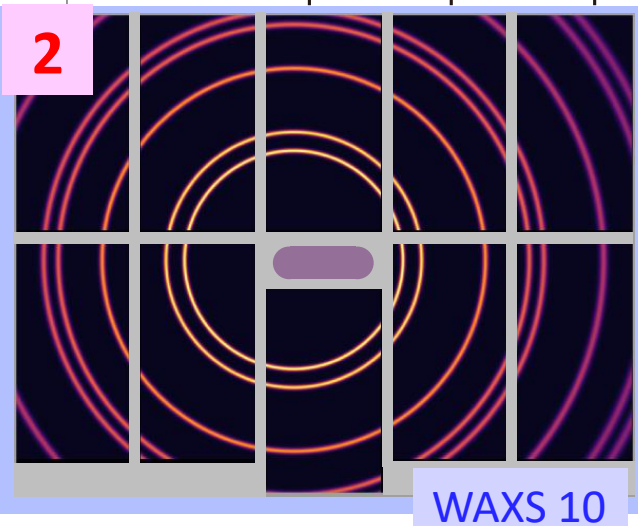
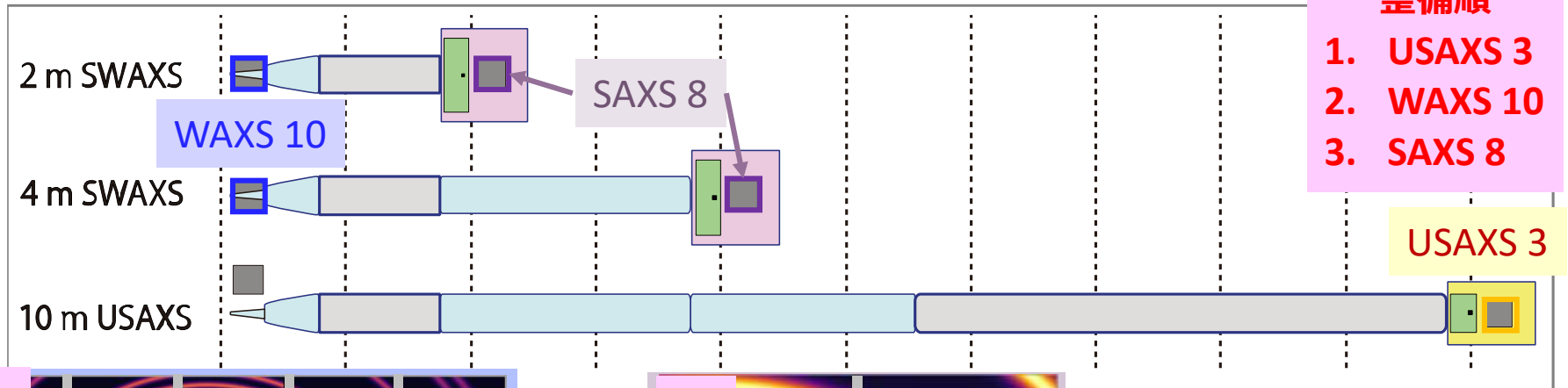


# 改修BL40XU: CITIUS検出器 (段階的に導入)

## 階層構造の時間分解計測：空間的/時間的に取りこぼしのない検出器

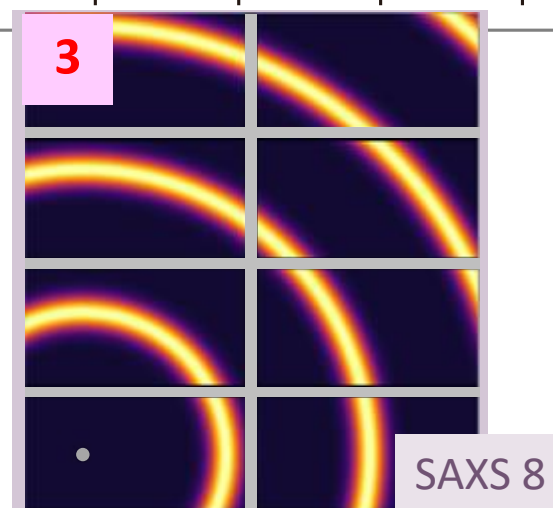
- ✓ 開口付き・WAXS検出器と、SAXS/USAXS検出器の組み合わせ
- ✓ 据え置き利用を想定(WAXS/USAXS): 検出器・使い分けからの脱却
- CITIUS 高フレームレート(17 kHz)→ 一過性の高速現象
- CITIUS 広いダイナミックレンジ → 界面の情報 複合材料

西野玄記(JASRI, 理研)  
東末敏明、初井宇記 (理研) 他



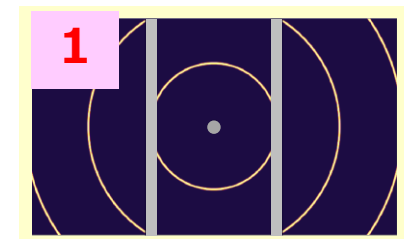
CeO<sub>2</sub>, 12.4 keV, 0.1 m 配置

4.3 – 48.5 nm<sup>-1</sup>



AgBh, 12.4 keV, 2 m (offset 配置)

0.04 – 4.4 nm<sup>-1</sup>



XPCSに活用 USAXS 3

Collagen, 12.4 keV, 10 m

0.012 – 0.32 nm<sup>-1</sup>

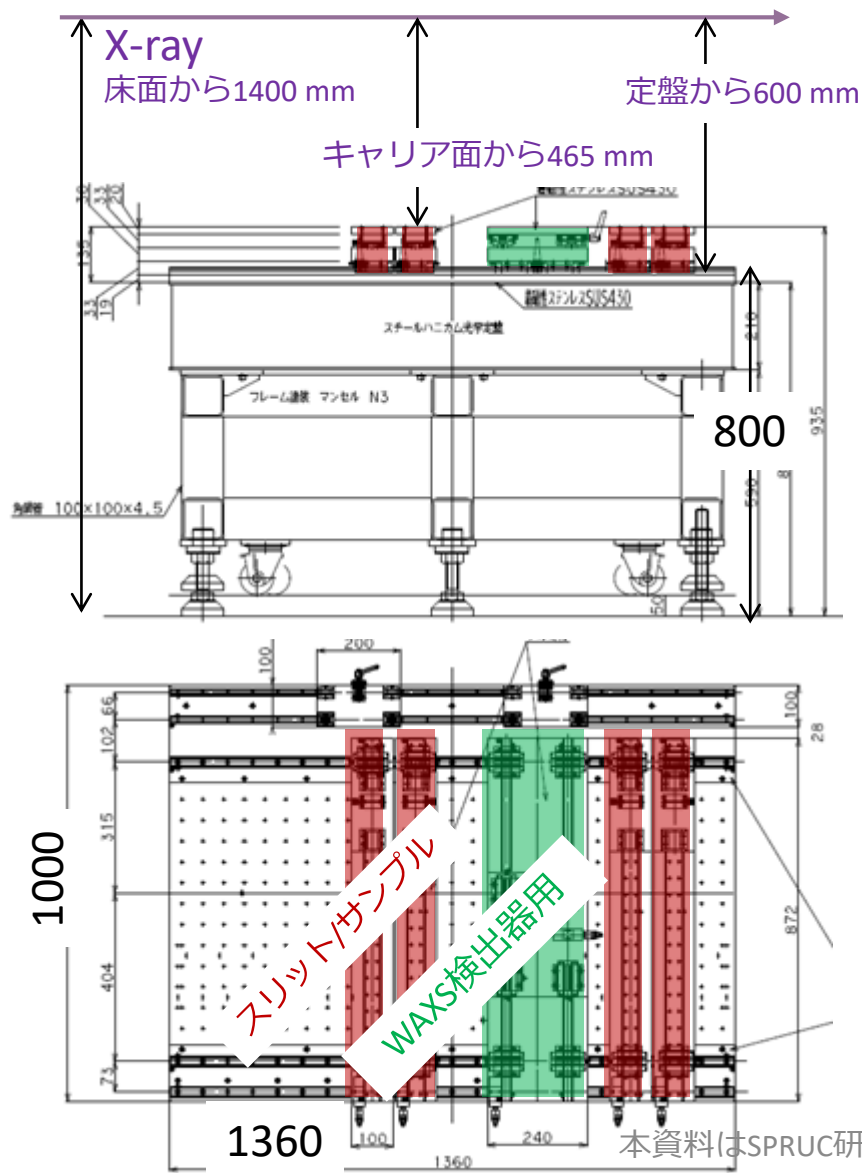
本資料はSPRUC研究会内にとどめ、対外的に参照・配布しないようお願い申し上げます



# サンプル定盤・サンプル廻り準備状況

## サンプル定盤

持ち込み装置・対応



## サンプル周辺 共用機器整備

- 時間分解溶液散乱 ストップフロー装置 (SFM-4000, BioLogic)
- レオロジーSAXS/WAXS装置：レオメータ (MCR302e, Anton Paar)
- 温度/湿度 制御 延伸ステージ (Linkam) etc.



# BL40XUアップグレード まとめ

- BL基幹部も含めた改造を2024年12月ビームタイム後に予定
  - (利用停止期間：2025年1,2月、2025A期)
  - 標準型IDへの入替え、改修後はSAXS専用BL (2025B期)
  - EH2精密回折計は撤去
- 準単色/単色ビーム切替え、カメラ長 10 m、 $\mu$ ビーム利用
- 検出器CITIUSを利用した時間分解SAXS/WAXS計測システムの整備
- その他の今後の取組み
  - ✓ 高速測定、大容量データ処理を可能にするITインフラ整備
  - ✓ イメージング・散乱同時計測ユニットの開発

現在の利用		FY2023-2027		SPRING-8-II
40XU 共用	$\mu$ ビームSWAXS, 時間分解SWAXS	CITIUS検出器 ITインフラ整備 複合計測	<b>2024年12月- 2025A SAXS専用 BLへ改造 ダウンタイム</b>	<b>高速SWAXS SAXS-CT 高速XPCS 複合計測</b>
	単結晶構造解析			
		$\mu$ ビームSWAXS 時間分解SWAXS USAXS XPCS 複合計測		