

参考資料 2
科学技術・学術審議会
研究開発基盤部会
量子ビーム施設利用推進委員会
(第7回)
令和8年3月6日

第6回量子ビーム利用推進委員会

資料 2-2
科学技術・学術審議会
研究開発基盤部会
量子ビーム施設利用推進委員会
(第6回)
令和8年2月12日

SPring-8-II 整備プロジェクトの進捗

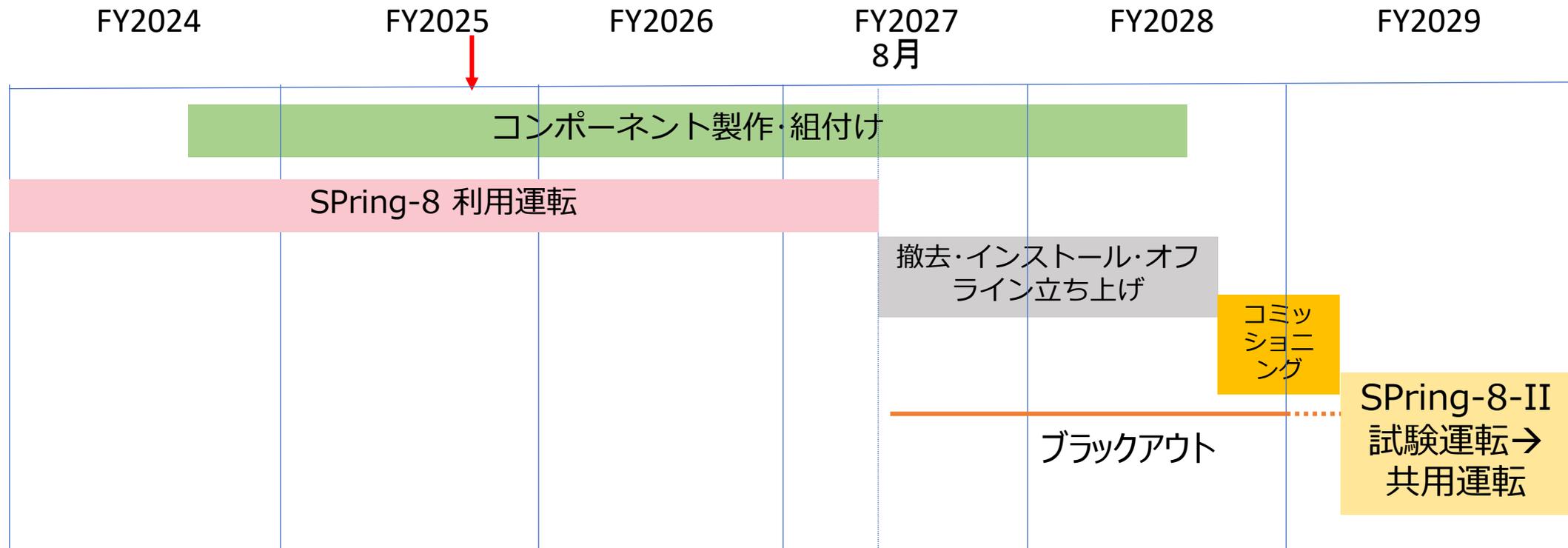
理化学研究所 放射光科学研究センター
矢橋 牧名

目次

1. プロジェクトの進捗
2. ビームライン再編
 1. Phase 1 (2018-2024)
 2. Phase 2 (2025-2028)、重点ビームライン4本
 3. Phase 3 (2029-)
3. ブラックアウト~立ち上げ
4. 利用制度
5. 情報共有

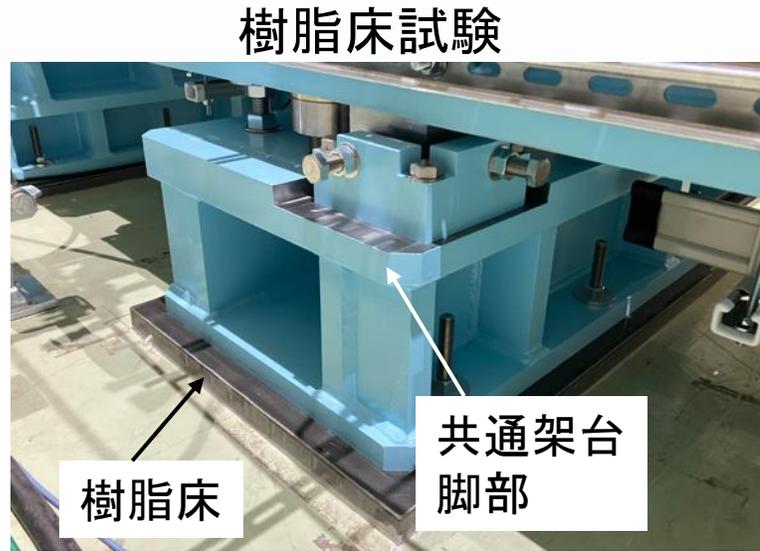
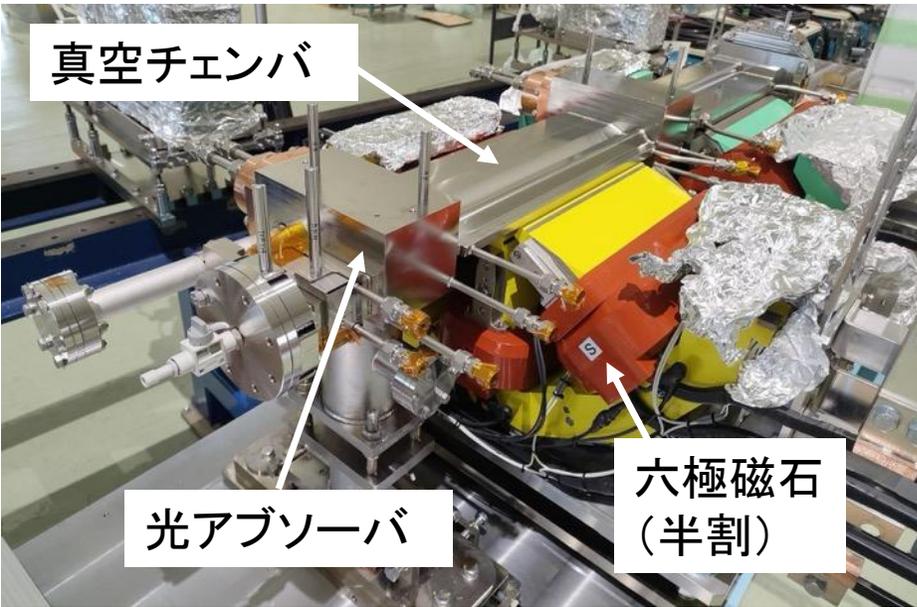
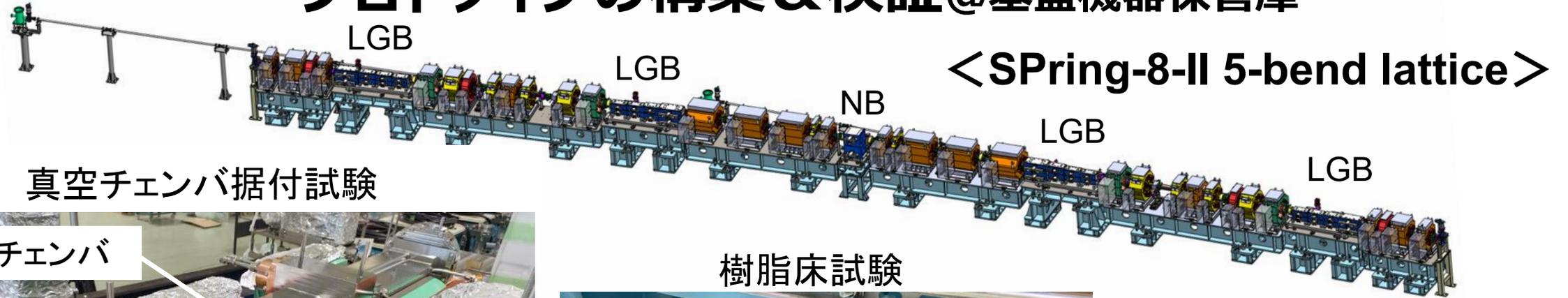
整備プロジェクトの概要・マスタースケジュール

- 整備期間: 2024年度~2028年度、予算: 499億円
- 現SPring-8の運転: 2027年夏まで
- 撤去 → 新加速器のインストール・オフライン立ち上げ: ~2028年末
- コミッショニング → SPring-8-IIの利用運転: 2029年度



加速器整備の進捗

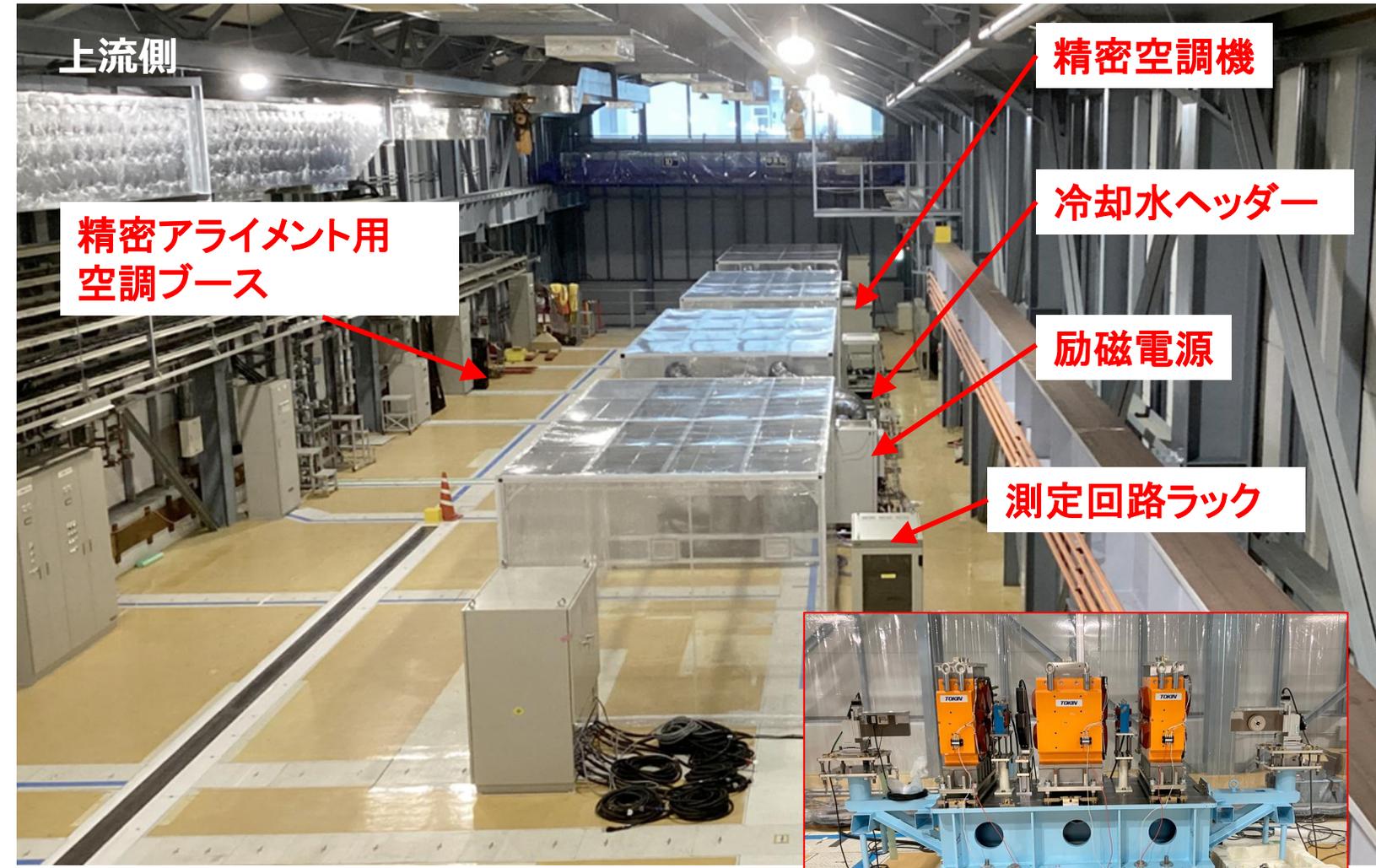
プロトタイプ構築 & 検証 @ 基盤機器保管庫



- 機器群の干渉チェック
- 設置手順の最適化・工程短縮

量産マグネットの納品と精密アライメント設備

@旧1GeV線形加速器棟



上流側

精密アライメント用
空調ブース

精密空調機

冷却水ヘッダー

励磁電源

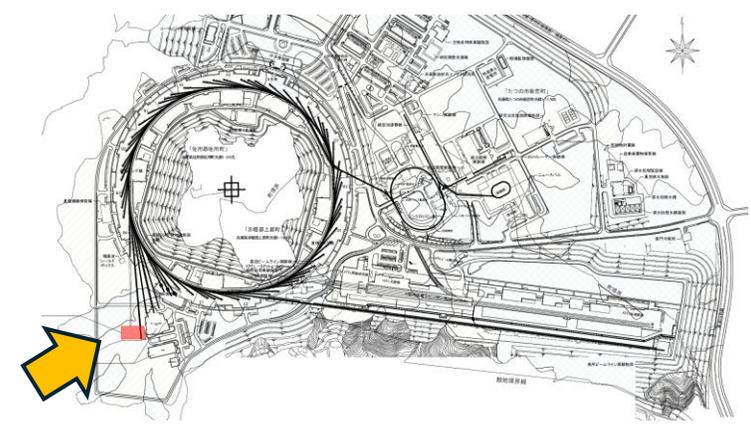
測定回路ラック

精密アライメントシステム



中尺実験棟II

- 真空チャンバーの納品とベーキング
- II完成後には中尺実験ホールに



コアコンセプト

現状より100倍以上明るい世界トップ性能を、大幅な省エネと両立させ、省コストで実現

省エネ

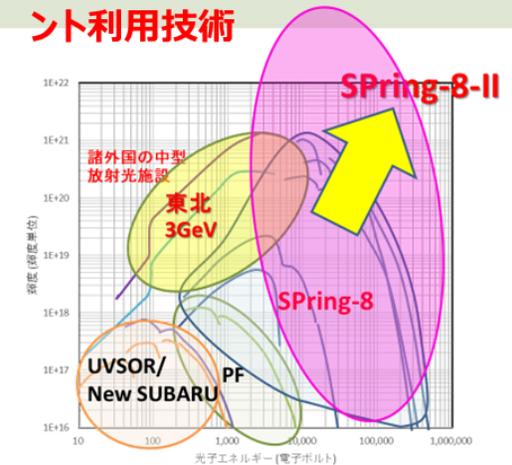
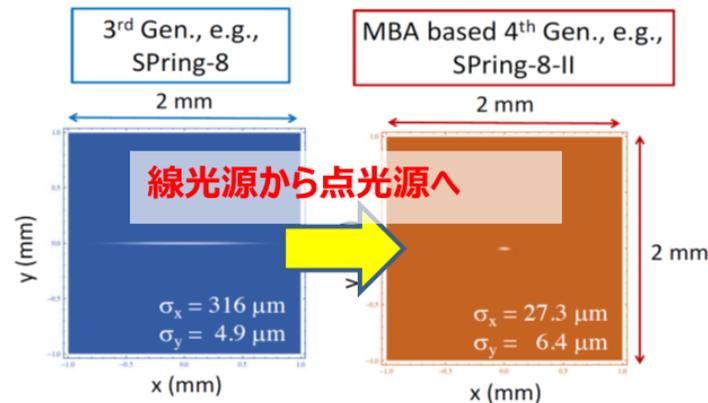
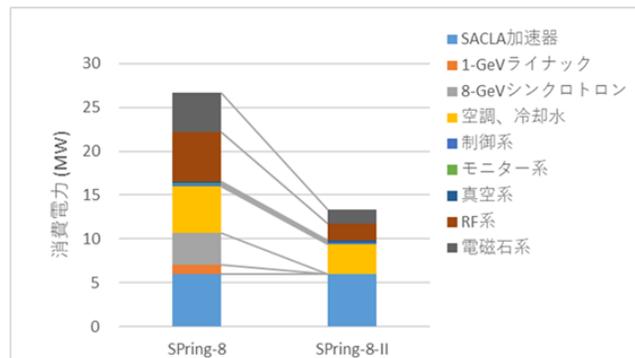
- 加速エネルギーの低減 (8GeV → 6GeV)
- 偏向部の永久磁石化と冷却系の負荷低減
- 既存入射器の停止

加速器テクノロジー

- マルチバンドアクロマット(MBA) 技術による**極低エミッタンス**
- **極短周期**アンジュレータ
- **SACLA**線形加速器からのビーム入射

世界トップ性能

- **輝度の劇的な向上** (長尺アンジュレータにより**輝度世界一**)
- 極めて明るい**高エネルギーX線**の生成 (100倍以上)
- 世界トップの**ナノビーム・コヒーレント**利用技術



ビームラインマップ



ビームライン再編・高度化 Phase 1 (2018~2024)

- 適正配置
- プロダクション装置
- 先端分析
- 高エネルギー

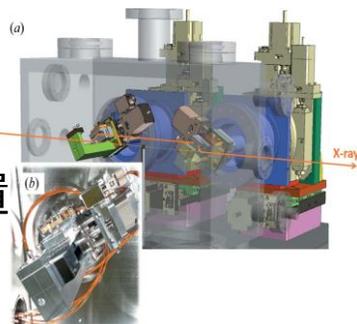
分光

BL09XU/BL46XU



HAXPES

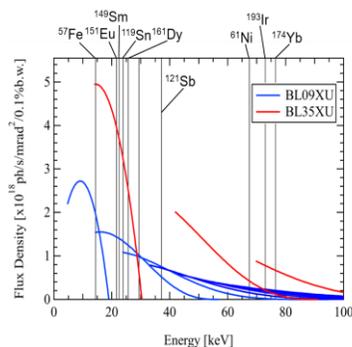
- DCCMのOH内設置
- Wolterミラー
- EHアクセスモード



BL35XU ● ● ●

NRS

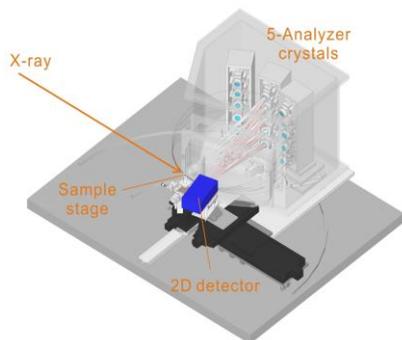
- HRMのOH内設置
- 専用ST
- 短周期アンジュレータ



BL39XU ●

HERFD-XAS

- 専用EH
- DXPR
- Wolterミラー



回折

BL13XU



アドバンスドXRD

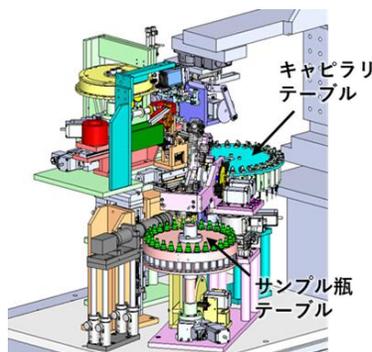
- 高エネルギー単色X線 (<72 keV)
- オペランドXRD



BL02B2 ●

プロダクション粉末XRD

- キャピラリ自動充填装置



BL04B2 ● ●

プロダクションPDF

- 113 keV 高次光低減モノクロ



BL05XU ● ●

微小単結晶XRD

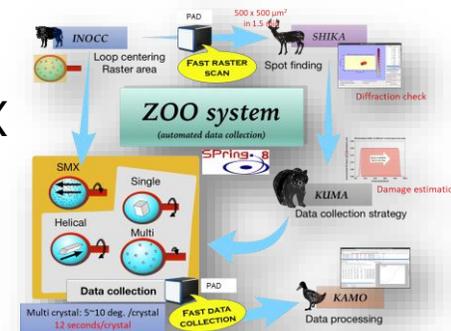
- Eiger → CITIUS



BL45XU ●

プロダクションMX

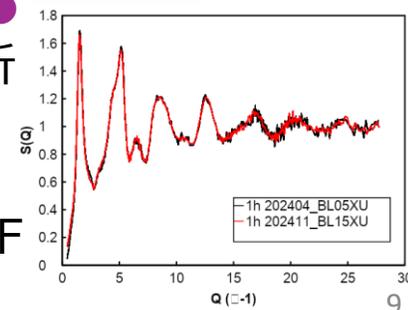
- Zoo system



BL15XU ● ● ●

高エネルギー回折・イメージング

- 3DXRD
- 高温高压PDF
- LVP



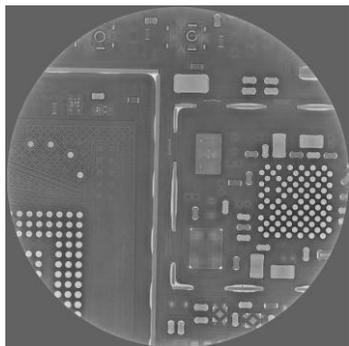
ビームライン再編 Phase 1 (2018~2024)

- 適正配置
- プロダクション装置
- 先端分析
- 高エネルギー

イメージング・SAXS

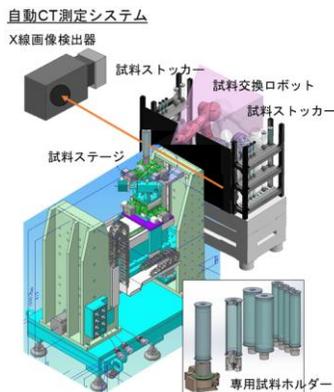
BL20B2 ●●●
大強度・大視野イメージング

- DMM (40/110 keV)



BL28B2 ●●
プロダクションCT

- 200 keVピンクビームZ
- 自動CT



BL40XU ●●
プロダクションSAXS

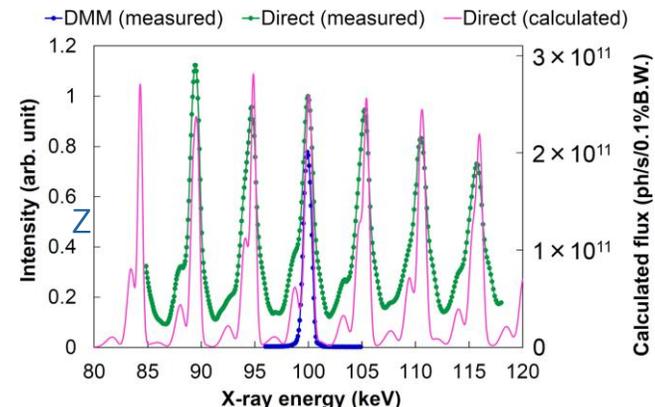
- モノクロ/ピンク切り替え
- USAXS (カメラ長10 m)
- Wolterミラー



R&D

BL05XU ●●
高エネルギーR&D

- 100 keV DMM
- イメージング・回折のR&D



運営主体の更新

- BL03XU: FSBL → 理研
- BL07LSU: 東大 → 理研
- BL08B2、24XU: 兵庫県 → 理研
- BL15XU: NIMS → 理研 (⇒ 共用)
- BL16XU, 16B2: サンビーム → 理研
- BL33LEP: 阪大 → 理研
- BL36XU: 電通大 → 理研

ビームライン再編 Phase 2 (2025~2028)

- **ベースライン: 既存BLの新光源への接続** (43IRを除く)
 - アンジュレータ更新
 - B2ラインの再アライメント
 - エンドステーション移設 (B1ライン、SX等)
 - ハイスループット・AI
 - ネットワーク・リモート・セキュリティ
- **共用26本のラインナップ**
 - 共用BLとして継続: 21本
 - 01B1、02B2、04B2、09XU、10XU、13XU、14B2、15XU、20XU、20B2、25SU、28B2、35XU、37XU、39XU、40XU、41XU、40B2、45XU、46XU、47XU
 - 理研BL・専用BL→ 共用BLへの転換: 5本
 - 08B2、17SU、19LXU、31DW、44B2
- **重点整備4本**
 - 19LXU、31DW、37XU、41XU
- (参考) 共用BL→ 理研BLへの転換: 重い整備を要するBL
 - 08XU、19B2、27XU 等

重点① BL19LXU

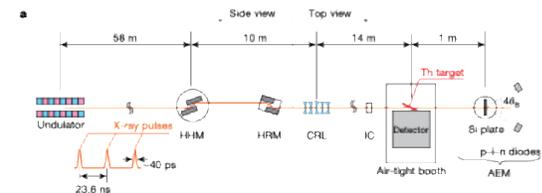
長尺アンジュレータからの高輝度X線を活かしたカスタム実験 未踏領域の開拓を強力に推進

原子核時計(核共鳴)

LETTER **nature**
<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1342-3>

X-ray pumping of the ^{229}Th nuclear clock isomer

Takahiko Masuda,¹ Akhiro Yoshimi,¹ Akira Fujieda,¹ Hiroyuki Fujimoto,¹ Hiromitsu Haba,¹ Fideaki Iizawa,¹ Takahiro Hirakawa,¹



ストレンジメタル(核共鳴)

RESEARCH **Science**

CORRELATED ELECTRONS

Observation of a critical charge mode in a strange metal

Hisao Kobayashi^{1,2,*}, Yui Sakaguchi¹, Hayato Kitagawa^{1,2}, Momoko Oura^{1,2}, Shugo Ikeda^{1,2},

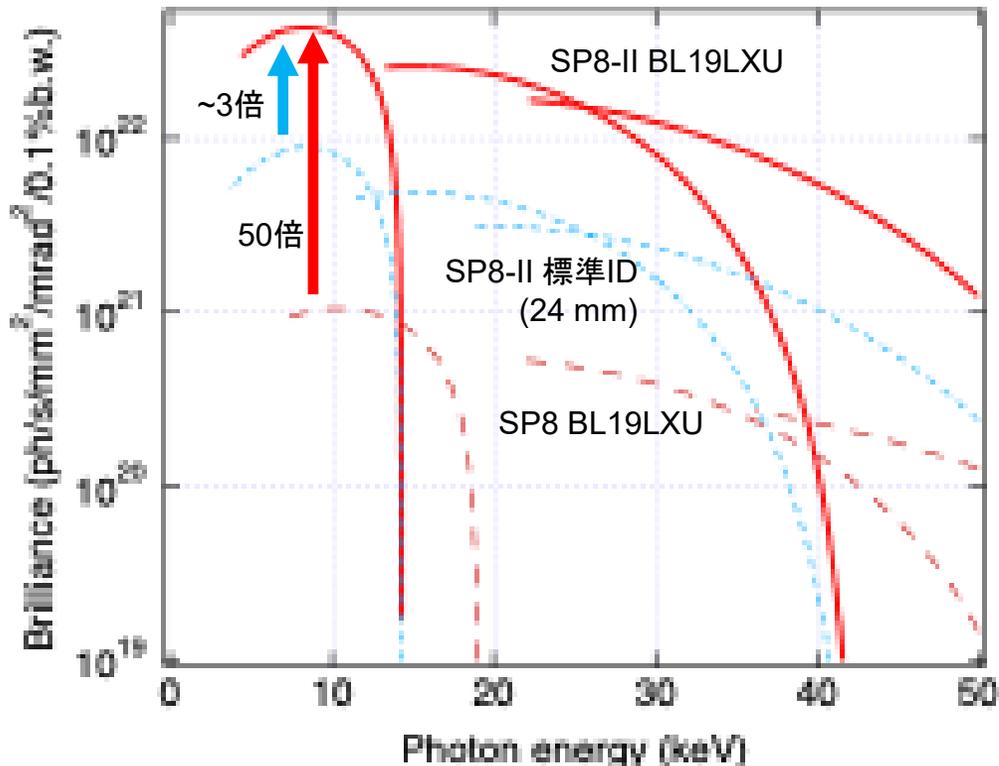


ゴーストイメージング(量子光学)

PHYSICAL REVIEW X **9**, 031033 (2019)

Quantum Enhanced X-ray Detection

S. Sofer,^{1,2} E. Strizhevsky,^{1,2} A. Schori,^{1,2} K. Tamasaku,² and S. Shwartz^{1,2,*}



空間変調器(X線光学)

SCIENCE ADVANCES | RESEARCH ARTICLE

OPTICS

Dynamically patterning x-ray beam by a femtosecond optical laser

Kenji Tamasaku^{1,2,*}, Takahiro Sato^{1,2}, Taito Osaka¹, Hitoshi Osawa²,

アクション探索(素粒子)

PRL **118**, 071803 (2017) PHYSICAL REVIEW LETTERS week ending 17 FEBRUARY 2017

Search for Two-Photon Interaction with Axionlike Particles Using High-Repetition Pulsed Magnets and Synchrotron X Rays

T. Inada,¹ T. Yamazaki,¹ T. Namba,¹ S. Asai,² T. Kobayashi,¹ K. Tamasaku,¹ Y. Tanaka,⁴ Y. Inubushi,¹ K. Sawada,¹

局所光学応答解析(非線形光学)

nature physics LETTERS
PUBLISHED ONLINE 17 JULY 2011 | DOI:10.1038/NPHYS2044

Visualizing the local optical response to extreme-ultraviolet radiation with a resolution of $\lambda/380$

Kenji Tamasaku^{1,2,*}, Kei Sawada¹, Eiji Nishibori³ and Tetsuya Ishikawa¹

時間分解HAXPES(HAXPES)

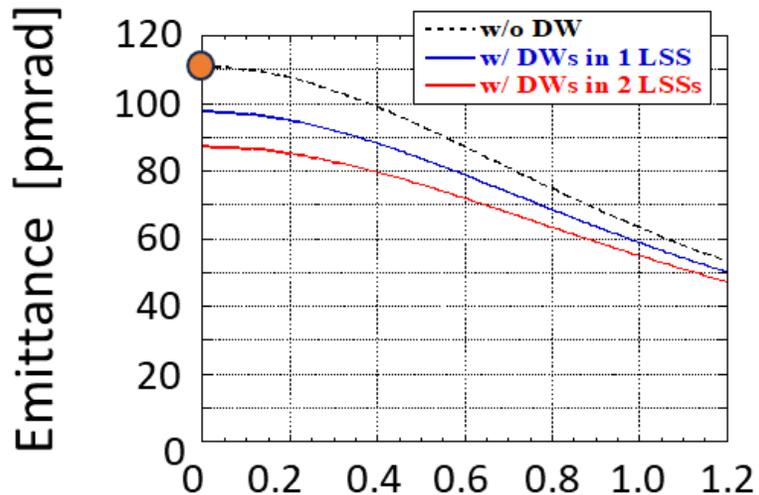
nature COMMUNICATIONS

ARTICLE
Received 17 Nov 2016 | Accepted 16 May 2017 | Published 17 Jul 2017
DOI:10.1038/ncomms16031 OPEN

Quantifying the critical thickness of electron hybridization in spintronics materials

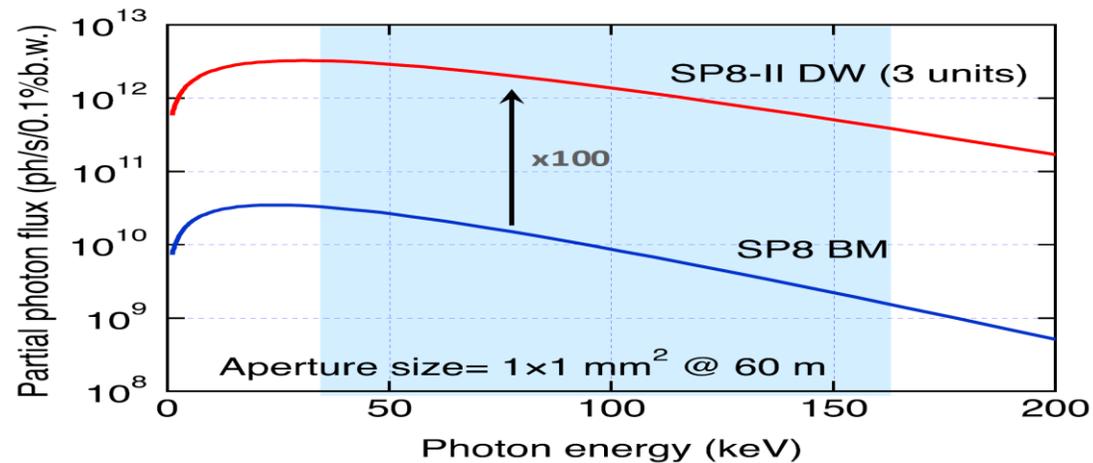
T. Pincelli^{1,2,*}, V. Lollobrigida^{1,3}, F. Borgatti⁴, A. Regoutz⁵, B. Gobaut⁶, C. Schlüter⁷, T.-L. Lee⁷, D.I. Payne⁸,

重点② BL31DW



Average peak field of undulators [T]

- ダンピングウィグラーの放射減衰によるエミッタンス低減
- アンジュレータ + DW
110 → **50 pm.rad**
- エミッタンスコンペンセーション



※DWは検討中の暫定値

($\lambda_u = 160 \text{ mm}$ $N = 14$)

😊 **ブロードバンドの高エネルギーX線源**

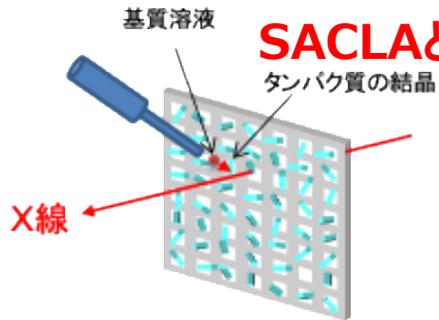
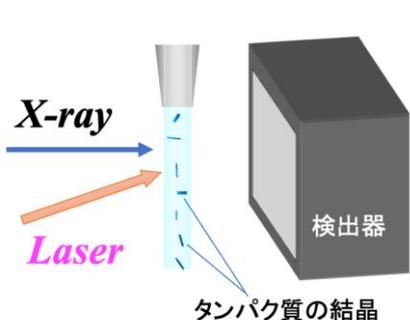
- 😊 100 keV超で現SP8のBM-BLの2桁上のフラックス
- 😞 コヒーレンス度は低い
- 😞 トータルパワー75 kW → 熱設計の難度が高い



- 検討中の装置: LVP、高分解能コンプトン散乱
- 慎重に立ち上げ
- Axion探索の可能性?

重点③ BL41XU

Serial Synchrotron Crystallography (SSX) 法による時分割構造解析



SACLAとともに、様々な化学反応のメカニズムを分子レベルで解明

- バンド幅 1%のピンクビーム
- チョッパーで切り出したパルス幅10~100 μ sのX線を用いたシリアル法による回折データ測定
- ミリ秒~の時分割構造解析

酵素反応の時分割構造解析

ニトリル水和酵素

アクリルアミド(総生産量の70%)やニコチンアミドの工業生産に広く利用されている

Kayanuma M. et al., *J Phys Chem B.*, **120**, 3259-3266 (2016)
理論計算により提案されている反応機構

広い時間領域をカバーする生体高分子の時分割構造解析環境の実現

秋田大学 尾高先生との共同研究

重点④

BL37XU for High Spatio-Temporal Resolution XAS (HiSTR-XAS)

- **高空間 and/or 高時間分解能の硬X線分光** ← BL39XU (HERFD-XAS, PoI-XAS) と相補的
- qXAFS: テーパーIVU-II、qCCMの導入
- イメージング: AKB 結像光学系の導入 → 色収差フリー、空間分解能50 nmのXAFSイメージング
- 4~123keVの高輝度XAFS/XRF (Ca以降の全ての天然元素K吸収端)
- 将来のコヒーレントXASへのアップグレード (phase 2) も可能とするインフラをつくる

ビームライン再編・高度化 Phase 3 (2029~)

- 第4世代光源としての本格利用期
- IIの光をみながら整備を継続
 - 高エネルギーイメージング: 08XU、19B2 等
- グリーンフィールドの議論
 - 27XU 等
- **タイムリーな予算確保**
- **中身を詰める議論**
- **若手の参画**

ESRF-EBS、Human Organ Atlas Project
Walsh et al., Nature Methods (2021)

第4世代光源の歩き方

ビームはガンガン絞れます



単なるダメージ試験?

速く、サクサク測る

検出器、データ処理

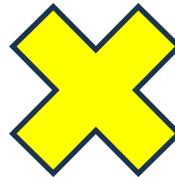
CITIUS

→ 初井さん



低吸収、低ダメージ

高エネルギー



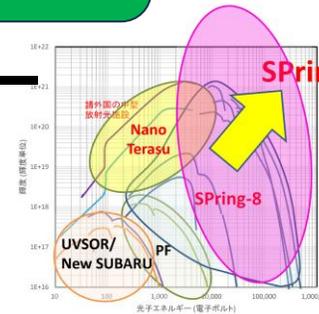
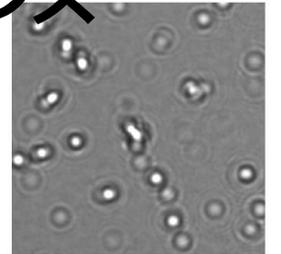
「微」から「有」を

AI解析

→ Wahib Mohamed さん

高感度

コヒーレンス



銅のバーをレーザーで加工
内部の加工痕をみる

SPring-8-II

100 keV ピンクビーム

高エネルギー x コヒーレンス
ユニバーサルに

preliminary

Yamaguchi, Yamada et al.

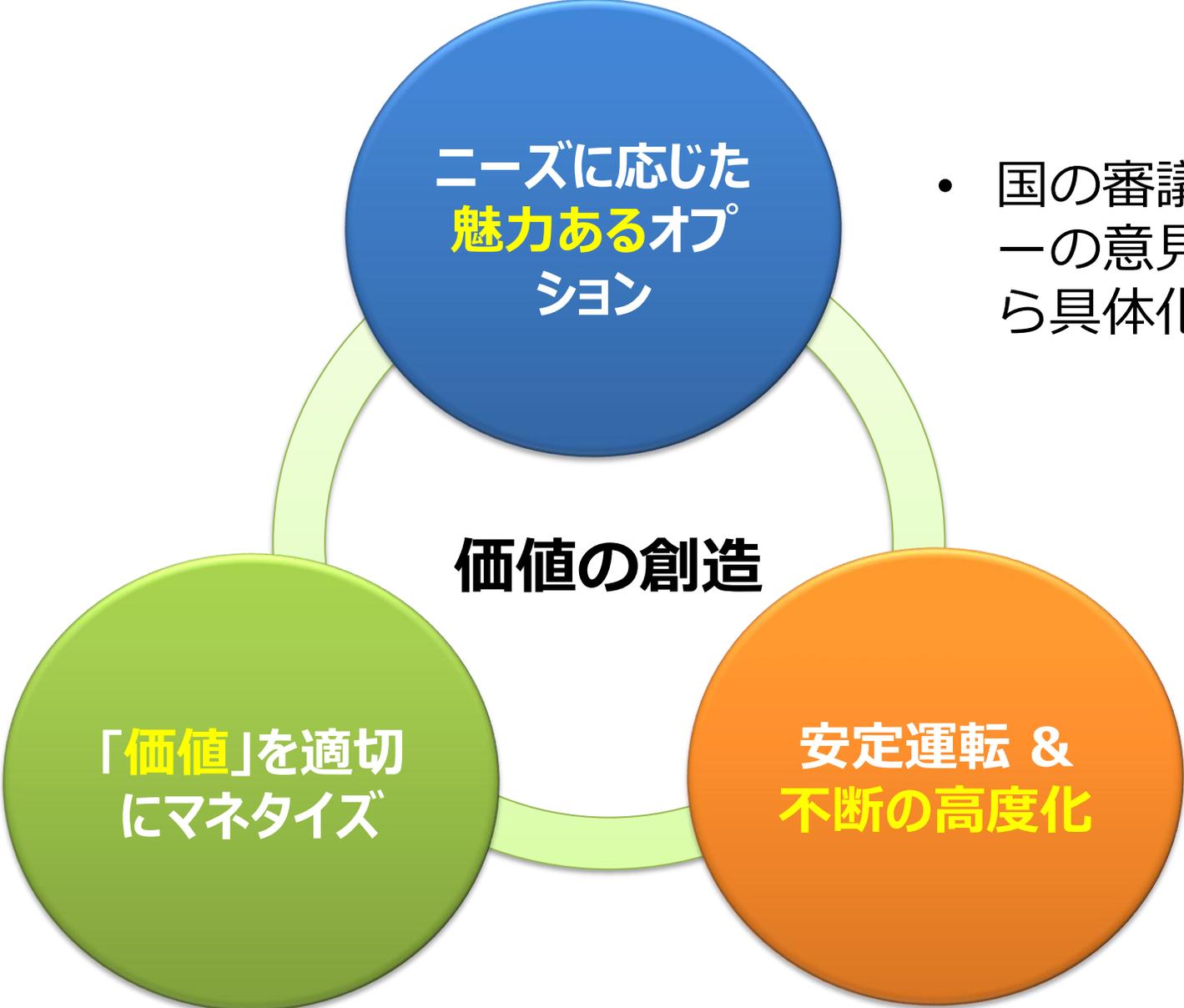
従来の吸収コントラスト
at 100 keV (d=8 mm)

ホログラム at 100 keV
(d=8.4 m, 20 um slit in H)

ブラックアウト~立ち上げ

- 2027年8月~2028年末: 完全停止
 - 2029年1月~4月頃: 加速器・ビームラインの立ち上げ
 - 2029年5月頃~: 準備ができたビームラインから**試験利用**開始
 - 2029年秋~: 大半のビームラインで**共用**開始
- } **ブラックアウト期間**
- ブラックアウト期間: 産業ユーザーの重点支援
 - 国内施設: ナノテラス、PF/PF-ARを中心に関係機関で協議中
 - 成果専有利用が必要
 - SAXS、粉末XRD、XAFS、PXはある程度対応可能
 - イメージング、HAXPESも検討中
 - SACLAも利用可能
 - 早急に具体化を進める
- **施設間連携の強化**
- **SACLA産業利用の推進**

新たな利用制度の検討



- 国の審議会の議論、ユーザーの意見等を踏まえながら具体化

まとめ

1. 加速器整備の進捗
2. ビームライン再編
 1. Phase 1 (2018-2024)
 2. Phase 2 (2025-2028)、重点ビームライン4本
 3. Phase 3 (2029-)、高エネルギー、コヒーレンス
3. ブラックアウト～立ち上げ
4. 利用制度

情報共有・議論の場

- SpRUC BL's アップグレードワークショップ
 - 3月24日～25日 @SACLA大会議室
- SPring-8利用推進協議会 総会
 - 4月14日 @神戸
- SACLA産業利用ワークショップ
 - 3月5日 @SACLA大会議室