



JASRI



SPRUC 第3回 BLsアップグレード検討ワークショップ

近況のサマリー

理研放射光センター・JASRI

矢橋 牧名

On behalf of SPring-8

2021年3月5日

目次

1. はじめに
2. ビームライン再編・高度化
3. 加速器・光源の開発状況

近況と課題

- コロナ禍でも着実な利用。コンスタントに成果も出ている
- ユーザーニーズの急激な変化
 - 利用者層の拡大
 - 専門家による単一用途の利用から、非専門家による複数の解析手法の一つに (→ 高品質に加えて、簡便性・迅速性・計画性)
 - システムが対応していない
- 我が国と世界の情勢
 - 3GeV放射光施設が運用開始予定 (2023年度)
 - 高エネルギーX線領域: 世界の大型放射光施設は第4世代へ進化中
 - SPring-8: 進行する老朽化 (特に基盤インフラ系)
 - 高エネルギー領域における国際競争力喪失への強い危機感
- 今後も数十年にわたって我が国のイノベーション創出を支え続けるために、何をすべきか
 - 第4世代SPring-8-IIへの加速器・光源の更新
 - ビームラインの再編・高度化

2020A緊急課題

Hattori, Mitsuya *et al.* *Nat. Commun.* 12, 668 (2021)

ビームライン

合計 62 本
稼働中 57本
Vacant 5本

2018年度よりBL再編開始

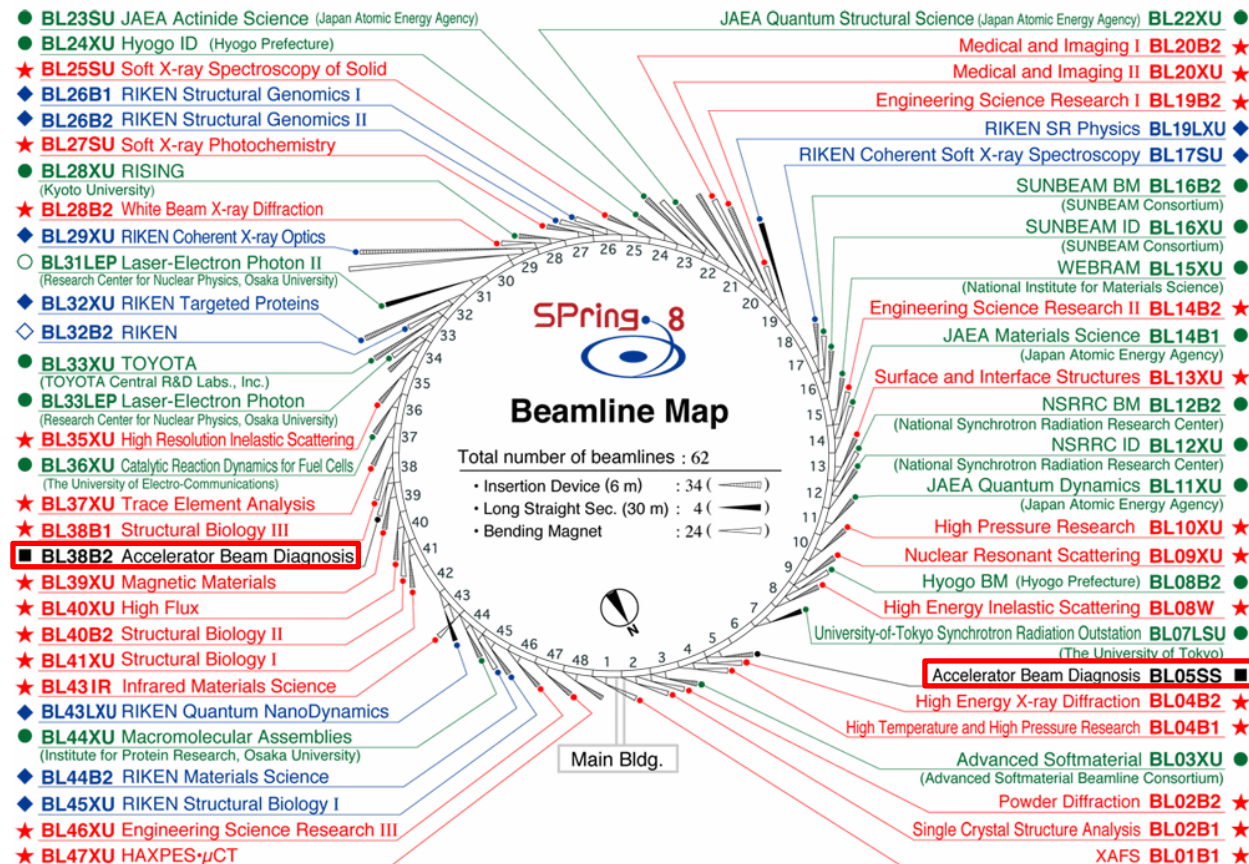
Recent refurbishment (2018 ~2020):

BL05XU (ID R&D)
BL32B2 (R&D BM)
BL38B1 (SAXS)
BL36XU (NEDO→RIKEN)
BL45XU (PX)
BL09XU (HAXPES)
BL35XU (IXS/NRS)
BL20B2 (Imaging)

as of April 2021

Under planning (2021~22):

BL13XU (材料・製品回折)
BL02B1/02B2/04B2/19B2
(BM回折)
BL15XU (NIMS→RIKEN)
BL28B2 (イメージング)
BL46XU (HAXPES)
BL40XU (SAXS)



26 Public BLs
18 Dedicated BLs
13 RIKEN BLs

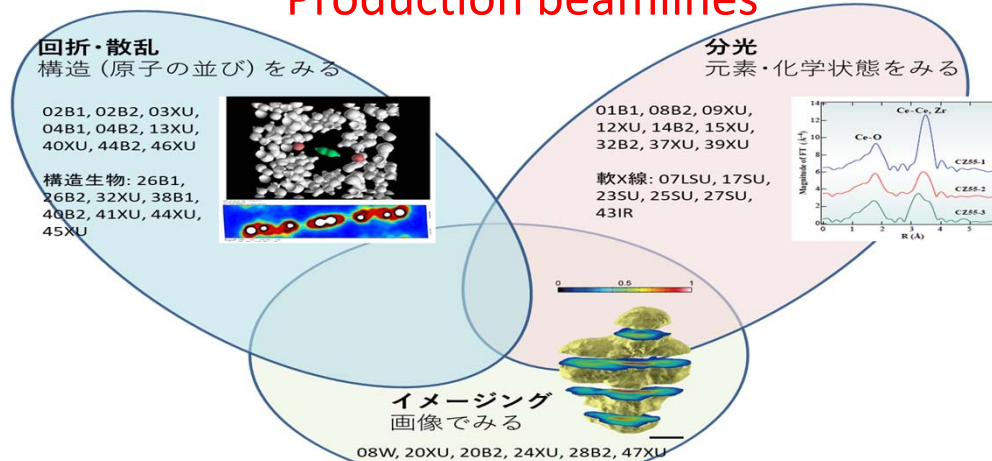
BL再編・高度化

- SPring-8-IIの加速器更新に先行して、ビームラインアップグレードを実施中
- 「ポートフォリオ」の設定
- 利用ニーズ(顕在的・潜在的)を取り込む
- イノベーション創出を支え続ける

ポートフォリオ

カテゴリー	特徴	理研	専用	割合
(A) Production	<ul style="list-style-type: none"> DX/オートメーション ハイスループット 		<ul style="list-style-type: none"> 成果の広がり 潜在ユーザーへの訴求 	~60%
(B) Specific	<ul style="list-style-type: none"> 特化型・戦略的な活用 		<ul style="list-style-type: none"> Visibility/戦略性 国際的な評価 	~30%
(C) Development	<ul style="list-style-type: none"> 新技術 (X線光学系、検出器、手法) 		<ul style="list-style-type: none"> 世界一かどうか (A) (B) への波及 	~10%

Production beamlines



XRD, XAFS, HAXPES, SAXS, イメージング etc
「高品質+簡便・迅速・計画的」

Specific beamlines

非弾性散乱・核共鳴散乱: 35XU, 43LXU
高圧: 10XU
プロジェクト (NEDO RISING, 触媒): 28XU, 36XU



IXS, NRS, ター
ゲット特化型複
合計測 etc

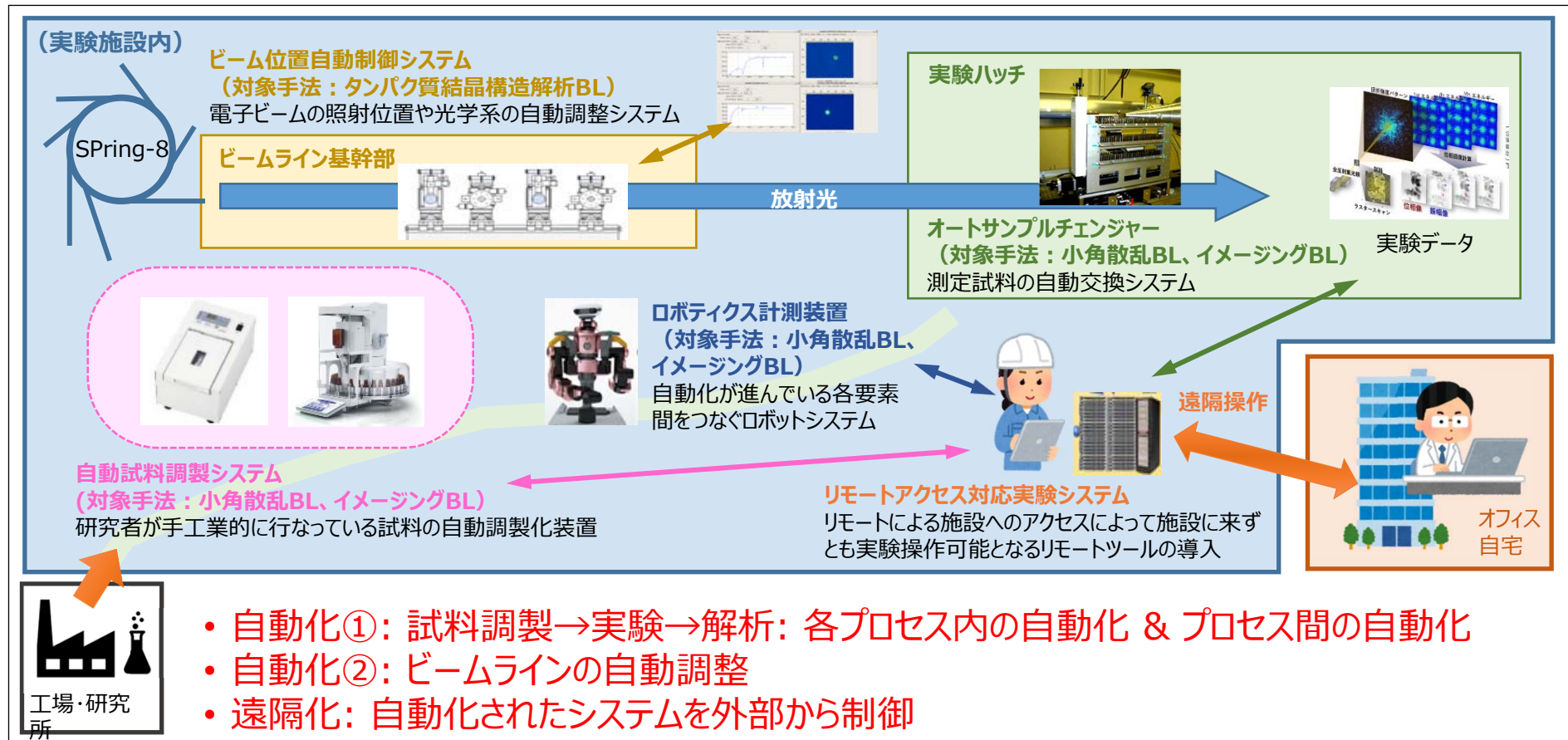
R&D beamlines

05XU, 19LXU, 29XU

BL再編の類型: 機能の拡充・高度化

- 装置・機能の集約とサポート体制の強化
 - HAXPES装置の集約・強化 **09XU, 46XU** → 本日
 - 材料・製品構造解析 **13XU, 15XU, 19B2** → 明日
 - SAXS専用化 **40XU**
 - IXS/NRSの強化 **35XU (+43LXU)** → 本日
- DX推進: 自動化・遠隔化による効率と利便性の向上
 - 全自動PX-BL **45XU**
 - プロダクションXAFS, XRD, SAXS ... : 遠隔化・自動化 **many BLs**
 - プロダクションCT (FACT) **28B2**
- 次世代検出器・データ基盤の整備
 - CITIUS、亀カメ
 - データ・ネットワーク基盤
- 新しい装置を迅速に共用化するサイクルの確立
 - 高エネルギー先進利用 **05XU** → 本日
 - SACLA/SPring-8 基盤開発プログラム
 - オープンハッチ

自動化・遠隔化システム



- 「ビームにさわるところ」の自動化はかなり進んでいる
- 試料調製がボトルネック。「家内制手工業」
- 放射光固有のルーチンワークからユーザー (+スタッフ) を解放
→ 試料原料を送るだけで結果が返ってくる仕組み、データの均質化
- XAFS・粉末XRDの自動試料調整システム: 2021年度上期に試験利用開始

DX推進:リモート

- A. ユーザーはリアルタイムに実験に参加する
 - A1. リモート参加 (機器操作はしない)
 - A2. リモート計測 (機器操作をする)
 - 理論家、試料提供者、海外共同研究者もリアルタイムで参加
 - 放射線業務従事者登録不要 (リモートメンバー)
 - 時差のある海外勢とチームを組むと、昼夜連続実験も容易に
- B. ユーザーはリアルタイムには実験に参加しない
 - B1. 代行計測 (ユーザーから送付された試料を施設が計測)
 - プロダクションBL向け (PX、粉末XRD、SAXS、XAFS、HAXPES、CT等)
 - オートメーションによる省人化が鍵
 - 新しい使い方①: 組成が異なる大量の試料をマトリックス的に自動計測し、ビッグデータ解析によって材料合成の指針を得る
 - 新しい使い方②: 日常的な品質管理

今後、人の往来が再び制限された場合にも、研究開発を止めない仕組みを確立し、我が国のイノベーションを着実に推進

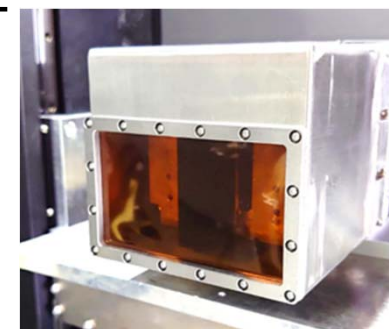
次世代の検出器開発(2021年度より順次導入)

回折実験用：CITIUS検出器

初井、亀島ら (理研/JASRI)

直接変換・積分・高速検出器でX線画像計測の次世代の標準技術

- 超高計数率 (sub Gcps/pixel、既存システムの100-1000倍)
→ SPring-8-IIを見すえハイスループット計測を可能に
- 系統誤差の削減
→ 構造解析などにおける極限解析能力の向上
- 高速撮像 (17,000 frames/sを標準)
→ 破壊過程などの動的解析まで対応

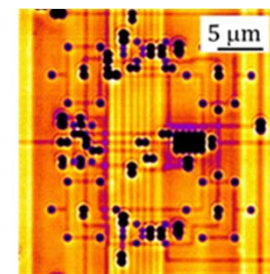


稼働中の初号機

透過像撮像用：KamCam検出器

間接型検出器の理論限界性能を実現。放射光CT等の次世代標準技術

- 200 nm L&S分解能かつ視野2 x 2 mm²
- 1.5億画素



集積回路のX線透過像
T. Kameshima et.al., Opt. Lett. 44(6)
1403 (2019)

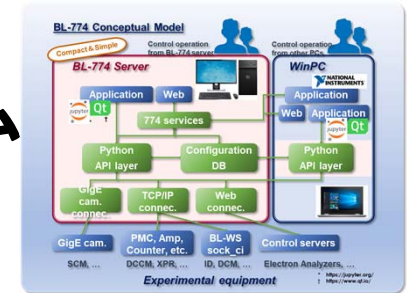
データ品質向上のための基幹要素技術として
検出器開発に取り組んでいる

「システム」の刷新

- ハードウェア(装置)とソフトウェア(システム)のバランスの良い発展
- 「システム刷新」への要請
 - リモート化・自動化
 - 検出器の高性能化とデータ量の増大
 - 最新IT技術
 - セキュリティの強化、データポリシー
 - レガシー機器、ディスコン
- 専門部隊によるシステムティックな開発・運用に移行(←リソースを確保)

データ・ネットワークシステム

- 実験制御プラットフォームBL-774の開発
 - 要素技術を標準化し、チームで開発運用にあたる
 - BL09XU, BL20B2に試験的に導入中。2021年度以降、順次拡大
 - 共用実験ネットワークの高度化も実施し、リモート実験に対応
- 共用実験データシステム (HPC & ストレージ) の導入
 - データ管理・保持のポリシー、受け入れ要件等の検討(受け入れ単位、課金、等)
 - データ圧縮技術の開発
 - 外部リソース(HPCI, 商用クラウド)との接続も検討



FY2019	FY2020	FY2021	FY2022	FY2023	FY2024	FY2025	FY2026
★共用データ保持ポリシーの整備							
演算装置		Proto HPC					
						共用HPC	
						★データ受け入れ開始	
						中期(HDD)	
						長期(光disk)	
ストレージ		←データ管理等の仕組を検討→					

- SPring-8データ・ネットワーク委員会を設立(2020年2月)。各種規定(データポリシー等)について議論 <http://dncom.spring8.or.jp>

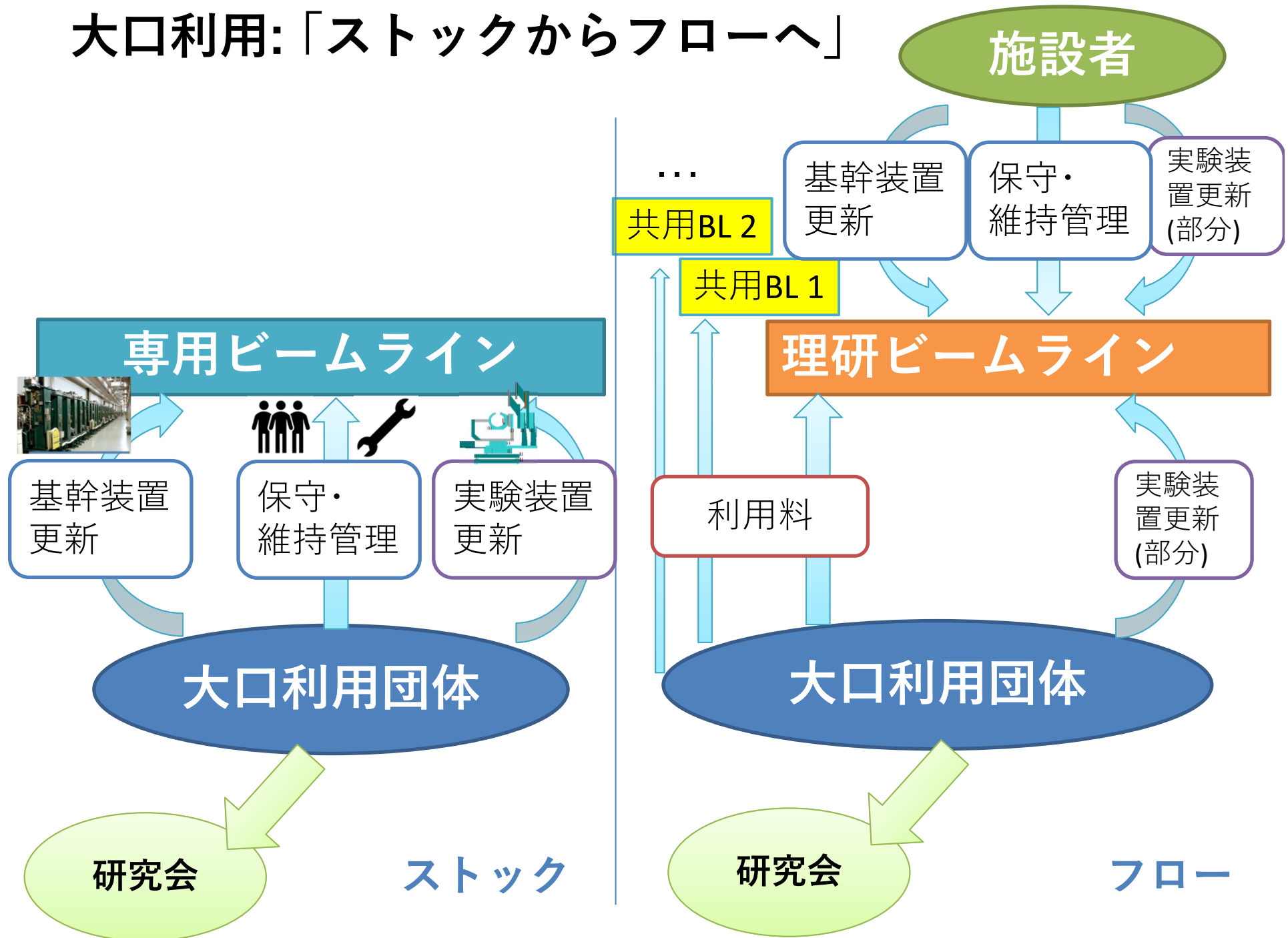
SACLA/SPRing-8基盤開発プログラム

- SACLA基盤開発プログラム (FY2018~): ユーザーニーズを取り込みながら迅速に実験装置の高度化を実施
 - 公募により利用者から新装置の提案を募る。採択された課題に対し、施設が予算計画を策定し、施設・提案グループが緊密に連携しながら開発を実施（提案グループへの予算配分はなし）
 - 装置のコミッショニングは共同で実施
 - 立ち上げ後には広く共用に供する
-
- 2021年度の公募では、SPRing-8も試行的に対象に加えたところ、4件の応募があった
 - 審査を経て4月より実施予定

BL再編の類型: 産業・戦略利用の推進

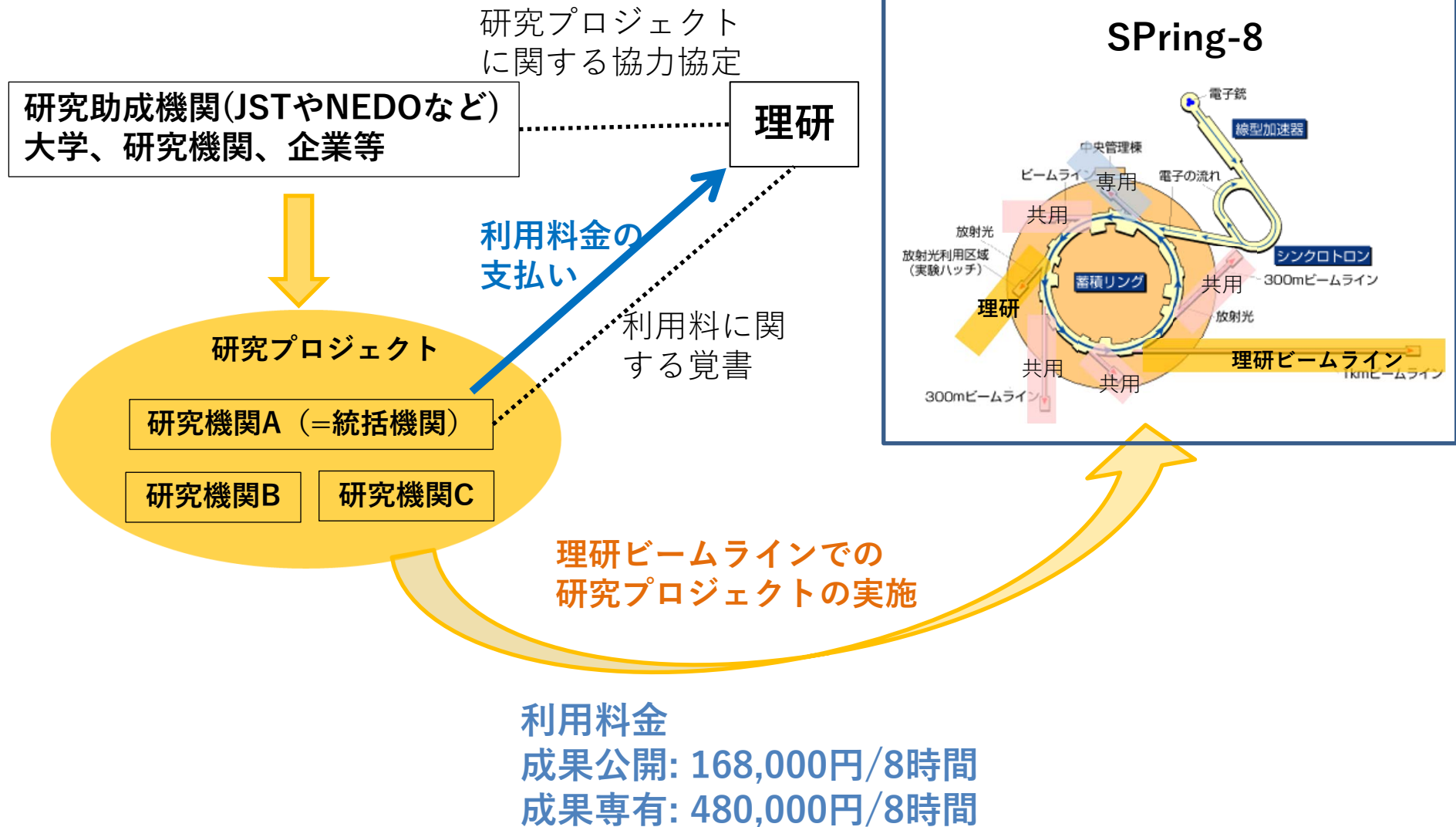
- 「開かれた」産業利用
 - 「産業利用専門」のBLからプロダクションBLへ
14B2, 19B2, 46XU
& 01B1, 02B1, 02B2, 04B2, 09XU, 13XU, 15XU, 20B2, 26B1, 26B2, 28B2, 40XU, 40B2, 44B2, 45XU
- 大口利用者
 - 従来方式: 専用BLを建設・保有し、利用する → 「ストック」
 - 新方式: 専用BLを保有せず、理研・共用BLを利用料を払って利用する → 「フロー」
 - 予算確保 → (装置でなく) ビームタイムに投資いただく仕組み (ハードウェア基幹部は施設側が面倒をみる)

大口利用:「ストックからフローへ」



理研ビームラインのプロジェクト利用

2020年度より実施



BL再編の類型: 産業・戦略利用の推進

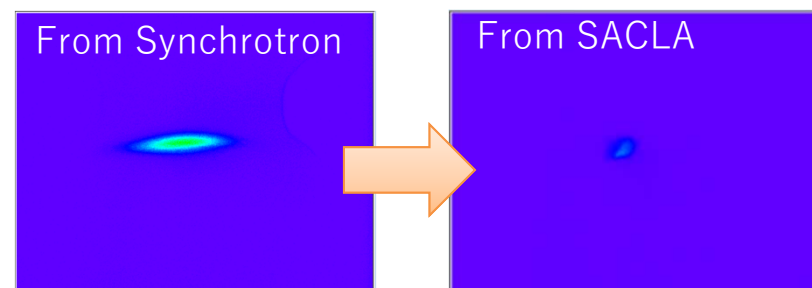
- 「開かれた」産業利用
 - 「産業利用専門」のBLからプロダクションBLへ
14B2, 19B2, 46XU
& 01B1, 02B1, 02B2, 04B2, 09XU, 13XU, 15XU, 20B2, 26B1, 26B2, 28B2, 40XU, 40B2, 44B2, 45XU
- 大口利用者
 - 従来方式: 専用BLを建設・保有し、利用する → 「ストック」
 - 新方式: 専用BLを保有せず、理研・共用BLを利用料を払って利用する → 「フロー」
 - 予算確保 → (装置でなく) ビームタイムに投資いただく仕組み (ハードウェア基幹部は施設側が面倒をみる)
- NEDO→理研 36XU 2020年度より
- NIMS →理研 15XU 2021年度下期より
- NEDO 32B2、未来社会PJ 05XU
- 共用ユーザーも特モノ装置が利用可能に qXAFS @36XU

利用制度 → 本日

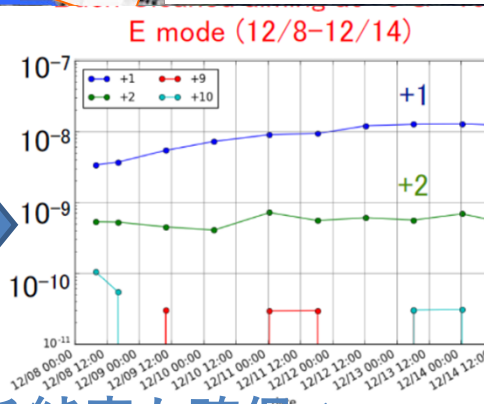
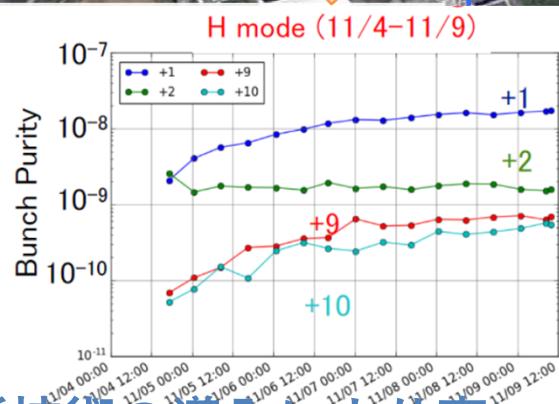
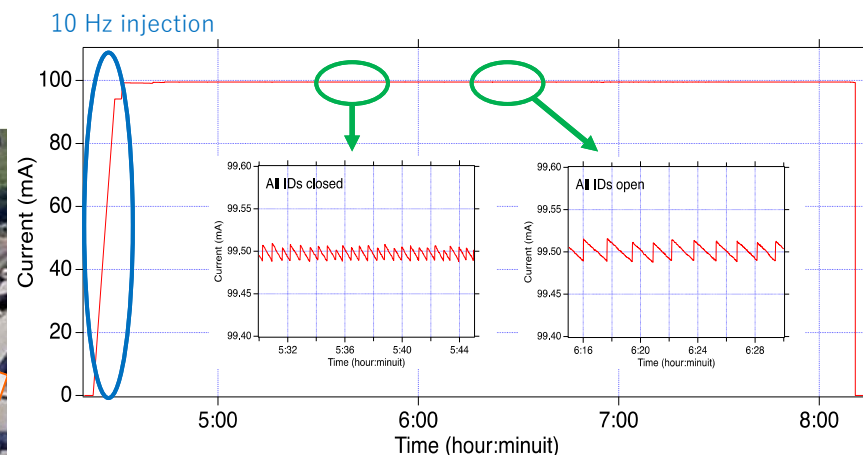
- 科学技術を広く支えるオープンな利用と、戦略的な活用をともに発展させる
 - DX等による効率化
- 「入口課金」的な利用
 - 理研BLにおける「プロジェクト利用」 **2020年度より**
 - 共用BLにおける長期 (~1年間) のパッケージ的な有償利用(成果公開/専有) **2022年度開始を目指して検討中**
- プロダクションBLの公募回数を増やす **検討中**
- 申請書フォーマットの見直し **簡素化の方向で検討中**

SPring-8蓄積リングへのビーム入射

- SPring-8アップグレードに向けたマイルストーン
- 2020年4月より、SACLAからの入射によるSPring-8とSACLAの同時利用運転を実施
- 2021年度に既存のSP-8入射系を停止し、完全移行



トップアップ運転時の蓄積電流変化



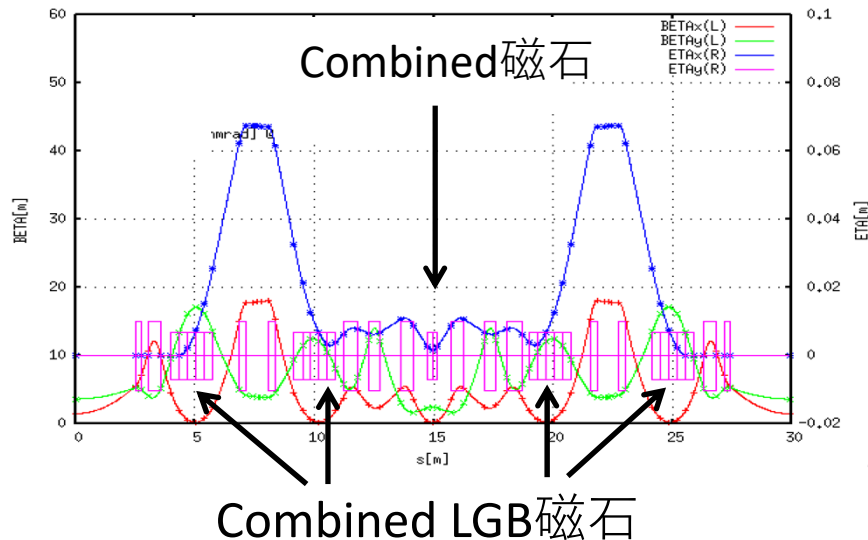
新技術の導入により高いバンチ純度も確保 ($<8e-10$, integrated after 2nd bunch)

加速器・光源開発の進捗

1. 新ラティスの検討: 更なる低エミッタンス化に向けて

検討中のラティス

電子エミッタンス



$$\epsilon_{natural} \propto \frac{1}{J_x} \gamma^2 \theta^3$$

γ : 電子エネルギー

J_x : Damping partition number

θ : 各偏光磁石の曲げ角

偏向電磁石の数（各磁石の曲げ角 θ ）は 5-bend から変更せず、特殊磁石 "Combined LGB"を導入（ J_x を大きくする）
エミッタンス: 約150 pm.rad (ESRF-EBSと同程度) → **~90 pm.rad** に改善 (さらに検討中)

2. 新型真空封止アンジュレータ (IVU-II)

量産化に向けてさまざまな開発を実施中

まとめ

- SPring-8-IIに向けた大きな動きがはじまった
- ビームラインの再編: 性能&使い方の高度化
- ロールモデルはない → 利用者・施設者間の対話・議論が必須
- 活発な議論・インプットをよろしくお願いします