

SPring-8における 自動化・遠隔化等のD Xの取組

令和2年9月28日

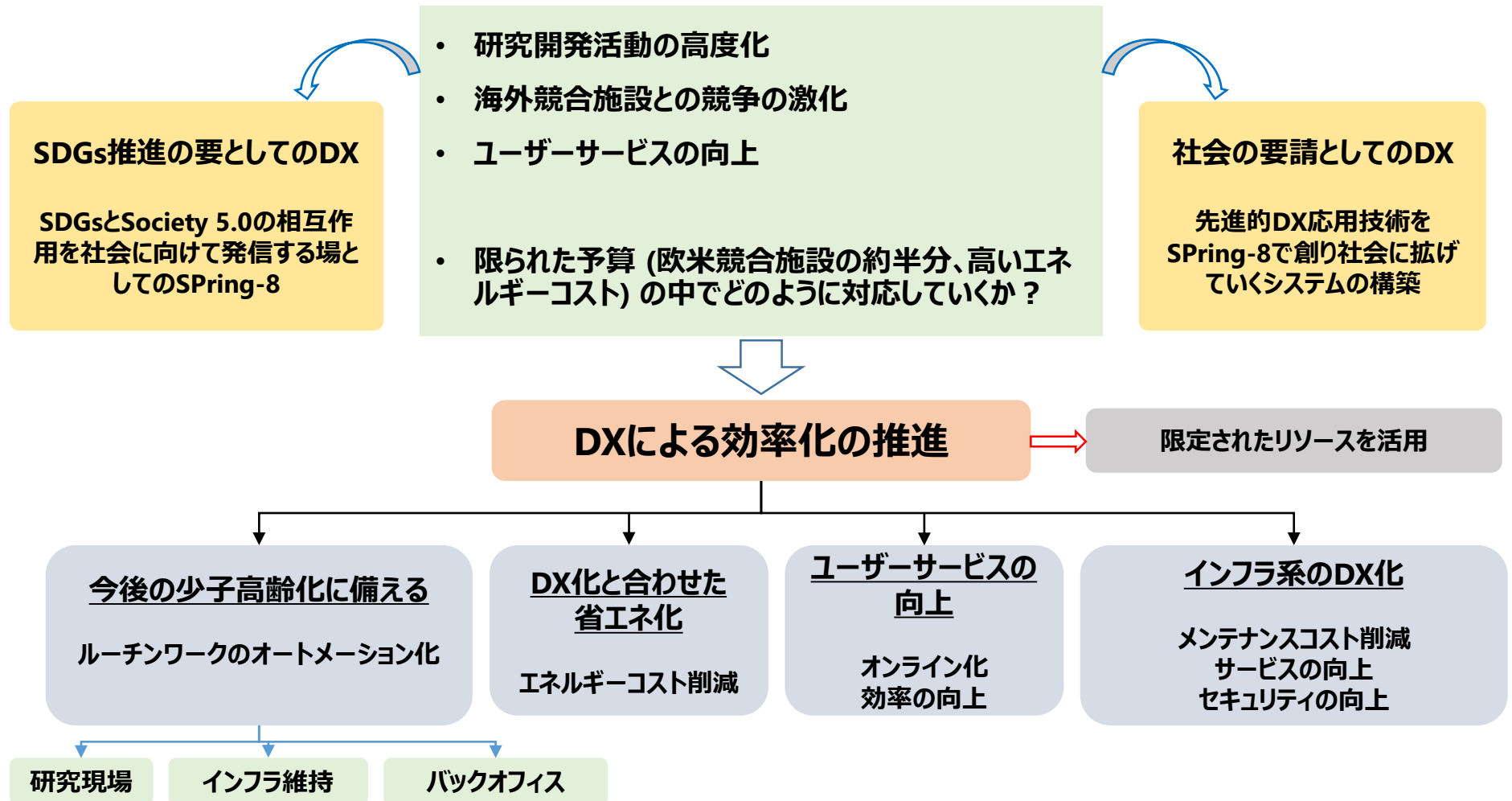
国立研究開発法人 理化学研究所 放射光科学研究センター

ビームライン研究開発グループディレクター

物理・化学系ビームライン基盤グループディレクター

矢橋 牧名

SPring-8におけるDXの位置づけ



COVID-19によるDX化加速

COVID-19対応から”New Normal”へ

- 国の緊急事態宣言を受け、2020年4月～6月半ばまで一般ユーザー利用を停止。コロナ緊急課題は実施
- 施設の運転自体は問題なくできた（僻地ゆえのメリット）
- 500課題以上のユーザー実験がキャンセルに
- コロナ後の「新しい実験様式」:DXによる自動化、遠隔化の推進



- 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推進し続ける
- 「放射光を知らない」利用者の参入バリアを下げながら、SPring-8をハブとした新たな連携の構築
- 利用者・ビームラインスタッフともに、ルーチン作業から開放し、実験デザイン・解析等の発見的・高付加価値の活動へシフト、若手人材の獲得にもつなげる

海外施設のCOVID対応例

- EuXFEL, LCLS、ESRF
 - ユーザはリモートが原則
 - 立ち入りが厳しく制限されている
 - 「放射光の構造生物学実験」以外は施設スタッフによる機器操作を前提

LCLS

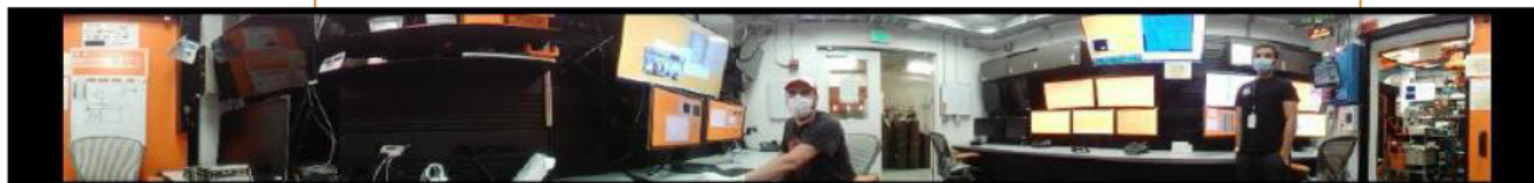
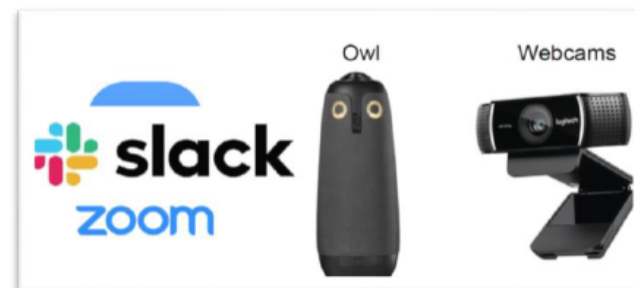
- ユーザの90-95%がリモートから参加
 - ユーザが仮想的に実験に参加するためのツールを準備
 - elogの拡充、Zoom, チャットツール (slack), 実験の様子を観察できる webcams, hands-free wearable consoles, etc.
- <https://lcls.slac.stanford.edu/news/lcls-virtual-town-hall-site-access-and-remote-participation>

EuXFEL

- オンサイトには2名以内を原則
- https://www.xfel.eu/users/covid_19_user_operation/guidelines_for_participation_in_user_operation_during_the_covid_19_pandemic/index_eng.html

ESRFの例

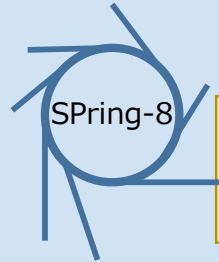
- 非構造生物学実験もchallengeだが“リモート実験”を受け入れ
 - 施設側の準備状況と実現可能性により課題審査基準も調整する
 - 開発中のものもあるが、順次利用できるようにする
- <https://www.esrf.eu/NonMX-RemoteExperiments>
- https://www.youtube.com/watch?v=AW1UnfJC4aE&list=PLsWatK2_NAmxJxV_UOsjtKhM2zM6RijDmD



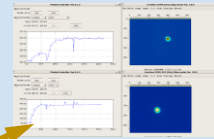
海外との比較: 現時点では、技術的な対応は同等のレベルだが、利用者や社会に対するアプローチは、スピード感・戦略性ともに不足

自動化・遠隔化システム

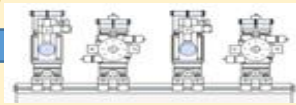
(実験施設内)



ビーム位置自動制御システム
(対象手法：タンパク質結晶構造解析BL)
電子ビームの照射位置や光学系の自動調整システム



ビームライン基幹部

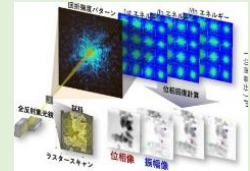


放射光

実験ハッチ



オートサンプルチェンジャー
(対象手法：小角散乱BL、イメージングBL)
測定試料の自動交換システム



実験データ



自動試料調製システム
(対象手法：小角散乱BL、イメージングBL)
研究者が手工業的に行なっている試料の自動調製化装置



ロボティクス計測装置
(対象手法：小角散乱BL、イメージングBL)
自動化が進んでいる各要素間をつなぐロボットシステム



遠隔操作

リモートアクセス対応実験システム
リモートによる施設へのアクセスによって施設に来ずとも実験操作可能となるリモートツールの導入



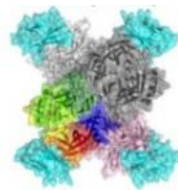
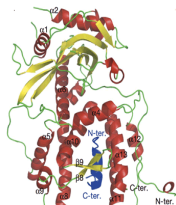
オフィス
自宅



工場・研究所

- ・ 自動化①：試料調製→実験→解析：各プロセス内の自動化 & プロセス間の自動化
- ・ 自動化②：ビームラインの自動調整
- ・ 遠隔化：自動化されたシステムを外部から制御

成果創出

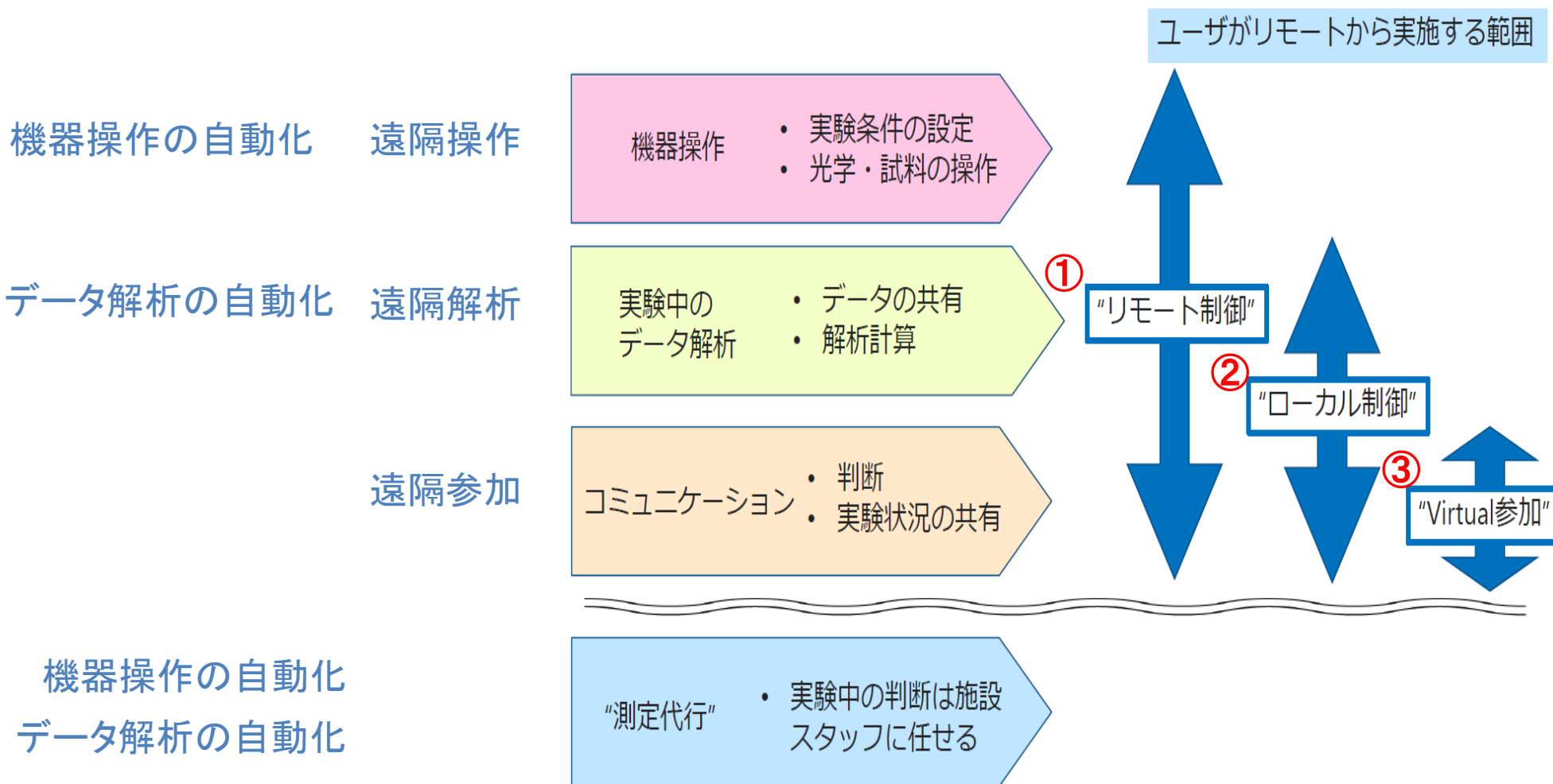


波及効果

- ・ 量子ビーム研究のより一層の加速・利便性向上
- ・ 収入増大及び共同研究の促進

- 研究開発サイクルの加速・人材育成
- イノベーション創出

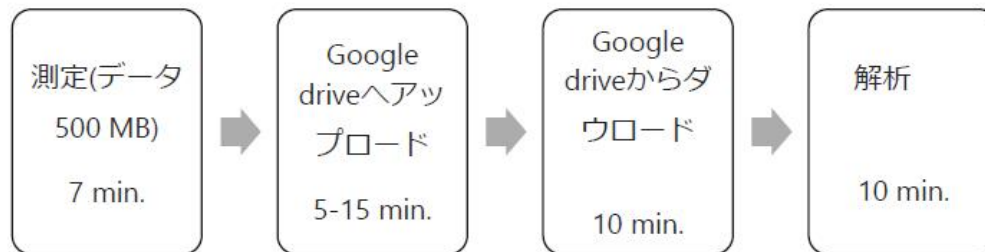
「リモート実験」の類型



※ 現場の人手が必要な「手動」実験も、常に一定割合存在

“Virtual 参加” SPring-8の事例

- Zoom +_Slackによる解析結果、測定条件の共有
- アメリカのユーザによる解析



データ共有簡易サービス(短期 : NextCloud)

データ解析を容易にできる簡易サービス(中期 : SPring-8用共用HPC)



“リモート制御” SPring-8の事例 @BL45XU (PX)

創薬研究における薬剤探索では、大量の試料を凍結あるいは室温条件で迅速に測定して構造解析する必要

- 多軸ロボットによる高速連続自動測定システム（凍結）

- 大量の試料に対応した高速処理システム
回折ピーク検出>測定ストラテジ決定>データ処理

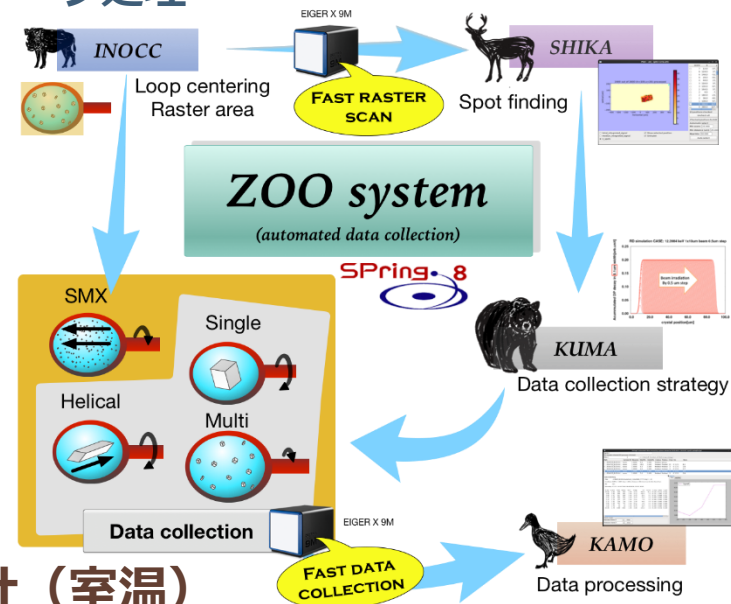


高速試料交換 SPACE-II
>> 128 samples
= 16 samples x 8 pucks
交換速度: 11 sec

自動測定 ZOO + Pilatus
5-7 min / sample

**128 samples
=> 10 – 12 hr
2 – 4 TB**

16 samples/puck



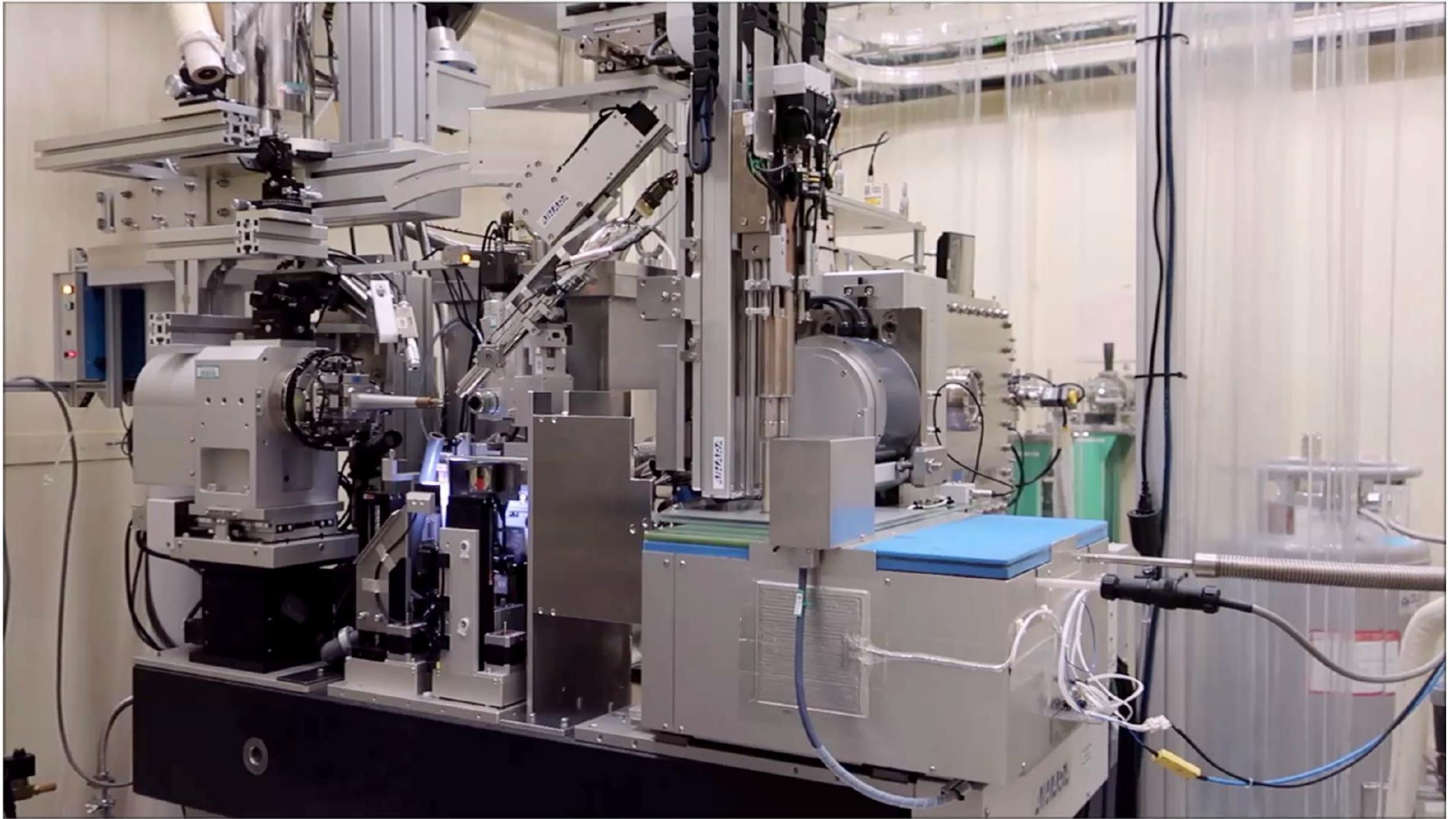
- 微小結晶に対応した高精度プレート回折計（室温）

- プレート専用回折計でデータ収集



BM-BLで開発を継続してきた既設プレート回折計（BL26B1に設置）
>> 50-100 μm の結晶での有効性を実証
微小結晶/LCP結晶には微小ビームとスキャンの高精度化が必要

Sample交換の様子 (Movie)



自動運転実績 (2019A ~ 2020A)

	課題数	実施回数	実施時間
2019A	12 (7)	29 (24)	182 (156)
2019B	41 (12)	88 (46)	804 (336)
2020A	41 (16)	79 (41)	772 (348)

括弧内は成果専有利用の内数

停止明け以降多数の利用あり
> BL41XUでも部分的に実施

6月	14 日	Closed		Closed
	15 月			
	16 火	BL41XU		BL45XU
	17 水	藤田 誠	Closed	杉本 浩一
	18 木			
	19 金	Closed		Jiang Fan
	20 土	Closed		Closed
	21 日	Closed		Closed
	22 月	熊坂 崇	高性能化・調整	熊坂 崇
	23 火	Closed		Closed
	24 水	Closed		中川 一
	25 木	熊坂 崇	Closed	阿部 一啓
	26 金	BINDS募集枠	Closed	Closed
	27 土	Closed		Jiang Fan
	28 日	Closed		中川 宗
	29 月			高性能化・調整
	30 火	高性能化・調整	Closed	高性能化・調整
	1 水	Closed		古屋 憲孝
	2 木	豊島 近	Closed	Closed
	3 金			Shao Zhenhua
	4 土	今田 勝巳	Closed	Liu Zhi-Jie
	5 日	Closed		藤橋 雅宏
	6 月	BINDS募集枠	Closed	Wang Sheng
	7 火	BINDS募集枠	Closed	Jiang Fan
	8 水	高性能化・調整		天野 靖士
	9 木	高性能化・調整		調整・時期未定
	10 金			高性能化・調整
	11 土			
	12 日			
	13 月			
	14 火			
	15 水			
	16 木	高性能化・調整	Open	高性能化・調整
	17 金	山田 真	Open	中川 宗
	18 土	BINDS募集枠	Open	古屋 憲孝
	19 日	寺本 岳大	緊急課題	島田 敦広
	20 月	豊島 近	緊急課題	渡邊康紀
	21 火	山田 利章	Song Xianqiang	中島 崇
	22 水	今田 勝巳	Open	天野 靖士
	23 木	BINDS募集枠	中津 享	阿部 一啓
	24 金	BINDS募集枠	高性能化・調整	阿部 一啓
	25 土	竹田 一旗	Open	Jiang Fan
	26 日			調整・時期未定
7月	1 月			高性能化・調整
	2 火			
	3 水			
	4 木			
	5 金			
	6 土			
	7 日			
	8 月			
	9 火			
	10 水			
	11 木			

まとめ

DX: イノベーション推進のエンジン

- 効率を高めながら、創造的・発見的・高付加価値なアクティビティへシフト
- 潜在需要の喚起
- 新たな「基盤施設(群) 運営様式」の確立
 - － 研究現場のみならず、施設インフラ・バックオフィスも含めたDX化
 - － 他施設（加速器・インフラ）のリモート運転もスコープに