

14:20 - 14:50 SACLA共用開始10年のサマリー
簗内 俊毅/ 高輝度光科学研究センター、理化学研究所

概要

- X線自由電子レーザー施設SACLAの概要
- SACLA共用開始からの10年
 - 光源性能と利用環境の高度化
 - 主な共用装置と利用基盤の現状
- 世界のXFEL施設の現状
- SACLAの今後の展開
- まとめ

謝辞

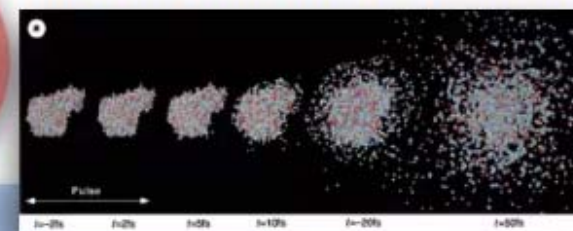
SACLAの開発整備・高度化は、理化学研究所、高輝度光科学研究センター他多くの研究者・技術者の方々により実施されました
また、利用装置や利用技術の開発は、国内外の研究者の皆様のご協力を受けて実施されました

XFELの特性とその活用法

サンプルを破壊する前に観察する



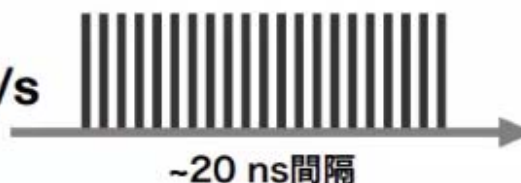
“Diffraction before destruction”



Ref: R. Neutze et al., Nature **406**, 752 (2000).

SPring-8

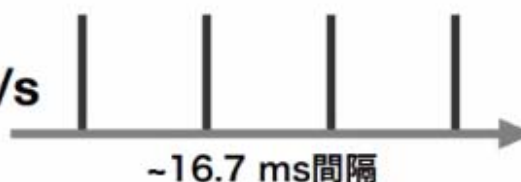
$\sim 10^{14}$ photons/s
 ~ 50 MHz



~ 50 ps (FWHM) $\sim 10^6$ photons

SACLA

$\sim 10^{13}$ photons/s
 60 Hz (max)

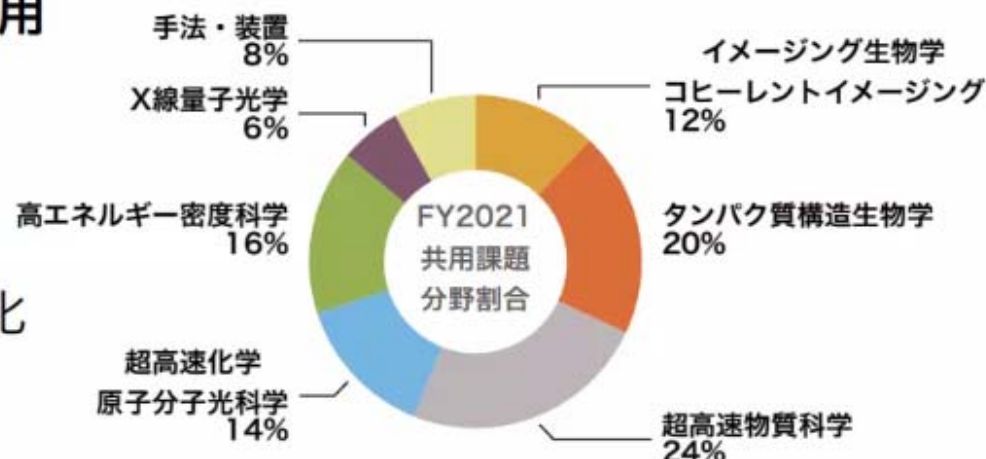


< 10 fs (FWHM) $> 10^{11}$ photons

幅広い分野にわたり利用研究を実施できる体制を構築

柔軟性と効率性を両立させた実験ハッチ運用

- ビーム特性にバリエーションを確保
- 装置は可搬式を基本とし自由度を確保
- 安定化・効率化のため一部機器は常設化
- 幅広い研究分野の利用研究に対応



ユーザーコミュニティとの連携、新規ユーザー開拓

SACLA 共用初期から

- SACLA ユーザーコミュニティ (UC) → SPRUC XFEL利用研究会

SACLAの先端的利用研究の開拓とXFELサイエンスの展開を目的とした分野横断的なコミュニティ

※SACLA Users' Meeting (年次開催)

<http://xfel.riken.jp/usersmeeting2022/index.html>

- SACLA 試験利用

試験的にSACLAを利用いただく機会を提供し、特定の実験装置を用いた試料のスクリーニングや
フィジビリティの確認などを実施

※試験利用 募集案内 (2022B、締切済)

https://sacra.xfel.jp/?page_id=16218

- SACLA 大学院生プログラム、産業利用推進プログラム など

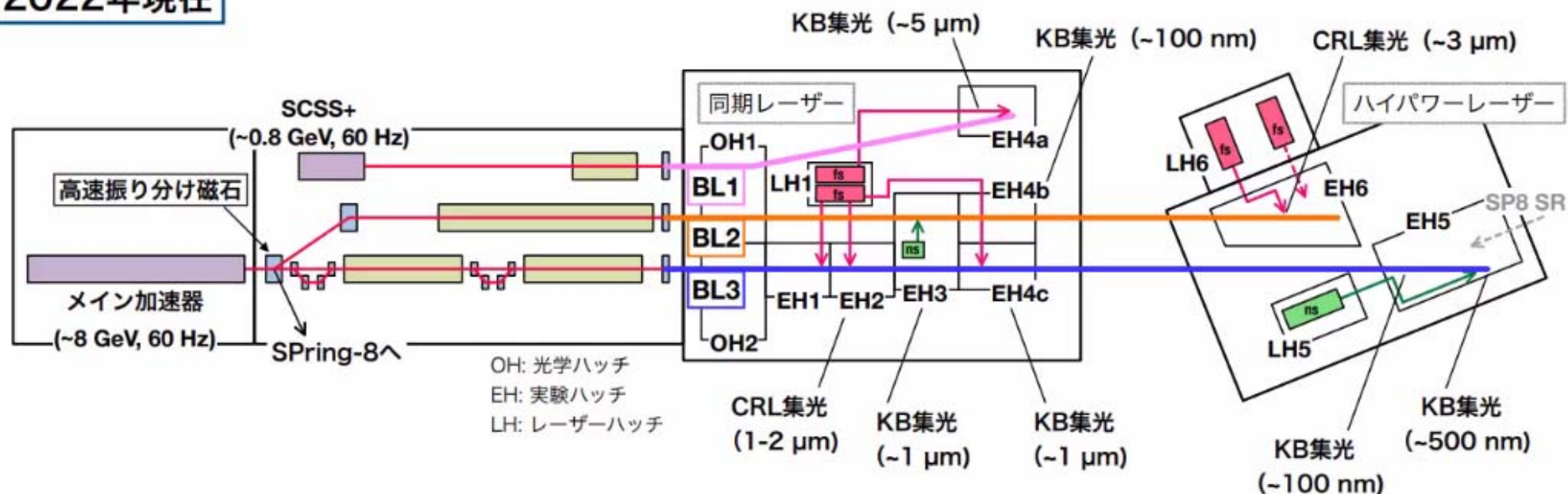
※理研の各種プログラム

<http://xfel.riken.jp>

若手育成と大学-SACLA連携の強化、産業利用振興にむけた調査研究の実施

現在のSACLAのビームライン・実験ハッチ構成

2022年現在



典型的な利用パラメーター	BL1 (SXFEL)	BL2 (HXFEL)	BL3 (HXFEL)
光子エネルギー	40-150 eV	4-15 keV	4-20 keV
パルス幅	<100 fs	<10 fs	<10 fs
バンド幅 (Pink)	$\sim 10^{-2}$	$\sim 5 \times 10^{-3}$	$\sim 5 \times 10^{-3}$
バンド幅 (Mono)	NA	$\sim 1 \times 10^{-4}$	$\sim 1 \times 10^{-4}$
パルスエネルギー	$\sim 90 \mu\text{J}@100 \text{ eV}$	$\sim 500 \mu\text{J}@10 \text{ keV}$	$\sim 600 \mu\text{J}@10 \text{ keV}$
光子数 (/pulse)	$>5 \times 10^{12}@100 \text{ eV}$	$>3 \times 10^{11}@10 \text{ keV}$	$>3 \times 10^{11}@10 \text{ keV}$
繰り返し周波数	60 Hz	30 Hz (最大 60 Hz)	30 Hz (最大 60 Hz)

非結晶粒子のイメージングへの活用

コヒーレント回折イメージング (CDI: Coherent Diffractive Imaging)

- 非結晶粒子にコヒーレントX線を照射し、2次元回折パターン（振幅情報）を取得
- 位相回復法により試料の電子密度情報を高い空間分解能で再現

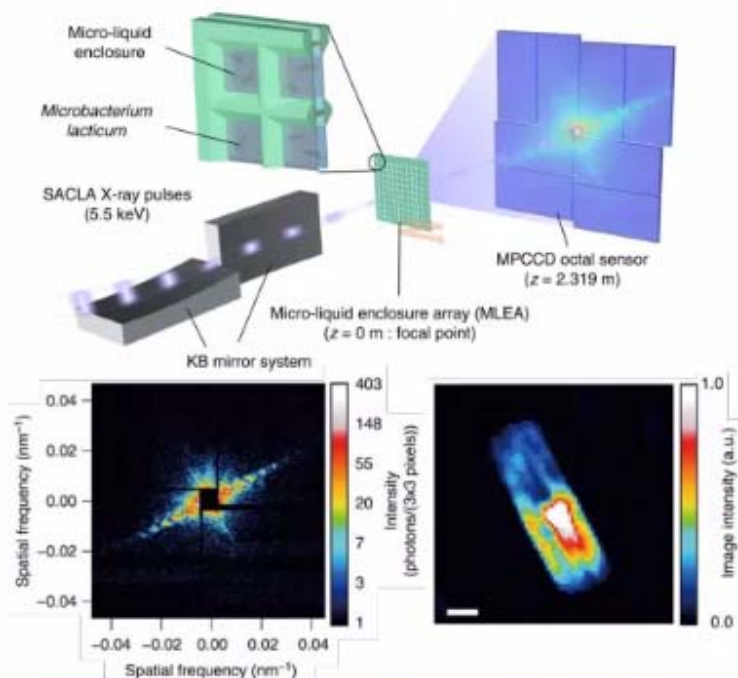
MAXIC: Multiple Application X-ray Imaging Chamber Ref: C. Song et al., J. Appl. Cryst. **47**, 188 (2014).

nature communications

Imaging live cell in micro-liquid enclosure by X-ray laser diffraction

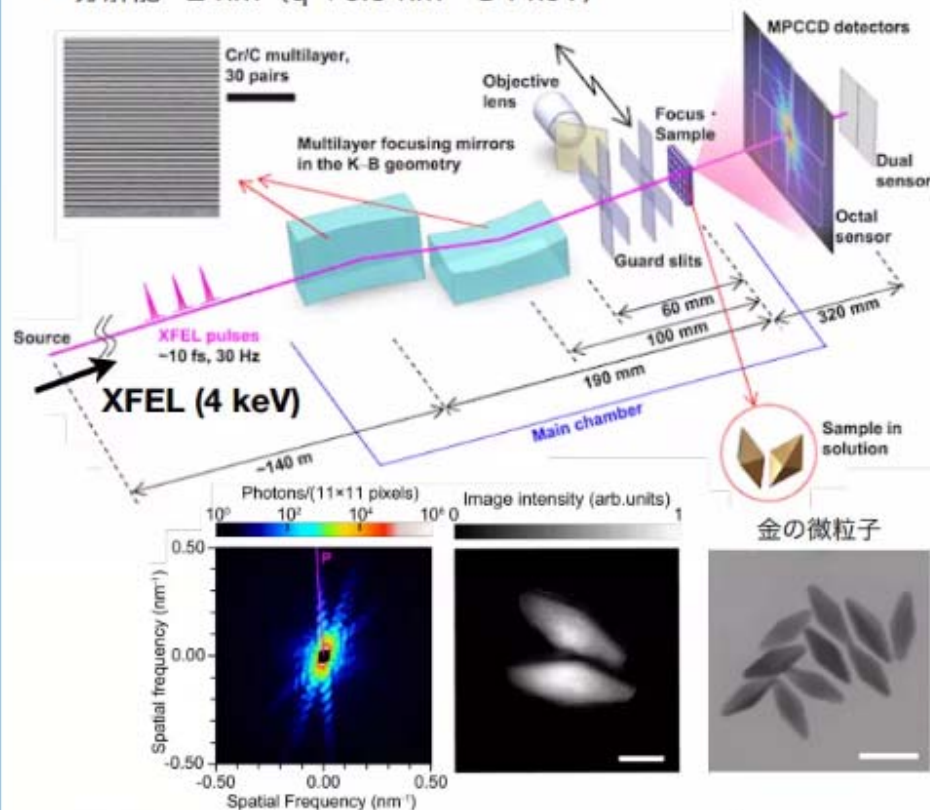
T. Kimura, Y. Nishino et al., Nat. Comm. **5**, 3052 (2014).

生きた細胞 (Microbacterium lacticum: 牛乳の中に生息するの微生物細胞) の内部構造を、放射線損傷を受けない状態でナノスケールの分解能で可視化



MAXIC-S

- 多層膜集光ミラーによる100 nm級ビームを利用可能
- 分解能 ~ 2 nm ($q < 0.5$ nm⁻¹ @4 keV)



Ref: H. Yumoto et al., Nat. Commun. **13**, 5300 (2022).

常設@EH4b

今後のXFEL開発の流れの鍵は「高繰返し化」

	利用運転中					建設・計画段階	
	LCLS	SACLA	PAL XFEL	European XFEL	SwissFEL	SHINE	LCLS-II-HE
光子エネルギー (HX 基本波)	1-25 keV	4-20 keV	2-15 keV	3-25 keV	2-12 keV	Up to 25 keV	13 keV or Up to 20 keV
最大繰返し	120 Hz	60 Hz	60 Hz	10 Hz 最大4.5 MHzバースト 最大27,000 pulse/s	100 Hz	1 MHz 最大1,00,000 pulse/s	1 MHz 最大1,00,000 pulse/s
最大パルス エネルギー	~2 mJ	~0.6 mJ	~2 mJ	~2 mJ	~0.6 mJ		
パルス幅	~30 fs	~5-7 fs	~25 fs	25 fs (<100 fs)	50-100 fs		
最大 ピークパワー	~80 GW	>80 GW	~80 GW	>70 GW	~10 GW		
				超伝導加速器		超伝導加速器	超伝導加速器

高繰返し化：

データ取得時間の短縮・データ取得量の増加を実現、測定の精度・感度向上にも貢献

◆ MHz級の繰返し：

- 光学系への熱負荷、サンプルの取扱いや検出器・データ収集に対する影響が非常に大きい
- パルスのなものからCW的なものに近づく→第4世代放射光光源との棲み分けも重要

◆ kHz級の繰返し：

- 技術的な課題に比較的対応しやすく、高繰返し化による利得とのバランスが良い
- パルスの（シングルショットベース）な光源としての利活用を追求