

# SACLAの現状と展望



簗内俊毅  
高輝度光科学研究センター

特定放射光施設シンポジウム2025  
2025年9月4, 5日@東北大学



# SPring-8からSPring-8-IIへのアップグレードを見据えて

---

- SPring-8のブラックアウト期間（2027年度下期～2028年度）
  - SACLAは運転を継続予定 … コヒーレントな短パルス高輝度光源
- SPring-8-IIとSACLAの相補的な利用
  - SPring-8-II … CW光源&高い平均輝度
    - ▶ 精密測定、高光子エネルギー利用
  - SACLA … パルス光源&高いピーク輝度
    - ▶ 超高速計測、シングルショット計測、高強度集光X線利用

# トピック

---

- **SACLAの現状**

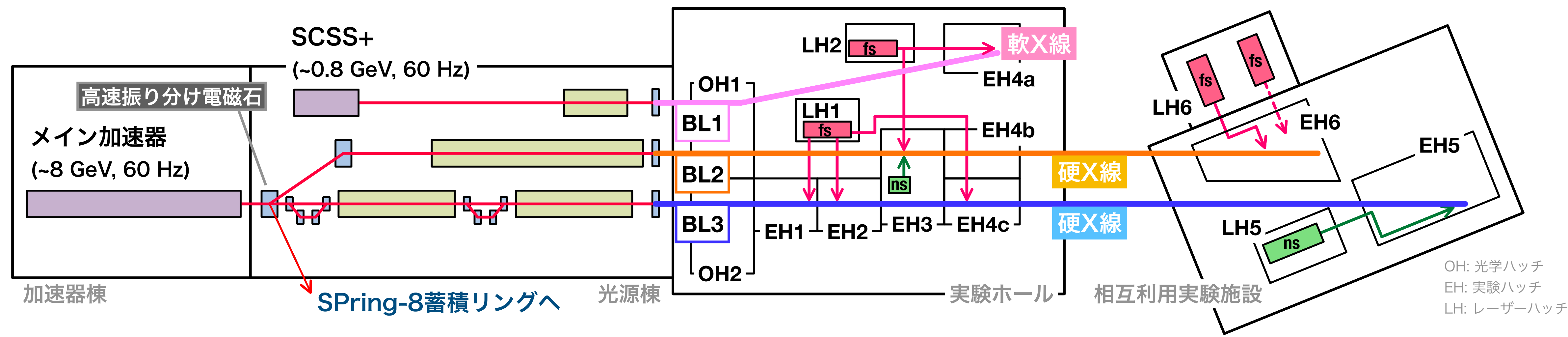
ビームライン・実験基盤の構成、利用研究の実施状況

- **SACLA高度化・利用研究事例**

SPring-8からSPring-8-IIへのアップグレードを見据えて

- **まとめ**

# SACLAのビームライン構成と光源特性

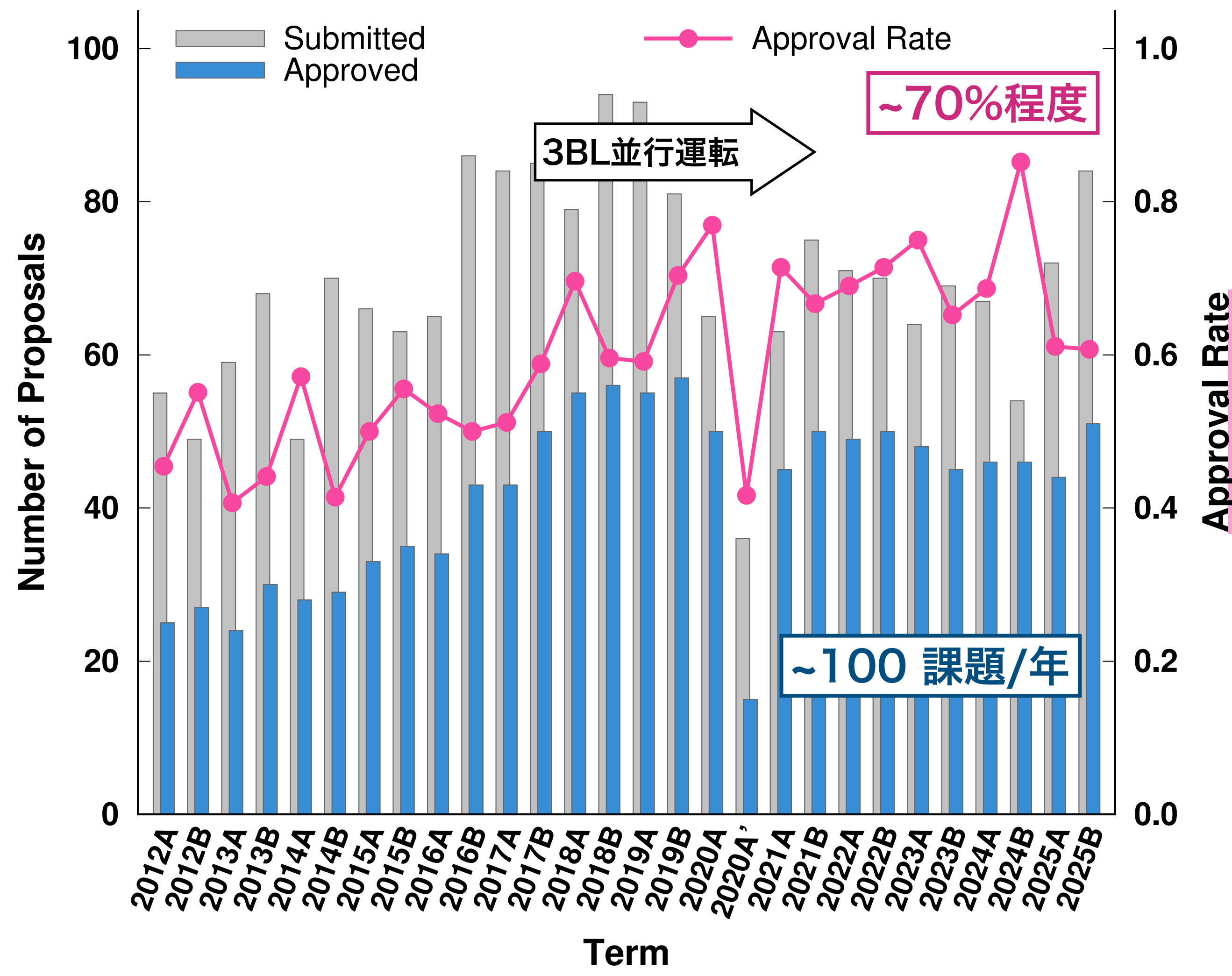


| Typical Beam Characteristics       |                             | BL1 (SX FEL)       | BL2 (HX FEL)         | BL3 (HX FEL)                            |
|------------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------------------|
| Photon Energy                      |                             | 40-150 eV          | 4-22 keV             | 4-22 keV                                |
| Pulse Duration                     |                             | ~30 fs             | <10 fs               | <10 fs                                  |
| Pink Beam                          | Band Width ( $\Delta E/E$ ) | ~10 <sup>-2</sup>  | ~3x10 <sup>-3</sup>  | ~3x10 <sup>-3</sup>                     |
|                                    | Pulse Energy                | ~90 $\mu$ J@100 eV | ~500 $\mu$ J@10 keV  | ~700 $\mu$ J@10 keV                     |
| Monochromatic Beam<br>(Si 111 DCM) | Band Width ( $\Delta E/E$ ) | NA                 | 1.3x10 <sup>-4</sup> | 1.3x10 <sup>-4</sup>                    |
|                                    | Pulse Energy                | NA                 | ~10 $\mu$ J@10 keV   | ~10-50 $\mu$ J@10 keV                   |
| Repetition Rate                    |                             | 60 Hz              | 30 Hz (Max. 60 Hz)   | 30 Hz (Max. 60 Hz)                      |
| Special Operation Modes            |                             | NA                 | NA                   | Self-seeding<br>Two-color double pulses |

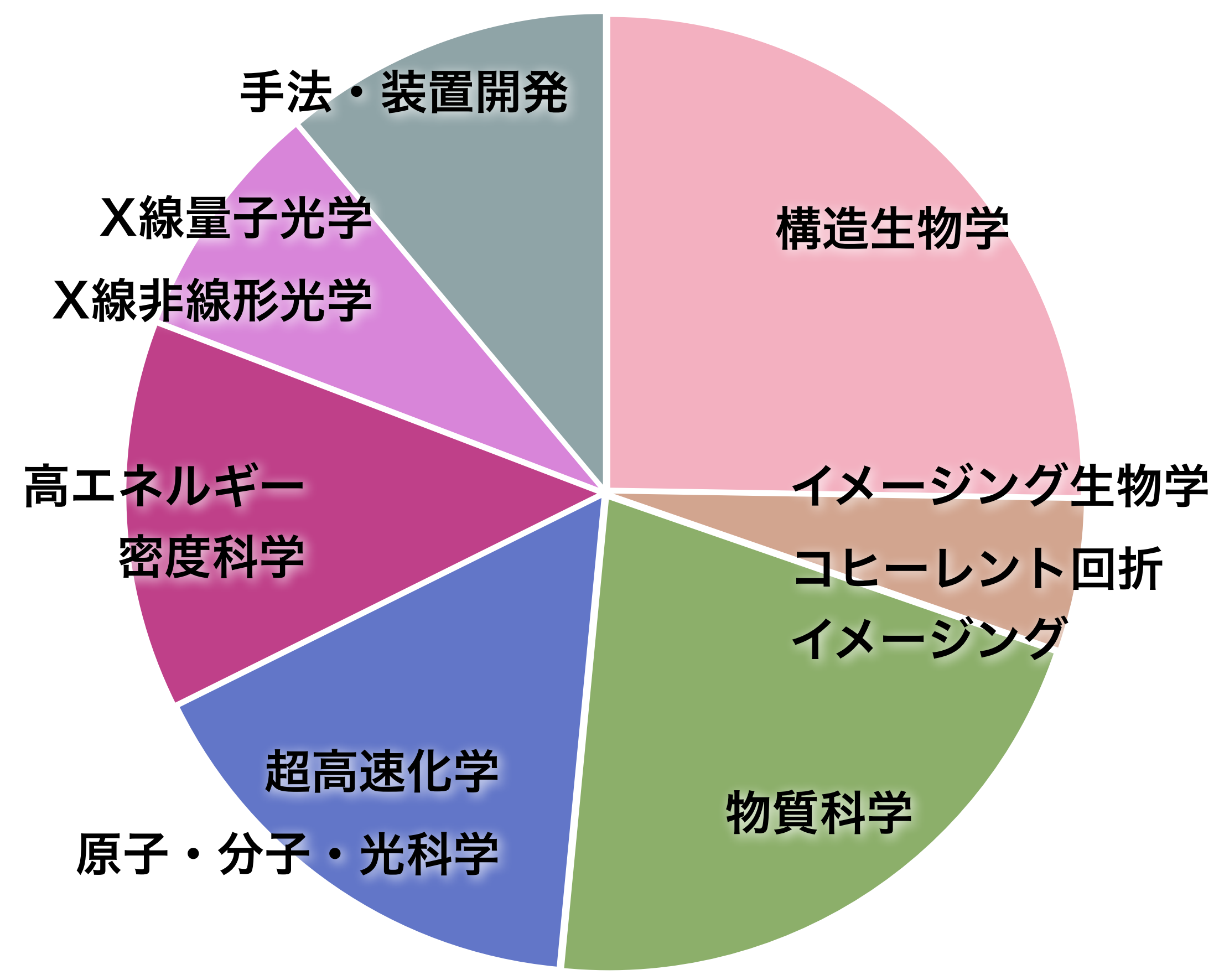


# 課題申請の推移、利用研究分野

## 課題申請の推移



## 硬X線BL 利用分野内訳 (過去3年度)



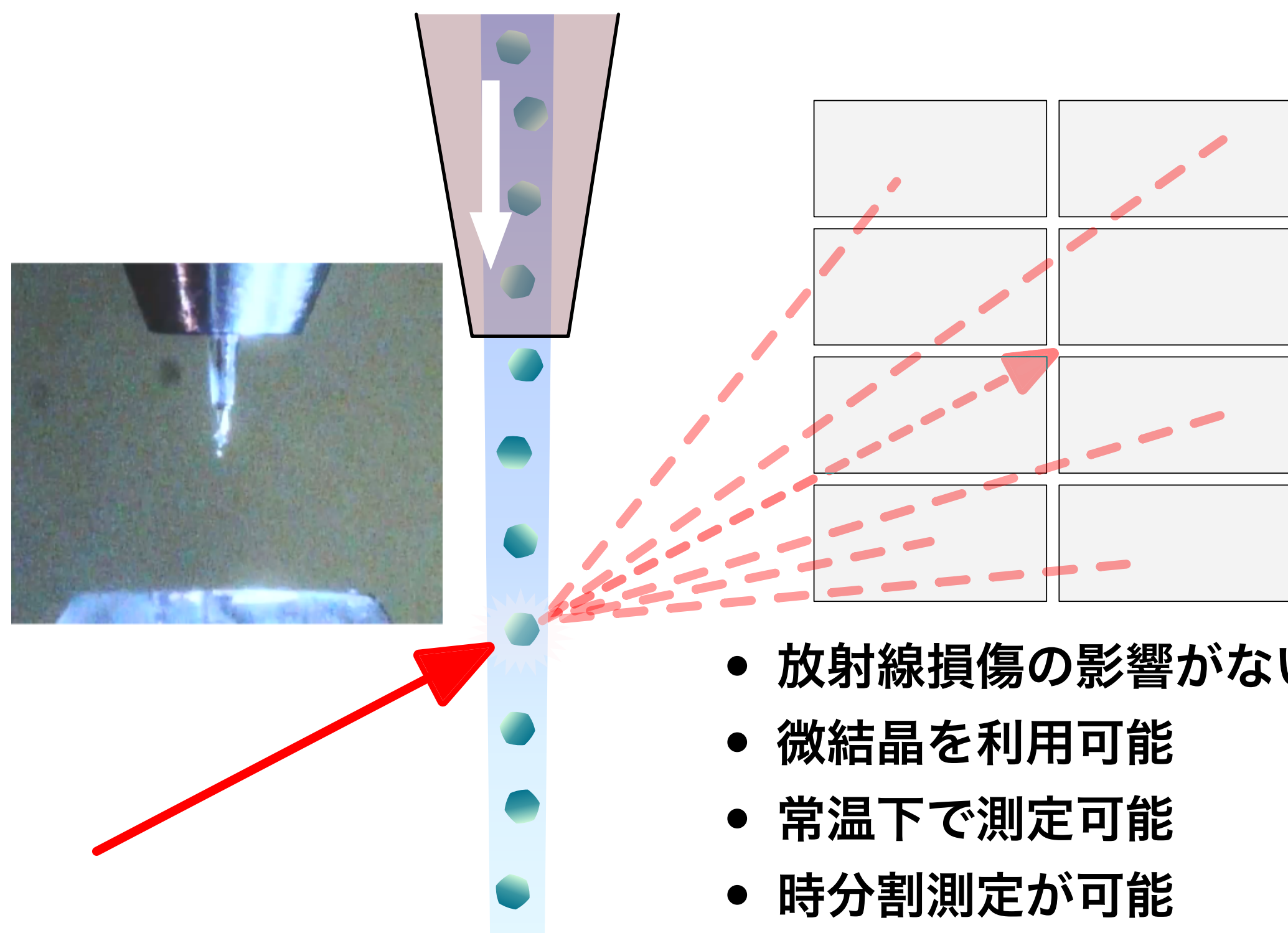
軟X線BLの主な分野：  
物質科学、原子・分子・光科学



# シリアル結晶構造解析の高度化と汎用化

## シリアルフェムト秒結晶構造解析

結晶試料を連続的にX線照射位置に供給し構造を解析



- 放射線損傷の影響がない
- 微結晶を利用可能
- 常温下で測定可能
- 時分割測定が可能

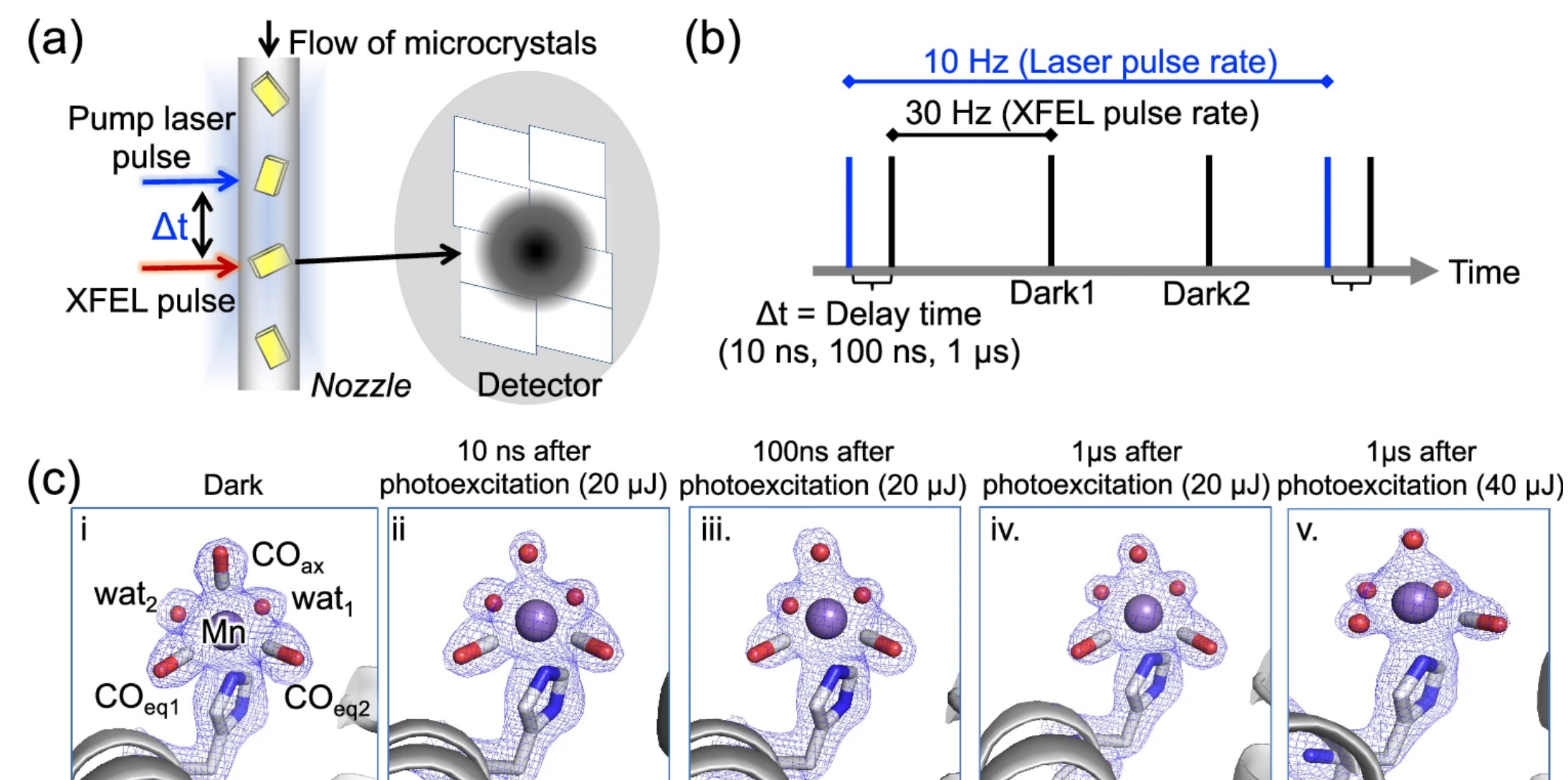
## SPring-8(-II)との連携 タンパク質のシリアル結晶構造解析

SACLA研修会「シリアルフェムト秒結晶構造解析研修会」  
2025/2/12-13開催 — 放射光ユーザーに向けた講義と実習

SpRUC研究会 放射光構造生物学研究会  
2025/8/18開催@姫路 — SACLAにおけるSFXの紹介

技術開発・装置展開  
サンプル供給システム他

金属錯体の化学反応機構の解明へのSFXの展開 B. Maity, T. Ueno et al., Nat. Comm. 15, 5518 (2024)



### 最近の動向・高度化の取り組み

- ターゲットの拡張
  - タンパク質結晶 → 低分子（有機・無機）
- 時分割測定のための反応誘起法の拡張
  - 光学レーザー → 基質添加、pH、温度…
- 試料消費量の抑制
  - 液体ジェット方式など → テープ方式



# 極限環境下における物質状態のシングルショット診断

## 超強パルス磁場

100 T級の強磁場中での物性



A. Ikeda et al., arXiv:2504.10085v1

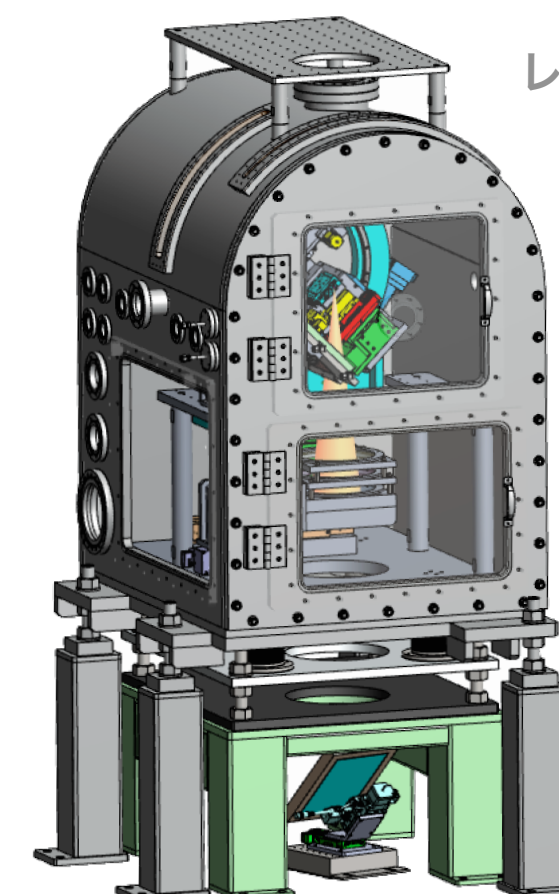
40T超磁場へのフラストレート磁性体研究への応用事例

M. Gen, A. Ikeda et al., Phys. Rev. B **111**, 214441 (2025)

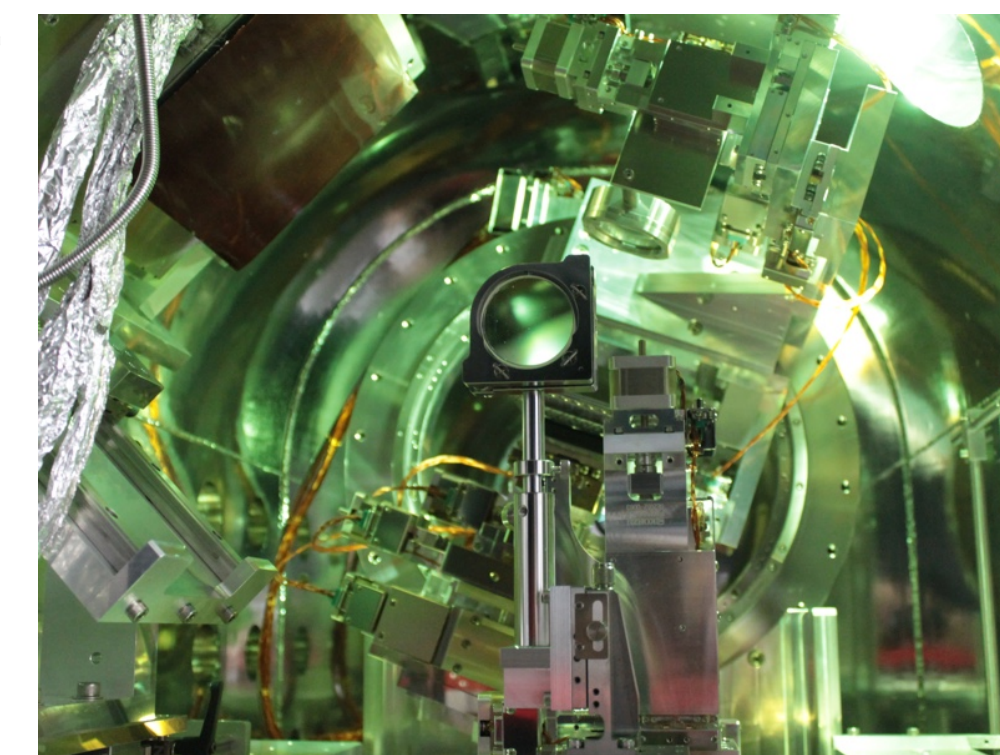
SACLA/SPring-8基盤開発プログラム（電通大 池田先生）

## 超高圧力場（衝撃圧縮）

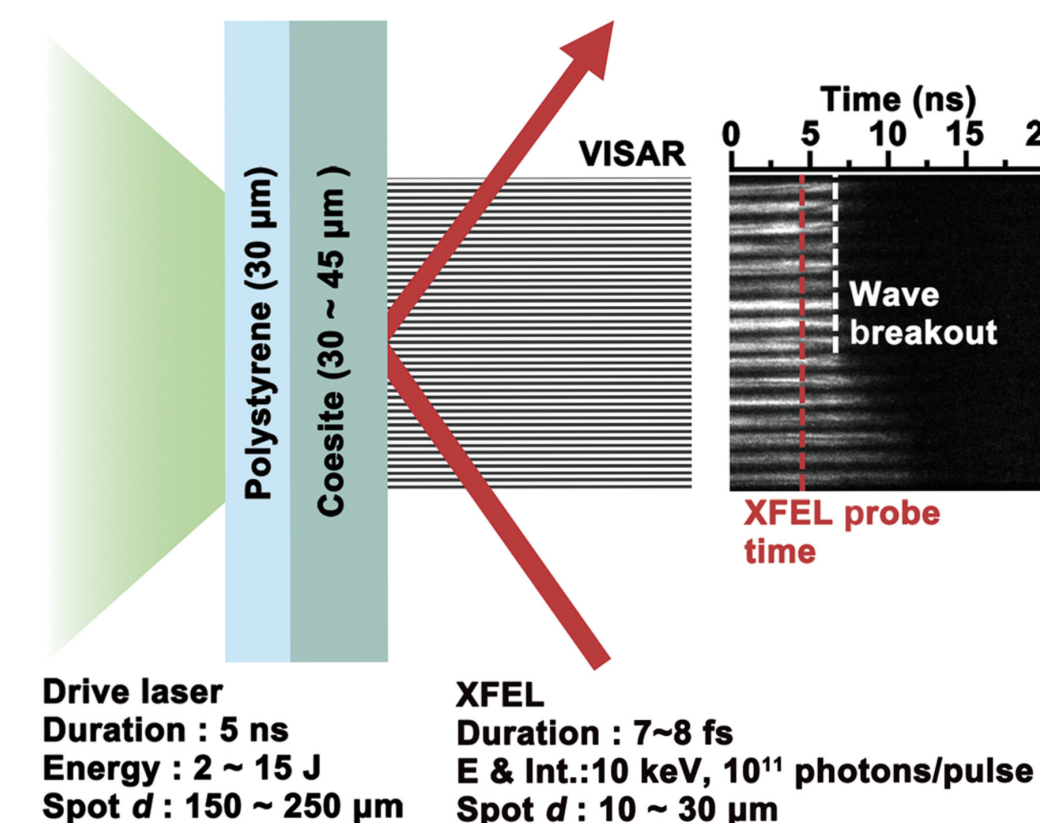
数百GPa超の圧力環境下でのダイナミクス



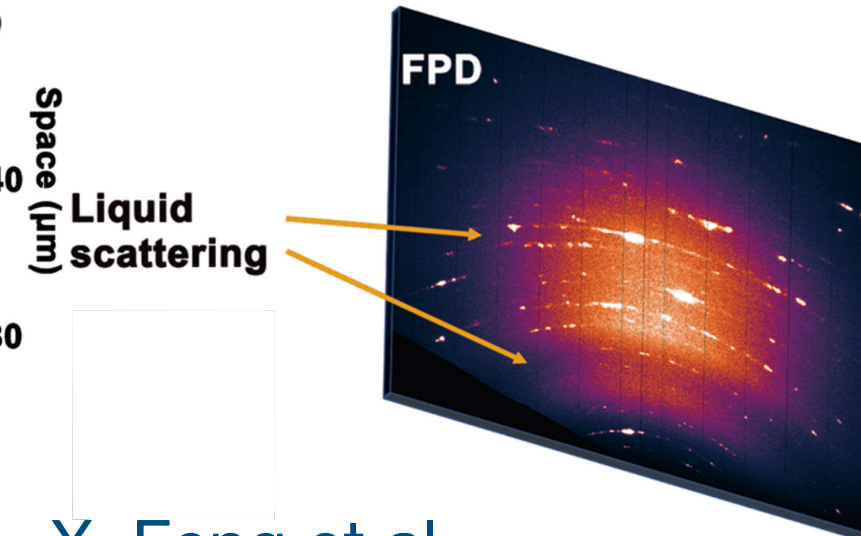
レーザー衝撃圧縮  
実験基盤



Y. Inubushi et al., Appl. Sci. 10, 2224 (2020)



隕石衝突に関連した鉱物の高圧相転移



X. Feng et al.,  
Sci. Adv. 11, eads3139 (2025)

SACLA/SPring-8基盤開発プログラム（大阪大学 尾崎先生）

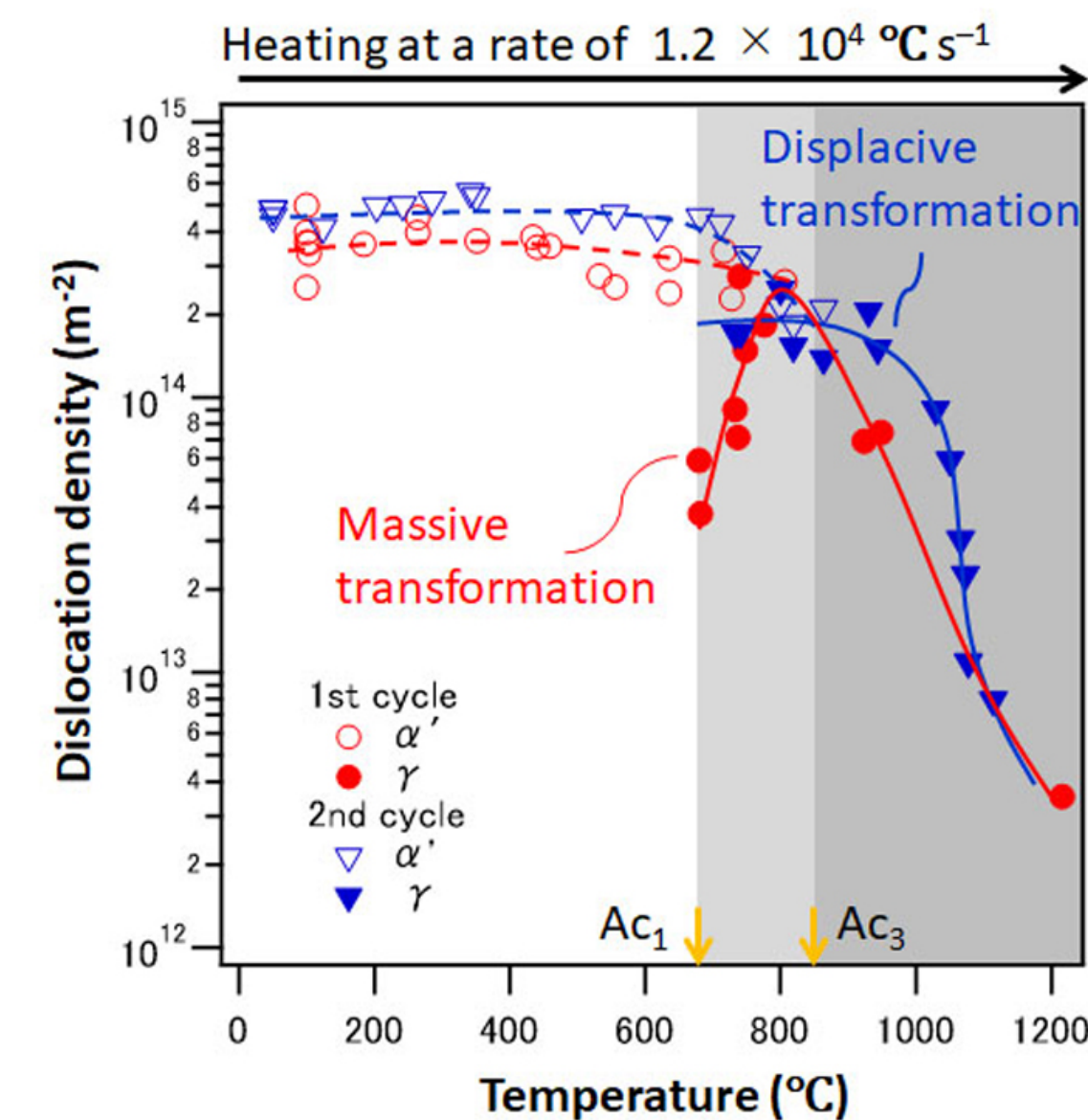
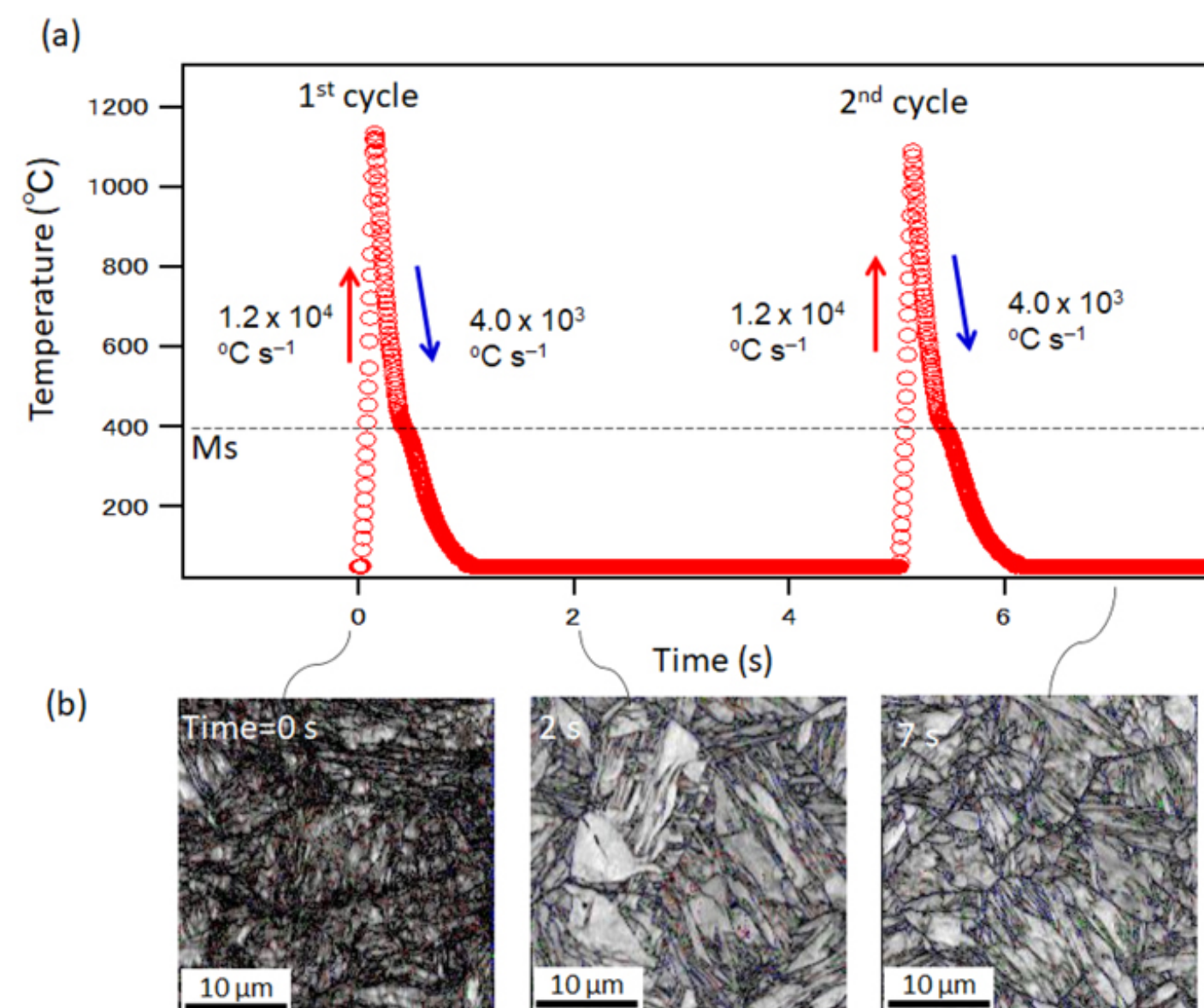
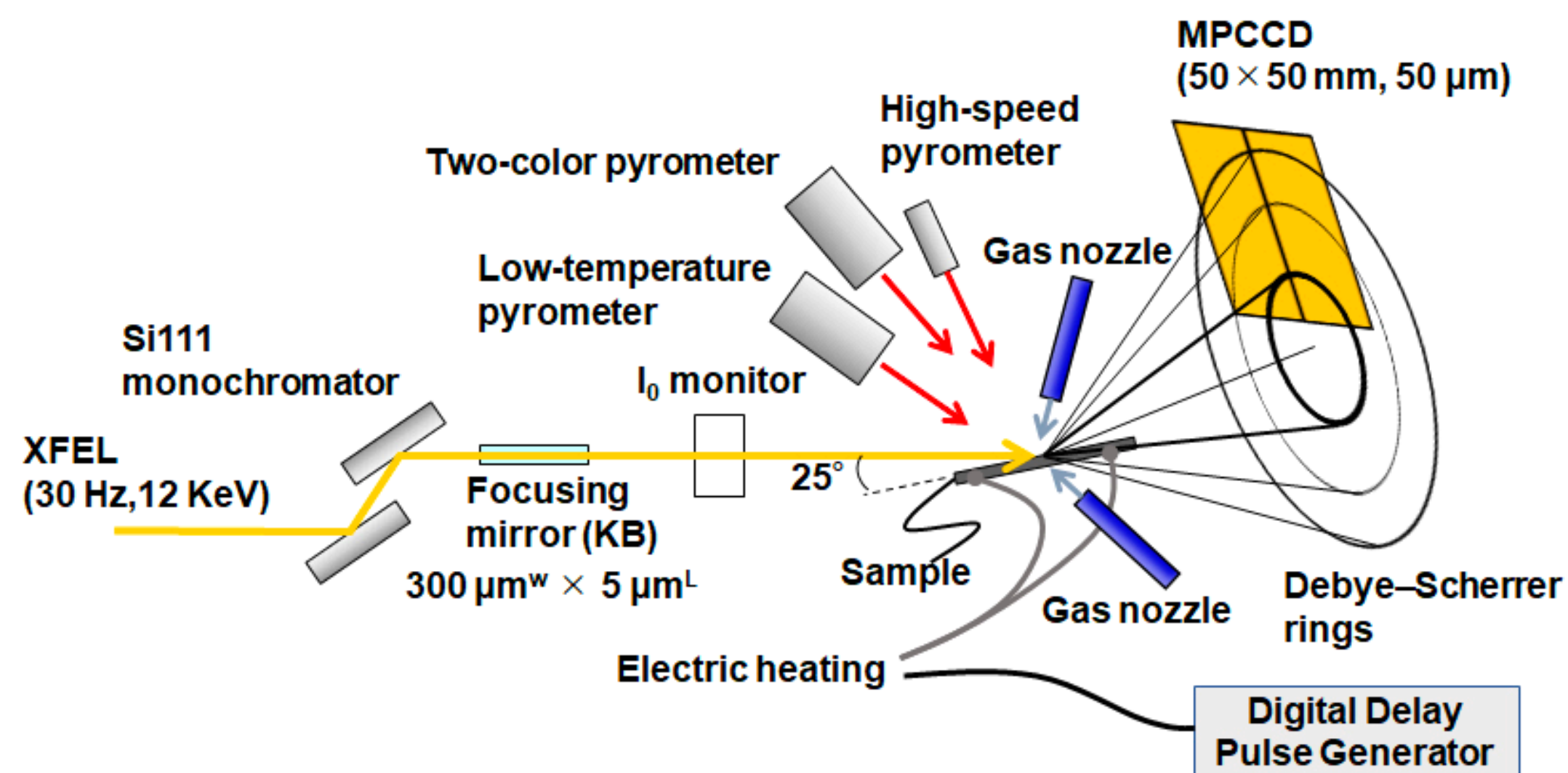
SpRUC研究会 高圧物質科学研究会/地球惑星科学研究会 合同研究会  
2025/9/6開催@仙台 — SACLA利用事例（Korean Univ. 高木先生）



# 産業分野、産学連携におけるSACLA利用事例

## 鉄鋼材料の転位挙動の動的観測

M. Yonemura et al., ISIJ International 65, 1192, (2025)



## 全固体電池電解質の無損傷イメージング

A. Suzuki, H. Yamashige, Y. Nishino et al., Nano Lett. **22**, 4603, (2022)



# まとめ

---

- SACLAは安定的に利用実験に供されている。
  - 軟X線FEL BL 1本、硬X線FEL BL 2本の3BL体制、利用課題～100件/年
- SPring-8のブラックアウト期間も、SACLAの利用運転は継続する予定。
- SPring-8-IIとSACLAの相補的な利用に向けた取り組みを推進。
  - SPring-8-II … **CW光源&高い平均輝度**
    - ▶ 精密測定、高光子エネルギー利用
  - SACLA … **パルス光源&高いピーク輝度**
    - ▶ 超高速計測、シングルショット計測（破壊型）、高強度集光X線利用



# 謝辞

---

## SACLA/SPring-8

Kensuke Tono, Ichiro Inoue, Yuichi Inubushi, Jungmin Kang, Tetsuo Katayama, Noriaki Kida, Yuya Kubota, Kohei Miyanishi, Taito Osaka, Shigeki Owada, Tadashi Togashi, Gota Yamaguchi, Makina Yabashi

Yasumasa Joti, Takashi Kameshima, Kyo Nakajima, Koji Motomura, Haruki Nishino, Kaneyoshi Kuwata, Yoshiaki Honjo, Kyosuke Ozaki, Takaki Hatsui

Kazuya Hasegawa, Takashi Kawamura, Luo Fangjia, Marcel Bokhove, Takashi Kumasaka

Toru Hara, Takashi Tanaka, Kazuaki Togawa, Hirokazu Maesaka, Takahiro Inagaki, Eito Iwai, Kenji Yasutome, Hitoshi Tanaka, Tetsuya Ishikawa

## University of Osaka

Jumpei Yamada, Kazuto Yamauchi

Norimasa Ozaki, Ryosuke Kodama

## Tohoku University

Takaaki Fujiwara, Eriko Nango

## University of Electro-Communications

Akihiko Ikeda