

# NDTに貢献するExcillumの 高輝度高分解能のX線源

High brightness and high-resolution X-ray  
sources for NDT

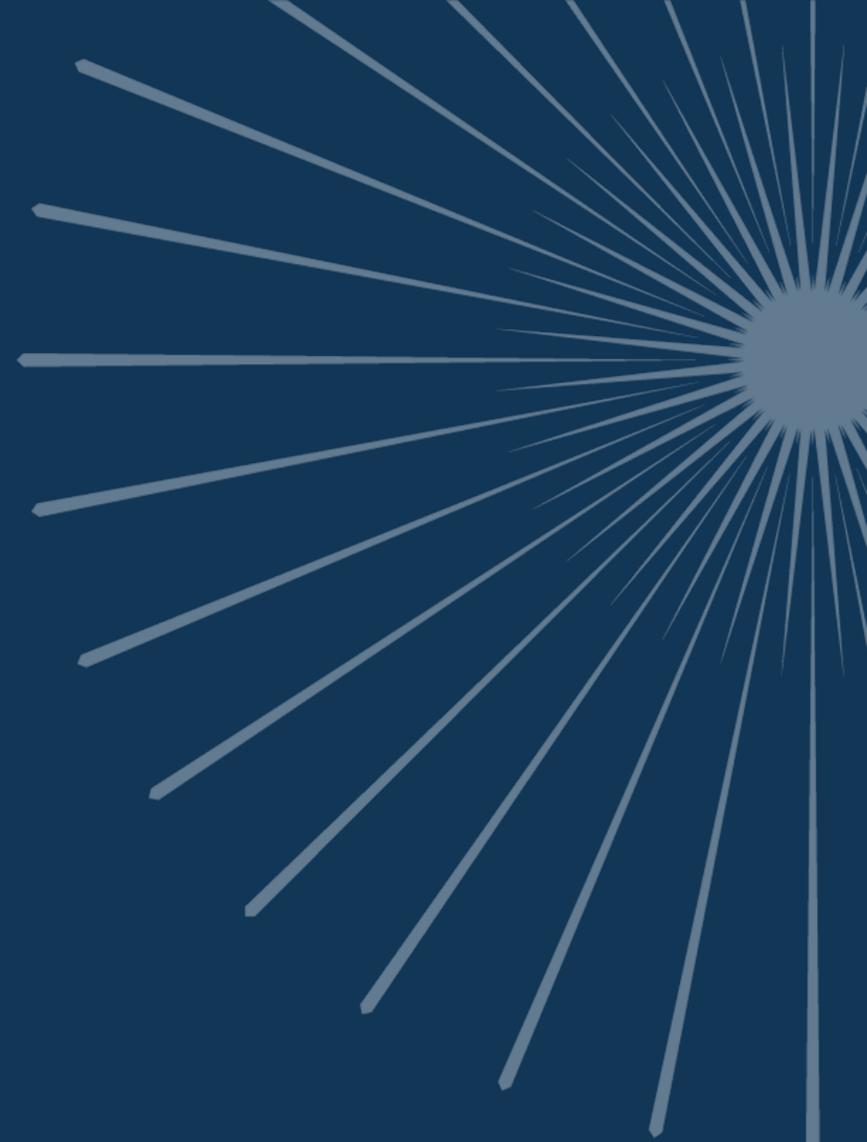
**Dr. Till Dreier**

Application Scientist

**Dr. Shiho Tanaka**

Scientist – Fluid Mechanics

Business Development Manager - Japan



**excillum**

# Outline

- Excillum 会社紹介
  - MetalJet X線源
  - MetalJetを用いた測定例
    - バッテリーCT
    - 高速イメージング
    - 硬X線顕微鏡
    - バイオメディカルイメージング
  - NanoTube N3
  - NanoTubeN3を用いた測定例
    - バッテリー研究用
    - HBMメモリ
    - 積層セラミックコンデンサ (MLCC)
    - アディティブマニファクチャリング
    - 医薬品
    - 木片 (爪楊枝)
  - デモ測定及び受託測定
- Excillum introduction
  - MetalJet X-ray Source
  - MetalJet Applications
    - Battery CT
    - High-speed imaging
    - Hard X-ray microscopy
    - Bio-medical imaging
  - NanoTube N3
  - NanoTube Applications
    - Battery research
    - High Bandwidth Memory (HBM)
    - Multi-Layer Ceramic Capacitors (MLCC)
    - Additive manufacturing
    - Pharmaceuticals
    - Toothpick
  - Demo capability

# Excillum (エキシルム)

独自技術をベースにX線源を開発製造しています  
液体金属ジェットを陽極に使用したMetalJet 技術  
高精度な電子ビーム制御技術

設立2007年

本社：スウェーデン、ストックホルム  
研究開発、製造

従業員 80名以上  
研究開発スタッフ 55%  
女性スタッフ 29%  
国籍 約15か国



# 市場へのExcillum X線源販売形態

Our two go-to market models

直接販売/代理店 (分析, イメージング)

excillum

Custom experimental systems  
- our original business, and the most advanced users

We support researchers who build their own experimental systems based on our X-ray source, and work with partners if they require help to design and build custom systems.

Multi-modal microscope  
Wissenschaftszentrum für Informationstechnik  
Germany

X-ray emission  
spectroscopy system  
Max Planck Institute  
Germany

SAXS system  
National Institute of  
Standards and Technology  
USA

Phase-contrast imaging  
system  
Custom system by Photo  
Science, Wayne University  
USA

Excillum本社、  
もしくは代理店  
が販売



OEM (分析, イメージング, 製造業)

excillum

X-ray imaging OEM partners  
- a growing business since 2020

X-ray sources  
systems for u

excillum

Analytical X-ray OEM partners  
- our main business since 2011

X-ray sources for our partners' state-of-the-art analytical systems typically using SCD, SAXS or HAXPES methods in biology, chemistry & material sciences - and high-tech manufacturing quality assurance.

OEMパートナーが  
X線源を組込んだ  
機器を製品販売



日本国内における保守サービスと保守部品の供給でシエンタオミクロン株式会社と提携しています。

# パートナー企業

Our partners

## ターンキーシステム販売企業



**EVC battery**  
by VisiConsult

Battery inspection systems



**EXCISCOPE**

Phase-contrast imaging systems



**Rigaku**

Nano CT systems



**PXR**  
PROCON X-RAY

Nano CT systems



**PROTO**

High pressure XRD systems



**marXperts**

Single crystal X-ray diffraction systems  
(protein/macro molecule)



**BRUKER**

Single crystal X-ray diffraction systems  
(small & protein/macro molecule)



**STOE**  
SINCE 1987

Single crystal X-ray diffraction systems  
(small molecule & powder)



**Anton Paar**

Small angle X-ray scattering (SAXS) systems



**xenocs**  
Exploring the very small

Small angle X-ray scattering (SAXS) systems



**ELDIGO SCIENTIFIC**

Electron diffraction systems



**scientaomicron**

HAXPES systems

## カスタムシステム販売企業



**PROTO**

Custom X-ray analytical systems (worldwide)



**Pinnacle**  
X-Ray Solutions

Custom X-ray imaging systems (North America)



**UNITE**  
优纳珂科技

Custom X-ray analytical systems (China)



**SGService**

Custom X-ray systems (Taiwan)

## X線源販単体 販売代理店



**PROTO**

North America



**Quantum Design**  
CHINA

China



**NanoLab**  
KOREA

Korea



**RAD Device**

Japan

# 主なOEM：ラボ用分析機器

2011からの主要なビジネス

OEMパートナー各社の最先端のシステムに導入

単結晶X線回折（SCD）、小角X線散乱（SAXS）、硬X線光電子分光法（HAXPES）など  
生物学、化学、材料科学、薬学およびハイテク製造業における品質保証 などに利用



# 主なOEM：ラボ用イメージング機器

2020から拡大しているビジネス

OEMパートナー各社の最先端のシステム製品に導入

コンピュータ断層撮影（CT）、位相コントラストイメージングシステム

基礎科学研究（生物学）および製造における品質保証に使用（電子機器、バッテリー、添加剤など）

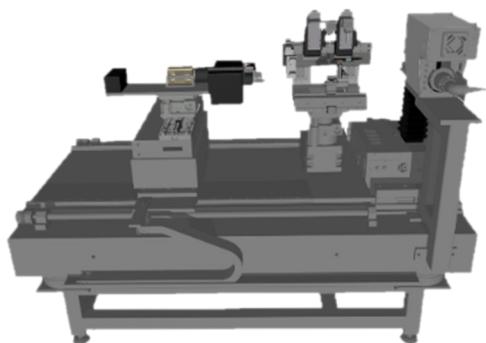


JASIS 2024  
新技術セミナーで発表

# 特別仕様の実験機器

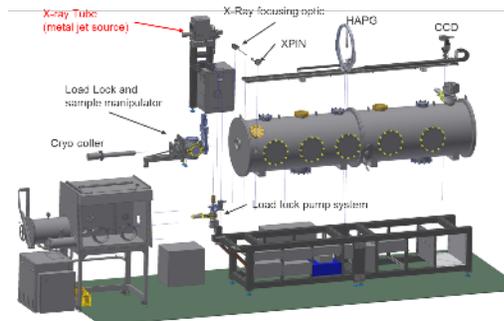
– 弊社設立からの基本ビジネス, 最先端機器

X線源を用いた実験システムを独自に構築する大学や企業の研究者をサポート  
カスタムシステムの設計と構築に支援が必要な場合は, OEMパートナーと協力します



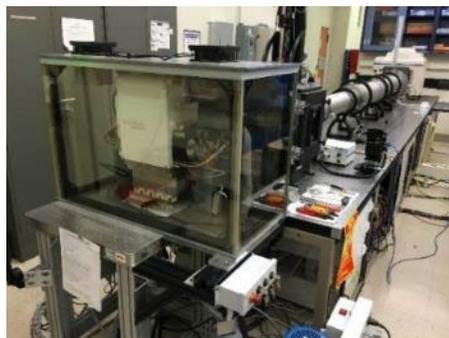
X線顕微鏡

Multi-modal microscope  
Würzburg University /  
Fraunhofer Institute  
Germany



X線発光分光装置

X-ray emission  
spectroscopy system  
Max Planck Institute  
Germany



SAXSシステム

SAXS system  
National Institute of Standards  
(NIST)  
USA



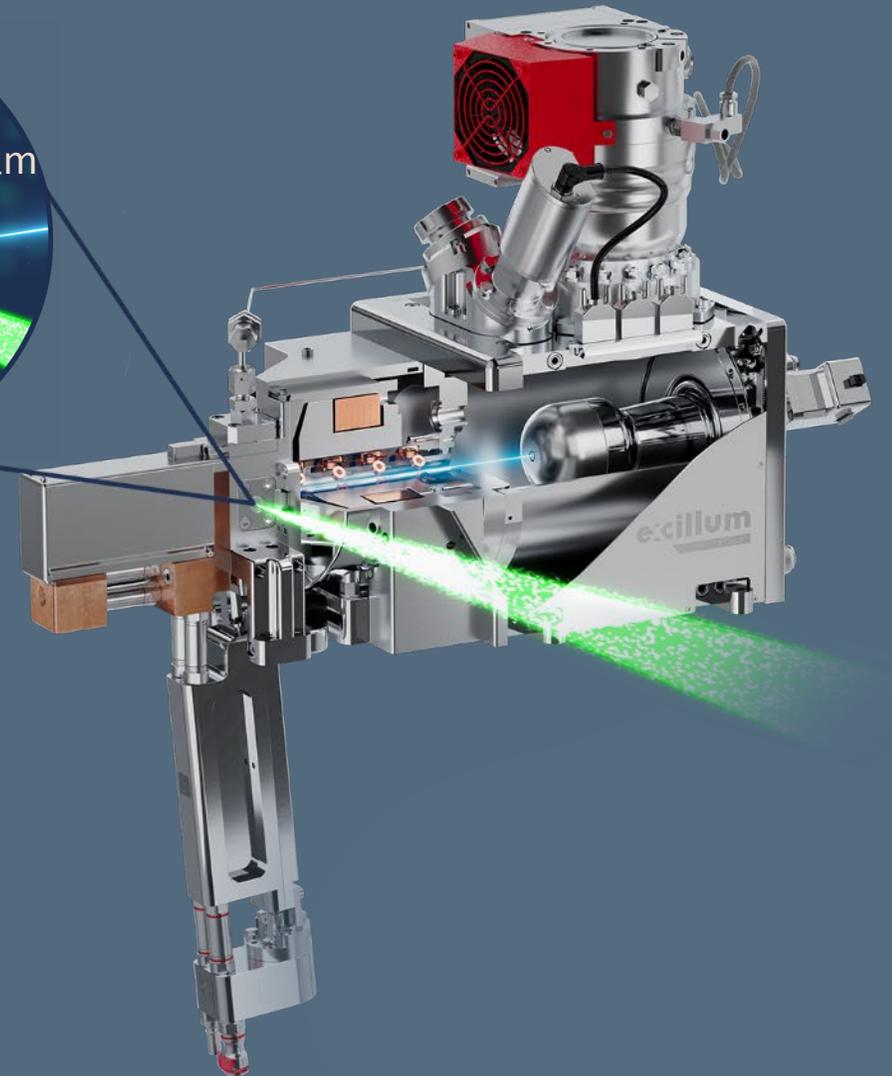
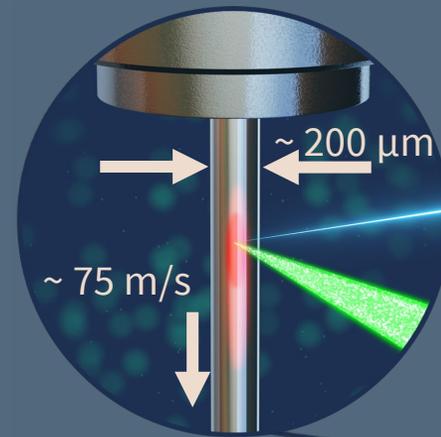
X線位相コントラスト  
イメージングシステム

Phase-contrast imaging  
system  
Custom system by Proto  
Johns Hopkins university  
USA



# Excillum MetalJet

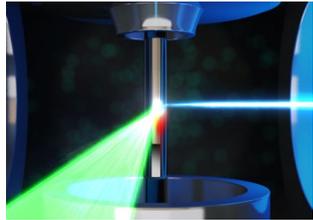
世界で最も明るい  
マイクロフォーカスX線源



# MetalJet E1 と従来型マイクロフォーカス線源との比較

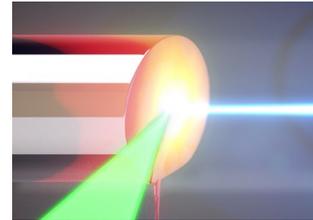
## Comparison with conventional Tungsten microfocus X-ray source

MetalJet E1+  
1000 W,  
30  $\mu\text{m}$  焦点サイズ

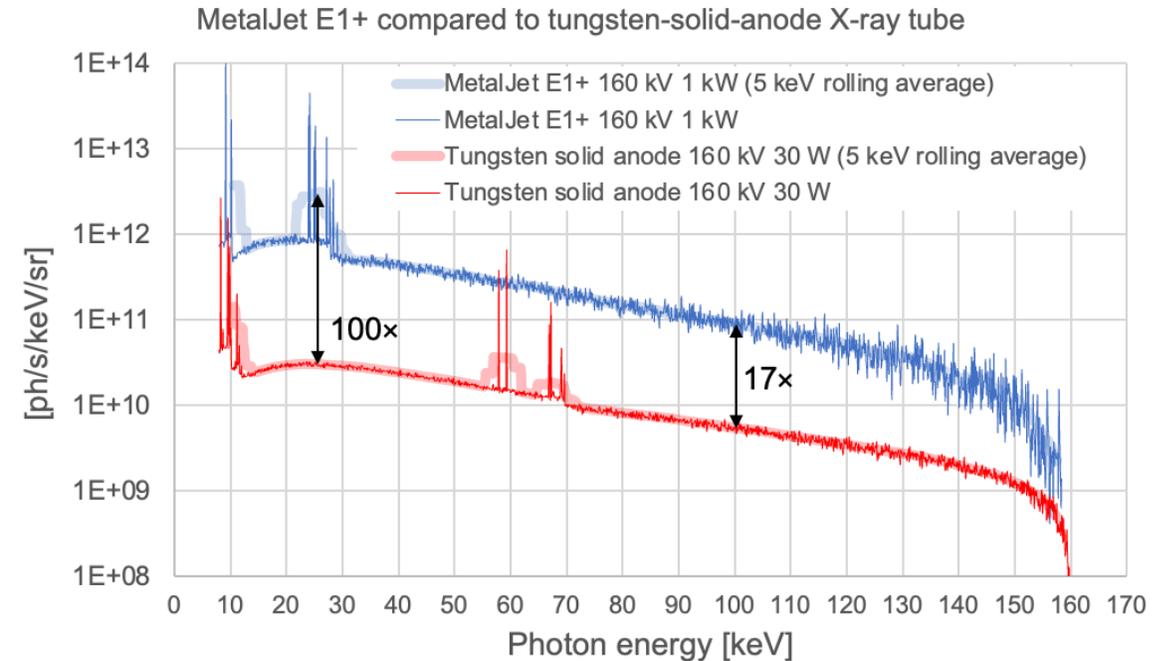


VS

従来型 X 線源  
30 W,  
30  $\mu\text{m}$  焦点サイズ

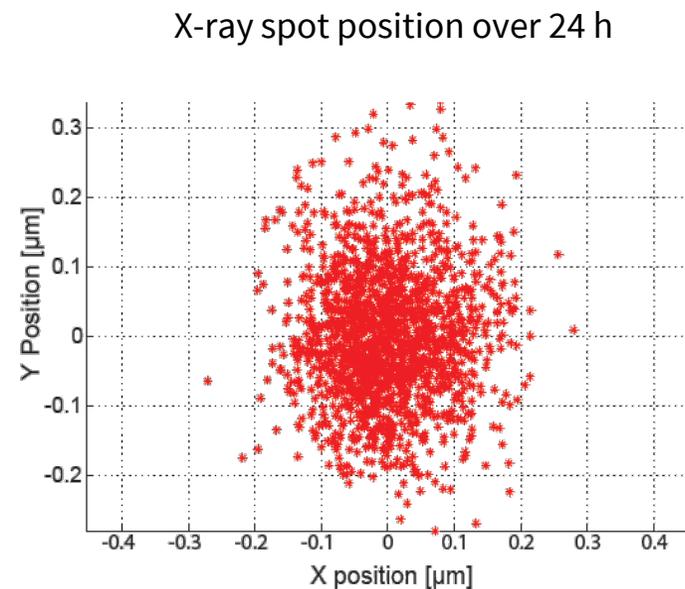
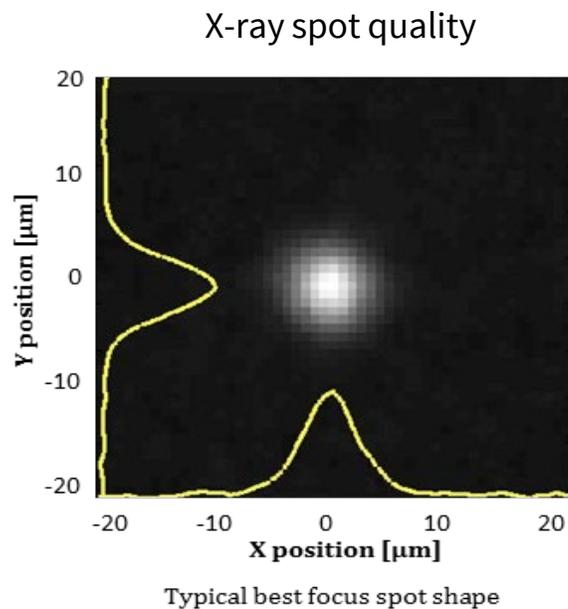


- 全スペクトル範囲にわたって
- 17倍以上の X 線フラックス強度
- ガリウム(Ga) 主成分合金  
9.2 keV(1.3Å) K $\alpha$ 線 — 銅(Cu)K $\alpha$ 線を近似
- インジウム(In)主成分合金  
24 keV(0.51Å)K $\alpha$ 線 — 銀(Ag)K $\alpha$ 線を近似



# 非常に安定したX線スポット

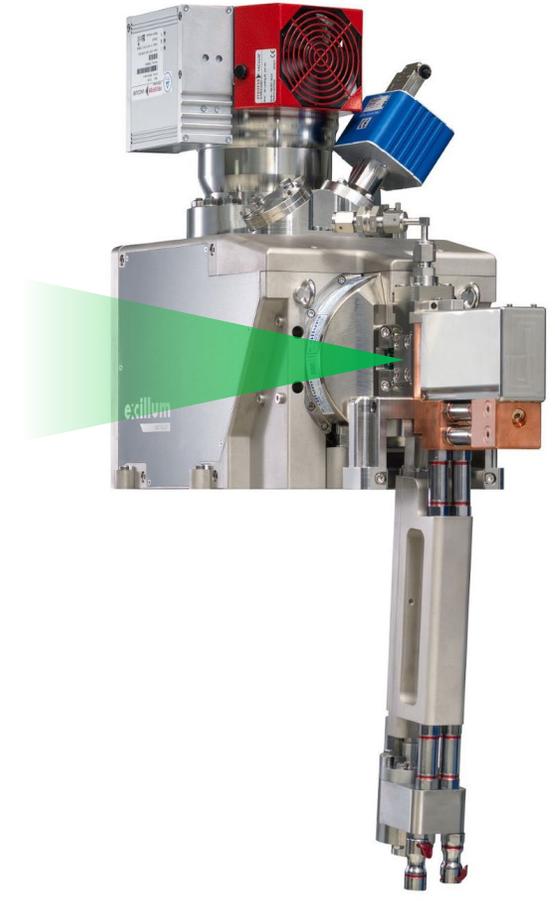
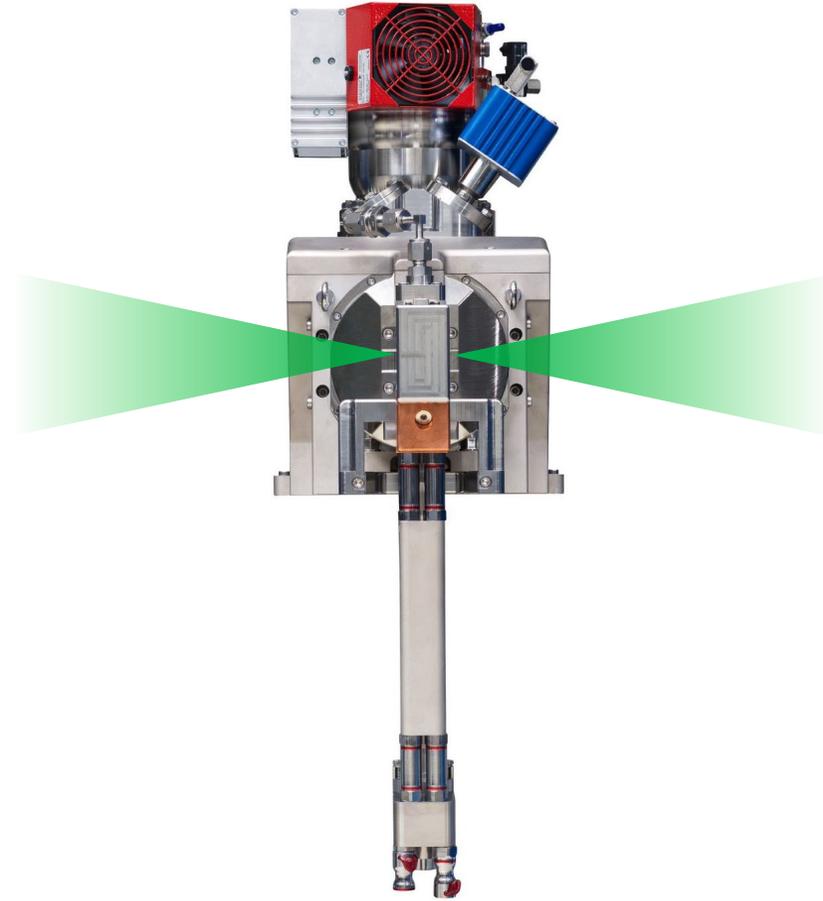
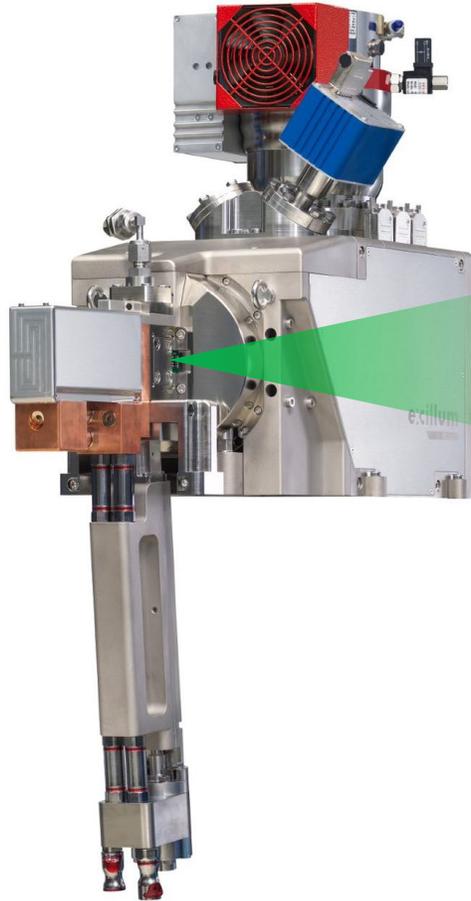
- ソフトウェアで調整可能な電子ビームスポットサイズ (個別のXおよびY方向)
- 最小スポットサイズ 10  $\mu\text{m}$
- 24 時間にわたって 100 nm (標準偏差) のX線スポット位置安定性



# シングルまたは、デュアルX線ウィンドウ

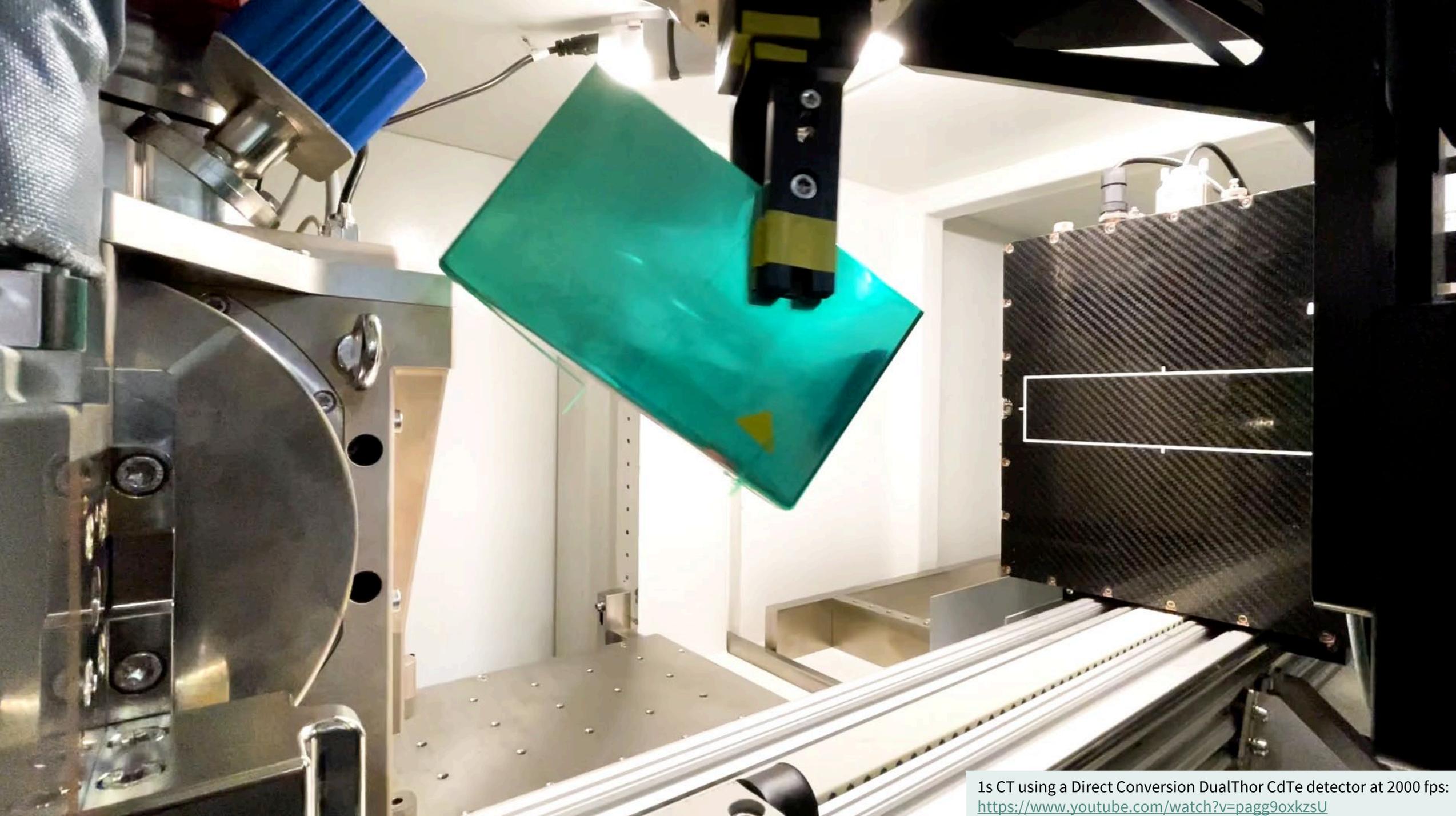
Single or dual x-ray windows

(左右どちらでもお選びいただけます。)





# MetalJet 応用例

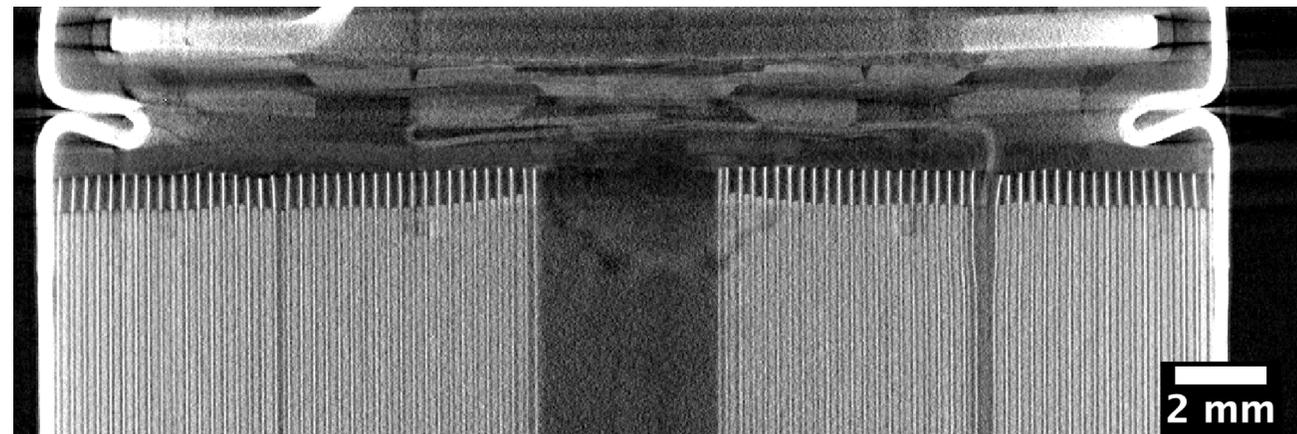
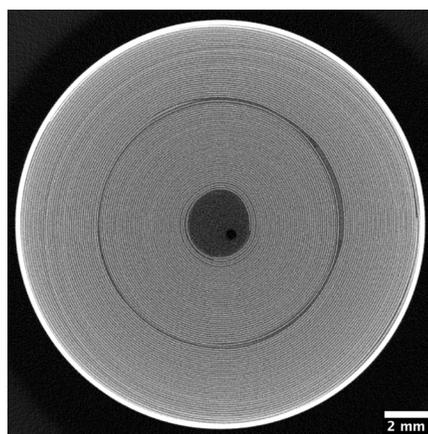
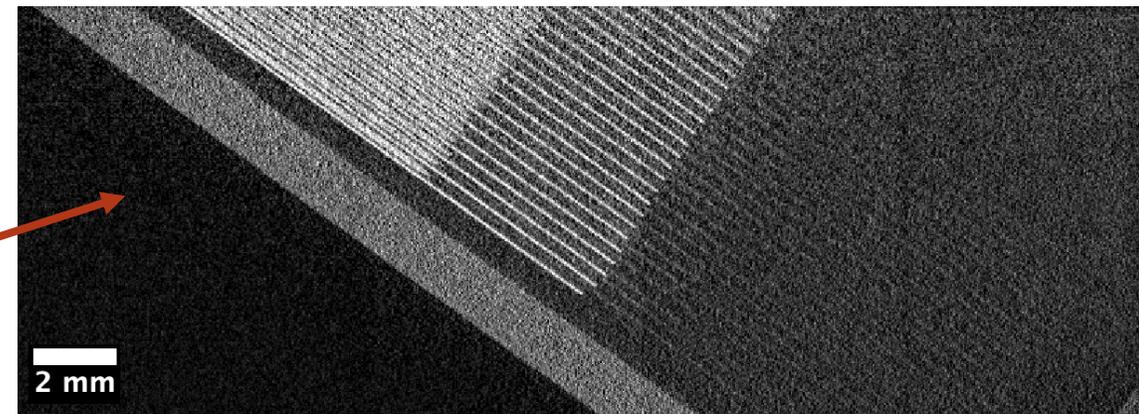
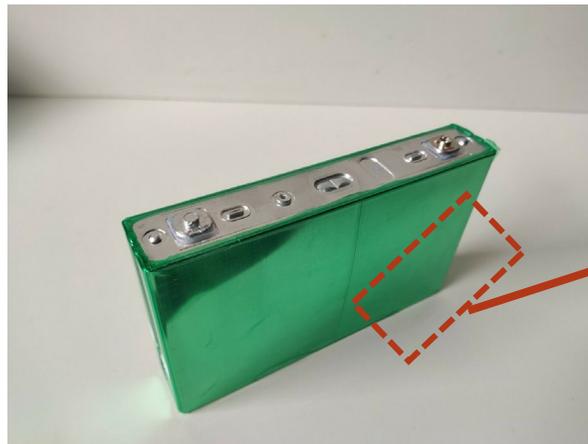


1s CT using a Direct Conversion DualThor CdTe detector at 2000 fps:  
<https://www.youtube.com/watch?v=pagg9oxkzsU>

# 高速バッテリーCT

High-speed battery CT

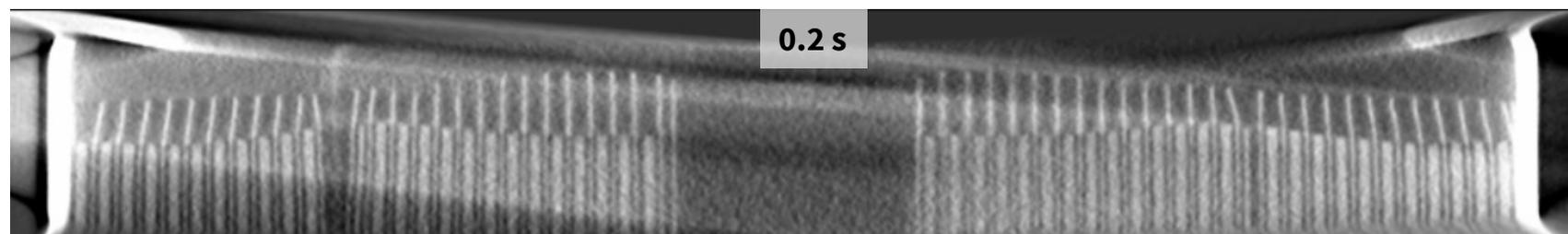
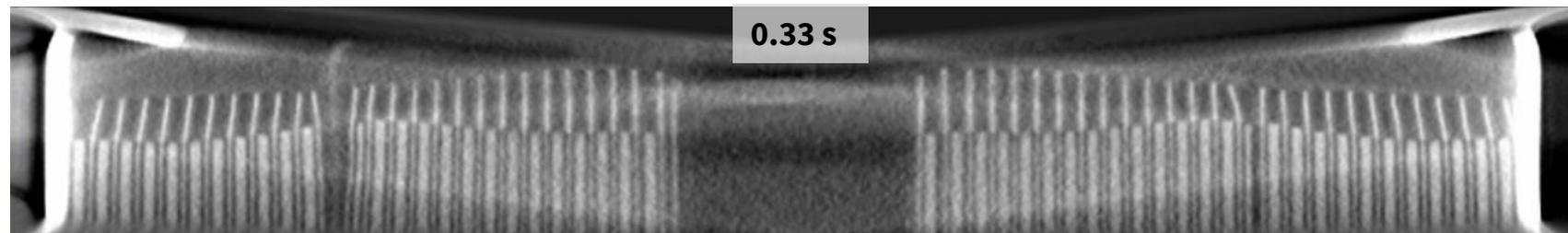
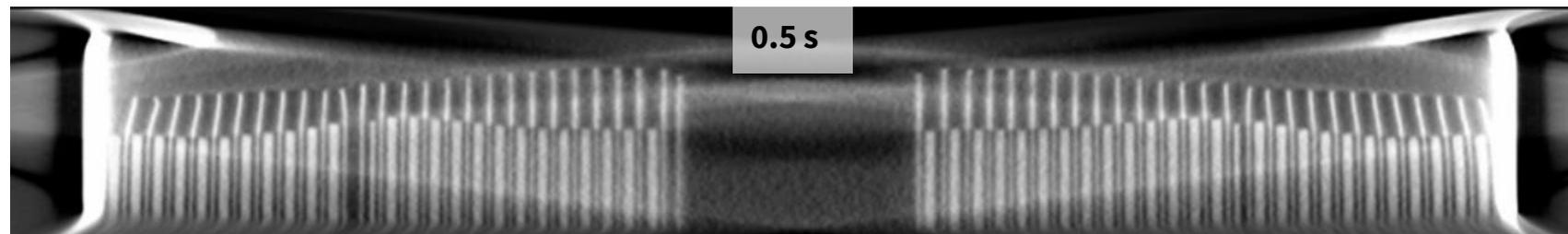
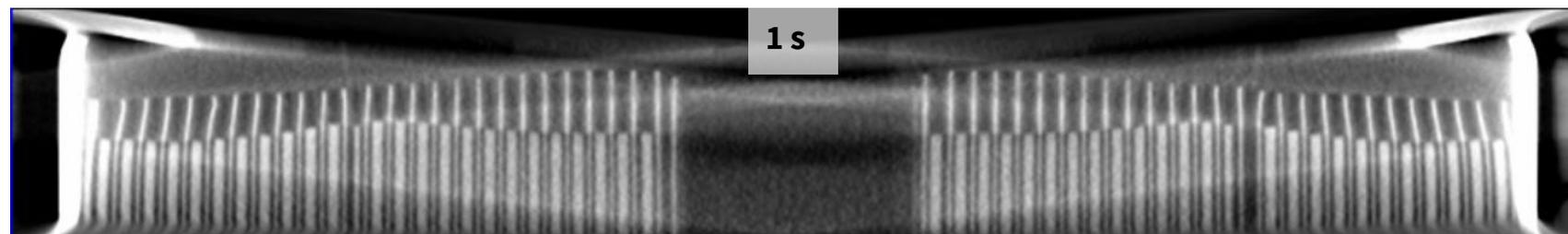
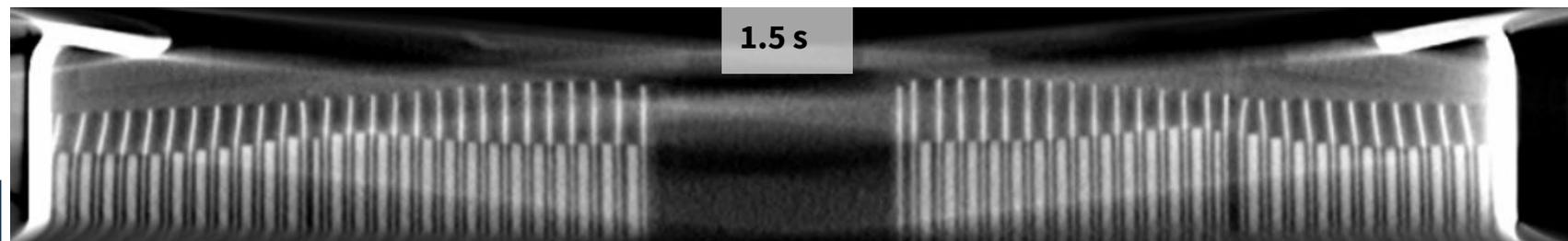
- オーバーハングCT
  - 測定時間は0.5秒まで短縮
- 全バッテリーCT
  - 4680セルのヘリカルCTは15秒未満
  - オーバーハング分析
  - 粒子の検出
  - 層欠陥
  - 巻線欠陥
  - etc ...



# 21700 測定結果： 様々なスキャン時間

High-speed CT on 21700 cells

- 異なるスキャン時間での同一21700の測定結果
- 回転ステージの最大速度：  
3回転/秒（0.33秒CTスキャン）
- 注：0.2秒CTスキャンでは、216度のデータのみ使用

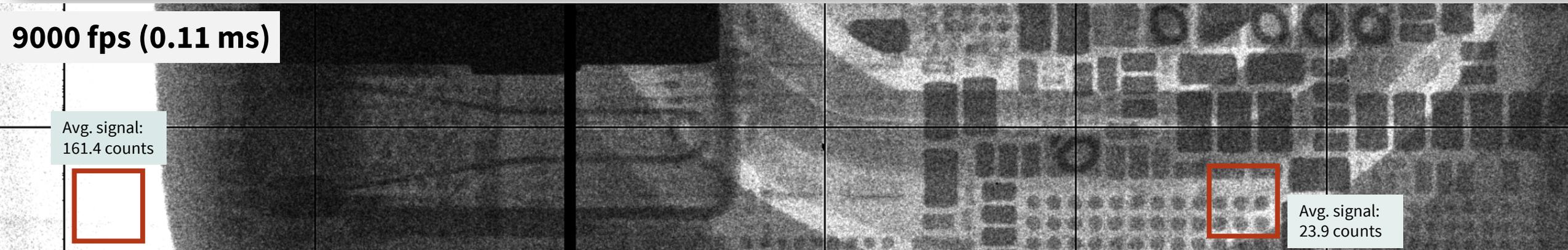
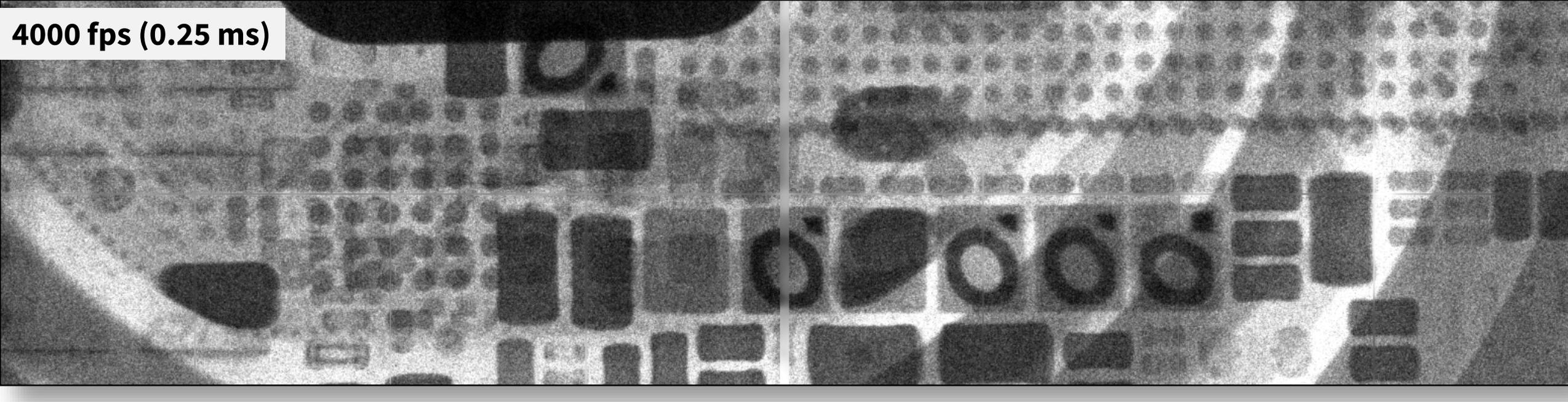


Note: Thick slices used for these images

# 2D 高速イメージング

High-speed 2D imaging

- Apple Watch Series 9
- フレームレート : 4000 fps 及び 9000 fps 、 解像度 : 20  $\mu\text{m}$



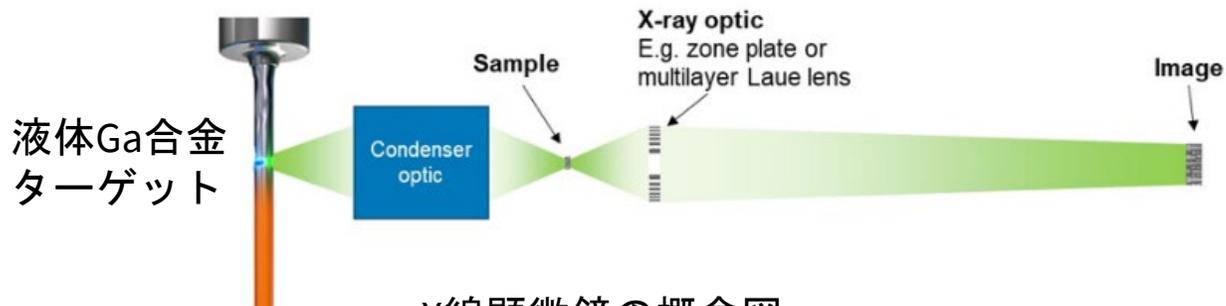
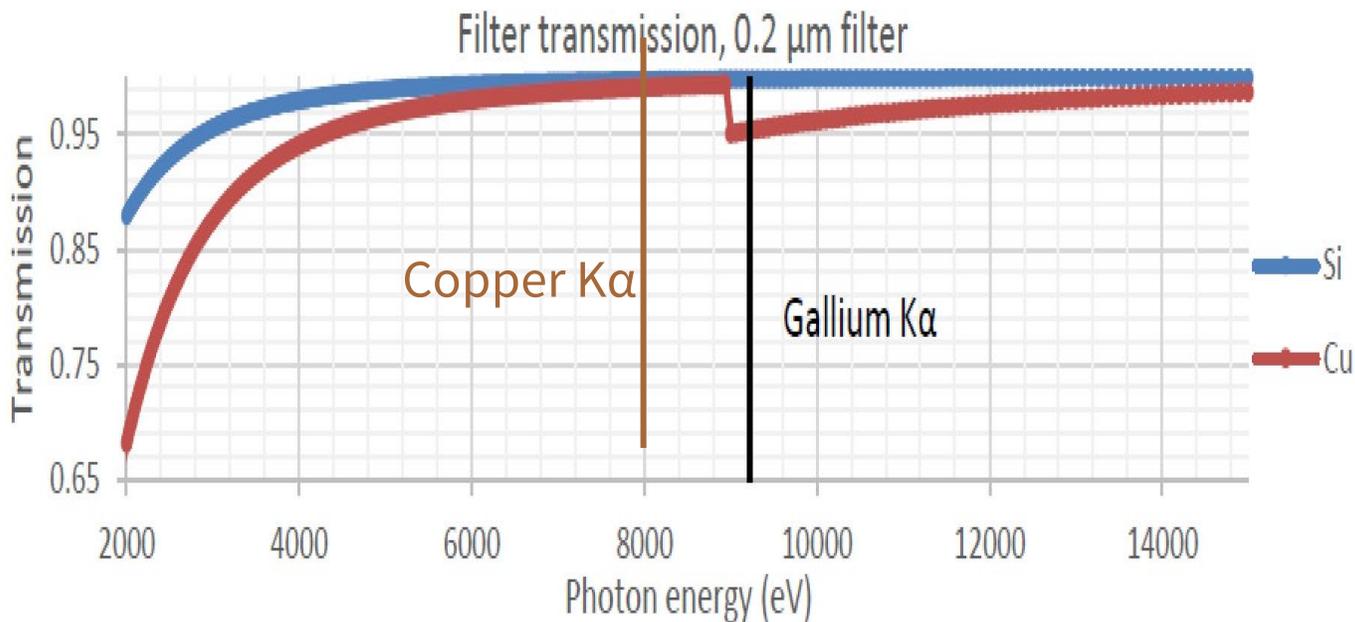
Avg. signal:  
161.4 counts

Avg. signal:  
23.9 counts

# MetalJetを用いたX線顕微鏡

X-ray microscopy

## Ga による優れた Si/Cu コントラスト



X線顕微鏡の概念図

Zeiss Xradia Ultraに搭載されたMetalJet D2+

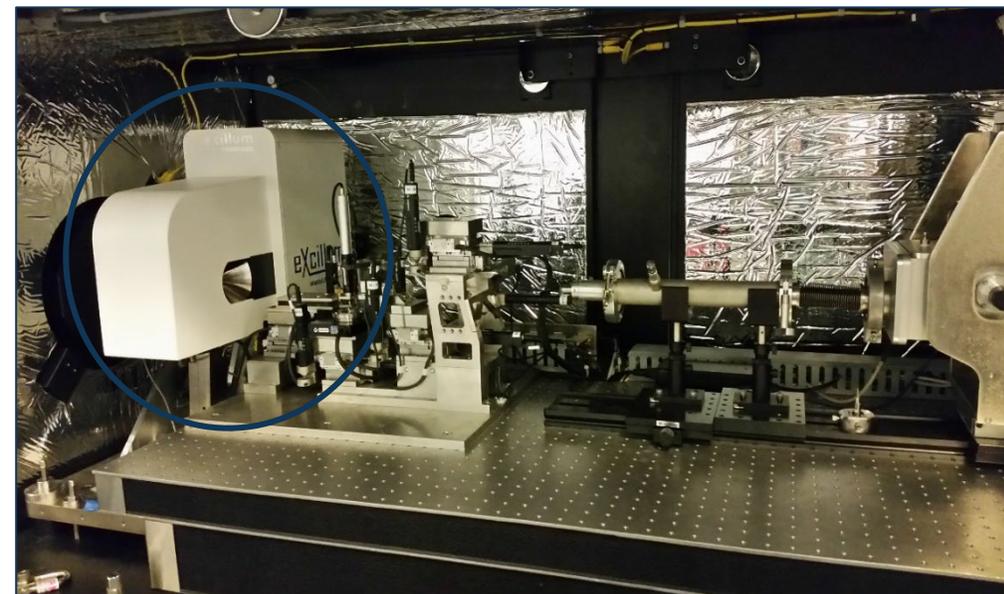
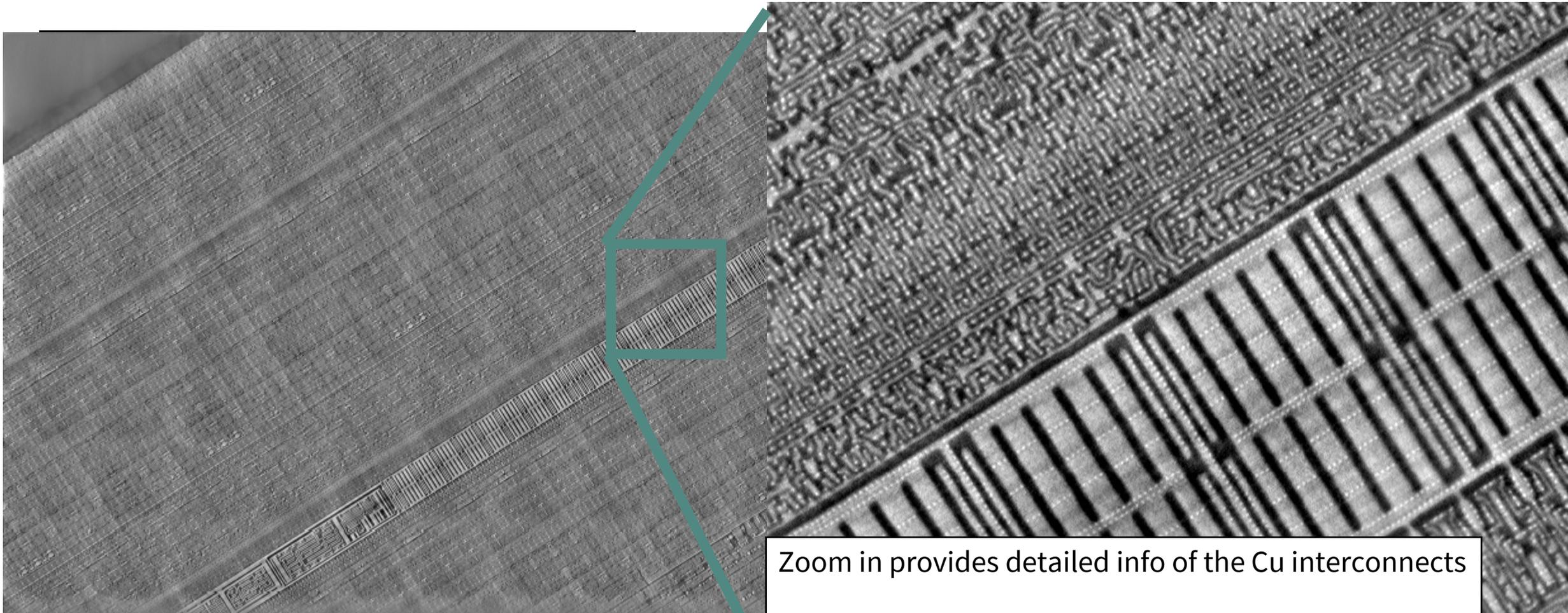


Image courtesy of Carsten Gundlach of Imaging at DTU, Denmark

# X線CTによる90 nm ノード Cu配線の観察

(18x7 stitched overlapping tomographies)



Xray micrograph of one of the reconstructed layers

**XRM2018 M. Sutherland (DMEA) et al.**

Zoom in provides detailed info of the Cu interconnects

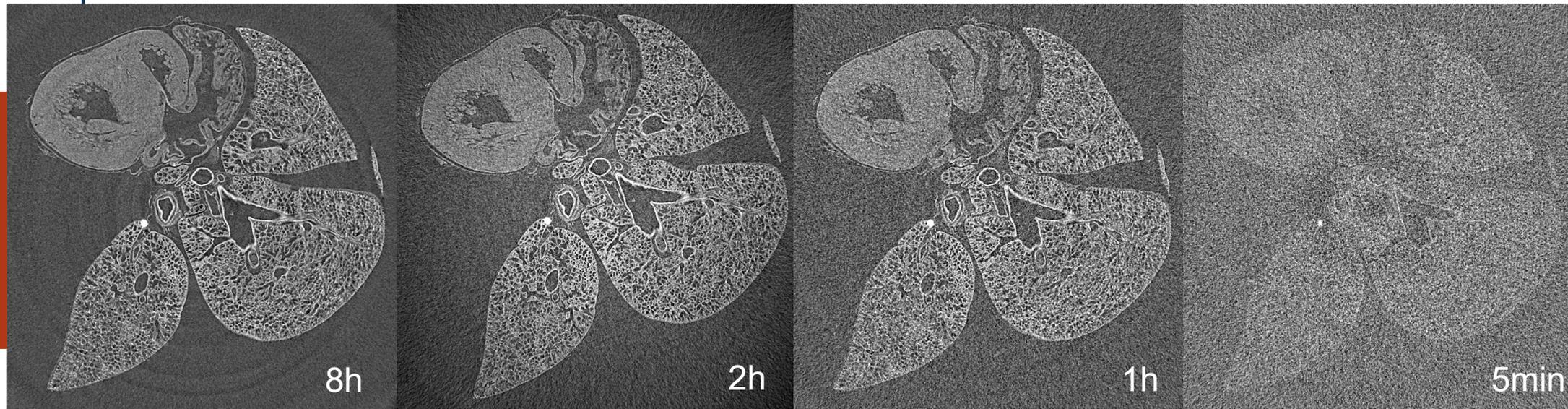
Note that Xray tomography provides 3D information on all layers. This illustrates a 2D representation of one layer

# バイオメディカル 位相コントラスト マイクロ-CT

Bio-medical phase contrast micro-CT



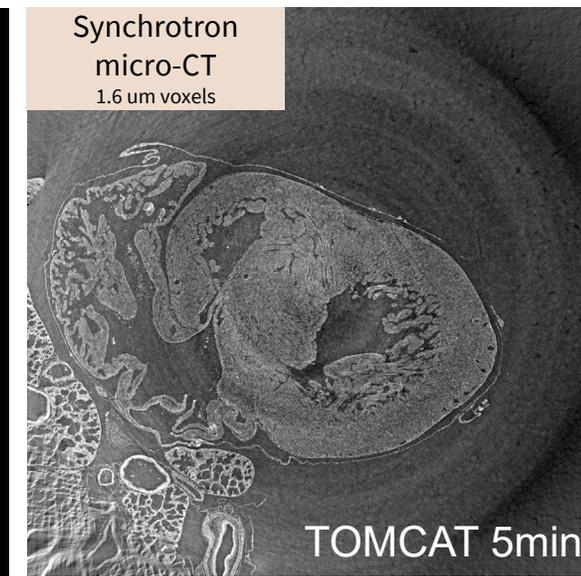
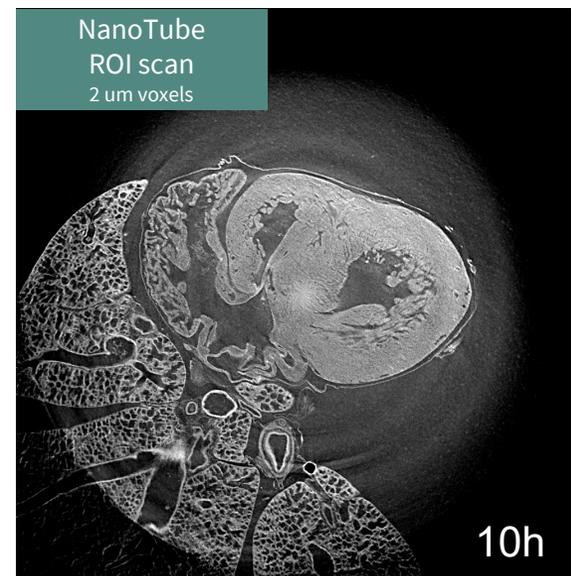
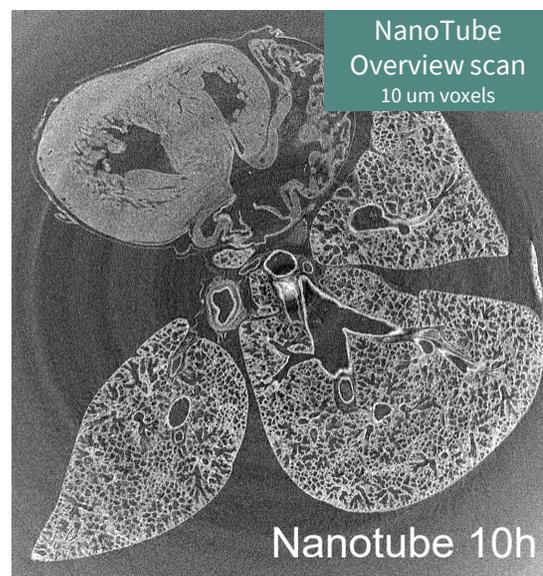
MetalJet  
micro-CT  
(Exciscope)  
2.6  $\mu\text{m}$  voxels



Sample courtesy:  
Karin Tran-Lundmark, Lund University, Skåne  
University Hospital  
and Niccolò Peruzzi, Lund University

Micro-CT by Jenny Romell, Exciscope AB  
Nano-CT by Till Dreier, Excillum AB, Lund University  
Synchrotron scans at the TOMCAT beamline (SLS)

Manuscript in preparation



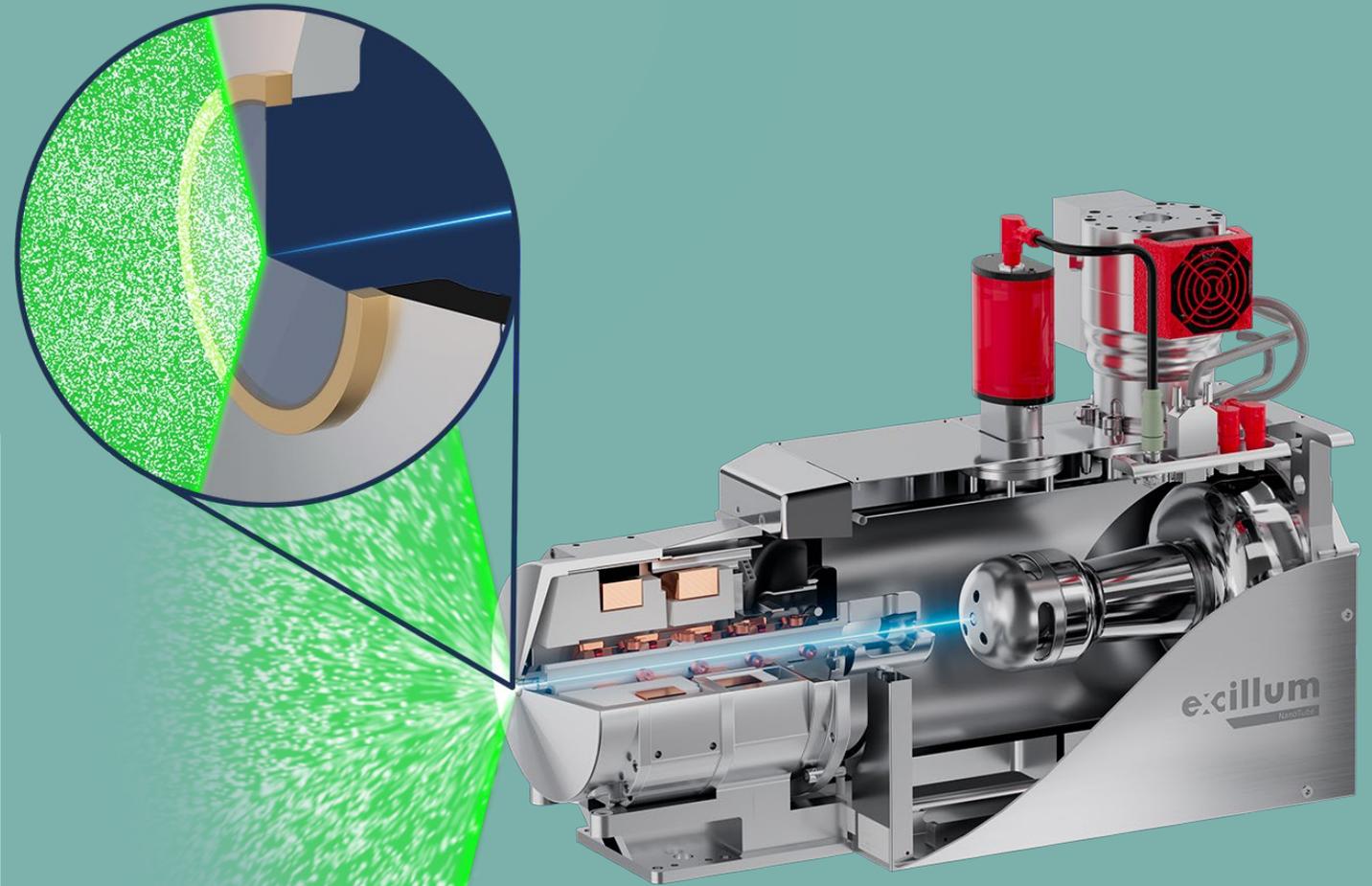
# Excillum NanoTube N3 160 kV

## NanoTube N3

世界最小X線スポットの  
ナノフォーカスX線源

最大 160 kV

24時間365日稼働

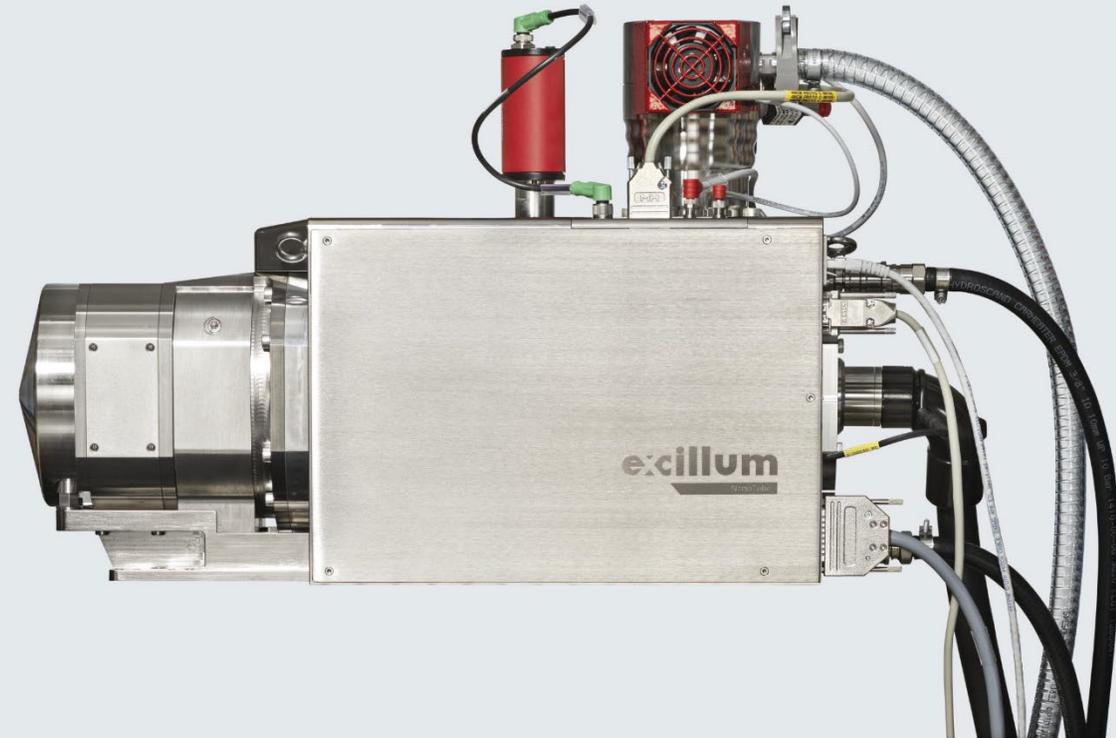


# Excillum NanoTube N3の特徴

世界最小のX線ナノフォーカス

- 優れたスポット安定性と品質
- 高いX線フラックス
- 微小且つ真円のスポット
- 時間経過による性能低下無し
- 最大5000時間の寿命

これにより、  
最短のスキャン時間で、  
最高の画像解像度を実現します。

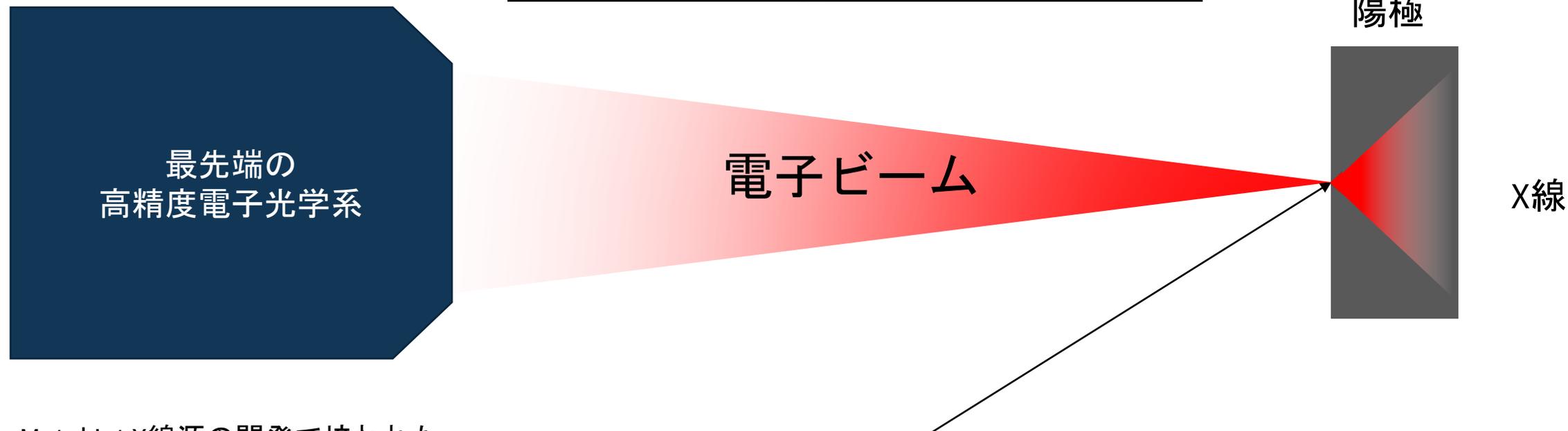


# NanoTubeテクノロジー

どのようにして300 nmのX線スポットサイズを実現しているのか

How to achieve 300 nm X-ray spot size

~300 nmのX線スポットサイズ



MetalJet X線源の開発で培われた、最先端の高精度電子光学系を用いることにより、電子ビームの陽極上の照射位置を高精度でコントロール可能

バルクW陽極上に、微小焦点の電子ビームを照射  
問題点

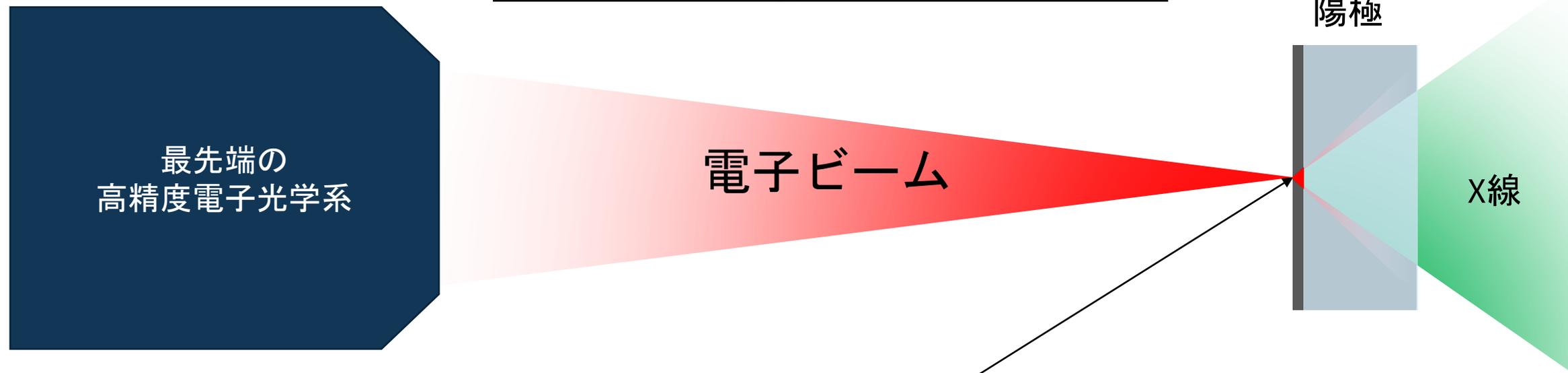
- バルク陽極内での電子拡散によりX線スポットが大きくなってしまう。
- 熱による陽極の損傷

# NanoTubeテクノロジー

どのようにして300 nmのX線スポットサイズを実現しているのか

How to achieve 300 nm X-ray spot size

~300 nmのX線スポットサイズ



MetalJet X線源の開発で培われた、最先端の高精度電子光学系を用いることにより、電子ビームの陽極上の照射位置を高精度でコントロール可能

ダイヤモンド上にW薄膜をパターン形成し陽極として使用  
利点

- 電子拡散を防ぎ、微小X線スポットサイズを可能にする
- ダイヤモンドの高い熱伝導率により、W陽極のダメージを抑制する

# NanoTube N3 は3種類の仕様から選択頂けます

Source specifications

最大印加電圧/電力で選択可能



## NanoTube N3 60 kV

管電圧	40-60 kV
最小分解能	150 nm
ターゲット最大印加電力	2.4 W → <b>3.6 W</b>



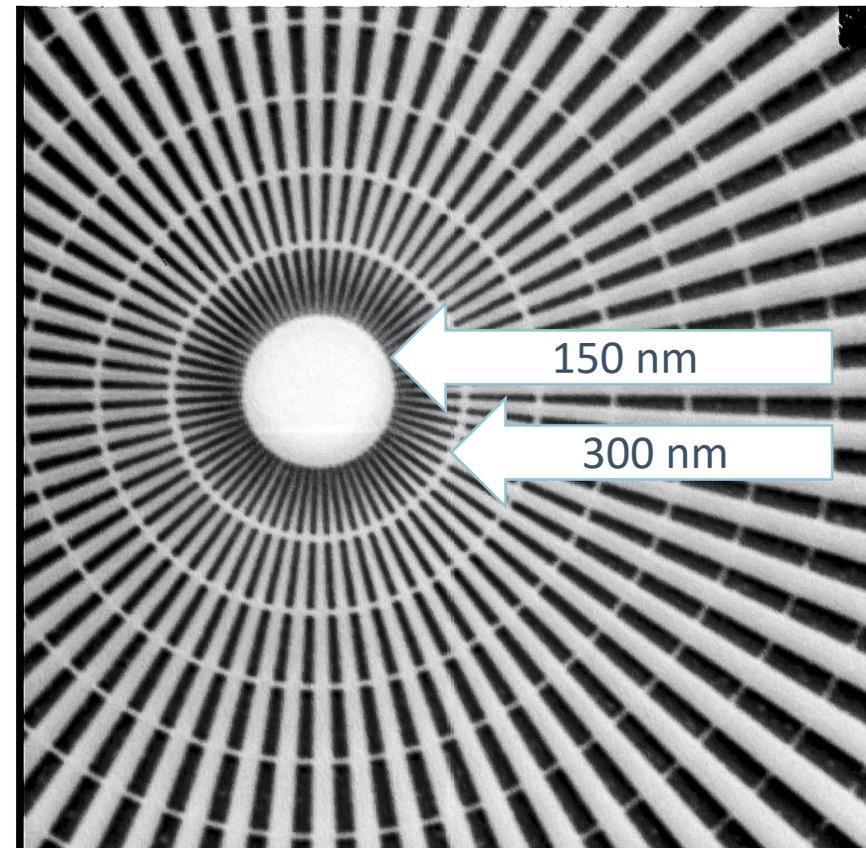
## NanoTube N3 110 kV

管電圧	40-110 kV
最小分解能	150 nm
ターゲット最大印加電力	6.1 W → <b>9.2 W</b>



## NanoTube N3 160 kV

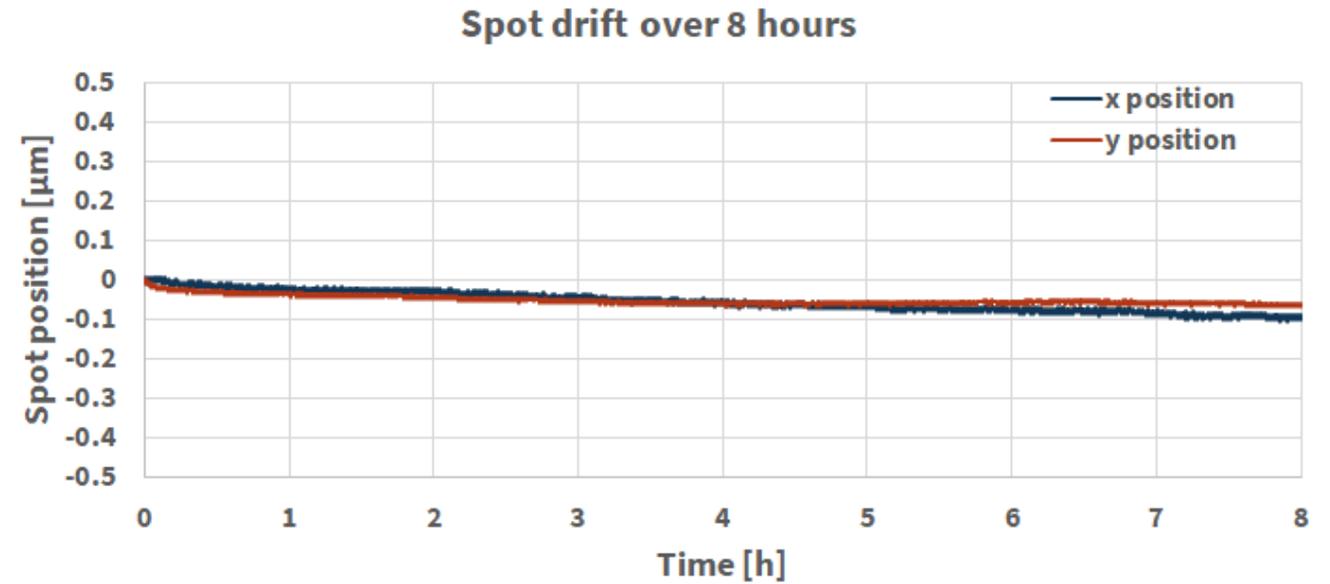
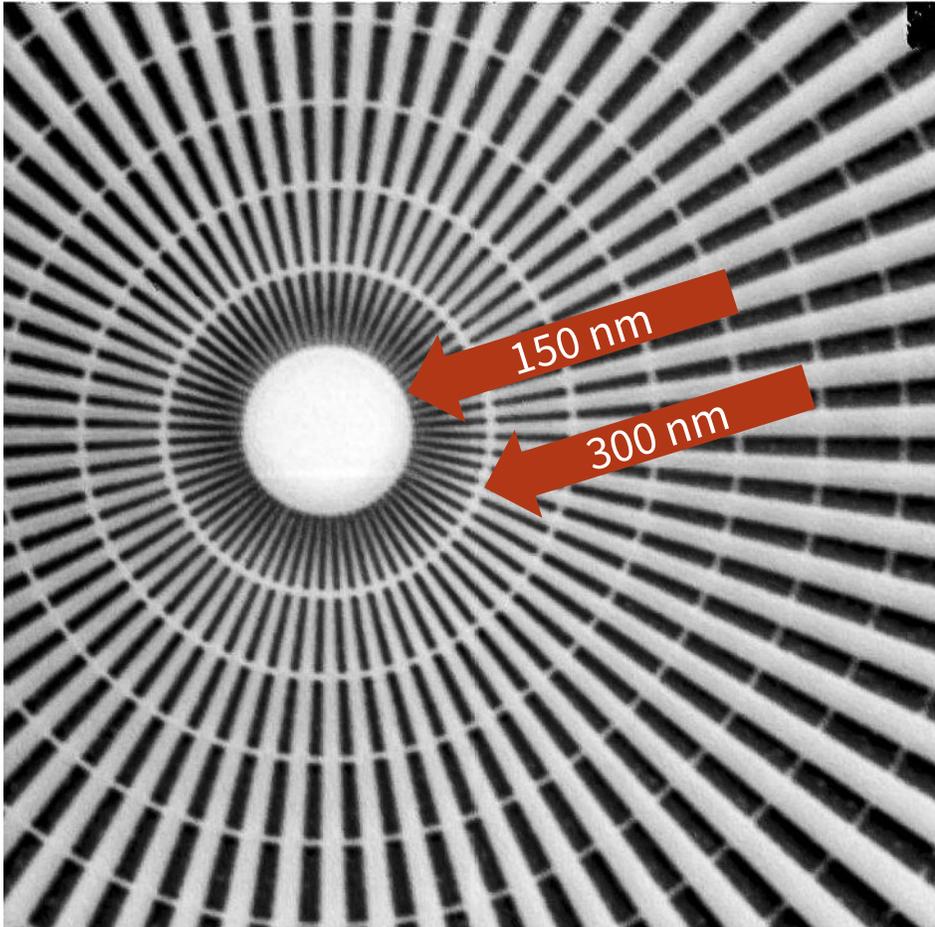
管電圧	40-160 kV
最小分解能	150 nm
ターゲット最大印加電力	11 W → <b>16.6 W</b>



最小分解能は全て**150nm**

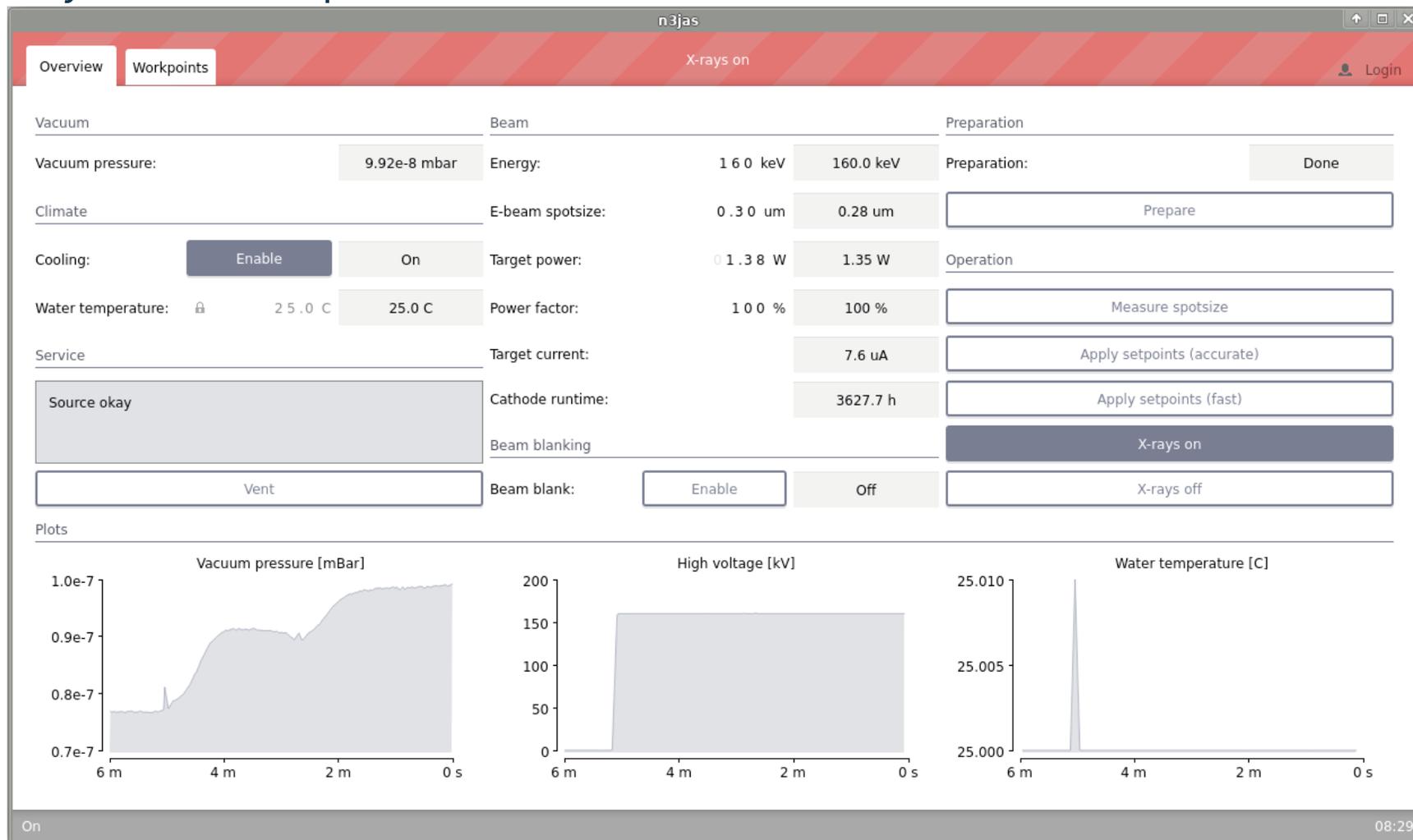
# 究極の解像度と優れた安定性

Highest resolution and stability



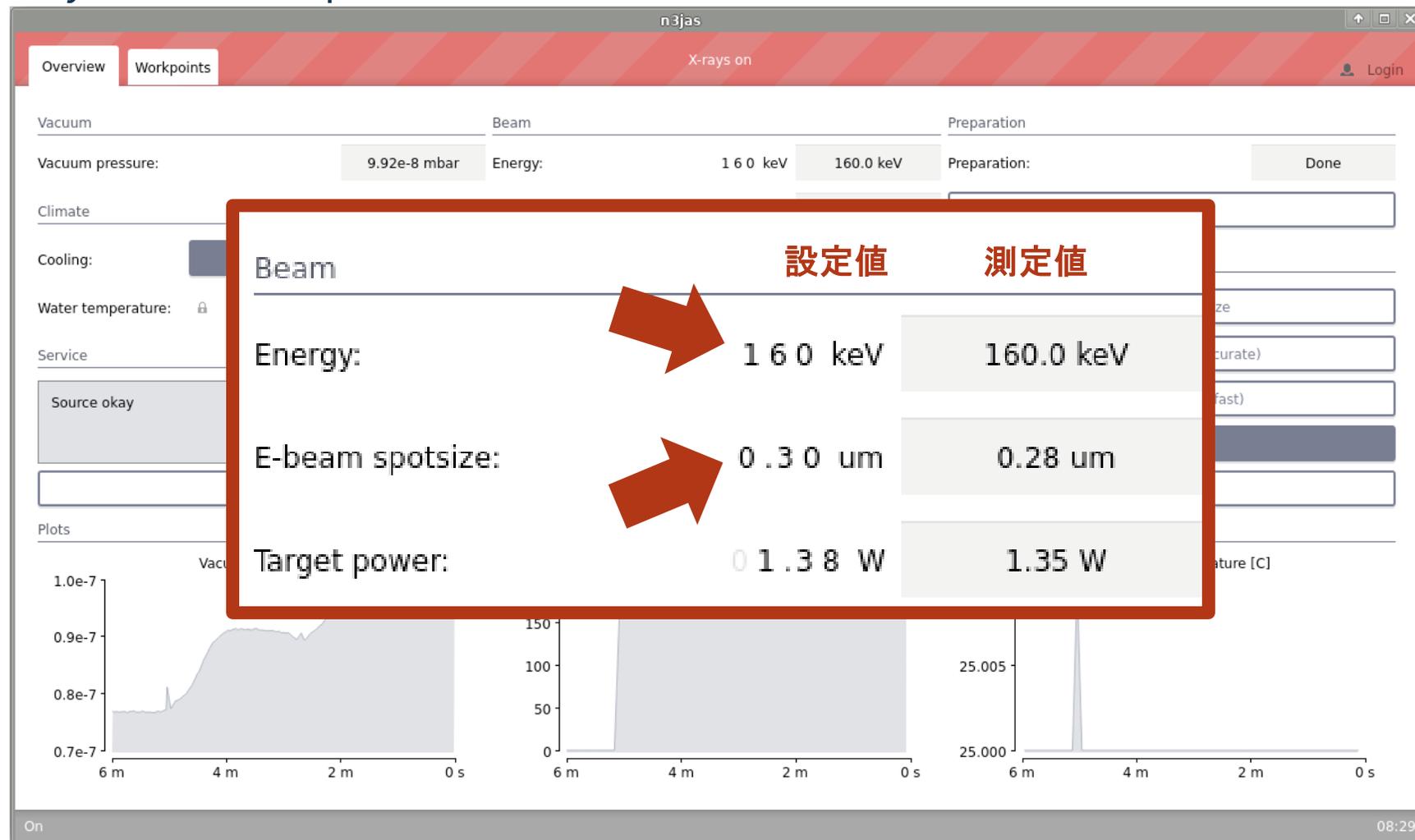
# 完全に自動化されたスポットサイズキャリブレーション

Fully automated spot size calibration



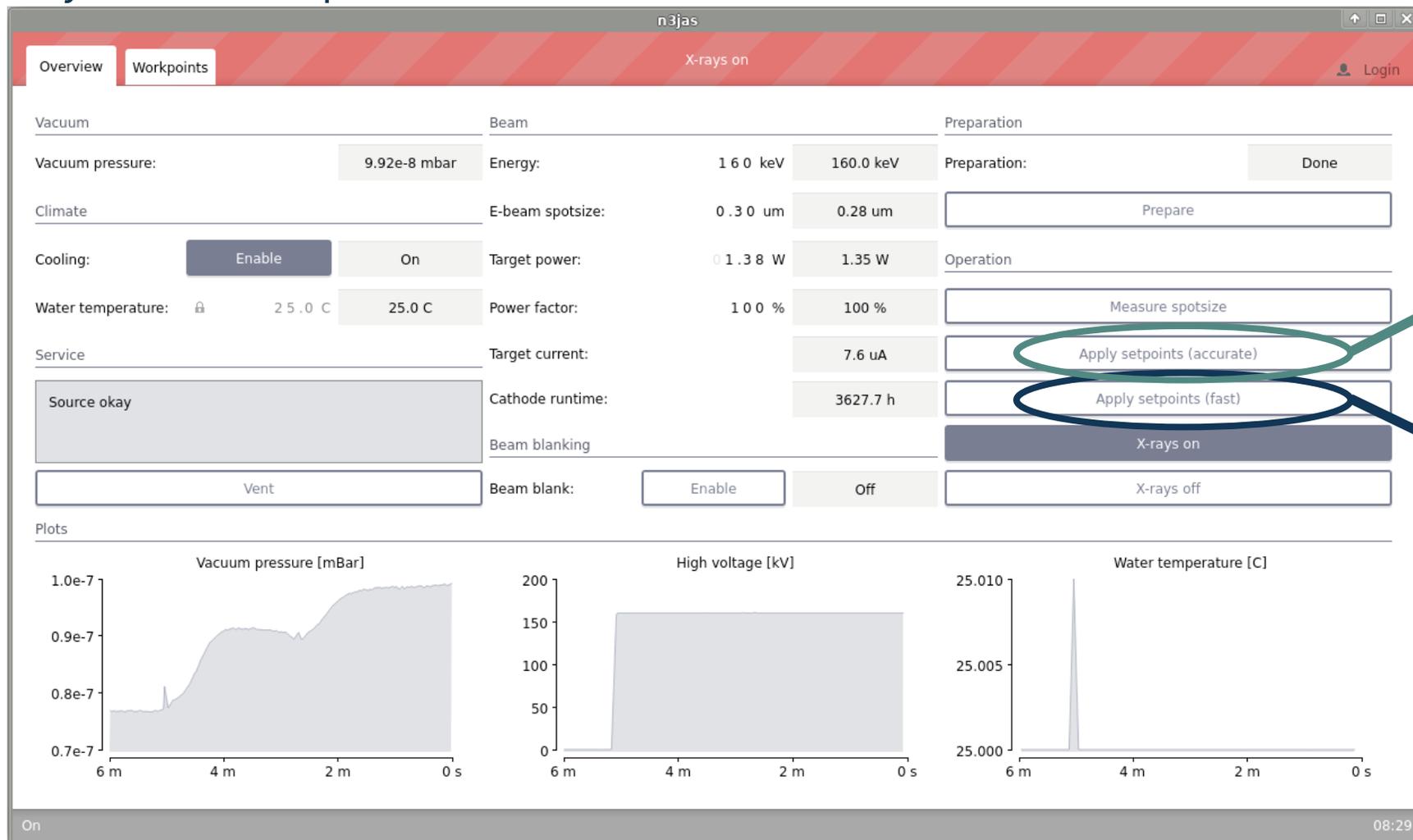
# 完全に自動化されたスポットサイズキャリブレーション

Fully automated spot size calibration



# 完全に自動化されたスポットサイズキャリブレーション

Fully automated spot size calibration



高精度フォーカス:

- スポットサイズ精度を優先
- 内部測定値を使用

高速フォーカス:

- パワー精度を優先
- パラメータの高速変更

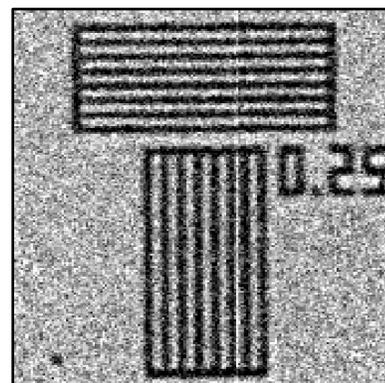
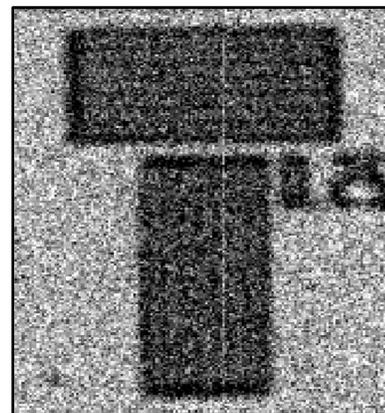
# 完全に自動化されたスポットサイズキャリブレーション

Fully automated spot size calibration

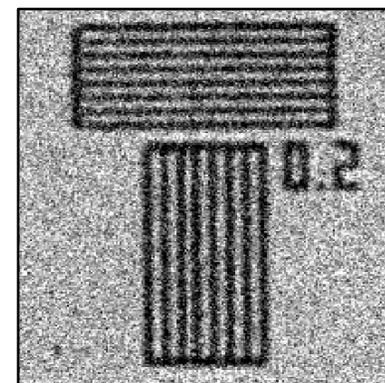
Beam	設定値	測定値
Energy:	160 keV	160.0 keV
E-beam spotsize:	0.60 $\mu\text{m}$	0.60 $\mu\text{m}$
Target power:	06.93 W	6.73 W

Beam	設定値	測定値
Energy:	160 keV	160.0 keV
E-beam spotsize:	0.30 $\mu\text{m}$	0.28 $\mu\text{m}$
Target power:	01.38 W	1.35 W

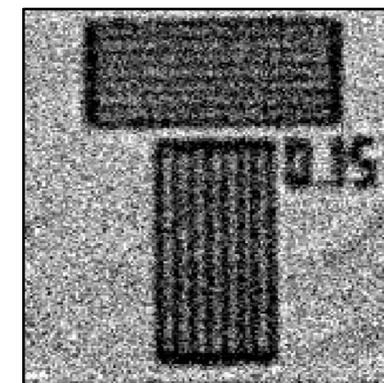
250 nm



250 nm



200 nm



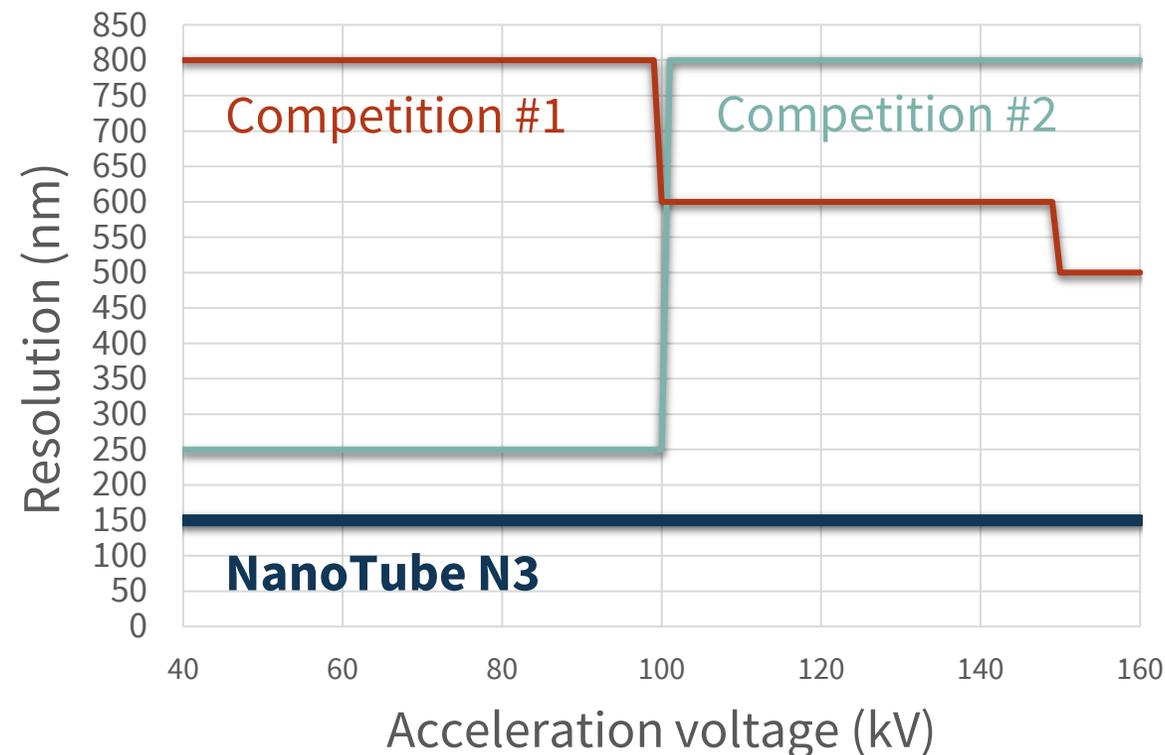
150 nm

# 適正解像度と印加電力がいつでも設定可能

Highest resolution over full parameter range

- NanoTube N3は、全ての印加電圧範囲で150nmの最小解像度を達成することができます
- 解像度と印加電圧により決まる印加電力は同一カソードに対して一定となります

## Minimum resolution

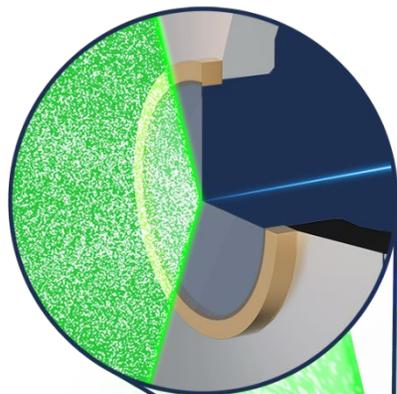


# メンテナンスが最小限の開放型X線管！

Long lifetime and minimal maintenance

ダイヤモンドの透過ターゲットは、寿命5年以上です。

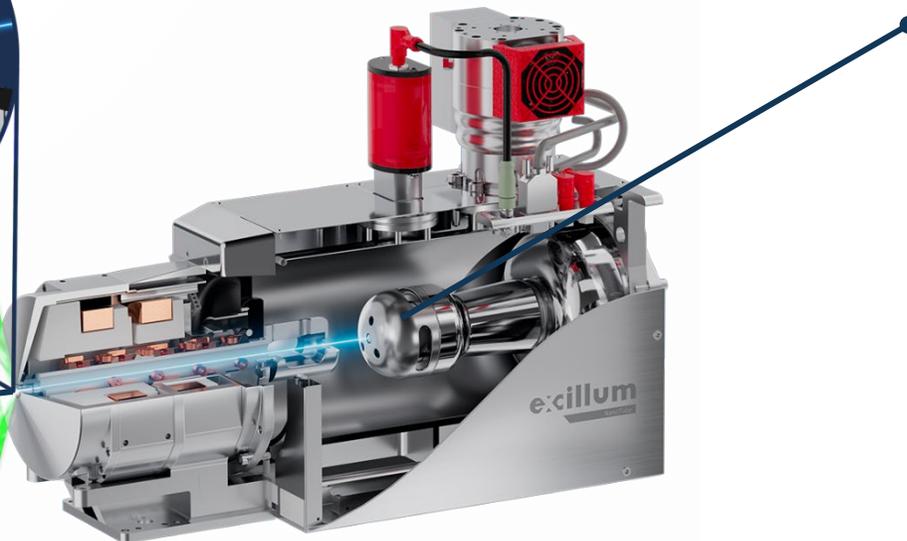
カソードの全寿命にわたり、X線管の性能は一定です。



平均寿命が2500時間以上のカソード

>5000時間 (>0.5 μm 分解能および>100 kV で動作する場合)

カソード交換時、現場でのダウンタイムは4時間未満

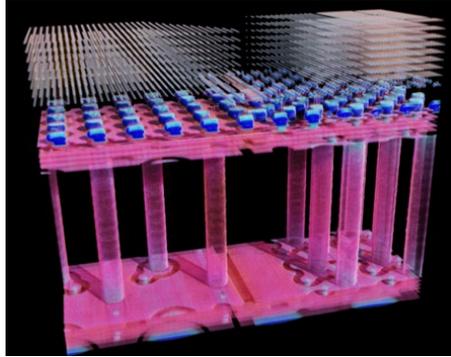


- 200時間ごとの自動キャリブレーションを推奨しています。
- カソード交換時まで、その他のメンテナンスは必要ありません。

# NanoTube N3 Applications

# 鮮明なX線画像への挑戦

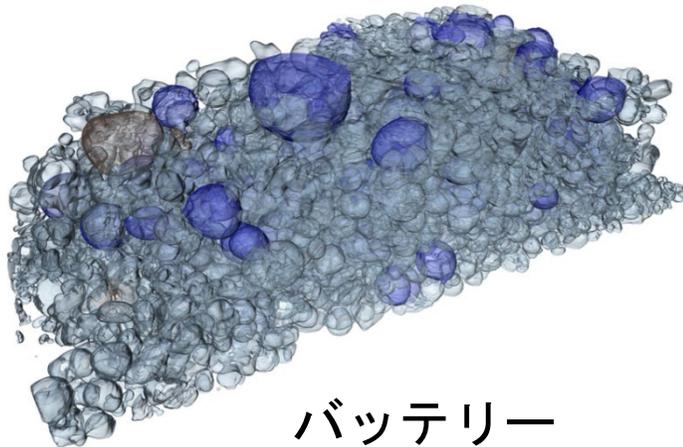
The challenge of crystal clear images



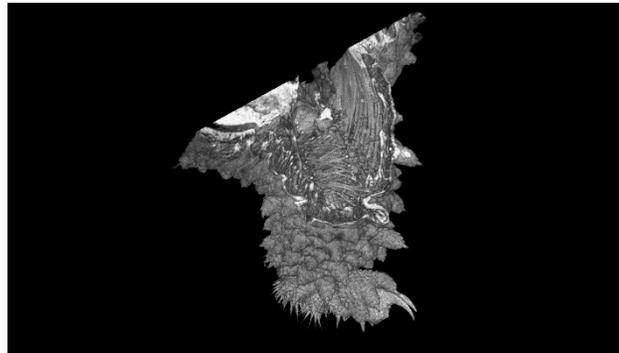
半導体



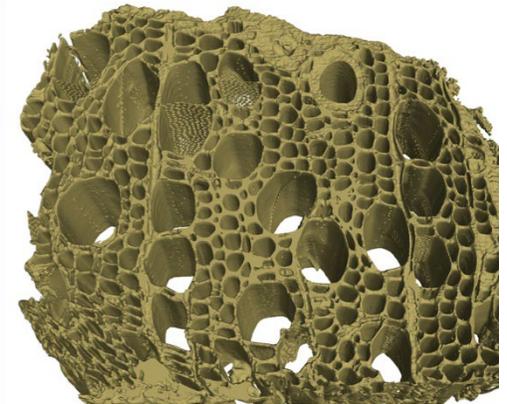
電子部品



バッテリー

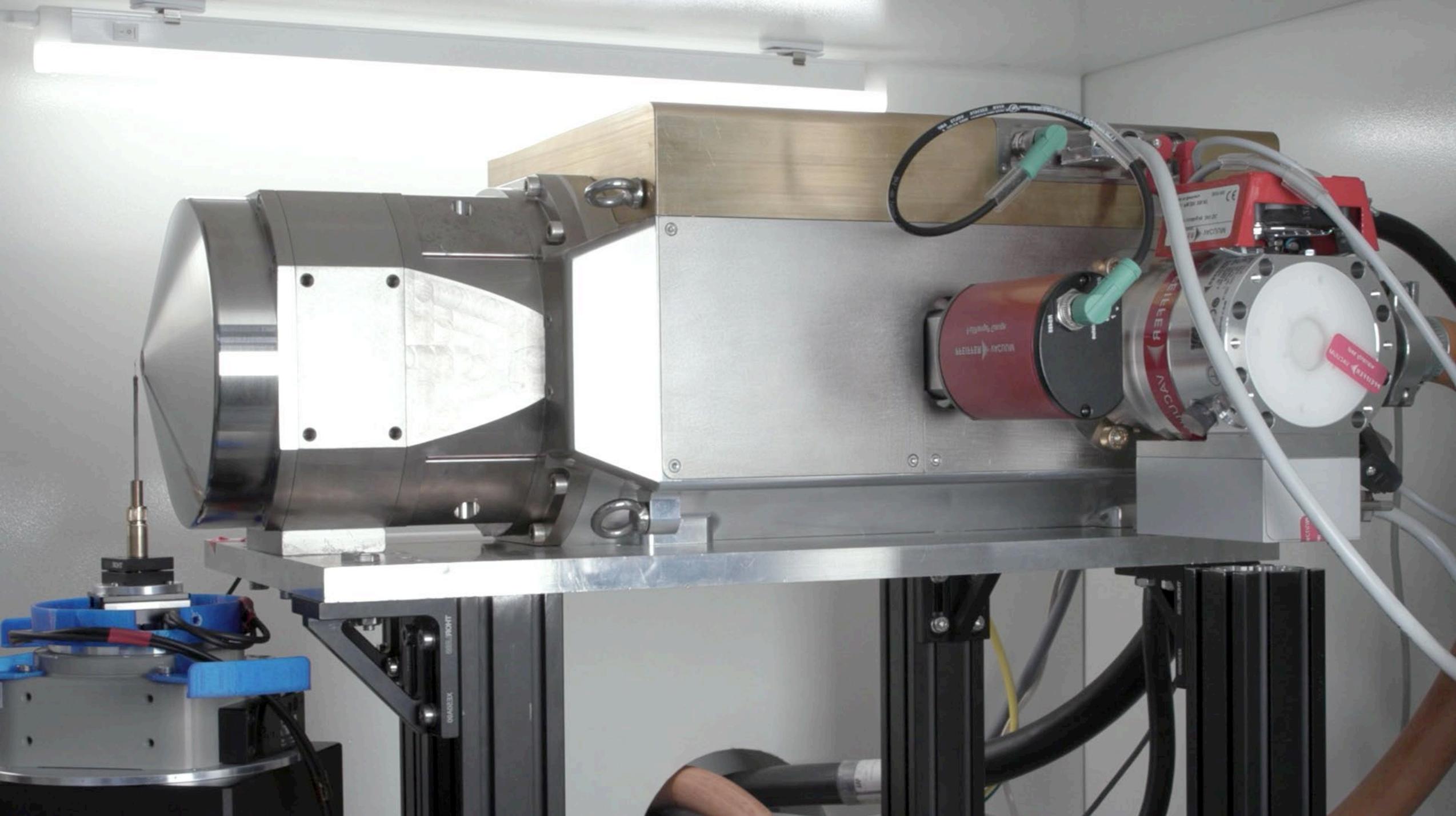


ライフサイエンス



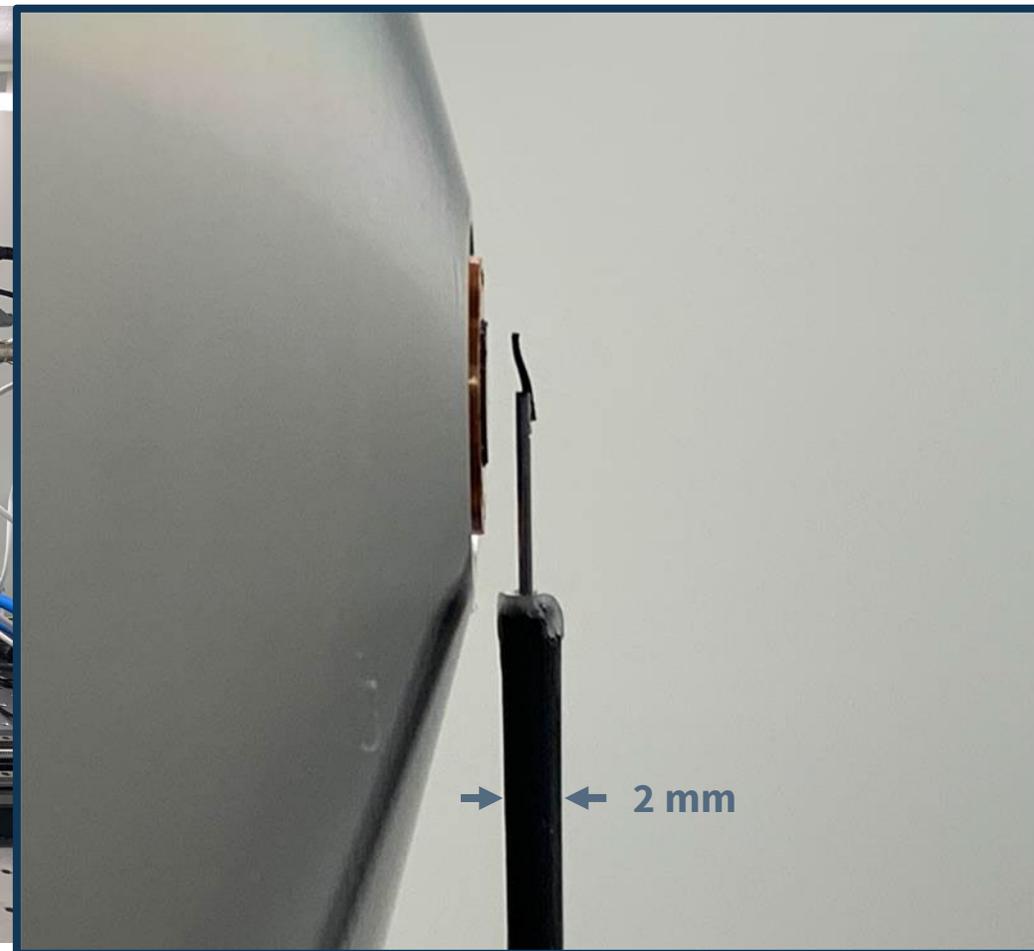
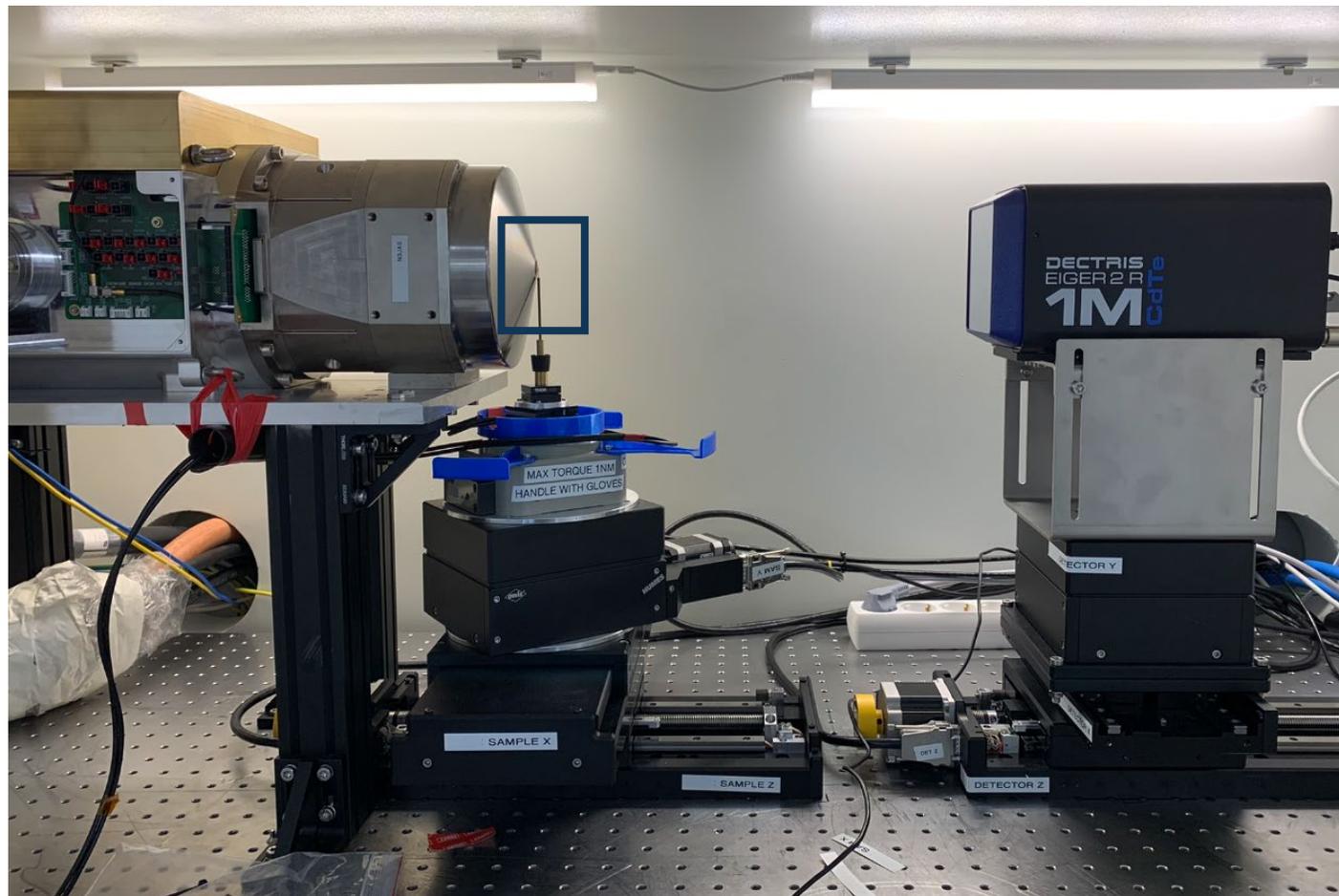
材料科学

アディティブマニュファクチャリング



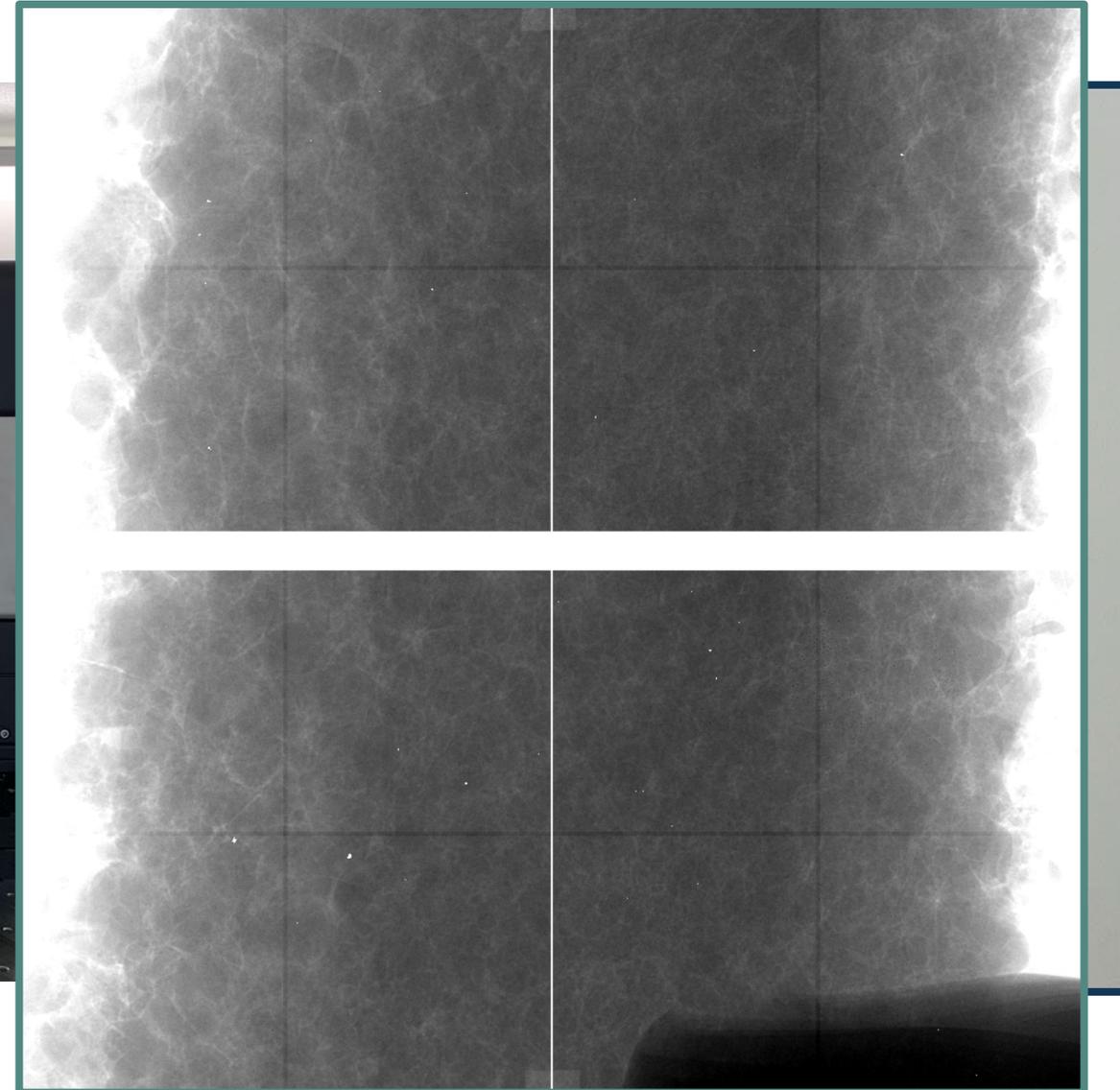
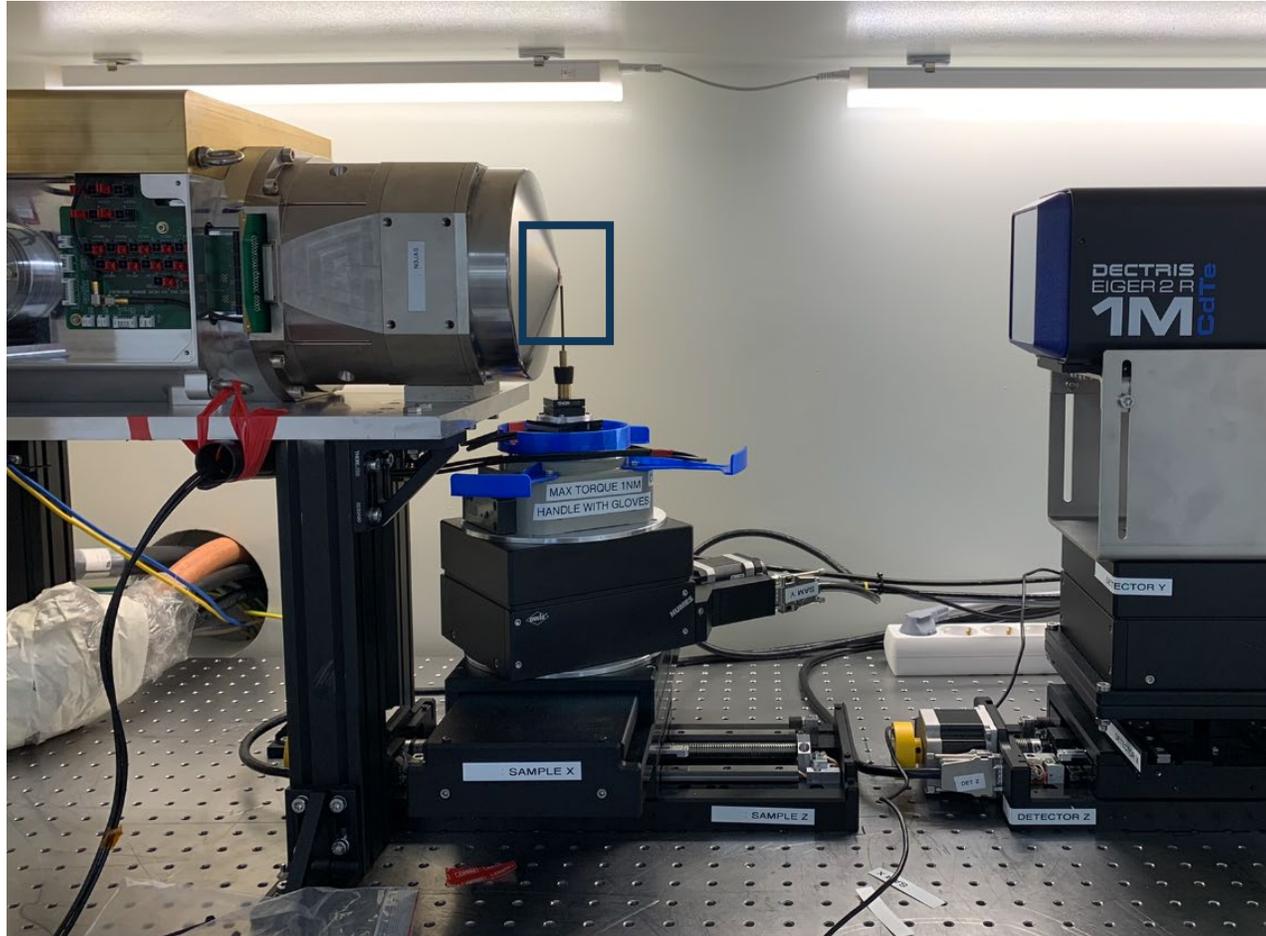
# バッテリー陰極層のNano-CT

Battery cathode nano-CT



# バッテリー陰極層のNano-CT

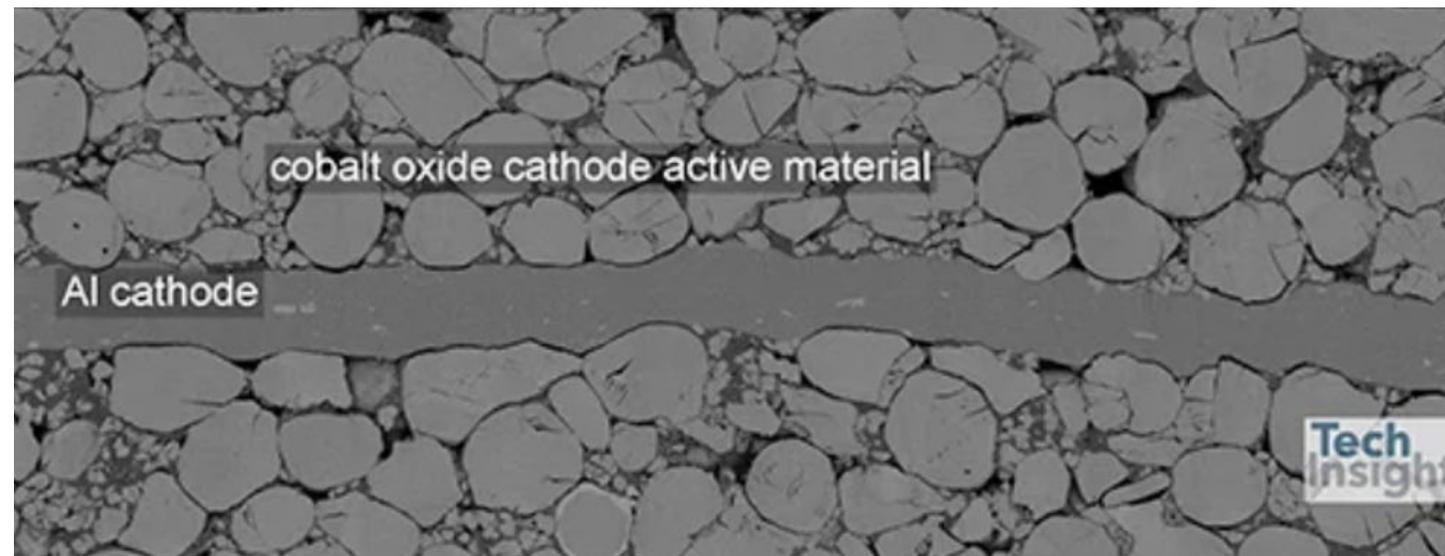
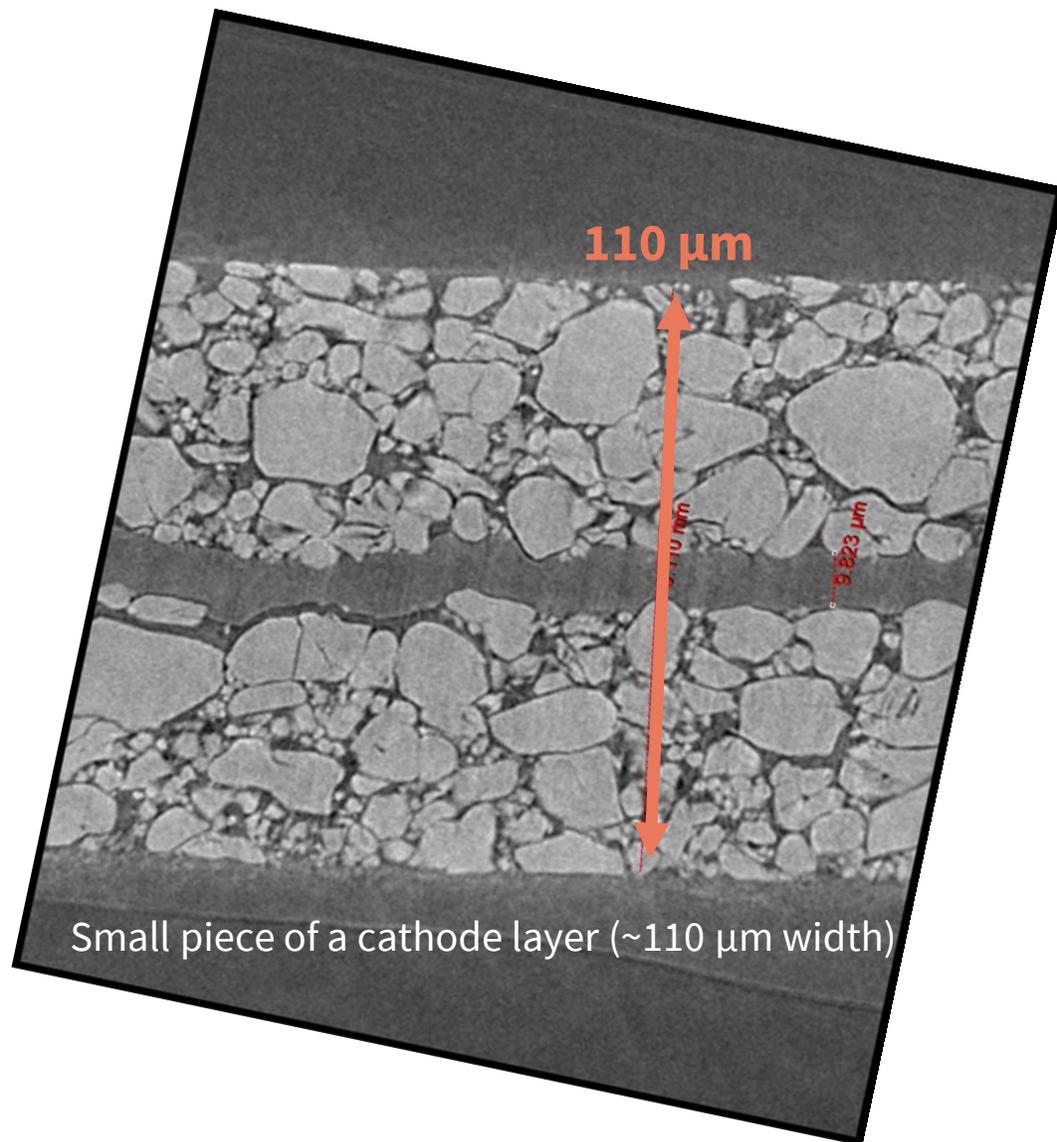
Battery cathode nano-CT



# バッテリー陰極層のNano-CT

Battery cathode nano-CT

- 80 kV, 500 nm spot size, 1.8 W on target
- 5 seconds x 6000 projections = 8.33 hours scan time
- Source-Sample  $\approx$  1.6 mm.
- Source-Detector = 341 mm
- $M = 213$
- Effective pixel size = 350 nm

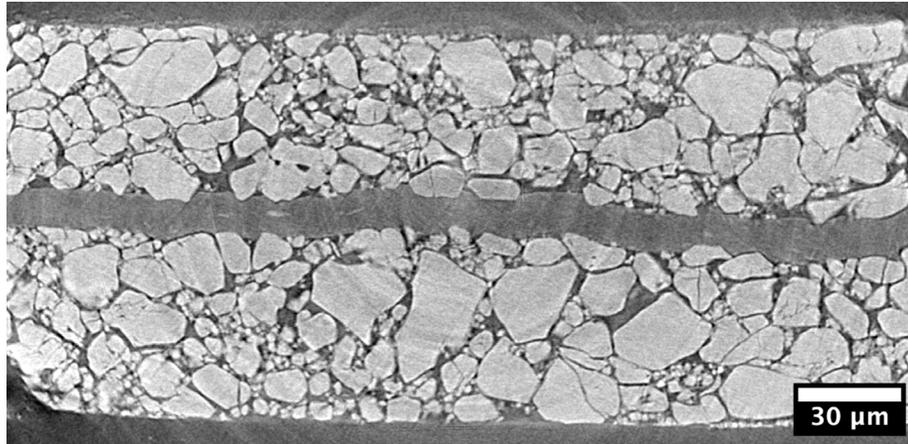


Electron-Microscopy image of an Aluminium cathode with 2 active layers.

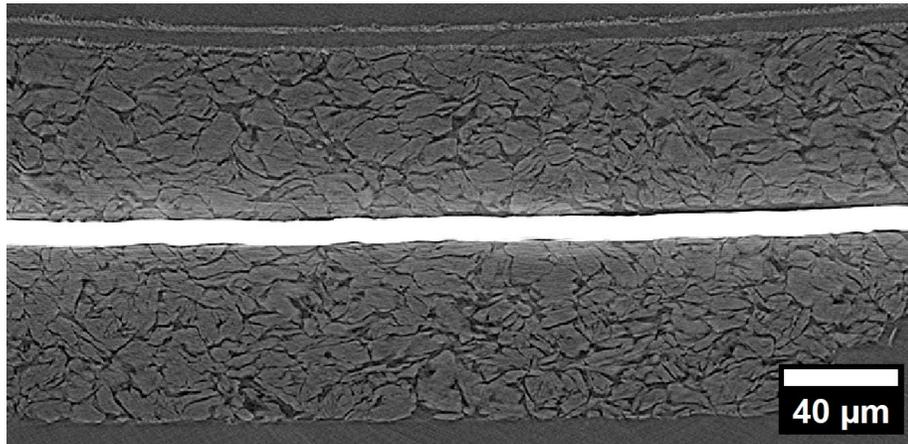
Image copyright – Tech Insights: <https://www.techinsights.com>

# 陽極層、陰極層のイメージング

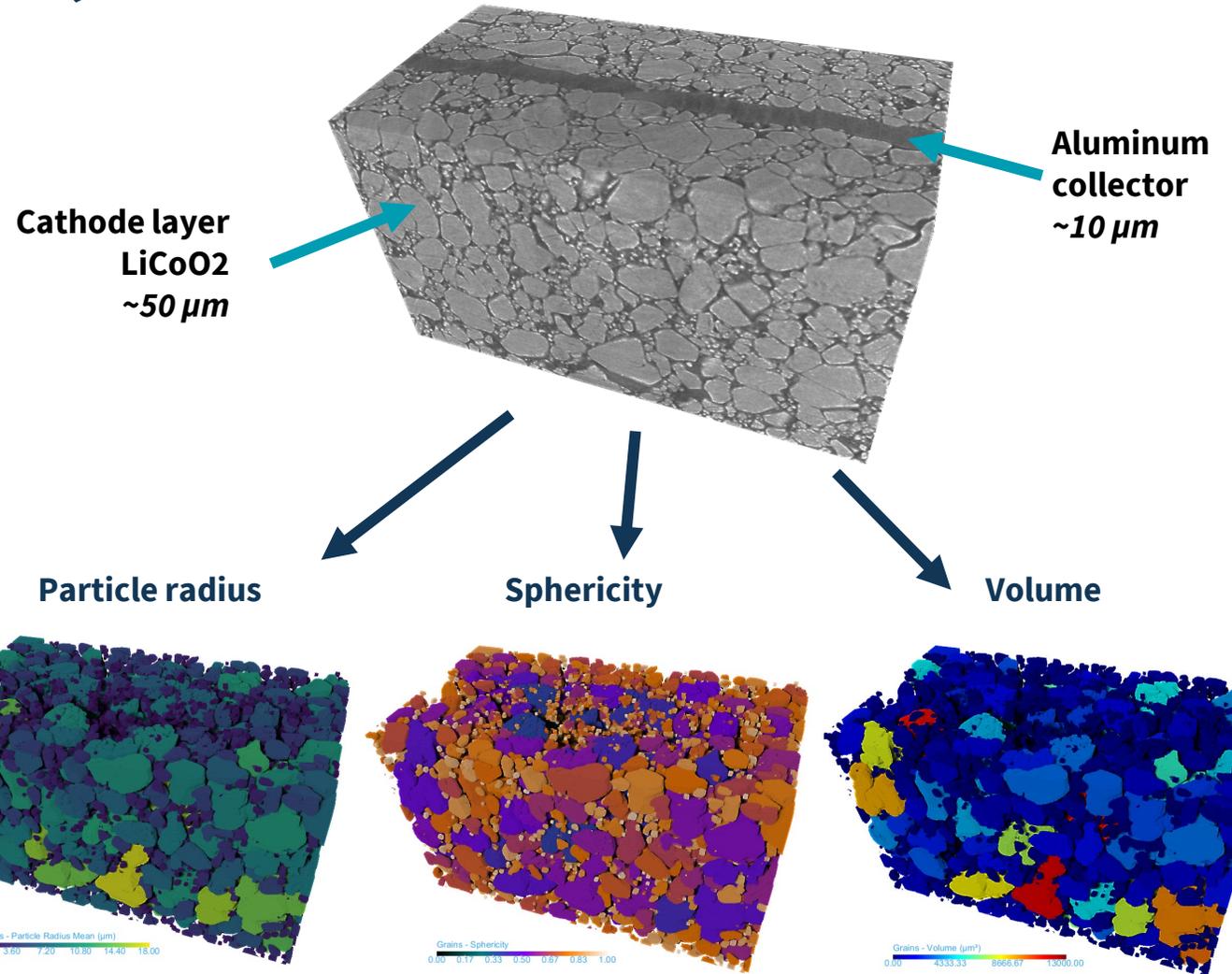
Imaging of anode and cathode layers



Battery cathode - mostly Cobalt (50  $\mu\text{m}$  per side) with an Aluminium collector in the middle (10  $\mu\text{m}$ ).



Battery anode - mostly Graphite (50  $\mu\text{m}$  per side) with a Copper collector in the middle (10  $\mu\text{m}$ ).





# サンプル準備

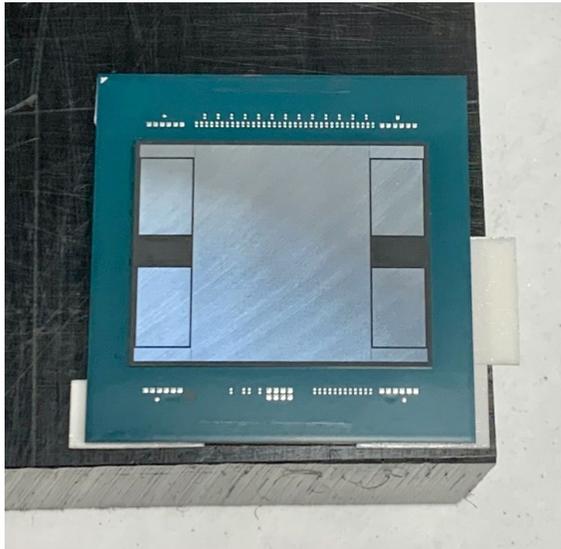
Sample preparation

ナノCT用の小片の切断

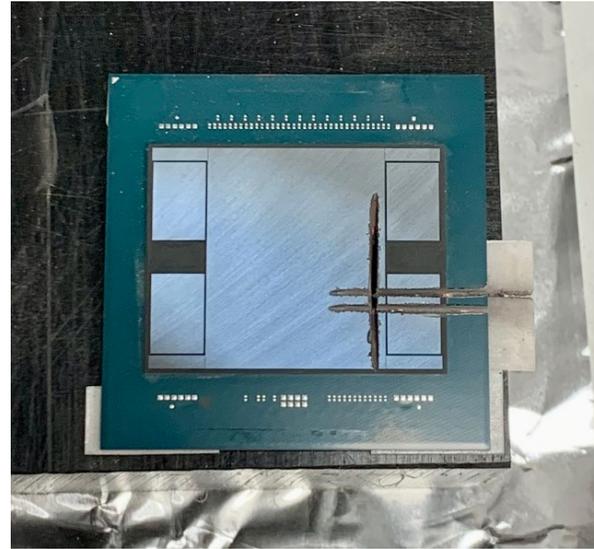
1.5 X 2.95 X 15 mm



Before cutting



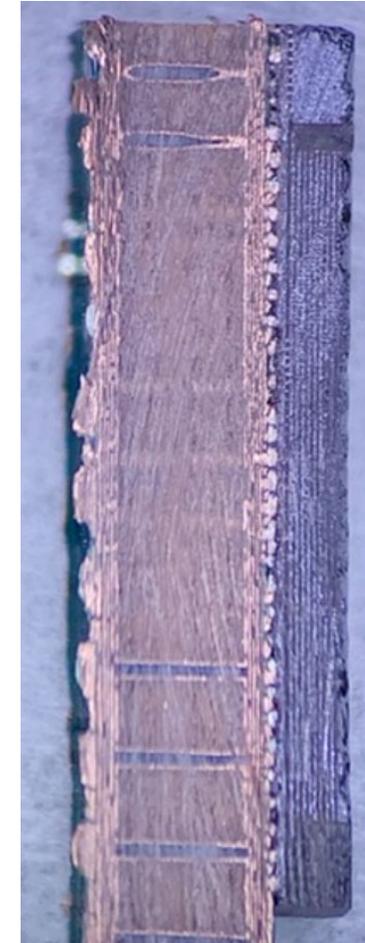
After cutting



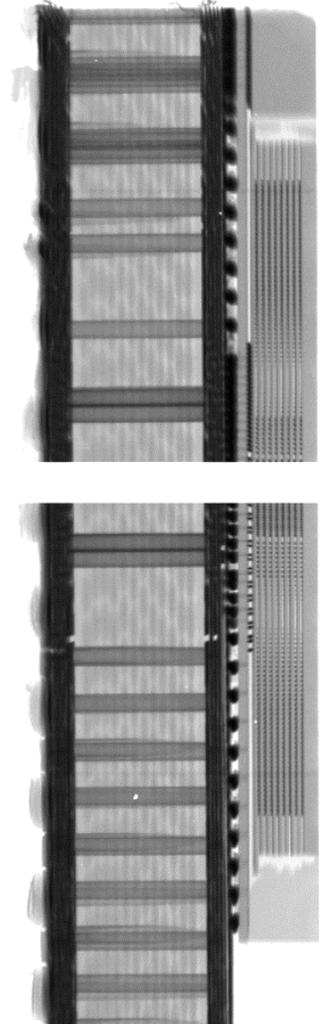
Mounted on sample holder  
(black carbon rod has 2 mm diameter)



Stereo microscope



X-ray overview

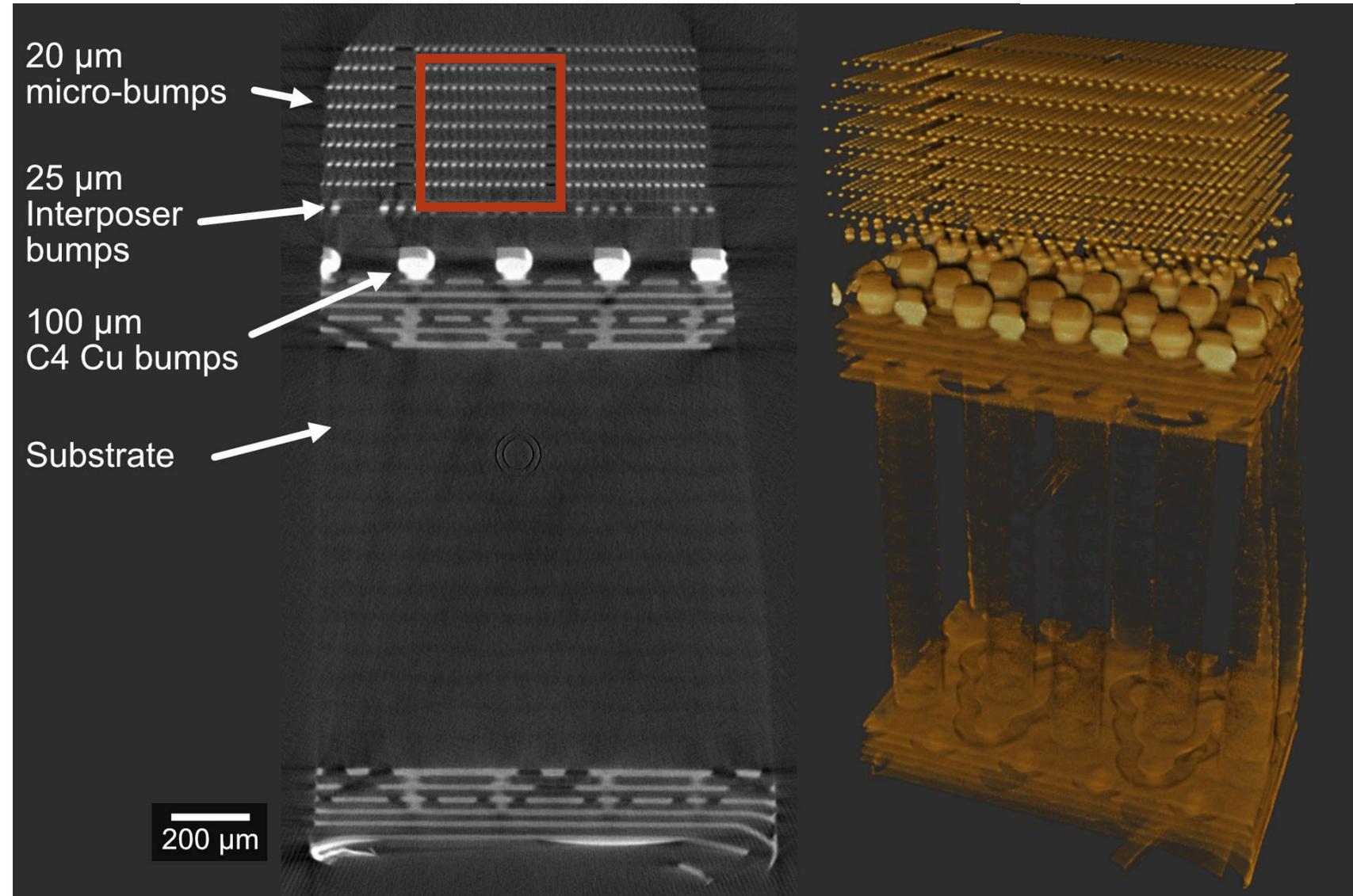


# HBMのイメージング

## Imaging of HBM

- Geometry
  - SOD = 5.8 mm
  - SDD = 444 mm
  - $M = 76.55 \rightarrow p_{eff} = 2.6 \mu\text{m}$
- Source
  - 80 kVp
  - $2 \mu\text{m}$  x-ray spot
- Acquisition
  - 900 projections
  - 33.3 ms exposure
  - 12 deg/s continuous rotation

→ 撮影時間 30 秒!

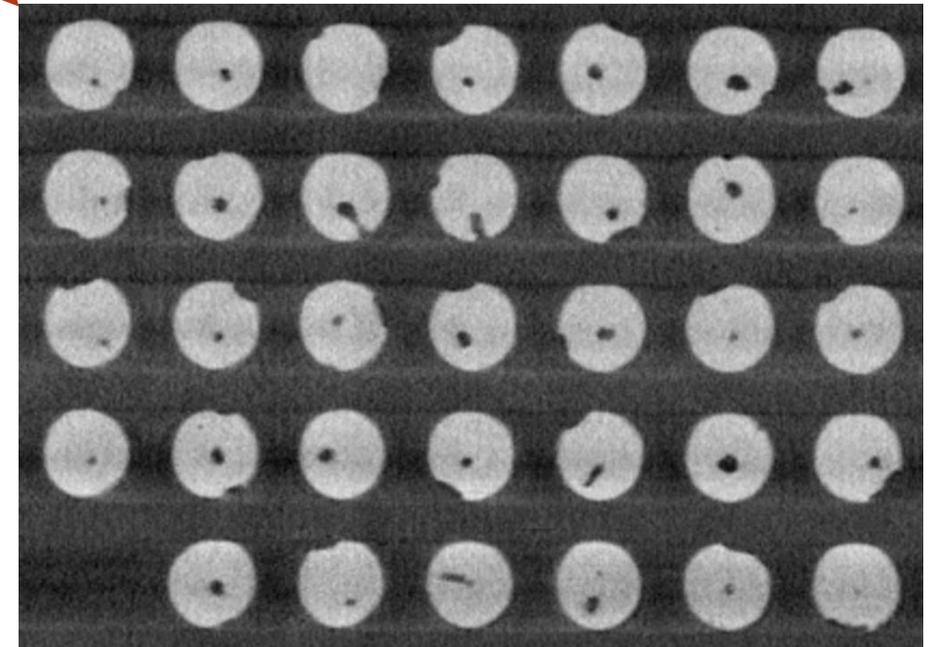
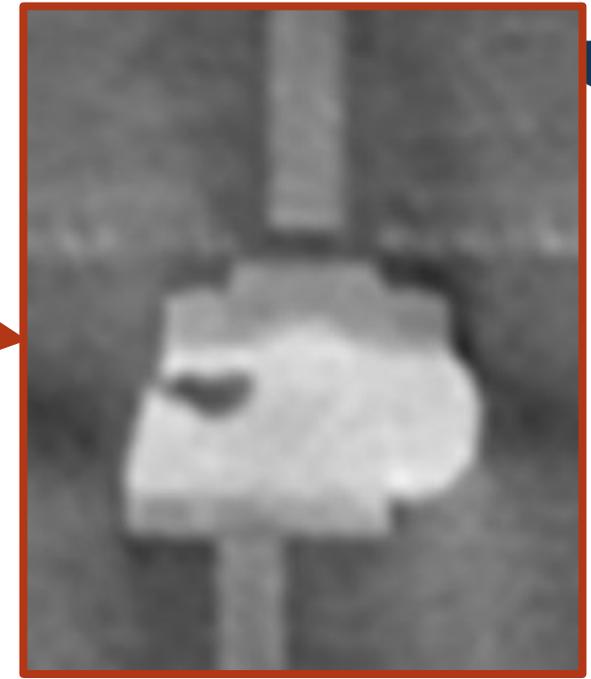
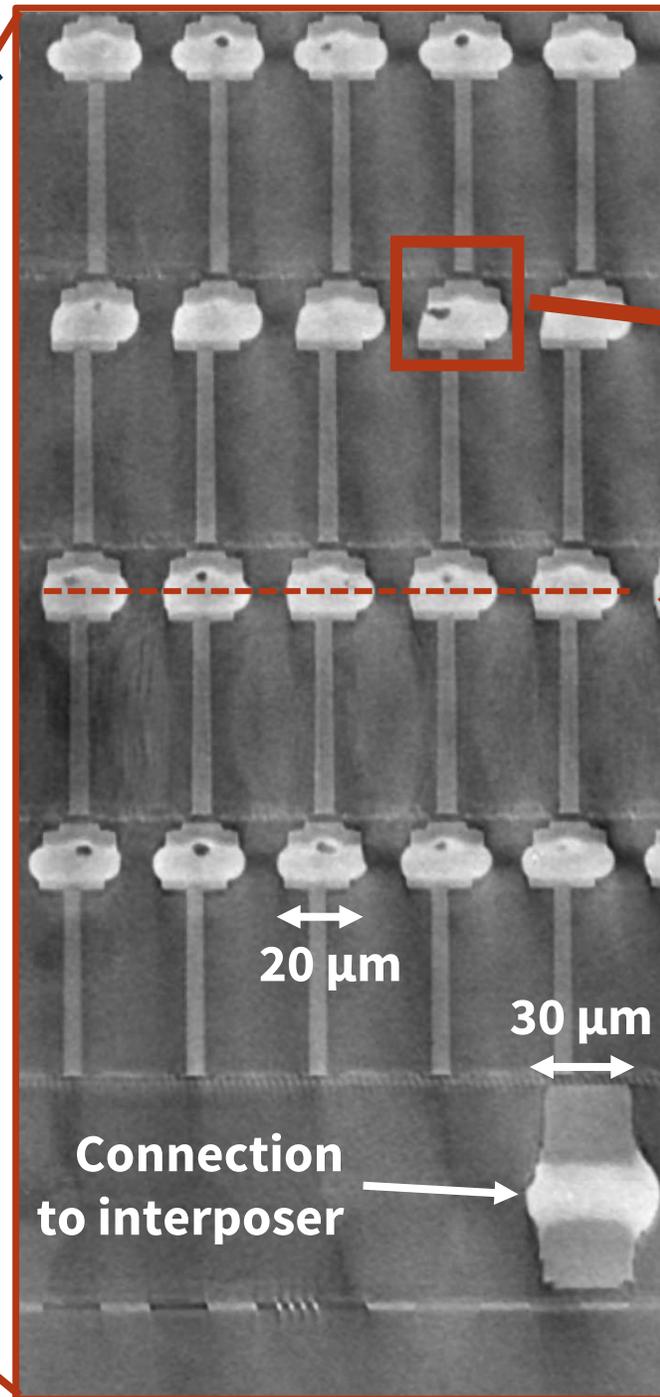
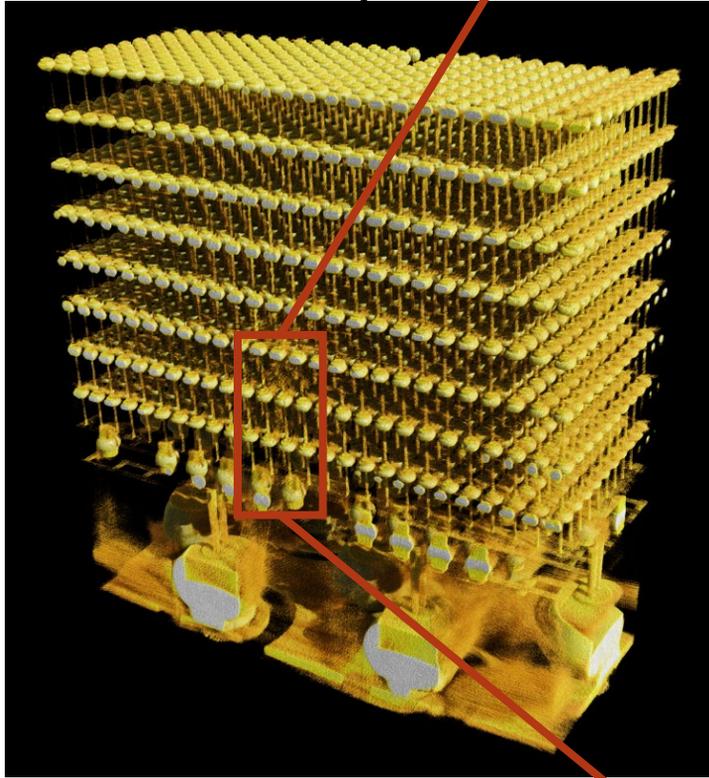


# HBMのイメージング

## Imaging of HBM

### ROI scan

- SOD = 1.9 mm s
- 500 nm X-ray spot
- 4 layers of micro bumps and TSV in the HBM2 memory.

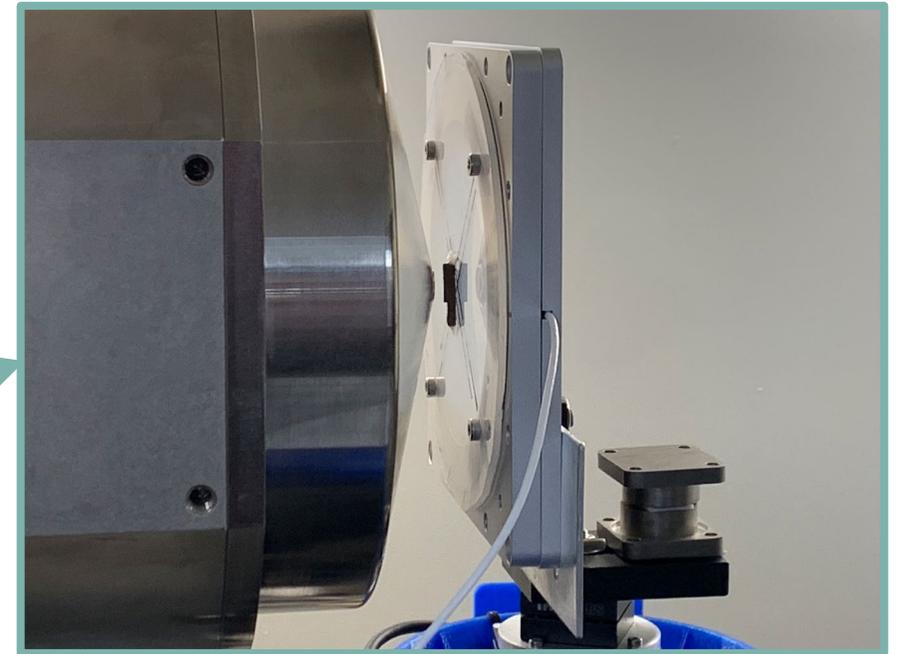
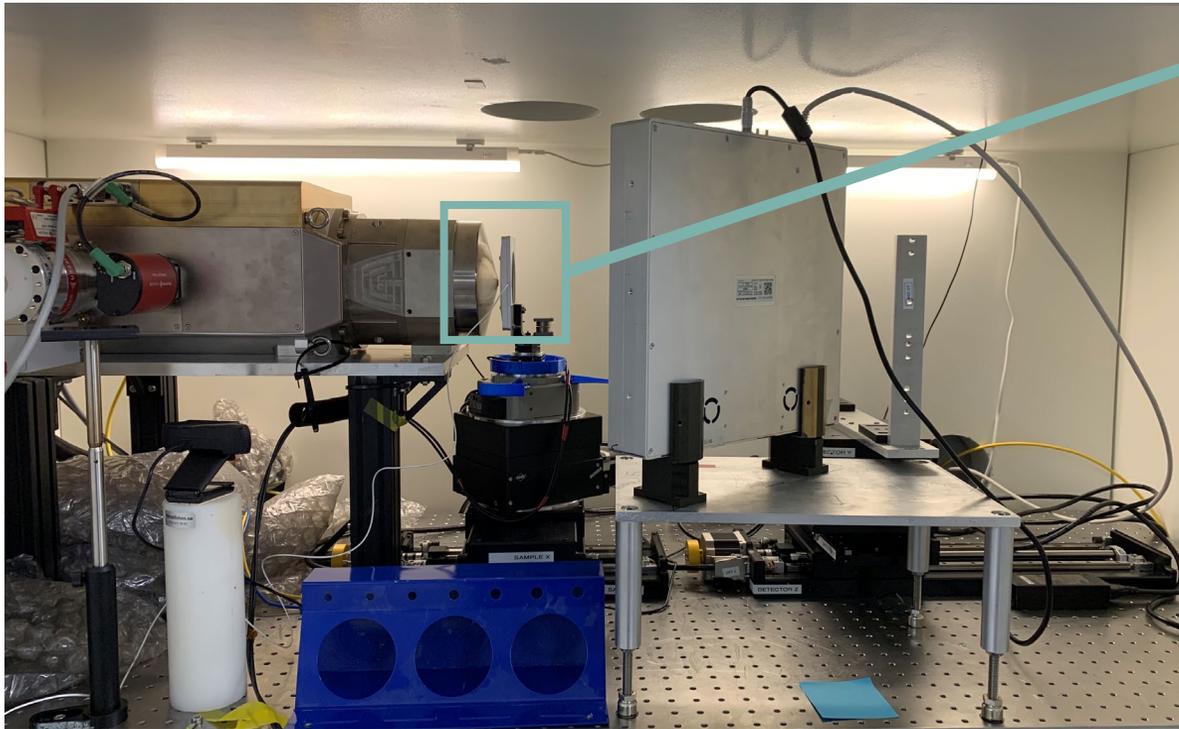


um

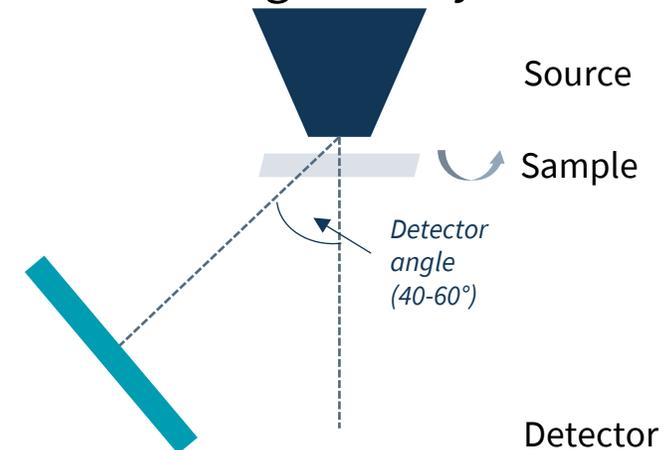
# サンプルの切断を避けたい場合 → ラミノグラフィー

Avoid cutting samples? → Laminography

- サンプルはビーム軸周りを回転
- 検出器は中心軸から40°の位置に配置



Laminography  
geometry



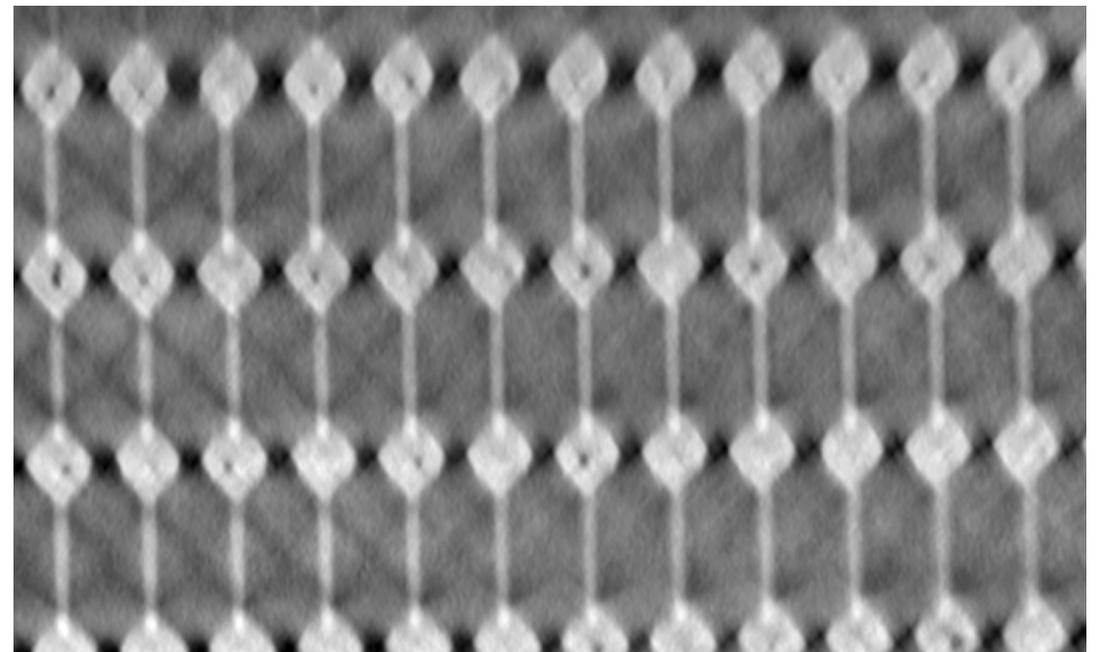
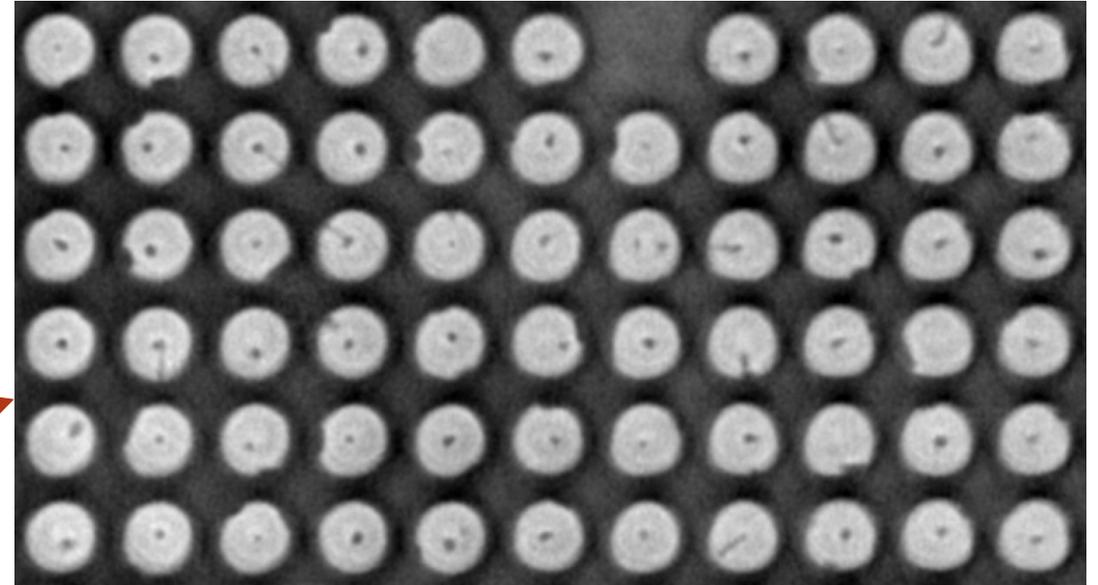
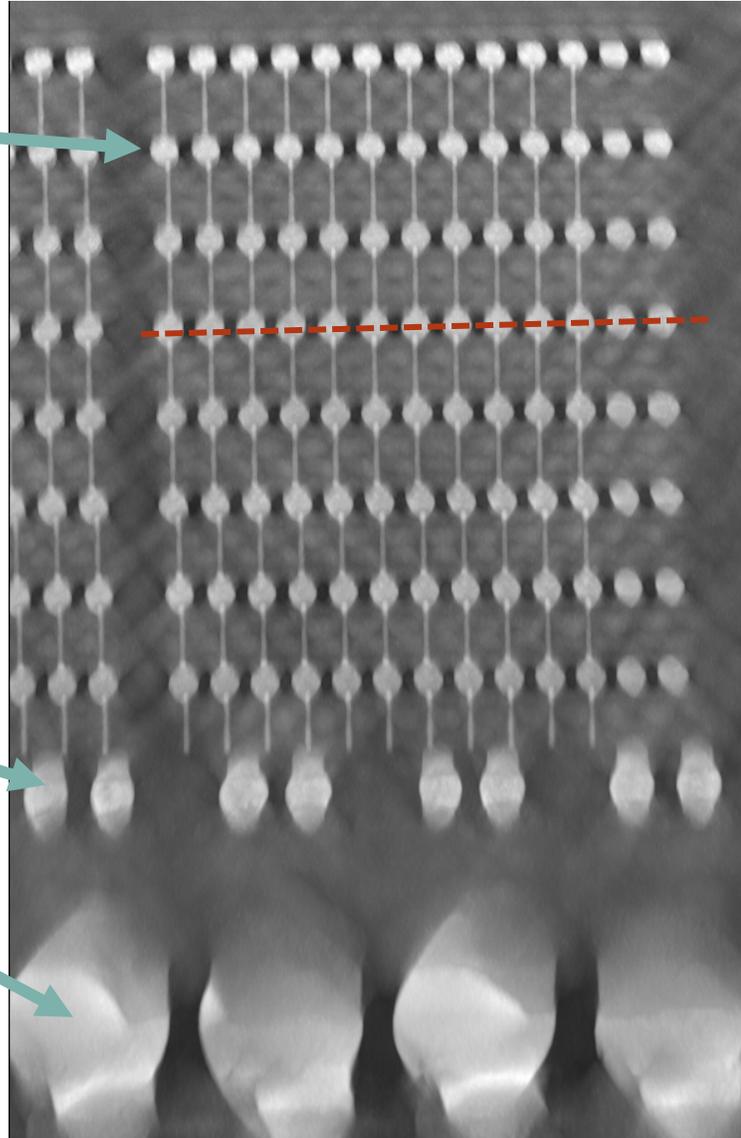
# HBM のラミノグラフィー測定

Laminography of HBM

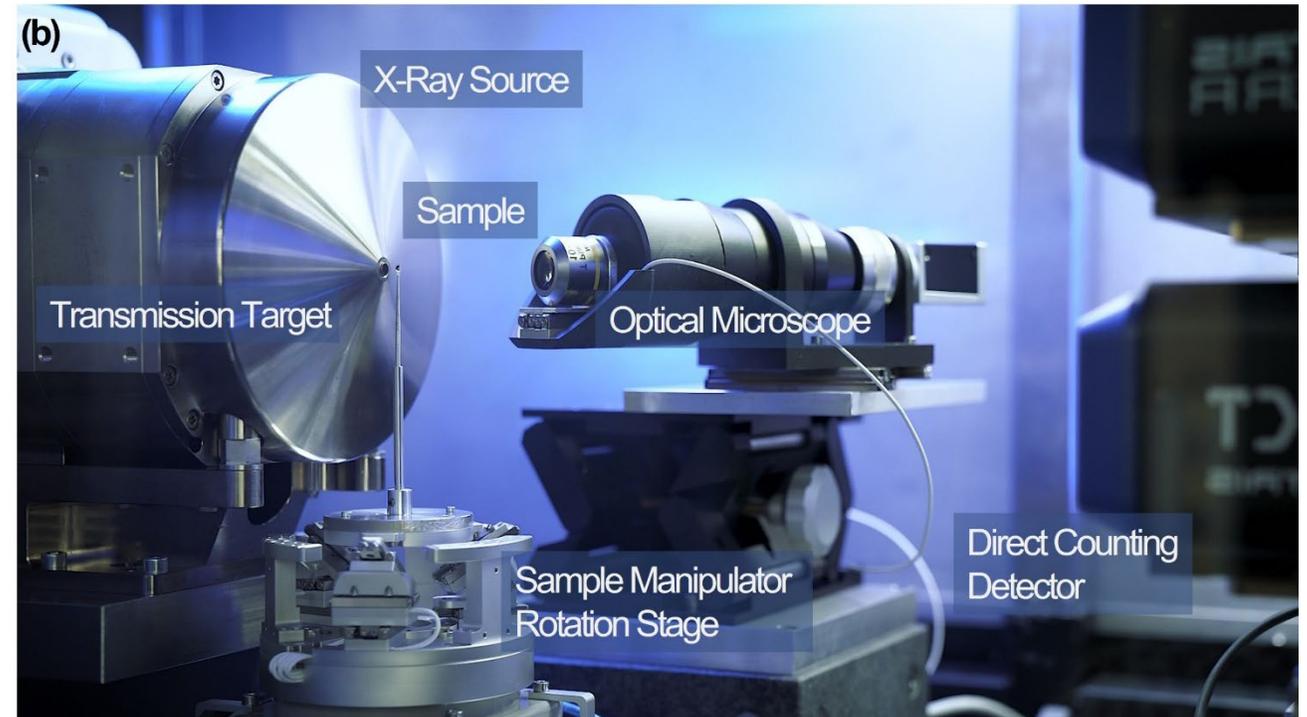
20  $\mu\text{m}$  micro-bumps

30  $\mu\text{m}$  micro-bumps

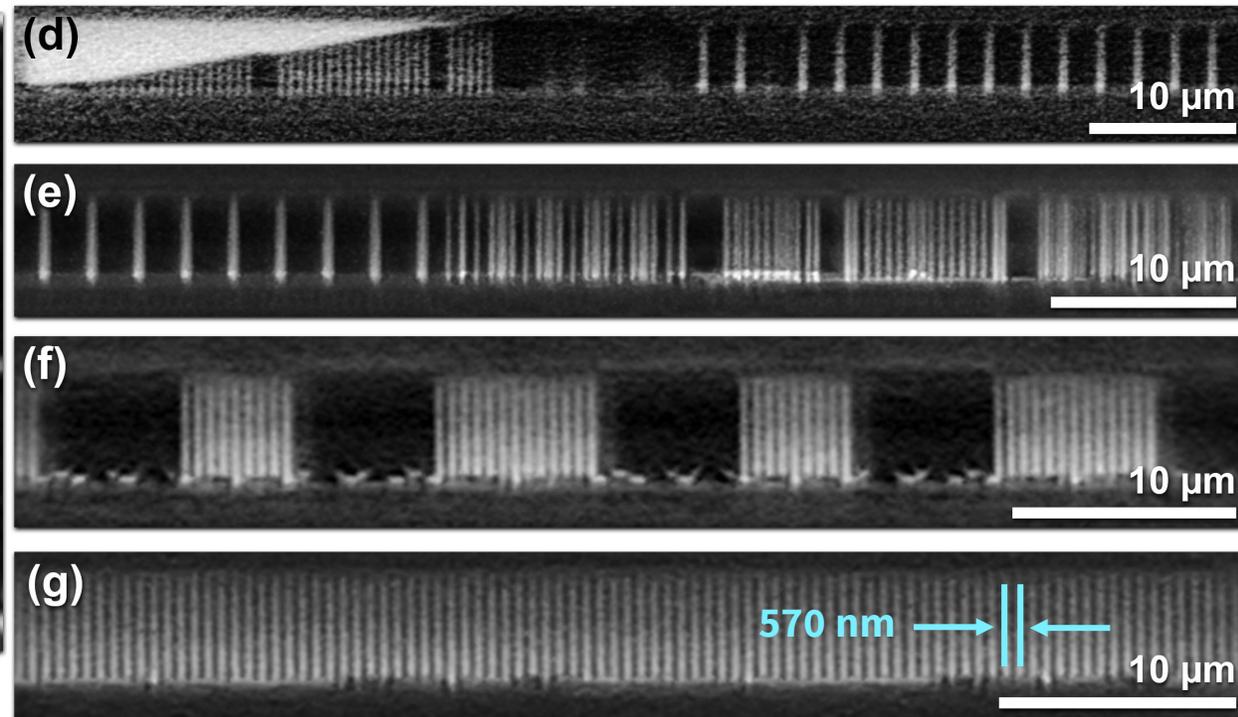
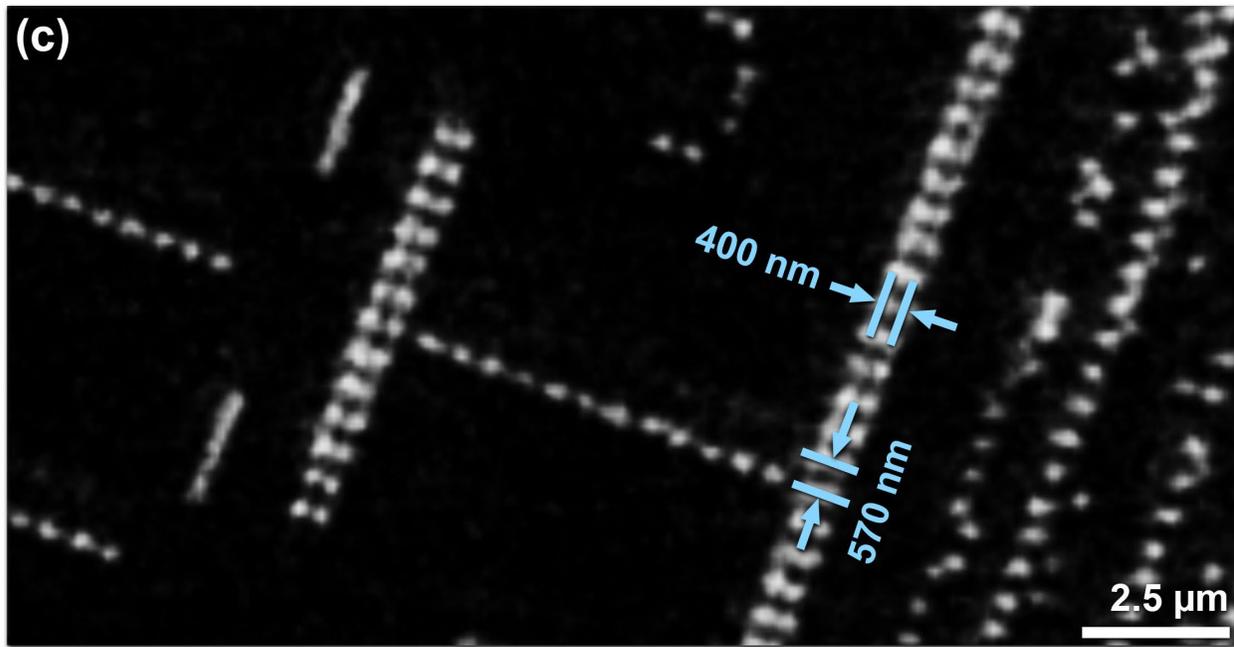
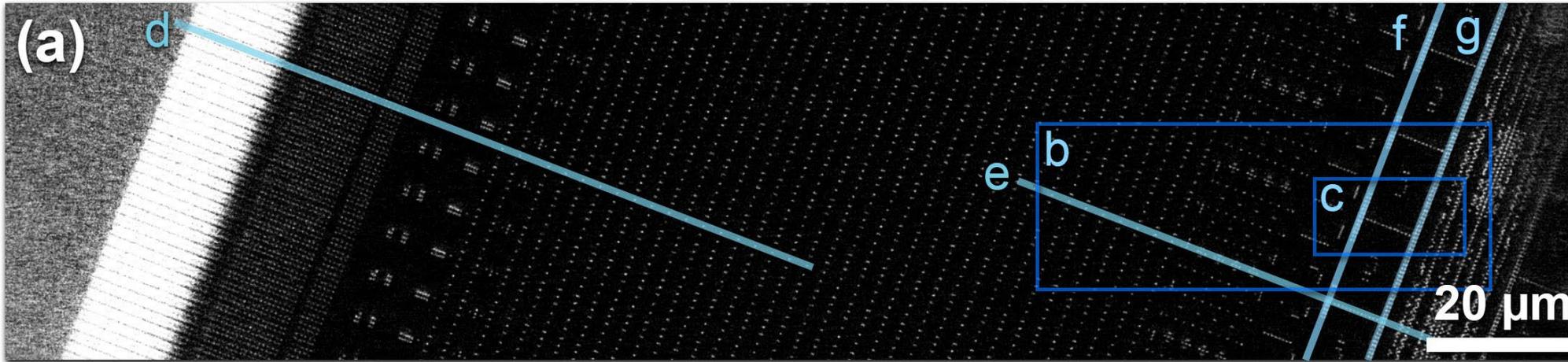
100  $\mu\text{m}$  bump bonds



# ntCT: フラウンホーファー EZRT (Würzburg) ProCon X-ray GmbH により販売中



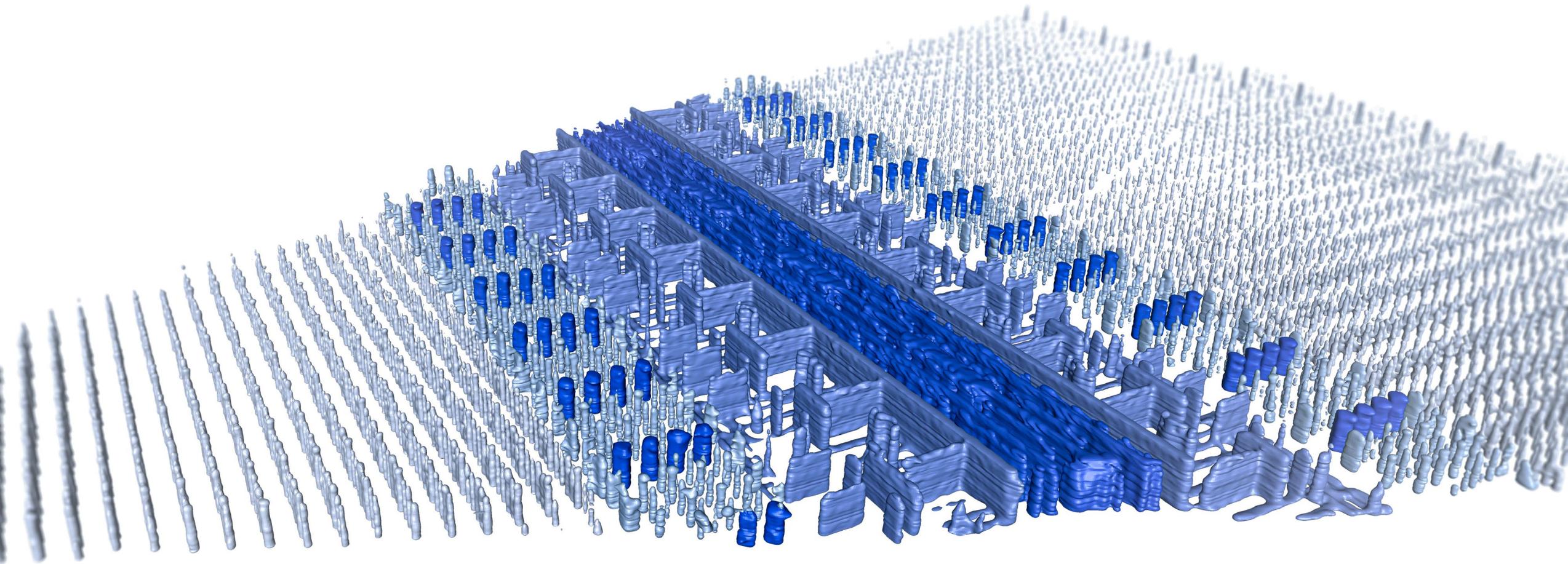
# NAND型フラッシュメモリの最高解像度での3次元CT再構成画像



# NAND型フラッシュメモリの3次元レンダリング

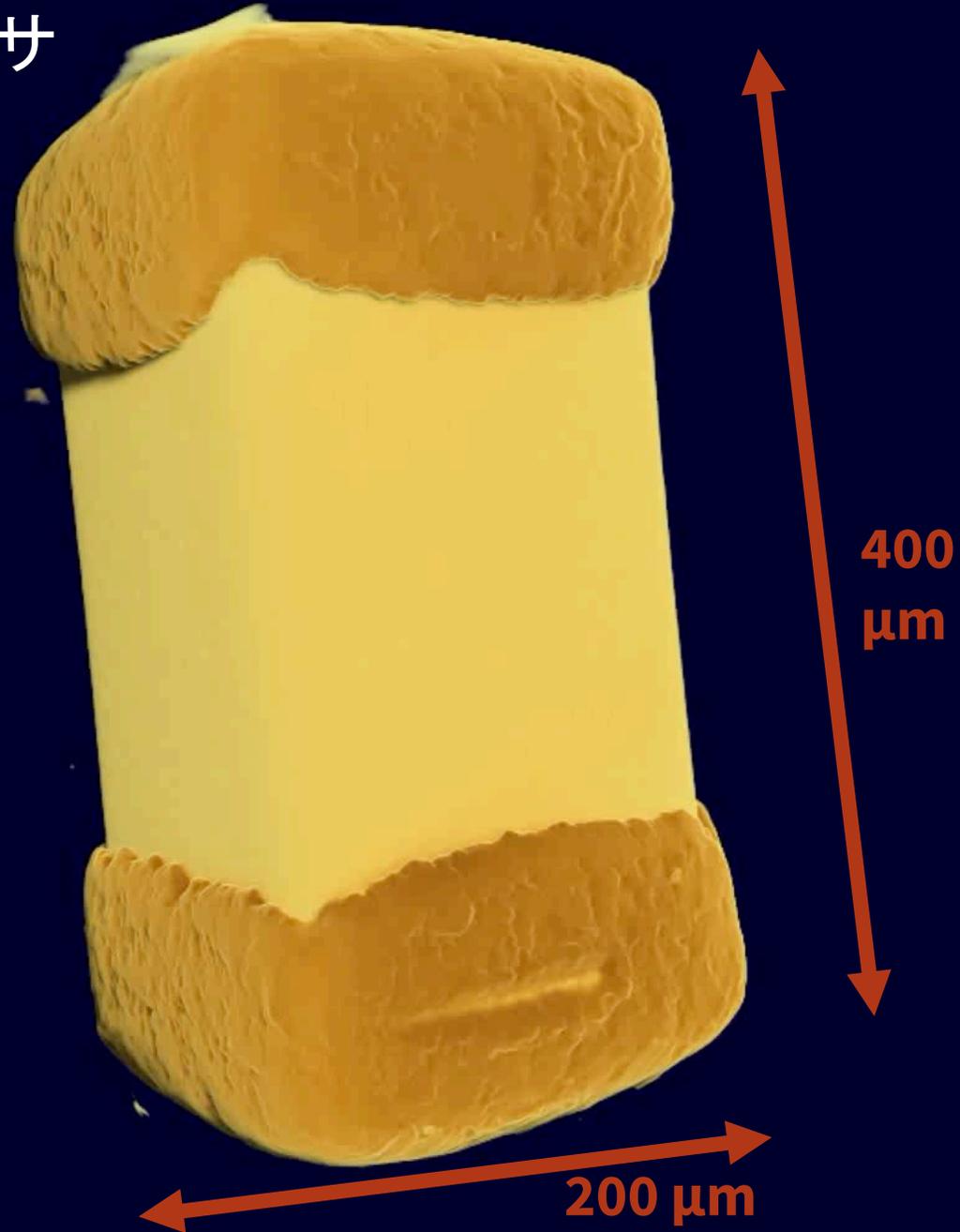
NAND memory in SanDisk 32 GB micro SDHC UHS-I

excillum



Dominik Müller et. al., *Crystals* **2021**, 11, 677

積層セラミックコンデンサ  
(MLCC)



# 積層セラミックコンデンサ(MLCC)

Multi-Layer Ceramic Capacitors

0402 capacitor, 1000 pF  
(400x200  $\mu\text{m}$ )

## Scan parameters

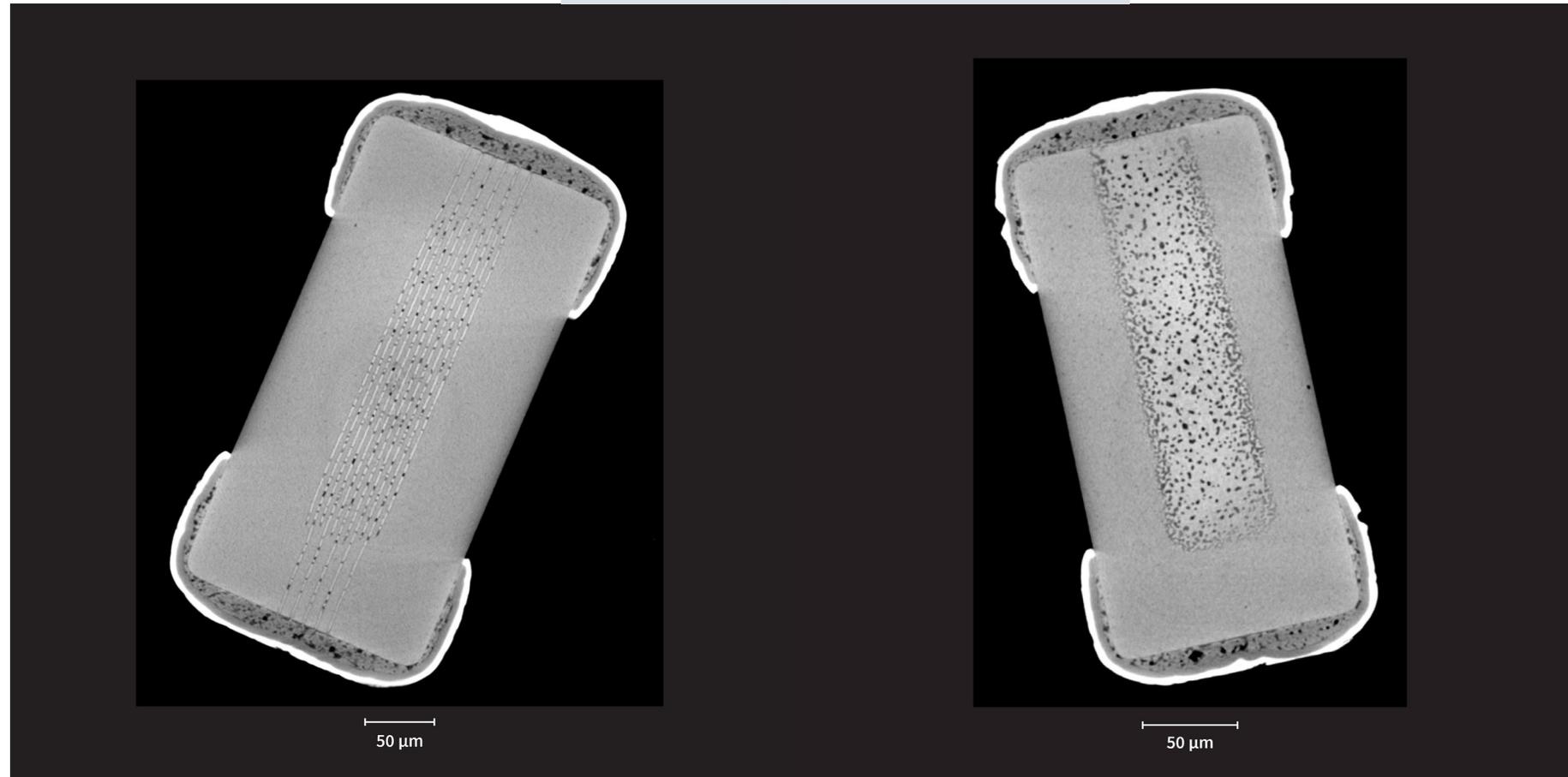
- Projections: 2800
- Exposure time: 3 s
- Scan time: 140 min

## Source settings

- Voltage: 80 kV
- Spot size: 600 nm
- Power: 1.76 W

## Geometry

- SOD: 1.255 mm
- SDD: 467.39 mm
- M: 372
- $p_{\text{eff}}$ : 537 nm (2x binning)

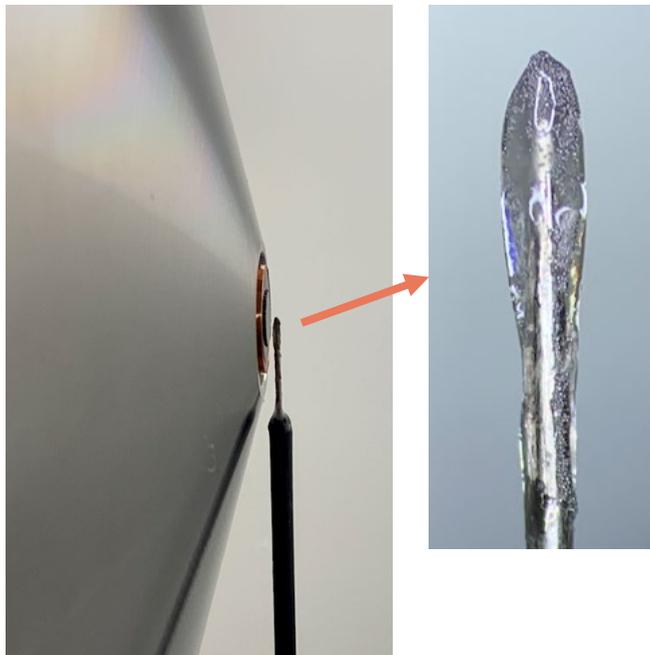


# アディティブマニュファクチャリング（付加製造）

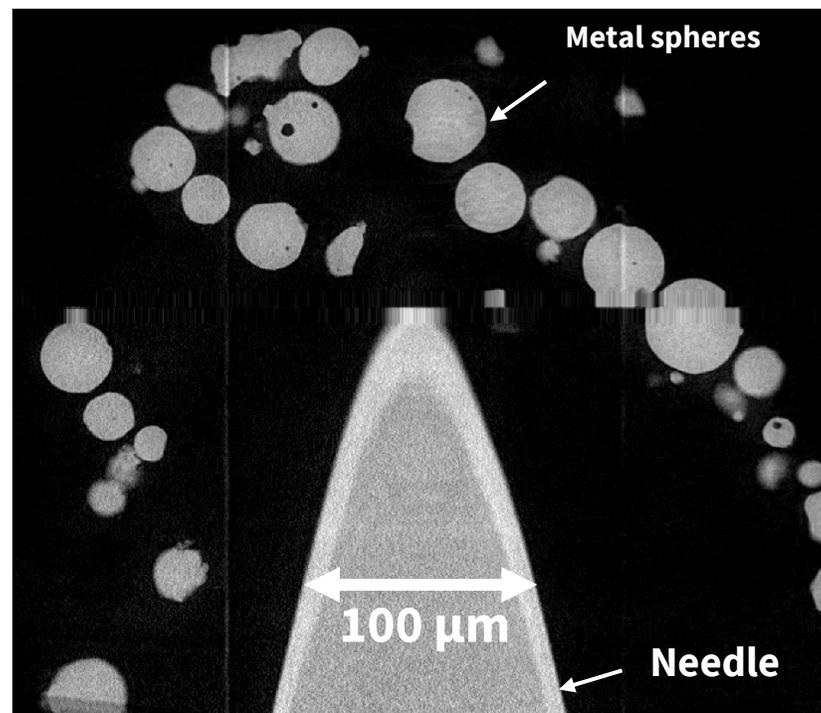
## Additive manufacturing

- 針の先端に付着された付加製造により製造されたステンレス粉末
- Acquired at 80 kV with 1  $\mu\text{m}$  スポットサイズ
- スキャンタイム 17分
- ボクセルサイズ 600 nm

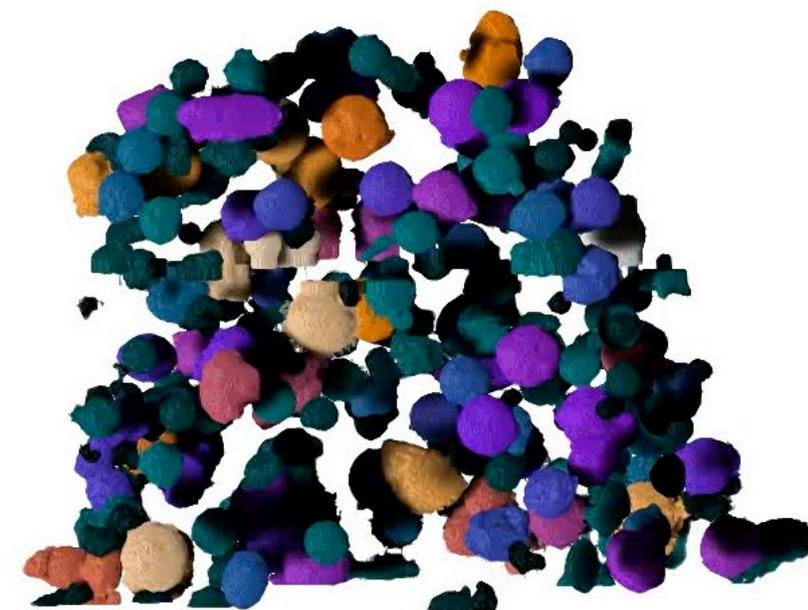
Sample in front of the source    Zoom on sample



Reconstructed orthogonal slice



3D render of segmented grains



# 市販医薬品のCTスキャン

Imaging of pills

- **Source settings**

- 40 kV
- 1200 nm spot size
- 1.27 W

- **Detector settings**

- Binning 2x2
- 750 ms exposure time

- **Scan parameters**

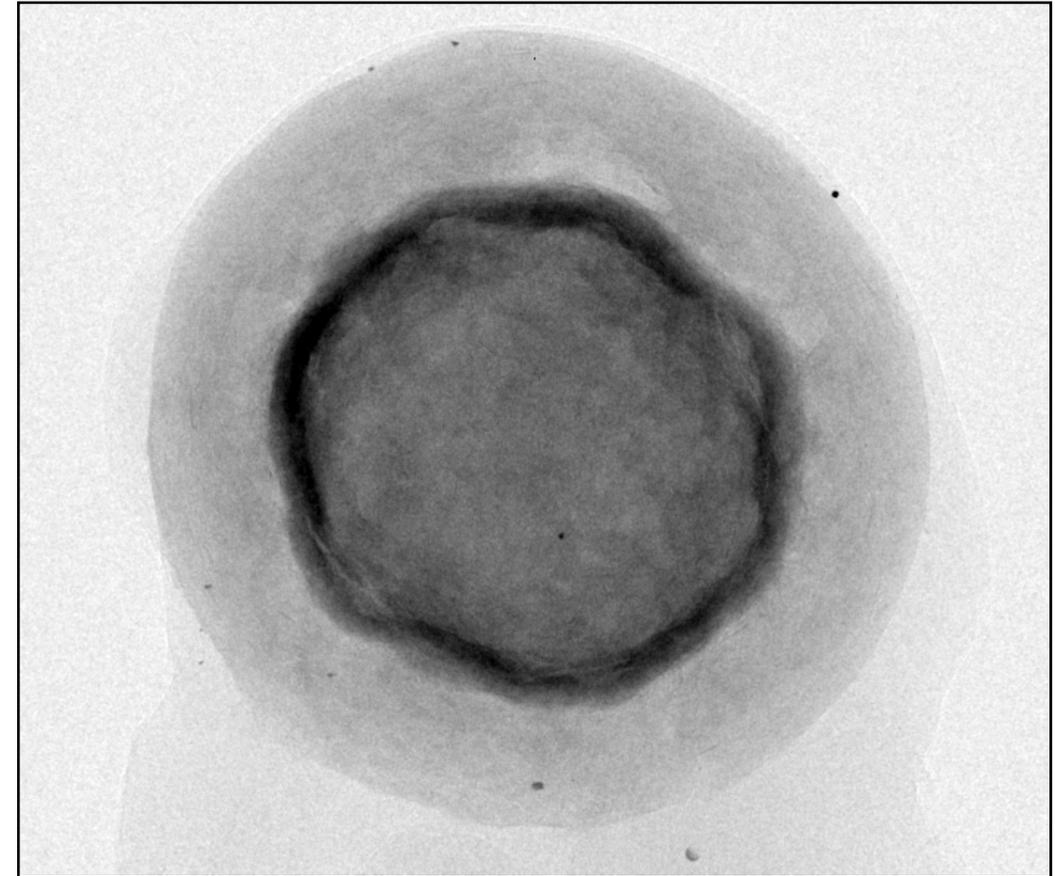
- 1200 projections
- **15 minutes total exposure time**

- **Geometry**

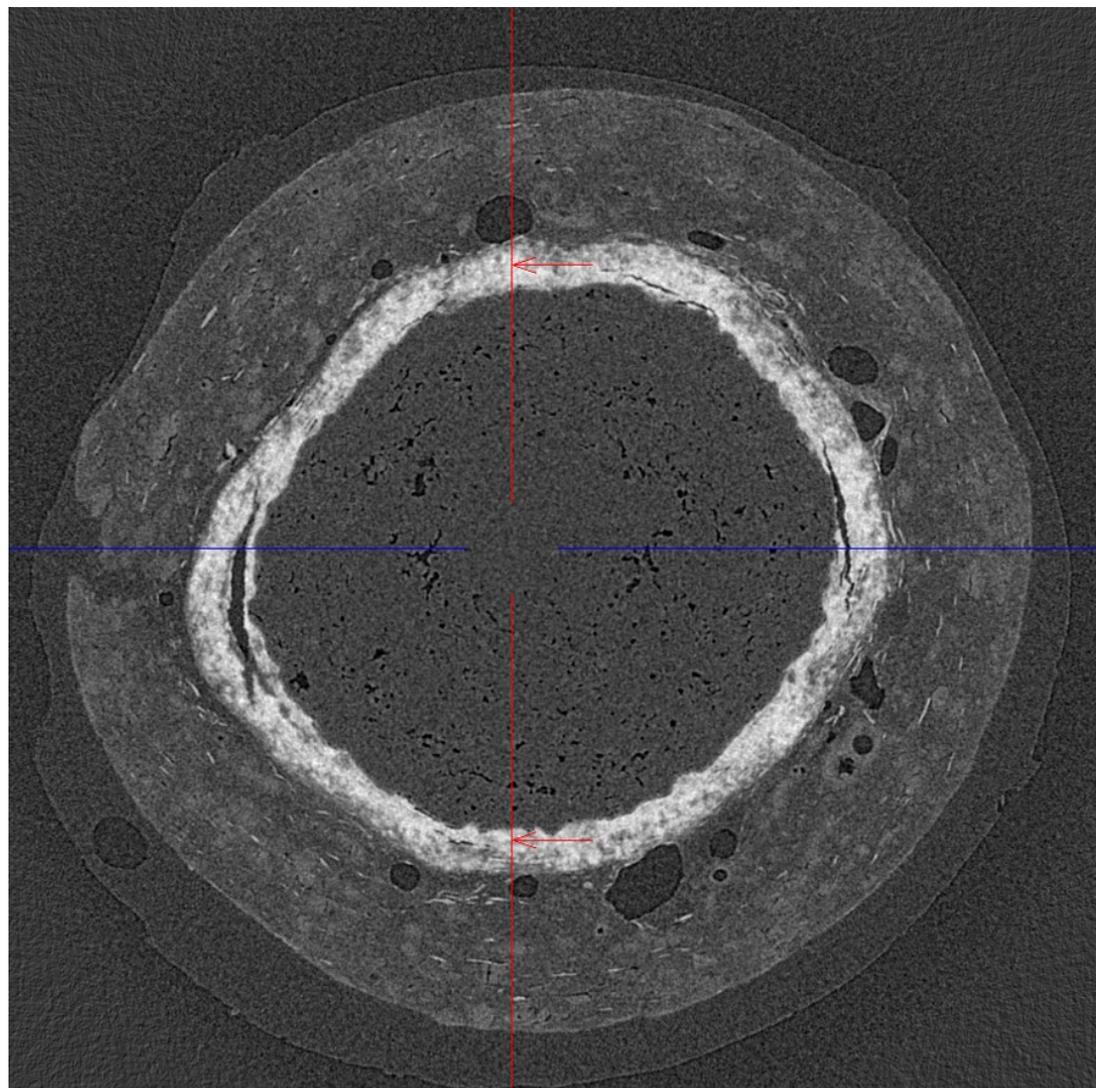
- SOD = 2.0 mm
- SDD = 444 mm
- M = 222
- Effective pixel size = 0.9  $\mu\text{m}$



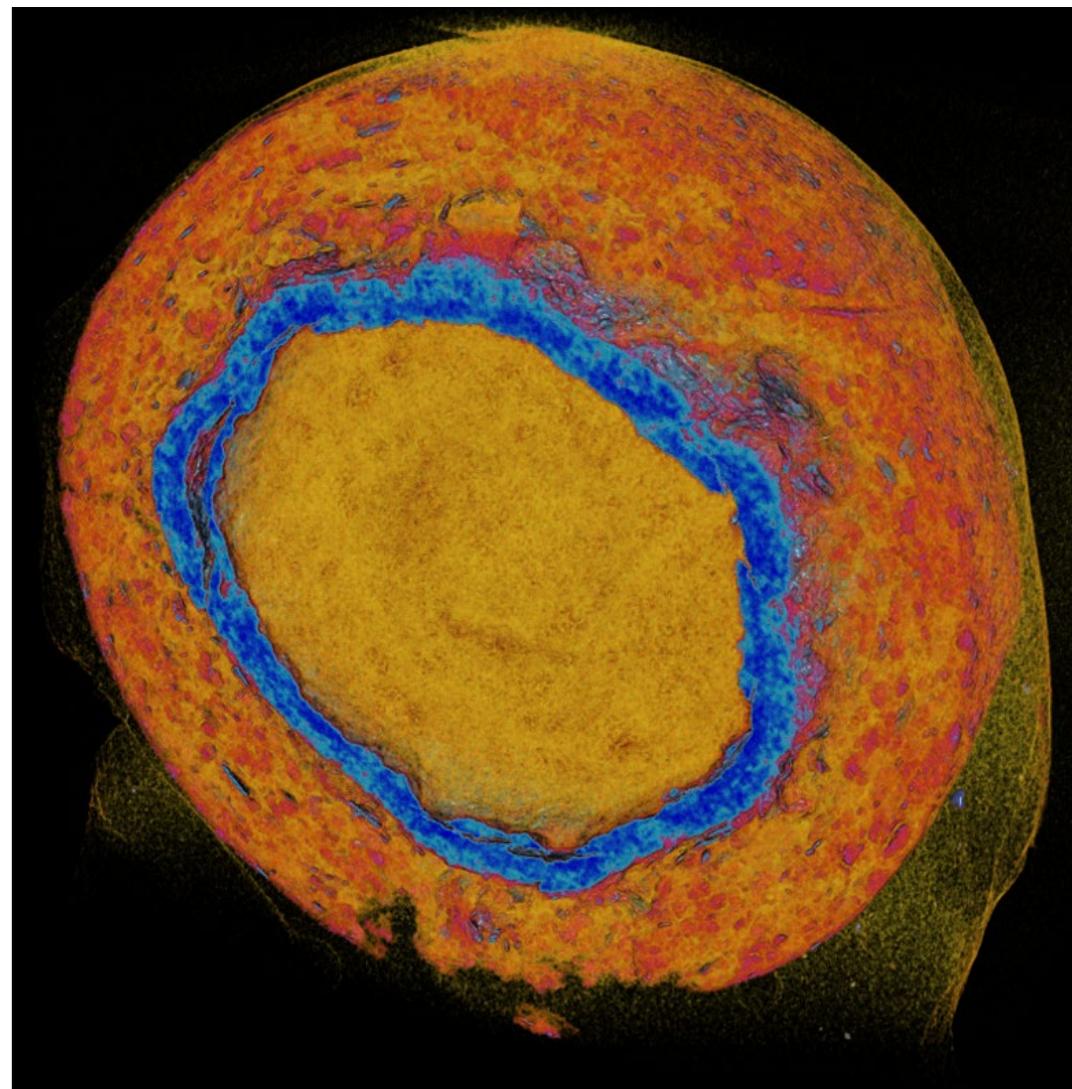
Projection image



# 市販医薬品のCTスキャン



Reconstructed slice



3D rendering of reconstructed volume

# 市販医薬品のCTスキャン

Imaging of pills

- **Source settings**

- 40 kV
- 700 nm spot size
- 0.49 W

- **Detector settings**

- No binning
- 10000 ms exposure time

- **Scan parameters**

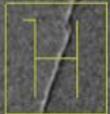
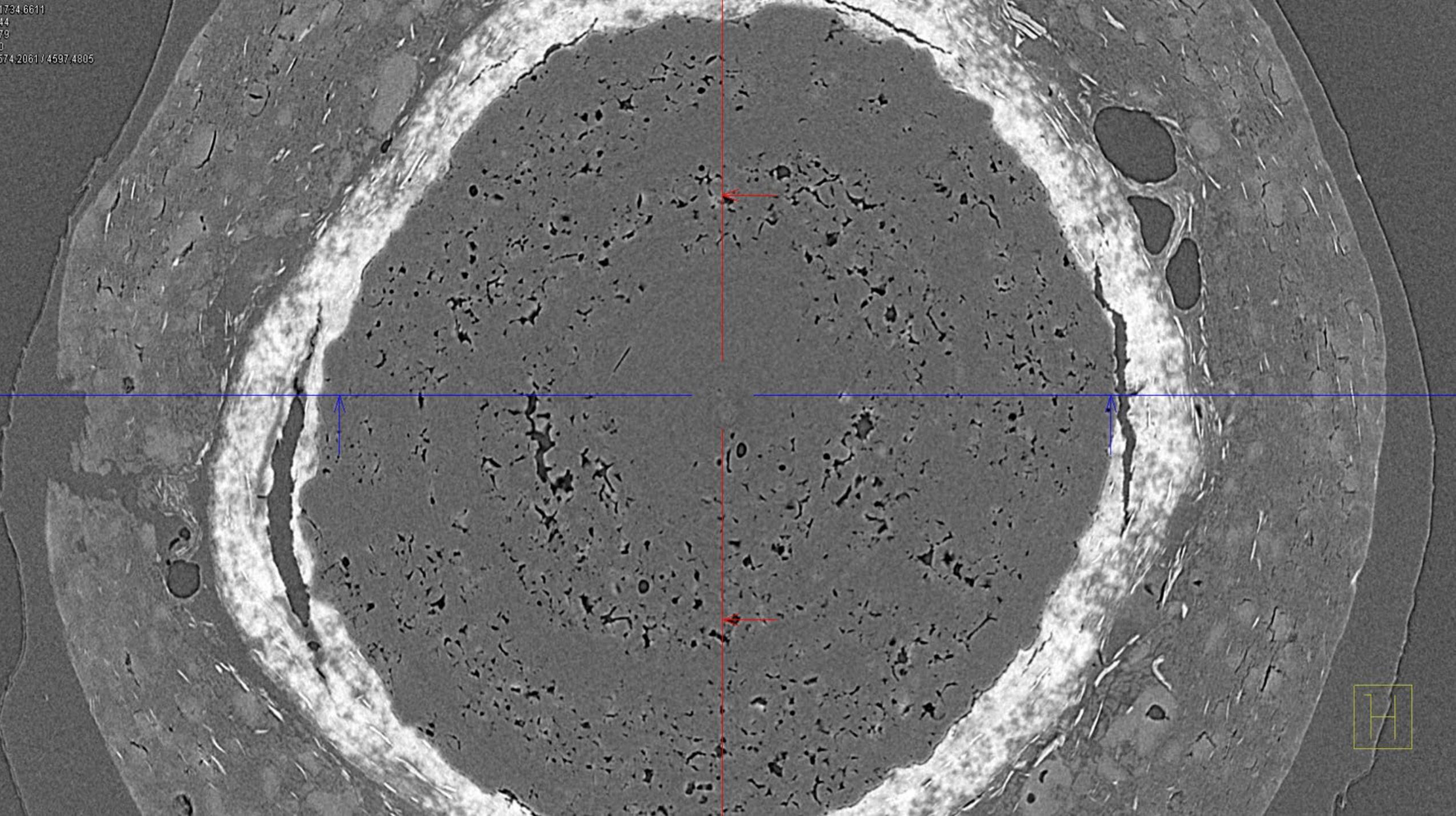
- 2800 projections
- **467 minutes total exposure time**

- **Geometry**

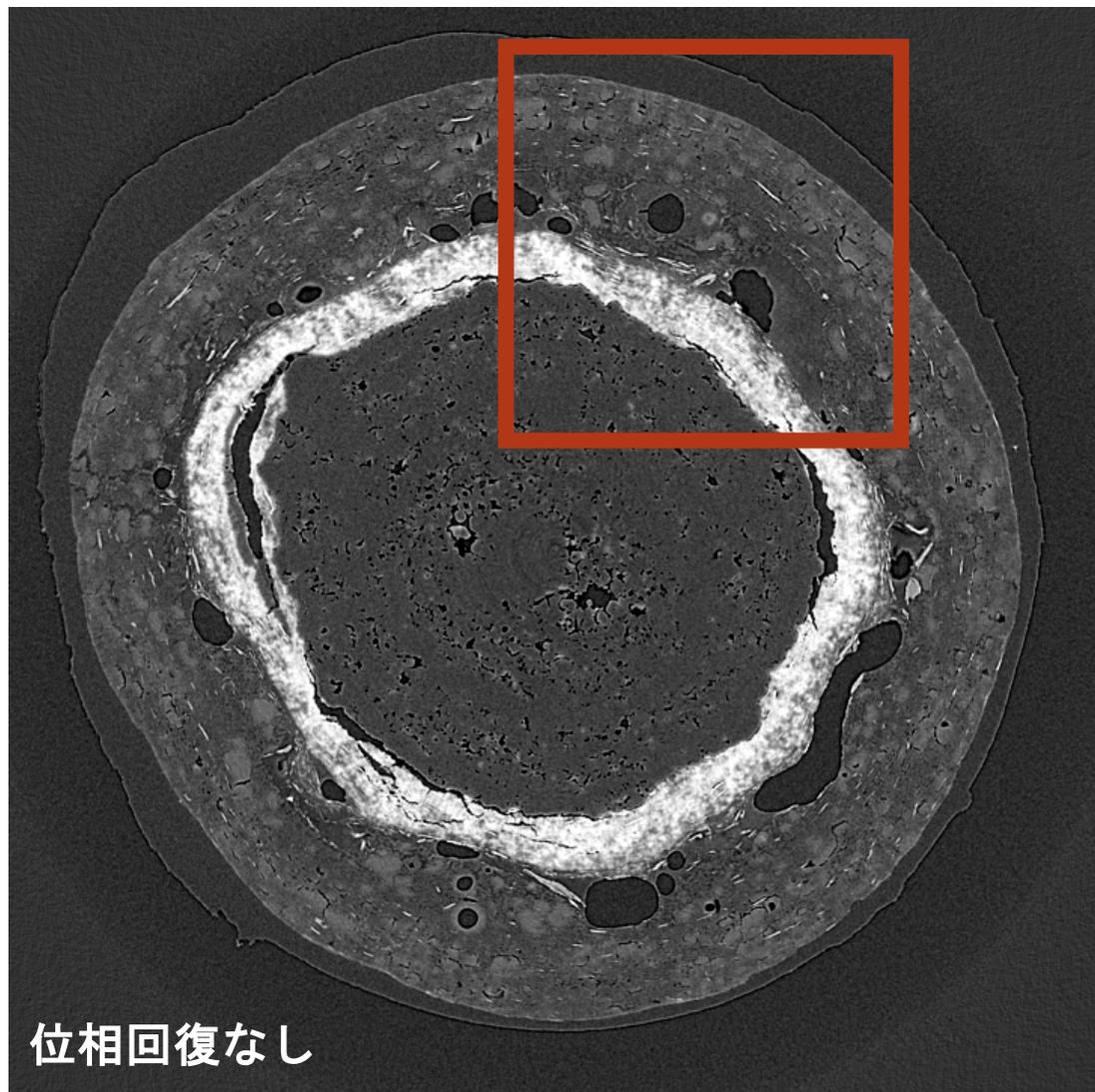
- SOD = 2.0 mm
- SDD = 444 mm
- M = 222
- Effective pixel size = 0.45  $\mu\text{m}$

**Example of projection image** (Detector cropped in height to limit amount of data)



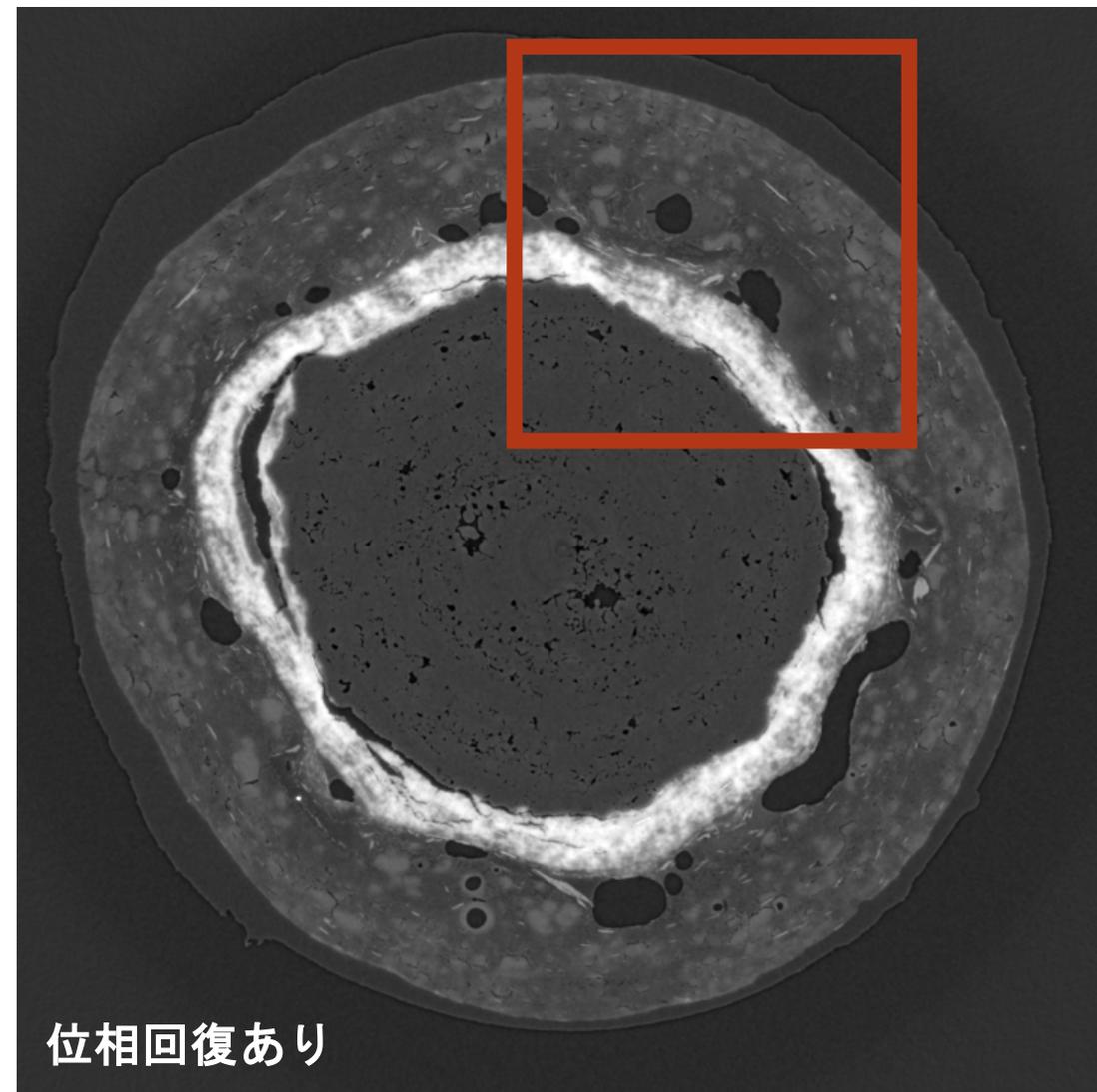


# 位相コントラストによる画質の向上



位相回復なし

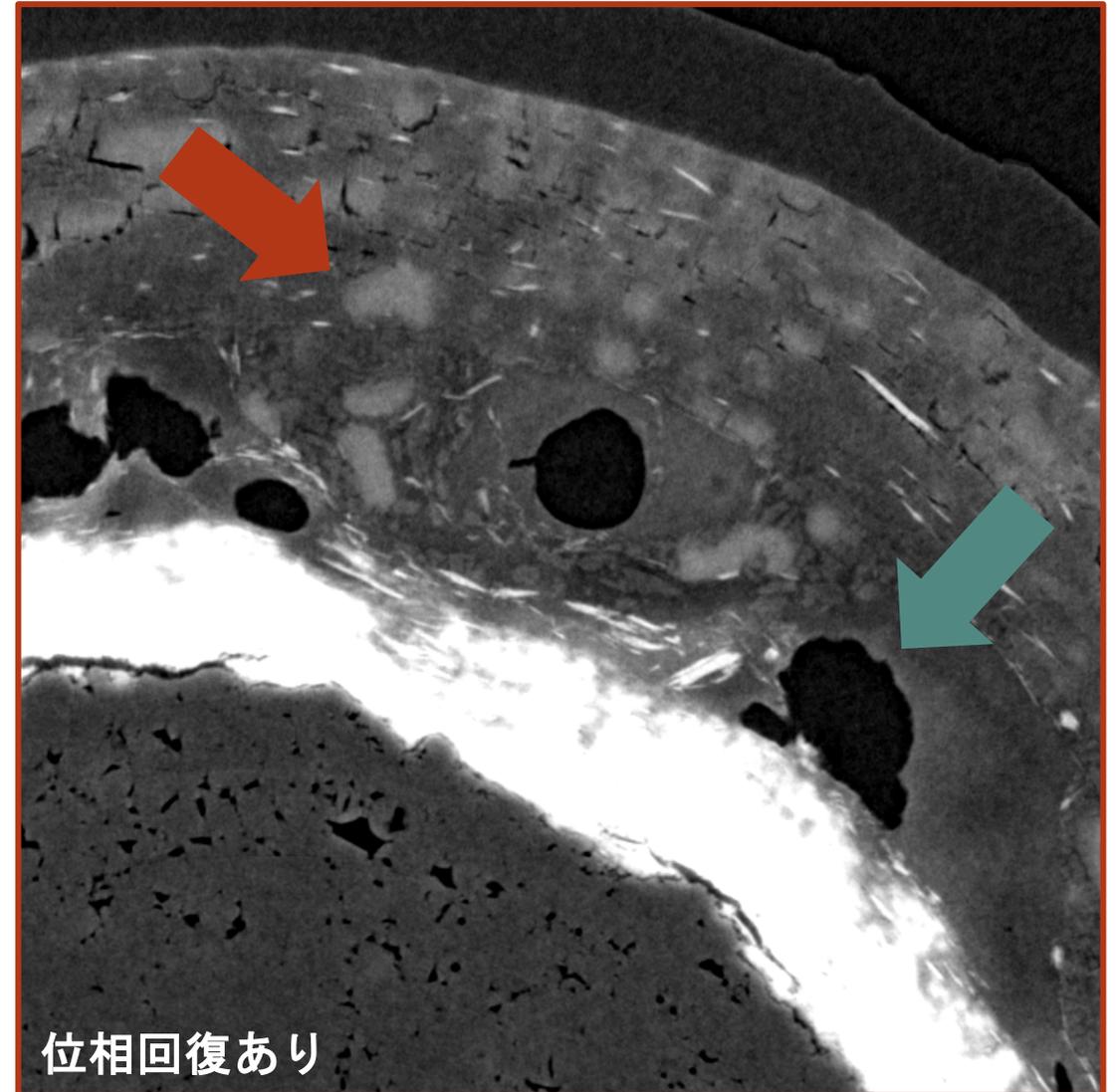
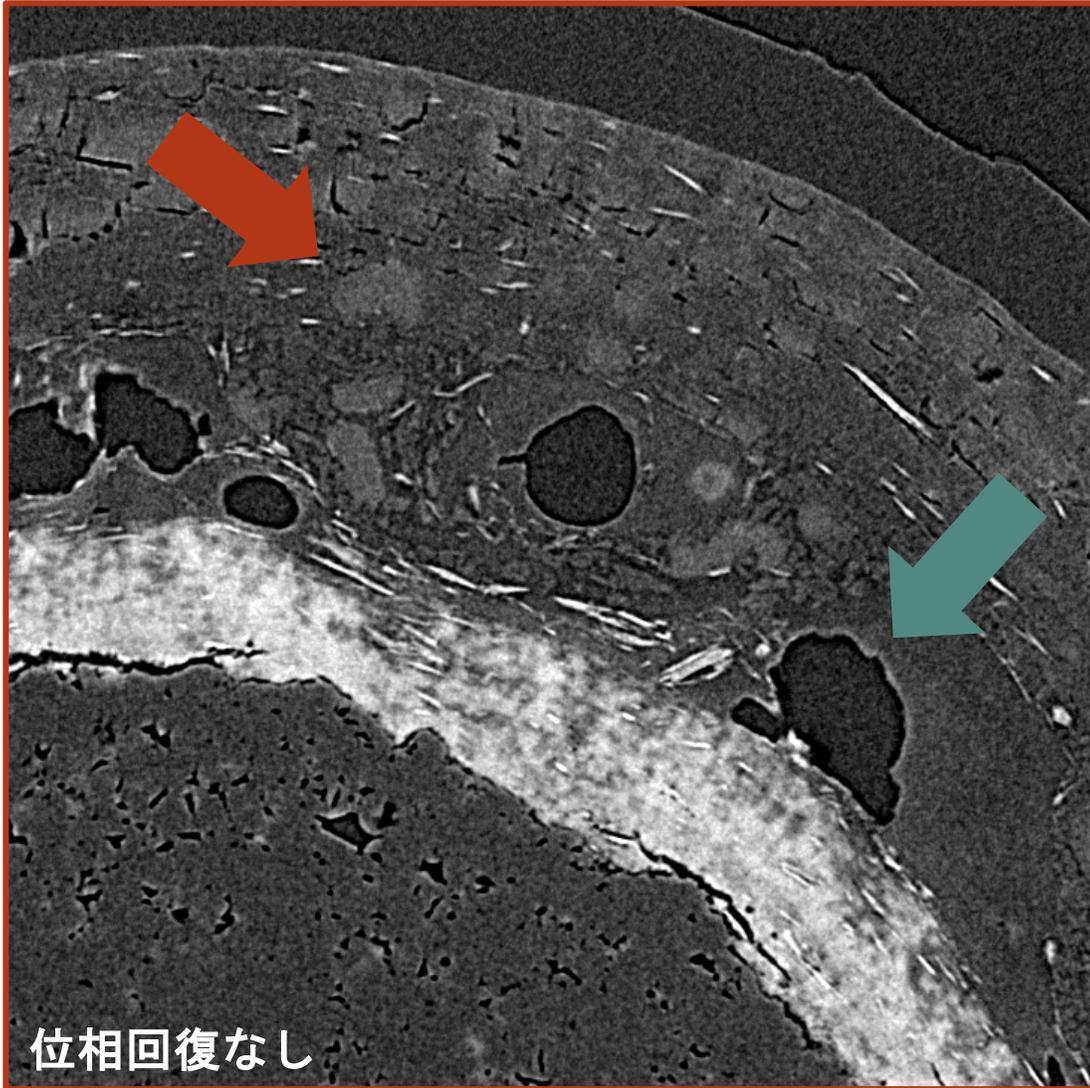
Without phase retrieval



位相回復あり

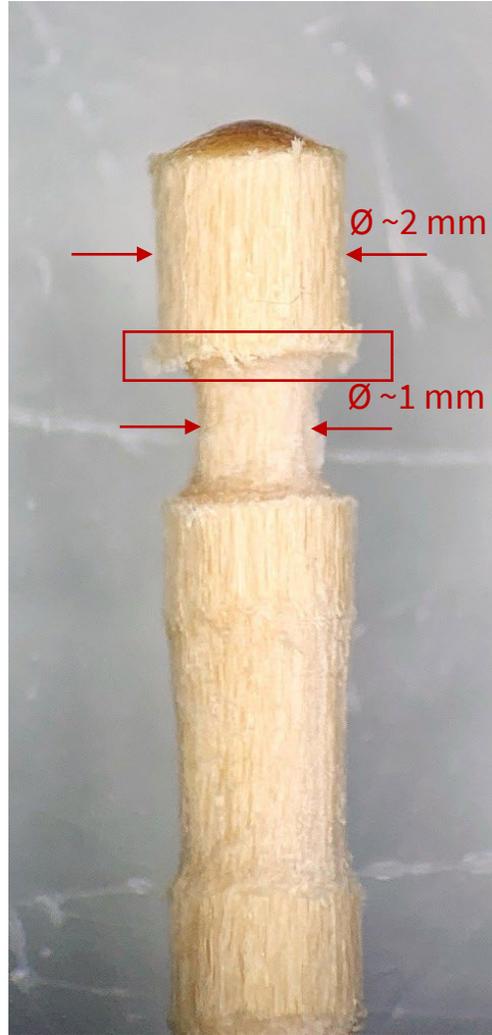
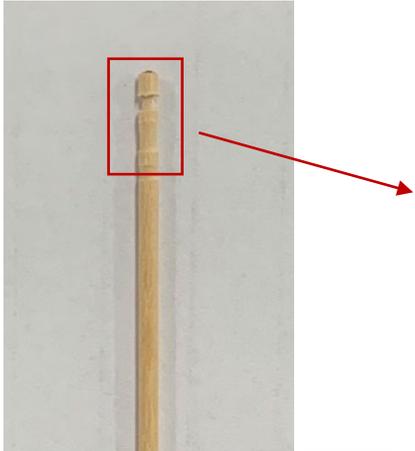
With phase retrieval

# 位相コントラストによる画質の向上



# 木片 (爪楊枝)

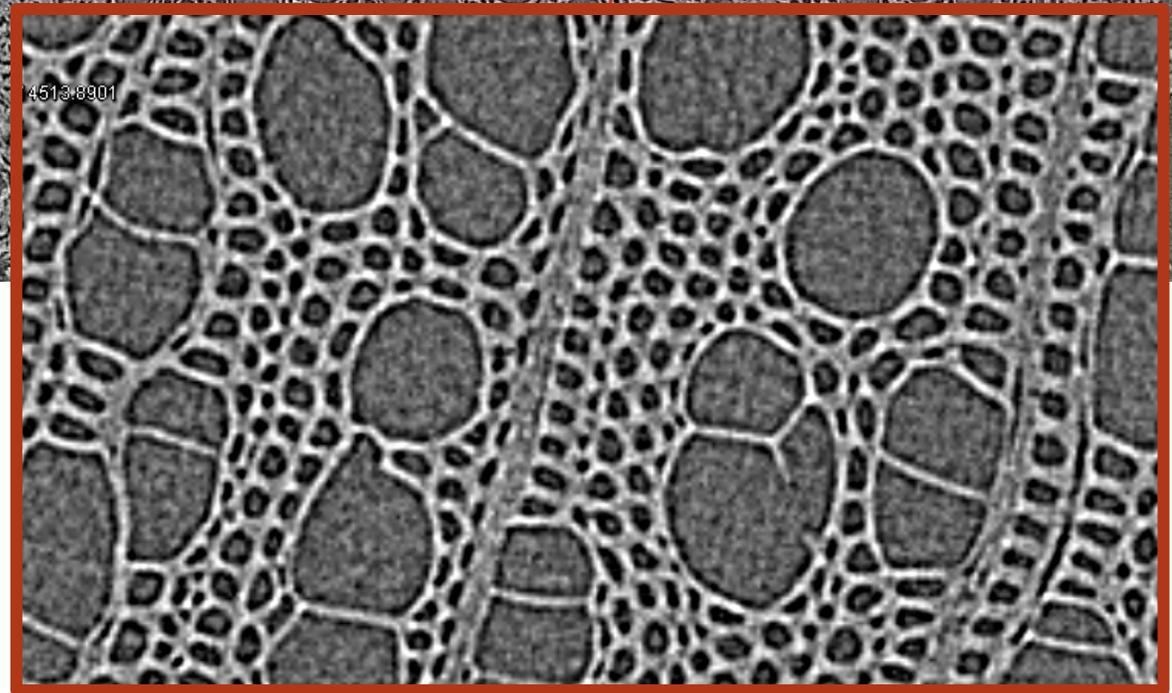
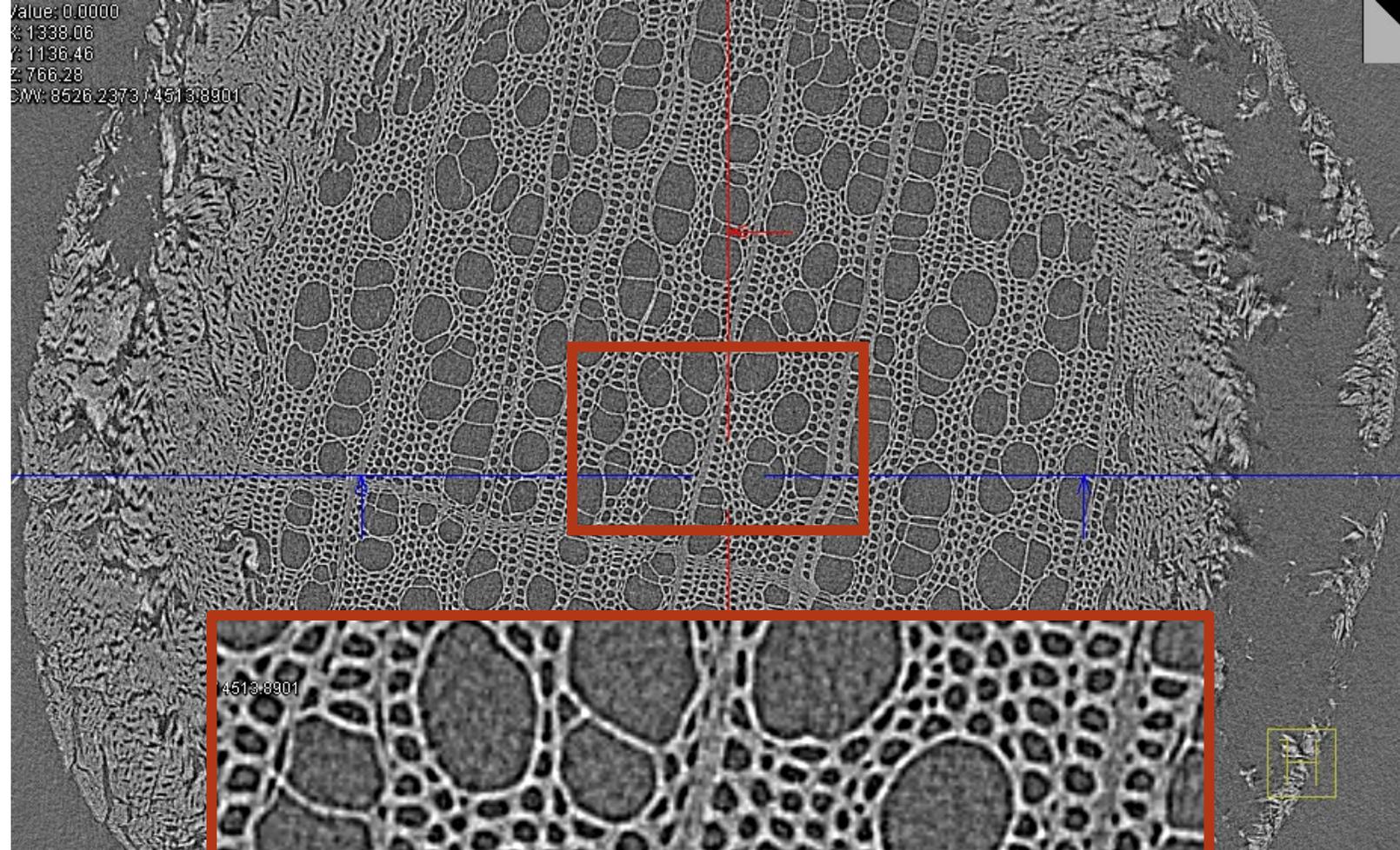
Toothpick



# 木片（爪楊枝）

Toothpick

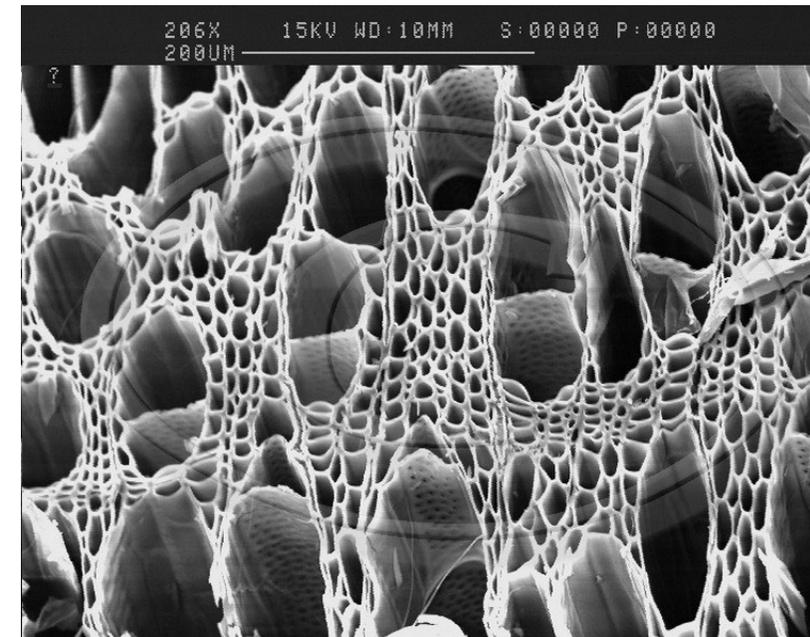
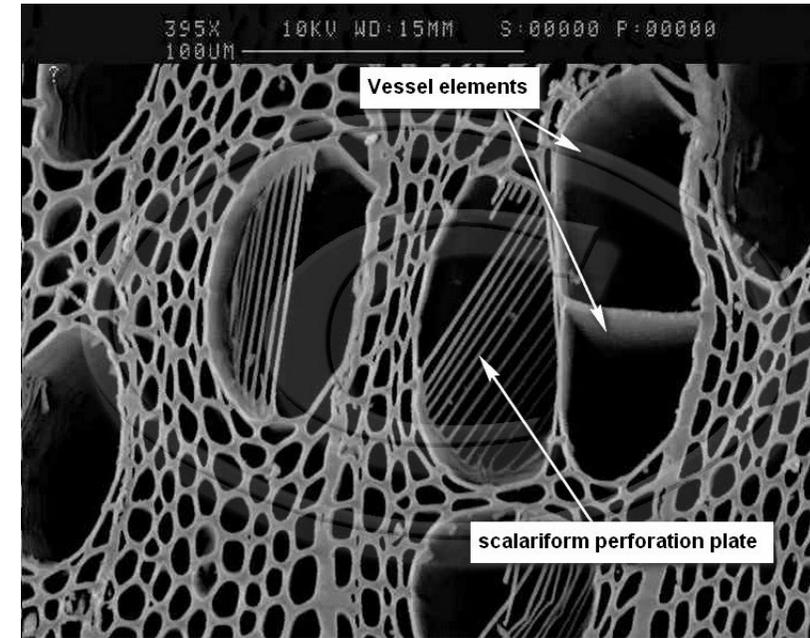
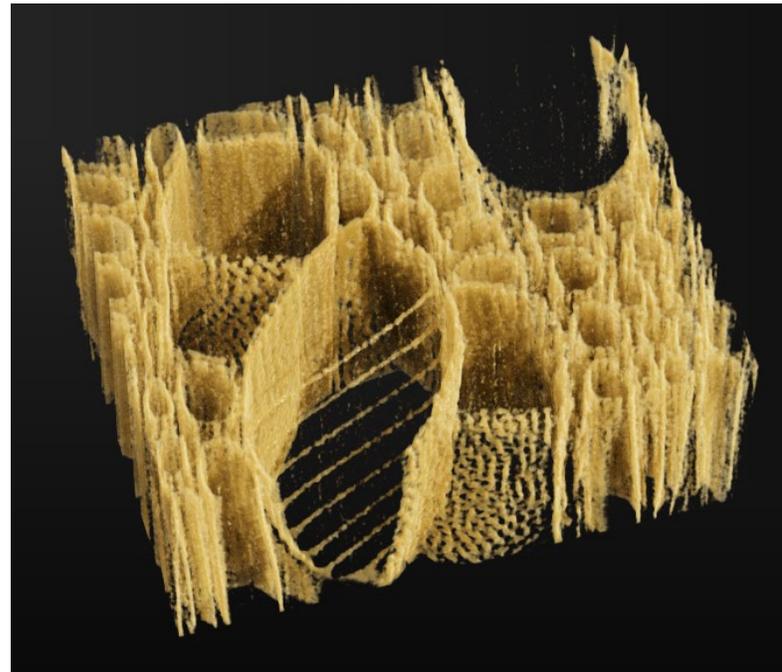
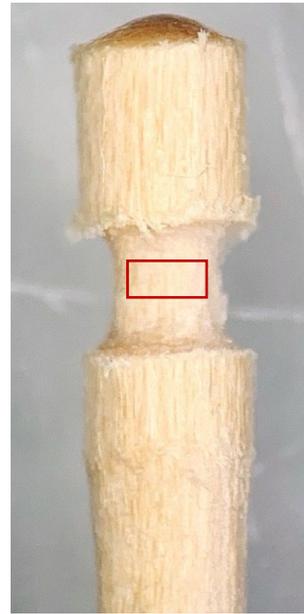
- Source
  - 50 kV
  - 800 nm spot size
- Geometry
  - SOD = 4.9 mm
  - SDD = 455.8 mm
  - M = 92.9
  - Effective pixel size = **1.07  $\mu\text{m}$**
- Scan parameters
  - 3000 projections
  - 3x 1 s
  - **5h scan time**



# 木片（爪楊枝） - ROI スキャン

## Toothpick ROI scan

- Source
  - 50 kV
  - 800 nm spot size
- Geometry
  - SOD = 1.5 mm
  - SDD = 455.8 mm
  - M = 303.15
  - Effective pixel size = **0.33  $\mu\text{m}$**
- Scan parameters
  - 6000 projections
  - 3x 1 s
  - **5h scan time**



# デモをご利用いただけます！

Contact us for a demo!

(1) サンプルをお送りください。

弊社で測定して結果をお送りいたします。

(2) 弊社へお越しください。

サンプルや普段お使いの検査機などをお持ちください。測定をお手伝いいたします。

お問い合わせはこちらへ  
[shiho.tanaka@excillum.com](mailto:shiho.tanaka@excillum.com)

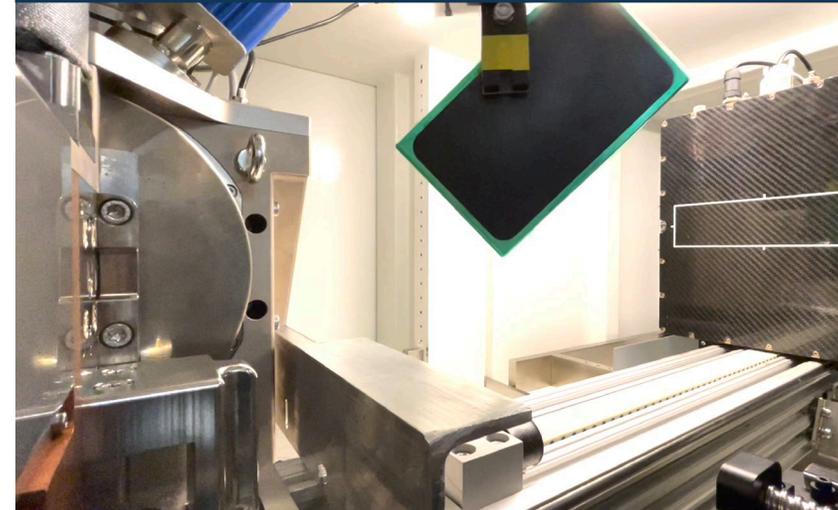
ナノ CT

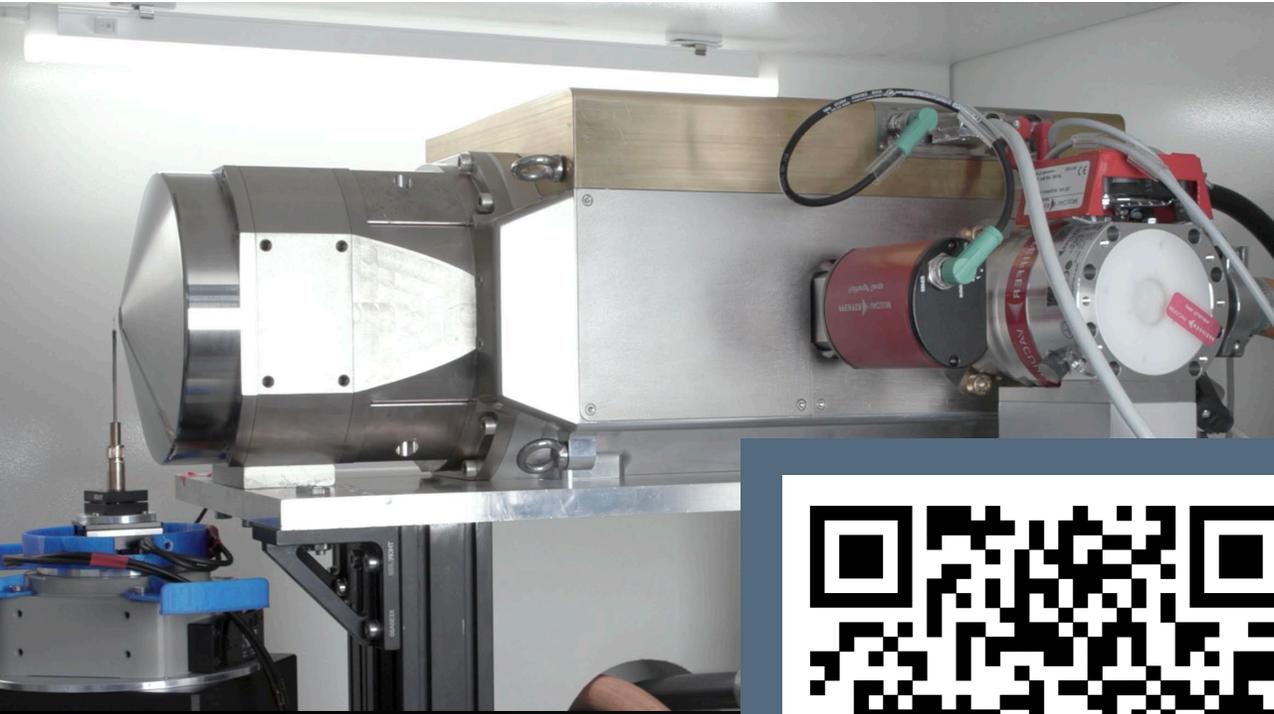


2D ナノ測定



MetalJet 高速 CT





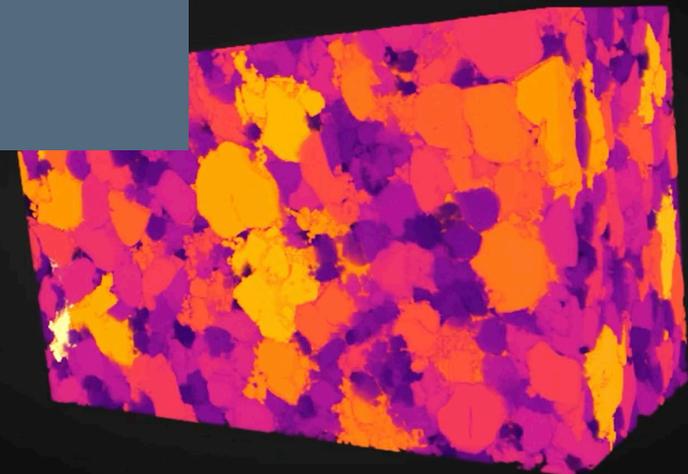
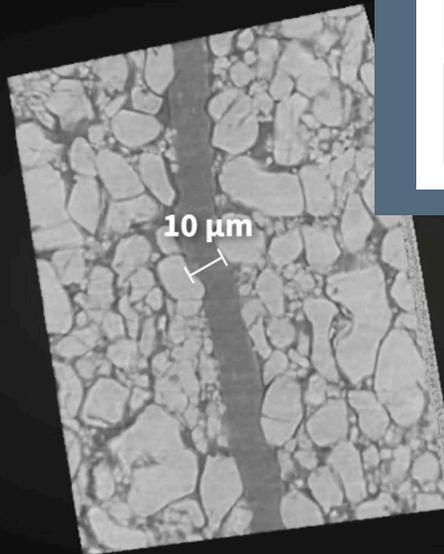
Li-Ion battery  
cathode layer

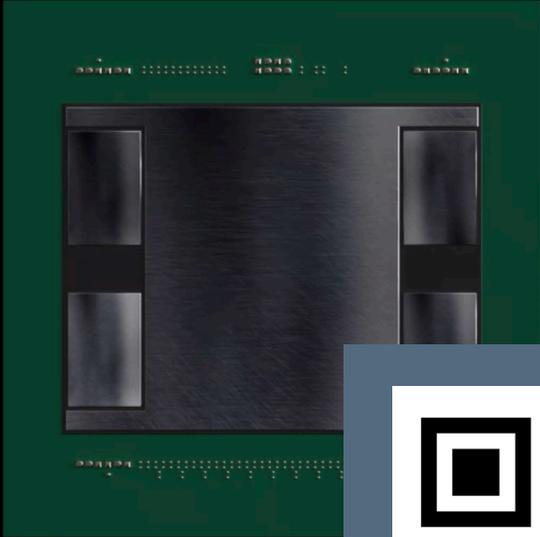


ムービーは  
こちらから:

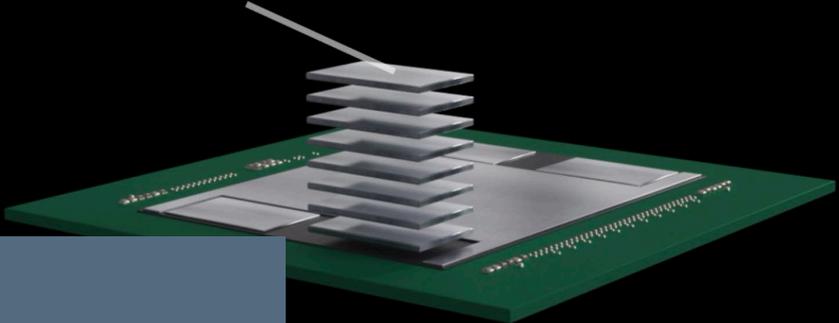
<https://youtu.be/9wm0dGVYeM>

Enabling sub- $\mu\text{m}$  analysis  
**Grain diameter**



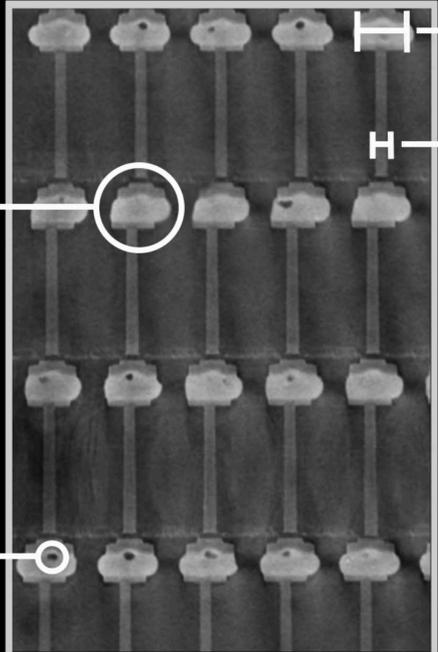
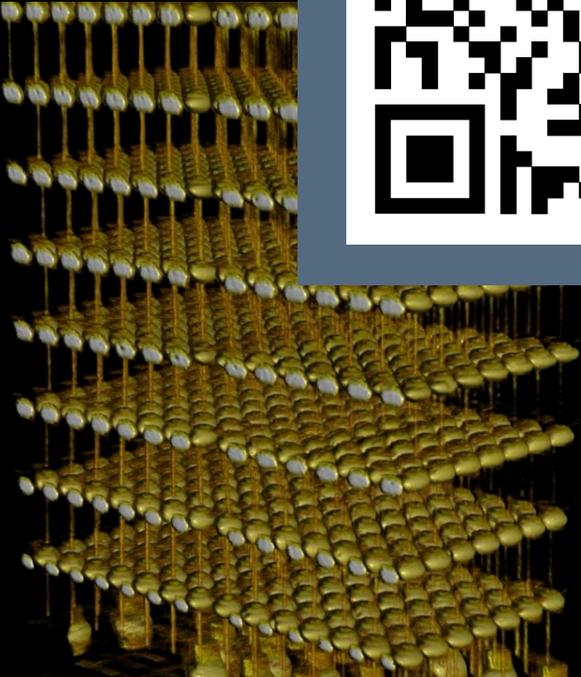


Commercially available GPU with HBM



ムービーは  
こちらから:

<https://youtu.be/OT9j3JvEn80?si=0MSejJPhyMm2PqHw>



20  $\mu\text{m}$

5  $\mu\text{m}$  TSV

Void 



excillum.com  
excillum  
The source  
for X-ray  
innovation

Excillum AB

世界で最も明るい  
マイクロフォーカスX線源  
**MetalJet**  
メタルジェット

世界最小のX線スポットの  
ナノフォーカスX線源  
**NanoTube**  
ナノチューブ

液体金属ジェットを隔極に使用

1000W

250 W → 1000 W

E1+

スポットサイズ ~ 300 nm  
150nm

Siemens Star

of DRAM memory

multiple distance

3D structure

W Center

RAMD Layer

SiC

Excillum

ご清聴ありがとうございました。  
Thank you for your attention

Excillum ブース: J-03

excillum

The image shows two men in a laboratory or industrial setting. They are standing next to a piece of equipment with the 'excillum' logo. One man, wearing glasses and a dark shirt, is pointing at the equipment. The other man, wearing a light blue polo shirt, is looking at the equipment. The background is a bright, modern facility with large windows and various pieces of equipment.

**excillum**

# The source for X-ray innovation

Dr. Shiho Tanaka  
Scientist – Fluid Mechanics  
Business Development Japan  
[shiho.tanaka@excillum.com](mailto:shiho.tanaka@excillum.com)

Dr. Till Dreier  
Application Scientist  
[till.dreier@excillum.com](mailto:till.dreier@excillum.com)