

# nano3DX

## 高分解能3DX線顕微鏡



サブミクロンX線CTシステム

疑似平行ビーム×高輝度特性X線×高解像度X線カメラ

進化した画像から得る、新たな知見



**Rigaku**

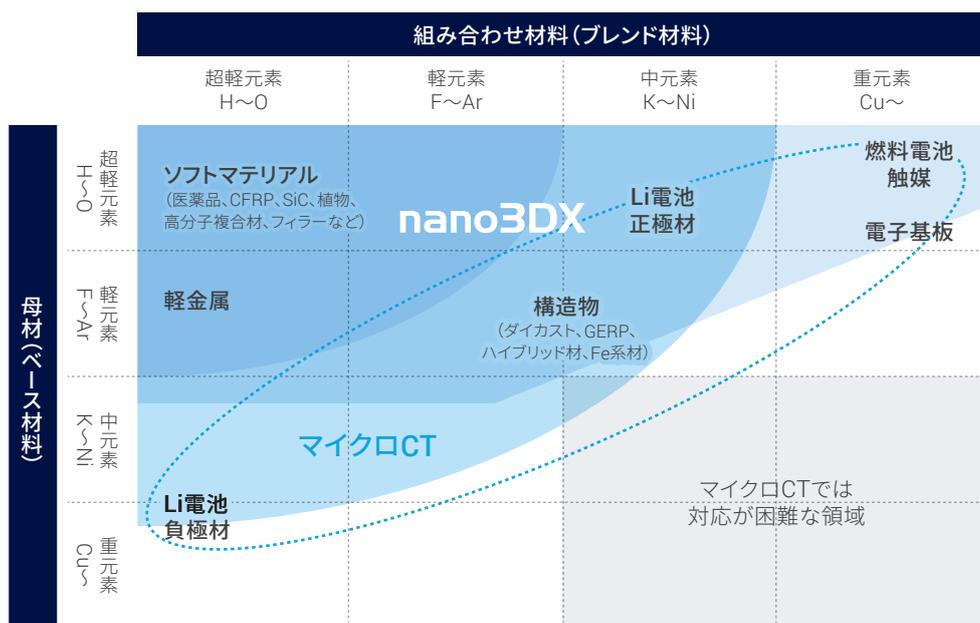
見るチカラで、世界を変える

# 高分解能3DX線頭微鏡 nano3DX



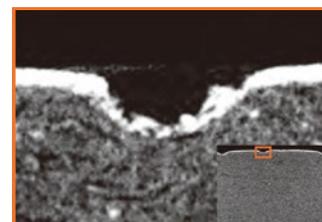
## 豊富なアプリケーション

nano3DXはサブミクロンの分解能を持つX線頭微鏡です。疑似平行ビーム光学系、1200 Wの高輝度X線源から発生する特性X線、高解像度X線カメラの組み合わせにより、一般的なCTでは観察が困難な低密度試料も高コントラストかつ短時間にCT撮影することができます。製剤、高分子・複合材・無機材料、軽金属、ライフサイエンス系試料などに加え、更にW線源による小型の電子部品のCT撮影も可能です。

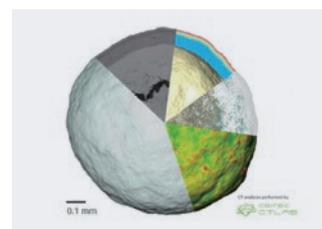


## 製剤

錠剤コーティング層

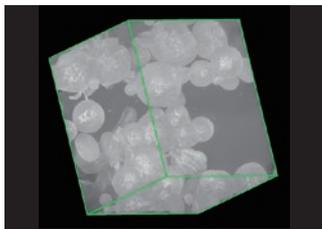


顆粒



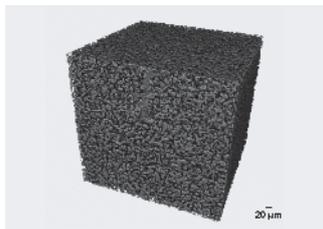
## 高分子・複合材料・無機材料

ポリマーブレンド

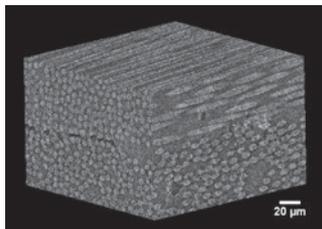


サンプル提供：豊田工業大学 田代教授

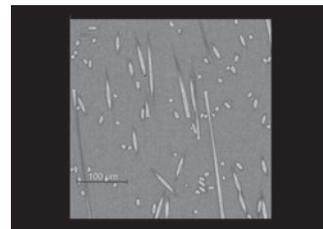
フィラーコンポジット



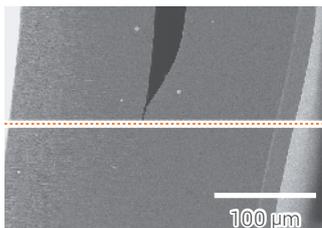
CFRP



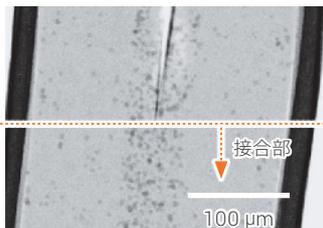
CFRP



ナイロンポリ袋接合部の断面SEM像

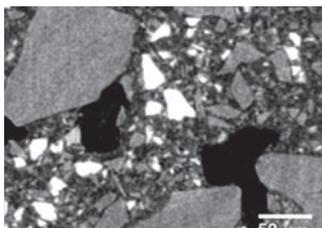


断面方向から撮影したX線透過像

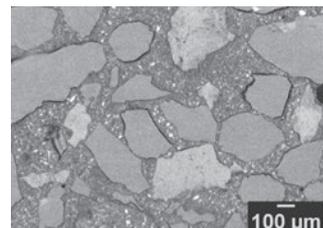


サンプル提供：株式会社 東レリサーチセンター 様

セラミック複合材

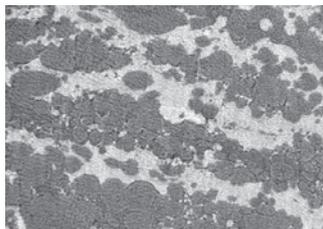
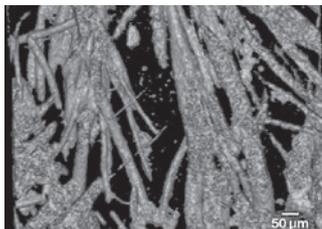


無機材料



## 軽金属

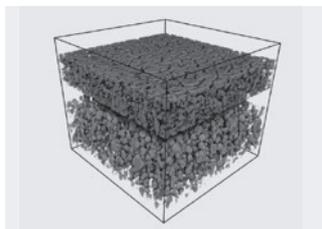
高熱伝導性Al-Cコンポジット



サンプル提供：単層CNT融合新材料研究開発機構 様／大阪府立産業技術総合研究所 様／北海道大学 様

## 電池・電子材料

電池材料



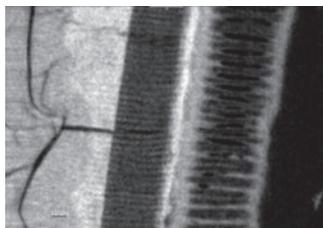
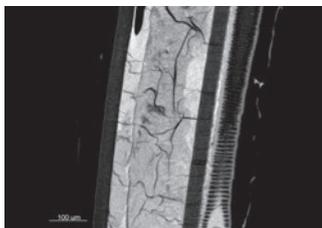
サンプル提供：LIBTEC 様

電子部品



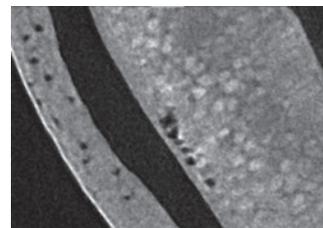
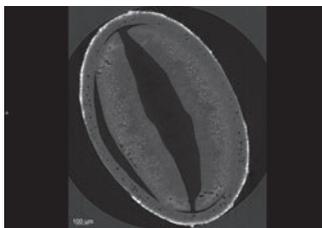
## ライフサイエンス

蝶の触角

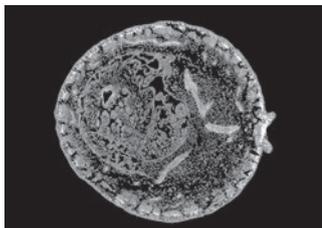


Sample: Courtesy of Prof. K. G. Kornev, Clemson University, USA

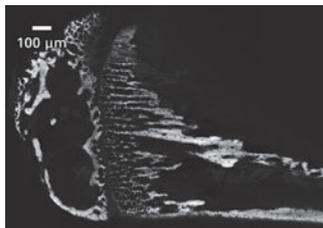
胡麻の種



南天の実

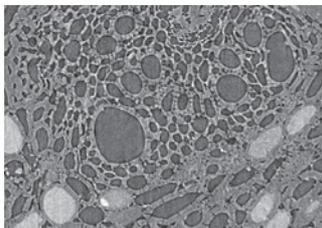


骨

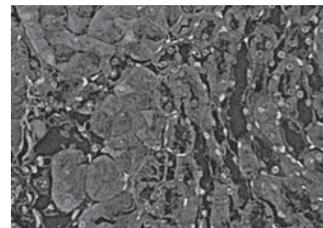


サンプル提供：慶應義塾大学 松尾教授

植物



臓器（腎臓）



## サブミクロン分解能でイメージング

### 高い2D・3D空間分解能

- 高解像度 (0.188  $\mu\text{m}/\text{pixel}$ ) のX線カメラ搭載
- 疑似平行ビーム+レンズ拡大方式により焦点移動の影響を除去
- 高精度5軸試料ステージの採用による高精度CT撮影

### 高コントラスト (密度分解能)

- 観察試料・目的にあわせてX線エネルギーを選択できるX線源 (Cr/Cu/Mo/W)
- 各X線源の特性X線を利用することで、密度差の小さな試料から最大限のコントラストを引き出します
- 位相回復ソフトウェアを用いることで、更なる高コントラスト化を実現します

### 高速撮影

- 業界最高の高輝度X線発生装置 (1200 W) と高解像度X線カメラの組み合わせにより、 $\mu\text{m}$ 構造のデータ収集が分オーダーで可能となりました

## 高分解能・高コントラスト・高速撮影を実現するリガク独自の要素技術

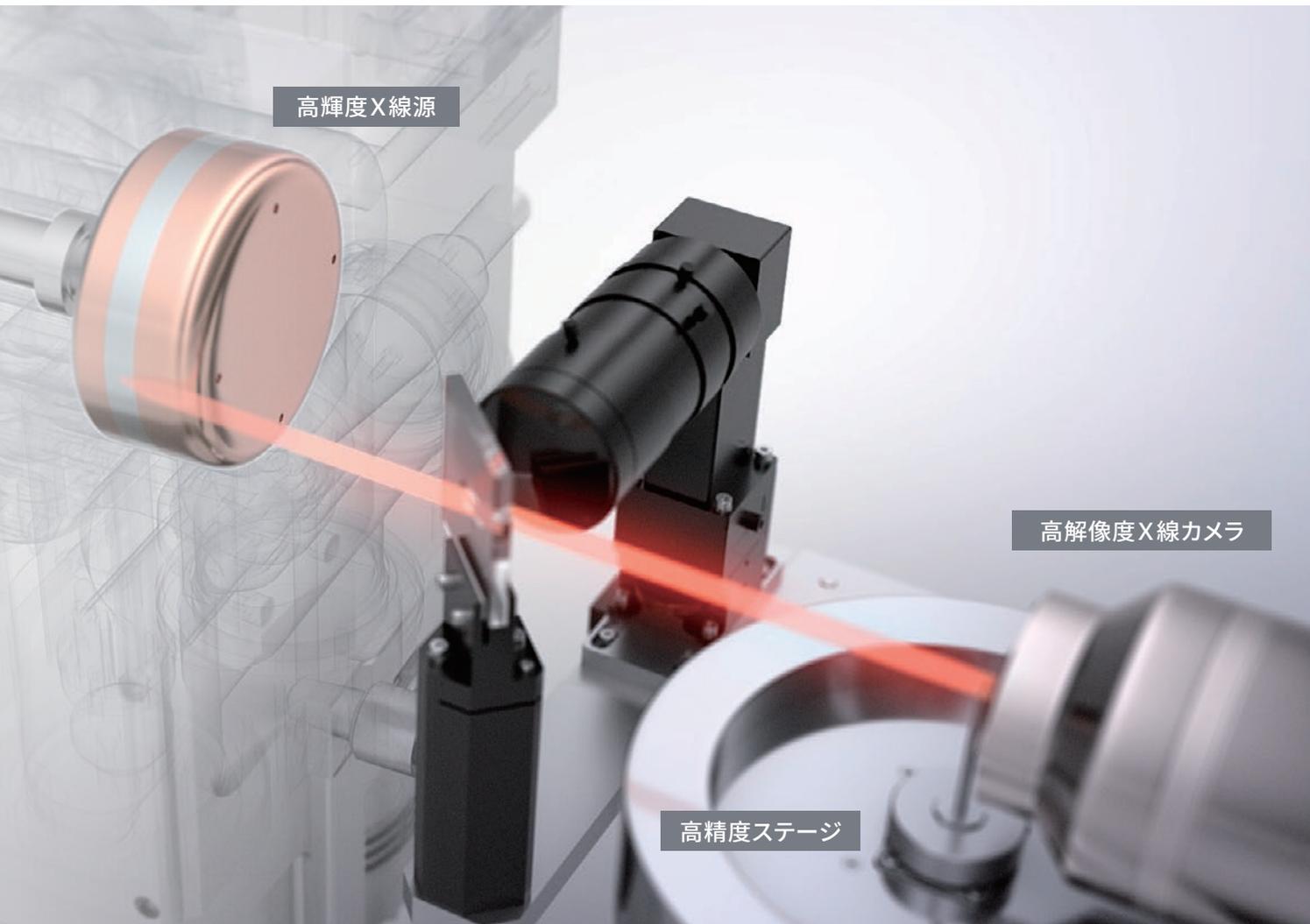
### 疑似平行ビーム光学系

放射光施設とほぼ同じ疑似平行ビーム光学系を採用しています。ほぼ平行なX線が試料に照射されるため、歪みのない投影像を取得できます。更にこの投影像をソフトウェアにより結合し、大視野投影像の取得も可能です。

### 高輝度X線源

## 1200 W

一般的なマイクロフォーカスX線発生装置の出力 (数W：高分解能撮影時) の100倍以上の出力の自社開発高輝度X線発生装置 (出力：1200 W) を使用し、各ターゲット材 (Cr、Cu、Mo) から発生させたエネルギーの低い特性X線をCT撮影に利用します。長年培われた独自技術を結集したX線発生装置は、長時間X線を発生させた場合でも高い光源安定性を有します。



## 高解像度X線カメラ

**0.188~3.00  $\mu\text{m}/\text{pixel}$**

最小画素サイズ0.188  $\mu\text{m}$ 、従来比2倍の撮影視野、低ノイズ高コントラストな画像取得を実現した高解像度X線カメラを搭載しました。本X線カメラと疑似平行ビーム光学系、高輝度な特性X線の組み合わせにより、対象材料の微細構造を高分解能高コントラストに確認できます。

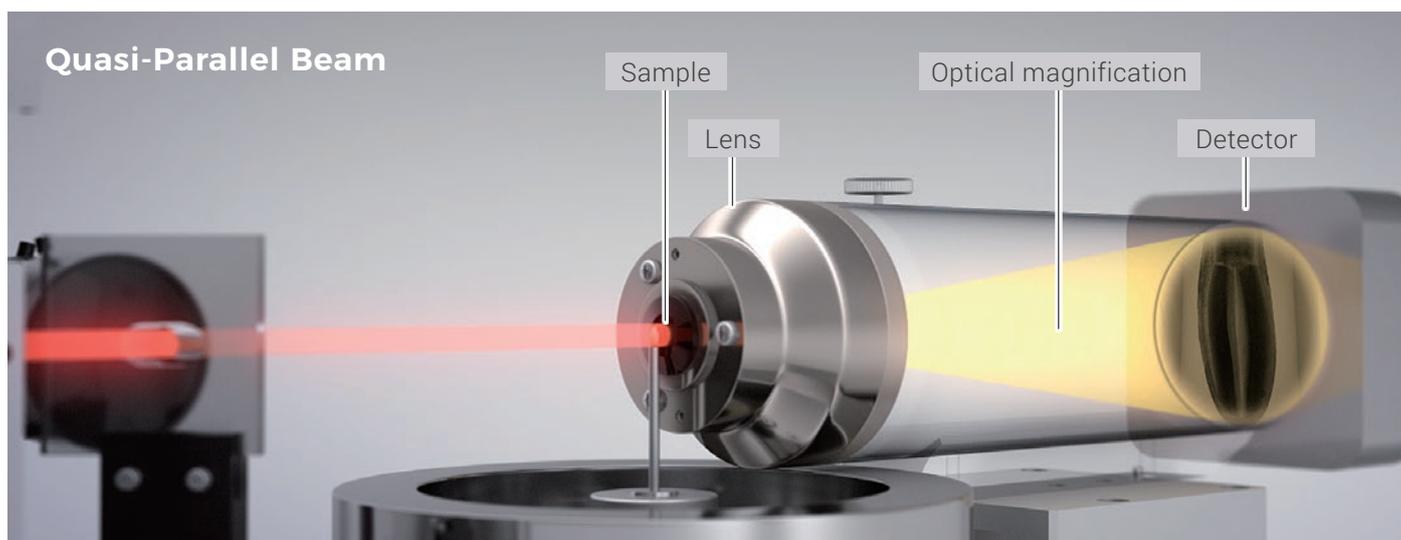
## 高精度ステージ

**芯ブレ 1  $\mu\text{m}$ 以下**

リガク主力製品のX線回折装置で利用される高精度回転軸（角度分解能：0.0001°）の技術を用いた芯ブレ1  $\mu\text{m}$ 以下の高精度ステージを搭載し、高分解能画像取得をサポートします。

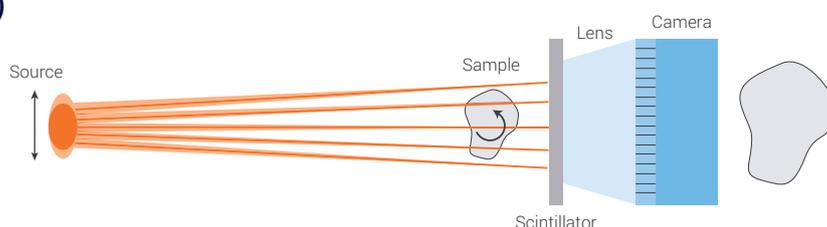
## 高い2D・3D空間分解能

- 高解像度のX線カメラ搭載 (0.188  $\mu\text{m}/\text{pixel}$  @最高倍率時)
- 疑似平行ビーム+レンズ拡大方式により焦点移動に伴う分解能低下を軽減
- 高精度5軸試料ステージ (芯ブレ1  $\mu\text{m}$ 以下) による高精度CT撮影



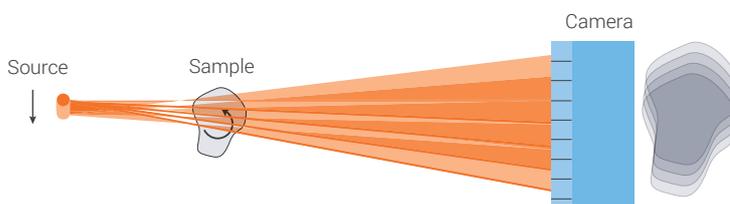
### 疑似平行ビーム方式 (nano3DX)

疑似平行ビーム方式による近接撮影のため、X線源のゆらぎの影響を受けにくい光学系です。



### コーンビーム方式 (従来方式)

拡大投影方式のため、X線源・試料のゆらぎが拡大され、像のブレを生みます。



### レンズ一覧

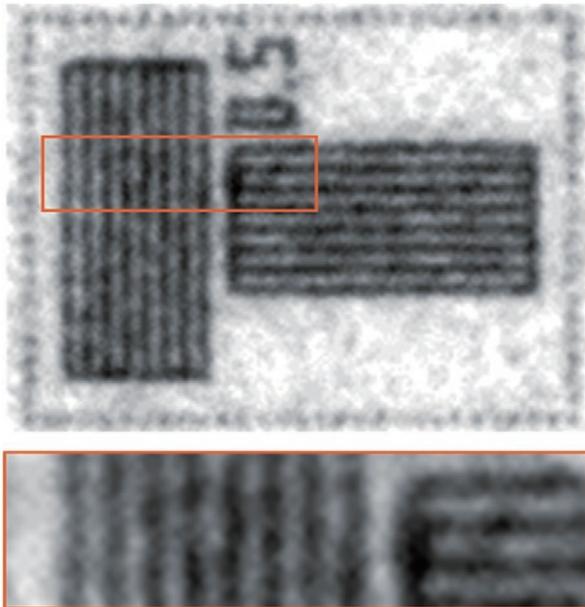
Lens	FOV mm	Voxel size $\mu\text{m}$
L0270	$\phi 0.90 \times 0.75$	0.188
L0540	$\phi 1.80 \times 1.50$	0.376
L1080	$\phi 3.60 \times 3.00$	0.752
L2160	$\phi 7.20 \times 6.00$	1.50
L4320	$\phi 14.4 \times 12.0$	3.00

※ L0270以外はオプション

※ 試料サイズに応じて簡単に交換可能です

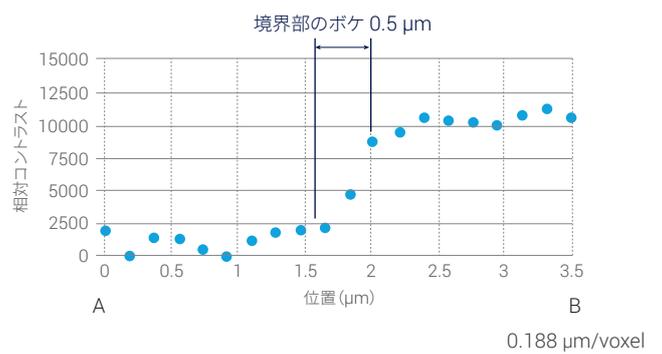
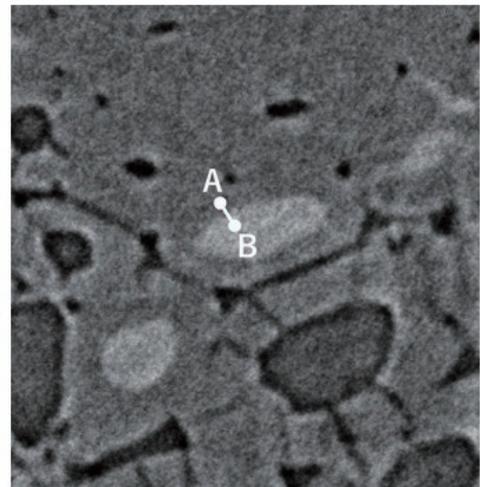
- 視野  $\phi 0.90 \sim \phi 14.4$  の5種類のレンズが用意されています
- 小視野・高分解能、大視野・低分解能等、目的に合わせてレンズを選択します
- オプションのオフセットスキャンを用いて視野を1.6倍程度広げることが可能です

## 高分解能 (2D)

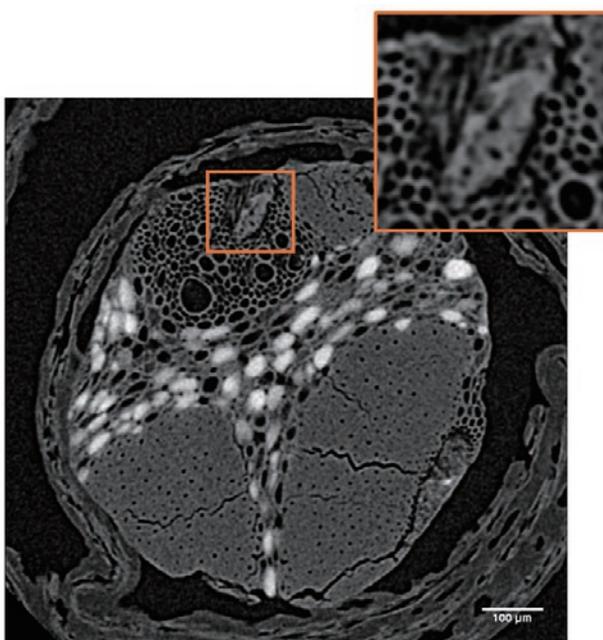


JIMA RT RC-04 (1 line = 0.5 μm)  
 投影像空間分解能: 0.5 μm (鮮鋭化処理なし)

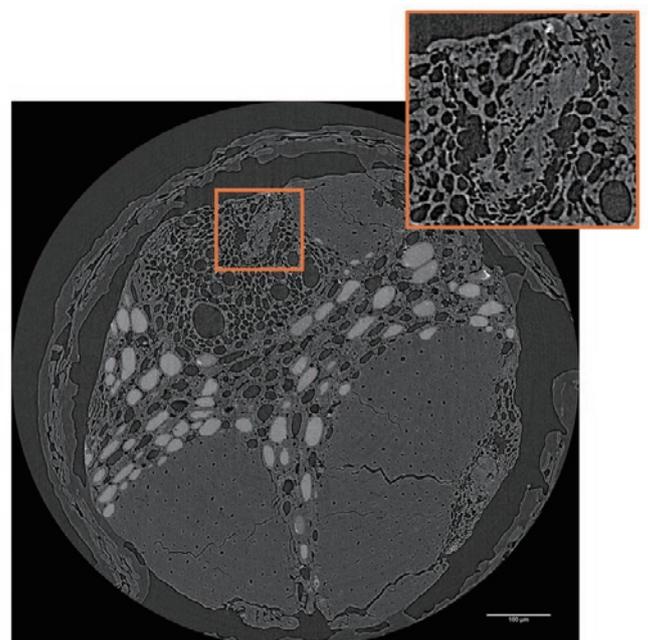
## 高分解能 (3D)



## 竹串 断層像 (装置比較)



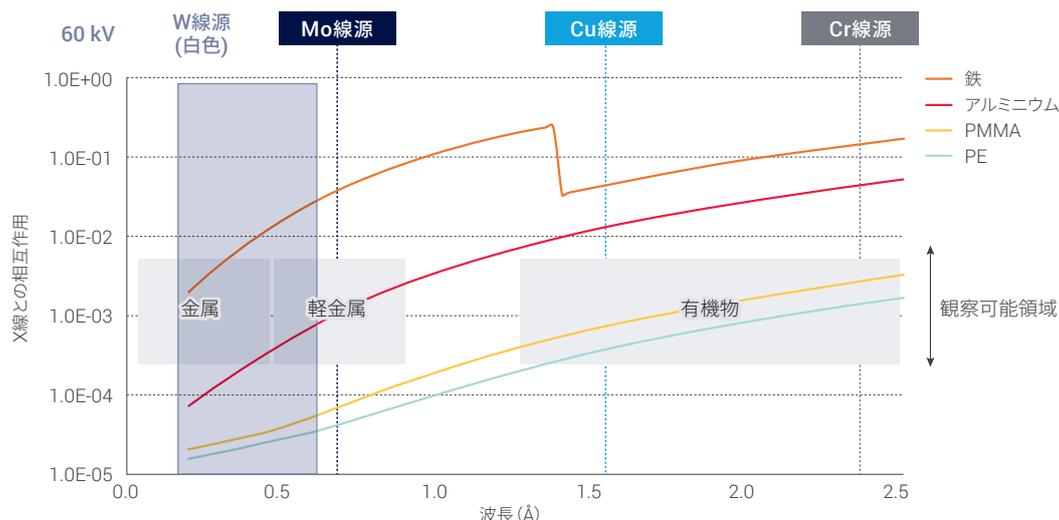
マイクロX線CT



nano3DX

# 高コントラスト

- 従来のX線CTで使用するW線源だけでなく、観察試料・目的にあわせて特性X線の波長（X線エネルギー）を選択できるX線源（Cu：標準、Cr/Mo/W：オプション）※ シングルターゲットの場合
- 低エネルギーで長波長なCr、CuのX線は有機物などの低密度材料の撮影に適しています
- CrやCuと比較して高エネルギーで短波長なMo、WのX線は無機材料や軽金属などの撮影に適しています
- Cr、Cu、Mo線源の特性X線と位相回復で、密度差の小さな試料からも最大限のコントラストを引き出します



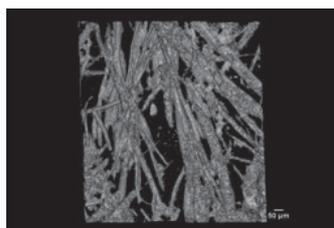
## 各線源による代表的なサンプル撮影例

W線源



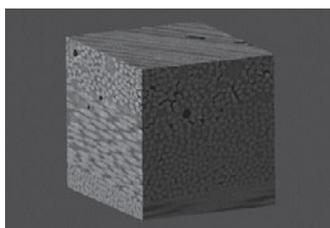
電子部品

Mo線源



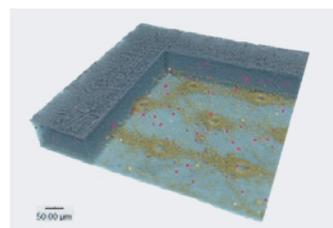
Al-Cコンポジット

Cu線源



炭素繊維強化樹脂

Cr線源

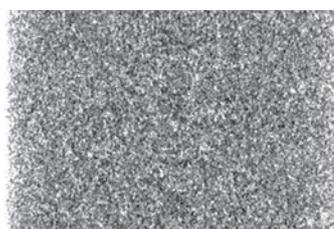


多層有機膜

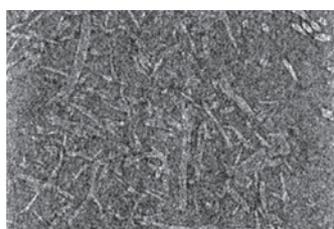
## 不織布（有機物）の各X線源による撮影例

不織布（有機物）ではCrやCuの長波長線源の方が明瞭なコントラストが得られます。

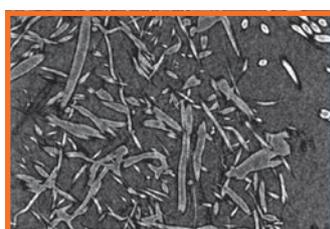
W線源



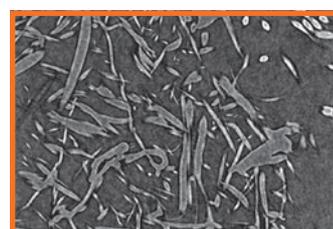
Mo線源



Cu線源

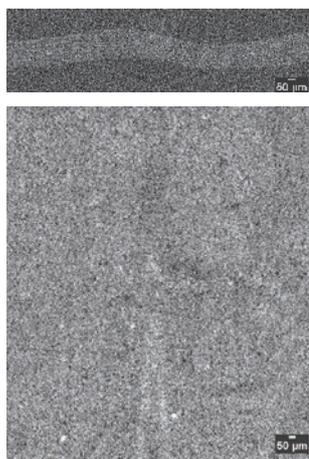


Cr線源

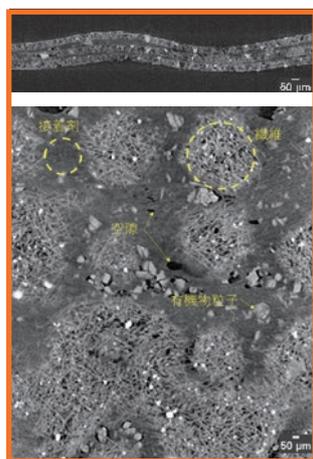


## 接着層（有機物）の撮影例

有機物（接着層）ではCu等長波長線源の方が明瞭なコントラストが得られます。



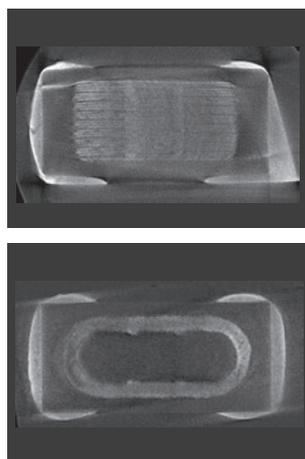
W線源



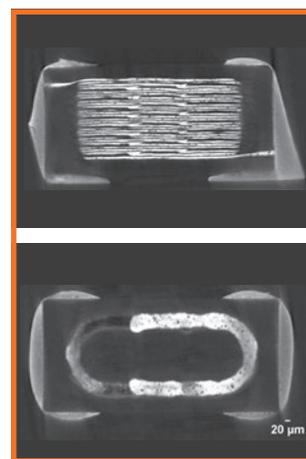
Cu線源

## 電子部品（金属）の撮影例

金属では短波長のW線源の方が明瞭なコントラストが得られます。



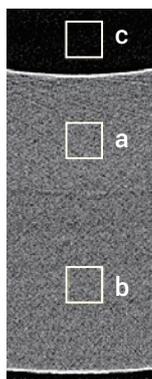
Mo線源



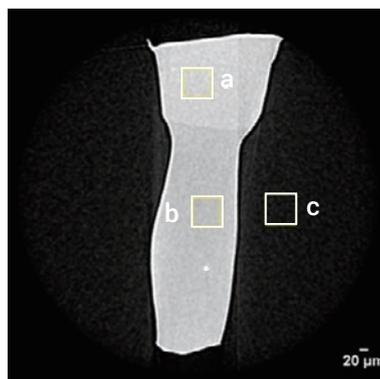
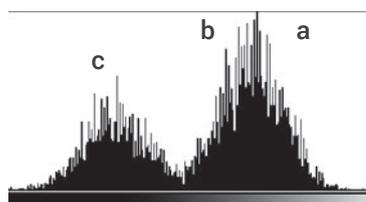
W線源

## 接着層（有機物）の撮影例

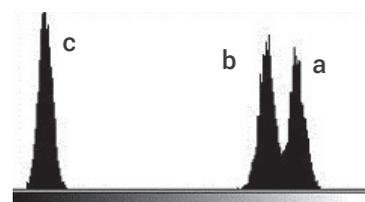
特性X線と位相回復で密度差の小さな試料でも最大限のコントラストを引き出します。波長の最も長いCr線源を用いることで、HDPE（高密度ポリエチレン）（ $0.93 \text{ g/cm}^3$ ）とLDPE（低密度ポリエチレン）（ $0.88 \text{ g/cm}^3$ ）の判別が可能です。



マイクロX線CT



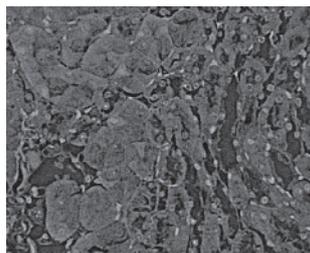
nano3DX



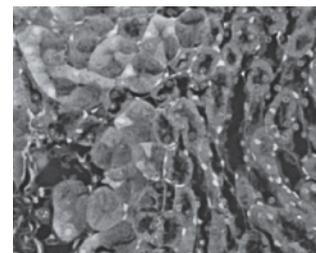
## 位相回復による生体軟組織撮影画像の高コントラスト化

十分なコントラストを得ることが難しい生体軟組織等でも、位相回復により高コントラストで観察可能です。

※ 位相回復ソフトウェアはオプションです



腎臓、Cu線源、位相回復なし  
試料提供：金沢医科大学 古市賢吾先生



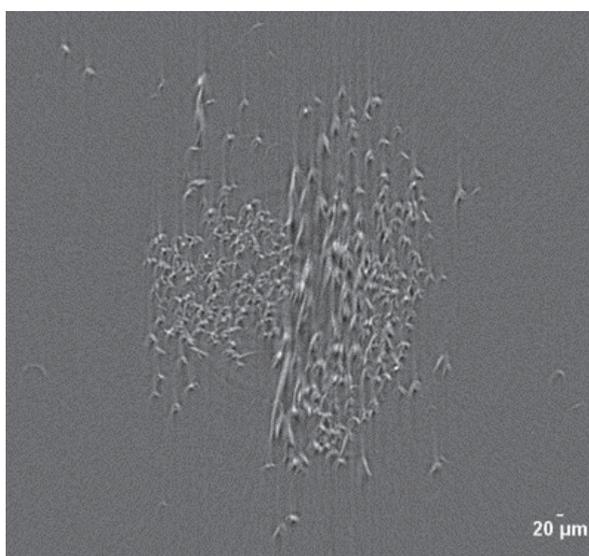
腎臓、Cu線源、位相回復あり

## 高速撮影 / *in-situ*撮影

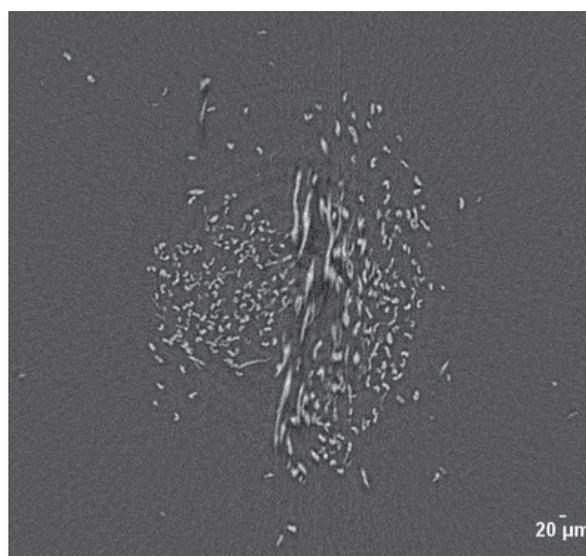
- 回転対陰極技術を使用した出力1200 Wの高輝度X線源により、マイクロフォーカスX線源による高分解能撮影時の100倍以上の出力でX線を発生
- 高速X線カメラによる連続スキャン
- 高速2D/CT撮影機能による時分割イメージング

### 糸の高速撮影例

高速で撮影することで、試料の変形からくるモーションアーチファクトを低減します。



129分撮影



12分撮影

### 炭素繊維強化樹脂の *in-situ* 撮影例

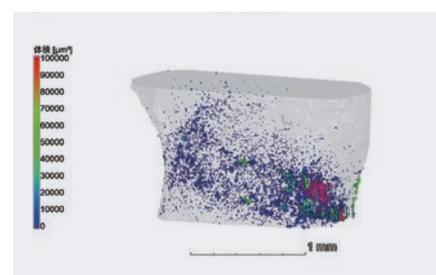
引張アタッチメントを用いて、引張試験時の *in-situ* 撮影を行いました。炭素繊維強化樹脂内部の剥離やクラックの経時変化を3次元的に観察できます。



0N



160N

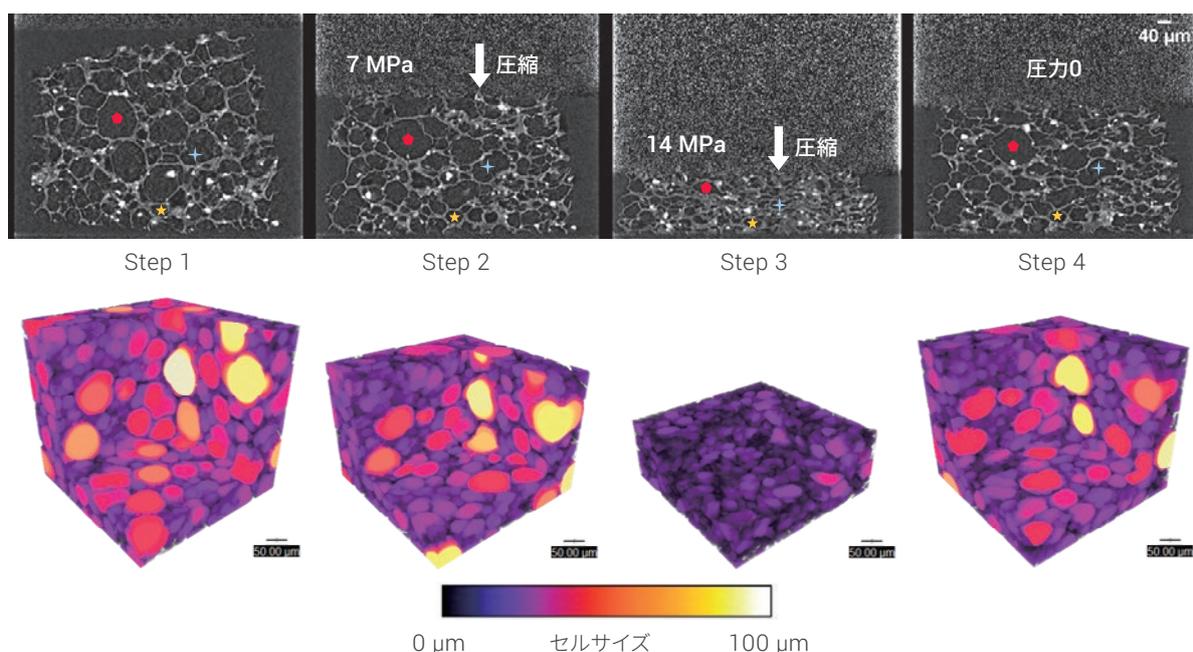


185N

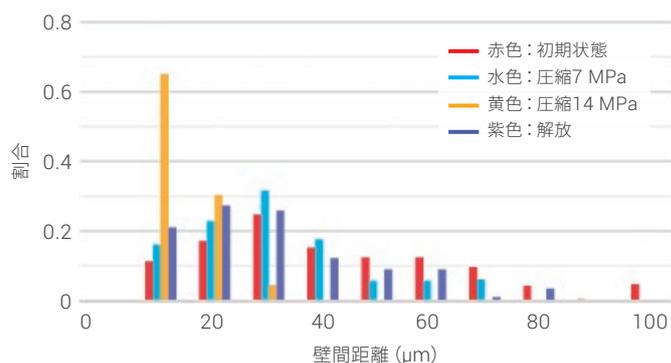
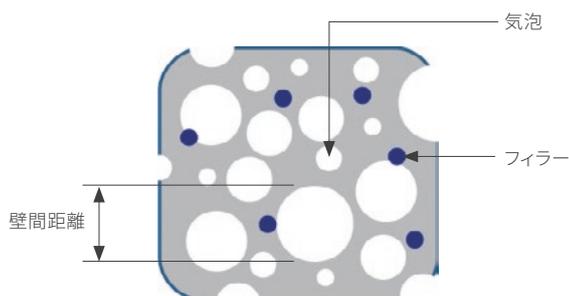
## 高速撮影の特長を生かして、種々の環境制御下 (*in-situ*) の撮影をサポート

加熱	冷却	圧縮加熱	引張り
			
温度範囲：RT~200°C 試料サイズ：5 mmφ×5 mm以下	温度範囲：-20°C~RT 試料サイズ：8 mmφ×4 mm以下	温度範囲：1~200 N (1N 刻み) 試料サイズ：10 mmφ×2 mm	温度範囲：1~200N (1N刻み) 試料サイズ：長さ 18 mm×幅 8 mm× 厚さ 1.5 mm

## 発泡樹脂の圧縮例 (壁間距離の測定)



圧縮前後で壁間距離が元のサイズに戻らないことが観察されました。

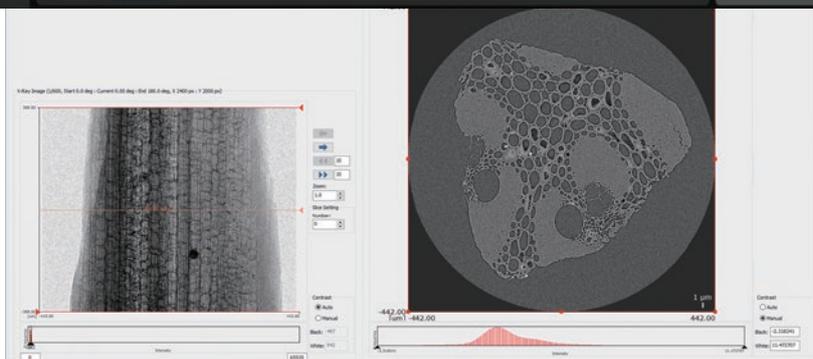
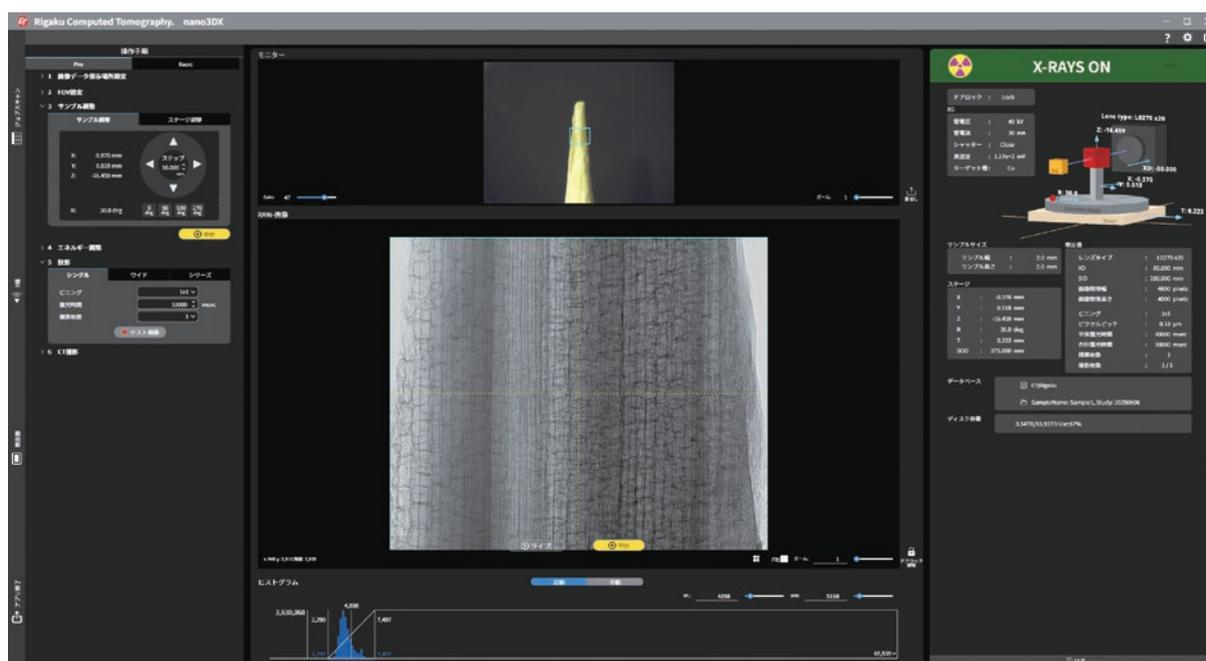


# 自社開発のソフトウェアで簡単CT撮影・CT再構成

- 撮影対象によりX線源を選択するため（管電圧、管電流は固定）、露光時間等の細かな条件設定を行うことなく、きれいな画像を取得できます。
- 同軸光学カメラユニットにより、X線照射方向から可視光カメラで試料を観察できます。自動位置合わせ、撮影位置の画像保存が可能です。
- 疑似平行ビーム光学系では、ソフトウェア操作中にX線源と試料との干渉を気にする必要はありません。
- 各種補正機能を有する再構成ソフトウェアは高画質な3次元画像を短時間で作製します。
- 最新ソフトウェアにより、CT撮影開始・CT再構成・3次元画像出力まで自動で行います。



コントロールソフトウェア



再構成ソフトウェア

# 大視野投影像

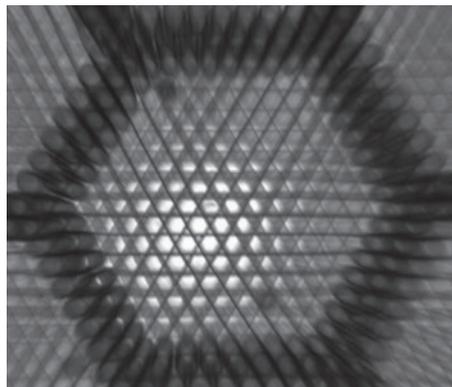
- 疑似平行ビーム方式による、幾何学的収差が少ない透視像
- 横方向±10 mm、縦方向40 mmのステージ
- 画像をつなぎ合わせる自社製ソフトウェア

## ひずみのない投影画像



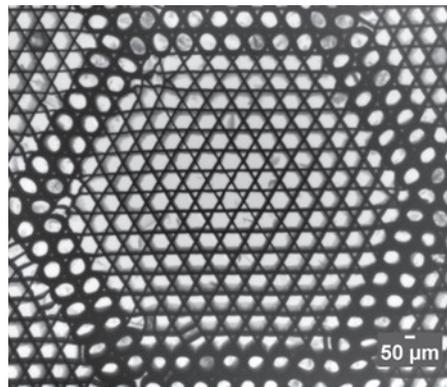
ポリキャピラリー

マイクロX線CT (コーンビーム方式)



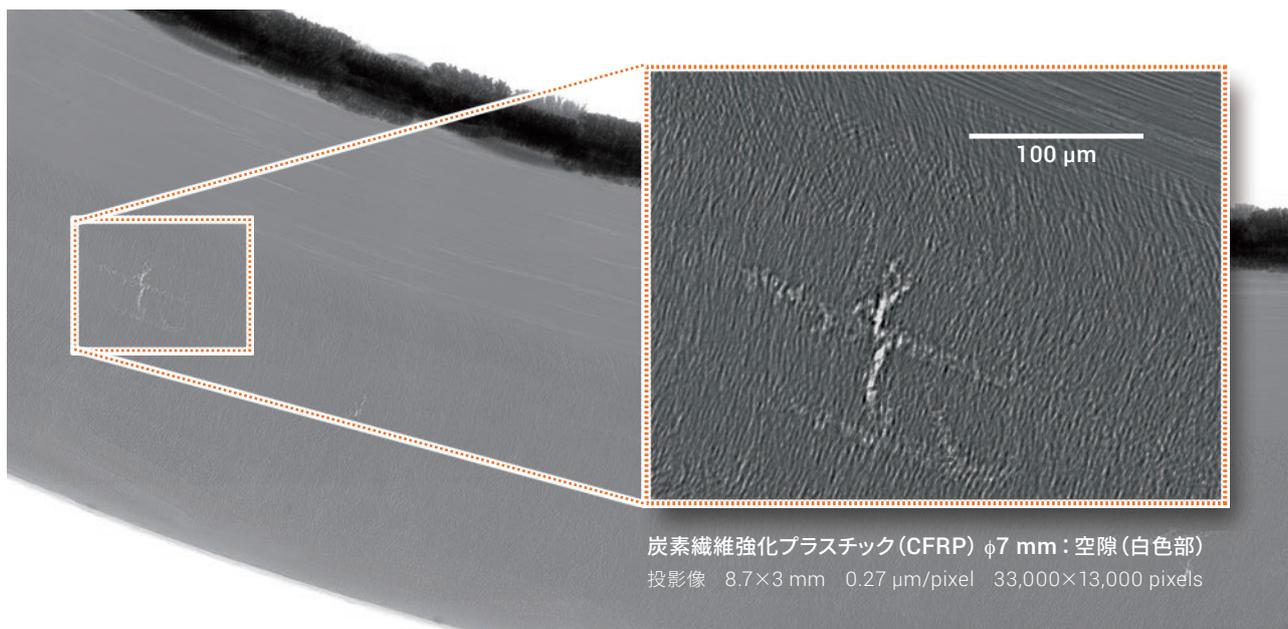
像が歪み、違う構造に見える  
真の形状観察にはCT撮影が必要

nano3DX (疑似平行ビーム方式)



高分解能で像が歪まない  
短時間 (数秒) の投影像で形状観察が可能

分解能を落とすことなく、広い視野で試料の観察ができます。



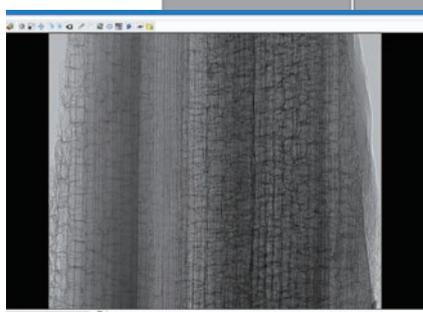
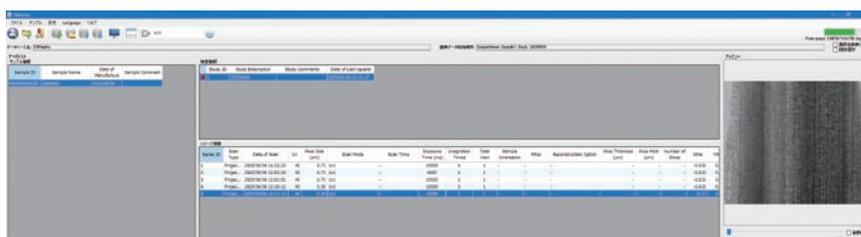
炭素繊維強化プラスチック (CFRP)  $\phi 7$  mm : 空隙 (白色部)  
投影像 8.7×3 mm 0.27  $\mu$ m/pixel 33,000×13,000 pixels

# 幅広いニーズに対応できる充実のソフトウェア

## 自社開発の標準ソフトウェア

取得した画像データはDatabaseソフトウェアで管理し、各種画像データ情報の表示・管理・データ変換等を統合的に実施します。標準のviewerソフトウェアは2次元画像または3次元画像の表示と解析機能を有しています。

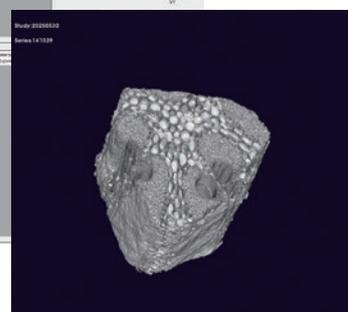
Databaseソフトウェア



2D viewerソフトウェア



Viewerソフトウェア



3D viewerソフトウェア

## Comet Technologies Canada Inc.社製

### Dragonfly



Deep Learningを使用したセグメンテーションツールで空孔、粒子の分布や大きさ、繊維配向等を解析することができます。



Dragonfly and the Dragonfly logos are trademarks of Comet Technologies Canada Inc.

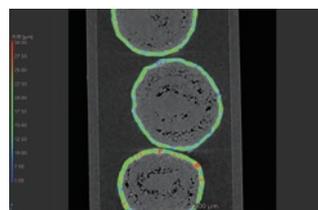
## Hexagon Manufacturing Intelligence社製

### VGSTUDIO MAX



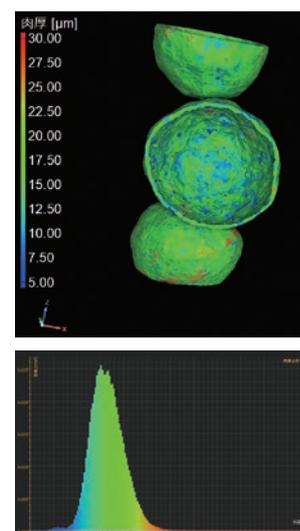
各種モジュールを用いて、空孔、粒子、繊維配向、試料形状などを解析することができます。

断面画像



VGSTUDIO MAXはHexagon Manufacturing Intelligence社の登録商標です。

3D画像



画像処理、セグメンテーション、目的部位の定量化や計測などを行う外部ソフトウェアを併用し、種々のニーズに対応します。

## 仕様

X線発生部	回転対陰極型高輝度X線発生装置
管電圧、管電流	～60 kV、～30 mA
ターゲット	シングル Cu (オプション：Mo、Cr、W) デュアル Cu/Mo (オプション：Cu/Cr、Cu/W、Cr/Mo)
検出器	X線カメラ (CMOS)
有効画素数	4800×4000 pixel
画素サイズ	0.188～3.00 μm/pixel
視野	φ0.90×0.75～φ14.4×12.0 mm
ダイナミックレンジ	16 bit
サンプルステージ	自動5軸ステージ

### コンピューター

CPU	Intel Xeon
GPU	弊社指定品
メモリ	512 GB以上
ストレージ	16 TB以上
OS	Windows 11 64 bit
モニター	27インチ

装置寸法	1300 (W) × 655 (D) × 1640 (H) mm
重量	650 kg
冷却水循環装置	水冷式室内型 (標準)
外部漏洩線量	1 μSv/h以下

## ソフトウェア

制御・再構成ソフトウェア	X線CT撮影 X線CTデータの再構成 (位相回復機能：オプション)
画像データ管理 画像表示ソフトウェア	Databaseソフトウェア： 取得データ情報管理、各種変換処理 画像表示ソフトウェア： CT断層画像・3次元画像表示、簡単な解析機能
オプションソフトウェア	再構成・画像表示ソフトウェア Tomoshop (緑野リサーチ社) 画像表示・解析ソフトウェア Dragonfly (Comet Technologies Canada Inc.社) VGSTUDIO MAX (Hexagon Manufacturing Intelligence社)

### nano3DXの動画へのリンク



<https://www.youtube.com/watch?v=HU2FT-gNIKw>

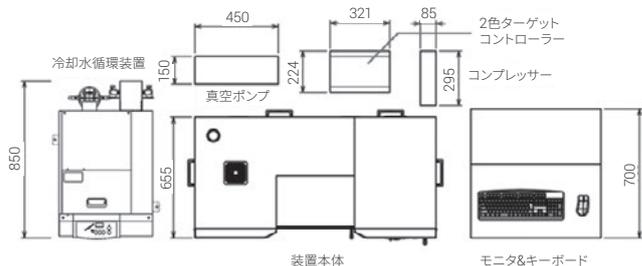


<https://www.youtube.com/watch?v=5wpnfV9y8BA>

## レイアウト寸法

重量：650 kg

単位：mm



## 設置条件

冷却水循環装置	1式 (水冷式室内型：標準) 供給水量：25°C 8.3 L/min 34°C 15.5 L/min (最低値)
所要電源	本体部 AC三相 200 V 15 A
	制御・PC部 AC100 V 15 A
	冷却水循環装置 AC三相 200 V 10 A

注) 装置および試料の温度変化を抑える為に、空調設備をご用意願います。

注) 設置条件により冷却水循環装置は空冷タイプもございます。

# nano3DX

## 高分解能3DX線頭微鏡

- \* カタログ中に掲載されている性能上の数値は、株式会社リガクによるテスト結果であり、他の環境下で常に同様の結果となることを保証するものではありません。
- \* 「nano3DX」は、株式会社リガクまたはその関連会社の商標または登録商標です。
- \* カタログ中の社名、製品名は各社の商標および登録商標です。
- \* このカタログに掲載されている製品は、外国為替および外国貿易法の安全保障輸出管理の規制品に該当する場合がありますので、輸出する場合、または日本国外に持ち出す際は、日本国政府への輸出許可申請等、必要な手続きをお取りください。

製品改良にともない、やむをえず仕様・外観などを予告なく変更させていただく場合があります。ご了承ください。

株式会社 **リガク** 〒196-8666 東京都昭島市松原町3-9-12  
☎ (042) 545-8111 (代表電話案内) FAX. (042) 544-9795

東京支店 / 〒151-0051	渋谷区千駄ヶ谷5-32-10	☎ (03) 5312-7077	FAX. (03) 5312-7078
大阪支店 / 〒564-0063	吹田市江坂町1-23-101	☎ (06) 6879-1660	FAX. (06) 6879-1664
東北営業所 / 〒980-0804	仙台市青葉区大町1-2-16	☎ (022) 264-0446	FAX. (022) 223-1977
名古屋営業所 / 〒461-0002	名古屋市東区代官町35-16	☎ (052) 931-8441	FAX. (052) 931-2689
九州営業所 / 〒802-0005	北九州市小倉北区堺町2-1-1	☎ (093) 541-5111	FAX. (093) 541-5288

www.rigaku.com | info-gsm@rigaku.co.jp

BIN3D00\_JAJPA1