

高分解能3D X線顕微鏡 nano3DX 用検出器 次世代XSight™ Micron LC

—nano3DX さらなる高分解能化—



高分解能3D X線顕微鏡 nano3DX 用検出器 XSight Micron LC を次世代へと進化させたことで、装置の分解能が40%以上向上しました。nano3DXは、0.6 μm の高分解能・高コントラスト・広視野の3D観察を可能にしたX線顕微鏡として、2012年より提供しています。今回の進化により、分解能、S/N比、視野がさらに向上し、より微細な構造を詳細に捉えることが可能になりました。この次世代XSight Micron LCは既存のnano3DXにも搭載でき、現有装置の性能を向上させるアップグレードにも対応します。

1. はじめに

nano3DXは特性X線を使用した疑似平行ビーム法により高いコントラストと分解能とを実現し、医薬、生体、複合材料など、多様な分野で利用されています⁽¹⁻⁴⁾。他方で、近年の観察対象は高機能化に伴い、その構造は微細化、複雑化が進んでおり、より高精細な画像が求められるようになってきました。これらの要求に応えるため、さらに高い分解能とS/N比(Signal / Noise ratio)が必要になります。今回開発した次世代XSight Micron LCは、従来モデルより高い分解能とS/N比を実現し、かつ視野(Field of view : FOV)を広げることができます。本稿では、その特長と効果について、実例を交えながら紹介していきます。

2. XSight Micron LCの特長

2.1. 高い分解能とS/N比

疑似平行ビーム法では、分解能は主に検出器のピクセルサイズと使用するレンズの倍率によって決まります。よって、ピクセルサイズを縮小することで分解能は向上します。ピクセルサイズは、従来モデルに比べて58%縮小しており、分解能は40%以上向上しました。ピクセルサイズが縮小することによる欠点は、ピクセル当たり計数できるX線量の減少によるS/N比の低下が挙げられます。そこで、シンチレータを改良することで、従来モデルより高いS/N比を実現しました。従来モデルのシンチレータと比較し、次世代モデル

は高輝度・低ノイズ・高均質性を兼ね備えたシンチレータにアップグレードしました。空気散乱を撮影したものを図1に示します。シンチレータはX線を可視光に変換するためのものですが、次世代モデルは従来モデルと比べ、より多くの可視光を放出し、かつ縞状の固定パターンノイズが低減、空間均一性が向上しています。

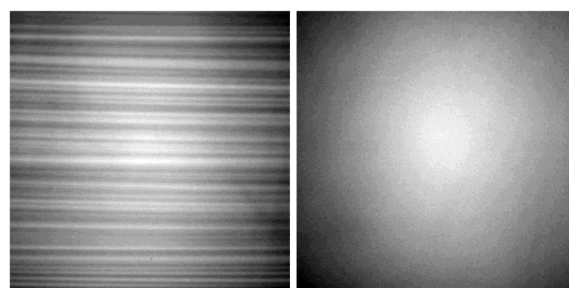


図1. 空気散乱のX線撮影像。

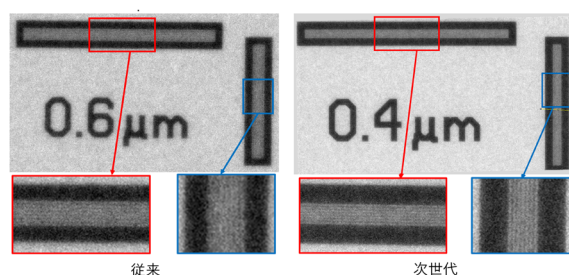


図2. JIMA RT RC-02Bの透視像。

従来と次世代のXSight Micron LC を用いてJIMA RT RC-02B を撮影した画像を図2に示します。分解能とS/Nの改善から高周波パターンの識別性が大幅に改善したことで、従来モデルが0.6 μm に対し、次世代モデルでは0.4 μm チャートのパターン分離が確認できています。

2.2. 広い撮影視野

検出面積は従来比で約1.8倍に拡大しました。これにより、一度の撮影でより広い領域を取得できるため、様々な場所の評価が同時に可能となります。従来モデルと次世代モデルの検出器を使用して、竹串を撮影し

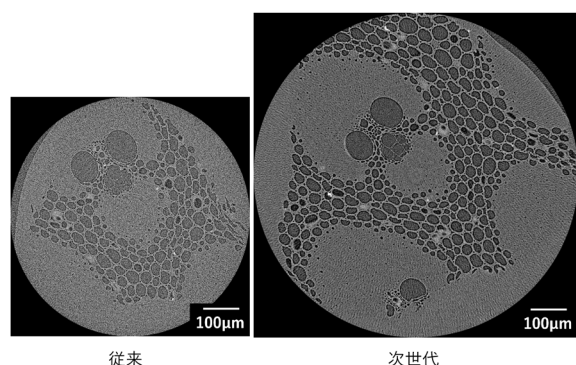


図3. 撮影サイズ比較.

表1. レンズ別分解能とFOV.

レンズ	拡大率	分解能 (μm)		FOV (mm)	
		従来	次世代	従来	次世代
L0270	20	0.325	0.188	$\phi 0.66 \times 0.66$	$\phi 0.90 \times 0.75$
L0540	10	0.650	0.376	$\phi 1.33 \times 1.33$	$\phi 1.80 \times 1.50$
L1080	5	1.30	0.752	$\phi 2.66 \times 2.66$	$\phi 3.60 \times 3.00$
L2180	2.5	2.60	1.50	$\phi 5.32 \times 5.32$	$\phi 7.20 \times 6.00$
L4320	1.25	5.20	3.01	$\phi 10.63 \times 10.63$	$\phi 14.4 \times 12.0$

ました。図3に再構成したCT画像を示します。従来モデルでは試料内部の一部のみ構造が確認できますが、次世代モデルでは試料全体の構造も確認できます。

表1にレンズ、分解能、視野(FOV)を、従来モデルと次世代モデルを比較した表を記します。なお、nano3DXは疑似平行ビーム法を採用しているため、レンズ交換によって拡大率を変更します。

3. 撮影事例

3.1. CFRP

CFRPのCT画像を図4に示します。次世代モデルは従来モデルに比べて繊維形状、内部、繊維間の微小空隙が、高精細に可視化されています。

3.2. 全固体電池電解質の空隙観察

全固体電池の電解質を撮影しました。CT画像と空隙解析の結果を図5に示します。10 μm 以下の微小空隙を高精度に可視化できています。さらに10 μm 以下空隙に分布があり、5 μm 前後の空隙を中心とした分布が得られました。

4. おわりに

ピクセルサイズ、シンチレータ改良、視野拡大により、nano3DXの高分解能、高コントラスト、広視野撮影の

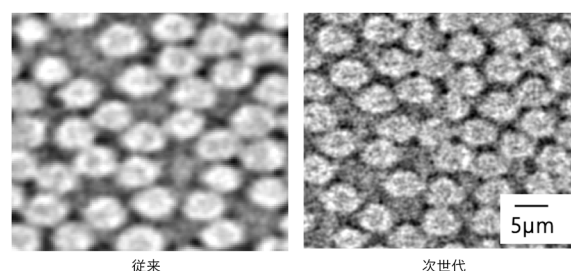


図4. CFRPのCT像.

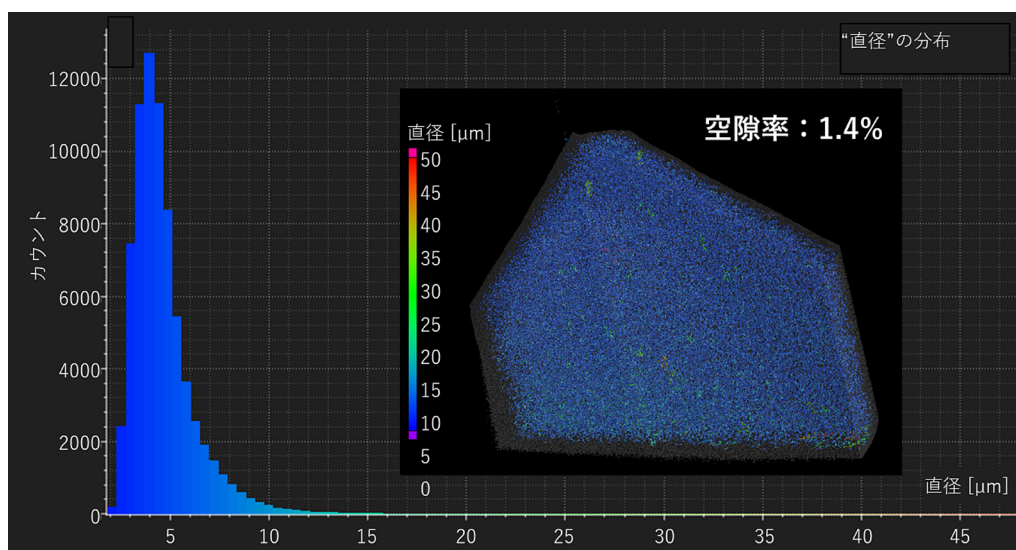


図5. 固体電池電解質：空隙解析。
試料提供：兵庫県立大学 中村龍哉先生

特徴をさらに引き出すものとなります。現有装置のアップグレードも可能で、より高度な観察・解析ニーズに対応できるようになります。

参 考 文 献

- (1) 武田佳彦：リガクジャーナル，**43**(2012)，No. 2, 28-30.
- (2) 武田佳彦：リガクジャーナル，**44**(2013)，No. 1, 16-20.
- (3) 国島直樹：リガクジャーナル，**50**(2019)，No. 2, 17-20.
- (4) 関根由可里：リガクジャーナル，**51**(2020)，No. 2, 6-9.