

# AI再構成を使用したX線CTのスループット向上と それを利用した電池全自動検査システムのご紹介

2024年9月5日

株式会社リガク XRDアプリケーションソフトウェア開発部

太田 卓見

# アウトライン

- インTRODクシヨン
  - CT装置の紹介と課題
- AI再構成によるスループット改善
  - 電池の解析
  - プラスチック部品の解析
- 自動サンプルチェンジャ搭載CTシステム
  - 電池の全自動検査

# モノづくり工程における評価・検査項目

- X線CTを用いると試料・製品の状態を3次元で非破壊観察可能

## 基礎研究

## 設計開発

## 生産技術

## 製造

## 保守・メンテナンス

素材分析

構造解析

特性評価

性能試験

試作評価

工程最適化

工程検査

不良検査

出荷検査

故障解析

### 素材構造解析

### 製品設計

### 量産化検討

### 品質検査

### 故障分析

- 各素材の分散性、配向性、添加量
- 層構造、接着面、境界面の評価

- 試作品内のボイド、クラック、空隙等の評価
- 加熱、冷却、圧縮、引張等の影響評価

- 形状検査（肉厚、バリ、ヒケ、寸法）
- 組立部材の位置ズレ
- 成型時のボイド、クラック
- はんだ、接合状態

- 断線有無
- はんだ、接合不良
- 摩耗具合

検査する試料の材料、大きさ、形状はお客様に応じて多種多様です

# リガクX線CTラインナップ

検査する試料に応じた装置を提供可能

**nano3DX<sup>®</sup>**  
 疑似並行ビーム  
 特性X線  
 高輝度X線源搭載

ナノオーダー超高分解能機



管電圧：～60kV

**CT Lab<sup>®</sup> HX**  
 デスクトップ型  
 ASC\*搭載可能



管電圧：～130kV

**CT Lab<sup>®</sup> GX**  
 試料水平保持  
 簡便操作



汎用性高い万能機

High  
分解能  
小試料

1 μm

高電圧高出力機 (225kV)  
 ASC\*搭載可能  
 多目的  
 大型

Low

160  
kV

300  
kV

High

管電圧 (kV)

LOW

大試料

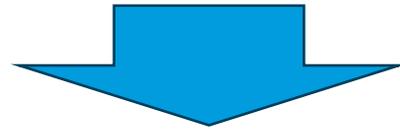
**CT Lab<sup>®</sup> HV**



\*自動サンプルチェンジャー (Auto Sample Changer)

## 課題と解決策

- 短時間で高画質の画像を取得したい。
- 大量の試料を測定したい。



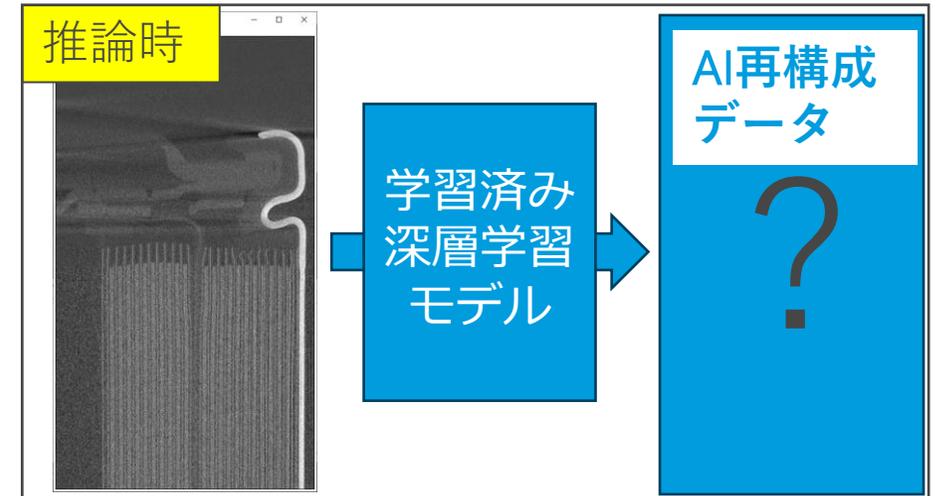
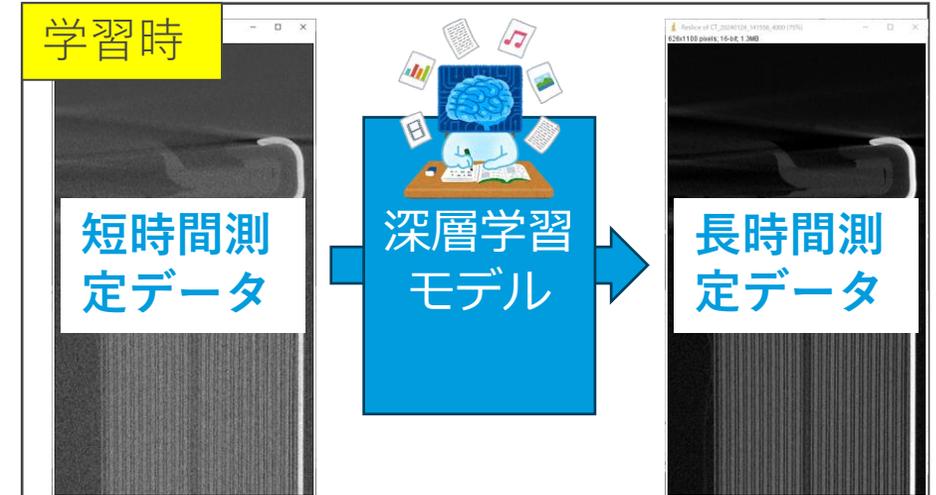
- ソフトウェアを用いた高画質化（AI再構成）
- 自動サンプルチェンジャーによる自動化

# アウトライン

- インTRODクシヨン
  - CT装置の紹介と課題
- AI再構成によるスループット改善
  - 電池の解析
  - プラスチック部品の解析
- 自動サンプルチェンジャ搭載CTシステム
  - 電池の全自動検査

# 深層学習を用いた高画質化（AI再構成）

- ノイズの多い画像とノイズの少ない画像を教師データとして用いて、深層学習のモデルを学習させる。
- 例えば、同じ試料に対し、短時間測定の再構成画像を学習時の入力データ（**短時間測定データ**）、長時間測定の再構成画像を学習時の出力データ（**長時間測定データ**）にする。
- 推論時には、短時間測定の再構成画像を学習済みモデルに入力することで、高画質な再構成画像（**AI再構成データ**）を得ることができる。



# 電池の解析条件

- CT Lab HVを用いてリチウムイオン電池（18650）を測定
- 短時間測定と長時間測定のデータを用いて深層学習モデルを学習させる
- 短時間測定データを学習済み深層学習モデルで推論させる

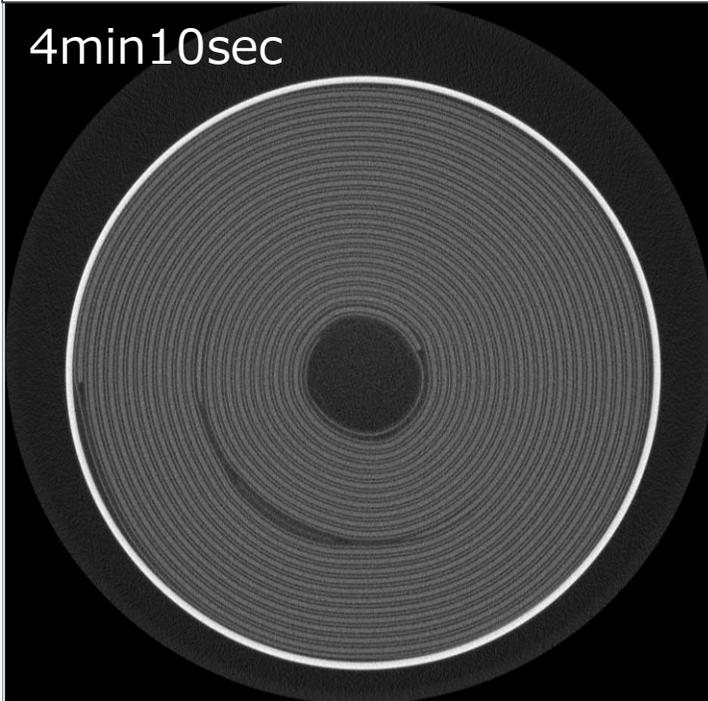


# 電池の解析

撮影枚数：1000枚

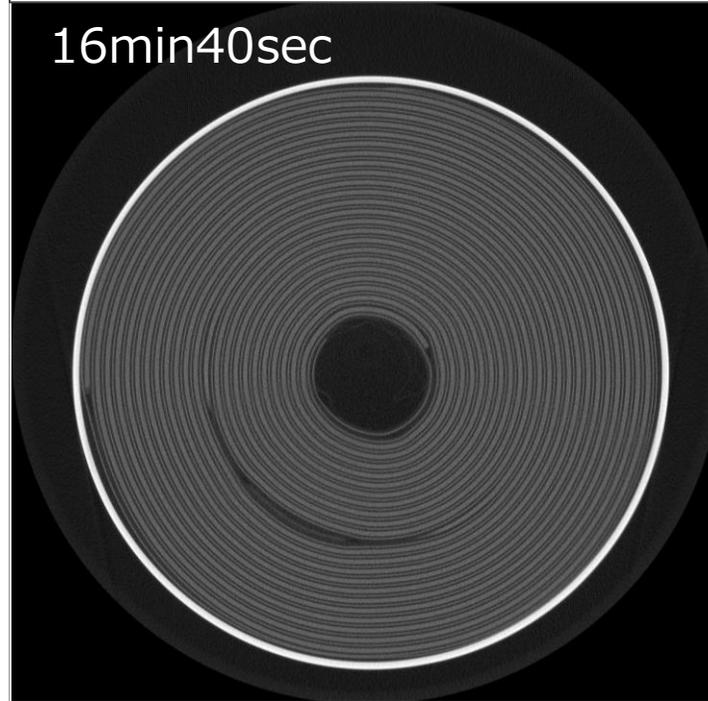
短時間測定データ

4min10sec



長時間測定データ

16min40sec



AI再構成データ



露光時間：250 ms/枚

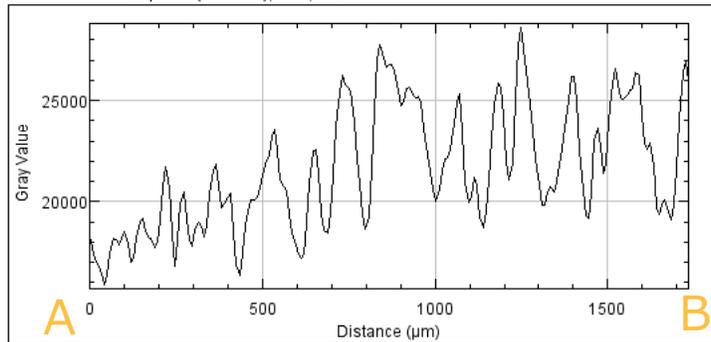
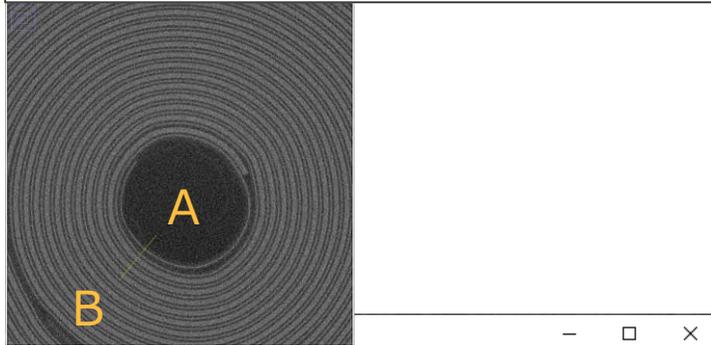
露光時間：1000 ms/枚

- 短時間測定データを推論に使用
- 長時間測定データに比べ、AI再構成データの方がノイズが少なく、分解能もほぼ同等の印象

# 電池の解析

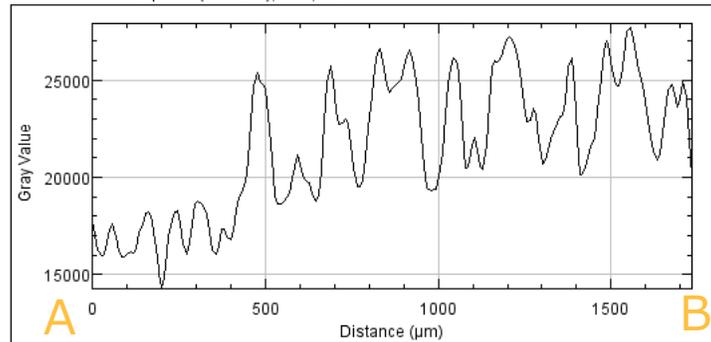
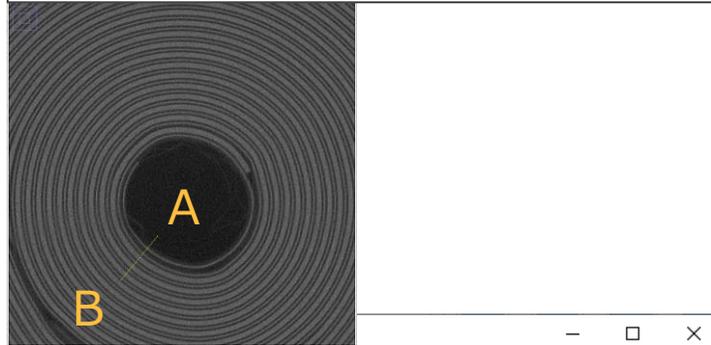
撮影枚数：1000枚

短時間測定データ



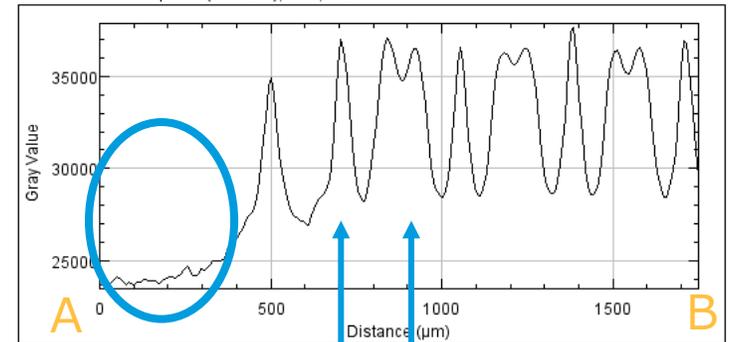
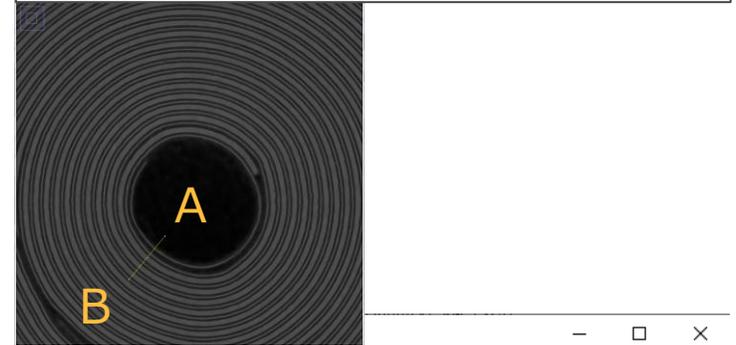
List Save... More » Live

長時間測定データ



List Save... More » Live

AI再構成データ



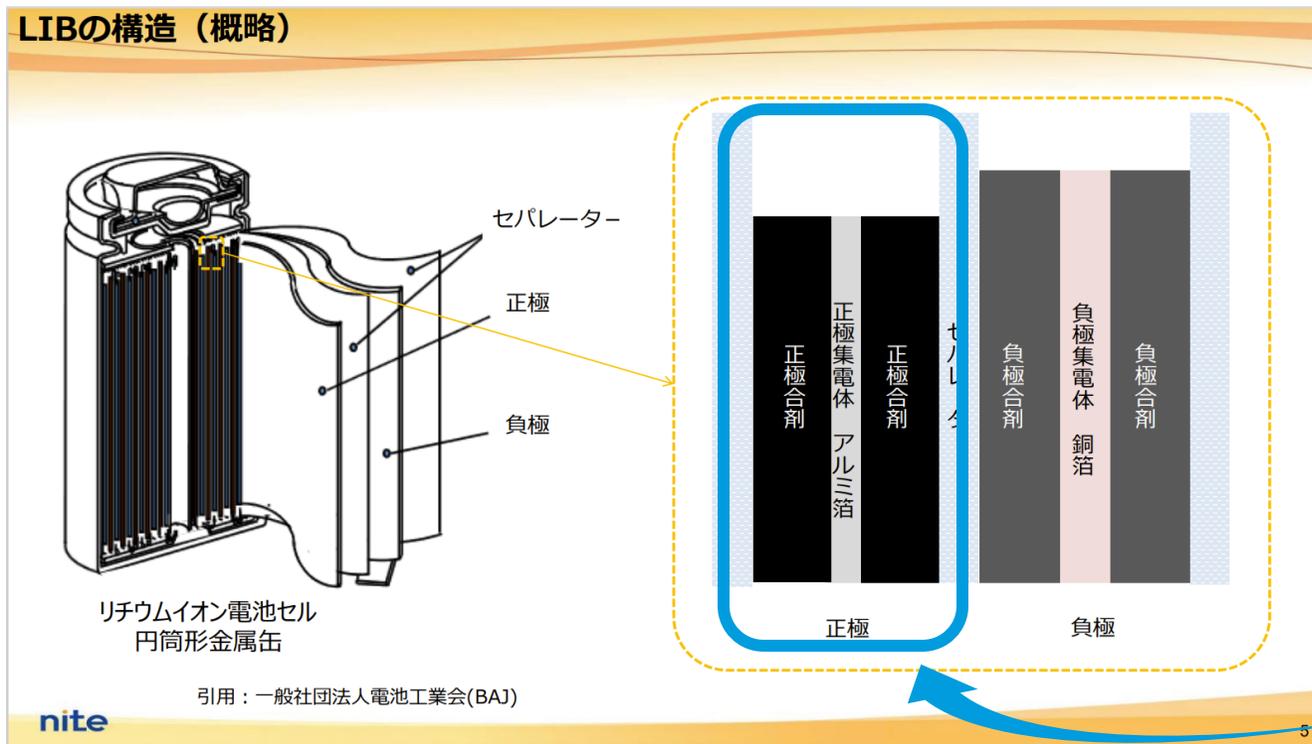
空気

正極  
負極

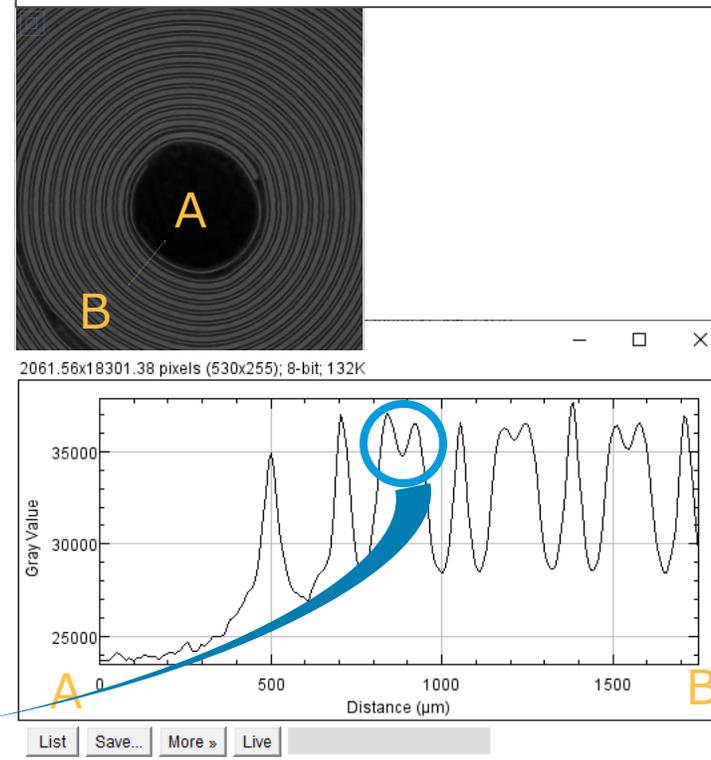
- AI再構成では明瞭に負極と正極が識別できている

# 電池の解析

LIBの構造 (概略)



AI再構成データ



- 「正極合剤-アルミ箔-正極合剤」の構造がラインプロファイル上でも見えている。

## 電池の解析：ノイズ評価

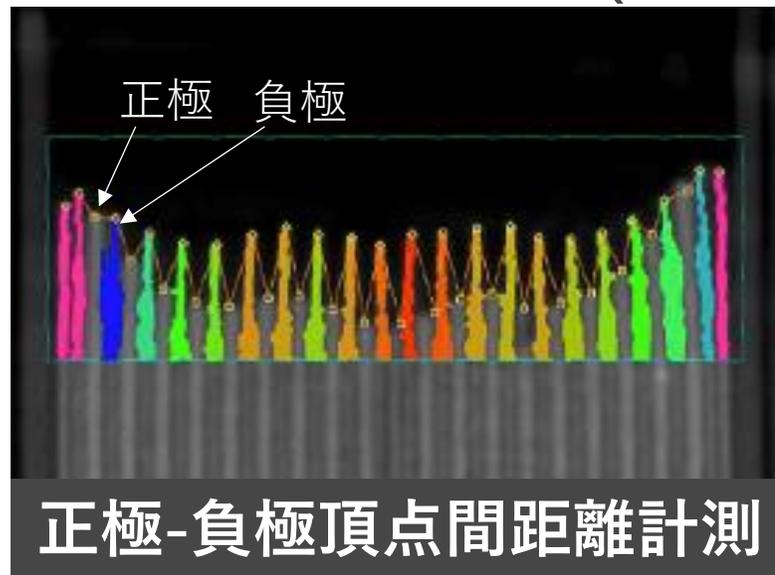
- 各画像の空気部分のノイズ評価。AI再構成データが最もノイズが少ないことが分かる。

	Mean	StdDev	Min	Max
短時間測定データ	18196	1622	11034	25669
長時間測定データ	16764	986	12570	21081
AI再構成データ	24273	351	22848	25909

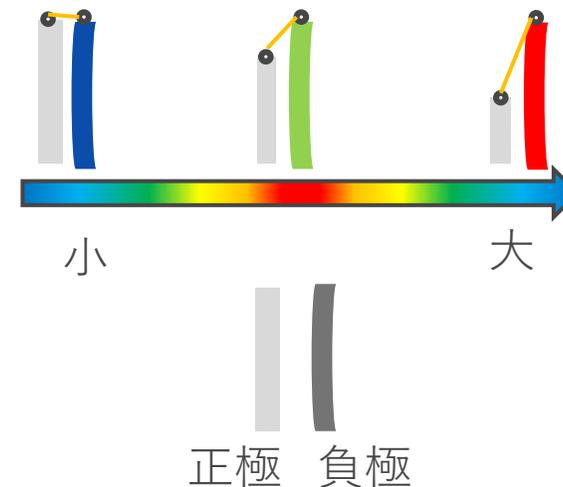
# 電池の解析：オーバーハング解析

- 正極が負極よりもはみ出していないかを定量的に解析する方法。バッテリーの性能の低下、発火を防ぐためにも、オーバーハングを分析する工程は非常に重要である。

## リチウムイオン電池(18650)



左隣の正極の頂点との距離

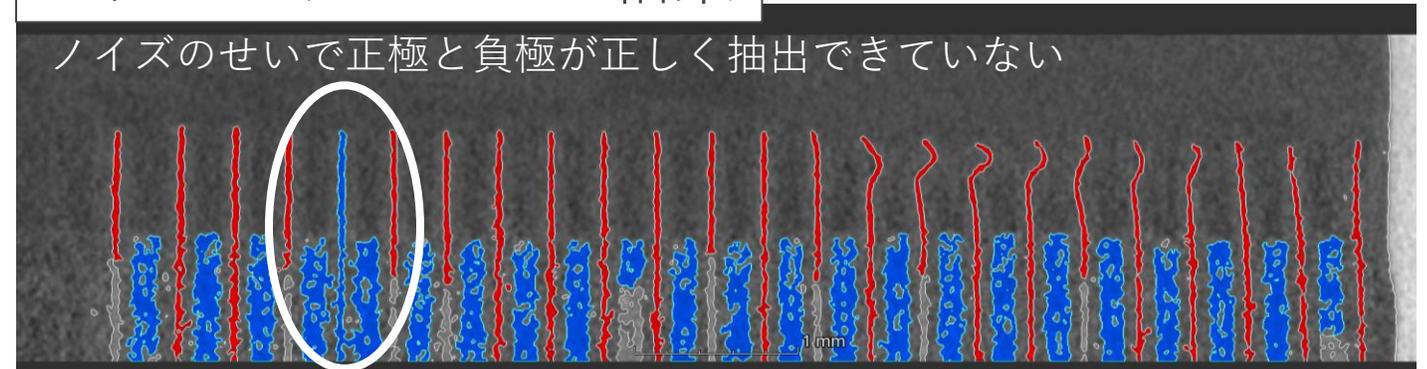


# 電池の解析：オーバーハング解析

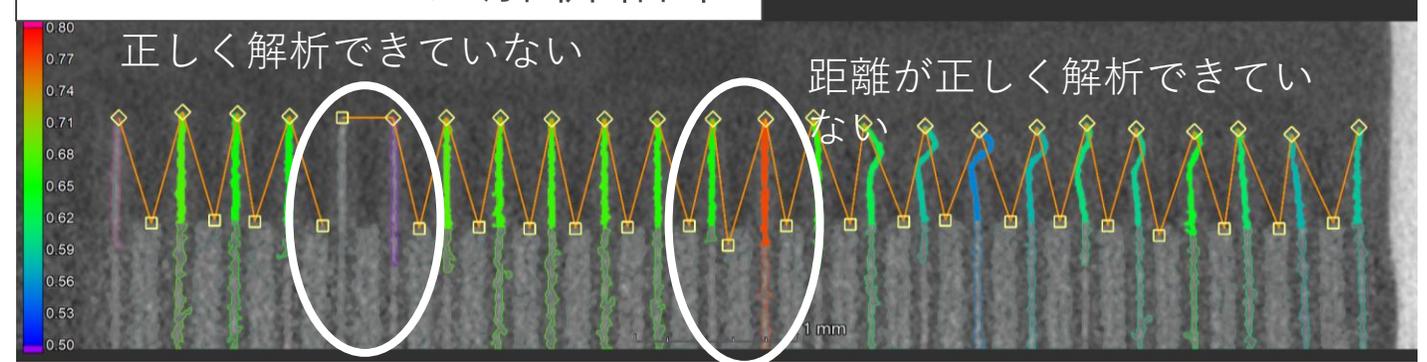
## ■ 短時間測定データ（4分10秒測定）の解析結果

- ノイズにより正極（青色）の輪郭抽出が不明瞭
- 輪郭の表面がボコボコ

### セグメンテーション結果



### オーバーハング解析結果

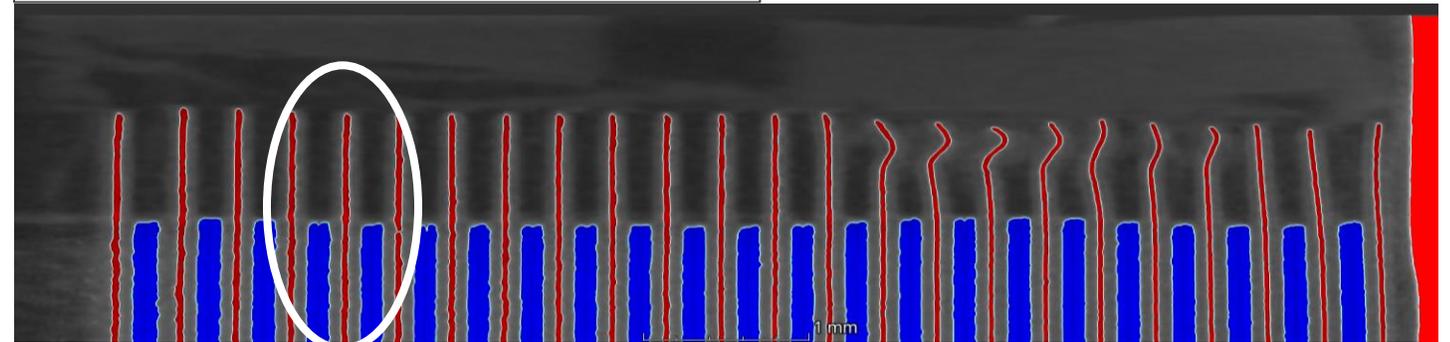


# 電池の解析：オーバーハング解析

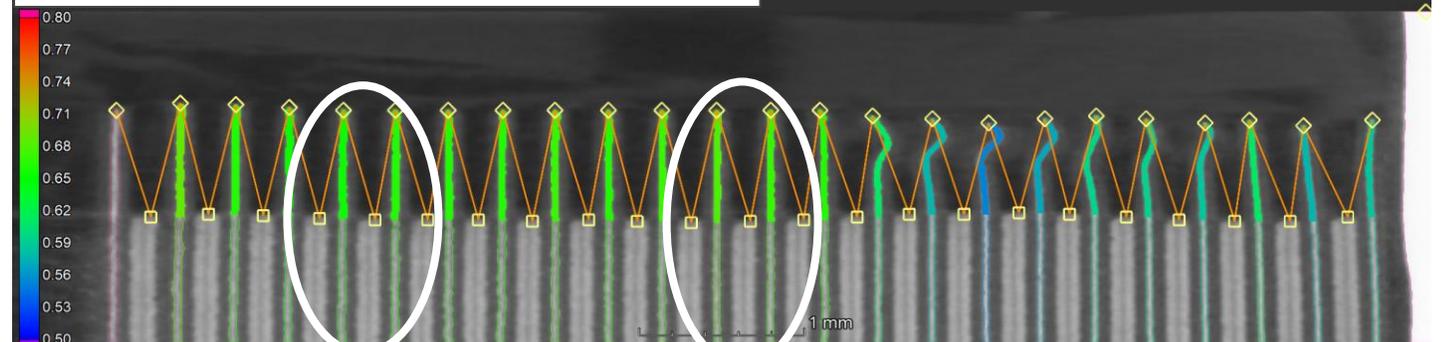
## ■ AI再構成データの解析結果

- ノイズが少なく、正極（青色）の輪郭抽出が明瞭
- 輪郭の表面も滑らか

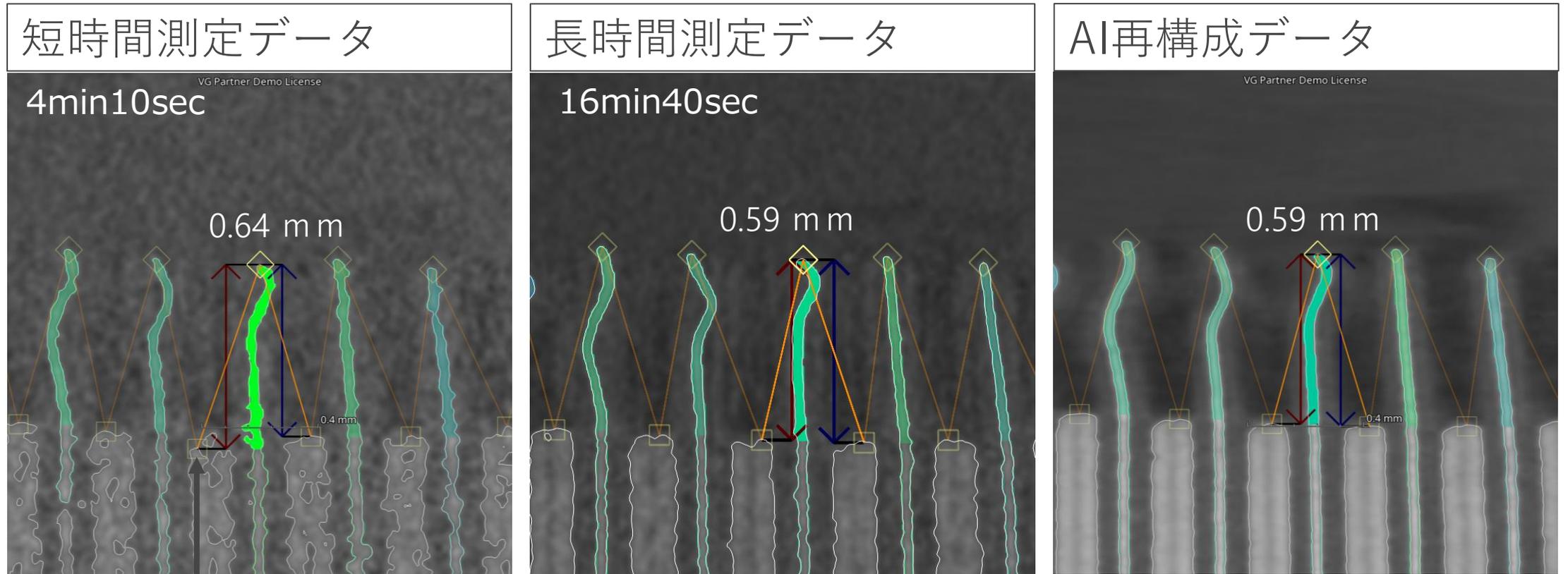
セグメンテーション結果



オーバーハング解析結果



# 電池の解析：オーバーハング解析（比較）



正極の頂点の位置が正しくない。  
ノイズのせいで正極の輪郭が凸凹  
だったことが影響している。

長時間測定データとAI再構成データの  
定量値は同程度（他の個所でも同様）

# プラスチック部品の解析

- CT Lab HXを用いてプラスチック部品を測定
- 短時間測定と長時間測定 of データを用いて深層学習モデルを学習させる
- 短時間測定 of データを学習済み深層学習モデルで推論させる

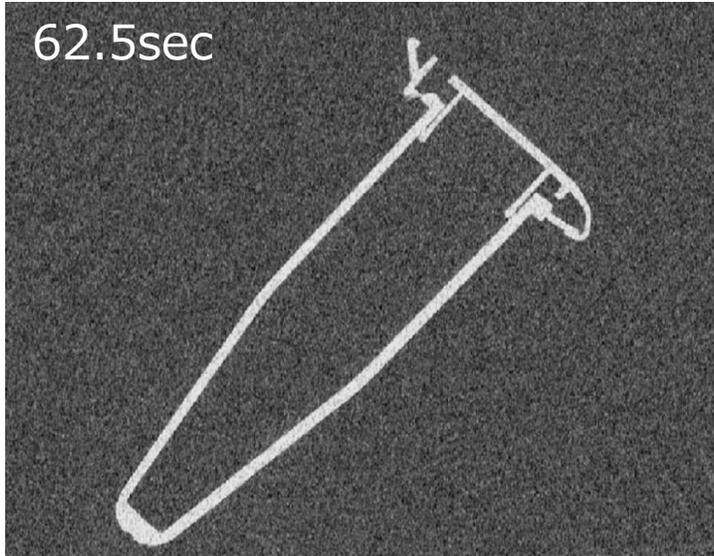


# プラスチック部品の解析

撮影枚数：500枚

短時間測定データ

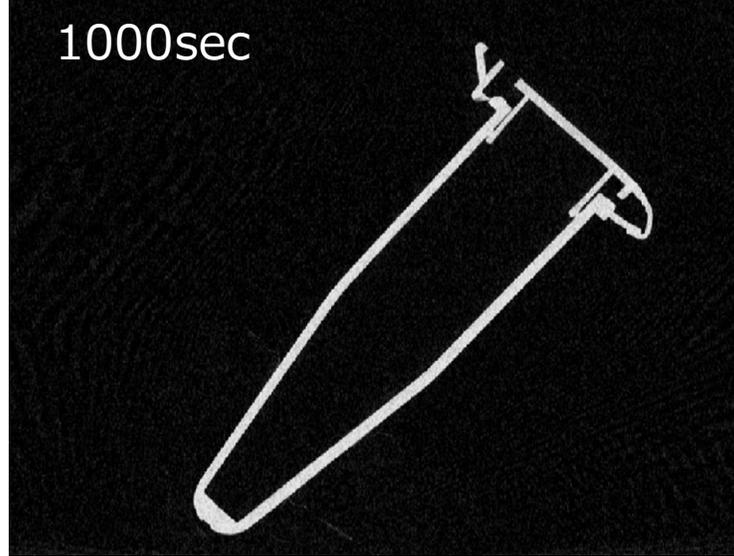
62.5sec



露光時間：125 ms/枚

長時間測定データ

1000sec



露光時間：2000 ms/枚

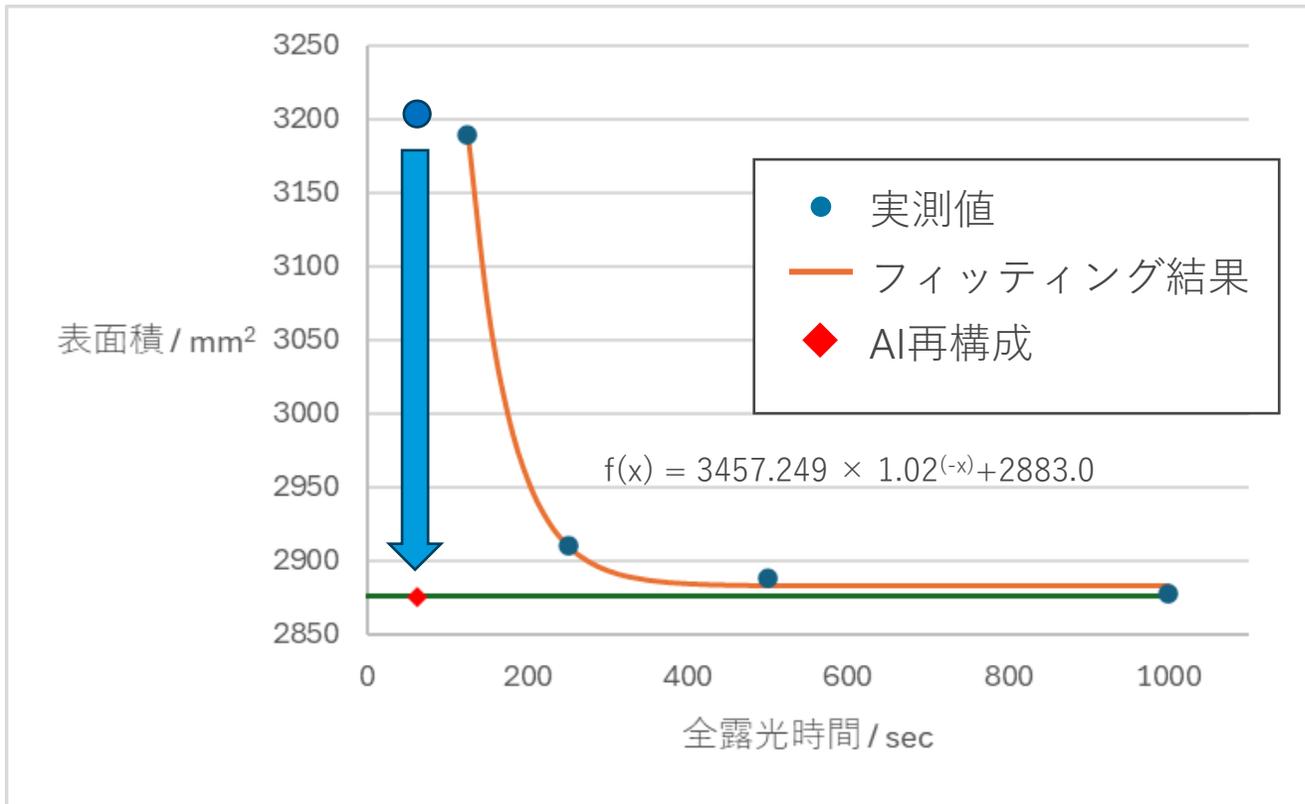
AI再構成データ



- 短時間測定データを推論に使用
- AI再構成データは長時間測定データと同等の画質になった

# プラスチック部品の解析：表面積

- 様々な露光時間に対して表面積を算出
- AI再構成データの表面積は真値に近いことが分かる



	表面積 / mm <sup>2</sup>
実測値*	3200.94
AI再構成	2875.86
真値	2883.0

※露光時間 62.5 sec

# プラスチック部品の解析：表面積の再現性確認

- 試料のキャップをはめ直し、試料の設置位置を変えて測定
- 前頁の学習済みモデルを使用して推論

	表面積 / mm <sup>2</sup>	
	実測値	AI再構成
1回目	3127.86	2844.19
2回目	3419.57	2848.48
3回目	3109.68	2846.78
4回目	3111.16	2842.59
5回目	3101.56	2846.50

	実測値	AI再構成
平均値*	3173.97	2845.71
真値**	2861.42	

※露光時間 62.5 sec

※※今回の試料で1000 sec撮影時のデータ

同形状の別試料にも学習済みモデルは適用可能であることを示す

# アウトライン

- インTRODクシヨン
  - CT装置の紹介と課題
- AI再構成によるスループット改善
  - 電池の解析
  - プラスチック部品の解析
- 自動サンプルチェンジャ搭載CTシステム
  - 電池の全自動検査

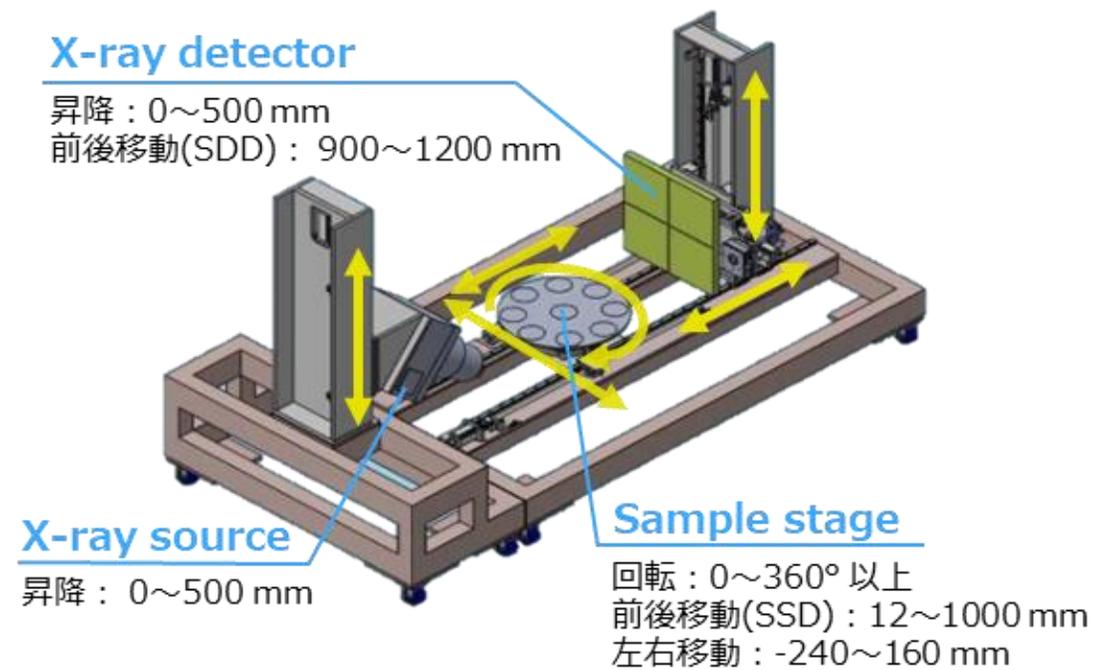
# 多目的大型3DマイクロX線CT CT Lab HVの特徴

- $\Phi 600$  mm, 高さ1200 mm, 50 kg の巨大サンプルも設置可能  
(最大視野サイズ:  $\Phi 349$ mm × 高さ230mm/Scan)
- 最大管電圧225 kV, 最大定格出力350 W, 最高空間分解能 3  $\mu$ m
- 広視野CT撮影, 大型試料CT撮影など, 多目的な用途に利用可能  
(カスタム対応もご相談可能です)
- **自動サンプルチェンジャを搭載**



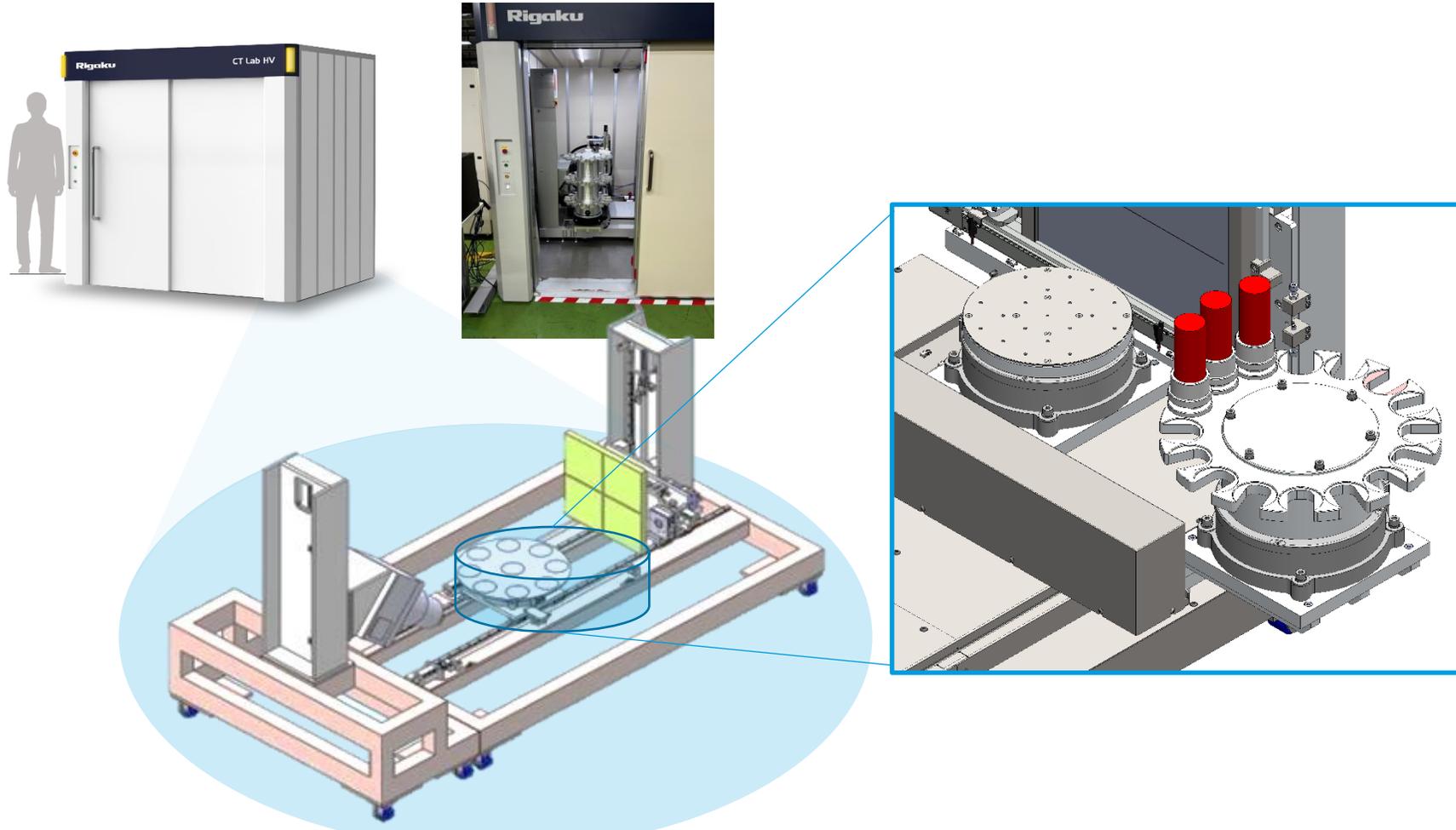
# CT Lab HVの主な仕様

- 広視野CT撮影, 大型試料CT撮影など, 多目的な用途に利用可能

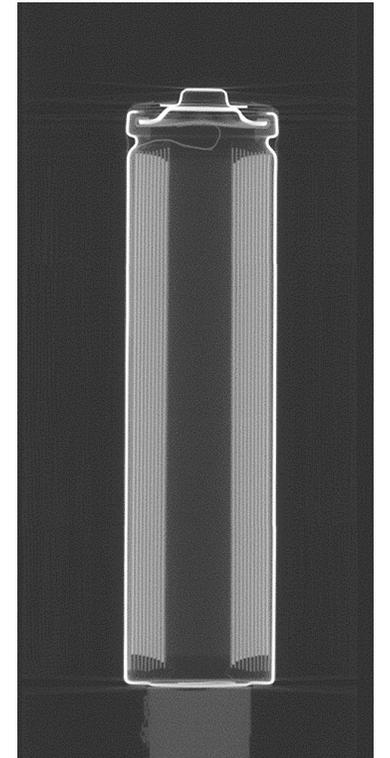


# 電池全自動検査システム

- 広い筐体内を利用して自動サンプルチェンジャーを設置



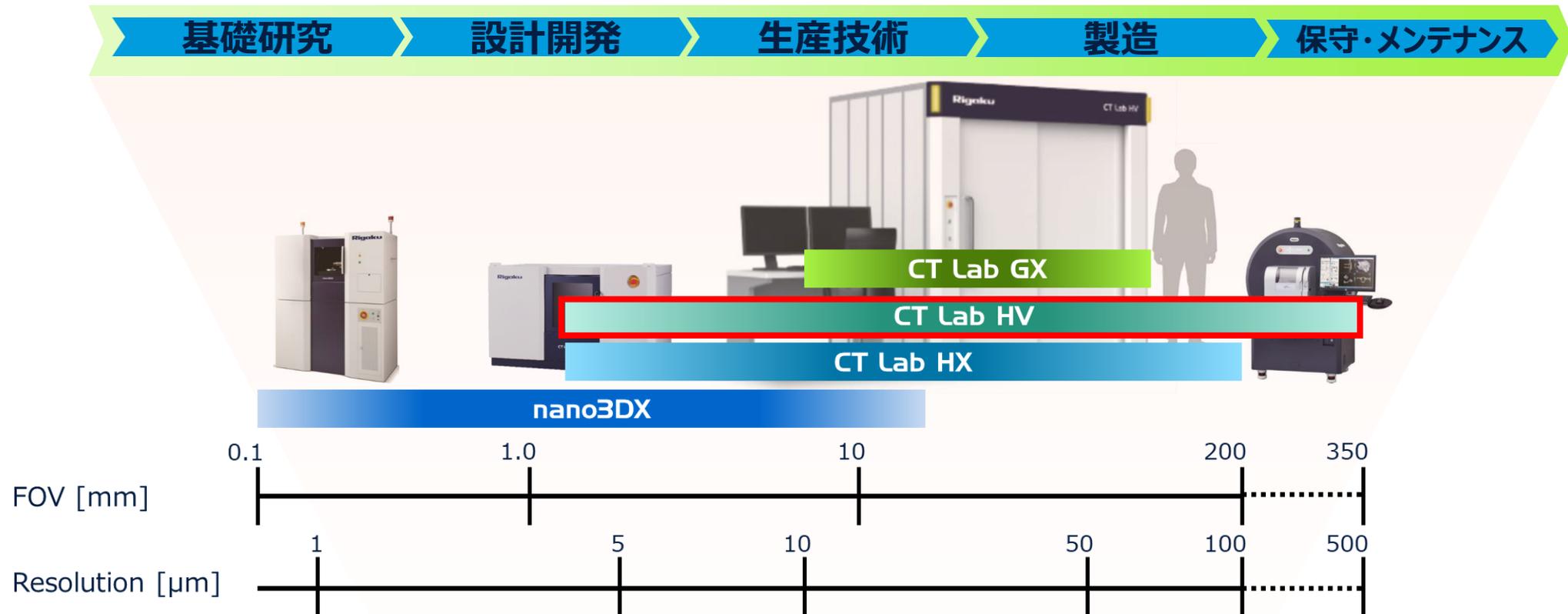
試料撮影例



リチウムイオン電池断層像  
(ステッチング撮影)

# まとめ：AI再構成と電池全自動検査システム

- AI再構成を用いてハイスループット化を実現
- 自動サンプルチェンジャを搭載したCT装置の紹介





# お問い合わせは

## 株式会社リガク

プロダクト本部



042-545-8111

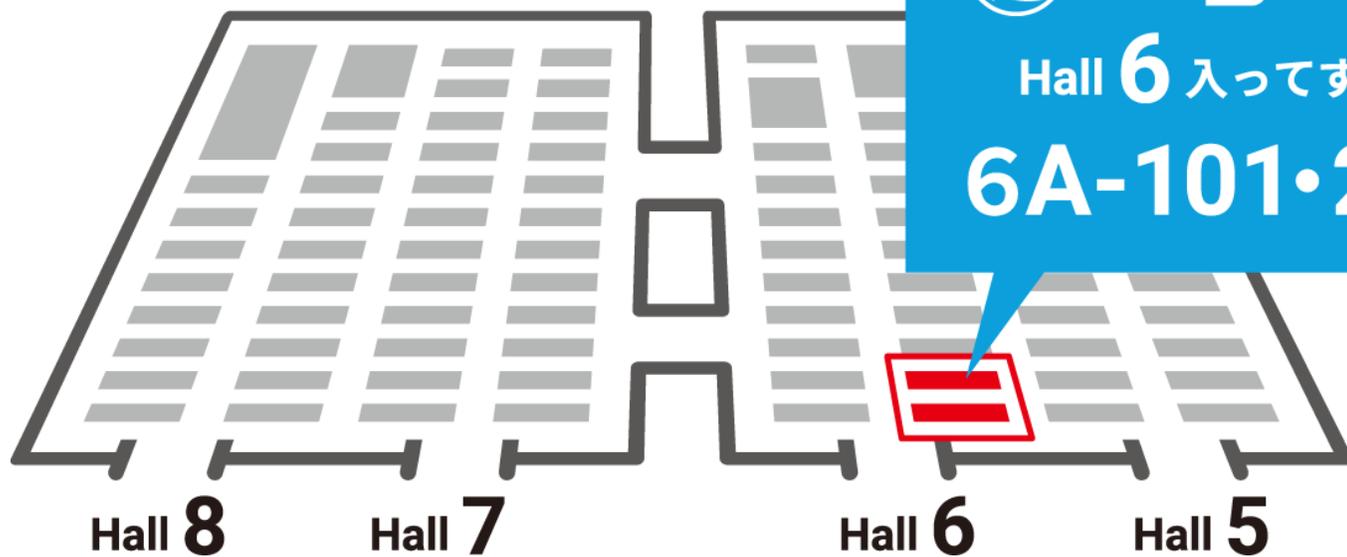


info@rigaku.co.jp



www.rigaku.com

是非リガクブースへ  
お立ち寄りください！



 Rigaku  
Hall 6 入ってすぐ！  
6A-101・201



