

東京大学工学系  
デジタルものづくりワークショップ

# 産業用X線CT装置による リバースエンジニアリング

鈴木 宏正

東京大学・精密工学専攻

2018年10月26日

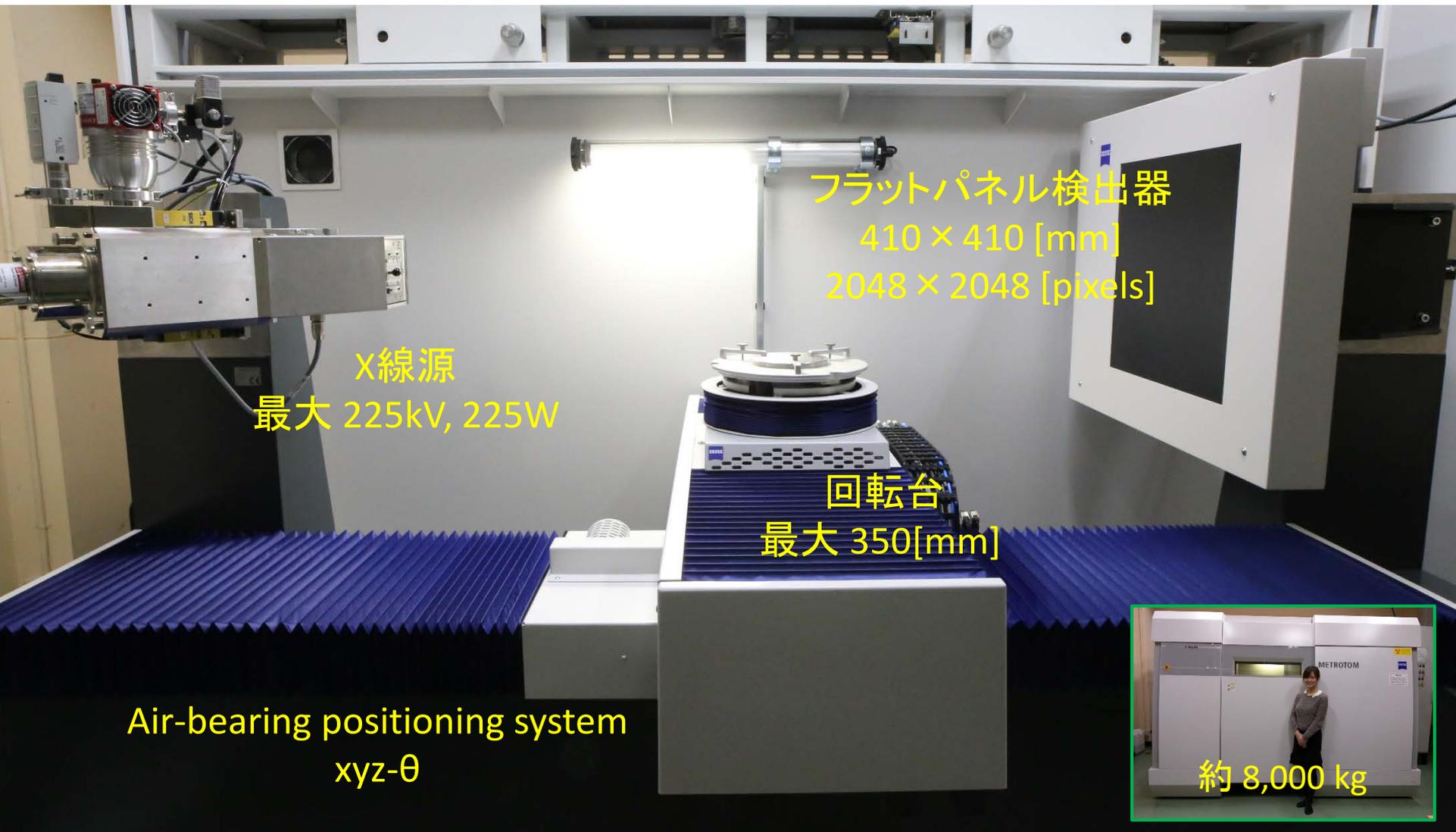
# マイクロフォーカス型X線CT



- Carl Zeiss社 Metrotom 1500
  - 管電圧 225 KeV



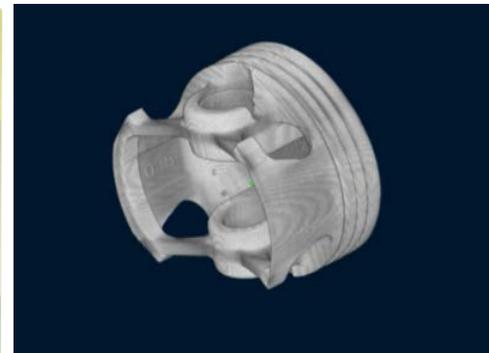
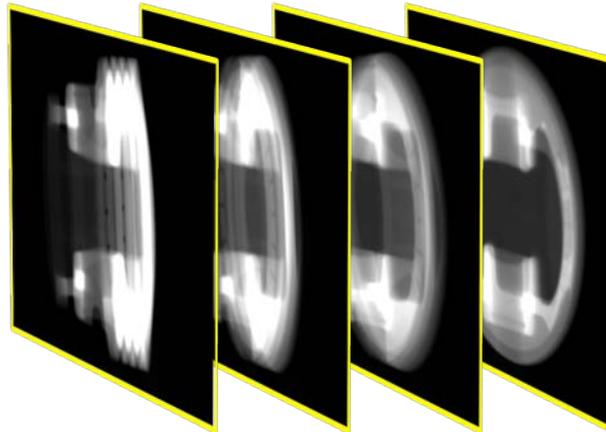
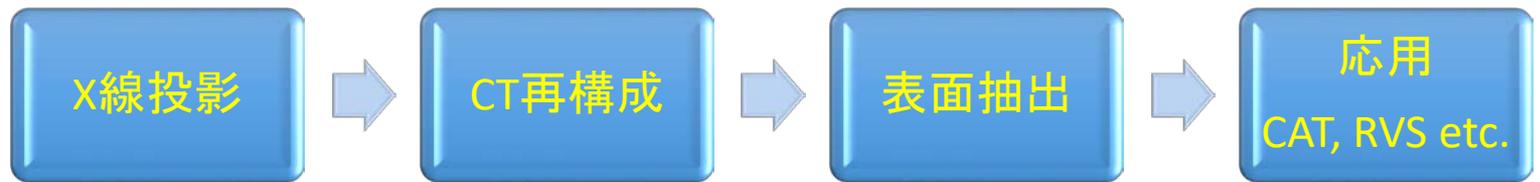
# 内部構造



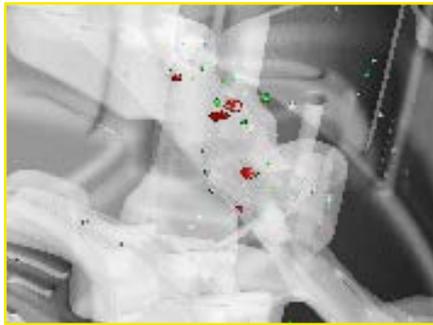
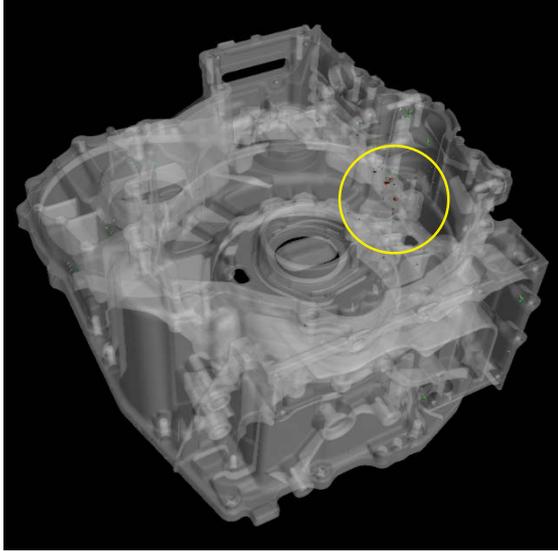
Carl Zeiss METROTOM 1500 (旧バージョン)

H. Suzuki, UTokyo, JAPAN. 2018

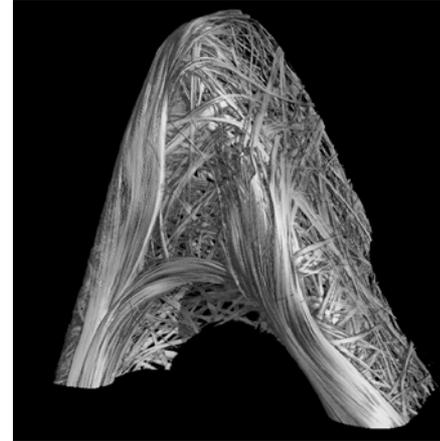
# XCTスキャンにおける処理の流れ



# XCTによる検査 材料欠陥解析

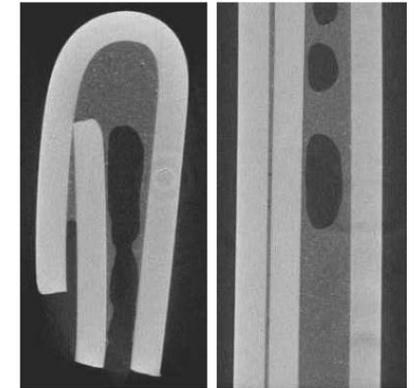
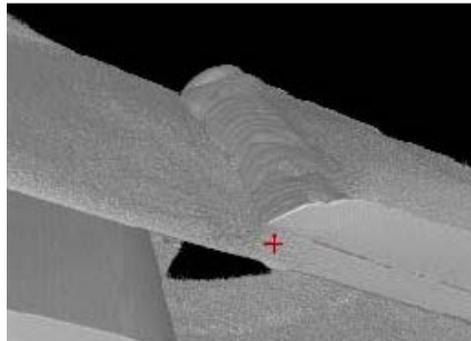


ダイキャスト  
鋳巣



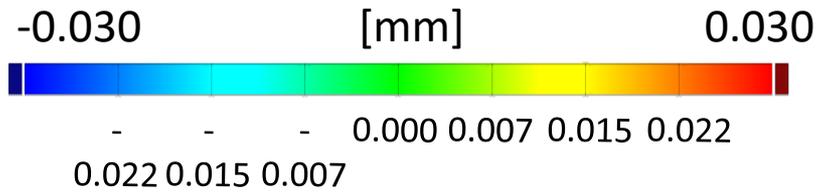
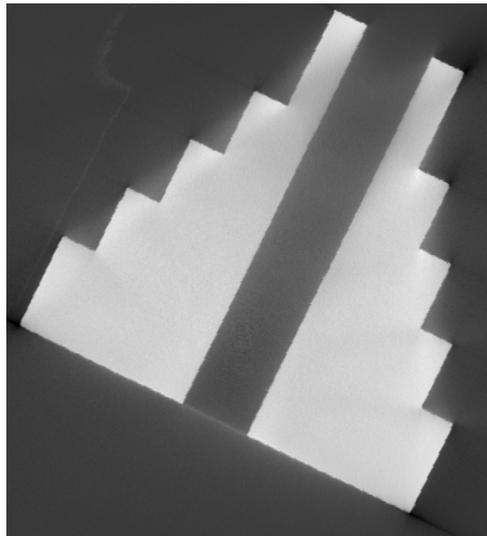
複合材料  
繊維配向  
ボイド

接合部  
溶接部、接着材



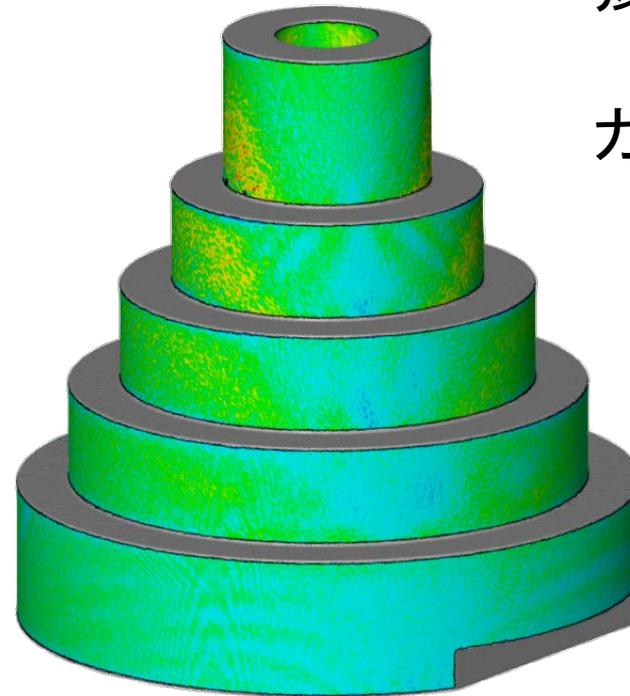
Audi, ECNDT 2006

# XCTによる計測 幾何形状



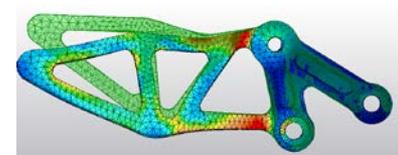
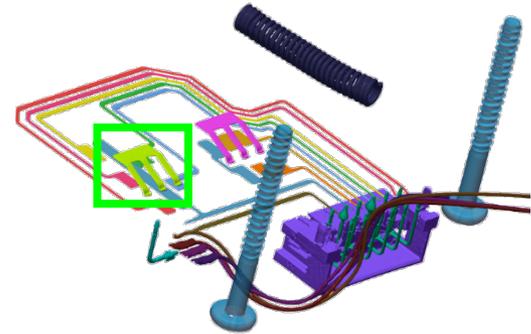
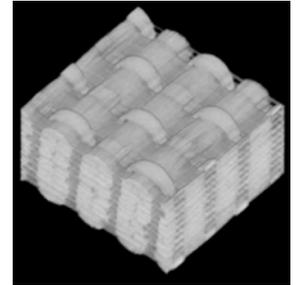
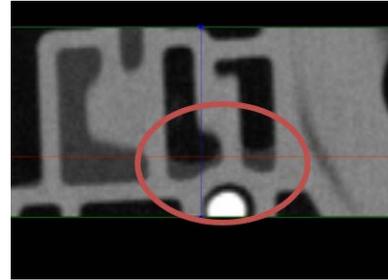
幾何公差

カラーマップ



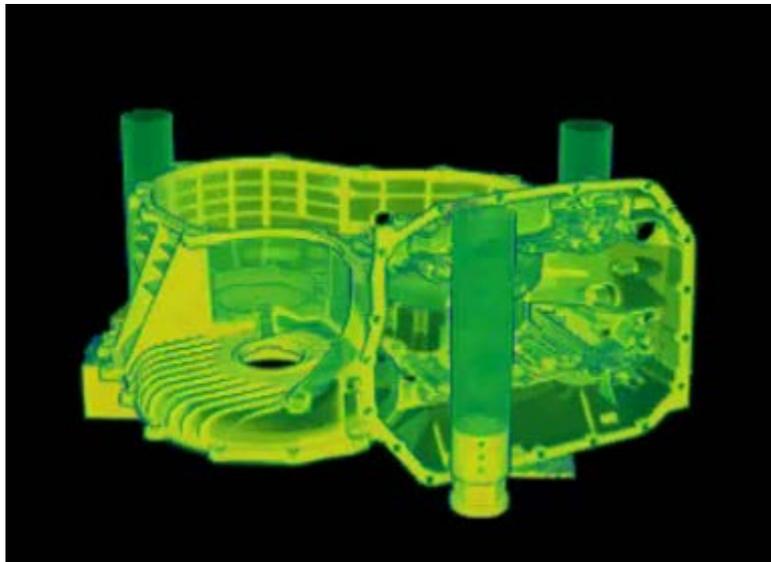
# XCTの特徴

- マルチ評価できる
  - 欠陥、異物、コンタミ
  - 形状偏差、寸法、はめあい、隙間
  - 材料特性（密度、配向）
- まるごと・そのまま 測れる
  - 組立品、複合材
  - 繊維構造、マイクロ構造
- データを活用できる
  - 3D可視化
  - リバーズ、現物解析、ベンチマーク
  - 共有、流通

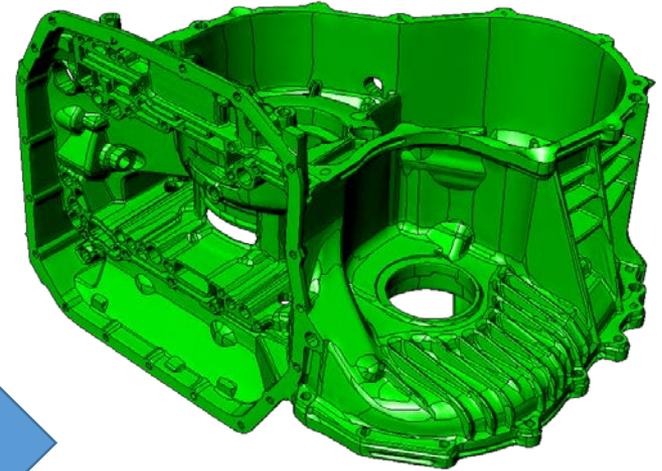
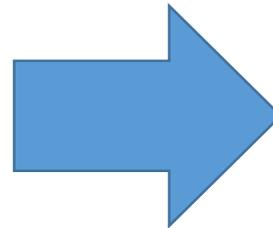


# リバースエンジニアリング

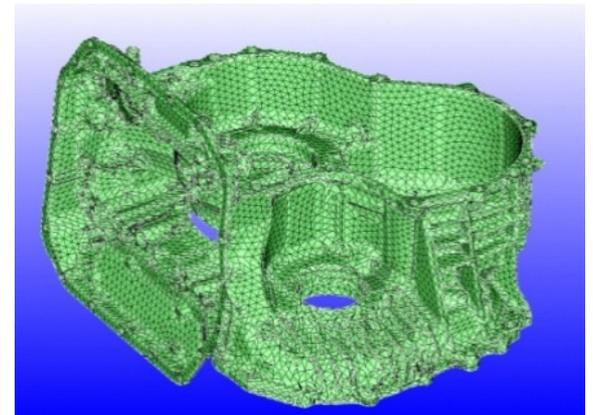
CTデータ  
ボリュームデータ



部品表面・材料境界の抽出

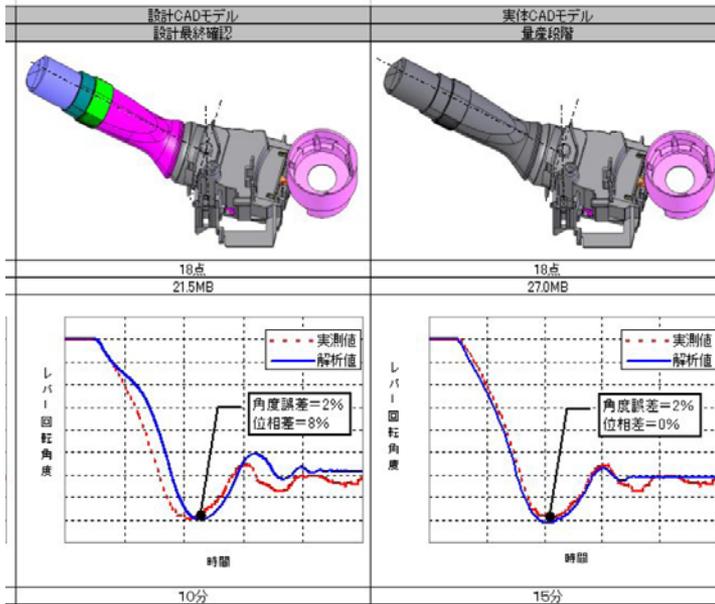


CADモデル



FEMメッシュ

# 現物ベースシミュレーション



コンビネーションスイッチ  
FSカーブによる操作感の評価  
株東海理化

## シミュレーション の高度化

- 現物データによる高精度シミュレーション

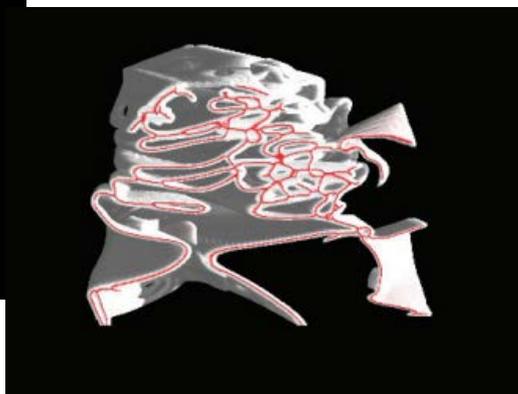
## CADデータ生成

- 購買品をCAD化し、自社CAD部品と共にシミュレーション
- 他社品のシミュレーション

# 現物⇒CADフィードバック

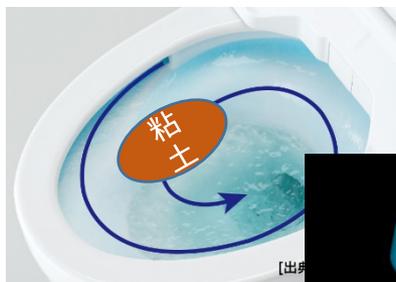


衝突試験



## 解析・実験擦り合わせ

- シミュレーション結果と実験結果のすり合わせし、CAEモデルに反映



試作品修正

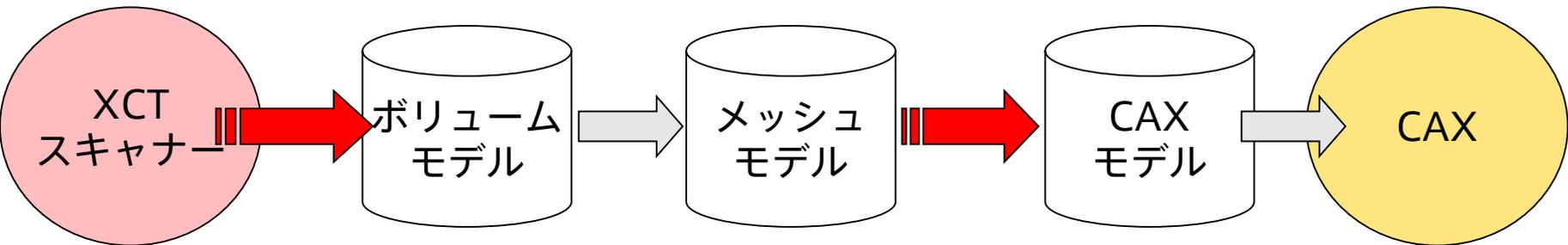
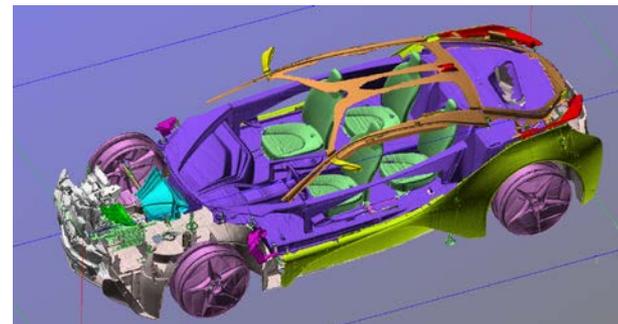
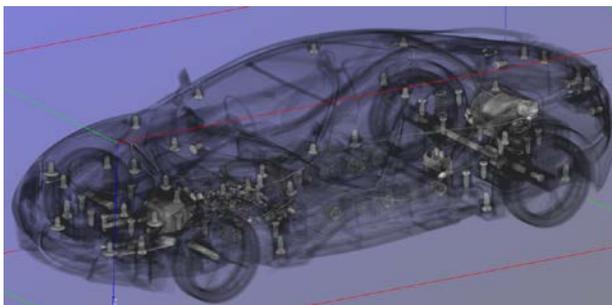


## 現物ベース設計

- 現物形状(全体・修正部分)をCADにフィードバック

テスコ(株)HPより

# 技術的課題



## スキャン性能

重金属・複合材・サイズ  
解像度、透過力、精度、  
S/N、時間

## 撮像・画像処理

スキャンパラメタ  
設定策定・画像処  
理過程の効率化

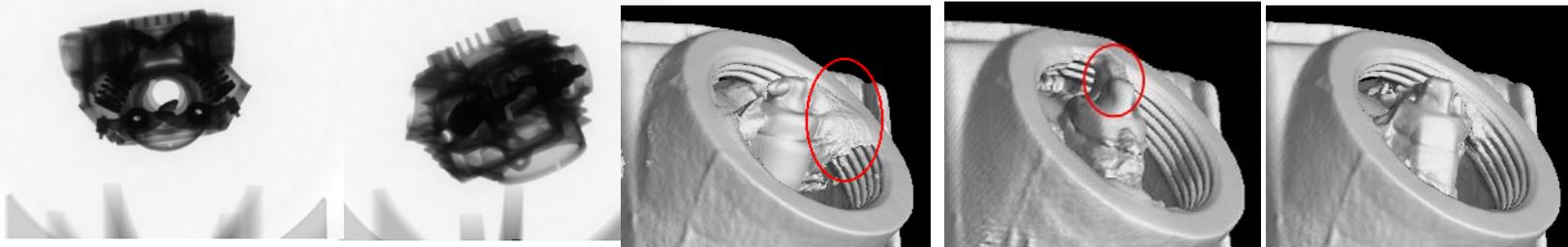
## モデリング

セグメンテーション、  
部品抽出、メッシュ  
化、CAD化

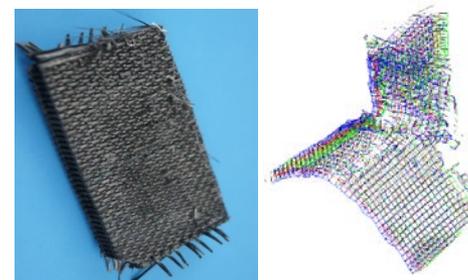
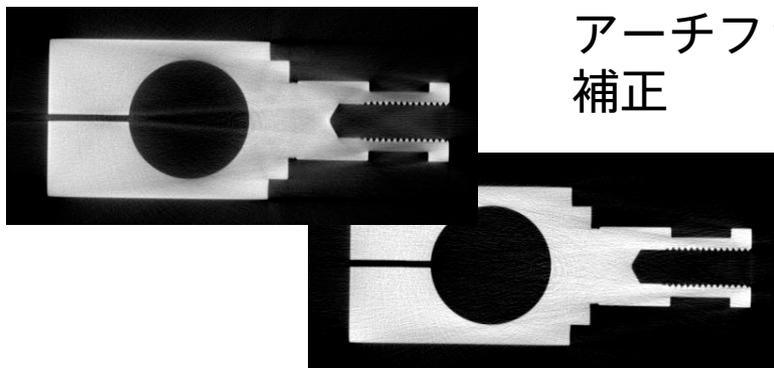
欠陥解析や形状計測に  
比べて10倍以上の工数

# 進む技術開発

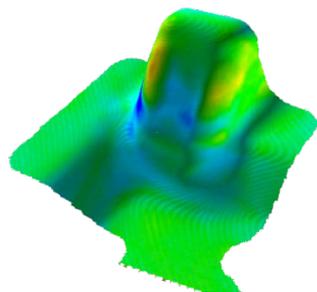
最適スキャン姿勢の推定と補正



アーチファクト補正



複合材繊維配向検出



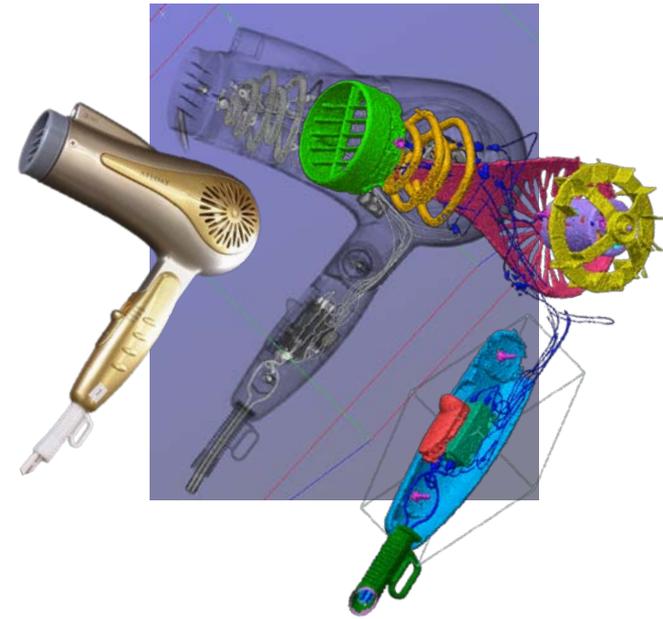
サーフェスCAD化



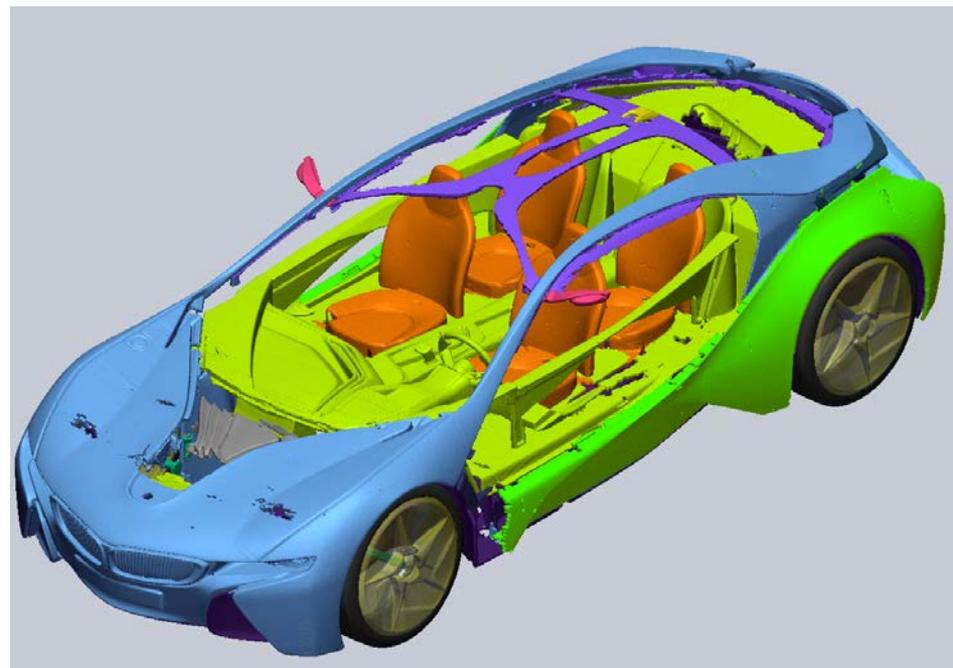
セグメンテーション

# 製品まるごとスキャン

- 製品状態でのスキャン
  - 製品の出来栄が見える
  - 不具合状態が見える
- 製品状態のまま見ることで
  - 組付けたまま部品が見える
  - 部品間の関係が見える
  - システムが見える
  - 設計思想まで見える
- データをバラすことの重要性
  - 部品毎にデータを分割し、
  - 必要部署・システムへ提供



# SegMo: Segmentation with multi-level Morse-complex



3D painting system with  
multi-level of details

# 研究設備

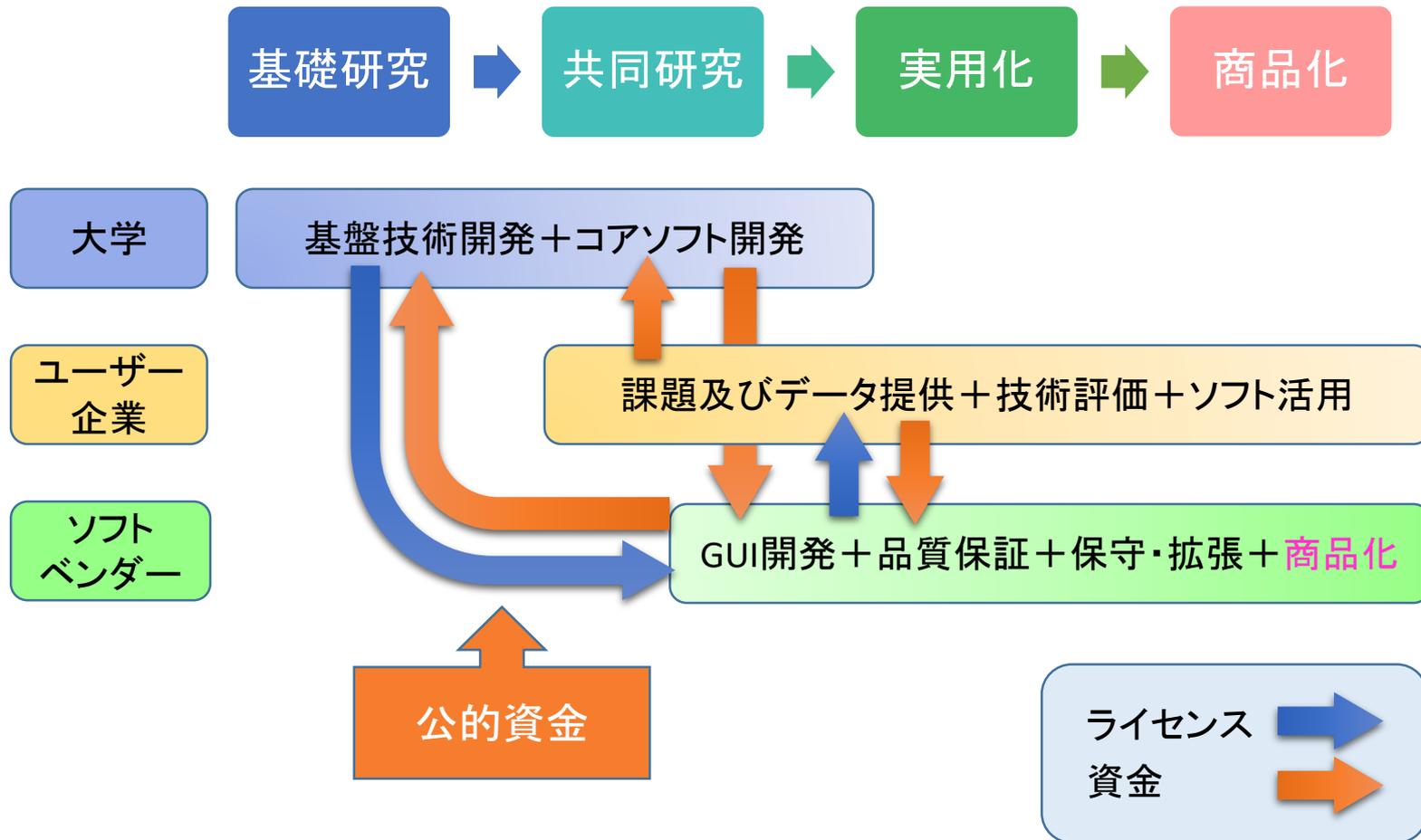


Metrotom 1500  
225 KeV



v|tome|x c  
450 KeV

# ソフトを残したい



# まとめ

- デジタルエンジニアリング環境でのXCTの活用と効果
  - リバーズエンジニアリングを中心として
- ボトルネック⇒技術開発の必要性
  - XCT、画像処理、モデリング
- 研究開発事例
  - セグメンテーションソフトウェア
  - 商品化を目指したソフト開発過程

日本版XXL

