

X線CT スキャナ

キーワード：X線CT、X線透過、非破壊検査、欠陥検出、リバースエンジニアリング

はじめに

X線CT スキャナは医療用X線CTの産業用版です。リチウムイオン電池などの二次電池、電子部品、鋳造品、その他さまざまな製品にX線を照射し、X線の透過から得られるX線画像を再構成して、非接触、非破壊で製品の二次元断面画像を得ることができます。さらに近年の画像処理技術の進歩により、二次元断面画像を複数枚組み合わせ合わせて三次元表示することが可能になり、内部欠陥（鋳造品等の巣、介在物等の異物、クラックなど）の検出、製品寸法の計測、三次元設計図面との比較照合などを行えるようになりました。

ここでは、平成23年度に導入した本装置の概要と撮影事例について紹介します。

装置の概要

図1に装置の外観を示します。また主な仕様を表1に示します。本装置の主要部はX線管、試料テーブル、検出器からなります。X線管は最大管電圧230kV、焦点寸法 $4\mu\text{m}$ （最小の場合）と高出力・高分解能のものを使用しております。最大管電圧230kVでは、鉄系材料では10～15mm程度、アルミニウム系材料では100～150mm程度、また、樹脂材料では250～300mm程度の厚みまでX線を透過できます。検出器はフラットパネルデテクタ（FPD）を使用しており、従来の検出器と比較して、鮮明な断面画像を得ることができます。

撮影は、装置内の試料テーブルに試料を載せ、X線を照射しながら試料テーブルを 360° 回転させて行います。次に、画像再構成と呼ばれる数学的な逆解析手法を用いてそれぞれの角度で撮影したX線画像を複数の断面画像に変換することにより、試料の三次元立体構造（任意断面）を表示します。



図1 装置外観

表1 主な仕様

X線発生装置	管電圧	最大230kV
	管電流	最大1mA
	出力	最大140W
	焦点寸法	$4\mu\text{m}$
X線検出器	形式	フラットパネルデテクタ
	有効エリア	$200 \times 200\text{mm}$
	画素ピッチ	$0.2 \times 0.2\text{mm}$
試料テーブル (微調機能付)	搭載可能寸法	最大 $\phi 170 \times h250\text{mm}$
	搭載可能重量	最大10kg

撮影の分解能について

評価したい欠陥などのサイズが、撮影の分解能より小さい場合にはその欠陥が写らず、欠陥がないと評価される場合があります。したがって、撮影の分解能を把握することは非常に重要です。撮影の分解能を決める上で重要な項目は、X線焦点寸法と拡大倍率です。

X線焦点寸法は概ねX線の出力（管電圧×管電流）に比例しており、出力が高いほど透過能力は上がりますが、X線焦点寸法も大きくなります。最小の焦点寸法は $4\mu\text{m}$ ですが、最大出力では $200\mu\text{m}$ 程度にもなります。X線焦点寸法が次に述べる空間分解能より大きいと撮影した画像は不鮮明なものになります。

拡大倍率としては、FPDが約 1000×1000 の画素によりX線画像を撮影しますので、空

間分解能は撮影視野が 100mm であればその 1/1000 の 100 μ m 程度、視野が 10mm であれば 10 μ m 程度になります。つまり拡大倍率が高いほど空間分解能は高くなります。

これらの理由により、評価したい欠陥などのサイズによっては、試料を切断して低出力や高倍率で撮影する必要が生じます。

撮影事例 1 (コンデンサ)

直径 5mm、高さ 12mm のコンデンサを撮影した例を図 2 に示します。断面画像から、内部の微細な構造や空隙を確認することができます。ここに示したものは円筒形状の任意高さにおける断面ですが、縦(高さ方向)に切った縦断面や任意の角度で切った斜め断面など、さまざまな断面画像を一度の撮影で得ることができます。



図 2 コンデンサの断面画像

撮影事例 2 (鋳造品)

鋳造により作られたファスナー(12×11×8mm)を撮影し、三次元画像解析により内部の欠陥(巣)を解析した例を図 3 に示します。撮影した画像において面を定義することで欠陥を自動抽出することができます。また、欠陥の体積ごとに色付けされた分布図を表示することや、欠陥の一覧を csv 形式(Excel ファイル)で出力することも可能です。

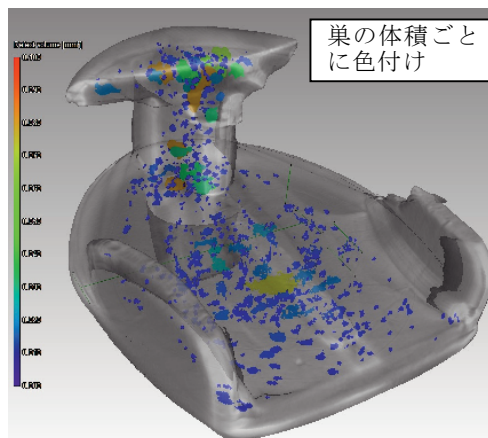


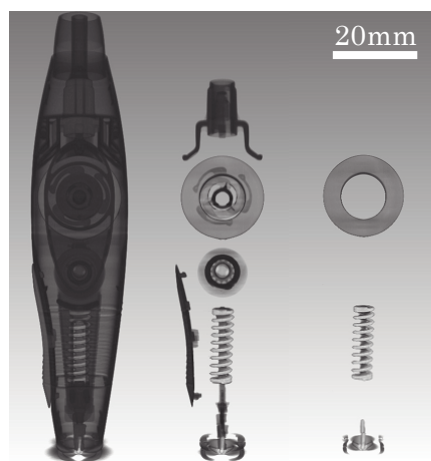
図 3 鋳造品の欠陥解析

撮影事例 3 (異種材料により作られた製品)

樹脂、金属など異種材料で構成された製品を三次元表示した例を図 4 に示します。X 線透過は物質の密度に深く関係しているため、異なる材種を分離することが可能です。ここでは、比較的密度の低い樹脂、密度の高い樹脂、金属等に分離したものを示しています。

おわりに

本装置による撮影は X 線を使用するため、安全上、依頼試験のみでサービスを提供しております。また、二次元断面画像の三次元表示・内部欠陥解析・寸法計測を行う解析装置については、設備開放としてご利用いただけます。ここで紹介した事例はほんの一部であ



密度 低い  高い

図 4 密度差を利用した部品の分解例

り、本装置を用いなければ見えないもの、評価できないものは数多くあると思います。皆様のご利用をお待ちしております。