



## 高分解能 X 線斜め CT 装置

キーワード : X 線 CT スキャン、X 線透視、非破壊検査、電子基板、BGA

### はじめに

産業用 X 線 CT スキャナは、製品内部の三次元構造を非破壊で観察でき、二次電池、電子部品、鋳造品その他様々な製品の内部観察に広く利用されています。当研究所では平成 23 年度に直交型の X 線 CT スキャナを導入し、幅広くご利用いただいておりますが <sup>1)</sup>、ここでは平成 25 年度に導入した高分解能 X 線斜め CT 装置(以下「本装置」)をご紹介します。

本装置の特長は、高い分解能を有していること、かつスキャン方式が「三次元斜め CT」であることです。そのため、一般的な直交型 CT では高拡大率での観察が難しい、薄板状で面積が大きな試料(例えば電子基板など)の高倍率観察に威力を発揮します。

### 装置の概要

本装置はユニハイトシステム社製 XVA-160 α M で、その外観と主な仕様を図 1 と表 1 に示します。X 線管球は最小焦点寸法が 1 μ m 以下のナノフォーカスタイプであり、高い分解能で観察が可能です。X 線発生用のフィラメントは、タングステン (W) と六ホウ化ランタン (LaB<sub>6</sub>) の二種類を備えており、それぞれの最小 X 線焦点寸法と最大管電圧は表 1 の通りです。LaB<sub>6</sub> フィラメントは W フィラメントより最小 X 線焦点寸法が小さいため、より高い分解能で観察が可能ですが、最大管電圧が低いため、観察できる試料は厚みと比重の小さいものに限られます。

### 三次元斜め CT の概要と特長

装置の基本的な構成と撮影手順は、直交型 CT の場合と同じです。X 線源と検出器の間に設置された回転テーブル上に観察試料を載せ、X 線を照射しながらテーブルを 360° 回転させ、多数の透視画像を撮影します。その



図 1 装置の外観

表 1 主な仕様

X 線 発 生 装 置	管球	透過型ナノフォーカス (開放管)
	最小 焦点寸法	W フィラメント : 0.8 μ m LaB <sub>6</sub> フィラメント : 0.25 μ m
	最大 管電圧	W フィラメント : 160kV LaB <sub>6</sub> フィラメント : 100kV
	管電流	最大 0.2mA
検出方式		イメージインテンシファイア
CCD カメラ		有効画素 : 140 万 階調 : 12 ビット (4096)
試料テーブル 寸法		410×460mm (ストローク : 200×200mm)
試料重量		最大 5kg
スキャン方式		三次元斜め CT

後、画像再構成と呼ばれる数学的処理により、試料の三次元構造(任意断面)を表示します。

しかし X 線源、試料テーブル、検出器のレイアウトは直交型 CT と異なります。直交型 CT では X 線の照射方向と試料テーブルの回転軸が直交しますが、本装置では図 2 のようなレイアウトとなります。水平面内で回転するテーブル上に載せた試料に対し、上方から円錐状に X 線が照射され、テーブル (X 線透過性に優れたカーボン製) の下に設置された

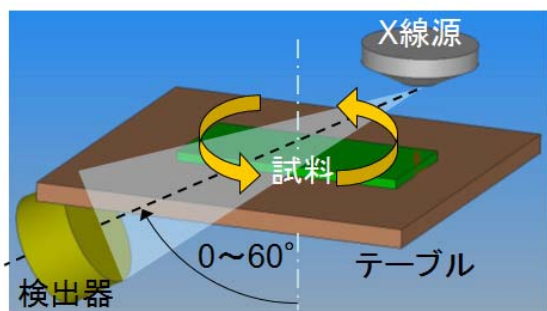


図 2 本装置のレイアウト

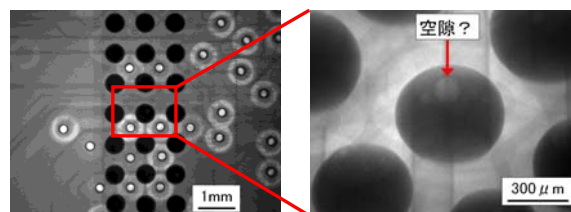
検出器で画像を撮影します。検出器は鉛直方向に対して最大 60 度まで傾斜可能であり、CT スキャンの際は傾斜角を 45 度から 60 度の範囲に設定し、撮影を行います。そのためこの方式は「三次元斜め CT」と呼ばれます。

三次元斜め CT の最大のメリットは、薄板状で面積の大きな試料を高い拡大率で観察できることです。その理由は、観察試料を X 線源に（原理的には）限りなく近づけることができるためです。直交型 CT では試料を X 線源から、試料の回転半径以上離す必要がありますが、三次元斜め CT ではこの制限がないため、X 線源に極めて近接した状態で CT 撮影が行えます。X 線は円錐状に照射されるため、試料を線源に近づけるほど、検出器上での像は拡大されます。そのため三次元斜め CT では、電子基板をはじめ、金属板の接合面、FRP（繊維強化樹脂）シートなど、薄くて面積の大きな試料の内部を高い拡大率で観察できます。

また本装置は、一方向からの透視写真のみを撮影する「X 線透視」も行えます。検出器を傾けない垂直透視から、最大 60 度までの斜め透視が可能です。

### 撮影例

本装置で、電子基板の BGA（Ball Grid Array：微小なハンダ球の配列）を撮影した例をご紹介します。図 3 は透視撮影像です。(a) が垂直透視像で、(b) は 1 個のハンダ球を高倍率で 55 度の方向から斜め透視した像です。(b) の中央のハンダ球の中には、空隙（ボイド）らしき物が白っぽく写っています。こ



(a) 垂直透視 (b) 高倍率斜め透視

図 3 BGA の透視撮影像

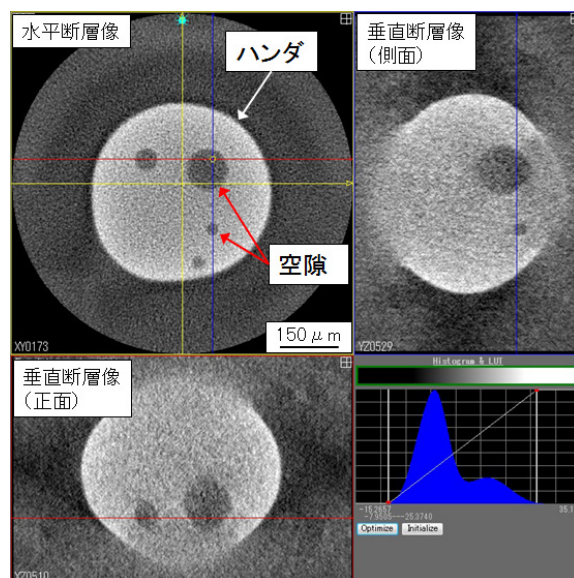


図 4 BGA の三次元斜め CT 撮影像

のハンダ球を三次元斜め CT 撮影した結果が図 4 です。三方向から任意の断層像を見ることができ、ハンダ内に 4 個の空隙が明瞭に確認できます。画面内の最も小さい空隙は、直径が約 25 μm であることが分かります。

### おわりに

本装置による X 線 CT スキャンや X 線透視は依頼試験で承っております。金属、非金属等の材種に関わらず様々な試料の非破壊観察が可能ですので、皆様の積極的なご利用をお待ちしております。

なお本装置は、平成 25 年度地域企業立地促進等共用施設整備費補助金（経済産業省）による整備機器です。

### 参考文献

- 1) 四宮徳章：テクニカルシート、No.11009，“X 線 CT スキャナ”

作成者 加工成形科 本田 索郎、四宮 徳章、足立 和俊  
 Phone:0725-51-2591(本田)、2564(四宮)、2562(足立)  
 発行日 2015 年 3 月 20 日