

## 研究ノート

## X線CTによる寸法および形状測定誤差の評価

山本紘司\*<sup>1</sup>、水野和康\*<sup>2</sup>、島津達哉\*<sup>2</sup>、依田康宏\*<sup>2</sup>、児玉英也\*<sup>2</sup>

## Error Evaluation of the Dimensions and Shape in X-ray CT Measuring

Koji YAMAMOTO\*<sup>1</sup>, Kazuyasu MIZUNO\*<sup>2</sup>, Tatsuya SHIMADZU\*<sup>2</sup>,  
Yasuhiro YODA\*<sup>2</sup> and Hideya KODAMA\*<sup>2</sup>Industrial Research Center \*<sup>1</sup> \*<sup>2</sup>

マイクロフォーカス X 線 CT を用いて三次元形状測定を行い、その測定誤差を評価した。測定対象は断面形状が円、四角等の引き抜き材または押し出し材とし、サイズに応じた撮像条件を 2 種類設定して測定した。これを CAD データおよび接触式三次元測定機による測定結果と比較したところ、X 線 CT による測定誤差は測定視野内で大きな偏りはないこと、長さ (6~50mm) の測定誤差は+0.5%程度であること、エッジ部など特定の部位に形状誤差が発生しやすいことなどが確認できた。

## 1. はじめに

3D-CAD や 3D プリンタをはじめとする、ものづくりの 3D 化が急速に進んでおり、三次元デジタル化に対するニーズも年々増加している。中でも X 線 CT は影になった部分や内部構造まで非破壊で一括計測することができる有用な装置である。しかし、一般的な産業用 X 線 CT は内部観察が主目的で、測定精度を保証するものではない。そこで本研究では、当センターが所有する X 線 CT (観察用) の測定精度を評価し、形状測定への適用を検討した。

## 2. 実験方法

X 線 CT では、装置や撮像条件、試料、ソフトウェア設定が撮像結果に影響するため適切な測定条件を一律に決めがたいことや、画像の境界が明確でないことが測定精度を保証できない原因となっている。本研究では適当な X 線透過画像が得られるとされる撮像管輝度 5~80%、X 線源スポット径をなるべく小さくする等の観点から、測定条件を表 1 の 2 種類に固定し、X 線透過長が測定精度に与える影響などを調べた。

測定試料は図 1 に示した円、四角等のアルミ (一部アクリル) 製引き抜き材等とし、取得データを図 2 の測定・評価領域にて呼び寸法から作成した CAD および、三次元測定機による測定結果と比較・評価した。

実験に用いた X 線 CT 装置 (以下 CT) は SMX-225CT (株式会社島津製作所製)、ボリュームデータの STL 変換は VGStudio MAX 2.1 (VOLUME GRAPHICS 社製)、CAD との比較は GOM Inspect (GOM 社製) を用いた。

表 1 測定条件

最大試料幅 (FOV)	50mm 未満	50mm 超
管電圧	140kV	180kV
管電流	40 $\mu$ A	
X 線源-試料間距離	250mm	400mm
X 線源-検出器間距離	800mm	
試料の位置、姿勢	回転テーブル中央、回転軸平行	
フィルタ (Cu, t0.5)	なし (アクリル) / あり (アルミ)	
ビームハートニング補正	なし (アクリル) / あり (アルミ)	
画像境界閾値	背景と実体の輝度の中間	



| : w25×t2(mm)  
 ○ :  $\phi$ 6~35、t1~3(mm)  
 L : 15/30~30/30、t2、3(mm)  
 コ : 15/30~50/50、t2(mm)  
 □ : 15/15~50/50、t2、3(mm)

図 1 測定試料

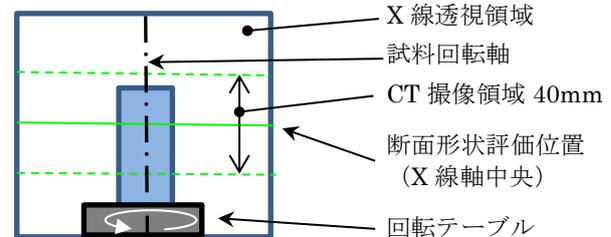


図 2 測定・評価領域

また、寸法・形状を厳密に評価するため、三次元測定機 (以下 CMM) UPMC550 (ZEISS 社製、測定精度  $E_3=0.8+L/900\mu\text{m}$ ) による測定値を真値として用いた。

\*<sup>1</sup> 産業技術センター 自動車・機械技術室 (現産業労働部産業振興課) \*<sup>2</sup> 産業技術センター 自動車・機械技術室

### 3. 実験結果及び考察

#### 3.1 形状測定誤差分布

外径15mm/内径13mmのアルミ円筒管をCTで測定したときのCADデータからの偏差分布を図3に示す。本試料は上中下3断面で同形の形状歪があること

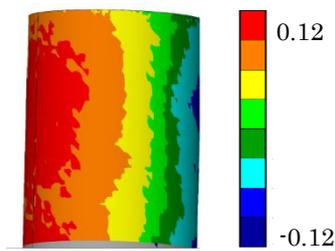


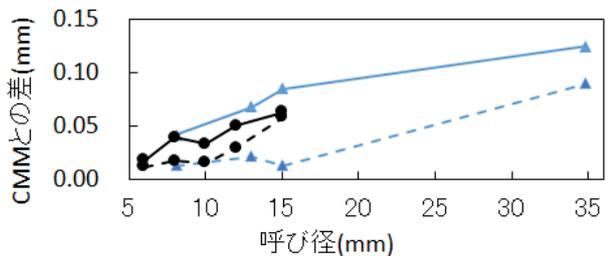
図3 円筒形状の偏差分布

をCMMで確認してあるが、CTによる測定結果も軸方向に偏差が様に分布していた。これより、図2のCT撮像領域内では、測定位置(高さ)および試料の端部/中央部で測定誤差の分布は大きく変化しないといえる。

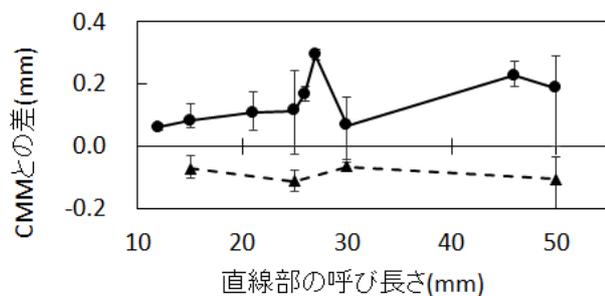
#### 3.2 寸法測定誤差

CMMの測定結果を真値とし、各試料における上端から15mm位置(CT画像中央)でのCTによる寸法測定の結果を図4に示す。円筒管は最小2乗法で求めた直径で評価した。その他の試料は直線部の長さ(内外寸法ともにコーナー付近で測定)と直線部中央の板厚さを、各試料の呼び寸法ごとに平均値を求めてプロットした。

直径および長さ(6~50mm)は、一部の試料を除き+0.5%程度、直線部の厚さ(2, 3mm)は-5%程度の誤差となった。X線CTの測定誤差は、形状等の影響により、単純な直線には乗らなかった。



▲— アクリル外径    ▲— 内径    ●— アルミ外径    ●— 内径  
(a) 円筒管の呼び径と測定誤差



●— 長さ    ▲— 中央厚さ  
(b) |、L、コ、□管の寸法と中央厚さの誤差

図4 CT画像中央での寸法測定誤差

#### 3.3 形状測定誤差

アルミ円筒管(外径15mm/内径13mm)とアルミ四角管(25mm×50mm)について、CT画像中央部での形状をCMMと比較した結果を図5、図6に示す。図5において、プロファイルはほぼ相似で、それぞれ真円度は0.07mm(CT)および0.05mm(CMM)であり、よく一致していた。

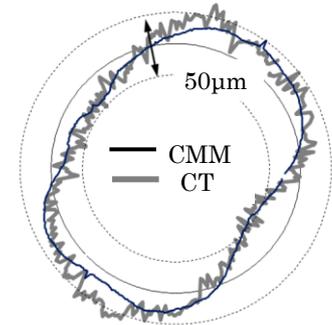


図5 円筒形状測定の比較

角パイプについてはX線透過距離が最も長くなる直線部分の突き当たり(凸エッジ付近)が局所的に膨らみ、長手方向内寸は大きく観測される傾向が見られたが、その他の部分の測定誤差は比較的小さかった。

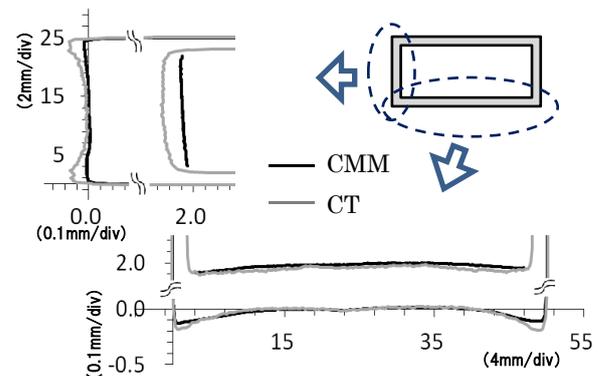


図6 □管の形状・寸法測定の比較

### 4. 結び

X線CTの測定条件を固定して管状試料の形状測定を行い、以下の結果を得た。

- (1) CTの測定位置、試料の測定位置によって測定値が大きく変わることはなかった。
- (2) 今回設定した測定条件において、直径および長さ(6~50mm)の測定誤差は+0.5%程度であったが、直線部の厚さ(2, 3mm)は-5%程度であった。
- (3) 円筒断面形状測定では比較的測定誤差が少なく、真円度は接触式三次元測定機と同等の結果が得られた。また、角パイプ形状では、X線透過距離が長くなる直線部はその突き当たり外側(凸エッジ周辺)で形状の乱れが大きくなった。

### 文献

- 1) 相山英明, 田中大之ら: X線CTシステムを用いた三次元形状評価, 北海道立総合研究機構工業試験場報告, 311, 39(2011)