

ノート

X 線 CT 装置を用いた寸法測定評価

竹澤 勉^{*1)} 樋口 英一^{*1)} 中西 正一^{*2)} 紋川 亮^{*3)} 上本 道久^{*1)}

Evaluation of size measurement using X-ray computed tomography (CT) instrument

Tsutomu Takezawa^{*1)}, Eiichi Higuchi^{*1)}, Shouichi Nakanishi^{*2)}, Akira Monkawa^{*3)}, Michihisa Uemoto^{*1)}

キーワード: X 線 CT 装置, 寸法測定, 三次元計測, 信頼性

Keywords: X-ray computed tomography instrument, Size measurement, Three-dimensional measurement, Reliability

1. はじめに

近年, X 線 CT 装置は X 線管球, 検出器およびコンピュータの進歩により, 従来に比べて非常に高精細な画像を取り扱うことができるようになってきた。そのため従来の断層画像を生成し断線等の故障診断に用いるという利用方法ばかりではなく, 得られた精細な断層画像により 3D 画像を生成することで, 1) 異物・ボイド(空隙)等の内部介在物の解析, 2) 外部および内部寸法の測定, 3) 肉厚の計測, 4) CAD データとの比較等が可能になってきている。

X 線 CT 装置による寸法測定は X 線 CT 画像の高精細化や表面だけではなく内部構造を観察できるため, 非常に注目されている⁽¹⁾⁽²⁾。それは従来の三次元座標測定機 (CMM) や非接触三次元寸法測定機による内部寸法の測定では, プローブや光線が入る限られた範囲での測定に制限されてしまうためである。

その一方で, CMM による寸法測定に比べ X 線 CT 装置による寸法測定は信頼性が十分ではない。そこで本稿において X 線 CT (GE 社製 v|tome|x L300) と CMM (カールツァイス社製 UPMC CARAT HSS) の測定値を比較することにより, X 線 CT による寸法測定値の信頼性について評価を行った。

2. 実験

2.1 外径および内径の寸法測定評価 20℃付近で膨張率がほぼゼロになるセラミックであるネクセラ製ステップシリンダー型テストピース(図 1 参照)を用い, φ14, 18 および 22 mm の寸法測定値について CMM と比較した (n = 5, X 線出力 16 W, 取得枚数 2400 枚, 検出器位置 800 mm および解像度 30 μm)。

2.2 X 線 CT 条件による影響 X 線 CT 条件のうち, X 線出力, 取得枚数, 位置および解像度 (ボクセルサイズ)

の 4 つのパラメータについてネクセラ製ステップシリンダー型テストピースを用い, φ14, 18 および 22 mm の外径の寸法測定を行い X 線 CT 条件が測定値に及ぼす影響について検討した。

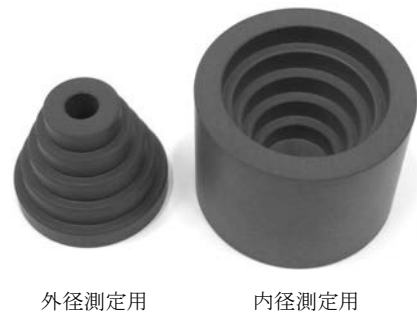


図 1. 内外径評価用テストピース

表 1. 外径の寸法測定値

	外径 1 (mm)	外径 2 (mm)	外径 3 (mm)
CMM	14.0013	18.0046	22.0022
CT-1	14.0073	18.0091	22.0058
CT-2	14.0073	18.0092	22.0060
CT-3	14.0073	18.0093	22.0062
CT-4	14.0075	18.0095	22.0061
CT-5	14.0069	18.0089	22.0057

表 2. 内径の寸法測定値

	内径 1 (mm)	内径 2 (mm)	内径 3 (mm)
CMM	14.0147	18.0203	22.0182
CT-6	14.0108	18.0151	22.0166
CT-7	14.0097	18.0160	22.0166
CT-8	14.0106	18.0160	22.0164
CT-9	14.0104	18.0157	22.0160
CT-10	14.0094	18.0158	22.0164

事業名 平成 26 年度 基盤研究

*1) 城南支所

*2) 3D ものづくりセクター

*3) バイオ応用技術グループ

表 3. X線出力による寸法測定値の比較

X線出力	外径 1 (mm)	外径 2 (mm)	外径 3 (mm)
40 W	14.0099	18.0112	22.0070
16 W	14.0069	18.0089	22.0057
8 W	14.0084	18.0104	22.0074
4 W	14.0069	18.0092	22.0061
Max. - Min.	0.0030	0.0023	0.0017

表 4. 取得枚数による寸法測定値の比較

取得枚数	外径 1 (mm)	外径 2 (mm)	外径 3 (mm)
3600 枚	14.0083	18.0100	22.0064
2400 枚	14.0069	18.0089	22.0057
1600 枚	14.0064	18.0080	22.0048
800 枚	14.0068	18.0087	22.0054
Max. - Min.	0.0030	0.0020	0.0016

表 5. 位置による寸法測定値の比較

検出器位置	外径 1 (mm)	外径 2 (mm)	外径 3 (mm)
1600 mm	14.0079	18.0105	22.0076
1200 mm	14.0075	18.0096	22.0065
800 mm	14.0073	18.0091	22.0058
Max. - Min.	0.0006	0.0014	0.0018

表 6. 解像度による寸法測定値の比較

解像度	外径 1 (mm)	外径 2 (mm)	外径 3 (mm)
90 μm	14.0295	18.0305	22.0259
60 μm	14.0176	18.0189	22.0142
30 μm	14.0073	18.0092	22.0060
24 μm	14.0054	18.0070	22.0036
Max. - Min.	0.0241	0.0235	0.0223

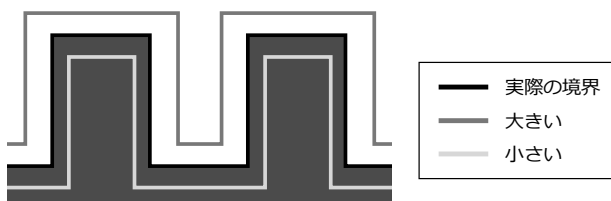
3. 結果および考察

3.1 外径および内径の寸法測定評価 外径および内径のCMMおよびCTにおける測定値について表1および2に示す。

$\phi 14$, 18 および 22 mm の外径評価において再現性 ($n=5$) は順に 0.6, 0.6 および 0.5 μm であった。CMM との差は順に +5.6 ~ +6.2 μm , +4.3 ~ +4.9 μm および +3.5 ~ +4.0 μm と CMM に対して大きい値を示す傾向にあった。

同様に内径評価において再現性 ($n=5$) は, 1.4, 0.9 および 0.6 μm , CMM との差は順に -5.3 ~ -3.9 μm , -5.2 ~ -4.3 μm および -2.2 ~ -1.6 μm と外径評価の場合と比較して逆に小さくなる傾向を示した。

これは空気とサンプル(材料)の境界面を決定するCTデータの表面抽出工程において、実際の境界面に比べ空気側に表面抽出されたため、CMMに対して測定値が外径ではプラス、内径ではマイナス方向の傾向を示したと考えられる(図2参照)。



実際より大きい : 外径 → 大、内径 → 小

実際より小さい : 外径 → 小、内径 → 大

図 2. 表面抽出による境界面の寸法測定値への影響

3.2 X線CT条件による影響 X線出力, 取得枚数, 検出器位置および解像度(ボクセルサイズ)といったX線CT条件をそれぞれ単独で変動させた際の寸法測定値および最大と最小の差を表3~6に示す。寸法測定値のバラツキはX線出力, 取得枚数および検出器位置については3.0 μm 以内と変動は小さかった。その一方で解像度(ボクセルサイズ)を変動させた場合のバラツキは, 22.3 ~ 24.1 μm と他の条件と比べて寸法値に及ぼす影響が大きいことが示された。

4. まとめ

低膨張セラミックスであるネクセラ製のステップシリンダーを用い、X線CT装置における寸法測定の信頼性について評価した。 $\phi 14$, 18 および 22 mm の内外径の寸法測定において再現性は数 μm 以下、CMMとの寸法値の差については $\pm 7 \mu\text{m}$ 未満であった。

寸法測定値へのボクセルサイズの変化による影響が大きく、サンプルの大きさに対して小さな寸法測定をする際には注意が必要であるとともに、表面抽出のパラメータについて今後検討していく必要があることがわかった。

本稿で得られた知見は、X線CTによる寸法測定の信頼性向上に寄与し、中小企業のものづくりにおけるリバーエンジニアリングに活かすことができる。

(平成28年7月1日受付, 平成28年7月29日再受付)

文 献

- (1) Alexander Suppes, Eberhard Neuser: "Metrology with μCT : Precision Challenge", Proc. of SPIE, Vol.7078, 70781G (2008)
- (2) Albert Weckenmann, Philipp Krämer: "Computed tomography in quality control: chances and challenges", Proc IMechE, Part B: J Engineering Manufacture, Vol.225, No.5, pp.634-642 (2013)