

エックス線 CT による画像計測の高精度化に関する研究

ものづくり研究開発センター 林 千歳*¹ 中央研究所 山本 貴文、住岡 淳司

1. 緒言

エックス線 CT システムは、透視による非破壊検査や 3D スキャナーとしての用途に加え、得られた画像を基にした寸法測定に活用されるようになってきた。

その計測精度は、透過画像や再構成画像の像質に大きな影響を受け、エックス線の透過能力や、画像再構成のアルゴリズムに起因するノイズやボケ、スキャン時のブレ等の影響により良好な断層像が得られない場合、計測の精度低下などの支障をきたすことが多い。

そこで、本研究ではエックス線 CT システムの寸法精度を調査することを目的に、標準試料の寸法を様々な条件で計測したときの測定誤差の評価を行った。

2. 実験方法

2.1 実験装置

本研究は、当センターのエックス線 CT システム (Yxlon International GmbH 社製 Y.CT Compact 450XL-Y) を用いて行った。そのエックス線源は、焦点寸法が 400 μ m (EN12543)、管電圧が最大 450kV、管電流が最大 1.55mA であり、検体を透過したエックス線の強度を測定する LDA (ラインセンサ) は、有効長 573mm、センサピッチが約 250 μ m である。試料テーブルは、Fig. 1 に示すようにエックス線管球と LDA (ラインセンサ) の間を 3 段階移動できる構造となっている。また、主要なスキャン条件は、投影倍率、プロジェクション数(試料 1 回転あたりの撮影コマ数に相当)、積分時間(1 コマの撮影時間に相当)である。

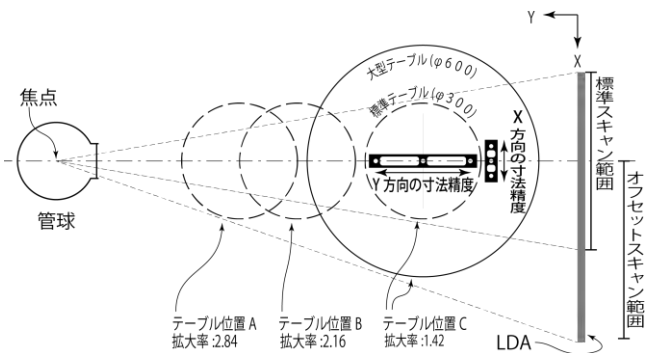


Fig. 1 CT 装置の管球、試料テーブルと LDA の位置関係

2.2 試験および評価方法

(1) X 方向の寸法精度測定

Fig. 2 に示す形状の X 方向測定用の試料を用い、A、B、および C の各テーブル位置にて、Table 1 に示す位置に置いた試験片を、管電圧 280kV、管電流 2.5mA、積分時間

20ms 一定とし、プロジェクション数を 720~5,040 に変化させて 1 断面 CT スキャンを行い、Volume Graphics GmbH 社製 VG Studio MAX の寸法計測機能を用いて評点距離を計測した。中心が評点となっている 2 つの貫通孔に画面上で円をフィットさせ、その円の中心間距離を測ることで計測するものである。スキャン時にラインペア(以下 LP)ゲージを置き、空間分解能を同時に測定した。また、測定時テーブル中心にアルミニウムまたは真鍮製丸棒を置き、CT 画像の像質の影響を調査した。

(2) Y 方向の寸法精度測定

Fig. 2 に示す Y 方向測定用の試料を、テーブル位置 C で、テーブル状の様々な位置に置いた試験片を、1,800 プロジェクションの条件でスキャンし計測、評価を行った。

(3) Z 方向の寸法精度測定

Fig. 2 に示す Z 方向測定用の試料をテーブルの中心に置き、スライス間隔 0.5mm で試験片全体を測定し、VG Studio MAX の寸法計測機能を用いて計測し評価した。

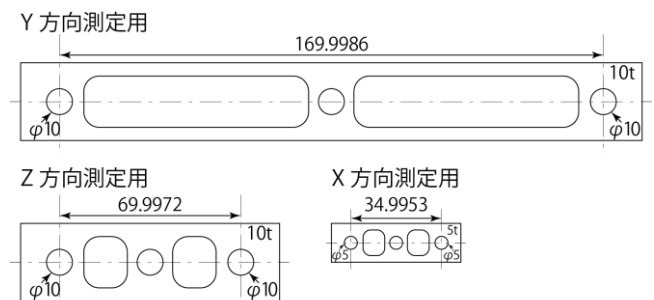


Fig. 2 寸法精度測定用試験片

Table 1 X 方向寸法精度測定用試験片の位置

No.	投影倍率	試料(測定円)の位置	アルミまたは真鍮
1	2.84	テーブル中心から 150mm	真鍮
2	2.84	テーブル中心から 150mm	アルミ
3	2.84	テーブル中心から 150mm	なし
4	2.84	テーブル中心から 50mm	なし
5	2.16	テーブル中心から 50mm	なし
6	1.42	テーブル中心から 50mm	なし
7	1.42	テーブル中心から 100mm	なし
8	1.42	テーブル中心から 150mm	なし
9	1.42	テーブル中心から 290mm	なし

3. 実験結果および考察

(1) X 方向の寸法精度測定結果

Fig. 3 に、スキャン時の評点位置の回転速度(周速)と測定誤差の関係を示す。拡大率の大きい位置では周速の増加とともに寸法精度が悪化している。Fig. 4 に示す CT の

*¹ 現 商工企画課

LP 値で示した空間分解能と測定誤差の関係からわかる
とおり、LP 値が 1 以上の条件で測定すべきである。

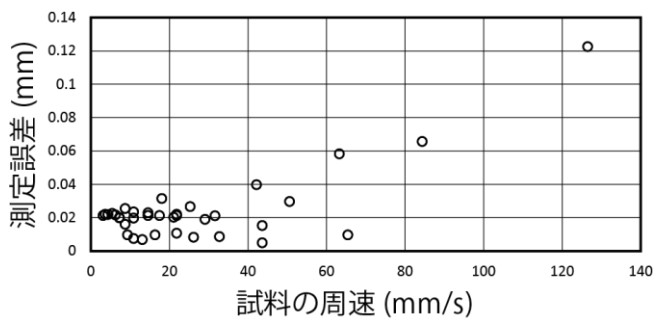


Fig. 3 スキャン時の試料の周速と測定誤差

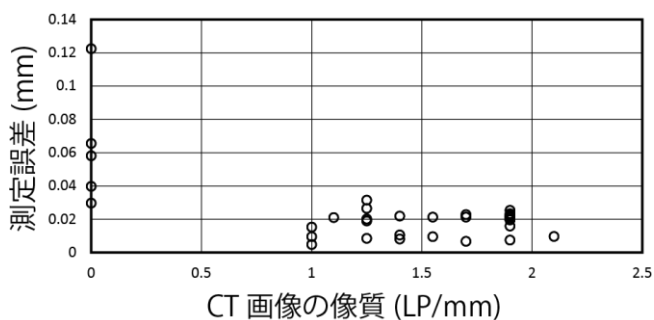


Fig. 4 CT の空間分解能と測定誤差

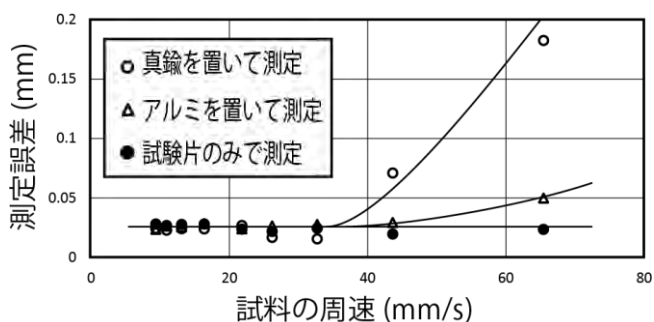


Fig. 5 像質を変化させたときの測定誤差

Fig. 5 には、試験片のみの測定、および Al または真鍮円筒をテーブル中心に置いて像質を変化させ計測した場合の、試料の周速と測定誤差の関係を示した。像質が低下、すなわち断層像の階調の減少により試験片と空気

の境界が不明瞭になると、測定誤差が大きくなっている。Fig. 6 には、テーブル位置(他の条件は同一)を変化させたときの試料の周速と寸法精度の関係を示した。拡大率、すなわち断層像 1 ピクセルで表現されている試料寸法が、測定精度に大きく影響を及ぼすことがわかる。

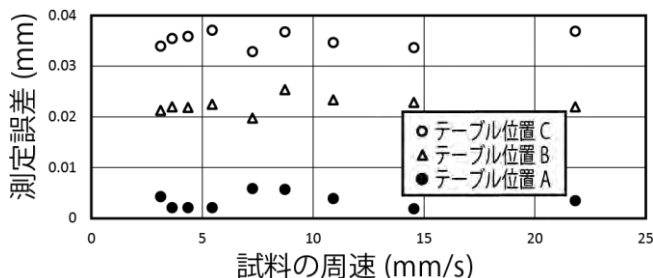


Fig. 6 テーブル位置を変化させたときの測定誤差

(2)Y 方向の寸法精度測定

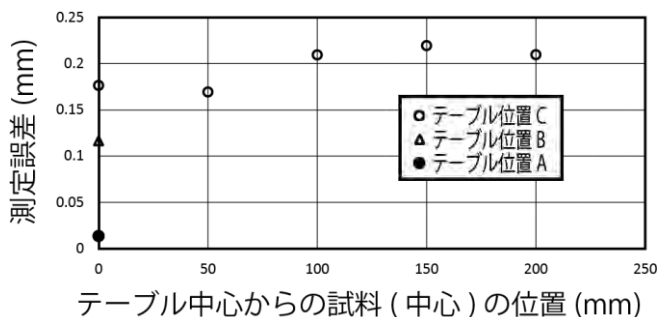


Fig. 7 試料位置を変えたときの測定誤差

Fig. 7 には、試料(評点間隔約 170mm)位置を Y 方向に変化させたときの測定誤差を示す。試料をテーブル中心から外周に移動させると、試料の周速が増加するため測定誤差が大きくなっていることがわかる。

(3)Z 方向の寸法精度測定

Z 方向の測定誤差は、装置の機構から試料テーブルの移動の精度によるものであり、テーブルの位置やテーブル上の試料位置に影響を受けていない。評点間が約 70mm の試料の測定誤差は、おおむね 0.0202mm であった。

キーワード：エックス線 CT、寸法精度、解像度、空間分解能

The Improvement of the Spatial Resolution of a CT Measurement

Monozukuri R&D Center: Chitoshi HAYASHI, Material Technology Section: Takafumi YAMAMOTO and Junji SUMIOKA

A method of evaluating the performance of computed tomography (CT) with the line pair specimen was investigated.

As a result, the measurement accuracy and the spatial resolution of CT are affected by the quality of the tomogram, which is depended upon the magnification in the fan-beam geometry. Also the measurement conditions, especially the number of projections per full rotation have a great influence.