

## X線 CT 用治具の開発及び寸法計測精度向上の検討

小林興尚・高橋勇一\*・黒崎紘史\*

小宅智史\*・中村哲也\*\*・川原潤也\*\*\*

Development of stage for X-ray Computed Tomography (CT) and examination for improving dimensional measurement accuracy

KOBAYASHI Okihisa, TAKAHASHI Yuichi, KUROSAKI Hirofumi,  
OYAKE Satoshi, NAKAMURA Tetsuya, KAWAHARA Junya

産業用 X 線 CT は、近年では三次元 CAD データの生成や寸法計測にも活用が広まっているが、取得したデータには観察対象を保持する治具形状も反映されることが多い。このため三次元データ化や寸法計測を目的とする場合には、対象に適した治具の材質および形状を選定しなければ、取得データの質の悪化につながる。本研究では、汎用的に使用でき三次元データ生成の質を向上させるための X 線 CT 装置専用治具を開発し、さらに寸法精度向上のための検討を行った。

キーワード：X 線 CT、三次元 CAD、寸法計測

In recent years, industrial X-ray CT has been widely used for generating 3D CAD data and measuring dimensions, but the acquired data often reflects the shape of the jig that holds the observation target. Therefore, if the purpose is to convert to three-dimensional data or measure dimensions, the quality of the data will deteriorate unless the material and shape of the suitable jig are selected. In this research, we developed a jig for X-ray CT equipment that can be used for general purposes and improve the quality of 3D data, and further studied to improve the dimensional accuracy.

Keywords : X-ray CT, 3D CAD, Measuring dimensions

### 1 まえがき

群馬県立産業技術センターでは産業用 X 線 CT を活用した、非破壊での依頼試験や研究を実施している。活用目的の多くは三次元透過画像による対象物（以下「ワーク」という。）の透過観察であるが、近年は一般的な計測機器では計測できないワークについての寸法計測や三次元データ化（.STL 形式）を目的とする活用が増加傾向にある。産業用 X 線 CT では装置内の回転テーブルによりワークを 360 度回転させて三次元透過画像を取得するが、回転中にワークが揺れ動くことと画質に悪影響を及ぼす

ことから、姿勢保持及びワーク転倒防止を目的とした粘着テープ（以下「固定テープ」という。）での固定を実施している。この固定テープは三次元透過画像にも写り込むが、観察目的であれば大きな影響はない。しかしながら寸法計測や三次元データ化を目的とする場合、固定テープの写り込みは精度の低下に繋がるため、固定方法の改善が望まれている。また、寸法計測にあたって、当センターの X 線 CT はドイツ技術者協会が規格化した VDE/VDI 2630 に準拠した、計測が可能な計測用 X 線 CT であるが、計測精度は球間距離で保証しているのみである。球径や穴径、端面間距離などは線量の強度、画像再構成時の設定で変化することが分かっているが、変化の度合いは不明であるため、端面間距離の寸

スマートファクトリー推進係、\*計測係

\*\*企画管理係、\*\*\*生産システム係

法精度把握が求められている。

本研究では、固定方法改善のため様々な形状の姿勢保持が可能で固定テープを要しない X 線 CT 専用の発泡スチロール治具を開発した。また端面間距離の寸法精度把握のため、材質の異なる定形直方体を使用し、マイクロメータでの計測結果と X 線 CT での計測結果の偏差を評価することで寸法精度の定量的把握を試みた。

## 2 方法

### 2.1 使用機器

本研究に使用した産業用 X 線 CT (Phoenix v|tome|x m 240/180 ; 日本ベーカーヒューズ株式会社) を図 1 に示す。断面画像のボリュームデータ化に使用したソフトウェアは VG Studio MAX3.2 (ボリュームグラフィックス株式会社) であり、計測には座標計測モジュールを使用した。また、後述する定形直方体の寸法計測に使用したマイクロメータ (MDC-25M ; 株式会社ミットヨ) を図 2 に示す。



図 1 高分解能計測用 X 線 CT システム



図 2 マイクロメータ

### 2.2 定形直方体

本研究では金属または樹脂でできた直方体をワークとして使用した。直方体の設計値は高さ 8mm、奥行き 10mm、幅 15mm と

し、材質は S50C、ANP79、A5052HP、POM、ABS の 5 種とした。5 種のブロックの外観を図 3 に示す。

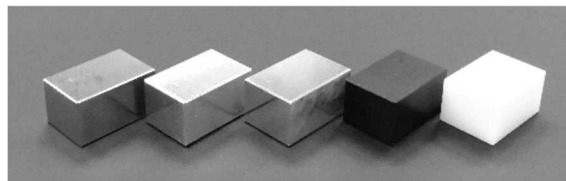


図 3 定形直方体 (材質は左から順に、S50C、ANP79、A5052HP、POM、ABS)

### 2.3 寸法計測精度把握

前述の定形直方体 5 種を対象に、高さ、奥行き、幅寸法についてマイクロメータでの計測及び X 線 CT での計測を行い、これらの結果から偏差を算出し、X 線 CT による計測精度の定量化を検討した。それぞれの計測方法手順を以下に示す。

#### 2.3.1 マイクロメータによる計測方法

マイクロメータをマイクロメータスタンドに保持し、定形直方体の対面する二面間の距離を測定した。一つの直方体について高さ、奥行き、幅の 3 方向について測定を行い、これらを基準値とした。

#### 2.3.2 X 線 CT 撮像条件

X 線照射条件を表 1 に示す。表 1 には管電圧、管電流の設定値のほか、X 線焦点の前に挿入した金属フィルタの材質及び厚さも記載した。また共通条件として、ボクセルサイズは 24.7 $\mu$ m、投影画像取り込み数を 1400 枚、FOD (Focus to Object distance) を 100mm、FDD (Focus to Detector distance) を 600mm とした。画像再構成の際には、ビームハードニング補正等のフィルタ処理は行わず、中心軸補正のみ行った。

#### 2.3.3 X 線 CT 計測方法

ボリュームレンダリング法を用いて、定形直方体を可視化し、ボリュームデータ抽出の

表 1 X線照射条件

材質	管電圧 [kv]	管電流 [μA]	フィルタ
S50C	190	120	銅 0.5mm スズ 0.5mm
ANP79	110	100	アルミ 2mm
A5052HP	90	110	なし
POM	90	110	なし
ABS	90	110	なし

ため、定形直方体の CT 値と空気の CT 値の中間に閾値を設定し等値面を定める。抽出した直方体について、幅方向が X 軸、奥行き方向が Y 軸、高さ方向が Z 軸となるように座標系を設定し、どこをとっても座標が正の値になるよう原点を設定し、抽出した直方体の対面する二面間の距離を計測値とした。なお、面のフィッティングは、設計上の面の中央座標を中心に 1,000 ポイント取得し実施した。

### 2. 3. 4 計測値偏差の算出

X線 CT による計測値から、マイクロメータで計測した基準値を減算した結果を、計測偏差とした。

## 3 結果及び考察

### 3. 1 発泡スチロール治具開発

#### 3. 1. 1 治具形状

本研究にて開発した発泡スチロール治具の形状の一例を図 4 に示す。一例では直径 120mm、高さ 100mm の円柱に 80 度のすり鉢状の加工を施した形状を示したが、実際にはこのほかにも直径、高さ、角度の異なる治具を作製している。材質には X 線を透過しやすい発泡スチロールを選定した。本治具はワークの設置箇所をすり鉢形状にしたことで、ワークの自重で姿勢保持が可能であり、固定テープの使用を要さない。また副次効果として、ワークの置き直し、設置角度調整、X線 CT 撮像時の中心軸合わせが容易となった。本治具は令和 4 年度に群馬県単独特許出願を行った。(X 線 CT 装置用ワーク保持治

具、特許出願番号：2022-63726 (2022)、開発主担当 計測係 高橋独立研究員)

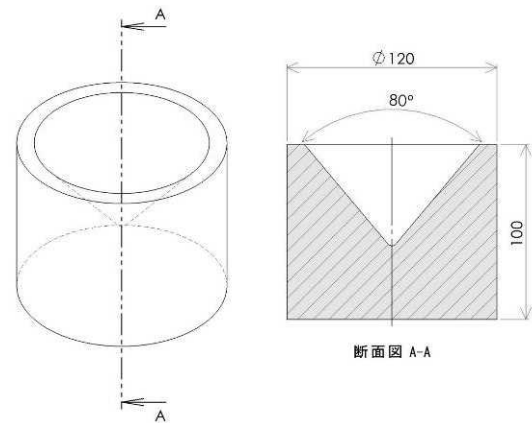


図 4 発泡スチロール治具形状

### 3. 1. 2 治具開発の効果

治具開発の効果を示すため、図 5 に示す樹脂部品 (概形寸法 86mm×73mm×30mm) を従来の方法で固定し等値面を定めた結果 (図 6) と開発治具で保持し等値面を定めた結果 (図 7) を図に示す。図 6 では部品中央部に固定テープを巻き付けて姿勢保持をしたため、テープを含めた形状が出力されている。対して図 7 では、治具のみでワークを保持したことで固定テープの写り込みのないデータを出力することができた。



図 5 樹脂部品

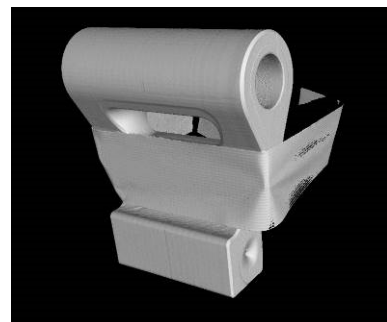


図 6 従来の固定方法で取得したデータ

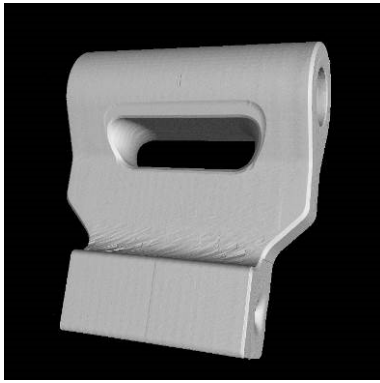


図7 開発治具を使用して取得したデータ

図4の発泡スチロール治具では、例えば直径20mm高さ200mmの円柱のような一辺が長い形状の姿勢保持は困難であり、一つの治具では、全てのワークには適用できない。しかし、すり鉢の角度、高さ直径を変更して複数の治具を作製することで、様々な形状のワークについて固定テープを使用せず質の高い三次元データを取得する事が出来る。また、このように複数の大きさの治具を作製する事にはメリットがある。例えば図4の治具を使用して直径10mm高さ10mmの相対的に小さなワークの三次元データを取得することは可能であるが、ワークに対して治具が相対的に大きいためワークを十分にX線減に近づけることができず、ボクセルサイズが大きくなり解像度の低いデータになってしまう。それぞれのワークサイズに合わせた治具を使用することで、ワークをX線源に十分に近接させることができ、解像度を向上させたデータを取得する事が可能となる。

### 3.2 寸法計測精度向上のための検討

#### 3.2.1 定形直方体の計測結果

マイクロメータでの計測値およびX線CTでの計測値から算出した偏差を図8に示す。グラフの縦軸は偏差(mm)、横軸は定形直方体の設計値(mm)である。S50Cにおいては計測距離が長くなるほど偏差が大きくなり、マイクロメータでの計測値よりもX線CTでの計測値の方が大きくなる傾向があった。POM及びABSについても、計測距離が長くなるほど偏差が大きくなったが、マイクロメータでの計測値よりもX線CTでの計

測値の方が小さくなる傾向があった。ANP79及びA5052HPにおいては計測距離が長くなっても偏差は一定であった。

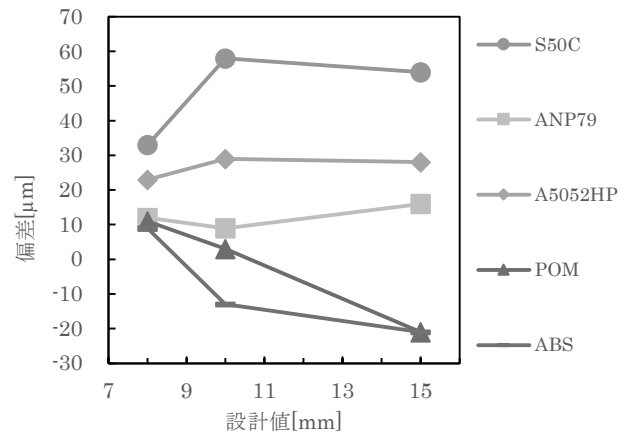


図8 設計値ごとの偏差

#### 3.2.2 計測結果に係る考察

X線CTでの計測値は、定形直方体のCT値と空気のCT値の中間に設定した閾値から定めた等値面から取得しているため、ANP79及びA5052HPの結果のように計測距離によらず一定の偏差が発生するものと予想したが、結果は材質ごと、計測距離ごとに異なる傾向となった。現時点で原因は解明できていないが、X線の散乱線の影響が大きいのではないかと考えている。S50CのX線CT画像を図9に示す。図9の四隅においては、空気の黒色とワークの白色が明瞭に分かれているが、各辺の中央に近い部分においては灰色で表現される領域が存在する。この灰色の部分はおそらく散乱線の影響を受けた領域であり、等値面生成の際に空気と材料の境界が空気側に偏ってしまう要因となったと考えられる。

以上より、計測精度の定量化のためには散乱線の影響を確認する必要があるが、その評価方法は確立していないことから、散乱線評価法の確立が課題となることが分かった。

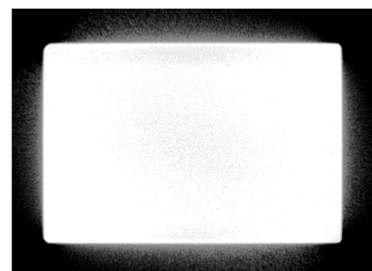


図9 S50CのX線CT画像

## 4 まとめ

本研究にて発泡スチロール治具を開発したことで、解像度を向上させ固定テーブルの写り込みのない三次元データを出力することが可能となった。また、X線CTを使用した寸法計測精度把握のためには、散乱線の評価が課題であることが分かった。

## 参 考 文 献

- 1) 戸田裕之：X線CT－産業・理工学でのトモグラフィー実践活用－
- 2) 田中俊敬ほか：産業用X線CTの理解と活用、軽金属学会誌、第71巻、第9号、417(2021)