

3Dスキャニングによるリバースエンジニアリング 手法の精度検証について

大石 剛 史*

当センターの既存設備を利用したリバースエンジニアリングの手法について検討し、得られた設計データの精度検証を行った。鋳物部品と切削加工品について検証し、それぞれの程度の誤差が生じるのかを確認した。これらの誤差はレーザスキャンと並行してマイクロメータや三次元測定機による接触測定を行うことで低減が見込める。

1 はじめに

近年 3D スキャニングを活用したリバースエンジニアリングに対する注目が集まっており、安価なスキャン機器やソフトの普及で今後益々発展すると考えられている。

地域の織物業では、織機の補修部品が今後不足することが懸念されており、地域の機械金属業で代替部品を製造するためには部品の 3D データ化や図面化等が必要になってくると考えられている。

そこで当センターの既存設備でリバースエンジニアリングを実施し、3D データ化・図面化した際の形状精度について検証を行った。

2 リバースエンジニアリング

2.1 手法の検討

一般的なリバースエンジニアリングの手法は以下のような手順で行われる。

手順①: スキャニング

デジタル等により測定物に対してレーザスキャンを行い、測定点のデータ(以下、「点群データ」とする)を取得。

手順②: データ処理

スキャンして得られた点群データからメッシュと呼ばれる細かい面が集合したデータ(以下、「STL データ」とする)を作成。

手順③: 製図ソフトで作図

変換ソフトを使い STL データを製図ソフト等で編集可能な設計データ(以下、「CAD データ」とする)へ変換。

当センターは手順③の STL データを CAD データへ変換するためのソフトを所有していない。そのため、製図ソフトに STL データを表示した上でデータの輪郭をなぞる形で新たに作図して CAD データを作成することとし、これを手順③とすることにした。

作成した CAD データの形状精度について、レーザスキャンした測定物を三次元測定機で輪郭測定し、接触点座標と CAD データを比較することで、測定物と CAD データにどの程度の誤差ができていないかを検証することとした。この輪郭測定による精度検証を手順④として、各手順について実施することにした。

はじめに織機部品の中でも比較的単純な形状である部品(図 1)について 3D データ化と検証を行った。

この部品は鋳物製で織機の組立図によればキープロテクタと呼ばれる部品であり、駆動部のフライホイールとタイミングホイールの間に取り付けられる部品になる。

* 技術支援課 技師

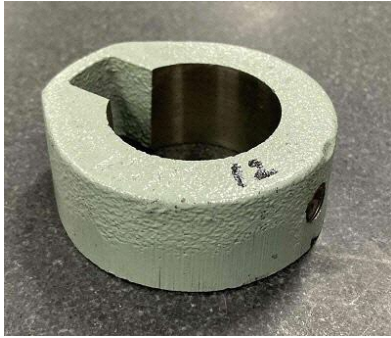


図1 検証する織機部品(キープロテクタ)

2.2 実施

2.2.1 手順①スキヤニング

当センターはデジタイザを所有していないことから高精度 CNC 三次元測定機 STRATO-Apex 9166 ((株)ミットヨ)及び非接触レーザープローブ SurfaceMeasure606((株)ミットヨ)を用いてレーザースキヤンを行った。測定機を図2に、スキヤニングの様子を図3に示す。



図2 高精度 CNC 三次元測定機

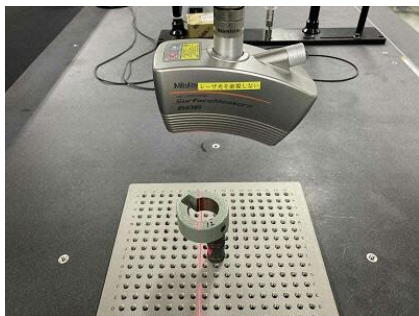


図3 スキヤニングの様子

測定物全体の点群データを取得するため、測定物の表面と裏面に対してそれぞれスキヤンを行った。なお、スキヤニング作業は測定機の標準ソフト MSURF V4.002((株)ミットヨ)(以下、「標準ソフト」とする)を使用した。

2.2.2 手順②データ処理

スキヤニング同様、測定機の標準ソフトを使い、不要な点群データの削除やメッシュ作成などの処理を行った。スキヤニングで得られた表裏2つの形状データを合成し(図4)、STLデータ(図5)へ変換した。

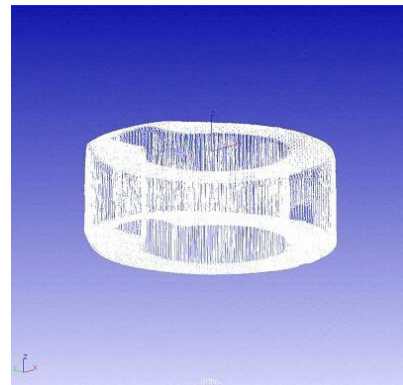


図4 合成した点群データ

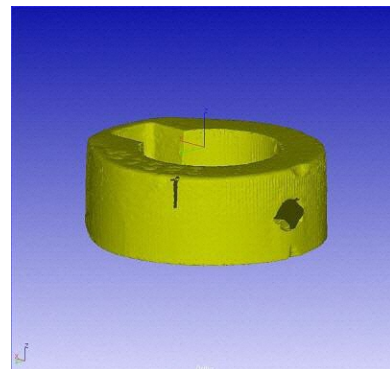


図5 STLデータ

2.2.3 手順③製図ソフトで作図

得られた STL データを製図ソフト上に表示し輪郭をなぞるように作図を行った。作図は製図ソフト SOLIDWORKS(ダッソー・システムズ)を使用した。元となる STL データと作成した CAD データをそれぞれ図6、図7に示す。



図 6 STL データ(製図ソフト上)

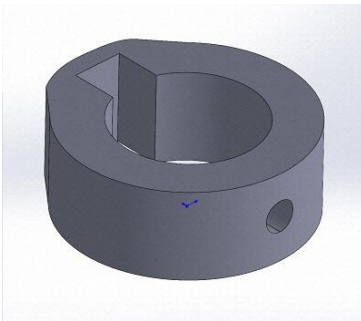


図 7 CAD データ

2.2.4 手順④精度検証

高精度 CNC 三次元測定機を使い、測定物の外周に対してスキヤニングプローブによる輪郭測定を実施し、得られた接触点座標と、接触点と同一高さの CAD データ輪郭上の座標から偏差量を算出した。測定物の上面を Z=0 mm の XY 基準面とした上で、Z=-5 mm と Z=-20 mm の 2 つの高さの外周に対して 3 回ずつ実施した。

測定及びデータ比較は、測定機の標準ソフト (MCOSMOS V4.0R2 及び CAT1000PS) ((株)ミットヨ) を使用した。輪郭測定及びデータ比較の様子を図 8、図 9 に示す。

偏差量の算出は、標準ソフトのオプション機能である CAT1000PS ((株)ミットヨ) を使用した。このソフトでは、CAD データの表面に対して接触点が外側にある場合に正の偏差量、内側にある場合に負の偏差量として表される。今回は全体の偏差傾向を調べるため、各測定点における偏差量の絶対値から平均値、中央値、最小値、最大値を確認した。

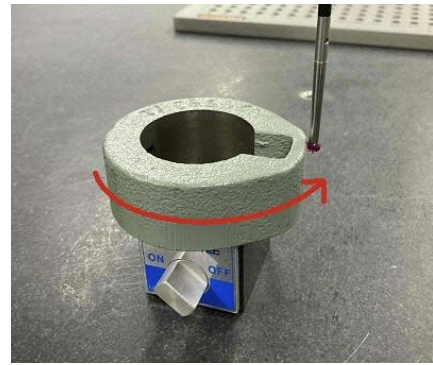


図 8 輪郭測定の様子

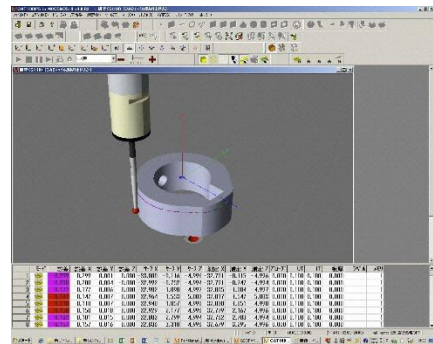


図 9 データ比較 (CAD-接触点座標)

2.3 実施結果

輪郭測定で求めた接触点座標と、接触点と同一高さの CAD データ輪郭上の座標との偏差量を表 1 に示す。

表 1 織機部品の偏差量 (CAD-接触点座標)

	平均値	中央値	最小値	最大値
Z=-5 mm	340 μm	268 μm	2 μm	994 μm
Z=-20 mm	231 μm	191 μm	1 μm	674 μm

測定高さによって偏差量に有意な差があるのは、設計データを作成する際に抜き勾配の設定にミスがあったためと考えられる。また、織機部品の場合、多くが鋳物でできている。今回検証に用いた部品も鋳物製で、表面に鋳肌と呼ばれる凹凸が生じており、少なからず測定値へ影響を及ぼしていることも考えられた。

そこで織機部品よりもより簡易な形状でかつ表面性状の起伏が少ない単純形状の切削加工品で同様の検証を行うことにした。

2.4 単純形状での検証

アルミ材の円筒切削加工部品で検証を行った。測定物を図 10 に、データ化及び検証の各過程を図 11 から 14 に示す。



図 10 円筒形状の切削加工品



図 11 切削加工品の点群データ

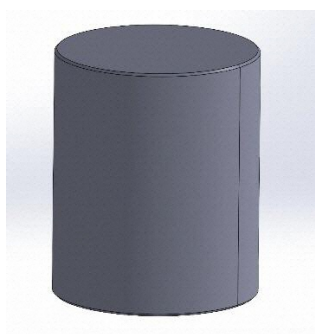


図 12 切削加工品のCADデータ



図 13 輪郭測定の様子

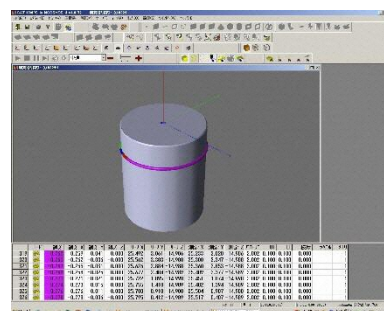


図 14 データ比較(CAD-接触点座標)

今回も同様にスキャンしたデータから CAD データを作成し、測定物の上面を $Z=0$ mm の XY 基準面とした上で、 $Z=-15$ mm、 $Z=-30$ mm、 $Z=-45$ mm の 3 つの高さについて各 3 回ずつ輪郭測定を行った。接触点座標と、接触点と同一高さの CAD データ輪郭上の座標との偏差量は表 2 のとおりとなった。

表 2 切削加工品の偏差量(CAD-接触点座標)

	平均値	中央値	最小値	最大値
$Z=-15$ mm	150 μ m	137 μ m	1 μ m	301 μ m
$Z=-30$ mm	149 μ m	137 μ m	1 μ m	296 μ m
$Z=-45$ mm	150 μ m	136 μ m	1 μ m	299 μ m

高さを変えても偏差量の平均値は 150 μ m 程度、最大値は 300 μ m 程度と各値は概ね一致した。この結果から、スキャンデータから CAD データを作成した場合、単純な形状であってもこの程度の誤差が生じることがわかった。

3 考察

3.1 誤差要因

作成する CAD データの誤差を低減させるため、各手順における誤差要因を整理することにした。整理した誤差要因を以下に示す。

手順①について、非接触レーザプローブによる測定はメーカー公称値で 12 μm の測定誤差が存在する。また、今回は検証できていないが材質や表面色による測定値への影響も考えられる。

手順②について、表側と裏側の点群データを合成する際に位置合わせを目視で行っている。ソフトの機能でも大まかな位置を合わせることは可能だが、細かい微調整等は作業者の手で行う必要があり、その際に誤差が生じると考えられる。

また、合成した点群データを STL データに変換する際にはフィルタをかけて不要点の削除といったデータの整形を行うが、その際のフィルタレベルによっては穴の輪郭が崩れるなど、穴径や穴位置に影響が生じる。フィルタレベルを細かくすることでそのような影響を緩和することも可能だが、フィルタレベルが細かくなると製図ソフトで読み込んだ際にデータサイズやパソコンの性能の問題でファイルを読み込めない場合やソフトの動作が不安定になることがあり、フィルタレベルの設定には考慮が必要となる。

手順③について、当センターに STL データを CAD データに変換するリバースエンジニアリング用のソフトが無いため、製図ソフト上に STL データを表示してその輪郭に沿うように新たに作図する手法をとった。そのため、作図の際に誤差が生じていると考えられる。特に自由曲面のような複雑形状の場合は輪郭をトレースすること自体が難しく、作業者の作図スキルに依る部分も大きいと考える。

また、鋳物製品は鋳肌の凹凸が測定値へ影響を及ぼしていることも考えられた。

手順④について、接触測定時の誤差は、メーカー公称値で 100 μm 測定時に 1.15 μm 程度と極めて小さい。そのため、CAD データの誤差への影響は大きくないと思われる。ただし、測定方法が輪郭をなぞる測定のため部分的な形状比較しかできないという点

に課題がある。

3.2 形状精度を向上させる方法について

今回はスキャンデータだけを元に CAD データの作成を行ったが、ノギス、マイクロメータ、三次元測定機といった測定器を補助的に使用すれば、得られた測定値を元に作図する事が可能となるため形状精度の向上が見込める。特に三次元測定機であれば十分な測定精度が確保でき、細穴などのレーザーが届かない奥まった位置でもプローブが届く限り測定が可能であるため、有効な方法と考える。

また、輪郭測定で得られる輪郭形状のデータは製図ソフトで読み込めるため、複雑形状でも精度を損なわずに読み込むことができる。ただし、輪郭データは平面に投影されるため、立体的な形状を得ることができない点には注意が必要である。

鋳肌の凹凸については、輪郭形状測定機を使って表面性状を解析することも有効と考える。輪郭形状測定機のスタイラスは三次元測定機のスタイラスよりも先端半径が小さいため、より細かい観察が可能となり、凹凸の高さ等を設計データに反映することでより誤差の小さい設計データを作成できることが見込める。

手順③について、当センターに STL データを CAD データに変換するリバースエンジニアリング用のソフトが無いため、製図ソフトで新たに作図する手法をとったが、一般的にはリバースエンジニアリング用のソフトが使用されており、Geomagic Design X (3D Systems) や spScan (アルモニコス) などが使用されている。これらの専用ソフトは STL データをそのまま CAD データに変換でき、作図が難しい複雑形状でも CAD データ化することが可能となっている。ソフトが高額であることから、当センターでは導入に至っていないが、専用ソフトを使うことも精度向上に寄与すると考えられる。

4 まとめ

本研究では当センターの既存設備を使用してリバースエンジニアリングを実施し、得られた設計データの形状精度の検証を行った。検証の結果、鋳物である織機部品であれば平均 340 μm 、最大 1 mm 程

度の誤差、切削加工品であれば平均 150 μm 、最大 300 μm 程度の誤差でデータ化できることを確認した。

織機部品の誤差は切削加工品に比べて大きいため、今後は切削加工品と同程度まで低減できるような工夫を考えていく必要がある。

本研究の結果、製図ソフトによる描き直しが必要な点など課題はあるものの、3D データ化した際の大まかな精度目安を得ることができた。今後の技術相談の対応や地場産業の維持等への貢献が期待できる。