

測定サンプルの類型化による非接触形状測定の高度化

長野隼人*

Improvement of the Non-contact Shape Measurement Quality by Typification of Measurement Samples

NAGANO Hayato*

抄録

3D計測技術の向上により、製品品質を3Dデジタイザで評価するケースが増加している。しかし、最終的に得られた3Dデータは、測定条件設定が多様であるため、精度保証できないのが現状である。そこで本研究では、測定サンプルを類型化し、最適な測定条件を決定することで、測定精度と作業効率の向上を図った。2種類の代表的なサンプルを様々な測定条件で評価した結果、サンプルが測定視野に収まる一番解像度の高いレンズを使用すると、測定精度が良好であり、IGES等のデータ変換はデータの穴埋め修正を行っておくことで、作業効率を向上できることが分かった。

キーワード：非接触形状測定機（3Dデジタイザ）、類型化、接触式三次元測定機
X線CT三次元測定機

1 はじめに

近年、製品の高機能化、部品形状の複雑化に伴い、生産性や品質向上のために、複雑な形状を短時間で詳細に測定したいというニーズが高まっている。当センターでも大量の測定点群を瞬時に処理し、形状データを取得する非接触形状測定機（以下デジタイザ）が、ほぼ毎日稼働している状態である。

しかし、デジタイザは、接触式の三次元測定機に比べると、測定精度は劣り、最終的に得られた形状データは精度保証できない。また、精度の高い測定には、デジタイザでの測定・解析条件等の最適化が必要であるが、現状では、個々の経験則しかこれらを判断する材料がない。

そこで、本研究では、測定サンプルの類型化により最適な測定条件を自動選択できるシステム構築を目指した。この実現により、デジタイザ測定における精度と作業効率が向上し、依頼試験、機器開放に還元することができる。

2 実験方法

2.1 測定装置概要

デジタイザは図1（左）のようなプロジェクタから測定サンプルに投影されたフリンジパターンを CCD カメラで画像処理し、点群データを出力することで、3D データを取得する。CCD カメラレンズは交換でき、測定精度や測定視野を調節できる。また、デジタイザ付属のロータリテーブルを用いて、指定角度に回転して測定することで、自動的に三次元データを繋ぎ合わせることも可能である。デジタイザの仕様については表1、

* 技術支援室 機械技術担当

2に示した。

表1 3D デジタイザ仕様

メーカー・型番	Steinbichler・COMET 5-11M
ロータリテーブル	XY(3軸駆動,重量20kg)
解析ソフト	(株)アルモニコス・spGauge
	(株)3DS・Geomagic Studio

表2 3D デジタイザレンズ仕様

項目	レンズ	測定範囲 (mm)	1shot 精度 (±mm)
仕様	C80	75×50×50	0.005
	C150	155×105×70	0.010
	C350	345×230×200	0.020
	C600	560×375×370	0.030

デジタイザで測定した3Dデータは、他の測定機を用いて精度評価した。寸法値で評価できるものは接触式三次元測定機（以下接触式）、その他は、デジタイザと同じように3Dデータを取得できるX線CT三次元測定機（以下CT）を用いて、照合計算により評価した。それぞれの測定機の仕様を表3、4、外観を図1に示した。

表3 接触式三次元測定機仕様

メーカー・型番	CarlZeiss・ACCURA II 9/16/8
測定範囲	900x1600x800 (1500kg)
測定精度	VASTgold 1.4+L/350um
解析ソフト	CarlZeiss・Calypso

表4 X線CT三次元測定機仕様

メーカー・型番	Carl Zeiss・METROTOM800
出力	130kV,300uA
測定範囲	φ 125x150mm
測定精度	4.0+L/100um(VDI/VD準拠)
解析ソフト	CarlZeiss・Calypso



図1 測定機外観
(左からデジタイザ、接触式、CT)

2.2 測定条件の拘束

デジタイザでの測定条件において、形状品質に

関わる可能性のある項目七つを図2、3、表5に挙げた。

これらの条件を検証したい項目以外、同一条件に拘束した状態で測定し、精度評価の結果から良好な測定条件を決定した。

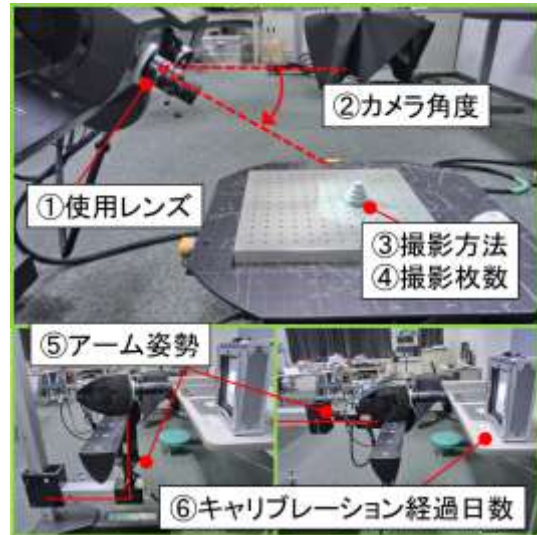


図2 デジタイザ測定条件①～⑥

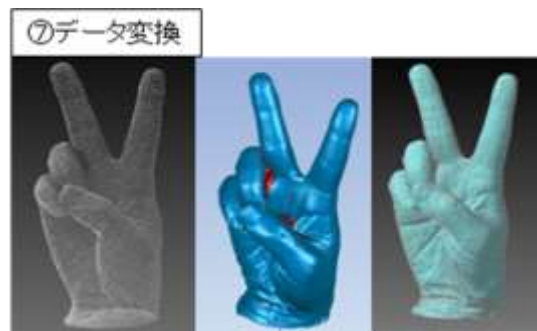


図3 デジタイザ測定条件⑦
(左から点群、STL(穴埋め修正)、IGES)

表5 測定条件設定詳細

項目	設定内容
①	C80,C150,C350,C600
②	0deg,30deg,45deg,60deg,90deg,不定
③	自動(ロータリ)、手動
④	1~16枚程度(手動撮影の場合95%程度データを埋めれば終了)
⑤	垂直、水平
⑥	当日~11日後
⑦	点群(生データ), STL, IGES 穴埋め修正

2.3 測定サンプル

測定サンプルは暫定的に図4に示した四種類に

類型化し、A、B に区分されている形状について評価を行った。

A 区分の形状評価には、段付き円筒形状になっているステップシリンダを用いた。これはアルミの丸棒を NC 旋盤で加工し、表面をサンドブラスト処理したものである。図 5 (左) に示した直径、高さを接触式で測定し、デジタイザ測定の偏差量を求める基準データとした。

B 区分の形状評価には成人男性の手の石膏模型を用いた。この形状全体を CT で測定し、デジタイザ測定の偏差量を求める基準データとした。A、B それぞれの概略形状を図 5 に示した。

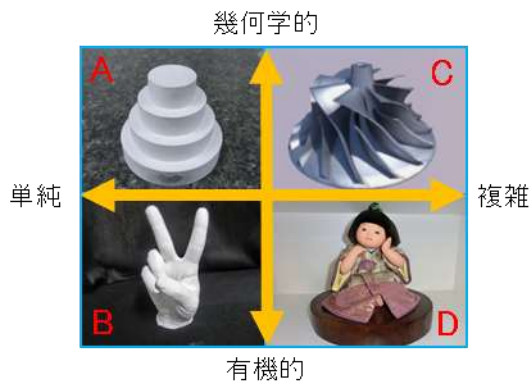


図 4 測定サンプル類型化

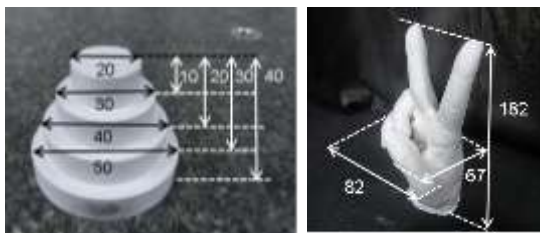


図 5 サンプル A(左) B(右) 概略形状(単位:mm)

3 結果及び考察

3.1 形状 A (ステップシリンダ) の評価

デジタイザで測定したステップシリンダの直径、段高さを、接触式の測定値に対する偏差量で評価した。表 5 の測定条件で⑦は点群データ固定で①~⑥の条件を変え、全 72 測定を行った。その結果、①のレンズ別に比較した結果が一番偏差量の傾向を確認できた。その偏差結果のグラフとデジタイザでの計算結果画面を図 6~8 に示した。

全体の傾向として、直径・高さ偏差ともに C80 と C150 は同等の精度で、C350 は偏差量、ばらつきともに大きかった。また、表 2 に示したレンズの 1shot の精度を満たしている測定条件は少なかった。これはデータ張り合わせによる誤差や、1shot 撮影でも直径や高さを計算するのに十分なデータ情報が得られなかったためだと考えられる。その中でも C150 のレンズが比較的 1shot 精度に近い結果が得られているのは、ステップシリンダの大きさが C150 のカメラ視野角に適度に収まるサイズであり、無理なくデータ張り合わせができたためだと考えられる。

また、図 7 の高さ偏差量は 40mm の計測結果が著しく悪かった。これは図 5, 8 のように 40mm 位置は定盤を計測点として測っているため、ステップシリンダと定盤のカメラで認証するコントラストの違いが結果に出たものだと考えられる。

その他、表 5 の②~⑥の測定条件については、明確な優位差を確認できなかった。

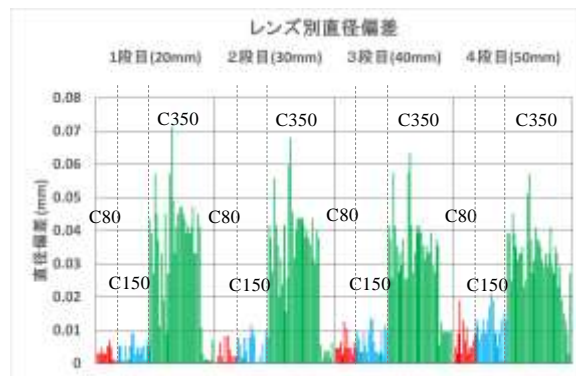


図 6 形状 A データ偏差量 (レンズ別直径)

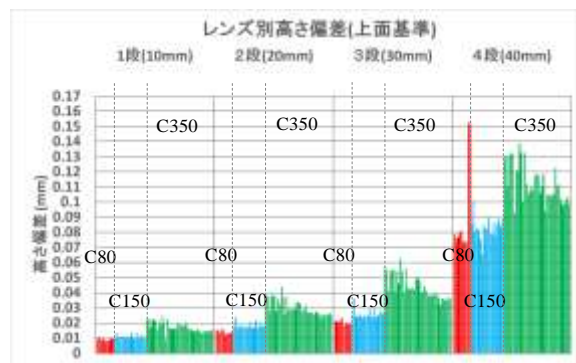


図 7 形状 A データ偏差量 (レンズ別段高さ)

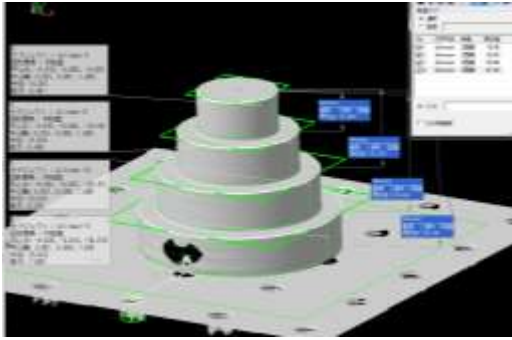


図8 デジタイザ計算結果

3.2 形状 B (手石膏模型) の評価

デジタイザで測定した手の石膏模型の形状データを CT で測定した形状データと照合計算し、形状偏差量で評価した。

表 5 の測定条件①～④, ⑦の条件を変え、全 18 測定を行った。その結果、①レンズと⑦データ変換別に比較した結果に形状偏差量の傾向が確認できた。形状偏差結果のグラフとデジタイザの照合計算結果画面を図 9～11 に示した。

図 9 のレンズ別に見た形状偏差量では C150 と C350 は± 0.04mm、C600 は± 0.07mm 程度でレンズ以外の測定条件変更では違いはあまりみられなかった。この傾向は形状 A のステップシリンダの評価と同じであり、形状全体をカメラ視野角に収められる C350 のレンズが表 2 のレンズ精度に一番近い結果を得た。また、自動 (A) と手動 (M) の合計最少撮影枚数は、C350 が 6 枚、C150 が 19 枚であるため、作業時間効率を考えると C350 のレンズが適している。

図 10 は一つの測定データ (表 5 ①～⑥固定) を点群→STL→IGES の順にデータ変換した結果であり、変換作業が進むにつれ、偏差量が大きくなった。特に STL から IGES の変換は 0.02mm 以上の差があり、形状が崩れやすかったことが分かった。

さらに、形状データを穴埋め修正した場合は、偏差量が 0.1mm 以上と非常に大きくなった。これはデジタイザ測定時、指の握りこぶし隙間のデータ欠損が大きく、自動穴埋め修正では、実際の形状に沿った穴埋めができなかったためだと考え

られる。一方、変換作業時間で見た場合は、穴埋め修正しない点群→STL→IGES の処理時間は 24 分なのに対して、穴埋め修正した同様の処理時間は 11 分で済んでいる。また、測定データの欠損が多い場合は、穴埋め修正しないと IGES データに変換できないケースもあった。

これらのデータ変換結果から、測定精度優先の場合は、点群もしくは穴埋め修正していない STL データの処理が良く、IGES データの充填率、作業時間を優先させる場合は、穴埋め修正した変換作業のほうが効率良くできることが分かった。



図9 形状 B データ偏差量 (レンズ別)



図10 形状 B データ偏差量 (データ変換)

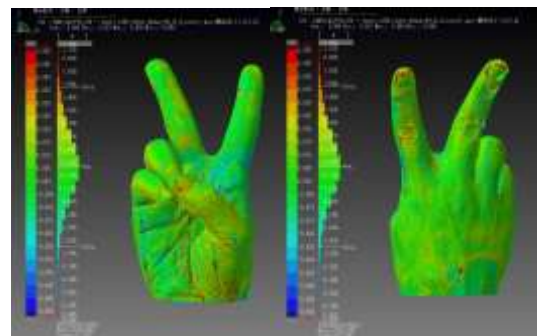


図11 デジタイザ照合計算結果

4 まとめ

デジタイザ精度検証として、図4の測定サンプル類型化例の形状 A (ステップシリンダ)、B (手の石膏模型) を様々な条件設定で測定した。その結果、A、B とともに、形状全体が測定視野に収まる高解像度レンズで測定することが測定精度、作業時間効率を良くする条件だと分かった。

また、STL や IGES データが必要な場合は、精度、作業時間の優先順位に応じて、穴埋め修正を行うかどうかの判断材料になった。

機器開放や依頼試験では、測定サンプルの大きさが分かれば、測定視野角に収まるレンズを事前に準備でき、データ変換作業を効率よく行うことで、機器利用時間を短縮し、品質の良い形状データを提供できる。

測定サンプルの類型化に関しては、サンプルA、Bで大きな傾向の違いがみられなかったので、今後は、測定精度と作業効率のバランスを考慮した測定用途による類型化を検討したい。