

3D デジタイザの測定試料や測定条件による 測定結果への影響に関する調査

阿部 顕一（情報・生産技術部システム技術グループ）

1. はじめに

近年、製造業や設計分野では、製品や部品の三次元形状を正確かつ迅速に取得し、そのデータを活用する重要性が高まっている。従来の接触式測定では困難であった複雑形状や柔軟な素材にも対応可能な、非接触式三次元測定技術が注目されている。

令和6年度に導入された3Dデジタイザ（図1）は、物体表面を高速かつ高精度に三次元データ化でき、寸法測定、形状評価、CADデータ作成など幅広い用途への活用が期待される。一方、光学式測定であるため、撮影角度や照明条件、対象物の色、光沢、材質などの影響により測定誤差が生じやすい。そのため、これらの要因を把握し、実測データに基づいた評価・検証を行うことが重要である。

本研究では、導入した3Dデジタイザの特性および測定限界を明確化し、効果的な活用方法を確立することを目的とする。さまざまな形状、材質、色、光沢を有する試料に対して実際に三次元測定を行い、得られたデータを比較・検証することで、測定条件が結果に及ぼす影響を把握する。また、測定誤差やデータのばらつきを分析し、安定した測定結果を得るための測定条件および手順を整理する。



図1 3Dデジタイザ

2. 実験及び結果

特徴的な3種類の試料（図2）を測定し、ステレオカメラの統合・分離、レンズセットの違い、マーカーの有無による測定誤差およびデータのばらつきを分析した。

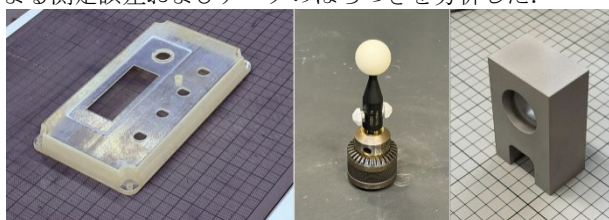


図2 3Dプリンター造形品、校正球、MC加工品

① 3Dプリンター造形品：

複雑形状の試料ほど、デジタイジング時の撮影死角を補うため、多方向からの撮影が必要となる。撮影により取得した点群は最終的に結合されるため、撮影回数が測定結果に及ぼす影響について検証を行った。

45°ごとの8回撮影、試料設置場所3か所、撮影カメラ姿勢3種類の条件で測定を実施し、全72撮影分を順次結合して測定結果の変化を検証した。

少ない撮影回数（8回）と多い撮影回数（72回）を比較しても明確な差異は認められなかったため、8回撮影して結合したデータをリファレンスとし、撮影回数を増加させながら測定結果の変化を確認した。（図3）

その結果、設置場所や撮影姿勢により、測定結果に±約20μmの差異が生じる場合があった。また、撮影回数の増加に伴い、平均化されるように測定結果が安定する傾向が確認された。48回以降は、一定の差異を残しつつも72回まで安定した結果を示した。ただし、これはリファレンスとした初期8回撮影分の測定結果自体が十分に安定していなかった可能性が考えられる。

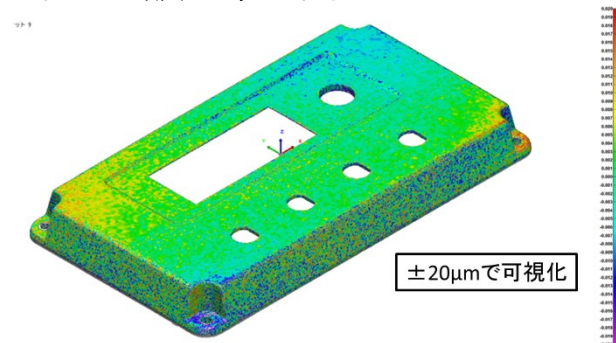


図3 造形品8回撮影と72回撮影の形状照合

② 光学式三次元座標測定機付属校正球：

理想的な3Dデジタイザには、設置場所、撮影方向、カメラ姿勢に依存せず、同一形状を再現できることが求められる。そこで、高真球度を有する三次元座標測定機付属の校正球を多方向から撮影し、校正球との差異および撮影回数が測定結果に及ぼす影響を検証した。

8回撮影して結合した3Dデータをリファレンスとし、全72回撮影分を順次結合して測定結果の変化を評価した。

その結果、測定結果には±約20μmの差異が認められた。特徴として、経度方向に45°ごとに大きな差異が発生しており、45°間隔で測定した影響によるものと考えられる。（図4）また、少ない撮影回数（8回）と多い撮影回数（72回）を比較しても明確な差異は認められなかった

ため、直径および輪郭度について評価を行った。真球のようなプリミティブ形状については、撮影回数を増やすことで測定結果が校正値へ近づく可能性が示唆された。(図5)

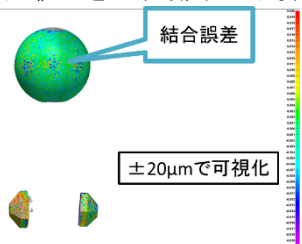


図4 校正球8回撮影と72回撮影の形状照合

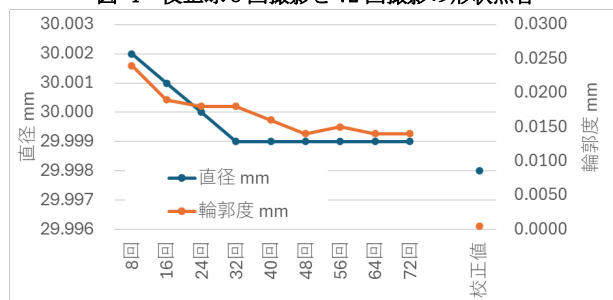


図5 撮影回数による直径・輪郭度の変化

③ マシニングセンタ加工品：

3D デジタイザは、撮影によって取得した点群を、別方向から取得した点群と順次結合することで点群範囲を拡大する。点群結合時には、試料上の同一領域を重ね合わせることで位置合わせを行う。しかし、直方体のように重ね合わせ領域が単純な平面であり、特徴が少ない場合には、誤った結合位置で収束する可能性がある。そこで、結合判定が困難な直方体形状のマシニングセンタ加工品について、位置決めマーカーの有無による影響を検証した。

45° ごとの8回撮影、設置姿勢3種類の条件で、全24回撮影を結合した3Dデータを作成し、付属ソフトウェアによる寸法測定結果と接触式三次元座標測定機による測定結果との差異を比較した。レンズセットは「350」、「500」、「1000」の3条件とし、高精度測定が可能な左右カメラ統合モードと、広範囲測定が可能な左右カメラ独立モードの2条件で実施した。さらに、マーカー条件として、大、中、小サイズのマーカーをロータリーテーブル上へ約120°間隔で配置した条件、およびマーカー無し条件を設定した。(図6) 以上より、レンズセット3条件、左右カメラ統合/独立2条件、マーカー4条件の計24条件で検証を実施した。

その結果、マーカーを使用することで測定精度は向上したが、マーカーサイズによる明確な影響は認められなかった。また、測定箇所によっては、マーカーサイズに関係なくオフセット誤差が発生した。このオフセット誤差はマーカー条件を変更しても変化しなかったことから、レンズセットに起因する可能性が高いと考えられる。さらに、円内径部では点群欠損箇所が多く確認され、これが測定ばらつきの要因になっていると考えられる。

図7に、マーカー有無別の差異の標準偏差と仕様精度を示す。高精度測定を目的としたカメラ統合モードよりも、カメラ独立モードの方が良好な精度を示した。これは、独

立モードでは一度に複数面をデジタイジングできる場合があり、単一面中心となる統合モードよりも点群結合誤差が少なかったためと考えられる。



図6 マーカーの配置

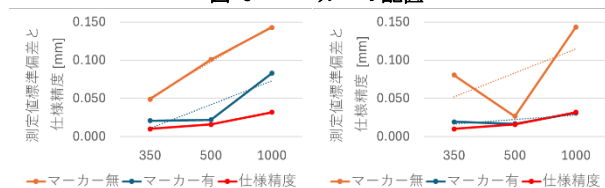


図7 レンズ3種と左右統合/独立の測定結果

3. 考察及び今後の展開

特徴的な3種類の試料を測定し、各条件下で得られたデータを比較・検証した。その結果、今回の試料では、カメラ姿勢によって±約20μmの差異が発生することを確認した。また、デジタイジングデータの結合部においても、±約20μm程度の差異が発生した。

さらに、カメラ統合/独立、レンズセット、マーカー有無による測定誤差およびデータばらつきを分析した結果、複数回撮影および結合を行ったデータの精度は、装置仕様値より悪化する可能性が高いことが分かった。

一方、数十回以上の撮影を行うことで、平均化処理のような効果により、形状や寸法は安定する傾向を示した。ただし、再現性は高いものの、オフセット誤差と考えられる傾向も確認されており、真値へ漸近するかどうかについては不明である。

今回使用したマシニングセンタ加工品のように、結合誤差の発生が予想される形状については、接触式三次元座標測定機などによる測定結果との比較を行い、誤差発生箇所および発生要因を検証したうえで、マーカー配置や測定姿勢などの対策を講じることが望ましい。

なお、本検証は1条件あたりの測定および分析に長時間を要する手作業で実施したため、限られた期間内では十分な検証を行うことができなかった。その結果、全5種類のレンズの違い、左右レンズの統合/独立撮影の影響、光沢表面や奥まった角部における乱反射の影響など、今後も検証すべき課題が残されている。

今後は、精密測定業務の高度化に向け、各種形状およびサイズの試料に対して、複数レンズや撮影条件を組み合わせた検証を進める予定である。そのうえで、不安定な結果が生じる条件を特定し、それらに対する対策手法の検討および効果確認を体系的に実施していく。