

工芸品の簡易的3次元CADデータ化に関する研究

藤田純一*

Study on Converting to Three-dimensional CAD Data Simply about Craft-Products

Junichi FUJITA

近年、県内の工芸業界などから、既存の工芸品を再活用する目的で、立体物をCADデータとして取り込み、その形状を加工編集して新たな図面を作成したりNC加工機や3Dプリンタなどで出力したいとの相談が寄せられている。しかし、立体形状を測定する装置は高価で、また、測定した点群から作成した自由曲面をCADデータに変換するには高度な技術を要するため、立体形状を容易に取り込む手法の開発が望まれている。

そこで、立体形状を測定誤差4mm程度で容易に測定する手法を考案し、しかも取り扱いの簡単な断面の線画として出力することで、職人が自ら自分の作業場で立体形状を容易にCADデータ化できるようにした。

Keyword：工芸品、形状測定、CADデータ、簡易、ロフト機能

1. 緒 言

近年、県内の木工芸業界、金属工芸業界、ガラス工芸業界、焼物業界、和紙工芸業界などから、既存の製品や部品を再活用する目的で立体物をCADデータにしたいとの相談が寄せられている。その背景には、今までは中国などで手作業で製造されていた木製工芸品や木型などが、中国の人件費高騰や、コロナ禍による輸出入制限の影響を受け調達しにくくなったことがある。そこで、今後の不安定な国際情勢も念頭に入れ、その対策として、このような既存製品の再活用や製造を国内に戻す方針を検討した。しかし現状、国内で手作業で立体造作物を再活用したり製造できる職人の高齢化などの理由から減少しているため、早急に機械化しNC加工機や3Dプリンタなどを利用した、今までと異なる手法の構築を図る必要がある。

しかし、立体形状を再活用するためにその形状を測定する装置は未だ高価である。また、漆製品などの黒色やガラス製品などの表面が透明な立体物は、一般的には測定が出来なかったり可能であっても難易度がかなり高くなる。しかも測定後の生データは膨大な点の集まり点群データで、その後処理には専用のソフトウェアや高度な技術を必要とするため、この工程の簡便化と効率化が課題となっていた。

また、測定のために工業技術センターなどの機関に出向くのは、時間的にも労力的にも負担であるとの意見もあり、工芸業界向けに職人が自らの手で自分の作業場で多数の立体形状を容易に測定する方法を開発することを目指した。

職人の方々に話を伺うと、製品の写真を自分で撮影する事も多く、ホームページやSNSなどに写真をアップする際

に画像補正なども行う事もあるとの事から、カメラ撮影の基本知識があり、パソコンで多少でも画像編集ができる方を対象とした。

測定した立体形状の出力フォーマットとして、通常用いられる点群のデータではなく断面の線画（以下、ベクトルデータ）として扱うことで、CADの経験が浅くても立体形状を容易にCADデータ化できるようにした。なお、CADが容易に扱える立体データ形式として、ロフト機能による立体化（断面データを複数並べ、それを繋げることで立体化する）を利用した。

最終的には、取り込んだ立体形状を元にCADでデザイン変更を行い、完成した立体データをNC加工機で切削加工し最後に手作業で仕上げる。また3Dプリンタなどで立体形状を造形しそれを既存部品と共に利用していくことで、作業の合理化や技術の間口を広げていく。

2. 立体形状を測定する方法

立体形状を測定するには図1のような型取りゲージを用いる方法が最も簡便な方法である。これは凸凹した複雑な形状や曲線に合わせて同じ形を型取りできる道具で、無数に並んでいる



図1 型取りゲージ例

金属や竹などの細い針を押し当てることで、測りたい形に沿って針が動き、簡単に型取りすることができる¹⁾。

しかし、市販されている型取りゲージは型を取る際には一定の荷重が必要で、平均的なもので100N程度である。この荷重だとガラス製品などの測定では被測定物が破損す

*生産技術部

る可能性がある。また商品にもよるが、測定できる変位量が50mm～100mmであり、今回想定している図1のような足の木型や木工芸品などが測定できない問題点がある。

次に考えられる測定方法としては、図2のようなハンディタイプの立体測定器を用いることである。このサイズの測定器であれば職人の作業場でも導入可能であるが、このような測定器は未だ高価で購入が難しい。また、測定したデータは点の集りである点群データが得られるため、その点群から曲面を作成し、さらにCADデータに変換するのには高度な技術と時間を必要とするため、作業場には導入しづらい。



図2 立体測定器例

そこで本研究では、型取りゲージの原理を基本的に活かした新しい測定器を考案した(図3, 4)。



図3 新しく考案した測定器



図4 測定部分の拡大

細い針(以下、測定針)で測定した立体の測定値をカメラで撮影し、その後の色々な画像処理を自動化することで、CAD経験が浅くても容易に測定・立体化ができ、そして低コストでかつ作業場にも容易に設置できる測定器全体サイズである。

測定できる立体形状の大きさとしては、成人男性の足木型サイズや手の平サイズの木工作品を想定し、高さ145mm×奥行き145mm×幅400mmまで測定でき、測定精度の目標は測定針の直径と同じ5mmとした。また撮影に用いるカメラは一眼レフやコンパクトデジカメを始め、ラズベリーパイ制御のカメラ、そしてスマホカメラなどに対応できるようにカメラの設置位置や高さを可変できるようにし、また、レンズの画像収差を軽減するために最もカメラと測定針の距離が取れる箇所にカメラ保持台を設置した。

また、被測定物の形状には、上の部分が突き出ているのでその下側が測定できないオーバーハング形状がある。そのような場合は1方向からだけでは完全に測定できないので、被測定物を全方向から測定できるように被測定物を固定治具ではさみ込み固定した。本報告では使用していないが被測定物を90度づつ回転できる構造とし、オーバーハングの対策を行った。

2. 1 断面形状を読み取る測定針

立体形状の断面を読み取る新しい測定針の必要条件として、細長い形状なので曲げ強度が高いこと、針を上下に滑らかにスライドさせるためにほぼ摩擦がないこと、測定可能範囲としては足の木型を想定して145mm以上であること、針を最下点に戻し測定針をリセットするための突起が付けられること、被測定物と接触する下端は被測定物に弾かれて反らないようにR処理を施せること、またガラスのような表面摩擦が少ない被測定物の測定では、下端に滑り止め加工を行った方が測定針がより弾かれずに測定可能、などが考えられる。そこで、図5に示す断面5×6mm、長さ250mmの縦長形状をABS樹脂で作製した。

針は図6に示すABS樹脂製の抑えガイドにより保持され、測定針の滑らかな垂直動作の確保と、測定針自身が回転することを防いでいる。この5mm幅測定針を用い、測定針の

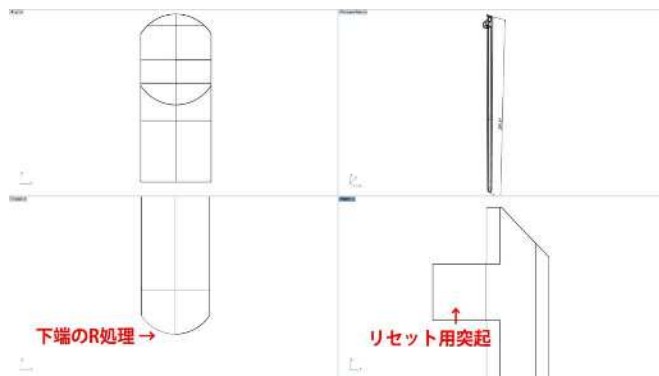


図5 5mm幅測定針の三面図

スムーズな上げ下げ動作や測定針を最下点に戻すリセット動作など基本的な動作は確認し、上下動作に関してはほぼ抵抗なしに動作ができた。

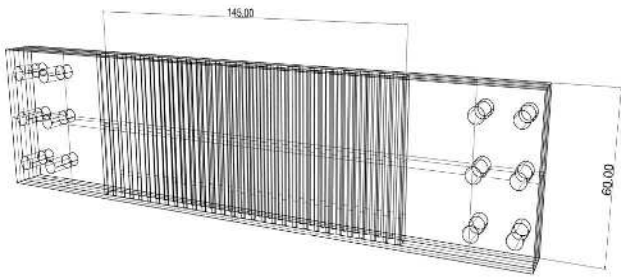


図6 5mm幅測定針の抑えガイド

2.2 カメラで撮影後の画像収差補正

カメラで測定針を撮影する際、撮影した画像には色々な歪が発生している。画像の僅かな回転や、レンズの特性による像面湾曲収差などである。それを補正するために図7に示す収差校正用のチャートを設置できるようにした。

本測定器ではチャートや測定針を適正サイズで撮影できるレンズは35mm判換算で焦点距離40mm（画角57度）程度としてある。断面を測定する前にまずこのチャートを撮影し、四隅の点を画像処理ソフトにて規定の横200mm×縦200mmとなるように画像の角度と4点位置の変形処理を施した。その後、画像解像度を変換して画像処理ソフト上で実寸法で作業を行えるようにした。使用した画像処理ソフトは、補正作業などの自動化処理とバッチ処理機能が優れていることと、デザイン業界のデファクトスタンダードなソフトであることから、全てAdobe社製PhotoshopCCを用いた。



図7 収差補正用のチャート撮影

この補正作業は測定ごとに行う訳ではなく、想定されたサイズの被測定物であれば、測定器を設置した最初に補正作業を行えば良く、職人の作業低減にも繋がる。

なお、本測定器とCAD上の軸設定として、図7に示す画像で左右方向がX軸、上下方向がY軸としている。

2.3 被測定物を前後に動かす機構

被測定物を前後（CAD上ではZ軸）に動かす方法は、測定器の土台部分を滑らかに移動できる固定治具に、被測定物をはさみ込み固定できるようにした。またガイドフレームに一定間隔で印を付け、指定のピッチで移動できるようにした。

2.4 測定の流れ

チャートを用いた画像補正作業を行った後、図8のように断面形状の画像を次々に撮影していく。被測定物の先端から測定を始め、測定針を下げる→撮影→リセット→被測定物の移動、を繰り返す。撮影した複数の写真（図9）は連続して収差補正を行いトリミング（図10）、細かい隙間を埋めるためガウスぼかし処理を行い、その後、255階調

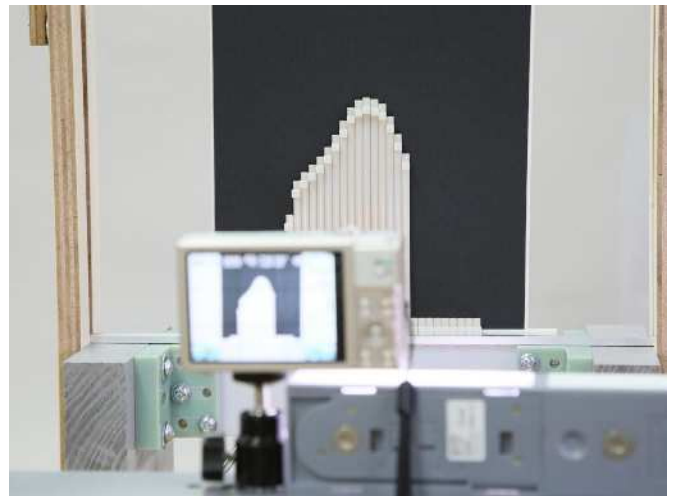


図8 断面形状を撮影している様子



図9 撮影された断面形状画像

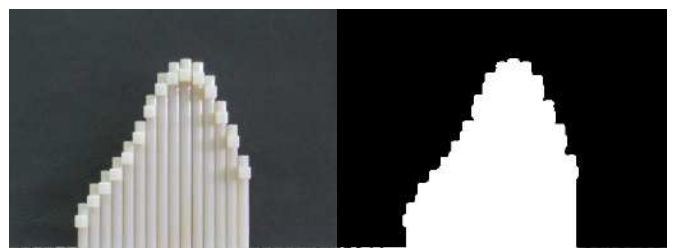


図10 画像補正とトリミング

図11 二値化

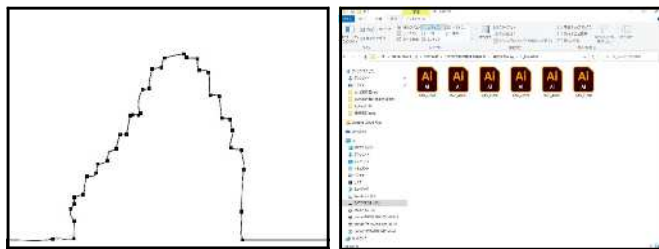


図12 ベクトルデータ化 図13 Illustratorファイル

中の黒から80階調目を境に二値化を行う（図11）。

その後、線画（ベクトルデータ）作製ソフトAdobe社製Illustrator形式の線画データ（図12, 13）として自動保存できるように、Photoshopの自動編集機能アクションプログラムとそれを連続して行うバッチファイルを作成した（図14）。この自動化処理により、測定やコンピュータの経験が浅くても、シャッターボタンを押して被測定物を前後移動するだけの作業で、測定した多数の写真を線画データに変換できる。



図14 Photoshopのアクションプログラム

この測定器は、被測定物を前後方向に送る機構は手動のため、規定の幅で前後移動を行うたびに、測定針のリセット、被測定物の横移動、そして測定の動作を繰り返すことになり、その測定には横移動の回数だけ時間はかかる。ただし必要に応じて測定した10枚～100枚程度の画像データが取得できれば、このアクションプログラムにより数分で図13の状態に変換できた。

また、この測定器ならではの特徴として、前後移動が手動操作なので、立体形状の形状変位が大きいところは移動を細かく、形状変位の小さなところは移動を大きく、と自由に取れることが挙げられる。ただしその際は、変位をどう変化させたかを記録しておく必要がある。

2. 5 ベクトルデータのCADへの取り込み

3次元CADソフトRobert McNeel&Associates社製Rhino-cerosにて、図13のIllustratorファイルを順次読み込み、定器で前後に動かした値をCAD上では奥行き値（Z軸）として自動で書き換え、図15のようにロフト作製の断面を並べられるマクロプログラムを作成した。

CADの基本機能の一つであるロフト処理を行い立体形状になったワイヤーフレームモデルを図16に示す。

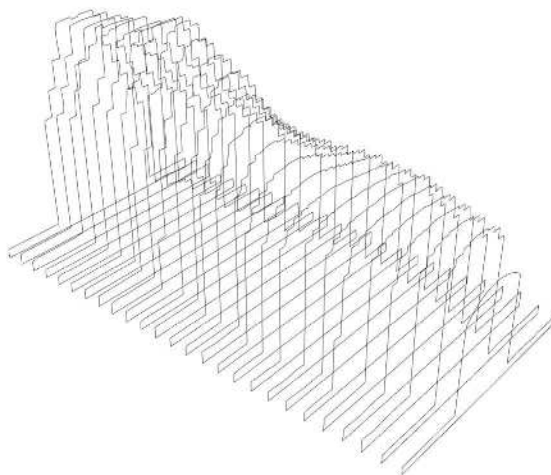


図15 CAD上に断面形状を読み込み

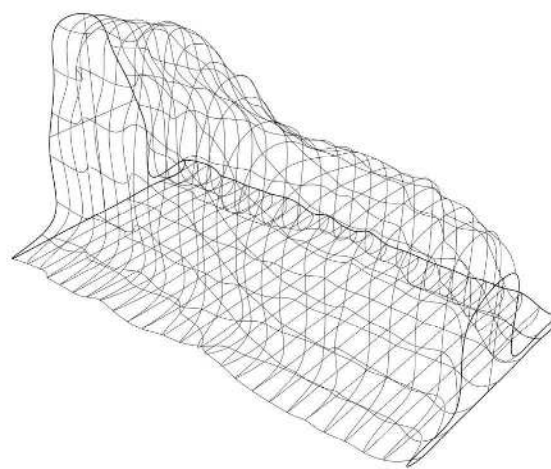


図16 各断面をロフト機能で立体化

3. 測定結果と考察

測定器の評価として、足木型を例に、本測定器で測定した結果（図17）と、型取りゲージで測定した結果（図18）を比較した。

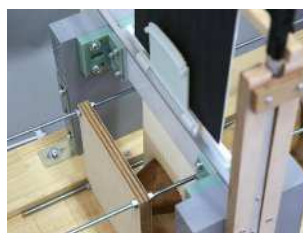


図17 測定器で測定



図18 型取りゲージで測定

断面形状の測定は、5mm幅の測定針の場合5mm以内で再現できるかと想定していた。測定結果を比較した図19のとおり、今回開発した測定器と型取りゲージの間では、概ね3～4mmの誤差が発生した。精度目標の想定内ではあるが、原因として考えられるのは、まず測定針の直径が太すぎることで、また、測定中に部分的な測定針の反りが発生していた。この反りは、測定針自身の強度不足と、測定針を保持する押さえガイドとの間に僅かな隙間があったためと想定される。

今後は測定針が反らないように更なる高強度化と、押さえガイドをアルミなどの金属で製作し、測定針と押さえガイドとの隙間をより小さくして測定針が反ったりしないよう、再度製作を行いたい。

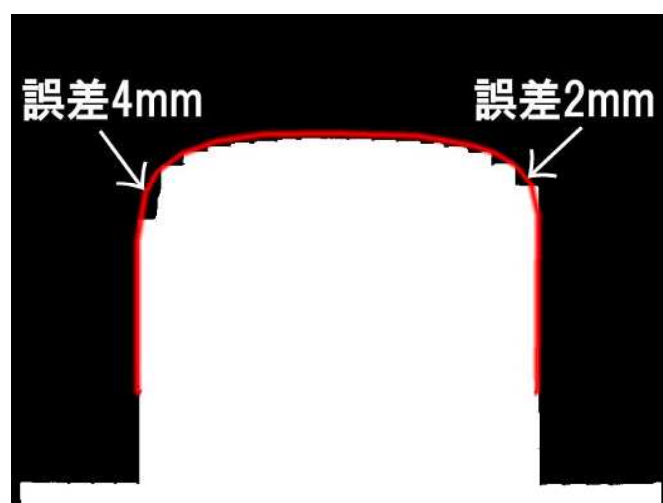


図19 比較(赤線が型取りゲージの断面)

4. 結 言

この測定器の最大の特徴は、立体測定に難しい技術や知識が必要なく、測定やコンピュータ操作の経験が浅くても容易に自分の工房内で測定でき、場合によっては試行錯誤しながらデータ化できることである。また被測定物の色や反射、透過など表面性状の影響を受けずに測定できること、そしてCAD上ではロフト処理で容易に立体形状を構築でき、点群処理などの高度な知識と環境を必要としないことである。ただし測定精度はおおよそ4mmである。

今後このアイデアが必要とされる工芸関連業界に対して利用促進を図っていき、今まで職人の手作業のみで行われていた作業を、部分的に機械化していき、工芸産業の新しい業務手法の一つとしていきたい。

謝 辞

本研究を進めるに当たり、被測定物として足木型をご提供頂いた(株)ナッジテック、ガラス製品をご提供頂いたコップ屋さん、薩摩切子をご提供頂いた(株)島津興業薩摩ガラス工芸に謝辞を表します。

参 考 文 献

- 1) シンワ測定株式会社 ホームページ
<https://www.shinwasokutei.co.jp/feature/型取りゲージは型取り名人>

