

デジタルクリンナップ手法による伝統工芸品制作プロセスの改善検討 デジタル技術応用による伝統産業に適したデザイン開発手法の 研究開発と普及事業 第3報(その2)

デザインチーム 竹浪 祐介

要 旨

伝統工芸における制作プロセスの改善を目的とし、ハンドメイド(手作り)の原型を3Dスキャンしてデジタルデータ化し、3D-CAD上でデータを加工して修正及び補正を施す“デジタルクリンナップ”手法を陶磁器と漆器の制作事例に応用した結果、デジタル工程の可逆性と精度の高さから原型制作の負担軽減や表現の幅を広げるなどの効果を確認した。また、新型コロナウイルス感染症拡大を受け、対面での打ち合わせに代替できる3Dビューワーソフトウェアやオンライン会議システムを活用したデザイン検討の手法について検討し、効果を確認した。

1. はじめに

デジタル技術応用による伝統産業に適したデザイン開発手法の研究開発と普及事業¹⁾²⁾の一環として、本報では伝統工芸品の制作プロセスのうち、とくに設計段階に対し、3Dスキャナーや3D-CADなどのデジタル技術を導入することにより造形作業を効率化し、表現の幅を広げることができる“デジタルクリンナップ”手法の応用とその効果を報告する。今回は、陶磁器と漆器の制作プロセスについて取り組んだ。工程の概要を図1に示す。

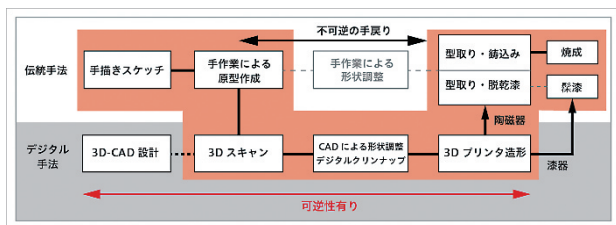


図1 設計プロセスの模式図

2. 「磁器製ブランドロゴ徽章」の開発手法

2.1 課題

陶磁器の原型制作工程において、比較的小型で曲面構成が複雑な場合、従来のハンドメイドでは加工に時間と手間がかかるため、効率化が求められていた。また、新型コロナウイルス感染症拡大により、対面での打ち合わせが難しくなっており、これらに対応する解決策が事業者から求められた。

これらの課題を解決するため、京焼・清水焼窯元である「陶仙窯」の新しいブランドロゴをデザインに取り入れた徽章(襟章)の原型設計の一部にデジタル技術を取

り入れ、デジタルクリンナップ手法を応用し、オンラインによるデザイン検討を行った。

2.2 制作プロセス

2.2.1 粘土による拡大粗原型作成

デザイン原案は「陶仙窯」のローマ字ロゴ「TOHSEN」を直線で構成・図案化したものである。本来はグラフィックデザインとして印刷物など平面での使用を想定したこのデザインを徽章として立体化し、原型を制作することを試みた。徽章は一辺が15mm程度と小さく、その表面は20以上の異なる傾斜角度を持つ平面で構成された、立体的スタンドグラスのようなデザインが求められた。

微細な加工が求められるため、原寸大で多数のパターンをハンドメイド(いわゆる「手作り」、以下ハンドメイドと表記)でデザイン検討することは難しく、効率的ではない。そこで、粘土にて20倍程度でハンドメイドにて造形した拡大原型(粗原型)を検討の手がかりとした。原図案と拡大原型を図2に示す。

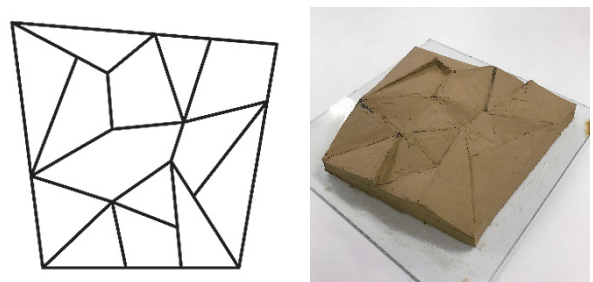


図2 ブランドロゴデザイン
(左: 平面図案 右: ハンドメイドによる粘土製拡大粗原型)

2.2.2 原型の3Dスキャニング

拡大粗原型を3Dスキャナー（コニカミノルタ製 RANGE5）で3Dスキャンを行い、デジタルデータとしてコンピュータに取り込んだ。測定ソフト「RANGE VIEWER」での測定条件を表1に示す。

表1 測定条件 (RANGE VIEWER)

測定距離 (mm)	500
1回あたり測定数	3
測定回数	8回 (片面)
露光レベル	80

2.2.3 3Dスキャンデータのクリンナップ

スキャンにより得られた立体形状のデジタルデータから、頂点や稜線などの立体構成のポイントを抽出して3D-CAD (GeomagicDesignX 及び Rhinoceros) にて描き直すことにより、原型をトレースするクリンナップを行った。その様子を図3に示す。平面デザインの立体化にあたって、3D-CADを使用することで、同一平面上に4点以上の頂点が存在するなどの立体構成の不明瞭な箇所が明らかとなり、補助的に面を再分割することで原案のデザイン性を損なわずに造形の見直しにつなげることができた。

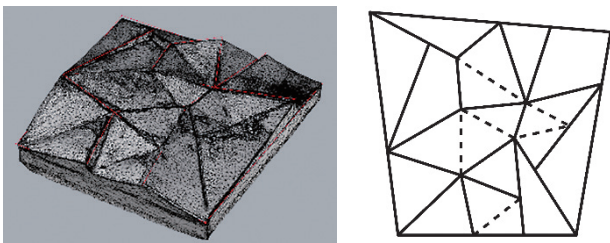


図3 デジタルクリンナップ
(左：トレース過程 右：面の再分割 (破線))

2.2.4 オンライン会議とビューワーアプリの併用によるデザイン検討

3D-CADにてトレースした立体データを、3Dビューワーソフトウェア「iRhono3D」にて依頼者と共有した。このソフトはデータの加工はできないが、3D形状を任意の角度から観察できるもので、3D-CADを持たないクライアントとの遠隔での3D形状チェックに有用である。また、数値化しづらいイメージの共有など感性的な意思疎通のためにオンライン会議システム「zoom」も併用することで、対面での打ち合わせと遜色ないコミュニ

ケーションをとることができた。その様子を図4に示す。

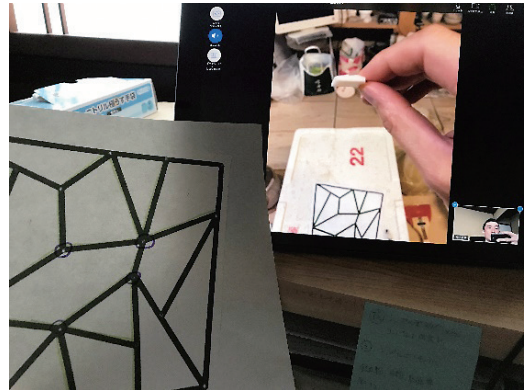


図4 オンライン会議とビューワーソフトによる非対面でのデザイン検討 (上：zoom 下：iRhino3D)

2.2.5 3Dプリンタによる原型出力

前述したプロセスにより得られた造形データを光造形方式の3Dプリンタ (FORM2) にて原寸大出力した。出力条件と出力した原型を表2及び図5に示す。

拡大原型を原寸大に縮小することで見た目の印象が変わるため、3D出力モデルを元に再度3D-CADにて凹凸のギャップに修正を加え、鋳込み成形用の原型を完成させた。

2.2.6 陶磁器焼成による検討

出力した3Dプリントの原型から石膏型を取り、型押し成形と釉がけ及び焼成を経て、陶器製の試作品が完成した (図6)。この段階でも、釉がけによる凹凸の印象の変化を再検討するため、デジタルクリンナップの工程を用いて凹凸のギャップの修正を繰り返した。

表2 出力条件 (Form2)

造形方式	SLA (光造形)
素材	White V4
積層ピッチ	0.05mm
プリント時間	3時間



図5 光造形方式3Dプリンタでの原寸大出力

図6 粘土型押し成形・焼成による陶器製試作
(上：石膏押し型 下：陶磁器試作)

2.3 評価

拡大原型と3Dスキャン及び3D-CADを用いてクリンナップすることで、サイズが小さく微細な面構成の陶磁器原型を精密に設計・制作することができた。

原寸大3Dプリントや焼成後からの修正は何度かあったが、依頼者へのヒアリングにより、ハンドメイドではより多くの時間と労力を必要とすることは明らかとこのことであり、開発プロセスの効率化をはかることができた。

また、既存のオンラインの会議システムやビューワーアプリを組み合わせることでデザインプロセスをほぼ非対面で実現できたことは画期的であり、場所を限定しないため、コスト削減に繋がり、コロナ禍でのデザイン開発の幅を広げることができた。

3. 漆芸へのデジタルクリンナップの応用

3.1 課題

乾漆技法における原型造形の課題は、従来の石膏などの技術を用いた場合、ハンドメイドの原型が忠実に再現され、かえって歪みや非対称、意図しない凹凸といった不具合も写し取られてしまうため、イメージの具現化及び作品の量産には膨大な時間と労力がかかるという点にある。

この課題解決を検討するため、今回は漆芸作家による作品“メッセージカプセル”の制作と、京都市産技研が実施する伝統産業技術後継者育成研修漆工コースの研修生1名の作品“漆塗蒔絵トルソー”制作へのデジタルクリンナップ手法の応用と実践について述べる。

3.2 実践プロセス

実践は両作品とも(1)ハンドメイドでの原型作成、(2)デジタルクリンナップ、(3)出力・髹漆の手順で行った。このプロセスは作り手の技能向上を否定するものではなく、補助するツールとしての活用を目指しており²⁾、(1)の原型制作はあくまでもハンドメイドである。

3.3 メッセージカプセル

3.3.1 粗原型の制作

図7に“メッセージカプセル”の粗原型を示す。粗原型は、漆芸作家が発泡スチロールを材料に試行錯誤している段階で、ここから「もう少し両端を太くしたい」「膨らみの曲線をなだらかに」といった繊細な要望があった。ハンドメイドによる原型制作は発泡スチロール切削で行うことが多く、ほぼ不可逆な造形方法であるため、

削りすぎた形状を“盛り直す”修正は負担が大きい。この点からも、ハンドメイドを繰り返すよりも、粗原型を基に作家の意図を取り入れてデジタル設計したほうが効率的であると考えられた。



図7 メッセージカプセル原型
(発泡スチロール製 右下：部分拡大)

3.3.2 原型の3Dスキャンニング

粗原型を3Dスキャナー(コニカミノルタ製 RANGE5)でデジタルデータとしてコンピュータに取り込んだ。測定ソフト「RANGE VIEWER」での測定条件を表3に示す。

表3 測定条件 (RANGE VIEWER)

測定距離(mm)	450
1回あたり測定数	3
測定回数	16 (片面8回×表裏)
露光レベル	80

3.3.3 3Dスキャンデータのクリンナップ

スキャンしたメッセージカプセルの立体データを、形状の特徴を構成する点及び曲線を抽出しながら3D-CAD (GeomagicDesignX及びRhino)にて描き直すクリンナップ(トレース)を行い、曲率の変化などについて漆芸作家の意向を汲みながら曲面の微細な修正を繰り返した(図8)。粗原型は「蓋」と「身」が分割していない状態のものだったが、データ分割し、漆塗りの塗膜の厚みを考慮した台口と立ち上がり部を追加設計した。

3.3.4 3Dプリントによる原型出力

造形データをFDM(熱溶解積層)方式の3Dプリンタ(Stratasys F370)にて原寸大出力した。出力条件を

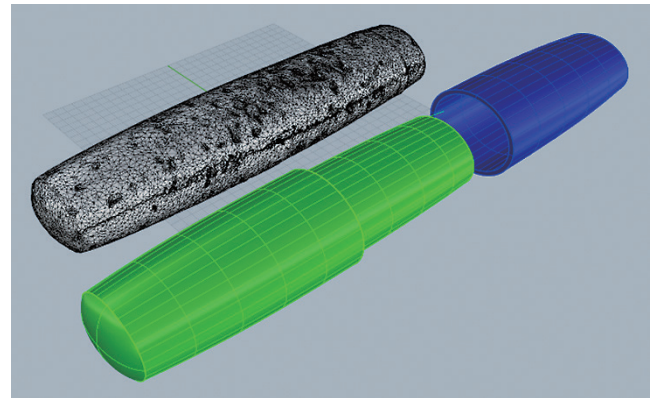


図8 クリンナップ画像
(左：粗原型のスキャンデータ 右：クリンナップ後)

表4に示す。

FDM造形はオーバーハング角度によりサポート材が必要となり、その除去でのコスト増や造形精度の低下が懸念される。メッセージカプセルはほぼ楕円筒形のため、開口部を上向きに垂直に立てる向きで造形を行った。

表4 出力条件 (F370)

造形方式	FDM (熱溶解積層)
素材	ABS (白色)
積層ピッチ(mm)	0.254
パーツ充填スタイル	高密度

3.3.5 髹漆(漆塗り加工)

出力した3Dモデルに、依頼者である漆芸作家が髹漆の伝統技法である下地処理を行い、中塗り・上塗り・螺鈿加工で漆芸品として仕上げた。3Dモデルの素材はABSである。漆の接着性も良く、木製素地と同等の作業性が得られた。(図9)。



図9 デジタルクリンナップ手法を経て完成した漆芸作品
“メッセージカプセル”

3.4 漆塗蒔絵トルソー

3.4.1 粗原型の制作

トルソーについては洋裁用の市販のマネキンの形状を参考に再加工する手順で制作を行った。

3Dスキャンは対象の立体形状を精密にデジタルデータ化することができるため、模倣のツールとしても使われかねない。そのため、スキャンした形状をそのまま複製して販売することは他人の権利を侵害する恐れがあることも研修で伝えている。当該作品はあくまで独自性を持った作品作りのための一手法として、商品としてではなく、技術研修の研究用途としての引用及び検討の過程における利用として意匠法等によって定められた範囲内で利用した。

3.4.2 原型の3Dスキャニング

粗原型を3Dスキャナーでデジタルデータとしてコンピュータに取り込んだ。大型の対象物については、対象物を動かさずにスキャナーを動かせるハンディタイプの3Dスキャナー（CREAFORM製Handyscan700）が適している。マネキンの3Dスキャンの様子及び測定ソフト「VXelements」での測定条件を図10と表5に示す。

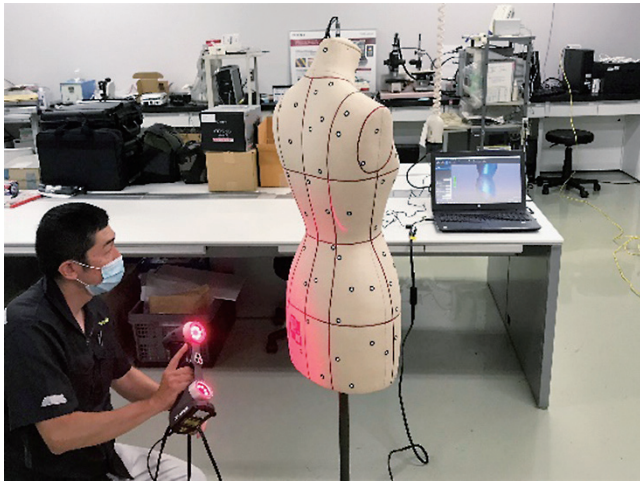


図10 マネキンの3Dスキャンの様子

表5 測定条件 (VX elements)

シャッター (ms)	1.18
解像度 (mm)	0.5
スキャンメッシュ最適化	50
メッシュ間引き	10
穴の自動充填	0
離れているパッチ削除	10

3.4.3 3Dスキャンデータのクリンナップ

マネキンから得た3D形状データもメッセージカプセル同様に3D-CADにてトレースを行い、肩幅の張りや腰部のくびれ、胸部について複数の変形バリエーションを制作して検討した。その様子を図11に示す。

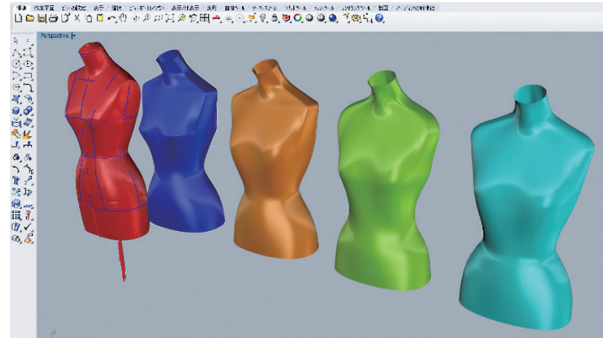


図11 3D-CADによる“トルソー”の形状バリエーション

3.4.4 3Dプリントによる原型出力

造形データをFDM（熱溶解積層）方式の3Dプリンタ（Stratasys F370）にて原寸大出力した。出力の様子と出力条件を図12及び表6に示す。

トルソーは人間の上半身程度と大型のため、データは上中下を3分割したうえで低コストなPLA素材にて造形し、造形後に市販のアクリル用接着剤で接着加工した。

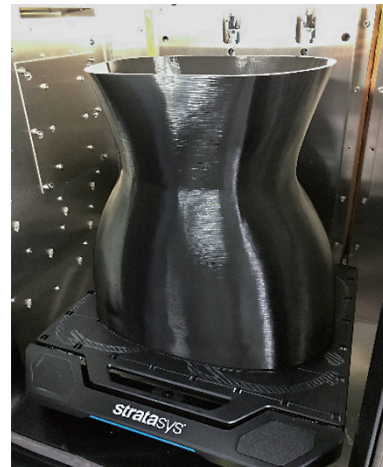


図12 3D出力中の原型

表6 出力条件 (F370)

造形方式	FDM（熱溶解積層）
素材	PLA（黒色）
積層ピッチ (mm)	0.254
パーツ充填スタイル	まばら（デフォルト）
接着剤の成分	二塩化メチレン

3.4.5 髹漆 (漆塗り加工)

出力した3Dモデルに研修生が髹漆の伝統技法である下地処理を行い、中塗り・上塗り・蒔絵加工で漆芸作品として仕上げた。3Dモデルの素材はPLAだが漆の接着性も良く、木製素地と同等の作業性が得られた(図13)。



図13 デジタルクリンナップ手法を経て完成した“漆塗蒔絵トルソー”

3.5 評価

3Dスキャン及び3D-CADを用いてクリンナップすること、制作者の意向を細やかに汲むことで、ハンドメイド原型がラフなものであっても、完成度の高い最終製品に至ることができた。またトルソーの事例では既製品を参考にした場合、変形加工を施すことでオリジナリティある作品を実現できた。

メッセージカプセルは京都市・パリ市の職人やアーティストの文化・技術交流プロジェクト「savoir-faire des takumi」の一環として発表された。その様子を図14に示す。

4. まとめ

今回は、デジタルクリンナップ手法を取り入れて、陶磁器「ブランドロゴ徽章」の開発、そして漆芸の「メッセージカプセル」及び「トルソー」原型作成応用の実践を行った。その結果、陶磁器・漆器の両工芸分野において、この手法を導入することにより原型制作時の効率化が実現できた。

デジタルクリンナップ手法は工程を単純に省力化するものではない。ハンドメイドでは“手なり”として見過



図14 作品発表(上：savoir-faire des takumi 展覧会(MOCAD ギャラリー) 下：Art Fair Tokyo)

ごされがちな僅かな立体構成の矛盾をデジタル技術により解消でき、制作者が希望するデザインの微妙なニュアンスを実現するためにデジタル技術の特徴である可逆性という利点を活用することができれば、制作の効率化に寄与することが期待できる。

伝統産業におけるデジタルクリンナップ手法の導入は、今のところ「先駆的な作り手だけが活用する限定的な技術」であるが、脈々と受け継がれてきた伝統技法がそうであったように、普及を進めることで一般化し、業界全体の技術の底上げに貢献できると思われる。

今後もハンドメイドとデジタル技術双方のメリットを活かした事例として、伝統産業を中心に随時、技術移転と普及を図りたいと考えている。

文献

- 1) 竹浪祐介：京都市産業技術研究報告, No.7, p.75 (2017).
- 2) 竹浪祐介：京都市産業技術研究報告, No.10, p.59 (2020).