

デジタル加工と伝統工芸の融合～付加価値陶製品の開発～（第2報）

桐生 恵叶*
KIRYU Keito

植西 寛**
UENISHI Hiroshi

要旨 本研究では、デジタル加工技術を活用した製造効率化と繊細な造形やディテールを取り入れた陶製品開発に新しい技術を加え、デザイン自由度と陶製品の付加価値向上を目指した。第一報では、3DCADを用い、工程削減による時間短縮や修正の簡易化を検証できた。一方、複雑な形状やキャラクターなどの有機的な造形には不向きという課題も判明した。そこで本年度は、新たに3Dスカルプトソフト「ZBrush」を導入し、干支置物（午）の3Dモデリングを実施し、従来の3DCADのみでは困難だった有機的な造形の3Dモデリング作成手法について検証を行った。

1 はじめに

従来の石膏型製作には、工程の多さから高度な技術があっても膨大な時間を要し、デザイン検証やサイズ変更の際は最初から作り直す必要があった。これに対し、既報¹⁾において3Dスキャナや3DCADを活用した結果、作業工程の削減による時間短縮や、サイズ変更などの修正作業の簡易化が立証できた。

しかし、3DCADを用いた3Dモデリングについては、複雑な形状やキャラクターなどの有機的な造形においては、CAD特有の操作性が要因となり、意図した表現が困難であった。そこで今年度は、3Dモデリングにおける、有機的な造形の作成手法を確立するため、新たにZBrushを用いた3Dモデリングを実施した。操作性がより直感的なデジタルスカルプト技術を導入することで、従来の課題を克服し、デジタル技術の更なる活用と展開を目指す。

2 「午」の原型モデリング工程

3Dモデリング機能を有するソフトウェアには、それぞれ機能や操作性に固有の特徴があり、作成する形状によって向き不向きが存在する。

表1 ソフトの比較表

【3DCAD】 ↓	【ZBrush】 ↓
モデリングの特徴	
設計・図面	彫刻（スカルプト）
操作性	
数値によるサイズ変更	粘土造形のようなポーズの変更・修正
得意な形状	
回転体や幾何学的な形状	有機的な形状・キャラクター

まず、3DCADは「設計や図面」を主体としたソフトであり、数値に基づくサイズ変更、角度や距離を基準とした図形など、幾何学的で精密な形状の作成に長けている。しかし、キャラクターのような有機的な形状を構築しようとすると、設

計図となる数値データが極めて複雑化し、操作が非常に難しくなるという課題がある。

対して、今回導入したZBrushは「彫刻（スカルプト）」を特徴とするソフトである。粘土をこねるように直感的かつ感覚的に3Dモデルを造形・編集できるため、有機的な形状の作成に非常に適している。また、ベースとなる造形を維持したままポーズを変更したり、ディテールを修正したりといった編集が柔軟にできるが、厳密なサイズ調整や数値指定による細かな操作には不向きという側面を併せ持つ。

これらのモデリング特性を踏まえ、本研究では有機的な形状へのアプローチとしてZBrushを採用した。今回は、干支置物の「午」を例に、従来の物理的な粘土原型を介さず、全て3Dデータ上で直接原型を造形する手法を試行し、最終的に試作提案を行った。

2.1 ベースモデルの作成

「午」のベースモデルの造形にはZBrushの「ZSphere（Zスフィア）」という機能を使用した。スフィア（球体）型のモデルを連続してつなぎ合わせて大まかな骨格を構築した。そこからブラシを使って有機的な形状にモデリングしていく手法となる。

今回、主軸となるスフィア（球体）は17個に設定し、関節部に配置した。その後、ダイナメッシュ機能でポリゴン化し、ブラシツールを用いて「午」の形状に細部をモデリングした。はじめは、低ポリゴン（ローポリ）で編集し、モデルのシルエットや全体のボリュームを大まかに変形/調整した。徐々にポリゴン数を増やしながら、細部の造形をモデリングしていく。ベースモデルの総ポリゴン数は「128906」であった。

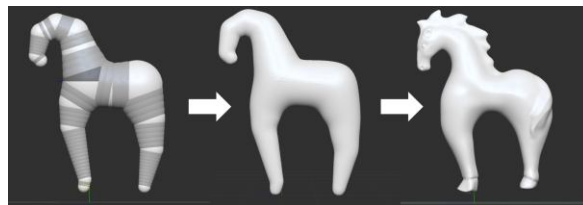


図1 「ZSphere」機能を用いたモデリングの流れ

2.2 ポージングの変更/プロポーションの調整

ZSphereで作成したベースモデルを元に、モデルのポーズ変更およびプロポーションの調整に関して、2つの手法による検証を実施した。

最初に「ZSphereリグ」の機能を用いた手法では、モデル内部に前項で作成した球体を繋ぎ合わせた疑似骨格を構築し、モデルと連動させることで関節を軸としたポーズ変更を試みた。この方法は、関節を基点とした自然な変更が可能であるが、変形時にメッシュが強く引っ張られる為、モデル表面に大きな“しわ”が生じた。関節軸数の増減による改善を試みたが、しわの抑制に対する効果は低かった。

続いて、回転や移動を行うツール「Trans pose (Tポーズ)」を使用した。この手法では、動かしたくない部分にデータ上でマスキングを施すことで、任意の部分のみを変形させることが可能となる。「ZSphereリグ」のような骨格構造は持たないが、マスキングを駆使することで自由度の高い調整が行えた。変形箇所の境界にメッシュが引っ張られた跡が残るものの、その影響はZSphereリグを用いた方法より軽度であり、Smoothブラシを用いて境界を滑らかに整えることで、自然な繋ぎ目のモデルへと仕上げる事ができ、今回は最終的なモデルの仕上がりを踏まえ、Trans poseを用いた方法を採用した。

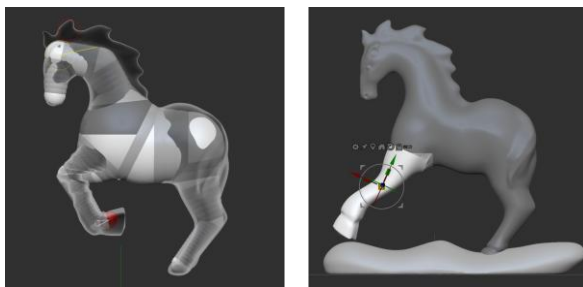


図2 左:「ZSphereリグ」による変形
右:「Trans pose」による変形

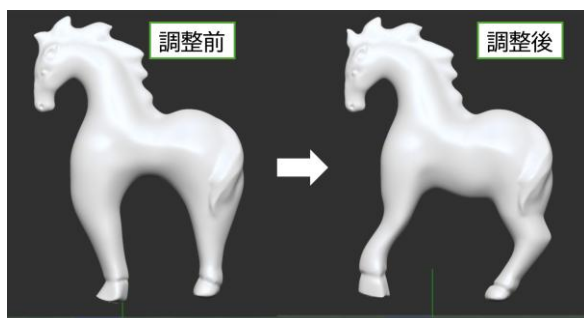


図3 調整前後のモデルデータ

2.3 原型データの検証

前項の形状調整後、設置時の安定性を高めるため、追加で台座をモデリングした。台座は本体と別パーツで造形したことでパーツごとの調整を可能とし、最終的にこれらを一体化させることで原型モデルを完成させた。

サイズおよびデザインの検証については、作成した原型モデルを3Dプリンタ(CREALITY社製、K1C)を用いて出力し、サイズや安定性などを検証して3Dモデルへのフィードバックを行った。



図4 原型データ完成図

3 成形型の作製

作成した原型データを元に3DCADにより型データを作成した。台座裏面にあたる部分が粘土の逃げ道になるよう設計し、左右2つ割の型とした。3DCADはRhino8 (Robert McNeel & Associates製)を使用した。その後、5軸モデリングマシン(株式会社岩間工業所製、MM1000R-5)を用いた切削加工により成形型を直接削り出した。なお、加工時間は1セットあたり、約1時間半であった。

今回、型の耐久性や細部の強度を考慮し、素材にはケミカルウッドを採用した。



図5 ケミカルウッド成形型

表2 試作品の成形手順



4 試作品の作製

成形には、新特漉土とロット土(信楽陶器工業協同組合製)を使用した。作製した型を用いた成形方法については、表1に示した手順で成形を行った。

ケミカルウッド製成形型の評価としては、石膏型と比較して、成形性は良いが、型に吸水性が無い為、脱型性にやや難があった。しかし、強度が高く、細部の欠けの心配が少ないことに加え、軽量であることから、総合的には良好であった。

成形体は、素焼き後、施釉し本焼成を行った。焼成後のサイズは、高さ約68mm×幅約73mmとなった。



図6 試作品

5 まとめ

今回の「午」のモデル作成をとおして、ZBrushを用い「複雑な形状やキャラクターなどの有機的な造形」の3Dモデリングが可能であることが確認できた。ZBrushは、3DCADと比較して、従来の手作業による粘土の造形に近い直感的な操作性を有しており、有機的な形状については、3Dスカルプトソフトが有効だと考えられる。一方で、全工程をデジタル上で完結させるには相応の技術と時間を要するが、既存手法と比較してもモデリング後の編集や修正作業が容易であり、作業時間の短縮に寄与することが確認できた。

また今回、高校生の職場体験にて、ZBrushを活用した技術普及の検証を実施した。粘土原型の3Dスキャンデータに対し、ZBrushで編集を行うカリキュラムを実施したところ、操作や機能については機能を絞った説明であったが、初めてZBrushに触る学生でも、短時間の操作指導でポーズ変更やディティールの修正などの編集作業には、半日ほどで扱うことができた。

ZBrushと3Dスキャナを併用することで操作の難易度が低減され、習熟の段階に応じた工程管理を行うことで、技術転換が円滑に進むことが期待できると考えられる。

本技術の活用先としては、スキャンデータを基にした既存造形物の改修による新製品提案や、アーカイブの復刻、リデザインによる付加価値の向上、さらに共通造形を基盤としたシリーズ展開などが挙げられる。既存技術とデジタル技術の併用による、効率的かつ多角的な製品展開について、今後も検証を継続する。

参考

1. 令和6(2024)年度業務報告. 滋賀県工業技術総合センター. https://www.shiga-irc.go.jp/application/files/6117/5687/4292/13.__.pdf(参照 2026-03-31)