

2D/3D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2報)

その1～「3Dプリントモデルの陶磁器製造型への活用の検討」

デザインチーム 比嘉 明子, 木戸 雅史, 竹浪 祐介,
松原 剛, 松田なつみ, 沖田実嘉子

要 旨

本研究は、京都の伝統産業分野の製造工程を対象に2D及び3Dの総合的なデジタル技術の活用を検討することにより新商品開発の効率化につなげ、業界の活性化を目指すことを目的とする。今年度は、陶磁器製造型への3Dプリントモデルの活用に向けて、昨年度の継続課題である3Dプリントモデルの「押型」活用における離型方法と、型板を用いた装飾模様の作成手法について検討した。

前者については、3Dプリントモデルの「押型」の離型について複数の離型剤を使用し比較した結果、油性の離型剤を使用することで、型離れが良好になる可能性が示唆された。

また、後者については、型板の厚みや粘土の条件を考慮すれば、装飾模様が作成可能であることが確認できた。その上で、市内事業者にコースターの作成を依頼した。その結果、意図したデザインは表現でき、今後の商品開発に活用できる可能性が見出せた。

1. はじめに

京都の伝統産業分野は生活様式の多様化などにより従来品の需要減少が深刻な状況にあり、時代の潮流に合った新商品開発の強化や新規受注に対応できる量産力が求められている。しかし、製造工程が手仕事中心で製作に時間がかかることや手戻りが多く製造コストが高いことが課題となっている。

本研究では、これらの課題を解決するために、デジタル技術を取り入れた伝統産業に適したデザイン開発手法の構築及び業界普及に取り組み、伝統産業における新商品開発能力の向上と開発コストの低減を目指す。伝統産業における製作工程に対する業界ニーズを講習会やヒアリングによって調査を行い、デジタル技術導入による試作工程の短時間化・省力化が可能な工程の設計やデジタル化によりこれまでにないデザイン提案を可能にする手法を設計し、実務者による試作・検証を行い、事例を蓄積し業界普及に取り組むものである。

今年度は、デジタル技術を活用した製造工程の効率化提案として、3Dプリントモデルの陶磁器製造型への活用を検討した。

陶磁器の製造工程にはろくろ成形や手びねりに代表される手づくりを中心とする手法と、押型成形、鑄込みなど主に石膏の製造型を用いる手法がある。石膏の製造型は原型を基に作成するが、原型作成の際に粘土を用いる

場合、高度な手技による造形技術が必要である。これに対して、原型を3D-CADソフトで造形し3Dプリントする技術の導入により、手作業の工程が省力化できるとともに、デジタルならではの造形形状の実現並びに形状をデジタルデータ化して保存することが可能となるといった効果を確認した¹⁾。今回は、3Dプリントモデルの「押型」活用における離型方法と、型板を用いた製造工程の省力化について検討した。

2. 3Dプリントモデルの「押型」活用における離型方法の検討

2.1 離型に関する課題

前報²⁾で、陶磁胎漆器「箸置き」の製作を想定し「押型成形技法」により陶磁器部分を作成する工程の省力化を検討した。押型成形技法とは、型に粘土を押込んで成形した後、取り出して素地を得る技法である。3D-CADソフト上で造形した原型データを外型である「押型」に変換して3Dプリントし、これを直接「押型」として用いる成形テストを行った。しかし、3Dプリントモデルの「押型」では粘土の型離れが悪く形状が変形するなど課題が残った。

この課題を再度検討するため、離型剤について情報収集したところ、紙粘土等によるフィギュア製作においては、樹脂製の型に油分を塗布し離型させることがわかっ

た³⁾。そこで、離型方法として、従来から石膏型で使用する片栗粉との比較とともに、油性の離型剤の活用を検証した。

2.2 3Dプリントの押型による試作

押型は、産技研が保有する3Dプリンタのうち、樹脂溶解堆積式 (Stratasys F370 Stratasys社製) と光造形式 (Form2 Formlabs社製) の2種類で作成した (図1)。

離型剤の検証は、a: 離型剤なし, b: 片栗粉, c: 食用オリーブ油, d: 市販潤滑油 (KURE5-56) の3つの離型剤使用を含む4条件とした。粘土は、磁土を用いた。工程は一般的な押型による素地制作と同様に「粘土を押型に押し込む」、「押型から粘土を取り出す」を手順として、陶磁器事業者 (大前史氏) に試作を依頼した。

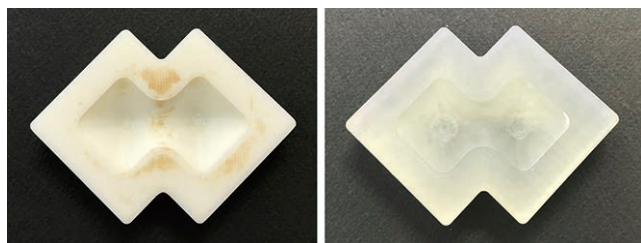


図1 3Dプリントによる試作用押型
左: 樹脂溶解堆積式 (ABS), 右: 光造形式 (光硬化性樹脂)

2.3 結果と考察

各種離型剤を用いて得られた粘土素地を図2に示す。離型剤なしでは、形状の破壊が見られ、離型が不良であり、片栗粉では一部に傷が見られた。食用オリーブ油及び市販潤滑油は、形状に破壊はなく良好に離型することができた。

油性の離型剤を塗布することで粘土素地には油分が残るが、その後700~1200度の焼成を行うため、素地に油分が残ることはなく、影響はないと考えられる。以上のことから、今回は焼成工程を経ていないものの、油性の離型剤を使用することにより3Dプリントモデルを陶磁器の押型に活用出来る可能性が見出せた。今後は3D-CADデータの作成から成形、焼成まで一連の工程の実施可能性について引き続き検証を行う。

3. 型板を用いた装飾模様の作成手法の検討

3.1 従来の手法「貼付け」とその課題

陶磁器の表面にレリーフ状の装飾を施す技法として、本体とは別に粘土で作った模様を貼り付ける技法があ

	樹脂溶解堆積式 (ABS)	光造形式 (光硬化性樹脂)
a: 離型剤なし		
b: 片栗粉		
c: 食用オリーブ油		
d: 市販潤滑油		

図2 3種の離型剤を用いた試作の結果 (離型後21時間経過)

る。「貼付け (はりつけ)」又は「貼花 (ちょうか)」と呼ばれ⁴⁾、京焼・清水焼の伝統的工芸品指定の技術項目でもある。類似の方法としてはジャスパーウェア (英ウェッジウッド社) が有名で、表面に別色のレリーフ装飾が施された製品が生産されている。

貼付け技法におけるレリーフの装飾模様は、手びねりなどの手作業あるいは型取りで作成される。型取りの場合、押型 (石膏型) に粘土を押し込み、針金などで離型して装飾模様を作成し、それを一つ一つ素地に貼付けて装飾を構成する。押型 (石膏型) を使用することで手びねりよりも装飾模様が量産できるが、装飾模様をパーツとして一つ一つ作成し本体へ付着させるため、時間と根気が必要な手作業となる。

3.2 型板を用いた装飾手法の検討

前述の「貼付け」技法において、装飾模様の作成作業の省力化や効率化を図るために、装飾模様を彫り抜いた型板を用いて、素地本体にまとめて一気に模様の粘土を接着し装飾する工程を検討した。型板には製図用テンプレートで代用し、テストを行った。

製図用テンプレートを粘土素地の表面に直にあて、装飾用の粘土を押し込んだ後にはみ出た不要分を取除くと、レリーフ状の装飾模様を作成できた (図3)。このことから、実際に装飾模様を掘り抜いた型板を用いた工

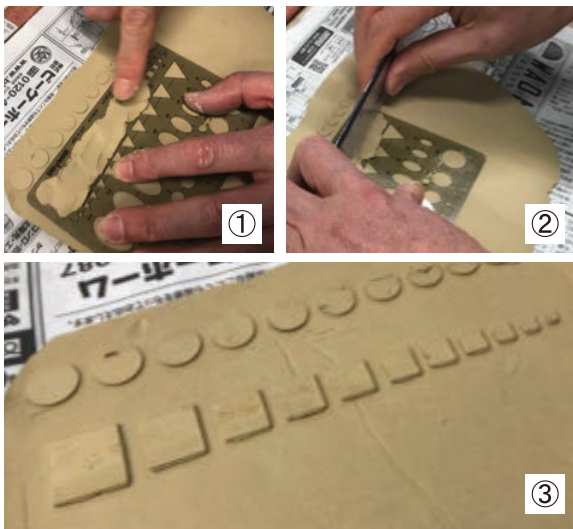


図3 製図用テンプレートによる貼付けのテスト
 (①粘土を押し込む ②不要分を取除く ③模様ができる)

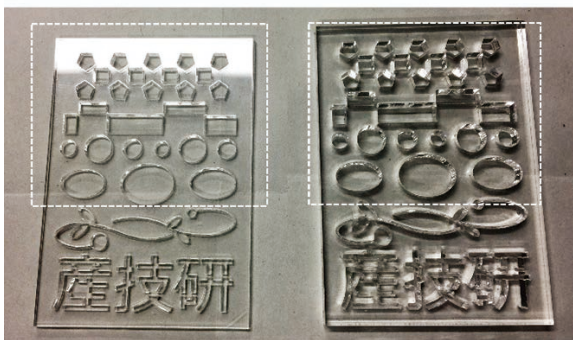
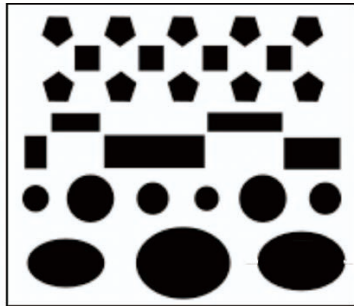


図4 上：装飾模様(2D描画ソフトで作成)
 下：アクリル板の型板(左：2mm厚 右：5mm厚)



図5 たたら成形で作成した素地本体(磁土の板)
 左：磁土A1, 右：磁土A

程を設計し、製作を行った。

3.3 型板を用いた工程による作製テスト

3.3.1 条件

型板を用いた装飾手法の工程を検証するため、以下の条件で作製テストを行った。

- ・装飾模様(図4上)

装飾模様を2D描画ソフトで作成した。円形や方形を含む大小の幾何学模様28点で構成し手作業では作成困難なデザインとした。

- ・型板(図4下)

2mm厚と5mm厚のアクリル板2種類を用いて、レーザー加工機(Trotec社製 Speedy300 60W)で、装飾模様を彫り抜く加工を行った。

- ・粘土(図5)

磁土A：「上石(じょうせき)」(日本陶料)という、京焼・清水焼業界で一般的に使用されている磁土を使用した。

磁土A1：色土(上石3000gに色材として、酸化コバルト30gを混練したもの。)

- ・素地本体の作成方法

ベースとなる素地本体は、パネルやタイルへの応用を想定して平板とし、たたら成形(粘土の塊を均一の厚みに切り分け板状にして成形する技法)により作製した。

3.3.2 作製テストとその評価方法

素地本体と装飾模様について、粘土材質の組合せはA/A, A/A1, A1/A, A1/A1でテストピースを作成した(図6, 図7)。テストピースは各組合せにつき、4個を作成し、乾燥後に素焼きし透明釉を施して本焼きした。接着の良否は装飾模様(図8に示した枠線内)の個数の平均値で評価した。

3.4 結果と考察

装飾模様の接着個数の平均を図9に示す。2mm厚の型板では、土の組合せで見ると、A/Aが27.3と最も接着が良いが、A/A1(25.3)とA1/A(25.8)とはほとんど差がない。一方、A1/A1では9.3となり不良である。その理由としては粘土の乾燥収縮などの要因も考えられるが、色材の添加により素地本体と装飾模様間の界面の接着力が下がったのではないかと推察する。

また、5mm厚の型板は2mm厚に比較して全体的に接着



図6 型板で装飾模様を作製する様子
本体：磁土A 装飾模様：磁土A1

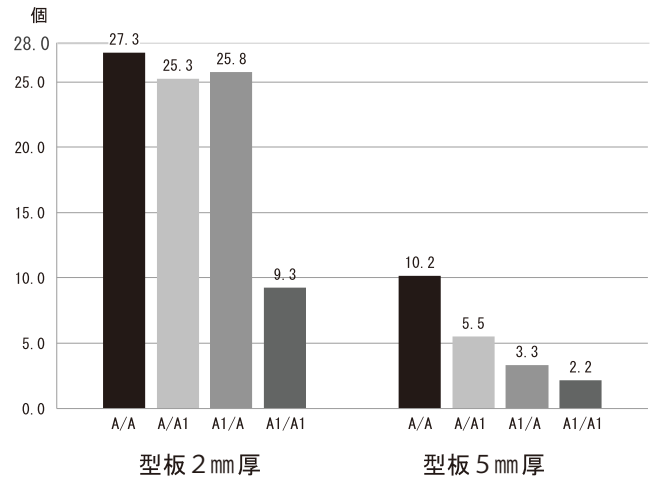


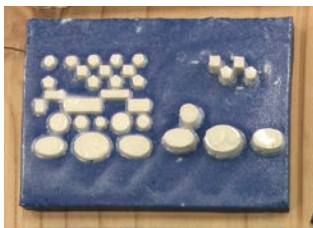
図9 装飾模様(28点)の接着個数(平均)



A/A (本体:磁土A 模様:磁土A)



A/A1 (本体:磁土A 模様:磁土A1)



A1/A (本体:磁土A1 模様:磁土A)



A1/A1 (本体:磁土A1 模様:磁土A1)

図7 素地本体と装飾模様の土の組合せ
(焼成済テストピース)



図8 テストピース上の装飾模様の配置
左：型板 2mm厚, 右：型板 5mm厚

性が悪い(図9)。両型板の素地本体に対する面積は同じであるが、型板と装飾模様用粘土とが接する面積は、型板の厚みが増すほど大きくなり、型板と装飾模様用粘土との接着性が強くなる。装飾模様用粘土を素地本体に押し付けて接着させ、型板を上方に引き上げて離型するが、その時には装飾模様用粘土には上向きの力が強く働く。この力は素地本体と装飾模様用粘土を剥がす方向の力であり、厚みのある5mm厚の型板では、素地本体と装飾模様間の接着性が下がったのではないかと推察する。

今回、実施した試作結果から、型板の厚みが2mm、使用土がA/A、A/A1、A1/Aの組合せであれば、製作において本工程の導入の可能性が見い出せた。

3.5 陶磁器事業者による実作テスト

3.5.1 実作工程

市内陶磁器事業者の高地佐代子氏⁵⁾に、これまでの試作工程を用いたコースター(図10)の実作を依頼し、この工程に実用性があるかを検証していただいた。コースターのモチーフは「ビスケット」で高地氏のオリジナルである。材料は「並信楽(なみしがらぎ)」(日本陶料)という陶土を用い、これをベースに顔料を混練して作製した赤土を用いている(表1)。

型板はレーザー加工機によりアクリル板で作成した(図11)。型板の厚みは、装飾模様の「ビスケット」部分の表現効果を考慮した結果、試作時より1mm厚い3mmで実施した。工程は図12に示す。

3.5.2 実作の評価

「ビスケット」を装飾模様として試作していただいた

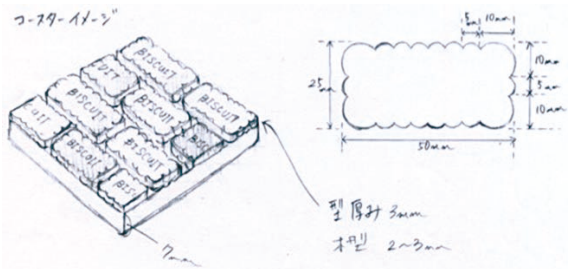


図10 コースターのアイデアスケッチ (高地氏による)

表1 使用した材料

素地本体	「並信楽」でたたら成形により作成 (7mm厚程度)
装飾模様 (ビスケット)	<ul style="list-style-type: none"> ・ビスケット: 「並信楽」(80%) 赤土 (20%) * 赤土 = 「並信楽」に黄色の顔料 (「並信楽」20に対して3%) を加えて作成 ・チョコビスケット: 赤土 + チョコ色顔料 (全体の4%)

が、本物のビスケットを整然と並べたような独特のデザインが実現できた (図13)。使用する土の色違いによる効果や、釉薬との組合せにより商品のバリエーション展開が期待できる。一方で、高地氏にヒアリングしたところ、製作上の課題として、型板の離型をよりスムーズにすることで作業の効率化が図れることが指摘された。

以上のように、高地氏に試作していただいた結果、型板を用いた装飾模様の実作は可能であったが、より作業効率を上げるためには型板の離型の向上が必要であることがわかった。型の離型については、2で検討した油性

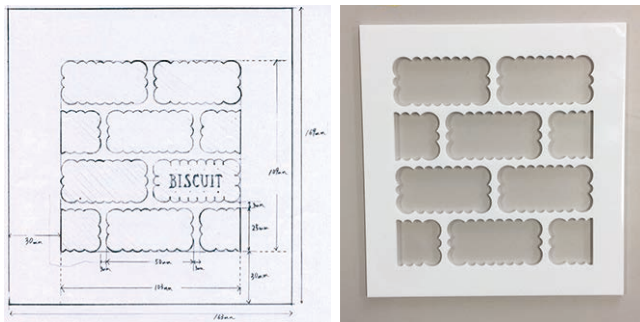


図11 左: 型板の図面 右: アクリル板で作成した型板



図13 完成品



図12 型板を用いた装飾模様 (ビスケットのモチーフ) の成形工程

離型剤の使用の検討や素地の製作方法も含めて引き続き検討していく。

4. 結論

今回は3Dプリントモデルの陶磁器の製造型への活用として、3Dプリントモデルの「押型」活用における離型方法と、型板を用いた装飾模様の作成工程について検討した。

前者では3Dプリントモデルの「押型」に複数の離型剤を塗布し、離型の比較を行ったところ、油性の離型剤を使用することで型離れが良好になった。

後者の装飾模様を型板で作成する工程については、レーザー加工機によりアクリル板で作成した型板（2mmと5mm）を用いて試作を行った。今回実施した工程においては、2mm厚の型板を使用し、色土のみの組合せ以外であれば、装飾模様の作成は可能であった。今回は、京焼・清水焼業界で一般的に使用されている磁土「上石」で試作を行ったが、これを使用する範囲に限れば、型板の厚みや材料（「上石」とそれをベースにした色土）の条件を考慮することで、装飾模様の接着は可能であり、実作の可能性が確認できた。

この試作に加えて、市内陶磁器事業者にコースターの実作を依頼した結果、意図したデザインは表現でき、今後の商品開発に活用できる可能性が見出せた。しかし、より作業効率を上げるためには型板の離型を向上させる必要があることがわかった。型の離型については、2で検討した油性離型剤の使用の検討や素地の製作方法も含めて引き続き検討していく。

謝 辞

本事業の実施においては、橋田章三様に多大なご協力とアドバイスをいただきました。この場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 市川, 比嘉, 岡本: 京都市工業試験場研究報告, No.28, 49-53 (2000)
- 2) 比嘉, 木戸, 竹浪, 松原, 松田, 沖田: 京都市産業技術研究所研究報告, No.9, 20-26 (2019)
- 3) 「タミヤ離型剤粘土はがしの達人」(株式会社タミヤ)
<https://www.tamiya.com/japan/products/76638/index.html>

- 4) 鈴田: やきものコラムセラミック九州, やきものの技法VOL.16 貼付け(はりつけ)(2002)
https://www.umakato.jp/column_ceramic/a_vol16.html

注 釈

- 5) 京もの担い手プラットフォームメンバー