

漆製品に用いる立体模様シートの評価 (第2報)

Evaluation of Relief (3D pattern) Sheet used for Lacquer products

会津若松技術支援センター 産業工芸科 関澤良太 吾子可苗 池田信也

県有特許¹⁾である「立体模様製造方法²⁾」で成形する立体模様シートの評価結果³⁾を元に、実用化のため、曲面へ貼り付ける試験や塗装試験を行った。結果、紙の吸湿などの課題と解決法が把握できた。更に、実製品を想定した試作品「竹塗三段重箱」の製作を通じて新たなノウハウを得ることができた。

Key words: 立体模様製造方法、立体模様シート、可撓性のある薄型シート、熱可塑性樹脂、和紙、漆、竹塗

1. 緒言

本研究は、県有特許¹⁾である「立体模様製造方法²⁾」により成形される立体模様シートの実用化のため、このシートを成形する材料の組み合わせや漆との付着性の評価を行い、更に、実製品を想定した試作品を製作し、活用提案することを目的とする。

前年度に行った評価³⁾の結果を元に、今年度は出力可能な模様の条件や曲面への応用を検証し、実用化を想定した特許の請求項を満たす試作品の製作を目標とした。その製作工程及びその過程で発生した問題点の解決方法などについて報告する。

2. 実験と結果

本研究を進めるにあたり、立体模様シートで製作する試作品の題材として、漆器工芸技法である「竹塗」を選定した。竹塗は、厚みのある立体的加飾で、錆漆を盛り、刷毛やヘラを使用して竹の質感を表現する技法である。現在会津にこの技法を使える職人はおらず、漆を用いる立体的な加飾技法であるため選定した。会津若松市で漆器を販売している鈴善漆器店にご協力いただき、保管されている竹塗重箱（蓋：幅 256[mm]×長さ 256[mm]×32[mm]、お重＝重箱の1段：幅 260[mm]×長さ 260[mm]×85.5[mm]）を借用した。その写真を図1に示す。

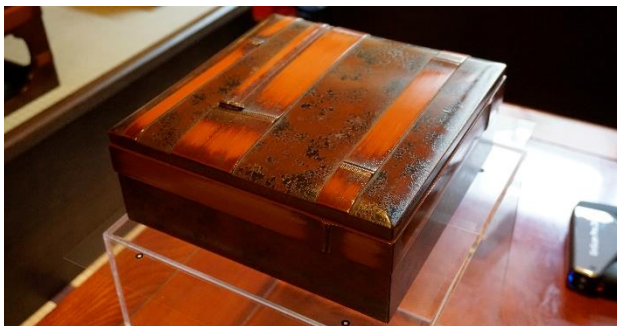


図1 借用した竹塗重箱（1段目と蓋）

この竹塗の試作にあたり、最適な条件を見つけるために以下のサンプル作成および試験を行った。

事業名「基盤技術開発支援事業」

2. 1. 立体模様シートの試験サンプル作成

2. 1. 1. 模様サンプルの作成

模様の出力可能な最小サイズや模様は地続き状か浮島状のどちらが適しているか等の問題点を確認するために、3DCADソフト (Robert McNeel & Associates 製 Rhinoceros 5.0) を使用して、青海波(せいがいは)、桜の花、七宝の3種類の模様の3Dデータを作成した。その後、熱溶解積層式3Dプリンタ (FLASHFORGE 社製 CREATOR PRO) を使用して和紙A (厚み 0.02[mm]) に出力し、和紙B (厚み 0.8[mm]) に貼り付けた。この和紙Aに3Dプリンタで樹脂を出力したものを以下、「立体模様シート」と呼称する。積層ピッチは 0.1[mm]、ノズル径は 0.4[mm]とした。

青海波、桜の花、七宝の異なる3種類の模様を作成し、出力した結果、以下2つのことが分かった。

(1) 最小出力可能サイズ

最小出力可能サイズを確認するため、8種類の桜の花びらを出力した。出力した花びらのサイズを以下の表1に示す。また、3Dプリンタで出力した花びらを図2に示す。

表1 出力した花びらのサイズ

長さ (mm)	12	8	6	5	4	3	2	1
厚み (mm)	1.25	0.9	0.65	0.55	0.45	0.35	0.25	0.1
形状の判別	○	○	○	○	×	×	×	×

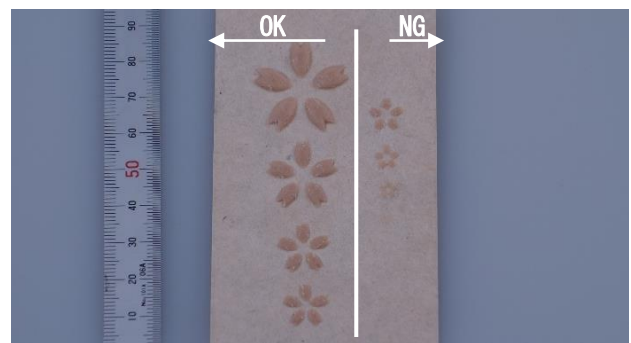


図2 3Dプリンタで出力した花びら

出力結果を確認すると、使用した装置では、長さ 5[mm]、厚み 0.55[mm]以上であれば、花びらの輪郭形状を肉眼で判別可能であることが分かった。この結果から、使用する装置自体やノズルのサイズや樹脂などの違いにより、判別できるサイズが異なることが予想されたため、今回の試験結果は当所所有の機器のみで再現可能なものであることを補足しておく。

(2) 糸引きとバリの発生

浮島状の模様と地続き状の模様を出力したサンプル（青海波）を図3に示す。



図3 浮島状（左）と地続き状（右）の模様の比較

当所の装置では、浮島状の模様を出力した際に、熱溶解積層式3Dプリンタでよく見られる糸引きという問題が発生した。見た目も悪く除去作業に時間がかかるため、同様の問題が起こる装置を使用した場合、地続きの模様の方が効率的であることが分かった。

2. 1. 2. 半球サンプルの作成

立体模様シートの厚みによる見た目の印象を確認するため、厚み 0.5~7.5[mm]まで 0.5[mm]刻みの半球データを作成し、和紙Aに出力したサンプルを図4に示す。積層ピッチは 0.1[mm]、ノズル径は 0.4[mm]とした。

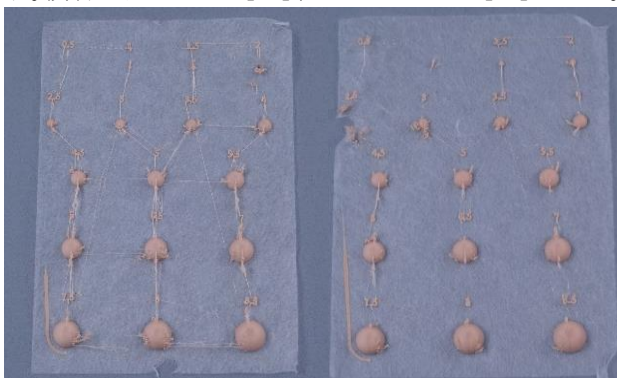


図4 半球サンプルの糸引き（左）と改善後（右）

出力の結果、1.5~3.5[mm]の厚みであれば、手板サイズ（縦 220×横 160[mm]）に対して、加飾として適切な大きさであることが分かった。また、0.5~1.0[mm]厚の半球は、ノズル径が 0.4[mm]であるため、正確な半球形状で出力されなかった。加えて、使用した装置では 2.5[mm]、3.0[mm]の加飾が欠落したが、出力時の引き戻し距離を 7 [mm]、引き戻し速度を 70 [mm/s] に

することで、糸引きを軽減することができた。

2. 1. 3. 竹塗重箱の3Dスキャン及び加飾作成

3Dデータの取得は、本所所有の3Dスキャナー（SHINING 3D 社製 EinScan Pro 2X Plus）を用いた。取得した3Dデータは、3DCADソフトや3Dデータ処理ソフト（3D SYSTEM社製 Geomagic Design X）を使用して試作品サイズに合わせて編集・修正を行った。試作品は、三段重箱（蓋：幅 167[mm]×長さ 167[mm]×24[mm]、お重 1 段：幅 167[mm]×長さ 167[mm]×50[mm]）とすることとした。本所所有の3Dスキャナーで取得した3Dデータを図5に示す。



図5 竹塗重箱のスキャンデータ（左）と現物（右）

本所所有の3Dスキャナーでは、精度に限度があり、現物の形状と異なる箇所については、修正が必要であった。そのため特徴的な形状である芽のみを抽出し、その他の形状は別途撮影した写真を元に3Dモデリングで補完を行い、更に全体を試作品サイズに修正した。

前述した模様・半球サンプルの結果を元に、3種類の形状（スリット、天面ありスリット、スリットなし）の3Dデータを作成し、熱溶解積層式3Dプリンタ（CREALTY社製 CR-10 V2）を使用して、立体模様シートを作成した。出力した3種類の立体模様シートを図6に示す。



図6 出力した3種類の竹塗加飾（スリットなし：左、天面ありスリット：中、スリット：右）

出力の結果、スリット形状およびスリット天面形状の場合、出力時の台との接地面積が小さく細長い形状のため、出力途中から反りやすく、加えて糸引きが発生し、スリット間が固定されてしまった。スリットなし形状は問題なく出力できた。

2. 2. 伝統工芸品を想定した貼り付け試験

2. 2. 1. 半球サンプルの貼り付け試験

伝統工芸品への特許活用を想定して、すり漆をした木板（長さ 220[mm]×幅 160[mm]）に、2. 1. 2. で作成した半球サンプルを糊漆で貼り付ける試験を行った。張り付けた半球サンプルを図 7 に示す。



図 7 半球サンプルの貼り付け試験(乾燥後)

貼り付ける際に、樹脂部分の位置ズレが起きた。原因として和紙が水分を含み、和紙自体がわずかに破れたり、歪んで樹脂の位置がずれたものと考えられた。貼り付ける際は、慎重に行う必要がある。

2. 2. 2. 曲面への貼り付け試験(半円柱サンプル)

立体模様シートが貼り付けられる曲率を確認するために、熱溶解積層式 3D プリント (CREALTY 社製 CR-10 V2) を使用して、キビタン: 2[mm]厚と 4[mm]厚、青海波: 0.8[mm]厚、積層ピッチ: 0.1[mm]の立体模様シートを作成し、円柱状の花瓶を想定して、直径 50[mm]と直径 100[mm]の半円柱の試験片 (材料: 朴木) に貼り付ける試験を行った。曲面に張り付けたサンプルを図 8 に示す。



図 8 曲面への貼り付け試験(半円柱: 直径 100[mm])

当初、積層した樹脂が固いため曲面に追従せず、無理に曲げると壊れる等の問題が発生した。樹脂を柔らかくするため、ドライヤーで加熱を行うことで、立体模様シートの樹脂部分を曲げられたため、曲面に合わせて接着ができた。

また、平面に出力したものを曲面に張りつけるときの特有のゆがみが発生した。今回は単純な円柱への貼り付けであったため、大きな問題とはならなかったが、椀などの 3 次元立体形状への貼り付けについては、今後の課題となる。

2. 2. 3. 曲面への貼り付け試験(竹塗加飾)

前述した結果を元に、2. 1. 3. で作成した竹塗の立体模様シートを曲面を有する試作品サイズの重箱の蓋に 3 種類の形状をそれぞれ張り付け、曲面への追従を確認した。結果を図 9 に示す。



図 9 貼り付けた 3 種類の竹塗加飾データ
(スリットなし: 左、天面ありスリット: 中、スリット: 右)

3 種類とも接着することができた。しかし天面ありスリット形状のみ、貼り付け時に反発力が強く、作業中に樹脂が折れ曲がり、稜線ができてしまった。また接着が困難であったため、ゴムバンドを用いて固定することで接着ができた。同一条件にするために、他 2 種類もゴムバンドで固定して接着を行った。

2. 3. 伝統工芸品を想定した塗装試験

2. 3. 1. 半球および半円柱サンプルの塗装試験

本研究で使用する手法は、漆で塗装を行うため、最終成果物への塗装が必須になる。2. 2. 1. で作成した半球サンプル及び 2. 2. 2. で作成した半円柱サンプルに漆で塗装を行い、見た目の印象や積層痕の見え方、樹脂の埋没等を確認した。錆下地及び漆で塗装した半球サンプルを図 10 に、漆で塗装した半円柱サンプルを図 11 に示す。



図 10 錆下地(左)と漆塗装した(右)半球サンプル



図 11 漆で塗装した半円柱サンプル

錆漆を塗り、硬化後に研磨と漆塗装の 1 セットを計 3 セット行った。結果、積層痕は目立たなくなったが、



図 1 3 試作品「竹塗三段重箱」および研究成果の応用箇所

以下 4 項目の問題が発生した。①最小サイズの半球（直径 1[mm]、厚み：0.5[mm]）や 0～9 の全ての数字（線幅 0.5[mm]、厚み：0.8[mm]）の輪郭や穴等の形状が塗装によって埋没。②模様が細かく指が入らない箇所は、研磨で平滑にするのが困難。③研磨の際、2.5[mm]厚以下の半球は外れしまう。④樹脂と木板が接地している端の部分に漆が溜まりやすいため、直角な角ではなく滑らかな丸みを帯びる形状になる。

2. 3. 2. 竹塗加飾の塗装試験

塗装による見た目の印象や積層痕の見え方、溝部分の埋没等を確認するために、2. 2. 3. で作成した 3 種類の形状を重箱の蓋に張り付けたサンプルに漆を用いて塗装を行った。塗装工程は、2. 3. 1. と同様に錆漆を塗装し、硬化後に研磨と漆塗装の 1 セットを計 3 セット行った。塗装結果を図 1 2 に示す。



図 1 2 塗装まで施した 3 種類の竹塗加飾データ
(スリットなし：左、天面ありスリット：中、スリット：右)

外観が最も綺麗だったのは、スリットなし形状（熱処理による曲げ）であった。天面ありスリット形状の場合、スリットの側面に凹凸があり、スリットの天面付近には、貼り付けの際にできた折れ線が塗装後にも残ってしまった。スリット形状の場合、スリットの側面に凹凸があったが、穴埋めを行うことにより表面を平滑にすることができた。

2. 4. 「竹塗三段重箱」の試作品製作

前述した 2. 3. 2. までの結果から立体模様シートに適している条件は以下の表 2 のとおりとなる。

表 2 立体模様シートに適した条件

形状が判別可能な模様 のサイズ	長さ 0.5[mm]、 厚み 0.55[mm]以上
適している模様の形状	地続き模様
見た目を損なわない適切な 厚み	1.5～3.5[mm]
貼り付けに適している形状	地続き模様
出力、曲面への追従、塗装に 適している形状	スリットなし形状 (加熱で曲げる)

また、製作した「竹塗三段重箱」の写真を図 1 3 に、竹塗の製作工程を以下の表 3 に示す。

表 3 竹塗の製作工程

工程 1	木地固め・研ぎ
工程 2	錆下地・研ぎ
工程 3	立体模様シート貼り付け
工程 4	錆下地・研ぎ
工程 5	捨て塗り・研ぎ
工程 6	下塗り・研ぎ
工程 7	中塗り・研ぎ
工程 8	地部分 石目地仕掛け（炭粉蒔き）
工程 9	地部分 固め
工程 1 0	地部分 上塗り
工程 1 1	地部分 研ぎ出し
工程 1 2	地部分 摺り漆（2回）
工程 1 3	地部分 艶上げ

工程 1 4	竹部分 仕掛け (筋引き)
工程 1 5	竹部分 仕掛け (ごまつけ)
工程 1 6	竹部分 仕掛け (真菰蒔き)
工程 1 7	竹部分 仕掛け (真菰落とし)
工程 1 8	竹部分 摺り漆 (2回)
	完成

加飾としては、会津特有の技法で、扱える職人が少なくなっている金虫喰塗りを2段目に採用し、重箱としての全体の統一感よりも、竹塗と技法を見せるためのサンプルとしてデザインした。

お重の蓋部分は、前述した試験結果及び考察に基づき製作した。また、側面の加飾は、一周する形状であるが、使用した3Dプリンタのワークサイズでは一括で出力できなかったため、4分割で出力して、前述の2.2.2.を応用して貼り合わせ、つなぎ目を埋め、塗装を行って一枚で加工したように見せることができた。この試作品を製作することで、特許を利用した製品を製作するために必要なノウハウを取得することができた。

なお、中段の加飾は、会津特有の技法である金虫喰塗りとしたが、全体の技法を含め、製法や製作工程について、今回は研究に直接関係ないため省略する。

3. 結言

本研究の結果及び成果は、以下のとおりである。

- (1) 本研究で用いた3Dプリンタでの輪郭形状が判別できる加飾の最小出力可能サイズは、長さ5[mm]、0.5[mm]厚である。
- (2) 立体模様シートには、自然乾燥による曲面への追従性がある。
- (3) 製作物によって異なるが、見た目を損なわない立体模様の最大厚みは4[mm]厚である。
- (4) 直径1[mm]、0.5[mm]厚以下の加飾は塗装工程で埋没し、直径5[mm]、2.5[mm]厚以下の加飾は研磨工程で欠落してしまう可能性が高い。
- (5) 小さい穴や細い線状の加飾がある場合、穴が埋まる、輪郭があいまいになる等の問題がある。
- (6) 浮島状の模様の場合、糸引きのよる作業効率の低下や、紙の吸湿などにより、貼り付け時の位置ズレが発生する。
- (7) 樹脂と木板が接地している端部は、直角な角ではなく滑らかな丸みを帯びる形状になる。
- (8) 接着～塗装までの試験結果から、立体模様シートを曲面に貼り付ける場合、スリットなし形状が最も適している。

- (9) 実製品に近い試作品を製作することによって、製品化へ向けたより実践的な指導が可能となった。

謝辞

本開発にご協力いただいた鈴善漆器店様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 志鎌一江, 出羽重遠. 特許 6986294. 立体模様製造方法
- 2) 志鎌一江, 出羽重遠. デジタル技術と紙を活用した漆工法の開発. 令和元年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告書.
- 3) 志鎌一江, 関澤良太, 吾子可苗. 漆製品に用いる立体模様シートの評価. 令和3年度福島県ハイテクプラザ試験研究報告書.