

工芸領域におけるIT技術活用の可能性

A Report of Possibility of Utilizing IT Technology in Crafts

池 田 晶 一

IKEDA Shoichi

1. はじめに

本研究は工芸領域における様々な素材の作品制作のプロセスにIT技術を組み込み、ITを活用するがゆえに生まれる新しい表現を導き抱くことを目的に、もしくはデザイン領域からIT技術を通して実際の素材にアイデアを落とし込むことの模索を目的に行ったものである。

また、現在の金沢美術工芸大学美大の教育体系の中では、学科専攻による専門教育が主たるもので、工芸は素材や技術を中心に、デザインは形や色のデザイン設計に集約し、その他の領域においても枠組みを超えて作品制作をしていくことが困難な状態である。本研究は、デザインすることと素材を用いて物を作り上げることが、IT技術によって繋げることができないかという可能性の模索でもある。実際の制作プロセスを陶磁、金工（鋳造）、漆素材を用いて行った。

本稿ではそれぞれの素材におけるプロセスを見つづ、橋渡しとしてのIT技術の位置付けと、想定される教育におけるプログラムの流れの可能性を論じてゆく。

2. 各素材における試作

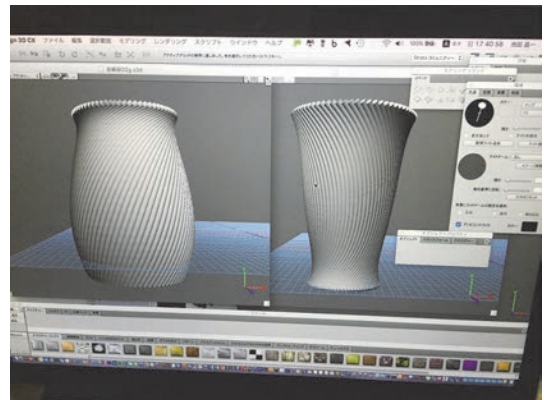
2-1 3Dによるモデリング

試作はそれぞれの素材に置き換えるための形を、P.C.を用いて3Dアプリケーション（Strata Design 3D）で作成するところから始まる。

陶磁と金工（鋳造）は、大きさの縮尺は変更した

が（写真1）の形態を用いて試作を行った。（写真1）の右側を金工（鋳造）で使用した。

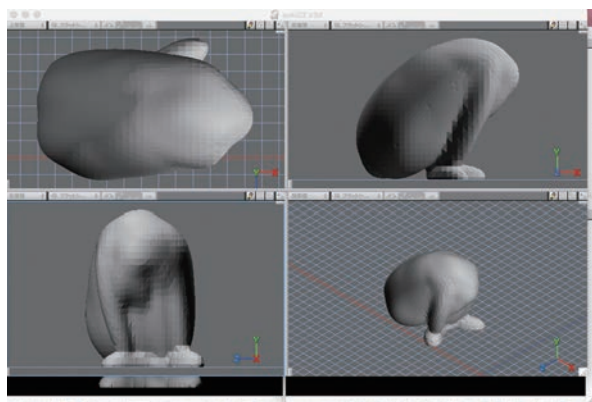
漆に関しては（写真2）の元々の漆の作品（青木千絵作）を元にモデリング（写真3）を行い、元の形を再現する形で試作制作を進めた。これは、実際に手で作る形と、P.C.上で作成する形の差異や、アナログ的な形をP.C.での作業に置き換える作業の質の違いを検証するために行ったものである。これらの考察については後の章で詳しく述べる。



（写真1）3Dによるモデリング



（写真2）漆の試作に使用した手作りの作品



(写真3) 漆の試作のための3Dによるモデリング

2-2 3Dプリンターによる出力

モデリングの後、3Dプリンターによる出力を行う。最終的に扱う素材により、3Dプリンターで出力する素材や設定に違いがある。

この後は、それぞれの素材に分けて原型の制作やその後の制作プロセスを述べてゆく。

3. 各素材における試作

3-1 陶磁 3Dプリンターによる原型制作から泥漿鑄込みによる作品の制作

(写真4)は陶磁用の原型で、3Dプリンター(使用機器:GENKEILEPTON)でABSフィラメントを用いて出力したものである。

陶磁は、この原型を元に石膏型(写真5)を作成し、泥漿鑄込みで成形(写真6)を行なう。



(写真4) 陶磁用の3Dプリント



(写真5) 泥漿鑄込み用石膏型



(写真6) 泥漿鑄込みの後彫られた生地



(写真7) 加飾を施し完成した作品

(写真7)は生地に色化粧を施し完成した作品である。(この作品の詳細な制作方法は、同シリーズの作品制作で、金沢美術工芸大学紀要 第60号に掲載しているので省略する。)

3-2 金工（鋳造）の3Dプリンティング原型によるロストワックス鋳造

金工で用いたロストワックス鋳造は、低温で溶け流れる樹脂で作られたワックスフィラメントを用いて原型を制作する。原型を制作の後、耐火石膏で原型を包み石膏型を制作。石膏型を焼成しワックスフィラメントで作られた原型を流し出し、金属を流し込む空間を作る。

その後、出来た空間の中に金属を流し込み、当初の形状を金属で得る。

ワックスフィラメントは、低温で溶融する為、プリンターでノズルなどの温度制御を調整する必要がある。

使用したフィラメントは、MildLay製のWAXフィラメント（直径1.75mm）である。微調整を繰り返し、エクストルーダー（噴出ノズルヘッド）の設定温度180℃、ヒートッドベッド（プリンターの土台）の設定温度30℃を用いた。

設定温度が適切でない場合、プリントされるモデルの精度が落ち、正常にプリント出来ない事もある。

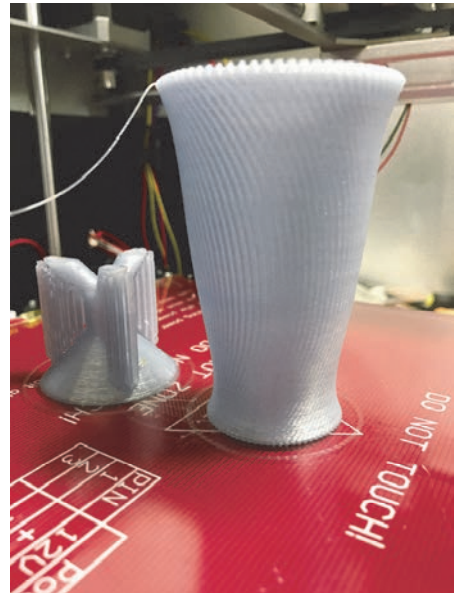
（写真8）は、プリンターの制御アプリケーション（Simplify3D）の設定画面である。



（写真8）プリンターを制御するアプリケーションの画面

原型のモデリングは、陶磁と金属の細かな表面の仕上がり进行比较するため、陶磁作品のカップ制作で用いたものを縮小し使用した。

（写真9）はワックスフィラメントでプリントした原型であるが、左側の小さな部品は金属を流し込むための湯道となる。



（写真9）

以下、林泰史（元金沢美術工芸大学准教授）により錫の鋳造による試作を行なった。

・3Dプリンティング原型によるロストワックス鋳造法による試作（林泰史 元金沢美術工芸大学准教授）

a. データ

技法：石膏鋳造法

原型素材：3D printing filament（MOLDLAY社製、融点270℃）

瞬間接着剤（原型と湯道部分の接着）

修正蠟（モデル-2の修正に使用。融点70℃。蜜蠟34%：松脂33%：パラフィン33%の美術作品用蠟）

鋳型素材：鋳造用石膏（ノリタケカンパニーリミテド社製GIFT）

製品素材：錫合金（錫96%：銅2%：アンチモン2%の合金）

b. 手順

- (1) 3Dプリンターを用いて原型及び湯道部分（湯口を含む）を加工



写真10 3Dプリンティングによる原型

- (2) 原型と湯道部分の接着

モデル2については接着部と製品底部を修正蠟にて修正（厚み最大2mm）する。



写真11 モデル1 原型

- (3) 鑄造用石膏の流し込み

アルコールにて脱脂、洗浄を行った後、埋没リングを用い鑄造用石膏を流し込む。

流し込み前と後に2回の真空脱泡作業を行った。

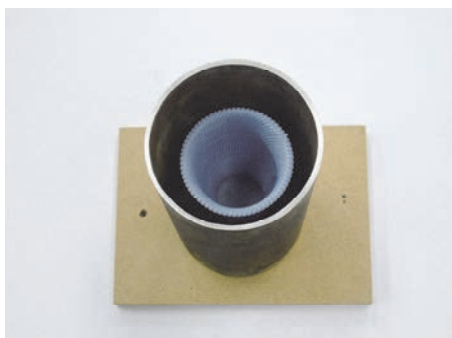


写真12 原型と埋没リング 流し込み前



写真13 流し込み後（湯口側）

- (4) 鑄型焼成

電気窯で約350℃で2時間脱蠟した後、750℃まで鑄型を焼成し、ワックスフィラメントを焼き切る。



写真14 焼成後（湯口側）

- (5) 錫合金の鑄造

鑄型を約50℃まで徐冷したのち、錫を約250℃で溶解した。吸引により下方から減圧し鑄造を行った。



写真15 鑄造後（湯口周辺）

(6) 型ばらし

鑄造後すぐに水で急冷、ヘラ等を用い鑄型を取り外す。



写真16 型ばらし



写真17 型ばらし後

(7) 仕上げ

鋸で湯道を取り、たがね、やすり等を用い仕上げる。



写真18 完成した試作

(8) 所見

- ・テクスチャー等は比較的良好に再現することができた。
- ・若干、製品底部等に鑄造欠陥（ガスカミ）がみられるが、原型の厚み（鋳合金の場合1～2mmが望ましい）や溶湯の温度管理（240℃程度）にて改善が期待される。

以上、元金沢美術工芸大学准教授 林泰史氏により金工（鑄造）の3Dプリンティング原型によるロストワックス鑄造の試作及び検証を行った。

3-3 3Dマケット制作記録

・ABS樹脂フィラメントによる造形物の漆の塗布実験

次に、3Dプリンターによって得られた造形物への漆の塗布実験を行なった。

プリンターで使用しているABS樹脂と漆を塗っていく工程において作業性や出来上がったものの密着の具合などを確かめるため、以下のように試作を行った。

（工芸科 漆・木工 青木千絵 助教）

a. データ

技法：錆漆で下地を施した後、髹漆*（きゅうしつ）塗りたて仕上げ

*「髹漆（きゅうしつ）」とは、漆を篋（へら）や刷毛（はけ）で素地に塗ることを髹漆（きゅうしつ）という。素地を堅牢なものにするための下地を施した後、様々な上塗り（仕上げ）をする。

原型素材：ABSフィラメント

材料：漆（黒呂色）、錆漆（との粉、生漆）

b. 手順

(1) 耐水ペーパー（＃400）で全体をペーパーがけする。

樹脂の積み重ねで表面に段差や、バリが残っていたため表面を平滑にする。



写真19 表面を仕上げたABS樹脂原形

- (2) 錆漆を刷毛で塗る。⇒耐水ペーパー（＃400）をあてる。⇒錆漆を刷毛で塗る。

工程(1)で平滑に仕切れなかった部分などを、錆漆を塗り重ねることで平滑にしていく。

この作業を3回繰り返す。

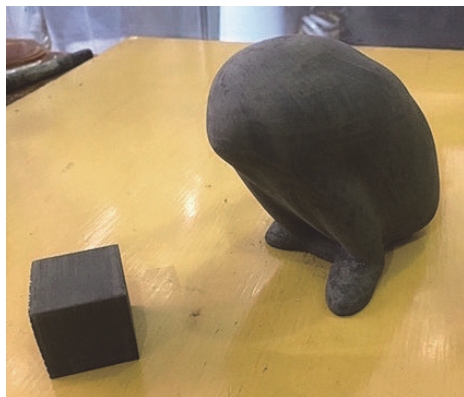


写真20

- (3) 捨て塗り

黒呂色漆を薄く塗り、室（温度22℃湿度70%）で乾かす。



写真21



写真22

- (4) 砥石（＃600）水研ぎ



写真23

砥石を全体にあてて、黒呂色漆を研ぎ切ってさらに平滑な面を作る。

- (5) 修正錆びを入れる

砥石が当たらない部分に錆漆をつけて修正する。

- (6) 下塗り⇒炭研ぎ

黒呂色を塗り、室でゆっくり乾かす。乾いた後に炭で水研ぎする。



写真24



写真25

- (7) 中塗り⇒炭研ぎ⇒上塗り（塗りたて）完成



写真26

(8) 所見

- ・樹脂フィラメントと漆の相性は良く、通常の漆の堅地工程が行えた。
- ・樹脂フィラメント原型に凹凸があり、呂色仕上げに耐える曲面に仕上げるために下地修正に時間がかかった。

以上、工芸科 漆・木工 青木千絵 助教によりABS樹脂フィラメントによる造形物の漆の塗布実験及び検証を行った。

3-4 各素材における試作における考察

今回、陶磁・金工（鋳造）・漆の3つの素材について、3Dプリンターを用いそれぞれの素材につながる作品制作、試作を行なった。

陶磁に関しては、3Dプリンターにより原形を作成し、石膏型を用い泥漿鋳込みによる整形方法で形を得た。原形をデジタルで得ることにより細かな表面を作成し、それを加飾の部分で活用し独特の表情を得ることが出来ている。今回は20cm大の大きさのカップを制作し大型化することでの問題点や可能性を模索した。成形自体は問題なく行うことが出来たが、大きくなるにつれ、加飾による加工の難しさと、焼成による歪みが大きくなり、精度を得ることが困難になった。大きさと精度の問題は今後の課題として残るが、デジタルで形を得ることの加飾への期待は尚期待できる。

金工（鋳造）においては、ワックスフィラメントにより得た形を、金属に置き換える際にどの程度の精度を保てるかということが課題であった。これに関しては、錫の低温の鋳造においては、3Dプリンター特有のフィラメントの積層痕まで再現されており、十分な精度を得ることができた。他の高温における鋳造、鉄や銅、真鍮などは今後実験をしてゆく必要はあるが、まずはそれなりの精度の形状を得られることは確認できた。今後は金属特有の加飾（色付け）などをこの技法を用い、新たに発展させる事が出来るかが課題である。また、大きさについても、

今後、検証してゆきたい部分である。

漆に関しては、使用したABS樹脂のフィラメントにどれくらい漆が馴染み作業が行えるかという点が課題であった。その点は十分に確認する事ができた。ただ、今回はABS樹脂フィラメントのみの検証となった。3Dプリンターの段階ではウッドライクフィラメント（木材のような質感の樹脂）や、石膏ライクフィラメント（石膏のような質感の樹脂）を試してみたが、3Dプリンターの調節が最後まで上手くいかず、フィラメントを排出するノズルの目詰まりなどが生じ形を得る事ができなかった。フィラメントの材質によってプリント時の設定などを細かくする必要がある、各素材の適正な設定を探る事が機械的な部分で課題として残った。



写真27



写真28

写真27・28は、石膏を手で削り漆を塗った元の作品（左側）と3Dプリンターを用いて原形を作成したもの（右側）の比較であるが、これはP.C.を用いたモデリングでどれくらい手業を用いた作品に迫れるかという事で、Strata Design 3D CX 7.5Jを使用しモデリングを行なったものである。

デジタルを扱う利点を考えると、大きさや縮尺を自由に変更する事が出来ることと、同じ形を用いて

異素材への変換が可能なのは魅力的である。

また、出来上がった形は似たような形にはなったが、綺麗な数学的曲線による造形はできるものの、手で確かめながら作る微妙な形状とは異なったものが出来た。時間をかけソフトウェアの扱いに習熟すれば、それなりに形を再現することはできるかもしれないが、直に素材に触れ形作ることとはいささか距離感があることを感じた。この場合、造形に関しては元の形をスキャナーで読み取り形を得るという方法も検討出来るだろう。

4. 教育プログラムへの可能性

前章まで、工芸領域における様々な素材の作品制作のプロセスに関して、3Dプリンターの活用を模索し試作などを行なったが、これらの一連のプロセスを整理し、大学の授業などで領域を超えた横断型のプログラムをどの様に構築出来るか、制作の全体のプロセスをまとめた表1を作成した。

大学の様々な専門教育の中で、他領域での作品制作などは一定の技術や知識が必要となり、なかなか学生が自らそれを成し得ることは難しい。

今回の研究では、これら一連のプロセスを実際に行うことでその実現性を模索したところである。

結論から言えば、デジタル機器を活用することで限られた技法の中だけではあるが、新たな教育プロセスのモデルを構築できる。

表1をもとに解説する。例えば、工芸領域に特化した学生が新たに学ぶ部分として、アイデアスケッチから3Dにおけるモデリングなどのデザイン思考的なプロセスを身につけることで、手業だけではない新たな作品や表現の幅が広がる。

デザイン領域の学生は、3Dプリンター以降の陶磁や鋳造に関しては、型成形に特化した部分で技術的なものを補えば、モデル制作で終わっていたものが実際の素材にまで落とし込み、使用できる製品として作品を完成させる事が出来る。

漆に関しても、基礎的な下地から塗りの技法の中で、単に塗装で終わっていた所から、工芸品としての意味合いを持たせる事が出来る。加えて蒔絵などの技法を深く習得すれば、作品の幅はもっと広がりを持つ。

工芸やデザイン領域の学生は、それぞれ同じものを目指している訳ではない為、最終的に目指すものや得るものは同じではないが、工芸領域の学生は手業以上のものづくりの広がりの中に関わりを持つ事が出来るし、デザイン領域の学生にとっては、最終的に自分のデザインするものが、どのような形で

アイデアスケッチ	3Dモデリング	データ変換	素材	出力	デジタル機器	素材への変換作業				
	3Dアプリ 2Dアプリ		陶磁	3Dプリンター	ABSフィラメント	石膏型	鋳込み	仕上げ	素焼き	本焼き
			金属（鋳造）		ワックスフィラメント	耐火石膏型	鋳造	仕上げ	加飾	仕上げ
			漆		ABSフィラメント	下地	中塗り	上塗り	加飾	仕上げ
			染織	レーザーカッター		型紙	糊置き	染色	仕上げ	
			染織	2Dプリンター		プリント				
新たに学ぶ部分						新たに学ぶ部分				
絵画・彫刻専攻				デジタル共有領域		デザイン専攻				
芸術学専攻						絵画・彫刻専攻				
工芸専攻						芸術学専攻				
				デジタル機器						
				3Dプリンター						
				3Dスキャナー						
				レーザーカッター						

製品となって出来てゆくのか、またそのプロセスにどのようなものがあるか身をもって理解する事が出来る。

他領域の絵画や彫刻、芸術学などに関しては、表1のプロセスの中で、それぞれに特有に持ち得ているものがある。そこから学ぶことの広がりを持ち、新たな視点で可能性を追求出来るのではないだろうか。

以上のように、IT技術を橋渡しとして、専門の領域を超えて、素材を超えて広がりを持ってものづくりの構図を見る事が出来る。実践については、今後の取り組みであるが、その土台として今回モデリングからそれぞれの素材を扱うことにより、全体像を見る事が出来た。

今後の取り組みの中で、実際にカリキュラムなどに落とし込める様思案してゆきたい。

5. おわりに

今回、本研究において、まずは工芸領域のそれぞれの素材に関してIT技術を組み込むことにより広がる造形の世界を模索した。その上で、IT技術を活用することにより領域を超えた専門分野で広がりを持った教育プログラムを模索することを見てきた。

工芸素材そのものの可能性から、他の専門領域に関わる可能性までを検証してきたが、それぞれにまだまだ課題も残る。

IT技術は日進月歩で進化し、既に工芸の領域でも様々に活用の実践が行われている。一方で3Dプリンターそのものは日々新しいものが開発されており、まだまだ途上の技術でもある。ただ、この進歩は思ったよりも多様に広がりを持ち、様々なものを巻き込んでいる様にも思える。

未来の工芸の新たな形、あり様の広がり进行を思考し続ける必要があると私は考える。手業に特化した技術や造形から、未来に広げる造形の可能性まで、それらは同等の価値を持って見てゆかなくてはならない。

今回それぞれの素材で行った試作自体は、様々に行われている造形の世界の中では目新しいことではないかもしれない。しかしながら、目の前にある現状を見ると、実際にそれらを試すところから様々

な課題を抽出してもゆかなくてはならない。

6. 謝辞

本研究は、金沢美術工芸大学 特別研究「工芸領域におけるIT技術活用の可能性」において行った。

大高 亨教授、河崎圭吾教授、鈴木康雄教授、安島諭教授、鈴木浩之准教授、中安 翌准教授、青木千絵助教、林泰史（元金沢美術工芸大学 准教授）に、共同研究者として多大なるお力添えをいただいた。心より御礼申し上げます。

また、公益財団法人 三谷研究開発支援団体 助成金「工芸作品によるIT技術の活用の研究と実践」を賜り、一部を活用させて頂いた。

ここに御礼申し上げます。

附記

本論文は平成28年度特別研究の成果の一部である。

（いけだ・しょういち 工芸科／陶磁）

（2017年11月7日 受理）

