

[研究ノート]

3Dプリンターを用いた造形教育の実践的研究

A Practical Study about Education on Art and Design with Three-Dimensional Printer

藤枝由美子 林 三雄 赤山 仁

Yumiko Fujieda, Mitsuo Hayashi and Hitoshi Akayama

〈抄 録〉

本稿は、造形教育の教材としていかに3Dプリンターを導入・展開できるか、実践的に教授法を検討した報告である。デザインや芸術表現の分野において、3Dプリンターは今日デザインや芸術において国内外で活用されている。デザイン教育においても数値データの理解が創造の可能性を広げる。3Dプリンターで出力した作品の造形作品としての精度は未だ発展途上のため、授業での活用については、機械の性能に合った形での課題設定や、適した形体及びサポート材の配置の工夫、長時間の出力に対応可能な環境の整備などが重要なポイントとなる。また、デザインや芸術の造形分野において、これからの時代のニーズに合った教育的効果が期待できる。

キーワード：3Dプリンター、3D積層造形システム、造形教育

Abstract

This paper reports how to introduce and develop 3D printers as teaching material for education in art and design, and examines practical teaching methods. Nowadays 3D printers are used within and outside Japan in art and design. Even in design education understanding numerical data expands their creative possibility. The quality of 3D printed works is still developing. Regarding utilization in classes, it is important to set up assignments in a form that matches the performance of machines, with appropriate shapes and arrangements of support material, to improve the environment so that it can cope with long-term printing, and so on. Moreover, educational effects that match the needs of the future era can be expected in the design and art field.

Keywords: 3D printer, 3D laminating molding device, education in art and design

1. はじめに

本研究の主旨は、学生のデジタル表現技術と実作品の制作能力とを統合し、時代のニーズに合った人材を育成するため、3Dプリンターをいかに造形教育の教材として導入・展開できるか、その可能性を実践的に検討し、教授法を研究することにある。3Dプリンターは、これまでスケッチ、図面制作、3DCADや3DCG、実作品の制作など個別に行われていた造形作品制作を、一貫性のある作品制作へ統合する可能性を持っている。これをいかに教育の現場に生かせるかについて実践的に研究を行った。

具体的には、林が、デザインの世界での3Dプリンターの役割から、芸術表現における新たな表現方法について調査し、藤枝と赤山が造形授業において実際に3Dプリンターを導入した授業を行った。これらを通して見えて来た造形教育における3Dプリンター導入の意義と課題を報告する。

なお、本研究は平成28年度芸術学部共同研究「3D積層造形システムを用いた造形教育の実践的研究」として行った。

2. デザイン・芸術表現における3Dプリンターの活用例

芸術学部メディア・デザイン学科で私が担当する授業「平面造形基礎」のテーマとしてデザインスケッチの学修という内容がある。デザインスケッチとはデザイナーの頭の中にある形状イメージを紙などの平面上に描き起こすことをいう。授業ではそのために観察による描写表現を行うことや、図面表現の演習（正投影図法）、斜投影図法、軸側投影図法、透視投影図法による立体表現などの演習を取り入れている。デザインを行う上で感覚値による描画表現だけではなく数値による形の表現は欠くことのできない要素であり、漠然としたイメージを立体的に把握するという造形思考は重要である。

立体図法は対象物を実測（あるいはデザインを数値化）することを元としている。これには先に挙げた各種図法のほかにも標高投影という手法がある。一般的に馴染みのあることとして等高線による地形図があり、傾斜の大小を線の密度で表すものである。この等高線によって立体を表現するという手法を活用したのが3Dプリンターによる造形である。そのような立体感覚の理解により数値データと造形の関連に気付くことが3Dプリンター造形法の可能性を引き出すことにつながるのではないかと考えられる。

現在、一般的には3Dプリンターは工業デザインの世界で形状の確認や試作品等として活用され、一部では実用性のある製品として使われる場合も出てきている。特に立体系のデザインを行うツールとしては欠くことのできないアイテムとなっており造形教育を行う大学において3Dプリンターを授業で活用してデジタル・データと造形の経験を得ることは有意義である。しかし、デザインの世界だけではないアートとしての可能性にも目を向けることで学生達の発想を広げる可能性を持つと考え、授業では幾つかの映像資料を見せている。

東京藝術大学教授でメディア・アーティストの藤幡正樹は芸術表現の中にデジタル・データを早くから活用したひとりである。彼は学生時代から3DCGのアニメーションの制作に着手し、芸術表現とコンピュータの世界のつながりを模索した。1987年にはNC加工機を用いて切削加工による流麗な曲面を持った女性のフィギュアを作成した¹⁾。その後1991年には3Dプリンターを使った透明な樹脂素材によるユーモラスな海中生物のような立体造形を出現させ、工業デザインの世界から抜け出した芸術表現の可能性に我々を導いた²⁾。

多摩美術大学非常勤講師のアキ・イノマタは、2013年に3Dプリンターを使って美しいヤドカリの家を造った。この作品はフランス大使館で行われた「No Man's Land」で発表されたものである。ヤ

ドカリの貝殻をスキャンし、その上にマンハッタンのビル街やタイの寺院、ギリシャ建築などの形を重ね合わせヤドカリの住処を展示、ビデオ上映を行った³⁾。

この展覧会はフランス大使館の土地所有権をテーマとしたもので、次々と住処を求めるヤドカリの生態に様々な都市の造形を重ね合わせるといった制作コンセプトに合致した内容となっている。内部空間の造形も可能な3Dプリンターならではの表現である。

アメリカを代表する現代美術のアーティスト、Frank Stellaの個展が2015年暮れからニューヨークのホイットニー美術館にて開催された⁴⁾。彼は幾何学的形態を用いた絵画や立体作品制作で活躍するアーティストであるが、10年ほど前から作品にCADやRPT（3Dプリンター）による造形を取り入れた。彼の最新作の中では3メートルを越す巨大な造形物が組み込まれたものや、30センチほどの小品群で構成されたものなど、いずれも3Dプリンターで造形された樹脂パーツが金属のパーツと組み合わされた彫刻作品である。

デザインの世界での3Dプリンターの役割ももちろんのこと、芸術表現の世界でも新たな表現方法として、ますますこの技術の活用が行われていくと考えられる。授業を通して発想の枠を広げ、新たな表現にチャレンジする学生に期待したい。（林三雄）

3. はじめての3Dプリンターによる造形作品制作

3.1 実践内容

平成28年度春 semester 実習科目「メディア・デザイン研究 I」において、6月7日から7月19日の6週間にわたり、芸術学部メディア・デザイン学科の3年生9名を対象に、3Dプリンターによる芸術作品のミニチュア模型制作を授業課題として課した。具体的には、20世紀の有名な抽象彫刻や建築デザインやインダストリアルデザインの作品の中から各自が一つを選択し、3DCADソフト⁵⁾でデータを作成、3Dプリンター⁶⁾によって出力、塗装して仕上げを施し、ミニチュア模型を完成させる内容である。同時に制作レポートを提出させ、原本の作品や制作者についての調査研究、制作工程や3DCADデータのレンダリング画像を含めることとした。

学生の特徴としては、ほとんどの学生がシリコンや樹脂を用いた型取りによる造形、各種工作機器を用いた金属・木材による作品制作、レーザーカッターを用いた作品制作等、広く浅く様々な素材や機材に触れた経験がある。PCソフトではIllustratorやPhotoshopの基礎的な扱いを修得しているが、3DCADデータの作成及び3Dプリンターの使用経験がある学生は、1名であった。

3.2 3Dプリンター導入のねらい

3Dプリンターをこの授業に導入した具体的なねらいは、3つある。まず第1に、3Dプリンターの特徴や一連の制作工程を実践的に理解し、造形手段の一つとして最新技術を活用できるようにすることである。そこで、制作経過を写真に収め、記録を残し、レポートとしてまとめさせた。

次に、将来的にどのような機械が造形の現場に導入されようとも、未知のツールに対する抵抗を軽減し、その特徴や操作方法を積極的に学ぶ姿勢を育成することである。これは、習うより慣れるの方針で、各自のノートPCに無料ソフトをインストールさせ、使用方法について教員からは概要を説明するに留め、教室にテキスト⁷⁾を常備し、自学自習が可能な環境を整えた。その気になれば、オンラインでも操作方法は確認できる。自分で調べ、制作した方が最終的に自信につながると考えた。また、無料ソフトを用いた理由は、大学でしか使えない高価なソフトであれば、専門性は高まるが、制作時間が限られ作業効率が落ちることを懸念したからである。技術の習得を第一目標としない授業と割り

切った。

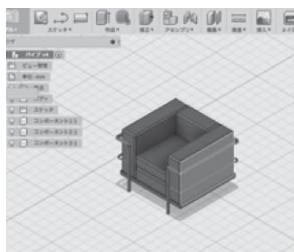
3つ目のねらいとしては、機械の性能の範囲で作品を考えるのではなく、発想を大切に、それを実現するために機械をツールとして活用する姿勢を修得させることにあった。そこで、既存のモチーフの再現を目標とさせることで、各自の工夫する力を引き出すことを試みた。

3.3 作品制作の実際と教育効果

紙面の都合上、複数の作品に言及することができないため、『LC2』⁸⁾の1/10スケールを制作した課題作品(図4～図7)を例にして効果を考察したい。個人のノートPCにソフトをインストールしたことで、この学生は時間的余裕が生まれ、試作を繰り返すことができ、試行錯誤の中で体験的に3Dプリンターの特徴を理解していった。同時に3Dプリンターによる制作に向かない形や方法を理解し、それを補うために手作業を組み合わせるに至った。この授業では、最短距離で作品を制作することやソフトの扱いに習熟すること、また制作工程の全てを3Dプリンターに頼ることを目的としていない。粘り強く問題に取り組み、課題を明らかにしつつアプローチを変えて改善していく学びに意義がある。この点を事前に説明し、授業の意図を理解させていたので、どの学生もはじめての機械に対し、トライアンドエラーで根気よく関わり、完成に至った。

これらのことから、3Dプリンターの授業への導入効果として、目的や目標の設定次第で自学自習の姿勢を育み、作品制作における技術や素材の選択力を高め、アプローチを改善しつつ問題解決に取り組む姿勢を強化するなどの教育的効果があったといえる。これはデータの調整一つで様々なバリエーションを容易に作成できるという3Dプリンターの特徴によるところが大きい。

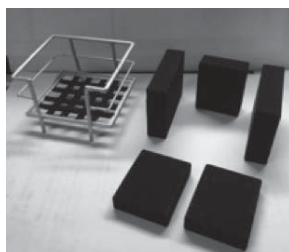
そして今後の課題としては、いかにしてより複雑でオリジナルな形体作りに学生のモチベーションを引き上げるか、また他の技術や素材とどのように有機的に組み合わせさせていけるか、そしてIoTに対応した造形教育の可能性についても研究していきたいと考えている。



(図1) 3DCAD データ
作成画面



(図2) サポート過多の失
敗例



(図3) 個々のパーツを
出力、塗装



(図4) 完成

(藤枝由美子)

4. 3Dプリンターによるキャラクター制作

筆者の担当している平成28年度秋semester科目「メディア・デザイン研究Ⅱ」(メディア・デザイン学科3年生7名参加)において、3Dプリンター出力によるキャラクター制作を実施した。本章では、その制作過程を解説し、今後の課題を検討する上での一例として提示したい。

4.1 サンプル制作

授業を行うにあたって筆者自身に3Dプリンター出力の経験がないため、技術や問題点を把握するためにサンプルの制作を行った。試行錯誤の結果、制作工程としては以下ようになった。

- ①モデリングデータの作成（Autodesk Mayaを使用。図5）
- ②データのエラー解消とサポート材の追加（Autodesk Meshmixerを使用）
- ③出力の設定（Makerbot Dektopを使用）と3Dプリンターによる出力（図6）
- ④サポート材、土台の除去
- ⑤やすりやパテ材による補修と研磨
- ⑥サーフェイサーと塗料による塗装（図7）



（図5） Maya上でのモデリングデータ



（図6） 3Dプリンターによる出力結果



（図7） 塗装後の完成モデル

制作工程の①～③はPCでの作業が中心である。Mayaでのモデリング作業の習得を春semesterに授業内で行っているため、モデリングデータ作成の基礎的な部分では大きな問題はないように思われた。Autodesk MeshmixerやMakerbot Dektopでの作業も操作としては複雑なものではなかった。しかしながら、3Dプリンター用に設置されたiMacでのデータ出力に問題がある等、ソフトウェアとハードウェアの相性などに不安定な部分が見られた。最終的には筆者のMacBook Proにて出力作業を行った。

制作工程の④～⑥は手での作業が中心となる。この工程は予想外に時間がかかる結果となった。出力されたモデルには形成されたフィラメントが、たれてこないように支えるサポート材が付いている。このサポート材をきれいに除去するのが難しく、バリや凹凸が残るため、金やすりやパテ材による補修に時間がかかる。また、色分けができるタイプのプリンターではないため、色付けは手作業での塗装となる。

4.2 授業での実施

今回の授業では「3Dプリンターによるキャラクター制作」という比較的範囲の広い題目での課題設定とした。キャラクターのモデルは複雑な形状であり、技術的な問題点が発生することが予想されたため、現時点で細かく課題設定するより、学生と共に新しい技術である3Dプリンターの特性を広く探していくことを大きな目的として進行することにした。

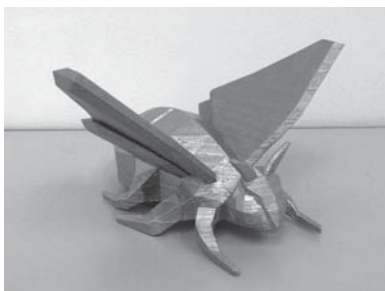
図8は3Dプリンターでの出力を行った学生作品例である。モデリングはMayaではなく、本人が普段使用しているMetasequoiaというソフトを用いている。細部が細かく作りこまれており、データ上での完成度は高い。また、パーツを頭部と体に分けて出力したり、きれいに出力できるオブジェクトの配置や角度を検討するなど配慮がされた。しかしながら、複雑な形状のため手の部分がサポート材の除去中に欠損するなど、データの完成度を最大限生かすことは難しかった。

図9はフラットな面を意図的に残して形成した例である。今回用いた3Dプリンターは幾何学的な形状は比較的きれいに出力することができ、上面部分はサポート材の影響を受けない整った出力モデルとなった。ただ、下面はサポート材の跡が大きく残り、パテでの補修作業が必要となった。

図10は「スマホ立て」という機能を持ったモデルである。こうした用途のあるデザインは、その後の発展性もあるため面白い取り組みであるように感じた。シンプルな形状であったため、出力モデルも破綻なく印刷できた。



(図8) 学生による作品例



(図9) フラットな面を意図的に残した作品例



(図10) 機能を持った作品例

4.3 結果の検証と課題

今回の取り組みで分かったことの一つとして、サポート材の配置が大きく結果に影響するということがある。特に、キャラクターといった複雑な形状の場合、どうしてもサポート材の跡が残り、その仕上げの段階で丁寧な作業が必要となる。サポート材が少なくなるモデルの形状や角度など、今後のノウハウの蓄積が必要である。

一方、こうした3Dプリンターの特性を踏まえると、比較的仕上がりがきれいな、シンプルで幾何学的な形状を生かしたデザインの方向性にするということも考えられる。イメージを単純化して、かつ美しく仕上げるのは造形の訓練にもなり、デザインとしても洗練された印象となる。

もしくは、それ自体を鑑賞の対象とした、完成した作品を作ることを目標としない方向もある。例えば、製品のプロトタイプを作るなど、機能やイメージを伝えるための手段として3Dプリンターを活用するというのである。芸術学部生ならではの発想を促す課題設定が行うことができれば、新しい取り組みとして提案できる可能性がある。

また、今回プリントの出力時間は長時間になった。解像度を高く(0.1mm)して、ある程度鑑賞できるサイズ(高さ10cm以上)にすると一つの作品を出力するのに10時間~20時間とかかることになった。授業時3Dプリンターは1台での運用状況であったため、プリント時間の割り振りや個別対応が必要であった。今回は少人数の3年ゼミであったため、筆者が個々に対応することができたが、これ以上の受講者数では授業運営は困難である。こうした出力の管理体制は検討する必要がある。

現在様々な問題点はあるが、3Dプリンターの技術は急速に発展している最中のため、今後数年で大きく変化し改善されていくことが予想される。低価格の3Dプリンターでも、フルカラーで高解像度の出力モデルが、少ない時間でプリントアウトされる時代がすぐに来るかもしれない。しかしながら、こうした発展期の技術に試行錯誤しながら取り組む経験は、これから変化の大きな時代に社会人として生きる学生にとって必要なものであると思われる。(赤山仁)

5. まとめ

本稿の目的は、造形教育の教材としていかに3Dプリンターを導入・展開できるか、その可能性を検討し、教授法を研究することにあつた。

まず、2章でデザインや芸術表現の分野において、既に3Dプリンターが活用されている現状を国内外の実例を挙げて紹介した。そして、デザイン教育において、漠然とした頭の中のイメージと2次元の図面やスケッチ、さらに3次元の立体といった、これら3つの異なる次元を関連付けて理解することが重要であることや、標高投影における等高線と積層造形システムを用いた3Dプリンターとの共通性を指摘し、数値データへの理解が創造の可能性を広げることを確認した。

次いで3章と4章では、造形の授業において3Dプリンターを用いた二つの事例を紹介した。前者の授業では、3D-CADソフトFusion360を各自がノートPCにインストールして使用すること、また、授業課題を20世紀のデザインや彫刻のミニチュア模型制作とすることで、調査研究力を高め、導入レベルにおいては、アプローチの改善がしやすく自学自習のツールとして3Dプリンターが活用できることを実践的に示した。また、課題としては、次の発展レベルにおける教授法の検討、他の技術や素材との融合、IoTに対応した造形の可能性などを指摘した。

後者の授業では、「3Dプリンターによるキャラクター制作」を課題とし、3DCGソフトのMayaあるいはMetasequoiaを用いてデータを作成し、実際に3Dプリンターで出力し、造形教育として展開し得ることを示した。一方、授業として行う上では、3Dプリンターで出力した作品をそのまま完成作品とするには、未だ技術が発展途上であること、そのためにより適した形体の検討が必要であること、そして長時間にわたる出力時間と機材の台数の問題を改善する必要性を明確にした。

以上のことから、3Dプリンターのデザイン・造形教育での授業での活用については、上述の現状の問題を踏まえた上で、3Dプリンターの性能に合った形での課題設定や、適した形体及びサポート材の配置の工夫、出力環境の整備などが重要なポイントとなるといえる。

今後の社会はIoTが進化し、これまでのような工場での大量生産の形態が変わり、個々のニーズに合った商品開発の可能性も指摘されている。時代のニーズに合った人材を育成するという教育の目的と照らし合わせても、3Dプリンターによる造形は、デザインや芸術を数値やデジタル・データで考えたり、管理したりすることができ、またインターネットを介してアイデアのやり取りが可能であるなど、これからの時代に有効な考え方や技術を学べるという点において教育的効果が期待できる。

なお、本稿は2が林三雄、4が赤山仁、それ以外を藤枝由美子が執筆した。

注

- 1) 藤幡正樹『geometric love』1987 株式会社PARCO 出版局
- 2) 『藤幡正樹作品集Forbidden Fruits』1991 株式会社リプロポート
- 3) Process of “Why Hand Over a ‘Shelter’ to Hermit Crabs?” AKI INOMATA <https://vimeo.com/76794597>
- 4) “Frank Stella: A Retrospective” at Whitney Museum of American Art NY. Oct 30, 2015–Feb 7, 2016
- 5) この授業での3DCADデータ作成は、学生は無償で使用可能なAUTODESKの「Fusion360」を使用した。
- 6) 本研究で使用した3Dプリンターは、MakerbotのReplicator5thである。
- 7) 自学自習用に常備したテキストは、三谷大暁著「Fusion 360操作ガイド ベーシック編一次世代クラウドベース3DCAD」、カットシステム、2016、及び「Fusion 360操作ガイド アドバンス編一次世代クラウドベース3DCAD」カットシステム、2016、そして吉良 雅貴「Fusion360 3D-CADリファレンス」工学社、2016他である。また、MAKERSのポータルサイト「メイカーズ・ラブ」より「高機能すぎる無料3DCAD Fusion360—基本操作入門—」をダウンロードさせた。
http://makerslove.com/8701.html?utm_source=makerslove&utm_medium=press&utm_campaign=fusion_manual051 (2016年11月30日アクセス)

藤枝由美子 林 三雄 赤山 仁
Yumiko Fujieda, Mitsuo Hayashi and Hitoshi Akayama

8) ル・コルビジエ (Le Corbusier, 1887年-1965年)、ピエール・ジャンヌレ (Pierre Jeanneret, 1896年-1967年)

『LC2』、1928年、シャルロット・ペリアン (Charlotte Perriand, 1903年-1999年) 『LC2』, 1929年
図版

1)～4) 撮影：学生

5)～10) 撮影：赤山仁

参考文献

クリス・アンダーソン 『メイカーズ 21世紀の産業革命が始まる』 NHK出版, 2012年