

〔技術報告〕

# 最先端3Dプリンタ機器によるものづくり環境提供プロジェクト (3Dプリンタの比較によるものづくり機器の発展と教育への展開)

江藤 信一\*<sup>1</sup>

Manufacturing a production project using the most advanced 3D printer

Shinichi ETOH\*<sup>1</sup>

## Abstract

This study discusses the development of monozukuri by comparing the specifications and output models of the most advanced 3D printer with that of the 3D printers introduced at Kurume Institute of technology. It is essential for the students studying manufacturing at our university to physically interact with advanced manufacturing equipment. We believe that such interactions will stimulate the interest of students in manufacturing innovative products and will encourage new developmental possibilities.

**Keywords** : 3D printer, 3D model, monozukuri education

## 1. はじめに

ここ数年、【ものづくり】のカタチが大きく変化している。これまでは大規模な設備でなければ製作できないといわれていたプロダクトが、個人でも製作できるようになっている<sup>(1)</sup>。これは、ものづくり機器等のハードウェアとデザインを行なえるソフトウェア、両方の発展によるものである。ハードウェアに関しては、3Dプリンタやレーザーカッターなどの工作機器の性能向上と低価格化が要因として挙げられる。またソフトウェアに関しては、インターネットの発展に伴うフリーのデザインソフトウェア・CADソフトウェアの普及が大きく貢献している。これらが組み合わさったことで、「製造業やものづくりには大がかりな設備や特殊な工作機が必要」といった概念が取り払われ、「ものづくりをしたい」・「プロダクトを作り出したい」と考える個人または小規模メーカーが【ものづくり】を実践できる時代へと突入している。

上記の背景を受け、久留米工業大学では、ものづくりセンターを平成21年に設置し、現在では3Dプリンタとレーザーカッターを導入し、時代の潮流<sup>(2)</sup>に沿った設備充実を図っている。それに合わせて、久留米工業大学工学部情報ネットワーク工学科において、「ものづくり演習Ⅰ」という講義(2年生後期・第4セメスター)を設置し、その中で自らデザインし、ものづくりセンターに設置の作製機器を使いこなし、課題に沿った製作物を作成することで、ものづくり精神の実践教育を行なっている。

しかし、【ものづくり】の潮流の流れはさらに早くなり、各種機器・ソフトウェアの発展・進歩もそれに合わせて大きく進んでおり、ものづくりセンターに導入されている3Dプリンタ・レーザーカッター等の機器の性能を上回り、かつ低価格の機器が普及されている。これから社会でもものづくりを生業として、社会貢献をしていく学生にとっては、より新しいものづくり機器・ソフトウェアに触れ、体験しておくことは、大変重要であると筆者は考えた。

そこで、現時点での最先端3Dプリンタ機器を導入し、率先して活動できる学生に対して、使用できる環境を提供し、本学科のものづくり精神をさらに培ってもらうことを考えた。現行の3Dプリンタ機器と最先端のものづくり機器を使いこなすことによって、新たな気づきにつながるものである。また「ものづくり演習Ⅰ」で培った3Dプリンタ操作技術を最先端の3Dプリンタに応用することを学ぶことは、社会で新たな機器に触れる際のチャレンジ精神を培う機会となり、学生自身の自信にもつながる。

筆者は平成28年度久留米工業大学学長裁量経費において、「最先端3Dプリンタ機器によるものづくり環境提供プロ

\*<sup>1</sup> 情報ネットワーク工学科  
平成29年10月18日受理

ジェクト」と題したテーマおよび前述の目的を提案し、予算を獲得した。その予算より今回、3Dプリンタ（ダヴィンチ1.0 AiO）および光造形（SLA）方式3Dプリンタ（パーソナル3Dプリンタノーベル1.0）を導入した。これらのものづくり機器を導入し、学生自身が最新の3Dプリンタに触れる場を設け、ものづくり環境を提供することを実現している。本稿にて、ものづくりセンターに導入されている3Dプリンタと、今回設置した3Dプリンタを比較し、ものづくり機器が、どのように進化・発展しているのかを示し、またものづくり環境を構築したことで、新たな展開や発見について記述することで、ものづくり教育の展望を考える。

## 2. 3Dプリンタ

ものづくりセンターに導入されている3Dプリンタ Blade-1 について簡単に説明する。図1に Blade-1 本体、表1に仕様を示す。Blade-1は、福岡にある株式会社 Hotproceed が2012年から製造・販売を行なっている。日本製のモーターを使用し、日本で組み立てを行なっている点を強みに3Dプリンタ販売を展開している。原理としては、プラスチックの樹脂を溶かし、それを積層することによって構造を作り出す熱溶解樹脂積層法を用いている。図1で Blade-1 は、久留米工業大学ものづくりセンターで作製した Blade-1 専用のカバー筐体内に収められており、上部には材料である ABS 樹脂のドラムを備え付けられるようになっている。ドラムに巻かれた ABS 樹脂は、Blade-1 のノズルに差し込まれ、溶けた樹脂を積層する。

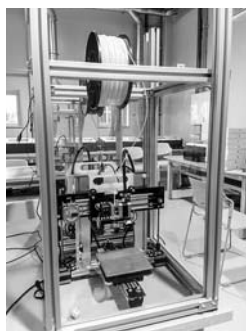


図1 Blade-1

表1 Blade-1 の仕様表

方法	主剤溶解積層型立体プリンタ
本体サイズ	360×300×310mm (ABS スプーラーを含まない)
電源	100V 50/60Hz (電源アダプター付属)
加工範囲	100×100×100mm
Z 方向ピッチ	0.1~0.4mm
加工対象物	ABS/PLA・ニンジャフレックス (TPE) 1.75mmフィラメント
ソフトウェア	インターネット上から無料ダウンロード
制御基板	Sanguinolou V1.3a
接続方式	USB
溶解ヘッド温度	~250度

次に今回のプロジェクトで準備した3Dプリンタの仕様を図2、および表2で示す。

図2および表2は、XYZ プリンティングジャパン製の3Dプリンタ、da Vinci 1.0 AiOの全体像と仕様表である。XYZ プリンティングジャパンでは、パーソナル、ファミリーとプロシューマ向けに溶解樹脂積層法（FFF）、光造形方式（SLA）の3Dプリンタを開発・販売している、3D機器メーカーの中でも急成長を遂げている企業である。da Vinci 1.0 AiOは、前述の Blade-1 と同様の熱溶解樹脂積層法によって、構造体を作り出すもので、しかも加工範囲もさほど差はない。ただ、価格が非常に抑えられており、パーソナルユーザーでも購入できるものになっている。また da Vinci 1.0 AiO はスキャナ機能も備えており、立体の構造物をスキャンし、デジタルデータとして取り込むことができる点も、ものづくりの現場では大変有用であると考えられる。



図2 da Vinci 1.0 AiO

表2 da Vincil.0AiO の仕様表

方式	FFF (Fused Filament Fabrication) プリント
本体サイズ	46.8×51.0×55.8cm
解像度	100~400microns
加工範囲	200×200×190mm
加工対象物	ABS/PLA
ノズルの直径	0.4mm
接続方式	USB2.0
サポート OS	PC:Windows 7 以上/Mac:OS X ×10.8
サポートファイル	.das, .stl, XYZ Format

2つの熱溶解樹脂積層型立体プリンタによる3Dモデルを出力し、比較することによって、これからのものづくり環境を考えていく。

### 3. 3Dデータの作成

今回、比較・検証に用いた3Dデータについて述べる。先の仕様表にもあるように、2機種ともSTLファイル形式であれば、出力可能である。比較・検証の条件を統一するために、Autodesk社の123D Design（フリーソフト）を用いてデザインした3Dデータを使用した。図3に今回、デザインしたベル(鐘)の3Dデータを示す。出力サイズは縦・横4cm、高さ7cmとなる。

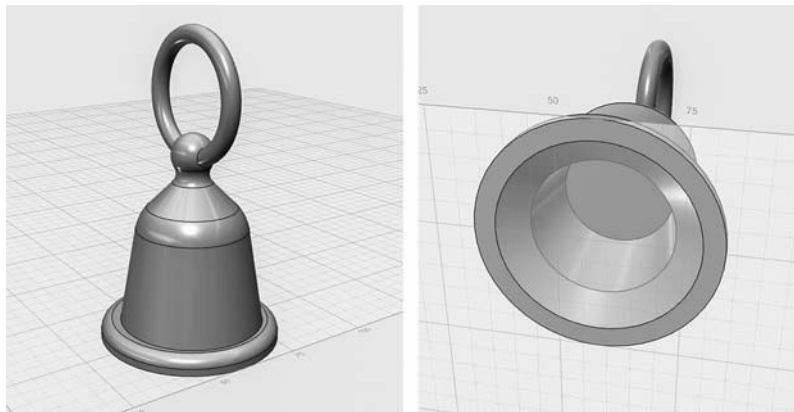


図3 ベルの3Dデータ

### 4. 3Dモデル出力までの手順

図4にBlade-1およびda Vinci 1.0 AiOにおける3D出力までのセッティング手順を示す。Blade-1では、作成した3Dデータ（STLファイル）はスライサー（KISSlicer）を用いてG-code化し、マニピレートするソフトウェア（Pronterface）に展開する。さらにBlade-1本体設定として、Pronterface上でステージ及びヘッドの温度設定を行い、加えてステージのテーピング・コーティングを行う必要がある。

一方、da Vinci 1.0 AiOは、付属のソフトウェア（XYZware）上で、STLファイルを開き、設定することで出力データとなる。また機器側の設定は、ステージ上に保護用のノリを塗るだけとなる。出力スタート後は、樹脂が出力されるノズルおよびステージの設定温度である200℃と100℃に自動で上昇し、それぞれの温度が安定すると樹脂の出力をス

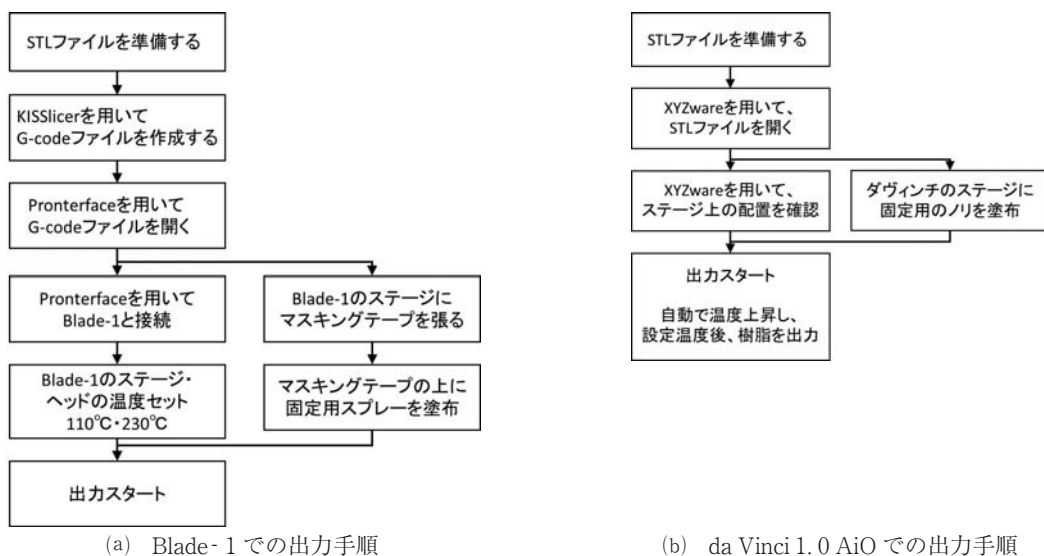


図4 Blade-1およびda Vinci 1.0 AiOにおけるセッティングの比較

スタートする。手順を見ても、手軽さが格段に向上していることがわかる。

### 5. 出力された3Dモデル

2機種による同一3Dデータの出力結果を示す。図5にBlade-1によって出力された3Dモデル、図6にda Vinci 1.0 AiOによって出力された3Dモデルをそれぞれ示す。なお、サポート材はそのまゝの状態である。

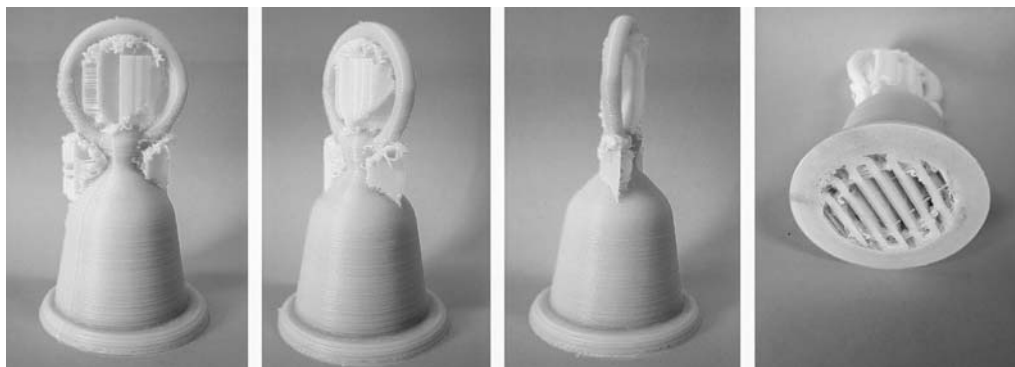


図5 Blade-1により出力された3Dモデル

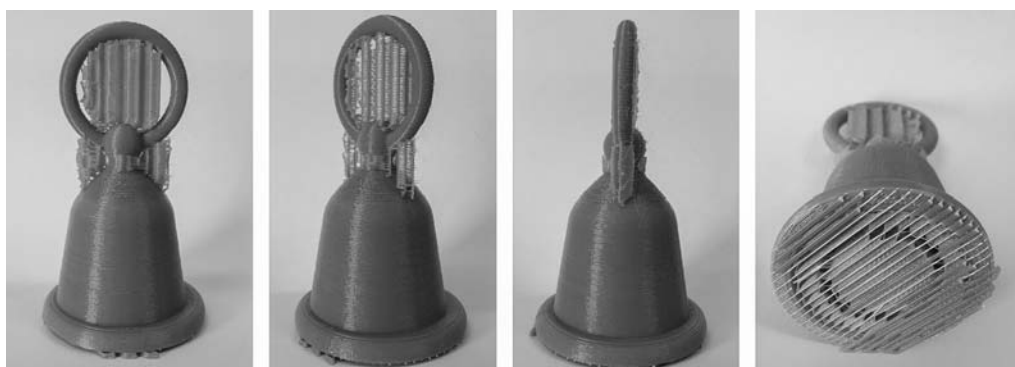


図6 da Vinci 1.0 AiOにより出力された3Dモデル

次にサポート材を取り除いたモデルをそれぞれ示す(図7)。



図7 サポート材を取り除いた3Dモデル(左Blade-1, 右da Vinci 1.0 AiO)

Blade-1で出力された3Dモデル(図5)と、da Vinci 1.0 AiOの3Dモデル(図6)と比較すると、サポート材の状態が異なる。前者はサポート材もしっかりと作成されているため、図7のようにサポート材を剥がす際に、切り離し・



やすりがけなどの作業にかなり労力がある。一方、後者はニッパー等で比較的簡単にサポート材を剥がすことができ、その後、やすりがけなどの手間を取らなくても、十分な3Dモデルとして取り扱うことができる。また図7の左の3Dモデルをよく観察すると、細部において、壁面がきれいに揃っておらず、デコボコな状態（特に上部のリング周り）が目立つ結果となってしまう。他の3Dデザインを、Blade-1を用いて出力した際にも同様のデコボコが現れるため、Blade-1の精度によるところが大きいと思われる。

Blade-1による3Dモデル出力中において、ABS樹脂をヘッドノズルにガイドする必要がある。現在、ものづくりセンターでは、Blade-1専用のガイドおよび保護壁を設置しており、Blade-1上部にABS樹脂を備えることができる。しかし、実際出力する場合にはABS樹脂のドラムが均等に回らない事態も発生しているため、出力作業を行う者は、Blade-1の前にて出力の様子を監視しておく必要があるのが実情である。一方、da Vinci 1.0 AiOは、樹脂のガイドもしっかりと設計されており、出力ボタンを押した後は、機器任せで問題なく出力することができる。サイズの大きい3D作製物を出力する場合、Blade-1では、常に監視しておかなければならないため大変な作業となる点は、最新の3Dプリンタと比較して、大きな短所となる。

図8にda Vinci 1.0 AiOを使い、本学の学生プロジェクト Kit Pit Crew のロゴをモデル化したものを示す。各アルファベットを別々の樹脂（色）で出力し、黒い樹脂の土台にはめ込む形で作製している。このようにda Vinci 1.0 AiOは、Blade-1よりも3Dデータとの誤差が少なく出力することができるため、モデル同士の組み合わせも可能となり、作製可能なモデルも大きく広がる。

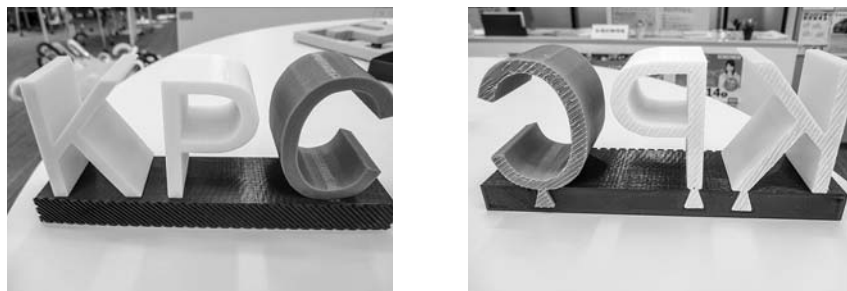


図8 Kit Pit Crew ロゴモデル（左：正面，右：裏面（土台とアルファベットをはめ込む形で固定））

## 6. 3Dモデルの数学教育への活用

本研究で導入をしたda Vinci 1.0 AiOが、数学教育の現場で生かされた例を示す。本学共通教育科の原幸範教授からの依頼により、立体モデルとその立体モデルの断面が分かる（切断面）モデルの作製を行なった。図9に作製した立体モデルを示す。



図9 円錐モデル（左：円錐モデル，中央：斜辺の中点より底面の円の端にて切断したモデル，右：底面側の切断面）

この円錐モデルは、本学の数学教育の中の立体の切断面の面積を求める際に、活用されている。黒板や教科書に示された平面上の円錐モデルから切断面の面積を求めるよりも、実物として手に3D円錐モデルを持ち、体感的に切断面と接し、理解してから面積を求める方が、より深まるとの声をいただいた。今回、この円錐モデルだけでなく、正四面体

モデルや円柱モデルとその切断面モデルの依頼があり、作製した。当初はものづくりのための3Dプリンタ環境提供プロジェクトであったが、新たに数学教育にも活用できる3Dプリンタという一面が分かり、今後も違った場面での3Dプリンタの活用が見つかることを期待するものである。

### 7. 3Dスキャナによる3Dデータの作成と出力

今回、3Dスキャナを用いて構造物の3Dデータを取り込み、それを3Dプリンタで出力する試みも行った。図10に、3Dシステムズ社の3Dスキャナ「SENSE 3D Scanner」を示す。こちらはハンディタイプの3Dスキャナであり、赤外線レーザーと専用カメラを備えているため、構造物にかざすことで、その反射を捉え、3Dデータとして出力するものである。また図11には、今回スキャニングした構造物（エレキギターの一部）とその3Dデータを示す。図12に、取得した3Dデータを元に出力された3Dモデルを示す。本3Dモデルは、現物の1/2のサイズに縮小して出力している。3Dスキャナを使い3Dデータ化することで、簡単に複製品を作ることができ、さらに3Dデータに手を加えることで、新たな3Dモデルとして出力も可能となる。



図10 SENSE 3D Scanner

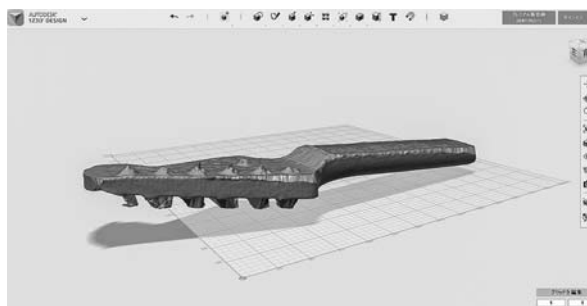


図11 スキャニング対象物（エレキギター）とスキャニングして得られた3Dデータ



図12 出力された3Dモデル（1/2スケール）と実物との比較

## 8. 光造形型3Dスキャナの低価格化

図13および表3は、XYZプリンティングジャパン製の3Dプリンタ、Nobel 1.0の全体像と仕様表である。Nobel 1.0は、紫外線レーザーでレジンを硬化させる光造形(SLA)方式の3Dプリンタである。よりなめらかで精密な造形を可能にし、自由な発想のデザインを形にすることで出来る。フィギュアやジオラマ作成などの趣味の分野から、建築事務所やデザイン事務所でのモデル製作や製造業での試作製作など、ものづくりの現場でも十分対応できるミドル・ハイモデルである。この3Dプリンタも光造形(SLA)方式の3Dプリンタとしては、低価格なモデルである。今回、この3Dプリンタも導入したが、光学的アプローチによる造形物の作製ということで、軸調整や照射光のコントロールがうまくいっていない。また光硬化性樹脂は有機系溶媒(エタノール等)によって、希釈されていることもあり、臭いが生じてしまうため、屋内で設置する際には、換気などの設備が常時運転している環境が必要となることがわかった。そういった点をクリアできれば、前述の熱溶解樹脂積層型立体プリンタ以上に高精度な3Dモデルを作製する環境が実現する。



図13 Nobel 1.0

表3 Nobel 1.0の仕様表

方式	SL 立体光造形技術 (Stereolithography; SL)
Z方向ピッチ	0.025mm (25Microns)
加工範囲	128×128×200mm (幅×奥行×高さ)
樹脂材質	光硬化性樹脂
接続方式	USB2.0 (ホスト, デバイス)
サポート OS	Windows 7 + (for PC), Mac:OS X10.8 (Mountain Lion) 以上
サポートファイル	.stl, XYZ 形式 (.3wm)

## 9. まとめ

本テーマにおいて、最先端3Dプリンタ機器を実際に使用し、ものづくりセンターにて使用していた3Dプリンタ(Blade-1)と比較することで、ものづくり機器の進歩の速さを体感することができた。実際に手軽さ、セッティングの容易さ、3Dモデルの精度、ソフトウェアの充実など様々な点で、優れた機器へと進歩していた。一方で、その便利さゆえに、3Dプリンタの原理の理解や温度制御の難しさ、出力する際の注意などを体感せぬまま、思い思いの3Dモデルが出力される点は、検討が必要かもしれない。なぜなら「ものづくり精神を培う」という久留米工業大学の教育理念において、盲目的に機器を導入し、ものづくり教育に用いるかどうかは考えなければならないポイントであると考えられる。しかしながら、より正確できれいな3Dモデルが出力できる da Vinci 1.0 AiO を含めた最新3Dプリンタは、「もっといろいろなものをつくってみたい」という気持ちにさせてくれるものづくり機器であり、創造意欲への刺激になる。そういった意味では、3Dプリンタの基礎的な考え方から取り扱い、3Dモデル出力の練習といった部分を現行の Blade-1 で行い、それを受け、しっかりと自分の意思で次の製作物に取り掛かりたいと思った学生に対しては、da Vinci 1.0 AiO を使い、より正確な3Dモデルを作る環境を与えることは、大変、有意義であると考えられる。今後も「ものづくり演習 I」での実習だけでなく、様々な講義・卒業研究などに3Dプリンタを生かし、新しい実践的教育につながることを期待したい。

## 謝 辞

ものづくりセンターの利用や作業にご協力いただいた久留米工業大学ものづくりセンターの青木秀幸技術職員に感謝致します。本研究は平成28年度久留米工業大学学長裁量経費(教育研究費)の助成を受けたものです。

## 文 献

- (1) 水野操, “自宅ではじめるモノづくり超入門,” ソフトバンククリエイティブ, 2013.
- (2) 平成28年度ものづくり基盤技術の振興施策, 経済産業省・厚生労働省・文部科学省