福井大学リポジトリ
UNIVERSITY OF FUKUI
REPOSITORY

# 3D-CADの基礎学習及び3Dプリンタを用いた造形とその精度考察



| メタデータ | 言語: Japanese<br>出版者:<br>公開日: 2016-06-09<br>キーワード (Ja):<br>キーワード (En):<br>作成者: 伊藤, 雅基, 内山, 裕二, 戸澤, 理詞, 小林, 英一, 安藤, 誠<br>メールアドレス:<br>所属: |
|---|---|
| URL | http://hdl.handle.net/10098/9977 |

# 3D-CAD の基礎学習及び 3D プリンタを用いた造形とその精度考察

伊藤 雅基** 内山 裕二* 戸澤 理詞** 小林 英一*** 安藤 誠**

## 1. はじめに

これまで，製造業や建設業等ものづくりの現場では，金型を用いた成形や，工作機械による切削等の方法で造形が行われてきており，これらの方法は，量産が可能，多種多様な形状が作り出せるといった点から，現在でも広く用いられている．一方で近年，開発期間の短縮や開発・試作コストの削減，業務の効率化等の利点がある 3D プリンタが注目されており，多様な製品が開発されている．このような 3D 造形技術の進展に伴い，3D-CAD による設計や，3D プリンタによる試作技術に対する需要が高まってきており，今後の業務で求められる場面が多くなると考えられる．そこで今回，3D-CAD，3D プリンタを用いた業務の需要を見据え，3D データを作るために必要な基本操作や 3D プリンタの操作技術を修得し，大学の研究教育事業に幅広く活かすことを目的として研修を行った．

## 2. 研修内容

### 2.1 SolidWorks について

SolidWorks とは，設計の中核を支える機械系 3 次元 CAD ツールである．

3 次元 CAD とは，仮想の 3 次元空間上に，「縦」「横」「奥行き」のある立体的な形状を作っていくツールのことであり，形状が立体的に検証できるという優れた特徴を持っている．

SolidWorks の特徴としては，形状を作る過程が履歴として残る履歴型であること，履歴をさかのぼり寸法を変更することで形状を変えることができるパラメトリック機能，「部品」「アセンブリ」「図面」の 3 種類のドキュメントを扱うこと，ドキュメントが互いに関係を持っている双方向完全連想性などがあり，豊富な機能と使いやすい操作性で，図面を短時間で作成したり，簡単に設計変更したりすることができる．

* 第 1 技術室 機器開発・試作班
** 第 2 技術室 物理計測班
*** 第 3 技術室 システム制御班

### 2.2 研修の流れ

本研修は週 1 回 2 時間程度，先端科学技術育成センターで行った．SolidWorks によるモデルの設計は第二ゼミ室で，3D プリンタによるモデルの造形は精密加工実験室で行った．また，試験片の引張試験は構造実験室で行った．本研修の日程を表 2.1 に示す．

表 2.1 研修日程

| 実施日 | 研修内容 |
|---|---|
| 7/28 | 研修内容打合せ |
| 8/4 | SolidWorks の基本操作学習 |
| 8/25,9/1 | SolisWorks によるモデルの設計（1） |
| 9/8,9/15 | SolisWorks によるモデルの設計（2） |
| 9/25,10/6 | SolisWorks によるモデルの設計（3） |
| 10/13,10/20 | 3D プリンタによるモデルの造形 (1) |
| 10,27,11/10 | 3D プリンタによるモデルの造形 (2) |
| 11/17,11/24 | 3D プリンタによるモデルの造形 (3) |
| 12/1,12/8 | 造形物の精度検証 |
| 1/22 | 造形物の強度検証（引張試験） |
| 2/5,2/12 | 発表内容，報告集原稿の検討 |

### 2.3 3D-CAD のモデリングについて

3D-CAD のモデリングとは，単純形状（四角・丸・スケッチ図など）から押し出し・回転・カットなどができるフィーチャーと呼ばれる機能を使って，単純形状や寸法を変化させて 1 つの部品を作り，作成された個々の部品を組み合わせることによって，目的の造形物を作成することである．また，作成した 3 次元モデルは，2 次元図面（正面図，平面図，側面図）への変換も容易であり，モデリングの変更は，フィーチャーの過程が履歴として残すことができるため，フィーチャーや寸法を修正することにより簡単にできる．

### 2.4 3D プリンタ及びその精度検証

今回用いた 3D プリンタは，XYZprinting 社製のダヴィンチ 2.0duo（図 2.1）である．仕様としては熱溶解積層方式で，造形サイズ 15×15×20cm

まで出力できる．また積層ピッチは 0.1-0.4mm で変更することができる．出力樹脂としては ABS 樹脂を使用した．

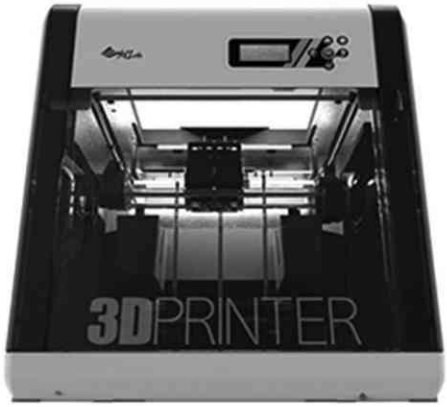



図 2.1 ダヴィンチ 2.0duo

3D プリンタを使った製作を行う前に，どのような形ならば出力することができるのか，どの程度精度があるのか，強度的にはどうなのかといった検証を行った．

まず，形状について，3D プリンタで製作を行う場合，3D プリンタはモデルに対して設定した積層ピッチ毎に ABS 樹脂を出力し積層して造形を行う．ここで積層する際に，形状的に斜めになっている，若しくは下が空間になっているものがある場合にはサポートという補助材を一緒に造形して造形物が崩れないようにする．しかし，サポートがあると取り外しや仕上げ作業が入りきれいに仕上がりにくいため，サポートが作られないようなモデルで造形を行ったほうが良い．そこで，どの程度の角度からサポートが作られるか検証を行った．検証方法としては直角から 10 度ごとに傾きをつけたモデルを作製し，3D プリンタで製作を行う（図 2.2 参照）．検証結果としては傾き 60 度からサポートが作られることが分かった．

次に，造形物の精度検証を行った．いくつかの丸棒と丸穴のモデルを作製し，3D プリンタで製作を行い，実際に製作したものの径を測定し，モデルとの比較を行った（図 2.3 参照）．検証結果としては精度が悪く，形状も楕円になってしまった．そこで，3D プリンタの造形の精度はどうなのかという造形の精度検証も行った．一辺 20mm の立方体のモデルを作製し，3D プリンタで同モデルから 3 つ製作を行い，3 つの製作物の寸法を測定し比較した（図 2.4 参照）．検証結果は 3 つともほぼ誤差無しであることが分かった．前述のモデルと比較すると精度が悪いことと併せると，モデルのほうを誤差の分だけ伸縮させれば意図した形状に近い形にすることは可能であることが分かった．

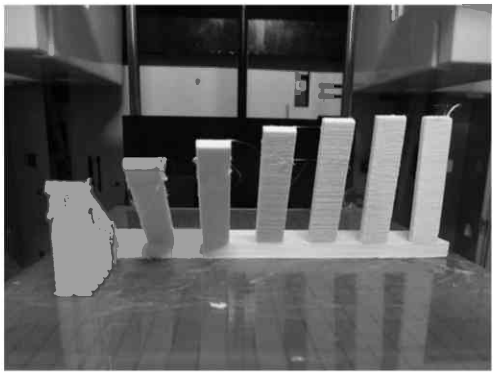
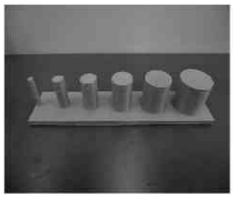
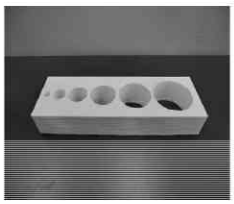


図 2.2 傾き検証



| 理論値[mm] | 計測値[mm] | 最大誤差[mm] |
|---|---|---|
| 5.0 | 4.38 - 4.87 | 0.62 |
| 10.0 | 9.64 – 10.43 | 0.43 |
| 15.0 | 14.54 – 15.57 | 0.57 |
| 20.0 | 19.45 – 20.40 | 0.55 |
| 25.0 | 24.42 – 25.21 | 0.58 |
| 30.0 | 29.38 – 30.26 | 0.62 |



| 理論値[mm] | 計測値[mm] | 最大誤差[mm] |
|---|---|---|
| 5.5 | 4.72 – 5.28 | 0.78 |
| 10.5 | 9.76 – 10.26 | 0.74 |
| 15.5 | 14.73 – 15.33 | 0.77 |
| 20.5 | 19.63 – 20.40 | 0.87 |
| 25.5 | 24.62 – 25.42 | 0.88 |
| 30.5 | 29.53 – 30.41 | 0.97 |

図 2.3 モデル精度検証

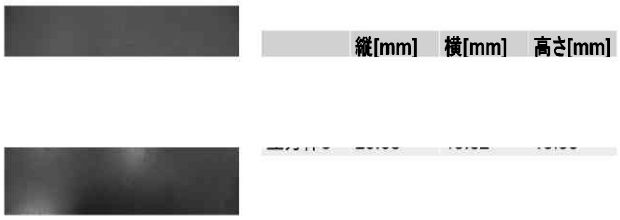



図 2.4 造形精度検証

今回使用した 3D プリンタは熱溶解積層方式であるが，これは材料を溶かして下と接合するだけである．その為，上下方向の応力を調べ，どの程度接合できているか検証を行った．また，3D プリンタの設定で造形物の密度も変更することが可能であるため，密度をいくつか変更した際の応力も調査した．方法として，引張試験片のモデルを作製し，3D プリンタで縦方向に積層した場合，横方向に積層した場合に分ける（図

2.5 参照)．また，密度の設定も 10%, 30%, 50%と変更し，引張試験片を製作した．
引張試験にかけた結果を表 2.2 に示す．結果をみると，横に積層した方の応力が強いことが分かり，力が掛かるところは横向きに積層したほうが良いと考えられる．また，縦に積層した場合の応力をみると，横に積層した場合の半分程度になっており，接合具合としてはそこまで強くないことが分かる．

図 2.5 引張試験片（左：横積層，右：縦積層）

表 2.2 応力測定結果

横積層(断面積250mm²)

| 密度[%] | 破壊応力[N] | 応力[N/mm²] |
|---|---|---|
| 10 | 2010.96 | 8.04384 |
| 30 | 2120.034 | 8.480136 |
| 50 | 2553.978 | 10.215912 |

縦積層(断面積250mm²)

| 密度[%] | 破壊応力[N] | 応力[N/mm²] |
|---|---|---|
| 10 | 974.022 | 3.896088 |
| 30 | 1159.046 | 4.636184 |
| 50 | 1885.03 | 7.54012 |

## 2.5 3D モデリング及び模型製作

SolidWorks の基本操作を修得後，各自の専門分野における造形物や関連部品のモデリングに必要な 3D データを作成し，3D プリンタを用いて模型製作を行った．以下に研修を通して製作したものを紹介する．

・QR コード型スタンプ

スマートフォンの普及により，QR コードから情報を読み取ることが容易に出来るようになった．そこで，ある特定の情報を広めたいときにどこでも使えるように QR コード型スタンプの製作を行った．今回は福井大学の HP の QR コードと技術部の HP の QR コードを製作した．モデルを図 2.6，3D プリンタで製作したものを図 2.7 に示す．

完成したものから QR コードが読み取ることが出来るか検証したところ，隅の四角が写っているものは読み取ることが出来た．これは隅の四角が位置検出の役割を担っているため，写っていないと QR コードがどこからどこまであるのか判別することができないためであることが分かった．それ以外の模様に関しては，QR コードを作成する際に誤り訂正率を 3 割で作成したため，今回使用した 3D プリンタの精度でも形が出ていれば QR コードを読み取ることが出来た．

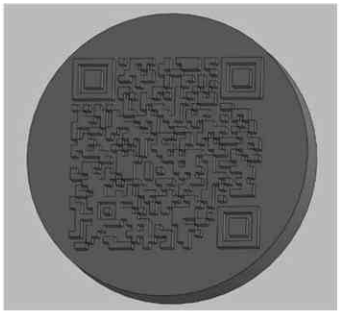


図 2.6 QR コードスタンプモデル

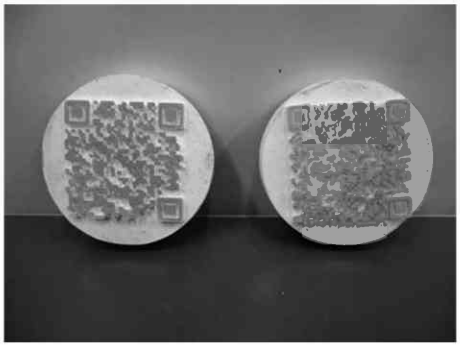
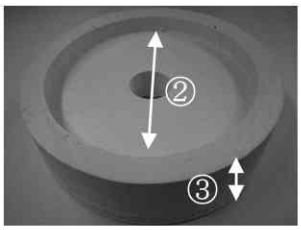


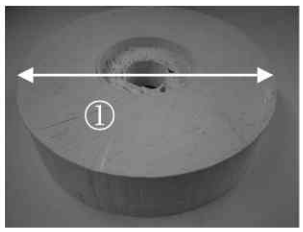
図 2.7 製作した QR コードスタンプ

・リフレクタのモデリング

派遣先研究プロジェクトにおける顕微型フォトリフレクタンス（PR）実験[1]では単色光を出力するモノクロメータ（Monochromator）へ入射する白色光源に Xe ランプを使う．これらの接続部における光漏れを減らすリフレクタ(1)として，また光源とモノクロメータ入射口の位置関係を固定するためのアタッチメント(2)として，(1),(2)両方の機能を有する治具を SolidWorks で設計し，3D プリンタで模型を試作した．その評価結果を図 2.8 に示す．現物の実測値から余裕を 1.0mm ほど設けて設計したが，仕上がりでは全体的に縮んでいる箇所が多く，結果として，Xe ランプとモノクロメータのどちら側にも意図した通りに嵌合させることができなかった．全体的に設計値よりも小さくなる中，①(外形)だけに設計値よりも大きくなる誤差が存在する

点について，3D プリンタ出力中に ABS 樹脂が凝固するまでの時間，樹脂の自重による液だれで高さ(z)方向が縮み，縦(y)方向に延びたと推測する．横(x)方向に小さい理由は 3D プリンタを構成する x 軸制御モータの移動量が不足しているのではと考える．






| 部位 | 設計値 [mm] | 計測値 [mm] | 誤差 [mm] |
|---|---|---|---|
| ①(外形) | 110.0 | 108.79 – 111.07 | -1.21～ +1.07 |
| ②(大溝) | 90.5 | 88.62 – 90.23 | -1.88～ -0.27 |
| ③(高さ) | 30.0 | 29.33 – 29.82 | -0.67～ -0.18 |

図 2.8 試作模型と評価

下の図 2.9 では上記リフレクタの設計データを IGS 形式に変換し，マルチプラットフォーム（Linux, Windows, OS X）で利用できるオープンソースの汎用 3D-CAD[2]である FreeCAD で設計データを開いた画面を示す．後述する 3D スキャナと同様，3D-CAD も急速に低コスト化が進んでおり，今後は SolidWorks や AutoCAD ら少数の 3D-CAD に支配されない，自由な設計環境が整っていくものと期待している．

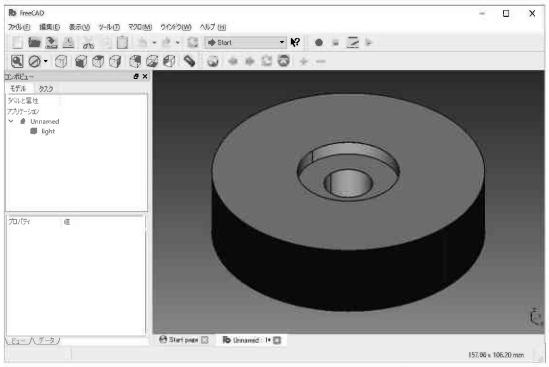


図 2.9 FreeCAD で開いた設計データ(IGS)

## 3. 3D スキャナについて

現在 3D スキャナの分野は盛んであり，簡単に使用出来かつ安価で手に入れることができる．その為，今回の研修では3D スキャナも購入し，評価した．使用した 3D スキャナは XYZprinting 社製のハンドヘルド 3D スキャナ(図 3.1)である．仕様としては，スキャンサイズが 60×60×30cm であり，スキャン精度は x/y/z 分解能がサイズ 50cm に対し 1.5mm となっている．

実際に評価した対象とスキャンした結果を図 3.2 に示す．結果としては，形状は輪郭を捉えようとしてはいるが，細かい凹凸部分はまだまだ実物どおりというわけにはいかないというのが現状であった．しかし，3D スキャナの分野はまだ発展途上にあり，将来的にはより良いものが出てくるのではないかと考える．そのようになれば，モデルを作らずとも 3D スキャナを使うことにより，すぐに 3D プリンタで製作することが可能になると考える．

図 3.1 ハンドヘルドスキャナ

図 3.2 左：モデル，右：スキャンモデル

## 4. まとめ

本研修を通じて，3D-CAD ソフト SolidWorks の基本操作，3D モデリングの作成，3D プリンタによる模型製作，その精度検証などを行い基本技術の修得や 3D プリンタの特性を理解することができた．今後は，本研修の成果を実際の業務に役立てていく予定である．

## 5. 参考文献等

[1] 小林英一,長谷川昴輝,牧野哲征,橋本明弘：AVR マイコンによる光強度規格化制御システムの構築,福井大工報,64(2016)

[2] https://ja.wikipedia.org/wiki/FreeCAD