

総合制作実習における3Dプリンタ活用事例

新潟職業能力開発短期大学校 永田 友博

Application example of 3D printer in general production practice

NAGATA Tomohiro

要約

ものづくりへの基盤を培う上で、工学的理論やその仕組みおよび原理などの調査・学習を踏まえ、3Dプリンタを活用し製作を行ってきた。本稿では、3Dプリンタ活用に関する課題と2021年度、2022年度、および2023年度で実施した、各々の製作事例および成果物の検証結果について報告する。

I はじめに

3Dプリンタの登場により、ものづくり製作プロセスは大きく変わり、3DCADや3DCGの造形データがあれば、誰もがアイデアを形にできる環境が整った。

試作モデルの造形出力は、手に取って検証することができ、従来からの製造手法に加え、今やものづくり製作環境は、企業や教育機関、個人に至るまで身近なものへと変化している。

本稿では新潟職業能力開発短期大学校（以下新潟職能短大）における、生産技術科2年時履修の総合制作実習における3Dプリンタ活用事例について報告する。

II 3Dプリンタとものづくり教育

今や3Dプリンタは、様々な用途で活用され、爆発的に導入された時期から約10年が経過している。現在は、最終製品や実用的な部品などを作るダイレクト・デジタル・マニファクチャリング（以下DDM）の時代へ進みつつある。いわゆる、製造工程のデジタル化である。この背景には、SDGsや脱大量生産・大量廃棄という社会的なムーブメントも3Dプリンタ普及の追い風ともなっている。しかしながら、ものづくりの先進的方向性がある一方、教育訓練現場での3Dプリンタ活用については、いくつか課題がある。

1 ものづくり教育現場における課題

新潟職能短大の実習課題において、学生一人一人が設計から実用可能な製品モデルに結びつけるため、3DCADの技能・技術の習得に日々取り組んでいる。今やものづくりに必要不可欠な3DCADは、形状認識がしやすく、基本習得が早い。

しかし、あるテーマにて3DCAD設計した課題内容を確認すると、物理的に加工困難なものや、極端に段取りが多くなるもの、別途治具等がないと加工困難なものといった3DCADデータを見かける。

これは、工作機械による加工特性を理解しないまま設計を進めたため、このようなケースが発生する。製品モデルの不具合を確認しつつ、加工特性を理解した上で、設計変更等を行い完成へと導く必要がある。

一方、3Dプリンタは工作機械に関連する専門知識がなくても、3DCADや3DCGの造形データさえあれば、造形出力することが可能である。誰もが取り扱うことができ、より身近な存在となった反面、工作機械の使用可否によって設計手法や製作の違いについて整理し、指導する必要がある。

2 3Dプリンタの造形時間

初期の段階と比較し、今では安価で多種多様な材料を取り扱える機種が数多く販売されており、使用事例や各機種のノウハウが動画配信等により公開され、より使い易い環境が整っている。しかし、精度の向上、機器の価格帯も抑えられ、様々な面で向上・改善され

たと思われるものの、造形時間に関しては、造形物の大きさや複雑な形状によっては、数時間から数十時間は必要である。様々な試みを行っても、大幅な造形時間の短縮改善は見られず、それ以外の出力設定等によるミス、機器トラブル等も多数発生することから、出力完成までに大幅な時間的損失があり、訓練や実習など限られた製作時間内で進める難しさに直面することが多く、工夫が必要である。

3 造形精度と耐久性

3D プリンタの造形方法に、樹脂を溶かし一層ずつ積み上げる溶融型積層方式がある。安価で市販されている機種が多くがこの方式を採用しており、円形ノズルから、溶融した樹脂が射出される。

溶融した樹脂が積み上げられ、造形されることから、表面は溝のついた凹凸となる。また溶融温度と外気温との差により、伸縮が発生し寸法精度および形状精度が出にくくなる。

しかし、樹脂充填率を調整できることから、造形モデルの軽量化が可能となる。

光造形方式を採用している機種は、UV 硬化液を紫外線照射により一層ずつ硬化し造形する。

液体樹脂のため積層間の凹凸が生成しにくく、仕上がり表面がなめらかである。溶融型積層方式と違い、高温で樹脂を溶融していないことから伸縮が発生せず、意図する寸法および形状に近いものが作成でき、充填率の調整により軽量化が可能である。

いずれの機種も 3D プリンタで各部品を出力し、組立を行うにはその特性を十分に考慮する必要がある。耐久性において、ABS 樹脂、PLA 樹脂は、試作・実験モデルで高精度を求めないものであれば十分に活用できる。しかし、光造形方式には、前述の通り寸法や形状精度に優れている面があるものの、強衝撃が加わると脆い性質にある。

4 使用に必要な技術や知識

教育訓練での 3DCAD 活用目的は、立体形状の把握、部品組立における干渉チェックや各解析シミュレーションに加え、CAM から工作機械への活用が主な習得内容となる。先にも記述した通り、ものづくり手段の一つに 3D プリンタが新たに加わったことにより、造形データ作成のため、3DCAD または 3DCG ソフトの習得が必須となる。

3D プリンタ造形出力には、標準とする形式に STL ファイル形式が採用され、各機種に付属されるスライサ

ーソフト内にインポートすることで、造形出力が可能となる。

一般的に CAD で作成されたネイティブデータや中間データはジオメトリデータと呼ばれており、STL 形式は、造形モデルを多くの三角形を使って細分化し変換したもので、元のネイティブデータへの再変換はできない。注意しなければならない点は、ネイティブデータで扱う表示解像度のまま STL 形式に変換すると、画面表示は問題ないが、造形物としての解像度が不足し、造形物の最終仕上がりが粗い状態で生成されてしまう。この場合、STL 形式に変換する際は解像度の設定変更が必要となるなど、3D プリンタの登場により、試作モデルによる検証や実験できる利点はあるものの、使用にあたっては、新たなデジタルスキルが求められる。

III 3D プリンタによる試作モデル

1 2021 年度総合制作実習 試作モデル

2021 年度、飛行モデルの製作をテーマに室内用ドローンの製作を行った。特にフレーム強度や軽量化（航空法に基づき屋内飛行の場合、総重量 100 g 以下とする）を行う必要がある。

クワッドドローンにおける推力計算⁽¹⁾と使用するモータ性能を踏まえ、市販品⁽²⁾を参考に基本フレーム設計および図 1 にある本体フレームの応力解析を行った。

モータ、制御ユニットなどの各種パーツと落下等による破損軽減のため、ブレードガードや着地衝撃緩和の衝撃吸収材の総質量と、制御ユニットの固定やバッテリーへの接続配線など取り回しを含めたユニット設計を行い、最終的に総質量 82 g の機体(図 2)を製作した。完成に至るまで設計変更⁽³⁾を繰り返し、数多くの飛行実験を行った(図 3)。

検証実験では、意図する場所へ離着陸の制御ができ、安定した連続飛行が可能となった。

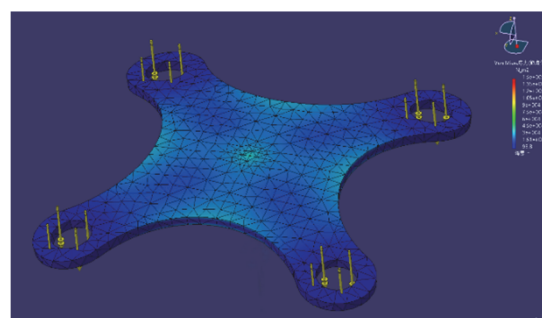


図1 2021 年度 試作モデル 応力解析



図2 2021 年度 試作モデル 実機

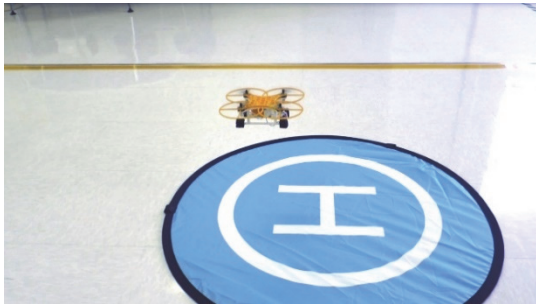


図3 2021 年度試作モデル 飛行実験

2 2022 年度総合制作実習 試作モデル

2022 年度は古くから伝わる伝統玩具の起き上がりこぼしを題材とした倒立振子⁽⁴⁾モデルについて行った。押ししても引いても倒れないマイコン制御モデルを試みるため、Web⁽⁵⁾にて公開されている倒立振子を参考とした。筐体フレームには、3D プリンタを活用・製作し、構成ハードウェアには、傾きを検知するジャイロセンサー内蔵のマイコンユニット⁽⁶⁾を用いた。傾きデータから、振子部分にはダブルシャフトモータに重りのついた慣性ロータを用い（図4）、回転方向や回転スピードを制御し倒立を保つ仕組みとした。各部品をユニバーサル基板上（図5）にはんだ付けを行い、ソフトウェアには、カルマンフィルターの数式⁽⁷⁾を踏まえ、マイコンユニットに制御用のプログラムとして書き込み、試作機の検証（図6）を行った。

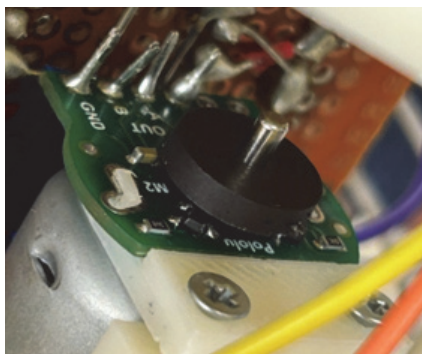


図4 2022 年度 試作モデル ダブルシャフト部

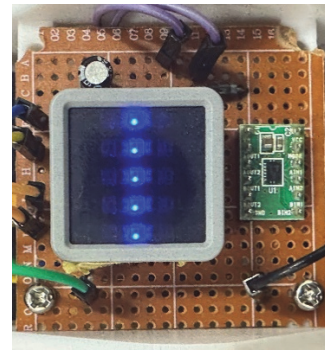


図5 2022 年度 試作モデル 各部品

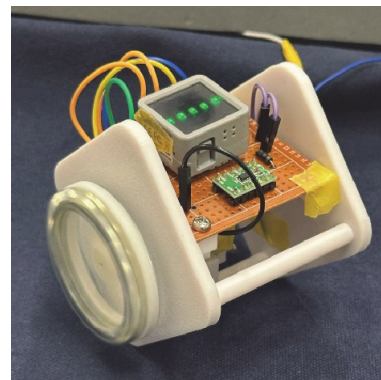


図6 2022 年度 試作モデル 実機検証

試作モデルの倒立には、制御ユニットにあるプログラムパラメータ値を調整した結果、連続倒立が可能となった。

3 2023 年度総合制作実習 試作モデル

2023 年度は、小型風力発電装置の設計及び製作を行った。製作を進めるにあたり、災害時や電気供給が乏しい天候や夜間に活用できる小型で組み立て可能な装置を目指した。最終的にスマートフォンなどが充電できるものとするため、以下の項目を基本仕様に定めた。

- ① 基準風速
- ② ブレード形状・サイズ及び使用樹脂
- ③ 目標電圧を 5V 出力

ここでいう基準風速とは、日常における平均風速がどの程度であるか、新潟職能短大敷地内で風速計測を行い、日常の平均風速値が 2 m/s 前後であることから、小型風力装置の動作最小風速を 2 m/s と定めた。

ブレード形状・直径については、市販品⁽⁸⁾および久保氏の著書⁽⁹⁾を参考に設計・製作を行った。製作モデルは、市販品と異なり、ブレード部分と中央部分（ハブ）を分解組立可能モデルとし、携帯性の向上とブレ

ード破損時の交換可能モデル（図7）とした。3Dプリンタによる製作という点で、主となるプラスチック樹脂選定には、ブレードの枚数や他の樹脂素材へのアプローチ、充填率の変更などの実験を踏まえ、最終的に環境に配慮した生分解性を特徴としたPLA樹脂充填率30%を採用し製作を行った。他にも強風による耐久性や雨天・氷雪による内部への浸水チェックを繰り返し、製作を進めた。特にスマートフォン等が安全に充電できる回路設計とする点や、常に一定の電圧を安定供給できる仕様とするため蓄電池を内蔵し、電圧表示計を更に組み込んだ（図8）。外部出力にはUSB Type-Aを採用した。

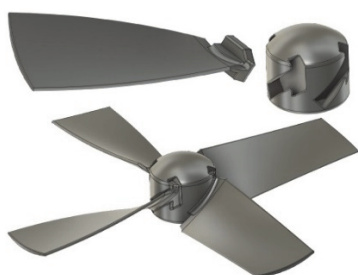


図7 2023年度 試作モデル 交換可能ブレード

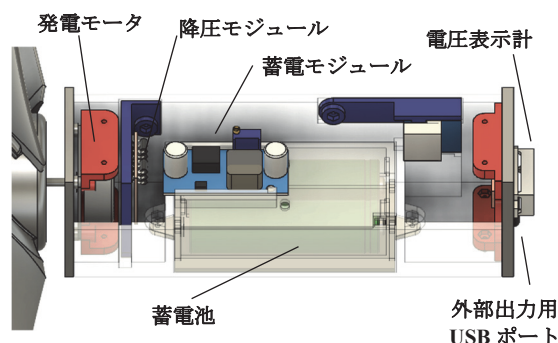


図8 2023年度 試作モデル 各パーツ配置図



図9 2023年度 試作モデル 実機

製作した試作モデルを、高さ1.5mに固定し、1回の実験時間を24時間、実験場所は、風を遮らない屋外に設置した⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾⁽¹²⁾。デジタル風速計にてライブデータを記録し、自然風の不安定な状況のもと、小型風力発

電装置の蓄電に成功した。蓄えた電気を最終的にスマートフォン等への充電接続を試みたところ、各スマートフォン等のバッテリー総容量は異なるが、小型風力発電装置の24時間稼働の総合計蓄電量に対し、スマートフォン（1台）充電量の5%程度をカバーすることができた。

IV おわりに

2021年度～2023年度にかけ、総合制作実習を通し3Dプリンタ活用事例について述べた。ものづくりを行う上で、基本となる理論は重要であり、それらに基づき初期設計を行っている。この段階から3Dプリンタを使って造形出力し、形状検討できることから、目標到達地点へのスピードは格段と速くなった。特に、本体筐体やフレーム・外観形状といったもの以外に、電子部品等の取り付け検証を実機に近いモデルで行うことができるため、細部に渡り試作モデルといえど製作クオリティを向上させることができる。

毎回試行錯誤の連続ではあるが、毎年異なったテーマに挑戦し続け、3Dプリンタにおける活用事例を通し、新たなものづくりへの可能性を探っていきたいと考える。

【参考文献等】

- (1) 牧野光雄、航空力学の基礎、産業図書。
- (2) DJI、Tello、参考製品。
- (3) 江崎亨、QIW機の設計と試作、高知工科大学制御工学。
- (4) 川田昌克 他、倒立振子で学ぶ制御工学、森北出版。
- (5) <https://homemadegarbage.com/>、参考モデル。
- (6) 下島健彦、みんなのM5Stack入門、リックテレコム。
- (7) トランジスタ技術、CQ出版、2019年7月。
- (8) 日本イーテック社製、SMG-1001、参考製品。
- (9) 久保大次郎、マイクロ風力発電機の設計と製作、CQ出版、p95-p114。
- (10) 中村昌広、自分で作る風力発電、総合科学出版。
- (11) 川村康文、自分で作るハブダイナモ風力発電、総合科学出版。
- (12) 牛山泉、風力発電の本、日刊工業新聞社。