

3D プリンタ事始め 林産試験場での活用事例

性能部 構造・環境グループ 鈴木昌樹

■はじめに

3D プリンタの歴史は古く、1980 年代後半には商用機がすでに存在し、その価格は 30 万ドル程度だったとされています¹⁾。その後、主要特許の期限切れに伴い、低価格機の開発が始まりました。

図 1²⁾に、2009 年に発売された世界初の一般 (DIY 市場) 向け 3D プリンタである、MakerBot Cupcake CNC を示します。これは、電子工作愛好家向けの組み立てキットで、価格は 750 ドルでした。このキットは、部品の大部分をレーザ加工で切り出した合板で実現した大胆なもので、組み立ても使用も難しかったとされています。しかし、この Cupcake CNC は、DIY 市場で熱狂的に受け入れられただけではなく、3D プリンタ市場が大企業を対象としたものから、現在のような小規模な実験的設計や製造へ移行した³⁾ 記念碑的な製品です。また、自己複製機械の研究から始まった RepRap⁴⁾ (図 2⁵⁾) の開発が、設計情報をすべて公開するオープンデザインで行われ、その後、事実上の標準設計となったことは特筆すべきでしょう。その後、バブル的な市場の拡大と低品質製品の淘汰などを経て、現在の一般向け 3D プリンタ市場は成熟期を迎えています。

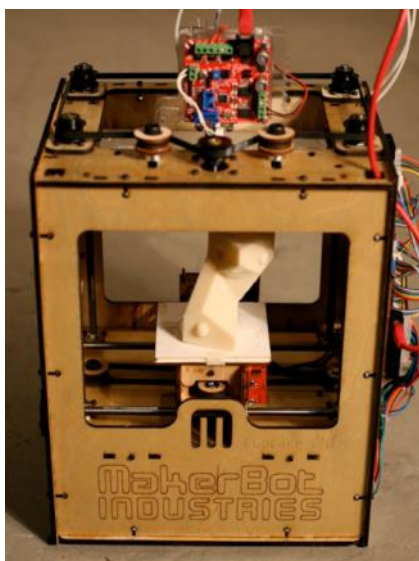


図1 世界初の一般向け3Dプリンタ, Makerbot Cupcake CNC (写真: Bres Pettis²⁾, Creative Commons Attribution 2.0 を改変)

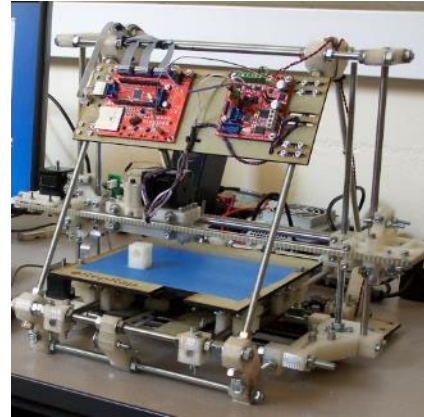


図2 事実上の標準設計となったRepRap (Version 2) (写真: RepRap Project⁵⁾, Creative Commons Attribution 4.0 international を改変)

一般向けとはいえ、試作や小ロット製造の現場では、もはや欠かせないものとなりました。大学の工学部では、3D プリンタがずらりと並んだ学生向け工作室を持つところも珍しくありません。NHK の人気番組、「魔改造の夜」では、高専や大学のみならず、自動車メーカーなど巨大企業の開発部門でも一般向け 3D プリンタが広く使われていることがわかります。

■なぜ 3D プリンタか

どうして 3D プリンタが試作に向いているのでしょうか。答えの一つは迅速性です。造形速度は決して速いとは言えないのですが、新たな発想をコンピュータ上の図面に起こすだけで試作品を容易に得ることができ、開発サイクルが短縮できます。また、樹脂製部品の作製には、通常、金型が必要ですが、3D プリンタでは必要ありません。これは少量生産のコストを大幅に削減します。さらに、通常の切削型の加工機械では、切りクズが大量に発生しますが、3D プリンタから生じるゴミは極めて少量であることも利点です。

■主な 3D プリントの手法

3D プリンタの主要な造形手法には、粉末化した材料にレーザを照射して固める粉末焼結積層造形法、光硬化性樹脂に光線を照射して固める光造形法、溶



図3 熱溶解積層法の樹脂（フィラメント）

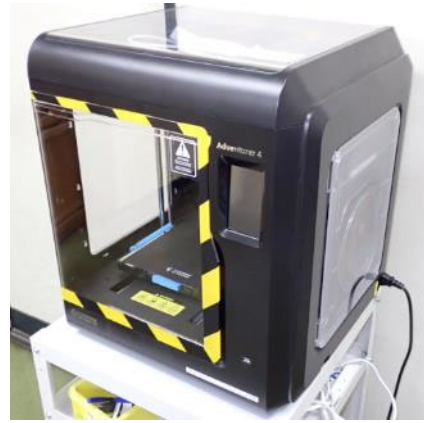


図4 林産試験場の3Dプリンタ

かした熱可塑性樹脂を重ねていく熱溶解積層法などがあります。これらのうち、一般向けでは、光造形法と熱溶解積層法が広く用いられています。光造形法は、積層痕がほぼ生じない、透明な造形物を得られるなどの利点がある反面、液体の樹脂や造形物の水洗いなどが必要で、プリンタの周囲に流し台がないと扱いにくいでしょう。現在、最も広く用いられ、プリンタや樹脂が入手しやすいのは、次に説明する熱溶解積層法です。

■熱溶解積層法

熱溶解積層法は、フィラメントと呼ばれる細長い紐状の樹脂を熱で溶かして重ねていくことで造形を行う方法です。通常、フィラメントは1kgのリール（図3）で提供され、各社間で形状に互換性があります。この手法は、プリンタ・樹脂の双方が比較的安価で、樹脂の種類や色も豊富なうえ、液体や粉末で周辺を汚すこともありません。反面、熱可塑性樹脂を用いるため、造形物が熱に弱いことに注意が必要です。

樹脂には、ポリ乳酸樹脂（PLA）、改良型PET樹脂（PETG）、ABS樹脂などが用いられます。おおよそこの順番で強度が大きくなり、印刷の難しさも同様の傾向を示します。これらのうち、PLAは特に熱に弱く、60℃程度で軟化しはじめます。一方で、PLAは、プリンタの調整の容易さと表面の仕上がりの良さから広く用いられています。PLAに木粉を練り込んだフィラメントも容易に手に入り、木質感のある造形物を得られます。PLAフィラメントについては、JIS規格（K 6821:2020）が策定され、標準化が行われています。

林産試験場の3Dプリンタ(Flashforge Adventure 4)を図4に示します。熱溶解積層法の機器には、造形

部分がむき出しの門型と、機構すべてが扉のついた筐体に収納された箱型があります。おすすめは箱型です。箱型の利点は、騒音・におい・室温の影響のすべてを抑制できることです。例えば、PLAは造形時に綿あめのような甘い匂いがしますし、ABSは発泡スチロールを加熱したときのような不快な匂いがします。さらに、粒子状物質が発生して室内の空気を汚染するとの報告⁶⁾もあります。また、熔融した樹脂を使うため、室温が低いと樹脂が冷えすぎて層間の定着が悪くなり、造形が不安定になる傾向がありますが、それを防ぐことができます。このことは、寒冷地である北海道の冬ではかなり重要です。門型の利点は、自力での修理と改造が容易なことと単純な作りゆえの低価格です。

一般向けの箱型3Dプリンタは、安価なもの10万円を下回ります。高価なものほど、造形速度と造形可能容積が大きくなり、自動調整や遠隔監視など様々な機能を備えています。

■3Dデータの設計法

3Dプリンタの造形物は、通常3D CADを用いて

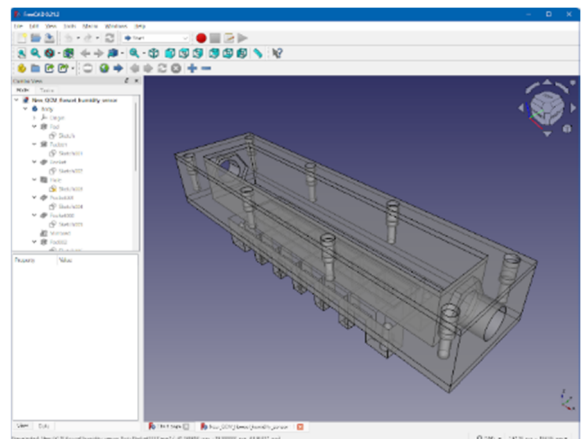


図5 FreeCADの画面

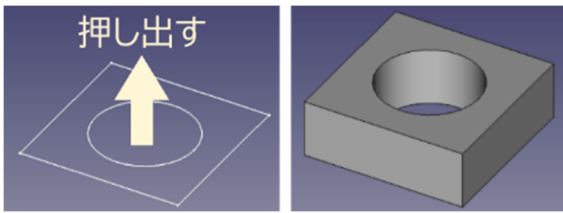


図6 3D CADを用いた造形の基本

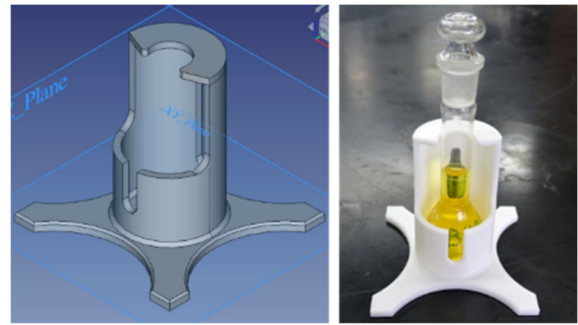


図9 転倒防止スタンド（左：データ、右：出力）

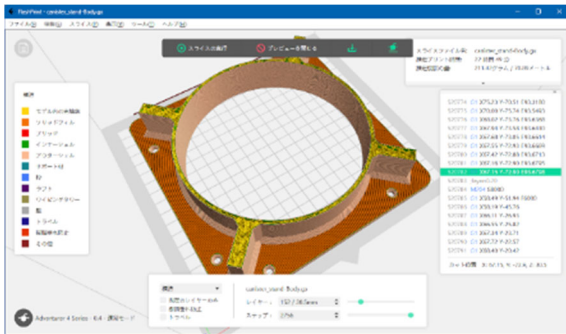


図7 スライサの例 (FlashPrint)



図10 大型容器の転倒防止スタンド



図8 造形物内部の空隙と補強用のパターン（断面）

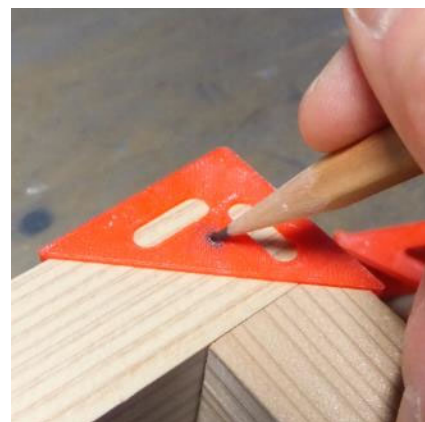


図11 位置決め用の定規

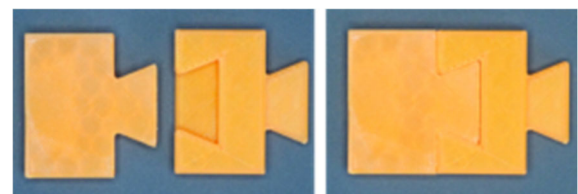


図12 仕口による接合部の試作

設計します。筆者は、無償で利用できる、オープンソースソフトウェアの FreeCAD⁷⁾を使用しています。実験装置を設計している画面を図5に示します。機能と安定性では業界標準とされる Fusion 360に見劣りしますが、比較的無力なコンピュータでも実用的な速度で動作します。

3D CAD を用いた造形は、通常、XY 平面上に書いた図面（図6左）をZ軸方向に「押し出し」て厚さをもたせる（図6右）ことによって行います。これを繰り返すことによって複雑な形状を作製していきます。

3D CAD で作製したデータは、スライサ（図7）と呼ばれるソフトウェアで3Dプリンタが解釈できる形（G-code形式）に変換します。造形物を一層（通常0.2mm）毎の横断面に分割し、樹脂を配置する場所を自動的に計算することがスライサの役割と名前の由来です。スライサは、通常、樹脂と造形時間を

節約するために、造形物の内部を完全に樹脂で埋めず、空隙と補強用のパターン（図8）を挿入します。空隙の比率などは、必要とする強度に応じて設定できます。スライサは通常、3Dプリンタに付属するものを用います。

■林産試験場での活用事例

筆者は、3D プリンタを、主に治具の作製に活用しています。図 9 はガラス器具の転倒防止のスタンドです。図 10 のような大きなもの（高さ 18 cm）も、24 時間以上かかりますが、出力できます。図 11 は、試験体のドリルの穴開け位置に印をつけるための定規です。他にも、正確な寸法で出力できるので、金属加工を依頼する前に寸法出しや干渉の有無を確認するための模型の作製にも用いています。また、仕口を容易に作製できるので、現場で簡単に組み立てられる器具を作るといったことも可能です。組み立て式の大型の枠を作製するために接合部を試作した例を図 12 に示します。

以上に示した例は、ほとんどの場合、使い勝手の良い形状や寸法になるまで、試作を繰り返しています。切削型の従来の工作機械に比べて、遥かに手軽に運用でき、設計から出力までを一人で完結できるので、納得がいくまで試作を繰り返すことができるのも 3D プリンタの利点でしょう。

■おわりに

3D プリンタの作例を検索すると、複雑な機構やフィギュアなどの見事な作品が表示されて驚きます。筆者は、もっと簡単に、すぐにひっくり返るもの、収まりが悪いものなどを 3D プリンタで解決しています。前述の Makerbot 社が創設した Thingiverse⁸⁾ という web サイトは、世界中の人々が、必要に迫られて、あるいは趣味で作成した 3D データを無償で公開している、アイデアの宝庫です。データはダウンロードして編集・出力することが可能です。

3D プリンタは、切削型の工作機械に比べて静かで、操作を誤っても破片や刃物が飛んできてくることはありません。新たなものづくりの手段として、今後も、より多くの場面で 3D プリンタが活用されることが期待されます。

■参考文献

- 1) Alicia Miller: The Evolution of 3D Printing: Past, Present and Future, <https://3dprintingindustry.com/news/evolution-3d-printing-past-present-future-90605/>, (2016), 最終確認日：2024 年 10 月 24 日)
- 2) Bre Pettis: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MakerBot_ThingOMatic_Bre_Pettis.jpg, (2009) (最終確認日：2024 年 10 月 24 日)
- 3) Nina Earl: Cupcake CNC 3D printer <https://collection.powerhouse.com.au/object/539939>, (2017) (最終確認日：2024 年 10 月 24 日)
- 4) RepRap contributors: RepRap, <https://reprap.org/wiki/RepRap/ja>, (最終確認日：2024 年 10 月 24 日)
- 5) RepRap Project: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:RepRap_v2_Mendel.jpg, (2009) (最終確認日：2024 年 10 月 24 日)
- 6) Jianwei Gu et al.: Characterization of particulate and gaseous pollutants emitted during operation of a desktop 3D printer, *Environment International*, 123, 476-485 (2019)
- 7) The FreeCAD Team: FreeCAD, <https://www.freecad.org/index.php?lang=ja> (最終確認日：2024 年 10 月 24 日)
- 8) Ultimaker Thingiverse: Thingiverse, <https://www.thingiverse.com/> (最終確認日：2024 年 10 月 24 日)