

## デジタルファブリケーションによる金型技術者を 育成する教育プログラムの開発

研究報告者 松原裕之

### プロフィール



最終学歴 平成 13 年 3 月  
東北大学大学院 情報科学研究科  
情報基礎科学専攻 博士後期課程修了  
専門分野 システム L S I 自然言語処理 科学教育  
学 位 博士(情報科学)  
所属団体 福岡工業大学 情報工学部  
情報システム工学科  
役 職 名 講師

### 今後の抱負

本研究では、3D プリンタなどのデジタルファブリケーション機器を用いて、簡易金型を用いた成型プロセスを可視化する入門教材を開発した。その構成は、簡易金型のモデリング、3D プリンタによる印刷、温度測定を組み込みプログラム、などである。成果の例として、理工系大学生に対し、一連の成形プロセスの体験、教員免許更新講習の履修者に対し、簡易金型を通じたデジタルファブリケーションの特徴を伝えることができた。しかし、対象と想定していた小学生や中学生などの未来の金型技術者に対し、30 分から半日程度の時間で STEM 教育として体験できる入門用の教育プログラムの開発まで至らなかった。今後は、金型をより簡易的な方法で設計が創意工夫でき、金型の素晴らしさを体験できる教育プログラムの開発に取り組んでいきたい。

## 1. はじめに

近年の Information and Communication Technology(ICT)化された「ものづくり」において、3Dプリンタやレーザカッタなどのデジタル加工機を用いたデジタルファブ리케이션<sup>1)</sup>が注目されている。従来、主に工業製品の試作用途やラピッドプロトタイピングなどに活用されてきた。一方、量産時には金型を用いて、量産費用の低減、高精度化、などのすみわけがされている。

本研究報告では、両者の中間の特徴をもった簡易金型<sup>2)</sup>に着目する。産業界では、多品種少量生産に適した簡易金型が広く用いられている。本報告では、3Dプリンタを用いた簡易金型を題材とする。デジタルファブ리케이션やICTなどのリテラシを有する金型技術者の育成を目的とする入門教材を開発する。本研究報告は、2017年に文献<sup>3)</sup>で発表した内容に加筆修正を加えたものである。

## 2. 簡易金型

題材に取り上げる簡易金型の概要を図1に示す。2x2サイズのLEGO互換ブロックの型とする。図1左に金型の凹部となるキャビティ型、図1右に凸部となるコア型を示す。簡易金型の素材は3Dプリンタの印刷を前提とするため、ABS樹脂(ガラス転移点:105°C)とし、LEGO互換ブロックの素材はプラスチック樹脂の一種であるヒノデワシ社のおゆまる(湯煎80°Cで軟化)とする。湯煎直後のおゆまるの熱で簡易金型そのものが軟化して歪まないように考慮する。図1中のコア型の上部に、桃色のおゆまるで成形したLEGO互換ブロックを示す。なお、成形したブロックは凸部、凹部とも本物のLEGOブロックと接合できる精度を持つが、凹部は簡易的な形状として家庭用の3Dプリンタの印刷精度でも接合できる。

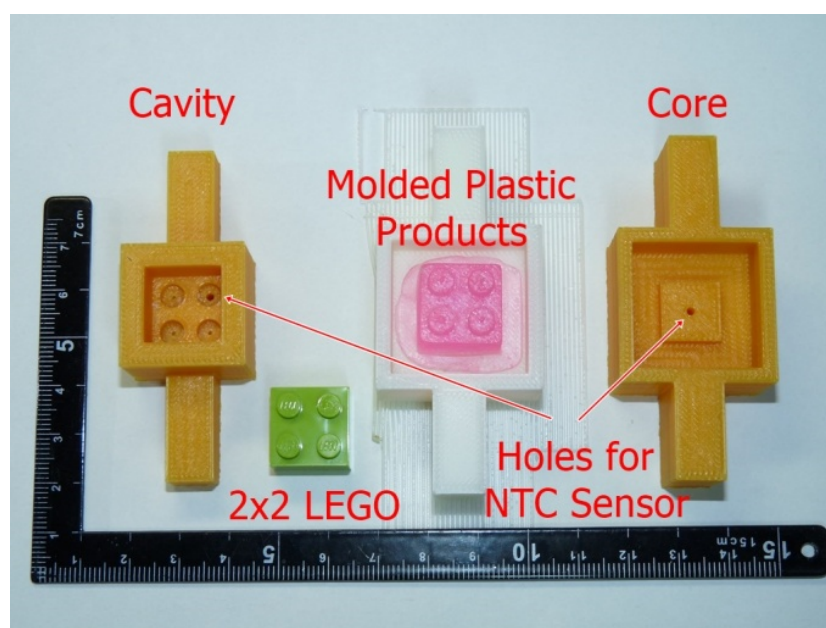


図1 2x2サイズのLEGO互換ブロックの簡易金型

### 3. 教材の概要

本教材は金型技術の間口を広げるため、金型に関する入門的な内容とする。加えて、近年のデジタルファブリケーション、ICT、組込み開発などのリテラシの要素を選択して学習できる構成とする。

#### 3.1 教材の構成

- ・ 簡易金型の設計 CAD の操作マニュアル

積層型3Dプリンタの印刷を前提とする簡易金型のキャビティ型とコア型の設計(図1)を体験できる内容である。設計 CAD はフリーソフトの Blender とした。工夫点は2点あり、1点目は、成型時の冷却状況を可視化するため、温度センサの一種である NTC サーミスタを差し込む穴(図1)をキャビティ型(図2)とコア型(図3)にそれぞれ設ける。2点目は、設計データの実寸法を100%としたとき、印刷時の ABS 樹脂の熱収縮が5~10%あることを考慮して、学習者が寸法を決定できる記載とした。設計の実寸法を小(95%)、中(100%)、大(105%)、を例示として記載した。CAD の操作マニュアルの記載例を図4に示す。

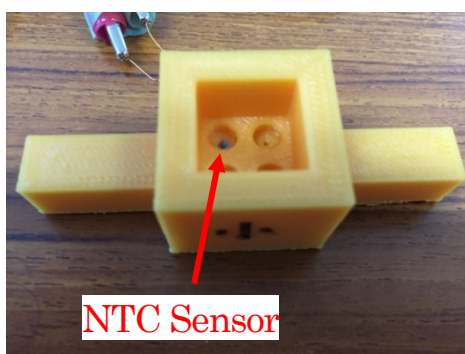


図2 簡易金型(キャビティ型)

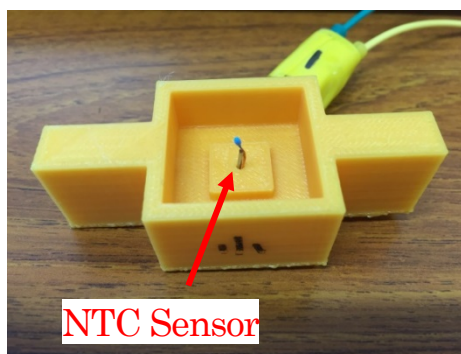


図3 簡易金型(コア型)

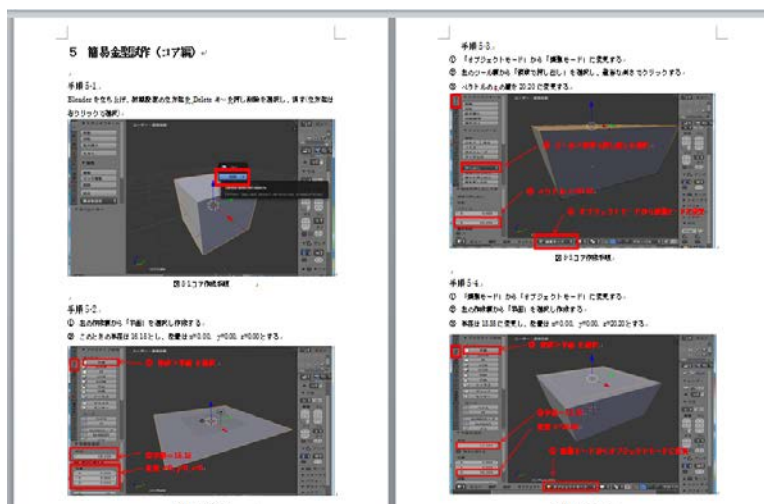


図4 簡易金型の設計 CAD の操作マニュアルの記載例

・ 3Dプリンタの操作方法

印刷時のABS樹脂の印刷条件(ホットエンド230°C, ベッド110°C, 積層ピッチ0.2mmなど), データ変換や操作方法の手順, 注意点を記載した. CADの操作マニュアルの記載例を図5に示す. 図6に, 印刷環境として教材作成に使用した3Dプリンタ(Makerbot 互換機 Creator Pro)を示す.



図5 3Dプリンタの操作方法マニュアルの記載例



図6 3Dプリンタの印刷環境

・ 成形プロセスの可視化

成形プロセスの概要を図7に示す. 簡易金型のモデリング(図7(a))後, 3Dプリンタで印刷する. 印刷後の簡易金型(図7(b))を用いて, 素材のおゆまるを湯煎(図7(c))して軟化させ, キャビティ型に押し込む. その後, コア型と組み合わせて, おゆまるの冷却(図7(d))を概ね15分待つ. LEGO互換ブロックに成形したおゆまるを取り出せば完成(図7(e))である. 図8に成形プロセスとその可視化手順マニュアルの記載例を示す.

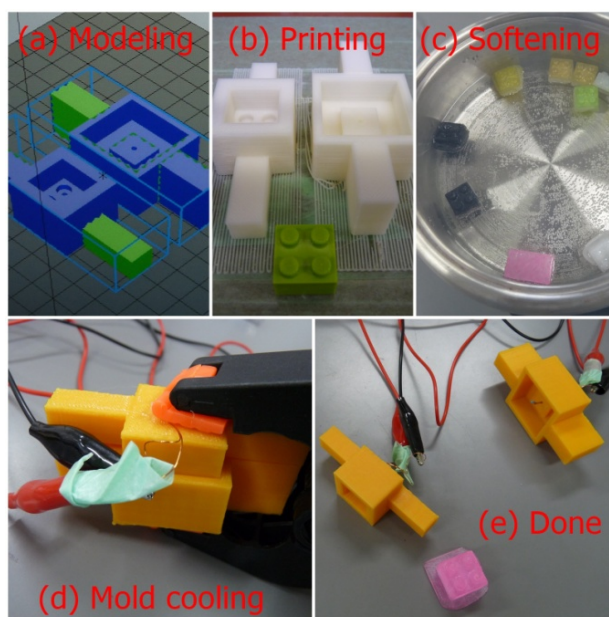


図7 簡易金型の試作と成形プロセスの概要



図 8 成形プロセスとその可視化手順マニュアルの記載例

### 3.2 成形プロセスの可視化

温度変化を可視化する。簡易金型に組み込んだ NTC サーミスタの抵抗値から温度にリアルタイムに変換する。簡易金型の成形フローに加えて組込み回路のプログラミングを学習したい場合は、図 9 に示すブレッドボード上に組込みマイコンの Arduino nano を搭載した構成とした。学習者はブレッドボード上に温度計測用の回路(図 9)を組み立てて、成形時の温度算出やパソコンとの通信をプログラミングする。一方、組込み回路のプログラミングを省略し、既存の温度ロガーを利用したいという学習用途もある。そのために、Arduino Uno に対して、図 10 に示すシールドの周辺回路を切削加工し、温度表示用の LCD や温度のログを記録するマイクロ SD カードを取り付けた。ログの温度変化の可視化は表計算ソフトを用いた。図 11 に可視化の例を示す。

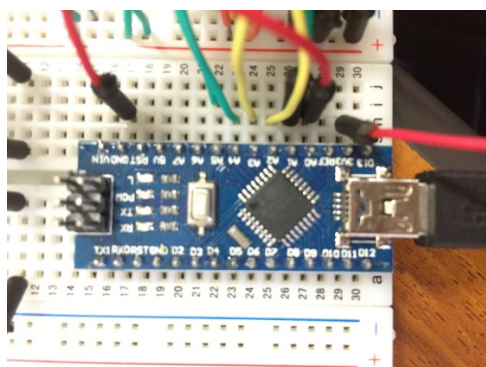


図 9 ブレッドボード上の温度測定回路の例

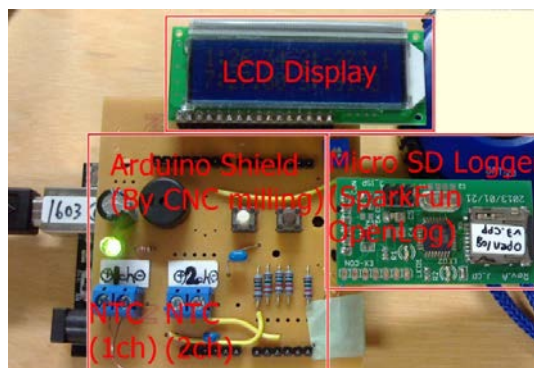


図 10 温度ロガーの Arduino shield

#### 4. 教材の評価

学部4年生の6名に対して、3.に示した教材一式を示した。4月下旬の就職活動の隙間時間に簡易金型の設計、3Dプリンタの印刷、成形プロセスの可視化までを体験させた。体験の結果、6名とも簡易金型の設計(約1時間)と印刷(約2時間)は手戻りなく完了した。6名とも熱収縮の影響を理解した。ブレッドボードを用いた温度計測用の回路実装とプログラミング(計30分)も卒なくこなした。一方、温度計測のログ(約30分)から、成形プロセス時のヒューマンエラーによる温度計測のトラブルの有無が可視化された。その計測例を図12に示す。(A)では、学習者が温度センサの反応を見るためにセンサに手を触れて確認している。(B)では、一旦キャビティにおゆまるを入れたが、絶対量が不足していたため、すぐに取り外している。(C)では、正常に冷却を待っている状態、などである。

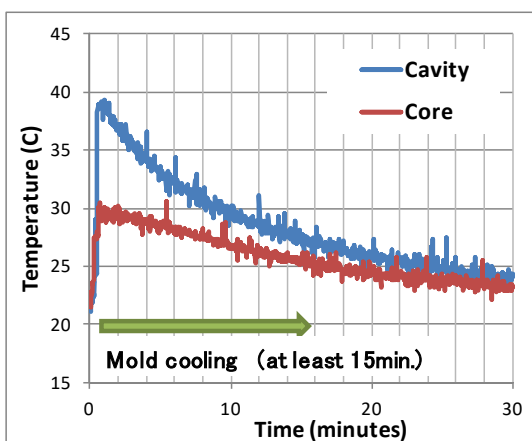


図11 成形プロセスの温度変化の可視化

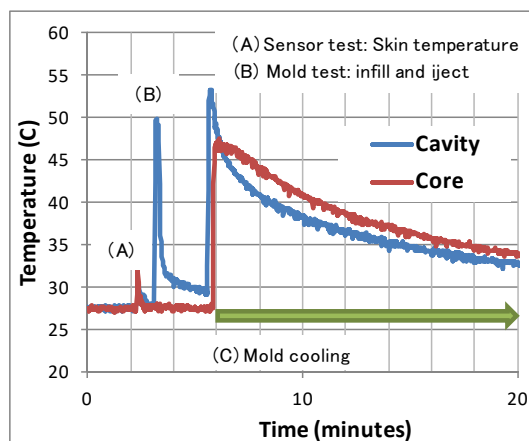


図12 成形プロセスのヒューマンエラー

今後の課題は、成形プロセスの正常や異常の自動判定、学習者の成形プロセス実施のライフログの蓄積、センサノードのIoT化による異なるサイズの簡易金型の組み合わせの利用判定、などである。

#### 5. おわりに

本研究報告では、デジタルファブリケーションやICTなどのリテラシを有する金型技術者の育成を目的とする入門教材を開発した。評価の結果、金型試作の入門として手戻りなく実施できた。一方、課題は成形プロセス時のおゆまるの詰め方、温度計測の注意点などをマニュアル化し、手戻りの削減である。

今後は、得られた知見をもとに、主に、中学や高校の教諭を対象とした教員免許更新講習会の実施、地域の児童や生徒を対象とした体験イベントの実施、などを通じた啓蒙活動を続けていきたい。

## 謝辞

本研究は平成 27 年度の公益財団法人三井金型振興財団の研究助成を受けたものです。謝意を表します。

## 参考文献

- [1] 田中浩也: “FabLife —デジタルファブリケーションから生まれる「つくりかたの未来」”, オライリージャパン, (2012)
- [2] 吉田弘美: “よくわかる金型のできるまで—製造工程の流れを追って解説”, 日刊工業新聞社, (2004)
- [3] 松原裕之, 岡藤真幸, 森山貴規: “3D プリンタで印刷した簡易金型を用いた成形プロセスの可視化”, 教育システム情報学会第 42 回全国大会, pp.269-270, (2017)