

RepRap ベースの 3D フードプリンタの開発

Development of a RepRap-based 3D Food Printer

茂木 勇志¹ 渡邊 洋輔², エムディナヒン イスラム シブリ², アジット コースラ²,
小川 純², 川上 勝², 古川 英光²

Yuji MOTEGI¹, Yosuke WATANABE², MD Nahin Islam SHIBLEE², Ajit KHOSLA²,
Jun OGAWA², Masaru KAWAKAMI, Hidemitsu FURUKAWA²

¹ 山形大学工学部

² 山形大学大学院理工学研究科

¹ Faculty of Engineering, Yamagata University

² Graduate School of Science and Engineering, Yamagata University

【要約】

3D プリント技術は、多くの分野への応用が期待されており、食品加工分野もその例外ではない。本研究の目的は「チョコレート」を素材とし、オープンソースで低コストな食品 3D プリンタを開発することである。オープンソース型 (Rep-Rap) 3D プリンタに材料を吐出するためのシリンジを取り付け、材料の吐出量の調整を行った。積層のためには、吐出後の材料 (チョコレート) を速やかに固化させる必要があるが、その材料の冷却方法を検討した。(造形物を複数個離して印刷することで、冷却の改善を図った。)

キーワード: 食品 3D プリンタ, オープンソース, チョコレート, 低コスト

【Abstract】

The 3D printing technology is expected to be applied to many fields, and the food processing field is not an exception. The purpose of this research is to develop an open source and low-cost 3D printer for foods using "Chocolate" as a material. We attached a syringe to the open source (Rep-Rap) 3D printer to eject the material and adjusted the amount of ejected material. In order to stack the chocolate materials, it is necessary to solidify the material immediately after ejection. We examined a cooling method of ejected chocolate. For effective cooling we tested to print multiple objects simultaneously.

Keywords: Food 3D Printer, open-source, chocolate, low cost

1. 序論

個人にカスタマイズされた食事を提供でき、新しい食品の製造装置になりえる、という期待から、近年食品 3D プリンターが注されている。中でも、「チョコレート」を食材とした 3D プリンタが盛んに開発され、市場に現れるようになってきている。しかしそれらはほとんどが、単純な形状を積み上げるだけにとどまるものであり、複数素材の使用や、複雑な形状の造形ができるものはないのが現状である。

本研究では、チョコレートの精細な 3D 造形を可能とする 3D プリンタの開発を目指す。そのために、チョコレートの食材 (原料, 添加剤), チョコレート吐出の方法, 吐出の条件 (速度, 温度, 造形後の冷却など) を詳細に検証する。

2. 装置の説明

本研究では、プラスチックを造形材料とする熱溶融式 (FDM) 3D プリンター (Creality3D 社製「Ender3 Pro」) をベースとし、食品吐出用に改造した。一連の流れを以下に示す。

まず, Ender3 の Extruder をシリンジ型ノズル (FUTURA ELETTRONICA®社) に取り替えた。全体の写真を図 1 に示す。



図 1. Ender3 にシリンジ型ノズルを取り付けた全体の写真

次に Ender3Pro 内のファームウェアを Marlin に書き換え, Extruder の温度が高温に達しなくても吐出が可能となるようにした. 3D プリンタの制御には無料のソフトウェアである「Pronterface」を用いた.

3. 造形方法

今回の研究では C&Ckikuya の「アリバ 72%クーベルチュールチョコレート」を用いた. チョコレートを容量 60mL のシリンジに入れ, これを 50°Cのお湯で湯煎し, Ender3 にセットした. 3D プリントのためのスライスソフトは「Simplify3D」を用いた. 造形は室温下で行ない, 造形物の冷却には, xuuyuu 社の水冷式ペルチェ素子クーラーを用いた.



図 2. Xuuyuu 社のペルチェ素子クーラー

このクーラーからの冷却空気を造形物に斜め 45°の角度から造形中当て続けることで, 冷却を行った.

3. 造形結果

今回 Simplify3D で設定した造形条件を表 1 に示す.

表 1. 造形条件

ノズルの直径 [mm]	0.90
乗数 [-]	1.05
レイヤー厚 [mm]	0.40
プリントスピード [mm/min]	600
X/Y軸移動速度 [mm/min]	600
Z軸移動速度 [mm/min]	800
インフィル [%]	100

また, 今回 10×10×10mm の立方体を印刷した. 造形結果を図 2 に示す.

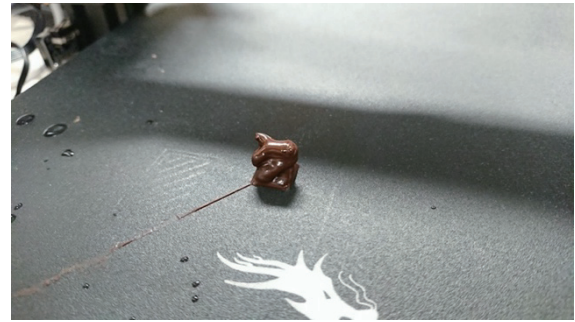


図 3. 10×10×10mm の立方体の造形結果

図 2 より, 造形物はかなり歪な形となっていることが分かる.

次に 20×20×10mm の直方体を 6 個離して造形し, 冷却方法の改善を図った. 造形結果を図 4 に示す. なお, 造形条件はインフィルのみ 50%に変更した.

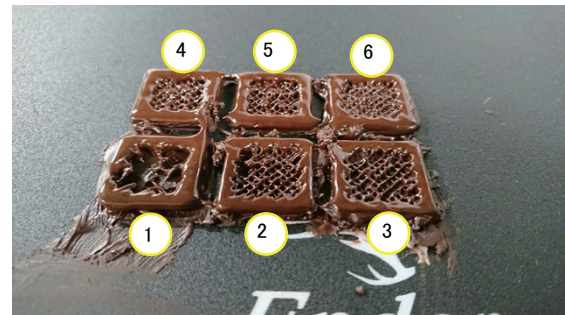


図 4. 20×20×10mm の直方体の造形結果

図 4 中, 番号①～⑥は各層の印刷時にノズルが動く順番を示す. 6つすべて同じ形状を印刷したが, 造形物はそれぞれ異なる形をしており, ペルチェ素子クーラーに近い①～③は形が大きく崩れていた. ④～⑥は比較的形状を保っていた.

4. 考察

今回の結果では, まず 10×10×10mm の立方体の造形物の形はかなり崩れてしまい, 思うような造形ができなかった. 考えられる原因として, チョコレート材料の吐出後の冷却が十分ではなく, すぐには凝固しないまま, 積層を続けたためであると考えられる. またクーラーの風を一定の方向からのみ当て過ぎたため, 風圧で吐出後の材料が歪んでしまったと考えられる. また, クーラー内の結露によって多くの水滴が発生し, これが造形中のステージ上にこぼれ落ちてしまったため, 冷却装置の改良も必要であることが分かった. さらに, 選定したチョコレートの凝固性も悪かったことが歪んだ原因と考えられるので, チョコレート材料のテンパリング温度を意識して, 造形温度 (シリンジの設定保持温度) を検証する必要がある.

6つの直方体の印刷実験では, 冷風の当たる位置によって造形物の形が異なることが分かった. また, 時間が経つにつれて吐出量が減少したため, シリンジの保温

方法や Simplify3D での造形条件を細かく検証する必要がある。

5. 結言

今回、オープンソース型の3D プリンタを改造し、チョコレート食材の吐出を可能とするプリンタを製作することができた。しかし造形結果は思わしくなく、その原因は冷却方法、材料の組成や造形温度、吐出条件の設定にあると思われる。精細なチョコレートの造形が可能な装置の開発のためには、今後これらの要因をひとつずつ検証していくことが必要である。

謝辞

本研究の一部は、JSPS 科研費

JP17H01224, JP18H05471, JP19H01122, JST COI

JPMJCE1314, JST OPERA JPMJOP1844, JST OPERA

JPMJOP1614, 内閣府が進める「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期/フィジカル空間デジタルデータ処理基盤」(管理法人:NEDO)によって支援を受けたものである。

参考文献

1. Yuya Suzuki, Kensuke Takagishi, Shinjiro Umetsu
“High accuracy printing of high viscosity food materials by using Electrostatic Ink Jet 3D printer”(2016)
<http://www.jslst.org/documents/Conference/2016/pdf/3P2-D03.pdf>

