

食品 3D プリンタで造形された介護食と一般食の比較と評価

Comparison and evaluation of nursing food made by food 3D printer and ordinary nursing food

藤原 広希¹, 川上 勝², 小川 純², 渡邊 洋輔², 古川 英光²

Koki Fujiwara¹, Masaru Kawakami², Jun Ogawa², Hidemitsu Furukawa²

¹山形大学工学部機械システム工学科, ²山形大学院理工学研究科

¹Department of Mechanical Systems Engineering, Faculty of Engineering, Yamagata University, ²Yamagata Graduate School of Science and Engineering

【要約】

本研究では食品 3D プリンタを用いて,見た目が一般食に近く,高カロリー,高栄養成分を持つ高機能性介護食の開発を目指す.高栄養,高機能化のために野菜パウダーと栄養補助食品を用いて食品インクを作製した.介護食の造形に適した各材料の分量比は吐出能力や形状保持力の観点から決定した.食材インクは介護食として適した粘性であるかをレオメータを用いて測定した.造形物形状を一般食に近づけるために光学式スキャナとスマートフォンアプリの多連写式スキャナを用いて,実際の料理をスキャンし,造形データの作成を行った.

キーワード:食品 3D プリンタ,介護食,野菜パウダー,粘性,3D スキャン

【Abstract】

In this study we aim to develop a high-functional care food with high calories and nutrients, which looks similar to ordinary food, using a food 3D printer. To achieve high nutritional content and high functionality, food inks were made using vegetable powder and nutritional supplements. The ratio of the amount of each material suitable for forming nursing care food was determined from the viewpoints of extruding ability and shape retention. The viscosity of the food ink was measured using a rheometer to determine whether it was suitable as a material of care food. In order to make the shape of the modeled object similar to that of an ordinary meal, we scanned an actual dish and created modeling data using an optical scanner and a smartphone application with multi-shot scanning.

Keywords, Food 3D printer, Nursing food, Vegetable powder, Viscosity, 3D Scanning

1. 序論

現在,世界では高齢化が進み,咀嚼・嚥下機能障害を持つ人が増えている.障害の程度には個人差があり,個別化された介護食を提供するには沢山のコストや時間,労力を要する.また,障害が進んだ高齢者への介護食は見た目が悪く食感が均一で食欲をそそらない.そのため見た目や食感の改善をし,個別化された介護食を容易に提供する方法が必要となる.

本発表では,食品 3D プリンタを用いて,見た目が一般食に近く,高カロリー・高栄養成分を持った高機能性介護食の開発を目指し,個別化された介護食を容易に提供する方法を示す.

2. 実験

2-1. 食品 3D プリンタ

食品 3D プリンタとは,食品をノズルから押し出し,三次元形状に造形する装置であり,利点として,食品のカスタ

マイズ性,オンデマンド性が挙げられる.また材料はペースト状のインクを使用するため,廃棄食品を粉末状にし,食材インクとして再利用することでフードロスの削減効果も期待される.図 1 に造形の様子と造形例を示す.



図 1 造形の様子(左)造形されたブロッコリー(右)

2-2. 食材インクの分量比と 3D 造形可否の調査

本実験では,世紀株式会社製のスクリー式食品 3D プリンタ FP-2500(図 2),材料はカボチャパウダー(MIKASA)・ニンジンパウダー(MIKASA)・トマトパウダー(自然の都タマチャンショップ)・精製水を使用した.分量比調整では粘度の異なる食材インクを作成した.野菜パウダーと精製水の比率はそれぞれ 2:4,2:5,2:6,2:7 の 4

種類とした。作成した試料をFP-2500に充填させ、吐出した。装置の制御ソフトはPronterfaceを使用した。表1に3D造形の実験条件を示す。

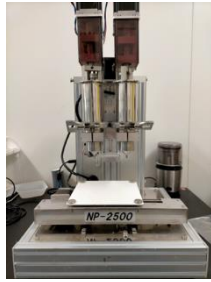
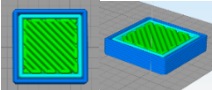


図2 食品3Dプリンタ FP-2500

表1 3D造形の実験条件

プリントスピード [mm/min]	400
ノズル直径 [mm]	2
寸法 [mm]	35×35×6
造形データ	

2-3. 食材インクの粘度測定

実験で使用するインクは、Anton Paar社製「MCR-302E」を使用して粘度測定を行った。表2に測定条件を示す。食べ物の嚥下を想定しているため、測定温度は口腔内温度とした。

表2 粘度測定の条件

せん断速度 [1/s]	0.1～100
測定温度 [°C]	36.7

2-4. 3Dスキャン・造形データ作製

造形物の形状を一般食に近づけるために、Shining3D社製の光学式スキャナー「Einscan-SE」とスマートフォンの多連写式スキャナーアプリ「WIDAR」を用いて、実際の食品をスキャンし、造形データの作製を行った(図3)。スキャン対象は市販のカボチャ・ニンジン・トマトとした。スキャンデータは編集ソフト「magics」を使用し、編集を行った。



図3 Einscan-SEとスキャンの様子(左)、WIDARとスキャンの様子(右)

2-5. 一般食と高機能介護食の栄養価比較

比較対象は一般食のニンジン皮無し(ゆで)と「野菜パウダー・水」、「野菜パウダー・栄養補助剤」の3種類の100g当たりのカロリー量、たんぱく質の比較を行った。エネルギーとたんぱく質の計算式を(1)式に示す。

$$n = \frac{pA + wB}{A + B} \dots (1)$$

n=エネルギー[kcal],たんぱく質 [g]

p=100g 当たりのパウダーのエネルギー[kcal],

たんぱく質 [g]

w=100g 当たりの水分,栄養補助剤のエネルギー[kcal],

たんぱく質[g]

A=パウダー重量[g]

B=水分量,栄養補助剤重量[g]

野菜パウダーと栄養補助剤のメイバランス(明治)の比率をそれぞれ2:6,2:7,2:8とした3種類の食材インクを作製し、WIDARによる3Dスキャンデータで3D造形を行った。

3. 結果と考察

3-1. 食材インクの分量比と3D造形可否の調査

図5に各インクの造形結果を示す。全ての野菜パウダーに共通して、水分含有量を減らすにつれて形状保持力が上がり、形状が明確になった。

カボチャパウダーに関して、パウダー:水の比率2:4のインクは吐出が難しく、造形データ通りに造形することができなかった。2:5のインクでは形状は保持されるが、内部に隙間ができた。2:6のインクは形状保持力・吐出能力ともに高かった。2:7のインクは水分量が多いため、形状保持が困難であった。

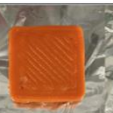
ニンジンパウダーに関して、2:4のインクは吐出が難しく、造形データ通りに造形することができなかった。2:5,2:6のインクは形状保持力・吐出能力ともに高かった。2:7のインクはカボチャパウダーと同様に形状保持が困難であった。

トマトパウダーに関して、2:4,2:5,2:6,2:7のインクは形状保持力・吐出能力ともに高かった。

a)

パウダー:水	2:4	2:5	2:6	2:7
造形結果				
評価	吐出困難	形状保持可能	形状保持可能	形状保持不可

b)

パウダー:水	2:4	2:5	2:6	2:7
造形結果				
評価	吐出困難	形状保持可能	形状保持可能	形状保持不可

c)

パウダー:水	2:4	2:5	2:6	2:7
造形結果				
評価	形状保持可能	形状保持可能	形状保持可能	形状保持可能

図 5 各インクの造形結果

a)カボチャパウダー b)ニンジンパウダー
c)トマトパウダー

3-2. 食材インクの粘度測定

レオメータでインクの粘度を測定した。結果を図 4 に示す。全てのインクはせん断速度を上げると粘度が低くなり、水分含有量が増加すると粘度が低くなった。また、人が飲み込む際に、液体が喉を流れるせん断速度は 50 s^{-1} と報告されている⁽¹⁾。この速度における各インクの粘度を表 3 に示す。これらはユニバーサルデザインフード(UDF)における介護食の粘度下限値 $1500 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ を上回っている。これに造形結果を考慮すると、パウダー:水の比率はカボチャの場合、2:6、ニンジンの場合、2:5,2:6、トマトの場合、2:4,2:5,2:6,2:7 のインクが介護食として適していると考えられる。以後、造形にはパウダー:水の比率は 2:6 を使用する。

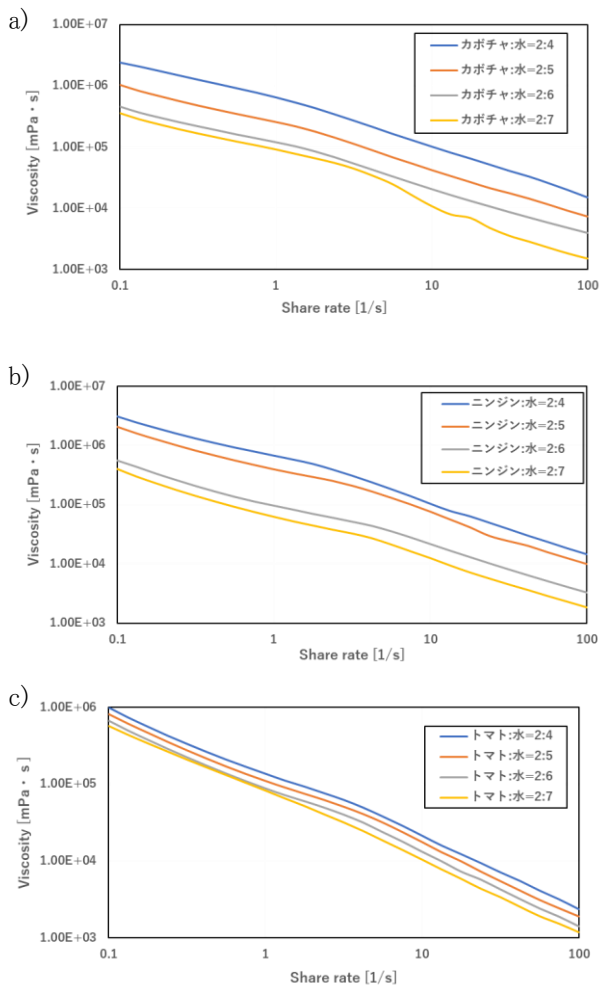


図 4 各インクのせん断速度-粘度

a)カボチャの粘度 b)ニンジンの粘度 c)トマトの粘度

表 3 せん断速度 $50 [1/\text{s}]$ における各インクの粘度 $[\text{mPa}\cdot\text{s}]$

パウダー:水	2:4	2:5	2:6	2:7
カボチャパウダー	26579	17790	5786	3250
ニンジンパウダー	29349	12897	6454	2553
トマトパウダー	5750	4850	3625	2790

3-3. 3D スキャン・造形データ作製

Einscan-SE と WIDAR によってカボチャ・ニンジン・トマトの 3D スキャンを行った。結果を図 5 に示す。Einscan-SE によるカボチャ・ニンジンのスキャンは可能であったのに対して、トマトのスキャンは困難であった。これは光学式スキャナーが光沢の強い物体や透明な物体、黒い物体には向いていないことが原因であると考えられる。

一方、WIDAR によるスキャンはすべて可能であった。これは多連写式スキャンが物体の形状や性質に影響が少ないためと考えられる。

また、3D スキャンによるスキャンデータを STL 方式に変換し、造形を行った。結果を図 6 に示す。いずれもスキャンした 3D データで造形物を造形することが可能であった。

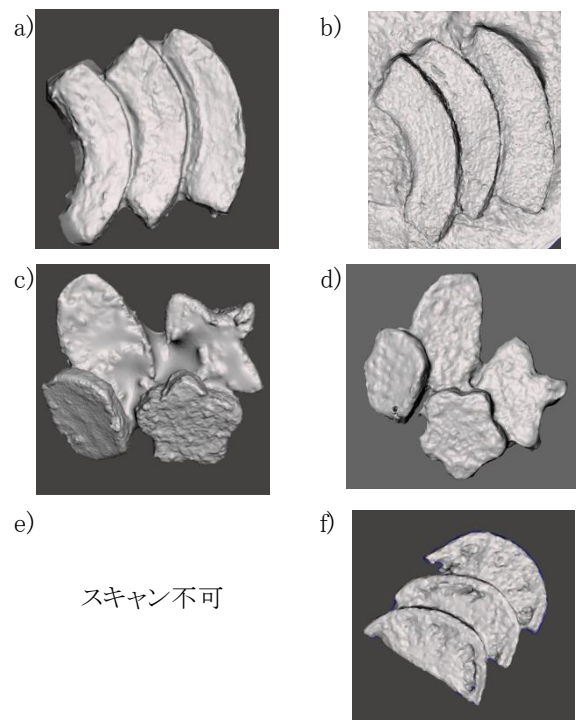
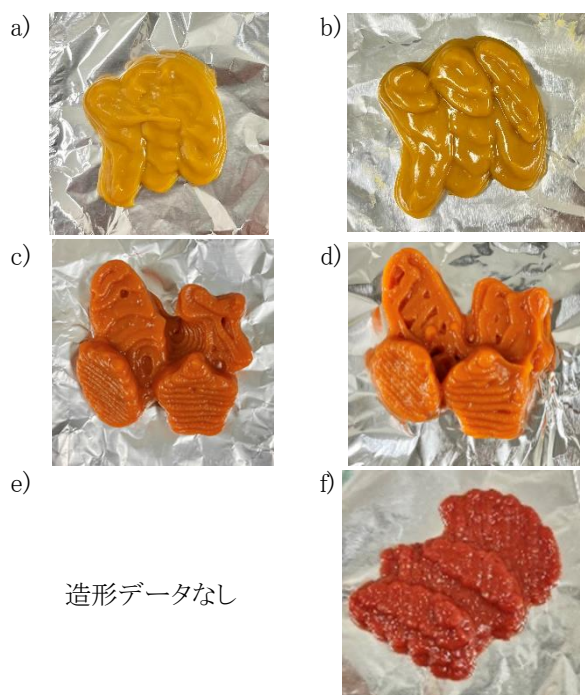


図 5 スキャン結果

a)カボチャ(Einscan-SE) b)カボチャ(WIDAR)
c)ニンジン(Einscan-SE) d)ニンジン(WIDAR)
e)トマト(Einscan-SE) f)トマト(WIDAR)



造形データなし

図6 スキャンデータデータによる造形結果
 a)カボチャ(Einsic-SE) b)カボチャ(WIDAR)
 c)ニンジン(Einsic-SE) d)ニンジン(WIDAR)
 e)トマト(Einsic-SE) f)トマト(WIDAR)

3-4. 栄養補助剤添加介護食の造形結果と一般食との栄養価比較

造形結果を図7に示す。分量比が2:6の場合、インフィル造形時に吐出されにくい時がある。2:7の場合、吐出量、形状保持力ともに高くなった。2:8の場合、形状がはっきりしない箇所がある。したがって、2:7が適していると考えられる。ニンジン皮無し(ゆで)、「ニンジンパウダーと水」、「ニンジンパウダーとメイバランス」の100g当たりのエネルギー、たんぱく質を表4に示す。一般食であるニンジン皮無し(ゆで)に対して、ニンジンパウダーを用いることでエネルギー、たんぱく質ともに大幅に増加することがわかる。

パウダー:メイバランス	2:6	2:7	2:8
造形結果			
評価	形状保持可能	形状保持可能	形状保持可能

図7 各インクの造形結果

表4 100g 当たりの栄養素		
	エネルギー [kcal]	たんぱく質 [g]
ニンジン皮無し	28.0	0.7
パウダー:水 2:6	80.3	1.8
パウダー:メイバランス 2:7	195.7	7.8

4. 結論

3D造形に適切なインクの分量比を吐出能力や形状保持力の観点から決定した。また、介護食として適した粘性であるかをレオメータを用いて測定し、UDFの規格と比較することで確認した。スキャンした3Dデータを用いて、3Dプリンタによる造形が可能であることを確認した。Einsic-SEとWIDARの比較では多連写式スキャンであるWIDARが食品のスキャンに適していることが分かった。スマートフォンのアプリで3Dスキャンを行うことで3Dデータ作製工程が容易になり、汎用性の向上が期待される。野菜パウダーを使用することで一般食に比べて、少量かつ高栄養素の介護食を作製することができる。

5. 今後の展望

食品3Dプリンタによる介護食を普及させるために、料理の再現のバリエーションを増やす必要がある。そのため他の野菜パウダーを使用し、3Dスキャン・造形を行っていく。現在、市販の栄養補助剤を使用しているため、甘みや香料の影響がある。これを改善するために、味の変化が少ない栄養補助剤を作製し、高機能化された食材インクの作製を行っていく。本研究では単一の食材インクによる造形を行ったが、見た目の表現を多彩に、食感を再現するために今後2種類の食材インクによる造形も試行する。

6. 謝辞

本研究の一部は、JSPS科研費JP18H05471, JP19H01122, JP21H04936, JP21K14040, JP22K17972, JST OPERA JPMJOP1844, ムーンショット農林水産研究開発事業(MS508, JPJ009237), 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」, 「官民による若手研究者発掘支援事業」(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. Wood, F. W. (1968), Psychological studies on the consistency of liquid food, "Rheology and Texture of Foodstuffs, SCI Monograph", No. 27, Society of Chemical Industry, London, pp. 40-49