

3Dプリンタを用いた お香のデザイン手法の提案

秦 夏彦^{1,a)} 山岡 潤一^{1,b)}

概要: 本研究では、お香の製造において伝統的な手法に代わり、3Dプリンティング技術を活用する。3Dプリンタを用いることで、顧客ニーズへの対応ができ、ユーザーがお香の形、色、香り、燃焼時間や香りの濃度を個別に調整できる。香りを時間に応じて切り替えることで、映画や音楽などの鑑賞中に匂いを切り替えることができるなどの応用が考えられる。本研究は、材料科学、3Dプリンティング技術、お香工芸の領域を統合し、新しい視点からお香製造に革新をもたらす。

1. はじめに

総務省統計局の「経済センサス - 活動調査」[1]によると、線香類の生産量は2021年で202億円となっている。現在、伝統的なお香製造は手作業が主体であり、専用の機械を使用して限られた形に成形される。しかし、複雑な形状の限界があり、現在の3Dプリンティング技術を活用したお香の製造に関する研究や製品は未開拓の領域である。また、顧客の多様な要望に応えることが難しいという課題があり、顧客が個々のニーズに合わせ、お香をカスタマイズできる製品が求められ、新たな技術の開発が必要である。

本研究は、3Dプリンティング技術を活用し、カスタマイズ可能なお香システムを提案する。3Dプリンターによって複数の素材をレイヤー状に積層し、お香を作成する。複数のノズルを使用して異なる香りや成分を組み合わせ、サンプルを作成する。さらに、専用のシステムを通じて燃焼時間や香りの濃度を個別に調整できる。ユーザーは燃焼時間をコントロールし、香りの濃度を自在に変化させることもできる。お香の製造工程において、3Dプリンティング技術を用いることで、顧客ニーズに応える製品が提供できる。今回は、お香を3Dプリントするにあたり、最適な材料の検証と、デザインにおけるインタラクションの考案について説明する。

2. 関連研究

2.1 3Dプリンティング技術

副島 潔らは、陶磁器をデジタルにデザインする技術の

開発を示している[2]。Zhenbin Liuらは、3Dプリンティングの印刷精度と食品分野への応用[3]に焦点を当てている。電通は森美術館「未来と芸術展」[4]において気象データと3Dプリンターで実食できる「サイバー和菓子」を展示した。Dave Shermanらは、「Foodini Marketing Plan」[5]を通じて食品関連の3Dプリンティングに取り組んでいる。このようにデジタル技術を活用してプラスチック材料以外を成形する方法は多いが、同様のペースト材料でもお香を印刷する方法は少ない。

2.2 材料科学

Meng-Ting Tsaiらは、リグノセルロース複合材料の3Dプリンティングの研究[6]を行った。また、B.JEBINA PRISCILLAらは匂いを嗅ぐスクリーンの開発の技術[7]を紹介している。本提案も、材料科学的なアプローチで、お香に新しい機能性を足すことを目指す。

2.3 お香の制作手法

お香の制作手法においては、Hongming Zhangがお線香の製造と着色工芸に関する研究[8]を行った。しかし、伝統的なお香製造では一般的な形状に制約があり、特定の天然素材のみを使用するため、多様な香りを提供することが制約される。日本政策金融公庫総合研究所レポートにおいて、薫寿堂がお香の素材を入れた紙線香の開発[9]を紹介した。本提案では、伝統的なお香の製法を3Dプリンタを用いてカスタマイズする方法とデザイン手法に注目する。

¹ 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

^{a)} qinxiayan0731@keio.jp

^{b)} yamaoka@kmd.keio.ac.jp

3. デザインプロセス

3.1 3D プリンティングお香の制作手順

本研究の試作は3Dプリンターで香料の粉末、増粘剤（インドネシア楠木粘粉）、および水を組み合わせて作った。使用した素材と器具の概要は以下の表1に示す。

表1 3D プリンティングお香に使用した素材と器具

材料・器具名	原材料	使用量
香料の粉末	香材（金木犀・白蓮）	20g
増粘剤	インドネシア楠木粘粉	2g
水	水道水	48g
碗	陶磁器	2つ
料理用へら	プラスチック	1つ
計量カップ	プラスチック	1つ
電子スケール	プラスチック	1つ

3D プリンティングお香の作成手順を以下に示す。

1. 材料の計量と混合: 指定された量の香料の粉末、増粘剤、および水をそれぞれの器具を使用して計量し、碗の中でよく混ぜる。
2. 準備が整ったら、3Dプリンターを使用: 事前に設定された3Dプリンターのノズルに混合物を注入し、指示に従ってプリントを開始する。プリンターはAIに設計されたお香の形状をレイヤー状に積み重ね、所望の形状を作り上げる。
3. 出来上がり確認: 3Dプリンターが作業を完了したら、お香を取り出す。必要に応じて香りや燃焼時間を確認し、微調整が必要な場合は行う。

3.2 実験器具の試作

3Dプリンターの実験には、Wiiibox社のLuckybot Oneを利用した。3Dモデルはライノセラスを使用して作成し、スライスにはCuraを使用した。一層の寸法は厚さ1mmである。

3.3 第一プロトタイプ・形

ユーザーの好みを模倣するために、ライノセラスを使用して異なる形状の3Dモデル(図1)を作成し、それらを3Dプリンターで印刷した(図2)。

3.4 第二プロトタイプ・壁のフロー

プリント設定は、インフィル100%、スピード5mm/s、印刷温度28℃で行った。壁のフローを異なる設定で変更したモデルを作成した。異なる壁フローの設定以下の表2に示す。レイヤー高さで1mm異なる壁フローの設定で金木犀のお香を印刷した(図3)。

3D プリンティングお香の実験により、図3(a)と図3

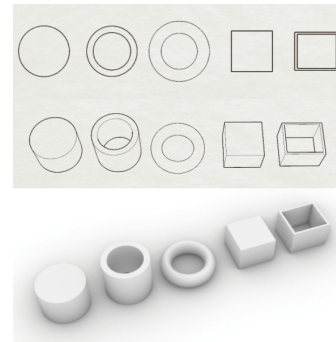


図1 異なる3Dモデル

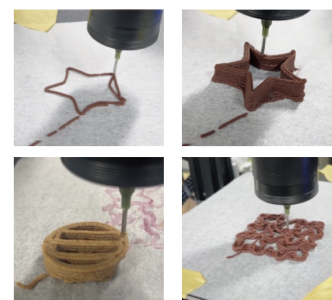


図2 3D プリンティングお香

表2 壁のフローによる異なるモデルの設定

モデル	壁のフロー設定
(a)	30%
(b)	60%
(c)	100%
(d)	200%
(e)	300%

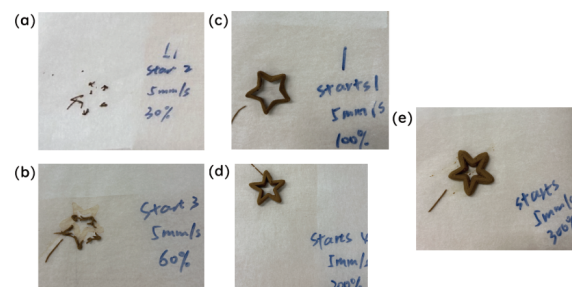


図3 壁のフロー

(b)では壁のフローが低すぎて印刷に失敗した。一方、図3(d)と図3(e)は、図3(c)と比較して、より太い線でお香が印刷された。そのため、ユーザーは壁のフローの値を変更することで香の太さを制御し、それによって燃焼時間を調整することができる。

3.5 第三プロトタイプ・レイヤー高さ

プリント設定は、インフィル 100 %，スピード 5mm/s，印刷温度 28 °Cで行った。レイヤーの高さを異なる設定で変更したモデルを作成した。異なるレイヤーの高さの設定以下の表 3 に示す。壁のフローで 200 %異なるレイヤー高さの設定で金木犀のお香を印刷した（図 4）。

表 3 異なるレイヤー高さのモデル設定

モデル	レイヤー高さ (mm)
(a)	0.5
(b)	1
(c)	2

3D プリンティングによるお香の実験では、図 4(a) と図 4(b) と図 4(c) を比較すると、お香の線は段々と太くなった。このため、ユーザーはレイヤーの高さを変更することで香の太さを調整し、それによって燃焼時間を調整することができる。

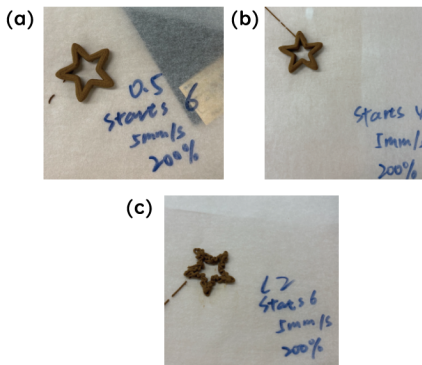


図 4 レイヤー高さ

3.6 第四プロトタイプ・香り

プリント設定は、インフィル 100 %，スピード 5mm/s，印刷温度 28 °C，レイヤー高さで 1mm，壁のフロー 200 %で行った。ユーザーの要求を模倣し、金木犀と白蓮を選択してお香の 3D プリントを実施した。この実験では、複数の素材を 3D プリンターを用いてレイヤー状に積層し、金木犀と白蓮の香りを異なるノズルに注入し、それぞれのお香を印刷した。金木犀を上部、白蓮を下部に配置することで、1つのお香に2つの異なる香りを組み合わせた（図 5）。燃焼する過程で香りも変化し、独自の香り体験を提供する。この技術により、ユーザーは独自の好みに基づいて香りを調整できる新しい可能性が開かれる。

3.7 燃焼テスト

選んだ 4 つの異なる壁のフローとレイヤー高さの香を 1~2 層印刷し、印刷された香を燃焼実験した（図 6）。



図 5 香り

お香の燃焼実験結果は、以下の表 4 に示す。

表 4 燃焼テスト時間

	レイヤー高さ	壁のフロー	燃焼時間
(a)	1mm	100%	4 分
(b)	0.5mm	200%	5.5 分
(c)	1mm	200%	7 分
(d)	1mm	300%	10 分

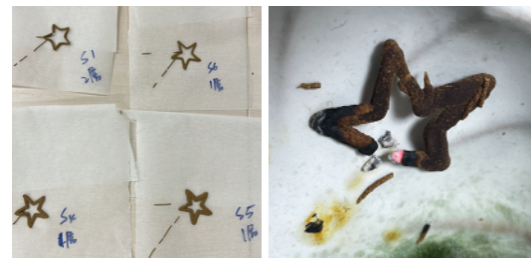


図 6 燃焼テスト

4. デザインとインタラクション

実験の結果から、複数の香料を組み合わせたり、燃焼時間を制御することが可能であることが示す。今回はソフトウェアのコンセプトを示す。

本ソフトウェアは、香りの調整とデザインを組み合わせた直感的な操作を行う。具体的には、使いやすいインターフェースを持つ設計を考慮し、スライダーやボタン、テキストボックスなどのグラフィカルなコントロールを活用する。ユーザーは、インターフェースを通じて異なる香料の割合や燃焼時間などのパラメータを設定し、同時に画面のデザインをカスタマイズできる（図 7）。

さらに、映画や特定のシーンまたは音楽に合わせた香りの調整やユーザーとの対話機能を活用して、香りの種類や濃度をカスタマイズする。例えば、CHI '23 において、Jas Brooks らが低保守プロトタイプツールで、スクラッチとスニフのステッカーを紙テープに貼り、3D プリントのカセットで嗅覚体験をしている [10]。これにより、ユーザーは直感的な操作で、個々の好みやニーズに合ったカスタム

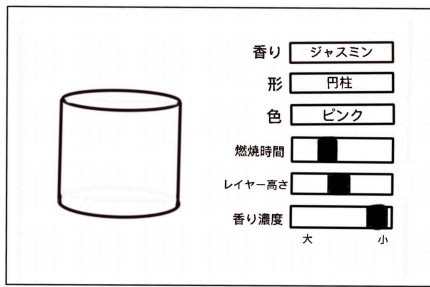


図 7 システムのコンセプト

香りをデザインできる。

5. 議論と今後の展望

3D プリンティングは、従来の方法に比べて形状やデザインの自由度が高く、カスタマイズ可能な製品を提供する利点がある。香りや燃焼時間の微調整によってユーザーは独自の香り体験を得ることができる。

今後の展望としては、より多様な材料の活用や新たな技術の導入が挙げられる。新しい素材の開発や独自のレシピ開発、感覚を利用したデジタル技術との組み合わせにより、没入感のある香り体験を提供する研究を行っていく。

参考文献

- [1] Ministry of Internal Affairs and Communications. Number of stock and producing establishments by product category. In *2021 Economic Census - Survey of Activities*, 6 2021.
- [2] Jae Fukushima, Michiko Furuta, Tsunori Shiraishi, Yoshitaka Eguchi. Development of state-of-the-art ceramic digital design technology. *Saga Ceramics Technology Centre Research Report 2016 - Report on Supported Projects*, Vol. 5-12, , 2017.
- [3] Zhenbin Liu, Min Zhang, Bhesh Bhandari, Yuchuan Wang. 3d printing: Printing precision and application in food sector. *Trends in Food Science and Technology*, Vol. 69, Part A, 83-94, , 11 2017.
- [4] Dentsu's food tech creative group. Cyber wagashi. In *Mori Art Museum Future and Art Exhibition*, 2 2020.
- [5] Sherman Dave, Snodgrass Rita, Verma Bharat, Oluwole Michael, Aiken Oneshin. Foodini marketing plan. *Engineering and Technology Management Student Projects*, Vol. 2257, , 2019.
- [6] Meng-Ting Tsai, Pei-Chen Wang. Application of lignocellulosic composite (taiwan incense-cedar) for digital light processing (dlp)in 3d printing. *Wood Material Science and Engineering*, 2023.
- [7] B.JEBINA PRISCILL, M.ANANDHAVALLI. Digital smell technology. *International Journal of Emerging Technology in Computer Science and Electronics (IJETCSE)*, Vol. 25 Issue 5 – APRIL, , 2018.
- [8] Hongming Zhang. Manufacturing and coloring of incense-stick. *Shanghai,Dyestuffs*, Vol. 49, No.5, 43-46, , 10 2021.
- [9] JFC Research Institute. Design to boost competitiveness small and medium-sized enterprises. *JFC Research Institute Report*, 2021.
- [10] Jas Brooks, Pedro Lopes. Smell and paste: Low-fidelity

prototyping for olfactory experiences. In *2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 4 2023.