

Title	感情分析による個々に合わせたフードプリントの提案
Sub Title	Emotional analysis for individualized food print proposal
Author	陈, 子崑(Chen, Ziwei) 山岡, 潤一(Yamaoka, Jun'ichi)
Publisher	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Publication year	2021
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2021年度メディアデザイン学 第922号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002021-0922">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002021-0922</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文 2021 年度

感情分析による個々に合わせた  
フードプリントの提案



慶應義塾大学  
大学院メディアデザイン研究科

チェン ジウエイ

本論文は慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科に  
修士(メディアデザイン学)授与の要件として提出した修士論文である。

チェン ジウエイ

研究指導委員会：

山岡 潤一 専任講師 (主指導教員)

稲蔭 正彦 教授 (副指導教員)

論文審査委員会：

山岡 潤一 専任講師 (主査)

稲蔭 正彦 教授 (副査)

石戸 奈々子 教授 (副査)

修士論文 2021 年度

# 感情分析による個々に合わせた フードプリントの提案

カテゴリ：デザイン

## 論文要旨

今までの食体験、3D フードプリントを通じ、人により効率的に料理を作ることが役に立った。レストランは高額なプリントメニューを用意し、パフォーマンス感覚の食体験を作った。しかし、この中に、食がカスタマイズできない、自分がフードデザインができない、食べたなら何も考えなく変化がない、プリントするためにたくさんな個人情報を入力しないといけない問題があり、日常でなかなか3D フードプリントを使えない。日常で便利にデザイン食を食べるために、3D フードプリントを使い、また、アバターを導入し、簡単な会話で音声データを取り、気持ちを解析、そして、人の気持ちがポジティブとなる食を提供する食体験を提案する。食べる際は、自分の気持ちを認識され、食べ物を通じ、ネガティブからポジティブとなり、人のメンタルヘルスを行う。本研究では、音声解析をベースとして人の気持ちを解析し、解析結果によりフードプリント技術を通じ、ポジティブとなる食を提供する体験を提案する。具体的には、最適な印刷食材の調査、フードプリント技術の開発と調整、人がどのような情報を渡されたらポジティブとなるのをデザインする。本論文では、面白い食体験のコンセプトのデザインとフードプリントを実装し、食べ物を提供し、実際に人の気持ちが改善できたか検証と考察について述べる。

キーワード：

デザイン思考, 創造社会, フードプリント, イノベーション, 感情解析

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

チェン ジウエイ

Abstract of Master's Thesis of Academic Year 2021

## Emotional Analysis for Individualized Food Print Proposal

Category: Design

### Summary

The food experience so far, through 3D food printing, has been helpful in making food more efficient for people. Restaurants prepared expensive printed menus and created a performance-like food experience. However, there are some problems that make it difficult to use 3D food printing in daily life: the food is not customizable, you cannot design your own food, there is no change after eating, and you have to input a lot of personal information to print. In order to use 3D food printing in everyday life, we propose a food experience that uses 3D food printing, introduces an avatar, collects voice data from simple conversations, analyzes feelings, and provides food that makes people feel positive. When you eat, your feelings will be recognized, and through food, you will be able to change from negative to positive, thereby improving your mental health. In this research, we analyze people's feelings based on voice analysis, and propose an experience that provides positive food through food printing technology based on the analysis results. Specifically, we will investigate the best printing ingredients, develop and adjust the food printing technology, and design what kind of information people will become positive when given. This paper describes the design of the concept of an interesting food experience, the implementation of the food printing, the serving of food, and the verification and discussion of whether people's feelings could actually be improved.

Keywords:

design thinking, creative society, food print, innovation, emotion analysis

Keio University Graduate School of Media Design

Ziwei Chen

# 目 次

<b>第1章 序論</b>	<b>1</b>
1.1. 研究背景	1
1.2. 食のカスタマイズ	2
1.3. フードデザインサービス	2
1.4. フードプリント	3
1.5. 食とメンタルケアの関係性	5
1.6. 日々を使い、食体験でメンタルが改善	5
1.7. 日常感覚でプリント食を食べる提案	6
1.8. 研究目的	7
1.9. 本論文の構成	8
<b>第2章 関連研究</b>	<b>9</b>
2.1. 3D フードプリント技術と手法	9
2.2. フードプリントに基づいた料理製作	11
2.2.1 ハイブリッドクッキング	11
2.2.2 フードデザイン	12
2.3. 音声解析の手法と応用	16
2.4. フードとメンタルの関係	18
2.5. 本研究の意義	19
<b>第3章 コンセプトデザイン</b>	<b>20</b>
3.1. 食体験のコンセプト	20
3.1.1 食体験のプロセス	20
3.2. 個々の要素を使う意義	21

---

3.2.1	なぜ3Dフードプリントを使う	21
3.2.2	なぜ会話と音声抽出の解析を使う	22
3.3.	会話の解析手法	22
3.4.	事前実験	24
3.4.1	事前実験の意義	24
3.4.2	実験用情報の選定	24
3.4.3	実験設定	28
3.4.4	本章のまとめ	34
<b>第4章</b>	<b>フードプリントの実装</b>	<b>35</b>
4.1.	印刷食材のデザイン	35
4.1.1	グミ	35
4.1.2	ケチャップ	37
4.1.3	ホイップクリーム	37
4.1.4	チョコレート	38
4.1.5	ジャム	40
4.1.6	はちみつ	41
4.1.7	ピーナッツクリーム	42
4.2.	プリンターのデザイン	42
4.3.	3D造形実験	44
4.4.	平面印刷実験	45
4.4.1	平面印刷を使用した理由と意義	45
4.4.2	実験設定	45
4.4.3	プリントファイルとプリンターの設定	47
4.5.	プロトタイプ	48
4.5.1	食パンに載せ	48
4.5.2	食用シートに載せ、食べ物を包む	50
4.5.3	せんべいに載せ	50
4.6.	本章のまとめ	51

---

<b>第5章 ユーザーテストと考察</b>	<b>52</b>
5.1. ユーザーテスト . . . . .	52
5.2. 実験結果の考察 . . . . .	53
5.2.1 プリント情報の考察 . . . . .	54
5.2.2 プリンターの考察 . . . . .	55
5.2.3 食べるについて考察 . . . . .	57
5.2.4 アバターの使用について考察 . . . . .	58
5.2.5 フィードバック . . . . .	58
5.3. 本章のまとめ . . . . .	60
<b>第6章 結論</b>	<b>61</b>
6.1. 総括 . . . . .	61
6.2. 展望 . . . . .	62
6.2.1 食でポジティブとなる実現 . . . . .	62
6.2.2 日常で使えるプリント食 . . . . .	63
6.2.3 より面白い食体験作りに向けて . . . . .	63
<b>謝辞</b>	<b>64</b>
<b>参考文献</b>	<b>65</b>

# 目 次

1.1	メディアと食の融合 . . . . .	3
1.2	一般的な 3D フードプリンター . . . . .	5
1.3	食体験について提案。会話で音声抽出および解析、気持ち改善できる食をプリント、実際に食べる . . . . .	7
2.1	3D デザインの横方向と縦方向の図 . . . . .	10
2.2	印刷されたスナック菓子の代表的な写真と再構成された 3D X 線画像。a) と b) の行は、実際に 3D プリントされたスナックの側面図と横断面図であり、c) の行は 3D 再構成画像である。 . . . . .	11
2.3	A. 手作業とデジタル技術を駆使して、料理をカスタマイズできるハイブリッドな調理手順の概略図。(グレー：伝統的な調理法。オレンジ色：デジタル手順とのインタラクション。)B. ハイブリッド調理法を用いた 5 つの料理例。 . . . . .	12
2.4	身体活動データを測定してから絵文字を印刷し、身体状況を表現する . . . . .	13
2.5	3D フードプリンターで造形した寿司（「マグロ」は硬く、「シャリ」は軟らかく） . . . . .	14
2.6	明治ザ・チョコレート より引用 . . . . .	15
2.7	株式会社 Byte Bites より引用 . . . . .	16
2.8	音声解析ツール Empath より引用 . . . . .	17
2.9	Empath の運用事例-decomo より引用 . . . . .	17
2.10	地中海式食事と健康な脳機能を結ぶ食品と栄養素の関連 . . . . .	18

3.1	食体験についてデザインしたプロセス。会話で音声抽出および解析、気持ち改善できる食をプリント、実際に食べる . . . . .	20
3.2	食体験についてデザインしたプロセス . . . . .	21
3.3	Empath 提供した解析コード . . . . .	23
3.4	モーターをコントロールする自作コード . . . . .	24
3.5	a. うさぎ：ポジティブ . . . . .	26
3.6	b. りんご：ポジティブもしくは変動がない . . . . .	26
3.7	c. 断る：ネガティブ . . . . .	26
3.8	d. 走り：ポジティブ . . . . .	26
3.9	e. 風船：ネガティブ . . . . .	26
3.10	f. 星：変動がない . . . . .	26
3.11	g. ツリー：ポジティブもしくは変動がない . . . . .	26
3.12	h. 筋肉：ポジティブ . . . . .	26
3.13	i. いいね：ポジティブ . . . . .	27
3.14	j. バナナ：ポジティブもしくは変動がない . . . . .	27
3.15	k. クラゲ：ポジティブ . . . . .	27
3.16	l. 雪花：ポジティブ . . . . .	27
3.17	m. 睡蓮：ポジティブもしくは変動がない . . . . .	27
3.18	n. ベル：ポジティブ . . . . .	27
3.19	o. ダイヤモンド：ポジティブもしくは変動がない . . . . .	27
3.20	選定した色 . . . . .	28
3.21	実験中の自己記入 (右) と Empath の分析 (左) に比べ . . . . .	29
3.22	絵と感情の変動 . . . . .	29
3.23	ポジティブとなる絵の統計 . . . . .	30
3.24	ネガティブとなる絵の統計 . . . . .	30
3.25	メッセージと感情の変動 . . . . .	30
3.26	ポジティブとなるメッセージの統計 . . . . .	31
3.27	ネガティブとなるメッセージの統計 . . . . .	31
3.28	色と感情の変動 . . . . .	31

3.29	色となるメッセージの統計 . . . . .	32
3.30	色となるメッセージの統計 . . . . .	32
3.31	選ばれた絵の情報 . . . . .	33
3.32	選ばれた色の情報 . . . . .	33
4.1	200℃で加熱して溶けたさげるグミ . . . . .	36
4.2	シリンジで描き、冷却したさげるグミ . . . . .	36
4.3	クリーミーホイップが固くて出にくい . . . . .	38
4.4	りんごをプリント中 . . . . .	39
4.5	3D造形のチョコレート亀 . . . . .	40
4.6	実験を使ったジャム . . . . .	41
4.7	実験を使ったはちみつ . . . . .	41
4.8	ピーナツクリームで印刷 . . . . .	42
4.9	ディスプレイの設置寸法 . . . . .	43
4.10	ディスプレイと箱を設置した3Dフードプリンター . . . . .	44
4.11	設定失敗した印刷結果 . . . . .	46
4.12	粘度調整した印刷結果 . . . . .	47
4.13	Rihnoで調整した印刷ファイル . . . . .	47
4.14	食パンの上に印刷 . . . . .	49
4.15	Empathで感情の解析 . . . . .	49
4.16	プリントしてもらった「わらって」 . . . . .	50
5.1	「ありがとうございます」の姿 . . . . .	53
5.2	「ごめんなさい」の姿 . . . . .	53
5.3	絵の情報に対してポジティブとなる統計 . . . . .	54
5.4	言葉の情報に対してポジティブとなる統計 . . . . .	54
5.5	測定した寸法 . . . . .	56
5.6	シリンジを固定する装置 . . . . .	57
5.7	人にポジティブとなるうさぎの絵 . . . . .	59
5.8	試食 . . . . .	59

5.9	人にポジティブとなる筋肉の絵 . . . . .	60
-----	--------------------------	----

# 表 目 次

# 第 1 章 序

# 論

## 1.1. 研究背景

近年、人々の生活水準の向上に伴い、「食体験」を大切にする人が増えてきた。

例えば、旅行先で現地の農家での野菜の収穫を体験したり、収穫した野菜を食材として料理を作ったりします。また、レストランは斬新な食体験を提供するために、料理の造形に注力し、よく食べられる食材を使い、料理に新しい形を与え、SNSで拡散され、人気となったケースが少なくない。

自分で作る、造形だけではなくて、栄養について食体験も増えている。毎日に届く高齢者に向け栄養弁当セット、栄養士を雇って月に2回自宅を訪問し2週間のレシピを作るである。

しかし、今の食体験はカスタマイズできない、すぐ食べれないという大きな問題点があり、まだ解決されていない。

一方、近年、3Dプリンタ技術は急成長し、生産業界だけではなく、一般人は「作り体験」としてもよく使われている。また、造形しやすい特徴があるため、工業デザイン、建築、医療など様々な分野で使われている。[1]

3Dプリント技術を利用して作られた食品は、食の活動家や食の政治に関する研究に貢献している人々が指摘している課題に対処できる可能性がある。これらの課題には、食品の持続可能性、食品廃棄物、倫理的な消費、環境悪化、世界の飢餓問題などがある。[2]

食分野は3Dプリンタの分野の一つであり、新しい食体験の提供が期待される。しかし、他の業界に比べて、3Dプリンタで食体験についてまだ浸透しておらず、使われてる事例が少ないという現状である。

## 1.2. 食のカスタマイズ

これまで料理は、主にアメリカを中心に出てきたお客様が自由に食材や調理法を選べる販売形式である。元々、宗教上の理由で食べれない食材などがあり、場合によっては商品そのものを選ぶことができません。[3]しかし、自分が食べれる、食べたい食材を選べ調理法などを決めることができるカスタマイズスタイルは、様々な食文化の人達に受け入れられ、今はいろんな国のレストランやカフェなど多くの店舗で導入されている。

しかし、このカスタマイズはどういう食があっても用意された定番な食材を使い、混ぜて出すタイプが多い。しかもちょっと複雑なスタイルになったら対応ができなく、日常に長い続き使うことが少ない。

また、高齢者向け栄養バランス重視するお弁当の宅配サービスは存在しています。しかし、スタイルが古く、見た目が今の時代に合わなく、食べる人のモチベーションが下がり、結局は病気があり、料理できない高齢者など栄養は第一、形など気にする余裕が人しか使わない。

基本的に、3D フードプリンティングは、カスタマイズされた食品のデザインと個別の栄養管理のためのエンジニアリングソリューション、新しい食品の開発を促進するプロトタイピングツール、そしてカスタマイズされた食品のサプライチェーンを再構成するための潜在的なマシンを提供する。[4]

今の時代に応じ、カスタマイズは進化しないといけない。特に既存する栄養、宗教上の理由で食べれないのカスタマイズの上に、もし自分が食をデザインし、食べる人のモチベーションを上がり、さらに便利なフードプリントを使い、なんも考えずに毎日のフードを出してくれ、それでユーザーを使いたく、栄養だけではなく、メンタルについてもケアすることができると考えていました。

## 1.3. フードデザインサービス

今まで、既存するサービスはメディアを使い、食と映像を合わせ、一時期にユーザーの食べモチベーションを上げるようにしてる。例えば、料理をテーブルに置き、Deep Learning を使い、料理を認識し、合わせるメディア動画は料理と重ね、

芸術を通じ、料理に新しい意味をつくる。しかし、料理自体はすべて用意され、テクノロジーの制限で自由に料理を注文することができない。フードに関するデザインサービスがありますが、「食べる」よりパフォーマンスのほうが近く、食体験がよくなりますが、フードの要素が弱く、日常に食べるのが難しいだろう。



[5] より引用

図 1.1 メディアと食の融合

この問題について、ユーザーは日常に自分でもデザインし、毎日に自分のニーズにあわせ、食べたいものを作ったほうが長く続き、自分の食事でいろんな方面でケアできるの可能性がある。また、家庭で毎日の料理に芸術性を導入したり、料理分野にカスタマイズ機能を拡張したりすることができる。[6]

## 1.4. フードプリント

上記の問題点を踏まえ、今の時代に合わせて 3D フードプリントはいい解決策だと考えられる。

3D フードプリント技術が食品製造にもたらす革命は、低コストのカスタマイズされた製造、さらには精密な栄養管理の利便性である。[7]

現在の 3D プリント技術では、主に樹脂や金属を原料として出力し、加熱で原料を様々な形にして造形する。3D プリント技術の発展に伴い、同じ原理で異なる素材を使用することが徐々に増えている。しかし、現在使用できる素材は半液体状態のものが中心で、事前に専用のカートリッジを購入する必要がある。プリント技術で食品を製造することは可能だが、3D フードプリンターでは「調理」の機能を果たすことができないため、現在の 3D プリント食品は生で食べるものやすぐに食べられるものが中心で、調理の部分は人の手で行う必要がある。一方、食品の風味を豊かにするために考案された「粉末積層法」(SLS 方式) [8] では、さまざまな栄養素の粉末を加えることができるが、今は研究段階で、近年中に実現可能かどうかはまだ不明である。[9] 3D フードプリントは、従来の調理方法に比べていくつかの利点がある。

1. 複雑な食品デザインが可能。
2. 使用する食材と栄養素を、個人のニーズに合わせて調整できる。
3. 規格外の食材を半液体状態で印刷し、食材廃棄を減らすことができる。
4. 食品の品質を均一にすることができる。
5. 適切な管理のもと、清潔で衛生的な食事をするすることができる。

しかし一方で、3D フードプリントにはデメリットも存在している。

1. 高価な機械を購入しなければならない。
2. 今は半液体状態だけ使え、使用できる食材の数が少ない。

現在、日本の 3D フードプリントは、大学の研究や食品企業の実証実験が中心で、飲食店や家庭など一般的な場所には普及していない。

特に、3D プリントの急成長に伴い、すぐ必要なものを作れ、購入する時間を短縮し、コストを減り、今後はどの家でも 3D プリンターを置く可能性があるだろう。それで、家に自分がデザインし、自分のニーズに合わせるフードを自動的に印刷し、毎日の食生活に馴染みすることが可能と考えられる。



「SK 本舗 [9] より引用

図 1.2 一般的な 3D フードプリンター

## 1.5. 食とメンタルケアの関係性

それでは、プリントしたものは、どうやって人の気持ちを動き、ポジティブ感情を引き出す。

食について、見た目と味が人に刺激を与えやすく、大事である。この問いをもとに、今回、ポジティブ感情を引き出すのを以下のように提案する。

まず、見た目である。体験者に提供するプリントで出来上がり食の形、上に載せた情報を用いることで、より元気になると考えられる。

次、味で感じる刺激である。目を潰したら、味しか感じない。見た目と味の組み合わせ、体験者にダブル体験を与え、脳に刺激し、感情の動きがやりやすくなると考えられる。[10] 甘いかわいいものを食べてなんとなく気持ちよくなり、苦い変な形のものを食べたら微妙な感じになるのは筆者のイメージである。しかし、人によって好きなものが変わるので、気持ちの変動にとって汎用性がある食が必要であると考えられる。

## 1.6. 日々に使い、食体験でメンタルが改善

しかし、フードプリントを使用しても、今までのハードウェアの学習コストが高く、その原因で諦める人が少なくないと考えられる。特に、自動的に自分のニー

ズに合わせるフードを出すために、多くな情報を入力しないといけない。今の社会には、プライバシーを重視する人が少なくない、食体験で多くな情報を入れる必要あるかどうかそもそも疑問を持っている。

しかも、今まで食体験は栄養素を中心に、うまくないという声があり、特に若者の中に、健康のためにしょうがなく栄養素を取るのケースが多く、食べたなら栄養素のバランスは実現できますが、食べる人のメンタルにとって、食事ということ自体は辛くなり、神経性無食欲症の人を増え、メンタルを壊すケースがよく見られる。

今まで食体験の中に、めんどくさい情報を入力しなく、最低限の情報を取るように、音声分析の手法を使い、今の人の気持ちを解析でき、健康食の上に、人の気持ちを改善し、ポジティブとなる食体験を提供するという提案がまだないの現状である。

提案を踏まえ、音声分析は手法の一つとして重要である。自分の内面をしっかりと話すという経験は、日常ではなかなかおこなう機会がないと思われる。[11] 日常生活の中に、もし向こうに話したら相手は返事なく、気まずくなにをしゃべるのがわからなくなった。この状況で、実際の感情を含め音声を取ることと難しくなり、分析が乱れ、うまく人の感情を改善する食を提供できなく、食体験は悪くなる可能性が高くなる。解決策として、人とアバターに友達感覚で会話したら、返事があり、自然で本音を出す可能性が高くなる。正確の分析結果を取れ、人の気持ちに改善し、ポジティブとなり食を提供のが実現できるの可能性が考えられる。

## 1.7. 日常感覚でプリント食を食べる提案

本研究では、人がプリント食が身に付け、毎日食べて気持ちを改善、メンタル健康になるように感覚を目指し、「この日だからプリント食を食べよう」の特別感がなるべく避けたいである。よって、以下のように提案する。

まず、人とアバターを日常会話にする。わざと準備した会話ではなく、自分がこの日に何をやった、何を食べたのような友達と話す感覚を目指す。このような日常会話では、プライベート感があり、本音を出しやすく、無意識で本当の気持

ちが音声を通じて伝え、その後の解析の精度でも上げると考えられる。

次は、料理の調理を見る感覚で、アバターと喋ながらフードのプリントを見れるようにする。それで、人と料理しながら世間話と同じ感覚を作りたいである。この場で録音と音声の解析を行わず、体験者につまらないを感じないように、「体験」というものを意識しないように設置したものである。また、実際食べる前に体験者の気持ちをリラックスさせ、後の気持ちの改善がプラスになるかと考えられる。

最後、プリントした食を実際に食べてみる。解析結果によってプリントしたものを体験者に提供し、気持ちの改善を味わいにする。この手順は、本研究の一番大事なところである。実際プリントしたものの食感、色、載せた情報など体験者に刺激を与え、体験者に気持ちを変動させる。もちろん、人によって変動の激しさは差があるが、前期実験で汎用性がある色、情報などまとめ、体験者全員の気持ちはポジティブになるのを目指す。また、前期実験について第三章で述べる。



図 1.3 食体験について提案。会話で音声抽出および解析、気持ち改善できる食をプリント、実際に食べる

## 1.8. 研究目的

本研究は今まで提案されていない音声解析で3Dフードプリントを通じ、人のメンタル改善を組み合わせた食体験をデザインしする。まだ、デザインを実現するためにどの情報を人の気持ちを変動させることが実践である。そして、実践を通じて得た結果により、フードプリンティングを食のメンタルケアで応用し、美味しく健康的な食べ物をより簡単に、より便利で食べられるように、人々の生活の質を根本的に向上させ、健康な体をキープできることを目指している。

## 1.9. 本論文の構成

本論文は、研究背景、目的、今までの体験について解決できない問題を述べた本章を含めて全6章で構成される。第2章では、本研究における関連事例として音声解析技術、3Dプリントフードについてや先行研究について述べる。また、本研究と関連研究に比べ、本論文の目標と貢献を述べる。第3章では、人の気持ちを改善するために音声の解析と3Dフードプリント技術を利用するコンセプトと体験のデザイン、体験サービスの事前実験をまとめるについてを述べる。第4章では、第3章をもとに、コンセプトの実装を述べる。第5章では、ユーザーの評価を検証し、結果と考察をまとめる。第6章では、本研究の結論、今後の課題と展望、および実用化の考察をまとめる。

## 第 2 章

# 関 連 研 究

本章では、3D フードプリント技術の運用、今までの3D フードプリント研究と作り食の事例、音声で人の感情を解析利用事例について、人の感情どうやって改善するなど観点から、先行研究のレビューを行う。最後に、音声解析で人の気持ちを判定を利用し、3D フードプリントをして、人のメンタルヘルスを行う重要性を主張し、優位性を表明し、本研究の貢献を明らかにする。

### 2.1. 3D フードプリント技術と手法

ImanDankar らの研究は、3D フードプリントについて印刷プロセスの難点を示した。3D プリントを用いた食品のデジタル化は、複雑な形状で食感や栄養成分を調整したカスタムメイドの食品を製造できる大きな可能性を秘めた萌芽的な分野であるが、その用途はまだ限られており、プロセスの有用性については多くの研究者が検討している。

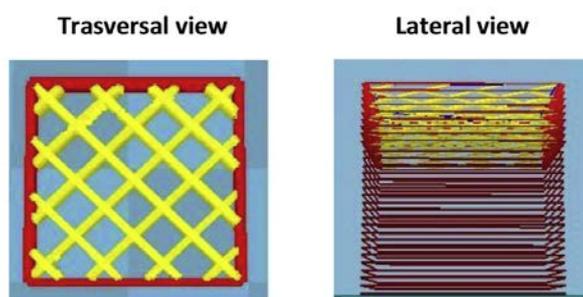
印刷プロセスを阻害する主な4つの障害：条例とガイドライン、食品の保存期間、原材料の制限、後処理。最高の最終製品を得るためには、材料特性とプロセスパラメータの間の統一性と整合性が重要である。ノズル径、ノズル高さ、印刷速度、印刷温度などのプロセスパラメータに合わせて、素材自体のレオロジー、テクスチャー、フィジオケミカル、特性など、各グループごとに特定の基準をモニターする必要があると主張した。[12]

JieSun らの研究では、押し出し方式のフードプリンティングについて調べた。結論として、現在、フードプリントには、直交型、デルタ型、極型、スカラ型の印刷ステージが採用されており、シリンジ、空気圧、スクリューの3つの押し出

し機構が利用されている。[13]

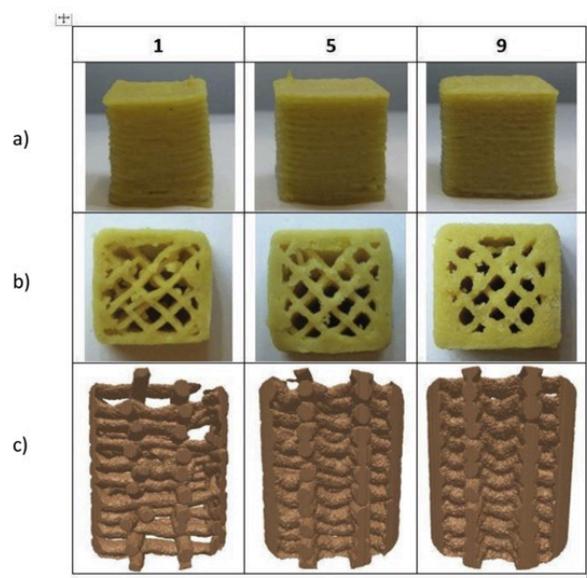
この中に、シリンジのコストが低く、コントロールしやすいの特徴があり、よく使われる。今回の研究でも、シリンジから押し出すという方法で行った。

A.Derossi らの研究では、子供向けスナック菓子でカスタマイズフードへの応用を使うプリント技術の実験を行った。エネルギー、カルシウム、鉄、ビタミンDを5~10%摂取できるように設計されたフルーツベースの製剤の印刷性に、印刷速度とフローレベルという2つの印刷変数が与える影響を調査した。印刷されたスナックは、デザインされた構造と十分に一致していた。70%の流量では、多孔質の不規則な構造になった。フローレベルを上げることで、堆積した材料の量が増え、サンプルの総体積、重量、辺の長さが増加したが、空隙の割合は減少した。フィラメントの太さの分布も流量によって拡大し、孔の直径の分布は流量と印刷速度の両方で変化した。サンプルの高さの成長率は、印刷速度によって50mm/sまで増加しましたが、処方量の堆積率は印刷速度とフローレベルに影響された。[14]



[14] より引用

図 2.1 3D デザインの横方向と横方向の図



[14] より引用

図 2.2 印刷されたスナック菓子の代表的な写真と再構成された 3D X 線画像。a) と b) の行は、実際に 3D プリントされたスナックの側面図と横断面図であり、c) の行は 3D 再構成画像である。

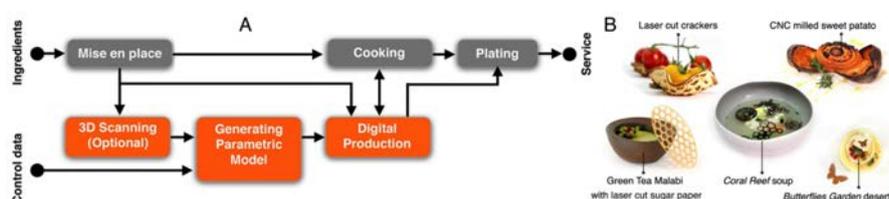
## 2.2. フードプリントに基づいた料理製作

### 2.2.1 ハイブリッドクッキング

ハイブリッドクッキングは 3D プリントを導入し、人と共に料理する未来のクッキング手法である。ここで用いられている手法は、キッチンに既存するデジタルファブリケーション機器と 3D プリントを配置し、ハイブリッドレシピを介して料理に統合する。[15] この研究では、手作り と デジタルを融合し、料理の構造がより美しく表現できる。人と機械を同時に作業し、料理を作る効率が上げることが可能であり、職人とデジタルの製作した料理両方が味わいする。しかし、ここで論じた人と 3D プリントの共同作業は完全に自動化、品質均一化ではないと考えられる。3D プリントは安定な品質の料理を作れるが、組み合わせした手作りの

ほうが品質が不安定し、料理が失敗する可能性がある。

また、Digital Gastronomy は、手作りとデジタルを融合させ、パラメトリックデザインツールを料理に取り入れることで、料理の味、風味、構造、美しさをパーソナライズできるようにしている。作り方として、シェフが食材をプリントできる状態で処理し、パラメトリックデザインツールでプリント数値を設置し、3Dプリンターはメイン食を造形しプリントする。[16] レストランで利用を想定し、最後の仕上がりはシェフの手で全体的な形を整う。しかし、毎日に外食するのが難しく、顧客が自分でツールを通じ、カスタマイズしてもシェフがいない場合は料理を作れないという状況がある。



[16] より引用

図 2.3 A. 手作業とデジタル技術を駆使して、料理をカスタマイズできるハイブリッドな調理手順の概略図。(グレー：伝統的な調理法。オレンジ色：デジタル手順とのインタラクション。)B. ハイブリッド調理法を用いた5つの料理例。

## 2.2.2 フードデザイン

デジタルガストロノミー (DG) では、シェフを自律的な機械に置き換えるのではなく、従来の料理を新しい HCI 機能で強化する料理のコンセプトである。予備的なプロジェクトでは、デジタル機器をキッチンに配置することでデジタルガストロノミーの実現を目指している。ここでは、シリコン製のモジュラー型と配置したアルゴリズムを用い、レシピに応じたさまざまな形状の組み合わせを実現し、料理の味の構造をコントロールするという、別のソリューションを提案する。[17] これを用い、3D フードプリントの生産時間の遅さを克服すると同時に、数多くの

形状を生み出す高い柔軟性を持っている。この柔軟性により、シェフや料理人の多様な要求に応えることができます。

EdiPulse では、自分で計測した身体活動のデータを、3D プリントされた小さなチョコレート菓子に変換する。これらのおやつ（合計 20g 以下のチョコレート）は、4つの形を具現化している。「グラフ」、「花」、「スローガン」、「絵文字」の4つの形で表現されている。[18]EdiPulse は、チョコレートを使い、日常的な身体活動を遊び心を持って振り返ることができるアクティビティ・スイーツを作成する新しいシステムと考えられる。しかし、データと体の関連性、および表現の形を増やしのは今後の課題と考えられる。



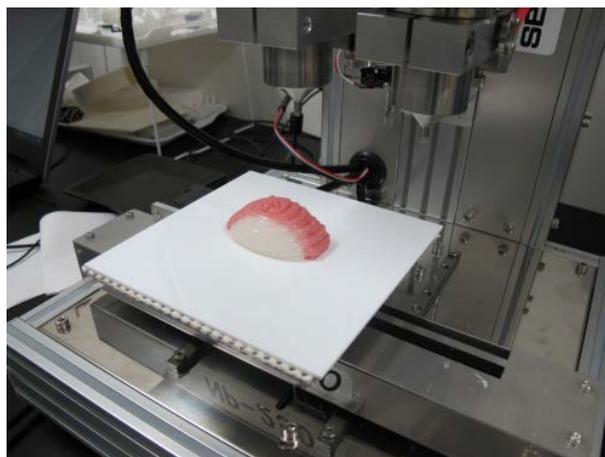
[18] より引用

図 2.4 身体活動データを測定してから絵文字を印刷し、身体状況を表現する

山形大学の研究は、高齢者向け介護食の造形に取り組んでいる。

高齢者、被介護者にとって、経口的に食べ物を摂取すること、自ら食べたいと思っただけを摂取することは、心理学的な幸福のみならず生理学的にも意義がある。[19]しかし、介護食はよく栄養素がいっぱいあるけど形が崩れ、味も美味しくないイメージがある。通常、介護食の栄養素・カロリー情報・噛む力などを勘案しながら、要介護者の事情に応じて準備される。既定された食材の処理方法を介護士に教え、介護士は既定したレシピのままで食材を用意し、有介護者の状況によって調理方法を変え、調整する作業があり、介護士に負担が非常に多く、ミス発生率も高い。

一方、山形大学は解決策を取り組み、3D フードプリンターを使って介護食を造形する。有介護者の都合より、必要な時に必要なものを入れ、品質が安定する食品を作られる。それで、介護者の負担を軽減し、ほかの人力しかできない介護を集中できる。特に、3D フードプリンターを使い場合は、食品の柔らかさ、食感、うまみを自動調整できるから、要介護者が「食」を楽しめる点が特徴である。[20]



山形大学 「介護食」の研究 [20] より引用

図 2.5 3D フードプリンターで造形した寿司（「マグロ」は硬く、「シャリ」は軟らかく）

3D フードプリンターで造形した寿司（「マグロ」は硬く、「シャリ」は軟らかく）現在、食材をペースト状にすることなく、「粉を粉のまま使う」という画期的な3D フードプリンターの開発を目指している。

これまでの技術は、水を含めてない粉末を使い、長期保存は可能である。しかし、人工タンパク質の開発を進め、「人工肉」を直接粉末にすれば、介護食以外に食料不足など社会的な問題を解決し、他の分野の運用も目に入る。[20]

Derossi らの研究は、食感をカスタマイズするためには、3D プリントのプロセス自体が機械的特性にどのような影響を与えるかを調べた。テストケースとして、立方体のシリアルベースの構造体を従来の加工と3D プリントで製造した。微細構造の特性と機械的特性を分析した。ここでは、3D プリントが微細構造に明らかに影響を与え、より大きな孔を、数は少なく、形は同じように丸く生成すること

を示していた。また、孔の位置は印刷の動きによって大きく左右されることも観察された。[21]

これらの特徴は、3D サンプルの機械的特性に大きく影響し、高い硬度、噛み応え、凝集性を示し、得られたデータは、印刷経路、印刷速度と押し出し速度の不均衡、押し出しシステムでの食品配合の圧縮、この3つの主要なキーポイントに基づいてリンクされ、解釈されている。

デザインフードの販売事例として、明治のザ・チョコレート<sup>1</sup>である。同じチョコレートが違う形を作り、舌に多様な触感を伝え、味が微妙に変わっていた錯覚を作った。長方形の中に詰め込まれた、4つのカタチ（模様）では、軽やかな苦みを味わえるミニブロック型、香りが引き立つギザギザ型、濃厚さが際立つドーム型、力強い味わいのスティック型である。1枚の中でもカタチ、サイズで異なる香味が愉しめる。[22] この表面の形は既存する工場モデルで作られたけど、3D フードプリントでも同じ形を作れ、同じ効果をできると考えられる。



図 2.6 明治ザ・チョコレート より引用

また、最近成立した、慶應義塾大学 SFC 発のスタートアップ Byte Bites 株式会社<sup>2</sup>は 3D フードプリンタをはじめとしたデジタル技術を使って食表現・体験を拡張することを目指す。多様な食感を作り構造食、デジタルによるこれまでない食体験を提供し、今は販売予約中、2022 年の春に発売予定だ。

1 <https://www.meiji.co.jp/products/brand/the-chocolate/taste/>

2 <https://byte-bites.com/>



図 2.7 株式会社 Byte Bites より引用

### 2.3. 音声解析の手法と応用

音声はよく感情を隠しにくいと言われ、無意識な会話で外界が会話者の心の変動が感じやすい。

近年の音声認識研究の発展はめざましいものがあり、一般家庭などの低騒音環境下においては、90%以上の認識率を得る認識エンジンなど存在している。[23]

現在、音声解析の技術は機械学習のディープラーニングを依存、常にデータを入力し、学習させて、精度を上げられる。

音声解析すれば、人の気持ちを音声から判断し、サービス使い側が人それぞれの解析結果で適正の対応でき、サービスの質が高くなり、ユーザー満足度を上げる。今まで、音声解析の技術の運用領域は主にカスタムサービスセンターのユーザー対応、エンタテインメントで人の気持ちを改善するためにコンテンツを提供するサービスなど。

使いツールは Emaph<sup>3</sup>という api をはじめ、自社サービスに連携し、わずか5秒の録音で簡単に人の気持ちがわかる。[24] これで各社が自由にサービス質を上げ、音声解析の開発コストを抑える Emaph は、音声等の物理的な特徴量から気分の状態を独自のアルゴリズムで判定するプログラムである。数万人の音声データベースを元に喜怒哀楽や気分の浮き沈みを判定できる。

---

3 <https://webempath.net/lp-jpn/>



図 2.8 音声解析ツール Empath より引用



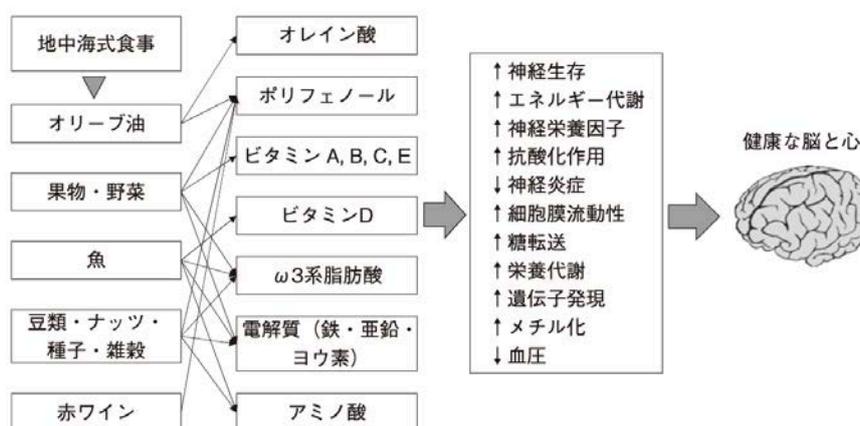
図 2.9 Empath の運用事例-decomo より引用

また、人間の感情は、機械が人間の生活補助をするのに利用できる有用な情報の一つである。森建人らの研究では、感情が表現される自然発話や単語から0.1秒程度の短い音声を取り出し、韻律特徴を取り出すことで感情認識を試みる。音声長が短くなるため十分な韻律特徴が音声に含まれなくなる。また、異なる感情の音声でありながらも類似する特徴をもつ短時間音声が多く取得される。そこで感情認識に有用な短時間音声の取捨選択法について提案を行う。[25]

## 2.4. フードとメンタルの関係

近年、フードとメンタルについて研究がされている。Merryn Maynard らの研究による、精神衛生に関する様々な尺度が使用されており、最も一般的なのはうつ病や抑うつ症状の測定であるが、不安やストレスの測定も行われていた。ほとんどの研究は横断的に行われ、うつ病と食糧不安の関連が示された。縦断的な分析では、双方向の関係（食糧不安がうつ病の症状や診断のリスクを高める、あるいはうつ病が食糧不安を予測する）が示唆された。[26]

また、食・栄養が精神障害の発症にかかわる重要な因子であること、食・栄養による精神障害の予防や治療の可能性が認知されるようになり、2013年に国際栄養精神医学会（ISNPR）が創設された。[27]Opie らの推奨する5つの食生活習慣は以下の通りである。地中海式、ノルウェー式、日本式などの伝統的な食習慣を見直す。果物、野菜、豆類、全粒穀類、ナッツ、種子を食す。ω3系脂肪酸を豊富に含んだものを食す。加工食品、ファストフード、菓子を減らす。不健康な食品から健康的な食品に置き換える。加えて腸内細菌叢に関心をもつ、を紹介した。



[28] より引用

図 2.10 地中海式食事と健康な脳機能を結ぶ食品と栄養素の関連

松岡豊の研究によると、1日に 57g 魚を食べる群と比較し、1日に 111 g 魚を食べる群でうつ病リスクの低下が認められた。また、EPA を 1日に 200 mg 摂取する群と比較して、1日 307 mg 摂取する群、また、DPA 1日に 67mg 摂取する

群と比較し、1日 123 mg 摂取する群でうつ病リスクの低下が認められた。魚・ $\omega$ 3 系脂肪酸摂取とうつ病には、摂取すればするほどリスクが下がるという線形の関連ではなく、ある量でリスクが下がり、それ以上摂取すると影響がみられなくなることが示唆された。[29]

## 2.5. 本研究の意義

これまで3Dフードプリント、音声解析、食でメンタルヘルスはそれぞれいろんな領域で発展していたが、実際「食べる」という日常生活から手軽で感情改善する提案がほぼない。まず、3Dプリントは「食の未来」を呼ばれる技術、作りの効率が早く、栄養、食感の多様性は手作り豊かである。デザインで日常でもカスタマイズができ、食欲をそそられ、食品ロスでも実現できる。また、今回の提案は、アバターを導入し、会話から最低限必要な情報だけ取り、ユーザー負担がかけない。元々「3Dプリンターの使い方がプロしかわからないから使うのを諦める」という声があり、会話だけで使えるのをデザインし、プリント学習コストを抑え、だれでも使えるという特徴がある。これは今までなかったデザインである。毎日必ず行う行動から解析し、それで毎日の食事を決め、ポジティブとなる食を作りことは今後の日常生活を変え、現代食産業とメンタルヘルス業界を革新する可能性がある。

## 第 3 章

# コンセプトデザイン

### 3.1. 食体験のコンセプト

#### 3.1.1 食体験のプロセス

今回の提案は、日常会話感覚でアバターに会話し、体験者が世間話の間、3D プリントを動く。会話が終わってから、フードを印刷完了し、体験者に提供する。体験者が印刷したフードの形、上に載せた情報など観察しながら食べ、フード繋がる感覚としてところに伝え、気持ちの変動を感じ、結果として、体験者が食べる前にポジティブな気持ちになることを目指す。



図 3.1 食体験についてデザインしたプロセス。会話で音声抽出および解析、気持ち改善できる食をプリント、実際に食べる

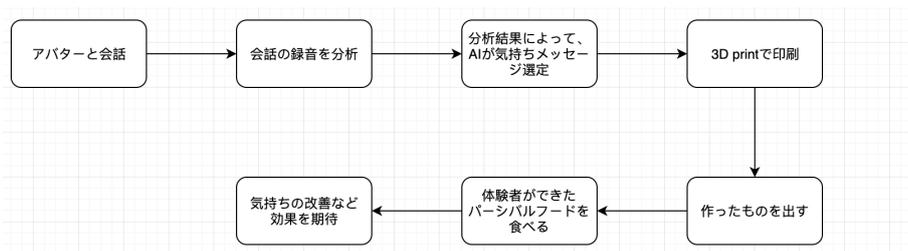


図 3.2 食体験についてデザインしたプロセス

よって、今回の体験を実現するために重要になってくることは、どうやってプロセスに影響させずにスピードで体験者の会話が解析できると、どのような食と情報は体験者の気持ちを刺激し、ポジティブ感覚を引き出すと、どのような体験の流れが一番自然し、体験者が録音など気づかずに日常感覚でプリント食を受け入れるかの2点であると考えられる。今回はこの2つの問題に基づいてデザインし、メンタルケア、気持ちの改善の実現を目指す。

## 3.2. 個々の要素を使う意義

### 3.2.1 なぜ3Dフードプリントを使う

食品3Dプリンタとは、食品材料を立体的に造形（成型）する装置である。食品加工技術の一種とも言えるが既存の手法とは一線を画する次世代の技術である。[30] 通常の調理法に比べ、3Dフードプリントでは、素材の調整や重ねて印刷することで、食感を調整することができる。また、ソフトウェアツールなどを使って料理を細かくデザインしたり、普通の料理では作れないような形を作ることにもできる。今まで、3Dフードプリントの使用はレストランや企業宣伝をはじめ、パフォーマンス要素が強く、日常で使うケースが少ない。

本研究では、今まで身近ではなかった3Dフードプリント技術を活用し、日常生活でも便利に使い、これから毎日に使え、手間をかけずに安定した品質のフードを食べられるように、ハードウェアの改良を含め、3Dフードプリント技術を使う。

### 3.2.2 なぜ会話と音声抽出の解析を使う

今までの研究では、人の気持ちを測定する方法は心拍数、汗の量、体温の変化、呼吸など身体データである。この方法は、データを取るから解析するまで時間がかかり、すぐ使うのは不可能である。また、アンケートで人の気持ちの変化を調べるとい調査方法も使われている。しかし、アンケートの記入は人の主観的な気持ちが多く、自分の気持ちの変化をより誇張して表現したり、より慎重に表現したりする可能性が高く、実際のデータにバイアスがかかることになる。

本研究では、日常にすぐ使え、毎日に負担なしで使用を目指し、早くかつ精度が高い解析が必要である。音声解析は、解析のスピードが速い。また、アバターと友達感覚で会話しながら音声を取られ、より自然な音声データを手に入れる。それで、解析精度が上げ、適切な食べ物をプリントことが可能である。しかも、装着の測定機械を不要、音声データの採集と解析はすべてバックエンドで行い、より簡単に使え、学習コストが抑える。

## 3.3. 会話の解析手法

まず、会話解析ツールのデザインと選びについて述べる。今回の体験において使用する音声解析は、体験者が違和感を感じないように、会話の録音をなるべく早めに解析を行えるのが必要である。

最初、機械学習を使い、ディープランニングを通じ、人間が大量な会話パターンを機械に投げ、機械がパターンのデータを学習し、会話の言い方、内容、キーワードから気持ちの解析できるようにした。深層学習は、データの表現や特徴を複数の層で学習し、最先端の予測結果を生み出す強力な機械学習手法として、多くの応用領域での深層学習の成功とともに、近年では感情分析にも深層学習が用いられている。[31] この方法のメリットでは、自分がデータを見え、解析の精度が把握でき、精度が足りない場合はもっとデータを投げ、学習させ、調整できる。しかし、実際に運用する時に、音声のデータ量が少なく、学習サンプルが足りない。それで精度が低く、適正な感情認識はできない。また、コードについてバグが頻発がうまく動かせず、学習は中断することが多かった。

次に、目に入ったのは、株式会社 Empath 開発した音声解析ツール「Empath」。Empath では、会話内容、言語は一切関係なく、音声の物理的な量（Hz、声紋など）をもとに解析する。この方法のメリットでは、Api が提供し、外部アプリケーションでも簡単に導入できると、Python を使い、コードが短く、実行スピードが早く、一秒で解析できる。デメリットでは、音声に対する質が細かく要求され、スピードのために音声がある程度低品質に変換しないとイケないと、解析できる中身が少なく、5秒以内の音声しか解析できないのが現実である。しかし、体験者に違和感を与えなくスピード解析できる特性があり、すでに NTT Docomo、Fujitsu など大手企業を採用されているので、今回は音声解析としてツールを採用した。

```
Users > chenzwai > Desktop > 音声分析 > 音声.s.py > ...
1  import requests
2  import json
3  import serial, time
4
5  url = 'https://api.webempath.net/v2/analyzeWav'
6
7  apikey = 'd41ULTmgy9nDocs7HbEJEE800fbZEZKcg3RFKSyQEDU'
8  payload = {'apikey': apikey}
9  wav = "/Users/chenzwei/Desktop/音声分析/ohayo2.wav"
10 data = open(wav, 'rb')
11 file = {'wav': data}
12 res = requests.post(url, params=payload, files=file)
13 response = res.json()
14 #print(res.json())
15 print(response['calm'])
16
17 print("Open Port")
18 ser = serial.Serial("/dev/cu.usbmodem143201", 9600)
19 time.sleep(4)
20 ser.write(b"0")
21 time.sleep(3)
22 if response['calm'] > 30:
23     ser.write(b"1")
24 else:
25     ser.write(b"0")
26 time.sleep(response['calm']/20)
27 ser.write(b"0")
28 time.sleep(3)
29 print("Close Port")
30 ser.close()
```

図 3.3 Empath 提供した解析コード



```
sketch_sep30b | Arduino 1.8.13
sketch_sep30b
Serial.begin(9600);
pinMode(13,OUTPUT);
digitalWrite(13,LOW);
analogWrite(9,10);
}
void loop(){
byte var;
var = Serial.read();
// if(var>0)analogWrite(9,var);
switch(var){
case '0':
digitalWrite(13, LOW);
analogWrite(9,10);
break;
case '1':
digitalWrite(13, HIGH);
analogWrite(9,150);
break;
default:
break;
}
}
//Serial.write(data);
}
上传成功。
项目使用了 1964 字节, 占用了 (6%) 程序存储空间。最大为 32256 字节。
全局变量使用了184字节, (8%)的动态内存, 余留1864字节局部变量。最大为2048字节。
6 Arduino Uno 在 /dev/cu.usbmodem143201
```

図 3.4 モーターをコントロールする自作コード

## 3.4. 事前実験

### 3.4.1 事前実験の意義

人によると、情報をもたらす時に異なる感情が出る。実際どんな情報を受けたら感情を変化するかを明らかにするために、感情テストの事前実験を行った。20代を対象に、情報を渡し、決めたセリフの読み上げ、感情の変化を記入する形で人がどんな情報を見たら喜ぶ、落ち込むのが明確した。

### 3.4.2 実験用情報の選定

まず、日常生活中、人がよく使う言葉、見る色を収集、使う頻度が高い順で言葉と色を選んだ。その中に、人が喜ばれる、緊張させる言葉、色を分け、言葉15

個、色 12 個を選定した。また、印刷しやすい、人が見たら感情はどんな変化するかを想定した絵を 15 個選び、実験用情報を用意した。

絵の選びについて、中野光子 (1972) の研究 [32] の代表的な幾何学図形として円、三角形、四角形、長方形、五角形の 5 つの図形から組み合わせ、プリントしやすい絵を選んだ。

色の選びについて、色の調和の研究 [33] に基づき、人に刺激が与えやすい（強い）から与えにくい（弱い、柔らかい）色を選んだ。

選定した情報と想定するイメージは以下である。

言葉：

a. よろしく願います！（自分が頼りになる、もしくはシンプルな挨拶、感情変動が少ない）

b. 私の名前は〇〇です。（自己紹介、感情の変動が少ない）

c. この問題はわかりません。（強い心を持ち、ポジティブとなる）

d. 今日の天気はあんまりよくないです。（暗い、ネガティブとなる）

e. おなかすきました。（元気がない、ネガティブとなる）

f. その服はすてきですね。（褒められ、元気になり、ポジティブとなる）

g. がんばるだ！（元気さがある言葉、ポジティブとなる）

h. もうすぐ締め切りです。（緊張感がある言葉、ポジティブとなる）

i. お疲れさまです！（挨拶語、感情の変動が少ない）

j. あなたのことを応援しています。（応援され、ポジティブとなる）

k. で、進捗はどうですか？（上目線、怖い感じ、ネガティブとなる）

l. ムリしないでください。（柔らかい言い方、ポジティブとなる）

m. また連絡します。（期待感があるが、社交辞令の可能性があり、感情の変動が少ない）

n. 楽しみにしています。（ワクワク感、ポジティブとなる）

o. 任せてください。（頼りになり、安心感、ポジティブとなる）

絵：

色：



図 3.5 a. うさぎ : ポジティブ



図 3.6 b. りんご : ポジティブもしくは変動がない



図 3.7 c. 断る : ネガティブ



図 3.8 d. 走り : ポジティブ



図 3.9 e. 風船 : ネガティブ



図 3.10 f. 星 : 変動がない



図 3.11 g. ツリー : ポジティブもしくは変動がない



図 3.12 h. 筋肉 : ポジティブ



図 3.13 i. いいね : ポジティブ



図 3.14 j. バナナ : ポジティブもしくは変動がない



図 3.15 k. クラゲ : ポジティブ



図 3.16 l. 雪花 : ポジティブ



図 3.17 m. 睡蓮 : ポジティブもしくは変動がない



図 3.18 n. ベル : ポジティブ



図 3.19 o. ダイヤモンド : ポジティブもしくは変動がない

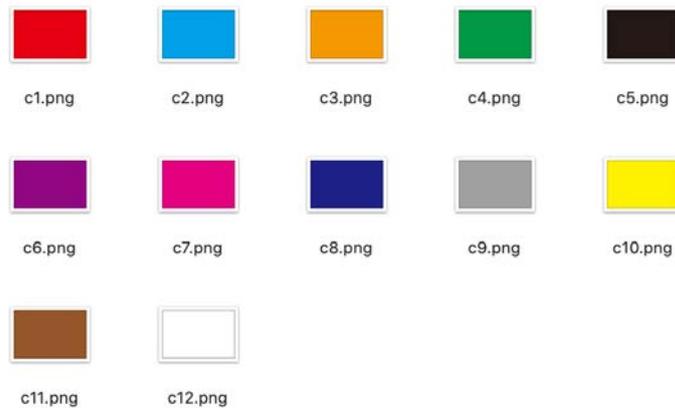


図 3.20 選定した色

### 3.4.3 実験設定

新型コロナウイルスの影響で、実験は Notion、Emapth、ZOOM を使い、すべての回答と結果まとめはオンラインで行った。

実験は以下の順番である。

1. 被験者の最初の気持ちを測定のため、そのままの感情で決めたセリフを読み上げ。Emapth で最初の気持ちを測る。
2. 被験者がランダムで言葉を一つを選び、5 秒の黙読してから最初のセリフに戻る。
3. さっきの言葉を見てから感情の変化を感じ、同じセリフを読み上げ。
4. 被験者が clam, anger, joy, sorrow, energy の感情数値を記入。Emapth 同時に測る。
5. 絵、色は 2～4 の順番をリピート。

本実験を使いツール Emapth の精度を確認するため、同時に、被験者の気持ちの自己記入アンケート調査を行った。結果として、Emapth は精度が高く、自己記入のアンケートなしでも実験結果には影響がない。

事前実験のフィードバックの中に、「実際悲しいが怒りの数値が認識されることが多い。」 実際データを見ると、自己記入と事後インタビューの時にネガティブ感情となり場合は、sorrow の数値が上げたが、angry 数値の変動のほう激しいで

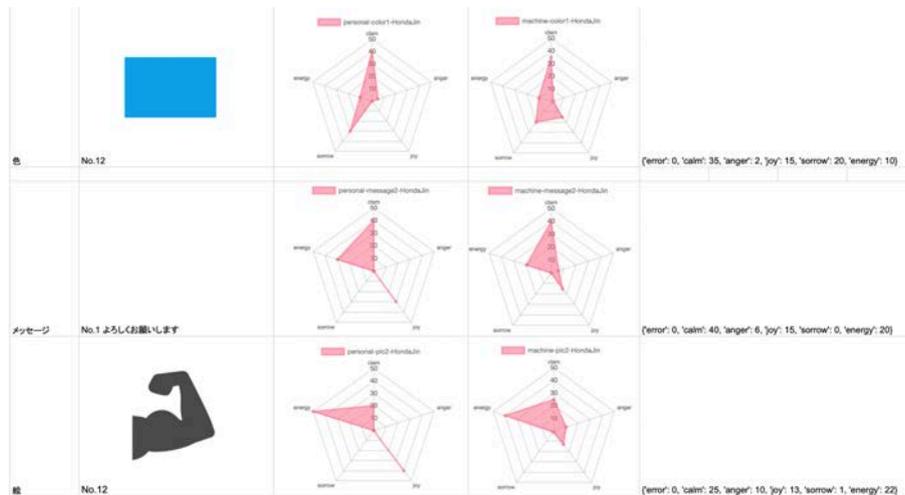


図 3.21 実験中の自己記入(右)と Empath の分析(左)に比べ

ある。

自己記入した結果と Empath の解析結果を組み合わせ、人の感情を情報によって変化する結果は以下で明示した。

また、フィードバックの上に、結果がわかりやすいように、ポジティブとなる基準は energy として、ネガティブとなる基準は angry として採用されている。

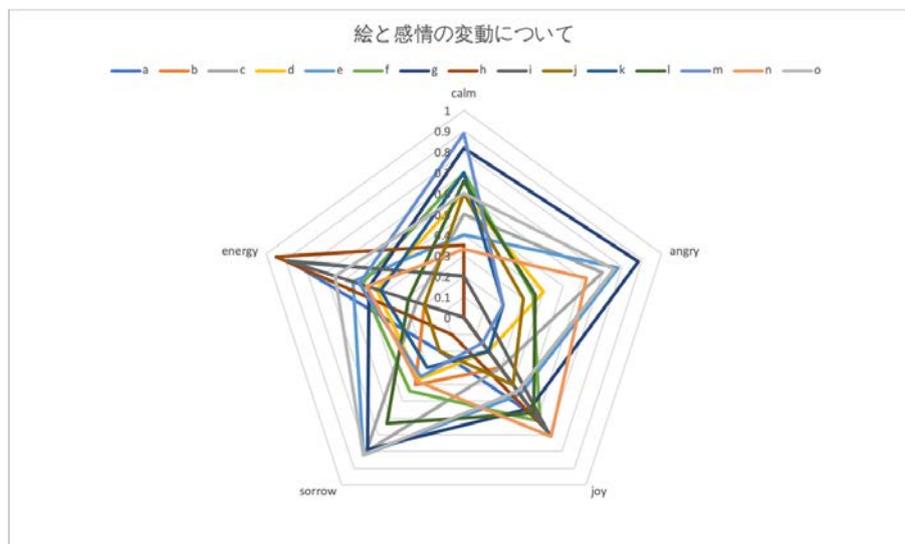


図 3.22 絵と感情の変動

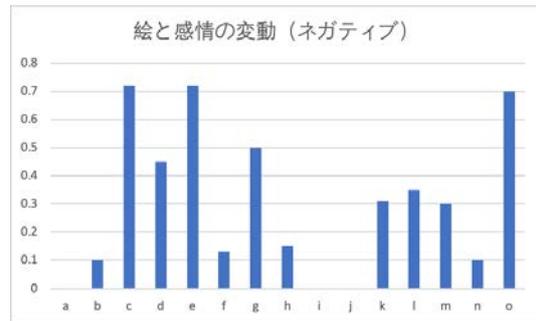
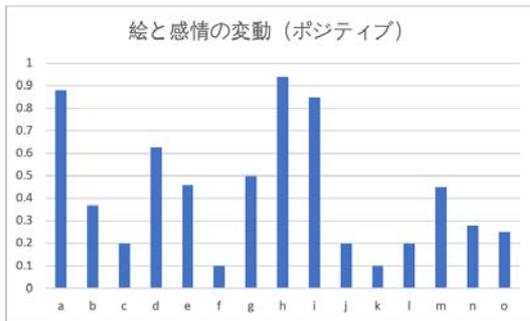


図 3.23 ポジティブとなる絵の統計

図 3.24 ネガティブとなる絵の統計

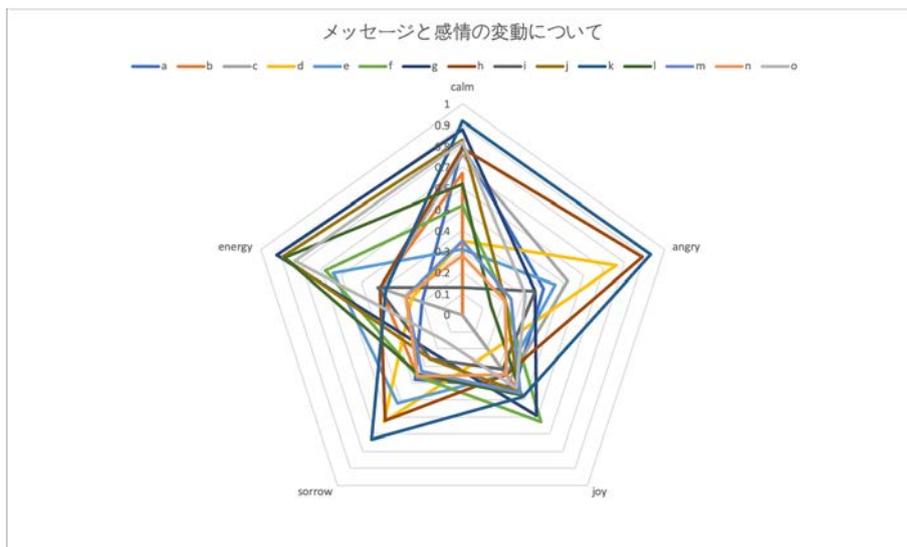


図 3.25 メッセージと感情の変動

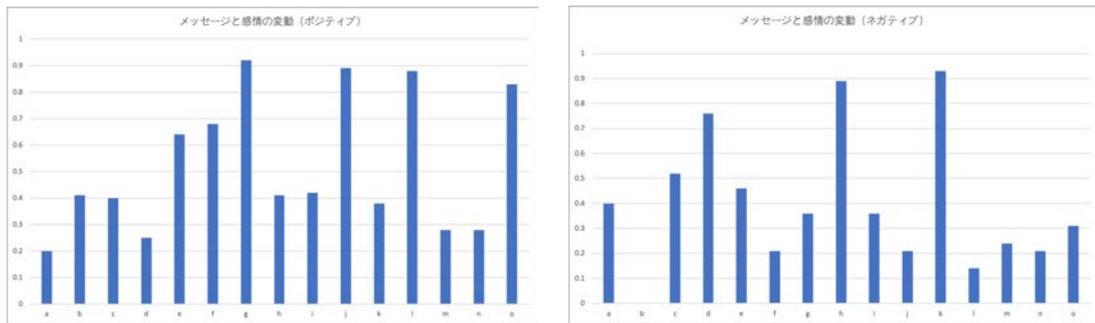


図 3.26 ポジティブとなるメッセージの統計 図 3.27 ネガティブとなるメッセージの統計

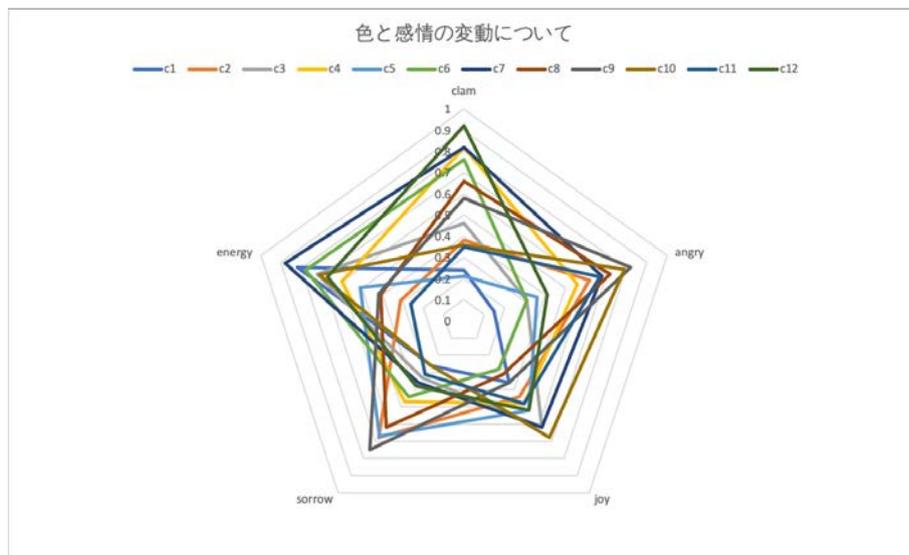


図 3.28 色と感情の変動

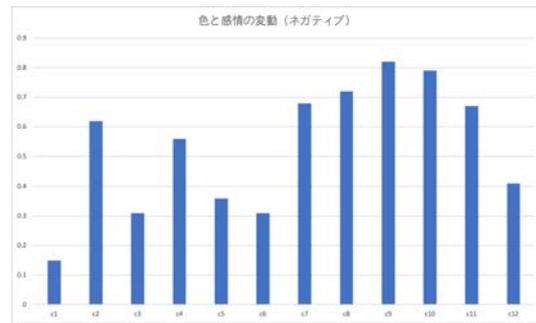
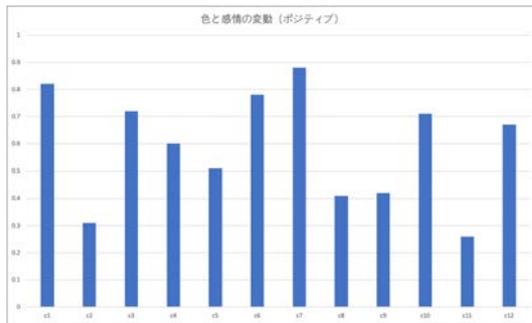


図 3.29 色となるメッセージの統計

図 3.30 色となるメッセージの統計

この中に、特にポジティブ、ネガティブになりやすい情報を3つずつを選び、次の実装の印刷情報として使用する。

選べた情報を以下である：

言葉の

- j. あなたのことを応援しています。
- l. ムリしないでください。
- o. 任せてください
- d. 今日の天気はあんまりよくないです。
- h. もうすぐ締め切りです。
- k. で、進捗はどうですか？

絵の a,c,e,g,h,i,o.



図 3.31 選ばれた絵の情報

色の c1,c6,c2,c4,c8,c9.



図 3.32 選ばれた色の情報

#### 3.4.4 本章のまとめ

本章では食体験のコンセプト、気持ちをポジティブになる手法をまとめ、結果として、体験者に意識しないように日常会話をはじめ、会話を録音し、解析する。解析の結果によって違うパターンの食を印刷し、視覚、味覚、食感から人のポジティブ気持ちを引き出すと提案した。その上で、解析ツールの選び、体験流れのデザイン、事前実験の流れと結果について述べた。

この以降の章では、実際にこのコンセプトをもとに実験、実行した過程と体験者の評価について述べていく。

## 第 4 章

# フードプリントの実装

### 4.1. 印刷食材のデザイン

3D フードプリントの発展を制限する課題の1つは、ほとんどの食品材料が印刷後も流動しているため、印刷中およびその後の処理中に変形が生じることだ。[34] 本研究では、変形しない食材を探し、実際に印刷を行った。

まず初めにどんな食材を使うに関する実験を行う。主にシリンジに入れ、詰まらなくと印刷した絵とメッセージを読めるに基づき、身近な食べ物を簡単に加工し、粘度を変え、造形しやすいものを探す。

結果として、7種類の食材の中にピーナッツクリームを使い、インクとしてプリントを行った。

#### 4.1.1 グミ

どの味が人が抵抗しなく、老若男女を問わず食べれるなのか。初めに、一番やわらかいイメージがあるグミを試した。グミの種類により、粘度が違い、シリンジから出られるか実験を行った。

実験対象として、食感が硬い Haribo とやわらかいさげるグミにした。どっちでも実験用カップに入れ、180℃に加熱し、粘度が箸でかき混ぜられるくらい半液体となり、シリンジに入れた。

次、シリンジを押し、絵を書けるのかを試した。

さげるグミは出やすい、力で自由に調整でき、押すとき綺麗な線を出てくる。冷蔵庫に30分を入れ、硬さを戻り、線が繋がりに、紙に付着しなくても形となる。さらに常温で1時間に置き、粘土のように造形できる。

一方、シリンジに Haribo を入れ、スムーズに押し出せない。室温で 20 分ほど置くと非常に弾力性が出て、造形してもすぐに元の形に戻る。

さげるグミは良い素材ではあるが、冷却の必要時間が長く、180℃～200℃に加熱しなければならぬため即時印刷ができず、また 3D 造形が難しいため、破棄された。



図 4.1 200℃で加熱して溶けたさげるグミ



図 4.2 シリンジで描き、冷却したさげるグミ

### 4.1.2 ケチャップ

一般的な食材であるケチャップでは、スーパーなどで簡単に手に入る。また、ケチャップ瓶や注射器も同じように「押す」という動作をする。しかし、注射器と違い、ケチャップ瓶は空気を吸い込み、ケチャップを絞り出す。それに対し、注射器は空気を吐き出し、ケチャップを絞り出す。しかし、ケチャップは粘度が低く、絞り出しやすいため、良い素材であると推測される。

初めに、ケチャップを直接注射器に注入し、それを絞り出し、ケチャップで描けるようにシリンジを動かす。しかし、ケチャップは水分を多く含んでいるため、コントロールができず、食材の表面が汚くなりがちである。次に、ケチャップを冷蔵庫で一晩冷やし、少し固めるのを試した。

結果として、冷えたケチャップは、まだ水っぽくて造形できない。加熱したら変な味となり、腐敗しやすい、食中毒の可能性がある。そのため、ケチャップという選択肢はなくなった。

### 4.1.3 ホイップクリーム

ホイップクリームは通常、絞り袋に入れ、手の力で絞り出す。ケチャップと同様に、スーパーでもよく見かける食材で、安価ですぐに手に入る。

しかし、ホイップクリームには乳成分や油分が多く含まれているため、水を加えて柔らかくしたり、再加工することはできない。ホイップクリームは硬いという特性があり、シリンジに注入すると、絞り出すのは非常に困難である。少しでも力がかかると、クリームが大量に出てきてしまい、コントロールできない。また、ホイップクリームを加熱すると、柔らかくしてしまうと、酸味があり、腐敗して食べられなくなる。

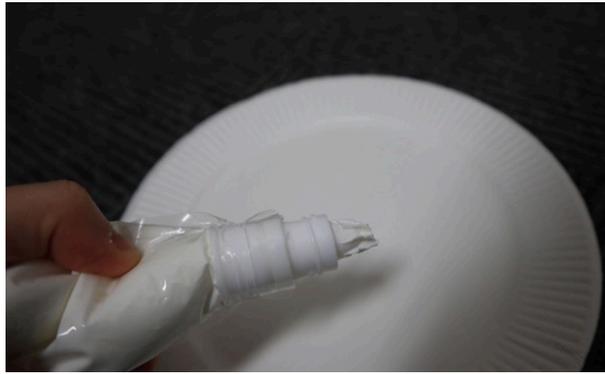


図 4.3 クリーミホイップが固くて出にくい

#### 4.1.4 チョコレート

チョコレートは溶けやすく、どんな形にも再び固まる性質があるため、3D フードプリンティングの素材として人気がある。通常は、チョコレートを小分けにして注射器に入れ、加熱することで、チョコレートが溶けても注射器から滴り落ちないようにしている。その後、シリンジを押し、シリンジの位置をゆっくりと移動させることで、チョコレートが素早く固まり、その上で形が続いていくことで、3D の形になっていく。

フードプリントに使われる 3D プリンターについては、基本的にはチョコレートをプリントして造形することができるのが最低条件である。

しかし、今回のデザインにチョコレートを使用すると、「チョコレートと 3D プリンターで造形する」という実験が既存のものになってしまい、新しさに欠けるため、予備的な研究として、3D フードプリントの原理を理解できた。これを基準として、新しい食材を見つけ、斬新な食体験をデザインすることを試してみた。

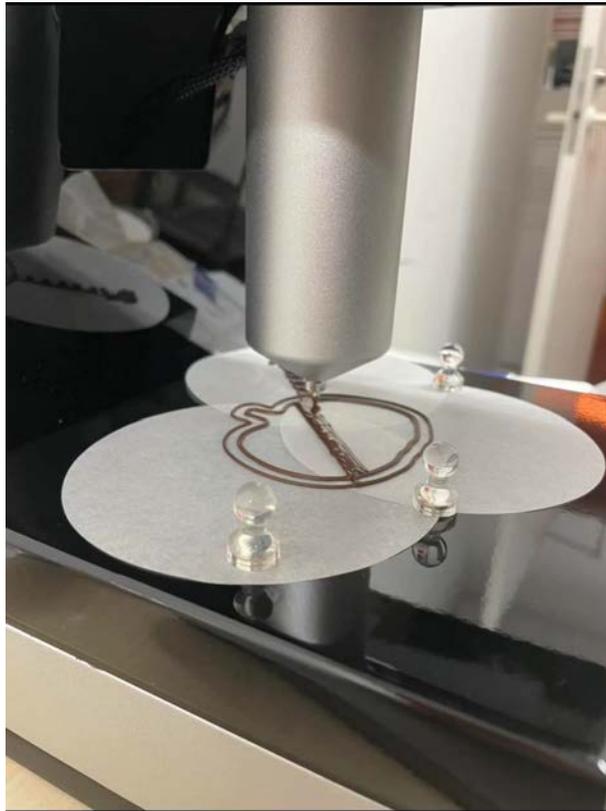


図 4.4 りんごをプリント中

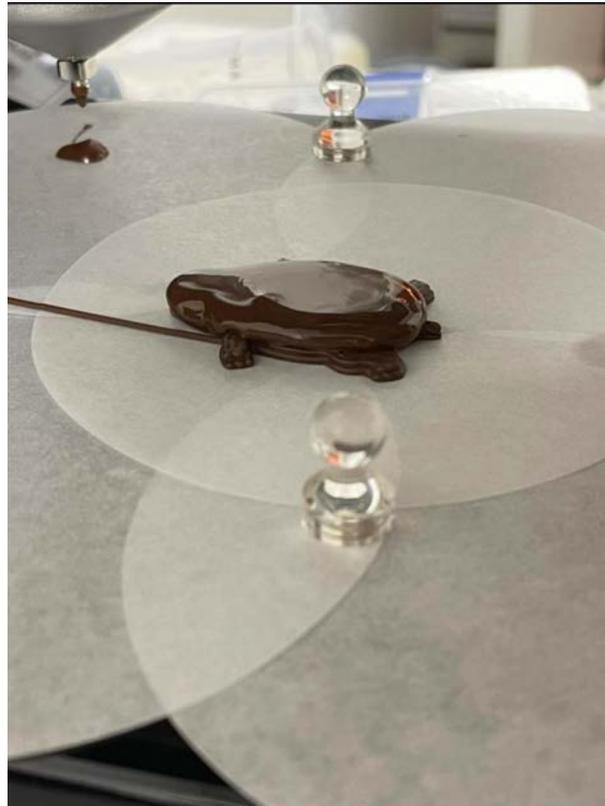


図 4.5 3D 造形のチョコレート亀

#### 4.1.5 ジャム

事前の予想では、ジャムは粘度があり、実験前には非常に良い素材だと考えられた。しかし、市販のジャムはほとんどが果実を含んでおり、実験中にシリンジが詰まってしまう。果実を取り出すと、ジャムの隙間に排出できない空気が出てき、結果的にシリンジからスムーズに押し出されなかった。印刷した絵は断続的に引き出され、必要なものを印刷するのができなかった。

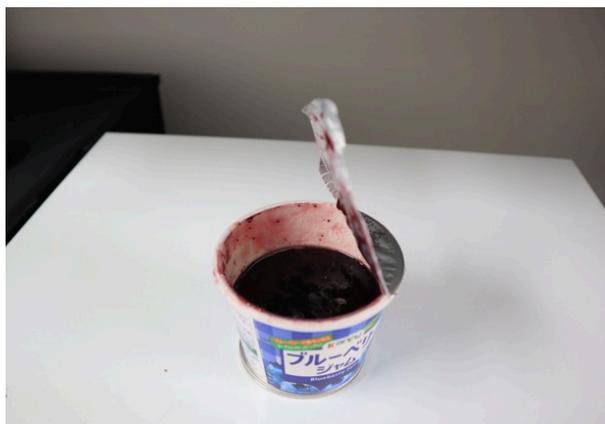


図 4.6 実験を使ったジャム

#### 4.1.6 はちみつ

はちみつの硬さは、温度や使用する花の種類によって決まる。実験の前に、市販から入手した色が深くて硬いはちみつを選んだ。最初の実験では、はちみつの粘度がちょうどよく、シリンジからスムーズに押し出され、必要なさまざまな情報を描くための連続した線を形成することができた。しかし、室温の変化により、徐々に蜂蜜が固まってしまい、押し出すのが困難となった。

一歩、実験中にハチミツの温度をコントロールできず、より適した素材を探すのため、はちみつを断念した。



図 4.7 実験を使ったはちみつ

### 4.1.7 ピーナッツクリーム

ピーナッツクリームを使う実験の前には、ゼリー状に見られ、印刷材料としては適していないと考えられていた。しかし、攪拌後のピーナッツクリームの粘度は徐々に変化し、「クリーム」に近いちょうどいい粘度となった。また、シリンジに注入され、スムーズに押し出すことができ、メッセージを印刷するための連続したラインを形成することができる。ピーナッツクリームは時間が経つと冷えて固まってしまうが、熱湯をシリンジにかけるだけですぐに温まり、スムーズに押し出す状態に戻る。

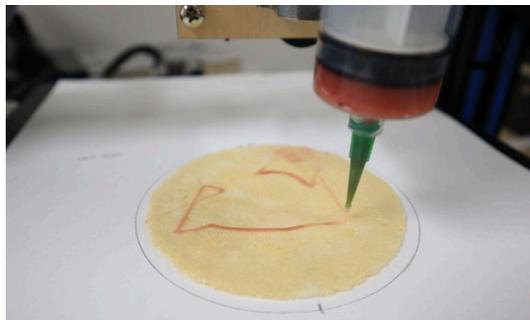


図 4.8 ピーナッツクリームで印刷

そのため、7つの材料を試して研究した結果、実際に使用する材料としてピーナッツクリームが選ばれた。

## 4.2. プリンターのデザイン

シリンジから材料をスムーズに絞り出すために、既存する 3D プリンターを改造し、食品インクで印刷できるようにした。

Arduino を使い、モーターを下に降りる距離を調整する。押し子がモーターの力を受け、インクを押し出す。また、Arduino の設置によって、Z 軸の下降限界を探し、ノズルと土台の最適な距離を得た。

また、プリンターを見えなく、より自然な体験を作るために、白い板をカットし、プリンターの箱を作る。箱の正面は KGU1125M-05 の透明液晶ディスプレイ

を装着し、ユーザーがアバターと直接会話しているかのように、また、アバターが自分のために料理を作ってくれているかのようにすることができる。

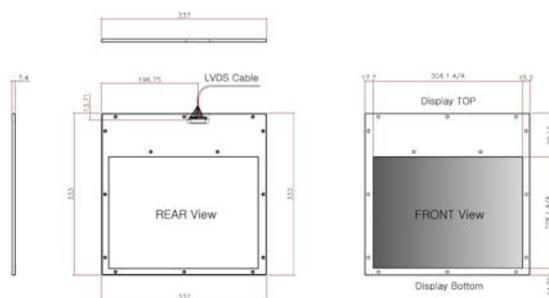


図 4.9 ディスプレイの設置寸法

しかし、透明液晶ディスプレイの特性によって、ディスプレイの後ろから光がないと見にくく、うまく現像できないことがある。そして、箱の端っこからホワイトの高輝度 LED テープライトを装着し、ディスプレイに光を当てる。



図 4.10 ディスプレイと箱を設置した 3D フードプリンター

### 4.3. 3D 造形実験

まず、造形できる立体的なものをはじめ実験した。

しかし、研究上の制約から、利用可能な素材のうち、すぐに加熱し、すぐに冷却し、すぐに造形できるのはチョコレートだけだ。また、チョコレートを使用することのデメリットは前述の通りで、3D 立体的なものの構築は断念し、2D フードプリンティングの研究を行うことになった。

## 4.4. 平面印刷実験

### 4.4.1 平面印刷を使用した理由と意義

材料の制約があるため、リアルタイム印刷用の3Dプリンターの使用は平面印刷に切り替えられているが、プリンター自体は引き続き使用されている。

グラフィックプリントは、食品の表面を手で描いていく絵画に近いものだ。ここで強調しておきたいのは、立体的なものも2D印刷も、「プリント」という手段を使って人々の気分を向上させることを目的としているということである。

つまり、3Dか2Dかではなく、どのような形でコンテンツを提供するかが重要なのである。

しかし、フードプリンティングは食品業界の新しい要素であり、フードプリンティングによって、労働力が大幅に削減され、エラー率が減少し、より多くの人々がどこでも品質がよい食を手に入れることができるようになる。そのため、新しい技術で人々の生活にイノベーションを起こし、新しい食体験を提供することを目指していることも、フードプリンターを使用する重要な要素となっている。

### 4.4.2 実験設定

まず、チョコレートプリントの経験を活かし、3Dプリンターのノズルを高い位置に調整してプリントしやすくなると考えられた。しかし、ピーナッツクリームとチョコレートは形も粘度も違うので、チョコレート印刷の経験から読める情報をプリントするのができなかった。



図 4.11 設定失敗した印刷結果

解決策として、ノズルを平らな面に限りなく近づけることで、ピーナツクリームを押し出すときの落下時間がなくなり、線が均一に落ちるようになった。

次に、ピーナツクリームはどのような粘度であれば安定し、スムーズに出れる実験を行った。

ピーナツクリームは室温で放置しておいても、25度前後の温度で実験必要な粘度を保つことができる。しかし、シリンジを充填した後は、すべての空気が抜かれてしまうので、時間が経つとピーナツクリームは固まっていく。

解決策としては、シリンジを35度前後にゆっくりと加熱し、中のピーナツクリームの粘度が回復するようにした。元々、シリンジはヘアドライヤーで隣に続いて加熱するという発想があったが、ヘアドライヤーの熱風がノズルを乾燥させてしまうため、露出したピーナツクリームが乾燥して固まってしまい、印刷することができなかった。

その結果、ピーナツクリームが箸でかき混ぜられるほどの粘度を保ち、ノズルが限りなくフラットに近いという最適な印刷状態を見つけた。

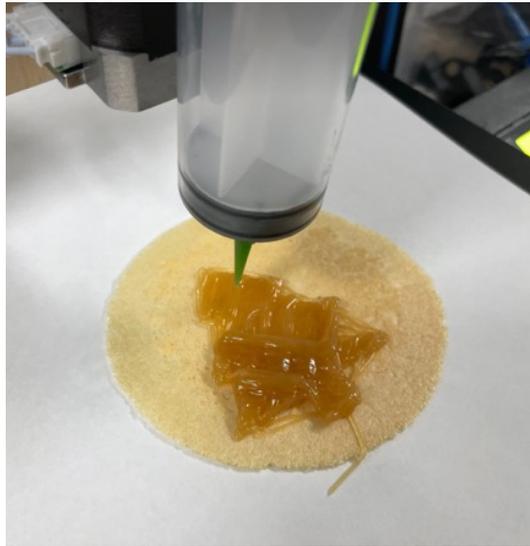


図 4.12 粘度調整した印刷結果

#### 4.4.3 プリントファイルとプリンターの設定

プリントファイルの設定や修正により、最終的なプリントのイメージを決める。今回の実験では、線画を Photoshop でキーイングし、Rhino に転送して厚みや寸法を変更し、stl ファイルに出力、プリントデータとして使った。

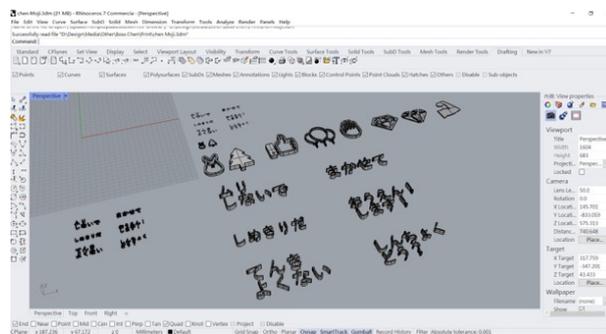


図 4.13 Rhino で調整した印刷ファイル

プリンターの設定は、Repetier を使い、Slic3r でプリンターのデフォルト設定を変更し、平面印刷に最適な移動速度を見つけた。

使用したプリンターは改造品であり、専門の食品プリンターではないため、印刷内容が読めるようにするためには、印刷前に印刷層数などの関連パラメータを手動で変更する必要がある。

通常の3Dプリンターが200℃くらいに加熱し、材料を溶けるのを必要とするのに対し、ピーナツクリームで実現するフードプリントはわずか30℃くらいの温度で行うことができる。そのため、温度感知センサーを取り外した。

しかし、この装置がないために、プリンタシステムが温度を読み取れずにエラーを報告するのである。解決策として、3Dプリンターで実行するG-codeの中の温度コードM104 S0を消し、M302 S-20コードを入れ、プリンタが強制的に実行され、印刷されるのを実現する。

## 4.5. プロトタイプ

### 4.5.1 食パンに載せ

まず、食パンへの印刷を試した。使用した食パンは、スーパーで誰でも買える100円前後のパンを選んだ。しかし、パンの製造方法により、一枚一枚の高さが異なる。表面が非常に柔らかいので、平らな面に直接プリントすると、ノズルが食パンの中に入り、移動できないという状況である。

ここでは、食パンの下にアクリル板を置き、ノズルが食パンに差し込まれないように手で板の位置を調整し、用意したメッセージを印刷するのができた。

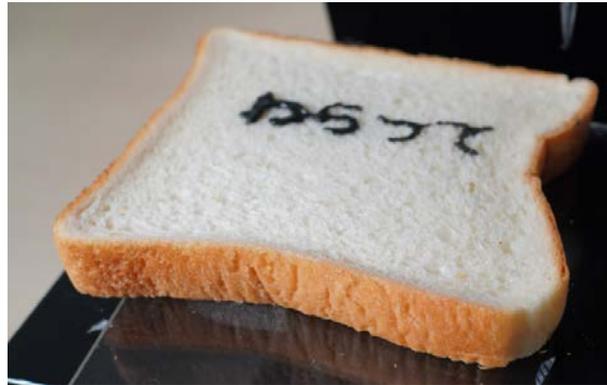


図 4.14 食パンの上に印刷

次に、コンセプトが「生活の中で食べられるプリント食品」であるため、プロジェクトの資金元であるバンダイナムコ研究所さんのアバター「未来小町」を用い、キャラクターとの会話形式でユーザーの声を録音し、声を分析して現在の気分を知ることができ、気分改善するものを印刷するのができた。



図 4.15 Empathで感情の解析



図 4.16 プリントしてもらった「わらって」

#### 4.5.2 食用シートに載せ、食べ物を包む

このプロタイプはKMD フォーラム 2021 で発表された。

しかし、その時点で、プロトタイプまだ完了しておらず、プリンターのセットアップや必要なもの十分に用意されていなかった。また、新型コロナウイルスの影響に加え、来場者に印刷した食べ物を提供することができなかった。

そこで、食べられるシートにワクワクするようなメッセージを印刷し、どら焼きに包んで展示した。

#### 4.5.3 せんべいに載せ

3つ目のプロタイプは佐藤製菓の縁日用花丸せんべいを使用している。非常に安価で平らな面を持つせんべいを見つけた。印刷の際には、ノズルを表面に近づけることができ、平滑度が高いラインを印刷することができた。

このプロトタイプは、本研究の最終バージョンとして実験された。

実験の手順は以下である：

1. アバターに会話し、録音される。
2. 録音を解析し、今の気持ちにより、用意したものをせんべいの上に印刷し、載せる。

3. 食べてアバターに会話、録音される。
  4. 3の録音を解析し、1の解析結果に比べ、気持ちの改善を確かめる。
- 印刷する前に、プリンターの以下のパラメーターを手動で調整する必要がある：
1. ファイルにより Scale のところに何層に印刷するのを確認、調整する。
  2. Slice コードを更新する。
  3. G-code を更新する。
  4. 温度に関するコードを消す。
  5. Z軸をシリンジにギリギリ押せるところに調整。

実際運用ではなく、実験なので、対照群を設置した。

被験者をランダムに選び、2つの実験を行いました。1回目は、人がポジティブとなる食を食べ、2回目は、人が落ネガティブとなる食を食べた。これは、異なる情報が印刷され、被験者を食べてから気持ちの変動を観察するのができた。

このプロトタイプを実装した結果とユーザー評価に関する内容は次の章に述べていく。

## 4.6. 本章のまとめ

本章では、実装するため、最適な食材の調査、3D プリント、プロトタイプの試行錯誤を行った。結果として、プロトタイプはせんべいにピーナッツクリームで色々要素を含める情報を印刷するのを作った。このプロトタイプを通じ、人が印刷されたものを食べ、気持ちの変動を観察のをできる。また、プリンターのデザインと改装を通じ解決した問題点について述べた。

## 第 5 章

# ユーザーテストと考察

まず、4.3.3 で述べたとおり、ユーザーテストを行っていく。

今回は、色と絵、メッセージに組み合わせ、ユーザーの気持ちの変動データを取る。

対象として、20代男性5人、女性7人、合計12人の実験を行った。

事前調査を得た結果のもとに、ユーザーに渡す情報はポジティブとなる18通、ネガティブとなる18通である。

ピーナツクリームは黄色なので、食用着色料を入れ、色の加工した。

しかし、黄色をベースにして青系の色が出れなく、代わりに色が暗い、食の中になかなか出たことがなく迷彩のような緑を使う。また、情報は36通から30通に変更した。

また、印刷結果がわかりやすいように、ポジティブ情報は主に絵、ネガティブ情報は主にメッセージの形で実験を行っていた。

### 5.1. ユーザーテスト

初めに、ユーザーとアバターを会話し、アバターの問題を答える。会話のイメージは以下である。その中に、アバターの会話は事前で設定し、ユーザーの回答より会話パターンを変える。

アバター：お疲れさまです！今日はどうでしたか。

ユーザーが今日をやったことや気持ちを自由に述べる。

アバター：なるほど。もしかして、今は嬉しいですか / 悲しいですか。

ユーザーが嬉しいと悲しいの二択から選ぶ。

アバター：じゃあ、今から魔法のフードでもっと嬉しくなりましょう！/ 元気を出して、今からサプライズのフードがありますよ！

すべての会話が録音し、解析する。ユーザーの気分がわかると、30通の情報から、ポジティブな方向に変えてくれそうな情報が選び、せんべいの上にプリントする。

プリントの待つ間、ユーザーが自由にやりたいことをやる。

次、プリントができ、ユーザーをせんべいを取る。

ユーザーが試食する時に、アバターから話をかけ、イメージは以下である。

アバター：どう？テンションもっと高くなりましたか。/ 元気になりましたか。

ユーザーが回答し、パソコンが元気になったか元気さを下げたのを解析。

元気になった場合、アバターは「ありがとうございます！」と返す。

元気を下げ、嬉しくなれなかった場合、アバターは「ごめんなさい、今度もっとがんばります。」と返す。



図 5.1 「ありがとうございます」の姿



図 5.2 「ごめんなさい」の姿

## 5.2. 実験結果の考察

実験の結果を以下に示す。

データのわかりやすさを求め、すべての数値を参考ではなく、一部 Key date を使い評価する。ポジティブは energy 数値の変動に基づき、上げたらポジティブとなりのを認める、下げたらポジティブとなるのを認める。

12人の平均値から見ると、ポジティブの情報を受け、約8.5割の人がポジティブとなり、元気さの数値が増やした。残り約2.5割の人は感情が無変動し、ネガティブとなる人が0でした。

ネガティブの情報を受け、約6割の人がネガティブとなり、特に怒りの数値が増やした。次、約2割の人がポジティブとなり、元気さの数値を増やした。最後、残り2割の人の感情が無変動した。

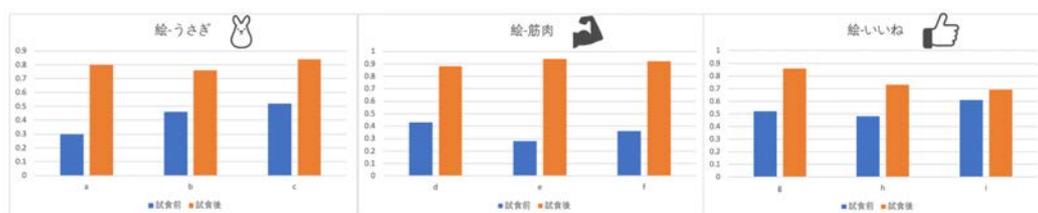


図 5.3 絵の情報に対してポジティブとなる統計

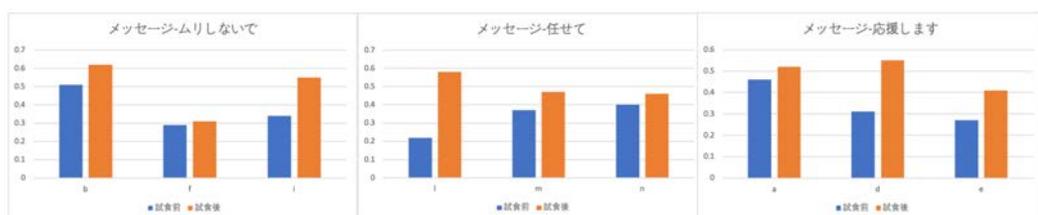


図 5.4 言葉の情報に対してポジティブとなる統計

### 5.2.1 プリント情報の考察

プリントで使った情報の中に、特に円をメインにするうさぎの絵と情報の特徴がわかりやすい筋肉の絵がユーザーに刺激を与えやすい、見たらすぐ感情がポジティブとなる。三角をメインにするツリーをはじめ、特に伝える情報がなくて感情の変動が少ないを示した。

一方、メッセージの方は、ポジティブとなる情報はネガティブとなる情報より刺激が弱く、ネガティブのメッセージを見てから angry の数値が日常会話の時より上げたのを示した。

結果として、ポジティブとなる情報は線が少なく、簡単にマネできるかわいい、見たら癒やされる絵と元気の感じがわかりやすく、刺激を与えるために線ではなく、中でも全部塗る物のほうがポジティブの感情が引きやすい。

逆として、ポジティブのメッセージは「言葉が軽い」というフィードバックが多い、刺激が弱く、感情の変動が少なかった。ネガティブのメッセージは日常生活の時にもこんな刺激強い言葉に支配され、怖い気分を思い出すのを示した。

色について、赤は刺激が強く、ポジティブとなるのをデータから示したが、フィードバックとして、イメージ通りの絵かメッセージと色が組み合わせのをしたら、色の重要性が薄くなり、気持ちの変動は絵かメッセージを中心に動く。例を挙げ、緑とツリーの組み合わせ、ピンクとうさぎの組み合わせである。イメージと正反対、もしくは絵と変な色の組み合わせの場合は、悲しくなり、気分が悪くなるケースが多い。例を挙げ、青いとりんごの組み合わせである。

### 5.2.2 プリンターの考察

今回使用したフードプリンターは改装したものである。X軸、Y軸、Z軸の正確な位置はハードウェアでは検出できないため、あらかじめ手作業で食品を印刷可能な位置に配置しておく必要がある。

この状況は、修正後にX軸、Y軸、Z軸の相対的な寸法が変更されたにもかかわらず、ハードウェアではこの位置を修正・調整せず、ソフトウェアでは理論的な正確な寸法を表示し続けたため、印刷位置と実際の位置にずれが生じたものと推測される。

実験中にこの問題を解決するために、せんべいと注射器の相対的な寸法を決定し、何度か試しながらA4紙にマークをつけていた。毎回正確な位置にせんべいを置くために、寸法がA4の紙に配置し、相対的な寸法をマークしました。もしプリンターの上に位置検知センサーを追加し、同時に位置をコンピューターに転送すれば、ペンで位置をマーキングしなくてもせんべいを直接土台に置いて印刷できるだろう。

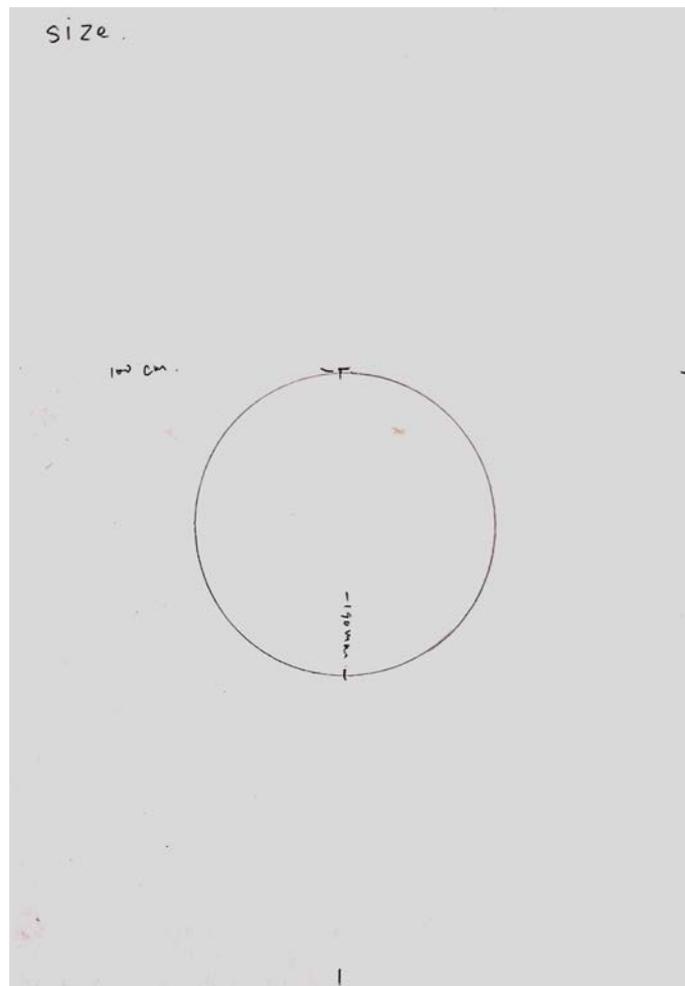


図 5.5 測定した寸法

また、シリンジを固定する装置は、レーザーカッターでカットした木の板を組み立て、モーターで板に下向きの圧力をかけ、シリンジからインクを押し出す仕組みである。モーターが大きな力で板を押し付けているため、締め付けられた基板が破損しやすいということがある。そのため、実験中はネジを緩めておき、板に過大な力がかかって破損しないようにする必要がある。もし他の硬くて軽い素材で固定されていれば、もっと使いやすく、破損しにくいだらう。

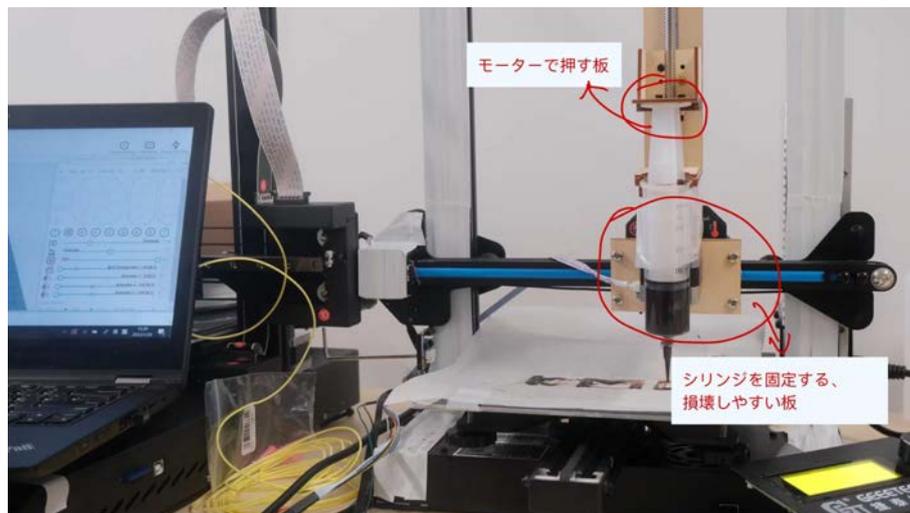


図 5.6 シリンジを固定する装置

### 5.2.3 食べるについて考察

実験の結果は予想通りでしたが、「食べる」という部分では別の要素が絡んでいた。まず、7名の方は、プリントアウトしたものを見て、プリントのプロセス自体は楽しそうだったと思ったので、食べる前にポジティブになったというフィードバックがあった。ここでプリントの作業プロセスを隠していれば、より正確な結果が得られるだろう。

ネガティブとなるかを検証する際、「食べる」という行為自体はネガティブ気持ちを解消する方法として考慮されなかった。特に、韓国語において、「=噛む」という言葉があり、食べ物を噛み砕くという意味だけではなく、「文句を言う」という意味も持つ。韓国の若者が使用する「全てを噛んでしまう」という慣用表現は、「心の中のストレスをすべて吐き出す」、「心の中の言いたかったことをぶちまける」というような意味で使用される。[35]このような文化背景と似たような考え方があれば、「ネガティブの情報を食べる」は「ストレス解消」に変換し、ポジティブとなる可能性が高い。もし、ネガティブとなる情報が恐怖をさせるや不気味な情報に変わっていたら、ネガティブな状態を作り出すことができるだろう。

しかし、人をネガティブにするという使い方はあまり使わず、より良いネガティ

ブな効果を得るために、いくつかのホラーゲームや屋敷体験の中で使うことができるだろう。

#### 5.2.4 アバターの使用について考察

今回の実験では、アバターとの会話を行い、その会話から音声データを抽出して分析した。

事後フィードバックでは、12人全員がこのアバターとの会話が自分の現在の気持ちをうまく引き出すのに対して役立ったという意見である。10人が分析結果を正確だと評価した。

また、12人全員がアバターをかわいいと思い、会話を続けたいと言った。

アバターとの対話は、友人と同じような会話スタイルや言葉遣いになるように設計されており、質問の設計に基づいて必要な音声データ情報を効果的に引き出すことがわかった。

アバターとの会話を導入することで、より正確な音声データを取得・分析できるようになったことは明らかである。会話内容のデザインにつき、友達感覚で会話したら本人がリラックスした状態で、本音を引き出すことができ、感情を隠す可能性を減らすことができるのがわかった。

#### 5.2.5 フィードバック

ポジティブの情報をもらえ、確実にポジティブとなった人について、共通のフィードバックは以下である。

1. 絵を見たら笑いたいくらい面白い。
2. プリントの印刷プロセスを見たらストレス発散できる。
3. アバターに対話し、元々あった緊張、不安な気持ちから抜き出す。
4. 甘くてリラックスを感じる。
5. シンプルにうまい。

ネガティブの情報をもらえ、確実にネガティブとなった人について、共通のフィードバックは以下である。

1. メッセージを見たら緊張感がある。
2. 話がひどい。
3. 色が不気味。
4. 今の悩みを解決してくれなく、逆につらくなった。

感情が変動しない人のフィードバックは以下である。

1. ポジティブの情報をもたらしても、なんも変わらない。
2. 見たら連想もできないし、ただの情報を見た感じ。
3. 味は好きではなかった。

その中に、特殊のパターンがある。ネガティブの情報を見ても嬉しくなる人のフィードバックは以下である。

1. 緑とツリーはどちらでも興味ないけど、組み合わせてクリスマス感があり、きれいだった。

2. ネガティブの情報を知っても、アバターが一生懸命の姿を見たらなんとなく感動し、自分でもそれくらいがんばりたいなので、元気になった。

このように、食体験のユーザーテストを行い、デザインした情報と印刷手法を人の感情の変化を誘発し、日常生活で使い、人のポジティブな感覚、考え方を引き出し、食体験を高めた可能性が示唆された。



図 5.7 人にポジティブとなるうさぎの絵



図 5.8 試食



図 5.9 人にポジティブとなる筋肉の絵

### 5.3. 本章のまとめ

本章では、ユーザー目線から実装して体験まで具体的な流れを述べた。ユーザーの評価として、体験してからポジティブとなる人間は8割であり、ユーザーに渡す情報に工夫したらもっと人の満足度が高める可能性がある。

実験結果について、かわいい、マネしやすい簡単な絵とポジティブ情報の刺激を与えやすい絵のほうがポジティブの気持ちとなる。メッセージはポジティブ気持ちが引きにくい。ネガティブの場合は、イメージ通りの色と絵の組み合わせは正反対、人の日常常識を離れる時にネガティブとなりやすい。また、日常生活にストレスの言葉が印刷したら怒りと悲しいの数値を上げ、ネガティブとなるのを示した。

考察はプリント情報、プリンターの使用、アバターの使用、「食べる」行為、4つのセクションを行った。結果として、「食べる」行為を通じ、まだプリント情報の再デザインはできる。プリンターに使用がまだ改善の余地があるが、アバターの使いが好評になり、人との交流があるなので、食体験として不可欠の一部と考えられる。

## 第 6 章

# 結 論

### 6.1. 総括

本論文では、3D プリント技術と身近な材料を使い、アバターに会話してポジティブな気持ちを引き出し新しい食体験を提案した。この提案のコンセプトデザイン、印刷材料の選び、アバターの運用とプロトタイピングについて述べた。各章の結論は以下の通りである。

第 1 章では、研究の背景、今まで食体験の問題点について述べた。その問題点に基づき、人が日常でも料理不要の 3D フードプリント食を食べる食体験を提案した。

第 2 章では、本研究に関する最先端のフードプリント技術、実際に料理製作の運用と運用の改善できるところ、本研究で使う音声解析ツールの紹介、様々な手法で人の気持ちを改善する例、音声解析を使い手法を述べた。その後、フードとメンタルの関係性を述べ、フードでメンタルケアの実現性を調べた。最後は、本研究の意義、新規性について説明した。

第 3 章では、本研究のコンセプトデザインと事前研究について述べた。その中、ポジティブな感覚を引き出す、日常感覚で食べるのをポイントとしてデザインを注力したのを述べた。そのため、アバターと日常会話し、その場で人の声が録音し、スピードを解析し、結果をプリントに返し印刷模様を決めるのを提案した。その後、人のポジティブな感覚を引き出すためにどんな情報を見たら実現できるに関して、ZOOMで行った事前実験について概説した。その結果では、印刷情報として絵、色とメッセージ 3 通ずつ選び、実際に印刷する問題点を述べた。

第 4 章では、コンセプトの制作と実装について述べた。7 種類の材料を使い、3

つのプロトタイプを作り、ピーナツクリームでせんべいの上に載せるというプリント手法は現段階一番よいのを提案した。その後、実装する時に自制プリントの改装と設置、印刷用ファイル作りの注意点について述べた。特にプリンターによりZ軸の設定と温度に関するコードの再編集を概説した。また、実装して体験プロセスではアバターに会話し、解析結果により印刷するものを決め、プリント食を提供について確定した。

第5章では、実際のユーザーテストとユーザーの評価、実験風景について述べた。3Dプリント食を通じ、ネガティブの人が8割くらいにポジティブとなり、食の癒やし、ストレス軽減効果が検証された。また、事前実験中にネガティブと認められた情報は組み合わせかアバターに会話したらポジティブ情報となるケースがあり、ネガティブの情報でも色の加工、アバターの会話内容に工夫したらポジティブの情報に変換できる可能性が示唆された。また、実際アバターを使い、どんな内容をユーザーと会話し、それに対してどんなリアクションがあるについて述べた。最後、実験結果、自分で改装したプリンターの使用、「食べる」行為、アバターの導入と使用について考察をした。

## 6.2. 展望

### 6.2.1 食でポジティブとなる実現

この論文では、今回提案した体験を実現する上で必要な要素である自動的に音声解析、3Dプリント技術、アバターの使用のデザインを行ったことを述べた。

今後は、その要素を統合し、さらに機械学習を使い、学習して印刷パターンの多様性にすべく、更なる研究を行っていきたいと考えている。

また、どのような情報をプリントと提供し、3Dフードの自作と改善、アバターとの会話デザインについて、更なる研究、実験を行い、より毎日に使いたい自動化3Dフードプリント食体験を作りたいと考えている。

### 6.2.2 日常で使えるプリント食

近年、3D プリント技術の発展により、様々な発想が出てくる。特に「有名店のレシピにより、材料を入れたら有名店と同じものを印刷される」のを注目されている。行列を並び、海外をいけないなど理由がなかなか食べられないものをこの技術で簡単に食べられる可能性が高める。今回の論文は食材を使い、3D プリント技術で甘いものを印刷したものの、今後は立体的なものをプリントされ、日常でも品質が高い、様々な自動料理を食べられる現実に来るかもしれない。

また、様々な食材を使ったインクの開発に基づき、食の多様性が増え、使う場面が増えていくだろう。それで、よく食体験を作り、人の食欲をそそられ、食意識を喚起、食品ロスが減り、無駄な支出を減らすという経済効果があるだろう。

### 6.2.3 より面白い食体験作りに向けて

本論文にも述べたように、ストレス、ネガティブの人の気持ちを改善するのは現代社会についてメンタルヘルス大事な一部と考えられる。今回、私は食以外、アバターの使用を注力し、コミュニケーションから人の気持ちを楽させるのを作った。研究活動を通して、自分が FoodTech に対する熱意が再認識でき、人とのコミュニケーションで心を繋げてリラックスできるのを学んだ。これからも様々な形で、FoodTech を通じ、人の食生活をサポートし、より面白い体験を作りたいと考えている。

# 謝 辞

指導教員の山岡潤一専任講師には熱心なご指導とご支援を賜り、研究を円滑に行うことができました。ここに感謝の意を表します。研究の方向性について様々な助言や指導をいただきました副指導稲蔭正彦教授に心から感謝いたします。バンダイナムコ研究所には、リアルプロジェクトのコラボレーションとして、新しいアイデアや実験のサポートについて助言いただき、感謝いたします。また、日々ディスカッションを行い、励ましながら修士課程を過ごした同期達、日本の学生生活をサポートしてくれた家族、関わっていただけた全ての方に、この場を借りて深く御礼申し上げます。

## 参 考 文 献

- [1] 堀内真美, 赤地利幸, 川上勝, 古川英光. 3d フードプリンターで造形される巨視的な 3 次元構造による介護食品などに適した軟質食品の食感設計とその効果. *日本食品工学会誌*, Vol. 22, No. 4, pp. 119–134, 2021.
- [2] Deborah Lupton and Bethaney Turner. ‘both fascinating and disturbing’: Consumer responses to 3d food printing and implications for food activism. *Digital Food Activism, edited by Tanja Schneider, Karin Eli, Catherine Dolan and Stanley Ulijaszek, by Routledge, London, Forthcoming*, 2016.
- [3] 店舗経営レシピブック. お客様が好きな具材を選べるカスタマイズスタイルとは? *website*, 2020. URL: <https://recipe-book.ubiregi.jp/articles/inshoku-customize-style/>.
- [4] Jie Sun, Weibiao Zhou, Dejian Huang, Jerry YH Fuh, and Geok Soon Hong. An overview of 3d printing technologies for food fabrication. *Food and bio-process technology*, Vol. 8, No. 8, pp. 1605–1615, 2015.
- [5] AIRI NAKANO. デジタルと食が融合。驚きの食体験、してきました。 *website*, 2020. URL: <https://www.vogue.co.jp/fashion/article/2019-12-20-airi-nakano>.
- [6] Jie Sun, Zhuo Peng, Liangkun Yan, Jerry Ying Hsi Fuh, and Geok Soon Hong. 3d food printing an innovative way of mass customization in food fabrication. *International Journal of Bioprinting*, Vol. 1, No. 1, 2015.
- [7] Fan Yang, Min Zhang, and Bhesh Bhandari. Recent development in 3d food printing. *Critical reviews in food science and nutrition*, Vol. 57, No. 14, pp.

- 3145–3153, 2017.
- [8] 山口修一. 3d プリンティング技術とこれからの日本のものづくりについて. 日本画像学会誌, Vol. 53, No. 2, pp. 119–127, 2014.
- [9] SK 本舗. 食用 3d プリンターは「食の未来」を変えるか? その現状、可能性、難点をめぐって. ブログ, 2020.
- [10] 平松サリー. 【自由研究】料理の中に科学を探せ! おうちでできる卵実験. URL: <https://resemom.jp/article/2020/07/22/57331.html>.
- [11] 川原誠司ほか. 「コミュニケーション演習」「メンタルヘルス実習」という教育的実践 (2014 年度). 宇都宮大学教育学部教育実践紀要, No. 1, pp. 187–191, 2015.
- [12] Iman Dankar, Amira Haddarah, Fawaz EL Omar, Francesc Sepulcre, and Montserrat Pujolà. 3d printing technology: The new era for food customization and elaboration. *Trends in food science & technology*, Vol. 75, pp. 231–242, 2018.
- [13] Jie Sun, Weibiao Zhou, Liangkun Yan, Dejian Huang, and Lien-ya Lin. Extrusion-based food printing for digitalized food design and nutrition control. *Journal of Food Engineering*, Vol. 220, pp. 1–11, 2018.
- [14] Antonio Derossi, Rossella Caporizzi, Domenico Azzollini, and Carla Severini. Application of 3d printing for customized food. a case on the development of a fruit-based snack for children. *Journal of Food Engineering*, Vol. 220, pp. 65–75, 2018.
- [15] Moran Mizrahi, Amos Golan, Ariel Bezaleli Mizrahi, Rotem Gruber, Alexander Zoonder Lachnise, and Amit Zoran. Digital gastronomy: Methods & recipes for hybrid cooking. pp. 541–552, 2016.

- [16] The School of Computer Science Hybrid Lab and The Hebrew University of Jerusalem Engineering. Digital gastronomy. URL: <http://digitalgastronomy.co/>.
- [17] Amit Zoran and Dror Cohen. Digital konditorei: programmable taste structures using a modular mold. In *Proceedings of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp. 1–9, 2018.
- [18] Rohit Ashok Khot, Deepti Aggarwal, Ryan Pennings, Larissa Hjorth, and Florian’Floyd’ Mueller. Edipulse: investigating a playful approach to self-monitoring through 3d printed chocolate treats. In *Proceedings of the 2017 CHI conference on human factors in computing systems*, pp. 6593–6607, 2017.
- [19] 堀内真美, 赤地利幸, 藤井亮児, 川上勝, 古川英光. 介護食などに適した軟質食品の 3d フードプリンティング: ごぼうピューレに添加したタンパク質とゲル化剤が吐出線と造形物の保形に与える影響. 日本食品工学会誌, Vol. 22, No. 1, pp. 27–38, 2021.
- [20] リコー経済社会研究所. 楽しい「介護食」を提供する 3d フードプリンター. 2021.
- [21] A Derossi, R Caporizzi, MO Oral, and C Severini. Analyzing the effects of 3d printing process per se on the microstructure and mechanical properties of cereal food products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Vol. 66, p. 102531, 2020.
- [22] 明治株式会社. 香味の秘密 — what is the chocolate. *website*, 2020. URL: <https://www.meiji.co.jp/products/brand/the-chocolate/taste/>.
- [23] 西村雅史, 伊東伸泰, 山崎一孝ほか. 単語を認識単位とした日本語の大語彙連続音声認識. 情報処理学会論文誌, Vol. 40, No. 4, pp. 1395–1403, 1999.
- [24] 株式会社 Empath. Empath — products. *website*, 2020. URL: <https://www.webempath.com/jpn/products>.

- [25] 森建人, 矢野良和. 短時間発話からの音声感情認識のための音声データ選別法に関する検討. 日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム 講演論文集第 25 回ファジィ システム シンポジウム, pp. 68–68. 日本知能情報ファジィ学会, 2009.
- [26] Merryn Maynard, Lesley Andrade, Sara Packull-McCormick, Christopher M Perlman, Cesar Leos-Toro, and Sharon I Kirkpatrick. Food insecurity and mental health among females in high-income countries. *International journal of environmental research and public health*, Vol. 15, No. 7, p. 1424, 2018.
- [27] 松岡豊, 浜崎景. 食からメンタルヘルスを考える. *精神神経学雑誌*, Vol. 118, No. 12, pp. 880–894, 2016.
- [28] Natalie Parletta, Catherine M Milte, and Barbara J Meyer. Nutritional modulation of cognitive function and mental health. *The Journal of nutritional biochemistry*, Vol. 24, No. 5, pp. 725–743, 2013.
- [29] 松岡豊. メンタルヘルスを支える食・栄養. *自律神経*, Vol. 58, No. 2, pp. 182–185, 2021.
- [30] 武政誠. 食品 3d プリンタ (food 3d printer). *日本食品科学工学会誌*, Vol. 66, No. 5, pp. 186–186, 2019.
- [31] Lei Zhang, Shuai Wang, and Bing Liu. Deep learning for sentiment analysis: A survey. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, Vol. 8, No. 4, p. e1253, 2018.
- [32] 中野光子. 色彩感情と形態感情の合成効果に関する分析的研究. *心理学研究*, 1972.
- [33] 野口薫木村敦. 感情効果の類似が形と色の調和的關係に及ぼす影響. *デザイン学研究*, 52 卷, 6 号, pp. 1–8, 2006.
- [34] Zilong Zhao, Qian Wang, Bowen Yan, Wenhua Gao, Xidong Jiao, Jianlian Huang, Jianxin Zhao, Hao Zhang, Wei Chen, and Daming Fan. Synergistic

effect of microwave 3d print and transglutaminase on the self-gelation of surimi during printing. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Vol. 67, p. 102546, 2021.

- [35] 許俊寧. 文化の特色に基づいたデジタルクロスモーダル広告表現の実践. 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科, 2018.