

Title	振動触覚を用いた咀嚼感提示による新しい食体験のデザイン
Sub Title	Design of a new eating experience by presenting chewing sensation using haptic sensation
Author	眞保, ありあ(Shinbo, Aria) 南澤, 孝太(Minamizawa, Kōta)
Publisher	慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科
Publication year	2017
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2017年度メディアデザイン学 第607号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40001001-00002017-0607

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 2017年度（平成29年度）

振動触覚を用いた咀嚼感提示による
新しい食体験のデザイン

慶應義塾大学大学院
メディアデザイン研究科

眞保 ありあ

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。

眞保 ありあ

審査委員：

南澤 孝太 准教授 (主査)

稲陰 正彦 教授 (副査)

古川 享 教授 (副査)

修士論文 2017年度（平成29年度）

振動触覚を用いた咀嚼感提示による 新しい食体験のデザイン

カテゴリー：デザイン

論文要旨

食事は生きていく上で必要不可欠な行為であるとともに、娯楽の一種でもある。味の向上によって美味しさという形で人々を喜ばせるほかにも、映像作品の一要素として取り上げられることや、様々なアプローチから新しい食体験の演出を行うレストラン及び食器等が存在する。そうした中で、身体的問題や状況によってサプリや栄養を摂取するのみの食事を行わなければいけない場面が存在する。こうしたときに口にする無味の食品の食べ心地を恣意的に変容させることで、楽しい食事にすることができるのではないかと考えた。本研究ではその手段として振動触覚を骨伝導を通して歯に流し、それに連なる可食部を噛む際にその食品とは異なる食品の咀嚼感を味わわせることで一つの食材で複数の食感を楽しめる食体験のデザインを行った。

キーワード：

味覚, クロスモダリティ, 触覚, エンターテイメント, 食生活

慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科

眞保 ありあ

Abstract of Master's Thesis of Academic Year 2017

Design of a New Eating Experience by Presenting Chewing Sensation Using Haptic Sensation

Category: Design

Summary

Eating food is also an indispensable act to live, it is also a kind of entertainment. Besides improving the taste and delighting delicious people, there are restaurants and cuisines that can be taken up as elements of video work and create new food experiences from a variety of approaches. Under such circumstances, depending on physical problems and circumstances, there are scenes just to eat supplements and nutrients. I thought that it is possible to make a delightful meal by arbitrarily changing the feeling of chewing of tasteless food to be mentioned at such time. In this study, in order to taste the sense of chewing of food other than food, I designed a food experience to haptic sense through teeth through bone conduction.

Keywords:

Taste, Haptic, Cross Modal, Entertainment, Food

Keio University Graduate School of Media Design

Aria Shmbo

目 次

第1章 序論	1
注	4
第2章 関連研究	5
2.1. 食事というエンターテイメント	5
2.2. 食体験の拡張・演出	7
2.3. 視覚刺激による食体験の変化	8
2.4. 聴覚刺激による食体験の変化	11
2.5. 嗅覚刺激による食体験の変化	12
2.6. 触覚による食体験の変化	12
2.7. 電気刺激による味覚への影響	13
注	14
第3章 コンセプト	15
3.1. 咀嚼感提示媒体を含む食感可変食品のデザインコンセプト	15
3.2. 咀嚼感提示媒体を含む食感可変食品	17
3.3. 1st プロトタイプ	18
3.3.1 1st プロトタイプの方針と制作	18
3.3.2 1st プロトタイプ - レシピ	21
3.3.3 2nd プロトタイプ - 体験	23
3.3.4 1st プロトタイプ - 評価	24
3.3.5 1st プロトタイプ - 考察	25
3.4. 2nd プロトタイプ	26
3.4.1 2nd プロトタイプ - 方針と試作	26

3.4.2	2nd プロトタイプ - レシピ	27
3.4.3	2nd プロトタイプ - 体験	30
3.4.4	2nd プロトタイプ - 評価	30
3.4.5	2nd プロトタイプ - 考察	32
3.5.	使用食品作成におけるレシピの模索と変遷	33
3.6.	考察	35
第4章	振動触覚を用いた咀嚼感提示による食体験デザイン	36
4.1.	食体験デザインの概要	36
4.2.	咀嚼感提示デバイス	37
4.3.	咀嚼感デザイン	38
4.4.	レシピ	40
4.5.	食体験	43
4.6.	評価	44
4.7.	考察	46
第5章	結論	48
	謝辞	51
	参考文献	52

目 次

1.1	宇宙食 ¹	3
2.1	クックパッド ¹	6
2.2	人口いくらの例 ²	6
2.3	Le Petit Chef ³ の様子	8
2.4	Project Nourished ⁴	8
2.5	メタクッキー ⁵	10
2.6	EaTheremin ⁶	12
2.7	タグキャンディ ⁷	13
2.8	Digital Lollipop ⁸	14
3.1	デザインスケッチ	17
3.2	型の制作	19

1 宇宙の店 <http://spacegoods.ne>

1 クックパッド <https://cookpad.com>

2 [molecularrecipes.com](http://www.molecularrecipes.com) <http://www.molecularrecipes.com>

3 Le Petit Chef <http://www.lepetitchef.com>.

4 project nourished <http://www.projectnourished.com>.

5 参考文献 メタクッキー：感覚間相互作用を用いた味覚ディスプレイの検討 より引用

6 EaTheremin <http://dash.cerevo.com/projects/8/>

7 参考文献 Tagcandy：棒付き飴の食感拡張デバイスの提案. 芸術科学会 NICOGRAPH ポスターセッション より引用

8 参考文献 Digital lollipop: Studying electrical stimulation on the human tongue to simulate taste sensations より引用

3.3	型と可食部を装着したデバイス	19
3.4	装着の見本	19
3.5	咀嚼感表現のための波形データ	20
3.6	からあげの減少していく映像	21
3.7	レシピ	22
3.8	体験の様子	23
3.9	レシピ 1/2	28
3.10	レシピ 2/2	29
3.11	体験の様子	30
3.12	装着見本	30
4.1	食器部分の内部構造	38
4.2	食器部分の外観	38
4.3	サラダの咀嚼感 - 波形 上：録音 下：DAW	38
4.4	肉の咀嚼感 - 波形 上：録音 下：DAW	39
4.5	最終レシピ 1/2	41
4.6	最終レシピ 2/2	42
4.7	完成図	43
4.8	使用方法	44
4.9	体験の様子	44

表 目 次

3.1	アンケートの回答	24
3.2	アンケートの回答	31

第1章 序

論

食事は、生命維持に繋がる行為であるとともに、その行為自体が娯楽の一種である。そのため、様々なエンターテインメント作品の多くに、食事のシーンが含まれている。特にゲームや映画、小説等の物語を有する作品の場合はその割合がより多く感じる。物語のスパイスとして、あるいは必然性を持って含まれることもあれば、それが作品の主題となって表現されることもあった。それは、食事は人間が生きていく中で欠かせない行為であるということに加え、歌や踊り等の原始的な娯楽と同程度古くから存在する、受け手に一定の喜びを与える行為であることも理由にあたるのではないだろうか。

古いところを辿ると、枕草子ではかき氷やあまづらといった甘味について触れられ、18世紀の音楽家テレマンはターフェルムジークとして宴の際に奏でる楽曲を集めた。ターフェルムジークはどちらかというと食事に沿って音楽を適応させたものと言えるが、すなわち食事を邪魔せず、乃至より美味しく感じさせるための楽曲ということになる。これは後の20世紀にアルフレッド・サティによって提唱された、日々の営みに溶け込む『家具の音楽』に通じるものがある。現代においては、店舗や駅、映画の中で流れるBGMもこれに当たり、どちらも聴覚刺激として表現される音楽をそれ以外の行為を損ねることなく、なおかつよりよい体験となるよう活用されることを目的としている。すなわち食事におけるBGMは、食事は楽しむものという前提があって存在するのではないか。なぜなら、もし食事がただ生命維持の為にのみ摂取されるものであるなら、食事の気分の妨げにならないよう選曲に配慮する必要もないからである。

このように古い時代より食事は人々の喜びとして存在してきた。現在においては、そのあり方はより強くなり、闇鍋やスイーツバイキング、ラテアートといっ

た直接食べることに関係する楽しみ方や、食事や料理がテーマの映画や小説、漫画も数多く生み出されている。

映像における食事に関する表現方法には、シズル感のあるつややかな食品の張り、新鮮に見えるライトの当て方、切り刻んだ時の食品の揺れ等、様々な工夫が凝らされてきた。それに伴い、音声にあっても調理の音や食器を扱う音、咀嚼する際に噛み切られる食品の音等の音響効果の面で食事シーンをより美味しそうに感じさせるよう表現されている。

こうした娯楽作品の中で補助表現として提示される食事の描写とは別に、前述した通り、直接食べることをより楽しくする工夫も行われている。ブラインドレストランは、視覚障害者の身になって食事体験を味わうという趣旨のものだが、見えない中で舌触りや形状、匂い、温度といった情報をたよりに食品を口にすることで、普段より鮮やかに味を感じることができるという。料理は味蕾への刺激だけではなく、視覚、聴覚、嗅覚といった様々な五感情報の複合的な刺激によって表現されるものだが、このことから、一部を隠すことにより、その他の刺激に対して敏感になることで、通常時とは異なる食体験をできることがわかる。

そして実際の食品の持つ味わいに関する模索はさらに深く、調理方法及び調味料の割合といったレシピを含め、保存料や添加物を加えた上で味を長期間良好に保つ手法等についても探求されている。

このように、食事の楽しさをより広くするため、様々な取り組みが行われてきた。その反面、ある目的や条件の下、生きていくための食事方法に関しても考案されている。ダイエットサプリメントや非常食等がこれに相当する。ただしサプリメントは基本的には錠剤型のものであり、味はなく、体に必要な成分のみを摂取できるようになっている。不足している栄養を摂取するには十分な効果を持っていても、食事を楽しむ感覚はほとんど存在しないだろう。同じように、宇宙食もまた、栄養を摂取することが優先して作られた食品である。現在では水をかける餅や固形プリン、クッキークリームアイス、ステーキ等バリエーションに富んだ料理が開発されているが、地上で食品を選ぶときと違い、食事の美味しさを多く求めることは難しいのではないか。

しかし人は近い未来、星間を移動することになるだろう。新幹線での出張時に

美味しい駅弁を楽しみにするように、宇宙飛行をする際にもより楽しい食事体験を送ることが求められると考える。また、宇宙船という小コロニー内部において食糧危機が訪れる可能性もある。その場合に配布されるものが非常食であろう。しかし、こうした場合の非常食は空腹を抑制するための存在である。美味しくないと食べるということは、多少なりともストレスを伴う行為であり、小さな喜びのない時間は常時に想像するよりも苦痛なことである。ひるがえって、娯楽とは健全な精神のために必要な存在であるとも考えられる。

ではそうした懸念を解決するために、栄養を摂取するために作られた食品に異なる刺激を与えることで別の食感を表現することができないだろうか。

食事は視覚によって提示され、匂いで空腹を誘い、噛み心地や味蕾へ刺激によって食品の形質を感じ取る。同じ食品でも、いずれかの要素を強めることによって食品に対する印象を変容させることが可能であるように考えられる。

本研究では、こうした観点から、固形やサプリ、粉末といったような機能栄養食品であっても美味しい食体験を楽しめるような新しいエンターテイメントのデザインを目的とする。



図 1.1: 宇宙食¹

注

- 1 宇宙の店 <http://spacegoods.ne>

第2章

関連研究

味覚における「味」は、視覚、聴覚、嗅覚、触覚という五感に与えられる刺激のすべてによって形成される。では五感の一部に影響を与えることで、元の味とは別の味ないし食感を与えうるのではないか。こうした観点から、これまで様々な研究が行われてきた。よって、本研究に関連の深い先行事例として以下に述べる研究及び食体験を参考にした。

2.1. 食事というエンターテイメント

コース料理は味や温度、かみごたえなどの食感を考慮し、各料理を最も美味しく感じられるよう、シェフの組み立てた順番で提供される。基礎的な面で美味しい食事を、環境の効果も合わせてより美味しく提供するものである。卑近な例では、とろける甘いプリンを食べたのちに醤油が効いて噛み砕ける煎餅を食べたくなるのも、こうした食事の美味しさを増強する感覚によるものと言える。さらに和風カフェの甘味には口直しがつくことがあるが、これはコース料理で一度口の中をリセットするために提供されるグラニテと同じ役割を持つ存在である。

一定の味や感触の食べ物では飽きがきてしまい、いくら美味しくてもわんこそばを素の味のまま食べ続ければ味覚が麻痺し、美味しかったのかどうか、時にはどのような味だったのかも不明瞭になる。そうした弊害を防ぎ、様々な刺激を与えることで美味しさを調整しているのである。

また、レストランだけではなく自宅で作る創作料理もエンターテイメントである。料理教室やレシピ本は世代に関わらず一定層の人気を保ち続けている。必要があって手を出すこともあるが、教室やキャンプで人と一緒に料理をすることや、

休日にお菓子作りをすることは料理という行為を楽しむための趣味、という意味での娯楽である考えられる。加えて自分の作成したものをクックパッド¹等のレシピ投稿サイトで共有するという楽しみ方もある。



図 2.1: クックパッド²

このように、食事は素材を味わうという以外にも様々な側面を持つエンターテイメントであり、こうした工夫をさらに進化させたものとして、1992年頃にはじまった分子ガストロノミーという研究がある。これは科学的に調理方法を解析し、その結果をもとに開発・応用するというものである。例としてエスプーマという機具を利用し、食品を泡状にしたものや、液体窒素で急速に冷凍させて食品そのままの味を提供するといった手法が存在している。またアルギトン酸とカルシウムの化学反応によって、ジュースなどの液体を球体に変える人口いくら等もある。



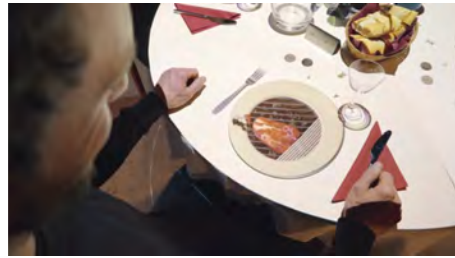
図 2.2: 人口いからの例³

2.2. 食体験の拡張・演出

食品自体を美味しくさせる研究の他に、知覚に刺激を与えることで味覚の変容を促す研究も行われている。そうした技術の応用によって、食卓をより盛り上げるエンターテイメントも数多く生み出されてきた。外見から目を惹くラテアートや、完全な暗闇の中で目の見えない人の感覚を味わいながらブラインドレストランも食事をより楽しいものにする試みのひとつと言える。Dialog in the dark³ は視界を塞ぐことでそれ以外の五感を最大限活用することによって常にはない感覚を体感するという体験型の作品だが、このレクリエーションの中にも食事の場面があり、対象がわからない状態、すなわち外見による認知を欠いた状態の食事を楽しむことができる。こうした試みは他ではブラインドレストラン、またはダークダイニングと呼ばれており、食事に限ったものではスイスの Blinde Kuh というレストランが元祖に当たる。なお、これは視覚障がい者の身になって生活をするというワークショップがはじまりである。最初は理解や支援を理由にはじめられたことが、やがて純粹に楽しみとして変化していくことも、食事という行為の魅力であると感じられる。

環境を変えるという点では、プロジェクションマッピングを皿及び料理に投影するというサービスを行うレストランがある。Le Petit Chef [1] はテーブルの上に小人が現れ、客の皿の中で肉を焼いたり野菜を転がしたりと、調理を行う映像を投影する。テーブルと皿の間の遠近感を利用し、本当に小人が駆け回っているような演出となっている。終了後には小人が用意したものと同一実物の料理が運ばれてくる。

このように食事は娯楽として作用するが、摂取しすぎれば毒になる場合もある。また美味しいものが食べたくても体質や病状の問題で制限がかかる人もいる。そうした人々がより豊かな食体験を送ることができる試みも多数行われている。Project Nourished [2] は低カロリー食品をまるで好きな食べ物を摂取したときのように脳に錯覚させ、快適かつ充足感のある食体験の提供を目指している。手法としてはHMDを被った状態で、アロマディフューザーから食品の匂いを再現し、骨伝導を利用して咀嚼音を付加する。これらの情報を加えられた上で実際に口にする食品は、海藻や酵母等の素材を3Dプリンタで出力したものである。

図 2.3: Le Petit Chef⁴の様子

塩分の過剰摂取を抑えつつ、ハイカロリーの食事を提供するものとして、中村 [3] の電気味覚フォークを使用した No Salt Restaurant [4] という催しが行われた。無塩のとんかつやハンバーグにこのフォークを刺して食べると、電気によって苦味や辛味、酸味等が添加され、一緒に口に入れることでとんかつ類の濃い味を実際の塩分を摂取せずに味わうことができる。

図 2.4: Project Nourished⁵

2.3. 視覚刺激による食体験の変化

食事における視覚効果は、人が最初に食品から得る刺激であり、なおかつその食品に対する印象を与えるものである。たとえば、透明な瓶に入っているプリンが二つあるとする。一方は型崩れし、カラメルが底にあるため上部は空気穴のできた部分が表面になっており、瓶が古びていることもあってくすんで見える。も

う一方は新品の綺麗な瓶に入っていて、リボンも巻いてあり、半透明のカラメルが光を弾きながら覗いている。大概の場合は、後者の方を美味しそうに感じるだろう。それはおそらく後者の方が衛生的に安全に見えることや、カラメルの色がどの程度濃く、艶やかであるかも判断の材料になっているのではないか。そしてこの場合、プリンの味自体は全く同じであっても、カラメルの色が鮮やかという視覚効果が加味され、カラメル之苦味も濃厚であるように錯覚する可能性も考えられる。こうした視覚刺激の影響に注目し、色や映像を変えることによって食体験に変化を与える研究も多く存在する。

鳴海らのメタ・クッキー [5] はHMDをかけた体験者の視界においてクッキーの外見と匂いを変化させることで、味覚に錯覚を促し、同じクッキーを食べても別の味のように感じさせた。これらのクッキーは、ARマーカになるようココアや醤油といった調味料を用いて色付けをされている。体験者は、紅茶クッキーの映像を見ながら紅茶の匂いを与えられることで、食べたときに本当に紅茶クッキーの味だと感じたという。つまり、味覚に受けた刺激に加えて、その他の五感で得た情報によって脳内で味に対する印象を無意識に変化させているということである。また同鳴海らは味の変化だけではなく、クッキーのサイズを変化させることで満腹感を操作する研究 [6] も行っている。同一のサイズのクッキーを同じように食べた場合、HMDの視界の中におけるクッキーのサイズが大きいほど食べる量が減少する結果が現れている。実際に食べるものが同じでも、外見の変化で味が変わったように食べた量も多いように感じているということである。また、視覚によって食べるものを変えるという点では、虫物の多い料理店 [7] がある。実際にはコオロギを食べるのだが、視界上ではエビであり、味もエビのように感じるというものである。地域によっては虫料理も存在するが、これは嫌悪感や違和感を抱かせずエビとして虫を食べさせるというものだった。

こうした事例はVR上での変化によって影響を与えるものだが、プロジェクトの投影によって味を変化させる研究も存在する。

森らのいろどりん [8] はwebカメラによって皿に乗せられた料理の色彩を取得し、データベースからより彩りよく見せる色を選出した後、対象の料理に投影する。色を追加することでより食欲をそそる外観を演出している。同様に西澤ら [9]

図 2.5: メタクッキー⁶

もプロジェクタの投影によって味を変化させる実験を行っている。食べ物の色や外観をリアルタイムに修正する AR システムを用いて、カステラやポテトチップス、及びそれらを乗せた皿の色の彩度も変えることで、風味の違いを出す心理実験である。カステラは卵の黄色の度合いを強くしたことでより甘く感じられたとある。これは人が素材に抱く印象の強化によって得られた変化のように感じられた。すなわち、人は食物に対し何らかのイメージを持っており、そのイメージに合ったものに知覚を合わせる傾向があるのではないかと考えた。

2.4. 聴覚刺激による食体験の変化

視覚による変化は直接的に印象を生むものだが、聴覚による食品の影響も多く存在する。ものを食べる際には必ず音が生まれる。スープを吸うとき、スプーンですくって飲んだとしてもスープに食器が触れる音や嚥下の音があり、肉や野菜、魚等を食べる時もまた肉を切る音、噛む音、咀嚼し飲み込むまでの音が存在する。

こうした咀嚼音を増幅させることで咀嚼感を強める実験を行ったのが稲見らの Chewing JOCKEY [10] である。被験者がポテトチップスを咀嚼する動きをリアルタイムで検知し、取得した咀嚼音を増幅させて骨伝導ヘッドフォンから再生する。これにより、ポテトチップスや煎餅がより新鮮に感じられ、より噛みごたえのあるものと感じさせた。視覚での表現によって満腹感を操作したように、こうして音によって食事の満足感を強化することで、味の濃いものを禁止されている人や歯が弱くなった高齢者でも食事を楽しむことが可能である。

咀嚼音とは別に環境音による風味の変化を促進する実験も行われている。Velasco ら [11] は被験者に同じチョコレート、食事とは関係のない音を与えることによってチョコレートの味に違いが生まれるかを調査した。被験者は環境音が加わることでチョコレートの風味がクリーミーになったと述べている。このことから食事に密接に関わる咀嚼音のみならず、音楽や周囲の物音によっても味覚に影響を与えることができるということがわかる。

食べるという動作をきっかけにした研究もある。塚田らの EaTheremin [12] は食べることで音が変わる食器である。フォークまたはスプーン型のデバイスに刺した食べ物の抵抗に応じて、その食べ物にあった音を鳴らす。食べることで音を奏でるという遊びを作り出したものである。

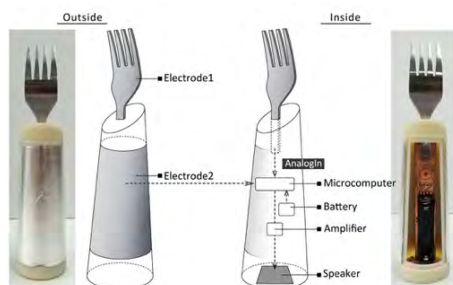


図 2.6: EaTheremin ⁷

2.5. 嗅覚刺激による食体験の変化

縁日に売られるかき氷はメロン、イチゴ、レモン等様々な味が存在するが、これらは匂いによって味を規定されており、使用しているシロップは同一のものである。すなわち香料と色によって、我々が無意識におそらくこういう味だろうと認識し、錯覚を起こしているということである。

匂いによる味覚の変容は、視覚刺激の項目で述べた鳴海らのメタ・クッキー [5] がある。嗅覚情報の提示にはエアポンプから送られた空気はフィルタによって匂いを付加され、視覚情報と一緒に体験者に提示される。

2.6. 触覚による食体験の変化

食事をする際、最初の印象を与えるのは視覚だが、その形状を実感として得るのは唇や舌に触れたときの感覚、及びフォークやスプーン等の食器によって持ち上げられたときの重さである。この重みによって食品の重量を予測し、硬さや噛みやすさを想像する。こうした点に注目して作られたのが稲見らによるおもみ調味料グラビトミン酸 [13] である。重みを変化させることで食品に対する印象を変えるというものである。

重みではなく、直接刺激を与える手段として、岩田らが触感呈示装置 [14] がある。圧力センサを噛んだときに、煎餅やグミキャンディーを噛んだ際の口咬力をモーターの力で表現している。デバイスを口に含ませる必要があるが、噛んだ感

覚は強く現れていた。

そして振動触覚を使用した事例として、タグキャンディがある [15]。持ち手を振動させることで、骨伝導を通してキャンディの食感を変化させている。振動は触覚の中でも扱いやすく、振動が伝わる部位を刺激することで触感を与えることができる。また比較的触感自体のデザインがしやすいものに思われた。

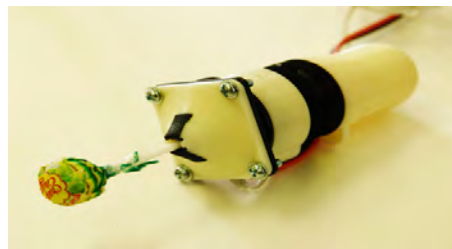


図 2.7: タグキャンディ⁸

2.7. 電気刺激による味覚への影響

最近では電気刺激による味覚の提示が盛んになっている。Nimesha らによる Digital Lollipop [16] 舌に直接電気刺激を流すことで塩味、苦味等を表現することが成功している。これらの関連研究として TATE+ [17] 及び Virtual Lemonade [18] が存在する。コップの色を LED で変化させ、コップのふちに舌をつけた際にその色に合わせて想定した飲料を表現する電気刺激が流れる。本来コップの中身は味のない水なのだが、色と電気刺激によってメロンソーダやレモネードの味がするのである。これらは電気によって実際に味の作成及び制御を行う試みであり、味蕾を刺激することでものを食べていない状態でも任意の味を感じることができる。

第 1 節でも挙げた中村らも電気刺激によって味覚を付与する研究を行っている [3]。これは飲食物の味を特定のタイミングに合わせて変化させるシステムであり、映像作品やゲームにおける食事場面と連動させるというものである。すなわち映像作品内で登場人物が飲んだものと同じ味を体感することができる。

このように、元は味気のない飲食物でも、任意の刺激を付加することで、味を認識させることが可能であることが確認されている。以上の知見をもとに、本研究においても無味の食品を楽しく味わう食体験を行う手法を模索していく。



図 2.8: Digital Lollipop⁹

注

- 1 クックパッド <https://cookpad.com>
- 2 クックパッド <https://cookpad.com>
- 3 molecularrecipes.com <http://www.molecularrecipes.com>
- 3 ダイアログ・イン・ザ・ダーク <http://www.dialoginthedark.com>
- 4 Le Petit Chef <http://www.lepetitchef.com>.
- 5 project nourished <http://www.projectnourished.com>.
- 6 参考文献 メタクッキー：感覚間相互作用を用いた味覚ディスプレイの検討 より引用
- 7 EaTheremin <http://dash.cerevo.com/projects/8/>
- 8 参考文献 Tagcandy：棒付き飴の食感拡張デバイスの提案. 芸術科学会 NICOGRAPH ポスターセッション より引用
- 9 参考文献 Digital lollipop: Studying electrical stimulation on the human tongue to simulate taste sensations より引用

第3章

コンセプト

本研究では未来における快適な食体験を目指し、栄養摂取の要素に偏った食品に変化を加えることで、同食品間での食感に違いを生み出すことを目指す。すなわち一つの食品からより多くの噛みごちを提示することでより楽しい食体験に変容させ、気軽に食事の喜びを得られる媒体を制作する。

3.1. 咀嚼感提示媒体を含む食感可変食品のデザインコンセプト

先行研究で触れてきたように様々な側面から食事の娯楽性を高める試みが行われてきている。しかし、コース料理を好きなタイミングで好きなときに味わうことも、こうした新しい取り組みの食事を試すことも容易なことではない。序論でも述べたように、食事制限中で食べたくても手を出せない人もいる。

しかし、スパイスやふりかけ、チーズ等を少し加えることで簡単な料理でも幅が広がるように、食べ物の味や食感を簡単に変えることができれば食事の印象にも変化が起こり、より楽しい食事をすることができるのではないか。本研究ではそうした、外出に出かけるほどではなくても、少しの労力で食事のバリエーションを豊かにしたいという食事をするのが好きな人をターゲットに、噛みごちを変化させることで様々な料理を味わうことができる環境を作ることができないかと考えた。噛みごちを選んだ理由は後述する。

なお実際に、糖質制限やアレルギー等の問題で食べられないひとが、少数の決められた食事をする気持ちはどのようなものだろうと考え、糖質オフによく用い

られるこんにやく・おから・ナッツなどは問題ないということから、こんにやくを一週間程度食べ続けるということを試みた。

こんにやく自体の質は悪くはなかったものの、味付けをせずに食べたこともあり、最初に口にしたときと変わらず最後まで美味しかったとは言い難いものがあった。以前夏期休暇が終わるまで三食そうめんを食べるという生活をした際と同じ感覚を覚えた。この経験を経てから、そうめん料理を忌避する傾向に変化した。

楽しくない食事は、ただ体を保つだけの運動にすぎず、また、そうめんやこんにやくは噛みごたえがないため、顎を使用する感覚も薄れていた。そしてここからわかることは、シェフがコース料理で舌触りや噛みごちにも注意を向けるように、歯ごたえや食品からの反発の違いといった咀嚼感も美味しさに影響しているということである。以上のことから、噛みごちも食体験に強く影響すると考え、咀嚼感に着目することとした。

よって本研究では楽しい食体験を味わえるエンターテイメントとして、無味に近い低カロリー食品に、振動触覚による咀嚼感を提示することで想定食品の異なる食感を体感させる新しい食体験のデザインを目指す。

この目的を達成するためには、ベースの味が特徴的ではない、栄養成分を含んだ材料でできた一品目の食品を、楽しく食べ続けられる要素を付与する必要がある。その方法として、振動触覚を用いることで咀嚼感、すなわち様々な食べ物の噛み心地を同一食品に提示することとする。食品素材を口腔内で感じる最初の刺激は咀嚼である。これまで見てきた先行事例の中では、味に直接的な変化を与える方法としては電気刺激が有効であるように感じられた。これに対し、食品の形質を判断する部分では、重さや食品を咀嚼する際のざらつき、硬さの割合が多く思われた。そして食品の硬さや噛んだときの食品の変化を表す手法として、波形による触感の作成が細かな調整に最適であると考えた。これは、骨伝導に咀嚼音を提示することでサクサク感が増すという音声からの効果からも有効であると感じたためである。

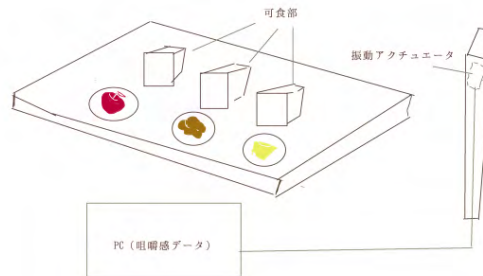


図 3.1: デザインスケッチ

以上により、振動を表現する波形データから咀嚼感をデザインし、可食部位を噛んだ際に振動アクチュエータからその咀嚼感を流すことで、食品の実際の感触とは異なる食感を提示する。

3.2. 咀嚼感提示媒体を含む食感可変食品

任意の咀嚼感を恣意的に表現及び提示するためには、提示する触媒となるデバイスと、提示される食品の部分が必要である。

デバイス部分には、音声をもとに振動触感として提示する TECTILE TOOLKIT [19] を参考にした。想定する咀嚼感を波形データで作成し、振動アクチュエータへ流すことで同一食品でも異なる咀嚼感を提示する。また振動アクチュエータを口に含む際、人体に影響しない素材に配慮する必要がある、なおかつ口内の唾液によってアクチュエータを損壊させないように、必ず衛生的に安全な保護材で覆うことを条件とする。

食品の材料は想定食品によって食感を変えるため、基本の味は持たないものとする。ある程度強度があり、咀嚼及び振動の両方に耐えられる食品のレシピを作成する。なお、これらは食べる部分であるため、飲み込んで問題ないもの全般という括りではなく、食用素材を材料の選出要件とする。

本研究では以上の二点の制作によって、新しい食体験をデザインする。

3.3. 1st プロトタイプ

3.3.1 1st プロトタイプの方針と制作

制作するにあたり、デバイスのプロトタイピングを行った。

まずはじめに、食品を通して振動触覚による刺激を口内に伝達できるかという点に注目した。

振動アクチュエータは口に含むことができるサイズを探し、Taptic Engine をプラスチックで厳重に覆って使用した。これは主に Apple 製品の感圧センサー等として使われているものであり、細長い形状で小型であること、また高音成分の多い波形データでも比較的滑らかな振動を表現できたことから選出した。

食品は主に寒天を使用した。寒天は水分量によって硬さの調節が容易であり、何回かに分けて異なる割合で作成することにより、適切な分量を調査した。結果、寒天粉 4g に対し、水 350g、酢 2g、そして味つけとして 2g の出汁を混入して作成した。なお、この分量で約 4~5 個程度作成可能である。

この食品にアクチュエータを挿入し、これを噛んだとき、作成済みの波形データを流すことで咀嚼感提示を試みた。結果として、骨伝導によって振動触覚の認識及び咀嚼感の錯覚提示誘導はできた。しかし体験者から、出汁の要素が強く感じられ、率直に不快な味であるとの意見が出た。これは、寒天は無味であっても、食材としての味付けに相性があることが主な理由であるように感じられた。また、Taptic Engine は口に含むには大きく、唇に触れていると歯と同時に振動が伝達されるため、触覚に集中できない等の問題があった。

よって、次の試作では振動アクチュエータをより小型の Force Reactor S(small) に変更し、食品は無味のまま試作を行うこととする。

骨伝導による咀嚼感提示がある程度有効であることがわかったので、複数人から簡単なアンケートと聞き取り調査をした。

なお、前述の結果を鑑みて体験の際には、寒天 3g、ゼラチン 5g、水 200cc で食材を作成した。動物性のゼラチンを混ぜることで弾力を強くした。詳細なレシピは後述する。

この段階で、食品の型を作成した。型は、寒天等を流し込むことを考え、型取

り後に人体に悪影響を与えない素材を探した。チョコレートやゼリーの型として使われる製菓用型取りシリコンがあった。3Dプリンタで振動アクチュエータを挿入できる穴を備えた食品の完成図模型を印刷し、シリコンで型取りした。



図 3.2: 型の制作



図 3.3: 型と可食部を装着したデバイス



図 3.4: 装着の見本

図 3.2 及び図 3.3 にある型を用い、前述のレシピで述べた材料を使用して食品を作成した。

今回の調査では、体験者からあげの咀嚼感を想起させることを目指した。異なる方法で二通りの触感を作り、その二種類の触感及び触感を伴わず噛む動作のみ行う状態を、ランダムに各3回ずつ体験してもらう。

使用した触感は、実際からあげを咀嚼している音をPCM録音のアプリケーションで唇の近くで取得し、イコライザで高周波を切ることを含めて編集を行った触感A、Logic pro Xの内臓シンセサイザを用い、電子音のみで録音した咀嚼音に沿うよう作成した触感Bの二種である。後者は前者より倍音を多く含み、人工的に咀嚼音に寄せていったものである。

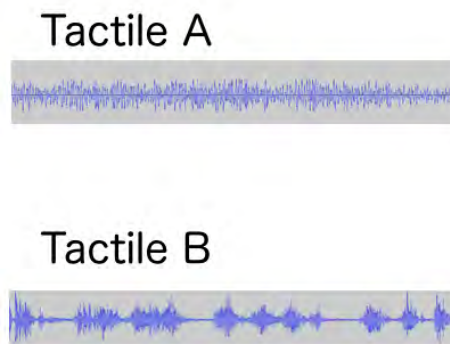


図 3.5: 咀嚼感表現のための波形データ

これらの音源をからあげの減少していく動画に合わせて流す。動画はコマ録りしたものが図 3.6 のように変化していくものである。この映像に咀嚼音とする、触感Aのベースに使用した音源を聴覚刺激として付与した。これにより、視覚による食事表現と音による咀嚼の錯覚を促し、さらに振動刺激を加えることで体験者に口内の食品をからあげと感じさせる。

なお、体験の際、体験者には映像に合わせて噛む動作をしてもらう。咀嚼音と触感に対し同じ動きをすることで同時性を与えるためである。



図 3.6: からあげの減少していく映像

3.3.2 1st プロトタイプ - レシピ

可食部の作成にあたって、事前にいくつかの試作を行った結果、以下のレシピ及び調理手順を設定した。

食品はアクチュエータを挿入した際に即時に崩れない硬度が必要であったが、噛みきれないほど固すぎでは食品から逸脱する。また、これを噛んだとき、食品自体の持つ自然な反発感を表現するためにも、柔軟性も求められた。しかし餅のような柔らかさにした場合、アクチュエータから流れた振動が吸収され、歯まで伝達しないということもあった。こうした点から、水分量を一般的な寒天料理の基準値から大幅に減らし、急速に熱して冷やすという工程とすることで固めの寒天を作り、そこへ少量のゼラチンを混ぜることで弾性を補強した。ゼラチンは沸騰させるとタンパク質が変性し、固まりにくくなる傾向にある。そのため、別々に熱して型に流す前に両者を混ぜることにした。

なお酢は殺菌効果の付与を目的に混入している。

可食部のつくりかた 1

：材料：
寒天 3g / ゼラチン 5g
水200cc / 酢 2g

最初に
寒天と水100ccを混ぜます

粉が半個体になるまで
よく混ぜてから火にかけます

この間に、
ゼラチンを水100ccと混ぜて
レンジで温めます

一気に強火で沸騰させます
沸騰後、徐々に弱火にします

ゼラチンと寒天を混ぜ合わせ、
型に流します
冷凍庫で5分ほど冷凍し、
冷蔵庫で冷やして完成です




図 3.7: レシピ

3.3.3 2nd プロトタイプ - 体験

改めて体験手順を記す。

からあげの減少していく映像図 3.6 と同時に咀嚼音を流す。このとき、前述した触感 A、触感 B、触感なしをランダムで提示し、各回ごとにアンケート項目に回答してもらった。ランダムで各 3 回、合わせて 6 回ずつ行った。

アンケート内容は以下の三項目をそれぞれ五段階評価で点をつけてもらうものである。

評価項目：

- 1 柔らかい - 硬い
- 2 咀嚼感がない - 咀嚼感がある
- 3 からあげの触感から遠い - からあげの触感に近い

以上の準備により、プロトタイプの体験を行った。



図 3.8: 体験の様子

3.3.4 1st プロトタイプ - 評価

8名の男女に体験してもらい、アンケートに回答してもらった。アンケート結果は以下の通りである。

表 3.1: アンケートの回答

	触感無し		触感 A		触感 B	
1	2.6	1.29	2.5	0.92	2.8	1.00
2	1.7	0.75	3.5	1.25	2.9	1.21
3	1.3	0.50	2.6	1.14	2.4	1.25

どちらかといえば録音したものの方がからあげの触感に近く、噛んだ感覚がするという結果が出た。また、体験後、触感ありのあとに音声のみのパターンがくると、物足りなさを感じたという意見が多く見られた。硬さは体感的には大きな違いは少なく、どちらかというともろかきと出ている。からあげを噛んだ感覚があるかという点では、触感無しの場合より有りの状態の方が感じられるという結果であった。

次に体験者から収集したコメントを以下に列挙する。

- ・食べるから噛む強さが違う感じだった
- ・よく食べるから自分の印象があり、自分のなかのからあげ感とは違う
- ・振動があっただけと肉汁が出ている感じがした
- ・柔らかさの違いがあったように感じた
- ・もう少し振動が強くてほしい
- ・からあげというより竜田揚げ
- ・からあげの映像を見ながら寒天ゼリーを食べている感じがした
- ・スポンジ系の方がいい

- ・からあげは口の中に溶けないのにカバーが溶けてきてからあげ感がない
- ・触感がある方が噛んでる感があり、振動がないと物足りなさを感じる
- ・もっとたくさん噛めるものの方がいい
- ・弾力あって、振動のかんじで硬く感じるとかあるといい
- ・噛んでいるうちにかからあげな感じがしてきた
- ・素材が寒天やゼラチンでできているということに気づかなかった
- ・噛む動作をした時に本当に食べている感じが強まった
- ・顎を動かすという身体性も重要な気がする
- ・デバイスをつけた方が生々しさがあり味のようなものを感じた
- ・デバイスをつけると耳まで立体感が伝わる気がした

3.3.5 1st プロトタイプ - 考察

以上の結果から、振動触感を加えることによって咀嚼感を付与することによって通常とは異なる食感を味わえることがわかった。しかし、今回使用した食品は前回よりは強度が上がったが、未だ割れやすく、また強く噛めないことに不満が残るという意見が見られた。食品は一定時間、すなわち振動が送られている期間は硬さを保っておく必要がある。ただし、完全に硬い食材を使用すると、からあげ以外の料理を表現する際に応用が効かなくなるため、噛みごたえ等弾力面での硬さを補強しつつ、食品の持つ柔らかさを残すべく改良を行わなければならない。

体験者の中には元の素材を知覚できなかったという者と寒天という印象が強かったという者の二者が同数程度存在した。これには個々人の味覚における敏感さにも関わる違いであるとともに、常から寒天やゼリーといった食品を摂取しているかどうか、すなわち食材に対する記憶の鮮度にも関係があるように感じられた。

噛む動作と咀嚼音及び咀嚼感が連動することでより噛んでいる感覚が強まることがわかった。不足を埋めるという連動ではなく、咀嚼感を増幅させる効果であるように考える。

これらのことから、デバイスの向上及び調理の改良を試みることにする。

3.4. 2nd プロトタイプ

3.4.1 2nd プロトタイプ - 方針と試作

ここでは調理方法を改良し、プロトタイピング 1 とは異なる波形データを使用する。また、前回はからあげのみだったが、今回は駄菓子のじゃがりこの再現も行う。

じゃがりこの咀嚼感は、じゃがりこを意識してゆっくりと噛み砕いていく音を録音し、加工・編集を行った。じゃがりこの咀嚼音は高音成分が音の多くを占めているため、録音した音声を高周波カットしたのみでは、弱々しい感触になる。そのため、録音した音声にシンセサイザで小刻みに打った低い音のデータを重ね合わせて、噛む際の抵抗感と硬さを表現した。

また前回に引き続き、からあげの咀嚼感の再現も行った。前回とは異なる人物の咀嚼音を録音し、加工・編集することで触感となる低音を強くし、咀嚼時の弾力を表現した。

食品生成に使用する型を一回り小さく、よりコンパクトになるよう新しく作成した。アクチュエータが食品の内側を押し込んで嵌め込むようなサイズ設定を行った。

3.4.2 2nd プロトタイプ - レシピ

前回は固さを求めて寒天の成分を多くしたことから、ゼラチンは寒天の補助材として含まれていた。しかし、寒天のどちらかという筋張った固さより、水分量を大幅に減らし、ゼラチンの量を増やすことで柔らかいが容易に噛みきれない、ハードグミに近い硬さを表現できるのではないかと考えた。また、そうすることで肉の柔軟性も出せるのではないかと推測した。しかしゼラチンのみでは吸収力のある柔らかさが勝ることもあり、寒天も混ぜることとした。

そのため、今回は寒天 2g、ゼラチン 15g、酢 2g、タピオカ粉 2g、水 100cc で作成した。ゼラチンの量が最も多いので、寒天を沸騰させてふやかした後、その状態のボールにゼラチンを混ぜてから電子レンジで温め、全体を溶かして使用した。

材料： 寒天 2g / ゼラチン 15g / タビオカ粉 2g
酢 2g / 水 250cc

最初に寒天を水100ccに混ぜます

急速に沸騰させます

沸騰後、弱火にして1~2分よく混ぜます

ゼラチンと水150ccをどろどろになるまで混ぜます

可食部のつくりかた
Ver.2



図 3.9: レシピ 1/2



図 3.10: レシピ 2/2

3.4.3 2nd プロトタイプ - 体験

これらはKMDフォーラムでの展示で複数人に体験してもらった。ただし、アンケートの回答には、素材の統一のためからあげの体験の印象で評価を依頼した。

体験手順は以下のようにした。体験者に任意の可食部を選んでもらい、アクチュエータを挿入する。体験者自身のタイミングで映像を再生してもらうことで、咀嚼音及び触感による咀嚼感も同時再生を行った。

評価項目は以下の通り前回に準拠する。

評価項目：

- 1 柔らかい - 硬い
- 2 咀嚼感がない - 咀嚼感がある
- 3 からあげの触感から遠い - からあげの触感に近い



図 3.11: 体験の様子



図 3.12: 装着見本

3.4.4 2nd プロトタイプ - 評価

55名の男女からアンケートに回答してもらった。

表 3.2: アンケートの回答

	平均	標準偏差
1	2.4	0.94
2	3.4	1.00
3	3.0	1.08

咀嚼感は感じられるという評価が多かった。からあげの再現度に関してはどちらとも言えないという結果になった。しかし回答結果を見ると、からあげと感じる者と全く違う者に感じる者と両極端に分かれている。これは前回同様、知覚における個人差による影響もあるが、体験者からの声として匂いや温度、味がほしいという意見が多く出た。詳細は考察に記述する。

体験者から収集したコメントを以下に列挙する。なお、以下のコメントにおいてのみ、じゃがりこに対する印象も含まれる。

- ・思いきり噛むとまた違う感じがすると思う
- ・VR 環境下で試してみたい
- ・形は長方形ではない方がいいかも
- ・噛む時の振動子に違和感を感じた
- ・あっためたり、味をつけても良いのではないか
- ・はじめカリカリ、衣を噛み切った後は、肉を噛む柔らかさ、ジューシー感が欲しい。現状ではコーンフレークのような振動と寒天のような柔軟な触感なので、良く分からないものを食べている感覚がする
- ・視覚と嗅覚も同時に刺激されると面白いかもしれない
- ・食材の選び方に工夫の余地があるかもしれない
- ・音がぞわぞわしました
- ・唐揚げの触感が思い出せなくなった
- ・実際に口に入れる体験はなかなかないのでドキドキしたが、入れてみたら振動が伝わって実際に食べてる感じがした
- ・肉汁が出る感覚がした

- ・歯に振動が当たることでなんとも言えないもぞもぞ感がある
- ・おもしろかった。絵本の食べ物など再現できたら面白いと思う

3.4.5 2nd プロトタイプ - 考察

今回の回答結果では、前述の通りからあげと感ずるかどうかという点で意見が分かれていた。感じ方以外の問題として、匂いや温度がない、という点があげられる。味とは五感の複合的な刺激を受けて認識されるものであり、からあげという食品の印象として、揚げたてのぬくもり、鶏肉の油の匂いといった要素があって成り立っていると考えられる。また、一度本物のからあげを体験者の目に入らないながらも近い場所に置いて体験してもらったとき、匂いがないときよりもあるときの方がからあげらしく感じたという意見もあった。これは、実物のからあげが必要ということではなく、からあげの匂いが必要ということである。ならばコロンのようなもので香りづけした菜等を置くことで代用できるのではないかと考えた。

体験後には、飲み込めないことがもどかしいという意見も複数受けた。咀嚼時までは錯覚が続いていても、吐き出す際に食品感が薄れたり、嚥下できないことに違和感を覚えるということだった。食事のプロセスとして口に含み、咀嚼し、喉を通して飲み込み、体内で消化するところまでが一つの流れとして重要であると感じた。であれば完全に飲み込む形に作成することでより咀嚼感の表現が強まるのではないかと推測する。

今回、食品を口にした瞬間の刺激を作り、食事の錯覚を起こすことで咀嚼感の提示を目指してきた。実際に嚙む動作をしていることもあり、食品を食べている、また寒天やゼラチン以外の食品としての咀嚼感を感じさせることはできたが、任意の食品を想起させるには咀嚼感だけでは個人差が生まれた。これらの咀嚼感にも外部刺激を混ぜて付与することで再現度を高める必要があると考えられる。

3.5. 使用食品作成におけるレシピの模索と変遷

本研究の目的は、咀嚼感提示食による新しい食事の形の提案である。そのため、振動触覚を伝達できる食品の作成も必要としている。よって、ここでは食品作成におけるレシピについて触れていく。

この食品の条件として、容易に損壊しないもの、歯ごたえを感じさせる程度の弾性を持つもの、様々な食品の咀嚼感を提示する上で極力食べ心地に偏りのないもの、そしてアクチュエータから歯に振動触覚を伝達できるもの、といったことが挙げられる。咀嚼感提示においては、最後の点が必須条件である。

これらの点を踏まえ、最初に選出したのは寒天である。素材の味がほぼ無いことと硬さの調節が行いやすく、プロトタイピングの時点で試作が作りやすかったことが理由である。また、柔らかすぎて衝撃を吸収してしまうということもなく、歯に振動触覚を伝達可能であった。

寒天の基本的な作り方は、最初に水で溶かした状態にし、コンロで沸騰させて液体状にし、熱が冷めきる前に成型するというものである。ただし、通常の寒天ゼリーの分量では軟らかすぎるため、硬いゼリーの作り方を探して模索した。寒天は熱し方によって硬さに変化があるということがわかった。水は少なければ良いということではなく、逆に不足に偏った場合、綺麗に固まらず、分解されやすくなる傾向にある。そこで、次のような方法で作成した。

まず水の分量をぎりぎりまで減らし、強火で沸騰させる。数秒その状態で置いたままにし、徐々に弱火にしていく。熱を少し冷ますことで成型前から固めの液体になる。ただ、固まりすぎても成型できないので、半個体になる前に型に流し、冷凍庫で数分、およそ5分程度急激に冷やす。凍る前に取り出し、冷蔵庫に移動させる。幾つか方法を試したが、直接冷蔵庫に入れるよりよく固まり、溶けにくくなるように感じられた。しかし、完全に凍らせてから常温で溶かして使用すると、逆に溶けすぎるため、冷凍庫で長時間冷やしてはいけないことがわかった。

当初、形状は中程に切り込みが入り、歯に上から被せる形で作成していた。これは歯に嵌めることで実際に固めの寒天を噛む際の反発と、横側から骨伝導によって振動による二種類の刺激を与える形だった。しかし実際に噛んだところ、歯の上部に振動がきた方が伝わりやすく、また噛んだ瞬間にぶつかった場所から刺激

がくることで連動性を感じられたため、細長い中央に穴の空いた形状に変更した。

プロトタイピングの過程で、寒天のみでは弾性による頑丈さが薄いと感じられた。そのため、次にゼラチンを混ぜることにした。同じゼリー状の食品を作ることができるものだが、植物性と動物性の違いから、作成時も分けて液体にする必要があった。ゼラチンは沸騰させると成分が分解され、白いダマができたり、固まりにくくなったりすることから、ゼラチンのみで水に溶かしたものを電子レンジで温めて溶かす。その間に寒天を沸騰させ、どちらもある程度熱されている状態で混ぜ合わせた。

プロトタイプ 2 においてはゼラチンの量を最も多くし、タピオカ粉を粘性の要素として入れ、常温に弱い点を寒天で補強した形になった。試作の結果、グミの材料になるゼラチンの方が弾性は強いことが一因である。

また、強度及び噛みごたえに変化を与えるため、タピオカ粉に加え上新粉、白玉粉も使用した。ただし米粉の上新粉と白玉粉はべたつきが強く、なおかつ硬さの調節が困難だったため取りやめた。タピオカ粉に関しては、主材料をタピオカ粉にすると固まりが遅く、また振動が伝わりにくかったが、ゼラチンに混ぜると滑らかな噛み心地になった。また、タピオカ粉を混ぜることで材料がわずかに白くなり、見た目の面でも役立った。

粉以外にも試作を行ったが、最終的にはゼラチンと寒天及びエッセンスとしてのタピオカ粉で作成することとした。なお、殺菌剤として酢を少量入れている。

なおプロトタイプにおける最終的なレシピの分量を改めて以下に記す。

使用材料・ゼラチン 15g

- ・寒天粉 3g
- ・タピオカ粉 2g
- ・酢 2g
- ・水 200cc

3.6. 考察

今回のプロトタイピングは、本研究の目的である振動触覚による咀嚼感提示食の作成にあたり、咀嚼感提示の試作として行った。食品においては、柔らかすぎるとは振動が吸収され、なおかつ即座に噛み切られてしまうという問題を解決するために、前述の手順で作成することになった。これに対し付与する触感は咀嚼音と連動した刺激がより再現度が高いことがわかった。これは咀嚼音に合わせて噛む動作を行うことも理由として考えられるが、プロトタイプ 2 で感じられたように各個人が食品に対して抱えている印象もあるのではないかと考えた。この印象に近づける要素として匂いや温度の付与を一案する。先にも述べたように簡易的に匂いをつけたものを近くに置くことでその食品のリアリティを向上させることができるように感じられた。匂いの付与及び切り替えは容易ではないが、使い捨てにすることで手に取りやすい形で作成できると期待する。

また、からあげの感触とは違うが、何か別のものを食べているような感覚が興味深い、といった意見は多く見られた。さらにはからあげを体験した後、じゃがりこを体験した者から、からあげのときとは違った感覚で硬いものを噛んでいる感じがするという感想をもらった。触感の違いによる咀嚼感の変化は、音の質及び振動の動きによって表現することが可能であると考えられる。

第4章

振動触覚を用いた咀嚼感提示による 食体験デザイン

第三章で行ったプロトタイプの結果を踏まえ、最終版の作成を行う。

ファーストプロトタイプでは、振動触覚による咀嚼感の提示の可能性を確認し、セカンドプロトタイプでは、食品の強度及び表現を改善した。体験者の意見では動作の連動性とまるごと食べたいという感想が多く見られた。また、最終的に口に出す行為により可食部を食品と認識し難いという面もあった。

こうした点から、可食部を咀嚼から嚥下までの工程を経ることができる食品とするため、食器部分の形状を再度考案し、作成する。また、これまでは体験者の反応を統一して見るため、一種類の食品の咀嚼感を表現してきた。そうしたとき、録音から作成したものや電子音から作成した音といった違い、すなわち咀嚼感となる波形が異なることで別の咀嚼感を提示できることがわかった。このことから、複数の食品を味わう一回の食事という形でこれらを利用する食体験のデザインを行う。

4.1. 食体験デザインの概要

本研究では、複数の咀嚼感を提示することで、一つの食材でバリエーション豊かな噛みごち、すなわちより多くの食体験を体験者に付与することを目指す。その手段として、振動触感による咀嚼感のデザインを行い、それらを咀嚼感提示デバイスを通して体験者に流すことで様々な食品を咀嚼する錯覚を与える。

これまでのプロトタイプをもとに、一回の食事としての体験をデザインする。

したがって今回は主食と副菜の二品目を用意し、一連の食事体験として作成する。今回想定する食品は、主食を冷たいローストビーフ、副菜をサラダとする。なおローストビーフは、からあげの咀嚼感を提示した際に、温かいものであるからあげが冷たいことに違和感があるという意見があったため、冷たい肉料理ならば感じやすくなるのではないかと考えたためである。

体験時のプロセスでは、先に副菜のサラダを食べ、次に主食の肉を食べるといようにし、各咀嚼感提示の際に視覚刺激とし_cの写真及び聴覚刺激としての咀嚼音を同時に付与した。

4.2. 咀嚼感提示デバイス

最終版では可食部を完全に飲み込むことを可能とするため、以下のような可食部にアクチュエータを含まない構造の食器部分を作成した。

また、直接噛ませないことから、より振動を細密に提示できるよう、フォスター電気株式会社の丸型の振動アクチュエータを使用する。このアクチュエータの中央部に真空チューブを持ち手となる程度の長さで取り付ける。さらに、口内に入るチューブの下方にフォトリフレクタを設置し、配線部分はチューブ側面に沿わせて密着させた。フォトリフレクタは、唾液や食品から保護するため、なおかつ口の中に入れても問題ないよう製薬用シリコンでセンサ部分を薄く覆い、後部をプラスチックで補強した。アクチュエータを任意の咀嚼感で振動させることで、アクチュエータに接着している真空チューブを震わせ、口内に咀嚼感を提示する。なお、センシングにおいては arduino を利用し、フォトリフレクタを口に入れた際の値を確認し、一定の数値を超えると作動するよう設定した。これにより、食器部分上部を口に入れるとフォトリフレクタが即時反応するようにした。

簡単な検証を行い、食品を刺した状態でも振動が伝わるということがわかったのでこれを利用する。

また、チューブ下方を持ち手部分とし、薄いプラスチックシートで円錐状に型を作り、これを布で覆った。底に当たる部分にアクチュエータが嵌まり、配線を出すようにした。



図 4.1: 食器部分の内部構造



図 4.2: 食器部分の外観

4.3. 咀嚼感デザイン

次に咀嚼感デザインについて記す。

今回は咀嚼音を録音したデータを加工・編集したものと、DAW ソフトを使用し MIDI データの打ち込みによって作成したものの二種類を、各食品ごとに用意した。

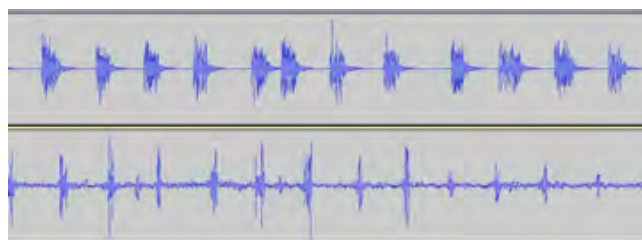


図 4.3: サラダの咀嚼感 - 波形 上: 録音 下: DAW

サラダの咀嚼感は、柔らかくはないが極端に固すぎることもない、軽い噛みご

こちである。しかし、スナック菓子の軽さとも違い、一瞬歯に重みと引っかかりがくる感触であり、水気も帯びている。咀嚼感覚としては、軽く歯に当たり、歯と食品の間で僅かな反発が生じ、すぐ離れるというものであると考える。また、音としても非常に高音成分が多く、低音成分は余韻時等ほぼ感じ取れない。このため、録音データの編集では、ピッチを変え、イコライザで低音部分を強くする。しかし、完全に高音を低音のみにシフトすると、サラダのシャクシャク感や瑞々しさが減少する。したがってある程度高音成分は残し、イコライザでも低音・高音の両方が響くように設定する。また、乾いた音になるようリバーブをカットし、アタックを速くした。

DAWソフトで作成する際は、今回は咀嚼時の擬似的な音となる要素は含まず、咀嚼感のみに集中するよう作成することを目指した。波形の揺れが少ないシンセサイザを使用し、高音を二種類、触感のベースなる部分を低音で一種類、それぞれ単音が間を空けて打つようにした。雑音や揺れを省くことで、はっきりした重さを作り、なおかつ高音をベースとほぼ同間隔で混ぜることでサリサリと響くよう表現した。

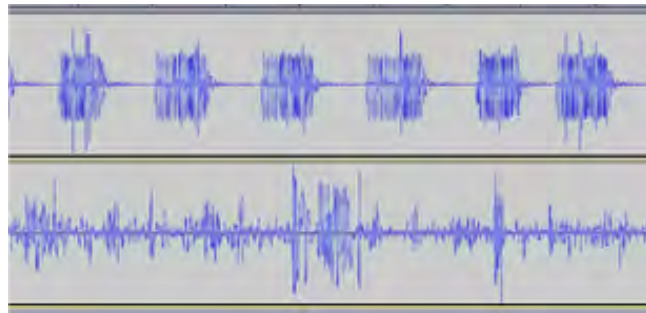


図 4.4: 肉の咀嚼感 - 波形 上: 録音 下: DAW

どちらかという硬質なサラダと異なり、肉は柔らかく粘着性があり、ある程度咀嚼を繰り返す食べ物であると想定する。柔らかいがためのすぐ噛みきれない質感があることを念頭に、肉をくちゃくちゃ噛む音を、複数の人物から録音した。

肉を噛む音は、人によってモソモソしたものであったり、粘性のある音であったりと個人差があった。その中から、より演出的に肉らしい音を選出し、加工した。

また、肉もその粘性と噛みきれなさによる柔らかさから、サラダとは異なる高音成分を含む。これはサラダより振幅が多く、弱い音である印象がある。しかしこのざらつきも、噛んだ肉が舌の上でほどけて溶けた味わいとして認識できる。録音データの編集では、このざらつきを残しつつ、音を増幅させることでくちやくちやと肉を噛む感覚を味わわせる必要がある。

よって、全体の音を大きくなめらかに低音域にシフトさせ、ピッチを下げて増幅させる。重量感を出すため、全体に薄くバスをかけている。ざらつきを残すために波形を整えることなく、ノイズ混じりの部分を微調整した。調整後、肉の柔らかさを補強するため、微量のワウをかける。

DAW を使用しての作成においては、メインに弦楽器系のシンセサイザを使用した。弦楽器の揺れによるたわみを利用し、肉のざらつきと柔らかい噛みごちを表現した。また、聴覚刺激となる録音の音声に合わせて、ブロックごとに波形の揺れを作った。

以上の四種類の素材で咀嚼感の提示を行った。

4.4. レシピ

可食部は基本的にはセカンドプロタイプと同じ手順で作成する。ただし、フォトリフレクタのセンシングを阻害しないよう、食品自体の透明度を上げる必要が生じた。さらに、実際に飲み込むことを目指すことから、比較的柔らかくするためにも水分量を増やした。なお、これまでの可食部は無味で作成してきたが、味があまりにもしない、食品感が薄い、といった意見から栄養食品に似せて、ポッカレモンを混ぜることで仄かな味つけを行った。

また、視覚的效果として、食紅によって各食材を想起させる色合いを付与した。

幾つかの試作を行った結果、ゼラチン 15g、ゼラチンに混ぜる水 300cc、寒天 5g、寒天に混ぜる水 100cc、ポッカレモン 1 さじ、酢を 2g と食紅を 1 振り程度というレシピにした。調理工程を含むレシピを以下に載せる。

可食部の作りかた prt 3

ゼラチン：15g 寒天：5g
水：300cc 水：100cc
ポッカレモン：1さし 酢：2g

最初に寒天を水100gに
混ぜます



急速に沸騰させ、
弱火にします

1～2分程度
よく混ぜます



ゼラチンと水300ccを
よく混ぜてから
電子レンジで温めます

図 4.5: 最終レシピ 1/2

寒天とゼラチンを
混ぜ合わせます
このとき、
ポッカレモンと酢を
いれます



容器に流し込む際に
食紅を加えます



図 4.6: 最終レシピ 2/2

4.5. 食体験

本研究の目的である楽しい食体験を味わえるエンターテインメントの作成のため、一つの食材でより多くの咀嚼感すなわち食感を味わうことによってこれを達成することを試みてきた。よって今回の食体験の実施では、一回の食事デザインとして、主食の肉、副菜のサラダの二種類を別々の咀嚼感で提示することで表現した。さらに、咀嚼感の表現の幅を広げる手法として、人工的に作成したデータと録音から生成したデータを用意し、その両方から体験者の反応を確認した。体験手順は、最初に録音データから作成した咀嚼感をそれぞれ提示し、二回目にDAWソフトで作成した咀嚼感を提示した。使用する可食部は体験者自身に選んでもらった。



図 4.7: 完成図

完成図 4.7 である。中央にあるブロック状の物体が可食部であり、緑は野菜を、黄色はからあげを、赤はローストビーフをイメージして着色した。右下のように、食品に食器先端を挿して食す。



図 4.8: 使用方法

4.6. 評価

男性 2 名、女性 3 名の合わせて 5 名の男女に体験してもらった。



図 4.9: 体験の様子

以下に体験者からのコメントを列記する。

全体に対する感想

- ・ 振動に合わせて噛んだ

- ・振動によって味が違うような感じがした
- ・素材は薄い感じがした
- ・ぞわぞわした
- ・振動の提示によりかみごたえを感じた

・二回目（ DAW によるデータを指す ）の方が自分の口の動きとうまく同機した気がした

- ・二回目の方が咀嚼感がはっきりしていた
- ・二回目の方がかみごたえを感じた

肉（ローストビーフ）に関する感想

- ・噛んでいるうちに肉のような気がしてきた
- ・肉の弾力感があった
- ・素材の立体感があった

サラダに関する感想

- ・歯ごたえよりさっぱりした味覚を感じた
- ・サラダの方がサラダらしかった
- ・二回目の方が噛んでいる感じがした
- ・野菜は新鮮な感じが味わえた
- ・サラダはこすれるような感じがした
- ・サラダはゼリーだった

4.7. 考察

感想及び体験者の様子から、肉とサラダで異なる咀嚼感を感じたことがわかった。また、振動提示デバイスとなる食器部分を、口にアクチュエータを直接含ませない構造にしたことから、最初のプロトタイプの際に比べると、使用時の体験者の警戒度が下がったように感じられた。振動の刺激の強度はやや下がったように見受けられるが、波形の揺れや形は前回より細密に感じ取れているように考えられた。

振動触感のデザインに関しては、肉は噛んだ感があるという評価が多かったが、サラダにはばらつきがあった。

サラダらしさの表現として、高音成分を多くとり、野菜のややもろい硬さを振幅の少ない波形で表現したが、サラダは体験者に想定した通りの感覚を付与できるか、あるいはまったく感じ取れないかのどちらかであると考えていた。しかし実際には、爽やかさを感じ、サラダらしい触感に感じたという者と、サラダというよりゼリーだったと野菜感を覚えない者の両者がいた。前者の場合、振動デザインの効果があったのだと考えられる。

サラダと感じなかった後者の場合、これは嚥下時に可食部の柔らかさを意識することでサラダであると錯覚し続けることが難しかったからではないかと推察する。サラダは本来パサパサしたものであり、可食部に使用しているゼラチン類の弾力性には繋がらない食感である。そのため、咀嚼から喉を通るまでの流れにおいて、とりわけ嚥下時に実物の食品を認識してしまったのではないかと考えられる。ただし、感想のばらつきからもわかる通り、この知覚には個人差の揺れが多く、サラダの中でもワカメなどを含んだ画像を示すことで改善することも可能ではないかと感じた。

また、初回と異なり今回は DAW で作成した音の方がその食品らしさを感じたと出た。前回作成時は咀嚼音に近づけるため幾つかの種類音を混ぜて作成したが、今回は咀嚼音に合わせた上で噛んだときの歯との接触のみを意識して音数を抑えて作成した。肉のざらつきに関しても弦の振幅を主体としてはいるが、他の要素を極力減らし、触感をより明瞭に感じさせることを目指した。余分な雑音が混ざらなかったことで、揺れから肉の噛みごちを錯覚しつつも、触感への意識

がしやすくなったのではないか。サラダに関しては高低の異なる同音を合わせる
ことが適したのではないかと思われる。

このことからそのとき手元にはない食材でも咀嚼音を人工的に作成することで再
現することが可能であるとわかった。ただし、事前に試したチョコレートプリン
はこれと形容し難い食感になるという結果であった。そのため、対象の食品はあ
る程度噛みごこちがあり、また柔らかさも含んだものが再現しやすいものとなる。

しかし、チョコレートプリンも近くに溶かしたチョコレートを設置するとチョコ
レート感を覚え、またサラダや肉料理においても同質の匂いのするものを設置
することで錯覚が強まったように見られた。

こうした結果から、咀嚼感のみで表現することには限界があるものの、匂いや
音、温度等外部要素と組み合わせることによってより錯覚を強めることは可能で
あると考えられる。

第5章

結 論

本研究では、固形や粉末、サプリメントといった美味しさや食べる楽しみという要素の薄い、栄養を摂取するための食品でも食事の喜びを感じさせるため、食品を通して自在に任意の咀嚼感を呈示することで異なる食品を食べている錯覚を起こすことを目指した。

第1章では、研究背景として食事行為に内在するエンターテインメント性について述べ、機能性栄養食品のような味の少ない食品を楽しく食べる意義に触れることで、新しい食体験のデザインという本研究の目的を示した。

第2章では、食事と味覚に対するアプローチについて触れた。まず、現在普及している娯楽性の高い食体験として、ブラインドレストランやプロジェクションマッピングによる演出や、電気刺激を用いて味に変化をもたらす試みについて述べることで、市場における拡張する食体験の可能性を明らかにした。次に、味覚を形作る五感の拡張によって食体験を変容させる先行事例について、各知覚ごとに参照した。はじめに対象の食品について印象づける視覚情報を操作することで、同じ食品でも異なるものであるように錯覚させるが可能であるとわかった。また、誤認させた視覚情報に沿った匂いを加えることで任意の味を表現することも行われている。聴覚においては咀嚼音の増幅によって食品の鮮度や食感に影響を与えられることがわかった。本研究では咀嚼感、すなわちものを噛む際の食感を変える手法を求め、触覚刺激の付加による手法について取り上げることでその有効性を確認した。最後に、実際に味そのものを加える方法として電気刺激を用いて塩味、苦味、辛味等を表現する研究があることについて述べた。

第3章では、本研究で行う食体験のデザインとその方法について記した。第2章で触れた先行事例を参考にプロトタイプ制作を行い、各段階ごとのレシピを

残した。1st プロトタイプでは、振動アクチュエータから任意の食品の咀嚼感としてデザインした波形データを流し、歯に伝えることで咀嚼感を提示することが有効であるかについて調査した。このときに試作した可食部は寒天を主成分とした。複数名に体験してもらった結果、振動触覚による咀嚼感の提示を確認した。再現性は低く、可食部の強度に関しても改良する必要があることがわかった。これを踏まえ、2nd プロトタイプでは可食部の分量を変更し、ゼラチンを主成分とし、またタピオカ粉を混入させた。また、1st プロトタイプで作成したもの以外の食品を想定して異なる咀嚼感の制作を行った。複数名に体験してもらった結果、可食部は以前より弾力を持ち、複数回の咀嚼に耐えうることが確認できた。また、触感の違いによって咀嚼感を変化させることも可能であるとわかった。再現性には咀嚼感以外の要素も付加することで向上できるのではないかと考えられた。

以上により、第四章ではプロトタイプの結果をもとに、ひとつの食品で様々な咀嚼感を味わえる食体験のデザインを提案した。また、硬さや重量感の異なる食品の咀嚼感をそれぞれ振動触感として作成することでバリエーションを出すことが可能であると考え主食と副菜の咀嚼感を用意し、一回の食事としてのデザインを行った。

最終版の体験結果から、任意の咀嚼感を提示することにより、本研究の目的である楽しい食体験としてのエンターテインメントを達成する手段として一品目で多数の咀嚼感を味わえる食体験をすることにより、食事の楽しさを増幅させる試みは可能であると考えられる。また、課題である風味や温度等についても第3章で述べたように匂いを加えることで想定食品への親和性を向上させ、より豊かな食体験のデザインを行えるのではないかと推察する。温度表現は、冷却においては関連研究であげた液体窒素による急速冷却が活用できるのではないかと。高温にする方法は形状維持の面で難があるものの、ペルチェ素子の内包によって表現することも検討できる。

さらに食体験の際、色々な触感を舌で味わえるのが面白いということで何度かそれぞれの触感を試すという行為を求められた。

本研究では、サプリや食事制限のための栄養機能性食品などの食事下や、あるいは日々の料理で手間暇かけず少しの工夫で美味しさを多様化する手法の一つと

して、一品目の食品を用いてより多くの食感を提供することを目的に新しい食体験のデザインを目指し、無味に近い食品に、かみごたえを加えることで別の食べ物を噛む感覚の付与を行った。体験者がこうした感覚を抱いたことで、この食体験の手法にを用いることで、一つの食品を複数食べながらも、飽きずに楽しく食事を続けられる可能性が見受けられた。

人は毎日食事をしなければならない。その行為を自発的に続けられるよう、人は食事を娯楽性のあるものへ発展させてきた。美味しいという刺激は甘さや辛さ、そして歯ごたえ等多様な要素を持っている故にそのローテーションによって飽きを感じることなく食生活を送ることができる。しかし健康と時間、体力や知識といった料理と食事に必要な多くのことに配慮しながら、美味しいものを手軽に摂取することは容易ではないように感じられる。醤油やスパイスといった調味料の組み合わせで工夫を凝らすことで味を変えることはできても、突然かみごたえのあるものが望んだときに柔らかいものしか所持していないこともある。特に食糧事情の不明瞭な宇宙に出た際には、食べたいときに食べたいものが即座に手の届く位置にある可能性は低いだろう。そうしたときに本研究で作成してきた媒体を利用することで調味料による味の変化に加え食感も手軽に変容させられるようになることを期待する。本研究が、どのようなときでも楽しい食事を体験できる環境作りの一助となれば幸いである。

謝 辞

本研究の指導教員であり、幅広い知見からの確な指導と暖かい励ましやご指摘をしていただきました慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科の南澤 孝太准教授に心から感謝いたします。

副指導員の慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科の稲蔭 正彦教授に論文執筆に際し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。

副指導員の慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科の古川 享教授には研究指導や論文執筆など数多くの助言を賜りました。

副査を引き受けていただいたお二人に心から感謝いたします。

食体験のデザインに際し数々のご助言をいただきました金箱 淳一氏、柳原一也氏にはひとかたならぬお世話になりました。

触感デザインの手法について小西 由香理氏、花光 宣尚氏、柴崎 美奈氏には数々のご助言とともに熱心な手ほどきをいただきました。

デバイス作成にあたり、神山 洋一氏、佐々木 智也氏、前田 智祐氏には型作りやセンシングについて様々な知識を与えていただきました。

皆様のおかげで本研究のデザインを行っていくことができました。本当にありがとうございました。

触感デザインから方向性について相談に乗っていただいた EmbodiedMedia ならびに KMD の修士の皆様には感謝いたします。

またプロトタイプ制作にあたり、各段階で体験を引き受けていただいた体験者の皆様には心から感謝いたします。本研究にご協力いただいたすべての方に感謝の意を表明したく存じます。この場を借りて皆様に篤く御礼申し上げ、謝辞にかえさせていただきます。

参 考 文 献

- [1] Skullmapping. Le petit chef. <http://www.lepetitchef.com>.
- [2] JINSOO AN, NGUYEN TRAN, BRAD KENT, and Kokiri lab. project nourished. 2015. <http://www.projectnourished.com>.
- [3] 中村裕美, 宮下芳明. 電気味覚による味覚変化と視覚コンテンツの連動. 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 3, pp. 1092–1100, mar 2012.
- [4] J. Walter Thompson Japan Takashi Ishii, Hiromi Nakamura. No salt restaurant. <http://labtokyo.jp/nosalt/>.
- [5] 鳴海拓志, 谷川智洋, 梶波崇, 廣瀬通孝. メタクッキー : 感覚間相互作用を用いた味覚ディスプレイの検討 (特集: 香り・人・システム). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 15, No. 4, pp. 579–588, 2010.
- [6] 鳴海拓志, 伴祐樹, 梶波崇, 谷川智洋, 廣瀬通孝. 拡張現実感を利用した食品ボリュームの操作による満腹感の操作. 情報処理学会論文誌, Vol. 54, No. 4, pp. 1422–1432, apr 2013.
- [7] ムシキングス. 虫物の多い料理店. <http://ivrc.net/archive/the-restaurant-of-many-orders-insect-dishes2017/>.
- [8] 森麻紀, 栗原一貴, 塚田浩二, 椎尾一郎. いろどりん : 食卓の彩りを良くする拡張現実システム. 全国大会講演論文集, Vol. 70, pp. 245–246, mar 2008.
- [9] Wanting Jiang Masahiro Nishizawa and Katsunori Okajima. Projective-ar system for customizing the appearance and taste of food. 2016.

- [10] 小泉直也, 田中秀和, 上間裕二, 稲見昌彦. Chewing jockey : 咀嚼音提示を利用した食感拡張装置の検討 (特集: クロスモーダル/マルチモーダル). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 18, No. 2, pp. 141–150, 2013.
- [11] Felipe Reinoso Carvalho, Kris Steenhaut, Raymond van Ee, Abdellah Touhafi, and Carlos Velasco. Sound-enhanced gustatory experiences and technology. pp. 5:1–5:8, 2016.
- [12] Kadomura Azusa, Nakamori Reina, Tsukada Koji, and Siio Itiro. Eatheremin. pp. 7:1–7:1, 2011.
- [13] 廣瀬雅治, 岩崎花梨, 野尻梢, 武田港, 杉浦裕太, 稲見昌彦. おもみ調味料グラビトミン酸:食品の重さのインタラクティブな変化を利用したエンターテインメントシステム. No. 71, mar 2014.
- [14] 上村尚弘, 森谷哲朗, 矢野博明, 岩田洋夫. 食感呈示装置の開発 (特集: vr のための計測技術). 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 8, No. 4, pp. 399–406, dec 2003.
- [15] 山岡潤一. Tagcandy : 棒付き飴の食感拡張デバイスの提案. 芸術科学会 NICOGRAPH ポスターセッション, 2011, 2011.
- [16] Nimesha Ranasinghe and Ellen Yi-Luen Do. Digital lollipop: Studying electrical stimulation on the human tongue to simulate taste sensations. *ACM Trans. Multimedia Comput. Commun. Appl.*, Vol. 13, No. 1, pp. 5:1–5:22, October 2016.
- [17] Nimesha Ranasinghe, Kuan-Yi Lee, Gajan Suthokumar, and Ellen Yi-Luen Do. Taste+: Digitally enhancing taste sensations of food and beverages. pp. 737–738, 2014.
- [18] Nimesha Ranasinghe, Pravar Jain, Shienny Karwita, and Ellen Yi-Luen Do. Virtual lemonade: Let’s teleport your lemonade! pp. 183–190, 2017.

- [19] Minamizawa Kouta, Kakehi Yasuaki, Nakatani Masashi, Mihara Soichiro, and Tachi Susumu. Techtile toolkit: A prototyping tool for design and education of haptic media. pp. 26:1–26:2, 2012.
- [20] 七沢なおみ, アトリエヴィ. お部屋でカフェ: 私だけの手作りレシピ 63. 2001.
- [21] Mart ホームベーカリー book.: Dean&deluca の「ny スタイルのサンドイッチ」/「ミニパン&ミニバーガー」. 2010.
- [22] 絵本フランスの頑固なレシピ:. 2001.
- [23] リッツエスコフィエフランス料理学校. プチシェフのためのフレンチレシピ: ホテル・リッツの子ども料理教室より. 2001.
- [24] ココット型で作るスイーツ: 小さいからかんたん. 2010.