

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メントシステム

廣瀬雅治^{†1} 岩崎花梨^{†1} 野尻梢^{†1} 武田港^{†1} 杉浦裕太^{†1†2} 稲見昌彦^{†1}

味はいは味覚だけでなく聴覚，視覚，触覚，あるいは個人の経験や文化的背景など，様々な情報に基づいて知覚される感覚である．我々は食事の動作の中から，食器を通じて知覚する食材の重みと，そこから引き起こされるクロスモーダルに着目し，フォークと調味料で構成されたエンターテイメントシステム「おもみ調味料グラビトミン酸」を制作した．この装置を使えば，体験者自らが”おもみ”という調味料を振りかけるインタラクションを行いながら，食品の重みを変化させることができる．この一連の動作により，触覚情報である食品の重みの変化から引き起こされる，味覚や歯応えの変化を知覚することで，普段と異なる食体験を楽しむことができる．

Gravity Spice: Entertainment System by Changing the Weight of Food Interactively.

MASAHARU HIROSE^{†1} KARIN IWAZAKI^{†1} KOZUE NOJIRI^{†1}
MINATO TAKEDA^{†1} YUTA SUGIURA^{†1†2} MASAHIKO INAMI^{†1}

The flavor of food is not just limited to the sense of taste, but it changes according to the perceived information from other perception such as from the auditory, visual, tactile sense or through individual experience or cultural background etc. Our proposed entertainment system "Gravity Spice" focuses on the cross modal of our perception, where we perceive the weight of food when we carry the utensil. This system consist of a fork and a seasoning called the "OMOMI". User can change the weight of the fork when flaking the seasoning onto it. Through this sequence of actions, user can enjoy a different eating experience, which may change the taste of their food or the feeling of the food when they are chewing it.

1. 研究背景

人間は食べ物を食べることで生命維持のための栄養を摂取する．それと同時に食べ物の持つ食感を楽しんでいる．食感，つまり食べ物のテクスチャーの定義は，研究者や機関によって異なり，「食物の物理的性質に由来する属性であり，口腔内の感覚により知覚されるもの」，「目および口中の皮膚または筋肉感覚で知覚される食品の性質で，粗さ，なめらかさ，粒状感などを含む」，「力学的・触覚的および適切であれば視覚的・聴覚的な方法で感知できる，食物のレオロジー的構造（幾何学のおよび表面的）属性の総体」などと表現されているが，要するに「食物の組織，構造あるいは状態に由来する物理的性質に対する感覚応答」を指している[1]．例えば咀嚼するときのバリバリ感はポテトチップスの醍醐味であると言えるし，香草は口に入れたときの鼻から抜ける匂いにこそ食材としての価値がある．これらは歯応えという触覚情報と，香りという嗅覚情報の例であるが，味覚情報，視覚情報，聴覚情報などその他の五感においても，人間は食材の持つテクスチャーを知覚しながら食事をしている．人間は食材から栄養を摂取すると同時に，食材の持つ情報を楽しんでいるとも言える．

食体験において様々な情報の知覚が行われる中で，我々は食べ物を食べるときに食器を通じて感じる食品の重さに着目した．金属製のフォークや漆で塗装された箸は高級な食事の場面で利用され，プラスチック製のフォークや割り箸は簡易的な食事で利用される．このように食文化の中で我々は無意識に食器の種類を使い分けている．それら食器の使い分けによって，食器の重さというパラメータが明確に異なっている．重さの他にも食器の形状や大きさなどの特徴によって食感に変化する．この知覚の変化を利用すれば，従来の調味料では変化させることができない「食感」のパラメータを変化させることができる調味料を作ることができるのではないかと考えた．そこで食品に重みを加えて食べることができる調味料型エンターテイメントシステム「おもみ調味料グラビトミン酸」を制作した．このシステムのコンセプトイメージを図1に示す．



図1 おもみ調味料グラビトミン酸のコンセプトイメージ

^{†1} 慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科
Keio University, Graduate school of Media Design
^{†2} 日本学術振興会 特別研究員
JSPS Research fellow

以前我々が日本バーチャルリアリティ学会において提案したシステム[2]から実装面での更新を行い、また実際に体験した人のフィードバックの取得とその検証を行った。

2. 関連研究

おもみ調味料グラビトミン酸は人間の知覚の特徴の一つでもあるクロスモーダルを利用したシステムである。クロスモーダルとは異なった感覚間の相互作用のことを意味する[3]。例えば視覚情報により凹凸を再現することで、実際の凹凸の触覚情報の知覚が促進されるという報告がある[4]。これは視覚情報と触覚情報の感覚間のクロスモーダルである。

また味覚が関係したクロスモーダルの現象も数多く存在する。鼻をつまんで何かを食べてみると、普段よりもずっと味気ない味覚に驚かされる。これは味覚と嗅覚との深い相互作用により起こる現象である。また、いわゆる「味」と呼ばれるものの80%以上は嗅覚に起因するものであるという報告もある[5]。この相互作用は我々の生活の中にも数多く活用されており、身近な例では甘い匂いによる甘味の増強効果がある。キャラメルフレーバーティーでは、キャラメルの甘いにおいによって甘みが増加したように感じ、満足感がもたらされる[3]。味とにおいがそれぞれ単独のパラメータであれば、こういった現象は起こりえない。視覚情報と嗅覚情報のクロスモーダルを利用した研究もあり、東京大学の鳴海らは Head Mounted Display による視覚情報の提示と、嗅覚情報を提示することができるデバイスを用いて、食品の味の変化を検証した[6]。

クロスモーダルを用いた五感以外の変化を目的とした研究で言えば、同じく鳴海らの研究で食品の見た目の大きさとその満腹感を検証した研究がある[7]。この研究では食品を大きく見せることで満腹感が増すという結果が見られた。満腹感という被験者の身体の変化を検証しており、他には物体の見た目を変化させることで、その物体を持ち上げる疲労度の軽減を検証した研究もある[8]。クロスモーダルをうまく利用すれば満足感や疲労度など、身体の変化に働きかけることができる。これらを踏まえて、本研究の検証実験では被験者の姿勢の変化に着目している。

また本研究では食器を通じた食品の触覚に注目している。触覚を使って食体験の変化を検証している例は数多くみられ、Vanessa Harrar と Charles Spence の研究では重さの異なるスプーンでヨーグルトを食べたときの「味」「高級感」「味の濃さ」などの変化を検証にした。これは食器から伝わる触覚情報と味わいの関係に着目したものである[9]。慶應義塾大学の小泉らは、咀嚼音という聴覚情報を被験者にフィードバックすることで、歯応えという触覚情報に対する変化を検証した[10]。

また触覚と食体験をエンターテインメントシステムとして

利用した前例では慶應義塾大学の山岡らによる TagCandy[11]がある。明治大学の中村らの研究では電気刺激を舌面に受けた時に感じられる電気味覚を、食体験を拡張するインタラクションの設計に利用した[12]。

こういった食体験の拡張や、エンターテインメントの要素を食体験に取り込んだ研究は近年数多くみられる。食べたときに様々な音を生成するインタラクティブな玩具、食べテルミン[13]、プロジェクタの投影により料理の彩りを変化させる拡張現実システム、いろどりん[14]などが関連研究としてあげられる。本システムでも、インタラクティブな調味料の実装や食品の持つ「重さ」という情報の拡張によって、楽しい食体験を実現することや、普段の食事では気づかない食品の持つ要素を体験者に伝えることをコンセプトとしている。

重みの提示に関しては SPIDAR による力覚情報の提示[15]や、PHANTOM による静摩擦を利用した重みの提示[16]などが考えられる。しかし見た目に影響を与えない方法を利用する為に今回は独自のシステムを利用した。

3. おもみ調味料グラビトミン

3.1 全体図

装置全体は図2に示すような外装となっている。調味料型デバイスと、重みを提示するフォークの二つで構成されている。フォークの中のおもりを適切な位置に動かし、重心を制御することで、体験者に対してあたかも食品の重みが増加しているかのような感覚を提示する。重みの提示により、中身のチョコレートがシューに包まれているチョコシューでは「中のチョコが増えたのではないか」、あるいはマシュマロのような一定の大きさで、かつ歯ごたえに特徴がある食品では「密度が高く固いのではないか」と体験者に予想させる。その予想と実際に食べたときの知覚のギャップから、食感との変化を感じさせることができる。



図2 装置全体の外装

3.2 システム構成

重さの提示のタイミングを決めるために、加速度センサによる調味料入れの振りを取得と、フォーク先端に取り付けたフォトリフレクタによって食品の有無を判定した。二つのセンサ情報から、フォークの中に組み込んだモーター駆動スライダでフォークの重心を制御するシステムを作った。システム構成を図3に示す。

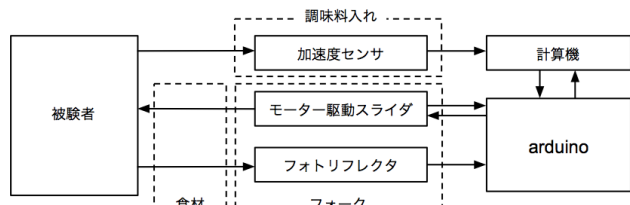


図3 システム図

3.3 インタラクションのための調味料型デバイス

体験者は調味料入れを振りかけながら、食品の重みの増加を感じることができる。このインタラクションの動作は、徐々に重さが増えていくことで、体験者が食品の重みの増加に集中出来ることを意図している。調味料入れの中の加速度センサにより振りの検知を行い、フォークで提示する重みと連動させることで、この仕組みを実現した。

3.4 重さ提示のためのフォーク型デバイス

フォークの中に 52 グラムのおもりを取り付けたモーター駆動スライダを組み込み、フォークの重心を自由に制御できる仕組みを作った。フォーク自体の全体の重さは 140 グラムである。調味料を振りかける動作をきっかけにして、フォークの中に入った重りを先端に移動させる。このモーメントの変化によって擬似的な重みを提示し、あたかも調味料をかけることで食品の重みが増しているような感覚を与える。

重みを提示しているときと、提示していないときの、フォークの内部の様子を図4に示す。フォークを持つ手元部分を支点、おもりの位置を力点としたモーメントを考えた時、先端におもりを移動させることで食材の位置にモーメントによる重みを提示することができる。この仕組みは既存の仕組み[15][16]とは異なり、外見に変化を与えず重みを提示することができるという特徴がある。そのため食品に注目させるという目的に適している。

また、何グラムの重さの提示が可能であるか、簡単な検証実験を行った。フォークの末端におもりを乗せた場合のフォーク外部のモーメントの変化と、内部のおもりの移動によるモーメントの変化を照らし合わせることで、おもりの位置とシステムにより提示できる重みの関係を調べた。

検証の結果最大 30 グラム相当の重みの提示が可能であ

るとわかった。マシュマロの重さは 5 グラム程度であり、この仕組みで 6 倍程度の重さの提示が可能である。プロトタイプによる検証を行った結果、食品の 2 倍程度の重さの増加では、被験者はほとんど変化を感じることができず、3 倍程度の重さの増加でようやく変化を感じることができた。また 10 倍以上の重さの提示は、食品を食べるにあたっての違和感が大きかった。したがって 6 倍程度の重さの提示は、今回の用途では適切であると言える。

フォークではなく食品が重い、ということを認識させるために、フォークの先に取り付けられたフォトリフレクタで食品の有無を検知し、食べた瞬間に重みを素早く消すようにしている。

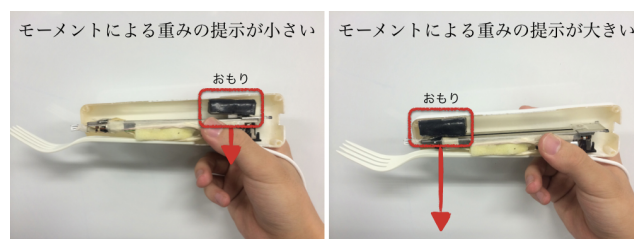


図4 手元を支点、おもりを力点としたときのフォーク内部におけるモーメントの変化の様子

4. 実演展示

4.1 デモ展示における検証実験

我々は国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト: International collegiate Virtual Reality Contest (以下 IVRC) において、おもみ調味料グラビトミン酸のデモ展示を行った。IVRC とは、学生が企画・制作したインタラクティブ作品の企画力・技術力・芸術性を競うコンテストである。1993 年から開催され、これまでにバーチャルリアリティ (VR) の既成概念を拡張するような、独創的で親しみの持てる作品を数多く生み出してきた[17]。

2013 年に行われた IVRC で 400 人程度の来場者に体験してもらった。体験者はチョコシュー、マシュマロ、せんべい、綿菓子から 1 つ好きな食品を選び、一口目に重みを加えない食品を食べ、次に本システムを使い体験者自らが重みを加えて食品を食べた。体験後アンケート形式で体験の感想をフィードバックとして取得し、食知覚実験を行うための検証実験として役立てた。図5は IVRC のデモ展示の様子である。IVRC 以外にも日本官能評価学会[18], 未来館オープンラボにおけるデモ展示、第一回クロスモーダルデザインワークショップ[19]などを通じて、数多くの方々に体験してもらった。



図 5 IVRC におけるデモ展示の様子

4.2 デモ展示のフィードバック

6 割前後の体験者が食感の変化を感じることに成功した。マシュマロは「食感が固くなった」「モチリとした食感になった」などの回答が最も多かった。チョコシューは「中のチョコが増えた」「シューが固くなった」、綿菓子「量が増えた」「甘さが増した」、せんべいは「パリパリ感が増した」、などの回答がそれぞれ最も多かった。食品によって変化が多様に分かれ、ある程度の傾向が見られた。「味の濃淡」に関する変化の意見もよく観測された。

他には「高級感が増した」「柔らかくなった」「小さくなった」「奇妙な感じ」「粘性が増した」「ひんやりしたような感じ」「酸っぱくなった」「何かが変わったけどわからない」などの変化があった体験者も数人見られた。

また、口を大きく開けて食べている様子や、前のめりで食べている様子、中には手を添えて食べる体験者も見られ、こういった食感とは違った姿勢の変化もフィードバックとして観測した。

「何も変わらない」と回答した体験者からは、食品の重さと味わいを関係づけることができなかった、という意見をもらった。また「中の構造に気付いてしまいフォークが重たくなっているようにしか感じなかった」という意見も見られた。特にエンジニアや研究者の方は擬似的な重み提示のメカニズムにいち早く気付いていた。

逆に高校生以下の年齢の体験者には効果が強く現れた。「本当に何かを振りかけているのかと思った」という意見も見られた。

4.3 食品の重み提示による姿勢の変化の検証

IVRC では「口を大きく開けて食べている様子」、「前のめりで食べている様子」、「手を添えて食べる様子」など、姿勢に関する変化が観測された。それらを検証するために、食知覚実験時に定点カメラを設置し、被験時の姿勢と口を開ける大きさを映像で観測した。

姿勢の変化が明確だった被験者の実験の様子を図 6 に示

す。この被験者は重みを加えていないマシュマロを食べるときは、マシュマロが最低限口に入るサイズしか口を開けなかったが、重みを加えたマシュマロを食べるときは、重みを加えていないときよりも大きく口を開けており、口を大きく開けることにより浮かび上がるほうれい線を撮影映像から観測した。また被験者は重さを加えたマシュマロを食べているとき、前屈みの姿勢になる様子が見られ、結果として定点カメラによる映像は被験者の顔が大きく写っていた。またデモ展示のフィードバックと同様で、変化が見られない被験者も見られた。

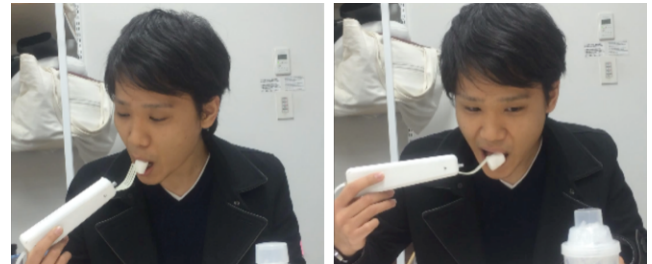


図 6 姿勢の変化が明確だった被験者の実験の様子
(左) 重みを加えていない時 (右) 重みを加えた時

4.4 デモ展示と検証の考察

デモ展示においても検証においても、システムによる効果があった体験者や被験者に関しては、我々が狙った「重さの情報を操作することで食感を予想させる」という心理モデルが上手く働いたものと考えられる。重み提示のメカニズムに気付いてしまった人にはその食品の重さが増したと認識することが難しく、その心理モデルが上手く働かなかったと考えられる。

子供を含めた高校生以下の体験者に強い効果があった点に関しては、重み提示のメカニズムに気づくこと無く、インタラクションによる調味料としての演出と、重みの提示がうまく働いたことが原因であると考えられる。この心理モデルは体験者の体験に基づいた予想を利用しているため、低い年齢層の体験者は効果が薄いと予想していたが、デモ展示ではその予想の逆のフィードバックが得られた。

5. まとめと今後の展望

本研究では食器を通じて知覚する食材の重みと食感のクロスモーダルに着目し、食品の重みの知覚を変えることができる調味料型のエンターテインメントシステムおもみ調味料グラビトミン酸を提案した。デモ展示でのフィードバックを元に食知覚実験を行い、その効果を検証した。

IVRC2013 におけるデモ展示では「食品が大きくなったように感じた」「チョコシューの中身のチョコが増えたように感じた」「ずっしりとした食感に変わった」などのフィードバックがあり、中には「たくさん食べた気になれるのでダイエットに役立ちそう」という意見もあった。東京大学

廣瀬研究室の研究では、食べ物を大きく見せることで満腹感を高める効果を検証しており[7]その実験方法や結果を踏まえば、満腹感の上昇に繋げることも考えられる。

問題点としては、4割程度の体験者が本システムによる食感の変化を知覚できなかったことが挙げられる。この問題を解決するためには、デバイスの実装をより高度に行う必要がある。

デモ展示を通じて、味の濃さや既存の調味料では変えることができない食材の固さ、高級感、粘性などの変化が見られた。それらを適切な実験方法で検証することは、今後の研究の発展のためには急務である。それらパラメータをきちんと制御することができれば、減塩などの健康問題へのアプローチ、新たな調味料の提案や、食体験の中にある楽しさを拡張することができる。普段の食事ではなかなか気づくことができない食べ物が持つ食感というテクスチャーを、体験者に気付かせるようなエンターテインメントシステムとして、今後も更なる発展を模索していきたい。

参考文献

- 1) 的場輝代佳: 食物科学概論, 朝倉書店 (2003).
- 2) 野尻梢, 平場吉揮, 岩崎花梨, 武田港: おもみ調味料グラビトミン酸, 第18回日本バーチャルリアリティ学会大会論文集 (2013).
- 3) 日下部裕子: 味わいの認知科学, 勁草書房 (2011).
- 4) 横山牧 蜂須拓 佐藤未知 福嶋政期 梶本裕之: 視触覚クロスモーダル現象を用いたタッチパネルへの触覚フィードバックの付加, 電子情報通信学会技術研究報告 Vol.112 No.483, (2013).
- 5) 坂井信之, 斎藤幸子: 味覚・嗅覚, 講座感覚・知覚の科学, 朝倉書店, (2008).
- 6) Narumi, Takuji, et al: MetaCookie+, Virtual Reality Conference (VR), IEEE, (2011).
- 7) NARUMI, Takuji, et al: Augmented perception of satiety, controlling food consumption by changing apparent size of food with augmented reality, In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems. ACM, pp.109-118, (2013).
- 8) 鳴海拓志, 伴祐樹, 藤井達也, 櫻井翔, 井村純, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 拡張持久力: 拡張現実感を利用した重量知覚操作による力作業支援, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.17 No.4, pp.333-342, (2012).
- 9) Harrar, Vanessa, and Charles Spence: The taste of cutlery: how the taste of food is affected by the weight, size, shape, and colour of the cutlery used to eat it, Flavour 2.1 (2013).
- 10) Koizumi, Naoya, et al. "Chewing jockey: augmented food texture by using sound based on the cross-modal effect." Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology. ACM, (2011).
- 11) 山岡潤一, 木村孝基, 川鍋徹, 大嶋泰介, 中垣拳, 速水友里, 箕康明: TagCandy: 棒付き飴の食感拡張デバイスの提案, 第10回 NICOGRAPH 春季大会, 予稿集, pp.26, 1-2 (2011).
- 12) Nakamura, Hiromi, and Homei Miyashita: Augmented gustation using electricity, Proceedings of the 2nd Augmented Human International Conference. ACM, (2011).
- 13) Azusa Kadomura, Koji Tsukada, Itiro Siio: EducaTableware: Computer-Augmented Tableware to Enhance the Eating Experiences, In CHI '13Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '13), Interactivity, pp.3071-3074, (2013)
- 14) 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, 情報処理学会第70回全国大会講演論文集, pp. 4-245--246, (2008).

- 15) 佐藤誠, 平田幸広, 河原田弘: 空間インターフェース装置 SPIDAR の提, 電子情報通信学会論文誌 Vol. J74-D2 No. 7 pp. 887-894 (1991).

- 16) 川崎晴久 他: 多指ハプティックインターフェースを用いた物体把持における摩擦力の呈示, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 11, No 1, pp. 39 - 45, (2006).

- 17) IVRC 2013 公式 Web サイト

<http://ivrc.net/2013/>

- 18) 日本官能評価学会ホームページ

<http://www.jsse.net/>

- 19) クロスモーダル設計調査分科会

<http://crossmodal-design.tumblr.com/>