



# 触覚刺激を用いたバーチャル食感ディスプレイ

## Virtual Food Texture Display with Tactile Stimuli

新島有信<sup>1)</sup>

Arinobu NIIJIMA

1) NTT 人間情報研究所 (〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 1-1, arinobu.nijjima@ntt.com)

**概要:** ユーザの食体験向上および新しい食体験の提供のため、筆者がこれまで取り組んできたバーチャル食感提示のための触覚技術について紹介する。第一に、口の動きに合わせて Electrical Muscle Stimulation を咬筋に提示し、その刺激強度を調整することで異なる硬さや弾力性を知覚させる手法を提案した。第二に、咀嚼音を入力とした振動刺激を鎖骨に提示し、その入力音を加工することで異なるサクサク食感や喉越しを知覚させる手法を提案した。第三に、ジャミング転移を利用した食感ディスプレイを開発し、その内部の圧力を変化させることで異なる硬さや形状を知覚させる手法を提案した。本大会では、振動刺激によるバーチャル食感ディスプレイを展示する。

**キーワード:** バーチャル食感ディスプレイ、触覚刺激、食メディア

### 1. はじめに

食事はヒトが生活する上で必要不可欠な活動であり、身体的満足感や精神的満足感が得られることから、食体験を豊かにすることは、Quality of Life を向上させることにつながると考えられる。筆者は、味や匂いと同様に重要な役割を担っている食感に着目し、この食感を触覚技術によって拡張する手法として、Electrical Muscle Stimulation (EMS)、咀嚼音を加工した振動刺激、ジャミング転移の三種類の触覚技術を用いたバーチャル食感ディスプレイを提案している。本稿では、それぞれの触覚技術によるバーチャル食感ディスプレイを紹介するとともに、実験やデモ展示におけるフィードバックから得られた各食感ディスプレイの違いについて述べる。

### 2. EMS による食感ディスプレイ

ヒトが食品を咀嚼する際に活動する咬筋に EMS を提示することで、硬さや弾力性を感じさせる食感ディスプレイを開発した [1]。特徴は以下のとおりである。(1) 口に何も含まない状態でも、何かを噛んでいると錯覚させることが可能。(2) 実食品の食感に重畳可能。(3) 電気刺激の刺激強度を調整することで異なる硬さを表現でき、提示時間を調整することで異なる弾力性を表現可能。

顎下に設置したフォトリフレクタによって咀嚼運動を検知し、顎が閉じる瞬間に咬筋に EMS を提示する。EMS により咬筋が不随意収縮することで、何かを噛んでいるように錯覚させることができる。このときの EMS のパラメ

ータは、提示したい食感に応じて調整する。刺激強度を上げるほど硬く感じ、提示時間を長くするほど弾力性があるように感じる [2]。実際の食品の食感との類似性を評価すると、グミのような食感を提示することに適していることがわかった [3]。

### 3. 振動刺激による食感ディスプレイ

ヒトが食感を知覚する際は、咬筋や歯根膜で感じられる触覚情報だけでなく、咀嚼音（聴覚情報）も統合して知覚する。そこで、この咀嚼音を入力とした振動刺激を鎖骨に提示し、骨を伝って頭部に振動刺激を提示することで、サクサク感や喉越しを感じられる触覚ディスプレイを開発した [4]。特徴は以下のとおりである。(1) 口に何も含まない状態でも提示可能。(2) 咀嚼音を入力として振動刺激を提示するため、簡単に実装可能。(3) 咀嚼音を加工することで食感を加工可能。

スピーカに分配器を接続し、咀嚼音をネックスピーカから音として提示するとともに、咀嚼音を入力としてアンプで低音域を増幅し、ネックスピーカの下部に装着した振動スピーカから振動を提示する。基となる咀嚼音は、実際の咀嚼音をマイクで収録したものである。この咀嚼音を加工することで、異なる食感を提示可能となる。例えば、せんべいの咀嚼音を入力とし、高周波数帯域を強調するとポテトチップスのような食感を感じ、低音域数帯域を強調すると堅焼きせんべいのような食感を感じる。同様に、ラーメンをすする音を入力とし、高周波数帯域を強調するとそば

をすすっているような食感を感じ、低周波帯域を強調するとうどんをすすっているような食感を感じる。本システムは、音楽のように手軽に楽しめるコンテンツとして DOCOMO Open House 2020 にてデモ展示を行い、数百人の体験者が振動刺激によるバーチャル食感の違いを楽しんだ。また、簡易版を Web アプリとして実装した [5]。

#### 4. ジャミング転移による食感ディスプレイ

硬さだけでなく形状も提示可能な食感ディスプレイとして、ジャミング転移を用いた食感ディスプレイを開発した [6]。ジャミング転移とは、粉体が密度によって流体から固体へと状態変化する物理現象である。特徴は以下のとおりである。(1) 形状と硬さを同時に提示可能。(2) コーヒー粉の密度を変化させることで、柔らかい食感から硬い食感まで提示可能。(3) 食感パラメータをテクスチャアナライザで客観的に分析可能。

コーヒー粉がつまった風船をユーザが噛むことで食感を感じる。風船内部の圧力を真空ポンプで制御することで様々な硬さを表現することができ、圧力が低くなるほど密度があがり固体へと近づくため硬くなる [7]。また、柔らかい状態であれば手で自由に变形可能であるため、变形させてから任意の硬さに調節することで、形状と硬さを同時に表現することができる。被験者実験による主観評価およびテクスチャアナライザによる客観評価により、グミやクラッカーのような硬さからケーキやドーナツのような柔らかさまで表現できることが示された。

#### 5. バーチャル食感ディスプレイの比較

これまで紹介した三種類の食感ディスプレイは、用いる触覚刺激が異なるため、得意な食感表現が異なる。実際の食品の食感と比較すると、以下ようになる。

- ・ EMS を用いた食感ディスプレイは、弾力性が特徴的な食感の表現に適している。例：グミやステーキ
- ・ 振動刺激を用いた食感ディスプレイは、咀嚼音が特徴的な食感の表現に適している。例：ポテトチップス、麺類
- ・ ジャミング転移を用いた食感ディスプレイは、硬さが特徴的な食感の表現に適している。例：ドーナツ、ケーキ

このように、用いる触覚刺激の種類によって、表現可能な食感は大きく異なる。また、すべての食感を表現できるような触覚アクチュエータは無い。したがって、幅広い食感を表現する場合は、単一の触覚刺激を用いるのではなく、複数の触覚刺激を組み合わせて用いる方が良いと考えられる。また、舌触りを表現するような食感ディスプレイはまだ開発できていないため、新たな触覚刺激提示手法についても検討が必要である。今後は、食感ディスプレイの性能を向上させるとともに、その他の味覚刺激や嗅覚刺激とも組み合わせる予定である。

#### 6. デモ展示

本大会では、振動刺激による食感ディスプレイを展示する。ネックスピーカと振動スピーカが一体となった装置を首にかけ、鎖骨部に振動を提示することで、麺類をすすするときの食感などを提示する。このとき、音源の周波数を加工することで、麺の太さが変わったような錯覚を体験できる。また、音楽のように楽しむというコンセプトのもと、音楽に咀嚼音を合わせたコンテンツも用意しており、食事以外の場面でも食感を楽しむ体験ができる。デモ体験者からのフィードバックをもとに、バーチャル食感ディスプレイの研究を発展させていくことを考えている。

#### 参考文献

- [1] 新島 有信, 小川 剛史, 電氣的筋肉刺激を用いたバーチャル食感提示手法に関する検討, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2016, 21 巻, 4 号, p. 575-583,  
[https://doi.org/10.18974/tvrj.21.4\\_575](https://doi.org/10.18974/tvrj.21.4_575)
- [2] Arinobu Nijjima and Takefumi Ogawa. 2016. Study on Control Method of Virtual Food Texture by Electrical Muscle Stimulation. In Proceedings of the 29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology (UIST '16 Adjunct). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 199-200.  
<https://doi.org/10.1145/2984751.2984768>
- [3] Arinobu Nijjima and Takefumi Ogawa. 2016. Virtual food texture by electrical muscle stimulation. In Proceedings of the 2016 ACM International Symposium on Wearable Computers (ISWC '16). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, 48-49.  
<https://doi.org/10.1145/2971763.2971792>
- [4] 音楽のように“食感”を気軽に楽しむ「Food Mixer」(2023.07.18 確認)  
<https://www.rd.ntt/research/NICO20200807.html>
- [5] FoodMixerDemo (2023.07.18 確認)  
<https://openprocessing.org/sketch/917447>
- [6] 笹川 真奈, 新島 有信, 青木 良輔, 渡部 智樹, 山田 智広, ジャミング転移による硬さおよび形状の提示が可能な食感提示システムの提案, 情報処理学会論文誌, 2019, Vol. 60, No. 2, pp. 376-384,  
<http://id.nii.ac.jp/1001/00194270/>
- [7] Mana Sasagawa, Arinobu Nijjima, Ryosuke Aoki, Tomoki Watanabe, and Tomohiro Yamada. 2018. A Proposal of Food Texture Display by Jamming. In Extended Abstracts of the 2018 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '18). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Paper LBW620, 1-6.  
<https://doi.org/10.1145/3170427.3188592>