

筋電信号を用いた振動刺激の提示による食体験の影響の調査

Investigating the effects of presenting vibratory stimuli using myoelectric signals on the eating experience.

伊福稔貴¹⁾, 嵯峨智¹⁾

Toshiki IFUKU and Satoshi SAGA

1) 熊本大学 大学院自然科学教育部 (〒 860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1, ifuku@saga-lab.org)

2) 熊本大学 大学院先端科学研究部 (〒 860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1, saga@saga-lab.org)

概要: 人間が食事をする際、味覚だけでなく聴覚や触覚などの他の要素によって食感や風味が変化することが知られている。我々は食品の咀嚼に注目し、咀嚼の際の小さな振動をより大きく提示することで食品の知覚に影響を及ぼすことが出来ないかと考えた。そこで本稿では、咬筋の筋電信号をもとに咀嚼と同時に様々な振動刺激をリアルタイムで提示した際に食品の知覚に影響を及ぼすことが出来るかの調査を行った結果を報告する。

キーワード: 味覚, 振動刺激, 咀嚼

1. はじめに

食事という行為は、生命維持のために必要不可欠であり、社会的、文化的の側面においても非常に重要な役割を果たしている。しかし、過剰な食事や栄養成分の偏った食事は、人間の健康に悪影響を及ぼす可能性があるため、食品摂取と食品選択の両方を考慮する必要がある。

人間が食事をする際には、味覚だけでなく、他の多くの感覚によっても味わいが左右される。知覚の研究において、視覚、嗅覚、聴覚、触覚の要素によって、食感、風味、満腹感などの食べたものの知覚に影響を与えられることが実証されており、Endo ら [1] は、食品を噛む際に生じる筋電信号を基に疑似咀嚼音を作成し提示することによって、柔らかい食品が硬く感じられることを報告した。また、Zampini ら [2] はポテトチップスを食べる際に発生する咀嚼音に対し、高周波成分を増幅してフィードバックすることで、サクサク感や歯ごたえの知覚に影響を与える手法を提案した。音声だけでなく振動刺激に着目した研究もあり、円盤型振動モータを咬筋に装着し、咀嚼に合わせて振動刺激を提示することで密度の高い食感を再現する手法も提案されている [3]。

これまでの研究では、咀嚼音に注目したものや、振動刺激においても振動の種類を変化させているものは少ない。そこで、本研究では咀嚼の際の咬筋の筋電信号を取得し、周波数フィルターを用いて取得した信号を変化させ、振動刺激として提示した際の食品の知覚への影響を調査する。

2. 提案手法

今回用いた振動装置は西ら [4] の木製の椅子に振動子を取り付けたものである。振動子には、TST2395Silver Transducer (CLARK SYNTHESIS INC.) を使用し、椅子の裏

側から鉛直方向の振動が与えられるようにした。アンプには、ZK-MT21 を使用し入力信号の制御を行った。本研究では咀嚼時に生じる咬筋の筋電信号を咬筋に張り付けた電極から取得し、アンプに入力している。筋電信号がアンプによって増幅され、振動子から振動刺激として出力される。この際に、アンプを用いて筋電信号を周波数フィルターに通すことで出力する信号を変化させている。また、筋電信号を振動発生のトリガーとしているため、咀嚼に合わせて遅延なしで振動刺激を提示させることができる。振動装置に座った状態で食品を咀嚼してもらい、信号を入力することで臀部から全身にかけて振動刺激を提示することができる。提案手法のシステム構成を図 1 に、本研究で用いた椅子型振動装置を図 2 に示す。

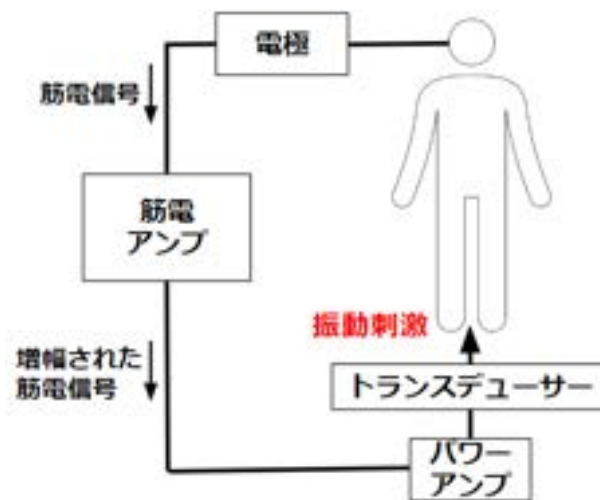


図 1: 振動装置のシステム構成



図 2: 椅子型振動装置

咀嚼時の筋電信号を取得するために筋電アンプを用い、電極は+極、-極、GNDの3つで構成され、顎の外側に位置し、咀嚼時に活発に動く咬筋に+と-の電極を貼り、咀嚼時の筋肉の動きが少ない頬骨付近にGNDの電極を貼り付け、筋電位を取得した。今回用いたアンプには低周波信号を強調するBassと高周波信号を強調するTrebleの機能があり、本機能を用いて取得した筋電信号を編集した。周波数解析をしたところ、Bassでは500 Hz以下を強調し、Trebleでは5000 Hz以上を強調しており、振動刺激の性質を変化させることが可能であった。

3. 実験

実験は取得した筋電信号に対して3つの処理を施しリアルタイムで提示した影響を調査した。実験協力者は男性6名(22-24歳)である。実験で使用した食品は、ポテトチップス(ヤマザキビスケット株式会社 チップスターうすしお味)とグミ(株式会社 明治 果汁グミぶどう)の2種類の食品を使用した。2種類の食品は既に加工されており、個体ごとの食感の差を考慮しなくてよく、一口で食べることができる。実験で使用した食品を図3に示す。



図 3: 実験で使用した食品

周囲の環境音や視覚からの情報が食品知覚に影響しないよう、実験協力者にはアイマスクとヘッドフォンを装着してもらいホワイトノイズを流した状態で食品を咀嚼してもらった。通常時をAとし、「風味」、「硬さ」、「クリスピー感」、「満腹感」、「食感」、「音」、「快適さ」、「歯ごたえ」の8項目について7段階のSD法の評価基準にもらった。その後、実験条件を下記に示す条件B~Dに変えながら食品を咀嚼し、知覚された食感を評価してもらった。各項目は左側の項目に近いほど数字が小さく、右側の項目に近いほど数字が大きくなるように評価してもらった。8つのアンケート項目を下記に示す。

- Q1 薄味 - 濃い味
- Q2 柔らかい - 硬い
- Q3 サクサク感が減少 - サクサク感が増加
- Q4 満腹感が減少 - 満腹感が増加
- Q5 乾いた - しっとりした
- Q6 音が不自然 - 音が自然
- Q7 不快 - 心地よい
- Q8 歯ごたえが減少 - 歯ごたえが増加

条件B~Dに関しては、条件の順序による知覚への影響をなくすため、実験協力者ごとにランダムな順序で提示した。各条件が3回ずつ提示され計10個の食品を食べてもらい実験を終了した。

- A 標準時
 - B 取得信号をそのまま振動刺激
 - C 低周波フィルター (Bass) に通して振動刺激
 - D 高周波フィルター (Treble) に通して振動刺激
- 実験の様子を図 4 に示す。



図 4: 実験の様子

4. 結果

ここではまずポテトチップスの結果を説明し、次にグミの結果について説明する。各条件の得点は、3 回ずつ行った試行の平均をとったものである。

4.1 ポテトチップス咀嚼時

ポテトチップス咀嚼時において条件 B ~ E のいずれかの項目で条件 A と有意差が確認できたアンケート項目の得点の分布を示す。図中のアスタリスクは有意差があった条件を示している。

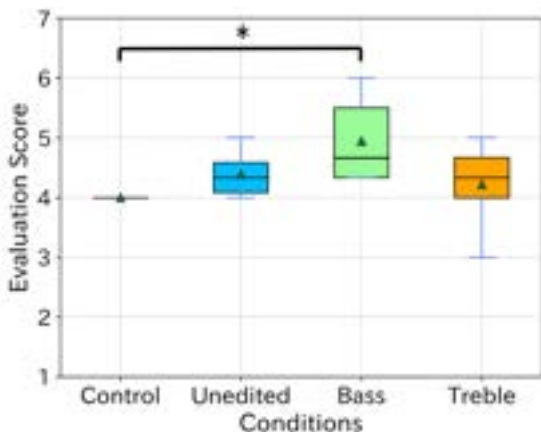


図 5: Q2 の得点分布

Q1 ~ Q8 7 段階で評価してもらった点数について、条件 A とその他の条件に対し、Wilcoxon の符号順位検定 (Wilcoxon signed-rank test) を有意水準 5% で実施した。検定の結果、条件 A と条件 C では、Q2 柔らかい - 硬い ($p = 0.0313$) のみで有意差が生じた。その他の条件やアンケート項目において有意差を確認することが出来なかった。

4.2 グミ咀嚼時

グミ咀嚼時においても同様に条件 B ~ E のいずれかの項目で条件 A と有意差が確認できたアンケート項目の得点の分布を示す。図中のアスタリスクは有意差があった条件を示している。

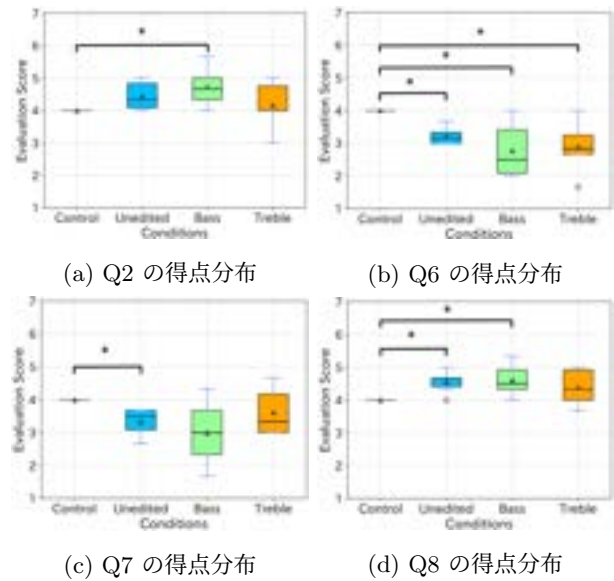


図 6: グミにおける有意差があった項目の得点分布

グミ咀嚼時においても同様の検定を行った。検定の結果、条件 A と条件 B では、Q6 音が不自然 - 自然 ($p = 0.0312$) と Q7 不快 - 心地よい ($p = 0.0312$)、Q8 歯ごたえが減少 - 増加 ($p = 0.0394$) において有意差が生じた。条件 A と条件 C では、Q2 柔らかい - 硬い ($p = 0.0412$) と Q6 音が不自然 - 自然 ($p = 0.4217$)、Q8 歯ごたえが減少 - 増加 ($p = 0.0421$) において有意差が生じた。条件 A と条件 D では、Q6 音が不自然 - 自然 ($p = 0.0422$) において有意差が生じた。

5. 考察

本章では、第 3 章で得られた結果により筋電信号を用いた振動刺激が食品の知覚に与える影響について考察する。

5.1 振動刺激による効果

取得した筋電信号をそのまま振動刺激として提示した際の影響について考察する。条件 B ではグミのみで、

Q6 音が不自然 - 音が自然

Q7 不快 - 心地よい

Q8 歯ごたえが減少 - 歯ごたえが増加

の3項目において条件Aと有意差が生じ、「音が不自然」、「不快」、「歯ごたえが増加」と知覚された。歯ごたえが増加したに関しては、「通常時より噛む回数が増えた」というコメントがあり、振動刺激を感じている際は噛む力が通常時より弱くなり結果的にグミの粘着感を感じやすくなったと考えられる。音や不快感に関しては、下半身から上半身にかけて振動が提示されたことで、通常時とは異なる環境であったことが原因であると考えられる。

5.2 低周波振動による効果

取得した筋電信号を周波数フィルターに通し、低周波成分を強めた振動刺激を提示した際の影響について考察する。ポテトチップス咀嚼時には、

Q2 柔らかい - 硬い

の1項目、グミ咀嚼時には、

Q2 柔らかい - 硬い

Q6 音が不自然 - 音が自然

Q8 歯ごたえが減少 - 歯ごたえが増加

の3項目において条件Aと有意差が生じ、「食品が硬い」、「音が不自然」、「歯ごたえが増加」と知覚された。食品が硬く知覚されたことに関しては、低周波信号を強調したことでより他の条件より力強い振動が提示され、最も力を入れる最初の咀嚼だけでなくその後の持続的な咀嚼が他の条件より感じやすくなったことが原因であると考えられる。またコメントの中には「サクサク感よりゴリゴリ感を感じた」とあり、本来の食感より異なった食感を提示できる可能性が考えられる。音の不自然さに関しては、図6bより低周波成分を強調したことで条件Bの振動よりも体の骨や臓器に響く力を強くなったことが考えられる。

5.3 高周波振動による効果

周波数フィルターにより、高周波成分を強めた振動刺激を提示した際の影響について考察する。条件Dではグミのみで、

Q6 音が不自然 - 音が自然

の1項目において条件Aと有意差が生じ、図18から低周波成分を強調した条件Cの振動より音の不自然さを示す得点の分布は小さくなっているが条件B、C同様に音の不自然さが知覚された。

6. まとめ

本研究では、振動刺激に着目し咀嚼時の筋電信号をもとに振動刺激を提示する手法を提案した。評価実験では、ポテトチップスとグミの質感や食感の異なる2種類の食品を用いて、椅子型振動装置により身体全体に振動刺激を提示した際の食品の知覚に影響が生じるかを調査した。実験の結果、ポテトチップスの「硬さ」とグミの「硬さ」、「歯ごたえ」について有意差を確認され通常時の咀嚼に比べてより強く知覚されることが分かった。けれども、どの条件においても「音の不自然さ」に有意差が生じており、体全体を振

動させることで本来の食体験を損ねてしまう可能性が考えられる。また、得られたコメントの中に「咀嚼と振動の一体感を感じないときは逆に不自然であった」とあり、一体感をより感じられるように振動刺激の提示部位についても考える必要がある。

そこで、今後は顎や手首などの身体の特定位を振動させることによる食品の知覚の影響を調査したいと考えている。また、咀嚼音そのものに注目し咀嚼音を編集したものをリアルタイムで提示した際の影響や、振動刺激と音声を同時に提示することによる更なる影響を調査したいと考えている。

参考文献

- [1] Hiroshi Endo, Shuichi Ino, and Waka Fujisaki. The effect of a crunchy pseudo-chewing sound on perceived texture of softened foods. *Physiology & behavior*, Vol. 167, pp. 324–331, 2016.
- [2] Massimiliano Zampini and Charles Spence. The role of auditory cues in modulating the perceived crispness and staleness of potato chips. *Journal of sensory studies*, Vol. 19, No. 5, pp. 347–363, 2004.
- [3] 中本佳希. 振動・聴覚・視覚刺激を用いた食感増幅システムの提案. (Accessed on 10/25/2021), 2019.
- [4] Yuki Nishi and Satoshi Saga. Comparison of vibrotactile display and pseudo-mastication sound display on food texture perception.