

4ZJ-04

## 舌への電気刺激・振動刺激による味の阻害・増幅効果の検討

門田 大輝 小池 崇文  
法政大学 情報科学部

## 1. はじめに

近年、バーチャルリアリティ分野では、食事に含まれる成分を変えずに味だけを変える研究がされている。味覚は、舌にある味蕾が飲食物に含有される物質を受容することで起きる感覚である。本研究では、直接舌に電気刺激を与える電気味覚に着目する。

電気味覚の原理は諸説あるが、電気刺激の提示によりイオンが泳動するという説が有力である [1]。電気刺激と振動刺激を合わせることで、電気刺激を提示したときのイオンが泳動して起こる味の阻害と振動刺激による味の阻害が相まると仮定する。そして、刺激提示後に電気刺激のみを提示する場合よりも味の変化する幅が広がるかを調査する。

## 2. 関連技術

Aruga らは電気味覚の提示手法として次の2つを基に電気味覚装置を開発した。1つ目は、電極で直接舌を挟み陽極・陰極の両刺激を行う手法である [2]。2つ目は、飲食物や飲食時に用いる銀食器を回路とした手法である [3]。これらの手法を併せて酸味と塩味を再現した [4]。塩味と酸味の両方を与えるため、陽極刺激と陰極刺激を自由に切り替えられるようにした。また、飲食が行われた瞬間を検知するシステムを作成した。これは舌以外の部位にスプーンが当たることによって、飲食行為が検知されないようにするシステムである。電気刺激を与えるスプーンを用いてスープを飲んでもらい、評価を行った。その結果、陽極刺激で酸味や塩味、味の濃さの項目において味覚が変化することを示した。

我々の研究グループでは、スープに対して、電気刺激・振動刺激・温度制御を用いることで、味が薄くなる可能性についての結果を得た。Aruga らの電気刺激を与える電気味覚装置を改良し、凹凸のあるスプーンに振動モーターを取り付けることで舌に摩擦による痛覚刺激を与えた。スープの温度制御を行い、熱刺激を再現した。この装置を用いて複数人に対して実験を行った結果、辛味の項目では有意差は示されなかったが、味が薄くなったという点で有意差が示された。味が薄くなったことに注目し、追加実験を行った結果、振動刺激を与えると味が阻害されることが示された。

## 3. 提案手法

本研究では、電気刺激と振動刺激を用いた味の増幅手法を提案する。電気刺激のみを用いる場合よりも、振動刺激を加えることによって、より塩味を増幅させることを目的とする。本システムは、電気味覚装置、振動モーター、カニフォークで構成される。

本手法では、水団を用いて実験を行う。水団を選んだ理由は2つある。1つめは、固体は液体と比べ粒子の密度が高いことから、舌に振動を伝えやすいからである。2つめは、原料は水分と食塩であるため、電気を通しやすいからである。

*The First study of Taste Amplification and Inhibition by Electric and Vibration Stimulation to Tongue*  
Daiki KADOTA, Takafumi KOIKE  
Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University, Tokyo,  
Kojanei-shi, 3-7-2 Kajino-chou

## 4. 実装

システム構成図を図1に示す。

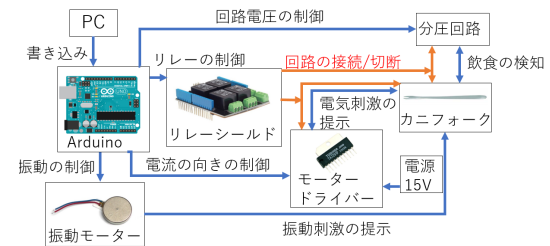


図1. システム構成図

電気味覚装置には、電気刺激の提示部分と飲食行為の検知部分がある。それぞれ別の回路で構成されており、どちらもカニフォークへ接続している。使用する回路をスイッチでコントロールするためリレーシールドを用いる。電気刺激の提示は、Arduinoで行う。電流の制御にはモータードライバーを用いる。飲食行為の検知には、カニフォークが舌に触れ回路が形成されることによる電圧上昇を利用する。電圧はArduinoの関数を用いて測定する。システムの外観を図2に示す。

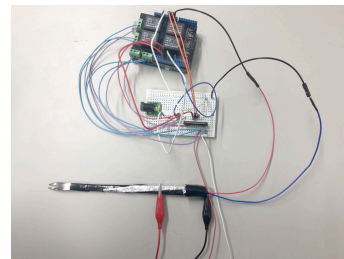


図2. システムの外観

電極と振動モーターはカニフォークに取り付けた。カニフォークの持ち手の部分を絶縁しその上からアルミホイルを巻くことで、カニフォークを持った際に人体表面に通電する仕組みになっている。振動モーターは携帯電話用の円盤型のものを使用した。

## 5. システム評価実験

## 5.1. 実験方法

塩分量が異なる2種類の水団を作り、提示する刺激の条件を変えて被験者に食べてもらう。水団に含まれる食塩量は、小麦粉100gに対して1gと3gである。予備実験では、食塩5gの水団も用いたが、刺激を与えない状態でも塩味が濃すぎるため、本実験では1gと3gの2種類を使用した。提示する刺激の条件は3つあり、1つめは刺激なし、2つめは電気刺激のみ、3つめは電気刺激と振動刺激の両方である。

評価手法には7段階評価のSD法 (Semantic Differential Scale Method) を使用したアンケートを用いる。基

準値は、刺激を与えずに食べた水団の味を全ての項目において7段階中の4として評価を行う。

水団を食べてもらう前には、口内環境を整えるため水を飲んでもらう。そして、刺激を与えずに水団を食べてもらう。このとき食べた水団の味を評価の基準としてもらった。次に電気刺激を与えて水団を食べてもらい、アンケート評価を行う。最後に電気刺激と振動刺激を与えて食べてもらい、アンケート評価を行う。

被験者は、20代の男女6名で非喫煙者を対象とした。また、実験前1時間は、味の強い飲食物(コーヒー等)は避けてもらった。

### 5.2. 実験結果

食塩1gを入れた水団を用いた場合のアンケート結果の平均値を求め、まとめたグラフを図3に示す。全ての項目において、刺激を与えないで食べた水団の基準値を4とした。

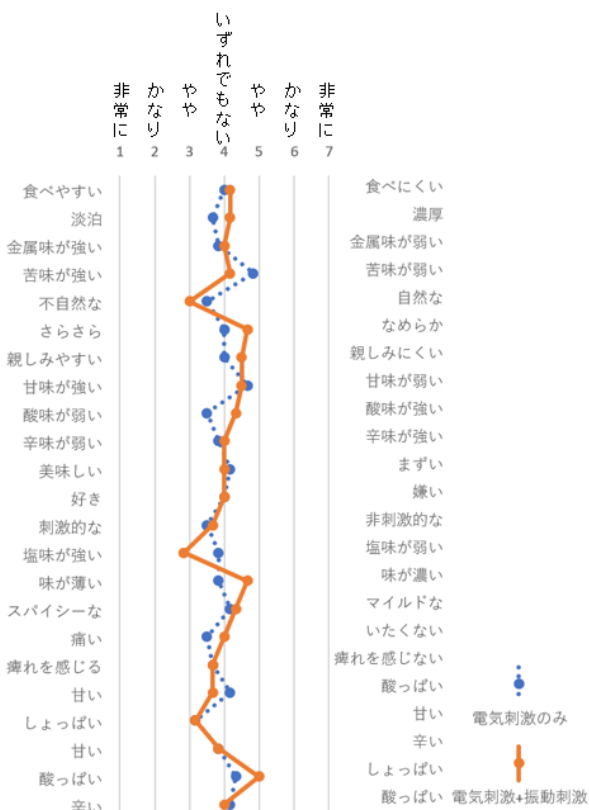


図3. 実験結果

それぞれの項目ごとに電気刺激後と電気刺激と振動刺激後について有意水準5%としてt検定を行った。検定結果から食塩1gの水団で「しょっぱい」の項目において有意な差が出た。自由記述として、食塩1gを入れた水団のとき、「振動刺激がある場合の方が味を濃く感じた」などの意見があった。また、基準値と比べて有意差が出た項目を表1にまとめた。有意差が出たことから、食器が直接舌に触れなくても、味の増幅は可能だということがわかった。

### 5.3. 考察と今後の課題

食塩1gの水団において、電気刺激のみでは有意差が示されなかったが、電気刺激と振動刺激を組み合わせることで有意差が示された。また、自由記述で「振動刺

表1. 食塩1gと3gの場合の電気刺激のみと電気刺激と振動刺激を比べたときの有意差がある項目

食塩量	1g		3g	
	電気刺激のみ	電気刺激+振動刺激	電気刺激のみ	電気刺激+振動刺激
濃厚	x	x	○	○
不自然な	x	x	○	x
しょっぱい(甘くない)	○	○	x	x
しょっぱい(酸っぱくない)	x	○	○	○

激を加えた方が塩味が濃くなったように感じる」とあったので、振動刺激によって塩味が更に増幅された可能性がある。しかし、「塩味が強い」という項目で有意差が示されなかったため、振動刺激によって塩味の増幅が生じたとは言えない結果となった。

塩分3gの場合は、塩分1gと比べて振動刺激の有無において有意差が示されなかった。考えられる要因としては、刺激提示前から食塩量が多いため塩味の変化がわかりづらかった可能性が挙げられる。

基準値と比較した場合は、「濃厚」「不自然な」「しょっぱい(酸っぱくない)」の項目で有意差が示された。「濃厚」という項目では、振動刺激の有無に関わらず有意差が示されたのは、塩分量が増えたことから、水団自体に味がついたためだと考えられる。「不自然な」という項目においては、振動刺激を加えることで有意差がなくなった。これは電気刺激のみを与えた水団だと不自然な味だが、振動刺激が加わることで味の阻害が発生し、自然な味になった可能性が考えられる。

自由記述の中に「変化をあまり感じない」という意見があったことから、電気刺激、振動刺激とは異なる匂い刺激などを与えることも検討する。実験結果には、被験者の見た目に対する評価がそのままアンケート結果に示されている部分もあった。例えば、実験前に水団を見て美味しそうだったと言った被験者は、アンケート結果の「美味しい」の項目が高い数値だった。このことから、視覚情報が味覚に与える影響は大きいと考えられるので、目隠しをするなどして対応する必要がある。

### 5.4. おわりに

本研究では、電気刺激と振動刺激を組み合わせることで、塩味が増幅されると仮説を立て実験を行った。仮説を検証するため、電気刺激のみを与えた場合と、電気刺激と振動刺激を同時に与えた場合の2条件で、水団を食べる比較実験を行った。その結果、電気刺激のみよりも振動刺激を加えた方が、塩味が増幅する可能性が示された。しかし、塩味に関する項目全てで有意差がでたわけではないので、断定はできない。

### 参考文献

- [1] Kazuma Aoyama, Kenta Sakurai, Satoru Sakurai, Makoto Mizukami, Taro Maeda, and Hideyuki Ando. Galvanic tongue stimulation inhibits five basic tastes induced by aqueous electrolyte solutions. *Frontiers in Psychology*, Vol. 8, , 12 2017.
- [2] Nimesha Ranasinghe, Adrian Cheok, Ryohei Nakatsu, and Ellen Yi-Luen Do. Simulating the sensation of taste for immersive experiences. In *Proceedings of the 2013 ACM International Workshop on Immersive Media Experiences*, ImmersiveMe '13, pp. 29–34, New York, NY, USA, 2013. ACM.
- [3] 中村裕美, 宮下芳明. 電気味覚メディア構築のための生理学的知見. *コンピュータ ソフトウェア*, Vol. 33, No. 2, pp. 43–55, 2016.
- [4] Yukika Aruga and Takafumi Koike. Taste change of soup by the recreating of sourness and saltiness using the electrical stimulation. In *Proceedings of the 6th Augmented Human International Conference*, AH '15, pp. 191–192, New York, NY, USA, 2015. ACM.