

## 電気味覚の刺激増幅度と飲料摂取頻度との関連性に関する基礎検討

櫻山 実佳\* 野村 伊吹† 小池 崇文\*

\* 法政大学情報科学部

## 1. はじめに

本研究では、電気味覚における刺激増幅度と飲料の摂取頻度との関連性を検討する。味覚は舌にある味蕾が化学物質を刺激として受容することで生じる感覚であり、味覚を再現する方法として電気味覚がある。

電気味覚とは、電気刺激が舌に与えられた際に感じる味覚であり、被験者が飲料を飲んだ際に舌に陽極電気刺激を与えると酸味が増し、陰極電気刺激を与えると塩味を抑制することが知られている [1]。この電気味覚の感じ方には個人差があると予想される。我々は、この個人差の要因の一つは、対象飲料の摂取頻度であると予想した。

そこで、本研究では摂取頻度の違いによって電気刺激の効果に差が出るのかを検証する。摂取経験が無い飲料もしくは摂取経験が少ない飲料を利用して、飲み慣れていない状態と飲み慣れている状態という二つの条件下で実験を行う。そして電気刺激を付加していない状態と付加している状態との味の変化について、報告してもらう。被験者から得た報告の結果から、飲み慣れていない状態と飲み慣れている状態での程度差が出るのかを検証し、変化の感じやすさと摂取頻度の関係を明確にする。これにより、電気味覚の効果がしやすい飲食物を把握することができ、これからの電気味覚の発展に活用することができると思われる。

## 2. 関連研究

## 2.1. 電気味覚の仕組み

電気味覚の仕組みについては主に3つの説がある。第一の説では舌を通過する電流が直接味細胞や求心性神経線維を刺激している、と唱えている [2]。第二の説は、電気泳動強制結合説である [3]。これは電氣的刺激の提示によって舌表面上のイオンが泳動するという考えである。第三の説は、電位依存性カルシウムチャンネルへの刺激によって起こる脱分極とシナプス伝達である [4]。上記の3説のうち、どれが電気味覚の仕組みであるかは現在も議論されており、確定していない。

## 2.2. 電気味覚の提示手法

電気味覚の提示手法の1つに電極を直接舌に当てる手法 [1] がある。Ranasinghe らは、2枚の銀電極で舌を挟み、陽極電気刺激および陰極電気刺激を付加した。そして同時に、電極の温度変化も利用することで味の再現を行っている。基本味それぞれで最も感じやすい電流の強さ、周波数、電極の温度を検証し、電極を舌に当てることでうま味を除いた4種類の基本味(酸味、苦味、塩味、甘味)を再現した。また、飲食物を介した手法 [5]、[6] も提示手法の一つである。中村らはストローやフォークなどの食器を利用している。電極は飲食物に触れる部分と人体表面に分かれる。飲食を行った瞬間に回路が形成され、電気刺激が付加される。陰極刺激の提示と停止により、塩味を増幅させることができるといふ知見を利用し、舌に短時間の陰極刺激を付加することで塩味の増幅に成功した。

有賀らはこれらの手法を参考に、飲食物を介した回路を作成し、陽極と陰極の両刺激を付加する方法を用いることで、電気味覚で酸味と塩味を再現する手法を提案した [7]。電流の向

きを制御することで陽極電気刺激と陰極電気刺激の両刺激を提示可能なシステムと、飲食行動の検知機能を実装している。

## 3. 提案手法

本研究では、まず電流と電気味覚で感じる味の変化が比例関係にあるという仮説を立てる。各被験者において、電気抵抗が同じであれば電流は電圧に比例する。このことから電圧を変化させたときの味の変化を測ることで電流と味の変化の関係を求める。これを摂取頻度が低い状態と高い状態で行い、電流と味の変化の関係が摂取頻度によって変わるのかを調査する。本手法で使用するシステムは電気刺激付加装置と電気味覚の提示デバイスに分かれる。

## 3.1. 電気刺激付加装置

本研究では酸味を増幅させるため、陽極電気刺激を付加する。電気刺激の付加には直流安定化電源を使用する。直流安定化電源では出力電圧を一定に保つことができ、0.1V 単位で電圧の調整が可能であるため、実験の際に電圧による差が出ることを防ぐことが可能である。

## 3.2. 電気味覚提示デバイス

電気刺激付加装置から、野村らが開発したコップ型のデバイスを電極として電気を流す [8]。本研究では外側のコップをカップスリーブに変更したものを使用した。図1にこれを示す。有賀らはスプーンを利用してしたが、スプーンでは口への含み方が人によって違い、スプーンと舌との接触の仕方が変わる可能性がある。しかしコップ型であれば接触の仕方が変わることはほぼない。また、飲料はコップで飲むことが一般出来である。したがって本研究ではコップ型デバイスの方が実験に適していると判断した。



図1: 提示デバイス

## 4. 実験

飲料の摂取頻度による電気味覚の感じ方の違いについて検討するために、摂取頻度が異なる状態で飲料を電気味覚装置で飲んでもらい、それぞれの状態で電気刺激の提示前と提示後の味の違いを調査する実験を行った。

## 4.1. 実験方法

本研究では飲料における、摂取頻度が低い状態での電気刺激による味の変化と、摂取頻度が高い状態での電気刺激による味の変化との違いを検証する。被験者には摂取経験が殆ど無い飲料を、電気刺激を付加していない状態と、電気刺激を付

First Study on the Relationship between the Frequency of Beverage Consumption and the Degree of Changes by the Electrical Stimulation on the Human Tongue

Mika Sakurayama, Ibuki Nomura, and Takafumi Koike  
Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University  
3-7-2 Kajino-cho, Koganei-shi, Tokyo, Japan

加した状態で飲んでもらい、味の比較を行う。そして、それぞれの味について報告してもらおう。

実験に用いた飲料は、黒酢ドリンクとシークワサージュースの2種類である。この2種類の飲料の摂取経験が無い人物、摂取経験が少ない人物を被験者とする。本研究における「摂取経験が少ない人物」というのは「常習的に摂取しておらず、味を覚えていない人物」とする。

被験者は成人の男女12名(男性6名、女性6名)である。電気刺激を提示することは実験前にあらかじめ伝え、同意を得た上で実験を行う。被験者は2つのグループに分け、1つのグループは実験の時のみ飲料を飲んでもらい、もう1つのグループは10日間それぞれの飲料を飲み続けてもらった。10日間飲料を飲み続けてもらったグループをAグループ、実験の時のみ飲料を飲んでもらったグループをBグループとする。

実験の手順を以下に示す。

- 1) 被験者に水を飲んでもらい口内環境を整える。
- 2) 飲料を電気刺激を与えていない状態で飲んでもらう。
- 3) 同飲料を電気刺激を与えている状態で一口飲んでもらう。
- 4) 味の変化について報告してもらう。
- 5) 電気刺激の強さを0.5V上げ、再度飲料を一口飲んでもらう。
- 6) 味の変化について報告してもらう。
- 7) 5, 6を5Vになるまで繰り返す。
- 8) 飲料を変更して2~7を行う。
- 9) Aグループの被験者に、実験に使用した飲料をそれぞれ1日100mlずつ飲んでもらう。これを10日間続け、飲料を飲み慣れた状態になってもらう。
- 10) Aグループの被験者に、10日間飲み続けてもらった飲料を電気刺激を与えていない状態で飲んでもらう。
- 11) 同被験者に同飲料を電気刺激を与えている状態で一口飲んでもらう。
- 12) 味の変化について報告してもらう。
- 13) 電気刺激の強さを0.5V上げ、再度飲料を一口飲んでもらう。
- 14) 味の変化について報告してもらう。
- 15) 13, 14を5Vになるまで繰り返す。
- 16) 飲料を変更して10~15を行う。

味覚器に前の試行で用いた飲料の味が残り、次の試行の飲料の味に支障をきたさないように、試行間には口を水ですすいでもらう。しかし、同じ飲料で電気刺激を付加した試行と付加していない試行の間では記憶保持のために、これを行わない。

#### 4.2. 実験結果

被験者は摂取頻度が低い状態と高い状態のどちらにおいても酸味の増幅を感じていた。摂取頻度が低い状態では被験者全員が電圧が上がるいずれかの段階で酸味が増すと感じているものの、途中で味が変化しなくなったという回答や酸味が減ったという回答もあった。摂取頻度が高い状態でも同様の回答があった。

Aグループの被験者の摂取頻度が低い状態と高い状態における酸味の増幅を感じ始める電圧を図2に示す。2つの状態を比較すると、黒酢では6人中3人、シークワサージュースでは6人全員が摂取頻度が高い状態の方が酸味の増幅を感じ始める電圧が低下している。

また、電圧と酸味の感じ方の変化についての相関も調べた。酸味の変化は電気刺激を与えていない状態の味を1として数値で表す。「酸味が増した」と回答した場合は+2、「若干酸味が増した」と回答した場合は+1、「酸味が減った」と回答した場合は-2、「若干酸味が減った」と回答した場合は-1とする。黒酢とシークワサージュースのそれぞれの摂取頻度が低い状態と摂取頻度が高い状態での相関係数を表1に示す。

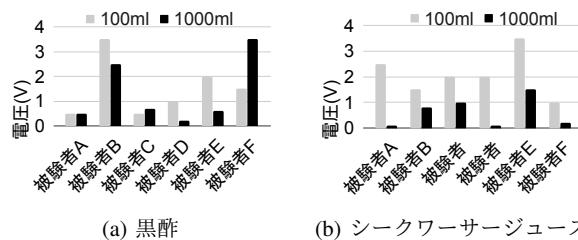


図2: 各飲料における酸味の増幅を感じ始める電圧

表1: 電圧と酸味の感じ方の変化の相関係数

黒酢 (摂取頻度が低い状態)	0.53
黒酢 (摂取頻度が高い状態)	0.59
シークワサージュース (摂取頻度が低い状態)	0.59
シークワサージュース (摂取頻度が高い状態)	0.6

#### 4.3. 考察

電圧が上がるにつれて酸味が増すと感じているものの、途中で味が変化しなくなったという回答や酸味が減ったという回答から、低電圧では電圧と味の変化に比例関係があるが、高電圧になると途中で反応が変化しなくなると考えられる。したがって、電流と味の変化においても同様の関係である可能性がある。また、酸味の変化を感じ始める電圧が低下したことから、摂取頻度が高いと電気味覚を感じる閾値が下がることが分かった。さらに、電圧と酸味の感じ方の変化については、黒酢、シークワサージュース共に摂取頻度が高い状態の方が相関係数が大きいことから、摂取頻度が高い状態の方が強い相関があると考えられる。

#### 5. 結論

本研究では摂取頻度の違う飲料を用いて、電気味覚における刺激増幅度と飲料の摂取頻度との関連性について検討を行った。実験の結果、摂取頻度が高くなると電気刺激の強さと味の変化の感じ方は相関関係が強くなることが示された。このことから、電気味覚の刺激増幅度と飲料の摂取頻度には関連性があると言える。

#### 参考文献

- [1] N. Ranasinghe et al., "Tongue Mounted Interface for Digitally Actuating the Sense of Taste", ISWC '12 Proceedings of the 2012 16th Annual International Symposium on Wearable Computers (ISWC), pp. 80-87, 2012.
- [2] Z. Bujas, "Electrical Taste", Handbook of Sensory Physiology, Vol. 4 Chemical Senses, Pt. 2 Tatse, ed. L. M. Beidler (Berlin: Springer-Verlag), pp.180-199, 1971.
- [3] 中村, 宮下, "電気味覚メディア構築のための生理学的知見", 日本ソフトウェア科学会誌, Vol. 33, No. 2, pp. 43-55, 2016.
- [4] M. Kashiwayanagi et al., "Taste Transduction Mechanism: Similar Effects of Various Modifications of Gustatory Receptors on Neural Responses to Chemical and Electrical Stimulation in the Frog", Journal of General Physiology, 78, pp. 259-275, 1981.
- [5] 中村, 宮下, "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, Issue. 3, pp. 1092-1100, 2012.
- [6] 中村, 宮下, "一極型電気味覚付加装置の提案と極性変化による味質変化の検討", 情報処理学会論文誌, Vol. 54, Issue. 4, pp. 1442-1449, 2013.
- [7] 有賀, 小池, "電気刺激を用いた酸味・塩味の再現によるスープの味覚変化", 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol. 20, Issue CS-1, pp. 13-18, 2015.
- [8] 野村, 小池, "飲料の電気味覚のための簡易デバイスに関する基礎検討", 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, Vol. 24, Issue CS-4, pp. 3-4, 2019.