

## 電気味覚で甘味を制御する手法

鍛治 慶亘\* 上野 新葉\* 青山 一真† 中村 裕美† 宮下芳明\*

**概要.** 本稿では複数の電気味覚の手法を用いて甘味を制御する方法の提案を行う。2010年ごろの電気味覚研究は、陽極刺激を用いることによって金属的な味を付与するもののみであった。その後、陰極刺激による味変化がイオン泳動に基づくことが示されてから、甘味を制御する手法が実現されはじめた。本稿では、電気味覚による甘味制御手法について整理し、すでに発表されている電解質を用いた手法及び咽頭付近への陽極刺激提示に加え、新たに味の相互作用を用いる手法、味覚修飾物質であるミラクリンを用いる手法を提案して考察する。

### 1 はじめに

HCI分野において、電気刺激を利用した味覚提示手法が最初に提案されたのは2010年[1]である。提案された当初の研究やデモンストレーションは陽極刺激を中心としたものであり、味は変化するが金属的な味を付与するものにとどまっていた。その後単一の味覚モダリティの操作が可能になったのは、2013年に塩味を増強する仕組みとして陰極刺激を用いる提案[2]を行ってからのことである。さらに2017年にAoyamaらによって、陰極刺激による味変化がイオン泳動に基づくことが示されてから[3]、これまで難関とされてきた甘味制御が可能になった。

本稿では、甘味制御の効果が得られることが分かっている、電解質を用いた第3著者らの手法、咽頭付近への陽極刺激提示を用いた第2著者らの手法に加え、新たに味の相互作用を用いる手法、味覚修飾物質のミラクリンを用いる手法を提案して考察する。

### 2 電解質を用いる手法

本稿第3著者らは、[3]の調査によって、陰極提示による塩味制御がイオン泳動によって引き起こされていることを示している。そのため電解質であれば基本五味すべてに対して寄与することができるとして、電解質でありながら弱い甘味を感じさせられるグリシンを用いて、甘味を制御できることを示した。しかし、甘味提示物質は多くが非電解質の糖であるため、これらを用いた飲食物への制御は行えない。

### 3 咽頭付近への陽極提示を用いる手法

本稿第2著者らは、咽頭付近にも味蕾があることに着目し、咽頭で感じる嚥下後の味(後味)を増強・延長する手法を提案した[4]。顎の下と首の後ろに貼った電極から陽極刺激している間は、飲料の呈する味を制御することができる。またスポーツドリンクを用いた際には、飲料に含まれる様々な味質のうち特に甘味が増強・延長されて感じられることが分かっている。しかしこの手法は、嚥下する前の味に適用することはできない。

### 4 味の相互作用を用いる手法

基本五味間には対比効果をはじめとした関係性があり、まとめて味の相互作用と呼ばれている[5]。

例えばスイカに塩をかけると甘く感じる、という現象は味覚の対比効果であり、文化的なものではなく生理学的な現象であることが分かっている。

Kumazawaらは、犬を用いた実験において、糖と塩を同時に提示することによって糖の神経応答が増強されることを示した[6]。この現象は、食塩に限らず様々な塩、様々な糖によって起こり、比較的濃度の塩によって大いに増強され、逆に高濃度の塩によって抑制されることが分かっている。本稿では、甘い食物に塩をかけたものに陰極刺激することで塩味の増強を行い、その塩味による対比効果によって甘味を増強させる手法を提案する。実際に第1著者らが開発した手袋型の電気味覚提示装置[7]を用いて、スイカに塩をかけたもので試行した。まず食物を口にした時には陰極刺激により塩味が弱く感じられ、嚙む行為で口内の食品への陰極刺激印加が停止することでイオン泳動によって塩味が増強される。増強された塩味と甘味の対比効果により、甘味の増強を確認することができた。

Copyright is held by the author(s).

\* 明治大学

† 東京大学

先に述べた味の相互作用は、対比効果以外にも電気味覚と組み合わせられる可能性があると考えている。今後、さらなる検証を行いたい。

## 5 味覚修飾物質を用いる手法

味覚修飾物質とは、味物質の構造を変えるのではなく、味覚器に直接作用することで一時的に味覚機能を変化させる物質のことである。

中でもミラクルフルーツに含まれるミラクリンは、酸性下において人の甘味受容体を繰り返し活性化させる作用を持っており[8]、結果として酸味を甘味のように知覚できる効果をもたらす物質である。たとえば、ミラクリン提示後にレモンを食べることで酸味とともに甘味を感じることができる。

本稿ではこの現象を利用し、ミラクリンの摂取後に、酸味を陰極刺激によって制御することで、甘味を制御する手法を提案する。前章同様、電気味覚提示手袋を用いて試行した。手袋の人差し指部についている食品側の電極をレモンにつけることで人体を介した回路が形成され、舌に陰極刺激が加わることで甘味が抑制される。次にレモンから人差し指部を離すことで、陰極刺激の停止による増強効果が起こり甘味の増強を起こす。これはすでに知られている陰極刺激によって $H^+$ のイオン泳動が起こり、酸味が抑制・増強される。そしてミラクリンの効果によって、結果として甘味の増強が引き起こされるという原理であると考えられる。

またクエン酸溶液（濃度 0.5%）を用いて、ミラクルフルーツ摂取後に陰極刺激を提示する試行を行った。その際にも、レモンと同様に甘味の抑制と増強を感じることができた。

味覚修飾物質には、このほかにも甘味を抑制するギムネマ酸、苦味を抑制するホモエリオジクチオールなど数種類が確認されている。今後、様々な味質を対象に味覚修飾物質と電気味覚の組み合わせとその効果を検証していきたい。

## 6 考察

本稿では、電気味覚で甘味を制御する手法として、電解質を用いる手法、咽頭付近への陽極提示を用いる手法に加え、味の対比効果を利用する手法、ミラクリンを利用する手法を提案した。これまでの手法では、非電解質の甘味提示物質によって味を制御することはできなかったが、対比効果を使う方法ではそれを可能にした。また、ミラクリンを用いることで糖を摂取することなく甘味を制御することが可能になった。反面、このためには対比効果をもつ味物質を添加するか、食前にミラクリンを提示しなければならないという制約もある。

今後、対比効果を用いる手法では異なる濃度の混合溶液を用いた実験を行う。また、ミラクリンを用いる手法では異なる pH の酸味溶液を用いて効果量を比較する実験を行う。こうすることにより、それぞれの効果の定量的な検証を行うとともに、これらの手法を混在させて、より強い効果を得るための新手法を考えていきたい。

## 謝辞

本研究はキャノン財団の助成「理想の追求」を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 中村裕美, 宮下芳明. 飲食物+電気味覚, 第 18 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2010) 論文集, pp.204-206, 2010.
- [2] 中村裕美, 宮下芳明. 陰極刺激の提示と停止による塩味味覚感度制御, インタラクシオン 2013 論文集, pp.103-110, 2013.
- [3] Aoyama Kazuma, Sakurai Kenta, Sakurai Satoru, Mizukami Makoto, Maeda Taro, Ando Hideyuki. Galvanic Tongue Stimulation Inhibits Five Basic Tastes Induced by Aqueous Electrolyte Solutions, *Frontiers in Psychology*, Vol. 8, No. 2112, 2017.
- [4] 上野新葉, 青山一真, 中村裕美, 宮下芳明. 下顎部電気刺激を用いた咽頭での後味の増強・持続時間延長, 第 26 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS2018) 論文集, 2018.
- [5] 浜島教子. 基本的四味の相互関係について, *調理科学*, Vol.8, No.3, pp.132-126, 1975.
- [6] Takashi Kumazawa, Kenzo Kurihara. Large enhancement of canine taste responses to sugars by salts, *The Journal of General Physiology*, Vol.95, No.5, pp.1007-1018, 1990.
- [7] 鍛冶慶亘, 宮下芳明. あらゆる金属製食器を電気味覚提示に用いる 手袋型デバイスの試作, 第 1 回神経刺激インタフェース研究会, 2019.
- [8] Ayako Koizumi, Asami Tsuchiya, Ken-ichiro Nakajima, Keisuke Ito, Tohru Terada, Akiko Shimizu-Ibuka, Loic Briand, Tomiko Asakura, Takumi Misaka, Keiko Abe. Human sweet taste receptor mediates acid-induced sweetness of miraculin, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, Vol.108, pp.16819 - 16824, 2011.