



# 電気味覚を活用した炭酸飲料の刺激増幅機能を有した コップ型デバイスの開発

Development of a cup-type device which enables  
amplification of the stimulation of carbonated drinks by electric taste

金山純平<sup>1)</sup>, 野村伊吹<sup>2)</sup>, 望月典樹<sup>3)</sup>, 小池崇文<sup>4)</sup>, 中村壮亮<sup>3)</sup>

Jumpei KANAYAMA, Ibuki NOMURA, Noriki MOCHIZUKI,

Takafumi KOIKE, and Sousuke NAKAMURA

1) 法政大学 理工学研究科 (〒 184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2, jumpei.kanayama.8c@stu.hosei.ac.jp)

2) 法政大学 情報科学研究科 (〒 184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2, ibuki.nomura.3n@stu.hosei.ac.jp)

3) 法政大学 理工学部 (〒 184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2, {noriki.mochizuki.66,snakamura}@hosei.ac.jp)

4) 法政大学 情報科学部 (〒 184-8584 東京都小金井市梶野町 3-7-2, takafumi@hosei.ac.jp)

**概要:** 我々はコップに注いだ炭酸飲料に電気刺激を与えることで炭酸の刺激が増幅されることに着目し、電気味覚システムの開発に取り組んでいる。本発表では実用的なコップ型デバイスの試作として、電気味覚による炭酸飲料の刺激増幅機能を有したコップ型デバイスの開発を行う。具体的な取り組みとして入力信号生成や電気刺激生成、オペアンプへの電源電圧供給のための回路をコップに内蔵するために、小型化を意識した回路設計を行う。

**キーワード:** 電気味覚, 電気刺激, 炭酸刺激増幅

## 1. はじめに

人間は口腔内に存在する味覚受容体である味蕾が化学物質により活性化され、味を伝える神経を介して脳に信号が伝達されることで味を認識している [1]。味覚に関しては、味覚受容器に電気刺激が提示された際に感じられる「電気味覚」に関する研究が取り組まれている。我々はコップに注いだ炭酸飲料に電気刺激を与えることで炭酸の刺激が増幅されることに着目して、電気味覚システムの開発に取り組んでいる [2]。

人間は炭酸刺激を舌や口腔内に存在する三叉神経より受容し、それが脳に伝達されることで炭酸刺激を認識している。また炭酸刺激は気泡による物理的な刺激ではなく、水に溶けた炭酸ガスの化学刺激によるものである [3]。Chandrashekarらは人間の炭酸における味覚応答に対して、酸味を感知するイオンチャネルを発現する細胞が関係していると提唱している。また炭酸飲料中に含まれる二酸化炭素が、舌表面上の上皮細胞にある炭酸脱水酵素により分解されて生じた水素イオンが酸味を感知する細胞を活性化させることで、炭酸の味を感じるといったメカニズムを提唱している [4]。

炭酸飲料は炭酸が含まれている清涼飲料水やアルコール飲料などが例として挙げられる。炭酸が飲料に含まれることで私たちは清涼感や爽快感を感じることができ、それが炭酸飲料の魅力となっている。しかし、炭酸飲料を開封して時間が経過すると、炭酸ガスが次第に抜けていくこ

とで炭酸の刺激が弱くなり、それに伴い清涼感や爽快感が失われてしまう。

そこで開封後の炭酸飲料に対して、電気刺激を加え炭酸の刺激を増幅することで時間経過によって失われた清涼感や爽快感を補完することができると考えられる。また、微炭酸の炭酸飲料においても電気刺激を加えることで、炭酸による刺激を自分好みの刺激にコントロールできることも期待される。

炭酸飲料だけでなく、様々な飲料に電気刺激を与える電気味覚システムを実生活へ実装することを考慮すると、接続などの準備や実際に使用することが容易であるような実用的なコップ型デバイスが必要であると考えられる。そこで、本論文では実用的なコップ型デバイスの試作として、電気味覚による炭酸の刺激増幅機能を有したコップ型デバイスの開発を行う。今回は具体的な取り組みとして、入力信号生成回路や電気刺激生成回路、オペアンプへの電源電圧供給回路をコップ型デバイスに内蔵するために、それぞれの回路において小型化を意識した設計を行う。

## 2. 関連研究

### 2.1 電気刺激提示に関する取り組み

我々の研究室では人体に電気刺激を提示する研究に取り組んでおり、図1のような構成で人体の刺激提示部位に電気刺激を与えている。服部らは下肢に電気刺激を与えた際に、

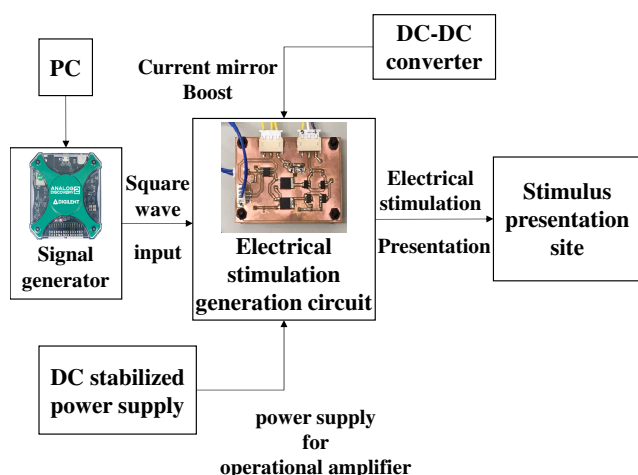


図 1: Electric stimulation system

与えた電気刺激のパラメータ変化に対する膝下静脈部の血流量の変化に関する調査を行っている [5]。電気刺激提示では電気刺激生成回路 (定電流回路) を用いることで、信号発生器からの矩形波入力に対し、PC からの電圧指令に従い所望した電流値で図 2 のように刺激を提示することができる。図 2 は電気刺激回路の出力に抵抗を接続し、電圧を測定した波形である。本論文では上記の電気刺激提示を人間の味覚に適用した電気味覚システムの開発に取り組んでいる。

## 2.2 電気刺激による味覚増幅メカニズムと関連研究

人間の舌に電気刺激を与えることで、味の濃さ (強さ) を増幅されることが分かっている。電気味覚に関する発生機序としては、bujas が提唱した電気刺激により求心性神経線維が刺激されることで味覚の変化を感じるといった説 [6] や電気刺激により舌表面上のイオンが泳動することで味覚の変化を感じるといった説がある。

電気味覚に関する研究としては、Ranasinghe らによる電極を舌部に直接当てる手法 [7] や中村らによる飲食物を介した手法 [8] が提案されている。Ranasinghe らは舌を 2 枚の電極で挟み、陽極・陰極電気刺激を付加し、基本五味 (酸味、塩味、甘味、苦味、うま味) に対して、電流量、周波数、電極の温度といったパラメータを変化させた際の味覚強度の

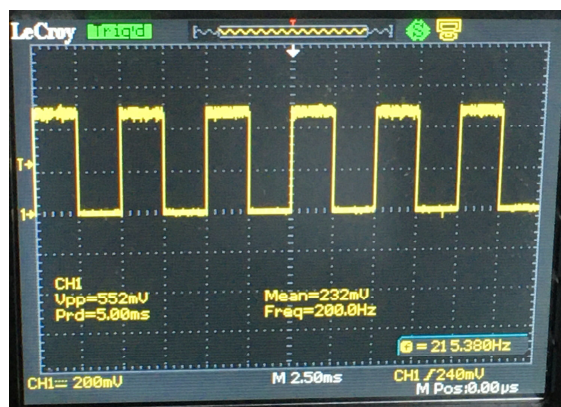


図 2: Output of electric stimulation circuit

変化について検証している。中村らはフォークやストローといった食器を用いて、飲食物、食器、人体による回路が形成されることで人間に電気刺激を提示しており、電気刺激を提示・停止させた際に味が増強、抑制されることを確認している。また有賀らは上記の 2 つの手法を合わせた飲食物を介した陽極・陰極電気刺激を用いて酸味・塩味の再現によるスープの味覚変化に関する評価を行っている [9][10]。

## 3. コップ型デバイスの開発

### 3.1 コップ型インターフェイス

電気刺激を提示するデバイスは、有賀らの提案手法 [9][10] ではスプーンを利用している。しかし、炭酸飲料はコップで飲む方がより一般的であると考えられるため、コップ型のインターフェイスを検討する。我々の既提案デバイス [2] では非導電性素材のコップ 1 つとスリーブを用いているが、本論文では、非導電素材のコップ 1 つのみでインターフェイスを構成する。コップ型インターフェイスは CAD ソフトと 3D プリンターで製作する。また、既提案デバイスのスリーブは ABS 樹脂で作られているが、食品に触れるとフィラメント中の有害物質が溶けだす恐れがあるため、本論文の提案インターフェイスは食品安全基準を満たした樹脂を用いて製作する。現在検討しているコップ型インターフェイスを図 3 に示す。コップの持ち手部分に銅でできた外部導電部を貼り付け、電気刺激生成回路の陽極側導線に接続する。また、コップ上部の空洞の底には、銅でできた内部導電部を貼り付け、電気刺激生成回路の陰極側導線と接続する。

体験時には、体験者は外部導電部に手が触れるようコップ型デバイスを持って体験する。電気は陽極側導線、外部導電部、手、舌部、飲料、内部導電部、陰極側導線の順に流れることで、飲料と舌を含む閉回路を形成している。

図 3 のコップ型インターフェイスを実際に 3D プリンターで製作したものを図 4、図 5 に示す。図 4 はコップ型インターフェイスの上部、図 5 はコップ型インターフェイスの下部をそれぞれ写したものである。

### 3.2 電気回路

本論文では電気刺激を提示するデバイスであるコップの下部に電気刺激生成回路 (定電流回路) や入力信号生成回路、

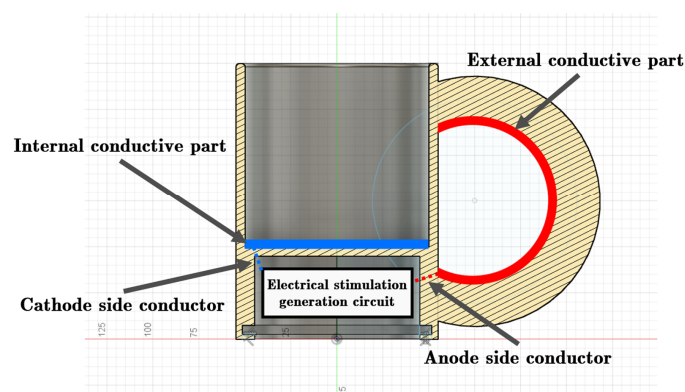


図 3: Cup-type electric taste device



図 4: Top of the cup

図 5: Bottom of the cup

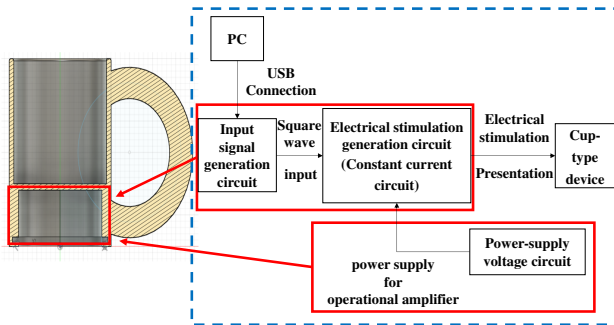


図 6: Constitution of Electric taste system image of built-in circuit for cup type device

オペアンプの電源供給回路を内蔵したコップ型デバイスの開発を行う。コップ型デバイスを構成する回路を示したブロック図とコップ型デバイスへの回路内蔵のイメージを表したものを図 6 に示す。図 6 において、青い点線で囲われた部分がコップ型デバイスを構成する回路を示したブロック図であり、赤い線で囲われた電気刺激生成回路、入力信号生成回路、オペアンプへの電源電圧供給回路のそれぞれの回路に関して、コップ型デバイスに内蔵できるように、以下に記載するような小型化を意識した回路設計を行う。

まず入力信号生成に関しては図 1 では信号発生器より入力信号を生成していたが、本デバイスでは DA コンバータと DDS(ダイレクト・デジタル・シンセサイザ)、スイッチング IC からなる入力信号生成回路を作成し、入力部の小型化を行う。入力信号生成部では DDS をマイコン (arduino) よりプログラムで周波数を制御し、正弦波や三角波、矩形波といった入力信号波形を生成することができる。また DA コンバータをマイコンのプログラムより入力信号生成回路への電圧指令を制御し、電気刺激生成回路から出力される電流量を調整することができる。

次にオペアンプへの電源電圧供給に関しては、直流安定化電源を用いていたが、本デバイスでは電源電圧供給回路を作成し、オペアンプへの電源供給を行う。そして、図 1 で昇圧を行うために使用していた DCDC コンバータに関しては、皮膚への電気刺激と比較して、電気味覚では舌に電気刺激を与えるため、皮膚に比べ表面に水分があり、インピーダンスが下がることで、必要になる電圧も小さくなると考えられる。そこで、本デバイスではオペアンプへの供給電圧を大きくすることでインピーダンスに対応できると考え、

DCDC コンバータによる昇圧は採用しない。

以上の変更を加えることで、接続の手間を最小限に減らし、PC とコップ下部に内蔵されているマイコンを USB ケーブルで接続するだけで電気刺激を与えることができる。

#### 4. まとめと今後の課題・予定

本論文では実用的なコップ型デバイスの試作として、電気味覚による炭酸飲料の刺激僧服機能を有したコップ型デバイスの開発を行う。具体的な取り組みとし、回路や電源電圧供給などのモジュールをコップ型デバイスに内蔵するために小型化を意識した回路設計を行う。今後は、コップ型デバイスを用いて、電流量や周波数といったパラメータを変化させたときの炭酸飲料の刺激の変化に関して評価・調査を行っていく予定である。また、炭酸飲料の刺激増幅だけでなく、基本五味(酸味、塩味、甘味、苦味、うま味)に関しても周波数や電流値といったパラメータを変化させたときに生じる強度の変化について評価・調査を行っていく予定である。

#### 参考文献

- [1] 三浦 裕仁：味覚の需要と味蕾細胞分化の分子メカニズム，鹿児島大学歯学部紀要，pp. 27-28，2006.
- [2] 野村 伊吹，小池 崇文：電気味覚による炭酸飲料の刺激増幅に関する基礎検討，情報処理学会第 82 回全国大会，2020.
- [3] 駒井 三千夫，井上 貴詞，長田 和実：口腔・鼻腔の三叉神経を介した刺激性物質の受容機構，におい・かおり環境学会誌 Vol. 37, No. 6, pp. 408-416，2006.
- [4] Jayaram Chandrashekar, David Yarmolinsky, Lars von Buchholtz, Yuki Oka, William Sly, Nicholas J. P. Ryba, Charles S. Zuker: The Taste of Carbonation, Science, Vol. 326, Issue. 5951, pp. 443-445, 2009.
- [5] Koichi Hattori, Kazuma Nozawa, Suzuka Fujita, Sousuke Nakamura: Proposal of blood flow promotion method using electrical stimulation synchronized with ECG, UbiquitousRobot, 2020.
- [6] Zoran Bujas: Electrical Taste, Handbook of Sensory Physiology, Vol. 54 Chemical Senses, Pt.2 Taste, ed. L. M. Beidler(Berlin:Springer-Verlag), pp. 180-199, 1971.
- [7] Nimesya Ranasinghe, Ryohei Nakatsu, Hideaki Nii, Ponnampalam Gopalakrishnakone: 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.
- [8] 中村 裕美，宮下 芳明：一極型電気味覚負荷装置の提案と極性変化による味質変化と検討，情報処理学会論文誌，Vol. 54, No. 4, pp. 1442-1449, 2013.
- [9] Yukika Aruga, Takafumi Koike: Taste change of soup by the recreating of sourness and saltiness using the electrical stimulation, AH '15 Proceedings

of the 6th Augmented Human International Conference, pp. 191-192, 2015.

[10] 有賀 幸香, 小池 崇文: 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, CS. 1, pp. 13-18, 2015.