

令和 6 年 5 月 29 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K19842

研究課題名（和文）口腔内及び咽頭の時空間味覚制御が可能な電気味覚制御手法

研究課題名（英文）Method of controlling Galvanic tongue stimulation enabling spatio-temporal gustatory control in the oral cavity and pharynx

研究代表者

青山 裕美（中村裕美）（Aoyama, Hiromi）

東京大学・大学院情報学環・学際情報学府・特任准教授

研究者番号：20774251

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、口腔内の任意の位置に任意のタイミングで味覚制御を行う「口腔内味覚総合制御手法」を構築することを目的とし、任意箇所での味覚制御手法の確立、味覚制御の時空間分解能の調査、インタフェース構築を実施したものである。任意箇所での味覚制御手法の確立としては、口腔外からの電気刺激手法による舌上平面での任意位置での味覚提示や乾燥した食品表面への食用金箔貼り付けによる舌上複数点同時刺激手法を構築し、時空間分解能の調査ではそれぞれの分解能の確認とともに限定的ではあるが移動感覚を提示できることを明らかにした。また、制御インタフェースとしてスマートフォンからの操作を可能とするデバイス構築を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的・社会的意義として、食メディア・食のデジタルテクノロジーのさらなる発展に寄与する点がある。本研究は、舌上の任意の点で味を感じさせたり、味を『動かす』ことを可能にするなど、これまで非現実的と考えられていた味覚表現を可能としている。人は有史以降食環境の改善に努め続け、新しい味や新しい食を作り出すための技術や技法の研鑽を行い続けてきたが、デジタル技術が可能とする味覚制御として、食の歴史に新たなページを加えるものとなる。また、このような基礎的な研究へも継続的な支援を得られたことで、本研究の発端となった研究報告に対しイグノーベル賞という賞をいただく機会を得られている。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research was to establish a “Methodology for the Comprehensive Control of Intra-Oral Gustatory Perception” that controls taste at arbitrary positions in the oral cavity at arbitrary timing.

In order to establish a method to control taste at arbitrary locations, we developed a method to present taste at arbitrary locations on the flat surface of the tongue by electrical stimulation from outside the mouth and a method to simultaneously stimulate multiple points on the tongue by attaching edible gold leaf to the surface of dried food. We also found that it is possible to present a sense of movement, although it is limited, as well as to confirm the spatiotemporal resolution of each resolution. In addition, we constructed a device that can be operated from a smartphone as an interface.

研究分野：ヒューマンコンピュータインタラクション

キーワード：味覚電気刺激 経皮電気刺激 神経刺激 感覚ディスプレイ 味覚制御 食体験 インタフェース

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

電気味覚は、舌に電気刺激が与えられた際に感じられる味のような感覚であり、1754年に発見、以降生理学や医療分野で電気味覚検査などに活用され、2009年より、ヒューマンコンピュータインタラクション(HCI 分野)やバーチャルリアリティ(VR)分野において即時のおよび可変的に味覚を変化させる味覚提示技術として活用されている。

申請者はこれまでに食器を模した味覚電気刺激装置やガム型・手袋型装置の提案、味物質が呈する味強度の増強と抑制手法、健康支援のためのアプリケーションを構築してきている。また、新たな電極配置位置の提案や、温度刺激と組み合わせさらに複雑な味覚提示を行う提案、料理に近い液体(スープ等)を用いた検証が国内外で行われるなど、味覚提示技術としての可能性が模索されている領域である。

さらに、近年では申請者を中心に電気味覚で味覚刺激をどの部位で制御可能か、どのような機序でそれら味覚が認識されるのかに関して研究を始めている。これまでの研究で、電気味覚は 1. 陽極刺激を単体で提示した際に電気味と呼ばれる味を提示可能であること、2. 口腔内に味物質が存在する状態で陰極刺激の提示と停止を行った際に電解質で構成された味物質の増強・抑制が可能であること、3. 電極の配置が換わったとき、例えば顎下部と首後ろ部に電極が配置された場合に舌上でなく咽喉で味覚提示・増強・抑制が可能であることが確認されている。これによって、電気味覚を舌上、咽喉の 2 点において制御可能となってきている。

しかし、現状での呈味位置の空間(呈示)分解能は非常に低く、さらに口腔内または、咽頭周辺の範囲内の空間的な味覚の生起・増強・抑制位置の制御に関しては検討されていない。この空間的な味覚制御は通常の食品で得られる食事では達成困難な新しい食体験を成立させる味覚のデジタルテクノロジーとなると考えられる。また、電気刺激は上述の通り味覚の神経系に即時に影響を与える。このため、電気味覚ならではの高速に変化する味体験を作り出すことも可能となる。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、複数電極配置と刺激設計によって、電気味覚による味覚の提示・増強・減衰がどの程度の時空間分解能で制御可能であるかを解明することである。また、上記の検証によって解明された結果を用いて、口腔内の任意の位置に任意のタイミングで味覚の提示・増強・抑制を発生させる「口腔内味覚総合制御手法」を構築することである。

### 3. 研究の方法

本研究は(1)口腔内並びに咽頭の任意の個所での味覚の提示・増強・抑制、(2)空間的制御における空間分解能の調査、(3)時間的制御における時間分解能の調査、(4)口腔内味覚総合制御型インタフェースの構築に分けて実施した。

#### (1)口腔内並びに咽頭の任意の個所での味覚の提示・増強・抑制：

まず口腔内、特に舌上の異なる箇所への味覚の提示を可能にする味覚提示手法の構築と評価を中心に研究を遂行した。提案では 顎・頬、首など顔付近の皮膚上に複数電極を配置し、その配置した電極のうち 2 点を陽極・陰極に設定する。この陽極・陰極の位置の選択によって、舌の特定位置への味覚提示を行う。この提案によって味覚生起位置が変化するかの評価として、頭部の電位分布のシミュレーションとともに、被験者評価による味覚生起位置の調査を行った。また、口腔周辺の 6 か所に設置した電極を陽極として味覚電気刺激を行い、各位置において味覚を感じ始める電流閾値を調査した。加えて、顎部及び首部での電極配置における塩味増強効果について評価を行った。さらに、複数点を同時に刺激可能にするために、口腔内に含むことができる食品および食用金箔を用いた回路上に複数の電極を配置する手法について構築を行った。

#### (2)空間的制御における空間分解能の調査・(3)時間的制御における時間分解能の調査：

刺激位置を連続的に移動させることによって各箇所での個別の刺激としてではなく一体の移動感覚として認識されるのかに関して調査を行った。具体的には隣り合う電極間の二点弁別閾値の調査と、刺激位置を隣に移動させるまでのインターバルについて評価を行った。

#### (4)口腔内味覚総合制御型インタフェースの構築に関しては、上記で得られた知見を踏まえ味覚電気刺激の制御を可能とする刺激デバイスおよび制御 UI を構築した。

### 4. 研究成果

(1) 口腔内並びに咽頭の任意の個所での味覚の提示・増強・抑制

シミュレーションと被験者評価から、シミュレーションでは差があった舌の上下方向への味覚生起位置の移動に関しては被験者評価では有意な差は生じなかった。一方、舌の前後方向および左右方向において、左頬に陽極刺激が配置されている場合は舌左側に味を最も強く感じる点が偏り、顎など舌尖付近に陽極刺激が配置されている場合は舌尖付近が味を最も強く感じる点が偏るといように、陽極刺激が提示される位置付近に味覚が生起されることが示された (図 1)。結果、これまで化学物質の提示では非現実的だった舌の任意箇所への味覚提示が行えることが明らかになった。

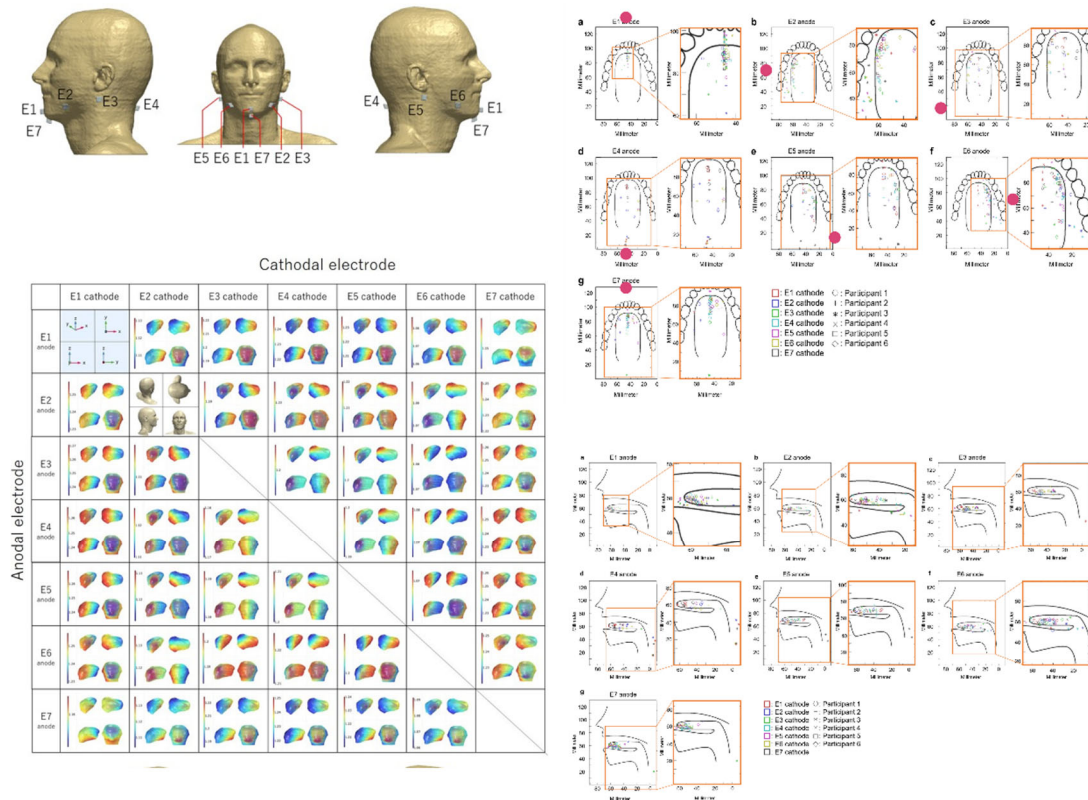


図 1. (左上) 電極の貼付位置 (左下) 電位分布のシミュレーション結果 (右) 心理物理実験で報告された味覚生起位置

また、口腔周辺の 6 か所に設置した電極を陽極として味覚電気刺激を行い、各位置において味覚を感じ始める電流閾値に関し行った調査に関しては、顎前方付近を陽極とした場合に比べ、頭部後方を陽極とした場合のほうが閾値が高くなること、前方から側方につれて閾値が高くなることが示された (図 2)。

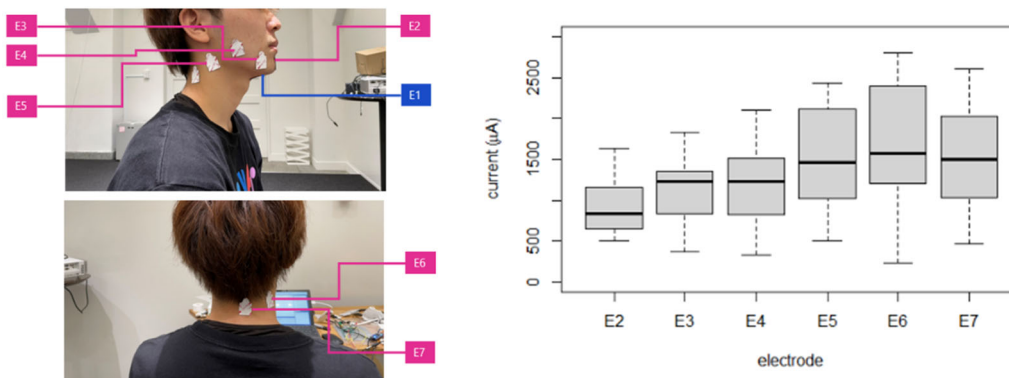


図 2. (左) 電極の貼付位置 (右) 陽極刺激位置毎の電流閾値

加えて、顎部及び首部での電極配置における塩味増強効果について行った評価では、NaCl 溶液 (塩溶液) において、1 倍から 3 倍程度の増強効果が示された。この効果は、既存の代替塩などによる塩味増強に比べ非常に大きいものである (図 3)。

さらに、口腔内、舌上の任意の箇所へ食品、特に表面が乾燥した食品を用いて味覚電気刺激を与える一手法として、食品表面に食用金箔を用いて回路を構築する手法の提案と舌の複数点を同時に刺激可能な手法の構築に取り組んだ。これは、表面が乾燥した食品の上に複数の電極を配置し、そのいくつかまたはすべてに電気刺激を印加することで、舌上の複数点に同時に電気刺激を提示可能にするものである。

(2)空間的制御における空間分解能の調査・(3)時間的制御における時間分解能の調査に関しては、パラメタによっては仮現運動に近い感覚が得られる事が示され、味覚電気刺激を用いて既存の味覚刺激では提示が困難な口腔内での味移動感覚を構築できる可能性が示された(図4)。

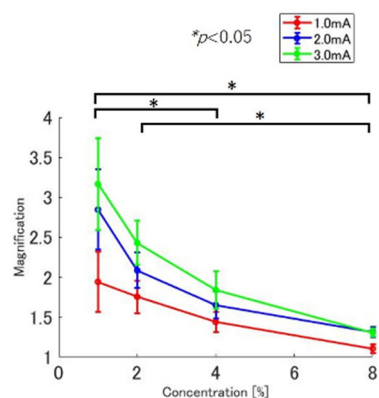


図3 塩味増強効果量



図4. (左) 電極の貼付位置 (右) 刺激条件毎の描画領域のヒートマップ

(4)口腔内味覚総合制御型インターフェースに関しては、刺激装置のスマートフォンからの制御も可能にした。

これら研究内容に関する成果に加え、味覚電気刺激に関する研究内容をまとめたものを2件の書籍、2件の論文誌、4件の口頭発表(査読あり2件、査読なし2件)、1件のデモ発表を行った。加えて、この本予算の研究に取り組む切っ掛けとなっている味覚電気刺激に関する内容で2023年にイグノーベル賞を受賞したことで、2件の学会での招待講演、2件の一般向け招待講演で本研究の内容を含む広報活動に努めた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Nakamura Hiromi, Amemiya Tomohiro, Rekimoto Jun, Ando Hideyuki, Aoyama Kazuma	4. 巻 33
2. 論文標題 Anodal Galvanic Taste Stimulation to the Chin Enhances Salty Taste of NaCl Water Solution	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 1128 ~ 1134
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2021.p1128	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakamura Hiromi, Mizukami Makoto, Aoyama Kazuma	4. 巻 9
2. 論文標題 Method of Modifying Spatial Taste Location Through Multielectrode Galvanic Taste Stimulation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 IEEE Access	6. 最初と最後の頁 47603 ~ 47614
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ACCESS.2021.3068263	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 So Tanaka, Takuji Narumi, Hiromi Nakamura, Tomohiro Amemiya, Hideaki Kuzuoka, Kazuma Aoyama
2. 発表標題 Dynamically Controlling Spatial Taste Location by Extraoral Galvanic Taste Stimulation
3. 学会等名 International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 元村 愛美, 中村 裕美, 池松 香, 五十嵐 悠紀, 加藤 邦拓
2. 発表標題 金箔回路を用いた食品の機能的拡張
3. 学会等名 第 30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 (WISS '22)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 元村 愛美, 中村 裕美, 池松 香, 五十嵐 悠紀, 加藤 邦拓
2. 発表標題 FoodSkin: 金箔回路を用いて電気味覚を実現する食品拡張手法の提案
3. 学会等名 情報処理学会研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 田中 壮・鳴海拓志・中村裕美・雨宮智浩・葛岡英明・青山一真
2. 発表標題 多電極味覚電気刺激における味覚生起閾値の調査
3. 学会等名 メディアエクスペリエンスとバーチャル環境基礎研究会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiromi Nakamura
2. 発表標題 Augmenting abilities, body, and taste
3. 学会等名 Asian CHI 2021 Symposium (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 山野 善正	4. 発行年 2022年
2. 出版社 エヌ・ティー・エス	5. 総ページ数 496
3. 書名 味以外のおいしさの科学	

1. 著者名 日本バーチャルリアリティ学会 編 青山一真 編著	4. 発行年 2024年
2. 出版社 コロナ社	5. 総ページ数 176
3. 書名 バーチャルリアリティ学ライブラリ 2 神経刺激インタフェース	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------