

電気味覚を活用した味覚の増幅と拡張

中村 裕美[†] 宮下 芳明[†]

味覚器に電気刺激を与えると、電気味覚と呼ばれる味覚を呼び起こすことができる。本稿ではこの特性を利用し、通常味覚器では感知できない情報を味覚で感知可能にする手法を提案する。各種センサからの入力信号を出力電圧または電圧提示パターンに置き換えることにより、二酸化炭素の濃度などを味覚で受容することができる。また電気を飲食できる装置と組み合わせて活用することで、舌で感知しきれない液体の濃度の違いなどを弁別することができる。

Amplified and Augmented Gustatory using Electricity

HIROMI NAKAMURA[†] HOMEI MIYASHITA[†]

In this paper, we propose how to amplify and augment the function of taste. Electric taste is the sensation elicited on stimulating the tongue with electric current; we applied it to convey information that humans cannot perceive with their tongue. By using electric taste based on the information given by some of sensors, we may succeed in increasing the precision of organ of taste. Moreover we can enjoy tastes that we cannot perceive previously, by adding electric taste to foods and drinks.

1. はじめに

本稿では、味覚を増幅・拡張する手法について提案を行う。図1は本稿で行う提案の概念図である。

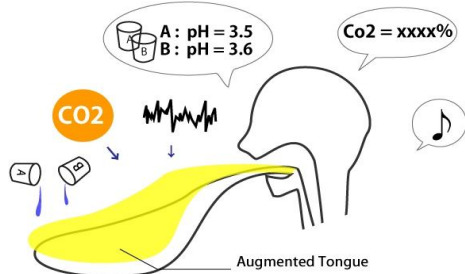


図1 味覚の増幅・拡張

本稿では、この概念を議論したうえで、味覚の増幅・拡張の一手法として、センサ入力を電気刺激に置き換えて味覚器に出力する装置を提案する。電気刺激は味覚器で電気味覚として受容されるため、味覚の提示に活用できる。電気刺激の調節で足し引き可能な味覚である利点を生かすことで、味覚の弁別能力を向上させると共に、通常味を感じられないものの味を楽しむ装置へと発展させる。

2. 味覚の代替・増幅・拡張

生物は、各感覚受容器から得られる情報を元に、外界を理解し反応する。しかしそれらには機能的限界が存在し、適刺激や閾値がある。だが、センシング技術の発展によって我々は感覚受容器の閾値外にも物理的、化学的情報があることを理解している。また、感覚受容器の機能の一部または全部を欠損した際に、それまで得ていた情報の欠如をあらためて体感し、不具合を覚えることもある。

感覚受容器の閾値外にある情報の取得や、情報欠如に対する補完のために、様々な装置・手法が提案されてきた。これらは、その手法と目的により、大まかに3つに分類できると考えられる(図2)。

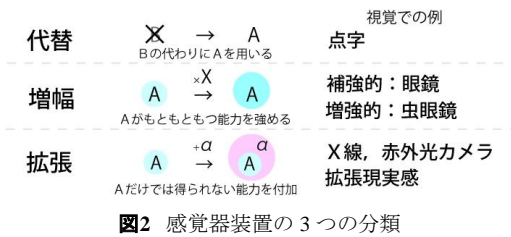
1 つめは、別の器官による代替である。例えば、視力を失った人に対し、視覚情報を点の凹凸という触覚情報に代替して提示する点字があげられる。

2 つめは、元からある機能の増幅である。これは機能を一定の水準まで向上させる補強的なものと、一定の水準にある機能をさらに向上させるための増強的なもの2種類に分類される。前者は視力が弱い人の視力を助ける眼鏡が、後者はより遠いあるいは小さいものを見るためのオペラグラスや虫眼鏡が例に挙げられる。

3 つめは、受容域の拡張である。これは感覚器が本来受容不可能な情報を受容可能にするものである。我々の目はX線や赤外光を見ることができない。し

[†] 明治大学大学院 理工学研究科 新領域創造専攻 デジタルコンテンツ系

Program in Digital Contents Studies, Program in Frontier Science and Innovation, Graduate School of Science and Technology, Meiji University.



かし各種カメラを用いればそれらを見ることが出来る。また、仮想世界の情報を受容可能にするのも拡張に当てはまるだろう。特に拡張現実感技術は、実世界と仮想世界の関連付けを考慮して空間情報を拡張している。

すべての道具は人間の手足や感覚の拡張物であるという見解は、Emerson Ralph Waldo¹⁾や Hall Edward T²⁾, Marshall McLuhan³⁾が古くから提唱していた。彼らは拡張という言葉とその対象との関係で、上の3つの分類を説明している。また、サイバニクス分野では人の能力に対する支援、増幅、拡張する技術の必要性を述べた上で、身体能力に焦点を置きロボット技術の側面から HAL (Hybrid Assistive Limb) として実装した例もある⁴⁾。

味覚においては Edible User Interface⁵⁾や BrainPort⁶⁾等で、化学物質の組み合わせを提示することによりネットワーク状態を味で判別出来る拡張的な提案や、視覚情報を電気刺激に置き換え、舌で“見る”代替的な手法の提案がされている。が、その数は相対的に少ない。その理由として、感覚提示や調整に化学的信号を取り扱うこと、接触が求められる事、活用用途が主に飲食時であることがあげられる。

味覚は、嗅覚と同じく化学的物質の刺激により発生する。そして化学的物質を非接触で受容する嗅覚と異なり、化学的物質に接触することで受容されるものである⁷⁾。他の動物では、味覚器が体表面全体に存在するものもあるが⁸⁾、人の味覚器は口内に集中している。そのことから、飲食と深いつながりがあり、主に飲食可能か否の判別を行う器官となっている。もちろん、化学的物質による刺激を味として受容することにより、飲食の楽しみを助けている側面もある。

しかし我々は、幼児期には飲食可能かの弁別と共に、「実世界の知覚」の用途で口および舌を使っていると指摘されている⁹⁾¹⁰⁾。それらの知覚は、厳密に言えば舌から得られる触覚情報や温度情報など味覚情報以外の情報の集合であるが、我々は口腔をより多様な知覚のために用いているともいえる。

3. 味覚拡張のフロー

本装置では、外部の情報を検知するセンシング部、

センサで検知した情報をもとに出力パターンを生成する処理部、そして処理部で生成された出力パターンを電気刺激として味覚に提示する出力部からなる(図 3)。

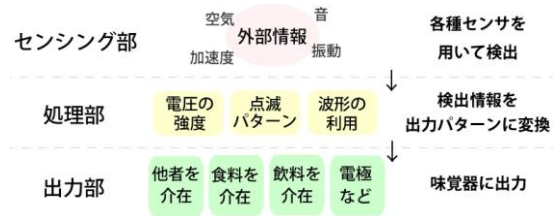


図3 味覚拡張のフロー

3.1 センシング部

センサで検知された外部からの情報は、数値情報として処理部に送られる。センサは得たい情報に合わせて適宜選択可能である。例えば、空気中の二酸化炭素濃度を検出するセンサで、呼気と吸気の二酸化炭素濃度の違いを味覚で確認する事が出来る。

3.2 処理部

処理部では、電圧の強度やパルス提示を用いた出力パターンを生成する。現時点で、直流電源(6P 電池 2個, 電圧:約 18V)を、リレーを用いて On/Off を制御し、PWM における電圧の制御及びパルス提示の制御を行っている。パルス提示においては、おおよそ 10ms より低速での On/Off 制御を行うことで、味覚に対し点滅に類似した感覚を提示できることが確認されている。

3.3 出力部

味覚への出力は、導電体を介して行われる。先に我々が提案した電気を飲食するインタフェースを用い¹²⁾、飲食物に付加した形で享受することも可能である。

4. 入力情報の活用事例

本稿で提案する装置は 2 章で行った 3 つの分類の中で、特に「増幅」、「拡張」の用途で活用が可能であると考えられる。

4.1 弁別能の増幅

味覚器である舌が弁別できる味の差には限界がある。その為、微量に含まれた混入物や、わずかな濃度の違いは弁別できない場合もある。しかし、提案手法を用いることで、pH センサによる入力を電気味覚に置き換え、通常弁別できない飲食物の味の違いを感じることも可能である。

4.2 味覚を用いて受容可能である物体の拡張

例えば大気中の二酸化炭素濃度を検出するセンサを口に装着することで、呼気と吸気に含まれる二酸化炭素濃度を検出する。その情報を電気刺激として味覚器に提示することで、われわれは空気を味わえるだけ

でなく、呼気と吸気の違いを味として感じることも可能になると考えられる。他にも、物体の加速度や距離、通常無味であるプラスチックの味を楽しむこともできる。また、音楽を味わうことも可能となる点では、他器官が感知する情報を代替する用途でも用いることができる。

5. デモンストレーション

著者らは先に、電気味覚を付加して飲食するインタフェースを提案している¹¹⁾。電気を飲む装置は、容器とストローを2つずつ用意し、飲んだ時に回路が生成され電流が流れる仕組みを構築している。電気を食べる装置は、フォークや箸などの食器に電極を装着し、水分を含む食物をさして食べると電気を付加したまま味わうことができる(図4)。



図4 装置概要

このうち電気を飲む装置は、直流電源(6P 電池 2個、電圧 18V)を使用し体験者が手元で任意に On/Off を行えるスイッチを取り付けたものを用いて、2回デモンストレーションを行い¹¹⁾¹²⁾、800人程度の体験者を得ることが出来た(図5)。



図5 デモンストレーション風景

また、コミュニケーションへの応用を考慮して、2人での使用法を試行した。これは体内を回路として活用するものである。2人が各々のストローから同時に飲み、その最中に手をつなぐことで、回路が生成されて電気味覚が付与される。体験者からは「手をつなぐだけで味が変わるの面白い」「電流が走るとはこういうことか」という感想が寄せられた。

そしてこの飲み方は、両方のストローから飲み物を飲めない幼児や、ストローの片方に空気が含まれてしまう際の代替的手法としても有効である。特に幼児では、構造上の飲みにくさの解消だけでなく、家族と共に体験できる飲食体験として有効な手法であったとい

える(図6)。



図6 2人での使用例

体験者はおおむね電気の味を弁別できたが、一部からは味の変化がないとコメントを得た。そのため、現時点では比較的離れているストロー間の距離を狭く保つ必要性が示唆された。また、個人の味覚異常の可能性もあるが、味覚検査による確認を行っていないため、特定はできない。

また、味の感想においては、酸っぱい、金属の味、ピリピリとするなど、人によってばらつきがあった。味覚の個人差も原因の一つといえるが、ストローが接触する位置も関連することが示唆された。現在、追調査によって舌面上でのストロー先端部の位置が、味の違いに関連することを確認している。そのためストロー先端部を意図通りに配置しやすくする構造を付加し、再度評価を行いたい。また、デモ後の改良で、ストロー先端部を斜めに切断し、スプーン型ストローに似た形状にすることで、舌と飲料の接触が確保され電気味覚を感じやすく改良することもできている。

6. 関連研究

他の感覚器官における拡張手法は、夥多な研究が存在する。例えば拡張現実感技術は、仮想世界における視覚情報を現実世界に重畳することで、視覚情報を拡張している。また、石井らが提案する Tangible User Interface¹³⁾では、仮想世界上の情報を触知する手法の提案を提案している。触覚における拡張現実感においては、梶本らによる SmartTouch¹⁴⁾があげられる。これは光センサからの入力情報を電気刺激と振動によって出力するもので、日常触ることのできない物体への接触や、触ったことのない触感の提示を可能にしている。これは電気刺激を感覚提示に用いた手法としても、本研究と関連がある。電気刺激を用いた触覚提示では TeslaTouch¹⁵⁾もその一例である。静電気摩擦による電気振動で、指先に装置を装着せずに触った感触の変化を提示できる。また、吸飲する感覚を再提示する装置を橋本らが SUI (Straw User Interface)として提案している¹⁶⁾。これは吸飲時の振動と音を記録し再提示を行うことが可能であり、納豆を吸う感覚などを提示す

ることも可能とされている。

味覚を拡張する手法としては、鳴海らによる Meta Cookie¹⁷⁾や飲み物の味を擬似的に変化させる装置¹⁸⁾などが上げられる。これは視覚や嗅覚により味覚を擬似的に変化させるもので、Meta Cookie では AR 技術による画像の重畳と香りで、飲み物においては LED 光源による色の変化で味の擬似的変化を行っている。

味覚又は味覚器を用いて外部の情報を享受するものにおいては、Maynes-Aminzade らによる EdibleBit⁶⁾や Wicab 社が開発している BrainPort⁷⁾などが上げられる。EdibleBit では数種類の用意された化学物質を提示し、味によってネットワークの状態を伝えるアプリケーション等を開発している。また BrainPort はカメラから得られる視覚情報を電気刺激に変換し、視覚情報を舌で代替して“見る”ことを可能にしている。

7. おわりに

我々は感覚器から得られた情報に対し、電磁波や音波を色や音、接触した物体の表面的特徴をテクスチャ、化学物質の組み合わせを味やにおいとして処理している。感覚受容器はある性質を代替し、増幅、拡張し認識するための進化を行う器官であるともいえる。

魚類は味覚器が体表面に存在し、特にコイ科とナマズ科は脊椎動物の中では最も高度に分化発達した味覚系をもつという調査がある⁸⁾。ナマズにおいては、“泳ぐ舌”と呼ばれることもある。対して人間の味覚器は口内に集中しており、優位性も視覚のほうが上位である。人間において視覚からの情報のほうがより汎用性があることは否めない。しかし、本稿の提案のように与える情報の域を広くすることで、味覚の優位性を高めることもできると考えている。

味覚から得られる情報へのアプローチは、味覚の拡張よりもおいしさの追求など飲食による楽しみを拡張するものが多く存在する。本稿の提案は、受容域外への拡張とともに、飲食の楽しみも拡張できると考えている。通常受容できないわずかな味の違いを弁別することにより、今まで同じと思っていた飲食物のわずかな違いを理解できる。その事が飲食しているものへの意識をより強化し、美食意識の高い人間への拡張につながると考えている。もちろん当装置が提供する通常味わえない外部情報を味わうことにより、より広く外界を“味わって”生活することも可能だろう。

参考文献

1) Emerson, Ralph Waldo. 'Works in Days.', In Society and Solitude, New York and Boston, Houghton,

Mifflin and Company, p151, 1888.
 2) Hall Edward T: The Silent Language, New York, Doubleday(Anchor Books), p80, 1959, 1973
 3) Herbert Marshall McLuhan, Eric McLuhan, (高山宏監修, 中澤 豊訳), メディアの法則, NTT 出版, pp.128-131, 2002.
 4) Takeru Sakurai and Yoshiyuki Sankai: Development of Motion Instruction System with Interactive Robot Suit HAL, Proceedings of the 2009 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, pp. 1141 – 1147, 2009.
 5) D. Maynes-Aminzade: Edible Bits: Seamless Interfaces between People, Data and Food, In Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'05) - Extended Abstracts, ACM. pp. 2207-2210, 2005.
 6) Aimee Arnoldussen, Carrie Nemke, Richard A. Hogle and Kim Skinner: BrainPort plasticity, balance and vision applications, Proceedings of the 9th International Conference on Low Vision, 2008.
 7) 大須賀謙二, 丸井隆之: 魚類の味覚受容, 日本味と匂学会誌, Vol.10, No.1, pp.29-42, 2003.
 8) 佐藤雅彦: 味覚の生理学, 朝倉書店, p1, 1991.
 9) Lev Semyonovich Vygotsky: 人間行動の発達過程, 明治図書出版, pp.129-130, 1987.
 10) 小口忠彦: 人間の発達過程, 明治図書出版, pp.33-34, 1983.
 11) 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), pp.204-206, 2010.
 12) 中村裕美: 飲食物+電気味覚, Make:Tokyo Meeting 06, 東京工業大学, 2010.10.22-23.
 13) Hiroshi Ishii and Brygg Ullmer: Tangible Bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In CHI'97 Proceedings, pp.234-241, 1997.
 14) Hiroyuki Kajimoto, Masahiko Inami, Naoki Kawakami and Susumu Tachi. SmartTouch: A new skin layer to touch the non-touchable, Conference Abstracts and Applications of SIGGRAPH, Vol. 30, 2003.
 15) Olivier Bau, Ivan Poupyrev, Ali Israr and Chris Harrison: TeslaTouch: Electro-vibration for Touch Surfaces. In Proceedings of UIST'10.
 16) Yuki Hashimoto, Minoru Kojima, Tomoyasu Mitani, Satoru Miyajima, Naohisa Nagaya, Junichiro Ohtaki, Akio Yamamoto and Masahiko Inami: Straw-like User Interface, SIGGRAPH2005 emerging technologies, 2005.
 17) 鳴海拓志, 谷川智洋, 梶波崇, 廣瀬通孝: メタクッキー: 感覚間相互作用を用いた味覚ディスプレイの検討, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.15 No.4, 2010.
 18) 鳴海拓志, 佐藤宗彦, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 味覚ディスプレイに関する研究第二報 ~飲料への色の重畳を用いたクロスモーダルな味提示手法の評価~, 第 30 回複合現実感研究会, 2010