

電気味覚を活用した飲食コミュニケーションの可能性

中村裕美[†] 宮下芳明^{†,††}

本稿では電気味覚を利用した飲食装置と、本装置のコミュニケーションへの応用例を提案する。味覚器に電気刺激を与えると、電気味覚を呼び起こすことができる。著者らはこれを飲食物に介在させ調味料として用いる手法を先に提案しているが、コミュニケーションへの応用例として、電気を飲むデバイスでは2人のユーザが飲みながら接触する手法、電気を食べるデバイスでは一方が他方へ食べさせる手法を提案する。

The Possibilities of Communication by Change in Taste

Hiromi Nakamura[†] and Homei Miyashita^{†,††}

In this paper, we discuss the possibilities and enjoyment of communication by changes in taste. We developed apparatuses to change the taste of food and drink based on electric taste. With an apparatus for drinks using two electrically conducting straws, two persons each holding one straw in the mouth, shaking hands causes electricity to flow there and the taste changes. With the chopsticks/fork type of apparatus, the taste is changed by an electric current flowing through the human body when it is used by another person to help one to eat.

1. はじめに

飲食行為は、我々人間にとっては単なる生命維持のための行為にとどまらず、エンタテインメントの要素も持ち合わせている。我々は飲食物から得られる味覚刺激や、飲食の際に行う他人との交流を楽しむこともある。味覚刺激からの情報は、おいしさや栄養の有無に関わらず我々の味体験を豊かにする。元来生物は苦いものは毒と判断し忌避する傾向があるが、人間は学習によって苦味を受容し、さらには嗜好することもできる。また、単体では栄養に乏しい（または皆無な）調味料や添加物も多い。例えば炭酸飲料は、本来栄養とはならない二酸化炭素が添加されることで、独特の清涼感と味体験を生み出している。

また、飲食はコミュニケーションの場を提供する側面も持ち合わせている。他者と食事を行うことは、会話をはじめとして一人での食事では得難い体験や感情を得ることができる。特に、一緒に同じ物を食べたり、相手に与えたりする行為は、両者の親密さをより増加させるものといえる。Miller¹⁾らの研究では、飲食物を共有する・相手に与えるなどの行動によって、被験者の学生たちが実験前より親密になったと報告している。Chung²⁾らはコミュニケーションの支援として飲む行動を伝達、共有する Lover's Cup²⁾を提案し、遠距離でのコミュニケーションや親密さを支援している。多くの関連研究については5章にまとめているが、例えば遠隔地間で接吻行動を共有しあうインタフェースも提案されている³⁾。

こうした遠距離間のコミュニケーション支援は、コンピュータの介入により豊かになった分野のひとつである。しかし、対面・近距離での直接的なコミュニケーションも従来から存在する重要なコミュニケーション手段であり、円滑な人間関係の構築を促進する重要な役割をもつ。馬場らも同種の指摘のもとで freqtric drums⁴⁾を開発し、肌への接触を新しいインタフェースと考え、触れることにより音が鳴る楽器として提案している。特に近距離で触れ合いながら行うコミュニケーションは、より密接な関係者間で行われることが多いことから、接吻時の双方の舌の距離を音楽に変換するような提案もなされている⁵⁾。

飲食行為において、食べ物を共有したり、他人に食べさせたりするような、「他者と共に食事を楽しむこと」が直接に味覚刺激の変化につながれば、味体験としての豊かさを得られると共に、食事という場におけるコミュニケーションを高めるのかもしれない。そこで本稿では、飲食時または飲食行為における近距離コミュニケーション手段として、電気味覚を用いた味覚変化を活用した手法を提案する。

[†]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, Programs in Frontier Science and Innovation, Graduate School of Science and Technology, Meiji University.

^{††}独立行政法人科学技術振興機構, CREST
JST, CREST

舌に電気刺激が加わると、我々は味として認識することができる。これは一般に電気味覚と呼ばれる。著者らは先に、この電気味覚を飲食物に付加し飲食物の味を変化させるインタフェースを提案している⁶⁾。本稿ではその構造と単独ユーザでの使用について述べるとともに、2名でのコミュニケーション用途として、手をつないだり、食べさせたりといった行為を行った際に電気が流れ味覚が変化する手法について述べる。

2. 背景

2.1 味覚について

味覚は、飲食物が舌、軟口蓋、咽喉頭の表面にある味覚器、味蕾に接触することによって起こる感覚である。嗅覚と同じく化学物質が刺激となるため化学感覚と呼ばれるが、嗅覚との差異は、化学物質との接触性である。嗅覚が非接触で感知できるのに対し、味覚は接触する事により起こるため、接触感覚とも分類されている⁸⁾。

味覚情報は、軟口蓋、咽頭、咽頭部や、舌前方に散在する茸状乳頭、舌縁後部の葉状乳頭、舌根部の有郭乳頭にある味蕾から受容される。乳幼児では上記部位以外にも頬粘膜や口唇粘膜にも存在する上数も多いが、年を経るにつれ減少する。各味蕾の基底部からは味覚神経が入り込み、味細胞と化学シナプス結合をした上で、味細胞の活動状態である受容器電位の大きさを神経インパルスとして中枢に送り込む⁹⁾。基本味においてはそれぞれの成分ごとに独自の情報変換機構があることが確認されている¹⁰⁾。また、これらの情報変換機構に対して影響を与えることのできる味覚修飾物質なるものも存在する。ミラクルフルーツに含まれるミラクリンはその例で、酸味を甘みに変える効果を持っている¹¹⁾。

味覚の定義は、狭義では上に述べた化学物質による舌の味細胞で感じられる五つの基本味とされているが、実際には辛味や渋味などの基本味に入らない味や、嗅覚が関わる風味、視聴覚や触覚が関わる食味、そして食事を行う際の環境が影響を与える。そのため、飲食から得られる「おいしさ」は、図1のような構造であるとされている¹²⁾。

本研究で活用する電気味覚は、図1の構造のうち、味(味覚)の区分に入るとされている。この区分にあるものは、化学物質による味細胞の刺激により感じられる味であるものの、基本味に含まれないものである¹³⁾。

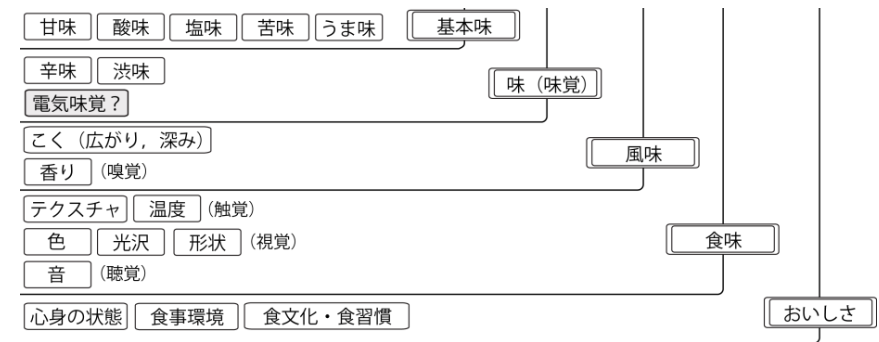


図1 おいしさの構造¹²⁾と電気味覚の位置づけ

人間においては、飲食物に対する情報が味の受容に大きく関わり、他の動物とは異なった味覚への認識を持っているとされている。例えば賞味期限や周りの人間が飲食していて安全であるという情報が、おいしさにつながることもある。その他にも、前述のように基本的に毒や腐敗などを感じ取る役割を持つ苦味は、動物にとっては忌避すべき味だが、人間にとっては快感のためのおいしさの一種であり、積極的にとられることもある¹⁴⁾。ビールやウイスキー、コーヒーなど嗜好品と呼ばれるものの中には、苦味があるものが多く、それらを強く嗜好する傾向があるとされている。神経興奮・抑制や覚醒の高進をもたらす薬理効果が含まれる物は苦味が強いことも関係しており、生理的な変化を期待して摂取する意味も含まれている¹⁵⁾。

2.2 電気味覚について

電気味覚は、1754年にSulzerが2種の金属を舌面上に載せたことから発見され、その後1792年にVoltaが一方の金属から他方へ舌組織を通り電流が流れることから起こる味覚という仮説を立てた¹⁶⁾。味について、陽極刺激は酸っぱいような味、陰極刺激は苦味に近いアルカリ様の味と報告され、その後の同様の実験でも類似した感想が得られているものの、実験者により味の質の表現には差異がある¹⁷⁾。

また、舌への電氣的刺激に用いる金属は、現在は金・白金・銀-塩化銀電極が主とされている。陽極の閾値は2~7 μ A、陽極の閾値は60~150 μ Aとされているが¹⁷⁾、電気味覚刺激による視覚代替提示装置¹⁸⁾では金を使用した場合には出力電5~15V出力電流0.4~2.0mAが好ましいとされている。また20~10⁴Hzの交流刺激で、味覚刺激が誘導可能であることも報告されている¹⁷⁾。

3. 提案装置と利用法

電気のみである電気味覚を感知するためには、味覚器を電気回路の一部に含む必要がある。人間の場合、味覚器は舌面上に多く存在する。その為、舌面に電極が回路につながった導電性物質が触れている必要がある。本章では飲料と食料に分けて装置を提案し、まず単独ユーザでの利用について述べる。

3.1 電気を飲むインタフェースと単独での利用法

電気を飲むインタフェースでは、飲料と口内で回路を生成するために中が2つに分割されているカップと2本のストローを用いる。制作したプロトタイプシステム(図2左)では、片方の容器(容器A)に陽極が刺さったストロー、もう片方の容器(容器B)に陰極が刺さったストローを入れる。持ち手近くには電流のOn/Offを行うスイッチを装着している。使用する飲料は電解質のほうが好ましいが、電圧を上げれば他の飲料でも感知可能であることが確認されている。これまでに、電解質を含むスポーツドリンクの他に、カルピスウォーターに18Vの電圧を加えた場合でも多くの人が電気味覚を感じることができている。その他にも、予備調査からお茶やコーヒーなどでも電気味覚を感じることが見だされている。しかしながら度数の高いワインなどの酒類を用いた場合には、ストローから飲む構造と、元の刺激の強さから、現状ではあまり味の変化を感じることはできていない。

試作した電気を飲むインタフェースでは、内部に6P電池2個が直列接続されており、それらから18Vの電気を供給している。この装置は飲まないときは回路が生成されない構造になっている。単独で利用する際には、挿入した両方のストローから同時に中の飲料を飲む。両方から飲むことでストローの中を通る飲料と口内で回路が生成され、その回路を流れる電気によって電気味覚を感知することができる(図2右)。

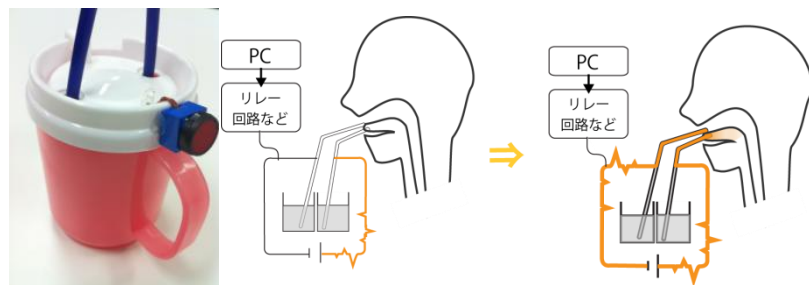


図2 電気を飲むインタフェースと回路構成
 (左: 装置概要 右: 通常時と飲食時の回路構成)

3.2 電気を食べるインタフェースと単独での利用法

電気を食べるインタフェースでは、箸やフォークなどの食器を導電体として用いる(図3左)。箸またはフォークに陽極と陰極を互いが直に接触しないように取り付ける。そして食料に陽極部と陰極部をさして使用する。食材は水分を含んだものが好ましく、予備調査では、ゲル状のもの(寒天、ゼリーなど)や水分の多い野菜・果物(リンゴ、きゅうりなど)、刺身などで電気味覚が感じられることを確認している。

本装置を一人で利用する際には、食器の陽極部と陰極部双方を食料にさし、食べることで回路が生成される(図3右)。導電体に金属など導電率の高い物質を使った場合、陰極と陽極の間を切断しないと接触しているだけの舌に電気が流れないが、食料を使った場合は、両極を同じ食物にさしていても、接触するだけで舌にも電気が流れる。これは舌と食料の抵抗値を比較した場合舌のほうが低く、電流は流れる際に舌と食料とを並行して流れるからだと考えられる。

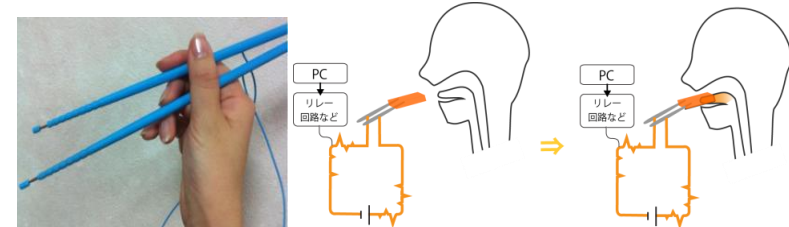


図3 電気を食べるインタフェースと回路構成
 (左: 装置概要 右: 通常時と飲食時の回路構成)

著者らは先に、塩入りゼリー、こんにゃくゼリー、カルピスゼリー、水道水を用いて作った寒天、きゅうりの5つに対し、一定電圧(9.3V)を与え舌が触れる表面上の電圧を計測すると共に、電気味覚を感じられるかを4名(男性2名、女性2名)で調査した。食材の表面から5mm程度の位置に電極間の間隔を10mm開けて接続し、その真上の値を計測し、表面電圧とした。その結果、各食材の表面電圧が表1のように得られ、被験者は全員電気味覚による味の変化を感じることができた。

表1 各食材の表面電圧

種類	表面電圧 (単位: V)
塩入りゼリー	0.9
こんにゃくゼリー	0.7
カルピスゼリー	1.2
寒天 (水道水)	2.7
きゅうり	1.4

また、上記実験で用いた寒天（水道水）を対象に、電圧の変化を感知・弁別できるかについても、被験者 5 名（男性 4 名、女性 1 名）にて調査した。寒天は縦 30mm、横 25mm、高さ 15mm の直方体に切り分けた物を用い、電極は舌が接触する表面から 5mm、25mm 辺の midpoint から左右 5mm の距離に接続した。使用する電圧は 6 段階（1.6V、3.2V、4.5V、6.5V、8.1V、9.3V）で、各電圧を印加した際の表面電圧はそれぞれ、0.3V、0.8V、1.3V、1.5V、2.2V、2.7V となった。

感知の可否は、寒天を被験者の舌に接触させた状態で電圧を加える状態と通常状態を 5 回繰り返して行った。事前に被験者には変化を感じたときのみ手元のボタンを押すように指示を与えた。電圧差に対する弁別を確認する実験では、同じく寒天を被験者の舌に接触させた状態、上記 6 種類のうち異なる 2 つの電圧を続けて呈示した。その直後に電圧差を感じたか、前後どちらの電圧をより強く感じたかを口頭で確認した。呈示する組み合わせの順序は被験者によってランダムとした。

その結果、被験者のうち 3 名が提示に用いた電圧全てを、2 名が 0.8V 以上の電圧すべてを感知することができた。また 2.2V 以上に対しても、被験者 5 名のうち 2 名が電気味覚を感知するものの痛みをおぼえたと答えた。よって舌接触部の電圧が 0.7V から 1.5V の場合は、全ての被験者が電気味覚を安定して感知することが可能であった。

また、電圧差に対する弁別を確認する実験の結果は以下ようになった。異なる 2 つの電圧における被験者ごとの弁別正答率調査では、5 名中 2 名が今回提示した 15 組全てを弁別可能であった。残り 3 名も 15 組中 14 組を弁別出来ている。電圧の組み合わせの正誤答率は表 2 のようになっている。

表 2 弁別正答率（電圧の組み合わせ別 単位:%）

	0.3	0.8	1.3	1.5	2.2	2.7
0.3	-	100	100	100	100	100
0.8	-	-	100	80	100	100
1.3	-	-	-	100	100	100
1.5	-	-	-	-	60	100
2.2	-	-	-	-	-	100
2.7	-	-	-	-	-	-

ほぼ全ての組み合わせで 5 名全員が正しく回答出来ていることから、約 0.5V の差を舌が弁別可能であるといえる。しかしながら 1.5V と 2.2V の弁別は 60 %、1.3V と 1.5V の弁別は 80% とわずかに低い値となっている。また被験者 A、B は先に述べた電気味覚感知の実験で、0.3V の提示に対して電気味覚を感知できていないことが確認されている。そのため 0.3V と他の電圧の組み合わせは、実質電圧の変化でなくの電

圧が加わっているか否かの弁別となっている。

3.3 提示する電気刺激の制御

電気を飲食するインタフェースは、直流で一定電圧を提示するアナログ制御と PWM とリレーを用いたデジタル制御を行うことができる。先行する研究では電流を用いた制御が多く見られるが、本プロトタイプでは電圧での制御である。先に述べたように、電気を飲むインタフェースでは電池が内蔵されているため、飲みながらスイッチを押すことで、電気味覚を付与することができる。

その回路の間にリレー回路を接続することで、パルスのような提示や PWM を用いた提示を行うことも可能である。本稿では、Arduino と、その制御を行う Processing を用い、上記の提示を行う回路を製作している。これにより PC を用いて提示する味覚の制御を行うことができる（図 4）。

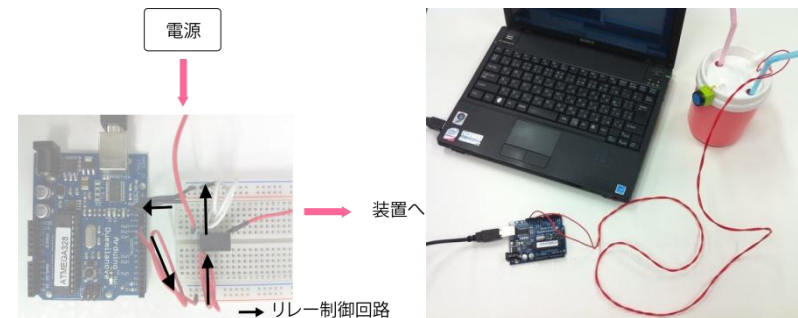


図 4 リレー制御回路と接続例
(左：リレー制御回路 右：PC と装置の接続例)

4. コミュニケーションへの応用

飲食時におけるコミュニケーションは、特に親密な関係においては、相手に食べさせたり、食べながら触れたり、一緒に同じものを食したりすることも行われる。本稿で提案した飲食物への電気味覚提示手法は、使用方法を変えることで、2 人での利用も可能となる。装置を利用しながら、手をつなぐ、食べさせるなど、近距離で行うコミュニケーションによって、電気味覚が付加され、味の変化が感じられる。

飲料においては、提案した装置にある各々のストローから別々に飲料を飲んでいる状態で、手をつなぐなど皮膚の接触を行うことで味を変化させる事ができる。この時、回路は装置と口内、そして接触した体を介して生成される。手をつなぐ行為が電気回路の On/Off の役割を果たし、つないだ時だけ味が変わる（図 5）。



図5 コミュニケーションによる飲料の味覚変化と回路構成
(左：利用手法 右：利用時の回路構成)

電気を食べるインタフェースを2人で利用する場合には、各々が回路の陽極と陰極を別々に持った状態で、金属など導電体でできた食器具を用いて一方が他方に食べさせることで、食べた側に電気味覚を付与した食料を味わわせることができる。このとき、回路は電極を持った各々の体と食器具の間で形成される。この場合、食べさせた時には味が変化した状態となり、変化の On/Off は、互いが電極に接触しているか否かで行うことができる。そして、例えば食卓の一部に電極を設置したり、指輪などの装着物に電極を設置できる部分を設けることで、電極そのものを持たなくても、触れたり装着したりした状態で電気回路を形成できる (図6)。

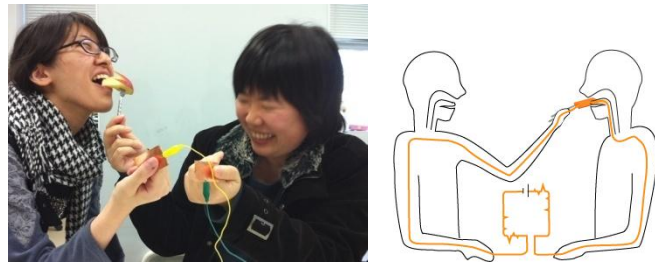


図6 コミュニケーションによる食料の味覚変化と回路構成
(左：利用手法 右：利用時の回路)

5. デモンストレーション

提案したシステムのうち、電気を飲むインタフェースは2010年11月に開催されたMTM06 (Make: Tokyo Meeting06) および12月に開催されたWISS2010 (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)にてデモンストレーションを行い、800人以上が電気を付加された飲料の味を体験した(図7)。また4章で述べたコミュニケーションへの応用としての使用法についても同時に説明し、希望者には体験を行わせた。体験者からは、「手をつなぐだけで味が変化するので面白い」「電流が走るとはこういうことか」などの感想が得られた(図8)。

また、コミュニケーションへの応用としての使用法は、双方のストローを口に含んで飲むことが行いにくい幼児などに用いる際にも有効であった。保護者と一緒に飲んでもらう事で、安定して電気味覚を提示できると共に、親子でのコミュニケーションにも用いることができることが示唆された。



図7 WISS 及び MTM06 でのデモンストレーション風景



図8 コミュニケーションによる飲料の味覚変化の実践

6. 関連研究

電気味覚を活用した研究および装置はこれまでも提案されている。電気味覚計¹⁹⁾は、電気味覚を用いて舌の様々な点が機能しているかを検査する、簡易な味覚検査のひとつとして用いられている。また、Wicab社が開発したBrainPort²⁰⁾は、カメラなど

の映像装置からの情報を電気刺激に変換し、マトリクス状に配置された電極を用いて舌面上に出力することで、舌で見る行為を代替できる物として提案されている。視力を失った人への視覚提示装置としての導入が図られているほか、医療分野への応用も試されている¹⁸⁾。その他にも、電気刺激は各種感覚を作用させるものとして活用されている。梶本らによる SmartTouch²¹⁾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。同じく TeslaTouch²²⁾も、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ものである。また長嶋は、電気刺激フィードバック装置を開発し、音楽パフォーマンスへの応用を図っている²³⁾。

2章でも述べたように味覚は単体の刺激だけでなく、視覚や嗅覚からの刺激にも影響される。この特性を生かし、HCI分野では視覚や嗅覚で擬似的に味覚を変化させる研究が行われている。鳴海らが提案する Meta cookie²⁴⁾では、マーカーの印刻されたクッキーに重畳された拡張現実感による視覚情報と香りを用いて、クッキーの味を擬似的に変化させている。また、飲料の味を変化させる装置²⁵⁾では、LEDによる色の提示で、飲料の味の変化を感じさせている。対して直接的な味の変化を行う研究としては、Maynes-Aminzade による Edible Bits²⁶⁾が挙げられる。この研究では数種類の用意された科学物質を提示し、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などが提案されている。

広く飲食行為としてその充実を支援するものとしては、食感を提示する装置も開発されている。橋本らによる SUI (Straw User Interface)²⁷⁾では、吸飲時の振動と音を記録し、装置を用いて提示することで、様々な飲食物を吸飲した際の感覚を提示することができる。山岡らの提案する Tag Candy²⁸⁾も、振動と音を用いて、キャンディに炭酸飲料のような刺激を与えたり、花火の振動などを味わったりすることができる。咀嚼感に注目したものでは、岩田らによる食品の食感を提示する提案²⁹⁾がある。このシステムは、食品ごとの咬合力を記録し、装置を用いて記録道理の圧力値となるよう制御することで食感を提示する。その他にも、飲食時に食べ物をより美味しく感じさせる、付加的な情報を与える装置として、森らの Dining Presenter³⁰⁾では、食事を盛り付ける皿に食べ物の色を際立たせるための補色を投影したり食事に関する付加情報を投影したりことで飲食行為を支援している。

遠隔地のコミュニケーションを支援する研究では、先に挙げた Lover's Cup²⁾があげられる。これは飲み物を飲むコップに振動子や LED を装着し、コップを持つ・飲むなどの行為を相手側に伝えるだけでなく、同時に飲んだ際には共鳴した動作をするなどの機能を持っている。その他にも、飲食行為ではないが、恋人同士の動作を伝える Inphase³¹⁾や、遠隔地で他方が回転させたローラーの動きをつたえる Intouch³²⁾、接吻行為を伝えるインタフェース³⁾などが提案されている。

近距離の接触行為によるコミュニケーション活用デバイスとしては、馬場らによる

Freqtric drums³⁾や Hye らによる Tongue music⁴⁾があげられる。Freqtric drums では皮膚の接触到皮膚電位の変動をもちい、音を鳴らすことができる。Tongue music では、舌面上に設置した磁石の磁場をセンサで計測できる状態でディープキスを行い、互いの舌の動きを元に音響を生成する。

7. 終わりに

相手に触れたり、食べさせたりしながら食事を楽しむことは、それだけでもコミュニケーションとして我々に喜びを与えるだろう。本稿の提案は、それらの行為が調味料のように飲食物の味を変化させることで、それ自体でもコミュニケーションの意味をもつ行為を、さらに向上させると考えられる。例えば Werner の United-Pulse³³⁾で得られるような相手の心拍を提示する電気刺激の生成に活用することで、互いの状態を伝達しあい共有する提案を行うことも視野に入れることができるだろう。

上記のような食卓での行為は、おいしさの構造のうち、おいしさを作り出す食事環境に分類されると考えられる。これと連動する味の変化を導入することによって、味(味覚)に対してもアプローチを行うことも可能である。

味覚器の精度や数が人間より優れた動物は存在する。たとえばナマズの一種は、別名を泳ぐ舌といわれるように、体表面全体が味覚器で構成され、高度に分化発達した味覚をもっている。そして、索餌行動から摂食までの工程で味覚器を活用する³⁴⁾。それに対し人間の味覚器は、口内のみ分布し、その精度もナマズには劣る。五感における優位性も視覚に劣るが、乳幼児が実世界を視覚や触覚よりも先に認識するのが口内であることなどから、人間にとっての口および味覚もさまざまな装置による支援により、その能力を増強・拡張することができると考えられる。

日常のコミュニケーションが飲食物への不可逆的な味覚変化を誘起する本稿の提案が、味覚を拡張した新たな飲食コミュニケーションとして定着することを、著者らは強く望んでいる。

謝辞 本研究は、独立行政法人情報処理推進機構 (IPA)、未踏ソフトウェア創造事業における採択の支援により行っている。

参考文献

- 1) Lisa Miller, Pal Rozin, Alan Page Fiske. Food sharing and feeding another person suggest intimacy; two studies of American College students. *European Journal of Social Psychology*, Vol.28 No.3, pp.423-436, 1998.
- 2) Hyeamin Chia-Hsun, Jackie Lee, Ted Selker. Lover's Cups: Drinking interfaces as new communication channels. *Ext. Abstracts CHI 2006*, ACM Press, 375-480, 2006.

- 3) 高橋寛裕, 國安裕生, 佐藤未知, 福嶋政期, 古川正紘, 橋本悠希, 梶本裕之. 口腔における双方向コミュニケーションデバイスの開発, エンタテインメントコンピューティング 2010, 2010.
- 4) Tetsuaki Baba, Taketoshi Ushiyama, Kiyoshi Tomimatsu, Freqtric drums: a musical instrument that uses skin contact as an interface, Proceedings of the 7th international conference on New interfaces for musical expression, June 06-10, pp.386-387, 2007.
- 5) Hye Yeon Nam, Carl DiSalvo: Tongue Music: The Sound of a Kiss, Ext. Abstracts CHI 2010, ACM Press, pp.4805-4808, 2010.
- 6) 中村裕美. 飲食物+電気味覚, Make:Tokyo Meeting 06, 東京工業大学, Oct.22-23, 2010.
- 7) 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.
- 8) 佐藤昌康. 味覚の生理学, p1, 朝倉書店, 1991.
- 9) 山本隆. 脳と味覚-おいしく味わう脳のしくみ, p48, 共立出版, 1996.
- 10) 山本隆. 前掲書, p.54.
- 11) 山本隆. 前掲書, pp.38-43.
- 12) 都甲潔. 味覚センサ, p12-13, 朝倉書店, 1993.
- 13) 山本隆. 前掲書, pp.22-23.
- 14) 都甲潔. 感性バイオセンサ -味覚と嗅覚の科学-, p34-35, 朝倉書店, 2001
- 15) 都甲潔. 前掲書, pp.41-42.
- 16) 佐藤 昌彦, 味覚の科学, pp183 - 189, 朝倉書店, 1997.
- 17) 栗原堅三, 味覚, pp105-107, 東京大学出版会, 1978.
- 18) J.Vazquez-Buenos Aires, Y.Payan and J.Demongeot. Electro-stimulation of the tongue as a passive surgical guiding system, ICAR 03 Coimbra.IEEE Proceedings, pp.638-643, 2003.
- 19) リオン株式会社電気味覚計 TR-06
<http://www.rion.co.jp/asp/product/me/ProB.asp?pos=B16>
- 20) A.Arnoldussen, C.Nemke, R.Hogle and K.Skinner. BrainPort plasticity, balance and vision applications, Proceedings of the 9th International Conference on Low Vision, 2008.
- 21) 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.
- 22) Olivier Bau, Ivan Poupyrev, Ali Israr and Chris Harrison: TeslaTouch: Electro-vibration for Touch Surfaces.In Proceedings of UIST'10, 2010.
- 23) 長嶋洋一, 赤松正行, 照岡正樹. 電気刺激フィードバック装置の開発と音楽パフォーマンスへの応用, 情報処理学会研究報告 Vol2002. No.40, pp27-32, 2002.
- 24) 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.
- 25) 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.
- 26) Dan 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.
- 27) 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.
- 28) 山岡潤一, 木村孝基, 川鍋徹, 大嶋泰介, 中垣拳, 速水友里 (チーム・キメラ). Tag Candy, 国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト (IVRC), 日本科学未来館, Aug.24-25, 2010.
- 29) 上村尚弘, 森谷哲朗, 矢野博明, 岩田洋夫: 食感呈示装置の開発, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.8, No.4, pp.399-406, 2003.
- 30) Maki Mori, Kazutaka Kurihara, Koji Tsukada Itiro Siio, Dining Presenter: Augmented Reality system for a dining tabletop, Supplemental Proceedings of the 11th Ubicomp 2009, pp. 168 - 169, 2009.
- 31) Hitomi Tsujita, Koji Tsukada, Itiro Siio, InPhase: A Communication System Focused on Happy Coincidences of Daily Behavior, CHI 2009, pp.3401-3406, In Proceedings of the 27th international Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Boston, USA, April 4-9, 2009.
- 32) Scott Brave, Andrew Dahley. inTouch: A medium for haptic interpersonal communication. Ext.Abstracts CHI 1997, pp. 363-364, 1997.
- 33) Julia Werner, Reco Wettach, Ever Hornecker. United-Pulse: feeling your partner's pulse: In Proc. MobileHCI, pp.535-538, 2008.
- 34) 大須賀謙二, 丸井隆之. 魚類の味覚受容, 日本味と匂学会誌 10(1), 29-42, 2003-04.