

電気味覚の応用による食メディア開発

中村 裕美[†] 宮下 芳明^{†,‡}

[†] 明治大学大学院理工学研究科新領域創造専攻 〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1

[‡] 独立行政法人科学技術振興機構,CREST 〒214-8571 神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1

E-mail: ^{†,‡} {hiromink, homei}@meiji.ac.jp

あらまし 本稿は電気味覚による味質変化の食メディアへの応用について横断的に提案および考察を行ったものである。これまで電気味覚は直接呈示による味覚検査や他感覚の代替呈示で用いられていたが、本稿では飲食物に付加する手法を構築し、その上での電気味覚の活用法を提案している。さらに本稿では食における人間、科学、メディアの関わりについて議論をした上で、基盤となる飲食物への電気味覚付加装置の提案および呈示刺激における現在までの知見を述べ、その活用法について提案と考察を行う。そして、電気味覚による味質変化の食メディア応用が食および人間、科学、メディアに与える影響について議論し、現時点での成果を踏まえ今後の問題と方針について述べる。

キーワード 電気味覚, 食メディア

Application of Electric Taste to Media on Eating Activities

Hiromi NAKAMURA[†] and Homei MIYASHITA^{†,‡}

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

1-1-1 Higashi-Mita, Tama-ku, Kawasaki-city, Kanagawa, 214-8571 Japan

[‡] JST,CREST Higashi-Mita, Tama-ku, Kawasaki-city, Kanagawa, 214-8571 Japan

E-mail: ^{†,‡} {hiromink, homei}@meiji.ac.jp

Abstract In this paper, we described application of electric taste to media on eating activities. Previous research developed the method to use gustatory test and alternative sensation presentation system to attaching electrode directly. In contrast, our proposal use electric taste as seasoning and additive, so we developed electric taste output system through foods and drinks. In this paper, first we described about relation between food and human, science and media. Second, we proposed apparatuses to add electric taste and stimulus we can use these apparatuses as basis of my research. And we proposed and described several methods to utilize the system. Finally, we described about contribution of our research following eating activities and human, science and media.

Keyword Electric taste, Eating Activities

1. はじめに

電気味覚とは味覚器が電気刺激を受容した際に感じられる金属味、酸味、塩味などの味質変化である[1]。1754年に発見され、近年では簡易味覚検査、情報呈示手法に活用されているが、電気刺激を直接舌面に提示する手法での工学・生理学分野的応用に留まっている。

本研究では、この電気味覚を飲食分野に応用する手法について、これまでの著者の提案を紹介する。まず技術的基盤として飲食物を介して電気味覚を舌面に呈示する装置を説明し、飲食物へ付加する味質としての電気味覚について議論する。そして本装置が持つ電気回路の利用および電気味覚が持つ即時性、可逆性を利用した提案として、複数人での味質変化共同体験手法、提案装置を入出力に用いる複合感覚呈示手法について

提案を行う。また、電気味覚による味質変化を活用した電気味覚の配信手法と味覚器で感知可能な情報の拡張について述べる。最後に電気味覚の代替味覚としての利用法を展望として述べ、電気味覚による味質変化の食および人間、科学、メディアへの貢献について考察を行う。

2. 関連研究

2.1. 味の受容と構造

味覚は人間の場合主に口内、特に舌面上に多く存在する味覚器で受容・伝達される。飲食物に含まれる化学物質を細胞の口腔側が受容することで脱分極が起こり、そこで発生する電位が活動電位として基底側から味神経に伝達される。刺激の結果脳で処理される味の種類は様々だが、現在甘味・塩味・酸味・苦味・うま

味が基本味と定義され、化学物質と味細胞応答の関係の解明が進められている。都甲らは生体膜技術を活用し、舌面上の味覚器を模した機構で味覚呈示物質をセンシングする味覚センサを開発している[2].

またそれら味刺激が呈示されてから知覚されるまでの反応時間についても調査がなされており、刺激濃度、刺激強度、刺激面積が大きくなると反応時間が減少することが明らかになっている。生物が忌避するとされる苦味、酸味などにおいては、人間を含む数種の生物ではそこから得られる薬理的効果などを学習した結果、嗜好し積極的に摂取するようになる場合があることが明らかとなっている[3].

2.2. 電気味覚の発生原理と活用

電気味覚とは味覚器に電気刺激が与えられた際に感じられる金属味、酸味、塩味などの味質変化であり[1], 1754年に Sulzer によって発見された。味質は実験者により表現の差異があるが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のような味との報告も存在する[4]。また陰極側に比べ陽極側のほうが強く味を感じ、直流陽極刺激では触覚とは明らかに異なる金属味や酸味などが感じられると報告されている[1]。電気刺激による味覚を伝達する鼓索神経の応答は、陽極刺激が与えられた際および陰極刺激を切る際に大きな応答が現れるとされている。またその応答は急こう配の電流変化に対して大きい[4]。呈示から知覚までの反応時間は山本が電気味覚計を用いた味識別反応時間を報告しており、 $4.2\ \mu\text{A}\sim 406\ \mu\text{A}$ の直流通電を1.5s 与えたとき化学刺激の場合と同じような反応時間の推移が起ることを確認している。

電気味覚は50年ほど前から検査用途として用いられ[5]、電気味覚計も開発された[6]。味溶液を用いた味覚検査に比べ定量的に計測でき、検査時間も短縮できるが、味質の種類に制限があるため簡易味覚検査として普及している。それに伴い電気味覚そのものの味質や閾値も詳細な調査が行われており、日本人を対象とした富山らの調査では、年齢上昇による閾値の上昇、左右差・性別差・喫煙歴・義歯・金属冠による閾値変化に有意差がないこと、味質として基本味すべてが上がったものの、金属味について塩味を感じる人が多いことを報告している[7].

また、電気味覚は味覚検査の他に視覚刺激を電気刺激に変換し舌面に呈示する機構などに用いられている。実例としては Tongue Display[8]やその技術を改良して作られた Wicab 社の BrainPort[9]があげられる。前者の Tongue Display の報告では $0.4\sim 2.0\text{mA}$ 程度の電流量の刺激呈示で簡単な形状が把握できることが述べられており、医療分野での情報提示用途に向けた提案も行われている[10].

2.3. 口・舌を用いた入力手法

舌の可動性を活用した情報入力手法も多く、例えば口内に入力キーを設置する Tongue Touch Keypad[11], Trackpoint を活用した入力装置[12]などが提案されている。その他にも舌に装着した磁石から発生する磁気を、口付近に設置した磁気センサで検出する手法[13], ウェブカメラ画像を用いたテキスト入力として、舌の動きをモールス信号にマッピングするとともに視覚フィードバックを加える手法[14]など様々である。

3. 電気味覚付加装置

本章では電気味覚を用いた食メディア開発の基盤となる、電気味覚付加装置について述べる。本装置は飲食物と口内を含んだ回路を生成し、飲食物を介し電気味覚を呈示できる機構を持つ。ここでは飲料、食料ごとに開発した装置について紹介する。

3.1. 飲料用付加装置

飲料用付加装置は、飲料を入れる容器、電気刺激生成回路、電気刺激を飲料に付加するストローからなる。両極からの刺激を口内に呈示する際は2つに分割した容器と陰極・陽極それぞれに接続された2本のストローを用いる。各極に接続されたストローは分割された飲料容器に1本ずつ挿入され、使用者は2本のストローから両容器内の飲料を飲むことで電気味覚の付加された飲料を味わえる(図1左)。飲んだときだけ回路が閉じ電気味覚が呈示されるが、現在本装置はスイッチも有しており、飲みながらスイッチを押すと通電する。

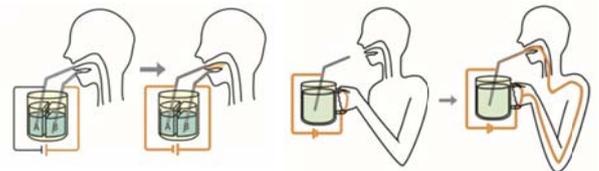


図1 飲料用付加装置の回路構成(左:両極用 右:一極用)

一極のみ口内に呈示する回路構成では、人体を回路の一部として利用する。こちらは分割されていない飲料容器、一方の電極を接続するストロー、皮膚表面に接触させるもう一方の電極(装置では取手部分に貼付け)を用いる(図1右)。皮膚表面に電極が接触した状態で電極に接続されたストローから飲料を飲むと、電気味覚が付加される。また回路に変抵抗を有しており、手元での出力強度調整が行える。

3.2. 食料用付加装置

食料用付加装置は食料に電気味覚を付加させる金属食器と電気刺激生成回路で構成される。両極からの刺激を口内に呈示する際は、フォークなどの呈示用金属食器2本にそれぞれ陽極、陰極を接続し、それを食料に刺して食べる。この装置では電気刺激が出力され、かつ食料に食器が挿入された時点で通電は起こってい

る。しかしその状態で舌が食材に触れると、導電率の差により電気刺激が舌と食材双方に伝達されると考えられる(図2左)。

一極呈示用の回路構成は飲料用付加装置と同様回路の一部に人体を用いている。一方の電極には金属食器を、一方の電極には皮膚表面接触用の電極を接続する。皮膚表面に接触する電極は食ベテルミン[15]と同様に食器表面に絶縁部を設け電極を接着させているため、食器を持つ動作のみで回路を構成できる(図2右)。

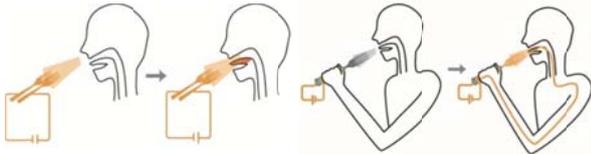


図2 食料用付加装置の回路構成(左:両極用 右:一極用)

3.3. 呈示可能刺激とその味質

提案した装置群で利用可能な電気刺激は、現在予備調査で確認できた限りで直流刺激、PWM 刺激、交流波形刺激となっている。直流刺激は9V電池を複数個用いており、一定の味質の変化を呈示する。リレー回路を用いたPWM制御では直流回路の途中にリレーを挿入し、ON/OFFの制御で刺激を制御するが、波形刺激では音声出力された波形信号を10W程度のアンプで増幅する。この制御で周波数変化や波形変化などによるバリエーションを追加することが可能である。

現時点で個人差はあるが苦味の強さや食感の変化が感じられるという知見が得られており、今後の細部調査で、刺激と味質の関係についてより詳細に明らかにしていく予定である。

3.4. 安全面について

本研究のすべての提案は、人体に電気刺激を呈示するため安全面への考慮が必要である。本研究では先に提案した装置とその活用法や実験で、先行研究から得られた知見を元に安全面にも配慮している。

まず口内呈示用の電極部は、先行研究の報告で有害物質の発生防止に有効と報告されている金、銀、白金のうち銀を選び、銀食器または銀製の棒を用いている。

呈示刺激の出力強度は先行研究によって異なり、Tongue Display[8]では0.4~2.0mA、電気味覚計[6]では4~400 μ Aとされている。電気味覚計は閾値近辺の値で計測し細胞が活動しているか確認する装置なので、本研究では体験者が確実に感知できる0.4~2.0mA程度を参考とした。本提案や実験で呈示される電流量は1.8mA以下で、人体に与える電流量として痙攣など危険な状態を引き起こす5.0mAおよび先行研究より低い刺激である。そして実験などでは被験者が確実に感知出来る刺激量に設定したが、実使用では呈示する電流量をさらに小さい値に設定しても用いることができる。

また、本研究での実験では被験者に事前に何らかの疾患、特に心臓疾患および妊娠の可能性がないか調査し、双方で問題ない被験者に同意を得て行っている。なお本研究内に含まれる実験に対して「明治大学工学部遺伝子組み換え実験に関する安全及びヒトを対象とした実験研究に関する倫理委員会」への申請を行い、承認を得ている。

4. 電気味覚付加装置の食メディアへの活用

4.1. 電気味覚配信

4.1.1. 電気味覚配信について

現在YouTubeやPodcastなどネットワーク上に音楽や動画素材をアップロードし、不特定多数のユーザと共有する機構が充実している。共有されたデータのうち波形信号で構成されたものは電気味覚呈示として用いることができる。そのため、ネットワーク上にある聴覚刺激を含む素材はすべて電気味覚呈示データとして活用できる。加えて呈示刺激を音響情報として共有すれば、不特定多数のユーザに電気味覚レシピともいえる味覚データを配信することも可能だと考えられる。

4.1.2. 電気味覚配信手法

電気味覚配信は、主に音素材の製作とアップロード、そして個人が所有する増幅器での再生からなる。作成者は作成した音素材を動画・音楽配信または共有サイトにアップロードし、一方でユーザは該当素材をダウンロードし再生する。再生時は配信での出力刺激の強度では電気味覚を引き起こすには不足しているため、増幅器を用いる。電気味覚専用の編集・配信機構の作成は難しくないが、呈示波形刺激は既存の音楽・波形編集ソフトで作成可能である。また配信においても現在主流となっている動画・音楽配信サイトを用いることで、これまで共有された波形刺激を活用できる。

4.1.3. 電気味覚配信におけるレシピ

既存の波形信号を含むデータおよび電気味覚配信で共有できる電気味覚呈示データは、電気味覚におけるレシピともいえる。レシピはこれまで文書と画像情報で調理手法によって記述されていたが、本提案ではレシピは味質の変化そのものを波形信号として記述している。よって個人の味の嗜好および味覚の差、増幅器の若干の能力差を除けば、味に対する情報を直接的に伝達できるといえる。

電気味覚レシピは既存のレシピと同じく配信されたレシピの改良も可能である。また配信者によって推薦された食材以外で試すことがユーザに委ねられる点は調味料に近いと考えられる。何より、ネットワーク上に存在するあまねく波形情報を活用でき、既存の楽曲を電気味覚レシピとして用いた際の感想の共有がすでにレシピの共有に準じた行為となる点が、新規だといえる。

4.2. 電気味覚の共同体験

4.2.1. 複数人での飲食行為

食事を行う環境では、調理者と飲食者間の交流もさることながら複数の飲食者間のインタラクションも重要といえる。他者との食事は、会話をはじめとして一人での食事とは異なるインタラクションを持っている。特に、一緒に同じ物を食べる、相手に与える行為は、両者の親密さをより増加させるものといえる。Miller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り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[16]。また Chungらは飲む行動を伝達、共有する Lover's Cup[17]を提案し、遠距離でのコミュニケーションや親密さの増強を支援している。

電気味覚付加装置では、人体を回路に用いる手法についても提案してきた。そして回路に用いる人体が複数でも動作することも確認している。本節では複数人で手をつなぐ、食べさせるといった行為に伴い味質が変化する手法を提案する。

4.2.2. 提案手法

ここでは相手への接触や食べさせる行為を味質の変化に用いる手法として、両極を口内に呈示する飲料用付加装置の複数人での使用手法と食料用付加装置を用いない形での複数人での使用手法について述べる。

両極を口内に呈示する飲料用インタフェースを2人で用いる場合、2人がそれぞれ1本のストローから飲料を飲み、その間に手をつなぐ、相手の皮膚に触れる動作を行うと両者の体も含んだ形で回路が構成される(図3左)。そして両者同時に電気味覚の付加された飲料を飲むことが可能である。



図3 複数人使用法時の回路構成(左:飲料用 右:食料用)

食料の場合提案した装置を用いずに味質の変化を与えることができる。2人が異なる電極を持った状態で片方が金属食器を持ち、他方に食べさせる(図3右)。この動作で回路が構成され、食べさせられた側は電気味覚の付加された食料を味わえる。電極を皿などの食器や食卓に付属させればさまざまな食事環境に合わせた使用ができるものと考えられる。

4.3. 電気味覚による味覚拡張

4.3.1. 電気味覚による味覚拡張とは

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。それらには機能的限界が存在し、適刺激や閾値がある。センシング技術の発展で我々は

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ほか、感覚受容器の機能の一部または全部を欠損した際に、不具合を覚えることもある。

ところでこれまで感覚受容器の閾値外にある情報を取得・補完するために様々な装置・手法が提案されてきた。これらは手法と目的に応じ大まかに3つに分けられると考えられる。

1つ目は別の器官での代替であり、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例としてあげられる。2つ目は元からある機能の増幅で、眼鏡のように機能を一定水準まで向上させる補強の意味を持つもの、虫眼鏡のように一定水準にある機能をさらに増強させるものに分類される。3つ目は本来感覚器が受容不可能なものを受容可能にする拡張である。本来不可視であるX線や赤外光を見るための特殊なカメラや、仮想世界の情報を実世界と関連付け空間情報を補う拡張現実感技術などがあげられる。

Edible User Interface[18]や BrainPort[9]では、化学物質の組み合わせの提示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“視る”代替的な手法の提案が行われている。またわれわれは幼児期に「実世界知覚」用途で口および舌を使っているとの指摘もある[19][20]。これらは厳密に言えば温度、触覚などの味覚以外の情報も含んでいるが、口内をより多様な知覚に用いていたことに変わりはない。そこで本研究では、外部からの刺激を各種センサで検出し、電気味覚に置き換える手法を用いて、味覚機能の拡張を行う。

4.3.2. 提案手法

提案手法は外部の情報を検知するセンシング部、センシング部の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呈示する出力部からなる。

外部から得たい情報にあわせたセンサを用い、そこから検知された情報を数値情報として処理部に送信する。処理部では、センサから検知された値を電気味覚の出力強度や出力パターンに置き換える。現時点でパルス呈示においては、おおよそ 10ms より低速での ON/OFF 制御で味覚器に点滅に類似した感覚を呈示できることが確認されている。

4.3.3. 電気味覚による味覚拡張の例と問題点

味覚器が弁別できる味の差異には限界があり、微量に含まれた混入物やわずかな濃度の違いを弁別できない場合もある。しかし pH センサによる入力を電気味覚に置き換え提示すれば、通常弁別できない飲食物の味の違いを弁別することも可能となる。

また、味覚器で受容可能である物質の種類を拡張することもできる。例えば大気中の二酸化炭素濃度を検

出すセンサを口元に装着して、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呈示すると、われわれは呼気と吸気の違いも味として感じるができると考えられる。また、音楽を味わうことも可能となる点では、他感覚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。

ここで問題となるのが味覚の「慣れ」である。ある味質の食材を継続的に摂取すると、その味に対する慣れが生じることがある。そして電気味覚でも同等の慣れが起こることが懸念される。このような慣れが生じると意図通りの呈示は行えないため、慣れによる電気味覚の感知状態の変化を調査し、出力部に反映させていく必要があると考えられる。

4.4. 付加装置の入出力利用と複合感覚呈示

4.4.1. 付加装置の入出力装置としての利用

電気味覚付加装置は味質の出力を主な用途として回路を構成している。しかし実際に装置を用いて飲食した時、回路内の抵抗値や通電状態の変化が起こる。これは飲食行為の検知であり、同時に本装置は飲食行為の入力にも用いることができるといえる。この検知・入力手法はカメラなど付随する認識機構を必要とせず、検出機構も非常に簡便だと考えられる。

電気味覚は、閾値以上の電気刺激を受けた際に感じられる。そのため、閾値以下の電気刺激を呈示した状態では、通電状態や抵抗値の変化のみを検知できる。もちろん閾値以上の電気刺激を与えれば、味質の変化を呈示できるため、味覚呈示としては入力・出力装置単体としても、入出力装置としても使用可能である。ここでは、入出力装置としての活用について、映像鑑賞時の味覚呈示を例に説明する。

4.4.2. 提案手法

提案手法での入出力活用例として、まず出力装置としての活用法があげられる。例えば映像内の役者が行った飲食行為に合わせ鑑賞者側の飲食物の味を変化させる際は、対象シーンのみ電気味覚付加装置に電気刺激を出力するよう設定する。すると通常のシーンでは味質の変化はなく、役者も鑑賞者も飲食した場合のみ、鑑賞者が飲食物の味質の変化を感じられる。

次にあげられるのが入力装置としての活用法である。例えば映像内の役者と同時に飲食をした時のみ映像を切り替えたい場合、閾値以下の電気刺激を定常的に呈示しておき、対象のシーンでの飲食行為があるか検知する。通常のシーンで飲食をしても映像に変化はないが、役者の飲食シーンで鑑賞者も飲食した場合のみ、映像側が変化する。これは特定シーンでの連動のほか、鑑賞者の一定時間内の飲食回数に合わせ映像の展開を変えるインタラクティブムービーやゲームの作成にも活用できる。

最後は入出力装置としての活用法で、映像・味質の双方を変化させる。閾値以上の刺激を呈示したり、検知してから閾値以上の刺激に切り替えたりする設定によって映像と味質の変化を同時に提示できる。

実験[21]から、本装置での電気味覚刺激の呈示から知覚までのレイテンシは、先行研究でのレイテンシと大きな差が無いことが示唆された。そして視覚刺激と電気味覚刺激を同じタイミングで呈示した場合、ほぼすべての被験者で電気味覚刺激のほうが後に知覚されることが示唆された。

上記のことから常にレイテンシを考慮し補正を行う必要はないと考えられる。実験で得られたレイテンシ差は、電気味覚刺激そのものでは通常味覚呈示での反応時間との差は少ない。そのためリアリティを追及したりする場合には補正は必須ではなく、電気味覚刺激を視覚刺激よりわずかに前に呈示するといったような非現実的な呈示の際のみ、本実験から得られた知見を用いて調整を行えばよいと考えられる。

5. 電気味覚の今後の可能性

電気味覚は味質評価実験によると、金属味、酸味、塩味などが主に感じられ、一定以上の電気刺激が与えられると痛みのような刺激を有するとされている[1]。著者らのこれまでのデモンストレーションの中でも、「ぴりぴりとしたような感覚がある」「すっぱい感じがする」「電池をなめたときの感覚に似ているときがある」という意見があることから、飲食物に付加した際も電気味覚特有の味はある程度感じられると考えられる。

しかし、著者らが試行した数十種の食材と電圧を変化させた電気味覚の組み合わせの調査では、飲食物に付加したとき特有と考えられるコメントも得られている。例えば酸味や塩味の強いものや苦味のある食材との組み合わせに対して「食材の味が強まったように感じる」という意見を得ている。また、食材の質感により電気味覚を既存の調味料のように受け止められる可能性も示唆されてきた。

そこで著者らは電気味覚を飲食物に付加した場合、直接電極を呈示した場合とは異なった効果も得られるのではないかという仮説を立てている。そして、もしその仮説が正しければ、電気味覚は新たな調味料として用いられるだけでなく、既存の調味料や味呈示物質の代替として活用できることとなる。

電気味覚は味質のみが変化し、栄養価を持たない。そのため、電気味覚による味質変化を他の調味料や味付けと錯覚できれば、味のクオリティを確保したまま栄養過多を防ぐ、逆に一定の栄養がある食材に対し味のバリエーションのみを増やす手法で用いることができる。そのため、健康維持や食料不足時での食の精神的豊かさに貢献できると考えられる。

6. 総合考察

6.1. 電気味覚の食と科学への貢献

電気味覚は電気刺激の呈示タイミングや刺激パターン、強度を即時的かつ可逆的な味の変化として活用できる。そのため工学分野で培われた知見を人体呈示範囲内で広く応用できる。音響処理分野で培われた波形編集における知見も、味のバリエーションに大きく影響するものと考えられる。

また情報科学分野で提案されている他感覚提示を用いた食への情報重畳技術と併用することで、より豊かな食の表現を行うことができる。

6.2. 電気味覚の食と人間への貢献

電気味覚で呈示できる味質は現在限定されているものの、人間にとっての生存のための食、精神的充足のための食に大きく貢献できると考えられる。

まず、生活習慣病への予防に活用できると考えている。電気味覚で味質の変化のみ呈示し、余分な栄養摂取を抑えられれば、飲食物のおいしさを損なわないまま健康に配慮することが出来る。また、食糧問題そのものを解決することはできないが、限られた食材での栄養的に十分な料理に対し味のバリエーションを加えて楽しむことができると考えられる。

調理法については、新たな調味料および制御手法を提案しているため、活用した新規な調理の手法などを提案できると考えられる。これまでのユーザの使い方では、臭みを消すような用途や好みでない食材への味のマスクとした例も見受けられている。

6.3. 電気味覚の食メディアに対する貢献

著者らは電気味覚配信を新たなレシピの配信手法だと捉えている。文章記述によるレシピの伝達から、呈示味刺激そのもののレシピの伝達へとシフトしたことで、作者の意図した味をより直接的に伝えられるほか、食材との組み合わせを受け手側が試行錯誤する部分で、新たな組み合わせレシピが構築される可能性もあると考えられる。また、これまでの料理の調理法にはない味の編集手法がとられているため、料理そのもののスキルだけでなく、波形編集技術や電氣的知識を持った新たな層が料理に切り込める糸口にもなると考えられる。

文 献

- [1] 佐藤昌彦, 味覚の科学, pp.183 - 189, 朝倉書店, 東京, 1997.
- [2] 都甲潔, 味覚センサ, pp.43-49, 朝倉書店, 東京, 1993.
- [3] 都甲潔, 前掲書, pp.41-42.
- [4] 栗原堅三, 味覚, pp.105-107, 東京大学出版会, 東京, 1978.
- [5] 富田寛, “第Ⅶ部 味覚”, 感覚知覚ハンドブック, pp.1521, 誠信書房, 東京, 1994.
- [6] 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>
- [7] 富山紘彦, 富田寛, 奥田雪雄, “電気味覚の正常値”, 日本耳鼻咽喉科学会会報, Vol.74, pp.58-65, aug.1971.
- [8] Bach-y-Rita, P., Kaczmarek, K.A., Tyler, M.E. and Garcia-Lara, J.: “Form perception with a 49-point electrotactile stimulus array on the tongue”, J. Rehabilitation Research Development, 35, pp.427-430, 1998.
- [9] Arnoldussen, A., Nemke, C., Hogle, A.R., and Skinner, K.: “BrainPort plasticity, balance and vision applications”, Proceedings of the 9th International Conference on Low Vision, 2008.
- [10] Vazquez-Buenos Aires, J O., Payan, Y. and Demongeot, J.: “Electro-stimulation of the tongue as a passive surgical guiding system”. In: de Almeida AT, Nunes U, editors. ICAR 03 Coimbra. Piscata-way: IEEE Proceedings. pp. 638–643, 2003.
- [11] Tongue Touch Keypad
<http://www.newabilities.com/>
- [12] Salem, C. and Zhai, S.: “An isometric tongue pointing device”. Proceedings of CHI'97, pp.538-539, 1997.
- [13] Huo, X. and Ghovanloo, M.: “Using unconstrained tongue motion as an alternative control mechanism for wheeled mobility”, IEEE Trans. Biomed.Eng. 56, no.6, pp.1719-1726, 2009.
- [14] Sapaico, L.R., Nakajima, M., Sato, M.: “Morse code-based Text Entry using Tongue Gestures”, Proc. of NICOGRAPH International Conference2011, 2011.
- [15] 中森玲奈, 塚田浩二, 椎尾一郎, “食ベテルミン”, インタラクション 2011 予稿集, pp.367-370 (2011).
- [16] 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.
- [17] Chung, H. Lee, C.J., and Selker, T.: “Lover's Cups: Drinking interfaces as new communication channels”. Ext. Abstracts CHI 2006, ACM Press, pp. 375-480, 2006.
- [18] D.Maynes-Aminzade: “Edible Bits: Seamless Interfaces between People, Data and Food”, In Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'05) - Extended Abstracts, pp. 2207-2210, 2005.
- [19] Lev Semyonovich Vygotsky, 人間行動の発達過程, pp.129-130, 明治図書出版, 東京, 1987.
- [20] 小口忠彦, 人間の発達過程, pp.33-34, 明治図書出版, 東京, 1983.
- [21] 中村裕美, 宮下芳明: “電気味覚による味覚変化と視覚コンテンツの連動”, 情報処理学会論文誌, Vol.53, No.3 (採録決定), 2012.