

映像鑑賞と飲食行為の連動

中村 裕美[†] 宮下 芳明^{†,‡}

本研究では、映像鑑賞と飲食行為を連動させる手法を提案する。これまで筆者らは電気味覚を飲食物に付加する装置を味の出力装置として提案してきた。今回我々は電気味覚付加装置を新たに入力装置として用いる手法を提案し、飲む、食べる行動を検出する手法を提案する。この手法によって、飲食に合わせて映像を変化させたり、あるいは味質を変化させたりといった様々なインタラクションを実現することができる。本研究ではさらに、味覚の知覚レイテンシと視覚のレイテンシを計測し、提案手法でのタイミング調節について考察を行う。

Viewing synchronized with Eating

HIROMI NAKAMURA[†] HOMEI MIYASHITA^{†,‡}

We propose a way to synchronize viewing and eating (and drinking), and a way to develop interactive visual-gustatory contents. Although we have developed some apparatuses to output electric taste in the past, we noticed that those apparatuses can also be used as detectors of eating and drinking. In this manner, it is possible to change visual content when the user eats or drinks something using these apparatuses, and also it is possible to change the taste simultaneously. In this paper we conducted an experiment to measure the latency from presentation to perception using visual stimulus and electric taste stimulus, and we discussed the time adjustment in visual-gustatory interaction.

1. はじめに

本研究では、映像鑑賞と飲食行為を連動させる手法を提案する。具体的には、映像に合わせた味質変化の提示と、食べ物を口に含んだり、飲み物を飲んだりした瞬間に映像や味質変化の提示を行い、映像鑑賞と飲食行為におけるインタラクションを実現する (図 1)。



図1 映像鑑賞と飲食行為の連動イメージ

飲食行為の検知には、筆者らがこれまでに提案した電気味覚を飲食物に付加する装置 (以下電気味覚付加装置) を活用する。

電気味覚とは、舌面に電気刺激を提示することによって感じられる味覚のことである。筆者らはこれまで電気味覚付加装置を味覚の出力手段として提案してきた¹⁾²⁾³⁾。本研究ではこの装置で飲食を行ったとき、抵抗値や通電状態が変化することに着目し、この変化を飲食行為の入力と捉え、電気味覚付加装置を飲食に対する入出力を兼ねる装置として用いる。

2章では本研究の背景について述べた上で、3章で提案手法について述べる。4章ではこれまで筆者らが提案してきた装置の入出力装置としての使用法について紹介する。5章では本研究に用いる入出力装置の基本的な駆動と知覚までのレイテンシを確認する実験について記述する。6章でその考察と今後の展望を述べ、7章で関連する研究を紹介する。

2. 背景

2.1 映像鑑賞と飲食行為

我々は娯楽の一環としても飲食を楽しむ。映画鑑賞時のドリンクやポップコーンなどの軽食は、映像を楽しみながらの飲食として一般的なものと考えられる。また映画館に限らず、友人と動画を楽しみながら菓子類をつまむなど、娯楽的行為に飲食行為が付随するこ

[†] 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

[‡] 独立行政法人科学技術振興機構, CREST
JST, CREST

ともある。

飲食物の「おいしさ」は飲食物の食感や見た目、食べたときの咀嚼・嚥下音、そして食事環境によって総合的にデザインされる⁴⁾。そのため一流の調理師による食材加工や盛り付け、レストランの内装など、付随する環境や情報に注意が払われることも少なくない。HCI 分野でも他感覚からの情報を用い擬似的に風味や食感を変える提案が多く見受けられる(7.2 節参照)。

しかし、映像鑑賞時の飲食行為は、現状では娯楽の一環としての役割こそ果たしているが、映像鑑賞と飲食行為が連動するまでには至っていない。映像中の役者と同時に飲み物を飲んでも、飲み物の味が変化することもなければ、映像中の役者がそれに気づき目配せをしてくるようなこともないだろう。逆に言えば、このような連動が起これば、映像鑑賞時の飲食行為は映像とインタラクションする役割も果たす事となる。

2.2 電気味覚付加装置の入力装置としての側面

電気味覚付加装置における電気刺激出力は、これまで味質を付加する目的、味覚の出力として行ってきた。前述のように、実際に電気刺激を出力した状態で飲食を行うと、抵抗値や通電状態が変化する。本研究ではこれを飲食行為の入力と捉える。カメラなどの付随する認識機構を用いずに行えるものであり、検出機構も非常に簡便なものであると考えられる。

電気味覚は、閾値以上の電気刺激に対して感じられるものである。そのため、閾値以下の電気刺激を提示した状態では、通電状態や抵抗値の変化のみを検知できる。そして閾値以上の電気刺激を与えれば、飲食中に味を変化させることも可能である。そのため、味覚においては入力・出力装置単体としても、入出力装置としても用いることができる。

3. 映像鑑賞と飲食行為を連動させる手法

提案手法によって可能となる映像鑑賞と飲食行為の連動の例については以下のようなものがあげられる。

3.1 映像に合わせた味質変化 (出力装置としての活用法)

映像の特定のシーンで飲食を行った際に、飲食物の味を変化させる手法である。この手法では電気味覚付加装置を出力装置として用いている。

たとえば映像の中の役者が飲食しているときだけ飲食物の味を変化させたいときには、そのシーンのみ電気味覚付加装置に電気刺激を付加するように設定する。すると通常のシーンでは味質の変化はなく、役者が飲食しているときに鑑賞者も飲食した場合のみ、鑑賞者は飲食物の味質の変化を感じることができる。

3.2 飲食に合わせた映像変化 (入力装置としての活用法)

この手法は飲食に伴った行動が入力された際に、鑑賞している映像に変化を与えるものである。この手法では電気味覚付加装置を入力装置として用いている。

たとえば映像の中の役者とともに飲食をしたときに、役者がこちらに目配せするような映像に切り替えるといったものである。この場合閾値以下の電気刺激を定期的に提示しておき、対象のシーンで飲食行為があるかを検知する。通常のシーンで飲食をしても映像に変化はないが、役者が飲食しているシーンで鑑賞者も飲食した場合のみ、映像側が変化する。

上記のような特定シーンでの連動のほか、鑑賞者が一定時間内に行った飲食時間を計測し、その度合に合わせて映像の展開を変化させるようなインタラクティブムービーの作成にも用いる事ができる。この場合、鑑賞者が何気なく行った飲食行為が映像の展開を変化させるため、何度も鑑賞できる作品を制作することもできる。

3.3 飲食に合わせた映像と味質の変化 (入出力装置としての活用法)

前節で取り上げた手法は、飲食行為の検知と映像変化のみに電気味覚付加装置を用いるものであったが、この装置を入出力装置として用いることもできるため、映像・味質の双方を変化させる。閾値以上の刺激を提示する、または検知してから閾値以上の刺激に切り替える設定を行えば、映像の変化と味質の変化を同時に提示できる。上に述べた役者との同時飲食時の味覚フィードバックになるとともに、飲食行為に応じて展開が変化するような作品の場合、変化を与える瞬間だけ味質の変化を提示することもできる。

4. 提案手法に用いる装置

本手法では、筆者らはこれまでに提案した電気味覚を飲食物に付加する装置¹⁾²⁾³⁾を入出力装置として用いる。この装置に通電や抵抗値を検知する回路を搭載することで、3 章で述べた映像鑑賞と飲食行為を連動させる手法の実装が可能となる。

4.1 電気味覚を飲料に付加する装置

飲料に付加した形で舌面に電気刺激を提示するには、飲料を含んだ電気回路を構築する必要がある。その構築手法として、両極を口内に提示するものと、人体も回路に含んで一極のみ提示するものを提案してきた。

両極を口内に提示する場合、飲料容器はふたつに分割し、それぞれにストローを挿す。そのストローの片方に陽極、もう片方に陰極を接続することで、両方か

ら飲料を飲んだときのみ電気味覚を付加できる。

一極を口内に提示する場合、飲料容器はひとつで済み、容器に刺したストローに陽極を、コップなどの表面上に陰極を配し、皮膚表面と飲料で回路を作成する。これら装置はスイッチや可変抵抗を有しており、味のOn/Offや強度調整が行える(図2)。

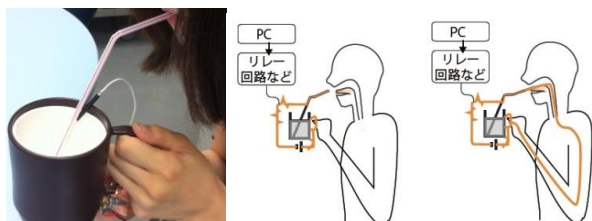


図2 飲料用電気味覚付加装置と回路構成(一極版)
(左: 装置概観 右: 通常時と飲食時の回路構成)

4.2 電気味覚を食料に付加する装置

食料を用いた場合も同じく食料を介して電気刺激を舌面に伝える必要がある。こちらも両極を提示するもの、一極のみ提示するものを提案してきた。

両極の場合は金属食器をふたつ使い、それぞれに陽極、陰極を接続した状態で食料を刺して食べる。食器と食料のみで回路が生成されるものの、舌面は唾液により通電が起りやすい状態であるため、舌面にも電気刺激が提示される。

一極の場合、飲料用装置と同様陽極を金属食器に、陰極を食器表面に配する。体内をとおり回路が生成されるように、食器の表面を絶縁加工した上で、陰極を設置している(図3)。

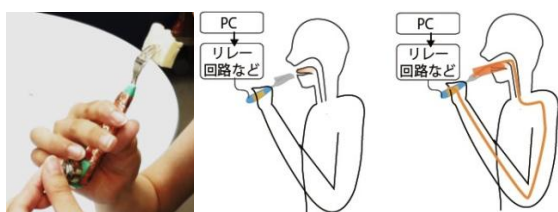


図3 食料用電気味覚付加装置と回路構成(一極版)
(左: 装置概観 右: 通常時と飲食時の回路構成)

5. 実験

味覚における提示から知覚までのレイテンシ、いわゆる味覚反応時間はこれまでの研究で明らかになっており、閾値近辺の刺激でない限りそのレイテンシは1ms以下であるとされている⁵⁾。電気味覚についても同様の報告がなされている⁶⁾。これらの実験は味覚および電気味覚の生理的解明のために行われている。そのため刺激強度に影響を与える提示面の大きさなどは

厳密に定められている。

一方、本研究で活用している装置は舌面への電気刺激提示に飲食物を介していることから、提示面を一定に保てない。そのことからこれまでの生理学的知見に依拠できず、提案装置を用いた場合のレイテンシがこれまでの知見に準ずることができるかを再確認する必要がある。またこの再確認は、提案装置を用いたアプリケーション構築においても指標となると考えられる。

先行の実験を踏襲する場合、異なる電流量の刺激を提示し比較実験を行う必要性も示唆されるほか、個人の閾値に合わせて調整を行う必要がある。本研究では確実に体験者全員が知覚できる電気刺激で提示したときに駆動可能かを調査するとともに、被験者全員が感知できる一定の電気刺激でその範囲内に収まる反応が見込めるかを対象としている。そのため、電気刺激の強さは1段階のみで行った。また、比較対象として視覚刺激の提示から知覚までのレイテンシも計測した。

5.1 実験手法

実験では電気味覚刺激として4.1章で述べた装置を用いた直流刺激による味質変化を、視覚刺激として液晶ディスプレイを用いた矩形の黒から赤への変化を用い、提示から知覚までのレイテンシを計測した。被験者には視覚、電気味覚ともに変化の概要を実験前に伝え、双方共に変化を感じたタイミングでスイッチを押すように教示した。

実験前には変化後の状態を把握させるために実験装置を用いて数回の予行練習を行わせた。電気味覚刺激を提示する飲料用装置は、飲料を飲んでいる間に電気味覚提示を行う必要があるため、提示前に飲料を飲むように指示し、飲料が飲まれていることを確認した上で刺激の提示を行っている。視覚刺激は、被験者と正対した位置に置かれたディスプレイに表示されている矩形の色が赤色に変化した際にスイッチを押すよう教示した。視覚刺激の変化と味覚刺激の変化それぞれを別に行い、試行回数はそれぞれ14回ずつとした。しかし、電気味覚刺激は被験者の飲料の飲み方によって味質の変化が感じられないという事例がまれに存在したため、提示してから明らかに感じられていない場合は試行回数に含めずに行っている。また、実験による被験者の慣れを踏まえ、視覚刺激、電気味覚刺激変化の試行順は被験者ごとにランダムとしている。

試料には電解質を多く含むポカリスエット(大塚製薬)を用いた。これは被験者が確実に電気味覚刺激を感知できるよう選出しているが、著者らのこれまでの調査から、提示する電気刺激の強度を調整すれば他の飲料でも電気味覚を知覚可能である。

被験者は9名（男性7名，女性2名），舌面に提示される電圧は0.3～0.5V，電流は1.8mA以下であり，すべての被験者がこの刺激を味覚として感知可能であることは実験前に確認している。

5.2 実験に際しての安全性について

本実験は人体に電気刺激を提示するため，安全面に対しては考慮が必要である．口内提示に使用する金属は，先行研究からの報告で有害物質の発生防止に有効であるとされている金，銀，白金の中から銀を選んでいる．飲料型・食料型ともに口内に提示される電極の素材は銀製の棒，またはフォークである．

また提示刺激は先行研究によって異なり，Tongue Display⁷⁾では0.4～2.0mA，電気味覚計⁸⁾では4～400 μ Aの出力とされている．しかし電気味覚計は閾値近辺での味覚刺激の感知の有無を計測するため，体験者が確実に感知できる0.4～2.0mA程度を参考とした．また，人体に与える電流量としても5mA以下なら痙攣などの危険な状態を引き起こすことはないとしている．本実験で人体に提示される電流量は1.8mA以下であり，上記の範囲内である．もちろん本実験で提示している電流量は被験者が確実に感知できるように配慮したものであり，実使用の際には提示される電流量を本実験以下にも設定できる．

被験者には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，双方において問題ない被験者の同意を得た上で行った．なお本研究内に含まれる実験に対して「明治大学理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．

5.3 結果

試行回数14回のうち，視覚・電気味覚ともに計測値の大きいもの，小さいものから各2回分を除いた上で，被験者ごとに各刺激の提示から知覚までのレイテンシ平均を求めた．(図4)．

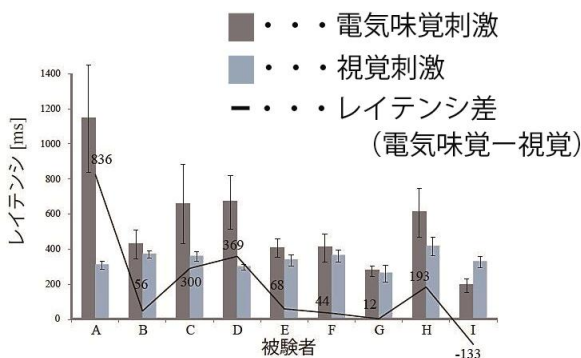


図4 視覚・味覚情報変化の提示から知覚までのレイテンシ平均

提示から知覚までの電気味覚のレイテンシは最短197ms，最長1149msであり，被験者Aの1名を除きすべて1s以内であった．また1名を除き視覚刺激に比べ電気味覚変化のレイテンシのほうが大きく，その差はその差は最短13ms，最長837msであった．

被験者Iは電気味覚のほうが134ms早く感じられる結果になっているものの，視覚刺激変化のレイテンシは他の被験者と比べても平均程度であり，視覚刺激変化への反応が極端に遅いことによる逆転現象ではないと考えられる．

6. 考察と展望

実験から，本研究で提案している装置を用いた場合でも，先行研究からの知見で得られている電気味覚刺激の提示から知覚までのレイテンシは大きな差がないことが示唆された．加えて，視覚刺激と電気味覚刺激の変化を同じタイミングで提示した場合，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うかがえる．

とはいえこのレイテンシに対し必ずしも補正を行わなければいけないわけではない．実験で得られたレイテンシ差は，視覚刺激との差に限って言えば通常味覚提示での反応時間との差がない．電気味覚刺激そのもので比較しても，被験者のうち1名に逆転がみられたのみであり，その逆転も補正を考慮するに至らないと考えられる．そのため現実世界を模倣したりリアリティを追及したりする場合には補正を行わなくても用いることができると考えられる．そのため，電気味覚刺激を視覚刺激よりわずかに前に提示するといったような非現実的な提示の際のみ，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．

また本研究ではこれまで味覚の出力装置として用いてきた電気味覚付加装置の入力装置としての使用法を提案し，映像鑑賞と飲食行為の連動を可能とした．飲食に伴う行動の入力装置としては簡便に検出が行える点，出力装置としては直接的な味覚提示も行える点，飲食の途中での可逆的な味覚提示が可能である点が優れているといえる．ただ飲食直前，そして装置使用後の行動を検知することは難しく，その点で一定の制限は課せられている．また，提示される味質の変化が金属味，酸味，塩味が強く，現段階では飲食物との食べ合わせや使用時のコンテキストなどを考慮し用いる必要がある．これらにおいては得られる体験に対する評価を行う必要も感じられる．

本研究による味質変化の提示は閾値以上の刺激のみ感じられる可逆的なもので，飲食物そのものへ大き

な変化を与えることなく直接の味質変化を提示できる。この点を活用したアプリケーションを今後も構築していくほか、評価の充実をはかることで、飲食行為における新たな味覚提示手法として普及させていきたい。

7. 関連研究

7.1 味覚および電気味覚とその活用

狭義での味覚は、味覚器で化学物質が受容されることによって起こる反応の伝達によって引き起こされる。これら研究は主に生理学分野で古くから検証が行われている。味細胞の口腔側が飲食物に含まれる化学的物質を受容し、そこから引き起こされる脱分極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ことにより味覚情報が発生するが、この反応は

- ・イオンが直接細胞内に流入して起こる脱分極
- ・舌面上に存在するタンパク質などと味物質とが反応を起こし、レセプタに結合しておこる脱分極
- ・味物質と舌面との界面電位による脱分極

によるものであるとされている⁴⁾。

電気味覚は、Sulzer によって 1754 年に発見され、その後 1752 年に Volta がその仕組みについて仮説を提唱している⁹⁾。感じられる味質は陽極刺激では酸味に似たような味、陰極刺激では苦味に近いアルカリのような味と報告されており、追実験でも類似した感想が得られているが、実験者により味質の表現には差異が見受けられる¹⁰⁾。陰極と陽極では陽極側のほうが味を強く感じる事が確認され、直流陽極刺激では、触覚刺激とは明らかに異なる金属味、酸味などが感じられるとされている⁹⁾。味覚の伝達にかかわ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おり、電流変化によって勾配の大きさは異なる¹⁰⁾。

50 年ほど前からは検査用途としての活用が進み¹¹⁾、電気味覚計が開発されるようになった⁸⁾。ここで検査可能なのは味覚細胞の刺激に対する基礎的な応答であるが、その味質や閾値についても調査がされている。特に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を感じるものの金属味がもっとも多く、ついで塩味が多いことなどが明らかとなった¹²⁾。

視覚刺激を電気刺激に変換し舌面に提示する機構としても活用されており、Bach-y-Rita, Kaczmarek らの Tongue Display⁷⁾やその技術を改良して作られた Wicab 社の BrainPort¹³⁾での提示に電氣的刺激が用いられている。前者では提示した電気刺激の強さを 0.4~2.0mA

としており、実験から簡単な形状把握が可能であることが導き出されている。

先行の研究では反応時間についても調査されている。刺激提示から押しボタンを押すなどの手法での味覚が生じたことに対する表現までの時間は味覚反応時間と呼ばれ、一般的には何らかの味覚が生じるまでの時間である単純反応時間を指すことが多い。この反応時間は刺激濃度、刺激強度、および刺激面積に左右されるもので、これらが大きくなると反応時間は減少する傾向にあるとされる。

山本らの実験ではうま味以外の 4 基本味では反応時間 (T)、刺激強度 (C) の間に $T=a+b/C$ (a,b は定数) で示される直角双曲線の関係が成立すると報告されている⁵⁾。各溶液の反応時間は、先端直径 4mm のピペットで各溶液を 3ml 舌面に注いだとき、酒石酸は $430 \pm 59\text{ms}$ 、食塩は $433 \pm 86\text{ms}$ 、シヨ酸で $652 \pm 98\text{ms}$ 、塩酸キニーネの場合 $750 \pm 158\text{ms}$ となっている⁷⁾。山本らは電気味覚計を用いた測定も行なっているが、4.2~406 μA の直流通電を 1.5s 与えたときの反応時間 (T) は電流の大きさ (I) を刺激の大きさとしたときに、化学刺激の場合と同じく $T=a+b/I$ (a,b は定数) となるという見解を述べている⁶⁾。

7.2 味に影響を与える他感覚や環境について

広義な意味での味は、味覚だけでなく他の様々な情報によって認識されると考えるべきという指摘が、都甲らのおいしさを形成する構造などで提唱されている。嗅覚情報や食感など飲食物を受容した際に付随する感覚もさることながら、見た目などの視覚や咀嚼・嚥下で発生する聴覚情報、そして飲食環境や食文化も影響を与えるとされている。そのため、広義の味覚における特性を活用し、他感覚刺激を用いて味の感じ方に影響を与える研究は情報科学分野でも進められている。

鳴海らによる Meta Cookie¹⁴⁾や LED 光源による色の変化を用いた味の擬似的変化¹⁵⁾では、視覚や嗅覚などを用い、画像や色の重畳、香料の放散で味を擬似的に変化させられることを見出している。橋本らによる Straw-like User Interface¹⁶⁾や山岡らによる Tag Candy¹⁷⁾、田中らの Chewing Jockey¹⁸⁾などは、振動刺激や音などを用いて食感を提示し味の感じ方に影響を与えている。

また、佐藤らによる DiningPresenter¹⁹⁾や Chung らによる Lover's Cup²⁰⁾などは飲食を行う環境に焦点を当てたアプローチである。DiningPresenter は、食器のふちへ飲食物がよりおいしそうに見える色を投影する、食事に関する情報を投影するなど食器やテーブルに情報重畳させることができ、食べ物をおいしく食させるだけではなく食環境を豊かにする役割を果たしている。

Lover's Cup では離れても同じタイミングで飲んでいることを伝えるために、飲む行為をカップに組み込んだ光提示などで遠隔地にいる相手の飲食行為タイミングを表現する手法を提案している。これも、飲食による親密さの向上を助ける役目をもっている。

7.3 口内および舌を用いた情報入力

舌がもつ可動性を活用した装置も数多く提案されている。これらは口内や口付近に装置を設置することで情報入力を行うことを可能としている。装置を口内に含んで使用するものでは、入力キーを用いた Tongue Touch Keypad²¹⁾、Trackpoint²²⁾を活用した入力装置などがあげられる。また、舌面上に磁石のみ装着させ、口付近に設置した磁気センサにより舌の動きを検出する手法も提案されている²³⁾。また、ウェブカメラを用いたテキスト入力では、舌を左右に動かす動作をモジュール信号にマッピングし、視覚フィードバックとともにテキスト入力を行わせる²⁴⁾。これらのような提案は、基本的に身体に障害があり、手による入力を不便と感じる利用者を対象とし提案されている。また、中森らによる食べテルミン²⁵⁾は食事の際の食べ物の抵抗値に着目し、抵抗値の変化によりさまざまな音を生成するシステムとして提案されている。

参考文献

- 1) 中村裕美, 宮下芳明: 飲食物+電気味覚, 第 18 回エンタテインメント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).
- 2) 中村裕美, 宮下芳明: 電気味覚を活用した味覚の増幅と拡張, インタラクション 2011 予稿集, pp.461-464 (2011).
- 3) Nakamura, H. and Miyashita, H.: Communication by change in taste, In Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI'11) – Extended Abstracts, ACM. pp.1999-2004 (2011).
- 4) 都甲 潔: 味覚センサ, pp.43-49, 朝倉書店 (1993).
- 5) 山本隆, 河村洋二郎: 味覚反応時間について, 第 10 回味と匂のシンポジウム論文集, pp.68-71(1976).
- 6) 山本隆, 小林秀子, 松尾龍二, 河村洋二郎: 電気味覚計を用いての味覚反応時間測定について, 第 12 回味と匂のシンポジウム論文集, pp.45-48(1978).
- 7) Bach-y-Rita, P., Kaczmarek, K.A., Tyler, M.E. and Garcia-Lara, J.: Form perception with a 49-point electro-tactile stimulus array on the tongue, J. Rehabilitation Research Development, 35, pp.427-430(1998).
- 8) 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

- 9) 佐藤昌彦: 味覚の科学, pp183 - 189, 朝倉書店 (1997).
- 10) 栗原堅三: 味覚, pp105-107, 東京大学出版会 (1978).
- 11) 富田寛, 感覚知覚心理学ハンドブック 第VII部 味覚, p.1521, 誠信書房(1994).
- 12) 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 (1971).
- 13) 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).
- 14) 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).
- 15) 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).
- 16) Hashimoto, Y., Kojima, M., Mitani, T., Miyajima, S., Nagaya, N., Ohtaki, J., Yamamoto, A. and Inami, M.: Straw-like User Interface, SIGGRAPH2005 emerging technologies(2005).
- 17) 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 (2010).
- 18) Naoya, K., Hidekazu, T., Yuji, U., Masahiko, I., Chewing jockey: augmented food texture by using sound based on the cross-modal effect, Proceedings of the 8th International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology(2011).
- 19) Mori, M., Kurihara, K., Tsukada, K., and Siio, I.: Dining Presenter: Augmented Reality system for a dining tabletop, Supplemental Proceedings of the 11th Ubicomp2009, pp.168-169 (2009).
- 20) 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).
- 21) Salem, C. and Zhai, S.: An isometric tongue pointing device. Proceedings of CHI'97, pp.538-539 (1997).
- 22) Tongue Touch Keypad
<http://www.newabilities.com/>
- 23) Huo, X. and Ghovanloo, M.: Using unconstrained tongue motion as an alternative control mechanism for wheeled mobility, IEEE Trans. Biomed.Eng. 56, no.6, pp1719-1726 (2009).
- 24) Sapaico, L.R., Nakajima, M., Sato, M.: Morse code-based Text Entry using Tongue Gestures, Proc. of NICOGRAPH International Conference2011 (2011).
- 25) 中森玲奈, 塚田浩二, 椎尾一郎: 食べテルミン, インタラクション 2011 予稿集, pp.367-370 (2011).