

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—

鳴海 拓志[†] 佐藤 宗彦[†] 谷川 智洋[‡] 廣瀬 通孝[‡]

[†] 東京大学大学院工学系研究科 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

[‡] 東京大学大学院情報理工学系研究科 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

E-mail: {narumi, mune, tani, hirose}@cyber.t.u-tokyo.ac.jp

あらまし 味覚は、化学的信号の組み合わせからだけではなく、温度や食感、視覚、嗅覚、記憶といったようなさまざまな要素の組み合わせから認識される。このような複雑さをもつゆえに、これまで味覚情報を提示するディスプレイに関してはあまり研究がなされてこなかった。一方でこのような味覚の特性を利用し、正確な化学信号の組み合わせを実現するのではなく、化学的信号とその他の刺激を同時に提示することで味覚を提示するアプローチを取ることも考えられる。本研究では、視覚と味覚のクロスモダリティを利用した味覚ディスプレイとして、LED光源を用いて飲料の色を変化させることで、飲料を飲む人が感じる味を変化させる手法について検討をおこなった。本発表では、そのような味覚ディスプレイの評価実験と、インタラクションを取り入れることによる応用の可能性について報告する。

キーワード 味覚ディスプレイ、クロスモダリティ、食のAR

Study on Gustatory Display (2nd Report)

- An Evaluation of Cross-modal Effects of Superimposing Virtual Color onto Real Drink -

Takuji NARUMI[†] Munehiko SATO[†] Tomohiro TANIKAWA[‡] and Michitaka HIROSE[‡]

[†] Graduate School of Engineering, the University of Tokyo 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656 Japan

[‡] Graduate School of Information Science and Technology, the University of Tokyo

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656 Japan

E-mail: {narumi, mune, tani, hirose}@cyber.t.u-tokyo.ac.jp

Abstract Gustatory sensation is based on chemical signals whereas the visual sensation and auditory sensation are based on physical signals. Therefore there are few studies on gustatory display. In our research, we aim at the realization of gustatory display and propose the method to present tastes by using multimodal feedback. This paper reports on a prototype system that lets us feel various tastes without changing its chemical composition by superimposing virtual color and fundamental experiment to evaluate the influence of Cross-modal Effects of Superimposing Virtual Color.

Keyword Gustatory Display, Cross Modality, Superimposing onto Food

1. はじめに

情報提示手法として現在中心的に利用されている視覚、聴覚といった感覚は「物理的な信号」を扱っているのに対し、嗅覚や味覚は「化学的な信号」を扱っているという難しさがある。そのため、これまで味覚を用いた情報提示は研究があまりなされてこなかった。

しかし、その味覚が一義には決まらず複合的な要因から知覚されるという曖昧性を利用することで、味覚による情報提示技術に新たな展開を考えることができる。筆者らはこれまで、味覚ディスプレイの実現を目指し、味覚情報を提示する際に味覚以外の感覚を付随して提示し、味覚の元となる化学信号は変えずに付

随情報だけを変化させることで味の認識だけをさまざまに変化させることができる味提示手法を提案してきた[1]。これまでの研究では、着色料を用いて飲料に色を付加することで、化学信号は変えずにユーザに数種の特定の味を感じさせることができる味覚ディスプレイが実現できる可能性を示してきた。本稿では、この知見のより工学的な応用を目指し、LED光源を利用して飲料に色を重畳する手法によってユーザに味の変化を感じさせることができるかについての議論を行なう。

本稿の以降では、まず視覚や嗅覚など他の感覚が味覚に対して与える影響に関する先行研究の知見を紹介する。それらの知見をふまえた上で、LED光源を使用

して着色料と同等の色を飲料に重畳し、色を制御することで飲んだときに受ける味の印象を制御する手法を提案する。この手法によって被験者がどのような味を感じたかを調査し、着色料方式を用いて行なった際の実験結果と比較をすることで、LED 光源方式が味の印象を制御する手法として十分に利用可能かを検討する。さらに、この LED 光源方式を用いた味提示手法にインタラクションを取り入れることで可能になる応用可能性について検討する。

2. 味覚とクロスモダリティ

視覚にとっての RGB のように、味覚ディスプレイを実現するための味を表現する基底として基本味が考えられる。基本味の数については、甘味・塩味・酸味・苦味の 4 基本味とする説(4 基本味説)や、これにうま味を加えた 5 基本味とする説などがある。また、「味覚は一つの連続体であり、基本味といったものは存在しない」という研究報告や「甘味や苦味の受容部位は 1 種類ではない」という研究報告[2] もある。このように、全ての研究者に認められる「基本味」の定義は存在していないというのが現状である[3]。

一方、私たちが日常生活で使う「味」という言葉は、様々な感覚が統合されたいわば知覚経験を意味している。私たちは、いわゆる「味」を舌のうえに分布している味覚細胞のみによってだけではなく、実際には味覚以外の数種の感覚(嗅覚・視覚・触覚等)を含んだものとして知覚している。この複合的な感覚は「風味(flavor)」と呼ばれる[4]。日常生活で使われる「味」はこの風味を指していることが多く、味覚を他の感覚と切り離して個別に感じ取るためには、訓練や技術的な方法を講じない限りは困難である。

このように、味覚をそれ単体で認識することは難しいが、この特性を、味覚ディスプレイを実現するために利用する方法を考えることもできるだろう。化学情報を変化させてさまざまな味を提示することには困難が伴うが、さまざまな五感情報が味情報と複合的に「風味」として感知されるという知見を利用することで、化学情報を変化させずとも、付随する情報を変えることによって味を変化させることが出来る可能性がある。

中でも味覚との密接な関係があり、日常生活においてもその関係性を意識することが多い感覚が嗅覚である。嫌いなものを食べる時によくやるように、鼻をつまんで匂いが分からない状態で食べるとほとんど味を感じなくなるというのがその好例である。また、ヒトは口腔内に匂い刺激を呈示されると、そのもの自身が味覚を生じさせない場合でも、嗅覚により生じた感覚をも味覚と評定してしまうという実験結果も報告されている[5]。いわゆる「味」と呼ばれるものの 80%以上

は嗅覚に起因するものであるという報告もある[3]。

一方、人間の五感には視覚優位性があることが広く知られており、視覚が「風味」や「おいしさ」に及ぼす効果に関する研究がこれまで多くなされてきた[6,7]。

こうした知見をふまえ、筆者らはこれまで、匂い情報や色情報によって味覚に影響を与え、匂いや色によって人間が認識する味を変化させる手法を検討してきた。その結果、現在までのところ、飲料については、匂い情報をあわせて提示する手法よりも、色情報をあわせて提示する手法のほうが、ユーザに特定の具体的な味を感じさせるには有利であるという結論を得ている[1]。また、色情報と味覚情報は脳内の個別の経路で処理された後、色情報が記憶を引き出すキーとして機能し、引き出された記憶と化学信号として受容された味情報とが照合されることで、「オレンジジュース」等の具体的な味が認識されているという可能性が示唆されている。

これらの知見を元に、本研究では飲料に色を重畳することでユーザに味の変化を感じさせる手法のより工学的な応用を考えることとした。そこで、色を制御可能な状態で重畳させるために LED 光源を利用することを考えた。着色料を使用した場合には、色を外部分からの入力によって変更できないが、LED 光源を使用して着色料と同等の色を飲料に重畳する場合には、細かい発色の制御や、インタラクティブな色の変更などが可能になる。しかし、物体色として色を付ける着色料方式と違い、LED 光源を使用した場合には発光色として色を付けることになる。そのため、見た目が一般的に見られる飲料とは違ったものになってしまう可能性がある。その場合、見た目から連想される記憶を手がかりに味が認識されている可能性を考慮すると、着色料方式で得られたような味の認識をある程度コントロールできるという効果が見られなくなってしまう恐れもある。

そこで本稿では、LED 光源を使用して色を飲料に重畳する手法によって被験者がどのような味を感じたかを調査し、着色料方式を用いて行なった際の実験結果と比較をすることで、LED 光源方式が味の印象を制御する手法として十分に利用可能かを検討することとした。

3. LED 光源による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

本稿では、LED 光源を使用して着色料と同等の色を飲料に重畳し、色を制御することで飲んだときに受ける味の印象を制御する手法を提案する。

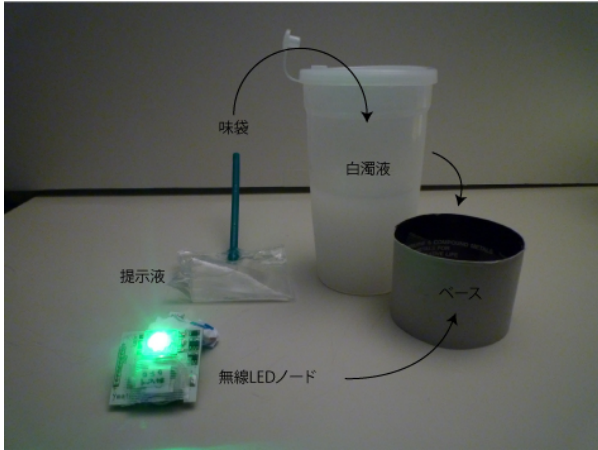


図1 味袋-着色デバイス法 (ABCD 法)

LED を用いて飲料の見た目だけを変化させる手法として、味袋-着色デバイス法 (ABCD 法) を考案した (図 1)。ABCD 法は、提示したい液を飲ませる味袋、液が着色されているように見せるための着色デバイス、着色デバイスが発する光を散乱させるための白濁液から構成されるシステムを用いた味提示手法である。

着色デバイスとしては、佐藤らによる粒子型ディスプレイを利用した。粒子型ディスプレイは、個々の画素が無線通信可能で物理的に独立しており、自由に配置可能なため、配置に物理的な制約がないディスプレイシステムである。この粒子型ディスプレイの1画素である LED ノード(図 2)を、防水のため密閉して飲料の中に投入する、または飲料を注ぐグラスの底部に配置することで着色デバイスとして利用した。

この LED ノードはワイマチック株式会社による無線通信モジュール SNODE2 に高輝度フルカラーLED と PIC マイコンを搭載したモジュールを接続したものとなっている (表 1)。この LED ノードには加速度センサ等のデータ入力装置を接続することもでき、入力装置からのデータを LED ノード内部で処理することで、インタラクションによって自律的に色を変化させることも可能である。

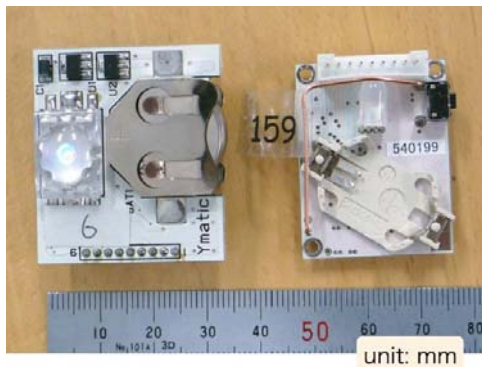


図2 無線通信可能な LED ノード

表 1 無線通信可能な LED ノードの仕様

無線通信用 CPU	Microchip PIC16F88
LED 制御用 CPU	Microchip PIC16F690
LED	RGB フルカラー EP204K-35RGB
	光束 1.4(lm), 光度 3.7(cd)
電源	CR2032 3V リチウムコイン電池
	2 個を直列接続 (6V) で使用

提示したい溶液に着色デバイスが発する光を当てた場合、提示液によっては光が拡散せず、液自体に色がついているようには見えない場合がある。そこで光を拡散させるための白濁液をあらかじめカップに入れておき、その中にストローの先に提示したい溶液を封入した味袋を投入することにした。これにより、どのような溶液を提示したい場合にも安定して任意の色を重畳させることができる。万が一白濁液が口に入ったときの安全性を考慮し、今回の実装では、白濁液として水にコーヒーミルクを溶いたものを使用した。ユーザが色の重畳された飲料を飲んでいる様子を図 3 に示す。



図3 味袋-着色デバイス法によって色を重畳された飲料を飲むユーザ

4. LED 光源を使用した色の重畳による味提示手法と着色料を用いた手法の効果の比較

4.1. 実験の目的

着色料方式を用いて行なった同様の実験結果と比較をすることで、LED 光源方式が味の印象を制御する手法として十分に利用可能かを検討するため、LED 光源を使用して色を飲料に重畳する手法によって被験者がどのような味を感じたかを調査する実験を行なった。

実験では 2 種類の市販のジュースの中間的な味のジュースを作成し、そのジュースと、元の 2 種類のジュースに模した色を着色したものを被験者に飲んでもらう。その際、色が変わったことで被験者の味の感じ方が変化したか、被験者が色のついたジュースを何味だと認識したかを調査することを目的とした。

4.2. 実験手法

市販のジュースのデータとして、ミカンジュース・リンゴジュース・ブドウジュースの糖度と酸糖比が得られた[9]。そこで、この3種類のジュースについて、23名にアンケートを取って見たところ、ミカンジュースとリンゴジュースの相対的な味に対するイメージ(酸味方向と甘味方向)に個人差はほとんど見られなかった。以上のような理由で、ミカンジュースとリンゴジュースを模倣対象として選定した。

本実験では、ショ糖とクエン酸を用い、文献[9]を参考に甘味と酸味に対する感覚的強度がリンゴジュースとミカンジュースの間であるようなジュースを調製した。以下ではこのジュースを基準ジュースと呼ぶこととする。基準ジュースに含まれる成分の具体的な濃度は以下である。

糖度・・・約12%

クエン酸・・・約0.43%

ミカンジュース、リンゴジュース、基準ジュースの甘味はほぼ等しく、酸味は強い順にミカンジュース、基準ジュース、リンゴジュースとなっている。

この基準ジュースと、比較対象となる色がついたジュースを被験者に交互に飲んでもらい、基準ジュースを座標平面の原点に持ってきたときに、比較対象のジュースが座標上のどこに位置すると思うかを主観的な尺度で方眼用紙にプロットしてもらった。比較対象のジュースはリンゴジュースを模したものの、ミカンジュースを模したものの、飲料としてなじみのない色をつけたものの三種類を用意した。被験者が比較対象のジュースを飲む順は、実験者がランダムに1種類ずつ提示し、順序の効果が生まれないようにした。また、異なるジュースを飲む前には必ず水を飲むように指示した。

また、被験者には、実際に飲んでみて何ジュースだと感じたかについて回答してもらった。なお、途中で実験意図が被験者に悟られることを避けるために、比較対象のジュースを全て飲み終わった後に用紙を渡し、回答してもらった。実験は着色料を用いて色を付けた場合と、LED光源を用いて色を重畳した場合についておこない、それぞれの実験について別個の被験者群19名ずつを用意した。

4.3. 着色料を用いた味提示手法

飲料の色が味の解釈に与える影響を調べるため、比較対象のジュースとして、基準ジュースに食用の着色料を用いて色をつけたものを用意した。色は基準ジュース作成の際に模倣対象としたオレンジジュースに近いオレンジ色、リンゴジュースに近い黄色と、飲料としてなじみのない緑色を用いた(図4)。基準ジュースに着色料を混ぜると、着色料によって化学組成が変化

したり、溶け残った着色料によって舌触り等が変化したりし、味が変わってしまう可能性がある。そこで、ジュースの見た目の色だけを変化させる手法として、ストローの先に提示溶液を封入した味袋を取り付け、着色液中に入れる味袋-着色液法(ABC法)を使用した(図5)。



図4 着色料で色を付加したジュース
(オレンジ・黄・緑)

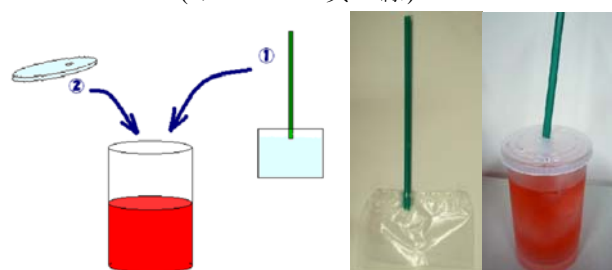


図5 味袋-着色液法

(左：手法概要、中央：味袋、右：ジュース外観)

4.4. LED光源を用いた色の重畳による味提示手法

着色料を用いて色を付けたのと同様に、ABC法を用いて基準ジュースにLED光源で色を重畳したものを用意した。色は、着色料を用いた際のそれぞれの色に最も近くなるように調整し、オレンジ色、黄色、緑色にした(図6)。



図6 LEDで色を重畳したジュース
(オレンジ・黄・緑)

4.5. 手法ごとの実験結果とその比較

本実験では、被験者それぞれの主観的な尺度でジュースの甘味と酸味をプロットしてもらったため、座標平面上の距離にはあまり意味が含まれていない。その

ため、本実験の評価は原点からどちらの方向に味が遷移しているかに着目して評価値を与えた。具体的な表わし方としては、酸味軸方向と甘味軸方向について、原点から正の方向にあれば+1 負の方向にあれば-1 また、軸上にあれば 0 とした。

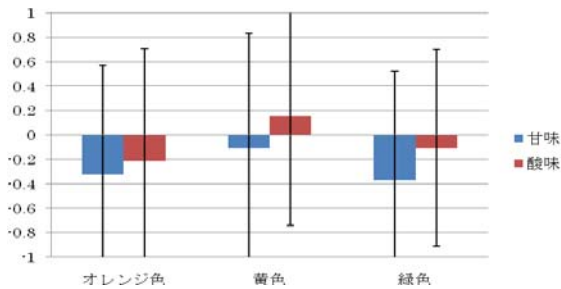


図 7 着色料使用時の甘味・酸味の変化の平均評価値

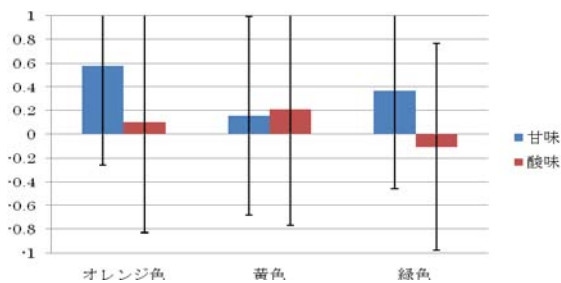


図 8 LED 使用時の甘味・酸味の変化の平均評価値

着色料で着色したジュースについて、基準ジュースと同じ味であると被験者が評定した回数は 57 試行中 5 回 (8.8%) であった。甘味・酸味の変化の評価値は、平均値として多少の傾向は見られるものの、分散が 0.8 前後と非常に大きくなっている (図 7)。また、三種の着色したジュースのプロット位置間の相対関係にも特定の傾向は見られなかった。

次に、着色料で着色したジュースを飲んで何ジュースだと感じたかという質問の結果として、オレンジ色の場合、オレンジ (15 名)、黄色の場合、レモン (8 名)、パイナップル (3 名)、緑色の場合、不明 (9 名)、酸っぱい (3 名) という回答がみられた。緑色という飲料としてなじみのない色の場合には、多くの被験者が飲んだジュースについて具体的な味を答えることができなかったが、実際の飲料を模倣して色をつけたオレンジと黄色の場合には、多くの人が特定の回答をしており、多くの被験者に共通して具体的な味を感じさせることができているという結果となった。

一方、LED 光源で色を重畳したジュースについて、基準ジュースと同じ味であると被験者が評定した回数は 57 試行中 4 回 (7.2%) であった。甘味・酸味の変化の評価値は、オレンジ色と緑色では甘味の評定がや

や正の方向に向く (被験者が甘く感じる) という傾向が見られるものの、着色料を使用した場合と同様、分散が 0.7 前後と非常に大きくなっており、全体的にこの結果から特別な傾向を認めることはできなかった。

次に、何ジュースだと感じたかという質問の結果として、オレンジ色の場合、オレンジ (8 名)、ピーチ (3 名)、黄色の場合、レモン (9 名)、パイナップル (3 名)、緑色の場合、メロン (12 名)、リンゴ (2 名) という回答がみられた。着色料で着色した場合と大きく変わらず、多くの被験者に共通して具体的な味を感じさせることができているという結果となった。

4.6. 考察

LED 光源を用いて飲料に色を重畳した場合にも、着色料を用いて飲料に色を付けた際と同程度のクロスモダリティ効果があり、多くの被験者に共通する具体的な味を感じさせることができるという結果が得られた。

ジュースを飲んで何ジュースと感じたかという質問の回答を比較すると、着色料を用いてオレンジ色を付けた際にはほとんどの被験者がオレンジジュースと答えたのに対し、LED 光源でオレンジ色を重畳したジュースではオレンジジュースと答えた人数が半減している。一方で、着色料を用いて緑色を付けた際にはほとんどの被験者が具体的な味を答えられなかったのに対し、LED 光源で緑色を重畳したジュースではほとんどの被験者がメロンジュースと回答している。本来のオレンジジュースは混濁していることが多く、着色料を用いて色を付ける場合には混濁が表現されるが、LED 光源を使用した場合には混濁が表現されにくい。同様に混濁した緑色のジュースはあまり見られないが、透明度の高い緑色のジュースとしてメロンソーダは一般的に知られている。LED 光源を使用することで、オレンジ色の場合にオレンジジュースという回答が減り、緑色の場合にメロンジュースと答える被験者が増えたことはこの混濁度に起因していることが考えられる。被験者のコメントに「炭酸飲料だと思って飲んだが炭酸が入っていないで意外だった」という内容が複数見られたことから、LED 光源を使用した場合には混濁度の低い炭酸飲料等のイメージが想起されることが多いことが示唆された。

実験を行なっている際に、LED ノードの電池の消耗が激しいために、被験者の前でジュースの色が変わってしまうことがあった。電池が消耗すると電圧が降下してしまうため、必要な点灯電圧の高いフルカラー LED の緑・青の色が弱くなり、発光色が赤色方向にシフトしてしまう。現在のデバイス構成で電池が消耗し色が変わってしまうまでの時間を計測したところ、平均約 40 分であった。今後は意図しない色の変化を避け

るべくデバイスの改良が必要になると考えられる。

5. インタラクションによる味の変化

4章での実験により、LED光源を用いて色を重畳し味の印象を制御する手法は十分に利用可能であることがわかった。そこで本章では、このLED光源方式を用いた味提示手法にインタラクションを取り入れることで可能になる応用可能性について検討をおこなう。



図9 振るたびに味が変わるジュースのイメージ

まず、時間の経過と共に色が変化するようにすることで、飲むたびに味が変わる飲料を実現できる可能性がある。また、LEDノードにセンサを付けることで、ユーザが飲料に働きかけて味を変化させることも可能になるだろう。例えば、加速度センサを導入することで、振って好きな味に変えることができるジュースを考えることができる(図9)。

こうしたインタラクションによる色の変化で味の印象が変化するかについては、さらなる検討が必要になるだろう。特に、目の前で色が変化したときに、目の前のジュースは先程と同じジュースである、という脳内での前提と、色が味覚に与えるクロスモダリティ効果が合わさったときに、結果としてどのような効果が現れるかについては詳細に検証する必要があるだろう。一方で、実験の際のコメントによって、多くの被験者が事前に特定のジュースのイメージを抱いてから飲むことで、そのイメージに引きずられて何の味かを回答しているということもわかっており、「インタラクションによって味が変わる」という前提を与えた条件下では、色が変わることで味の印象が変わることの効果が大きくなることも考えられる。そうした条件下では、インタラクションで味が変わるジュースを実現できる可能性が十分にあると考えられる。

6. おわりに

本研究では、飲料に色を付加することで、化学信号は変えずにユーザに数種の特定の味を感じさせることができる味覚ディスプレイの実現を目指し、LED光源を利用して飲料に色を重畳する手法によってユーザに味の変化を感じさせることができるかについて検討を行なった。

実験の結果、LED光源を用いて飲料に色を重畳した場合にも、着色料を用いて飲料に色を付けた際と同程度のクロスモダリティ効果があり、多くの被験者に共通する具体的な味を感じさせることができるという結果が得られた。着色料とLED光源では表現できる液体色の混濁度、透明度の特性が違うためそれぞれ得意な表現と不得意な表現があることもわかったが、同じ色から感じられる具体的な味は大きく変化しないため、LED光源を使用する方式に大きな問題はないということが明らかになった。

こうした視覚が味覚に及ぼす影響を利用することで、食事制限者に対してより満足感が得られる食事を提供する等のサービスが可能になり、医療分野や生活・健康分野への貢献することが考えられる。今後は着色デバイスの改良とともに、5章で提案したようなインタラクションによって味を変化させる手法の実現と、その有効性を確認するべく検討を行なっていく。また、実際に提示液の組成を変更する手法などと色を重畳表示する手法を組み合わせることで、より多様な味を表現できる手法の構築を目指した検討を行なう。

謝辞

本研究の一部は科研費若手研究(A)(21680011)の支援を受けて行われた。

文 献

- [1] 鳴海拓志,二俣智栄,谷川智洋,廣瀬通孝:味覚ディスプレイに関する研究(第一報),日本バーチャルリアリティ学会第14回大会論文集,2009年9月
- [2] Damak S, Rong M, Yasumatsu K, Kokrashvili Z, Varadajan V, Zou S, Jiang P, Ninomiya Y, and Margolskee R. Detection of sweet and umami taste in the absence of taste receptor t1r3. *Science*, No. 301, pp. 850-853, 2003.
- [3] 坂井信之, 齋藤幸子. 味覚・嗅覚, 第2章, pp. 72-114. 講座感覚・知覚の科学. 朝倉書店, 2008.
- [4] 市川邦介. 感覚各論:味・感覚, 官能検査セミナーテキスト. 日本科学技術連盟, 1960.
- [5] Rozin P. 'taste-smell confusionand' the duality of the olfactory sense. *Perception and Psychophysics*, Vol. 31, pp. 397-401, 1982.
- [6] 数野千恵子, 渡部絵里香, 藤田綾子, 増尾侑子. ゼリーの色が味覚の判別に与える影響. 実践女子大学生生活科学部紀要, Vol. 43, pp. 1.7, 2006.
- [7] 坂井信之, 森川直. 食物のおいしさ評定における視覚イメージの役割. 日本味と匂い学会誌, Vol. 13, No. 3, pp. 463-466, 2006.
- [8] 佐藤宗彦, 檜山敦, 谷川智洋, 廣瀬通孝: 無線LEDノードを用いたユーザによる入力可能な粒子型ディスプレイ, 日本バーチャルリアリティ学会第13回大会論文集, 2008年9月
- [9] 吉村勲他. 最新果汁・果実飲料事典, 2 製造編. 朝倉書店, 1997. 日本果汁協会監修.