

嗅覚と視覚の相互作用における味覚変容の検討

白須 椋介^{1,a)} 羽田 久一^{1,b)}

概要: 人の知覚は得られる情報のほとんどを視覚に頼っている。嗅覚は、味に対して大きな影響を持っている。本稿では、砂糖ベースのシロップで味をつけたかき氷を食べたときに他の風味を感じさせるための実験を行った。味の基となるシロップの着色料と香料の代替品として、視覚については LED 光源を容器に取り付け、着色料と同等の色を再現する。さらに嗅覚については、内蔵した香料により、スプーンから香りの出る仕組みを製作し、鼻から入る香りとしてのものを用意する。これらの装置を用いた実験によって、同じ味のシロップを用いた際に色と香りの違いがどのような差異をもたらすかを調査した。

キーワード: 色覚, 嗅覚, 味覚, 複合感覚提示

1. はじめに

人は五感によってさまざまな刺激を外部から受けている。人の知覚というのはこれらの感覚が相互作用することにより形成されることが知られている。「味」とは味覚だけではなくさまざまな感覚が統合されて得られる。今回はその中でも味覚に着目し、それらと密接に関係のある嗅覚と視覚からアプローチを行っていく。

人の知覚は、得られる情報のほとんどを視覚に頼っている。食べる前からおいしそうだという感想を抱くことができるように、視覚から受ける料理の情報がおいしさを左右している。そのため、料理の味付けだけではなく、見た目にこだわることで味覚に変化を感じさせる重要なポイントとなる。食材の切り方に工夫を入れること、多様な色の食材を使用して彩りを良くすること、料理の盛り付けを工夫することと言った見た目の重要性によって感じ方が変化する。

嗅覚は、「味」に大きな影響を与えている。感覚細胞が特定の化学物質に触れることで人は香りを認識する。この感覚が脳で味覚と合成されることにより味が生まれる。これは日々の体験からもよくわかる。嫌なものを食べるときには鼻をつまんでニオイを分からなくするようになるという経験は分かりやすい例である。

これらを如実に表している代表的な例がかき氷である。かき氷は、氷を削ったり砕いたりしたものに、シロップを

かけたものである。その味の決め手となっているシロップは、果汁に代わり、甘味料に香料や着色料を加えて作るものであるが、かき氷の味は結局のところはすべて同じ味であるというのはよく聞く話である。現にかき氷のシロップの原料は、どの味においても着色料と香料の種類の違いだけであった。

このことから着色料と食品に含む香料を代替りの形で補うことができれば、シロップのような砂糖で味をつけた単純なものを食べたときに他の風味を感じさせることができると考えた。本稿では、着色料と香料の代替りとして、視覚においては LED 光源を使用し着色料と同等の色を再現し、嗅覚においては、アロマオイル等を使用し鼻から入る香りとして用意した。容器に LED 光源を取り付けリアルタイムで色を切り替えるシステムを作り、スプーンにニオイを伝達するための仕組みを取り付ける。これにより、同一のシロップの味で味覚に変化を起こすことができるかについての検証を行った。

2. 関連研究

複数の感覚が相互に影響させる研究は数多く行われており、近年では、そのような影響を利用した研究もたくさんある。本稿の著者は主として嗅覚における相互作用や嗅覚が与える影響、嗅覚デバイスに関する論文を調査し、本研究における視覚や嗅覚を用いて味覚に影響をもたらすことを試みている。

鳴海らの行った味覚ディスプレイに関する研究 [1] には、飲料に LED や着色料を用いて色を付けることで味の印象を制御する実験を行っている。視覚的な変化によってどの

¹ 東京工科大学メディア学部メディア学科
Tokyo University of Technology

a) m011518618@edu.teu.ac.jp

b) hadahskz@stf.teu.ac.jp

ような味を感じるかという試みであり、着色料を使用しなくても LED 光源を使用し色を変化させる方式に問題がなく有効であることを示していた。

また、同著者によるメタクッキー [2] は味覚に対して、嗅覚と視覚を外部刺激によって変化させる試みである。プレーン味のクッキーに対して HMD を用いて見た目の違うクッキーに見せ、嗅覚的に別の味のクッキーの香りをエアポンプによる空気の送風で香りを嗅がせる。視覚と嗅覚を用いることでの味の変化がある回答を得た。この方法で味の認識をねらい通りに得させることに対する有用性を示した。

Nimesha らによる Vocktail[3] は味覚、嗅覚、視覚を利用することで味の変化を与えるアプローチを行った。視覚として LED による色の印象、嗅覚として香り、味覚として電気味覚を使用し、水の風味がどのように変化をするかの実験を行った。このシステムは3つの感覚の相互作用が仮想としての味覚に影響を与えていたことを明らかにしている。

こうした中でもユーザーに嗅覚における刺激をあたえる手法として、さまざまなデバイスが研究されている。

廣瀬らは嗅覚を用いた情報の伝送と提示を行うデバイスの研究 [4] として香りの濃度を変化させる香り伝送システムを開発し実験を行った。この実験ではユーザーの両鼻に香りを送ることで濃度を変化させる。匂いの強度、空間情報がユーザーに対して伝送されていることを確認した。

また同著者らは、ウェアラブルデバイス嗅覚ディスプレイ [5] を開発し、その評価も行っている。この実験では、匂いの強さを段階的に変化させることで匂い場の提示を行っている。その結果として正確な匂い場を知覚させた。

中村らは、嗅覚刺激によって方向提示を行う嗅覚デバイス [6] を開発した。エアチューブを両側の鼻に当て、空気を送り込むことでどちらかの鼻に対して香りを送り込むシステムの制御を行っている。香りの濃度の差異を知覚させることにより、方向の判断を下す材料としている。香りの方向提示は可能であり、ある一つの香りが性別問わず高い確率で方向知覚が可能であることを明らかにしている。

また同著者らは嗅覚による方向提示を映像に組み込むことに成功している [7]。

柳田らの局所的に香りを提示するための研究として、渦輪を利用して空気砲を送り、香りを搬送する香りプロジェクト [8] を開発し得られた知見をまとめている。空気砲を使用することで狙った空間に香りを送り、また空気砲を互いにぶつけることで自然な流れの香りを届けることを試みている。非装着と局所性という観点の技術的な難度と、突風間の少ない空間中の香り提示を実現する方法を見出した。

Shuai らの ColorOdor[9] は盲人のためのウェアラブルデバイスとして、色を香りとして把握することで色を認識する手助けを行うデバイスを開発し、実験を行った。これに

よって、手助けの手法としてのさまざまな可能性の高さを示した。

David らの inScent[10] は日常的な状況で着用できる嗅覚ディスプレイとしてネックレス型のウェアラブルデバイスを作成した。これは SNS のメッセージ通知に対して嗅覚情報を追加することで連絡の認識を強めるためのものである。ここでは、香りを発するシステムとしてアロマオイルを加熱によって気化させることで香りを生成している。また香りの与える影響として、感情や記憶を呼び起こすファクターの一つであることを示した。

Judith らの Essence[11] は香りを発するウェアラブルデバイスであるが、データに基づいて香りの強さと頻度を変える、嗅覚計算ネックレスである。日付や時刻といったデータから香りを放出するシステムで、圧電振動によって霧状にした香りを周囲にまき散らすことができる。

Mark らの The sound of smell[12] では香りと言音に関する影響について述べている。ここでは香りと言音は、経験からさまざまなことを想起しやすいということを紹介しており、それを基に香りの経験を音で再現することができるを目指している。この中で引用されている Smeller は音波の代わりに香り物質を生成するという機械を用いて、嗅覚と聴覚を同時に刺激することでの会合的感覚を味わうことができる。

David らの Hajukone[13] はオープンソースで低い技術スキルでも構築することができ、かつ高品質の嗅覚機能を提供する香りの配達装置である。主に匂いの配達技術を研究する人と、嗅覚の役割を研究した人との間には嗅覚装置に求めるものとして隔りがあると主張している。前者は自分たちの技術やデザインを再現性よく利用可能にし、後者は一般的に比較的複雑なデバイスを設計して構築する技術的能力を持たないため、アドホックな解決策となる。加湿器の超音波センサーに香りを届ける回転式容器に焦点を当てたものを最終的なコンセプトとして、広く研究者が自由に利用できるように設計を行っている。

Dmitrijs らの OSpace[14] は、嗅覚相互作用空間を設計・構築し、嗅覚における研究を行っている。さまざまな空気抽出条件下でどのように香りの検出・残り時間を得ることができるのか、香りのタイプ・希釈度・および強度の影響をどのように調べることができるかを検証するためのユーザー調査を行っている。そのための香りの配給装置と香りのインタラクションルームを作成している。

また同著者らの Smell-O-Massage[15] はメッセージングアプリケーションにおける視覚的・嗅覚的、および組み合わせによる視覚的嗅覚通知における有効性の比較を行っている。嗅覚通知が視覚的通知と同程度の反応時間でメッセージの確認ができており、メッセージの種類と送信したユーザーの判別における信頼性とパフォーマンスを向上させることを実証している。さらに、実験に入る前に香りの

訓練と呼ばれる被験者に香りに慣れてもらう行程を加えており、そのことについての検討も述べている。

上記の調査から本研究の参考とする点が2つある。

1つ目に、五感における相互作用は人にさまざまな影響を与え、感情や記憶を刺激し呼び起こすためのファクターとなっていることである。これは味の錯覚を起こさせるうえで重要なことの一つであり、これからも調査が必要なものである。

2つ目に、香りを与えるためのデバイスとしてさまざまな手法が存在し、それに伴う良し悪しが存在する。アロマオイル等のものを加熱式化したものを嗅がせる手法や、そのままの香りをファンなどを用いて対象にぶつける手法のもの多様である。

3. 視覚情報と嗅覚情報による味覚変容

本研究の目的は、嗅覚が与える影響を考慮し、それに視覚情報を加えることで、味覚に対しての認識を変化させることである。着色料を使用した色付けと食用の香料を含んだシロップで味わうかき氷においても視覚と嗅覚の違いで味に対する影響をもたらす。そのことから別の外部刺激で視覚と嗅覚にアプローチすることにより、通常のかき氷を同じような変化を再現することができるのではないかと仮説をたて検証した。そのために着色料を使用した色付けと食用の香料の代替品を用意し、嗅覚情報と視覚情報を提示するためのシステムを構築した。嗅覚面については香料の代わりとしてアロマオイル等の香りをファンを使用して鼻に伝達する。視覚面については着色料の代わりにLED光源を用いて色をつける。これら二つを組み合わせることで味覚変容を検討している。

4. 味覚変容システム

視覚情報と嗅覚情報を重畳する仕組みとして、LEDとファンを用いたかき氷の味を変化させるためのシステムを試作している。着色料を用いると氷に混ぜ合わせる必要があり、1回ごとにかき氷を作り直す必要がある。そこでLEDを使用することで、その場での切り替えを可能とする。またファンを使用することで、手元で簡易に香りを送ることを可能とする。

これらによってリアルタイムに体験を行うことができるシステムを構築している。本章ではこのシステムについての詳細を述べていく。

4.1 システム概要

本システムは、視覚情報を提示する部分と、嗅覚情報を提示する部分の二つで構成されるシステムである。システム構成を図に示す。かき氷の容器としてショットグラスにLEDを当てるシステムを組み込み、かき氷を食べる際には嗅覚情報が提示されるデバイスをスプーンに取り付ける。

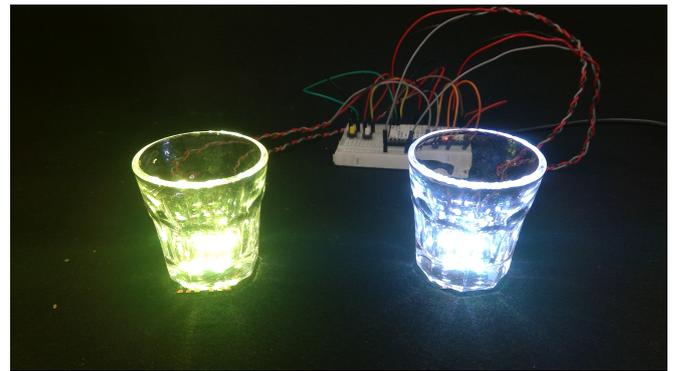


図1 LED(黄色・白色)

これらのシステムはWi-fiやBluetoothを内蔵したマイコンである「ESP32」に書き込んだプログラムによって制御を行う。以下では二つの構成要素についての詳細を述べていく。

4.2 視覚情報提示

かき氷におけるシロップの色の再現については、着色料の代わりとしてフルカラーのLEDを使用した。LEDテープを透明なショットグラスの裏に設置することで図1のようにかき氷自体を照らしている。LEDの制御として、タクトスイッチを用意し、それによって点灯または消灯の制御を行っている。通常のかき氷は、削られた氷の上面にシロップの色がついているものだが、今回は錯覚を与えるということを重視しかき氷に色を付けることとした。かき氷を再現することではなく、色がついていることを一目でわかるようにし、何の味なのかを想像しやすいようにしている。この手法を用いると、LEDの熱で氷が解けることが懸念されたが検証を行ったところ、5分以上はある程度の形を保ったままであることが分かった。そのため、実験の際には支障がないと判断した。

LEDを使用する理由として、色の切り替えをスムーズに行えるという点が挙げられる。見た目を変える手法としてはVRといったものもあるが、可用性に欠けたり、食べ辛かったりする。デバイスを渡すだけで簡単に行えることや現実的な視覚としての実験を行うことが良いと考えた。また、関連研究にも挙げた「LED光源を用いて色を重畳した場合にも、着色料を用いて色を付けた際と同程度のクロスモダリティ効果があった」という実験結果を踏まえても、この手法は有意義であると考えられる。

色の選択として、使用する2種類の香りの印象の強い色を使用しショットグラスの容器を照らした。レモンの色を黄色、バニラの色は白色とした。

4.3 嗅覚情報提示

かき氷のシロップに含まれている香料の代わりとして、レモン・バニラの2種類の香りを外部刺激として使用する

る。レモンは既存のシロップの味という点から、バニラは通常のかき氷の味にないものであり、甘味を感じやすい香りという点から味の違いに差が出るのではないかと仮説を立て、選択した。

香りを感じさせる方法は、関連研究で挙げたように多種多様に存在している。レモンはアロマオイル（天然植物精油）を使用し、バニラは市販のバニラエッセンスから、それぞれ液体となっている香料を脱脂綿に染み込ませ、その香りを嗅がせることとした。この実験においてはレモンの味の再現としてレモンの香りではなくライムの香りを使用している。その理由としては、アロマオイルにおけるレモンの香りよりライムの香りのほうがレモン味のかき氷の風味に似ていると感じたためである。これはあらかじめ10人に対してどちらのほうがレモン味のかき氷の香りに近いかを尋ねたところ、ほとんどがライムの香りを選択した。そのため、ライムの香りを採用することとした。

香りを嗅がせる方法として、図2のような嗅覚装置を製作した。かき氷を食べる食器は市販の透明なプラスチックスプーンを使用し、香りを送るための仕組みを含んだボディを3Dプリンタで作成している。これはスプーンへの取り外しが簡単にすることができるようにするためである。ボディは二つに分解することができ、ボディ前方部分の内部に香りを付けた脱脂綿を入れ、その後方に当たる部分にミニファンを取り付けることで香りを鼻に誘導することができる。この二つを組み合わせたボディをスプーンに取り付けることで口元にスプーンを運んだ時に、香りを含んだ風が鼻に当たる。また、スプーンデバイスのボディ外部の前方にもLEDチップを取り付けている。その理由としては、氷を容器からすくった際に、色が戻ってしまうためである。これらのシステムもスイッチによって制御を行っており、LEDの色の変更や点灯、ファンのON、OFFを3つのスイッチで行った。

5. 相互作用における味の提示実験

本実験では前述した嗅覚・視覚の手法を合わせることで、味覚に対して味を想起させることができるのかというアプローチをする。かき氷の味には余計なものを感じさせない単純な甘味料としてみぞれシロップを使用する。それに加え、LEDにより色の印象を与え、香りをもたらすスプーンデバイスを使用することで味を想起させる。今回の実験では、一瞬の味を想起させることを目的として、実験を行っていく。

5.1 実験の方法

まず初めに被験者に使用する2種類の香りを嗅いでもらう。これは被験者に香りの印象を与え、記憶から味の想像を促しやすくするための訓練として導入している。その後、スプーンデバイスとLED容器を使用して見た目と香りが

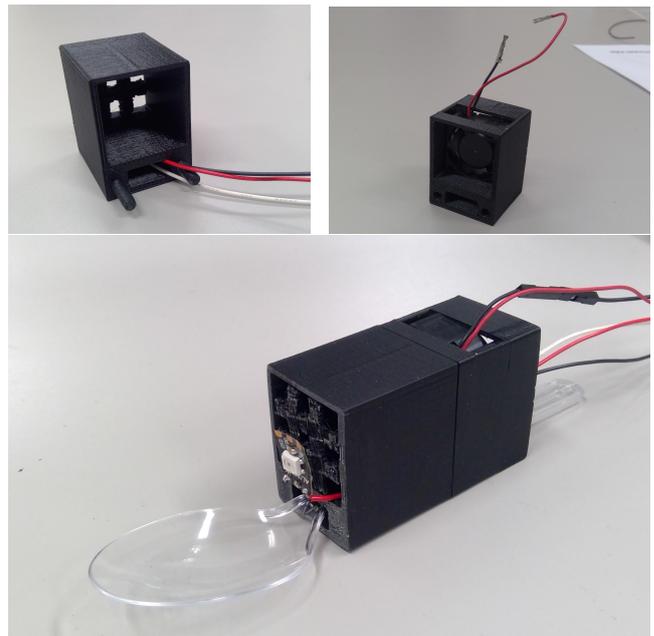


図2 スプーンデバイス (前・後・全体)

重畳された状態でまずは見てもらう。その後ゆっくりと口元に運んでもらい、実際にLEDで照らされている状態のかき氷を食べてもらおう。ここでファンの風によって流れてくる香りをしっかりと確認してもらうために、口の中に氷を含んでから1秒間静止してもらい、それからスプーンを離してもらおう。それから二口目に入ってもらう。これらが終わった後に、見た目や香り、味に対しての評価を行ってもらった。以上の行程を下記に簡潔にまとめる。

1. かき氷に使用する香りをガラス瓶に入った脱脂綿から確認する
2. スプーンデバイスでLEDショットグラスで照らされているかき氷をすくう
3. スプーンデバイスで照らされているかき氷をファンの風が鼻に当たるようにゆっくりと香りを確認しながら食べる
4. アンケートに答える

ここまでの流れを一試行とし、レモン味とバニラ味で二試行する。味の評価等は表1に示したような質問内容を紙媒体に記述してもらう方式によって行う。システムによって色と香りが重畳したときに、一瞬でも味を想起したかどうかを確認するために5段階の評価(1:全く感じない~5:すごく感じる)で変化の度合いを回答してもらおう。加えて、2口目に関しての評価は3段階(1:弱く感じる・2:変わらない・3:強く感じる)で味の強さの変化を回答してもらった。さらに、自由記述でコメントを記入してもらうこととした。

アンケートの回答は10名で20試行分のデータが得られた。実験を被験者が体験している様子を図4に示す。



図 3 スプーン側の LED (無色・黄色・白色)

表 1 質問内容

質問内容	評価
見た目ではレモン (バニラ) 味だと感じましたか?	5 段階評価
香りはレモン (バニラ) のものと感じましたか?	5 段階評価
食べたものをレモン (バニラ) 味だと感じましたか?	5 段階評価
2 口目は 1 口目に対してどのように感じましたか?	3 段階評価

6. 結果と考察

実験の結果を図 5 に示す。

LED で色を付けたかき氷における評価は、レモン味だと感じた平均スコアは 3.9 点、バニラ味は 3.2 点であった。これは黄色がレモンの味であることがわかりやすいが、通常のかき氷にないバニラ味を色だけで想像させるのは難しかったと思われる。嗅覚面においては、香りを嗅いでもらう段階で何の香りかを判断することができた。また、スプーンを口元に運んだ際にしっかりと香りも入り込んでく



図 4 実験の様子

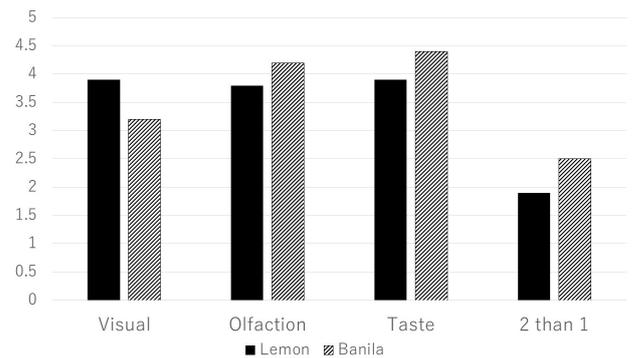


図 5 アンケートの平均スコア

る仕組みは有効であった。また、アンケートの結果としてレモン味だと判断したのは 3.8 点、バニラ味は 4.2 点であった。これはかき氷の香料とアロマオイルとでの微妙な差があると思われるが類似するものであったと言える。

味の感じ方に関する被験者の回答は、レモン味が 3.9 点、バニラ味が 4.4 点と、その味を感じている人が多いという結果となった。しかし、スプーンを口元から離すと途端にみぞれの感覚が強くなったという意見もあった。これは、一瞬の味を想起させるという目的では有効な結果であったが、しっかりと味を感じさせるという目的であれば違う手法が必要であると考えられる。また、見た目の印象としての評価が高かったレモン味よりも評価が低かったバニラ味のほうが味に関して強く感じたという結果については、香りの強さと言ったその他の外部刺激が要因となっているのではないかと考えられる。

自由記述では、「バニラの香りが強い」「スプーンが固定

されていないと持ちづらい」「色つきのかき氷はショットグラスに入っていると美しい」「2口目のほうが強く感じる」と言ったようなさまざまな意見が得られた。

2口目に関しての味の感じ方として、レモン味についてのアンケート結果は弱く感じる人が4人、変わらないと答えた人が3人、強く感じた人が3人、平均スコアとして1.9点となった。バニラ味は弱く感じる人は0人、変わらないと答えた人が5人、強くなったという人が5人、平均スコアは2.5点となった。レモン味で弱くなったと感じる人がいる一方で、バニラ味では一人もいないという結果となった。

7. おわりに

本研究では、視覚情報と嗅覚情報の重畳を利用して一瞬の味覚の変化を起こす検討を行った。そのためにLEDとファンを用いた味覚変容システムを構築した。

このシステムを用いて、かき氷に対して色と香りを重畳し、その見た目・香り・味を評価してもらう実験を行った。その結果、味の変化を感じているという結果を得られ、狙った通りの味を認識させることができるという有効性を示した。

この手法は、かき氷に限らずさまざまな食べ物に対して一瞬の味を想起させることができるのではないかと考えている。具体的には、砂糖菓子のような単純な甘さがあり無臭のものでなら行えるのではないかと考えており、今後の検討にしていきたい。

現段階において、複数の香りを試す際に、そのたびにデバイスのボディを開き中の脱脂綿を入れ替えなければならない。その手間をなくすための香り伝達の仕組みを考えなくてはならない。また、提示する香りについての換気的重要性についてを改めて再確認した。今回の実験では被験者が入れ替わるごとに、窓を開きファンを回して換気を行っていた。しかしながら、時間がたつにつれて徐々に香りが部屋に充満していった。このことにより被験者が余計な香りに気づいてしまうことがあった。加えて、使用する脱脂綿にも香りが互いに移りあい、混ざり合った香りとなっていた。そのため適宜交換のタイミングを見極める必要がある。

今後の展望として、食べている段階で色と香りを切り替えることで、その場でも味の変化を感じるのかを検証したいと考えている。そのために、色だけ変えたもの、香りだけを与えたもの、両方を与えたものを比較実験としてより多くの対象に実践していくことが必要である。そして換気を行いやすくするための部屋を作ることを検討している。

以上で述べたことを実践していくことで、さまざまなパリエーションのある味として認識させることができるのではないかと考えている。また馴染みのない香りや色の刺激といった組み合わせを試すことで新しい体験となるのでは

ないかと考えている。

参考文献

- [1] 鳴海拓志, 佐藤宗彦, 谷川智弘, 廣瀬通孝: 味覚ディスプレイに関する研究 第二報, 電子情報通信学会 (2009).
- [2] 鳴海拓志, 谷川智洋, 梶波 崇, 廣瀬通孝: メタクッキー: 感覚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, pp. 579-588 (2010).
- [3] Ranasinghe, N., Nguyen, T. N. T., Liangkun, Y., Lin, L.-Y., Tolley, D. and Do, E. Y.-L.: Vocktail: A Virtual Cocktail for Pairing Digital Taste, Smell, and Color Sensations, *MM'17, October 23-27, 2017, Mountain View, CA, USA*.
- [4] 谷川智洋, 崎川修一郎, 広田光一, 廣瀬通孝: 嗅覚における空間情報の伝送提示を行うシステムの研究, *TVRSJ*, Vol. 9, No. 3, pp. 289-298 (2004).
- [5] 横山智史, 谷川智洋, 広田光一, 廣瀬通孝: ウェアラブル嗅覚ディスプレイによる匂い場の生成・提示, *TVRSJ*, Vol. 9, No. 3, pp. 265-274 (2004).
- [6] 中村雅也, 鈴木 優: 身近なおいを用いた嗅覚における方向知覚の実験, *EC2017* (2017).
- [7] 中村雅也, 鈴木 優: 方向提示が可能な嗅覚デバイスの開発とその応用, *インタラクシオン 2018 論文集*, pp. 985-987 (2018).
- [8] 柳田康孝: 渦輪を利用した局所的香り提示技術の現状と課題, *TVRSJ*, Vol. 19, No. 1, pp. 29-36 (2014).
- [9] Li, S., Chen, J., Li, M., Lin, J. and Wang, G.: ColorOdor: Odor Broadens The Color Identification of The Blind, *CHI 2017, May 6-11, 2017, Denver, CO, USA* (2017).
- [10] Dobbstein, D., Herrdum, S. and Rukzio, E.: inScent: a Wearable Olfactory Display as an Application for Mobile Notifications, *ISWC '17, SEPTEMBER 11-15, 2017, MAUI, HAWAII, USA* (2017).
- [11] Amores, J. and Maes, P.: Essence: Olfactory Interfaces for Unconscious Influence of Mood and Cognitive Performance, *CHI 2017, May 6-11, 2017, Denver, CO, USA* (2017).
- [12] Grimshaw, M. and Walther-Hansen, M.: The Sound of the Smell of my Shoes, *AM '15, October 07-09* (2015).
- [13] McGookin, D. and Escobar, D.: Hajukone, *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems - CHI EA '16*, New York, New York, USA, ACM Press, pp. 1721-1728 (online), DOI: 10.1145/2851581.2892339 (2016).
- [14] Dmitrijs, D., Emanuela, M. and Marianna, O.: OSpace, *Proceedings of the Interactive Surfaces and Spaces on ZZZ - ISS '17*, New York, New York, USA, ACM Press, pp. 171-180 (online), DOI: 10.1145/3132272.3134121 (2017).
- [15] Emanuela, M., Robert, C., Dmitrijs, D. and Marianna, O.: Smell-O-Message, *Proceedings of the 2018 on International Conference on Multimodal Interaction - ICMI '18*, New York, New York, USA, ACM Press, pp. 45-54 (online), DOI: 10.1145/3242969.3242975 (2018).