

嗅覚刺激における塩味調味料を使用した風味変容の検討

白須 棕介^{a)} 羽田 久一^{b)}

概要: 人々がモノを食べるときに感じる味は非常に複雑で、味覚以外の感覚によってもさまざまな影響を受ける。その中でも嗅覚刺激は味の知覚に密接に影響を与えられる。著者らはこれまで甘味に対しての様々な食べ物の風味を嗅覚刺激によって変化させる試みを行ってきた。本稿では、嗅覚刺激を用いて塩味においても風味の変容を感じることができるかの評価実験を行った。そして、塩味を感じる調味料(醤油・味噌)を香りとして利用し提示することで、塩とうま味調味料のみで味を付けたシンプルな塩味スープに、調味料の風味を少なからず感じさせることができた。また、甘味における風味の変容だけでなく塩味にも起こすことができる可能性を示した。

キーワード: 嗅覚, 味覚, 複合感覚提示

Examination of flavor change using salty seasoning in olfactory stimulation

Abstract: The taste that people feel when eating things is very complex, and is also affected by various senses other than taste. Among them, olfactory stimulus is said to affect the taste perception. The authors have tried to change the flavor of various foods to sweetness by olfactory stimulation. In this paper, we conducted an evaluation experiment on whether or not the olfactory stimulus can be used to perceive the change in flavor even in salty taste. By presenting salty seasonings (soy sauce/miso) as fragrances, you can feel the flavor of the seasoning in a simple salty soup seasoned with only salt and Ajinomoto. It was. In addition, it was possible to change not only the flavor in sweetness but also saltiness.

Keywords: olfaction, taste, combined sense presentation

1. はじめに

人は食べ物のおいしさを味(味覚)だけでなく色や形(視覚), ニオイ(嗅覚), 触感(触覚), 食べ物の音(聴覚)など五感によってさまざまな刺激を外から受けている。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。本研究ではその中でも味覚に密接して関係のある視覚と嗅覚に着目してきた。

視覚は、食べ物が出てきたときに最初に働く感覚である。食べる前からおいしそうだという感想を抱くことがあるように、見た目の色や形、潤いや光沢、盛り付け方と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、見た目によつて

も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。ニオイの分子は2つの嗅覚経路を通ることで嗅状皮細胞にたどり着く。一つは鼻から生じる経路で、一般的な嗅感覚である。もう一つは、口から鼻へと抜けていく経路で、何かものを食べたときに生じるものである。嗅状皮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という経験は分かりやすい例である。

このようなことから、著者らはこれまでに、味覚

¹ 東京工科大学

^{a)} g3119006ec@edu.teu.ac.jp

^{b)} hadahskz@stf.teu.ac.jp

に対して一定の味の情報を与え、その他の情報を、視覚と嗅覚を用いて補うという形でさまざまな味を体験させる方法を模索し提案してきた。

これまでの研究 [1][2] では「かき氷」を題材とし、味覚変容の手法を検討してきた。味の決め手となるシロップに対して、容器に LED 光源を取り付けシロップの色を再現し、スプーンから香料を出すことで鼻に直接香りを与える。着色料や香料をシロップに混ぜ込むのではなく、別の情報として与えることで、一つの皿で様々な味をリアルタイムに切り替えるシステムを作成した。またその中で、そのシステムの有用性を示したと共に、味による様々な体験の違いを明らかにしてきた。これらによって得られ結果は、2 点ほどある。

まず 1 つ目に、かき氷のシロップにおける甘味において、シンプルな砂糖のシロップを下味として、視覚や嗅覚に別の味の情報を与えることで、砂糖をベースとした違う味がある程度知覚することができたということである。2 つ目に、違う味と知覚するうえでの情報量の割合は視覚よりも嗅覚が勝っているということが明らかとなった。

これらの知見を踏まえて、甘味に対してだけではなく他の五味に対しても同じように行うことができるのではないかと考えた。

そこで本研究では甘味だけでなく塩味に対しても同じような知見が得られるのではないかと考えた。

塩味は、甘味と同様にプリミティブな味であり、甘味とは対極的な位置に属している。様々な料理においてのおいしさのもととも言え、他の酸味や苦味に比べ、塩味をベースとしている料理がメジャーである。

また、鼻腔閉塞条件と鼻腔解放条件においての食べ物を食べたときの感覚的強度において、塩味は甘味とうま味の次に感知しやすいと言われている [3]。うま味に関しては、曖昧なものがありどの料理にも含まれているものである。

これらを踏まえたうえで、今回は塩味を感じさせるものとしてシンプルなスープを題材として用意し、そこに味付けとして単純な塩味の塩とうま味成分の塊であるうま味調味料を使用する。塩味単体では料理として完成するものではなく、そこにはうま味というものが存在する。これに、狙いたい味の香りを与えることで、実際にスープにはその味はついていないのだが、香りを与えることでその味を感じさせることができるのではないかと考えた。本稿では以前の研究から視覚と嗅覚の比較で嗅覚の影響が勝ったことから、嗅覚刺激のみで与える風味に表れる影響に差異があるのかを検討する。

2. 関連研究

2.1 嗅覚と味覚

嗅覚刺激による、知覚される味が変化することについての研究は古くからおこなわれており、それは単独の感覚で

はなく、鼻から入る香り (オルソネーザル) と口から入り鼻から抜けていく香り (レトロネーザル) から成る 2 元性の感覚であると言われている [4]。普段の生活からあらわれることだが、風邪をひいたり花粉症になったりして鼻の調子がおかしくなった時、味覚は正常であっても感覚としておかしくなったと感じることがある。これは味覚の障害にとられることで自分の嗅覚に障害が生じたことを実感していない。書物の中には「味」の 80 パーセント以上は嗅覚に起因するものであると述べているものも少なくない [5]。このような例から嗅覚と味覚の間には相互作用が存在することが予想される。実際にそれを利用した研究は行われてきており、岡崎らの嗅覚ディスプレイ [6] では、レトロネーザルに着目しており、箸の先から香りを出し口内から香りを入れることで、風味を増強させるシステムを作成している。これにより既存の食べ物の風味を増強させることができることを示した。

また、角谷の嗅覚ディスプレイ [7] は呼吸中のレトロネーザルの嗅覚刺激による味覚の増強効果に着目し、塩味においても引き起こされるかを検討している。また以前に甘味に関しても同様の検証を行っており、甘味特有のものではなく、塩味に関しても味覚強度増強が引き起こされるを示した。

一方で、鳴海らによるメタクッキー [8] は味覚に対して、視覚による刺激も用いているが嗅覚刺激はオルソネーザルを用いている。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、オルソネーザルの嗅覚刺激で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しての有用性を示している。

オルソネーザルとレトロネーザルのどちらがより味覚に対して影響を与えている点に着目されているが、著者らはどちらも活用することができれば、よりよくなるのではないかとこの考察のもと、それに即したデバイスを開発している。

味覚に絞らず、嗅覚情報を提示するディスプレイには、さまざまなものが存在しており、それらに応じて様々な手法がとられている。

David らの inScent [9] 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。

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

クタ [10] 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。

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 [11] 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。

これらの研究から目的によって、香りの配送は適した手法があることがよくわかる。また、嗅覚は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がわかる。これは味の錯覚を起こさせるうえで重要な要素の一つとなり、実験に欠かせない課題である。

2.2 視覚と嗅覚における味覚

近年では、バーチャルリアリティ (VR) 技術の発展などにより、さまざまな感覚の情報が提示されるようになり、さまざまな行為や状況がバーチャルに体験できるようになっている。

Ying-Li らの「TransFork」 [12] は VR による視覚と、香りによる嗅覚を伴って味覚変換を体験するものである。フォークに香りのついたボックスを取り付け、方向をユーザーの鼻に向けて調整することができ、ミニファンで臭いを誘導することができる。食べ物の色を変えるために、QR コードを使ってフォークの位置を特定し、ヘッドマウントディスプレイを装着することによって増強された色を見ることができ。この手法ではフルーツを利用しているが、基からしっかりとした味のできているものを別の香りで変えてしまおうという試みは、狙った風味を出すにはお互いの主張が強く難しい。

その一方で Nimesha らによる Vocktail [13] 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。こちらでは無味である水から五味を表現しているが、食べ物の風味を表現とするには無味から行うには難しい。

そのため本手法では、単純な味が食べ物の味を表現することがしやすいのではないかと仮定して、あらかじめ簡単な味をつけておき、そこに嗅覚刺激を利用することで別の味を感じさせる手法をとっている。これにより一つの皿において様々な味を体験させることができる。

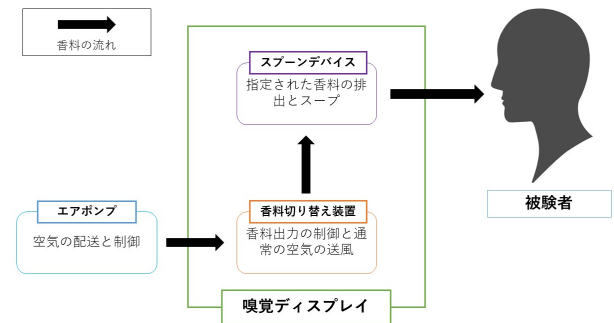


図 1 システムの概要

Fig. 1 System overview

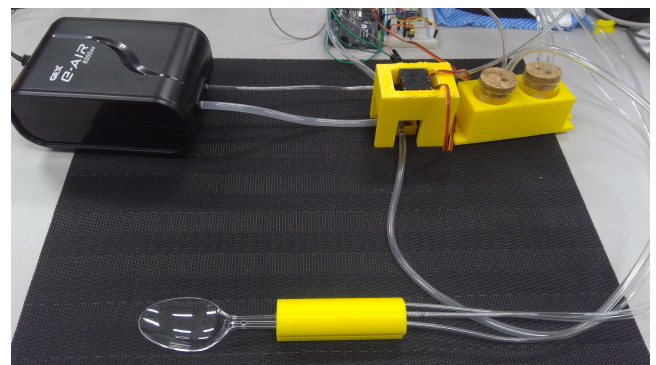


図 2 嗅覚情報提示装置の全景

Fig. 2 Panoramic view of olfactory information presentation device

3. 味覚変容システム

本システムは、以前の甘味における評価実験の際に用いたデバイスを基本的に使用しており、その構成を図 1 に示す。以下では嗅覚情報の提示についての詳細を述べていく。

3.1 嗅覚情報提示

香りを嗅がせる方法として、図 2 のような嗅覚情報提示装置を製作している。香りを送るための仕組みを含んだボディやケースを 3D プリンタで作成している。エアポンプから配送された風はチューブを通り、制御されたエアー分岐管を通して 3 つの経路に分かれる。2 つの経路では、香りを含ませた脱脂綿を仕込んだ香り瓶の中を経由して香料を付与した風となり、残りの一つは何も含まない風となる。この 3 つをまとめたものがスプーンデバイスに組み込まれており、スプーンを口に運んだ際に、香りを付与した風を与えるものとなっている。

使用する塩味スープを再現する香料の代わりとして、醤油・味噌の 2 種類の香りを外部刺激として使用する。この二つは一般的に調味料としてしょっぱい味として認知され



図3 スプーンデバイス(上部・下部・全体)
Fig. 3 spoon device(Top,under,all)

ているものを選択した。

3.1.1 スプーンデバイス

図3に示したスプーンデバイスはスプーンとして持つ際に抵抗が出ないように作成している。

ボディは二つに分解することができ、これはスプーン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。上部のボディには香りを送るためにエアチューブを3本通している。そのうちの二つからは香りを含んだ風が流れ、残りは香りを含まない風を流す。下部のボディにはスプーンのサイズに合わせた溝を作っており、そこにスプーンをはめ込むことができる。食べるための食器は衛生面も考慮したうえで使い捨てのプラスチックスプーンであることを重視している。上部と下部のそれぞれボディに磁石を仕込むことで、二つのボディはくっつき安定する。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、食べる瞬間では香りを含んだ風が鼻に当たり、口に運んだ時には口内に入るような仕組みとなっている。これによってレトロネーザル刺激とオルソネーザル刺激に二つを口元でうまく再現している。

3.1.2 香りの配送装置

香りを配送する手段として、エアポンプによる風の配送で最終的にユーザーの口元へと香りをお届けしている。風はゴムチューブを介して送られており、三又のエア分岐管を経由することで、3つの経路に分けられる。分岐管には風の流れを制御するためにエアコックがついており、これによって排出する風を制御する。

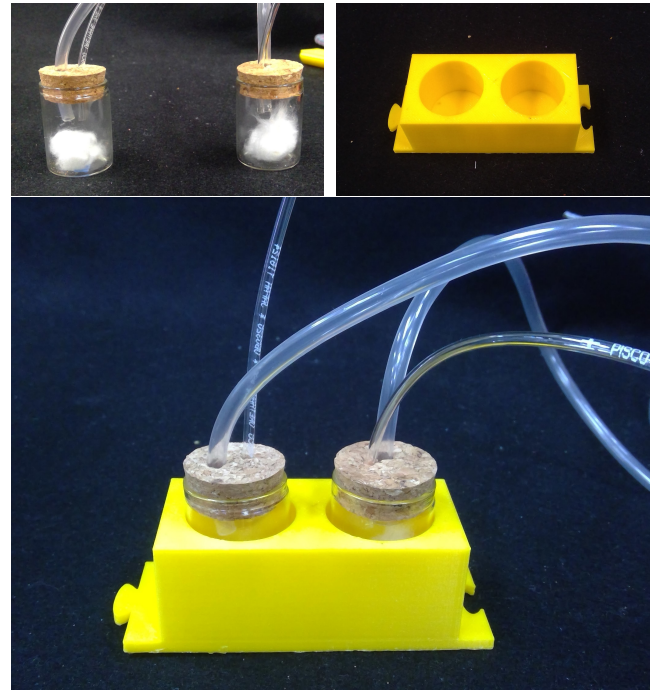


図4 香り瓶と香りボックス
Fig. 4 flavor bottle and flavor box

この制御した風が流れる2つのチューブはそのまま図4の香り瓶を経由することで香りを含ませることができる。前節で述べたように、今回は醤油と味噌の香りを用意しており、香り瓶の中にはこの二つの香りが仕込まれている。

今回の実験では、提示の際には香料を気化させやすくするために脱脂綿を入れ、ガラス瓶の中に入れた(香り瓶)。加えて香りを提供しやすいように、香り瓶はお湯につけ、一定以上の温度になるようにした。

香りを付与した風はそのままチューブを通じてスプーンデバイスへとつながる。残り1つのチューブでは何も含まない風を流し、制御せずにスプーンデバイスから流し続ける。これは香りを含んだ風を届ける際の補助となる風であり、配送していない際のスプーン周辺の換気のための風でもある。

これらをまとめた嗅覚情報提示装置はリアルタイムのスムーズな香りの切り替えを可能とする。また、不必要な香りの漏洩を少なからず防ぎ、部屋に香りが充満することによる実験の弊害を多少なりとも防ぐことにつながる。

4. 相互作用における味の提示実験

本実験では前述した手法を合わせることによる、リアルタイムに味を変化させる新たなデバイスを用いて、味覚に対して味を想起させることができるかを検討する。スープの味には余計なものを感じさせない単純な塩味として塩とうま味成分を使用する。それに加え、香りをもたらすカップを使用することで味を想起させる。今回の実験では、新たに作成した味覚変容デバイスの有用性を調査するとともに

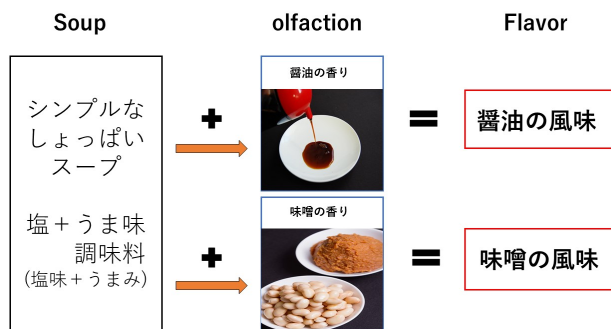


図 5 実験に使用した香料とスープの味付けの組み合わせ

Fig. 5 Combination of flavor and soup used in the experiment

に、新しく検証する塩味に対してアプローチがどの程度の認知を得るかを調査する実験である。

4.1 実験の方法

本実験では、調味料として塩味を感じる種類のを香料として2種類(しょう油, 味噌)と、塩味とうま味成分で味付けをしたスープを用意する。スープはお湯に対して塩, うま味調味料がともに500mlのお湯に対して, 2.5gずつの分量で作成する。これらに加えて, 与えたい味の香り(醤油と味噌)を足し合わせることで, もとの味に対してどの程度変化させ, その風味のスープを感じさせることができるかを検証することとした。実験に使用した香料とスープの味付けの組み合わせと, その組み合わせで感じさせることを狙った風味を図5にまとめた。

まず実験を始める前に, 直近で味のあるものをつかどうかを確認し, 目安30分以上開けて実験を遂行した。最初に, 本実験では味の評価をしてもらう実験だと伝え, 食べてもらうのは醤油と味噌の味であることを理解させた。

その後, 評価用紙を提示し, 醤油と味噌どちらか好きなほうを選んでもらい, 実験者はスープと香りの準備を行う。スープはポットから用意するが, その作業風景は見せないようにした。

そして, 用意されたスープを作成したデバイスを用いて飲んでもらうように指示する。スープをのみ終わる, もしくは飲み終わりを宣言したら評価用紙に記入してもらい, その間にまた新しいスープを作成する。被験者には味評価ごとに水を提供し口をリセットしてもらう。また, スープを入れるカップも評価ごとに切り替えることとした。この行程を2つの味(醤油, 味噌)と基の味(香りなし)の計3パターンを行ってもらい, 香り付きの2つ味の評価を4段階の評価(1:まったく感じない~4:すごく感じる)で変化の度合いを回答する。そして, 最後に基の味を食べてもらい, 先2つの味と比べて差異があったかを4段階の評価(1:まったく感じない~4:すごく感じる)で答えてもらった。その評価をまとめたものを表1に示す。

表 1 質問内容

質問内容	評価
醤油風味のスープだと感じましたか?	4段階評価
味噌風味のスープと感じましたか?	4段階評価
先ほど食べた二つの味と比べて違いを感じましたか?	4段階評価

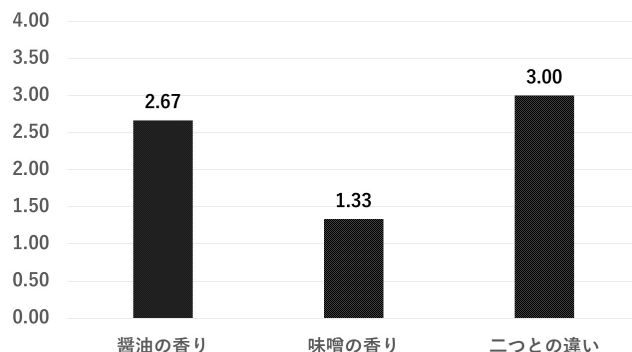


図 6 アンケートの平均スコア

すべての味を食べた後には, 食べてみたい味やコメントなどの自由意見を記入してもらうこととした。

5. 結果と考察

5.1 実験結果

被験者3名に行った実験の結果を図6に示す。

香りを付与した評価実験における試行は, 醤油風味を感じたという平均スコアは2.67点, 味噌風味は1.33点という結果となった。醤油風味はある程度感じるという一方で, 味噌風味は感じにくいということを示している。意見としても, 醤油は「雰囲気分かる」という意見に対して, 味噌は「言われないと分からない」ということから, はっきりとした感じ方の差が生まれた。

香りなしの基の味を食べてもらい, 先二つの味との違いを示す評価は3.00点ということでその差異を感じているのを示した。これで香りがあるのとないのでは違いがあるということを改めて明らかにすることを示した。また, 甘味よりも感じにくい塩味も香りによって風味の感じ方に影響を与えることができることが明らかとなった。

5.2 考察

5.1で得られた結果は, 本システムが嗅覚刺激における風味の変化に関して, 甘味だけでなく塩味においても変化を与える可能性を感じさせるものである。その変化の度合いは, 決して大きいものではないが被験者にその違いを感じさせ, 塩味における様々な風味を与えるアプローチに有効性を示している。

醤油と味噌における差はさまざまな考察が考えられ, それらを自由意見と共に列挙していく。

まず, 食品の印象にそぐわせることができるまでのものを与えることができなかったことが考えられる。この研究

では、あくまで本物の味を与えているわけではないので、それを感じさせるためには風味を認識させるための要素としての記憶や経験で補っていく必要がある。その要素を大きく占めるモノとして嗅覚における刺激が強いというものを以前の研究で示してきたが、それは食品によってやはり必要なものが異なっていることが考えられる。例として味噌風味のスープは濁っている印象があるため、食べたときにスープは透明なのでその影響を受けたりする。今回の研究ではあえて嗅覚刺激に絞ることを主目的としているため、感じ方が下がることは当たり前ではあるが、それぞれの食品によって香りが印象にあるかという割合に違いがあることが改めて把握できる。

味噌の香りを与えた際に、醤油に対して狙った味を感じさせることができなかったが、これは香りの与え方に問題があるのではないかと考えられる。それは、揮発性の問題で香りが弱かった可能性であったり、味噌の種類であったりと様々な要素がある。自由意見では「味噌からは甘い香りがする」といった記述があり、それが味噌風味のスープという印象とマッチしないことが、感じにくさを与えた結果に結びついたと考えられる。それを踏まえると、香りを単純に嗅がせるのではなく、どのように与えられているかという要素まで注視していく必要があると考えられる。

その他意見の中では興味深い知見を得ることができた。今回における評価では、「食べた瞬間ではなく、食べた後の風味が醤油の雰囲気と感じた」という意見がほとんどの方から得られた。これは以前の研究における甘味の評価とは大きく違う点である。かき氷を題材として甘味の際は、「食べた瞬間に風味を感じて、スプーンを離すと風味が消えた」という意見が多数を占めていた。この甘味と塩味における風味の感じ方の差異は、五味における特徴なのか、香料における特徴なのかという点は非常に興味深いものであると考える。

6. おわりに

本研究では、嗅覚刺激を用いて塩味においても風味の変容を感じることができるかの評価実験を行った。そして、塩味を感じる調味料(醤油・味噌)を香りと利用して提示することで、塩とうま味調味料のみで味を付けたシンプルな塩味スープに、調味料の風味を少なからず感じさせることができた。また、甘味においての風味の変容だけでなく塩味にも起こすことができる可能性を示した。

今後の展望としては、香りの提示の仕方の模索や、より多くの対象に試行してもらうこと、他の香りを試していくことでの味の変化を調査していくことが挙げられる。

香りの与え方は、与える香りの食品そのものの香りの種類や強さ、揮発性といった様々な要因に関して、もう少し注視していく必要があると考える。また、香りをよりうまく与えるための新たなデバイスを模索中である。「液状の

ものをスプーンですくうことが難しい」という意見も見られたため、スプーンですくうのではなく、コップから直接飲めるようにした形状にした上で、香りをよりうまく提示させる新たなシステムを検討している。

別の香りとしては、塩味を感じさせるものとしてコンソメなどと言ったスープとしての種類も様々なものがあり、その可能性は多岐にわたる。それらを試していくことで、塩味がどのように影響を与えていくかという点を深めていくことにつながっていく。

以上で述べたような改良を重ねていくうえで、塩味においてもより深く味を感じさせることができるようにすることで、一つの皿において、リアルタイムに多様な味を感じさせる食体験を提示させることができると考えている。

参考文献

- [1] 白須椋介, 羽田久一: 視覚と嗅覚の相互作用における味覚変容の検討, 研究報告デジタルコンテンツクリエイション (DCC), Vol. 53, pp. 1-6 (2019).
- [2] 白須椋介, 羽田久一: 複合感覚によるリアルタイム味覚変容デバイスの開発, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2019 論文集, pp. 310-316 (2019).
- [3] 小早川達, 後藤なおみ: 食品の味わいと味覚・嗅覚, 日本調理学会誌, Vol. 48, No. 3, pp. 175-179 (2015).
- [4] Rozin, P.: "Taste-smell confusions" and the duality of the olfactory sense, *Percept Psychophys*, Vol. 31, No. 4, pp. 397-401 (1982).
- [5] 近江政雄: 講座〈感覚・知覚の科学〉, 朝倉書店 (2008).
- [6] 岡崎翔悟, 井上亮文, 星 徹: レトロネイザル嗅覚の刺激による接触物の風味増強システムの開発, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文集, Vol. 43, pp. 1-7 (2006).
- [7] 角谷雄哉, 鳴海拓志, 小早川達, 河合崇行, 日下部裕子, 國枝里美, 和田有史: 呼吸と連動した醤油の匂い提示による塩味増強効果, 日本ヴァーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 24, No. 4, pp. 77-82 (2019).
- [8] 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, 日本ヴァーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 15, No. 4, pp. 579-588 (2010).
- [9] Dobbstein, D., Herrdum, S. and Rukzio, E.: inScent: a Wearable Olfactory Display as an Amplification for Mobile Notifications, *ISWC*, pp. 130-137 (2017).
- [10] 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, 日本ヴァーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 19, No. 1, pp. 29-36 (2014).
- [11] 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, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2017 論文集, pp. 188-191.
- [12] Lin, Y.-L., Chou, T.-Y., Liao, Y.-C., Huang, Y.-C. and Han, P.-H.: TransFork, *Proceedings of the 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology - VRST '18*, USA, ACM Press, pp. 1-2 (2018).
- [13] 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*, pp. 1139-1147 (2017).