

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：16201

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K21202

研究課題名(和文) LEDによる擬似着色システムを用いた色と味覚の感覚間相互作用メカニズムの解明

研究課題名(英文) Analysis of the mechanisms underlying the effects of color on taste using LED light cup

研究代表者

佐藤 敬子 (SATO, Keiko)

香川大学・工学部・助教

研究者番号：30647889

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：本課題は、視覚と味覚の相互作用に着目し、味溶液を着色することが味覚にどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目的とした。特に、LEDによって溶液を疑似的に着色するシステムを用いることで、色と味覚の連合について調べるとともに、連合から生じる色による味覚の促進効果について調べた。2年間の研究期間内において、甘味、塩味、酸味、苦味に着目し、特に甘味と塩味については認知閾値から色の効果について調べた。研究の結果、着色される色によって味強度に対する影響は異なり、特に甘味ではその影響が強かった。一方で、塩味、酸味、苦味では着色による影響は個々によって異なるものとなった。

研究成果の概要(英文)：We use visual cues from color to judge the taste what we eat. This study focused on a sensory interaction between color and taste, and aimed to explore effects of color on out taste for sweetness, saltiness sourness, and bitterness. In the experiment, the solutions were colored using the LED light cup system and the color of solutions was changed by adjusting RGB values. We investigated taste thresholds for the sweetness and saltiness (Experiment 1 and 2), and taste intensity for the sweetness, sourness, and bitterness (Experiment 3). The results showed that the sweetness threshold colored with pink was the lowest, and that the effects of color on taste threshold depending on the color and taste. We implied that an enhancement of taste intensity derives from a familiar taste-color combination.

研究分野：感覚知覚情報処理

キーワード：味覚 色彩 感覚間相互作用

1. 研究開始当初の背景

味覚は、味を感じさせる物質が舌の味蕾に接することで起こる。しかし、実際は味覚以外の感覚からの影響を受けて味の感じ方が変化する。これは味覚と他感覚の感覚間相互作用であり、これまで視覚・嗅覚・聴覚などを用いて様々なアプローチが行われてきた。特に、視覚(色)が味覚に与える影響については、甘味や酸味を対象にした先行研究が存在する (Maga, 1964; Clydesdale, 1993; Strugnell, 1997)。Clydesdale (1993)は、甘味溶液を用いて、着色が濃くなればなるほど感じられる甘さが増大することを示している。このように、味の感じ方が強くなることを味の促進効果と呼び、このメカニズムは、色と味覚の連合(対象となる刺激の色から連想する味が存在する、つまり色と味の情報が関連づけて保存されること)によるものと考えられている (Strugnell, 1997)。

先行研究の中で、甘味に関しては清涼飲料などで色がイメージしやすいことから比較的先行研究が存在するが、その結果は一致しておらず (Delwiche, 2004)、それ以外の基本味である酸味、苦味、塩味、うま味についての研究例は少ない。そのため、色と味覚の連合が全ての基本味について存在するのか、またその連合が学習によるものか生得的なものかは未だ説明されていない。研究例が少ない理由として、実験刺激作成(食用色素で着色)が難しく、色の種類が少ないことが挙げられる。先行研究では、赤、青、黄、緑といった基本色しか使用されておらず、これらの色のみをもって色と味覚の連合のメカニズムを明らかにするのは難しい。特に、塩味に至っては他の基本味に比べて研究が進んでいない。

そこで本課題では、先行研究(鳴海ら, 2009)を参考に、簡易に色を変化させる方法として、LED照明を用いて溶液の色を擬似的に変化させる実験システムを構築し、実験システムとして利用する。このシステムは、フルカラーLEDを用いてコップの中の溶液の色を擬似的に着色するものであり、食用色素による着色でこれまで限定的だった着色の種類が広がる。さらに、このシステムを利用することで、よりインタラクティブな実験が可能になる。これによりこれまで曖昧であった色と味覚の感覚間相互作用、特に色と味覚の連合の存在について解明できるのではないかと、という考えに至った。

本課題では、LED照明による溶液着色システムを用いて、色と味覚の連合のメカニズムについて検討するとともに、色と味覚の連合から生じる、色による味覚の促進効果についても調べる。本課題は、申請者の専門分野である色彩工学を味覚実験に応用する新しい実験手法によって、色と味覚の連合を解明する試みであり、これにより、色と味覚のマッピング(心理的色空間と心理的味覚空間の対応づけ)を目指すものである。

2. 研究の目的

本課題では2年間の研究期間内において3つの実験が行われた。それぞれの目的を以下に示す。

(1)実験1 着色溶液の準備に多大な時間を要する問題点を克服するため、簡易に色を変化させる方法として、LED照明を用いて溶液の色を擬似的に変化させる実験システムを構築した。実験1では、基本5味のうち、塩味に着目し、食用色素を用いた先行実験の結果と比較するとともに、色による塩味の促進効果の有無について検討した。

(2)実験2 実験2では甘味に着目し、甘味をイメージさせる色彩とそうでない色彩を用いて甘味水を着色し、認知閾値の変化について調べた。無色の場合の認知閾値と、着色した場合の認知閾値を比較することで、色彩の認知閾値への影響を明らかにした。

(3)実験3 実験3では、甘味・苦味・酸味・塩味に着目し、アンケート調査により、色彩が持つ味のイメージを調査した。次いで、味をイメージする色彩と、イメージしない色彩で着色した溶液と無色溶液の味強度を比較する実験から色彩の影響を明らかにした。

3. 研究の方法

(1)実験1

参加者 大学生計20名(平均年齢21.8歳)が参加した。小川ら(2012)の実験により、塩味評定によって促進効果に差が生じるとの結果が示されていることから、塩味感度による群分けを行った。その結果、低評定群10名(濃味嗜好)と高評定群(薄味嗜好)10名に分類された。

実験環境 実験室の照明が実験刺激の見え方に影響することを考慮し、実験は暗室内、D65光源下で行った。空調温度は22°Cに設定された。

実験刺激 実験装置は、コップを装着する箱にLEDとバッテリー、制御基板を組み込み、コップ底から光を照射する構造とした(Fig.1参照)。白濁させた水にLED光を投射することで擬似的に染色した。白濁させるため、コーヒーミルクを用い、食塩水濃度は5種類(1.05%, 1.15%, 1.25%, 1.35%, 1.45%)、色彩は予備実験で塩味の促進効果が見られた、ペールトーンの青と黄の2色を使用した。味溶液は常温とした。

実験手続き 一対比較により行われた。まず、参加者の前に無色食塩水(1.25%)と着色し



Fig. 1 実験システムの外観

た食塩水を呈示した。左側を基準刺激、右側を比較刺激として、基準刺激を飲んだ後に比較刺激を飲み、基準刺激に比べて塩辛さが濃いか、薄いかを直感で判断し、回答した。これを1つの色について10通り1セットとした。休憩を挟んで2セット、計20通り(色彩2種類×濃度5種類×配置左右2通り)繰り返した。

(2)実験2

参加者 大学生20名(男性20名,平均年齢21.7歳)が参加した。

実験環境 実験1と同様であった。実験室の照度は約520lxであった。

実験刺激 実験システムは実験1と同様のものを使用した。甘味溶液はショ糖を用い、濃度は予備実験に基づき、3.50, 4.25, 5.00, 5.75, 6.50, 7.25 (g/L)の6段階を用いた。色は、甘味からイメージされる色として、ピンク, 赤を選定した。逆に甘味からイメージされない色として青, 緑を選定した。

実験手続き 実験参加者に、無色のミネラルウォーターと甘味水の1組ずつ呈示した。参加者は、直感でどちらの味が強い(もしくは同じ, 分からない)の3択で評価した。色条件ごとに上昇系列で3.50g/Lから7.25g/Lまで順に呈示し、全ての濃度を評価した。この試行を、無色を含めた5色条件について繰り返した。休憩を挟んで2セット、計60通り(色彩5種類×濃度6種類×配置左右2通り)行われた。また、実験終了後に色彩イメージに関するアンケート調査を行った。具体的には、32色の色刺激をパソコンのモニタ上で実験参加者に呈示し、甘味をイメージする色を1色選んでもらった。

(3)実験3

予備実験

本実験の前に、実験刺激に使用するための色を決めるための予備実験を行った。大学生43名(平均年齢20.0歳)に対し、色彩が持つ味のイメージについてアンケート調査を行った。具体的には、赤, オレンジ, 黄, 黄緑, 緑, 青緑, 青, 紫の8色に対して感じる味のイメージを甘さ, 酸っぱさ, 苦さ, 塩辛さについて5段階評価で答えてもらった。

本実験

参加者 アンケート調査に参加していない大学生15名(平均年齢22.1歳)が参加した。

実験環境 実験1及び2と同様であった。実験室の照度は約520lxであった。

実験刺激 アンケート調査によって、各味の最もスコアが高い色彩と低い色彩は、甘さではオレンジと青, 酸っぱさは黄と緑, 苦さは緑とオレンジ, 塩辛さは黄と紫, であり、甘味, 酸味, 苦味について上記各2色を使用した。なお、塩味においては、最も高いスコアが2.5に留まったため、実験条件から除外した。味溶液は、ショ糖(甘味), クエン酸(酸味), 硫酸キニーネ(苦味)を用い、溶液は常温とした。色彩刺激は、甘味はオレンジと青, 酸味は黄色と緑, 苦味は緑とオレンジと

し、これに無色を加えた3条件で行った。濃度は、先行研究と予備実験から、味を感じることのできる濃度とし、甘味7.20g/L, 酸味0.035g/L, 苦味0.010g/Lとした。実験手法には一対比較法を用いた。まず、参加者に色の異なる溶液をランダムで2つ(A:B)呈示し、2つの実験刺激を順に口に含み、吐き出してもらった。その後、AとBを比較し、どちらの味が強いかを-5~5のスケールをもつVisual Analog Scale上にマークしてもらった。これを3通りの組み合わせで行った。さらにこの手順を3種類の味に対して行った。色の組み合わせ、及び味の実施順序はランダムとした。

4. 研究成果

(1)実験1 各データからロジスティック回帰分析により基準刺激濃度(1.25%)と主観的等価となる値(PSE)を算出した。低・高評定群に分けて解析した結果、それぞれの回帰曲線パラメータは全て有意であった(全て $p < .01$)が、ホスマー・レメシヨウ検定の結果、有意水準5%で黄の低評定群のみモデル不適合となった。その理由として、黄色は青色に比べて実測値と予測値の差が大きいものが多く、濃度による感じ方の変化に一貫性が見られない結果であったからと考えられる。なお、PSEは、全体青1.28%, 全体黄1.29%, 低評定群青1.32%, 低評定群黄1.32%, 高評定群青1.21%, 高評定群1.27%となり、高評定群の青においてのみ促進効果が確認された。

まとめると、食用色素を使った先行実験(河村ら, 2014)では、青, 黄色ともに促進効果が見られる結果を得た。しかし、本実験の結果では、高評定群の青色以外のPSEは基準濃度より高い値を示し、抑制効果が見られる結果となった。これは、LED光を散乱させるために溶液を白濁させたことが一因として考えられる。また、黄色においては、特に1.45%の高濃度塩味溶液において、塩味感度にはばらつきが見られる結果となった。これは、先行実験でも高濃度の塩味溶液において、強度評定値が低くなっており、これと同様の結果を示した。

(2)実験2 実験1同様、ロジスティック回帰分析より各色における認知閾値を求めた。認知閾値は回帰式上で、無色の水に比べて甘味水の味の強さの判定が互いに50%になる濃度とした。その後ホスマー・レメシヨウ検定を行い、モデルの適合性を検討した結果、有意水準5%で、無色, 青は適合したが、赤, ピンク, 緑は不適合であった。回帰式から求められた認知閾値は、無色3.76g/L, ピンク3.58g/L, 赤3.98g/L, 青4.06g/L, 緑3.84g/Lであった。

さらに、甘味をイメージする色としてピンクと答えた参加者10名と、ピンクを選択しなかった参加者10名に分けて分析を行った。各グループにおける、ピンク色甘味溶液の認

知閾値を算出したところ、それぞれ 3.20g/L, 4.03g/L となった。

まとめると、甘味の認知閾値に対して色彩のイメージの影響が存在することを示し、特にピンクは認知閾値を低下させ、赤、青、緑は上昇した。さらに、個々の甘味に対するイメージ色で飲料が着色された場合、味覚の促進効果がより大きく働き、逆にイメージしない色の場合、抑制効果が生じることが示唆された。

(3)実験 3 実験で得られた評定値に対して、各色彩の味強度得点を求めた。甘味の場合、青と無色よりも、オレンジの方が味強度は高くなった($p = 0.0034$)。つまり、甘味をイメージする色彩に着色した場合、甘味をイメージしない色彩、及び無色と比較して、味強度が高くなった。これは、色彩を意識することで、味覚の促進効果が生じたためであると考えられる。一方で、甘味をイメージしない色彩に着色した場合、無色よりも味強度が高くなった。この結果から、甘味に関しては、色のイメージに関係なく、どのような色に着色したとしても味強度は高くなる可能性がある。酸味の場合、黄色が、緑及び無色よりも味強度は低くなった($p = 0.039$)。つまり、酸味をイメージする色彩で着色した場合、酸味をイメージしない色彩、及び無色と比較して、味強度は低くなった。苦味については、色彩の影響は見られなかった。以上の結果から、着色される色彩によって味強度に対する影響は異なることが示された。しかし、味からイメージする色彩、イメージしない色彩が最も味強度に影響するとは言い難い。本実験では、味によって色彩の影響が異なる結果となったため、味によって、味と色彩のイメージが強いものとそうでないものが存在すると考えられる。

(4)全体を通しての成果

2年間の研究期間内において、LED照明による溶液着色システムを用いて、4つの味覚に対して色の効果について調べた。結果、着色される色によって味強度に対する影響は異なることが示された。特に、甘味ではその影響が強い結果となった一方で、塩味、酸味、苦味では、味からイメージする色の回答にばらつきがあり、また着色による影響も個人によって異なるものとなった。

引用文献

- Clydesdale, F.M. (1993). Color as a factor in food choice. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **33**, 83-101.
- Delwiche, J. (2004). The impact of perceptual interactions on perceived flavor. *Food Quality and Preference*, **15**, 137-146.
- Maga, J. A. (1974). Influence of colour taste thresholds. *Chemical Senses and Flavor*, **1**, 115-119
- Strugnell, C. (1997). Colour and its role in sweetness perception. *Appetite*, **28**, 85.

小川緑・中野詩織・黄曉薇・綾部早穂 (2012). 嗅覚による塩味の促進効果 -塩味への感度に着目して-, 筑波大学心理学研究, **43**, 1-7

河村智・佐藤敬子 (2014). 色彩情報による塩味の促進効果に関する基礎的検討, 平成 26 年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集, 1787

鳴海拓志・二俣智栄・西村邦裕・谷川智洋・廣瀬通孝 (2009). 視覚情報を利用した味覚ディスプレイに関する基礎的検討, 映像情報メディア学会技術報告, **33**(21), 107-112

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 2 件)

- ① Keiko Sato and Takaaki Inoue, "Perception of color emotions for single colors in red-green defective observers", *PeerJ* 4:e2751, 2016 (査読有)
DOI: 10.7717/peerj.2751
- ② 石田理代・佐藤敬子・満倉靖恵:「音楽が画像印象に与える影響と音楽特徴量との関連性」, 電気学会論文誌 C, Vol.136, No.9, pp.1376-1386, 2016 (査読有)
DOI: 10.1541/ieejieiss.136.1376

[学会発表] (計 4 件)

- ① 濱田洋輝・佐藤敬子:「着色が味強度に及ぼす影響 -味からイメージする色彩を用いた実験-」, 第 49 回日本人間工学会中国・四国支部大会, 2016 年 12 月 10 日, 香川大学, 香川 (高松市)
- ② 濱田洋輝・佐藤敬子:「着色が甘味閾値に及ぼす影響 -LED 着色システムを用いた検討-」, 平成 28 年電気学会 C 部門大会, 2016 年 9 月 2 日, 神戸大学, 兵庫 (神戸市)
- ③ Keiko Sato, "Warmth and Coolness of Colors in Color-Vision Deficient Observers", *The 31st International Congress of Psychology*, 2016 年 7 月 26 日, パシフィコ横浜, 神奈川 (横浜市)
- ④ 佐藤敬子:「光るコップを利用した色による塩味促進効果の解明」, 日本心理学会第 79 回大会, 2015 年 9 月 23 日, 名古屋国際会議場, 愛知 (名古屋市)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ:

<http://www.eng.kagawa-u.ac.jp/~satokei/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

佐藤 敬子 (SATO, Keiko)

香川大学・工学部・助教

研究者番号：30647889

(2)研究分担者 なし

(3)連携研究者 なし

(4)研究協力者

満倉 靖恵 (MITSUKURA, Yasue)

尾田 政臣 (ODA, Masaomi)

井上 貴晶 (INOUE, Takaaki)

前田 貴一 (MAEDA, Kiichi)

玉川 勝也 (TAMAGAWA, Katsuya)