

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 27 年 6 月 8 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2014

課題番号：25560082

研究課題名(和文) 味覚を題材とした教育用味覚センサキットの開発

研究課題名(英文) Development of taste sensor for education focused on sense of taste

## 研究代表者

栗焼 久夫 (Kuriyaki, Hisako)

九州大学・システム情報科学研究科(研究院・准教授)

研究者番号：50178109

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：国際教育到達度評価学会(IES)による国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)によると、日本の高校生が科学を学ぶ必要性や有用性を実感していないことが指摘されている。これらを打開する方法として、身近に理科を感じることができる理科教室が実施されている。本研究は、理科離れを防ぐためのツールとして、身近に感じられる「味覚」を題材とし、短時間で簡便に作製できる理科教室用味覚センサを開発し、中学生、高校生、大学生を対象とした理科教室を実施した。理科教室は学生自身がセンサを作製および測定し、官能検査を行った。その結果、開発した教育用味覚センサが、理科教室の題材として有用であることが示された。

研究成果の概要(英文)：High school students in Japan do not realize significance and usefulness to learning Science. A lot of events for science education have been held to improve the problem. At the events, various science experiments are introduced to attract interests of the students to science subjects or science technology. The objective is to develop a science teaching material to improve motivation of students for learning science subjects. To verify this taste sensor as a useful science teaching material for science class, we applied this taste sensor into a science class for junior high school, high school and university students. The students produced this taste sensor by themselves and use it to measure mixed samples. Moreover, they evaluated sensory test of the samples. By comparing the results between the sensory test and the sensor response, humans taste showed the same tendency as well as the sensor response, which proved the sensor as a useful teaching material for science class.

研究分野：電子デバイス工学

キーワード：工学教育 味覚 味覚センサ

1. 研究開始当初の背景

近年、日本の学生(児童、生徒)の理科離れが深刻化している。国際教育到達度評価学会(IEA)による国際数学・理科教育動向調査(TIMSS)によると、1995年の調査開始当初から日本の中学二年生における「理科を楽しんでいると思う」生徒の割合の国際平均は78%である。それに対し、日本の学生で「理科を楽しんでいると思う」学生の割合は58%と低い水準となっている。日本の中学2年生の理科得点は、参加48か国中でシンガポールに次いで統計的に2位の水準であり、国際的にレベルは高い。しかし、この調査結果から、他国と比べて理科を学ぶ意義を感じていない、理系の職業志向の生徒が少ないことが顕著に示されている。これらを打開する1つの方法として、身近に理科を感じることが出来る理科教育が挙げられる。九州大学大学院数理学研究院が理系の新生を対象に数学の基礎学力調査を行っている。この調査によると、高校数学基礎レベルの理解が不十分とみられる新生の割合が20~30%を占め、この層は長期的に漸増傾向にある。2006年以降、ゆとり教育を受けた学生が入学したが、上位層の激減とその定着という結果となった。このような状況において、学生の理系科目や科学全般の関心を高めるための手段として、理科教育の重要性が増すと考えられる。

我々は、脂質高分子膜を用いた味覚センサの研究開発を進めている。味覚センサは、味物質の受容部として、脂質、可塑剤、高分子から構成される脂質高分子膜を用い、味物質との物理・化学的相互作用により、膜電位が変化する。この電位変化を検出することで食品の味を客観的に評価することができる。また、ヒトの官能とよく一致する。現在、味覚センサは市販化されており、食品業界や、医薬品業界で用いられている。従って、身近な生理学的現象の味覚と、それを工学的に計測する味覚センサを教育用題材として応用することで、学生の理科離れを防ぐ有用なツールとなり得ると考えた。

2. 研究の目的

本研究は、日常生活に根付いた「食生活・食文化」に起因する味覚をターゲットとし、理科離れを防ぐための教育用味覚センサキットの開発を目的としている。味覚は、「生物」、「化学」、「物理」の学問要素が織り交ぜられていること、食文化として身近に感じられる感覚であることから、近年問題視されている理科離れから脱却する有用な理科教育題材に成り得る。味覚は、舌の味細胞に存在する受容体と味物質間の物理・化学的相互作用により受容し、電気信号に変換された後、脳に送られることにより生み出される感覚である。

本研究では、理科教育として、短時間で、安全に試作できる教育用味覚センサキットの開発を行い、「生物」、「化学」、「物理」を

学べる実験学習テキストを作成し、中学生、

表1 味覚センサと理科学習

味覚センサの特徴	高校の履修科目	中学校の理科内容
味覚の数値化	生物	人間の感覚器官
味物質との相互作用	化学	化学変化とイオン
電圧測定・電荷	物理	電流とその利用

高校生、大学生を対象とした理科教室を行った。

3. 研究の方法

(1) 味物質に応答するセンサ受容膜の作製

味覚センサの受容膜は、脂質、可塑剤、ポリ塩化ビニルから成る脂質高分子膜である。教育用味覚センサは、学生自身が作製することを想定しており、簡便な脂質高分子膜の作製方法が必須となる。そこで、テフロン膜に脂質を短時間浸漬するだけで作製できるセンサ受容膜の作製を行った。センサ受容膜は、味物質と相互作用する脂質が必要である。これまで味覚センサの研究開発の知見を利用し、常温で液体である脂質や、洗剤、シャンプーといった脂質を含んだものを用い、最適な組成の検討を行った。

(2) 短時間で簡便なセンサ電極の作製

市販の味覚センサは、その受容部に特性の異なる脂質高分子膜を採用し、各味に選択的に応答させることにより、食品の味強度を評価する。この脂質高分子膜は脂質と高分子、可塑剤からなる膜であり、呈味物質との静電・疎水性相互作用による膜電位変化を検出する。受容膜である脂質高分子膜の成膜工程において、有機溶剤であるテトラヒドロフラン(THF)を使用した。環境省刊行の「化学物質の環境リスク評価」によると、THFの有害性として、粘膜への刺激や吐き気といった危険がある。また、THFは製膜的に揮発させるために、3日間を要する。従って、市販の味覚センサを生徒に自作させる形で理科教材に応用することは困難である。市販の味覚センサにおける脂質高分子膜を使用することで、理科教材における成膜工程を省略することは可能である。しかしながら、生徒への教育効果を考慮すると、生徒がセンサを構成する一つ一つの材料の役割を認識しながら、自らの手でセンサを作り上げる方が、理科への関心が高まると考えられる。従って、理科教材に要求される安全性及び作製時間の短縮を満足させるセンサ膜作製手法を考案した。

(3) 測定系の確立

上記(1)(2)で検討したセンサを用い、理科教室で学生本人が測定できる簡便なサ

ンプル測定方法の検討を行った。電圧の測定は、安価なテスター（千円程度）を用い、電圧測定時間、洗浄方法等を検討し、1 サンプルの測定が5分程度となるように最適化した。

#### (4) 理科教室

理科教室用のテキストを作成し、上記(1)、(2)、(3)で作製した教育用味覚センサを用い、高校生や大学生を対象とした理科教室を実施した(6回)。理科教室は、味覚や味覚センサの説明を行った後、センサの作製および測定を行った。また、アンケートを実施し、教育用味覚センサを用いた理科教室の有用性評価、改善点等を参加者からの視点で評価してもらった。

#### 4. 研究成果

##### (1) 味物質に反応するセンサ受容膜の作製

センサ受容膜に用いる脂質種を検討した結果、溶液中で正電荷を有する trioctylmethylammonium chloride (TOMA) と負電荷を有する phosphoric acid di(2-ethylhexyl) ester (PAEE) が優れたセンサ応答を示すことが分かった。受容膜は、エタノールで希釈した脂質溶液を混合し、テフロン膜を浸漬することで作製した。その結果、塩味(食塩)、酸味(クエン酸)選択的に反応する膜の開発

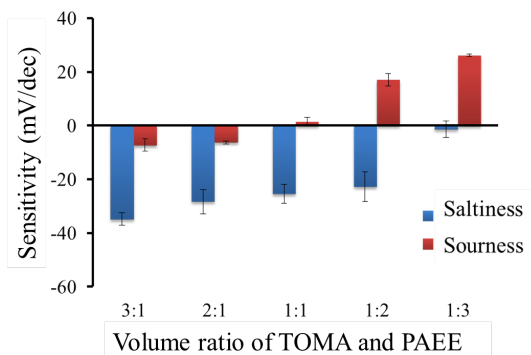


図1 塩味(食塩)と酸味(クエン酸)に対するセンサ応答感度;食塩 10 mM と 100 mM のセンサ応答の差,クエン酸サンプル 10 mM と 100 mM のセンサ応答の差

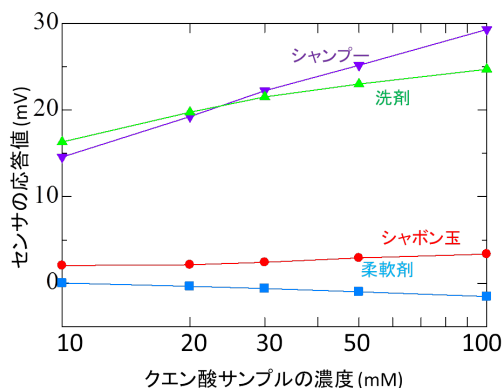


図2 クエン酸サンプルに対する濃度依存性

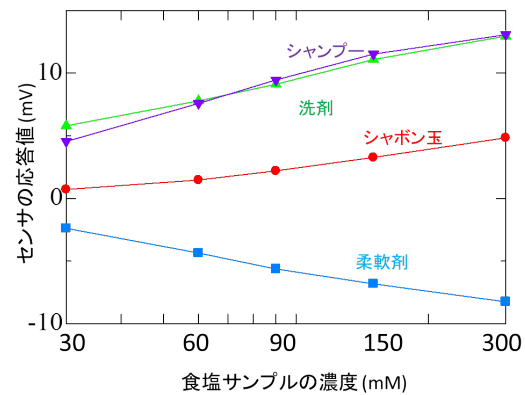


図3 食塩サンプルに対する濃度依存性

に成功した。混合比を変えることで、塩味と酸味に対する選択性を付与できることが明らかとなった。図1に各脂質の混合比と塩味および酸味サンプルに対するセンサ応答を示した。

身近にあるものを用いたセンサ受容膜を作製した結果、シャンプーや洗剤を用いた膜が、塩味や酸味サンプルに反応することが分かった。図2,3に酸味(クエン酸)および塩味(食塩)に対するセンサ応答を示した。

##### (2) 短時間で簡便なセンサ電極の作製

生徒が作製することを考慮して、短時間で簡便に作製する方法を検討した。測定は、センサ受容膜を有するセンサ電極と参照電極間の膜電位を計測するものであり、参照電極は市販の銀/塩化銀電極を用いた。センサ電極は、市販の銀塩化銀線と 3M KCl の内部液を封入するための中空棒として鉛筆キャップを用い、テフロン膜をビニール製のキャップで固定した。図4にセンサ電極の構造を示した。手順は、センサを組立て、テフロン部分に脂質溶液を浸み込ませ、内部液を封入するという簡単な作業ステップでセンサ電極を作製した。

##### (3) 測定系の確立

測定は、サンプルが入ったビーカーにセンサ電極と参照電極を浸漬させ、テスターで膜電位の計測を行った。以下に測定手順を示した。

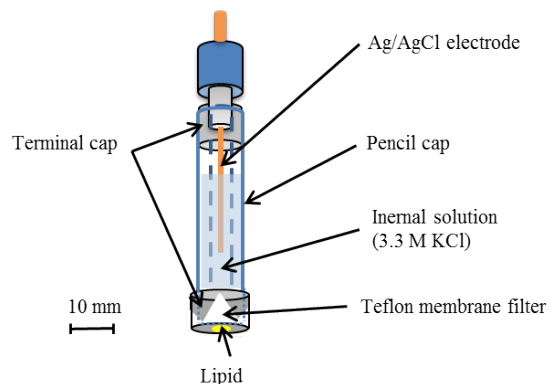


図4 教育用味覚センサのセンサ電極

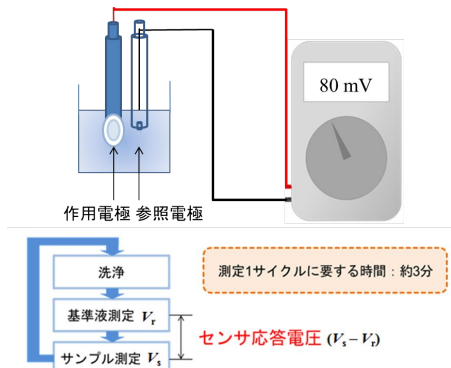


図5 測定システム

作用電極および参照電極を洗浄液 (30 mM KCl) で濯ぐ。

両電極を基準液に浸し、電位が安定した後に基準液 (30 mM KCl) 中の膜電位 ( $V_r$ ) を測定する。

作用電極および参照電極を洗浄液で濯ぐ。

両電極をサンプル溶液に浸し、安定した後にサンプル溶液中の膜電位 ( $V_s$ ) を測定する。

以上を測定1サイクルとし、測定するサンプル毎に、上記工程を繰り返す。また、膜電位  $V_s$  と膜電位  $V_r$  の差を相対値 ( $V_s - V_r$ ) と定義した。図5に、測定システムを示した。

#### (4) 理科教室

理科教室は、大阪市内の高校、兵庫県内の工業高校、熊本県内の高校、九州大学主催の中学生の科学実験教室、佐賀県主催のサイエンスセミナーで計6回実施した。

図6に試作した教育用味覚センサを用いた測定結果を、図7に学生の官能検査の結果をそれぞれ示した。用いたサンプルは、食品用の食塩とクエン酸を用いた。

理科教室は90分間おこない、自己紹介、味覚および味覚センサの紹介、センサの試作と測定、官能試験、アンケート調査を行った。味覚および味覚センサの紹介では、理科の有用性や理科学科目の関連性を意識できる内容とし、各班5名程度に大学院生1名を配置して実施した。

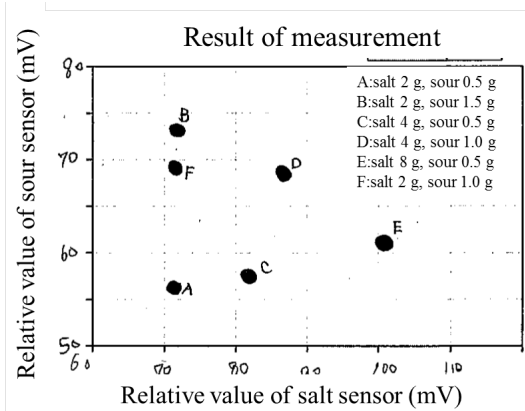


図6 教育用味覚センサを用いた測定結果

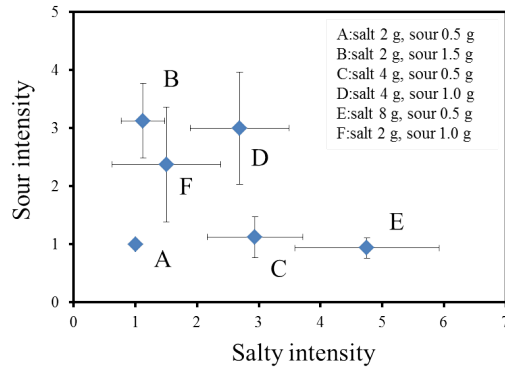


図7 官能検査の結果

試作したセンサの測定と官能検査の結果は、良く一致し、生徒自身が理科教室の時間内で自ら実験することに耐えうる難易度であることが分かった。また、官能検査は人によって異なっていたが、本来味覚には個人差があり、これを身をもって体験できたことから、興味を引き付ける良い実験内容であると考えられる。

理科教室で得られたアンケート調査の一部を以下に示した。

「あなたはものづくり活動が好きですか」という質問に対して、肯定的な回答をした生徒の割合は90%であった。そのなかで、「自分がものを創造するのが好き」、「完成した時の達成感がいい」と思った生徒が多かった。データ処理の評価。

「今度の簡易味覚センサを作るのは難しいですか」という質問に対して、「そう思う」と「思わない」の回答が半分ずつとなった。難しいと思う理由は「班によって数値が変わったので、再現性を取るの難しい」、「計算したり、グラフ化したりするのが大変だった」という意見があった。

簡易センサの機能評価。

「この簡易味覚センサで機能向上してほしいことは何ですか」という質問に対して、「市販の飲み物を測定してほしい」、「手に入れやすいもので作り上げてほしい」を選択した生徒が多かった。

また、参加者から頂いた感想の一部を以下に示した。

「自分の舌で塩味、酸味を調べる実験では自分の味覚と実際の数値とは少し異なっていて自分の味覚の曖昧さが分かりました。また、味を数値化できる味覚センサが素晴らしいということが同時に分かりました。」、「私は化学のことは苦手でしたが、化学に対して少し気持ちが変わりました。」、「私は電気科で人々の役に立つ物を開発・研究する側だと思うので、こんなものがあれば便利なのになどという考えを持ちながら生活していくことにします。」

以上、実施した理科教室は、おおむね良好な意見を頂くことができ、開発した教育用味

覚センサキットが理科教材として有用であることが示唆された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

巫 霄, 田原 祐助, 鎌本 一至, 都甲 潔, 栗焼 久夫: 理科教室用味覚センサ, 電気学会論文誌 E, 査読有, 123(2), 65-70, 2015  
doi.org/10.1541/ieejsmas.135.65

鎌本 一至, 荒瀬 仁志, 安浦 雅人, 田原 祐助, 都甲 潔, 栗焼 久夫: 教育用味覚センサの開発と教科横断型教材としての活用, 電気学会論文誌 A, 査読有, 134(8), 2014, 472-477  
doi.org/10.1541/ieejfms.134.472

鎌本 一至, 巫 霄, 田原 祐助, 都甲 潔, 栗焼 久夫: 味覚センサを応用した出張理科教室による高校生の理科教育への取り組み, 工学教育, 査読有, 62(5), 71-75, 2014  
doi.org/10.4307/jsee.62.5\_71

〔学会発表〕(計 7 件)

X. Wu, Y. Tahara, K. Toko, H. Kuriyaki: Fabrication of taste sensor as a science teaching material, Proceedings of the 48<sup>th</sup> Colloquium on Perception International Five-Sense Symposium

巫 霄, 田原 祐助, 栗焼 久夫, 都甲 潔: 教育用味覚センサを用いた高校理科教室, 平成 27 年度電気・情報関係学会九州支部連合大会

X. Wu, K. Kuwamoto, M. Yasuura, Y. Tahara, K. Toko, H. Kuriyaki: Development of taste sensor for education, Proceedings of the 15<sup>th</sup> IUMRS-International Conference in Asia (IUMRS-ICA 2014)

巫 霄, 鎌本 一至, 安浦 雅人, 田原 祐助, 都甲 潔, 栗焼 久夫: 塩味と酸味物質を計測する教育用味覚センサの開発, 電気学会センサ・マイクロマシン部門総合研究会

巫 霄, 鎌本 一至, 田原 祐助, 栗焼 久夫, 都甲 潔: 教育用味覚センサで用いる脂質膜電極の試作 II, 2013 年応用物理学会九州支部学術講演会

鎌本 一至, 巫 霄, 田原 祐助, 栗焼 久夫, 都甲 潔: 教育用味覚センサを応用した科学実験教室, 2013 年応用物理学会九州支部学術講演会

鎌本 一至, 巫 霄, 田原 祐助, 栗焼 久夫, 都甲 潔: 教育用味覚センサを用いた出張理科教室, 平成 25 年度電気関係学会九州支部連合大会

## 6. 研究組織

(1)研究代表者

栗焼 久夫 (HISAO KURIYAKI)

九州大学・大学院システム情報科学研究所・准教授

研究者番号: 50178109

(2)研究分担者

田原 祐助 (TAHARA YUSUKE)

九州大学・大学院システム情報科学研究所・助教

研究者番号: 80585927