

平成30年6月28日現在

機関番号：33113

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350106

研究課題名(和文) 固形食品を用いた風味反応時間の研究

研究課題名(英文) Detection and recognition times for flavors from solid and semi-solid foods.

研究代表者

宮岡 里美 (MIYAOKA, Satomi)

新潟リハビリテーション大学(大学院)・リハビリテーション研究科・教授

研究者番号：10465479

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：健常成人を対象に咬筋の活動を利用した果汁風味の検出(検知)と認知に要する時間を測定する手法を開発し、その有効性と信頼性を確認した。

これら反応時間には、試料の硬さが大きく影響していた。そして、市販のグミ・キャンディに含まれているニオイの強度が(甘味や酸味を呈する)糖や有機酸の量よりもこの検出時間に大きく影響していた。また、呼吸位相との関係では、風味の検出信号は呼息(息を吐く)相の方が吸息(息を吸う)相や休止(息を瞬時止めている)相よりも多い傾向にあった。咀嚼位相との関係では、その検出信号は閉口相と開口相との間で差がなかったのに対し、風味の認知信号は開口相の方が閉口相よりも明らかに多かった。

研究成果の概要(英文)：We developed an electromyography-based measuring system for flavor detection and recognition times of fruity flavored samples, and we verified the usefulness and reliability of the system.

The hardness of the samples strongly affected these times. The intensity of odor contained in commercial gummy candies contributed more to these times more than their amounts of sugars and organic acids.

In relation to breathing phases, detection signals tended to occur in the expiratory phase than the inspiratory. In relation to chewing phases, detection signals occurred almost equally in the jaw-closing and jaw-opening phases, while recognition signals occurred clearly more in the jaw-opening than the jaw-closing phase.

研究分野：リハビリテーション科学(摂食・嚥下機能障害学)

キーワード：風味 反応時間 咬筋電図 咀嚼 呼吸 検出時間 認知時間 食生活科学

### 1. 研究開始当初の背景

日常生活で食品を口にする状況では、大部分は複合した味と匂い・風味をもつ。このような食品を摂取する状況は、溶液や気体を刺激物質とする従来の味覚や嗅覚に関する反応時間実験と大きく隔たる。本申請課題である「風味の検出(検知)・認知時間」の測定では、日常の喫食場面により近づけるため、固形や半固形食品を対象として生活経験に即した科学的知見を得たかった。他方、日常的に接する食品を対象とする「時間-強度(T-I)分析」という官能評価手法がある。T-I分析では、食品の呈する風味強度の時間的変化を扱う。ここで、口に入れてから風味が検出されるまでの時間は一種の反応時間と言える。この手法では、一般に食品提示から風味の検出までの時間-"lag-time"-は2~3秒とされるが、正確な検出はおこなわれていない。その一因は食品の摂取(すなわち、風味刺激)開始時点が不明確であるため、また他の要因はT-I分析の研究者がそもそも"lag-time"の意味するところに関心が薄かったためと考えられる。本研究課題を始めるに当たっては、単に風味の検出・認知時間を正確に測定するだけではなく、得られた数値のT-I分析における位置付けをも吟味したかった。

### 2. 研究の目的

本研究課題では、実験の方法論として

- (1) 適切な試料の選定
- (2) 風味の検出・認知時間の測定手法の確立を主として研究期間の前半に目指した。
- 次に、当初計画の中軸である
- (3) 風味の検出・認知時間に及ぼす試料テクスチャの影響
- (4) 風味の検出・認知時間に及ぼす香り・呈味成分の影響

を主として研究期間の後半に目指した。

加えて、研究遂行途上で新たに

- (5) 風味の検出・認知時間と呼吸位相(呼吸・吸息・休止相)との関係
- (6) 風味の検出・認知時間と咀嚼位相(開口・閉口相)との関係

の2点にも注目した。以上、計6項目の目的を設定した。

### 3. 研究の方法

- (1) (上記の番号に対応する、以下も同様) 研究開始時は、風味が様々に異なっても形状やテクスチャがほぼ同一である市販のグミ・キャンディを用いた。しかし、香り/呈味成分が固定されているという欠陥があったため、これらを実験目的に応じて香り/呈味成分を任意に変えられるゼリー菓子を自製して使用した。
- (2) 被験者が試料を噛み始めた時点を咬筋の活動(表面筋電図)開始から同定し、被験者によるボタン押し反応によって検出・認知までの時間を測定する手法を

確立した。なお、被験者が何らかの風味を感じた時点までを検出時間、また風味の内容がわかった時点までを認知時間とした。また、反応時間測定後には、被験者に風味の内容を口頭にて確認した。測定された時間について、風味間等に差違があるか否かを分散分析等の統計手法によって検討した。

- (3) 市販「グミ・キャンディ」と自製「ゼリー菓子」について、クリープメータを使用して硬さ等のテクスチャ特性値を測定し、その特性が検出・認知時間に及ぼす影響を調べた。
- (4) 市販「グミ・キャンディ」の呈味成分は、高速液体クロマトグラフィーを用いて、また香り成分はニオイ強度計とガスクロマトグラフィーを用いてそれぞれ測定した。
- (5) 被験者の一側外鼻孔にサーミスターを貼付して呼吸位相を監視した(温度の上昇期を呼気相、下降期を吸気相、いずれでもない期間を休止相とした)。
- (6) (2)で使用した咬筋表面筋電図から、活動のある期間を閉口相、活動のない期間を開口相とした。なお、筋電図は各被験者の習慣的咬合側から記録した。

### 4. 研究成果

#### ・研究成果の概要

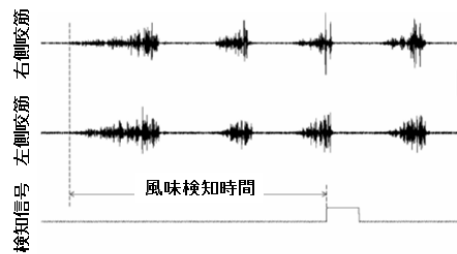


図1 咬筋活動を利用した風味検出時間測定の一例  
咬筋の活動開始から検知信号の発生までを検知時間とした。右方の縦棒は1 mVを、また下方の横棒は0.5秒をそれぞれ示す。

- (1)、(2) 上述の通り(「3. 研究の方法」参照) 試料は市販グミ・キャンディと自製ゼリー菓子を使用した。実験手法は、咬筋筋電図を利用してその活動開始から風味の検出/認知までの時間を測るという新しい手段で実施した。この手法によって、試料の咀嚼による呈味・香り成分の混和・蒸散から風味の検出/認知に要する時間を正確に測定できた。なお、使用した3種の果汁風味(ブドウ、レモン、パイナップル)による検出時間に有意差はなかった。

収集した検出時間のデータの信頼性について、健常成人16名を対象に再検査法によって検証した。同一被験者による同一試料(グミ・キャンディ)による検出時間を35日間隔(平均値)で2回

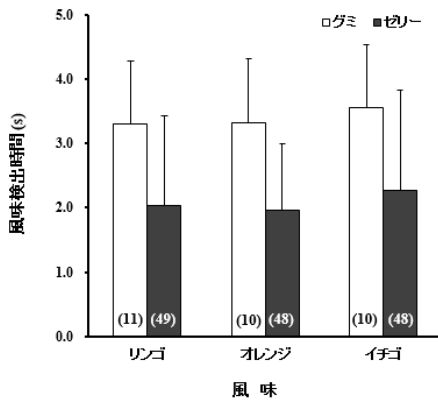


図1 試料の違いによる風味検出時間の差  
各棒グラフは「平均値±標準偏差」を示し、グラフ内の括弧付き数値はサンプル数を表す。いずれの風味をもつ試料でも、ゼリー菓子はグミ・キャンディよりも検出時間が短い。

測定した結果、両測定値間にはピアソンの相関係数  $r = 0.35$  ( $n = 148$  対) で有意な相関が得られた。この結果から、使用した咬筋活動に基づく風味検出時間のデータには一定の信頼性があることが検証された。

- (3) 試料テクスチャと検出・認知時間の関係では、グミ・キャンディとゼリー菓子の硬さの違いを中心に調べた。グミ・キャンディの硬さ（平均値）は約  $800 \text{ kPa/m}^2$  であったのに対して、ゼリー菓子の硬さは約  $200 \text{ kPa/m}^2$  と小さかった。グミ・キャンディによる検出時間が平均 3.3 秒であったのに対して、ゼリー菓子では平均 2.1 秒に短縮した（図 1）。認知時間についても、グミ・キャンディでは平均 7.5 秒を要したのに対して、ゼリー菓子では平均 4.6 秒であった。これらの結果は、試料の硬さが風味の検出時間と認知時間の双方に大きく影響し、その主な要因は試料咀嚼による呈味・香気成分の混和・蒸散の過程の違いであるとの示唆が得られた。
- (4) グミ・キャンディの香気・呈味成分と検出・認知時間の関係では、呈味成分については以下に述べる結果が得られたものの、香気成分については強度測定が適切に実施できた一方で、ガスクロマトグラフィーを用いた分析は継続の懸案となった。主たる呈味成分として、2 種の糖（ショ糖と麦芽糖）と 2 種の有機酸（クエン酸とリンゴ酸）が検出された。風味検出時間と二オイ強度、糖、有機酸との関係を回帰分析した結果、検出時間

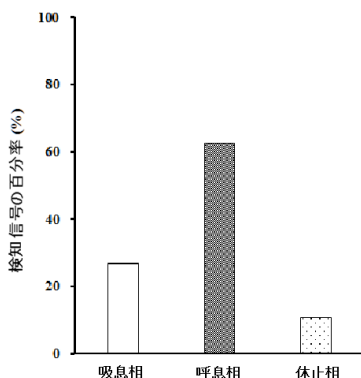


図2 呼吸位相による検出信号の発生割合の相違

と二オイ強度間には有意な回帰が認められたが、検出時間と糖、有機酸との間には有意な回帰は認められなかった。これらの結果は、風味の検出時間は主として試料の香気成分に依存するとの可能性を示唆した。また、添加する呈味成分や香気成分を任意に設定できる自製ゼリー菓子による測定結果についてはまだ解析が完了していないものの、市販グミ・キャンディと同様に果汁の種類による差は少ない傾向にあった。

- (5) 呼吸位相との関係については、データ解析の終了した検出時間の結果を述べる。検出信号の約 2/3 が呼息相で、残りが吸息相と休止相でそれぞれ記録され、3 相における検出信号数は統計的にも有意差が認められた。なお、呼吸 3 相の平均時間には有意差は認められなかった。また、各相を均等に 5 分割して検出信号数の比率を比較したが、いずれの相にも突出して記録される時点はなかった。これらの結果は、風味の検出は香気成分が呼息流に乗って嗅細胞を刺激するために生じる（いわゆる、口中香）との既報と合致する内容となった。
- (6) 咀嚼位相との関係については、検出時間と認知時間とで大きく異なる結果が得られた。なお、いずれもグミ・キャンディを試料とする実験であった。まず検出時間との関係では、閉口相にやや多くの検出信号が記録されたものの、開口相との間には統計的な有意差はなかった。閉口相に検出信号が多いのは、試料の咀嚼によって呈味・香気成分の混和・蒸散が促されたのかと想像されるが、詳細は不明である。次に認知時間との関係では、検出時間とは逆に、90% 近くの認知信号が開口相で記録された（この信号数は、統計的にも有意差が認められた）。現時点では、この結果がどのような機序で生じたのかは残念ながら説明できない。

以上を総括すると、健常成人被験者の咬筋表面筋電図を利用した検出・認知時間の測定法については、その有効性と信頼性が確認できた。検出・認知時間には、試料のテクスチャ特性値、とりわけ硬さが大きく影響した。市販グミ・キャンディを用いた検出時間に対しては、二オイ強度が糖量・有機酸量よりも大きく寄与した。また、呼息相の検出信号は吸息相や休止相よりも多い傾向にあった。さらに、検出信号は閉口相と開口相との間で差がなかったのに対して、開口相の認知信号は閉口相よりも明らかに多かった。

当初の研究背景にあった - 日常の喫食場面により近い反応時間研究 - という点については、一定の成果があったと考えられる。また、官能評価手法である T-1 分析の "lag-time" はゼリー菓子の検出時間に相当する

ことがわかったが、同分析にあるその他のパラメータと認知時間との関係は不明である。

・国内外における位置づけとインパクト

風味を含めた化学感覚の研究領域では、近年脳電図や脳磁図を使った誘発電位の潜時を詳細に解析する研究がおこなわれているが、伝統的な手法による反応時間はあまり調べられなくなった。その理由は溶液や気体を刺激物質とする実験室的研究がほぼ終わったためと考えられる。本研究課題はそのような刺激物質を使った研究とは異なり、より日常生活で経験する試料を対象として風味の反応時間を明らかにすべく実施された。その観点からは、伝統的な手法による反応時間研究に新しい方向性を持たせる可能性がある。したがって、本研究による論文刊行が進めば、関係分野に対して一定のインパクトが期待される。

・今後の展望

上述の通り(「研究成果の概要」を参照)、いくつかの未解決あるいは未完了の課題が残っている。中でも、咀嚼位相の及ぼす影響が検出時間と認知時間とで異なった点については、その機序の解明が急がれる。咀嚼と風味感知は密接に関連しており、上記機序を明らかにすることは風味感知の本質に迫る重要な点と考えられる。未解決・未完了の課題が解決された後は、官能評価のT-I分析や最近注目される Temporal Dominance of Sensations (TDS)分析などの手法と風味反応時間との関係を明らかにしていきたい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 8 件)

Miyaoka S, Iwamori H, Miyaoka Y. Distribution of recognition times to fruity flavor of gummy candies in healthy adults. Perception May 17, 2018; DOI: 10.1177/0301006618777940、査読有  
Miyaoka S, Miyaoka Y. Influence of breathing and chewing on timing of flavor detection. Journal of Behavioral and Brain Science 2017; 7: 1-8. DOI: 10.4236/jbbs.2017.71001、査読有  
Miyaoka S, Miyaoka Y. Test-retest reliability of detection time data measured using masseter electrogram in healthy young adults: Preliminary analysis of data. Perceptual and Motor Skills 2016; 122: 509-517. DOI: 10.1177/0031512516640388、査読有  
宮岡里美, 宮岡洋三. 果汁風味の検出時点と呼吸位相との関係. 日本味と匂学会

誌. 2015; 22: 351-352. 査読有  
Endo C, Hirata A, Takami A, Ashida I, Miyaoka Y. Effect of miraculin on sweet and sour tastes evoked by mixed acid solutions. Food and Nutrition Sciences 2015; 6: 757- 764. DOI: 10.4236/jbbs.2014.43015、査読有  
宮岡里美, 伊藤直子, 山崎貴子, 宮岡洋三. 咬筋表面筋電図を用いたグミ果汁の風味検出時間. 日本味と匂学会誌 2014; 21: 345-6. 査読有  
Iwamori H, Ashida I, Miyaoka Y. A piezoelectric sensor-based system for objective analyzing of the preparation of fluid foods. Journal of Sensor Technology 2014; 4: 148-53. DOI: 10.4236/jst.2014.43014、査読有  
Miyaoka Y, Ashida I, Tamaki Y, Kawakami S, Iwamori H, Yamazaki T, Ito N. Synchronisation of masseter activity patterns between the right and left sides during chewing in healthy young males. Journal of Medical Engineering and Technology 2014; 38: 281-5. DOI: 10.3109/03091902.2014.916356、査読有

[学会発表](計 14 件)

宮岡洋三, 宮岡里美, 蘆田一郎, TDS 法によるゼリー菓子の感覚評価と風味検出・認知時間の解析. 日本味と匂学会第 51 回大会(神戸市), 2017.9.25~9.27.  
岩森大, 浅田桃子, 伊藤悠希, 松田結衣, 山崎貴子, 伊藤直子, 宮岡里美, 宮岡洋三. 粥のアミラーゼ添加による甘味強度の変化. 第 22 回日本官能評価学会学術大会(東京都千代田区), 2017.11.26.  
佐藤栄美, 玉川詠美, 内藤久美, 葦沢麻生, 宮岡洋三. 紅茶へのフレーバー添加が甘味の時間と強度に与える影響. 第 22 回日本官能評価学会学術大会(東京都千代田区), 2017.11.26.  
岩森大, 宮岡里美, 井上誠, 宮岡洋三. とろみ付き飲料の炭酸と温度が飲み込みやすさに及ぼす影響. 第 23 回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会大会(千葉市), 2017.9.15~9.16.  
安城舞子, 荒木美穂, 石川真衣, 小林佳奈, 蘆田一郎, 宮岡洋三. 麹甘酒中の米粒が食味に及ぼす影響について. 第 21 回日本官能評価学会学術大会(東京都文京区), 2016.11.13.  
岩森大, 井上誠, 宮岡洋三. とろみ調整食品における適切な調整方法の検討. 平成 28 年度新潟歯学会第 2 回例会(新潟市), 2016.11.5.  
岩森大, 宮岡里美, 井上誠, 宮岡洋三. 飲料におけるとろみ付与の違いと攪拌操作が及ぼす影響. 第 22 回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会大会(新潟市), 2016.9.23~24.

宮岡里美, 宮岡洋三. 果汁風味の検知及び認知の量的・質的評価: 咬筋表面筋電図を用いて. 第 22 回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会(新潟市), 2016.9.23~9.24.

Miyaoka S, Miyaoka Y. Timing of detecting flavor and respiratory phases. 17th International Symposium on Olfaction and Taste (Yokohama), 2016.6.5-9.

岩森大, 山崎貴子, 伊藤直子, 宮岡里美, 井上誠, 宮岡洋三. とろみ調整食品を付与した「あん」が嚥下調整食の食感に及ぼす影響. 第 20 回日本官能評価学会学術大会(東京都武蔵野市), 2015.11.7.

蘆田一郎, 宮岡洋三. ヒトの味覚-眼瞬反射に関する刺激-記録系の確立. 日本味と匂学会第 49 回大会(岐阜市), 2015.9.24~9.26.

宮岡里美, 宮岡洋三. 果汁風味の検出時点と呼吸位相との関係. 日本味と匂学会第 49 回大会(岐阜市), 2015.9.24~9.26.

岩森大, 蘆田一郎, 宮岡里美, 井上誠, 宮岡洋三. とろみ調整時における攪拌周期の変動について. 第 20 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会(東京都新宿区), 2014.9.6~9.7.

宮岡里美, 伊藤直子, 山崎貴子, 宮岡洋三. 咬筋表面筋電図を用いたグミ果汁の風味検出時間. 日本味と匂学会第 48 回大会(静岡市), 2013.10.2~10.4.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

宮岡 里美 (MIYAOKA, Satomi)

新潟リハビリテーション大学・大学院リハビリテーション研究科・教授

研究者番号: 10465479

### (2) 研究分担者

宮岡 洋三 (MIYAOKA, Yozo)

新潟医療福祉大学・健康科学部・教授

研究者番号: 10134941