

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 6 日現在

機関番号：33111

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22500740

研究課題名(和文)咀嚼筋活動パターンによる食品評価 - 風味の関与

研究課題名(英文) Food evaluation based on activity patterns of the masticatory muscles during chewing - influence of flavor.

研究代表者

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

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円、(間接経費) 1,080,000円

研究成果の概要(和文)：咀嚼時の咬筋活動パターンは、その活動量や活動期間に比べて、まだ十分な研究がなされていない。報告者らは活動パターンをTp手法によって定量的に評価し、食品識別における風味の役割を調べた。健常若年成人男女を対象に、サイズとテクスチャが比較的近く、かつ果実風味の異なるグミを使用し、咀嚼時咬筋活動(表面筋電図)を記録・解析した。得られた3種Tp値のクラスター解析から、3つないし4つの下位クラスターが認められた。一部の下位クラスター間では、咀嚼したグミの糖量に差が見られた。この結果から、咀嚼時の咬筋活動パターンが風味、とりわけ甘味、を手掛かりとする食品識別に一定の役割を果たすとの示唆が得られた。

研究成果の概要(英文)：The masseter activity pattern during chewing serves as a parameter for discrimination of foods. This research project evaluated the role of flavors in the discrimination by use of fruit flavored gummy candies containing different kinds and amounts of sugars and organic acids as well as different flavors. The masseter activity recorded by surface electrodes in healthy young adults was analyzed quantitatively and calculated three Tp values. Cluster analysis presented three to four subclusters of each of the Tp values, and the average amounts of sugars, but not those of organic acids, differed significantly among the four subclusters in a part of the Tp values. The results indicate that flavors, especially the sweetness elicited by the sugars, can affect the masseter activity pattern at later stage of each chewing cycle. This research project suggests that flavors play an active role in the discrimination of foods by use of masseter activity patterns.

研究分野：生理学

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：食品識別 咀嚼筋 筋電図 パターン解析 風味

1. 研究開始当初の背景

(1) 本研究は、先に交付された科研費（課題番号、1950067）に基づく研究を継続・発展させる位置付けであった。先の科学研究では、1) 咀嚼時における咬筋筋電図のパターン解析手法を確立と2) 食品属性の中でもテクスチャに注目して解析した。

(2) 食品の識別では、硬さや付着性などテクスチャ特性の果たす役割が大きいとされる。先の科学研究から、異なるテクスチャ特性をもつ食品を使い、その自然な咀嚼により得られた咬筋活動のパターンには差が見られたので、咬筋活動パターンが食品識別に一定の役割をもつとわかった。主として口腔粘膜の機械受容器に由来するテクスチャ特性以外に、食品識別属性の重要な手掛かりとして口腔と鼻腔の化学受容器に由来する味や匂いがある。

(3) 本研究課題では、咀嚼時に生体へ同時的または継時的に伝達される機械受容器と化学受容器（主に味覚受容器）からの情報が食品の識別に与える影響を調べた。

2. 研究の目的

(1) 最重要の研究目的は、咀嚼時に発する味覚情報が食品の識別に与える影響を咬筋活動パターンを手掛かりに解明する点にあった。その解明では可能な限り味覚以外の食品属性を均一にする必要があり、「3. 研究の方法」に記すような食品を使用した。また、実験と解析の手法は基本的に従前と同様にしたもの、単に異なる食品間で T_p 値で測られる咬筋活動パターンに差があるという個別比較ではなく、咬筋活動パターンと食品の化学特性が示す全体を把握するため、 T_p 値データにクラスター解析の手法を適用した。さらに、解析から得られるクラスター間の化学特性値（具体的には、糖量と有機酸量）が異なるのか否かを統計的に検討した。

(2) 上記の主目的と併せて、咀嚼時の咬筋 T_p 値がもつ特性をいくつかの側面から調べた。ここでは、すでに論文刊行となった「咀嚼数など従来からの諸指標との差別化、咀嚼期間を通じた経時変化、拮抗筋である舌骨上筋群活動への影響、両側咬筋の T_p 値比較」に関する知見を報告する。

3. 研究の方法

(1) 生体情報の採取

先の科学研究と同様に、被験者としてインフォームド・コンセントを得た健康若年成人男女を用いた。各被験者には、咀嚼時の筋活動が記録できるよう、咬筋（閉口筋）と舌骨上筋群（開口筋）の直上皮膚に表面電極を貼付し、また顎運動の記録用センサを装着した。

(2) 用いた被検食品

研究目的(1)の実験では、サイズやテクスチャが比較的揃い、果実風味（リンゴ、ブドウ、オレンジなど）が添加された市販の「グミ・キャンディ（以下、グミ）」を被検食品として使用した。研究目的(2)の実験では、グミに加えてカステラやせんべいなど6種の食品と種類や濃度を変えた寒天を使用した。

(3) 食品の特性分析

研究目的(1)の被検食品 - グミ - の特徴は含有する「糖」と「有機酸」にあると考え、まず高速液体クロマトグラフを用いて検出と定量をおこなった。また、被検食品の「香気強度」を測定できる装置も使用した。先の科学研究と同様に、簡易的なテクスチャ測定装置(TPU)を用いて、被検食品の「硬さ」や「付着性」など主な特性値を測った。

(4) 実験の手続き

電極とセンサを装着した坐位の被験者に、被検食品を無作為な順序で提示するとともに、前方に設置したディスプレイを使って咀嚼開始等の指示を与えた。被験者は指示にしたが

って食品を摂取し、自分のペースで咀嚼・嚥下した。被検食品間には十分な間隔を開け、その間に必要であればお茶の喫飲を認めた。

(5) データの解析法

記録された咀嚼時の筋活動から、咀嚼周期ごとに主として咬筋の活動時間と積分最大値を算出するとともに、報告者らが開発した T_p 手法を適用して活動パタンの定量化 ($T_{25} \cdot T_{50} \cdot T_{75}$ 値の算出) をおこなった。 T_p 手法によると、1咀嚼周期中の咬筋活動(前・中・後)は T_{25} 値などが小さいほどより漸減型(筋活動が時間経過にしたがって減る)を、逆に大きいほどより漸増型(時間経過にしたがって増える)をそれぞれ示すと言える。

(6) 統計的解析法

各種データの平均値間の差違を比較する分散分析とともに、活動パタンの指標である3種の T_p 値に対しては多変量解析の一手法である「クラスター解析」を適用した。この解析法によって、ある被検食品の咀嚼時に得られた T_p 値と別の被検食品で得られた T_p 値との相対的類似度が把握できる。

4. 研究の成果

(1) 「風味」の関与

化学分析により、グミから6種の糖と4種の有機酸が検出された。クラスター解析では、検出された成分から主たる糖(ショ糖と麦芽糖)量と主たる有機酸(クエン酸とリンゴ酸)量のみを取り上げた。なお、本解析ではグミの呈味成分に注目したため、テクスチャ特性値は取り上げなかった。

グミ中の糖量と有機酸量は、3種の T_p 値中で T_{75} 値のクラスター形成に影響したものの、 T_{25} 値と T_{50} 値への影響はなかった。さらに、 T_{75} 値のクラスター(図1)について調べた結果、糖量に有意差はあったが(図2)、有機酸量にはなかった。これらの結果から、グミ中の糖量

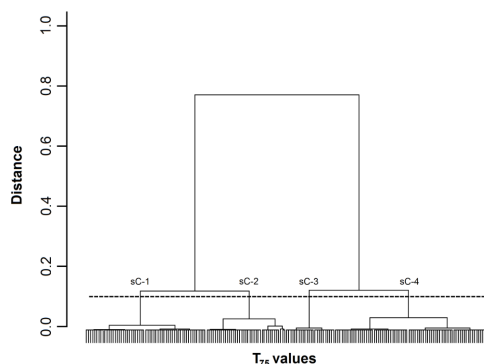


図 1. クラスター解析の結果例 (J Behav Brain Sci, 3, 2013, 432-439.より)

が咀嚼時の各咬筋後期活動パターンに影響する可能性とその影響が甘味に由来するとの示唆が得られた。

しかし、風味の種類を変えると類似のクラスター分類はされたものの、呈味成分量間に差がなかった。この結果から、再現性の担保が今後の大きな課題である。また、被検食品の香気強度測定は終わったが、その咬筋活動パターン等への影響についても検討課題である。

(2) 「 T_p 値」の機能

差別化: 6種の異なる被検食品を用いて、そのテクスチャとサイズ(高さ)が咀嚼数や咀嚼時間、咬筋 T_p 値などに与える影響を回帰分析によって調べた。その結果、もろさや付着性が咀嚼数や咀嚼時間に影響したのに対して、3種の T_p 値は主として硬さともろさに影響するとわかった。これらの結果は、食品テクスチャが咀嚼時に得られる生体情報を差別的に変化させると示唆した。

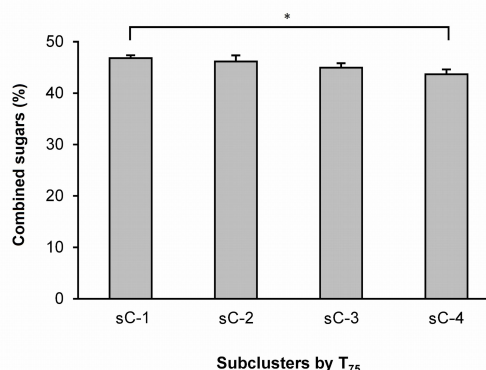


図 2. 下位クラスター間におけるグミ糖量の比較 (J Behav Brain Sci, 3, 2013, 432-439.より)

経時変化：寒天を被検食品として、その咀嚼開始から終了までを通した咬筋活動パタンの変化について、 T_{50} 値から誘導された D_{50} 値を用いて解析した。咀嚼の進行に伴う D_{50} 値変化には3型が認められ、I型とIII型が咀嚼の進行によってそれぞれ漸増型と漸減型に推移する傾向を、またII型は両者の中間的傾向を示した。この解析から、咬筋活動パタンの経時変化を調べるには、 T_{50} 値よりもその誘導値である D_{50} 値が有効に働くとの示唆が得られた。

拮抗筋：咀嚼時の咬筋活動パタンが拮抗筋である舌骨上筋群活動に及ぼす影響を調べたところ、一部の食品においては咬筋活動に引き続く舌骨上筋群活動の積分最大値に影響するとわかった。この結果から、咬筋活動パタンの及ぼす影響は限定的と考えられた。

左右差：寒天咀嚼時の左右咬筋活動パタンを T_{50} 値の相関係数で比較した結果、「被験者」と「実験セッション」の2要因は有意に影響したが、「被検食品」の要因は影響しなかった。また、相関係数の有意性は咀嚼の進行につれて増したので、左右咬筋活動パタンの類似度は咀嚼の開始時よりも終了に近づくとつれて高まると示唆された。

(3) 結論

健常若年成人男女を対象にして、果実風味をもつグミの自然な咀嚼時に得られた咬筋筋電図活動から活動パタンの指標である T_p 値を解析した。併せて、グミの化学分析によって糖と有機酸の検出・定量をおこなった。解析された3種の T_p 値のいずれも3つの下位クラスターを形成し、グミに含まれる糖量の差違が咀嚼時の T_{75} 値を変えた。

各種の被検食品を用いて咬筋 T_p 値がもつ機能性を多面的に調べた結果、同 T_p 値は咀嚼数や咀嚼時間と差別的な動態を示した。咀嚼の進行に伴う活動パタンの経時変化を解明するには、咬筋 T_p 値から誘導された D_p 値がより有効

な指標であった。また、咬筋活動パタンの後続する舌骨上筋群活動（拮抗筋）に及ぼす影響は認められるものの、影響のある食品や変数は限定的であった。さらに、 T_{50} 値の相関係数で左右咬筋活動パタンを比較すると、咀嚼の進行が進むと相関の有意性が増した。

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13件)

Y. Miyaoka, I. Ashida, Y. Tamaki, S. Kawakami, H. Iwamori, T. Yamazaki, and N. Ito. Synchronisation of masseter activity patterns between the right and left sides during chewing in healthy young males. *J Med Eng & Tech.* 2014; Early Online: 1-5.

蘆田 一郎, 玉木 有子, 宮岡 洋三. 市販菓子の喫食による味覚 - 眼瞬応答. *日本味と匂学会誌*. 査読有, 2014; 20: 241-242.

宮岡 洋三, 蘆田 一郎, 山崎 貴子, 伊藤 直子, 玉木 有子, 川上 心也, 岩森 大. グミの呈味成分による咬筋活動パタンの分類. *日本味と匂学会誌*. 査読有, 2014; 20: 321-322

S. Miyaoka, T. Yamazaki, N. Ito, and Y. Miyaoka. Factors determining the detection time to flavor in healthy adults. *J Behav Brain Sci.* 査読有, 4, 2014, 114-119. DOI: 10.4236/jbbs.2014.43015

I. Ashida, Y. Tamaki, and Y. Miyaoka. Eye blink responses to the four basic taste stimuli in healthy young humans. *J Behav Brain Sci.* 査読有, 3, 2013,

379-384. DOI: 10.4236/jbbs.2013.34038
Y. Miyaoka, I. Ashida, Y. Tamaki, S. Kawakami, H. Iwamori, T. Yamazaki, and N. Ito. The effect of masseter activity patterns during chewing on suprahyoid activity in subsequent chewing cycles. J Behav Brain Sci. 査読有, 4, 2014, 69-74. DOI: 10.4236/jbbs.2014.42009
S. Miyaoka and Y. Miyaoka. An electromyography-based system for measuring the flavor detection time in healthy adults. J Behav Brain Sci. 査読有, 3, 2013, 581-583. DOI: 10.4236/jbbs.2013.38061
Y. Miyaoka, I. Ashida, T. Yamazaki, N. Ito, Y. Tamaki, S. Kawakami, and H. Iwamori. Classification of masseter activity patterns during chewing in healthy young adults: The effect of taste signals. J Behav Brain Sci. 査読有, 3, 2013, 432-439. DOI: 10.4236/jbbs.2013.35045
G. Igarashi, R. Higuchi, T. Yamazaki, N. Ito, I. Ashida, and Y. Miyaoka. Differential sweetness of commercial sour liquids elicited by miracle fruit in healthy young adults. Food Sci Tech Intern. 査読有, 19, 2012, 243-249. DOI: 10.1177/1082013212443060
宮岡 洋三, 蘆田 一郎, 山崎 貴子, 伊藤 直子, 玉木 有子, 川上 心也, 岩森 大. 味覚情報に基づく咬筋活動パタンの分類. 日本味と匂学会誌. 査読有, 19, 2013, 399 -400.
Y. Miyaoka, I. Ashida, Y. Tamaki, S. Kawakami, H. Iwamori, T. Yamazaki, and N. Ito. Quantitative analysis of relationships between masseter

activity during chewing and textural properties of foods. Food Nutr Sci. 査読有, 4, 2013, 144-149. DOI: 10.4236/fns.2013.42020

Y. Miyaoka, I. Ashida, Y. Tamaki, S. Kawakami, H. Iwamori, T. Yamazaki, and N. Ito. Sequential analysis of masseter activity patterns during chewing in healthy males. J Med Eng & Tech. 査読有, 37, 2013, 91-95. DOI:

10.3109/03091902.2012.747007

Y. Miyaoka, I. Ashida, Y. Tamaki, S. Kawakami, H. Iwamori, T. Yamazaki, and N. Ito (7). Analysis of masseter activity patterns using Tp values during chewing of foods with different shapes and textural properties. J Texture Studies. 査読有, 44, 2012, 196-204. DOI: 10.1111/jtxs.12012

[学会発表](計6件)

岩森 大, 山崎 貴子, 伊藤 直子, 宮岡 里美, 井上 誠, 宮岡 洋三. 攪拌と経過時間がとろみ調製に及ぼす影響. 日本官能評価学会 2013 年度大会, 2013. 11.9, 東京都.

岩森 大, 山崎 貴子, 伊藤直子, 宮岡 里美, 井上 誠, 宮岡 洋三. とろみ調整時における攪拌指示の効果について - 調整者への伝達に関する客観的評価 -. 第 19 回日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会, 2013.9.22-23, 倉敷市.

宮岡 洋三, 蘆田 一郎, 山崎 貴子, 伊藤 直子, 玉木 有子, 川上 心也, 岩森 大. グミの呈味成分による咬筋活動パタンの分類. 日本味と匂学会第 47 回大会, 2013.9.5-7, 仙台市.

蘆田 一郎, 玉木 有子, 宮岡 洋三.

市販菓子の喫食による味覚 - 眼瞬応答.
日本味と匂学会第 47 回大会,
2013.9.5-7, 仙台市.

岩森 大, 山崎 貴子, 伊藤 直子,
宮岡 洋三. トロミ調整食品の攪拌直
後における力学的特性と官能評価. 日
本官能評価学会 2012 年度大会,
2012.11.10, 東京都.

宮岡 洋三, 蘆田 一郎, 山崎 貴子,
伊藤 直子, 玉木 有子, 川上 心也,
岩森 大. 味覚信号に基づく咬筋活動
パタンの分類. 日本味と匂学会第 46 回
大会, 2012.10.3-5, 大阪市.

玉木 有子 (TAMAKI, Yuko)
新潟県立大学・助教
研究者番号: 00410267

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮岡 洋三 (MIYAOKA, Yozo)
新潟医療福祉大学・教授
研究者番号: 10134941

(2) 研究分担者

伊藤 直子 (ITO, Naoko)
新潟医療福祉大学・教授
研究者番号: 20158158

蘆田 一郎 (ASHIDA, Ichiro)
新潟医療福祉大学・講師
研究者番号: 10323958

山崎 貴子 (YAMAZAKI, Takako)
新潟医療福祉大学・講師
研究者番号: 60318574

岩森 大 (IWAMORI, Hajime)
新潟医療福祉大学・講師
研究者番号: 90339961

川上 心也 (KAWAKAMI, Shin-ya)
新潟医療福祉大学・助教
研究者番号: 60410271