

機関番号：33111

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：平成 19 年度～平成 22 年度

課題番号：19500667

研究課題名(和文) 咀嚼筋活動パターンに基づく食品評価法の確立

研究課題名(英文) Establishment of a food evaluation method based on muscle activity patterns during chewing.

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

研究成果の概要(和文)：本研究課題は、1) 筋活動パターンの評価パラメータと期待される  $T_P$  値の自動計算システムを構築した、2)  $T_P$  値の妥当性をシミュレーション・データで理論的に検証した、3) 嚥下食品の識別における嚥下関連筋  $T_P$  値の有効性を確認した、4) 咀嚼食品の識別における咬筋(閉口筋)  $T_P$  値と従来パラメータの有効性を確認した、5) 開・閉口相における舌骨上筋群(開口筋) 活動比がもつ食品識別パラメータとしての可能性を検討した。

研究成果の概要(英文)：The research project 1) developed a system for automatic calculation of  $T_P$  values which were expected as potent parameters for evaluation of muscle activity patterns, 2) validated the  $T_P$  values theoretically in simulated data, 3) confirmed the usefulness of the  $T_P$  values in food discrimination by analysis of the parameter recorded in the swallowing-related muscles, 4) confirmed the usefulness of the  $T_P$  values as well as other conventional parameters in food discrimination by analysis of masseter (jaw-closer) activity, and 5) examined a parameter for suprahyoid (jaw-opener) activity in food discrimination by calculation of a ratio in each chewing cycle.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2008 年度	500,000	150,000	650,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
2010 年度	0	0	0
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

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、テクスチャ

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 報告者らは食事における咀嚼・嚥下の筋活動を調べたところ、硬さや温度などの食品属性が筋活動のパターンに影響すると推測できた。そこで、これまで調べられてきた筋の活動時間や活動量だけではなく、時系列パターンも解析する手法を模索した結

果、いわゆる「 $T_P$ 法」を開発して筋活動パターンの定量化に成功した。

(2) 食品の識別には、テクスチャ特性の測定や種々の官能評価法が多用される。テクスチャ特性が食品側に立つのに対して、官能評価は生体側に立つ識別法と言える。咀嚼と嚥下の過程では、食品が視覚・嗅覚・味

覚など諸感覚器を刺激するだけでなく、口唇・舌・顎・喉頭などに付随する種々の運動が観察されるものの、これらの運動が食品の識別に果たす役割については十分に検討されていなかった。

## 2. 研究の目的

- (1) 報告者らの研究では、上記の $T_P$ 法によって求められる $T_P$ 値( $T_{10}$ 値から $T_{90}$ 値までの9種)が筋活動パタンの評価上で中軸となる。咀嚼時に記録される筋電図は大量のデータとなるため、この $T_P$ 値を迅速かつ正確に得るのはきわめて重要な点となる。そこで、迅速かつ正確な $T_P$ 値計算システムの確立を本研究の第一目的として設定した。次いで、求めた $T_P$ 値が妥当なパラメータであるのか否かを吟味する必要があった。今回は実測データとは別にその妥当性を理論的に検証する方法を検討したので、この理論的な検証を第二目的とした。
- (2) (1)による解析システムの確立と理論的な検証を進めながら、実際の咀嚼や嚥下時に生じる生体データの採取と解析を第三目的とした。この目的の達成は、3つの段階に分けておこなわれた。第一段階では、量的にきわめて多くなる咀嚼時の筋電図データに代えて、格段に少量である嚥下時のデータを解析対象とした。第二段階では、咀嚼時の咬筋(閉口筋)活動データを解析対象としながらも、できるだけ単純な組成の食品-寒天-を使用した。そして、第三段階では、咬筋活動だけではなく舌骨上筋群(開口筋)活動のデータも解析対象とし、かつ被験者にはより日常的で複雑な組成の食品を咀嚼させた。

## 3. 研究の方法

- (1) 記録される筋の「活動期間」と「活動量(積分筋電位ピーク値)」に関係なく、活

動パターンを純粹に評価できる解析ソフトの作成を目指した。そのため、「活動期間」と「活動量」を標準化する手続きを採った。

- (2) 実データに代えて、確率密度関数を与えるシミュレーション・データへ「 $T_P$ 法」を適用した。今回は逆ガウス関数を使用して、標準化の手続きを経て3種のプロトタイプ分布を作成した。それらの分布では、積分面積ならびに累積値を同一とした上で、分布のピーク位置が左方・中央・右方の3型となるように工夫した。これらの分布に対して $T_P$ 法を適用して、得られる $T_P$ 値から $T_{20}$ 、 $T_{50}$ 、 $T_{80}$ の3値を統計的に比較した。
- (3) 実測の嚥下関連筋データを対象とした研究については、健常成人を対象として、増粘剤をベースとする被検食品を使用した一例を挙げる。実験では、被験者から舌尖部の粘膜表面と舌骨上筋群から電気活動を記録し、食品提供時の体幹角度を4段階に変えた。被検食品の増粘剤を高・中・低の3濃度に調整した上で、ランダムに体幹角度を変えた被験者へ提供した。データの解析では、従来の (conventional) なパラメータとして各咀嚼周期における筋の活動期間ならびに積分筋電位のピーク値を採用するとともに、筋活動パターンを見るべく $T_P$ 値を求めた。
- (4) 次いで、寒天を被検食品とした実験を計画した。被検食品として、通常の寒天(OA)と $\kappa$ -カラギーナンなどを含んだ寒天-イナアガー(IA)-をそれぞれ2濃度段階(OAでは0.5%と1.5%、IAでは2.5%と4.5%)に調整して使用した。被験者からは、習慣的咬合側の咬筋ならびに舌骨上筋群から電気活動を記録した。なお、被験者の体幹角度は坐位のみとした。ここでも、筋の活動期間、積分筋電位のピーク値、ならびに $T_P$ 値を解析のパラメータとした。

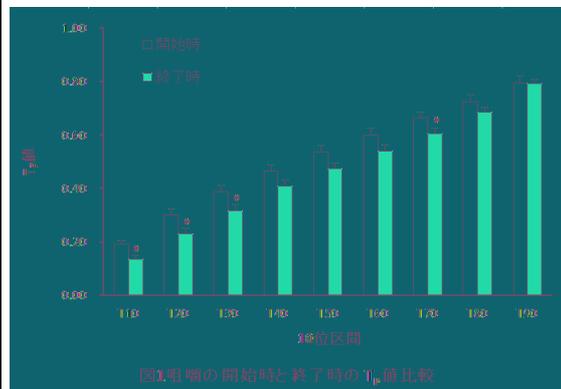
(5) (4)で使用した被検食品-寒天-は実験に適していたものの、日常生活でそれほど頻繁に口にする食品とは言い難かった。そこで、より一般的な「チーズ、グミ、アーモンド、タクアン」など、テクスチャや味が大きく異なる数種類の食品を使用した。被験者からは、(4)と同様の筋活動を記録した。ここでも、 $T_P$ 値を含む3種のパラメータを対象とした。

#### 4. 研究成果

- (1) 解析のツール：大量の筋電図データを迅速に処理して、正確な $T_P$ 値を求める解析プログラムが開発できた点は第一の主たる研究成果と言える。期間中にあった数回の改良や機能付加によって、 $T_P$ 値の算出だけでなく三次元グラフによる表示を可能とした。
- (2) 理論的検証：シミュレーション・データへの「 $T_P$ 法」適用の結果、同法の妥当性が理論面からも検証できた点は第二の主たる研究成果と言える。実測筋電図の最大値、積分した面積ならびに累積値に相当するシミュレーション分布の各値に統計的な有意差がなかった一方で、3種の $T_P$ 値 ( $T_{20}$ 、 $T_{50}$ 、 $T_{80}$ ) 間には明確な差が検出され、 $T_P$ 値による筋活動パタンの差違が示唆された（〔雑誌論文〕－④）。
- (3) 嚥下のデータ：例に挙げた実験では、舌尖部の筋活動については4種の体幹角度間に差違が認められ、また舌骨上筋群活動については被検食品の3濃度間に差違が認められた。被検食品の濃度間に差違があった事実は、濃度に基づくテクスチャが舌骨上筋群の活動パターンに影響したと考えられた。（〔雑誌論文〕－⑩）。この報告以外にも関連した研究は多く（〔雑誌論文〕－③・⑤・⑦・⑨・⑪・⑫・⑭）、咀嚼の実データを対象とする本格的な解析に向け

て多くの貴重な成果が得られた。

- (4) 咀嚼のデータ-I：咀嚼前に測定したテクスチャ特性から、使用した4種の被検食品間には「硬さ・もろさ・付着性・凝集性」で違いが認められた。咀嚼回数や累積筋電位など咬筋活動に関する従来のパラメータについて4食品間で有意差があったのに加えて、各食品について咀嚼開始時と嚥下直前の咀嚼終了時に $T_P$ 法を適用した。その結果、0.5%OAの咀嚼時咬筋活動については、 $T_{10}$ ～ $T_{30}$ 値と $T_{70}$ 値が統計的な有意差を示した（図1、各棒グラフと誤差線はそ



れぞれ平均値と標本誤差を、また\*は危険率5%以下の有意差を示す)。また、4.0%IAの $T_{20}$ ～ $T_{60}$ 値についても、 $T_{20}$ ～ $T_{60}$ 値で有意な差が認められた。咀嚼の開始時と終了時（嚥下直前）という極端な比較ではあるが、従来のパラメータに加えて $T_P$ 値が食品による咀嚼行動の差違に寄与するとわかり、これは第三の主たる研究成果と言える（〔雑誌論文〕－②）。

- (5) 咀嚼のデータ-II：被検食品のテクスチャ特性値は大きく異なり、単一のプローブ（プランジャ）による測定が困難であった。咀嚼の第1周期における咬筋の $T_{50}$ 値について、「アーモンド、グミ、タクアン」と「チーズ」との間には有意差が認められた（図2、各棒グラフと誤差線はそれぞれ平均値と標本誤差を、また\*\*は危険率1%以

下の有意差を示す)。従来のパラメータに

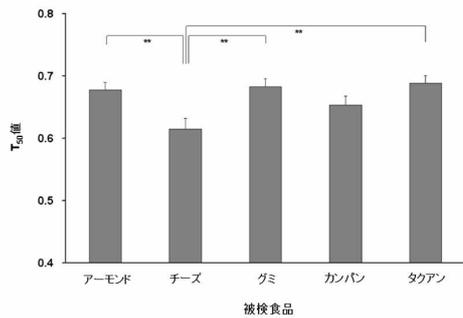


図2. 咬筋T<sub>50</sub>値の食品間比較

ついては、咬筋活動時間が有意に異なっていた。但し、T<sub>50</sub>値と咬筋活動時間が差違を示した食品対は、必ずしも一致しなかった。ここで重視すべきは、T<sub>P</sub>値(ここでは、T<sub>50</sub>値)が従来のパラメータとは異なる食品間に差違を見出した点であろう。この知見は咬筋のT<sub>P</sub>値が独特のパラメータとして働く可能性を示唆しており、第四の主な研究成果と言えよう ([学会発表] -①・②)。

- (6) 咀嚼のデータ-Ⅲ: 上記の(4) ならびに (5) ともに、解析対象としたのは咀嚼筋の中でも閉口筋である咬筋であった。周知の通り、咀嚼時には閉口筋だけではなく開口筋の活動も相反的におこる。実際、報告者らは咬筋とともに舌骨上筋群の活動も常に記録した。舌骨上筋群は開口筋群であるが、それ以外にも舌や舌骨の動きにも深く関わるため、咀嚼時にはやや複雑な発火活動を呈し、単純なT<sub>P</sub>法適用は困難と判断した。T<sub>P</sub>法に替わって、各咀嚼周期における舌骨上筋群積分筋電位の最大値と最小値を測定し、両者の差(正味値)を求めた上で最小値との比を新しいパラメータとした。第1咀嚼周期について解析した結果、使用した5食品間に有意差が認められ、かつ4食品対間には特異的な差も認められた(図3、SHは舌骨上筋群を意味し、各棒グラフの横

棒と上端・下端はそれぞれ中央値と第一・

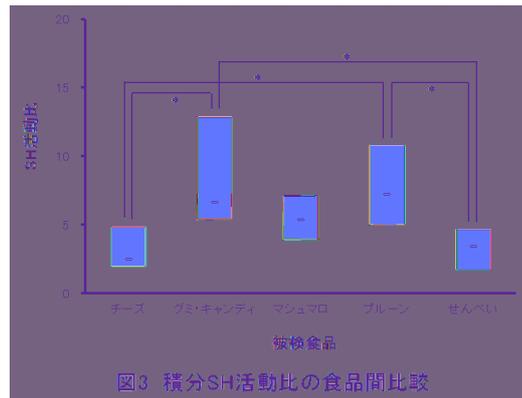


図3 積分SH活動比の食品間比較

第三四分位数を、また\*危険率5%以下の有意差を示す)。従来のパラメータについては、舌骨上筋群の最大積分筋電位や活動時間には食品間に差がなかった。これらの結果は舌骨上筋群の食品識別能を示唆するもので、第五の主な研究成果と言えよう ([学会発表] -③)。但し、食品のサイズやテクスチャ特性値間には大きな差もあったため、新しいパラメータで検出された差違に与えた影響は詳細に検討する必要がある。なお、T<sub>P</sub>値は筋活動のパターンを評価するパラメータとして開発されたのに対して、活動比は顎の開閉口に伴う開口筋のダイナミック・レンジを反映する数値と言える。したがって、活動比は筋活動の時系列的な変化を評価する一パラメータとして有効であっても、それ自身は筋活動のパターンを測る指標とはなり難いと考えられる。

なお、咬筋活動であれ舌骨上筋群活動であれ、報告者が取り上げたパラメータの多くが「被験者」要因で統計的な有意差を示した点も特徴的と言えよう。このような有意差は、咀嚼や嚥下時に各被験者が特有の活動パターンなり活動量なりを示すためと考えられる。その背景となると推定される被験者の属性情報(性別、咀嚼習慣など)は特定されておらず、解決を要する今後の一課

題となる。

以上の研究成果から、本研究課題の内容を概観したい。生体の筋活動を対象とした食品の評価に対して、従来のパラメータに加えて筋の活動パターンに基づく $T_p$ 値を導入した。 $T_p$ 値の有効性は理論的にも実験的にも確認できたものの、食品評価においては筋活動パターンのみが役立つわけではなく、従来のパラメータも当然ながら重要な役割を果たす。どのような食品について、いずれの従来のパラメータあるいは $T_p$ 値が識別に有効なのかは解明する必要がある。また、食品識別に寄与するパラメータにどのような食品の特性が効いているのかも明らかにする必要がある。これらの問題を解決する上で、線形回帰モデルや一般化線形混合モデルは重要な手法になると考えられる。

#### 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 14 件)

- ① Miyaoka, Y., Ashida, I., Kawakami, S. et al. (6). Age-related influences on activity patterns in the suprahyoid muscles during swallowing: Preliminary analysis. J Sensory Studies. 査読有, 22, 2007, 394-402.
- ② Ashida, I., Iwamori, H., Kawakami, S. et al. (5, 4th). Analysis of physiological parameters of masseter muscle activity during chewing of agars in healthy young males. J Texture Studies. 査読有, 38, 2007, 87-99.
- ③ Inagaki, D., Miyaoka, Y., Ashida, I. et al. (5). Influences of body posture on duration of oral swallowing in normal young adults. J Oral Rehabil. 査読有, 34, 2007, 414-421.
- ④ Ashida, I., Kawakami, S., and Miyaoka, Y. A new method of simulating surface electromyograms using probability density functions. Comp Biol Med. 査読有, 38, 2008, 837-44.
- ⑤ Inagaki, D., Miyaoka, Y., Ashida, I. et al. (4). Influence of food properties and body posture on durations of swallowing-related muscle activities. J Oral Rehabil. 査読有, 35, 2008, 656-63.
- ⑥ Miyaoka, S., Ashida, I., and Miyaoka, Y. Oral perception of bolus in healthy young women. Percep Motor Skills. 査読有, 106, 2008, 870-80.
- ⑦ Inagaki, D., Miyaoka, Y., Ashida, I. et al. (4). Influence of food properties and body position on swallowing-related muscle activity amplitude. J Oral Rehabil. 査読有, 36, 2009, 176-83.
- ⑧ Miyaoka, Y., Ashida, I., Kawakami, S. et al. (4). Applicability of piezoelectric sensors for speech rehabilitation. J Med Eng Tech. 査読有, 33, 2009, 328-33.
- ⑨ Ashida, I., Miyaoka, S., and Miyaoka, Y. Comparison of video-movie-recorded laryngeal movements during swallowing by normal young men with piezoelectric sensor and electromyographic signals. J Med Eng Tech. 査読有, 33, 2009, 496-501.
- ⑩ Inagaki, D., Miyaoka, Y., Ashida, I. et al. (4). Activity pattern of swallowing-related muscles, food properties and body position in normal humans. J Oral Rehabil. 査読有, 36, 2009, 703-709.

- ⑪ Igarashi, A., Kawasaki, M., Nomura, S. et al. (7, 7th). Sensory and motor responses of normal young adults during swallowing of foods with different properties and volumes. *Dysphagia*. 査読有, 25, 2010, 198-206.
- ⑫ Miyaoka, Y., Ashida, I., Kawakami, S. et al. (5). Activity patterns of the suprahyoid muscles during swallowing of different fluid volumes. *J Oral Rehabil*, 査読有, 37, 2010, 575-82.
- ⑬ Ashida, I., Iwamori, H., Kawakami, S. et al. (5, 4th). Analysis of the pattern of suprahyoid muscle activity during pharyngeal swallowing of foods by healthy young subjects. *J Med Eng Tech*. 査読有, 34, 2010, 268-73.
- ⑭ Miyaoka, Y., Ashida, I., Kawakami, S. et al. (5). Generalization of the bolus volume effect on piezoelectric sensor signals during pharyngeal swallowing in normal subjects. *J Oral Biosci*. 査読有, 53, 2011, 65-71.

[学会発表] (計 3 件)

- ① 宮岡洋三、食品特性による咬筋活動パターンの分化、歯科基礎医学会、2009.9.11、新潟市。
- ② 宮岡洋三、咬筋活動パターンの食品識別能、日本官能評価学会、2009.11.28、東京都。
- ③ 宮岡洋三、咀嚼時舌骨上筋群活動の食品識別能、日本官能評価学会、2010.11.20、東京都。

## 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

蘆田 一郎 (ASHIDA ICHIRO)  
新潟医療福祉大学・講師  
研究者番号：10323958  
岩森 大 (IWAMORI HAJIME)  
新潟医療福祉大学・講師  
研究者番号：90339961  
玉木 有子 (TAMAKI YUKO)  
新潟医療福祉大学・助教  
研究者番号：00410267  
川上 心也 (KAWAKAMI SHIN-YA)  
新潟医療福祉大学・助教  
研究者番号：60410271