

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 5 月 7 日現在

機関番号：33111

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00830

研究課題名(和文)食品風味による体性・自律反応の研究

研究課題名(英文)Somatic and autonomic responses to food flavors

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) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：健康若年成人を対象に3種ゼリー中の果汁風味(リンゴ・オレンジ・イチゴ)の検出作業における体性反応(瞬き)と自律反応(心拍)を調べた。検出作業前に比べて、瞬きおよび心拍間隔は統計的に有意な減少を示した。また、検出指示前の瞬き頻度が多いほど、検出中の瞬き間隔が狭まった。心的緊張が強くなると瞬き間隔は狭まるとされるので、風味検出作業中の瞬き間隔減少から心的緊張が強まった可能性が示唆された。他方、心的緊張が強まると心拍数が増すとされ、検出作業中に心拍間隔の減少から心的緊張が強まった可能性が示唆された。以上より、風味検出作業に対して体性反応と自律反応は心的緊張の増強を反映すると考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

日常生活で口にする食品のほとんどには、何らかの風味があって食生活を豊かにしてくれる。そのような食品風味が心身に及ぼす影響を瞬きと心拍の変化で調べた。実験結果から、いずれも風味の検出中にはその直前に比べて間隔が短縮する、すなわち頻度が増えるとわかった。風味検出中という短時間の変化を明らかにできたのは学術的に意義が大きい。また、これらの身体的変化からは、風味検出時に心的緊張が強くなる可能性が考えられる。心的緊張の増大が示す意味をよく吟味すれば、本研究で得られた知見は食品開発などに応用が可能と期待できる。

研究成果の概要(英文)：Somatic and autonomic responses to detection of three fruit flavors (apple, orange, and strawberry) in jelly samples were examined in healthy young participants by using blink and heartbeat intervals as physiological indicators. Both blink and heartbeat intervals were decreased significantly compared to those before the detection. The blink and heartbeat intervals before the detection were negatively and positively, respectively, correlated with those during the detection. Blink and heartbeat intervals are generally decreased with strengthening mental tension, so the significant decreases in these intervals suggest that mental tension was weakened during the detection. It is considered from the present results that the detection of food flavors can strengthen mental tension which is reflected by somatic and autonomic responses.

研究分野：味覚生理学

キーワード：風味 検出 瞬き 心拍 健康若年成人

## 1. 研究開始当初の背景

(1) ヒトの嗅覚と味覚は、テクスチャなどと並んで食品の重要な属性である。嗅覚と味覚は、経験的にも実験的にもそれほど明確に区別できない。そのため、両感覚を合わせた「風味（嗅覚 + 味覚 + 三叉神経由来の感覚）」がよく使われ、日常場面で食品を食べて経験する感覚の多くは風味と言える。咀嚼中や嚥下時に生じる「口中香」には、生体外の食品が発する「鼻先香」感知とは異なる点が多い。

(2) 嗅覚刺激や味覚刺激が意識に上る感覚としてだけではなく、種々の体性反応や自律反応を誘発する。古くは、新生児の舌を味刺激すると味質によって異なる顔面表情筋活動の報告がある。最近では、嗜好の異なるスープ摂取が顔面温や手掌温に差別的な影響を与えるとの報告がある。

(3) 鼻先香による体性反応や自律反応はある程度解明が進んでいる。口中香については fMRI などを用いた近年の研究から嗅覚刺激によって賦活される脳部位までも解明されてきたものの、多くの研究は意識に上る感覚に主眼を置くため、反射反応については思いの外解明が進んでいない。

## 2. 研究の目的

(1) 本研究では、食品風味の口中香が誘発する体性神経反応と自律神経反応（以下、体性反応と自律反応）の解明を目指す。具体的には、口腔内に摂取した試料の咀嚼によって放出される香気物質と呈味物質が引き起こす体性反応 - 瞬き（眼瞬） - と自律反応 - 心拍変化 - を解析する。

(2) もし咀嚼する試料の呈する風味を検出する作業が被験者の心的緊張を強めれば、瞬きの頻度（1/瞬き間隔）と心拍数（1/心拍間隔）は増加すると予想される。逆に、風味検出作業が心的緊張を弱めれば、瞬きの頻度と心拍数は減少すると予想される。また、同じ風味が体性神経系と自律神経系に逆方向の反応を示す可能性もある。

## 3. 研究の方法

### 1. 瞬き反応

(1) 被験者と試料：本実験では、健常な成人男女 12 名（女性 11 名、男性 1 名）を対象とした。全被験者が、事前におこなわれた味覚および嗅覚の機能試験に合格した。但し、眼瞼の撮影状況が悪く瞬き判定が困難であった 1 名は解析対象から外したため、以下には男女 11 名（女性 10 名、男性 1 名、平均年齢  $21.6 \pm 0.6$  歳）のデータに基づく解析結果を述べる。寒天とショ糖を材料とするゼリーに 3 種の果汁風味（リンゴ・オレンジ・イチゴ）を 3 段階濃度（5、20、 $50 \mu\text{l}$ /個）で添加して被験食品とした。

(2) 手続き：実験中は被験者の顔面部を動画で撮影し、併せて咬筋の表面筋電図（習慣的な咬合側から）および耳朶脈波の活動を記録した。撮影動画をコマ送りして（編集ソフト Avidemux を使用）視察によって眼瞼が概ね 2/3 以上閉じた時に「瞬き」と判定した。被験者には 3 種類

味添加試料をランダムに提供したが、各風味中では低・中・高濃度の順序とした。試料を被験者の臼歯間に軽く挟ませ、咀嚼開始の指示まで待機させた。また、被験者には試料の風味を検出した時点で手元スイッチを押させた。

(3)データ解析：咬筋筋電図の活動開始を咀嚼開始とし、そこから風味検出までの時間 - 検知時間 - を測定した。咀嚼開始の指示時点を挟む「指示前」と風味の「検出中」における瞬き間隔 (Inter-blink interval; IBI) を測定し、「指示前 IBI」と「検出中 IBI」間の相関を被験者毎 (各個人の平均値) と全被験者を通して調べた。

## II. 心拍反応

(1) 被験者と試料ならびに(2) 手続き：「I. 瞬き反応」と同様であった。

(3)データ解析：実験中に記録した耳朶脈波の活動からピーク時点を検出し、ピーク時点間の長さ (Inter-peak interval; IPI) を測定した。測定対象は、「I. 瞬き反応」と同様に被験者へ試料の咀嚼を指示する直前 (「指示前 IPI」) と風味検出まで (「検出中 IPI」) の2期間であり、「指示前 IPI」と「検出中 IPI」間の相関を被験者毎 (各個人の平均値) と全被験者を通して調べた。

## 4. 研究成果

### I. 瞬き反応

#### (1) 指示前と検出中 IBI の相関

「指示前 IBI」と「検出中 IBI」には、それぞれ最小0.88秒と0.77秒から最大5.32秒と3.82秒までと大きな個体間変動が認められた。今回の解析では、「検出中 IBI」を相対化した変化を割合 (検出中 IBI / 指示前 IBI × 100(%)) として評価した。また、正規性検定から、両変数とも非正規分布であった。その検定結果に基づき、スピアマンの相関係数 ( $r_s$ ) によって相関の強さを評価した。被験者毎の「平均指示前 IBI」

と「平均検出中 IBI 変化割合」の間には、 $r_s = -0.705$  ( $P < 0.01$ ) と統計的に有意な負の相関があった。また、全被験者を通した両変数の間にも、 $r_s = -0.516$  ( $P < 0.01$ ) と有意な負の相関があった (図1)。

#### (2)風味種・濃度の影響

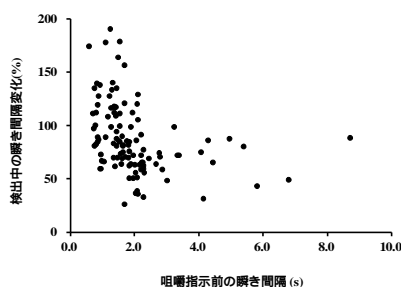


図1 指示前と検出中における瞬き間隔の相関

本研究では、3種と3濃度の計9つの風味を添加した試料を使用した。9つの試料について算出された $r$ 値はいずれも負の統計的に有意な値となり( $P < 0.01$ )、最大値の-0.438から最小値の-0.553までばらついた。また、「平均検出中 IBI」は「平均指示前 IBI」の約80%へと減少した。二元配置の分散分析をおこなった結果、両 IBI 値間には有意差があったものの( $P < 0.05$ )、3種風味間(図2、グラフは平均値 + 標準偏差を示す)と3濃度間にはいずれも差がなかった。これらの結果から、風味の検出作業は IBI 値による瞬き間隔の変化を減少させる一方で、添加した風味種とその濃度には影響しないとわかった。

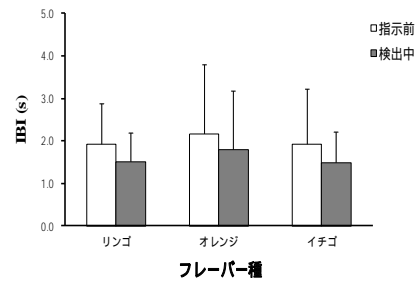


図2 フレーパー種による瞬き間隔変化の比較

## II. 心拍反応

### (1) 指示前と検出中 IPI の相関

「指示前 IPI」は0.53秒から1.1秒と約2倍の、また「検出中 IPI」は0.38秒から1.1秒と2倍以上の個体間変動があった。いずれも正規分布が確認できたため、ピアソンの相関係数によって両変数間の相関を評価した。被験者毎の「平均指示前 IPI」と「平均検出中 IPI」の間には、 $r = 0.902$  ( $P < 0.01$ )と統計的に有意な正の相関があった。また、全被験者を通した両変数の間にも、 $r = 0.712$  ( $P < 0.01$ )と有意な正の相関があった(図3)。

### (2) 風味種・濃度の影響

9つの試料(3種×3濃度)について算出された $r$ 値はいずれも統計的に有意であり( $P < 0.01$ )、その値は最大値の0.824から最小値の0.514までばらついた。また、「平均検出中 IPI」は「平均指示前 IPI」の約96%と僅かながらも減少した。期間と風味種あるいは濃度を要因とする二元配置の分散分析をおこなった結果、両期間の IPI 値に有意差はあったものの( $P < 0.01$ )、3種風味間(図4)と3濃度間にはいずれも差がなかった。これらの結果から、風味の検出作業は IPI 値による心拍変化を減少させる一方で、添加した風味種とその濃度には影響しないとわかった。

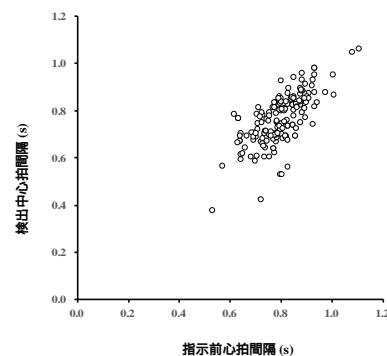


図3 指示前と検出中における心拍間隔の相関

考察：風味検出作業における体性反応 - 瞬き - と自律反応 - 心拍 - の変化を生理的指標として調べた。検出作業前に比べて瞬き間隔は僅かな

減少に留まったのに対して、心拍間隔は約 20% と大きな減少を示した。程度の差はあっても、これら 2 指標の減少はいずれも統計的に有意であった。一般的に瞬きの頻度は 20 回/分前後とされるが、本研究の被験者でも見られたように、その頻度には個人差が大きい（図 1 と 2）。今回の結果からは、検出指示前の瞬き頻度（1/瞬き間隔）が高い（間隔が狭い）ほど、検出中の瞬き頻度が低い（間隔が広い）とわかった。また、心的緊張が強くなると瞬き頻度は増すとされるが、風味検出作業中は僅かながらも減少したので、心的緊張が強まった可能性が示唆された。他方、心的緊張が強まると交感神経系の活動が亢進され、心拍数が増す（心拍間隔が狭まる）のが一般的である。検出指示前に比して風味検出作業中の心拍間隔が減少したとの結果からは、やはり心的緊張が強まった可能性が示唆された。以上の結果からは、風味検出作業においては体性反応と自律反応ともに心的緊張の増大を反映すると考えられる。

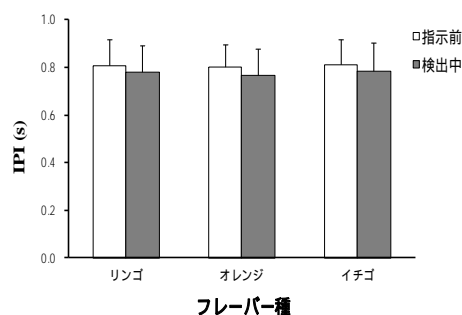


図4 フレーパー種による心拍間隔変化の比較

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Miyaoaka, S., Iwamori, H., and Miyaoaka, Y.	4. 巻 48
2. 論文標題 Influence of chewing cycles on flavor recognition time in healthy adults	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Perception	6. 最初と最後の頁 629-637
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/0301006619851426	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Akemura S, Hasebe N, Kasahara M, Sakai H, Sanada E, Miyaoaka Y.	4. 巻 10
2. 論文標題 Temporal sequence of sweetness perception in fruit-flavored tea: A descriptive report on the influence of sucrose concentrations on the sensation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Food and Nutrition Sciences	6. 最初と最後の頁 110-117
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4236/fns.2019.101009	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Miyaoaka, S., Iwamori, H., and Miyaoaka, Y.	4. 巻 47
2. 論文標題 Distribution of recognition times to fruity flavor of gummy candies in healthy adults	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Perception	6. 最初と最後の頁 851-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1177/0301006618777940	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Sato, E., Tamagawa, E., Naito, K., Nirasawa, M., Ashida, I., Miyaoaka, S. and Miyaoaka, Y.	4. 巻 9
2. 論文標題 Influence of sex differences on temporal sequence of sensations after ingesting fruit-flavored tea-A preliminary study	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Food and Nutrition Sciences	6. 最初と最後の頁 676-82
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4236/fns.2018.96051	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Ajiro M, Araki M, Ishikawa M, Kobayashi K, Ashida I, and Miyaoka Y.	4. 巻 8
2. 論文標題 Analysis of functional relationships between rice particles and oral perception using Amazake, a traditional Japanese beverage of malted rice	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Food and Nutrition Sciences	6. 最初と最後の頁 901-911
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/fns.2017.810065	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S. Miyaoka and Y. Miyaoka	4. 巻 7
2. 論文標題 Influence of breathing and chewing on timing of flavor detection	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Behavioral and Brain Science	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/jbbs.2017.71001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S. Miyaoka and Y. Miyaoka	4. 巻 7
2. 論文標題 Influence of breathing and chewing on timing of flavor detection	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Journal of Behavioral and Brain Science	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4236/jbbs.2017.71001	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 S. Miyaoka and Y. Miyaoka	4. 巻 122
2. 論文標題 Test-retest reliability of detection time data measured using masseter electromyogram in healthy young adults: Preliminary analysis of data	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 Perceptual and Motor Skills	6. 最初と最後の頁 509-517
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1177/0031512516640388	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 宮岡洋三、宮岡里美、岩森大
2. 発表標題 果汁風味の認知時間に及ぼす咀嚼周期の影響.
3. 学会等名 日本味と匂学会第52回大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮岡洋三、宮岡里美、蘆田一郎
2. 発表標題 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.
3. 学会等名 日本味と匂学会第51回大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 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
2. 発表標題 粥のアミラーゼ添加による甘味強度の変化.
3. 学会等名 第22回日本官能評価学会学術大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 佐藤栄美、玉川詠美、内藤久美、葦沢麻生、宮岡洋三
2. 発表標題 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.
3. 学会等名 第22回日本官能評価学会学術大会
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 Miyaoka, S. and Miyaoka, Y.
2. 発表標題 Timing of detecting flavors and respiratory phases.
3. 学会等名 17th Internat. Symposium on Olfaction and Taste (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 宮岡里美、宮岡洋三
2. 発表標題 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
3. 学会等名 第22回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 岩森大、宮岡里美、井上誠、宮岡洋三
2. 発表標題 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
3. 学会等名 第22回日本摂食嚥下リハビリテーション学会学術大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Miyaoka Y.	4. 発行年 2020年
2. 出版社 IntechOpen	5. 総ページ数 133
3. 書名 Voice and Swallowing Disorders	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----