

令和元年6月13日現在

機関番号：82626

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H02893

研究課題名(和文) 身体感覚と環境認知の統合モデルを用いた「食事の楽しさ」の評価手法の開発

研究課題名(英文) Development of Evaluation Methods for "Pleasantness of Eating" using Integration Model of Body Sensation and Environment Cognition

研究代表者

三輪 洋靖 (MIWA, Hiroyasu)

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・主任研究員

研究者番号：30367073

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,300,000円

研究成果の概要(和文)：私たちの生活において、飲食品の摂取行動である「食」はエネルギー摂取のために欠かせない一方、質の高い食事は楽しみであり、生活の質を高めることが経験的に知られている。そこで、本研究では、「食の楽しさ」は感覚的要因と環境的要因から構成されると考え、両側面からその構造を明らかにすることを目指した。そして、感覚的要因に関するとして飲水時の血圧反応や運動の計測を、環境的要因に関するとして楽しみに関するアンケート調査を行い、食が心身におよぼす効果を明らかにした。さらに、嚥下機能を維持しながら、食への意欲を高められる食の楽しみを高めるトレーニングシステムを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

われわれは「食」によって楽しみを感じていることを経験的に知っているが、その構造は十分に解明されていない。そこで、本研究では、ヒトがどのようなときに「食の楽しさ」を感じ、「食」によってヒトの身体にどのような反応が起きるのかを、生理、身体運動、認知の面から解明することに挑戦した。これまで、多くの学問分野で摂食・嚥下に関する研究が行われてきたが、本研究のような研究事例はなく、学術的に挑戦的で意義のある研究と言える。また、「食」という生活に密着した研究テーマであり、本研究の成果はわれわれの生活の質の向上につながる点で社会的意義も高いと考える。

研究成果の概要(英文)：While eating and drinking in our daily lives are essential behaviors for energy intake, high-quality meals are empirically known to be pleasure and to enhance the quality of life. In this research, we considered that it "pleasure of eating" consisted of sensory factors and environmental factors and aimed to clarify its mechanisms from both sides. Then, we measured the blood pressure reaction and body motion during drinking water as researches on the sensory factor and conducted a questionnaire survey on pleasure of eating as researches on the environmental factor to clarify the effects of eating and drinking behaviors on human mind and body. In addition, we have developed a training system to enhance the pleasure of eating, which can train the swallowing function and motivation to eat.

研究分野：感性モデリング

キーワード：生体計測 感性計測評価 嚥下 食事 モデル化

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

私たちの生活において、飲食品の摂取行動である「食」はエネルギー摂取のために欠かすことのできない行動である。一方で、「食事」とは食べるコト、すなわち、「食」のサービスと捉えることができ、質の高い食事は楽しみであり、生活の質を高めることが経験的に知っている。食事の提供者は「食事の楽しさ」が高まるような工夫を行っており、「食事」と「楽しさ」の関係については、科学的な解明が十分になされてこなかった。

これに対し、私たちは食事の楽しさとは「食」の行為自身が持つ楽しさと、サービスとしての楽しさに分けられ、前者は、味や香り、食感、喉ごし等の摂食・嚥下における感覚的要因によって知覚され[1]、後者は他者との関係性の認知や周囲の雰囲気といった食事における環境的要因が作用していると考えた。「食の楽しさ」における感覚的要因に関する研究としては、味覚の研究や[2]、ヒトの摂食・嚥下メカニズムに関する研究[3]、嚥下しやすい食品の研究開発[4]は進んでいるが、味覚と嚥下、食感や喉ごしと嚥下といった、感覚と摂食・嚥下メカニズムの相互関係を、工学的アプローチによって定量的に解明する研究は十分ではなかった。環境的要因に関しては、第3者が与えるストレスの影響[5]や、温湿度や騒音等の環境情報の計測手法について多くの研究事例があるが、食事中の環境や周囲の他者との関係性については、明らかになっておらず、特に、日常生活環境での研究事例は限られていた。また、感覚的要因と環境的要因を統合した研究については、全く研究がされていなかった。

#### （参考文献）

- [1] 相良泰行, “おいしさを探る感性工学”, 日本味と匂学会誌, Vol.8, No.2, pp.153-159, 2001.
- [2] 都甲潔, “感性バイオセンサ-味と匂いを測る科学技術-”, 検査技術, Vol.19, No.10, pp.10-16, 2014.
- [3] J. B. Palmer, N.J. Rudin, G. Lara, A.W. Crompton; “Coordination of mastication and swallowing”, Dysphagia, pp.187-200, 1992.
- [4] 福居篤子, “DDS 製品開発の最前線(22) ゼリー状のオブラート「らくらく服薬ゼリー」”, Drug Delivery System, Vol. 28, No. 5, pp. 446-450, 2013.
- [5] 長野祐一郎, 児玉昌久, “支援的他者の存在が心臓血管反応に与える影響”, 生理心理学と精神生理学, Vol.23, No.3, pp.197-205, 2005.
- [6] 三輪洋靖, 持丸正明, 野場重都, 舛田晋, “嚥下音による炭酸刺激強度と嚥下活動のモデル化”, バイオメカニズム, Vol. 22, pp.49-58, 2014.

### 2. 研究の目的

本研究では、「食事の楽しさ」は感覚的要因と環境的要因から構成されると考え、図1のような仮説モデルを構築した。そして、感覚的要因と環境的要因の構造を説明できるモデルの構築することで、「食事の楽しさ」の構造を明らかにすることを目標とした。具体的には、(1) 感覚的要因の計測とモデル化、(2) 環境的要因の調査とモデル化、(3) 食事の楽しみを高めるトレーニングシステムの開発に関する3つのサブ研究課題を設定し、それぞれの研究成果より、「食事の楽しさ」にアプローチすることとした。

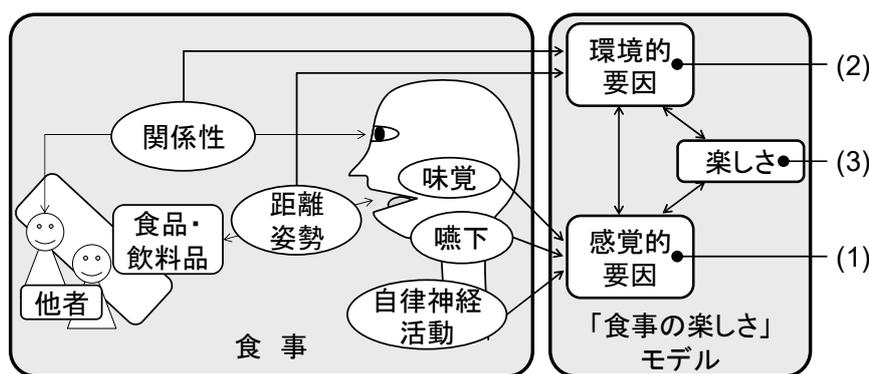


図1 「食事の楽しさ」の仮説モデルと研究目標の位置づけ

### 3. 研究の方法

#### (1) 感覚的要因の計測とモデル化

感覚的要因としては、五感によって刺激が認知され、その反応は自律神経系や運動へ出力される。その過程には、様々な要因が複合的に影響を及ぼすと考えられる。本研究では、刺激として飲水刺激を選択し、嚥下による血圧反応および運動に焦点を絞り、刺激に対する反応を計測した。具体的には、血圧反応計測としては、健常若年者14名(男性9名、女性5名)、健常高齢者9名(全員女性)を対象に、200mlの常温水(27~28℃)、冷水(4~5℃)、冷炭酸水(4~5℃)を飲水したときの血圧および心拍数を計測した。実験は安静座位で実施し、ベースライン10min、飲水1min、リカバリー20minを測定した。試料はシリンジを用いて研究者が提供し、1分間で

飲み切るように調整した。

また、運動の計測として、健康若年者 30 名 (全員男性)を対象に、5~20ml の水および炭酸水を嚥下したときの舌骨上筋群、舌骨下筋群の筋電図、嚥下音および咽頭部の運動を同時計測した。実験は安静座位で実施し、試料はシリンジまたはコップで提供した。

## (2) 環境的要因の調査とモデル化

環境的要因も温度や湿度、試料との位置関係に代表される室内環境、同席している他者に代表される対人関係など、多様な要因の影響を受ける。本研究では、食事とそれを取り巻く諸要因の関係について、アンケート調査を実施することで「人は何を楽しみにしているか」を明らかにした。具体的には、500 名(5 世代×男女各 50 名)を対象に、18 項目について食事を楽しむ上での重要性を 6 段階(1:全く大事ではない~6:非常に大事である) で回答してもらった。回答に対しては因子分析(最尤法、プロマックス回転)を用いて分析を行った。

## (3) 食事の楽しみを高めるトレーニングシステムの開発

食事の楽しみを高めるためには、食事に対する意欲と、食事に必要な摂食・嚥下機能を高めることが重要であると考え、口腔機能の維持を図るトレーニングしながら、食事に対する意欲も高められるシステムを開発した。具体的には、表情を用いたゲーム形式の嚥下機能維持のためのトレーニングプログラムをベースに、「メンタルモデルを考慮した行動の誘因」「嚥下機能の維持トレーニングに資する豊富な表情の認識」を進展させることで、継続使用のためのゲーム性を高め、食事の楽しさを思い起こす機能を追加した。

## 4. 研究成果

### (1) 感覚的要因の計測とモデル化

飲水中の血圧反応計測の結果、収縮期血圧の血圧上昇の大きさは、若年者の場合、冷炭酸水・冷水・常温水の順となり、全ての群間に有意差がみられ(図 2)、高齢者の場合、冷水・冷炭酸水は常温水よりも有意に高かったが、冷炭酸水と冷水の間には有意差がみられなかった (図 3)。これらのことから、口腔・咽頭領域における冷却刺激は、若年者・高齢者共に自由神経終末を介し、遠心性交感神経を經由して血圧上昇を引き起こす可能性が考えられた。一方で、若年者で生じた炭酸水の影響は、高齢者では観察されなかった。したがって、若年者における炭酸水の機械刺激に対する血圧の反応性は、加齢に伴い低下すると考えられる。これらの傾向は収縮期血圧だけでなく平均血圧、拡張期血圧でも同様に観察された。また、冷水と冷炭酸水飲水による収縮期血圧の上昇は、高齢者で有意に高かった。これは、加齢に伴う動脈硬化や迷走神経機能低下、圧受容器反射の感受性低下が要因となったと考える。

さらに、常温水飲水時の血圧上昇については、飲水後に消失しているが、冷水・冷炭酸水は、飲水後も血圧上昇が持続していた。これは、冷却刺激によって核心温の低下が誘発され、体温調節のために交感神経活動が亢進したことが要因と考えられる。

以上より、若年者では、冷却刺激や炭酸による機械刺激が、飲水中の血圧上昇を装飾することが示された。また、高齢者においても冷却刺激が、飲水中の血圧上昇を装飾することが示された。これらの結果から、摂食における感覚刺激の違いが心血管系の自律神経、特に心臓交感神経活動に作用することが考えられる。今後、さらなる検討が必要ではあるが、摂食中の感覚刺激が自律神経に作用することで、摂食時の覚醒状態や個々人の感性に作用し、摂取している食物の嗜好と関連していくことも考えらる。例えば、冷水や冷炭酸水の飲水が、起立性低血圧や三叉迷走反射による急性の血圧低下に対して効果的に作用する可能性や、高齢者や高血圧患者において、飲水の条件によっては血圧上昇が循環障害のリスクにつながる可能性が想定される。

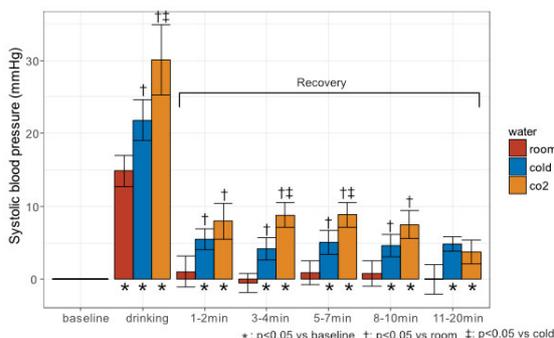


図 2 若年者の収縮期血圧の変化量

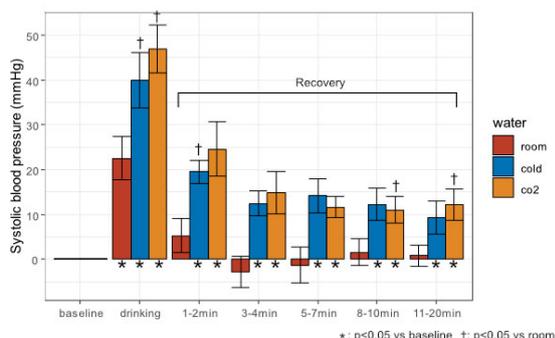


図 3 高齢者の収縮期血圧の変化量

(Room;常温水, cold;冷水, co2;冷炭酸水, Baseline;ベースライン, drinking;飲水, 1-2min;リカバリー 1-2 分, 3-4min;リカバリー 3-4 分, 5-7min;リカバリー 5-7 分, 8-10min;リカバリー 8-10 分, 11-20min;リカバリー 11-20 分)

また、飲水中の運動計測によって得られた筋電図、嚥下音より活動区間および喉頭挙上、喉頭効果の時間を抽出し、それらの位相のズレに着目して分析を行った。その結果、コップで飲水した場合、嚥下音に先行して舌骨上筋群の活動が生じ、嚥下の後半で舌骨下筋群が活動していることを確認できた。図4に水20ccを嚥下した場合の結果の一部を示す。また、矢状面から計測した運動データより、喉の皮膚表面が時間とともに変形し、喉頭軟骨が挙上したのちに降下していく様子を捉えることができた。図5に図4と同じ試行における皮膚表面形状の変化を示す。

従来の研究により、「食事の楽しみ」の要因でもある喉ごしが異なる水と炭酸水では筋活動に変化が生じることが知られている。本研究では、メカニズムの特定には至らなかったが、今後、計測データの分析を進めることで、喉ごしの差によって生じる筋活動の差が明らかにできると考える。

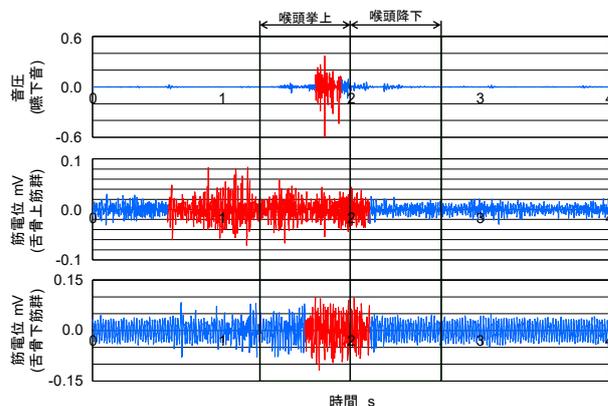


図4 嚥下による筋活動および嚥下音 (赤線; 賦活, 青線; 安静)

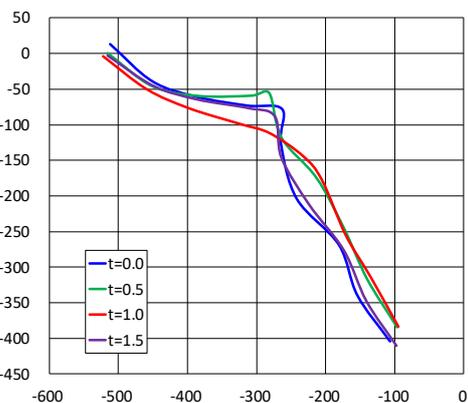


図5 飲水時の嚥下による喉の皮膚表面の運動 (矢状面)

## (2) 環境的要因の調査とモデル化

アンケートで得られた結果を分析した結果、食の楽しさの環境的要因は4因子構造が妥当だと考えられた。第1因子は食事の味や見た目など食事の質をダイレクトに反映したものとなり「食事の質」因子と名付けた。第2因子は会話やスマートフォンといった食事に行われるが食事とは直接関係のない項目で構成されており「食事以外の楽しみ」と名付けた。第3因子は質を考慮しない食事に関わる項目といえるものであり「とにかく食べる」、第4因子はほかの人の存在が大事だと考えられるため「親しい人と楽しむ」と名付けた。

この因子分析を基に世代ごとの因子に対する因子得点を算出し、「食事の楽しみ」が世代の変化とともにどのように変容しているかを検討した。その結果、図5に示す通り、高齢者において「とにかく食べる」への楽しみが減少すること、「親しい人と楽しむ」が減少する傾向が明らかになった。前者については、加齢によって食事が減少するためと考えられ、介入は難しいと思われる。一方、後者については、親しい人と食べづらくなっており、諦めに近い感情も含まれていると考えられる。したがって、高齢者の食事において「親しい人と楽しむ」ことを目的とした介入をすることで、「食事の楽しみ」を高められるのではないかと考えた。

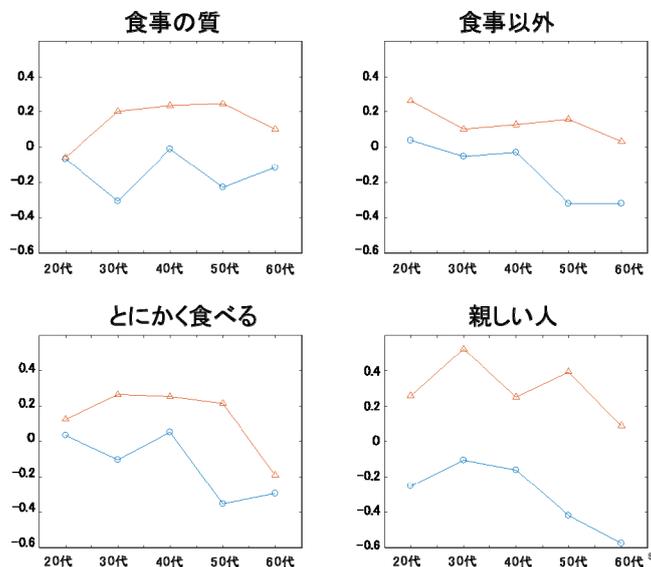


図5 世代ごとの因子得点 (△は女性, ○は男性を示す)

### (3) 食事の楽しみを高めるトレーニングシステムの開発

これまでにゲーム性のある嚥下機能維持システムとして動物の顔写真が提示され、画像に合わせた表情を表出することでトレーニングが進行するというシステムを開発してきたが、運動量と継続利用性に課題があった。そこで、本研究では同システムをベースとして、食事に対する意欲を高めつつ、摂食・嚥下機能を高めるトレーニングシステムの開発を行った。そして、これまでの課題であった運動量の強化と継続的な使用へ向けてのゲーム性の強化を行った。運動量の強化としては、画像に合わせた動きを複数回行うこととし、ゲーム性の強化としては、表1のように食べ物や歯ブラシなど口の動作と関連性がある画像を用いることとした。これにより、食事に関係するアイテムを提示し、口の開閉による食べる動作や、歯を磨くときの動作をシステムが認識することでゲームが進行するようにした。また、どれだけ口を大きく開けることができたか、表情が変化したかを確認できるように、口の開きの大きさや横に伸ばしたときの長さ、トレーニング前の顔写真を記録できるようにした。そして、口の開閉動作に合わせてリンゴがかじられる音が出るような演出やトレーニング中に大きな口が開いた時には称賛するような演出をすることで遂行感を高めた。開発したトレーニングシステムの画面イメージを図6に示す。

開発したトレーニングシステムの効果を健常若年者に体験してもらったところ「おなかがいっぱい」といった食欲が促されたような効果が発言として得られ、「食事の楽しみ」を高める効果が示唆された。

本研究では、トレーニングシステムの開発と試用にとどまったが、今後、システムの利用を通してデータを収集し、(1)(2)で得られた成果を統合することで、摂食・嚥下機能の定量的な測定や摂食・嚥下機能、「食事の楽しみ」の向上の評価を行いたいと考えている。

表1 システムが表示するイメージとトレーニング動作

表示するイメージ	対応する動作	ターゲットの変化	クリアの条件	備考
リンゴ	口の開閉	かじられていく	5回	記録されている最大縦長さの90%以上で「大きいお口!」とテキスト表示
歯ブラシ	「い」の口	どンドン泡立つ	15秒	記録されている最大横長さの90%以上で「磨きやすい!」とテキスト表示
ろうそく	口とがらせ	炎が揺れて傾く	累計15秒	音声での検出も検討
ダルマ	頬膨らませ	どンドン膨れる 最後は空気が抜ける感じ	累計10秒	
ぺろぺろキャンディ	ベロだし	小さくなる	5回	
ラーメン	口とがらせ	すすられる	4回	手を検出したらハンを表示する



図6 システムの進行画面 (歯ブラシを表示)

### (4) まとめ

本研究では、「食事の楽しさ」は感覚的要因と環境的要因から構成されると考え、感覚的要因に関するとして飲水時の血圧反応や運動の計測を行い、摂食における感覚刺激の違いが心臓交感神経活動に作用することを明らかにし、嚥下時の筋活動のメカニズムに関する知見を得た。また、環境的要因に関するとして楽しみに関するアンケート調査を行い、高齢者において食べることや親しい人との関係性が低下し、「食事の楽しみ」が減少していることが明らかになった。そして、嚥下機能を維持しながら、食への意欲を高められる食事の楽しみを高めるトレーニングシステムを開発し、食欲が促されたような効果が示唆された。

今後、得られたデータの分析を継続することで、各要因の詳細な構造を明らかにできると考  
える。また、得られた成果を統合し、科学的なエビデンスに基づいて「食事の楽しみ」を高め  
ることで生活の質の向上が期待される。

## 5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 2 件)

- ① 三輪洋靖；高速度カメラを用いた嚥下の計測とモデル化, LIFE2016, 2016.9.4, 東北大学
- ② 窪田聡, 遠藤豊, 窪田光枝；温度の違いが飲水による一過性血圧上昇に及ぼす影響-常温水  
と冷水の比較-, 第 39 回バイオメカニズム学会学術講演会, 2018.11.10, 筑波大学

[その他]

- ① 研究代表者ホームページ：<https://staff.aist.go.jp/h.miwa/>

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名：梅村 浩之

ローマ字氏名：UMEMURA, Hiroyuki

所属研究機関名：国立研究開発法人産業技術総合研究所

部局名：情報・人間工学領域

職名：研究チーム長

研究者番号 (8 桁)：10356587

研究分担者氏名：窪田 聡

ローマ字氏名：KUBOTA, Satoshi

所属研究機関名：国際医療福祉大学

部局名：小田原保健医療学部

職名：准教授

研究者番号 (8 桁)：90433614

研究分担者氏名：平田 文

ローマ字氏名：Aya Hirata

所属研究機関名：国際医療福祉大学

部局名：保健医療学部

職名：講師

研究者番号 (8 桁)：30582077

(平成 28 年度のみ参加)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等につ  
いては、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。