

主観評価と脳波活動に基づく飲料の嗜好推定

徐 キョウ哲[†] 片平 建史^{††} 山崎 陽一[†] 張 帆[†] 西田 尚生[†]

玉井雄一郎[†] 松寄 直幸^{†††} 長田 典子[†]

[†] 関西学院大学工学部／感性価値創造インスティテュート 〒669-1337 兵庫県三田市学園 2-1

^{††} 早稲田大学文学学術院 〒169-8050 東京都新宿区戸塚町 1-104

^{†††} サントリーグローバルイノベーションセンター株式会社 〒619-0284 京都府相楽郡精華町精華台 8-1-1

E-mail: [†]{kyoutetsu.jo,y-yamazaki,zhangfan,ejc11534,y-tamai,nagata}@kwansei.ac.jp, ^{††}katahira@waseda.jp,

^{†††}naoyuki_matsuzaki@suntory.co.jp

あらまし 近年、製品価値の一つの側面として感性価値が着目されており、これをどのように評価、推定し、更には価値創出に繋げていくかに関心が持たれている。一般に、製品の価値や印象は主観評価により評価できるが、この方法では意識されないもしくは言語化されない心理状態を反映することができない。一方、神経科学分野における基礎的検討により、主観評価では取得できない無意識の心理状態が、価値の形成に寄与することが示唆されている。すなわち、製品の価値を精度良く推定するためには、意識的・無意識的の両方の心理状態を用いる必要がある。しかしそれがどの程度の精度向上をもたらすかは明らかになっていない。そこで、本研究では、飲料の嗜好を評価対象として、主観（感情反応）・生理（脳波活動）データを同時に収集する手法を提案し、嗜好推定モデルを構築した。推定結果では、主観評価のみ、あるいは脳波活動のみで構築した推定モデルより、両方を同時に用いたモデルの方が高い推定力を示した。すなわち、意識的・無意識的心理反応が同時に人の嗜好評価に影響を与えていることが改めて確認された。キーワード モデル推定、意識的・無意識的心理反応、感性価値

Beverage's preference estimation based on subjective emotional reaction and EEG activity

Kuangzhe XU[†], Kenji KATAHIRA^{††}, Yoichi YAMAZAKI[†], Fan ZHANG[†], Naoki NISHIDA[†], Yuichiro TAMAI[†], Naoyuki MATSUZAKI^{†††}, and Noriko NAGATA[†]

[†] School of Engineering, Kwansei Gakuin University 2-1 Gakuen, Sanda, Hyogo, 669-1337 Japan

^{††} Faculty of Letters, Arts and Sci., Waseda University 1-104 Totsukamachi, Shinjuku-ku, Tokyo, 169-8050 Japan

^{†††} Suntory Global Innovation Center Limited 8-1-1 Seikadai, Seika-cho, Soraku-gun, Kyoto, 619-0284 Japan

E-mail: [†]{kyoutetsu.jo,y-yamazaki,zhangfan,ejc11534,y-tamai,nagata}@kwansei.ac.jp, ^{††}katahira@waseda.jp,

^{†††}naoyuki_matsuzaki@suntory.co.jp

Abstract In recent years, many studies have tried to quantify Kansei values and found that human psychological and physiological reactions have certain effects. To further examine the relationships among psychological reactions, physiological reactions, and Kansei values, the main purpose of this study is to construct a predictive model for beverage preference evaluation. However, we found that the problem of how to obtain psychological and physiological reaction data without affecting people's Kansei value evaluations has not been solved well. Therefore, this study proposes using an arm robot instead of a human to perform a series of actions when drinking, which solves the problem of measuring psychological and physiological reactions simultaneously. Using the psychological and physiological reactions collected by this method, we completed a predictive model of people's preference evaluations. Our model's prediction accuracy is higher than that of the model using psychological evaluation or physiological reaction alone. This result proves again that psychological and physiological reactions do affect people's preference evaluation simultaneously. Through the model comparison, we also get the result that the evaluation of people's preference for beverages has been formed in tasting the beverages in the mouth.

Key words Estimated model, Conscious and unconscious psychological reactions, Kansei value

1. はじめに

近年、感性価値が様々な産業分野で広く関心を集めている。特に衣 [1]、食 [2]、交通 [3]、化粧品 [4] などの生活関連分野においては、日常生活のあらゆる側面で感性価値が関わっている。これらの分野では感性価値に基づいたデザイン設計なども試みられている。製品によってはより優れた設計を行うため、製品に対するユーザーの心理的反応を定量化することが必要な場合もある。心理的反応には意識的なものと無意識的なものがあり、それぞれに適した定量化の方法がある。意識的反応は、言語で表現できる反応 [5] であり、主観評価によって測定される。無意識的反応は、顔の表情や脳波の活動など、言語では表現できない心理生理的な反応であり [6][7]、生理計測等の客観的な評価手法により取得できる。一方、製品が提供する価値を精度良く捉えるためには、価値形成に寄与する意識的反応と無意識的反応の両方を測定することが必要である。

食に関しての感性価値の形成メカニズムは、多くの感覚モダリティから複合的な影響を受けているため、非常に複雑である。食物摂取時の意識的・無意識的な反応が人の感性価値にどのように影響するかを理解するため、多くの科学者が関連研究を行ってきた。一部の研究結果から食物に対する嗜好評価と主観的な反応の関係が示された [2][11][12]。これらの研究の多くは、実際にユーザーが評価対象の食品を摂取する自然な場面を再現した実験条件下での主観評価に基づいたものであり、生態学的妥当性（人工的に作られた実験環境が、どの程度、実際に人が日常の活動の場で行なっている行動と関連する意味をもつものか）が高く、実際に食品が提供する主観的な価値の取得が可能である。一方、食品が提供する価値の一つである嗜好と無意識的反応の関係は、脳科学の分野で研究されてきた [8][9][10]。これらの研究では体動が脳活動に及ぼすアーチファクトを抑制する必要から、飲料摂取にチューブインジェクション方式など生態学的妥当性の低い実験条件下で検討が行われており、自然な摂食場面において食品が提供する価値を正確に捉えられているかといった点について疑問が残る。そのため、意識的反応と無意識的反応の両方が食品の提供価値にどのように影響するかを明らかにするためには、如何に生態学的妥当性の高い実験条件下において主観評価と脳波活動計測を両立するかといった問題を解決する必要がある。

本研究の最終的な目的は、飲料が提供する価値の一つである嗜好を意識的反応と無意識的反応の両方から精度良く推定可能なモデルを構築することである。この目的を達成するため、まずは前述の計測上の問題を解決しなければいけない。そこで我々は人間の代わりにロボットアームを用いて飲料摂取時の一連の動作を行わせる実験方法を提案する。この方法を用いれば、摂食時に被験者が大きな体動を必要とせず、従来の実験環境に対して相対的に生態学的妥当性の高い、すなわち自然な摂食経験を被験者に提供した条件下での主観評価と脳波計測が可能になる。本研究では、この実験方法をコーヒー飲料の飲用行動に対して適用し、そこで収集された感情評価データと脳波データを用い、意識的反応と無意識的反応からコーヒー飲料の嗜好を

推定する数理モデルを構築した。更に、モデル構成と評価結果から、嗜好評価に影響する心理反応及び脳活動の要因、そしてそれらがどの程度まで嗜好形成に影響するかといった点を検討した。

2. 関連研究

産業分野において食品に対する嗜好や香味をどの心理的反応をどのように評価するかは高い関心が持たれてきた。相良 [2] は食品に対する総合的な嗜好評価がどのように形成されるかを分析するために、“食感性モデル”を構築した。このモデルは、主観評価により得られる内的属性（香りなど）・外的属性（ブランド効果など）と「おいしい」との定量的関係を示すもので、食品の有する属性からのおいしさ評価を可能にする。また、数ある食品分野の中でも、飲料における関心は高く同様に、飲料の価値を被験者の心理的反応から測定する試みが多く報告されている。例えば、池田ら [11] は飲料を飲んだときの味の感じ方と、飲料に含まれる成分を比較することで、人の嗜好評価について調べた。一方、Dalenberg ら [12] は、飲料の選択行動を推定に対する主観評価により得られる嗜好と感情の影響を検討し、嗜好と感情の両方の情報を用いることで飲料選択を、何れか一方の心理の状態を用いた場合より精度の良い推定が可能であることを示した。これは推定において、飲料摂取に伴い生じる心理的反応に関する情報を広く取得することが精度向上において有効であることを示唆するものである。

一方、脳活動と食品の価値との関係についての研究も広く行われている。田中ら [8] は食品画像に対する嗜好評価を行う際の ERP の効果について検討した。その結果、P300 成分の面積は食品画像に対する嗜好評価と有意相関が見られた。一方、fMRI による食品に対する嗜好と脳活動の関係に関する基礎的な検討も行われており、そこでは参加者に対してチューブインジェクション方式による飲料が提供されている。結果として、飲料の嗜好評価は脳の前頭葉の活動 [9] や、脳の腹側被蓋野や線条体の活動 [10] との関係が示唆されるといったように嗜好と関係する脳領域の特定など多くの知見が蓄積されつつある。しかしながら、これらの研究の実験環境は、前述の主観評価の実験環境と比較して、生態学的妥当性が低く、観測された心理的反応が自然な摂食行動下の反応と対応するかといった点については明らかになっていない。

3. 実験

3.1 参加者

実験参加者は予備調査のアンケートにおいてコーヒーに対する好みを「嫌いではない」、または「普通」と評価した 32 名（男性 24 名、女性 10 名）である。本研究では、この参加者のうち解析上十分な脳波データの取得に成功した 24 名（男性 18 名、女性 6 名、 21.79 ± 1.19 歳）を対象にした分析を実施した。

3.2 刺激

市販されているコーヒー飲料の中から、研究者が香味的な特徴が異なると判断した 5 種類のコーヒー飲料を実験刺激として

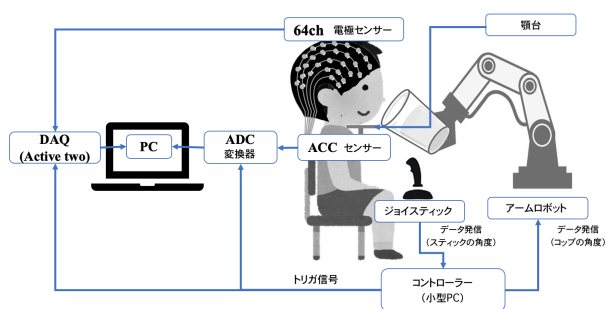


図1 実験装置と連携関係図。

採用した。参加者は実験時、一回の評価において温度が4℃に維持された飲料を15ml 飲用した。

3.3 主観評価質問

本研究では飲料摂取時の参加者の気分と、飲料に対する嗜好の両方を評価した。気分評価については先行研究 [14] に基づき、気力に満ちた (Q1)、エネルギーが豊富 (Q2)、活動的な (Q3)、機敏な (Q4)、緊張した (Q5)、ゆったりした (Q6)、落ち着いた (Q7)、くつろいだ (Q8)、落ち着かない (Q9)、気が休まらない (Q10)、生気がない (Q11)、無気力な (Q12)、気分ののらない (Q13) の13項目について4段階のリッカート尺度による評価を実施した。また飲料に対する嗜好は、VAS (Visual Analog Scale) により0~100のスコアでの評価を実施した。

3.4 実験装置

図1に示したように、実験環境は、ロボットアーム、ジョイスティック、脳波計、加速度センサから構成される。飲料摂取に伴う体動の脳波への影響を抑制するため、参加者の口腔内に飲料を流し込む一連の動作をアームロボット「Dobot Magician」を用いて実現した。実験時、参加者はジョイスティックを操作するといった最小限の体動で飲料の摂取が可能になる。脳波計はBiosemi社の「Active Two System」を使用し、参加者の頭部に64個電極チャンネルと6個の追加チャンネルを設置した。嚥下時の喉頭の動きを測定するため、被験者の喉頭付近に加速度センサを設置した。このセンサから得られる情報は参加者が飲料を嚥下したタイミングの観測に用いる。また、飲料が口腔に流れ込んだタイミングはアームロボットの角度から算出され、トリガ信号として脳波計に記録される。これにより飲料摂取と同期した脳波データの取得が可能になる。なお、実験は遮音効果のある実験室で行った。

3.5 手続き

参加者は一つの飲料刺激を図2の手続きに従い摂取した。まず参加者は顎台に頭部を固定した後に、画面の指示にしたがい飲料摂取を行った。最初の10秒間、開眼した状態で安静状態を保った。10秒後に、飲料摂取を促された状態を確認の後、参加者はジョイスティックを操作し飲料摂取を開始した。嚥下から概ね130秒間安静状態を保持し、その後に主観評価を実施した。以上を15回 (各飲料刺激について5回) 繰り返した。

また脳波データと同期するため飲料が口腔に流れ込んだタイミング及び嚥下タイミングを記録した。あらかじめ飲料が口腔

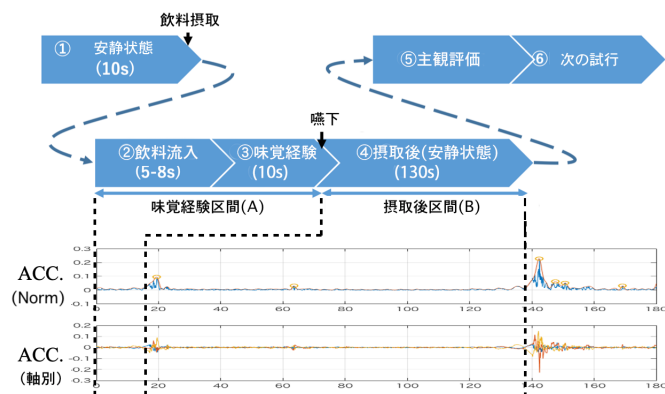


図2 飲料摂取手続きと飲用区間。

に流れ込む角度を計測し、これを基準として参加者がジョイスティック操作時にその角度に到達したタイミングでトリガ信号を生成し脳波計により記録した。また嚥下タイミングは、咽頭部に設置した加速度センサの動きを計測し、実験後にタイミングを算出した。この飲料摂取イベントのタイミングに関する情報は、飲料摂取行動と脳波データを対応付けるために利用された。

4. データの前処理

4.1 脳波データ

人間の嚥下行動は、先行期、準備期、口腔期、咽頭期、食道期の5つの段階から構成される [13]。本実験では、準備期から口腔期に遷移するタイミングと、口腔期から咽頭期に遷移するタイミングをアームロボットの状態、咽頭部に設置した加速度センサの状態から取得した (図2)。これにより、飲料が口腔に流れ込む前の先行期から準備期までの脳活動 (安静状態)、咽頭期における脳活動 (味覚経験区間: A)、咽頭期以降の脳活動 (摂取後区間: B) を弁別し解析することが可能になった。

脳波解析では各チャンネルの各区間におけるパワースペクトル密度 (PSD: Power Spectrum Density) を算出し、 θ , lower α 1, lower α 2, upper α , β , γ といった主要な周波数帯域での活動量を算出した。そしてA及びB区間それぞれの活動と安静状態の活動との差を算出し、A, B区間それぞれの特徴量とした。また、味覚経験区間の活動と摂取後区間の活動の差を特徴量として算出し、以降ではこの特徴量をABの記号により示す。

更に周波数帯毎の脳波活動に関する空間的特徴を表す特徴量を抽出するため主成分分析を適用し、味覚経験区間については25次元、摂取後区間については16次元、区間ABについては22次元の特徴量を算出したこの特徴量の次元数は累積寄与率80%以上を基準として決定した。

4.2 主観評価

主観評価により得られた参加者の気分評定値に対して因子分析を適用した。因子数の決定にはKaiser-Guttman基準を採用し表1の4因子を抽出した。因子負荷量から第1因子は活性的な項目が中心であり、第2因子は安楽な快の項目で構成され、第3因子は心の不安定を示す項目で構成され、第4因子は活動性の低い項目で構成されていたため、以降は第1因子を活発さ因

表 1 主観的気分の因子負荷量

評価項目	第 1 因子	第 2 因子	第 3 因子	第 4 因子
Q1. 気力に満ちた	.944	-.024	-.234	.083
Q2. エネルギーッシュな	.906	.125	.128	-.210
Q3. 活動的な	.881	.228	.286	-.186
Q4. 機敏な	.665	-.195	-.074	.278
Q5. 緊張した	.352	-.336	.146	.267
Q6. ゆったりした	-.030	.900	-.033	.122
Q7. 落ち着いた	.052	.898	.076	.000
Q8. くつろいだ	.203	.657	-.350	.199
Q9. 落ち着かない	.032	-.046	.865	.028
Q10. 気が休まらない	.017	-.072	.836	.071
Q11. 生気がない	.009	.057	-.056	.889
Q12. 無気力な	-.193	.360	.312	.645
Q13. 気分ののらない	.059	-.215	.332	.341

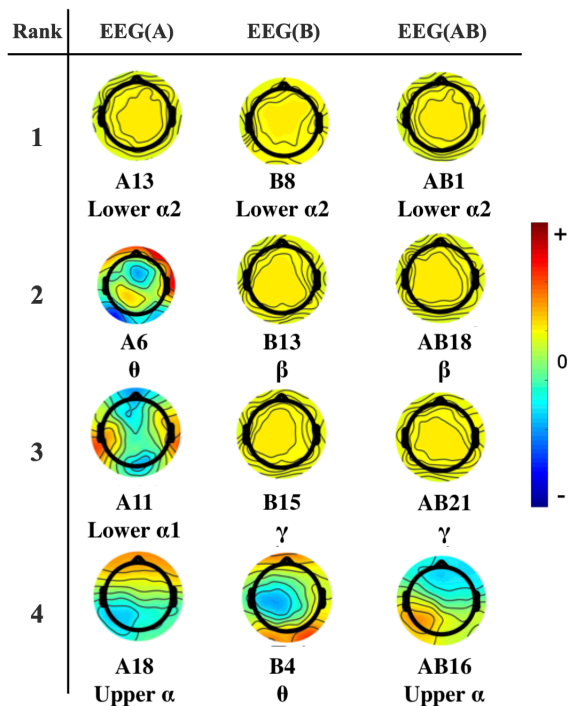


図 3 飲用区間 (A, B 及び AB) 毎に嗜好と関係性の強い脳波活動の特徴。

子, 第 2 因子をリラックス因子, 第 3 因子を気ぜわしさ因子, 第 4 因子を消極性因子と呼称する。

5. モデル分析

5.1 嗜好と関係する脳波活動

あらかじめ各脳波主成分に対して単回帰分析を行い, WAIC を判定基準として最適なモデルパラメータの探索を行った結果, 飲用区間 (A, B 及び AB) 毎に嗜好評価と関係が強い 4 つの成分が明らかになった (図 3)。

5.2 嗜好評価を推定する数理モデルの構築

嗜好評価を推定可能な最適モデルを構築するため, 5 つの飲料サンプルの嗜好評価の分布を正規分布に従う仮定に基づいたベイズ回帰モデルの構築を実施し, WAIC の観点から最適な

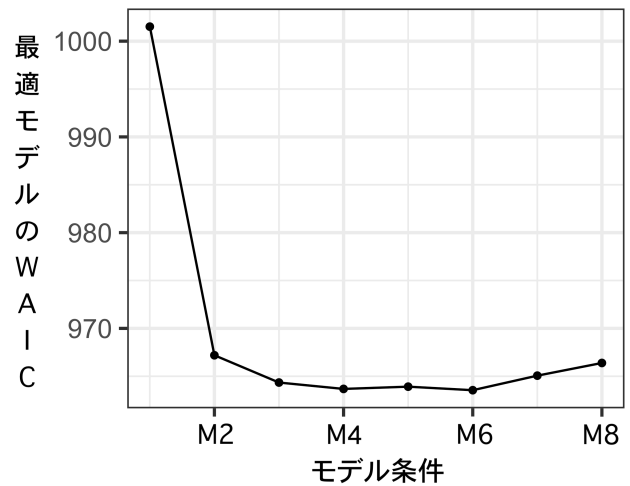


図 4 M1 から M8 条件毎の最適なモデルの WAIC。

デルを選択する。ベイズ回帰モデルの計算式を式 1 と式 2 に示した。

$$y \sim \text{Normal}(\mu, \sigma) \quad (1)$$

$$\mu = \alpha + \sum_{n=1}^n \beta_n V_n + r_{\text{sample}} + r_{\text{participant}}, n \in 1 \dots 8 \quad (2)$$

5.1 の分析により選択された嗜好と関係性の強い脳波活動の 12 特徴成分 (図 3) に, 因子分析により抽出された 4 つの主観的気分の因子を加えた, 全 16 パラメータについて嗜好評価との関係を表現する最適なモデル構成を検討した。検討では, モデルの独立変数が 1 から 8 で構成される 8 条件のモデル構成それぞれに分析を行い, 条件ごと嗜好評価推定において最適なモデルを構築した。各条件のモデルの詳細は下記に示す:

$$M1_p = V1_p$$

$$M2_p = V1_p + V2_p$$

$$M3_p = V1_p + V2_p + V3_p$$

...

$$M8_p = V1_p + V2_p + \dots + V8_p$$

$M1_p$ から $M8_p$ までは 1 から 8 つの独立変数を持つモデルである。V は独立変数, p は飲用区間のインデックス。各モデルの WAIC を計算し, 最適なモデルを選択した。

5.3 嗜好推定モデル

図 4 構築した 8 種類の条件毎の最適なモデルから算出された WAIC を示した。M2 以降の結果が安定になり, M6 が全体において最適なモデルであることがわかった。すなわち, 6 個の独立変数を有するモデル構成が嗜好評価を推定する上で妥当であることが分かる。

表 2 は M2 から M8 までの最適なモデル構成を示したものである。なお, M1 は他モデルに対して WAIC の値が大きく, そのモデル構造は嗜好評価に関する知見を適切に反映していると考えられないため比較分析から除外した。モデル構成を比較し

表2 M2 から M8 条件の最適なモデルの構成

タイプ	最適モデル	Waic
M2	Fac1+Fac3	967.193
M3	Fac1+Fac3+A13	964.345
M4	Fac1+Fac2+Fac3+A13	963.678
M5	Fac1+Fac2+Fac3+A6+A13	963.913
M6	Fac1+Fac2+Fac3+A6+ A13+ A18	963.545
M7	Fac1+Fac2+Fac3+Fac4+ A6+ A13+ A18	965.064
M8	Fac1+Fac2+Fac3+Fac4+A6+A11+A13+A18	966.389

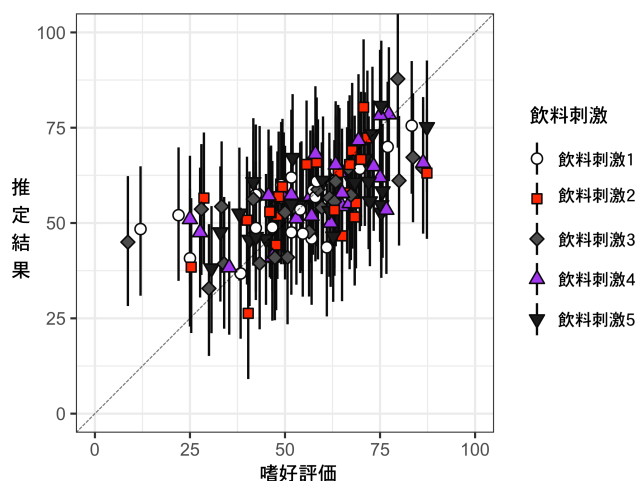


図5 M6 の最適モデルを用いた嗜好評価の推定結果。

た結果、M2 以外のモデルは全て区間 A の主観評価因子＋脳波活動主成分であることがわかった。したがって、主観評価と生理反応の両方を用いたモデルは、主観評価や生理反応だけを用いたモデルよりも優れていると言える。更に、区間 A の脳波活動主成分で構築したモデルは、区間 B と AB の脳波活動主成分で構築したモデルよりも優れていたことから、飲料の嗜好評価は、区間 A 中、またはその以前に形成される可能性が高いと考えられる。M6 から選出した最適モデルは、活発さ因子 (Fac1)、リラックス因子 (Fac2)、気ぜわしさ因子 (Fac3)、A6 (前頭葉活動)、A13 (大脳基底核活動)、A18 (前頭葉活動) で構成されている。

最後に、M6 を用いて参加者の嗜好評価を推定した。図 5 に示したように、X 軸は参加者の実際の回答、Y 軸は M6 によって推定された結果である。推定された結果が実際の回答と一致するほど、45 度の対角線上に集中する。その結果、M6 は参加者の嗜好評価を基本的に正確に推定していることがわかった。

6. 考 察

本研究では、主観的な反応（感情評価）と客観的な生理反応（脳波活動）を用いて、飲料の嗜好評価を推定するベイズ数理モデルを構築した。また、嗜好評価を推定する上で、異なる 3 つの飲用区間 (A, B 及び AB) における嚥下前後の脳波活動を比較した。更に、最適なモデルを用いて、様々な要因が嗜好評価に与える影響を分析した。最初の結果では、因子分析により、感情評価に関する 4 つの因子を得た。それらは、活発さ因子、

リラックス因子、気ぜわしさ因子及び消極性因子である。次に、主成分分析により、各区間の脳波活動の主成分を抽出した。飲用区間から最適な 4 つの主成分を選出し、モデル構築に使用した。区間 A は、A13 (lower α 2 波)、A6 (θ 波)、A11 (lower α 1 波) と A18 (upper α 波) が選ばれた。区間 B は、B8 (lower α 2 波)、B13 (β 波)、B15 (γ 波) と B4 (θ 波) が選ばれた。区間 AB は、AB12 (lower α 2 波)、AB18 (β 波)、AB21 (γ 波) と AB16 (upper α 波) が選ばれた。その中、飲用区間にかかわらず、モデル比較で選ばれた最適成分は lower α 2 波の第一成分である。更に、最も代表的な主成分の半分以上が第 1 成分（黄色の部分が多い）であることがわかった。このような脳波活動は、基本的に大脳基底核に由来するものであり、人間の感性と強く関連するものと言われている。これらの結果から、人は飲み物に対する嗜好評価がより主観的なものが影響していることを示している。同時に、前頭葉との反応 (A6, A18, B4) も非常に興味深い。前頭葉の反応は、脳の認知処理に関連していることから、飲料に対する嗜好評価には、飲料情報に対する認知も関与していることを意味していると考えられる。

構築したモデル M3 から M8 までの各ベストモデルは全て「感情因子＋脳波活動の主成分」の組み合わせであることが確認できた。また選択された脳波活動の主成分はすべて味覚経験区間 (A) の脳波活動である。この結果から、主観的な評価と客観的な生理反応の両方を用いて構築したモデルがより優れていることを示した。また、区間 A の脳波活動は区間 B と AB の脳波活動よりも有意に飲料の嗜好評価に影響しており、味覚の認知は飲料が嚥下される前に形成されていることを示唆した。

最後に、モデル比較の結果では M6 が最適モデルとして選出された。M6 は活発さ因子 (Fac1)、リラックス因子 (Fac2)、気ぜわしさ因子 (Fac3)、A6 (前頭葉活動)、A13 (大脳基底核活動)、A18 (前頭葉活動) で構成されている。A6, A13, A18 は情動や認知に関連する因子であるが、有意相関が認められず、活動因子と不安因子のみが嗜好評価に有意相関が認められた。この結果から、飲料の嗜好評価は主観的な判断を重視していることを示唆している。

7. ま と め

本研究では、人間の代わりにアームロボットを用いて一連の飲料摂取動作を行うことで、人の感性価値に影響を与えることなく、心理的反応と生理的反応を同時に測定した。この方法で収集した主観評価と脳波活動を用い、飲料の嗜好評価の推定モデルを構築した。その結果、脳波と嗜好評価との関係はこれまでの研究と同様な結果を得られた。この結果により、我々の測定方法で収集したデータの信憑性が高いことを証明できた。更に、我々の推定モデルでは、主観評価と脳波活動を用いたモデルの推定能力が、主観評価のみを用いたモデルよりも高いことも示された。この結果から、心理的反応と生理的反応の両方が評価結果に影響を与え、人の感性的価値観を反映していることを証明している。今後は、実験データを増やし、モデルの最適化を進めていく予定である。

文 献

- [1] 松岡依里子, 山本ひとみ, “ライフスタイルの類型化にみるファッション感性価値行動,” 日本感性工学会論文誌, vol.19, no.3, pp.281-289, 2020.
- [2] 相良泰行, “食感性モデルによる「おいしさ」の評価法,” 日本食品科学工学会誌, vol.56, no.6, pp.317-325, 2009.
- [3] 和泉志穂, 赤岡仁之, “消費者行動における感性価値の研究 — 複数の感覚項目の関係性および性差・世代差からの検討 —,” 繊維製品消費科学, vol.56, no.7, pp.613-619, 2015.
- [4] T. Asai, Y. Yamazaki, Y. Tani, K. Tobitani, H. Yamamoto, N. Nagata, "Sensibility evaluation of an exfoliating lotion with supreme tactile impression during wiping motions," 30th International Federation of Societies of Cosmetic Chemists Congress (IFSCC2018), P-S5-373, 2018.
- [5] 竹之下遼, 原田利宣, 小野謙二, “データマイニングを用いた2種類の酒類における Web 上の感性情報の比較と視覚化,” 日本感性工学会論文誌, vol.17, no.1, pp.11-20, 2018.
- [6] C. Morin, "Neuromarketing: The New Science of Consumer Behavior," Soc 48, pp.131-135, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12115-010-9408-1>
- [7] W. M. Lim, "Demystifying neuromarketing," Journal of Business Research, 91, pp.205-220, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.05.036>
- [8] 田中元志, 中島恵子, 井上浩, 新山喜嗣, 高橋徹, 熊谷昌則, 秋山美展, “ERP を指標とした食品評価に関する実験的検討—寿司画像を用いた好み評価—,” 生体医工学, vol.47, no.6, pp.623-627, 2009
- [9] M. Samuel. McClure, J. Li, D. Tomlin, S. Kim. Cypert, Latané M. Montague, P.R. Montague., "Neural correlates of behavioral preference for culturally familiar drinks," Neuron 44, pp.379-387, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2004.09.019>.
- [10] P. John. O'Doherty, R. Deichmann, D. Hugo. Critchley, J. Raymond. Dolan., "Neural Responses during Anticipation of a Primary Taste Reward," Neuron, Vol.33, pp.815-826, 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(02\)00603-7](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(02)00603-7).
- [11] 池田岳郎, 日置真由美, 永井元, 相良泰行, “ビター系嗜好飲料に対する食感性モデリングの検討,” 日本味と匂学会誌, vol.10, no.3, pp.769-772, 2003.
- [12] J.R. Dalenber, S. Gutjar, G.J. ter Horst, K. de Graaf, R.J. Renken, G. Jager., "Evoked emotions predict food choice," PLoS ONE, 9 (12), p. e115388, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0115388>
- [13] GM. Ardran, FH. Kemp, "The mechanism of swallowing," Proc R Soc Med 44, pp.1038-1040, 1951.
- [14] 織田弥生, 高野ルリ子, 阿部恒之, 菊地賢一, “感情・覚醒チェックリストの作成と信頼性・妥当性の検討,” 心理学研究, vol.85, no.6, pp.579-589, 2014.
- [15] 松浦健太郎, Stan と R でベイズ統計モデリング. 共立出版, 東京, 2016.
- [16] J. K. Kruschke, Doing Bayesian data analysis: A tutorial with R, JGAS, and Stan (2nd ed). Burlington, MA: Academic Press/Elsevier, 2014.
- [17] Stan Development Team. RStan: the R interface to Stan. R package version 2.17.3, 2020. <http://mc-stan.org/>.
- [18] M. Doppelmayr, W. Klimesch, T. Pachinger, and B. Ripper., "Individual differences in brain dynamics: important implications for the calculation of event-related band power," Biological cybernetics, vol. 79, no. 1, pp. 49-57, 1998. DOI: 10.1007/s004220050457
- [19] A. Deak, "Brain and emotion: Cognitive neuroscience of emotions," Review of Psychology, Vol.18, no.2, pp.71-80, 2011.
- [20] J.M. Fuster, "Frontal lobe and cognitive development," J Neurocytol 31, pp.373-385, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1024190429920>