

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 4 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500250

研究課題名(和文) 事象関連電位を指標とした主観量の定量化に関する研究

研究課題名(英文) Study on Quantifying Subjective Evaluation by Event-Related Potential

研究代表者

田中 元志 (Tanaka, Motoshi)

秋田大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：50261649

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：心理的な活動に依存する内因性成分である事象関連電位(ERP)を主たる指標として好みななどの主観的判断・評価(主観量)を定量的に検出するために、食品、色が異なるシャツ、動物などの画像を用いて主観評価時のERPを測定した。認知・判断に関連するERP成分P300に着目し、その振幅、面積などを特徴量として抽出した。そして、好みと対応よくP300を検出するための評価課題を提案した。好みの程度とP300面積の関連については、比例関係のような単純な関係ではないことが明らかとなった。また、ERPと視線情報を組合せて利用するための基礎検討として、主観評価時の視線停留を測定し、好みの検出に利用できる可能性を示した。

研究成果の概要(英文)：In order to study on quantifying subjective evaluation by event-related potential (ERP), the ERP was measured when subjectively judging in opinion tests with pictures, such as foods, shirts with different colors, and animals. The ERP component P300, which is related to cognition and/or judgment, was detected, and its amplitude or area was discussed as a P300 parameter. In results, an evaluation task to detect the P300 corresponding to subjects' preference was proposed. And it was cleared that the relationship between P300 area and the degree of the preference is not linear. As a fundamental study to use with the ERP, eye fixation and its time were measured when subjectively judging in opinion tests with paired food pictures. Results showed a feasibility of detecting a difference of subjective evaluation by the eye fixation time.

研究分野：情報通信工学

キーワード：事象関連電位 P300 主観評価 画像 好み 視線

1. 研究開始当初の背景

従来、画質、食品の味や外観、製品のデザインの評価など多くの場合において、ヒトの主観評価（官能評価）が一般的に行われている^[1]。画質などの客観評価においては、物理パラメータを測定し、ヒトの主観評価結果と対応付ける客観評価法の検討が数多く報告されている。一方、このような主観的判断・評価（主観量）を、脳波などの生理信号（情報）を利用して客観的に評価することについての検討は行われているが少ない。また、本研究で着目する事象関連電位（ERP：Event-Related Potential）^[2]は、心理的な活動に依存する内因性成分であり、認知工学や心理学の分野でも利用されている。ERPは、BCI/BMIへの利用も検討されているが、主観評価との対応については明確になっていないとも言えない。主観量を、脳波測定などによって数値等で定量的に評価できれば、新しい評価指標や評価法の提案が期待できる。また、高齢者や病人など明確な回答を得られない場合においても、有効な方法の一つになると考えられる。そのため、主観評価時のERPを測定し、ERPの特徴量と主観評価の関連を明らかにする必要がある。

2. 研究の目的

提示画像を主観評価させたときの脳波測定から得られるERP、特に、認知・判断に関連する成分P300に着目してヒトの主観的判断・評価（主観量）を定量化し、視覚情報（画像や外観など）に対する主観評価に対応できる評価法を開発することを目的とした。具体的な目標を以下に示す。

- (1) 主観量とP300特徴量（波形、振幅、面積など）の関係を明らかにする。
- (2) 主観量と対応よくP300特徴量を検出するための評価課題・方法（画像の提示方法、評価語など）を提案する。
- (3) 3D画像を用いた測定システムを構築し、ERPによる評価の可能性を検討する。
- (4) ERPと組み合わせる生体情報として、評価時の視線の利用の可能性を検討する。

3. 研究の方法

画質、好みなどを主観評価させたときの事象関連電位（ERP）、および視線の動きを測定した。被験者を用いた実験については、秋田大学手形地区におけるヒトを対象とした研究倫理審査委員会の承認を受け、すべての被験者から同意書を得て行なった。また、得られた結果について、2元配置分散分析、多重比較検定（Tukey法）による解析を行った。

(1) ERPの測定方法

図1に示す測定系を構成した。視距離を画面高（21型LCD）の4倍とした。提示時間2秒の評価用画像と、平均3秒（2～4秒のランダム）の休止画像（中央に固視点）を、交互に提示し、主観評価させた。評価用画像の

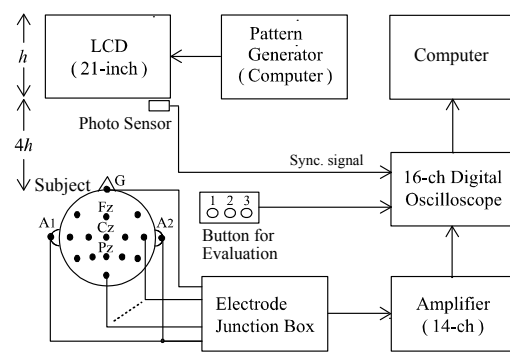


図1 脳波の測定系の構成

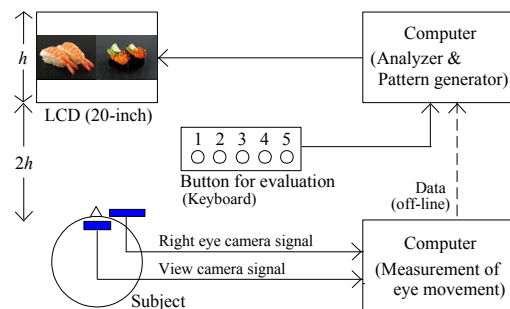


図2 視線の測定系の構成

右下に輝度の異なる小さい長方形画像を挿入し、画像とその切り替わりをLCDに取り付けた光センサで検出し、識別した。

3D画像を用いた実験では、偏光式メガネを使用する3Dモニタ（47型LCD）を用いて、視距離を画面高の約3倍とした。

脳波測定の際の電極配置は、探索電極を国際10-20法に従うFz、Cz、Pz、Oz、F7、F8、C3、C4、P3、P4、T3、T4、T5、T6の14部位とした。基準電極は左耳A1と右耳A2の連結とし、接地電極は鼻根部近傍Gとした。脳波を、増幅器（利得80dB、BPF: 0.5～300Hz）で増幅し、サンプリング周波数1kHz、16bitでコンピュータに取り込んだ。脳波波形からERPを抽出するために、評価用画像の提示（画像切替）の100ms前から1s間を一試行として、加算平均処理を行った。加算平均後に前後10点の移動平均処理を行い、評価用画像提示前100ms間の平均振幅値を「baseline」として、加算平均波形（ERP波形）を求めた。

(2) 視線の測定方法

図2に示す視線測定システムを構成し、評価時の視線停留とその継続時間を測定した。視線の検出範囲をモニタ（20型LCD）上に限定し、全域が有効視野角内に入るように、画面高の約2倍とした。右目の瞳孔と被験者が見ている風景をそれぞれ視線追尾装置ViewTracker（Ditect社）のCCDカメラ（画素数480×640pixel²）で撮影し、瞳孔中心座標を検出した。各映像のサンプリング周波数は $f_s=30\text{ Hz}$ である。本システムでは、瞳孔の中心座標を、1次射影変換を用いて画像上の視線座標に変換する。視線座標に含まれる

ノイズを適応型 α -Trimmed 平均値フィルタ³⁾で除去することで、視線をばらつき、および誤差 1° 以内で測定できる。視角 2° 以内の視線座標が 150 ms 以上継続して観測された場合を停留として⁴⁾、その継続時間 $t_f=1/f_s \times n$ ($n=5, 6, 7, \dots$) を抽出した。

4. 研究成果

主な実験とその成果を以下にまとめる。

(1) 好みと対応よく ERP を検出するための評価課題の提案

被験者に与える評価課題を検討するため、図 3 に示す寿司の写真を用い、評価語とそれに対応する画像の枚数を表 1 のように設定した。各評価語に対応する食品については、測定前にアンケートで選ばせた。被験者に「画像が提示されたらすぐに評価し、評価語(評価値)に対応するボタンを押す」ように指示した。加算平均波形の P300 成分に 2 つのピークが見られたため、特徴量として、画像提示後 $250 \sim 600 \text{ ms}$ 間の加算平均波形の積分値を P300 面積と定義し、求めた。被験者毎に最大値で正規化して求めた P300 面積を図 4 に示す。被験者は課題 A と C が男性 10 名、B が 9 名、D が 11 名(各 $19 \sim 24$ 歳)である。課題 C と D では「次に好き」の評価時の面積が最も小さく、課題 B では評価毎の面積の差が小さい。課題 A のように、単純に、とても好きなもの 1 枚、次に好きなもの 1 枚を被験者に評価させる(選ばせる)課題が有効な方法の一つであることを示した。

(2) 画質評価と好み評価時の ERP の違い

画質と好み評価時の ERP の違いについて、同じ種類の画像、同じ評価方法、同じ被験者(10 名)として実験を行った。画質評価(実験 A)では、図 5 に示す食品の画像(寿司)を用い、P0(原画像)を標準画像とし、評価語「同じ、悪い、非常に悪い」を用いて比較評価させた。好み評価(実験 B, C)では、実験前のアンケートで、図 3 の画像の中から被験者にとても好きなもの 1 枚、次に好きなもの 1 枚、好きなもの 3 枚を選ばせ、評価用画像として用いた。実験 B では、評価語「とても好き、次に好き、好き」を用いて単一に評価させた。実験 C では、好みと同程度であるもの 3 枚の中から 1 枚を標準画像として、評価語「とても好き、好き、同じ」を用いて比較評価させた。

総加算平均波形の例を図 6, 7 に示す。Pz 周辺の部位の P300 成分(画像提示後 $250 \sim 500 \text{ ms}$)の波形について比較すると、実験 A の結果では、画像提示後 $300 \sim 400 \text{ ms}$ にピークが見られ、これまでの風景画像を用いた場合と同様の波形となった。一方、好み評価の実験 B(単一評価法)と C(比較評価法)の結果では、画像提示後 $300 \sim 400 \text{ ms}$ および $400 \sim 500 \text{ ms}$ にピークがそれぞれ見られ、これまでの食品評価時の結果⁶⁾と同様な波形



図 3 食品の画像(寿司)

表 1 評価語と画像の枚数

評価語	課題 A	課題 B	課題 C	課題 D
3: とても好き	1	1	1	2
2: 次に好き	1	2	2	2
1: 好き	3	2	3	2

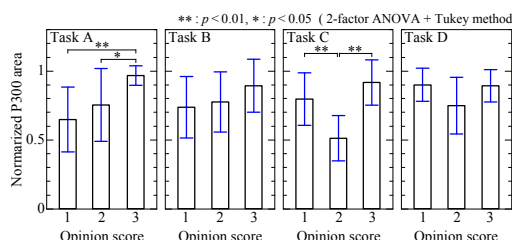


図 4 課題 A~D の正規化 P300 面積の平均値と標準偏差(電極位置: Pz)



図 5 実験 A で用いた画質評価用画像

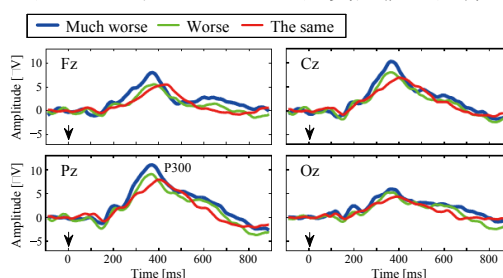


図 6 実験 A(画質評価, 比較評価法)時の総加算平均波形の例

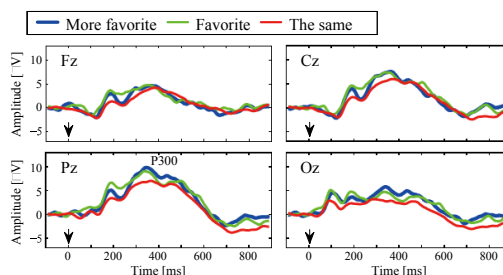


図 7 実験 C(好み評価, 比較評価法)時の総加算平均波形の例

となった。食品画像の利用が P300 に複数のピークが現れた要因の一つである可能性は小さいことが示された。

一方、評価の内容、方法などの違いが ERP に現れる部位が存在した。画質評価と好み評価時に P300 が出現した時刻(画像提示後 368 ms)における、実験 A では「非常に悪い」の場合の、実験 B と C では「とても好き」の

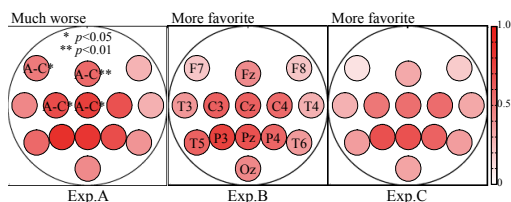


図 8 画像提示後 368 ms の振幅値の分布

場合の振幅値の分布図を図 8 に示す。ここでは、被験者間の振幅値の違いによる影響を除くために、被験者毎に Pz での加算平均波形の最大振幅値で正規化を行った。図中の円の位置は電極部位を、円内の色の濃さは平均振幅値を表している。F7, Fz などの部位で、実験 A-C 間に差異が得られた。「画質」と「好み」という評価の内容の違いが現れたと考えられる。違いが現れた部位についての詳細な検討は今後の課題である。

(3) 好みの程度と ERP の関連

食品とは異なる好みの対象として、実験 D ではズボンと色が異なるシャツの組合せ（コーディネート）を、実験 E では動物を取り上げた。評価用画像を図 9, 10 に示す。被験者の好みは不明なので、(1)の結果を基に、「とても好き」なものを 1 枚、「次に好き」なものを 1 枚、残り 3 枚を「その他」として評価（選択）させた。ERP 測定後、好みの程度について、0-1 のスケール（0：とても嫌い、1：とても好き）を用いたアンケートを行った。実験 D の被験者は健康な男性 12 名、実験 E では男性 10 名（実験 D と同じ）と女性 1 名（19~24 歳）とした。

評価語毎に求めた総加算平均波形の例を図 11 に示す。Pz 周辺の P300 成分の波形（画像提示後 250~500 ms）に着目すると、6 名の被験者において、P300 に 2 つのピークが観測された。食品の好み評価時と同様な波形となった。これまでの結果も含めて考えると、画質の差や単純な色の差異によって誘発される P300 は 1 峰性の傾向をもち、一方、食物、衣服のコーディネート、動物の差異によって誘発される P300 は 2 峰性の傾向をもつことが示唆される。前者は、より画一的で無機質な対象への好み判断を被験者にさせるものである。後者は、より人間的な文脈で複雑な要素を基礎にもつ好み判断である。これまでの体験による記憶と照合する情報処理過程の関与というさらなる要素をもつため、それに対応する成分が付加され、2 峰性として観測される可能性が考えられる。

被験者の好み順に対する正規化 P300 面積の例を図 12 に示す。各被験者について、画像毎に求め直した加算平均波形から P300 面積を抽出し、アンケートから求めた好みの程度の順に整理した。図中の横軸の P1~P5 は被験者の好み順の画像（P1 が 1 番好き）であり、画像は被験者によって異なる。P300 面積は、「とても好き」と評価した画像 P1 の



図 9 実験 D で用いたシャツの画像



図 10 実験 E で用いた動物の画像

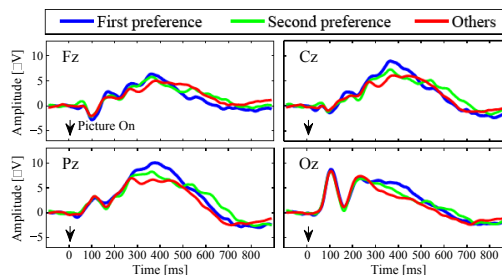


図 11 実験 D の総加算平均波形の例

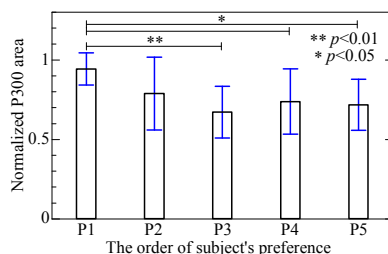
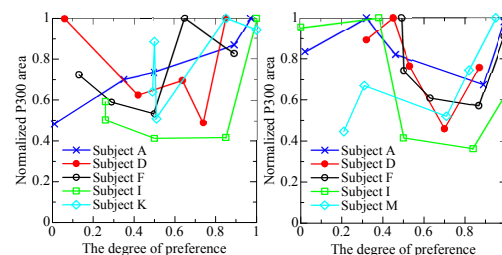


図 12 好み順に対する正規化 P300 面積の平均値と標準偏差（実験 D, Pz）



(a) 実験 D (Pz) (b) 実験 E (Pz)

図 13 好みの程度と P300 面積の関係

ときに最も大きい。「その他」と評価した画像（P3~P5）間の違いは小さいが、P3 が最も小さい結果となった。被験者 5 名の好みの程度に対する正規化 P300 面積を図 13 に示す。P300 面積は、好みの程度が大きいくほど大きいですが、2 番目に好きな方の P300 面積が大きい被験者も見られた。好みの程度が小さくなると P300 面積も小さくなる被験者がいる一方、ある値で再び大きくなる被験者も見られた。ERP 測定では被験者に否定的なイメージを与えないために「その他」の評価語を用いたが、被験者にとって「好まない」ものであれば、P300 面積が大きくなる場合が考えられる。好みの程度と P300 面積の関係においては、U 字または V 字の特性を持つ可能性が示された。被験者毎に比例関係のような明確



図 14 食品の画像 (ケーキ)

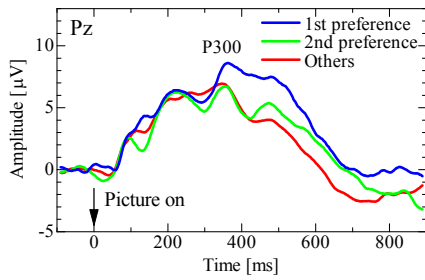


図 15 3D 画像を用いた好み評価時の総加算平均波形の例 (Pz)

な関係を得ることは簡単ではない。「好き」なものと「好きでない」ものの識別は今後の課題となった。

(4) 3D 画像を用いた好み評価時の ERP

図 14 に示すケーキの写真を用い、両眼視差 1° 以内⁷⁾とした 3D 画像を作製した。被験者には、(3)と同様に、「とても好き」なものを 1 枚、「次に好き」なものを 1 枚、残り 3 枚を「その他」として評価させた。被験者は男性 11 名 (20~25 歳) とした。

総加算平均波形の例を図 15 に示す。画像提示後 250~600 ms に P300 が誘発され、P300 振幅は「とても好き」のときに最も大きい。3D 画像の場合においても 2D の場合と同様に P300 で検出できる可能性が得られた。ERP の波形や特徴量における 2D と 3D の場合の違いについての詳細な検討は今後の課題である。

(5) 主観評価時の視線停留

図 2 の測定システムで、食品画像 2 枚を同時提示して、どちらか 1 枚を選択評価させたときの視線の動きを測定した。図 16 は、ある被験者に好きな方を選択させたときの視線停留とその継続時間である。「好き、やや好き、どちらでもない」の評価語で選択評価させたときの正規化総停留時間を図 17 に示す。被験者は健康な男性 10 名 (21~25 歳) とした。画像の提示時間は被験者毎、および試行毎に異なったため、試行毎に画像提示時間 (評価ボタンを押すまでの時間) で正規化した。「好き」と選択した画像に対する停留時間が長い。図 18 は「嫌い」な方を選択させた場合 (寿司) である。選択された画像の停留時間が選択されなかった画像に比べて長くなることが明らかとなった。

「画像の選択」という要素が減じられる課題での一検討として、左側を基準画像、右側を評価画像 (評価対象) とし、「好き、同じくらい、嫌い」の評価語で比較評価させたときの視線停留時間を測定した。ケーキの写真を用いた場合の正規化総視線停留時間を図 19 に示す。被験者は健康な男性 10 名 (21~

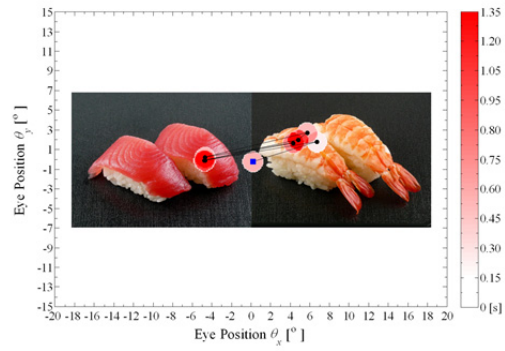


図 16 視線停留とその継続時間の例

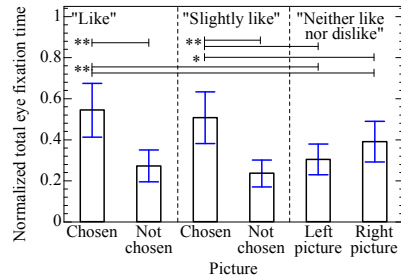


図 17 選択評価時の正規化総停留時間の平均値と標準偏差 (画像: 寿司)

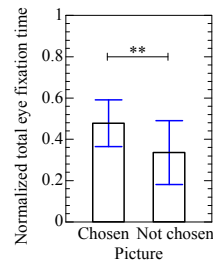


図 18 「嫌い」な方を選択させたときの正規化総停留時間 (画像: 寿司)

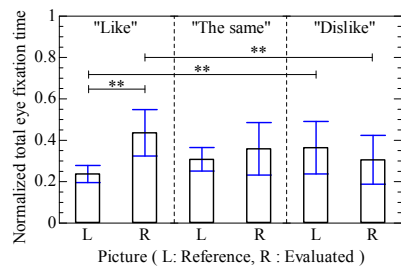


図 19 比較評価時の正規化総停留時間 (画像: ケーキ)

24 歳) とした。「好き」な方の視線停留時間が長くなり、好みの違いによって異なることが定量的に示された。比較評価時の視線停留時間を測定することで、好みなどの主観的な違いを検出できる可能性が得られた。

脳波と視線の同時測定を試みたが、検出した脳波信号へのノイズの重畳が大きく、ERP を抽出することは困難であった。同時測定および両者の関連の検討は今後の課題である。

<引用文献>

[1] JIS ハンドブック 品質管理, 日本規格協会 (1995)

- [2] S.J. Luck: An Introduction to the Event-Related Potential Technique, MIT Press, Cambridge, MA (2005)
- [3] 田口亮: “細部信号保存性に優れた適応型 α -Trimmed 平均値フィルタとその性能評価”, 信学論 A, Vol.J78A, No.2, pp.244-252 (1995)
- [4] 福田亮子, 佐久間美能留, 中村悦夫, 福田忠彦: “注視点の定義に関する実験的検討”, 人間工学, Vol.32, No.4, pp.197-204 (1996)
- [5] 田中元志, 中島恵子, 井上浩, 新山喜嗣: “事象関連電位による画像品質評価のための課題に関する実験的検討 (その2)”, 映情学誌, Vol.63, No.12, pp.1815-1817 (2009)
- [6] 田中元志, 本間智大, 井上浩, 新山喜嗣, 高橋徹, 熊谷昌則, 秋山美展: “食品の好み評価時の事象関連電位に関する実験的検討”, 電学論 C, Vol.131, No.1, pp.96-101 (2011)
- [7] 窪田悟, 工藤広太郎, 竹本雅憲, 嶋田淳, 中村芳知: “3D テレビの視聴による視覚疲労と視聴者の視機能との関係”, 映情学誌, Vol.67, No.7, pp.J262-J269 (2013)

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 6 件)

- ① 田中元志, 新山喜嗣, “提示画像に対する好み評価と事象関連電位に関する検討”, 電気学会論文誌 C, 査読有, Vol.135, No.7, 2015, pp.799-804, DOI: 10.1541/ieejieiss.135.799
- ② 田中元志, 種池卓哉, 新山喜嗣, “シャツ画像を用いた好み評価時の事象関連電位の測定”, 電気学会論文誌 C, 査読有, Vol.135, No.1, 2015, pp.134-135, DOI: 10.1541/ieejieiss.135.134
- ③ 種池卓哉, 田中元志, 新山喜嗣, “食品画像を用いた画質評価と好み評価時の事象関連電位の比較”, 電気学会論文誌 C, 査読有, Vol.134, No.8, 2014, pp.1049-1055, DOI: 10.1541/ieejieiss.134.1049
- ④ 田中元志, 本間智大, 井上浩, 新山喜嗣, “評価語に対応する画像の枚数を変えた食品好み評価時の ERP 計測”, 電気学会論文誌 C, 査読有, Vol.134, No.2, 2014, pp.330-331, DOI: 10.1541/ieejieiss.134.330
- ⑤ M. Tanaka, T. Ohsuga and Y. Niiyama, "Diffusive and Specific Searches on Eye Fixation in Subjective Selection with Paired Food Pictures", Journal of the Institute of Image Information and Television Engineers, 査読有, Vol.67, No.12, 2013, pp.J472-J474, DOI: 10.3169/itej.67.J472
- ⑥ 大須賀智洋, 田中元志, 新山喜嗣, 井上浩, “食品画像を用いた好み評価時の視線停留時間に関する実験的検討”, 計測自動制

御学会論文集, 査読有, Vol.49, No.9, 2013, pp.880-886, DOI: 10.9746/sicetr.49.880

[学会発表] (計 17 件)

- ① M. Tanaka, T. Taneike and Y. Niiyama, "Measurement of Event-Related Potential in Subjective Evaluation by Preference of Color", 7th Biomedical Engineering International Conference, 2014 年 11 月 27 日, 九州大学 (福岡市) .
- ② 田中元志, 大須賀智洋, 新山喜嗣, “ケーキ画像を例に用いた好みの比較評価時の視線停留計測”, 生体医工学シンポジウム 2014, 2014 年 9 月 26 日, 東京農工大学 (小金井市) .
- ③ 長棹和也, 田中元志, 新山喜嗣, “3D ケーキ画像を用いた好み評価時の事象関連電位計測”, 平成 26 年度 電気関係学会東北支部連合大会, 2014 年 8 月 21 日, 山形大学 (米沢市) .
- ④ T. Taneike, M. Tanaka and Y. Niiyama, "A Study on Event-Related Potential in Opinion Test by Pictures of Shirts with Different Colors", 35th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, 2013 年 7 月 6 日, 大阪国際会議場 (大阪市) .
- ⑤ M. Tanaka, H. Inoue and Y. Niiyama, "Event-Related Potential in Subjective Evaluation of Picture Quality and Food Appearance", International Conference on Instrumentation, Control and Information Technology, 2012 年 8 月 22 日, 秋田大学 (秋田市) .

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

- 出願状況 (計 0 件)
○取得状況 (計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田中 元志 (TANAKA, Motoshi)
秋田大学・大学院工学資源学研究所・准教授
研究者番号: 50261649

(2) 研究分担者

新山 喜嗣 (NIIYAMA, Yoshitsugu)
秋田大学・大学院医学系研究所・教授
研究者番号: 90208116