

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00154

研究課題名(和文) 脳機能・生理的計測による高精細映像の革新的QoE分析・評価システムの開発

研究課題名(英文) Development of innovative QoE analysis / evaluation system for HD video using brain function and physiological measurement.

研究代表者

堀田 裕弘 (Horita, Yuukou)

富山大学・学術研究部都市デザイン学系・教授

研究者番号：80209303

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：HDビデオのユーザ体感品質(QoE)の分析/評価システムを開発するには、人間の好みに関連する脳機能・生体計測情報を見つけることが非常に重要である。脳血流を測定するNIRSのヘモグロビンHb変化信号から抽出した脈波情報のパワースペクトルの2番目ピークの周波数偏移は、画像コンテンツに関する人の嗜好に関連していた。次に、人の嗜好を推定するために、訓練された畳み込みニューラルネットワーク(CNN)とサポートベクターマシン(SVM)を使用して、静止画像の被験者の心拍変動スペクトログラム(HRV)を用いて推定モデルを作成し、人の嗜好がある程度推定できることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

人の五感に関連する技術分野は感性工学を筆頭として、開発システムの限界を感じるが多かった。しかし、脳機能・生体計測情報を利用することで、ユーザ1人ひとりに最適化された製品やサービスを提供することが可能となる。ユーザの価値観や嗜好が無意識に推定できる脳血流量、心拍変動や脈波などの脳機能・生体計測情報は有効な手段となり、人とコンピュータとを密接に関連づけるBCI技術への革新的な発展が期待される。

研究成果の概要(英文)：To develop the QoE analysis / evaluation system for HD video using brain function and physiological measurement, it is very important to find out the biometric features related to human preference. So, we extracted the information on pulse wave from the Hb changes signal of NIRS. By using the FFT to the Hb signals, we found out the 2-nd peak of power spectrum that is implying the frequency information of the pulse wave. The frequency deviation of 2-nd peak may have some information about the change of brain activity, it is associated with the human preference for viewing the significant image content. Then, in order to estimate human preference, we created a subject's heart rate variability spectrogram (HRV) for still images using a trained convolutional neural network (CNN) and Support vector machine (SVM). Using these models, we showed the images to the subjects and extracted the measured HRV features, and confirmed whether the subjects' preferences could be discriminated using SVM.

研究分野：サービス情報学

キーワード：画質評価 生体情報 NIRS QoE 脈波 人の嗜好 HRV CNN

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、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

一般的に、画質評価は、視聴者自身がその品質の価値判断を下す主観的評価法(官能評価)と、コンピュータなどを利用した客観的評価法に大別される。客観的評価法とは、視聴者自身が価値判断を下す主観的評価法をコンピュータ上で模倣する技術ともいえる。現在、この客観的評価法は、世界レベルで精力的に研究されており、ソフト/ハードウェアとして製品化された実績もある。また、地デジ放送、デジカメ、携帯電話や4KTVに見られるように映像符号化技術の進歩はめざましく、次世代符号化技術であるH.265(HEVC)も2013年1月に国際標準化された。しかしながら、新しい符号化技術が開発・実用化されると、それにより生じる画質劣化の発生も複雑な挙動を示し、コンピュータベースで画質評価を行う客観的評価法も、より複雑な画像処理アルゴリズムの実装が必要となってくる。

一方、人の脳における画質評価の価値判断は、高次脳レベルでの判断処理であるために、これまで開発されたコンピュータベースでの客観的評価システムでは、性能が十分とはいえなかった。さらに、これらの客観的評価システムを構築するには、事前に主観評価実験を行い、画質評価における人の価値判断を予め数値データとして取得しておく必要がある。この主観評価実験は、ほとんどがアンケートやSD法に基づく心理学的アプローチでデータが取得され、検定などに基づく統計処理がなされてきた。このデータを統計処理することにより、個人内ばらつきや個人差(個人間ばらつき)などを抑制して主観評価データの信頼性をある程度向上させることができる。しかし、静止画像や映像のデジタルデータから、この主観評価値を予測する客観的評価法には、コンテンツの種類や符号化劣化の程度、評価者の情緒・感性、視環境の違いなど、さまざまな要因が複雑に絡み合い、これらが予測精度の向上を阻害している。

そこで、今回着想したような脳機能計測や多種類の生理的計測により得られた神経生理学的なデータを、次世代4K高精細TVを対象としたユーザ体感品質の分析・評価システムに直接入力することで心理学的アプローチでのジレンマを解消し、システムの高精度化・実用化を図る。さらに、本ユーザ体感品質の分析・評価システムの開発過程で得られた知見は、人工知能や次世代BCI開発に活用できる知見としてまとめ上げることができるので、脳情報通信融合研究やユニバーサルコミュニケーション研究の援用に活用してもらおう事を考える。

## 2. 研究の目的

脳機能計測(NIRS)において、前頭葉の左右の特定位置の脳血流変動が映像コンテンツを観察時の「嗜好」と「品質評価」に関連性がある知見を基礎として、「次世代4K高精細TV」を研究対象としたユーザ体感品質(QoE)の分析・評価システムの高精度化・実用化に向けて以下の事項を研究推進する。

(1) 多種多様な映像コンテンツを観察した際の脳機能計測(NIRS)を被験者2名同時に計測することで実験データ数(映像コンテンツ数と被験者数)を多く取得し、映像コンテンツと脳機能との関係性を最終的に明確化する。あわせて、被験者2名を同時計測することで、同一評価条件下での脳機能の個人内や個人間の変動具合を統計的な観点から精査する。

(2) 脳機能計測(NIRS)と生理的計測(心拍変動など)を同時計測することにより、得られた脳機能計測データと生理的計測データとの情報連携方法を検討することで、ユーザ体感品質の分析・評価システムの高精度化・実用化に有用な生理的計測法を精査する。ここで用いる生理的計測のいずれかは被験者のリラックス度を表現していると考えている。

## 3. 研究の方法

研究目的を達成するために、次の項目を実験する。

(1) 感情誘発画像DB NAPS Database(静止画像)から選定したhappiness画像とdisgust画像をOLED(1600×1200)に表示し、NIRSを用いた脳血流の計測実験と快・不快の主観評価実験を行った。

(2) OLED(3840×2160)とLCD(3840×2160)に選定した30枚の静止画像を表示し、NIRSを用いた脳血流の計測実験と快・不快の主観評価実験を行った。

(3) NIRSから得られる快・不快画像観察時の脈波情報を用いた人の快・不快に関連する嗜好の予測を行った。(NIRSから得られる“みかけのSpO2”の利用も検討)

(4) 心拍変動情報から心拍変動スペクトログラムを抽出して、人の快・不快に関連する嗜好の予測を行った。

## 4. 研究成果


(1) NAPS Database(静止画像)から選定したhappiness画像とdisgust画像をOLED(1600×1200)に表示し、NIRSを用いた脳血流の計測実験と快・不快のアンケートの主観評価実験を行った。

○画像観察時に変動した脳血流と嗜好の関連性：観察時から5～10秒間のOxyHbの傾きと切片、

最大値と最小値とその時刻を6つの特徴量とし、一元配置分散分析により有意差のあるチャンネルを調べ、チャンネル毎のOxy-Hbと主観評価値の関連性を調査した。重回帰分析を行い、被験者の主観評価値の予測値を「すべての静止画像」や「カテゴリ毎の静止画像」、「カテゴリが好きな/嫌いな静止画像」で求め検討した。結果、ch.4で測定したOxy-Hbの変化と主観評価値の関係は、happiness画像の観察時は主観評価値は高くOxy-Hbは減少し、またdisgust画像の観察時は主観評価値は低くOxy-Hbは上昇傾向が見られた。

○同時・異時測定時のペア間の脳血流への影響の調査：被験者二人をペアとして、同時測定と異時測定を行った。同一被験者の1回目と2回目のOxy-Hbの傾きの相関関係及び、同時測定時、異時測定時のペア間のOxy-Hbの傾きの相関関係を求めた。結果から、個人間の計測データは時間に影響されず、被験者二人による同時測定をした場合でも測定データに影響ないことが分かった。

(2) OLED(3840 × 2160)とLCD(3840 × 2160)に選定した30枚の静止画像を表示し、NIRSを用いた脳血流の計測実験と快・不快の主観評価実験を行った。

○異なるディスプレイを使用した時の嗜好への影響の検討：画像観察時から5~10秒間のOxyHbの傾きSlopeを単回帰分析によって求め、チャンネル毎にt検定を行った。結果、被験者のほとんどは主観評価、脳血流の変化共に有意差が見られなかった。

(3) NIRSを用いて快・不快画像観察時の人の快・不快に関連する嗜好の予測を検討した。

○NIRSから得られる脳血行動態のdOxy-Hbの変化情報には、脈波情報がそのまま含まれていることが明らかとなったので、快・不快を感じるような嗜好と脈波との関係性について検討した。前頭前野のCh6, Ch7, Ch8, Ch9, Ch10を解析対象とし、各チャンネルのdOxy-Hbのデータに対し高速フーリエ変換を行うことでパワースペクトルを抽出する。脈波情報のパワースペクトルは1.5[Hz]周辺の帯域に発生するので、周波数が0.6 - 2.0Hzに現れるピークを脈波情報とする。実験結果より、閉眼時・好きな画像の観察時・嫌いな画像の観察時によって脈波の発生する帯域が異なる傾向にあることが確認できた。これらの識別を行うため、3層ニューラルネットワークを使用する。識別精度については、全72サンプルの識別正解率を算出する。結果、open dataでの精度検証において約50%の精度が得られた。

○ウェーブレット変換とニューラルネットワークを用いた脳血流からの嗜好の予測を行った。脳血行動態から得られたOxy-Hbデータには計測雑音が多く含まれるので、計測雑音を削減しながら本質的な情報を温存するためにウェーブレット変換を用いた。本研究ではDaubechiesの9/7フィルタを利用する。また、ニューラルネットワークは多層パーセプトロンを利用する。計測したOxy-Hbの値をもとにch5からch12についてニューラルネットワークによる学習を行う。入力データはウェーブレット変換を行った回数に応じて、L, LL, LLL, LLLLの4種類を用いて嗜好の予測を行った。open dataにおける学習の結果、中間層のユニット数が入力数の0.5倍で、学習回数5000回で高い予測精度が得られた。

○人の好みと脳活動、特にNIRSを使用した脈波情報の関係について考察した。被験者が4KTVに映し出された画像刺激を観察した状態をNIRSにより測定した。今回は、閉眼状態、好きな画像、嫌いな画像の3種類の状態を10秒間NIRSにより計測した。6名の被験者に対し、好き画像4枚、嫌い画像4枚、閉眼状態4回の計12データを用い、通常はHbの変化情報を用いる場合が多いが、今回はその変化情報から脈波情報を抽出した。Hb信号にFFTを使用して、脈波の周波数情報を示すパワースペクトルの2番目のピークを用いる。2番目のピークの周波数偏差には、脳活動の変化に関する情報が含まれている可能性があり、統計解析を行った。被験者6名に対して2-way ANOVAを行った結果、NIRSの測定に用いた6種類のチャンネルよりも好き嫌いの変化に有意差が見られた。また、測定チャンネルと被験者との1-way ANOVAを用いた結果、1つの特徴あるチャンネルが明らかとなり、1名の被験者で明確な有意差が明らかとなった。好き嫌いの判別に関しては、3つのチャンネルが特徴的な傾向を示し、3名の被験者で有意差が見られた。被験者により異なるが、閉眼状態よりも、2番目ピークの周波数的位置が高くなる場合と低くなる場合があることも明らかとなるなど非常に興味深い結果が得られた。また、好きよりも嫌いのほうが強く周波数変動に反応するなど新しい知見が得られた。

(4) 心拍変動情報から心拍変動スペクトログラムを抽出して、人の快・不快に関連する嗜好の予測を行った。

○学習済み畳み込みニューラルネットワーク(Convolutional Neural Network:CNN)による変動スペクトログラムと嗜好との関係性の調査：ユーザ1人ひとりに最適化された製品やサービスを提供するために、ユーザの無意識から価値観や嗜好を推定できる、心拍変動や脈波などの生体信号は有効である。そこで本報告では、学習済み畳み込みニューラルネットワークCNNとSupport vector machine(SVM)を用い、静止画像に対する被験者の心拍変動スペクトログラム(HRVs: Heart rate variability spectrogram)を作成、加えてスペクトログラムの時間的差分変化量を表現したものを作成し、人の嗜好を判別できるかを調査する。具体的には、VGG16, ResNet50, Inception-V3の学習済みのモデルを転移学習する。これらのモデルを用い、被験者に画像を見せ計測したHRVsの特徴量を抽出し、SVMを用いて被験者の嗜好を判別できるかを確認した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Mami KITABATA, Yota NIIGAKI, Yuukou HORITA	4. 巻 E102.A
2. 論文標題 Consideration of Relationship between Human Preference and Pulse Wave Derived from Brain Activity	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences	6. 最初と最後の頁 1250-1253
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transfun.E102.A.1250	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 Yang Du, Daiki Sawada, Yuukou Horita	4. 巻 138
2. 論文標題 A Study of Image Quality Assessment Using the Biological Information with NIRS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 341-;346
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1541/ieejeiss.138.341	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 Yang Du, Daiki Sawada, Yuukou Horita	4. 巻 138
2. 論文標題 Preference Identification for Images using the Change of The Amount of Blood in Frontal Lobe with NIRS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 572-577
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1541/ieejeiss.138.572	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15件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 武用洸起, 馬渡裕弥, 岸田高平, 落合楊平, 堀田裕弘
2. 発表標題 HDTV 画像における脳機能・生理的計測と嗜好との関係の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会イメージメディアクオリティ研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yohei Ochiai, Yuya Umawatari, Shuhei Kishida, Yuukou Horita
2. 発表標題 RELATIONSHIP BETWEEN CEREBRAL BLOOD FLOW AND HUMAN PREFERENCE DURING IMAGE VIEWING USING WAVELET TRANSFORM
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Image Media Quality and Its Applications (IMQA2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Shuhei Kishida, Yuya Umawatari, Yohei Ochiai, Yuukou Horita
2. 発表標題 CONSIDERATION OF RELATIONSHIP BETWEEN HUMAN PREFERENCE AND HEART RATE VARIABILITY OBTAINED FROM WEARABLE BIOSENSOR
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Image Media Quality and Its Applications (IMQA2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuya Umawatari, Yohei Ochiai, Shuhei Kishida, Yuukou Horita
2. 発表標題 A STUDY OF RELATIONSHIP BETWEEN SKIN TEMPERATURE AND HUMAN PREFERENCE USING THERMAL IMAGING CAMERA
3. 学会等名 The 10th International Workshop on Image Media Quality and Its Applications (IMQA2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yota Niigaki, Yuukou Horita
2. 発表標題 RELATIONSHIP BETWEEN PREFERENCE AND CEREBRAL HEMODYNAMICS BY OBSERVATION OF COMFORTABLE IMAGE AND UNCOMFORTABLE IMAGE
3. 学会等名 Proc. of The Ninth International Workshop on Image Media Quality and its Applications (IMQA 2018) OS1-3 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新垣陽太, 堀田裕弘
2. 発表標題 NIRSを用いた画像内容と脳血流との関連性に関する現状と課題
3. 学会等名 信学技報 IMQ2018-6, HIP2018-33, pp.5-10
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安藤優汰, 新垣陽太, 堀田裕弘
2. 発表標題 状態遷移図を用いたApparent SpO2と嗜好との関係の解析
3. 学会等名 信学技報 IMQ2018-63, IE2018-147, MVE2018-94, pp.221-225
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 落合楊平, 新垣陽太, 堀田裕弘
2. 発表標題 ウェーブレット変換とニューラルネットワークを用いた画像観察時の脳血流動態と嗜好との関連性
3. 学会等名 信学技報 IMQ2018-64, IE2018-148, MVE2018-95, pp.227-232
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Fumiya Kamizeki, Yang Du, Daiki Sawada, Yuukou Horita
2. 発表標題 Analysis of the Relationship between Cerebral Blood Flow and Preference while Viewing Different Image Contents Associated with Emotions
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology 2018 (IWAIT2018), Chiang Mai, Thailand (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Koji Yoshiie, Yang Du, Daiki Sawada, Yuukou Horita
2. 発表標題 Examination of the Individual Differences under the Same Image Viewing Environment by using NIRS
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology 2018 (IWAIT2018), Chiang Mai, Thailand (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yudai Sato, Yang Du, Daiki Sawada, Yuukou Horita
2. 発表標題 Consideration of the Effect of Preference for Image Contents using Apparent SpO2
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology 2018 (IWAIT2018), Chiang Mai, Thailand (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuki Nakayama, Yang Du, Daiki Sawada, Yuukou Horita
2. 発表標題 Measurement of the difference of the cerebral blood flow while viewing image contents by using different displays
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology 2018 (IWAIT2018), Chiang Mai, Thailand (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yota Niigaki, Yang Du, Daiki Sawada, Yuukou Horita
2. 発表標題 A study of the influence of video quality on Apparent SpO2
3. 学会等名 International Workshop on Advanced Image Technology 2018 (IWAIT2018), Chiang Mai, Thailand (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 岸田嵩平, 落合楊平, 武用洸起, 岡崎佑哉, 堀田裕弘
2. 発表標題 CNNによる変動スペクトログラムと嗜好との関係性の調査
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告. IMQ, イメージ・メディア・クオリティ, IMQ2020-8, vol.120, No.303, pp.5-8
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 落合楊平, 岸田嵩平, 武用洸起, 岡崎佑哉, 堀田裕弘
2. 発表標題 ディープラーニングを用いた画像観察時の脳血流動態と嗜好との関連性についての調査
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告. IMQ, イメージ・メディア・クオリティ, IMQ2020-9, vol.120, No.303, pp.9-12
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔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
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------