

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21K11902

研究課題名（和文）ウェアラブルデバイスで実現する革新的な人の「感情・嗜好・満足度」推定システム

研究課題名（英文）Innovative human "emotion / preference / satisfaction" estimation system realized by wearable devices

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） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：ウェアラブルデバイス等から得られる様々な生体情報や行動情報で人の「感情・嗜好・満足度」を精度よく推定できるモデル開発を想定して、感情誘発画像データベースを用いたNIRSの酸素化ヘモグロビン(Oxy-Hb)や心拍間隔(RRI)を用いた嗜好推定、Time Series Forest Classifierを用いた映画の予告映像視聴時の満足度推定、骨格モデルOpenPoseを用いたLightGBMによる人物の歩行動作からの感情推定、Extra Trees Classifierによる清掃作業時の動作分類とRandom ForestによるMETS値推定などを行い、幾つかの社会実装を想定した研究成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ウェアラブルデバイス等から得られる様々な生体情報や行動情報だけで、人の「感情・嗜好・満足度」が精度よく推定できれば、社会ソリューションに寄与する「働き方改革」や「健康経営」だけでなく、都市や観光地を訪れる旅行者やビジネス客の「（滞在）満足度」、さらには、AIやビッグデータを活用した社会の在り方を根本から変えるような革新的な都市設計に応用できると期待される。本研究では、幾つかの社会実装を想定した題材を取り上げ、ウェアラブルデバイス等から得られる様々な生体情報や行動情報だけで人の「感情・嗜好・満足度」を精度よく推定できるようなシステム開発に繋がる成果が得られた。

研究成果の概要（英文）：We have developed a model that can accurately estimate human emotions, preferences, and satisfaction using a variety of biological and behavioral information obtained from wearable devices, etc. The model includes the estimation of preferences using NIRS oxygenated hemoglobin (Oxy-Hb) and heart rate interval (RRI) using the emotion-induced image database, the estimation of satisfaction when watching movie trailers using Time Estimation of satisfaction when watching movie trailers using the Time Series Forest Classifier, estimation of emotion from a person's walking motion using LightGBM with the skeletal model OpenPose, classification of cleaning motions using the Extra Trees Classifier, and estimation of METS values using Random Forest. We have obtained several research results for social implementation.

研究分野：メディア情報学

キーワード：ウェアラブルデバイス 嗜好推定 心拍変動RRI 時系列フォレスト分類 NIRS CNN SVM メッツ値

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

近年、様々な生体情報が取得できるウェアラブルデバイスが開発され、感情分析や幸福度測定分野に応用され始めている。ウェアラブルデバイス等から得られる様々な生体情報や行動情報だけで、人の「感情・嗜好・満足度」が精度よく推定できれば、社会ソリューションに寄与する「働き方改革」や「健康経営」だけでなく、都市や観光地を訪れる旅行者やビジネス客の「(滞在)満足度」、さらには、AI やビッグデータを活用した社会の在り方を根本から変えるような革新的な都市設計に応用できると期待される。そのため、ウェアラブルデバイス等から得られる様々な生体情報や行動情報だけで人の「感情・嗜好・満足度」を精度よく推定できるような革新的なシステム開発が必要とされていた。

2. 研究の目的

ウェアラブルデバイス等から得られる様々な生体情報や行動情報だけで人の「感情・嗜好・満足度」を精度よく推定できるようなシステム開発を推進するために、ある条件下ではあるが、人の「感情・嗜好・満足度」が精度よく推定できるようなモデル開発を目的とした。

像コンテンツをモニタで観察した際の、人が抱く「嗜好」と計測した脳機能情報(NIRS)や様々な生体情報(脈波、心電位、皮膚温、体動量、サーモカメラなど)との関連性を見出した一連の研究戦略を、人の「感情・嗜好・満足度」の推定に応用展開することを考える。ラボベースで得られた新たな知見を、像コンテンツ観察(画素解像度有限の世界)から一般的な生活空間(画素解像度無限の世界)に対して応用展開することで、非侵襲で実現できる革新的な人の「感情・嗜好・満足度」推定法の基礎技術を確立する。

3. 研究の方法

ウェアラブルデバイス等から得られる様々な生体情報や行動情報で人の「感情・嗜好・満足度」を精度よく推定できるモデル開発を目指すために、幾つかの社会実装を想定した研究課題に絞って研究を行った。

- 感情誘発画像データベースを用いた NIRS の酸素化ヘモグロビン(Oxy-Hb)や心拍間隔(RRI)を用いた嗜好推定
- Time Series Forest Classifier を用いた映画の予告映像視聴時の満足度推定
- 骨格モデル OpenPose を用いた LightGBM による人物の歩行動作からの感情推定
- Extra Trees Classifier による清掃作業時の動作分類
- Random Forest による METS 値推定

4. 研究成果

○感情誘発画像データベースを用いた NIRS の酸素化ヘモグロビン(Oxy-Hb)や心拍間隔(RRI)を用いた嗜好推定:

ユーザー体感品質 QoE の定量的な評価を目的として、生体情報を用いて、画像観察時の嗜好推定が個人差や画像内容にどの程度影響を及ぼされるのかの検討を行った。検討の際には、嗜好の推定により得られた精度から考察を行った。視覚刺激には、標準化された感情誘発データベースとして NAPS(Nencki Affective Picture System)を活用した。印象評価において(happiness)が高得点とされた画像 15 枚、(disgust)が高得点とされた画像 15 枚の計 30 枚の画像を実験素材として選定した。ディスプレイに提示された画像から受け取る嗜好を推定するための基となる主観評価実験アンケートでは、好き・嫌い、快・不快、覚醒・不覚醒の 3 項目をそれぞれ 5 段階評価で回答してもらった。心拍間隔計測のため TDK 社の Silmee Bar type Lite を用い、Silmee を用いて計測した心拍間隔(RRI)データに対し、アンケートの好き・嫌いの 2 項分類を行った。推定には Time Series Forest Classifier(TSF)を用いた。結果として精度の良い画像には、グロテスクな画像が多く、精度の悪い画像には風景画像などの穏やかな画像が多いことが判明した。また、人物においては好きな画像の推定精度が良い人物群と、嫌いな画像の推定精度が良い人物群に分けることができた。これらから、好き画像の推定精度が良い人物でつくられたモデルと、嫌い画像の推定精度が良い人物でつくられたモデルを組み合わせることで、より良い精度のモデルを構築できるのではないかと考えられる。また、推定の傾向として嫌い画像の推定精度の方が良い傾向にあることから、ストレス調査や改善・是正のための調査など、よりマイナス方向の感情が重要な調査において心拍間隔を用いた客観評価は有用である可能性が示唆された。

次に、脳血流動態における酸素化ヘモグロビン(Oxy-Hb)の計測データを用いた嗜好の推定を行うために、画像視聴時の脳血流動態の測定とニューラルネットワークでの学習を行った。主観

評価実験では、Nencki Affective Picture System (NAPS) データベースの中で開示されている「幸福」度の評価が高い画像を「好き画像(like)」、「嫌悪」度の高い画像を「嫌い画像(dislike)」とし、被験者に「嫌い=1」、「好き=5」として5件法で回答してもらった。計測データの低周波成分を用いた入力データによる学習精度の変化について調査し、単一 Ch よりも、複数 Ch のデータを用いた場合に精度が向上することが確認できた。加えて、多数決法においても学習精度の向上がみられることが分かった。これらのことから、学習データには複数 Ch の情報を含み、かつ低周波成分を抽出したデータを用いることが有効であると考えられる。

さらに、NAPS より選定した静止画像を用いて心拍変動計測実験と嗜好の主観評価実験を行った。TDK 社の Silmee Bar type Lite (Silmee) を用いて得た R-R 間隔 (RR1) を、短時間フーリエ変換および連続ウェーブレット変換を行い、スペクトログラム (振幅スペクトログラム、位相スペクトログラム、残差スペクトログラム) とスカログラムを作成した。この画像を学習済み畳み込みニューラルネットワーク CNN を用いて特徴を抽出する。学習済み CNN として VGG16、ResNet50、Inception-V3 を用いた。この特徴を用いてサポートベクターマシン SVM によって嗜好推定を行った。複数の手法を利用した多数決法を用いることで、先行研究より推定精度の向上が見られ、また有意差が見られたことからその有効性が認められた。

○Time Series Forest Classifier を用いた映画の予告映像視聴時の満足度推定：

満足度とは財・サービスに対する元の期待値と実際の財・サービスとの差を満足度として定義し、簡便かつ頑強な満足度の計測を目的として、脳血流を用いた映画の予告映像視聴時の満足度推定を行った。本研究では、映画ポスター観察時の期待値と予告映像の視聴時の価値観を満足度として用いるため、映画ポスターと予告映像の差が大きく現れるように、映画ポスターの評価が高い 12 作品を刺激素材として選出した。アンケートでは映画を見たいと思うか、好きなタイトルだと思えるか、予告映像を見る前よりもこの映画に興味を持ったかなどの計 17 項目を 0(そう思わない) ~ 100(そう思う) とする 100[mm] の Vas スコアを使用する。本研究では男性 8 人、女性 4 人の計 12 人に協力してもらった。NIRS(Near-infrared spectroscopy)には、Spectratech OEG-SpO2 を使用し、得られた Oxy-Hb の変化量を満足度の推定に用いる。モデルには、時系列分類モデルである Time Series Forest Classifier (TSF) を用い、説明変数には各チャンネルの時系列データをそれぞれ 1 次元の時系列データを、目的変数にはアンケート項目の回答結果を用いる。実験結果より、推定精度が 73.3% となり、期待不一致モデルで形成される満足度が脳血流に反映される可能性を示した。また、予告映像の約 5 秒から 10 秒までに被験者に与えるファーストインプレッションが満足度の形成に重要である可能性も示唆された。

○骨格モデル OpenPose を用いた LightGBM による人物の歩行動作からの感情推定：

エリアデータを活用して都市の幸福度指標を考えるためには、ICT 利活用によるターゲットエリアの状態やニーズを収集する必要がある。我々はアンケート調査によらず、姿勢推定モデルを用いて人々の感情を推定することで、定量的に街の幸福度や特徴等の情報を取得することが可能になると考えている。本研究では、モーションデータから姿勢推定モデルにより骨格情報を取得し、人物の歩行動作からの感情推定を行うモデルを構築した。抽出された関節点から、機械学習により各感情の分類を試み、人物の関節点が感情推定にどのように影響を与えるのかを検討した。本研究では、モーションデータから姿勢推定モデル (OpenPose) により骨格情報を取得し、人物の歩行動作からの感情推定を行った。OpenPose により抽出された関節点から、NN、LightGBM を用いた学習により各感情の分類を試み、人物の関節点が感情推定にどのように影響を与えるのかその関係性を検討した。実験結果より、NN、LightGBM での各歩行動作角度において、特徴量の数が少ない時 (特徴量 6 個 or 18 個)、happy、angry 間でのクラス分類が困難であった。LightGBM での全ての関節点と信頼度 (219 個の特徴量) を用いた場合 (正面+側面+斜め 45 度)、最も精度の良い結果となった。歩行動作角度と特徴量の数を組み合わせたデータにより、正解率に有意差があるか検定を行った。NN の結果においては、有意差は見られなかった。LightGBM の結果においては、5 つの組合せで有意差が確認され、多くの特徴量を用いた方が正解率が高い傾向であることが示唆された。

○Extra Trees Classifier による清掃作業時の動作分類：

健康づくりにとって、適度な運動は重要な要因の一つと考えられており、高齢者などの健康増進に対して清掃作業が着目されている。運動強度の単位はメッツとして表現され、安静時を 1 とした時と比較して何倍のエネルギーを消費するかで活動の強度を示している。清掃作業中のメッツを長期的に測定することで、実際に健康の増進がみられることの検証を考えている。しかし、清掃作業中の動作には様々な動きの複合で行う動作が存在するため、メッツの正確な測定は難しいと考えられる。そのため、清掃作業動作を掃除機清掃や拭き清掃のように細かく分類する必要がある。本研究では、運動・生体情報の短時間データから機械学習を用いて清掃作業の動作の

把握ができるシステムの開発を検討する。特に、加速度・角速度データから時系列分類を行い清掃作業動作の把握ができるかの検討を行った。清掃作業には腕を前後しながら行う動作もある事より、加速度データのゼロ交差点特徴量を追加することで、より高い精度で分類できることが分かった。また、特徴量を算出するための時間幅を10秒間、5秒間、2秒間として分類精度を比較した結果、5秒間あれば動作の動き出しが含まれている場合でも7割の分類精度を維持できることが分かった。

○Random Forest による METS 値推定：

本研究では、人の身体活動からメッツを日常的に推定することができるモデルを構築するために、ウェアラブルデバイスを用いて人の身体活動の加速度、心拍、活動量のデータを収集し、予備実験での結果を活用し、回帰モデルとしてランダムフォレストを用いてメッツ値の推定モデルの構築を試みた。実験結果より、複数の動作を含むモデルの構築は、より高い決定係数をもたらす一方で平均絶対誤差と平均二乗誤差に関しても高い値をとることが示された。より精度の高い推定モデルを構築するには、様々な異なる動作パターンに基づくデータの取得・分析を行うことが必要となるが、今回検討していない特徴量の選別、外れ値の処理、特徴量を抽出する時間幅の検討などが挙げられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 武用洗起, 岸田高平, 堀田裕弘	4. 巻 142
2. 論文標題 心拍変動解析と嗜好におけるCNNを用いた多数決法の検討	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌), IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 601-602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.142.601	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 岡崎佑哉, 落合楊平, 堀田裕弘	4. 巻 142
2. 論文標題 多数決法を用いた画像観察時の脳血流動態による嗜好の推定	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 電気学会論文誌C (電子・情報・システム部門誌), IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems	6. 最初と最後の頁 603-604
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1541/ieejeiss.142.603	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16件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岡崎佑哉, 川又聖矢, 堀田裕弘
2. 発表標題 屋内移動時の心拍変動と身体的加速度を利用した自覚的疲労度の推定
3. 学会等名 電子情報通信学会 IEICE IMQ研究会 信学技報IMQ2023-6, HIP2022-37, vol. 122, no. 100, pp.11-14 2023.7
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 本間俊樹, 丹羽建太, 堀田裕弘
2. 発表標題 姿勢推定モデルに基づく感情推定と関節点との関係の検討
3. 学会等名 電子情報通信学会 IEICE IMQ研究会 信学技報IMQ2022-7, HIP2022-38, vol. 122, no. 100, pp.15-20 2023.7
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石原 南, 板垣優也, 堀田裕弘
2. 発表標題 ウェアラブルデバイスを用いた人の身体活動データによるメッツ量推定
3. 学会等名 電子情報通信学会IEICE HCGシンポジウム2023, P-1-10, 2023.12
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 前田一輝, 堀田 裕弘
2. 発表標題 生体情報を用いた広告視聴時の満足度の推定
3. 学会等名 電子情報通信学会IEICE HCGシンポジウム2023, B-3-1, 2023.12
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 板垣優也, 石原 南, 堀田裕弘
2. 発表標題 加速度・角速度を用いた清掃作業動作の時系列分類
3. 学会等名 電子情報通信学会IEICE HCGシンポジウム2023, B-6-3, 2023.12
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 石原 南, 板垣優也, 堀田裕弘
2. 発表標題 ウェアラブルデバイスを用いた日常動作におけるメッツ値の推定
3. 学会等名 第19回日本感性工学会春季大会, 1A04-02, 3 pages, 2024.3
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 板垣優也, 石原 南, 堀田裕弘
2. 発表標題 加速度センサを用いた機械学習による清掃作業の動作分類と精度評価
3. 学会等名 第19回日本感性工学会春季大会, 1A04-03, 3 pages, 2024.3
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 前田一輝, 堀田裕弘
2. 発表標題 脳血流を用いた映画予告視聴時の満足度推定
3. 学会等名 第19回日本感性工学会春季大会, 1A04-04, 3 pages, 2024.3
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 岡崎佑哉, 板垣優也, 堀田裕弘
2. 発表標題 歩行時の自覚的疲労度推定におけるクラスタ分析を用いた特徴量の調査
3. 学会等名 IEICE IMQ研究会 信学技報IMQ2022-6, HIP2022-37, vol. 122, no. 100, pp.11-14
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 前田一輝, 堀田裕弘
2. 発表標題 周波数別の心拍間隔を用いた画像観察時の嗜好推定
3. 学会等名 2022 年度電気・情報関係学会北陸支部連合大会 F2-10
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 岡崎佑哉・板垣優也・堀田裕弘,
2. 発表標題 回帰分析を用いた歩行時の自覚的疲労度推定モデルの精度検証
3. 学会等名 HCGシンポジウム, B-2-5, 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 前田一輝・板垣優也・堀田裕弘
2. 発表標題 個人差と画像内容が画像観察時の嗜好に及ぼす影響の検討
3. 学会等名 HCGシンポジウム, C-2-4, 2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 武用洸起, 岸田嵩平, 堀田裕弘
2. 発表標題 CNNを用いた心拍変動解析と嗜好との関係性の検討
3. 学会等名 IEICE IMQ研究会 信学技報IMQ2021-2,HIP2021-1, vol.121, No.99, pp.1-4 2021.7
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 前田一輝, 武用洸起, 堀田裕弘
2. 発表標題 心拍変動解析とSVMによる画像観察時の嗜好の推定の提案
3. 学会等名 2021年度電気・情報関係学会北陸支部連合大会 F2-4, 2021.9
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 土山迪人, 落合楊平, 堀田裕弘
2. 発表標題 画像観察時の脳血流動態を用いた嗜好の推定
3. 学会等名 2021年 電気学会 電子・情報・システム部門大会, PS1-2, 2021.9
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武用洸起, 前田一輝, 堀田裕弘
2. 発表標題 心拍と脳機能による画像観察時の嗜好の推定
3. 学会等名 IEICE IMQ研究会 信学技報IMQ2021-2,HIP2021-1, vol.121, No.99, pp.1-4 2022.3
4. 発表年 2022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