

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K11939

研究課題名（和文）体感品質を客観的・連続的・無意識的に測定・改善する生体信号連動型ネットワーキング

研究課題名（英文）Physiological Signal-based Networking to Objectively, Continuously, and Unconsciously Measure and Improve Quality of Experience

研究代表者

小俣 昌樹 (Omata, Masaki)

山梨大学・大学院総合研究部・准教授

研究者番号：60402088

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、ネットワーク上での情報処理に対するユーザの体感品質をユーザの生体信号から連続的に推定し、その変量に連動してネットワークを制御する『生体信号連動型ネットワーキング』のための基礎的な設計指針を導出することである。そのために、トラフィックの変化を想定した動画品質の変化への視聴者の体感の変化について、視聴者の脳波・脈波・視線などから推定する方法を検証した。研究成果として、生体信号を含めないデータセットよりも生体信号を含めるデータセットの方が、推定精度が高くなることがわかった。また、動画の性質と生体信号を含むデータセットについては、決定係数が0.8以上となることがわかった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、ネットワークの状況やアプリケーションの応答、そして、それらへのユーザの反応や体感が逐次変化する循環の中でコンピュータやネットワークを自動的に制御する技術のための基礎的データになると考える。そして、Society5.0の計画で提唱されている「人間中心社会」における「必要なサービスを必要ときに必要なだけ提供する」機能へ貢献すると考える。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to derive a basic design guideline for physiological signal-based networking, in which a user's experience of network performance is continuously estimated from the user's physiological signals and the network is controlled in conjunction with the estimated results. We have validated several methods for estimating changes in the viewer's experience in response to changes in video quality, assuming changes in network traffic, from the viewer's EEG, blood volume pulse wave, and eye tracking data. As the results, we found that estimation accuracy was higher for the dataset that included physiological signals than for the dataset that did not include physiological signals. The coefficients of determination were found to be more than 0.8 for the datasets that included the properties of video and physiological signals.

研究分野：ヒューマンコンピュータインタラクション

キーワード：Physiological Computing 生理心理学 体感品質 ユーザエクスペリエンス推定

1. 研究開始当初の背景

本研究開始当初の背景は、情報ネットワーク分野における「体感品質 (QoE: Quality of Experience) に基づく制御技術の確立」と、生体信号コンピューティング (Physiological Computing) 分野における「ユーザの生理心理的状态とそのときの生体信号との対応の解明やその精度の高い推定モデルの構築」にある。QoE とは、ユーザが使用するさまざまなサービスに対して、ユーザが主観的に体感したり感じたり知覚したりしたサービス品質のことである。一方、生体信号コンピューティングとは、ユーザの脳波などの生体信号から、体感 (生理心理的状态) を推定・識別し、それにあわせてコンピュータの応答を変化させるコンピュータシステムのことである。

- (1) 情報ネットワーク制御においては、デバイス中心からアプリケーション中心にはなっていて、中には、ユーザのネットワーク利用状況に連動する方法も提案されてきていた。しかしながら、本計画を起案した当初は、ユーザ自身の体感品質を直接的に反映していないという問題があった。
- (2) 生理学的コンピューティングにおいては、本研究を起案した当初、生理心理的状态と生体信号との関係の解明やその数理モデルの構築が課題となっていた。あわせて、そのモデルをどのようなアプリケーションへどのように適用するのかが研究されはじめたところであった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ネットワーク上での情報処理に対するユーザの体感品質 (Quality of Experience: QoE) を、そのユーザの生体信号から客観的・連続的・無意識的に推定し、その変量に連動してネットワークの制御パラメータを変動させる『生体信号連動型ネットワーク』のための設計指針を導出することである。その第一段階として、(1) ネットワーク品質やアプリケーション品質の変化とそれらへのユーザの要求/反応/体感 (情動・ストレス・注意) の変化との関係について、ユーザの脳波・脈波・視線などの生体信号から推定する方法を検証した。また、(2) 動画視聴者の視線と皮膚コンダクタンス反応を記録して、動画視聴者の動画上の注視範囲と動画から誘発される覚せい度を動画上に可視化するシステムを設計・実装・評価した。

3. 研究の方法

- (1) QoE を推定するモデルを構築するために、インターネットを介した動画の視聴を想定し、複数の視聴者の生体信号から視聴している動画の品質 (解像度とフレームレート) に関する視聴者の主観評価値を推定可能か検証した。計測した生体信号は、容積脈波、脳波、視線座標、瞳孔径である。脳波について、生データ、生データからバンドパスフィルタで抽出した波、波、および波の信号、波、波、波それぞれのパワー値および Peak-to-Peak 値を使用した。容積脈波について、IBI、LF 成分および HF 成分におけるパワー値の全体を占める割合、および NN 間隔を使用した。視線について、視線の移動距離と瞳孔径を使用した。刺激動画には、アニメ、ホラー、自然、教育のジャンルの 5 つの動画に対して、解像度とフレームレートの異なる 10 種類の劣化条件を再エンコードによって設定した。動画品質の主観評価には、動画を見ながらスライダを動かして評価をおこなう SSCQE (Single Stimulus Continuous Quality Evaluation) 法を採用し、主観評価値を 5 段階で記録した。

推定のための機械学習のモデルとして、ランダムフォレストによる回帰モデル、および、ニューラルネットワークによる回帰モデルと分類モデルを構築した。これらのモデルにおいて、生体信号から算出したさまざまな生理指標の採否が推定精度へどのように寄与するのかを確認するため、採用する生理指標の組み合わせの異なる 5 種類のデータセットを用意した (表 1)。動画の性質に加えて、動画に対する「面白い/つまらない」などの形容詞で質問した動画の印象も使用した。

推定精度の検証のための評価指標として、決定係数 (R^2)、平均平方根二乗誤差 (Root Mean Squared Error: RMSE)、および平均誤差 (Mean Error: ME) を算出した。

表 1 各データセットのデータの種類

データセット番号	データの種類
データセット 1	劣化条件, 動画の種類, 動画の印象
データセット 2	劣化条件, 動画の種類, すべての生体信号
データセット 3	劣化条件, 動画の種類, すべての生体信号, 動画の印象
データセット 4	劣化条件, 動画の種類, 重要度上位 15 項目の生体信号
データセット 5	劣化条件, 動画の種類, 重要度上位 15 項目の生体信号, 動画の印象

- (2) 可視化システムは、視聴された動画に固視領域と固視人数の割合および生体信号の強度を反映した半透明のヒートマップを重畳する。この処理において、はじめに、動画開始から1フレームずつ取り出して、当該フレームに対する視聴者の固視領域と生体信号の強度を反映する色相を算出する。つぎに、全視聴者の算出結果から固視領域が重なる部分の色相を再計算して、最終的に当該フレームの上に半透明のヒートマップを重畳し、動画として出力する。使用した生体信号は、動画を表示したディスプレイ上の視線座標と手指の皮膚コンダクタンスである。

4. 研究成果

- (1) 表2に、各学習法の各推定モデルにおける、各データセットの推定精度に関する評価値を示す。表2より、いずれの推定モデルにおいても、生体信号を含めるデータセット（データセット2から5）の方が、生体信号を含めないデータセット（データセット1）よりも推定精度が高くなった。動画の印象を含めない、動画の性質と生体信号を含むデータセット（データセット2と4）の推定結果に着目すると、いずれのモデルにおいても決定係数が0.8以上の推定精度となった。これらのことから、推定するためのデータに生体信号および動画の品質やジャンルなどを含めることで、QoEを精度高く推定できる可能性があると考えられる。この理由として、視聴者のストレスや心情の変化が生体信号に反映されたと推察する。

表2 推定モデルごとの各データセットにおける推定精度評価値

学習手法	推定モデル	入力データ	R ²	RMSE	ME
ニューラルネットワーク	回帰	データセット1	0.6522	0.7972	-0.0371
		データセット2	0.8528	0.5185	-0.0428
		データセット3	0.9061	0.4143	-0.0494
		データセット4	0.8248	0.5658	-0.0564
		データセット5	0.9049	0.4168	-0.0310
ニューラルネットワーク	分類	データセット1	0.5185	0.9381	-0.0747
		データセット2	0.8337	0.5512	-0.0619
		データセット3	0.9026	0.4219	-0.0279
		データセット4	0.7958	0.6108	-0.0828
		データセット5	0.8968	0.4344	-0.0417
ランダムフォレスト	回帰	データセット1	0.5971	0.8581	0.0035
		データセット2	0.9923	0.1187	0.0033
		データセット3	0.9962	0.0836	0.0026
		データセット4	0.9968	0.0760	-0.0004
		データセット5	0.9971	0.0729	0.0009

- (2) 可視化システムを評価するため、視聴者の生体信号の記録とともに、視聴者に動画再生中の注目点と覚せい度を回答してもらってヒートマップと比較した。この結果、視聴者の自己申告による注視範囲と視線データから算出した注視範囲とが約80%一致していることがわかった。一方、視聴者の自己申告による覚せい度と皮膚コンダクタンス反応から推定した覚せい度とを比べると、推定値は申告値よりも全体的に低めになり、5段階（1から5）で平均1.3ほどの差が生じることがわかった。この結果から、動画刺激に対するユーザの情動や感情を推定するためには、(1)の研究のように、多種の生体信号およびその生理指標が必要であると考えられる。

<引用文献>

- Masaki Omata and Naho Kiriya. 2022 A Model for Estimating Subjective Evaluation Values of Video Degradation from Viewers' Physiological Signals. In Proceedings of The 35th International BCS Human-Computer Interaction Conference. Paper 7, 63-72.
- Masaki Omata and Kaito Shimizu. 2019. Viewer Arousal Display System Using Eye-Tracking and Skin Conductance Data. In Proceedings of the 31st Australian Conference on Human-Computer-Interaction. 290-294.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Omata Masaki and Kiriyama Naho	4. 巻
2. 論文標題 A Model for Estimating Subjective Evaluation Values of Video Degradation from Viewers' Physiological Signals	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of The 35th International BCS Human-Computer Interaction Conference	6. 最初と最後の頁 63-72
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.14236/ewic/HCI2022.23	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Masaki Omata and Kana Watanabe	4. 巻
2. 論文標題 An Analysis of Correlations between Empathy and Both EEG and HEG during Text Chat	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 6th International Conference on Computer-Human Interaction Research and Applications	6. 最初と最後の頁 105-112
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5220/0011376800003323	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 Masaki Omata and Kaito Shimizu	4. 巻
2. 論文標題 Viewer Arousal Display System Using Eye-Tracking and Skin Conductance Data	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 31st Australian Conference on Human-Computer-Interaction	6. 最初と最後の頁 290 294
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1145/3369457.3369481	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0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

小俣研究室

<https://www.hci.media.yamanashi.ac.jp/>

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
---------	---------