

氏名	つおん ふあんもん ZENG FANGMENG
学位(専攻分野)	博士(学術)
学位記番号	博甲第977号
学位授与の日付	令和2年9月24日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科 先端ファイブ科学専攻
学位論文題目	A Study on Emotion Recognition System through Physiological Signals and Development of Smart Wearable Textile Devices for Elderly People (生体情報を計測し高齢者の情動識別をするスマートウェアラブルテキスタイルデバイス開発の研究)
審査委員	(主査)教授 桑原教彰 教授 鋤柄佐千子 教授 来田宣幸

論文内容の要旨

世界の人口は高齢化しており、事実上、世界のすべての国で高齢者の数と割合が増加している。多くの高齢者は物質的な要求だけでなく、身体的、精神的な健康にも注意を払うようになっていく。感情は人間の日常生活において非常に重要な役割を果たしているが、それは人々の幸福度とその生活の質を評価の指標であると言える。アフェクティブ・コンピューティングの急速な発展と人工知能技術の急速な進歩に伴い、生体信号を利用した感情推定技術は様々な注目を集めている。人の生体信号を継続的にモニタリングし、その人の情緒的な幸福度を評価するソリューションを実現することは、高齢者の日常生活や健康管理を支援するために非常に価値のあるツールと考える。しかし、アフェクティブ・コンピューティングのための従来システムは、高価、かさばる、複雑、不快といったように高齢者の利用者には受け入れ難いという欠点を有している。

本研究では、感情推定に最適な信号として関連研究に従って脳波 (EEG) と心電図 (ECG) を選択した。そしてファッションや人間工学の観点からウェアラブルデバイスについて研究した。そして深層学習技術に基づいた感情認識モデルを構築しモデルの検証を行った。そして高齢者を対象とした実験を行い、本研究で設計したウェアラブル・テキスタイル・デバイスから収集した信号 (EEG、ECG) を用いて感情認識システムの有用性を検証した。本論文の内容は以下の通りである。

第1章では、関連研究の背景や研究成果、生体信号を用いた感情認識の研究開発の進捗状況などを調査し、超高齢社会における本研究の目的と意義を明確化した。

第2章では、感情推定技術における先行研究を踏まえ、EEG、ECGの両方の信号を利用するための深層学習モデルの予備的な検討を行い、被験者実験により妥当性を確認したことを述べた。

第3章では、長時間のEEG、ECGを不快感なく収集するためのウェアラブル・テキスタイル・デバイスの研究についてその新規性、有用性を述べた。

第4章では高齢者を対象とした実験を行い、本研究で設計したウェアラブル・テキスタイル・デバイスを用いた感情推定方法の提案とその検証結果からその新規性、有用性を述べた。ここで

は第 2 章と異なり、時系列データの処理に適した深層学習技術を用いたモデルを考案した。また高齢者を対象に、特定の感情を想起させる視覚刺激を提示した状態で EEG、ECG の収集を行い、それを用いて高齢者の感情推定を行った。

第 5 章はまとめである。

論文審査の結果の要旨

申請者は中国本土の武漢郊外の出身であり、日本と同様に急速に高齢化が進んでいる中国の状況にヘルスケア分野から貢献したいと考えこの研究テーマを設定した。高齢者の感情を常時モニタリングすることで、メンタル面での不調を未然に検出し幸福な暮らし、質の高い生活を過ごすための精神医療面からの適切な介入が可能となる。

本研究ではまずフィジビリティスタディとして、若年者の EEG、及び ECG から得られる RR 間隔 (RRI) のそれぞれに対して短時間フーリエ変換を適用して得られたスペクトログラム画像から、深層学習技術の一つである畳み込みニューラルネットワークにより自動的に特徴抽出を行った。そしてそれらの特徴を全結合することで、感情の一つの側面である覚醒度 (Arousal) の高低の識別が可能であるかを検証した。その結果、EEG から抽出された特徴のみで 91.7%、RRI から抽出された特徴のみで 93.1%、そして 2 つから得られた特徴を同時に用いることで 94.2% の精度で覚醒度の推定が可能であることを示した。この実験では湿電極を用いたことから電極のセッティングに時間を要した。また電極と皮膚の間にジェルを塗布し、さらには電極とデータ記録装置の間は有線で結ばれるため、常時接続による長時間のデータ収集は不可能である。そこで次に申請者は、衣服に銀糸などから構成された乾電極を埋め込むことで着脱が容易で付け心地、着心地の快適なウェアラブル・テキスタイル・デバイスの設計、製作を行った。このデバイスで収集された EEG、ECG は小型無線装置でパソコンに転送され記録される。湿電極で収集されたデータと比較したところ非常に高い相関が得られ、このデバイスの有用性が検証された。

最後にこのデバイスを用いて、ターゲットユーザである高齢者の EEG、ECG を収集し、感情の一つの側面である感情価 (Valence) の良悪を推定できるかを検証した。この検証では時系列データを扱うのに適した深層学習技術の一つである長・短期記憶 (LSTM) の技術を用いた。また RRI 間隔を使用した場合に時間解像度が低下することから、ECG の信号をバンドパス・フィルタリングしたものをそのまま、時系列データとして LSTM への入力とした。EEG についても同様に処理し、それぞれで抽出された特徴を全結合したところに新規性がある。この構成で高齢者から取得された生体信号を処理した結果、EEG 単独で 76.67%、ECG 単独で 75.00% の識別率のところ、両方を統合することで 95.00% の識別率を達成した。関連研究と比較しても高齢者でこの識別率を達成したことで非常に高い有用性を示したと考える。

以上、着脱容易でかつ長期間の装着受容できるウェアラブル・テキスタイル・デバイスを実現したこと、さらには深層学習技術により感情の 2 つの側面である Arousal と Valence それぞれの高低、良悪を高い精度で識別する手法を実現したことから、本研究の新規性、有用性は十分に認められ、また今後のヘルスケア分野において価値ある成果を達成したことから学位授与に値すると考える。

本論文の内容は、査読システムが確立されている学術誌に掲載された以下の 2 報の基礎論文と現在査読中の 1 報の参考論文に報告されている。いずれも申請者が筆頭著者であり、以下の論文において二重投稿など研究者倫理に反する事象は認められなかった。

基礎論文

1. Emotional Changes Detection for Dementia People with Spectrograms from Physiological Signals,
Zeng Fangmeng, Liao Peijia, Miyuki Iwamoto, Noriaki Kuwahara
International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 9, No. 10, pp.49-54, 2018
2. Textile EEG Cap using Dry-Comb Electrodes for Emotion Detection of Elderly People
Zeng Fangmeng, Panote Siriaraya, Dongeun Choi, Noriaki Kuwahara
International Journal of Advanced Computer Science and Applications, Vol. 11, No. 4, pp.58-66, 2020

参考論文

1. Emotion Detection using EEG and ECG Signals from Wearable Textile Devices for Elderly People
ZENG Fangmeng, LIN Yitao, SIRIARAYA Panote, CHOI Dongeun, KUWAHARA Noriaki
Journal of Textile Engineering (査読中)

以上の結果より、本論文の内容は十分な新規性と有用性、さらに社会的に大きな価値があると認められた。