

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 9 月 11 日現在

機関番号：24403

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K12728

研究課題名(和文) Eyetifact：アイウェアデータ変換基盤の開発と実世界行動認識への応用

研究課題名(英文) Eyetifact: Development of a Platform for Eyewear Data Conversion and Its Application to Activity Recognition in the Wild

研究代表者

石丸 翔也 (Ishimaru, Shoya)

大阪府立大学・研究推進機構・客員研究員

研究者番号：10788730

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：複数のセンサで記録したデータの間を学習し、あるセンサから取得したデータを別のセンサで得られる相当のデータに変換するシステムを開発する研究である。初年度はセンサデータ変換のための基礎研究として、アイトラッカや赤外線サーモグラフィカメラなどのセンサと心的状態との関係を調査した。翌年はデータ収集基盤ソフトウェアを開発し、その安定性と拡張性を確認した。最終年度は記録対象に脳波を加え、読書行動中の興味度を視線から推定した。さらに、実世界における読書行動を眼電位計測眼鏡で認識する方法を提案し、データセットと共に公開した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、安価で日常的に記録ができるアイウェアのデータを大量に記録して高機能のものに変換するという方法で、これまでボトルネックであった「いかにして大量の行動データを集めるか」という問題を解消することができる。社会的には、教育と医療への影響が期待できる。例えば、本研究成果によって認知的行動の活動計測が実用化される。万歩計を見ながら生活することで運動のモチベーションを維持できるのと同様に、1日の読書量や会話量を計測することで、勉強のやる気を維持したり、行動の変化から病気の早期発見や治療、予防に役立てることができる。

研究成果の概要(英文)：This project aims to develop a system that learns the relationship between data recorded by multiple sensors and converts data obtained from one sensor into the equivalent data obtained by another advanced sensor. In the first year, as basic research for sensor data conversion, we investigated the relationship between internal states and sensor signals including eye movements and nose temperatures. In the next year, we developed data collection software and evaluated its scalability. In the final year, we added EEG to the list of the measurements and estimated the level of interest while reading from eye movements. Furthermore, we proposed a method for recognizing reading behavior in the real world by using electrooculography glasses and published the method with a dataset.

研究分野：Human-Computer Interaction

キーワード：心的状態認識 読書行動認識 アイトラッキング 赤外線サーモグラフィ 皮膚電気活動 眼電位 リ
カレントニューラルネットワーク 人工知能

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

人間と機械が創造的に協働するシステムの実現において、機械による人の行動や心的状態の理解は重要な課題である。日々の行動のうち、歩行や睡眠といった身体的行動については、モーションセンサを身につけることで認識可能である [a]。一方で、文字の読み書きや会話などといった認知的行動については、その動作に必ずしも大きな体の動きを伴わないことから、モーションセンサのみで認識することが難しい。研究代表者は特に眼球運動に着目し、SMI Mobile Eye Tracking Glasses, Google Glass, JINS MEME といった眼鏡型ウェアラブルデバイス (アイウェア) を使うことで、文字読み、会話といった行動の認識 [b] や定量化 [c] に取り組んでいる。

研究代表者のこれまでの研究で明らかとなった課題は、実験室環境で高い精度を誇る行動認識の手法が実世界では十分な精度を発揮できない場合があることである。例えば行動に制限のない実世界における目の動かし方は多様であり、実験室環境の行動による学習で生成したモデルを外れてしまう。従って、実世界で通用する行動認識には、実世界の多様な動きを含むデータを記録することが必要である。しかし、SMI Mobile Eye Tracking Glassesをはじめとする高機能なアイウェアは、高価・バッテリー持続時間が短い・持ち運びが困難・装着者の行動を制限するなどといった理由で、実世界で多量のデータを記録するのに適していない。

2. 研究の目的

高機能なセンサほど利用環境が限られ、実世界において多量のデータを集めることが難しい。これが行動認識の分野で深層学習を利用する上でのボトルネックになっていると考える。本研究では、センサデータの関係性を学習することで、あるセンサから得たデータを別のセンサで得られる相当のデータに変換するシステムを開発する。このシステムが完成すると、安価で日常利用に適した様々なセンサから集めた実世界の大量のデータを高価なセンサのデータとして集約し、行動認識分野においても深層学習の適用が可能となる。

3. 研究の方法

まず、センサデータの変換に関する深層学習の基礎研究をドイツ人工知能研究センター (DFKI) の研究者らと協同行う。そして、その成果を用いて変換システムを開発する。システムを教育分野の認知的行動認識で実証実験し、フィードバックをもとに機能を改善する。

具体的には、(1) 文献調査と実験によるセンサの選定 (2) アイウェアデータ変換システムの開発 (3) 実世界の行動認識への適用の 3 点について取り組む。行動認識分野におけるデバイスの移り変わりは激しいことから、研究期間中は常に新しいセンシングにアンテナを張り、記録・変換システムに柔軟に取り入れていく。

4. 研究成果

(1) 変換対象のセンサの選定

本研究の最終目的である人の行動や心的状態の推定に有効なセンサを文献調査ならびに実験によって選定した。教科書読みや問題演習といったタスクにおいて、アイトラッカで記録した瞳孔径と興味 (教科書や問題に対して興味をもつと瞳孔が大きくなる)、赤外線サーモグラフィカメラで計測した鼻部皮膚温度 (図 1) と認知負荷 (認知負荷が高いと血管が収縮して鼻部皮膚温度が下がる) に高い相関があることが明らかとなった (共に $p < 0.01$)。

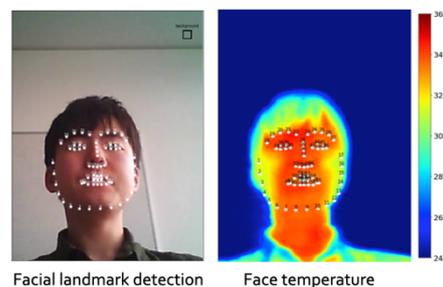


図 1 鼻部皮膚温度計測

(2) データ収集基盤ソフトウェアの開発

複数のセンサを接続し同期するソフトウェア (図 2) を開発した。これにより、センサデータ変換手法に必要な大量の行動データを集めることが可能になった。ドイツ人工知能研究センター (DFKI) の Immersive Quantified Learning Lab (iQL-Lab) ならびに大阪府立大学のセンサークラスルームでの様々な実験で使用することで、その安定性と拡張性を確認した。

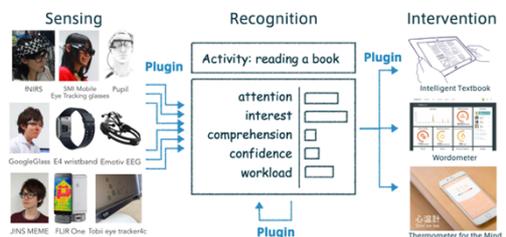


図 2 データ収集基盤ソフトウェア概要

(3) センサと深層学習を用いた読書行動の認識

眼球運動から日々の読書量を計測する Wordometer [c] の実運用を目的とした研究である。安価で日常利用に適した眼電位計測眼鏡である JINS MEME を用いて読書行動の認識を行った。

7 人の実験参加者から合計 980 時間の行動を記録し、Support vector machine, Convolutional neural network, Recurrent neural network による認識の手法を提案した (図 3)。内容やレイアウトがあらかじめ決められた文書を読むといった実験室環境の読書行動を 92.2%、文書、時間、場所などを一切制限しない日常の読書行動を 73.8%の精度で認識することができた。

実験の考察として、日常の読書行動は多様であり、行動のラベル付けが厳密でなければ多量のデータを収集しても学習が困難であるという仮説が立った。この問題を解決するために新たに10名の実験参加者にJINS MEME、スマートフォン、ライフログカメラを貸し出し、計220時間の行動をより正確に記録した。センサデータには英語読書・日本語横書き読書・日本語縦書き読書・非読書のラベルが参加者の手につけられた。これら4つの行動を識別する手法を提案し、データセットと共に公開した。

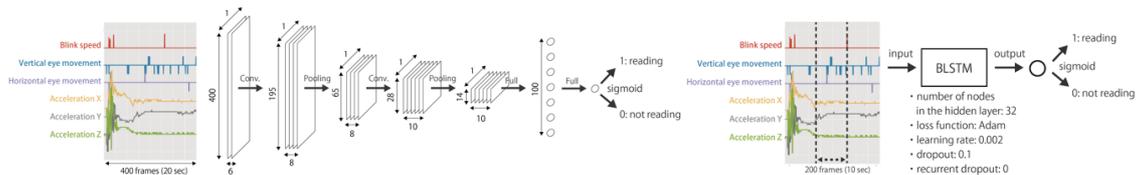


図3 眼電位計測眼鏡と Convolutional neural network (左), Recurrent neural network (右) による読書行動認識

(4) Software-Based アイトラッキングの視野拡張

広角レンズを取り付けることでコンピュータやスマートフォンのフロントカメラの視野を広げ、広範囲で捉えた顔画像から視線推定を行うシステム(図4)を開発した。広角レンズの歪み補正や視線推定は既存のものを利用し、視線の推定結果を補正する機械学習モデルを提案した。システムの応用例として覗き見防止アプリケーションを開発し、9名の参加者の協力を得た4つの実験によるデータセットにおいて、78%の精度で覗き見の検出に成功した。



図4 広角レンズの歪み補正と Convolutional neural network による視線推定

(5) 視線と皮膚電気活動から読書行動中の興味度の推定

アイトラッカで計測した視線やリストバンド型センサで計測した皮膚電気活動(Electrodermal activity, EDA)を入力として読書中の興味度を出力する機械学習モデルを構築し、その評価実験を行った。具体的には、実験参加者はディスプレイ上で新聞記事を読み、それぞれの記事に対する興味度を4段階で評価した。図5に示すとおり、視線を用いることで44%、皮膚電気活動では50%の精度でそれぞれ4クラスを識別した。

また、脳波(Electroencephalogram; EEG)と視線を同時に計測し、脳波から算出した興味度に関する指標値をRecurrent neural networkによって視線から推定した。図6の青から赤のグラデーション(赤: 興味度大)が推定結果の例である。

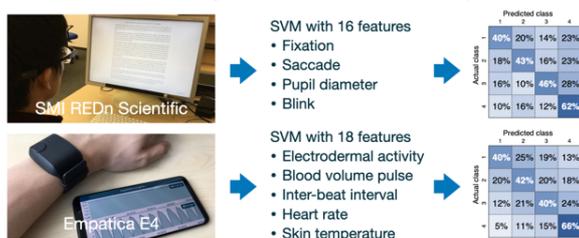


図5 興味度推定フローと推定結果



図6 データ変換を介した興味度推定結果

<引用文献>

- Ling Bao and Stephen S. Intille. "Activity recognition from user-annotated acceleration data". International Conference on Pervasive Computing, pp. 1-17, 2004.
- Shoya Ishimaru, Jens Weppner, Kai Kunze, Andreas Bulling, Koichi Kise, Andreas Dengel and Paul Lukowicz. "In the Blink of an Eye: Combining Head Motion and Eye Blink Frequency for Activity Recognition with Google Glass". In Proceedings of the 5th Augmented Human International Conference, pp. 150-153, 2014.
- Shoya Ishimaru, Kai Kunze, Koichi Kise and Andreas Dengel. "The Wordometer 2.0: Estimating the Number of Words You Read in Real Life using Commercial EOG Glasses". In Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct Publication, pp. 293-296, 2016.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 7件）

1 . 発表者名 Soumy Jacob, Shoya Ishimaru, Syed Saqib Bukhari and Andreas Dengel
2 . 発表標題 Gaze-Based Interest Detection on Newspaper Articles
3 . 学会等名 2018 International Workshop on Pervasive Eye Tracking and Mobile Eye-Based Interaction (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Soumy Jacob, Shoya Ishimaru and Andreas Dengel
2 . 発表標題 Interest Detection While Reading Newspaper Articles by Utilizing a Physiological Sensing Wristband
3 . 学会等名 2018 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Dayananda Herurkar, Shoya Ishimaru and Andreas Dengel
2 . 発表標題 Combining Software-Based Eye Tracking and a Wide-Angle Lens for Sneaking Detection
3 . 学会等名 2018 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Shoya Ishimaru, Soumy Jacob, Apurba Roy, Syed Saqib Bukhari, Carina Heisel, Nicolas Grossmann, Michael Thees, Jochen Kuhn and Andreas Dengel
2 . 発表標題 Cognitive State Measurement on Learning Materials by Utilizing Eye Tracker and Thermal Camera
3 . 学会等名 2017 International Workshop on Human-Document Interaction (国際学会)
4 . 発表年 2017年

1. 発表者名 Shoya Ishimaru, Kensuke Hoshika, Kai Kunze, Koichi Kise and Andreas Dengel
2. 発表標題 Towards Reading Trackers in the Wild: Detecting Reading Activities by EOG Glasses and Deep Neural Networks
3. 学会等名 2017 Workshop on Ubiquitous Technologies to Augment the Human Mind (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shoya Ishimaru and Andreas Dengel
2. 発表標題 ARFLED: Ability Recognition Framework for Learning and Education
3. 学会等名 2017 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shoya Ishimaru, Takanori Maruichi, Manuel Landmann, Koichi Kise and Andreas Dengel
2. 発表標題 Electrooculography Dataset for Reading Detection in the Wild
3. 学会等名 2019 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Shoya Ishimaru, Syed Saqib Bukhari, Carina Heisel, Nicolas Grossmann, Pascal Klein, Jochen Kuhn and Andreas Dengel	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer VS, Wiesbaden	5. 総ページ数 12
3. 書名 Augmented Learning on Anticipating Textbooks with Eye Tracking	

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