

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 12 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2014～2016

課題番号：26350315

研究課題名（和文）オンライン授業学修者の集中度推定のための中枢神経系生体信号処理モデルの確立

研究課題名（英文）Establishment of a Model to Process the Physiological Signals of the Central Nervous System for Estimating the Degree of Concentration of an Online Learner

研究代表者

小俣 昌樹（OMATA, Masaki）

山梨大学・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） 3,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、オンライン学修者の心的状態を連続的かつ客観的に把握するための生理指標を解明することである。このために、学修者の映像への興味度、教材へのマウス操作の有無、および読解タスクにおける理解度と、学修者の脳波や脳血流などの生体信号から算出する生理指標との関係を調査する実験を実施した。この結果、興味度と脳波、操作の有無と皮膚コンダクタンス変化、および、理解度と脳波および指先容積脈波との間に有意な相関があることがわかった。

研究成果の概要（英文）：This study aims to elucidate the physiological indexes that allow us to grasp the state of mind of an online learner. Experiments were conducted to investigate the relations between the interest in watching videos, use of mouse when learning, and degree of understanding after reading and their corresponding indexes calculated from physiological signals, such as electroencephalography and hemoencephalography. Results revealed that significant correlations existed between the interest in watching videos and electroencephalogram, use of mouse and change in skin conductance, and degree of understanding and electroencephalogram and blood-volume pulse.

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：生理指標 生体信号

1. 研究開始当初の背景

研究開始当初の背景は、オンライン授業学修時の集中などの心的状態を連続的かつ客観的に把握するための指標を確立することである。これは、世界各国の大学で取り込まれ始めていた MOOCs や反転授業を代表とする自宅学修において、教員がその様子を把握する際、Web アクセス履歴の記録や小テストまたは質問紙調査程度しか方法がないこと、特に、成績が振るわず消極的な学生の心的状態（ただアクセスしただけなのか、見ただけなのか、学修・理解までしたのかなど）の把握が難しいことに起因する。

研究開始当初の国内外の先行研究において、オンライン授業や e ラーニングの学修者の心的状態を推定するモデルに関する研究は未発達であり、まだモデルの分解能が少なかったり、推定精度が低かったりした。この理由のひとつに、多くの研究が末梢神経系の生理指標に基づいて推定していることが挙げられた。

2. 研究の目的

前述の背景を受け、本研究の目的は、脳波・脳血流などの中枢神経系の生体信号を中心として、オンライン学修者の集中に関連する興味・操作・理解の程度や違いを推定するモデルを確立することである。そのために、コンピュータを使ってコンテンツを閲覧したり学修したりするユーザの中枢神経系と末梢神経系の生体信号および視線を記録し、興味・操作・理解に関する記録や自己申告との関係を重回帰分析して、両者の関係についての推定モデルを構築する。

3. 研究の方法

(1) 「興味」と生理指標の組み合わせとの関係

集中を促したり維持したりすることに関連する「興味」とさまざまな生理指標の組み合わせとの関係を分析した。組み合わせを分析対象とした理由は、より少ない生理指標で精度の高い推定を行えるモデルを構築するためである。

計測した生体信号は、頭皮上の脳波 (EEG)、頭皮下 2 cm 程度の脳血流内の酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの比 (HEG)、指先の容積脈波 (BVP)、手掌の皮膚コンダクタンス変化 (SC)、腹部の呼吸運動 (RESP) である。参加者が行ったタスクは、2 分間の映像を閲覧して、その前後に映像への興味に関する 11 指標 (印象、好感、新奇性、関心、魅力など) の質問紙調査へ回答することである。参加者は、22 歳から 24 歳までの大学生 6 名である。

この質問紙調査への回答値と映像閲覧中の生理指標の組み合わせとの関係について、参加者ごとの重回帰分析を行った。組み合わせは、4 種類、3 種類、2 種類とする。

(2) 「操作の有無」と生体信号との関係

学修コンテンツへの操作の有無の違いにおける生体信号の違いを分析した。ここでの操作は、学修者が閲覧している授業スライドの中でわかった箇所とわからなかった箇所をマウスカーソルで指し示すことである。学修中に計測した生体信号は前述の (1) の実験と同じである。

参加者は、21 歳から 23 歳までの 6 名の大学生である。学修コンテンツは、アプティブインタフェースに関する図表の含まれたスライドである。

(3) 「理解度」と生体信号との関係

学修者の「理解度」を脳波や脳血流などの生体信号から推定するための重回帰モデルを構築する。このために、外国語 (英語) の文章を読解しているときの学修者の生理指標と英語文書全体への理解度 (読解完遂時間、読解中のつまずきの割合、読解後の確認テストの結果) との関係重回帰分析した。

生理指標は、頭皮上の脳波 ($\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \beta, \theta$)、頭皮下 2 cm 程度の脳血流内の酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの比 (HEG)、指先の容積脈波 (BVP)、手掌の皮膚コンダクタンス変化 (SC)、腹部の呼吸運動 (RESP)、および視線 (注視点数、注視持続時間、サッケード、注視点間距離) である。

参加者は 23 歳から 24 歳までの、日本語を母国語とする大学院生 5 名である。提示した英語文章は、実用英語技能検定の準 1 級から 4 級までの 5 種類の過去問題の文章である。

4. 研究成果

(1) 「興味」と生理指標の組み合わせとの関係

実験結果として、どの組み合わせにおいても、寄与率の高い生体信号として EEG が多く含まれており、脳波が興味に強く関係していることがわかった。表 1、表 2、表 3 に、映像への興味と生理指標との重回帰分析において寄与率が 0.5 以上となる 4 種類、3 種類、および 2 種類の生理指標の組み合わせとその参加者 (A~G) を示す。これらの表の下線は中でも寄与率が 0.7 以上となる参加者を示している。

表 1：寄与率の高い 4 種類の生理指標の組み合わせ

Combination	Identifiers with contribution ratio of 0.5 or greater
RESP, HEG, SC, BVP	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
EEG, HEG, SC, RESP	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
EEG, HEG, SC, BVP	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
EEG, HEG, RESP, BVP	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
EEG, RESP, SC, BVP	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>G</u>

表 2：寄与率の高い 3 種類の生理指標の組み合わせ

Combination	Identifiers with contribution ratio of 0.5 or greater
EEG, HEG, SC	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
BVP, HEG, RESP	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
BVP, RESP, SC	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
BVP, HEG, SC	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
EEG, RESP, SC	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
EEG, HEG, RESP	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
EEG, BVP, SC	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
EEG, HEG, BVP	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
EEG, BVP, RESP	<u>A</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
RESP, HEG, SC	<u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>G</u>

表 3：寄与率の高い 2 種類の生理指標の組み合わせ

Combination	Identifiers with contribution ratio of 0.5 or greater
EEG, RESP	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
EEG, SC	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
EEG, BVP	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
EEG, HEG	<u>A</u> , <u>B</u> , <u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u> , <u>G</u>
HEG, BVP	<u>C</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u>
BVP, SC	<u>B</u> , <u>D</u> , <u>E</u> , <u>F</u>
BVP, RESP	<u>D</u> , <u>E</u> , <u>G</u>
HEG, SC	<u>B</u> , <u>D</u>
HEG, RESP	<u>B</u> , <u>G</u>
RESP, SC	<u>D</u>

- (2) 「操作の有無」と生体信号との関係
 参加者の定常状態、マウス操作を伴う閲覧、およびマウス操作を伴わない閲覧における生理指標を分散分析した結果、SC と BVP の高周波成分 (HF) に有意差が見られた ($p < 0.05$)。この中でマウス操作の有無に関係して顕著な差異が見られたのは SC であった。
 表 4 に、SC における多重比較の結果を示す ($p < 0.05$)。この表において、L は大きな差異を、S は小さな差異を、そして

M はその中間程度の差異を示す。また、空欄は有意差がなかったことを示す。

表 4：操作の有無の違いにおける参加者 (A~E) ごとおよび参加者全体 (All) の SC データに関する多重比較

Participants	Clicking vs. Not clicking	Clicking vs. Resting	Not clicking vs. Resting
A	L	M	S
B	L	M	S
C	L	S	
D	S	L	M
E			
All	S	L	

$p < 0.05$

- (3) 「理解度」と生体信号との関係
 学修者の生理指標と英語文書への理解度との関係を重回帰分析した結果、寄与率が 0.82 となった。
 最終的な理解度 (DoU) と生理指標との関係を表す式を式 (1) に示す。

$$DoU = (-0.67 \quad -0.45 \quad -0.33 \quad -0.07 \quad 0.09 \quad 0.15 \quad 0.28) \begin{pmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \\ p_5 \\ p_6 \\ p_7 \end{pmatrix} \quad (1)$$

ここで、 DoU は、以下の式 (2) の通り、読解完遂時間、読解中のつまずきの割合、および読解後の確認テストの結果を主成分分析した結果の第 1 主成分である。

$$DoU = (-0.61 \quad -0.56 \quad 0.57) \begin{pmatrix} \text{読解完遂時間} \\ \text{つまずき割合} \\ \text{確認テスト結果} \end{pmatrix} \quad (2)$$

また、式 (1) の p_i は、生理指標を主成分分析した各主成分を示し、以下の式 (3) によって表される。

$$p_i = a_i \begin{pmatrix} \text{Power of alpha1} \\ \text{Power of alpha2} \\ \vdots \\ \text{Mean saccade duration} \\ \text{Mean saccade velocity} \end{pmatrix} \quad (3)$$

なお、この式 (3) は、表 5 に示す係数行列に基づいて算出される。つまり、表 5 に示す 20 種類の生理指標のそれぞれの値と a_i の値とを掛けた結果の総和が生理指標主成分 p_i となる。

表 5 : 生理指標の主成分 p_i の係数行列 a_i

Physiological indexes	The coefficient matrix a_i						
	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7
Power of α_1	0.28	0.23	-0.16	0.30	-0.12	0.03	0.09
Power of α_2	0.26	0.29	-0.20	0.19	-0.03	0.08	0.12
Power of α_3	0.12	0.31	-0.20	-0.17	0.28	-0.02	0.19
Power of β	0.16	0.35	-0.20	-0.14	0.17	0.09	0.03
Power of θ	0.28	0.22	-0.14	0.30	-0.17	0.03	0.05
HEG ratio	0.11	-0.14	0.26	0.58	-0.01	0.10	0.03
Power of HF	0.20	0.14	0.32	-0.17	-0.13	-0.34	0.12
LF/HF ratio	-0.08	-0.21	-0.14	0.32	0.40	-0.51	-0.30
Pulse rate	0.06	0.01	-0.38	0.24	-0.36	-0.21	-0.36
SC ratio	-0.10	0.02	-0.30	-0.34	-0.45	-0.29	-0.22
Breath s/min	-0.02	0.19	-0.26	-0.09	0.46	0.22	-0.43
Fixation count	0.01	0.32	0.33	0.00	0.13	-0.30	-0.20
Fixation counts/s	-0.35	0.21	0.02	0.08	-0.06	0.06	0.07
Mean fixation	0.35	-0.06	0.16	-0.20	-0.11	0.08	-0.20
Median fixation	0.31	0.05	0.25	-0.11	-0.13	0.13	-0.28
Total dist. among fixation	0.04	0.34	0.28	0.03	0.10	-0.40	-0.05
Mean vel. between fixations	-0.33	0.20	-0.05	0.10	-0.03	-0.08	0.26
Fixation saccade ratio	-0.30	0.26	0.12	0.06	-0.08	0.13	-0.06
Mean saccade duration	0.20	-0.20	-0.24	-0.10	0.12	-0.36	0.49
Mean saccade vel.	-0.30	0.24	-0.01	0.07	-0.22	-0.06	0.03

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3件)

- ① Masaki Omata, Shogo Tanabe, “A Regression Equation to Estimate the Degree of Understanding in a Reading using Physiological Indexes,” Proceedings of the 28th Australian Conference on Human-Computer Interaction (OzCHI 2016), pp. 333-337, 2016. (査読あり) DOI: 10.1145/3010915.3010968

- ② Masaki Omata and Shogo Tanabe, “Analysis of Relationships between Combinations of Biological Signals and Subjective Interest,” Proceedings of 2015 3rd International Conference on Biological and Medical Sciences, pp.6-10, 2015. (査読あり)
- ③ Masaki Omata, Daisuke Kanuka and Xiaoyang Mao, “Experiments for Emotion Estimation from Biological Signals and Its Application,” Transactions on Computational Science XXIII Lecture Notes in Computer Science Volume 8490, Special Issue on Cyberworlds, pp. 178-198, 2014. (査読あり) DOI: 10.1007/978-3-662-43790-2_10

[学会発表] (計 1件)

- ① 大出真也, 小俣昌樹, “タスクパフォーマンスと生理的ストレス反応および性格特性との関係の調査,” FIT2016 (第15回情報科学技術フォーラム), Vol. 3, pp. 273-276, 2016年9月9日, 富山大学 (富山県・富山市).

[その他]

ホームページ等

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

6. 研究組織

(1) 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