

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：82636

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K14110

研究課題名(和文) 生体情報のフィードバックループを用いた学習者のモチベーション向上に関する研究

研究課題名(英文) Study on improving learner's motivation using a feedback loop of biological information

研究代表者

渡部 宏樹 (Watanabe, Hiroki)

国立研究開発法人情報通信研究機構・未来ICT研究所脳情報通信融合研究センター・研究員

研究者番号：00849896

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、個人の好みや特性に合わせて目標成績を自動調整することで学習意欲を喚起する適応型学習アプリケーションの開発を目指した。そのために、学習中の脳波から学習への意欲度を定量評価することを試みた。実験では、目標成績スコアの達成難易度が3段階(低、中、高)から構成される暗算課題を実施している際の脳波を計測した結果、事象関連電位の振幅が、各達成難易度の目標成績スコアに対して目標を達成したいと思った意欲度の主観評価値と相関することがわかった。また、同様の課題で他者と成績スコアを競争している際の事象関連電位の振幅から、他者との競争に勝利する目標に対してどれくらい意欲が湧くかという度合いを予測できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、学習中の脳波計測が学習に対する意欲度の客観的指標となりうることを示し、これに基づいて学習意欲を喚起するような目標成績の達成難易度の高さや他者と成績スコアを競争するゲーム要素を追加することが学習意欲を喚起するかといった個人の特性・好みの度合いを推定できる可能性を示した。今後、この脳波指標に基づいて個人の特性・好みを客観的に推定し、それらに合わせた目標成績の設定を行うことで学習意欲を喚起する適応的な学習システムの開発につながるという意義がある。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to develop an adaptive learning application that motivates students to learn by automatically adjusting goal performance according to individual preferences and characteristics. To this end, we attempted to quantitatively evaluate the degree of motivation to learn from electroencephalograms during learning. In the experiment, EEG was measured during a mental arithmetic task consisting of three difficulty levels (low, medium, and high) for achieving the goal performance score. The results showed that the amplitude of event-related potentials correlated with the subjective evaluation value of the degree of motivation to achieve the goal performance score for each achievement difficulty level. In addition, the amplitude of the event-related potentials while competing with others for a score in a similar task predicted the degree to which the participants were motivated to achieve the goal of winning the competition with others.

研究分野：認知科学

キーワード：脳波 事象関連電位 学習意欲 教育工学

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本来ゲームではないものにゲーム要素を取り入れることで学習意欲やパフォーマンスを向上させようとする「ゲーミフィケーション」を教育に導入する試み (Dicheva et al., 2015) が普及している。ゲーミフィケーションによって、学習意欲を高めることができるため (Chapman & Rich, 2018)、よりよい学習につながることを期待される。

一方で、意欲を喚起するためには、「明確かつ具体的な目標を設定すること」が重要であると指摘されている (Locke & Latham, 2002)。また、その達成難易度は個人の能力やレベルにあったものである必要がある (Lunenburg, 2011)。しかし、学習においてどのような目標成績を設定し、その達成難易度をどの程度にすれば学習意欲が喚起されるかは個人の特性や好みに左右される可能性があるため、個々の学習者に合わせてそれらを設定する必要があると考えられる。そこで、ゲーミフィケーションを取り入れた学習アプリケーションが、個人の特性や好みに合わせて目標成績を調節することができれば、効率的な学習意欲の喚起につながる可能性がある。

### 2. 研究の目的

どのような目標成績に意欲が喚起されるかという個人の特性・好みを推定するためには、まず、学習への意欲度を定量的に評価する必要がある。近年では、実環境下で計測した脳波が課題へのワークロード (Yokota et al., 2017) といった人の状態の定量的な指標として利用できることが示されてきており、その工学的な活用への注目が高まっている。そこで、本研究では、ゲーム要素を取り入れた、学習者の意欲を喚起するような目標成績を設定する学習アプリケーションを開発するために、学習中の脳波から意欲度を定量的に推定し、その応用可能性を示すことを目標とする。

### 3. 研究の方法

**研究1:** 本研究では、まず、ゲーム要素を取り入れた計算課題のグラフィカルユーザーインターフェース (GUI: Graphical User Interface) を構築し、パソコン上で計算問題に解答している際の脳波を計測した。1つの計測セッションは64問から構成され、正解数に応じて成績スコアを算出した。実験参加者 (33名) はマウスとキーボードで解答を GUI に入力し、解答入力後即座に正解・不正解のフィードバックが聴覚的に提示された。各セッションを実施する前に目標成績スコアを設定しそのスコアを可能な限り超えるよう指示をした。目標成績スコアの達成難易度は、各実験参加者の練習問題のスコアに応じて、低、中、高の3種類を設定した (達成難易度毎に2セッション)。実験参加者の脳波は課題実施中に記録した。すべての課題終了後に各達成難易度に対して目標成績スコアを達成したいという意欲度合いの主観評価を7件法で取得した。計測した脳波は、入力した解答が正解か不正解かを示す聴覚フィードバックの提示を起点として切り出した後、加算平均波形を算出し各事象関連電位の平均振幅を計算した。

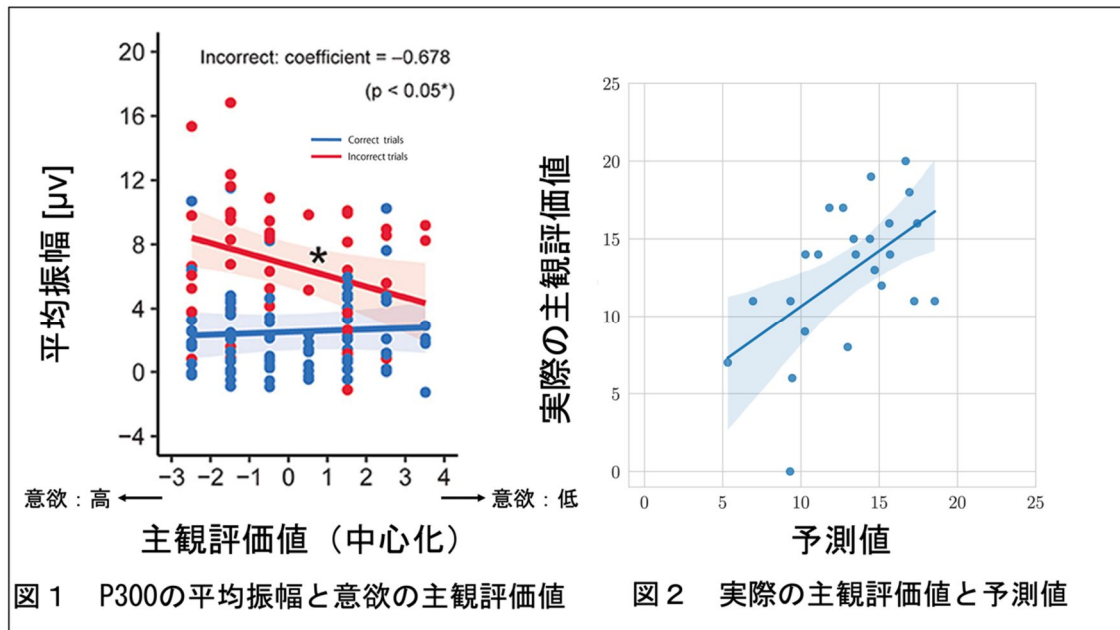
**研究2:** 学習中の脳波に基づいて、どのような目標成績に意欲が喚起されるかという個人の好みの推定が可能かどうかを検証する実験を実施した。特に、ゲーム上で他者と競争し勝利することに意欲が喚起されるタイプ (Nacke et al., 2014) に着目し、計測した脳波からその度合いを予測することを試みた。実験参加者 (28名) は二人一組のペアとなり、(1) ペアの相手の成績スコアを上回ることを目標とする条件と(2) 自身の最高成績スコアを上回ることを目標とする条件で計算課題の GUI アプリケーションを実施した (各条件4セッション)。他者と競争し勝利することに意欲が湧く度合いは、先行研究 (Nacke et al., 2014) で使用されている主観評価質問紙を使用して定量化した。研究1と同様に計算問題の解答入力直後に提示される正解・不正解を示す聴覚フィードバックに対する事象関連電位の振幅を計算し、その振幅や課題成績といった特徴量から他者と競争し勝利することに意欲が湧く度合いの予測を実施した。

### 4. 研究成果

**研究1:** 線形混合モデルを用いた分析の結果、解答が不正解であったことを示すフィードバックに対して惹起した事象関連電位 P300 の平均振幅と意欲度合いの主観評価値との間に有意な関連性が見られた (図1)。この結果は、ゲーム要素を取り入れた学習中の脳波が意欲を喚起する目標成績スコアの達成難易度の指標となりうることを示している。

**研究2:** 他者と競争し勝利することに意欲が湧く度合いの実際の主観評価値と予測値に有意な相関が見られ (図2)、その度合いを予測できることが示唆された。この結果は、成績スコアの競争というゲーム要素を取り入れた学習アプリケーションに取り組んでいる際の脳波から、他者との競争に勝利を目指すという目標設定が意欲を喚起するかという個人の好みの度合いが推定できることを示す。

本研究は、ゲーム要素を取り入れた学習における脳波計測が、意欲が喚起されるような目標成績スコアの達成難易度や他者との成績スコアを競争し勝利するというゲーム要素を含む目標を取り入れることがその人の意欲を喚起するかといった個人の好みの指標となりうる可能性を示した。



<引用文献>

- Dicheva, D., Dichev, C., Agre, G., & Angelova, G. (2015). Gamification in education: A systematic mapping study. *Journal of educational technology & society*, 18(3), 75-88.
- Chapman, J. R., & Rich, P. J. (2018). Does educational gamification improve students' motivation? If so, which game elements work best?. *Journal of Education for Business*, 93(7), 315-322.
- Locke, E. A., & Latham, G. P. (2002). Building a practically useful theory of goal setting and task motivation: A 35-year odyssey. *American psychologist*, 57(9), 705-717.
- Lunenburg, F. C. (2011). Goal-setting theory of motivation. *International journal of management, business, and administration*, 15(1), 1-6.
- Yokota, Y., Tanaka, S., Miyamoto, A., & Naruse, Y. (2017). Estimation of human workload from the auditory steady-state response recorded via a wearable electroencephalography system during walking. *Frontiers in human neuroscience*, 11, 314.
- Nacke, L. E., Bateman, C., & Mandryk, R. L. (2014). BrainHex: A neurobiological gamer typology survey. *Entertainment computing*, 5(1), 55-62.

## 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 2件）

1. 著者名 Watanabe Hiroki, Naruse Yasushi	4. 巻 3
2. 論文標題 P300 as a neural indicator for setting levels of goal scores in educational gamification applications from the perspective of intrinsic motivation: An ERP study	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Frontiers in Neuroergonomics	6. 最初と最後の頁 948080 ~ 948080
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fnrgo.2022.948080	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 Saga Takuma, Watanabe Hiroki, Naruse Yasushi	4. 巻 13
2. 論文標題 Recurrent Neural Network to Predict Saccade Offset Time Points from Electrooculogram Signals for Automatic Measurement of Eye-Fixation-Related Potential	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 6230 ~ 6230
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app13106230	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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 Hiroki Watanabe and Yasushi Naruse
2. 発表標題 Use of feedback-related P300 as an index of a motivation level for a learning application
3. 学会等名 The 44th Annual Meeting of the Japan Neuroscience Society
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 渡部宏樹・田畑礼人・成瀬康
2. 発表標題 ビデオゲームにおける競争への選好性がゲーミフィケーションを用いた教育アプリケーション中の認知状態に与える影響-事象関連電位を用いた検討-
3. 学会等名 ヒューマンインターフェースシンポジウム2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroki Watanabe, Ayato Tabata, Chikara Ishii and Yasushi Naruse
2. 発表標題 Predicting the degree of video game preference for winning against opponents from EEG features when competing for performance on a gamified task
3. 学会等名 45th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計1件

産業財産権の名称 学習システム、学習方法、及び学習プログラム	発明者 渡部宏樹・成瀬康	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、特開2022-7770	取得年 2022年	国内・外国の別 外国

〔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
---------	---------