

# パズルゲームプレイ中の生理指標計測による集中度フィードバック

## Template of Japanese Journal of BMFSA and the Manual of Writing

張帆<sup>1</sup>, 村尾 元<sup>1</sup>

1) 神戸大学大学院国際文化学研究科

Fan ZHANG<sup>1</sup>, Hajime MURAO<sup>1</sup>

1) Graduate school of intercultural studies Kobe University

**Abstract:** This paper attempts to apply biofeedback to several types of puzzle games, to enhance players' engagement level and behavior during the gameplay. In the research, we carried out a four times experiment on five college students. Results showed that the feedback based on brainwaves could enhance players' engagement in Sudoku puzzle games, but not effective in physics puzzle games. We thought that biometric information of players in irrelevant stages (e.g. game loading, waiting) would produce a negative influence on results, so we suggested excluding it from the feedback to players. Besides, giving the false but positive feedback information instead of the real one to players can make them feel good, but the decline of engagement level will be restored to the former condition without feedback. It means that in the process of biofeedback, the real feedback information not being provided continuously will not influence player's subjective experience, while the effect of feedback cannot be maintained.

**Keywords:** biofeedback, gameplay, entertainment, concentration, brainwave

---

Fan ZHANG

1-2-1, Tsurukabuto, Nada-ku, Kobe, JAPAN 657-8501, Japan

Tel: 080-4648-6486, E-mail: zhangfan@mulabo.org

## 1. はじめに

精神集中は、知的作業に大きな影響を与える。高い集中状態は良いパフォーマンスと繋ぐ。集中度を向上させる方法として、音、温度、匂いに手を組み、よい作業環境を作るという受動的な方法がある。また、能動的な方法としてバイオフィードバック (Biofeedback: BF) という手法がある。バイオフィードバックは、利用者の心身状態を工学的手段により検出し、利用者自身にフィードバックすることにより、心身状態を制御することを可能とする手法である[1]。これらは現在医療、スポーツ、教育分野に用いられている。集中度の検出方法として、脳波は最も広く使われており、その他も瞬き、加速度、

顔認識などの方法がある。近年では、バイオフィードバックをエンターテインメントの要素として使われた例もある。[2][3]しかし、エンターテインメントの種類、または種類によって生理情報提示する方法は多数存在しているため、まだ課題は多数残っている。

## 2. 背景

課題「画面中心に表示されている点に集中する」に対し、集中度フィードバックの集中向上効果は、感覚器官の特性に依存しないことが分かる。視覚的提示と聴覚的提示ともに向上効果が見られるが、提示手法により被験者がバイオフィードバックに対する関心が低下し、向上効果にばらつきが生じ、または慣

れるまで時間を要することも挙げられた.[4]しかし、集中向上効果は課題の種類に関係があるかについて、まだ検討が少ない。

一方、集中度フィードバックを行う時、本当の生理情報を使わず、偽の集中度をフィードバックしても向上効果が出るという批判が昔から挙げられた[5]。集中度フィードバックについてまだ深く理解する必要がある。

本研究は、集中度フィードバック効果と課題種類の関係、または偽の集中度情報をフィードバックする時の反応について検討する。そのため、5 人の被験者に 2 種類のパズルゲームをそれぞれ 4 回の実験で行った。

### 3. 実験装置

集中度の評価は、今回はヘッドセット型脳波センサー Emotiv EPOC を利用した。Emotiv SDK が利用者の集中度を 0~1 の値 (Engagement/Boredom Score: ES) で評価することかできる。

図 1 に実験装置を示す。使用者は脳波センサーとイヤホンを着用し、カフェの環境音が流される。集中度の提示は集中度が高いほど環境音のボリュームが消えていく仕様とした。実験は 6\*4m の個室で行い、部屋の室温は 27 度に設定する。

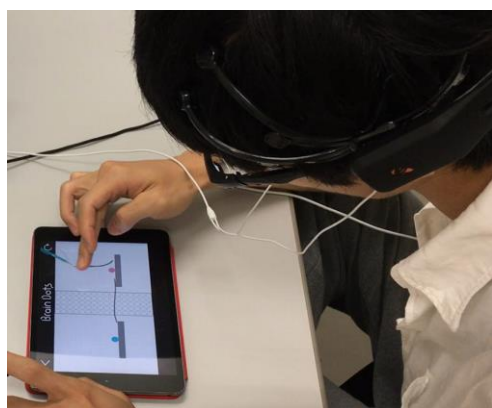


図 1. 実験風景.

また、実験課題はペンシルパズルゲームである「数独」とフィジカルパズル「Brain Dots」を使用する。その中、数独問題は [www.sudoku game.org](http://www.sudoku game.org) に提供された初級数独を使い、Brain Dots はゲームステージ 1 から始めさせる。

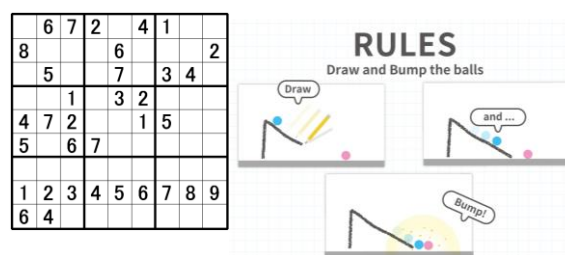


図 2. 数独とフィジカルパズル.

### 4. 実験手順

大学院生 5 名を被験者として、一人週一回の頻度で実験を行った。最初の環境音ボリュームは被験者に調節を任せて、その後環境音はこのボリュームをベースとして変化する。実験の計画は表 1 のように示す。

	1 分	5 分	5 分	15 分
一回目	実験指示	安静閉眼	環境音を 50% に設定	
二回目	実験指示	安静閉眼	集中度フィードバック	
三回目	実験指示	安静閉眼	集中度フィードバック	
四回目	実験指示	安静閉眼	集中度フィードバック	環境音を 50% に設定

表 1. 実験計画.

一回目実験は、最初に被験者に「出来るだけ集中して課題を完成してください」と指示し、被験者が 5 分間の安静閉眼をした後課題を開始し、環境音は 50% に設定する。二回目から実験指示の中に集中度フィードバックについての説明を加え、実験中に集中度フィードバックを行う。四回目の実験では実験指示を二、三回目の時と同じようにし、まず 5 分間の集中度フィードバックを行い、その後被験者に教えずに環境音を 50% に設定する。

### 5. 結果

実験ではゲームプレイ中の被験者の集中度推移を記録した。

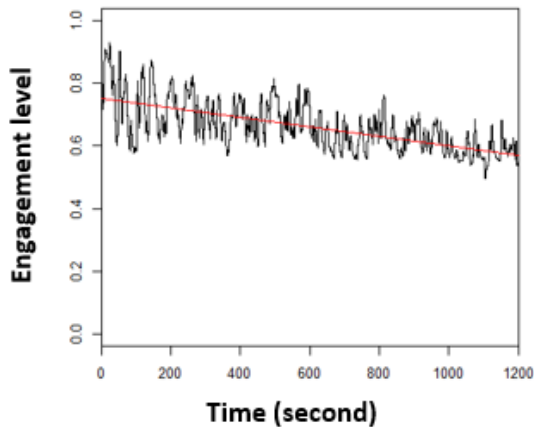


図 3. 実験中の ES 変化の一例, 中心の直線は回帰直線.

安静時の ES 値に被験者それぞれの個人差がある. そのため, 本研究は ES の値より実験中の ES 変化を注目し, ES 回帰直線の回帰係数が ES 変化率を定義し, 高いほど被験者が課題に集中していると見られる.

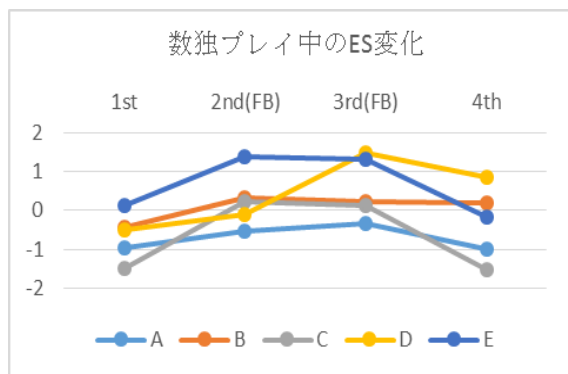


図 4. 数独ゲームプレイ中の各被験者の ES 変化率.

図 4 に四回の数独実験の中に, 各被験者 A, B, C, D, E の ES 変化率が示された. 集中度フィードバックが行われた 2, 3 回目実験のほうは 1 回目より高く, 四回目実験の時また低くなる傾向が見える. その中, 被験者 D は 1, 2 回目の時, 数独では 3×3 のブロック内に同じ数字が複数入ってはいけないというルールが知っていなかったため, 解答が非常に困難となり, 集中するのが難しくなることが想定できる.

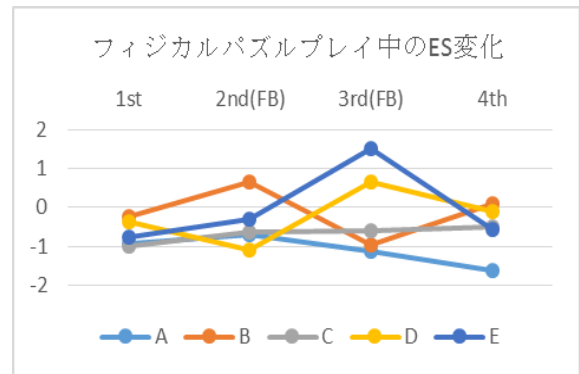


図 5. フィジカルパズルゲームプレイ中の各被験者の ES 変化率.

図 5 に四回のフィジカルパズル実験の中に, 各被験者の ES 変化率が示された. しかし, フィジカルパズル実験のほうは数独実験のような傾向が確認できない.

また, 四回目実験が開始した 5 分後, 集中度フィードバックを中断し, 偽の情報を流したが, 5 名被験者の中に 4 名が実験後に「今日はよく集中していたようだ.」, もう一名が「今日はフィードバックに気付かなかった.」と報告した.

フィードバックを中断した前の 5 分と中断した後の 5 分だけを比較すると, 4 回目ではすべての被験者が 0~5 分から 5~10 分までの間に ES 変化率が上がっていることが分かる (図 6, 7). しかし, 1 回目実験にも同じ傾向が見える.

#### 数独ゲーム

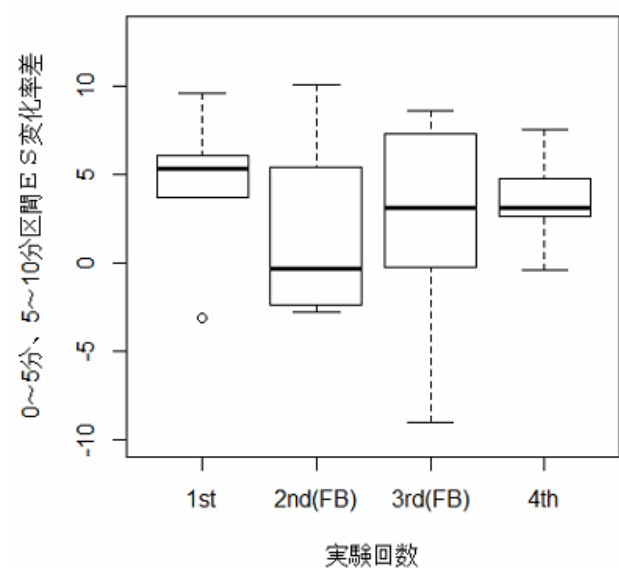


図 6. 四回の数独実験中, 0~5 分から 5~10 分までの区間の ES 変化率差.

## フィジカルパズルゲーム

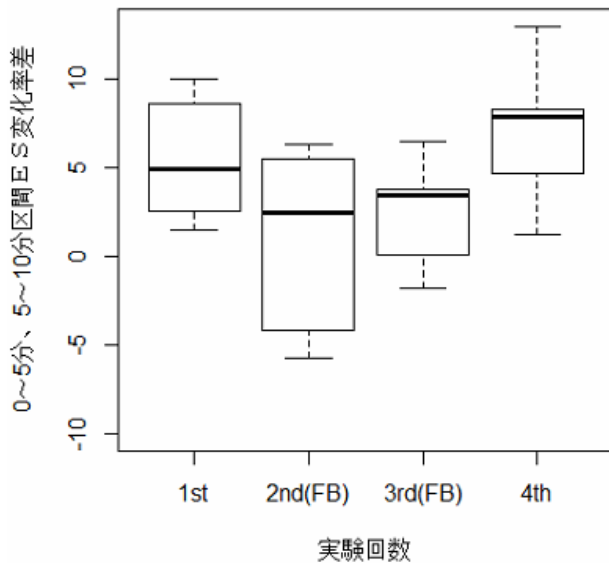


図 7. 四回のフィジカルパズル実験中、0~5 分から 5~10 分までの区間の ES 変化率差。

## 6. 考査

実験の結果により、数独では集中度フィードバックに集中度向上の効果があると見えた。一方、フィジカルパズルゲームの方は効果がはっきりではなかった。その原因について、被験者の報告からいくつか想定した。まずはゲーム中にゲームプレイから結果や得点の表示まで進み、またはステージからステージに移行する時など、集中度の変化が非常に激しい。そして集中度フィードバックにそれが反映されると、被験者がボリュームの変化に鈍くなってしまう。このような段階においては、集中度をそのまま被験者に提示しない方が良いかもしれない。また、ゲームで詰まった時、集中度も大幅に低下する。それにフィードバックされた被験者がますます挫折になる可能性も報告された。

集中度フィードバックを行ったとき、フィードバックを中断し、偽の集中度情報を提示しても、被験者は自ら気づくことができない。今回偽情報として提示された 50% のボリュームの環境音は、実験設定によってある程度の集中を意味し、すなわちポジティブなフィードバックのため、結局むしろ被験者の主観体験を良くした。集中度の推移から見ると、偽の情報を提供した直後に被験者の集中度が上昇した。しかし、

全体的にフィードバックを行った時より落ちていると見える。

## 7. おわりに

集中度フィードバック効果と課題種類の関係、または偽の集中度情報フィードバックする時の反応について検討した。その結果、集中度向上効果がフィードバック中に行う課題の種類と関係があることが分かった。また、集中度フィードバックを行った時、偽の情報に移行しても、被験者にマイナスな体験を与えない。逆にポジティブな情報を提供すると、被験者はそれにもたらされた自信によって短時間に集中する可能性がある。しかし、それが続くと、フィードバックの効果が消え、集中度がまた落ちることになる。これにより、集中度フィードバックを行う時、すべてありのままの生理情報を提示せず、フィードバックに適応しない段階に偽の情報を提示し、または集中度が大幅に落ちる時に偽の情報で集中を誘導することも可能であり、これを元で様々な展開が期待できる。

## 参考文献

- [1] 平井久：バイオフィードバック [J], 医用電子と生体工学, 14(4): 279-288, 1976.
- [2] 棟方渚, 中村光寿, 田中伶, 等: 攻撃行動をともなうバイオフィードバックゲーム [J], 情報処理学会論文誌, 50(12): 2969-2977, 2009.
- [3] Nacke L E, Kalyn M, Lough C, et al: Biofeedback game design: using direct and indirect physiological control to enhance game interaction[C]//Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems, ACM, 103-112, 2011.
- [4] 渡部真, 宍戸道明: 視覚と聴覚のバイオフィードバックにおける集中力向上効果の比較検討[J], 科学・技術研究, 5(1): 41-46, 2016.
- [5] Warm J S, Jerison H J: The psychophysics of vigilance. In. JS Warm (Ed.), Sustained attention in human performance, pp. 15-60, 1984.