

## バイオフィードバックゲームによる覚醒度制御手法の提案

吉岡佑<sup>†1</sup> 馮晨<sup>†1</sup> 菅谷みどり<sup>†1</sup>  
芝浦工業大学<sup>†1</sup>

## 1. 背景

近年,メンタルトレーニングや精神疾患の予防療法としてバイオフィードバックという技術が大きく注目が集めている。これは患者やトレーニング対象者に対して,当人の脈拍等の生理的反応を提示し続けながらタスクをこなさせる事でより良い方向性に導くという物である[1]。また,その中でもストレスの指標である交感神経優位状態等をフィードバックする事によるストレス制御トレーニングは多くの研究が行われている。だが交感神経優位状態と同様に人間の感情に影響を与えるとされる覚醒度を用いた覚醒度制御トレーニングは十分に研究されていない。

## 2. 先行研究

一般的に覚醒度とは脳の活性化状況を指し,脳波が指標の1つとして扱われる[2]。この覚醒度が続くと神経過敏状態となり,精神的な悪影響を及ぼし,うつ病等の精神疾患の発症にも繋がるとされる。逆に低すぎる覚醒度は過剰にネガティブな感情に繋がるとされ,これも健全であると言えない。

またメンタルヘルスケア領域以外においても覚醒度の重要性は語られており,覚醒度は日常生活の様々な状況におけるパフォーマンスとも関係性があると言われている。生理的覚醒と作業効率には逆U字の関係性があり,過度に低い生理的覚醒だけではなく過度に高い生理的覚醒は作業効率の低下を招く[3]。以上の事から,覚醒度を中位に制御出来る事が日常生活において良い効果をもたらす,その方法の検討は重要性が高い。

## 3. 目的・提案

本研究では覚醒度を中位に制御する能力を向上させる手法の提案を目的とする。私は”覚醒度を中位に維持する事が難しいタスクをトレーニングとして行わせる事で自然に覚醒度を中位に制御する能力が身につく”という仮説を立てた。この仮説の検証を行う為にこのトレーニングの媒体にはモチベーションが保ちやすく,メンタルヘルス領域では有効とされるバイオフィードバックゲームを用いる事とする[4,5]。そこで本研究ではトレーニングに用いる為の”覚醒度制御トレーニングゲーム”とその評価を行う為の”視覚的バイオフィードバック評価システム”の二つのプログラムを設計した。

## 4. 設計

## 4.1 視覚的バイオフィードバック評価システム(VBF)

このゲームは2分間の安静時間の後に実施者自身の覚醒度の視覚的バイオフィードバックを3分間行い続けるゲームとなっている。プレイ中は色の着いたウィンドウが1つ表示され,15秒おきの訪れる更新タイミングで色が変化する。この色は1つ前のフェーズ(15秒間)における覚醒度指標  $Low\beta/Low\alpha$  の平均値が基準区間の中央値からどれほど外れたかによって決定される。尚,基準区間の中央値と比較して高くなればなる程に高覚醒度を示す濃い暖色に,低くなればなる程に低覚醒度を示す濃い寒色に変化する。また,基準区間の中央値に近い場合は白色として表現し,優秀な覚醒度制御状態であるとする。尚,基準区間の設定には実施者ごとの個人差を反映する為に,実施者の安静時間における  $Low\beta/Low\alpha$  の最大・最小値を用いた。

## 4.2 覚醒度制御トレーニングゲーム(BFG)

このBFGはVBFにゲーム性を付け加える事によって視覚的バイオフィードバックのみならず,ゲームを介してのバイオフィードバックを行う物とする。VBFを背景として映しながら,テトリスの類似ゲームをプレイさせるという物だ。このゲームでのテトリミノの落下速度は実施者からリアルタイムで取得した覚醒度の指標である  $Low\beta/Low\alpha$  が反映されている。覚醒度が過剰に高い状況であればテトリミノの落下速度は加速し思い通りのプレイは困難になる。この状況は次々と現れるテトリミノへの判断力が問われ,その情報量を処理する為に覚醒度が自然に向上する状況となる。覚醒度が低い状況であれば速度は減衰し30ラインの消去というゲームクリア条件の達成が困難となる。この状況では難易度が極端に低下する事で非常に退屈なゲームとなり,覚醒度が自然に低下する。つまりこのゲームをクリアするには覚醒度を下げる事が難しい状況で下げる必要や,上げる事が難しい状況で上げる必要があり,中位の覚醒度に近づける努力を強いる設計となっている。

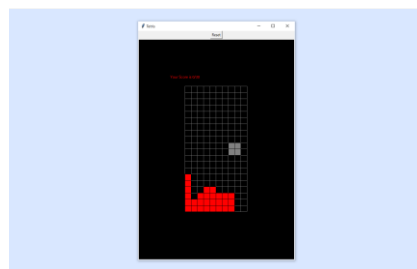


図1: BFGのインターフェース

## 5. 実験

### 5.1 実験目的

本実験では BFG を行う事での覚醒度を中位に制御する能力の変化を VBF の実施によって評価する事を目的とする。

### 5.2 生体指標

本研究では前述の通り,覚醒度の指標として  $Low\beta/Low\alpha$  を用いて分析を行った。これは脳波から算出される指標であり,検出には NeuroSky 社の MindWave Mobile2 を使用した。また,同時に心拍変動指標も取得する為に Switch Science 社の心拍センサ(Pulse Sensor)を用いた。

また,本実験は個人差の影響が極めて大きい設計となっている為,個人ごとの変化を見て分析を行う物とする。

### 5.3 実験手順

本実験は次に述べる 1)~4)で構成される。1)と 2)を実施した後に 3)を一度行う。その後 4)を 3 度繰り返して,最後に 3)をもう一度行う。

1)実験協力者には実験環境を構築した机の前に座らせ,そこで脳波計センサ・心拍センサの装着をさせる。2)本実験で行うゲームに対しての説明を行いながら,特別にボリュームを減少させた BFG を試験的にプレイさせる。3)2 分間安静状態を保った後に視覚的バイオフィードバック評価システムを実施させる。この際に極力ウィンドウの色を白色に近づける様に指示する。4)2 分間安静状態を保った後に BFG をプレイさせる。

### 5.4 実験結果

実験協力者には BFG を行う前と後の VBF,つまり VBF の 1 回目と 2 回目実施時には覚醒度指標に変化が見られた。その中でも特に顕著だった実験協力者の物を図 2,3 に示す。

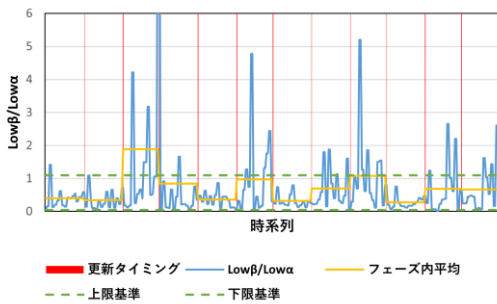


図 2 : VBF1 回目の実施

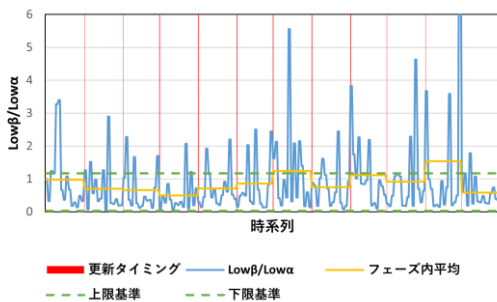


図 3 : VBF2 回目の実施

図 2,3 の赤い縦線の位置はフィードバック内容の更新が起るタイミングを示しており,赤線に囲まれた時間が一つのフェーズ(15 秒間)を示している。緑色の破線に囲まれた領域は設定された  $Low\beta/Low\alpha$  の基準区間を示している。

## 6. 考察

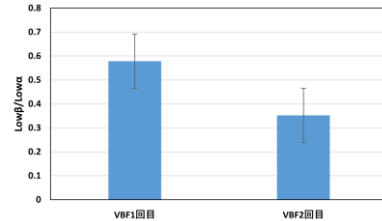


図 4 : VBF1,2 回目のフェーズ前後での平均値変化量

図 4 を見ると前フェーズとの差異の平均値が 1 回目の VBF と比較して 2 回目は大きく減少している事が分かる。これは 2 回目の VBF 実施時には  $Low\beta/Low\alpha$  が滑らかな変化をした事を示し,覚醒度を中位程度に制御したまま,より長い時間維持する事が出来ている事が分かる。

## 7. まとめ

覚醒度を中位に制御する能力は健全な生活を送る上で,重要な役割を果たす。そこで,本研究では覚醒度を中位に抑えなければクリアが困難なバイオフィードバックゲームを作成し,これをトレーニングとしてプレイする事で覚醒度を中位に制御する能力が向上するという仮説を検証した。この結果,ビデオゲームのプレイ前後では覚醒度が緩やかに変化する様になった。これは本研究で提案した BFG をプレイする事によって,覚醒度を中位に制御する能力が向上している事が示唆されている。

今後の課題としては適切な評価指標の検討を行う必要がある。本研究で用いた  $Low\beta/Low\alpha$  は覚醒度の指標としては広く用いられているが,ゲーム内パラメータへ反映するとゲーム性の維持が困難という問題点が存在する為である。

## 参考文献

- [1] 石川 中, 心理療法とバイオフィードバック, 計測と制御, 1981, 20 巻, 5 号, p. 544-547, 公開日 2009/11/26, Online ISSN 1883-8170, Print ISSN 0453-4662, <https://doi.org/10.11499/sicej11962.20.544>, [https://www.jstage.jst.go.jp/article/sicej11962/20/5/20\\_5\\_544\\_article/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/sicej11962/20/5/20_5_544_article/-char/ja)
- [2] H. Al Osman, H. Dong and A. El Saddik, "Ubiquitous Biofeedback Serious Game for Stress Management," in IEEE Access, vol. 4, pp. 1274-1286, 2016, doi: 10.1109/ACCESS.2016.2548980.
- [3] Diamond DM, Campbell AM, Park CR, Halonen J, Zoladz PR. The temporal dynamics model of emotional memory processing: a synthesis on the neurobiological basis of stress-induced amnesia, flashbulb and traumatic memories, and the Yerkes-Dodson law. Neural Plast. 2007;2007:60803. doi: 10.1155/2007/60803. PMID: 17641736; PMCID: PMC1906714.
- [4] A. Parnandi and R. Gutierrez-Osuna, "Visual Biofeedback and Game Adaptation in Relaxation Skill Transfer," in IEEE Transactions on Affective Computing, vol. 10, no. 2, pp. 276-289, 1 April-June 2019, doi: 10.1109/TAFCC.2017.2705088.
- [5] I. Kotsia, S. Zafeiriou and S. Fotopoulos, "Affective Gaming: A Comprehensive Survey," 2013 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, Portland, OR, USA, 2013, pp. 663-670, doi: 10.1109/CVPRW.2013.100.