

# 簡易脳波計を用いた難易度別暗算時の脳活動の比較

## Comparison of Brain Activities During Mental Arithmetic Among the Three Difficulty Levels Using a Low-Cost Electroencephalogram

鈴木 理玖<sup>\*1</sup>, 秋元 頼孝<sup>\*1</sup>, 中平 勝子<sup>\*1</sup>  
Riku SUZUKI<sup>\*1</sup>, Yoritaka AKIMOTO<sup>\*1</sup>, Katsuko T. NAKAHIRA<sup>\*1</sup>  
<sup>\*1</sup>長岡技術科学大学  
<sup>\*1</sup>Nagaoka University of Technology  
Email: s171045@stn.nagaokaut.ac.jp

あらまし: 学習者にとって適切な難易度の課題を付与し、取り組み合わせることは、学習者の能力向上に役立つ。適切な難易度の客観的な判断は難しいが、それが可能となれば個々の学習者に対する適応型学習への道が開ける。本稿では、その基礎的検討として、学習中の脳活動情報に着目し、異なる難易度の課題を付与した際の脳活動の違いを計測した。対象とする課題は難易度の異なる三条件での暗算とした。その結果、シータ帯域やアルファ帯域において条件間で有意な差が確認された。

キーワード: 簡易脳波計, 難易度推定, 適応型学習, 暗算

### 1. はじめに

学習効率をより高めるためには、与えられる課題の難易度が学習者の理解度、進捗状況に沿っていることが必要である。人間の心理効果の一つにゴールドロックス効果<sup>(1)</sup>があり、人は簡単すぎず複雑すぎない事柄に対して興味を向けるということが知られている。

そのため、学習者にとって適切な難易度を客観的に判断可能な指標が必要であると考え、脳活動を客観的に見ることが可能な脳波情報を装着が容易な簡易脳波計によって計測し、学習者が取り組んでいる課題の難易度を推定することができれば、学習者の学習状態を把握する手段の一つとして活用することで、適応型学習の進展に役立てられると考えられる。

本稿では、難易度による脳波情報の違いについて理解する初期段階として、簡易脳波計を用いて難易度の異なる暗算課題を行っている際に計測した脳波情報を条件別で比較し、難易度の推定に十分な指標となり得るかどうか検討を行った。

### 2. 仮説

脳波は、脳活動に伴って生じる電気信号から現れる電位変化を頭皮上の電極等により記録したものであり、脳の活動状態に応じて発現しやすい周波数が異なる。本実験で行う暗算課題付与では、特にシータ帯域 (3~8Hz)、アルファ帯域(8~12Hz)における特徴的な脳波の発現が期待される<sup>(2)</sup>。

本稿では単純な数的処理作業によって前頭葉正中線部 (Front-midline) から 6~7Hz の帯域で発現し、処理が順調に進んでいる感覚と関係があると言われる  $Fm\theta$ <sup>(3)</sup> について特に着目し、学習者にとって課題が簡単すぎる、もしくは難しすぎる場合に  $Fm\theta$  の発現は見られないと考え、後述の 3 条件のうち難易度

が中程度である normal 条件において  $Fm\theta$  が最も発現するという仮説を立て、実験を行った。

### 3. 実験方法

#### 3.1 実験参加者

本実験では 20 代の右利きの男性 9 名を対象に実験を行った。そのうち 1 名は実験の不備によりデータを得ることができなかった。本実験は長岡技術科学大学の生命倫理委員会の承認を得て行われた。

#### 3.2 実験装置

本実験で用いた簡易脳波計は、Emotiv 社製の EPOC+ である。本装置は国際 10-20 法に基づいて AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, T7, T8, P7, P8, O1, O2 の 14 箇所に電極が配置されており、生理食塩水を用いて安全かつ容易に装着が可能である。サンプリングレートは 128Hz である。

また、課題提示プログラムは心理実験環境構築用ソフトウェアである PsychoPy3 を用いて作成し、課題提示用、脳波データ記録用の二台の PC をシリアルケーブルで接続して実験を行った。

#### 3.3 実験手順

図 1 は実験における 1 試行の流れを示したものである。実験を開始すると、画面中央に視線を固定するための注視点が 2 秒表示される。その後、ランダムで暗算課題が画面に表示され、4 秒経過後に再度注視点が表示される。暗算課題は被験者の計算を促すため筆算形式で表示した。

暗算課題は難易度によって easy, normal, hard の 3 条件に分かれており、1 条件につき 30 問用意した。本実験では全 90 試行の実験を 1 名につき 3 セット行ってもらった。表 1 に暗算課題の内容を示す。

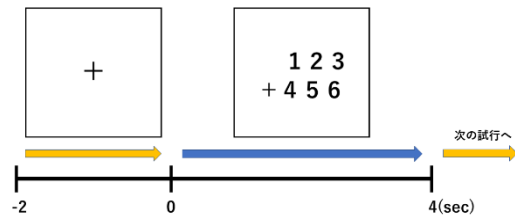


図1 1試行の流れ

表1 暗算課題の内容

条件	暗算課題
easy	3桁+3桁の足し算(繰り上がりなし)
normal	3桁+3桁の足し算(繰り上がりあり)
hard	3桁×2桁の掛け算

### 3.4 データ解析

脳波データの解析にはEEGLABVersion2019.0およびEEGLABVersion2019.1を使用した。暗算課題提示前の1秒間をベースラインとして設定し、課題遂行時間である4秒間を解析対象とした。初めに1Hzのハイパスフィルタをかけ、ASR(Artifact Subspace Reconstruction<sup>(4)</sup>)を用いてデータを補正した。その後独立成分分析を行い、目視で瞬目成分やノイズと思われる成分を除外した。最後に、 $\pm 100\mu\text{V}$ 以上の変動があったデータをノイズとして除外した。

本実験の解析ではFm $\theta$ に着目し、前頭葉正中線部に近いチャンネルであるF3,F4チャンネルについて周波数スペクトルを計算した。解析範囲はシータ波、アルファ波、ベータ波と呼ばれる帯域をまとめた3~20Hzを対象とした。

## 4. 実験結果

F3,F4チャンネルの解析結果を図2, 図3に示す。右端を除く3つの図はeasy,normal,hard条件における時間周波数解析の結果となっており、右端の図では各条件間で5%水準の有意差(多重比較補正無し)が得られた区間が赤く表示されている。各条件の図の色彩は、赤に近いほどベースラインと比較してパワーが強く、青に近いほど弱いという意味を持つ。

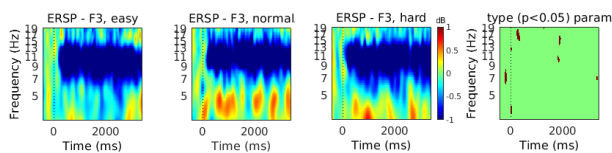


図2 F3チャンネルの時間周波数解析結果

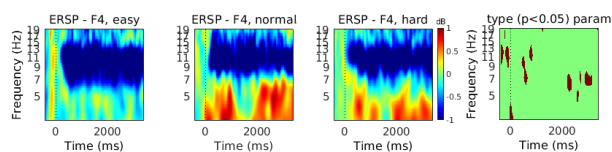


図3 F4チャンネルの時間周波数解析結果

## 5. 考察

6~7Hzのパワースペクトルを見ると、F4チャンネルにおいてnormal条件で最も高く、easy条件で低いという仮説通りの傾向が認められ、Fm $\theta$ による条件間の違いは確認できたと言える。この結果から、学習者にとって難易度が低い課題を脳波情報から判断することが可能だと考えられる。

また、本実験の結果、easy-normal条件間の差は検出できたものの、hard条件を他条件と比較した際にほとんど有意差が確認できなかった。原因として、難易度設定が不適切だったことが考えられる。筆算形式で表示しているためhard条件でも被験者が順調に計算していると感じていた、hard条件として設定した課題が被験者にとって想定困難ではなかった(算盤経験者の場合等を考慮していないため)、個人により課題に対しての取り組み方(頑張り)に差があったなどの可能性が考えられる。今後はこれらの結果を踏まえ、より適切な難易度設定、課題設定を模索していく必要がある。

本稿では、脳波情報が難易度推定の指標となり得る可能性が示された。hard条件と他条件の間の明確な差の検出には至らなかったため、今後は学習者にとって難しく感じられる課題の設定とその検出について、検討していく必要がある。

**謝辞:**本研究は科研費(#4903, 17H06382, 19K03026, 19K12246)の助成を受けた。

### 参考文献

- (1) Kidd, C, Piantadosi, S. T. and Aslin, R. N.:“The Goldilocks Effect: Human Infants Allocate Attention to Visual Sequences That Are Neither Too Simple Nor Too Complex”, PLoS One, 7(5), e36399 (2012)
- (2) 平井章康, 吉田幸二, 宮地功: “簡易脳波計による学習時の思考と記憶の比較分析”, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム (2013)
- (3) 山口勝機: “ゲーム・暗算・読書時の脳波的特徴-Fm $\theta$ とAlpha2-”, 志學館大学人間関係学部研究紀要, Vol.29, No.1 (2008)
- (4) Chang, C. -Y., Hsu, S. -H., Pion-Tonachini, L, Jung, T. -P.: “Evaluation of Artifact Subspace Reconstruction for Automatic EEG Artifact Components Removal in Multi-channel EEG Recordings”, IEEE Transactions on Biomedical Engineering (2019)