

脳波・視線同時計測を用いた難易度推定指標の設計

鈴木 理玖[†] 秋元 頼孝[†] 中平 勝子[†]

長岡技術科学大学[†]

1. 背景

学習者にとって、取り組む課題の難易度は学習に対するモチベーションや学習の質に影響する。しかし、課題難易度の選定は、一般的には指導者の主観や学習者の自己評価によるものが多く、客観的な指標が必要であると考えられる。

従来の難易度推定手法の一つに項目応答理論というものがあるが、パラメータ推定の際に大量のデータを必要とするため、即時性に欠ける。そこで、我々は即時フィードバックが可能な指標として、生体情報に着目した。一口に生体情報といっても様々あるが、今回は近年計測が容易になり、実験系に組み込みやすい脳波情報を用い、脳波の中でも特に数的処理作業や楽器演奏中に発現すると言われる $Fm\theta$ ^[1]を指標として難易度判別が行えないかと考えた。

本稿では、学習者にとっての課題難易度を推定するための指標設計に向けた基礎的検討として、計測が容易で比較的安価な簡易脳波計およびアイトラッカーを用いて、三段階の難易度を設定した計算課題を提示した際の脳波・視線同時計測実験を行った。以前行った実験^[2]では、計算問題の難易度によって脳波に違いが見られたので、本稿ではその確認と、eラーニングシステムにおけるフィードバック系の設計に役立てられる可能性がある視行動との関係を確認する。

2. 実験方法

2.1 実験参加者

本実験では、10～20代の大学生・大学院生18名を対象に実験を行った。そのうち1名分のデータはノイズが多かったため、解析対象から除外した。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。

2.2 実験装置

脳波計測にはEmotiv社のEPOC+を使用した。本装置は国際10-20法に基づき14箇所にて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。視線計測にはTobii Technology社のTobii Pro Nanoを使用した。サンプリングレートは60Hzである。

実験課題の提示はTobii Pro Laboを用いて、課題提示と同時にパラレル信号を出力し、それをPsychopyで作成したプログラムによりシリアル信号に変換して脳波記録用のPCに送信することで、課題提示のタイミングと条件を記録した。

また、実験に使用したモニターは21.5インチで解像度が1980×1080pxのものをを用い、モニターからの距離は概ね57.3cmとなるようにセッティングを行った。

2.3 実験手順

図1に実験の1試行の流れを示す。図のように画面中央に注視点が2000msecの間表示され、その後5000msecの間計算課題と解答の選択肢が表示されるというサイクルで実験を行った。この実験を1被験者につき全270試行分（所要時間30分程度）行った。

被験者による操作は実験開始時のキー押しのみで、実験中は計算を行い、その後正答を探して注視するように指示をした。計算を促すため、計算問題は筆算形式で表示した。

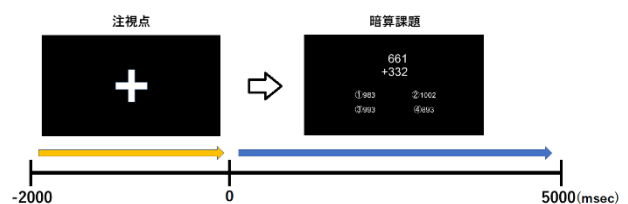


図1 1試行の流れ

Difficulty estimation based on
combined EEG and Eye tracker measurements

Riku Suzuki[†] Yoritaka Akimoto[†] Katsuko T. Nakahira[†]
Nagaoka University of Technology[†]

また、計算課題の難易度は表1の通りである。難易度設定は normal 条件の解答時間を 5000msec 程度と想定し、解答がより容易なものを easy 条件、より困難なものを hard 条件として設定した。

表1 計算課題の内容

条件	課題難易度
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

2.4 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。課題提示前の 1500msec をベースラインとして設定し、提示から 4500msec を解析対象とした。

本実験の解析では、前頭葉正中線部から 6~7Hz で発現すると言われる $Fm\theta$ [1] に着目し、前頭葉正中線部に最も近い 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。

視線データは、脳波と同様の時間幅でデータを抽出し、停留点のヒートマップを作成した。横軸は 200msec、縦軸は本実験の環境下において視野角 1° の範囲である 80px ずつで区切って作図を行った。

3. 実験結果

F3, F4 チャンネルの脳波解析結果 (図2 上段, 中段), 及び視線の解析結果 (図2 下段) を図2に示す。時間周波数解析の結果 (左三列) の色彩は、ベースラインと比べてパワーが高いほど赤く、低いほど青いという意味を持っている。検定結果 (右端列) は、条件間で 5%水準の有意差 (多重比較補正無し) が得られた区間を赤く表示している、図の横軸は時間 (msec)、縦軸は周波数 (Hz) である。

視線の解析結果は視線停留回数をヒートマップ化したものであり、青を 0 回として赤に近づくほど停留回数が多いことを表している。図の横軸は時間 (msec)、縦軸は中心を 0 とした場合の Y 座標 (px) である。

4. 考察

脳波の解析結果を見ると、normal 条件の 6~7Hz の範囲でパワーの増加を示しており、 $Fm\theta$ が問題なく検出できたと考えられるので、難易度設定は概ね問題なかったと言える。さらに、双方とも 2000msec 以降で有意差が認められ、難易

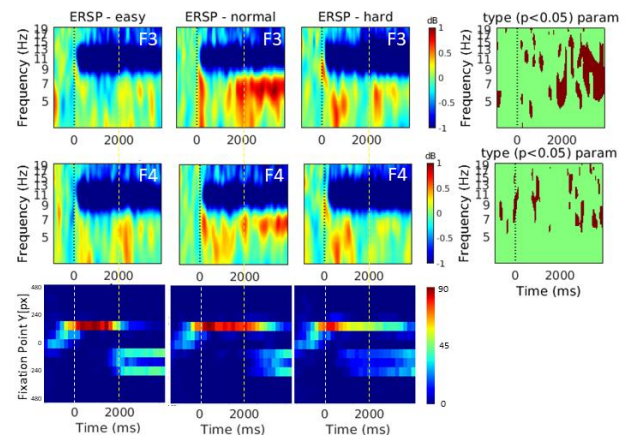


図2 F3 (上段), F4 (中段) チャンネルの時間周波数解析および検定結果と視線停留回数のヒートマップ (下段)

度間の差が検出できていると推察できる。

視線計測結果を見ると、easy 条件では課題提示から 2000msec 弱、normal 条件では 3000msec 前後で解答に停留点が遷移していることが確認できる。それに比べて hard 条件では、全体的に視線停留の回数が少ない上に、1000msec 前後から解答を少しずつ見始めていることが分かる。これは他の条件には見られない傾向であるため、視線情報は被験者にとって難しいと感じられる問題の判別に利用できるのではないかと考えられる。ただ、今回の実験は問題を解いて解答を探すという形式をとっており、easy, normal の停留点がこのような遷移をするのは当然とも言えるため、今後の課題として実験内容に基づいた判別ではなく視線独自の特徴から判別を行えないか検討を行う必要がある。

また、今後は本実験で得られたノウハウを基に、脳波と視線に関連性を持たせた解析方法の検討や、課題内容の異なる実験を行っていく予定である。

謝辞: 本研究は科研費 (19K03026, 19K12246, 19K12232) の助成を受けた。

参考文献

- [1] 山口勝機「ゲーム・暗算・読書時の脳波的特徴-Fm θ と Alpha2-」, 志學館大学人間関係学部研究紀要, Vol. 29, No. 1 (2008)
- [2] 鈴木理玖, 秋元頼孝, 中平勝子「簡易脳波計を用いた難易度別暗算時の脳活動の比較」, 教育システム情報学会 2019 年度学生研究発表会 (2020)