

プログラミング学習時における 簡易脳波計による脳波計測とその分析

石田崇*1・梅澤克之*2・齋藤友彦*3・中澤真*4・平澤茂一*5

Email: ishida@tcue.ac.jp

- *1: 高崎経済大学経済学部
- *2: 湘南工科大学工学部
- *3: 東京都市大学知識工学部
- *4: 会津大学短期大学部
- *5: 早稲田大学理工学術院総合研究所

◎Key Words 脳波, プログラミング学習, ラーニング・アナリティクス

1. はじめに

近年, ラーニング・アナリティクス (LA) に対する取り組みが広がっている^[1]. LA は情報技術を活用して収集した学習者の行動履歴情報や生体情報などの多様なデータを, 機械学習やデータマイニングなどの科学的な手法を用いて可視化・分析し, 問題の発見や達成度の評価, 潜在的な能力の予測などに役立てようとするアプローチである. 学習者の生体情報において, 脳波は人間の学習や思考の状態と密接に関連する情報であることが知られている. 最近では簡易的な脳波計が利用できるようになり, 装着者に対して過剰な負荷をかけることなく脳波を計測することが可能になった. これを教育現場での学習者の心理状態や学習状態の判断などに応用した事例が報告されている^{[2]-[7]}.

脳波は周波数帯域によって「 α 波」や「 β 波」などに分けられており, この α 波と β 波は人間のリラックス状態や精神活動状態によって変動するとされている. 特に β 波と α 波の値の比率を評価することで脳の活性度や活動度を測ることができ, 学習時の課題の難易度によっても影響を受けるという結果が得られている^{[2]-[8]}.

そこで本発表ではこれらの結果を踏まえて, 高校生を対象としたプログラミング学習を対象に, 課題の難易度や学生の特性に応じて α 波と β 波の挙動にどのような差異が生じるか検証を行った.

2. 実験方法

2.1 プログラミング学習の概要

本実験では C 言語プログラミングの実習^[9]を受講した生徒のうち 9 名を対象とした. 生徒らは C 言語の基礎的な内容を一通り学習した後に, for 文を用いて総和を計算するサンプルプログラムを参考にして以下の 2 つの課題に取り組み, その間の脳波の計測を行った.

- (1) 課題 A (簡単な課題): 総和の範囲だけを変更するプログラムの作成
- (2) 課題 B (難しい課題): if 文と組み合わせて奇数だけの和を求めるように変更するプログラムの作成
また, これとは別に数学などの教科についての簡易

テストと実習に関するアンケートも実施している.

2.2 脳波計測の概要

脳波の測定には, NeuroSky 社の簡易脳波計 MindWave Mobile ヘッドセット^[9]を利用した. このヘッドセットは重量が約 90g と軽い. また, パソコンとは Bluetooth で接続するためケーブルに邪魔されずに作業ができる. したがって学習時に装着していても学習者への負荷は低いといえる.

測定できる脳波の種類は, (1) δ 波 (0.5-2.75Hz), (2) θ 波 (3.5-6.75Hz), (3) low- α 波 (7.5-9.25Hz), (4) high- α 波 (10-11.75Hz), (5) low- β 波 (13-16.75Hz), (6) high- β 波 (18-29.75Hz), (7) low- γ 波 (31-39.75Hz), (8) mid- γ 波 (41-49.75Hz) の 8 種類である. これらのパワースペクトルが単位のない 4 バイトの浮動小数値として毎秒 1 回記録される. この中で, α 波はリラックス状態～平常状態, β 波は思考状態～緊張, 集中状態において出現する帯域であると言われている.

ここでは予備的な実験の結果も考慮して, low- α 波と high- β 波に着目することとした. 課題の難易度や 9 人の被験者別に α 波と β 波の比率 (high- β /low- α) の挙動を調べる. なお, α 波や β 波の比率やその強さは個人差が大きいいため絶対値同士を比較するのは適切ではない^[8]. そこで本研究では (high- β /low- α) の値を被験者ごとの平均値と標準偏差で標準化した z スコアを用いて比較検証する (z スコア = (high- β /low- α) - 平均値) / 標準偏差). この値のことを以下では β/α 値と呼ぶことにする.

3. 実験の結果と考察

図 1 に 9 人のうちのある被験者について, 課題難易度別の β/α 値の時間による変化を示す. 図中の左側が簡単な課題 (easy), 右側が難しい課題 (hard) のグラフであり横軸が時間 (秒) である. 簡単な課題よりも難しい課題の方が解答時間を要したため右側のグラフの方が横に長くなっている. 難しい課題の方が z スコアの大きな値を取る傾向があることが分かる. 9 人の被験者全員についてもほぼ同様の傾向が見て取れた.

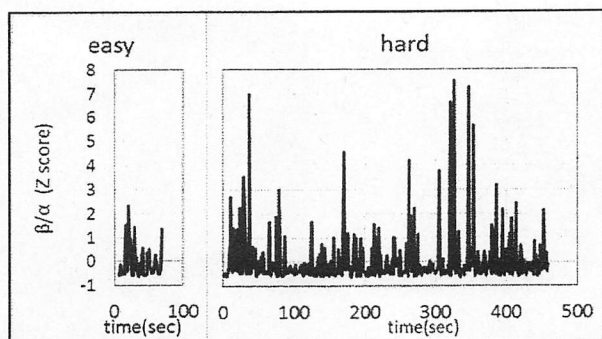


図1 ある被験者の課題難易度別の β/α 値

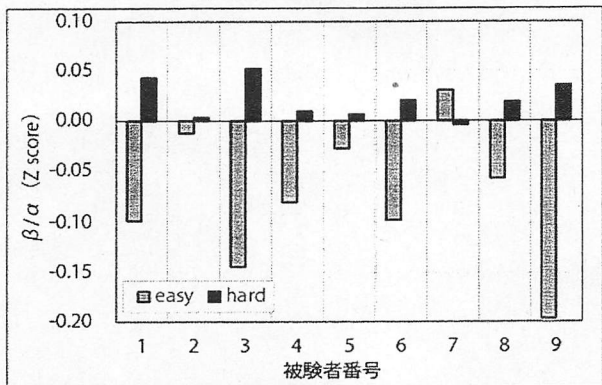


図2 被験者ごとの難易度別 β/α 値の平均値

次に9人の被験者全ての難易度別での β/α 値の平均値の結果を図2に示す。No.7の被験者で正負の逆転が起こっている以外は、簡単な課題では β/α 値（のZスコア）が負の値、難しい課題では正の値を取る傾向が見て取れる。

被験者の脳波の様子を個別に細かく観察してみると課題の難易度によって β/α 値の取る値が定常的に高かったり低かったりするのではなく、定常的な値は課題の難易度によってあまり差はないが、瞬間的に極端に大きな β/α 値が発生する頻度が、難しい課題のときの方に多く見られるという傾向があった。これは図3に示した β/α 値の相対度数の分布からも確認できる。課題の難易度によらず β/α 値は-0.8~1.0程度の小さい値での度数が高い。その一方で、難しい課題の場合には2.0を超える β/α 値が多く測定されており、7.25という大きな値も存在している。したがって、極端に大きな β/α 値が高頻度で発生するような状況を発見できるように観察しておくことで、課題の取り組みに難しさを感じている学習者を検出できる可能性がある。これを即時に学習者にフィードバックすることでより高い学習効果を得られることが期待できる。

なお、課題の難易度でそれほど β/α 値の挙動に大きな違いが見られない被験者については、理解度が低いとどちらの課題も難しいと感じながら取り組んでいる、もしくは理解度が高いのでどちらも易しいと感じているということも考えられる。課題の難易度は出題者の側で設定したものであり、学習者が実際にどのように感じながら課題に取り組んでいたかについては、今回の実験で得たデータからは確実に把握できていないわけではない。今後さらなる追加実験や検証が必要である。

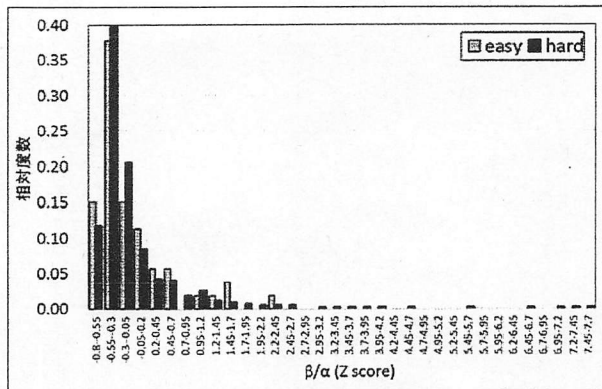


図3 ある被験者の課題難易度別 β/α 値の度数分布

4. おわりに

今回の検証の結果、全体的な傾向としては従来の事例と同様、プログラミングの学習時においても、難しい課題に取り組んでいるときには脳波の β/α 値が大きな値を取るような特徴が確認できた。また、極端に大きな値が出現する頻度を観察することでリアルタイムで学習の困難さが検出できる可能性について示唆を得ることができた。今回の結果を踏まえた実験の継続に加えて、プログラムの編集履歴や教材視聴行動など、学習者の行動履歴との関連も考慮していく必要がある。

謝辞

本研究の実施にあたって新潟県立松代高等学校校長 長谷川雅一先生、(有)早稲田松代協力会代表 木戸一氏には数々のご支援を頂いた。本研究の一部は独立行政法人日本学術振興会学術研究助成基金助成金基盤研究(C)16K00491の助成による。

参考文献

- [1] 武田俊之, “ラーニング・アナリティクスとは何か,” コンピュータ&エデュケーション, vol. 38, pp. 12-17 (2015).
- [2] 吉田幸二, 坂本佑太, 宮地功, 山田裕祐, “簡易脳波計による学習状態の脳波の分析比較,” 電子情報通信学会技術研究報告 ET 教育工学, vol. 112, no. 224, pp. 37-42 (2012).
- [3] K. Yoshida, Y. Sakamoto, I. Miyaji and K. Yamada, “Analysis comparison of brain waves at the learning status by simple electroencephalography,” KES'2012, Proceedings, Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems, pp. 1817-1826 (2012).
- [4] K. Yoshida, H. Hirai, Y. Sakamoto and I. Miyaji, “Evaluation of the change of work using simple electroencephalography,” Procedia Computer Science, vol. 22, pp. 855-862 (2013).
- [5] 安部弘通, 木下和弥, 馬場謙介, 高野茂, 村上和彰, “簡易脳波計による学習者の状態推定に関する研究,” 情報処理学会第77回全国大会予稿集, pp. 4-923-4-924 (2015).
- [6] 梅澤克之, 中澤真, 石田崇, 齋藤友彦, 平澤茂一, “高校生を対象とした学習時の閲覧編集履歴と生体情報の収集とその分析,” 経営情報学会(JASMIN) 2016 年秋季全国研究発表大会, D2-1 (2016).
- [7] 梅澤克之, 石田崇, 齋藤友彦, 中澤真, 平澤茂一, “簡易脳波計測を用いた学習者にとっての課題難易度の判定方法,” 情報処理学会コンピュータと教育研究会 137 回研究発表会 (2016)(発表予定).
- [8] 上野秀剛, 石田響子, 松田侑子, 福嶋祥太, 中道上, 大平雅雄, 松本健一, 岡田保紀, “脳波を利用したソフトウェアユーザビリティの評価 - 異なるバージョン間における周波数成分の比較,” ヒューマンインタフェース学会論文誌, vol. 10, no. 2, pp. 233-242 (2008).
- [9] NeuroSky 社 MindWave Mobile ヘッドセット (2016/10/17 閲覧). <http://www.neurosky.jp/products/>