

高校生を対象としたプログラミング学習時の 脳波履歴の収集とその分析

齋藤友彦[†]梅澤克之[‡]石田崇^{††}中澤真^{‡‡}平澤茂一^{†††}東京都市大学[†]湘南工科大学[‡]高崎経済大学^{††}会津大学^{‡‡}早稲田大学^{†††}

1 はじめに

脳波は人間の学習や思考の状態と密接に関わる情報であることが知られている。上野らはソフトウェアユーザビリティの定量的な評価として脳波が利用できることを示した[1]。特に α 波と β 波の比率(β/α)がソフトウェアを扱う際の精神的負荷を測る指標となることを示した。更に言語・算術的課題においても β/α が課題の困難度を測る指標となることも示されている[2]。

著者らは新潟県立松代高校を中心に、近隣の高校生を対象とした「まつだいサイエンス講座」を開催した[3]。講座内でプログラミングやタイピングソフト実施時における閲覧・編集履歴及び脳波履歴を収集し、現在その解析を行っている。これまでの結果、プログラミングやタイピングソフト実施時においても β/α が学習の困難度を測る指標として有効であることが確認されている[4][5]。

本稿では、まず、講座冒頭に行ったプログラミングに関する事前アンケート及び事前テスト(中学3年生～高校1年生レベルの英語、数学、国語)の結果をまとめる。続いて、事前アンケート・テストと脳波の関係を解析し、特に β/α との関係について考察を行う。

2 実験方法

2.1 実験概要

「まつだいサイエンス講座」では、主にプログラミング(scratch, C言語)の授業を行い、課題実施時の高校生の脳波を測定した[3]。脳波測定にはNeuroSky社製脳波コントロール MindWave@Mobileヘッドセットを用いた[6]。測定できる脳波は、 δ 波(0.5-2.75Hz)、 θ 波(3.5-6.75Hz)、低 α 波(7.5-9.25Hz)、高 α 波(10-11.75Hz)、低 β 波(13-16.75Hz)、高 β 波(18-29.75Hz)、低 γ 波(31-39.75Hz)、中 γ 波(41-49.75Hz)であり、これらのパワースペクトルが単位のない4バイト浮動小数値として毎秒1回記録される。

Collection and analysis of the history of brain wave during programming language learning for high school students

[†] Tomohiko Saito · Tokyo City University

[‡] Katsuyuki Umezawa · Shonan Institute of Technology

^{††} Takashi Ishida · Takasaki City University of Economics

^{‡‡} Makoto Nakazawa · The University of Aizu

^{†††} Shigeichi Hirasawa · Waseda University

また、脳波の傾向を把握するため、講座内でタイピングソフト実施時の脳波計測も行った[5]。各生徒に同じタイピングソフトの「簡単」と「難解」の二つを実施してもらい、それぞれにおける脳波を計測した。この結果、「難解」の場合の方が β/α が高くなることが分かった。すなわち、従来同様、 β/α が困難度を表す指標として有効であることが確認された。更に詳細な解析を行った結果、低 α 波と低 β 波の比率(低 β /低 α)が最もよく課題の困難度を表すことが分かった。本稿では、この結果に基づき、後述する事前アンケート・テストの結果とプログラミング課題実施時の低 β /低 α の関係について解析する。

2.2 事前アンケート・テストについて

講座冒頭に参加者全員を対象に事前アンケート・テストを行った。事前アンケートではプログラミングやPCに関する項目を含む全16項目について質問を行った。

事前テストでは、生徒の基礎学力を把握するため英語、数学、国語のテストを行った。中学3年生から高校1年生レベルの問題を作成し、各教科100点満点として出題した。

2.3 プログラミングの課題について

講座内で出題したプログラミング課題は全6題で、以下では各々を表1の名称でよぶ。例えば、「C言語難解2」は $1\sim n$ までの総和を計算するサンプルプログラムが与えられた上で、条件分岐を使い $1\sim n$ までの奇数の総和を計算するプログラムを作成する問題である。

表1 プログラミング課題

| | | |
|---|------------|------------|
| A | Scratch 簡単 | Scratch 難解 |
| B | C言語簡単1 | C言語難解1 |
| C | C言語簡単2 | C言語難解2 |

講座を円滑に進めるため、参加者を、重複を含む三グループ(A, B, C)に分け、グループに属す全生徒に「簡単」と「難解」の2題を出題した。なお、ここで「簡単」と「難解」とは著者らが教員としての経験をもとに設定したものである。各問題とも問題を読み始めてから回答を全て終えるまでの脳波を計測した。

3 実験結果と考察

3.1 事前アンケート・テスト結果の概要

事前アンケートの中で、本稿と関わりが深い「Q1: Scratch によるプログラミングの経験はありますか」と「Q2: C 言語によるプログラミングの経験はありますか」の回答結果を表 2 に示す。表 2 から分かる通り、講座参加者のほとんどはプログラミング経験がなかった。以降では、プログラミング習熟度の高い生徒はおらず、全生徒の習熟度は同じという仮定の下で考察を行う。

表 2 事前アンケート結果

| | ない | 少しだけ自分でやったことがある | 授業やセミナーで習ったことがある | けっこうやっている |
|----|------|-----------------|------------------|-----------|
| Q1 | 19 人 | 0 人 | 2 人 | 0 人 |
| Q2 | 20 人 | 1 人 | 0 人 | 0 人 |

次に、事前テストの結果を図 1 に示す。図 1 の横軸は 3 教科平均点、縦軸は各区間に含まれる人数を表している。

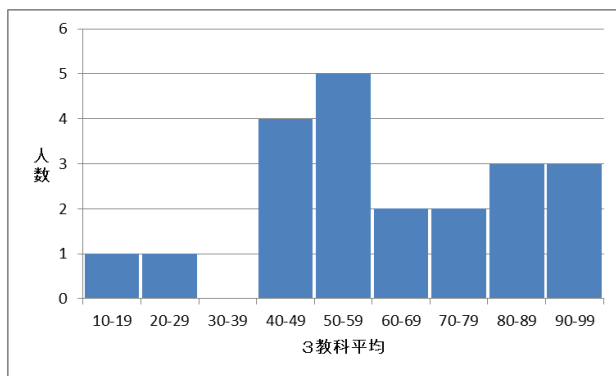


図 1 事前テスト結果

3.2 事前テストの結果と脳波

プログラミング課題ごとに、生徒の事前テストの結果と低 β / 低 α (脳波計測結果の平均) の相関係数を計算した。その結果を表 3 に示す。多くの課題で負の相関が得られた。すなわち、事前テストの点数が高い生徒ほど、低 β / 低 α の値が低いという傾向を示した。これは基礎学力が高いほど、プログラミングに対しても精神的負荷が少なく、困難度を表す低 β / 低 α が低くなったからだと考えられる。

表 3 事前テスト結果と低 β / 低 α の相関係数

| | 相関係数 |
|------------|-------|
| Scratch 簡単 | -0.56 |
| Scratch 難解 | -0.47 |
| C 言語簡単 1 | -0.25 |
| C 言語難解 1 | 0.22 |
| C 言語簡単 2 | -0.31 |
| C 言語難解 2 | -0.81 |

更に、相関係数の絶対値が最も高い「C 言語難解 2」の散布図を図 2 に示す。図 2 の横軸は 3 教科平均点、縦軸は低 β / 低 α であり、グラフ内の各点は生徒一人に対応している。「C 言語難解 2」は 2.3 で示したように、他の課題に比べ論理的思考を要する問題である。そのため、基礎学力が低い生徒がより困難だと感じ、相関が高くなったと考えられる。

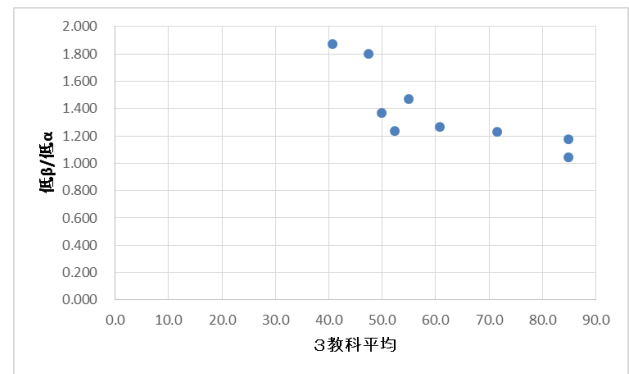


図 2 「C 言語難解 2」の散布図

4 おわりに

本稿では、「まつだいサイエンス講座」での事前アンケート・テストの結果から、事前テストの成績と脳波低 β / 低 α の値に相関があることが明らかとなった。これは先の研究[5]の結論を別の視点から支える興味ある結果である。

謝辞

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]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 10(2), pp. 233-242, (2008.5).
- [2]吉田幸二, 坂本佑太, 宮地功, 山田困裕, “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 112(224), pp. 37-42, (2012.09).
- [3]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, (2016.9).
- [4]石田崇, 梅澤克之, 齋藤友彦, 中澤真, 平澤茂一, “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,” 2016 九州 PC カンファレンス, (2016.11).
- [5]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, (2016.12).
- [6]NeuroSky 社 MindWaveMobile ヘッドセット(2017/1/10 閲覧). <http://www.neurosky.jp/products/>