

# 自己学習時の閲覧履歴・編集履歴・脳波履歴を組み合わせた学習者分析 — ビジュアルプログラミング言語「Scratch」を用いて —

中澤 真†  
会津大学†  
短期大学部

梅澤 克之‡  
湘南工科大学‡  
情報工学科

後藤 正幸††  
早稲田大学††  
創造理工学部

平澤 茂一‡‡  
早稲田大学‡‡  
理工学術院総合研究所

## 1. はじめに

学習履歴を活用した Learning Analytics は適応的な学習支援をシステムティックに実現するために重要な課題である。筆者らは電子教材のページ単位閲覧時間やページ遷移などの微細な粒度の閲覧履歴データに基づく学習者モデルの構築[1]や、プログラミング教育において学習者が作成するソースコードの変遷を記録した編集履歴データに基づく学習者分析[2]に取り組んできた。さらに学習者の生体情報として脳波を計測し、学習者の状態把握への可能性についても検討してきた[3]。

これらの学習履歴を個別に解析することで、学習者の理解度やつまづき箇所などある程度推定できる。しかし、閲覧時間や閲覧のページ遷移パターンだけでは、諦めてほとんど閲覧しない学習者と、簡単すぎて教材を閲覧しない学習者の違いを識別できない場合もある。

そこで本研究では、これら二つの学習履歴に学習者の脳波を加え、これらを組み合わせる学習者分析する方法について明らかにする。特に学習者一人ひとりの学習方法を際立たせるために、今回はプログラミング初学者に適したビジュアルプログラミング言語「Scratch」を題材に、用意された電子教材を読みながら自学自習させた場合の学習者分析に焦点を当てる。

## 2. 実証実験方法

新潟県立松代高校を中心に、近隣の高校生を対象に「まつだいサイエンス講座」を開催し、サイエンス講座内で実証実験を行った。学習者は筆者らの研究成果である閲覧履歴可視化システム[1]と連動した電子教材(全 16 ページ)を用いて「Scratch」を自学自習する。またプログラムの作成環境として、オリジナルの「Scratch」の Action Script を修正し、学習者が編集中のプログラム(プロジェクト)を 10 秒ごとにサーバ上へ自動保存し、これらの編集履歴を可視化する機構を実装したシステム[2]を用いる。さらに学習者には簡易脳波計 NeuroSky 社製 MindWave Mobile ヘッドセットを装着してもらい、脳波のログを秒単位で記録する。なお、脳波ログにおいて、瞬目などのノイズが発生していると判断できるデータは除外している。また、脳波が十分に測定できなかった学習者も除外し、今回は 15 名の学習者データに対して解析する。

## 3. 教材のページ別特徴と脳波の関係について

脳波は周波数の大きさから一般的に5つに分類される。この中で  $\beta$  波は集中時に、 $\gamma$  波は記憶・視覚処理時に、そのパワースペクトルが大きくなることが知られている[4]。そこで、これらの脳波に注目して、教材のページタイプによって脳波がどのように変化するか解析した。

本研究では学習者ごとの個人差を考慮し、パワースペクトルの値を個々の学習者ごとの平均値と分散で正規化した値を用いた。また、教材の閲覧履歴については、単なるページ送りをカウントしないよう、同一ページを 5 秒以上連続閲覧したデータのみを抽出した。なお、電子教材の各ページは図解表現を用いた視覚的にわかりやすいページと、文字のみを詰め込んだ情報過多のページを比較のために配置している(図 1)。

さらに、教材には図 2 に示した 6 種類のプログラムの作成に取り組むように記しており、これらのプログラムの編集時の脳波がどのように変化するかについても解析した。

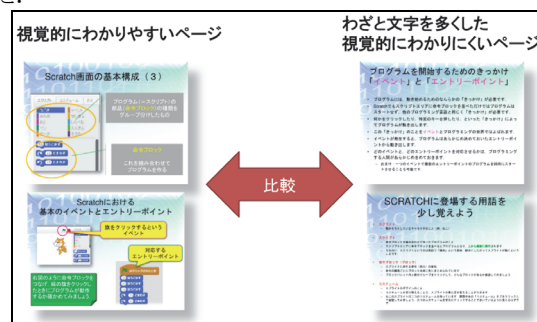


図 1: 電子教材のページ別の特徴

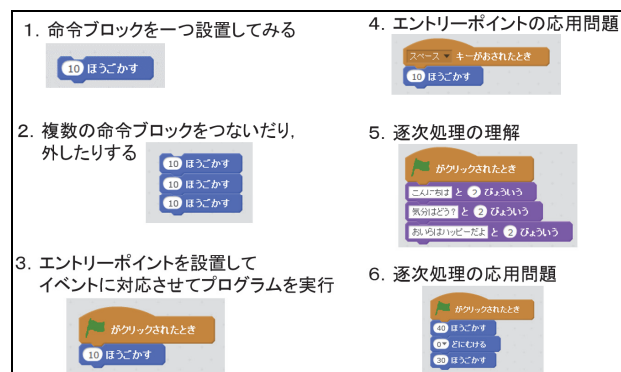


図 2: 学習者が取り組む6つのプログラム (番号は作業ステップを表す)

Learner Analysis by Combining Browsing History, Editing History, and Electroencephalography History during Self-learning Activities – A Study Using Visual Programming Language 'Scratch' –

† Makoto Nakazawa, University of Aizu

‡ Katsuyuki Umezawa, Shonan Institute of Technology

†† Masayuki Goto, Waseda University

‡‡ Shigeichi Hirasawa, Waseda University

図 3 は教材の閲覧ページ別の全学習者の脳波スペクトル平均を示したものである。最初に登場する情報過多のページでは、高次精神活動との関連性が高い low

$\gamma$ 波や、視覚情報処理との関連性が高い mid  $\gamma$ 波が強く現れていることがわかる。一方、2回目に登場するページ11の情報過多のページでは、さらに文字密度が高いため、読むことを放棄してしまっている学習者も存在し、結果として  $\gamma$ 波は弱くなっている。また、思考や集中度を示す  $\beta$ 波もかなり小さくなり、集中できていない学習者が多数いることが示されている。

ページ	ページ内容の特性	(low) $\beta$ 波	(high) $\beta$ 波	(high) $\beta$ 波 / (low) $\alpha$ 波	(low) $\gamma$ 波	(mid) $\gamma$ 波	平均閲覧時間(s)
5		0.039	-0.020	0.007	0.004	0.067	17
6		0.044	0.043	-0.117	0.080	0.081	14
7	情報過多のページ	0.079	0.030	-0.068	0.165	0.244	24
8		0.054	0.030	0.040	0.078	0.163	15
9		0.047	0.030	-0.339	-0.024	-0.020	18
10		-0.027	-0.027	0.052	0.045	-0.161	9
11	情報過多のページ	-0.001	-0.118	-0.073	-0.043	-0.041	16
12		-0.060	-0.126	0.055	0.118	0.128	18
13	考えて解く問題	-0.040	0.048	-0.118	0.063	0.050	19
14		0.044	-0.046	0.066	0.109	0.151	7
15	考えて解く問題	0.036	0.048	0.119	0.100	0.094	19
16	考えて解く問題	-0.039	0.031	0.065	-0.017	-0.014	19

図 3: 教材の閲覧ページ別の脳波スペクトル平均(全学習者)

#### 4. 学習者履歴を組み合わせた学習者分析

次に学習者別に学習履歴と脳波を組み合わせた結果について述べる。high  $\beta$ 波は集中度と関連するだけでなく、警戒や動揺を示す指標としても用いられる[4]。実証実験の結果、high  $\beta$ 波が高い学習者はいずれも、プログラミングの作成を十分に行うことができず、この脳波が学習者のつまずきやストレス状態の判断材料になることが明らかになった。一例として、最も high  $\beta$ 波が強く現れた学習者の実験結果を図 4 に示す。この学習者は教材の冒頭部分までは集中度も思考もしっかりしているが、それ以降はほとんど気持ちが切れてしまっていることがわかる。実際のプログラムの編集作業もほとんど進んでおらず、プログラム作成に集中できていないことが組み合わせた学習履歴からも確認できる。

ページ	内容の特性	閲覧時間(s)	(low) $\beta$ 波	(high) $\beta$ 波	(high) $\beta$ 波 / (low) $\alpha$ 波	(low) $\gamma$ 波	(high) $\gamma$ 波
5		9	0.666	0.408	-0.476	1.085	1.134
6		10	1.689	2.096	-0.325	2.013	0.922
7	情報過多	3	0.628	0.577	-0.267	1.149	2.168
8		6	-0.029	0.039	0.002	0.111	0.681
9		15	-0.198	-0.264	0.189	-0.525	-0.209
10		5	-0.288	-0.079	0.203	-0.082	-0.106
11	情報過多	6	-0.339	-0.452	-0.281	-0.364	-0.360
12		36	-0.264	-0.275	0.259	-0.370	-0.328
13	問題	17	-0.144	-0.291	-0.133	0.194	-0.122
14		14	-0.102	0.110	-0.062	-0.272	-0.247
15	問題	21	-0.180	-0.216	0.061	-0.419	-0.249
16	問題	7	-0.141	-0.243	-0.186	-0.130	-0.231

図 4: ストレスが大きい学習者の脳波スペクトル

一方、high  $\beta$ 波が低い学習者のほとんどが、作成すべきプログラムの大部分を完成させており、学習者の興味関心やつまずきが high  $\beta$ 波によって識別できることが明らかになった。図 5 に high  $\beta$ 波が低い学習者の脳波データの一例を示す。この学習者は教材閲覧時もプログラム作成時も、それほど集中度や高次精神活動に関する脳波が高くなっているわけではない。どのプログラムも簡単に作成してしまい、最後の応用問題だけ集中して取り組んでいることが、学習履歴を組み合わせたこ

とで明らかになった。特徴的なのは、問題を記載したページの閲覧時間がないことである。これは、教材画面を非アクティブな状態でディスプレイ上に残しつつ、別ウィンドウで編集作業をしているために起きる結果で、閲覧履歴のみでは学習者の状態を把握することができない典型例である。3つの学習履歴を組み合わせることにより、このようなケースでも学習者の状態を正確に把握することが可能になることを、今回の実験結果は示している。

ページ	内容の特性	閲覧時間(s)	(low) $\beta$ 波	(high) $\beta$ 波	(high) $\beta$ 波 / (low) $\alpha$ 波	(low) $\gamma$ 波	(high) $\gamma$ 波
5		14	0.063	0.146	-0.168	0.119	0.075
6		7	-0.019	0.003	0.678	0.115	0.230
7	情報過多	29	0.014	0.058	-0.022	-0.002	0.202
8		19	0.256	0.182	-0.160	0.215	0.102
9		16	-0.130	-0.063	-0.181	-0.065	-0.086
10		6	-0.035	-0.182	-0.029	-0.137	-0.244
11	情報過多	18	-0.086	-0.081	-0.007	-0.047	-0.140
12		19	-0.195	-0.083	-0.051	-0.042	-0.075
13	問題	0					
14		6	-0.105	-0.159	1.107	-0.280	-0.381
15	問題	14	0.154	-0.080	-0.085	-0.093	-0.099
16	問題	0					

作業ステップ	(low) $\beta$ 波	(high) $\beta$ 波	(high) $\beta$ 波 / (low) $\alpha$ 波	(low) $\gamma$ 波	(high) $\gamma$ 波
1	-0.265	-0.052	0.484	0.041	-0.112
2	-0.012	0.011	0.401	-0.004	-0.140
3	-0.029	-0.043	-0.137	-0.053	-0.109
4	-0.327	-0.244	-0.338	-0.342	-0.264
5	-0.055	-0.073	0.056	-0.064	-0.040
6	1.974	2.270	0.204	1.783	2.238

図 5: ストレスが少ない学習者の脳波スペクトル

#### 5. まとめと今後の課題

三種類の学習履歴を組み合わせることにより、これまで把握が難しいケースの学習者の状況も正確に捉えることが可能になった。また、high  $\beta$ 波を学習者のストレス指標とすることで、学習者への支援が必要か否かの判断材料として利用できる可能性も示すことができた。

今後は複数の学習履歴を時系列的に組み合わせた解析に取り組む予定である。

#### 謝辞

本実験の実施にあたり新潟県立松代高等学校・長谷川雅一先生には多大なるご協力をいただいた。また、(有)早稲田松代協会の代表木戸一之氏には、現地と大学の間の調整、講座の運営など数々の支援を頂いた。本研究の一部は早稲田大学理工研 NTT包括協定共同研究1010000175806の助成による。

#### 参考文献

- [1] 中澤真, 梅澤克之, 小林学, 小泉大城, 後藤正幸, 平澤茂一, “詳細な学習ログを用いた英語リーディング過程の分析 ～(3)リーディング過程における学習者モデル～,” 情報処理学会第77回全国大会 講演論文集, pp.4-505-4-506, 2015.
- [2] 中澤真, 荒本道隆, 後藤正幸, 平澤茂一, “編集履歴可視化システムを用いた Learning Analytics ～Scratchを用いた初等教育向けプログラミング教育における学習者の思考パターン分析,” 情報処理学会第78回全国大会予稿集, pp.4-531-4-532, 2016.
- [3] 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.
- [4] 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論文集, pp.1441-1446, 2013.