

利用上の注意事項:

ここに掲載した著作物の利用に関する注意 本著作物の著作権は情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。

Notice for the use of this material The copyright of this material is retained by the Information Processing Society of Japan (IPSJ). This material is published on this web site with the agreement of the author (s) and the IPSJ. Please be complied with Copyright Law of Japan and the Code of Ethics of the IPSJ if any users wish to reproduce, make derivative work, distribute or make available to the public any part or whole thereof.

All Rights Reserved, Copyright (C) Information Processing Society of Japan.

Comments are welcome. Mail to address editj@ipsj.or.jp, please.

高校生を対象としたC言語学習時の 閲覧履歴と脳波履歴による学習状態判定方法

梅澤 克之[†]
湘南工科大学[†]
情報工学科

石田 崇[‡]
高崎経済大学[‡]
経済学部

齋藤 友彦^{††}
東京都市大学^{††}
知識工学部

中澤 真^{‡‡}
会津大学^{‡‡}
短期大学部

平澤茂一^{†††}
早稲田大学^{†††}
理工学術院総合研究所

1. はじめに

我々は、学習者が電子教材のどのページを何秒見たかなどの詳細な閲覧ログの取得を可能にした閲覧履歴可視化システム[1]や、プログラミング言語の演習をブラウザベースで行い、プログラミングの編集状況の詳細なログを取得可能にした編集履歴可視化システム[2]を提案・開発してきた。また、我々は学習時の脳波を計測し、低 β 波/低 α 波の値が課題の困難度を最も良く表していることを報告してきた[3]。

本研究では、閲覧履歴と脳波履歴を統合して分析することにより今まで把握できなかった学習者の学習状態を判定する方法を提案する。

2. 従来研究と課題

2.1 閲覧履歴システム

我々の研究成果である閲覧履歴可視化システム[1]はブラウザベースの学習支援システムであり、ページを開いた時とページを閉じた(次ページを開いた)時に「コンテンツ ID, ページ番号, 開いた日時, 閉じた日時, 開いていた秒数」をログとして蓄積する機能を有している。

2.2 脳波の学習への応用

人間の思考状態を観測するために α 波や β 波のパワースペクトルや、 α 波や β 波の脳波全体に対する割合、あるいは、 α 波と β 波の比率を測ることが有効とされている。さらに、簡易脳波計を使って α 波と β 波を計測し、 β/α の値を評価することにより人の脳の活性度や活動度が測れることが示されている[4]。また、我々は学習時の脳波を計測し、低 β 波/低 α 波の値が課題の困難度を最も良く表していることを報告してきた[3]。

2.3 課題

学習教材の閲覧時間が短いという場合は、学習者にとって学習内容が簡単すぎるために短時間で学習が終わったということも考えられるが、学習内容が難しくすぎたために学習教材を見ることすら放棄してしまったために閲覧時間が短くなったという場合もあり得る。また閲覧時間が長い場合も、学習内容が難しくてより多くの時間がかかったという場合もあるが、そもそも学習に集中しておらず学習教材を閲覧して勉強しているのではなく、ただ学習教材が画面に表示されているだけで思考していないということも考えられる。このように閲覧履歴だけのログ情報では正確な学習者の状況を把握することは難しい場合がある。

3. 提案アルゴリズム

提案アルゴリズムを図1に示す。まず、脳波計測による集中度が低い状態があらかじめ設定された閾値(今回は5秒に設定)より長く続く場合、「学習に集中していない状態」とする。それ以外の場合は、脳波熟考度と教材閲覧時間との関係から「学習内容が簡単すぎる」か否かを判定する(条件1)。さらに脳波熟考度と教材閲覧時間とから「学習内容が難しすぎる」か否かを判定する(条件2)。最後に、「部分的に理解できない箇所がある」か否かを判定する(条件3)。すべての条件に該当しない場合は、「標準的な理解をしている状態」と判定する。

4. 実験方法と実験結果

4.1 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験を行った。今回の実験の被験者は18名の高校生を対象とした。ブレンデッドラーニングやeラーニングの遠隔での知識獲得を想定してC言語の初学者が心得るべきC言語の基礎を解説したスライド(全8頁)を閲覧し、その時の脳波を計測した。

4.2 実験結果

閲覧履歴としては何頁目を何秒閲覧したかの

Learning state judgment method by reading history and brain waves during C language learning for high school students.

[†] Katsuyuki Umezawa, Shonan Institute of Technology

[‡] Takashi Ishida, Takasaki City University of Economics

^{††} Tomohiko Saito, Tokyo City University

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

^{†††} Shigeichi Hirasawa, Waseda University

ログを収集した。また脳波計からは 1 秒間隔で α 波や β 波，集中度やリラックス度を計測した（実験に用いた簡易脳波計は α 波や β 波に加えて集中度とリラックス度を計測可能である）。ある被験者の閲覧履歴と脳波履歴のログを統合したログ情報の一部を例として図 2 に示す。文献[3]に従い低 β 波/低 α 波の値は課題の困難度を表していると考え、熟考度と呼ぶことにした。

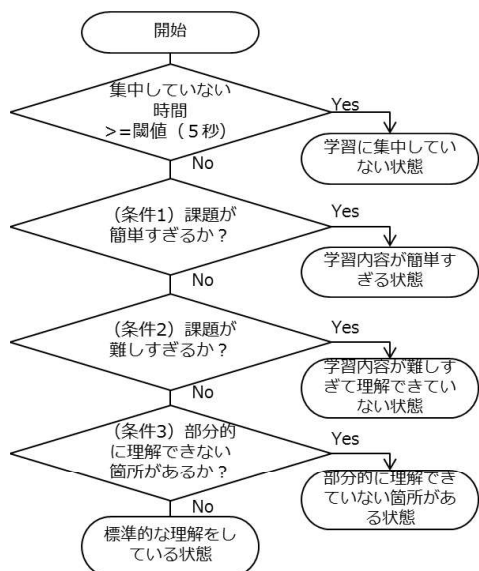


図 1 提案アルゴリズム

閲覧履歴		脳波履歴			
date	page	注意力	リラックス	(low) β /(low) α	
2016/08/18T11:31:01	7	43	34	1.10	
2016/08/18T11:31:02	7	43	34	13.94	
2016/08/18T11:31:03	7	30	29	0.37	
2016/08/18T11:31:04	8	30	27	0.77	
2016/08/18T11:31:05	8	40	38	3.12	
2016/08/18T11:31:06	8	43	41	1.34	
2016/08/18T11:31:07	8	67	69	0.09	
2016/08/18T11:31:08	8	69	75	0.28	
2016/08/18T11:31:09	8	44	80	0.48	
2016/08/18T11:31:10	8	35	87	0.75	
2016/08/18T11:31:11	8	11	78	0.69	
2016/08/18T11:31:12	8	8	83	0.12	
2016/08/18T11:31:13	8	21	66	0.96	
2016/08/18T11:31:14	8	40	56	12.63	
2016/08/18T11:31:15	8	43	57	0.51	
2016/08/18T11:31:16	8	57	37	11.87	
2016/08/18T11:31:17	8	60	56	0.22	
2016/08/18T11:31:18	8	60	56	2.76	
2016/08/18T11:31:19	8	66	51	1.85	
2016/08/18T11:31:20	8	61	56	1.38	

図 2 閲覧履歴と脳波履歴のログの例

5. 分析結果

実験結果として得られたログを基に図 1 に示した提案アルゴリズムで学習者の学習状態を判定した。なお、提案アルゴリズムの条件 1，条件 2 および条件 3 について今回の分析では図 3 に示す計算式を用いた。条件 1 と条件 2 は閲覧時間に加えて脳波による熟考度も考慮した判定式になっている。学習状態の判定結果を図 4 に示す。

6. まとめと今後の課題

本提案アルゴリズムによって学習者ごとの学習状況を判定することができた。今回は学習教材全体で学習状況の判定を行ったが、教材のページ毎に判定を行うことによって学習教材の作成指針にもつなげることができると考える。また、編集を伴う学習の場合の編集履歴との統合も今後の課題である。

- (条件1) $100 \times \text{全学習者の脳波熟考度の平均からの偏差} + \text{全学習者平均教材閲覧時間からの偏差} < -50$
- (条件2) $100 \times \text{全学習者の脳波熟考度の平均からの偏差} + \text{全学習者平均教材閲覧時間からの偏差} > 50$
- (条件3) 教材閲覧におけるページ戻り回数 ≥ 6

図 3 今回用いた条件

ID	閲覧時間	閲覧時間の偏差	平均熟考度	熟考度の偏差	偏差の和	頁戻り回数	判定	標準
ma001	154	-46.44	1.70	32.64	-13.81	3		標準
ma002	247	46.56	1.14	-23.56	23.00	11	部分理解	標準
ma003	225	24.56	1.45	7.84	32.40	4		標準
ma004	241	40.56	1.86	48.68	89.23	5	困難	
ma005	177	-23.44	0.94	-43.76	-67.21	4	簡単	
ma006	231	30.56	1.37	-0.10	30.45	7		部分理解
ma007	199	-1.44	1.32	-5.60	-7.05	0		標準
ma009	134	-66.44	1.88	50.56	-15.88	0		標準
ma011	98	-102.44	1.02	-35.54	-137.99	0	簡単	
ma013	147	-53.44	1.16	-21.79	-75.23	0	簡単	
ma014	168	-32.44	1.28	-9.32	-41.77	0		標準
ma015	243	42.56	1.34	-3.59	38.97	0		標準
ma016	219	18.56	1.36	-1.20	17.36	8		部分理解
ma021	211	10.56	1.47	9.88	20.43	0		標準
ma022	283	82.56	1.26	-11.39	71.17	0	困難	
ma023	283	82.56	1.26	-11.39	71.17	1	困難	
ma024	133	-67.44	1.67	29.22	-38.23	7		部分理解
ma026	215	14.56	1.26	-11.57	2.99	6		部分理解

図 4 学習状態の判定結果

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)早稲田松代協力会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] 荒本道隆, 小泉大城, 須子統太, 平澤茂一, “PDF ファイルをベースとした電子教材作成支援システム,” 情報処理学会第 76 回全国大会論文集, pp.4-359-4-360, 2014 年 3 月.
- [2] 佐藤一裕, 荒本道隆, 中澤真, 小林学, 中野美知子, 後藤正幸, 平澤茂一, “Learning Analytics のための学習履歴可視化システムの開発,” 経営情報学会 2016 年秋季全国研究発表大会, 2016 年 9 月.
- [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 年 12 月.
- [4] 吉田幸二, 坂本佑太, 宮地功, 山田圃裕, “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), p.p. 37-42, 2012 年 9 月.