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

Collection and analysis of the browsing history, editing history, and biological information for high school students

梅澤 克之 † Katsuyuki UMEZAWA　石田 崇 †† Takashi ISHIDA　齋藤 友彦 ‡ Tomohiko SAITO　中澤 真 ‡‡ Makoto NAKAZAWA
平澤 茂一 ††† Shigeichi HIRASAWA

† 湘南工科大学 Shonan Institute of Technology　†† 高崎経済大学 Takasaki City University of Economics　‡ 東京都市大学 Tokyo City University
‡‡ 会津大学短期大学部 Junior College of Aizu　††† 早稲田大学 Waseda University

要　旨: 学習コンテンツの出来の良し悪し，学習内容そのものの難易度，学習の習熟度など，生徒の学習時のつまずきのポイントは多く存在する．学習コンテンツの閲覧履歴や編集履歴，学習時の脳波や視線などの生体情報を計測することによって，そのような学習時のつまずきのポイントを検出できる場合がある．これにより理解度別学習教材の自動提示や補助教材の有効性評価などが行えると考える．上記学習過程を分析するために，高校生数十名を対象に高校サイエンス講座を開講し，その時の閲覧履歴や編集履歴，生体情報の収集を行った．本稿では，開催した高校サイエンス講座の概要および収集したデータの分析結果の一部を示す．

Abstract: There are many causes of failure in study such as quality and difficulty of learning content, and learning proficiency. It would be possible to detect such causes by measuring browsing history, edit history, and biological information such as brain wave or eye tracking information. We think this allows we can do automatic presentation suited the intelligibility and evaluate the validity grade of the teaching materials. To analyze above mentioned learning process, we held a summer science school with tens of high school students and collect their browsing history, edit history, and biological information. In this paper, we describe outline of a summer science school and show the part of the result of analysis of collected data.

1　はじめに

Web 教材の効果的な活用法 [1] やデジタル教科書と e-Learning システムの統合 [2] に関する従来研究がある．また我々は，大学基盤教育用の教科書としての電子教材の試作を行い，電子教材の視覚効果が，授業の分かりやすさにどのように影響するのかを評価してきた [3]．また，学習時の編集履歴を参照可能とするシステムの構築 [6] と，それを用いた英語教育への活用 [7][10] やプログラミング教育への活用 [4][5][8][9] を行ってきた．

本研究では，今まで行ってきた学習履歴情報の活用に加えて，学習時の脳波や視線を測定することにより学習時（特に自習時）のつまずきのポイントを検出することを目指す．また，つまづきポイント別の補助教材の自動提示や補助教材の有効性評価を行う．さらに最終的には総合的な理解度を測定し，有効性の評価を行うことを目標とする．

今回の実験は，高校サイエンス講座として開催したものであるが，アンケート調査も実施することで，総合的な高校の新しい授業スタイルを見出すことも目標の一つである．さらにゼミ形式の授業スタイルの導入を導入して，生徒主体の形態を模索するとともに，高校の先生方と協力して，生徒の情報処理関連の適性検査や進路指導に役立つ一助となることを目指す．

2　まつだいサイエンス講座の概要

2.1　実施概要

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」を開催した．早稲田大学等の研究者と連携し，実用化されつつある最先端の科学技術とその仕組みを，アクティブラーニングの手法で学ぶことを通じて，最新科学技術への興味･関心を深めること，および，早稲田大学の学生との交流を通じて，大学における教育や学習方法を知り，進路選択の一助とすることが目的である．詳細は下記のとおりである．

対象： 高等学校生徒･中等教育学校後期課程生徒

定員： 20 人 (1 日目)，20 人 (2 日目)

日時： 平成 28 年 8 月 17 日 (水) 9:00〜15:50，18 日 (木) 9:10〜16:00,（やむを得ない場合は 1 日のみの参加でも可能）

会場： 新潟県立松代高等学校 コンピュータ室 十日町市松代 4003-1

参加費： 無料

内容： (1) 脳波でドローンを飛ばそう．
(2) 3D モーションセンサを体験しよう．
(3) プログラミングを体験しよう．

2.2 詳細スケジュール

1 日分の詳細スケジュールを下記に示す．なお，2 日目は Scratch 言語が C 言語に入れ替わった以外はほぼ同じスケジュールで実施した．

表 1: 詳細スケジュール

時間	授業内容	実験の割当て
9:00〜 9:05	開講式	
9:05〜 9:20	諸連絡	
9:20〜 9:40	脳波体験	脳波計測練習
9:40〜10:00	脳波体験	実験 A
10:00〜10:10	休憩	
10:10〜10:20	脳波体験	
10:20〜10:50	脳波体験	実験 B
10:50〜11:00	休憩	
11:00〜11:25	Scratch 概要	実験 C
11:25〜11:50	Scratch 概要	実験 D
11:50〜13:00	昼休み	
13:00〜13:50	Scratch 学習	実験 E, 実験 F
13:50〜14:00	休憩	
14:00〜14:50	Scratch 学習	実験 E, 実験 F
14:50〜15:00	休憩	
15:00〜15:50	Scratch 学習	実験 E, 実験 F

3 実験の概要

前節で示した「まつだいサイエンス講座」において，下記の合計 6 種類の実験を行った．

実験 A： 慣れない操作時の脳波計測実験
実験 B： 異難易度の操作時の脳波計測実験
実験 C： 閲覧履歴と脳波計測の組合わせ実験
実験 D： 学習時の視線追跡実験
実験 E： 学習時の編集履歴取得実験
実験 F： 異難易度の課題実行時の脳波実験

3.1 慣れない操作時の脳波計測実験（実験 A）

難しい操作にだんだん慣れていく様子を脳波で計測する実験である．

3.1.1 実施方法

実験 A では，手の動きを 3D 空間でキャプチャーする装置を使う際の脳波を計測する．2 人一組で，1 人ずつ 1 人 5 分程度の脳波計測（具体的な計測方法に関しては 4.1 節を参照）を行う．合計 20 人分の計測を行う．

3.1.2 想定される効果

想定される効果としては，難易度によって異なる脳波が測定できれば，e ラーニング時に出題する問題の難易度を脳波の状況に合わせて動的に易しくしたり難しくしたりできると考えられる．

3.2 閲覧履歴と脳波計測の組合わせ実験（実験 C）

編集履歴取得システムと脳波計測を組み合わせた実験であり，学習コンテンツのどのページをどの位見たかを計測し，コンテンツの作成指針を構築することを目的とする．例えば文字が多すぎるとか，内容が難しすぎるとかのコンテンツに対して，学習者がどのような学習態度をとるのかを検証する．

3.2.1 実施方法

C 言語および Scratch の解説用のスライド（難易度の異なるスライド）を使った学習中に，脳波の計測を行う．極端に簡単なコンテンツと難しいコンテンツを作ってそのページの閲覧時間と脳波の関係を分析する．2 人一組で，1 人ずつ 1 人 5 分程度の脳波計測を行う．合計 20 人分の計測を行う．

3.2.2 想定される効果

想定される効果としては，コンテンツの作成指針が得られることが期待できる．

3.3 学習時の視線追跡実験（実験 D）

e ラーニングコンテンツ VoD(Video on Demand) の作成指針を確立するために，右半分が講師の顔，左半分が学習内容のスライドのようなコンテンツのどこを見て学習しているかを検証する．

3.3.1 実施方法

教室において自習していることを想定し，C 言語および Scratch に関する e ラーニングコンテンツを使って学習する．画面の右側に講師の顔の動画，左側に学習コンテンツのスライドが表示される動画を使って学習を行い，学習時の視線を視線追跡装置を使って，学習者が画面のどちら側を見ているかを計測する．1 人 5 分程度の時間で 1 人ずつ視線追跡測定（具体的な計測方法に関しては 4.2 節を参照）を行う．合計 20 人分の計測を行う．

3.3.2　想定される効果

想定される効果としては，学習中に講師の顔はあまり見ていないことが実証出来れば，顔を出した動画コンテンツの作成にかかる手間をかける必要がないということを主張できると考える．

3.4　学習時の編集履歴取得実験（実験 E）

プログラミング学習時のプログラム作成履歴をログとして収集し，プログラミング作成時の試行錯誤がうまく機能していない学生をリアルタイムで把握することで，指導に有効活用する指導方法を確立する．

3.4.1　実施方法

C 言語および Scratch のプログラムの実装過程をログとして取得する．C 言語および Scratch ともに Web システムとしてログを収集することが可能である既存のシステム [6] を活用する．

3.4.2　想定される効果

想定される効果は，学習履歴を用いた効果的な指導方法を確立することである．

3.5　異なる難易度の課題実行時の脳波実験（実験 B, 実験 F）

難しい問題，易しい問題で脳波の出方が変わることを検証する．

3.5.1　実施方法

実験 B では，タイピング練習用のアプリケーションを使って簡単な課題と難しい課題を解く際の脳波を計測する．また実験 F では，C 言語および Scratch の学習時に小テストを行い，難しい問題と易しい問題を出題し，解答している際の生徒の脳波を測定する．1 人に対して，易しい問題 5 分程度，難しい問題 5 分程度，合計 10 分程度の脳波測定を行う．合計で 20 人分の計測を行う．

3.5.2　想定される効果

想定される効果は，問題の難易度によって異なる脳波が測定できれば，e ラーニング時に出題する課題の難易度を脳波に合わせて動的に易しくしたり難しくしたりできる．

4　具体的計測方法

4.1　脳波計測方法

脳波の測定は，NeuroSky 社製脳波コントロール MindWave® Mobile ヘッドセットを利用した．図 1 に示すようにヘッドセットと ThinkGear Connector 間を Bluetooth で接続した上で，ログ収集アプリが ThinkGear Connector と TCP/IP 通信を行うことにより脳波のログを収集する．ここで，ThinkGear Connector とは，NeuroSky 社が提供する MindWave Mobile との通信機能を提供するドライバである．また，取得できる脳波の種類は δ 波 (0.5-2.75Hz)，θ 波 (3.5-6.75Hz)，lowα 波 (7.5-9.25Hz)，highα 波 (10-11.75Hz)，lowβ 波 (13-16.75Hz)，highβ 波 (18-29.75Hz)，lowγ 波 (31-39.75Hz)，midγ 波 (41-49.75Hz) の 8 種類であり，各値は単位のない 4 バイトの浮動小数値である．

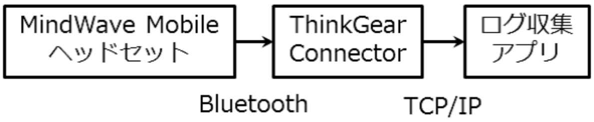

図 1: 脳波計測の概要

4.2　視線計測方法

視線の追跡には，Misrosoft 社製 Xbox One® Kinect® センサーを利用した．Kinect で直接視線の向きを計測することは困難なので，図 2 に示すように，Kinect で読み取った顔情報の目と鼻の位置から実線と破線の長さを比べることにより，右を向いているのか左を向いているのかを判断することとした．

図 2: 視線計測の概要

5　実験の結果と考察

本節では，難易度別のタッチタイプ時の脳波計測（実験 B）に関する結果および考察を示す（他の実験の結果に関しては今後別途報告する）．

5.1　結果

図 3 に計測を行った 6 人のうちの 1 人分の結果を示す．ここで,「簡単」とは「タッチタイプ初級編（1 文字ずつアルファベットを入力する)」を行っている時の β 波/α 波の値であり,「難しい」とは「タッチタイプ実践編（漢字変換を含む実践的入力)」を行ったときの値である．図 3 の「簡単」のグラフの平均は 0.604,「難しい」の平均は 1.201 であった．

また，表 2 に被験者毎の β 波/α 波の値の平均値を示す.「難しい/簡単」の列の値が 1.0 より大きくなっていれば，難しい問題を行っているときの方が β 波/α 波の値が大きくなっていることを示している．

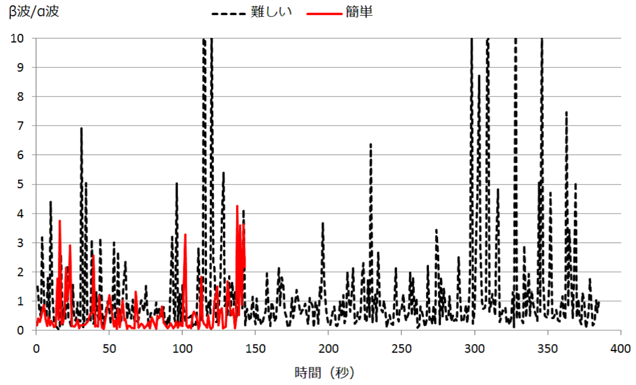

図 3: タッチタイプ時の難易度別の β 波/α 波の値

表 2: 被験者毎の難易度別の β 波/α 波の平均値

被験者 No.	簡単	難しい	難しい/簡単
1	1.388	1.478	1.065
2	0.604	1.201	1.986
3	1.632	1.662	1.018
4	0.843	1.046	1.241
5	1.519	0.854	0.562
6	0.725	0.923	1.273

5.2 考察

表2より，難しい問題を行っているときの β 波/α 波の方が，簡単な問題を行っているときのそれと比べて高くなる傾向があることが確認できた．この結果を応用することにより，遠隔学習時の学習コンテンツの難易度を自動的に調整することで，個人の理解度に適合した最適な問題を提示することができると考えられる．

6 まとめと今後の課題

今回は，6 種類ある中で実験 B についてのみ分析結果の報告を行った．実験 B では，問題の難易度によって β 波/α 波という値が高くなることが示すことができた．

今後は，今回報告できなかった他の実験についての分析を進めるとともに，学習時のつまづきポイント別の補助教材の自動提示方法の確立や補助教材の有効性評価を行う必要があると考える．さらに最終的には総合的な理解度を測定した有効性の評価を行う必要があると考える．

謝辞

本実験の開催にあたり新潟県立松代高等学校・長谷川雅一校長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．

商標等に関する表示

- MindWave はニューロスカイインコーポレーテッドの登録商標です．
- Microsoft，Xbox One，Kinect は米国 Microsoft Corporation および/またはその関連会社の商標または登録商標です．

参考文献

[1] 杉村藍，尾崎正弘，武岡さおり，足達義則，“授業における Web 教材の効果的な活用法について，” 電子情報通信学会技術研究報告，ET, vol.108(470), p.p.7–12, (2009).

[2] 鈴木靖，“デジタル教科書と e-Learning のシームレスな統合とその効果，” 私立大学情報教育協会論文誌 ICT 活用教育方法研究 第 14 巻 第 1 号, p.p.31–35, (2011.11).

[3] 梅澤克之, 石田崇，小林学，平澤茂一，“大学教育のための電子教材の試作と授業への活用方法の評価，” 経営情報学会 (JASMIN) 2013 年秋季全国研究発表大会予稿集, pp.45-48，(2013.10).

[4] 後藤 正幸，三川 健太，雲居 玄道，小林 学，荒本 道隆，平澤 茂一，“ 編集履歴可視化システムを用いた Learning Analytics～C プログラミング科目における編集履歴と評価得点データを統合した分析モデル，” 情報処理学会第 78 回全国大会予稿集，pp.4-533-4-534，横浜，(2016.3).

[5] 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，横浜，(2016.3).

[6] 荒本 道隆，小林 学，中澤 真，中野 美知子，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～システム構成と実装，” 情報処理学会第 78 回全国大会予稿集，pp.4-527-4-528，横浜，(2016.3).

[7] 中野 美知子, 荒本 道隆, 吉田 諭史, 荊 紅涛，“ 編集履歴可視化システムを用いた Learning Analytics～英文ライティング教育への適応：文法エラーの難度と訂正時間の関係～ ” 情報処理学会第 78 回全国大会予稿集，pp.4-531-4-532，横浜，(2016.3).

[8] 中澤 真，荒本 道隆，後藤 正幸，平澤 茂一，“ ビジュアルプログラミング言語「Scratch」のための学習履歴分析環境とその可能性―初等教育からのプログラミング教育に向けて―，” 日本経営工学会 2015 年秋季大会，(2015.11).

[9] 小林 学，後藤 正幸，荒本 道隆，平澤 茂一，“プログラミング編集履歴可視化システムとその実践，” 日本経営工学会 2015 年秋季大会，(2015.11).

[10] 中野美知子, 荒本道隆, 吉田諭史，“ プログラミング学習の学習ログ収集ソフトウェアを活用した文法矯正練習の試み，” 日本経営工学会 2015 年秋季大会予稿集, pp11-12, (2015.11)