

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 3 月 26 日現在

機関番号：13904

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21700812

研究課題名（和文）

学習者の生体情報に着目した教材改善システムの開発

研究課題名（英文）

Improvement of educational material based on learner's biological data

研究代表者

入部 百合絵（IRIBE YURIE）

豊橋技術科学大学・情報メディア基盤センター・助教

研究者番号：40397500

研究成果の概要（和文）：

Web教材を利用した講義が進められる中、学習者のログ（学習者の操作履歴、小テストに対する解答履歴など）を利用して教師による教材改善を促す研究が盛んに行われている。先行研究では、学習者の操作履歴やその時間的關係から学習行動パターンを解析する研究が主であるが、学習ログのみでは学習状態を詳細に分析し、その状態に至った原因を追究することは困難である。例えば、学習者の操作に変化が見られない場合その原因が、学習者が眠ってしまったのか、興味を持って集中して学習しているのか、授業内容が分からずに困っているのかなど、詳細な学習状態を把握することは難しい。従って、本研究では、講義中の学習者から取得した生体情報（脳波、眼球運動、視線など）と学習ログから、各瞬間における学習者の内的状態を考慮した学習状況を解析しリアルタイムに可視化することで、教師による授業の改善を促す。加えて、学習状態を確認すると同時に教材を簡便に編集し改善できるツールを併せて開発することにより統合的な教材改善システムを提案する。

研究成果の概要（英文）：

Many studies have been conducted focusing on the technology of learning support systems. With the progress of networks and multimedia technologies, various types of web-based training (WBT) systems have been developed for self-learning. The main advantage of WBT is that a student can keep his/her own pace when learning at university or at home under a network environment. On the other hand, however, some students may find it difficult to concentrate their attention on learning in an isolated environment; therefore, it is important for WBT how to keep the students' interest. Most of the current support systems for web-based learning synchronously reproduce contents in lecture resources such as videos and Microsoft PowerPoint slides that a teacher uses during his/her lecture. These systems are very useful when confirming and/or reviewing any parts of the lecture that may have been missed. However, they do not take into consideration the attention level of the students during lectures. We have developed a multimedia lecture system with self-learning support functionalities to solve the above problem. The system will help students to review lectures more efficiently by introducing the arousal level, extracted from each student's biological data. The multimedia lecture system provides not only multimedia contents in lecture resources but also various functionalities matched to student learning level by using the above-mentioned arousal level together with lecture information (i.e. questions/answers). Furthermore, the user interface of the proposed system is designed specifically for interactive material editing interface.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：教育工学

キーワード：教材改善，視線情報，学習者モデル

1. 研究開始当初の背景

近年、教材や教授法の改善のための取り組みが進められている。その1つとして、マルチメディアや学習履歴を利用した手法が検討されている。具体的に、教師はWBT（Web-Based Training）やLMS（Learning Management System）を通して取得した学習ログ（学習者のアクセス履歴、小テストに対する解答履歴など）を利用し、学生の学習行動を把握することで、教材の改善に役立てる手法である。しかしながら、これら学習ログから得られる履歴情報は学習操作の時間的關係や閲覧したWebページの履歴データなどが主であるため、学習者の詳細な学習状態やその状態に至った要因などを理解することは困難であると考えられる。また、レスポンスアナライザを用いて講義に関する各瞬間の受講者による評価をリアルタイムにフィードバックする研究もあるが、講義中に学習者はクリッカーを利用してボタンを押す行為が発生するため認知負荷が生じる。一方、学習者の表情、視線、姿勢の視覚情報を記録し学習者の教材に対する主観的な印象を解析する研究も存在するが、学習中は表情や姿勢の変化が乏しいため、学習状態を追究することは難しい。さらに、自主学習中の学習者の行き詰まりを逐次検知する研究も行われているが、全ての学習者に同一の特徴量を基準として行き詰まりを推定しているため、各学習者の学習状態を推定することは難しい。従って、学習者に認知付加を与えずに学習者毎の詳細な学習状態をリアルタイムに解析し教師に提示することは大きな課題である。

2. 研究の目的

本研究では、上記の問題点を解決するために、講義中の学習者から生体情報を利用して学習状態を解析し、教師に提示することで、教師による教材の改善に役立てる。同時に教

材を簡便に編集できるツールを組合せた教材改善システムを提案する。本システムは大人数対面授業と非同期型e-learningにおける教材改善に有用であると考えられる。なお、本研究では学習者の状態を把握するために、学習ログから学習行動を解析するだけではなく、その内的状態を測るために生体情報から関心度を計測する。

具体的な研究目標は以下の3点である。

- (1) 講義中の学習者から視線情報を取得し、学習者の興味度を分析するためのアルゴリズムを開発
- (2) 教師が学習状態を把握できるようにするため学習者の学習モデルと行動パターンと学習状態を可視化
- (3) 学習状態に応じた教材の改善を簡便に行えるようにするため教材編集ツールを開発

3. 研究の方法

(1) 生体情報（視線の軌跡）の収集
コンピュータを用いて教材の一つである動画を視聴している学習者の視線軌跡を測定し、学習者の動画シーンに対する関心度を推定した。視線検出器であるナック社製EMR-8を用いて大学生および大学院生20名から視線軌跡データ（視線の座標、視線が検出された時刻）を抽出した。被験者は動画15本（動画1本につき約10分）を視聴してもらい、動画に対する興味度の合いを4段階で評価させた。なお、視聴させた動画の順番は被験者毎に異なる。また、視聴時の疲労による影響を考慮し、被験者が動画を5本視聴する度に休憩をとらせた。

(2) 視線軌跡データの解析

人間は興味のあるところを注視する特性を持っている。このため、学習者同士が同じ動画を視聴した際、その動画に対する注目部分が

類似しているならば、その視線の移動軌跡も類似していると仮定した。本研究では、同じ動画に対する注目部分の比較を、停留点移動軌跡データ間の距離を求めることで行った。具体的には、ユーザの視線軌跡データから停留点を抽出し、停留点移動軌跡データを作成する。次に、同じ動画を視聴した他のユーザの停留点移動軌跡データとの距離を計算する。数種類の動画についての移動軌跡データ間の距離をもとに、動画推薦が行われるユーザと比較されるユーザの距離を算出する。ユーザ間の距離は、両ユーザが視聴した全ての動画に対する移動軌跡データ間距離の平均とする。推薦対象ユーザには、推薦対象ユーザが未視聴でかつ距離の近い標本ユーザの評価の高い動画から推薦が行われる。この仮定をもとに協調フィルタリングの考えのもと、ユーザの興味の類似性を抽出し、動画推薦を行ったところ、高い評価結果を得ることが出来た。学習者の視線データから教材に対する学習者の興味度合いを測定し、学習者に提供する教材や教師への教材改善に役立てたい。

(3) 教師の視線情報を用いた重要箇所の検出とその可視化

教材収録スタジオにおいて教師ビデオと講義スライドを同期させるコンテンツを作成した。教師は講義スライドを中心に説明しながら講義を進める。講義中の教師に視線検出器であるナック社製EMR-8を取り付け講義中の視線情報を抽出した。上記で提案した手法を用いてこの視線情報を解析することで、講義の重要箇所を検出し、その重要箇所を講義スライド中に強調表示することで、学習者の理解を促進する教材コンテンツを自動生成した。つまり、教材スライドに教師の目線を表示し、重要箇所にはマーカーを付与することで、講義後の復習の際、学習者は効率よく講義を聴講することができる。学生を被験者とした評価実験によりその有効性を確認した。

(4) 学習者の理解度と講義ビデオ（講義中の教師映像、学生映像）の同期表示による教材改善

講義中、学習者に携帯情報端末を配布し、教材の閲覧、理解度ボタンとコメントの送信を促した。また、講義中の「教師の映像」と「講義スライド」、「講義を聴いている学生の様子」を撮影し、上記の「理解度とコメントを集計したPC画面」をキャプチャすることで、4つの映像を1つの映像に合成した。講義後、この映像を教師にチェックさせることで、教師は自身の講義の説明の様子やそのス

ライドを観察すると共に、学生の聴講している様子や理解度・質問などを同時に確認できるため、教授方法の改善および教材の修正に役立てることができる。これらの機能をLMS(Learning Management System)上にて実装し、3科目に対し上記のコンテンツを作成した。

4. 研究成果

研究方法(2)で記述した、動画教材を視聴している学習者の視線軌跡を測定し、学習者の動画シーンに対する関心度を推定し、興味のある動画を推薦するシステムの評価実験を実施した。ここで、従来広く用いられているタグの類似性を考慮した動画推薦手法を比較するために、既に動画に大量のタグが付与されているYouTubeの動画を対象として比較実験を行った。

図1、表1に実験結果を示す。図1の横軸は推薦に用いた標本ユーザの人数、縦軸は各方法による推薦順位と推薦対象ユーザが実際につけた順位の順位相関を表す。比較手法は以下の通りである。

- 標本ユーザの動画に対する評価値の平均を推薦に用いる方法(方法A)
- タグの類似性を考慮した重みを評価値に乘じる方法(方法B)
- 協調フィルタリングを利用する方法(方法C)

グラフの各点は、標本ユーザを3人、5人、10人、15人、19人とした時の順位相関である。表1は、図1の各点の詳細な値を示す。この結果より、各手法とも標本ユーザ数が増加すると順位相関の値も向上したことが分かった。この要因として、標本ユーザの増加に伴い評価値の信頼性が増したためだと考えられる。

標本ユーザを19人とした場合、提案方法

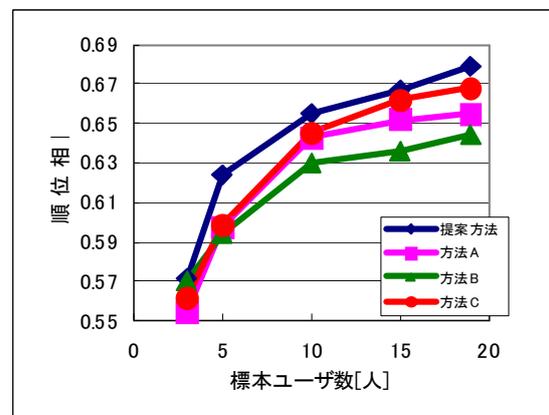


図1 ユーザ数と推薦精度の関係

表 1 ユーザ数と推薦精度の関係

		ユーザ 3 人	ユーザ 5 人	ユーザ 10 人	ユーザ 15 人	ユーザ 19 人
提案方法	順位相関	0.572	0.624	0.655	0.667	0.679
	(標準偏差)	(0.233)	(0.208)	(0.204)	(0.205)	(0.181)
方法 A	順位相関	0.555	0.598	0.643	0.652	0.655
	(標準偏差)	(0.239)	(0.234)	(0.217)	(0.213)	(0.206)
方法 B	順位相関	0.570	0.595	0.630	0.636	0.644
	(標準偏差)	(0.229)	(0.229)	(0.214)	(0.206)	(0.218)
方法 C	順位相関	0.562	0.599	0.645	0.662	0.668
	(標準偏差)	(0.238)	(0.226)	(0.214)	(0.199)	(0.204)

の順位相関が 0.679 となり、方法 A と比較して 0.024($p < 0.05$)、方法 B と比較して 0.035($p < 0.01$)、方法 C と比較して 0.011($p = 0.212$)の向上がみられた。これは、提案方法がユーザ間の興味の類似性を適切に取得し、推薦に活用できたためである。方法 A は、標本ユーザの評価値の平均のみを利用しているため、標本ユーザの集合が同じであれば、推薦対象ユーザに関わらず、動画の推薦順位は変わらない。方法 B は、評価値にユーザプロフィールに含まれるタグと推薦される動画のタグの一致度合いを重みとして乗じたものである。この方法を有効とするためには、動画に一定の基準でタグが付与される必要がある。しかしながら、YouTube の性質上、タグは投稿者の基準によって決定されるため、表記方法、付与数は動画によって大きく異なる。このように方法 C は、推薦対象ユーザの動画に対する評価を利用することで、提案方法と同様にユーザ間の興味の類似性を考慮した推薦を行っている。提案方法と方法 C の順位相関に大きな差がみられなかったが、提案方法では動画全体に対する評価だけではなく、一つの動画に対する時系列に沿った興味の類似性を推薦に反映できるため、方法 C を若干上回ることができた。また、標本ユーザを 15 人から 19 人に増加させた場合、提案方法は 0.012 の順位相関の向上がみられるが、方法 A では 0.003 の向上にとどまった。方法 A の場合、評価値の平均のみしか用いていないため、標本ユーザを 15 人とした時点で、標本ユーザの各動画に対する評価がある程度確立されてしまい、推薦精度の限度に達したと考えられる。このため、標本ユーザを 19 人からさらに増加させた場合においても、順位相関は向上しないと予想できる。これに対して、提案方法では、興味の類似性を考慮している

ため、標本ユーザが一定数以上いたとしても、人数を増加させた場合の効果大きい。例えば、標本ユーザを 15 人とした時、その中で 5 人だけが推薦対象ユーザと興味が似ていて、残りの 10 人が全く似ていないという状況があった場合、動画の推薦値は、興味が似ている 5 人により決定されていることに等しい。従って、標本ユーザを 19 人以上にした場合であっても、順位相関の伸び幅は方法 A より大きくなると推測できる。

なら、その動画の推薦値は大きくなる。このため、提案方法はセレンディピティに関して方法 B よりも優れており、これが本実験環境下で方法 B の推薦精度を上回ったことが一因となっている。

ただし、本実験で使用した動画は 15 本であり、さらに動画数を増えた場合における、各方法の推薦精度について、更なる比較検討が必要である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 5 件)

1. The e-Learning Courses Recommendation System Matching the Learning Styles of the Learners, Kazunori Nishino, Yurie Iribe, Shinji Mizuno, Kumiko Aoki and Yoshimi Fukumura, International Journal of Knowledge and Web Intelligence, Vol.3 2012 (印刷中)
2. An analysis of learning preferences and e-learning suitability for effective e-learning architecture, Kazunori Nishino, Yurie Iribe, Shinji Mizuno, Kumiko Aoki and Yoshimi Fukumura, International Journal of Intelligent Decision Technologies, Vol.4 No.1 pp. 269-276 2010
3. Web-Based Lecture System Using Slide Sharing for Classroom Questions and Answers, Yurie Iribe, Hiroaki Nagaoka, Kouichi Katsurada, Tsuneo Nitta, International Journal of Knowledge and Web Intelligence, Vol.1 No.3/4 pp. 243-255 2010
4. Self-Learning Support through Access to Related Information on Distributed VOD, Yurie Iribe, Takami Yasuda, Shigeki Yokoi, International Journal of Applied Systemic Studies, Vol.3 No.2 pp.168-182 2010
5. Predicting e-Learning Course Adaptability and Changes in Learning Preferences after Taking e-Learning Courses, Kazunori Nishino, Toshifumi Shimoda, Yurie Iribe, Shinji Mizuno, Kumiko Aoki, Yoshimi Fukumura, Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems, Vol.6277 pp.548-577 2010

[学会発表] (計 60 件)

1. Improvement of Animated Articulatory Gesture Extracted from Speech for Pronunciation Training, Yurie Iribe, Silasak Manosavan, Kouichi Katsurada, Ryoko Hayashi, Chunyue Zhu and Tsuneo Nitta, Proc. of ICASSP2012, 2012年3月28日, 京都国際会館 (京都府)
2. Improvement of an AF-HMM based Phoneme Recognizer, Narendyah Wisjnu Ariwardhani, Yurie Iribe, Kouichi Katsurada, Tsuneo Nitta, Proc. of RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing

2012, 2012年3月4日, ハワイ (米国)

3. Articulation Animation Generated from Speech for Pronunciation Training, Yurie Iribe, Silasak Manosavan, Kouichi Katsurada, Ryoko Hayashi, Chunyue Zhu and Tsuneo Nitta, Proc. of ICCE2011, pp. 875-882, 2011年11月28日, Chiang Mai(タイ)
4. Evaluation of Fast Spoken Term Detection Using a Suffix Array, Kouichi, Katsurada, Shigeki Teshima, Yurie Iribe, Tsuneo Nitta, Proc. of InterSpeech2011, pp. 909-913, 2011年8月30日, フィレンツェ (イタリア)
5. Letter-to-Phoneme Conversion Based on Two-Stage Neural Network Focusing on Letter and Phoneme Contexts, Kheang Seng, Yurie Iribe, Tsuneo Nitta, Proc. of InterSpeech2011, pp. 1885-1889, 2011年8月30日, フィレンツェ (イタリア)
6. Speech Synthesis Based on Articulatory-Movement HMMs with Voice-Source Codebooks, Tsuneo Nitta, Takayuki Onoda, Masashi Kimura, Yurie Iribe, Kouichi Katsurada, Proc. of InterSpeech2011, pp. 1841-1845, 2011年8月29日, フィレンツェ (イタリア)
7. Generating Animated Pronunciation from Speech Through Articulatory Feature Extraction, Yurie Iribe, Silasak Manosavan1, Kouichi Katsurada, Ryoko Hayashi, Chunyue Zhu and Tsuneo Nitta, Proc. of InterSpeech2011, pp. 1617-1621, 2011年8月29日, フィレンツェ (イタリア)
8. One-Model Speech Recognition and Synthesis Based on Articulatory Movement HMMs, Masashi Kimura, Takayuki Onoda, Yurie Iribe, Kouichi Katsurada, Tsuneo Nitta, Proc. of NCSP11, pp. 392-395, 2011年3月3日, 天津 (中国)
9. Pronunciation Instruction using CG Animation based on Articulatory Feature, Yurie Iribe, Takuro Mori, Kouichi, Katsurada, Tsuneo Nitta, Proc. of ICCE2010(International Conference on Computers in Education), pp. 501-508, 2010年11月30日, Putrajaya (マレーシア)
10. One-Model Speech Recognition and Synthesis Based on Articulatory Movement HMMs, Tsuneo Nitta, Takayuki Onoda, Masashi Kimura, Yurie Iribe, Kouichi Katsurada, Proc. of InterSpeech2010, pp.

2970-2973, 2010年9月30日, 幕張メッセ
(千葉)

11. Web-based Lecture System using Slide Share for Questions and Answers in the classroom, Yurie Iribe, Hiroaki Nagaoka, Kouichi Katsurada and Tsuneo Nitta, Proc. of ICCE2009(International Conference on Computers in Education), pp.638-640, 2009年12月2日, 香港(中国)
12. A quantitative study of practical use of Social Networking Service in e-learning, Kai Li, Yurie Iribe, Proc. of ICCE2009(International Conference on Computers in Education), pp. 507-512, 2009年12月2日, 香港(中国)
13. Facial Expression Mimicking System, Ryuichi Fukui, Kouichi, Katsurada, Yurie Iribe, Tsuneo Nitta, the 20th International Conference on Pattern Recognition (ICPR 2010), pp. 3776-3779, 2010年8月26日, イスタンブール(トルコ)

[産業財産権]

○出願状況(計1件)

名称: 発音動作可視化装置および発音学習装置

発明者: 入部 百合絵, 新田恒雄

権利者: 豊橋技術科学大学

種類: 特許出願

番号: 2011-184993

出願年月日: 2011年8月26日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.imc.tut.ac.jp/~iribe>

6. 研究組織

(1)研究代表者

入部 百合絵 (Iribe Yurie)

豊橋技術科学大学・情報メディア基盤
センター・助教

研究者番号: 40397500

(2)研究分担者

該当なし

(3)連携研究者

該当なし