

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 8 月 31 日現在

機関番号：41601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26350299

研究課題名(和文) コンテキストアウェアネスを活用した学習者行動モデルと学習支援環境の開発と実証

研究課題名(英文) Development of Learner Model and Learning Support System using Context Awareness

研究代表者

中澤 真 (Nakazawa, Makoto)

会津大学短期大学部・産業情報学科・准教授

研究者番号：40288014

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)：多様なコンテキストを収集できるeラーニングシステムを構築し、これを授業で用いた実証実験から、学習者のどのような行動パターンがつまずき、興味関心の低下などを示すサインとなっているかを明らかにした。とくに、資料の閲覧順序、プログラミングにおけるエラーパターンなど、コンテキストの特徴的な出現パターンを明らかにすることにより、学習者の行動モデルを構築した。このモデルを用いて、学習者の状態を把握するための学生指導に必要な情報を教員へフィードバックできる機能を実現した。

研究成果の概要(英文)：We have constructed an e-learning system capable of collecting various contexts. From the demonstration experiment using this, we clarified what behavioral patterns of the learners are signs of stumbling blocks of studying and lowering their interest. In particular, we constructed a learner model by clarifying the characteristic appearance patterns of contexts, such as the order of reading textbooks and error patterns in programming. Based on this model, we realized the system that can feed back the information necessary for teacher guidance of students.

研究分野：教育工学，機械学習

キーワード：Learning Analytics e-learning programming Learning History

1. 研究開始当初の背景

(1) ICT を活用した教育は初等教育から大学などの高等教育機関まで広く利用されるようになってきた。教育用の ICT ツールにより、学習者は教材の閲覧からテスト、ノートテイキング、コミュニケーションに至るまですべての学習活動を e-learning システム上で行えるようになりつつあり、結果として学習者の学習行動や学習環境に関するコンテキストを取得しやすくなってきている。これらの情報は、個々の学習者に適した学習支援や、教員に対する授業支援を効果的・効率的に行うための有用な資源となるものである。

(2) 学習履歴などのコンテキストを活用した既存の研究としては、LMS へのアクセス頻度に着目した研究もあるが、頻度だけでは学習者の状態を正確に推定するのは難しい。これは我々の予備実験においても、単純なアクセスログやファイル単位の資料の閲覧履歴だけでは推定が難しいことを確認している。

(3) さらに、プログラミングのような演習形式の授業ではリアルタイムに学生をつまづきを把握したり、演習問題の誤りパターンを効率的に類型化するためにも、多様なコンテキストを用いた学習者分析が必要になる。

(4) そこで本研究では、コンテキストとして、教材の閲覧や演習科目における作業内容などの詳細な学習活動を用いることで、学習者の置かれた状況をより正確に把握して一人ひとりに適した学習支援や、教員の学生指導に必要な情報をフィードバックできる e ラーニングシステムを構築し、その有効性を実証する。

2. 研究の目的

多様なコンテキストを収集できる e ラーニングシステムを構築し、これを授業で用いた実証実験から、学習者のどのような行動パターンがつまづき、興味関心の低下などを示すサインとなっているかを明らかにする。例えば、資料の閲覧順序、プログラミングにおけるエラーパターンなど、コンテキストの特徴的な出現パターンを明らかにすることにより、学習者の行動モデルを構築することを目的とした。さらにこのモデルを用いて、学習者の授業時間中における状態を把握することにより、教員の学生指導に必要な情報をフィードバックできる機能の実現を目指した。

3. 研究の方法

(1) まず、コンテキストを収集する e ラーニングシステムを構築した。このシステムでは、学習者の学習状況を正確に把握するために、単純なアクセスログに加えて、学習教材のページ単位の閲覧履歴、プログラムの編集履歴および実行時のエラー履歴を記録、可視化する機能を実装した。オープンソース LMS の

Moodle と連携させることによりユーザを特定し、電子教材は HTML5 + CSS3 + JavaScript で作成することにより学習者の閲覧行動を正確に記録させた。また、プログラミングの編集履歴については、C 言語、Java、JavaScript など多様な言語に対応させ、初等教育向けのビジュアルプログラミング言語 Scratch でも学習履歴を記録できるようにした。

(2) 詳細な学習履歴を記録、可視化するシステムを実際の授業で活用する実証実験を行った。実施した授業スタイルは次のとおりである。

通常の座学形式の授業で、各学生が電子教材を閲覧しながら学習する。

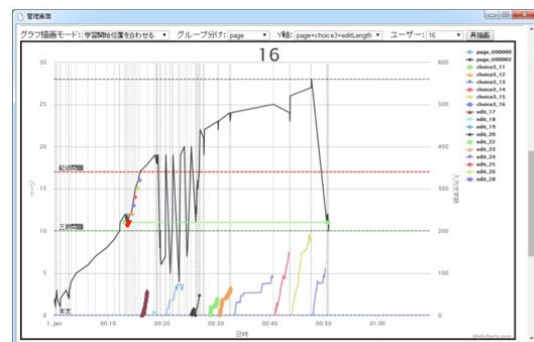
プログラミングなどの演習形式の授業で、電子教材の閲覧とソースコードの編集作業に取り組む。

反転授業における自主学習において電子教材を用いて学習する。

(3) 取得したコンテキストを学習者別の時系列データとして整形し、学習者の進捗度、理解度などに応じた特徴を抽出し、学習者モデルを構築する。

4. 研究成果

(1) 粒度の細かい教材の閲覧履歴を記録するために、ページ単位の閲覧行動やウィンドウのアクティブ・非アクティブを検出できる Web ベースの電子教材システムを構築した。これは、学習者の閲覧行動について、教材名、ページ番号、閲覧開始日時、終了日時、閲覧時間の情報をサーバ上に記録し、これを可視化できる機構を持つ。特に、閲覧しているか否かの判断を JavaScript の focus を用いて実現しているため、学習者が別のアプリケーションを操作したり、ブラウザのタブ切り替えで教材の閲覧を中断した場合でも、学習者の行動を正確に把握することが可能である。

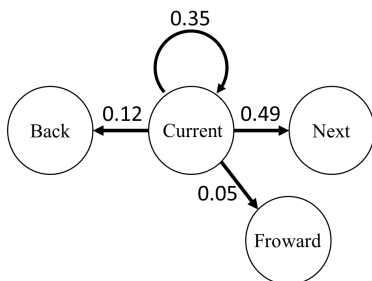


(2) 教材の閲覧履歴の時系列性に着目し、順序依存で時間独立な確率モデルを考えた。つまり、1 次のマルコフ過程を仮定し、状態 s_t の確率は状態 s_{t-1} だけに依存し、それ以前の状態とは独立であるとする、教材のペー

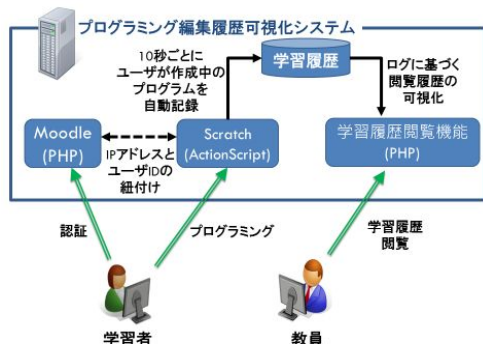
ジ i からページ j に遷移する確率を以下のよう定義することができる。

$$P(s_t = j | s_{t-1} = i) = \frac{iからjへの遷移数}{iからの全遷移数}$$

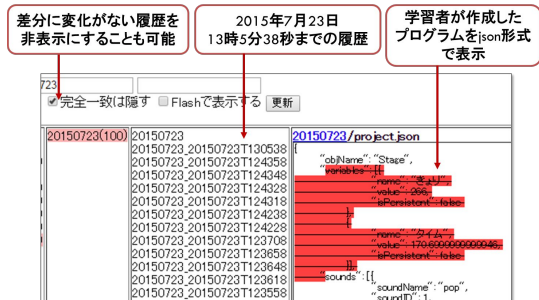
W ページから構成されている電子教材を用いる場合、W 個の状態があるモデルとなるが、一般の Web サイトと異なり特定の授業ではアクセス数がかなり限定されるため、遷移行列において確率 0 となる要素が多数存在するスパースな行列になることが多い。受講者数が多い授業であったとしても、学習者個別の分析をする場合には、W×W のすべての遷移が発生することは稀である。このため、各ページをそれぞれ状態に対応させてモデル化することは現実的ではない。これに対応するために、元々の W ページをグループ化し、このグループ単位でマルコフモデルの状態に割り当てると方法が考えられる。そこで、先の遷移確率に基づき、現在閲覧中のページより前のページに戻った場合 (Back)、直後のページに遷移した場合 (Next)、2 ページ以上先のページに遷移した場合 (Forward)、他の作業をしてから同じページに自己遷移した場合の 4 つの状態で構成されたシンプルなモデルで、学習者の理解状況を分類できることを示した。



(3) 演習系の授業の学習活動を扱うために、プログラミングのソースコードや英語のライティングの編集履歴を記録、可視化するシステムを構築した。プログラミングの場合は、多様な言語に対応可能であり、ビジュアルプログラミング言語 Scratch のシステム構成図は以下ようになる。



学習者のつまづきや誤りパターンを発見するためには、ソースコードのコンパイルや実行時をトリガーとした粒度の履歴では不十分であり、一定時間や特定の入力キーをトリガーとして記録した編集の過程が確認できるレベルの学習履歴が必要である。本システムでは学習者が編集過程で削除した部分を赤色と取り消し線で、新たに追加した部分を緑色と下線で表示させ、その変遷を視覚的に確認できる機構を実装している。



```

[[["changeYposBy", 60], ["doPlaySoundAndWait", "m
[5, 139, [{"whenKeyPressed", "space_down_arrow"}]]],
"sounds": [{"soundName": "meow",
"soundID": 1,
"md5": "83c36d806dc92327b9e7049a565c6bff.wav"}
  
```

(4) 学習者のプログラムの編集過程の履歴を分析することにより、学習者のつまづき箇所を効率的に抽出することを可能にした。シンタックスエラーの頻度を集計することで、クラス全体の誤りの傾向などをある程度明らかにすることができるが、この方法は論理エラーに対しては無効である。ソースコードの変遷の中で、それぞれの学習者が時間を要していた箇所を分析することにより、たとえシンタックスエラーがなくとも、プログラム中のつまづき箇所を効率的に抽出することが本研究で可能になった。

(5) 閲覧履歴、編集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をある程度推定できるが、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。このため複数の学習履歴をマルチモデルに組み合わせることが重要となる。さらに学習者の情動的な部分をより正確に把握するためには生体情報を活用するのが効果的である。先の二つの学習履歴に学習者の脳波の状態履歴を組み合わせることで学習者分析することにより、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。とくに、特定の脳波スペクトルパワーの大きさと学習履歴を組み合わせることによって、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を示した。

(6) 学生が自宅で自習を行う際の詳細な学

習履歴を記録し、学習時間と理解度の関係から学生を複数のグループに分類した上で、教場での授業を行うグループ分け反転授業に活用する方法を示した。

(7) 本研究の意義は、粒度の高い多様なコンテキストを学習活動の履歴として活用することにより、学習者の状態を正確に教員へフィードバックすることを可能にし、授業改善や学習者の個別指導を効果的に行う環境を提供したことである。さらなる発展として、リアルタイムに学習者の状態をフィードバックすることにより、授業コントロールに直接寄与できるシステムが望まれる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

Katsuyuki Umezawa, Takashi Ishida, Michitaka Aramoto, Manabu Kobayashi, Makoto Nakazawa, Shigeichi Hirasawa, A Method based on Self-study Log Information for Improving Effectiveness of Classroom Component in Flipped Classroom Approach, International Journal of Software Innovation, 査読有, Volume 4, Issue 2, 2016, 17-32

〔学会発表〕(計20件)

中澤 真, 梅澤 克之, 平澤 茂一, 粒度の高いコンテキストアウェアな学習履歴を組み合わせた学習者分析, 経営情報学会 PACIS2018 主催記念特別全国研究発表大会, 2018.6.28, TKP ガーデンシティ(神奈川県)

中澤真, 梅澤克之, 後藤正幸, 平澤茂一, Scratch を用いた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 79 回全国大会, 2017.3.17, 名古屋大学(愛知県)

梅澤克之, 石田崇, 齋藤友彦, 中澤真, 平澤茂一, 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, 情報処理学会第 79 回全国大会, 2017.3.17, 名古屋大学(愛知県)

中澤真, 梅澤克之, 後藤正幸, 平澤茂一, Scratch を用いたプログラミング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, 情報処理学会 コンピュータと教育研究会 138 回研究発表会, 2017.2.11, 大阪電気通信大学(大阪府)

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 2016 年秋季全国研究発表大会, 2016.9.15, 立命館大学(大阪府)

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, 2016.3.10, 慶應義塾大学(神奈川県)

中野 美知子, 荒本 道隆, 吉田 諭史, 刑紅涛, 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, 情報処理学会第 78 回全国大会, 2016.3.10, 慶應義塾大学(神奈川県)

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, 2016.3.10, 慶應義塾大学(神奈川県)

Nakano, M., Aramoto, M., Yoshida, S. and Kei, K., An Application of Programming Learning Software to Grammar Error Detection Tasks, 20th Conference of Pan-Pacific Association of Applied Linguistics, 2015.8.15, Seoul (Korea)

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, 2015.3.17, 京都大学(京都府)

中澤真, 後藤正幸, 平澤茂一, Learning Analytics における学習履歴の情報構造と粒度のあり方, 日本 e-learning 学会 第 17 回学術講演会, 2015.2.27, 産業技術大学院大学(東京都)

〔産業財産権〕

出願状況(計1件)

名称: e ラーニングシステム及び e ラーニング用プログラム

発明者: 中野美知子, 中澤真, 荒本道隆

権利者: 中野美知子, 中澤真, 荒本道隆

種類: 特許

番号: 2015-073652

出願年月日: 2015.3.31

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中澤 真 (NAKAZAWA Makoto)

会津大学短期大学部・産業情報学科・准教授

研究者番号: 40288014

(2) 研究分担者

小泉 大城 (KOIZUMI Daiki)

小樽商科大学・商学部・准教授

研究者番号: 20386709

平澤 茂一 (HIRASAWA Shigeichi)

早稲田大学・理工学術院・名誉教授
研究者番号：30147946

玉木 欽也 (TAMAKI Kinya)
青山学院大学・経営学部・教授
研究者番号：40188420

中野 美知子 (NAKANO Michiko)
早稲田大学・教育・総合科学学術院・名誉
教授
研究者番号：70148229