

学習者の Web 利用履歴を活用する e-Learning 環境の構築

渡邊 貴志[†] 矢吹 太郎^{††} 佐久田博司^{††}

[†] 青山学院大学理工学研究科理工学専攻知能情報コース 〒 229-8558 神奈川県相模原市淵野辺 5-10-1

^{††} 青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科 〒 229-8558 神奈川県相模原市淵野辺 5-10-1

E-mail: [†]c5608128@aoyama.jp, ^{††}{yabuki,sakuta}@it.aoyama.ac.jp

あらまし 対面式の授業に e-Learning の利用を取り入れた Web-based Blended Learning において、学習者の Web 利用履歴を積極的に活用する手法を提案する。教室では学習者は積極的に Web コンテンツを活用している。その利用履歴は学習者の学習活動をリアルタイムに知るための重要な手がかりとなるはずで、有効に活用する手段が求められている。そこで我々は、学習者の Web 利用履歴を分析して表示する機能と、学習者の閲覧する Web ページを任意に書き換えられる機能を持つシステムを開発した。本システムによって、教師は学習者の学習状況をリアルタイムに把握し、学習者の閲覧する Web ページ内に学習状況に応じた指導を提示することが可能となった。本稿では、提案システムの概要と大学における活用事例について報告する。

キーワード e-Learning, Blended Learning, 調べ学習支援

Development of an e-Learning System based on Web Access Log Mining

Takashi WATANABE[†], Taro YABUKI^{††}, and Hiroshi SAKUTA^{††}

[†] Graduate School of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University Fuchinobe 5-10-1,
Sagamihara-shi, Kanagawa, 229-8858 Japan

^{††} Department of Integrated Information Technology, Aoyama Gakuin University Fuchinobe 5-10-1,
Sagamihara-shi, Kanagawa, 229-8858 Japan

E-mail: [†]c5608128@aoyama.jp, ^{††}{yabuki,sakuta}@it.aoyama.ac.jp

Abstract We propose a method for making the most use of an internet access log in a Web-based Blended Learning classroom. In the classroom, students are used to access internet. Their web access log is going to be an important clue for grasping their learning situation. Accordingly, a method for utilizing it is required. We developed a system for monitoring students' web access log and rewriting web pages. This system enables teachers to grasp students' learning situation in real time and present instructions into Web pages which students view. This paper describes outlines of our system and an examples of lesson practices.

Key words e-Learning, Blended Learning, Inquiry-based Learning Support

1. はじめに

1.1 Web-based Blended Learning

情報通信技術の発達に伴い、大学をはじめとする教育機関にインターネットの導入が進んでいる。その結果、図1のように、従来行われてきた教師と学習者の対面による教室での教師主導型授業に e-Learning システムの利用を加えた、Web-based Blended Learning (WBL) の事例が増加している [1]。WBL では、教師は学習コンテンツを Web 上の e-Learning システムに構築・管理する。学習者はインターネット端末を通して e-Learning システムを利用すると同時に、教師からの説明と指示を受けることで教程を進める。しかし実際の運用段階におい

ては、しばしば学習者はあらかじめ用意された e-Learning コンテンツだけでなく、その他の様々な Web コンテンツも積極的に利用する。Web 上には豊富なコンテンツが存在し、調査・学習の対象として有用なためである。

1.2 Web コンテンツを利用する WBL の利点

現状、WBL での Web コンテンツの利用は学習者主導のもと行われているが、それに加えて教師も積極的に Web コンテンツを利用することで、次に述べるような利点を得られると考えられる。

1.2.1 授業効率の向上

学習者は Web コンテンツの利用によって、授業中に発生した疑問を教師の個別指導に頼らず解決したり、教師や e-Learning

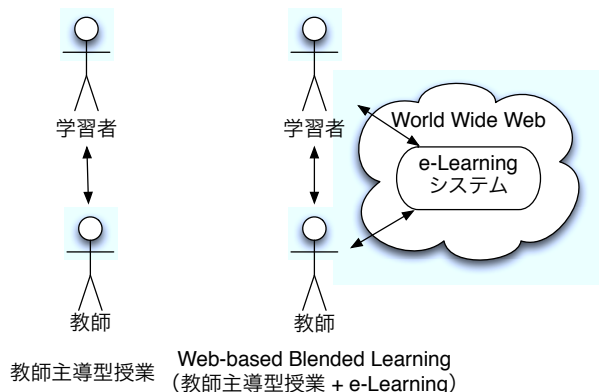


図1 教師主導型授業とWBLの比較

コンテンツからは提供されていない内容を自主的に学習できる。つまりWebが学習者主導的教育リソースとして機能するため教師の指導負担を低減でき、授業効率の向上が期待できる。

1.2.2 学習コンテンツ製作コストの低減

教師は学習コンテンツ構築の際、枯れた部分の内容に留めた学習の枠組みのみを用意して、流動性の高い内容は学習者のWebからの学習に任せる構成をとることができる。その結果、学習コンテンツ製作コストを低減することが期待できる。

1.3 Webコンテンツを利用するWBLの課題

Webの開放性に起因する課題のために、WBLでのWebコンテンツの利用は同時に教育における障害にもなり得る。

1.3.1 トラッキングの問題

Webはe-Learningシステムと異なり教師の管理下にないため、学習者がWebから行っている学習活動をトラッキングすることが不可能である。そのため、教師は学習者の学習状況を把握し、自身の授業運営にフィードバックすることができない。

1.3.2 Web迷子の問題

Webコンテンツは必ずしも学習を考慮して整理されているわけではない。そのため、学習者がWebからの学習に行き詰まり、いわゆるWeb迷子[4]の状態になってしまう可能性がある。その結果、授業時間を必要以上に消費する可能性がある。

1.4 研究目的

1.2節に述べたような利点は、授業時間に制限があり、学習コンテンツ製作に負担のかかりやすい演習授業において特に有効に働くことが想定される。そこで本研究では、従来に加え教師も積極的に全てのWebコンテンツを利用するWeb-based Blended Learning (WBL)をAdvanced Web-based Blended Learning (AWBL)と定義し、その課題解決を目的とした。

2. 関連研究

AWBLの課題は、既に部分的には解決が試みられている。

2.1 トラッキングに関する研究

金西らのLOGEMON[5]では、学習用途に適したWebコンテンツの教授構造を教師がシステム上にあらかじめ分析・蓄積する。そしてシステムがそれらのデータと学習者のWeb履歴を重ね合わせて教師に提示する手法を用いている。これにより、

教師は学習者の理解度を構造的に把握することができる。一方で教師があらかじめ教材用のWebコンテンツを探しだし分析・蓄積しなければならないため、教師にかかる負担が懸念される。瀬下らのlinkWorks[7]では、学習者はあらかじめ定義された学習活動フォーマットに沿ってシステム上でWebからの学習活動を行う。そしてシステムがそのフォーマットに関する情報を学習者のWeb履歴に付加して教師に提示する手法を用いている。この手法は、学習活動を進度状況別に定義することで学習活動の意味的内容に立ち入らない状況把握を実現している。一方で学習者はシステムの定義するフォーマットにそって学習活動を行わなければならないため、学習者にかかる負担が懸念される。

2.2 Web迷子に関する研究

2.2.1 Web空間のナビゲータ

Web空間のナビゲータは、学習者がWebを用いて行っている調査・学習に関連する情報を整理・可視化し、学習者にナビゲーションを提示する手法である。閲覧しているWebページのリンク先[8]に関する情報を用いたナビゲーションなどが行われている。これにより学習者は自身の状況を把握しやすくなり、同じページの閲覧を繰り返したり、学習内容と無関係なWebページへのリンクをたどる事態を回避しやすくなる。これらの研究が想定している学習者数は1人であるが、WBLでは教室内に複数の学習者が存在するため、それらのWeb利用履歴から創発する知識を利用することで、よりよいナビゲーションが実現することが期待できる。

2.2.2 Webページの推薦システム

Webページの推薦システムは、複数の学習者のWeb利用履歴から創発する知識を用いて、学習者にとって有用と推定されるWebページを推薦する手法である。これにより、学習者は他の学習者の情報を利用して自分の調査能力を拡張することが可能となる。協調フィルタリングを用いる推薦システム[2],[3]においては、Web迷子が多発しているような状況では逆に学習者をWeb迷子の状態へと誘導してしまうおそれがある。佐保田らは、対象となるWebページを学習者がブックマークしたものだけに限定して推薦精度の向上を試みている[6]が、ブックマークという行ため自体が学習者の負担になるため、推薦のために十分なWebページが集められないことが懸念される。

3. 手法

本研究ではAWBLの課題を解決するために次に述べる2つの仕組みを用意する。

- (1) 学習者のWeb検索履歴をリアルタイムに提示する仕組み
- (2) 教師の指導を学習者の検索状況に応じてリアルタイムに提示する仕組み

教師は(1)によって、学習者の疑問状況をリアルタイムに把握することができるようになる。つまりトラッキングの問題が解決される。さらに(2)によって、学習者の検索状況に応じた指導が可能となる。学習者は(2)によって、Webからの

学習と同時に教師からの指導を受けることができるようになるため、自分の求める情報に到達しやすくなったり、自分にとって有用な情報を見逃す危険を回避しやすくなる。つまり、Web 迷子の問題が解決される。

4. 実 装

4.1 システム構成

システムは図 2 に示されるように、中継サーバと教師用のモニタリング・インタフェースから構成される。学習者がシステムを利用するためには、中継サーバを経由して Web へアクセスするように自身の端末を設定するだけでよい。中継サーバは、学習者の Web 検索履歴を収集・分析しデータベースへと保存する役割と、学習者が閲覧する検索結果ページに教師の指導コメントをリアルタイムに提示するためのコメントモニタを埋め込む役割を担う。モニタリング・インタフェースは、中継サーバの収集する情報をリアルタイムに可視化する役割と、教師の指導コメントをデータベースに登録する役割を担う。

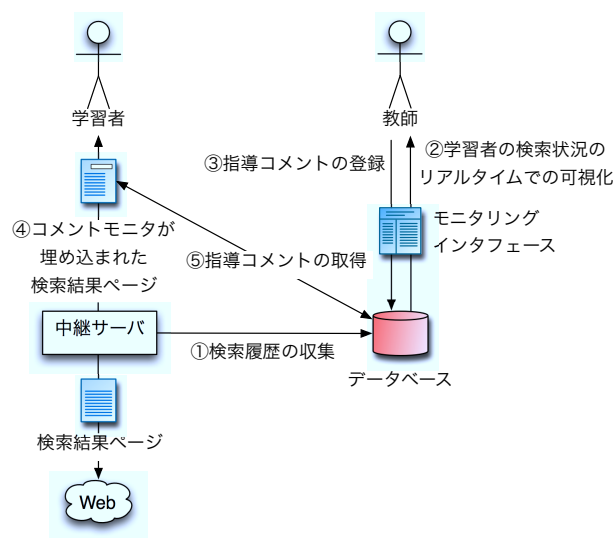


図 2 授業支援システムの全体図

4.2 中継サーバ

中継サーバは、オープンソースのプロキシサーバである Squid cache をベースに Perl で開発したプラグインを追加する形式で実装を行っている。このサーバは図 3 のように、次に述べる 2 つの機能を持つ。

- オンタイム検索検知機能
- ページ・リライト機能

以下、各機能を概説する。

4.2.1 オンタイム検索検知機能

オンタイム検索検知機能は、検索エンジンへのリクエストを検知し、検索語を抽出してデータベースへ保存する機能である。この機能は、検索語の入力補完等のためにブラウザがバックエンドで送信する検索エンジンへのリクエストと学習者自身が送信する検索エンジンへのリクエストが大量に混在する状況であっても適切に分析処理を行える。また Google や Yahoo! など

国内外あわせて 211 種類の検索エンジンを検知することができる。分析処理は以下の手順で行われる。

- (1) 中継サーバは学習者からリクエストを受信すると、それに対してあらかじめ用意してある検索エンジン定義データベースの情報をもとに、ドメイン名でスキャンをかける。
- (2) スキャンの結果、そのリクエストが検索エンジンのドメインへのものであった場合、そのリクエストに含まれるクエリキーを抽出する。
- (3) リクエスト内に有効な検索クエリキーが存在する場合、その内容の分析を行う。

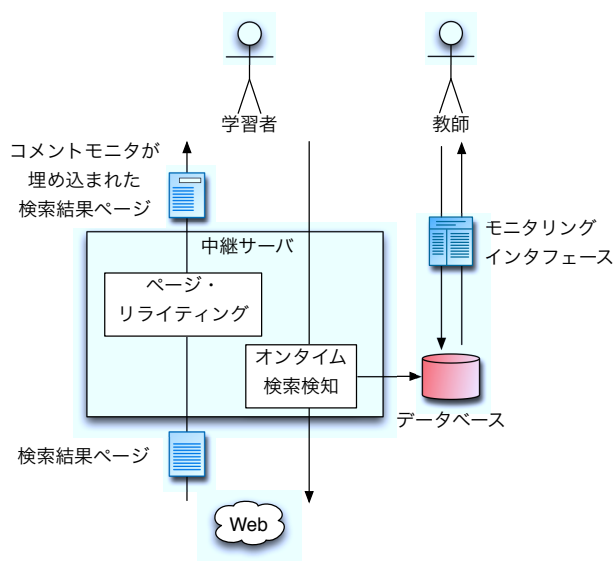


図 3 中継サーバの各機能

4.2.2 ページ・リライト機能

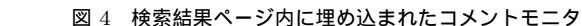
ページ・リライト機能は、学習者へ応答する Web ページの内容を、任意の条件と処理によって定義されるフィルタによって書き換える機能である。書き換え処理は以下の手順で行われる。

- (1) 中継サーバは、リクエストがフィルタによってリライト対象と判断された場合に、その Web ページの内容の取得先を本来の URL からフィルタへと切り替える。
- (2) フィルタは、本来の URL をパラメータとして受け取り、その URL からページ内容を取得して固有の処理を行い、その結果を中継サーバへと返送する。
- (3) 中継サーバは、フィルタ固有の処理が行われたページ内容を学習者に提示する。

この機能は幅広い応用が考えられるが、本研究では表 1 に示すフィルタを定義し、図 4 のように学習者が閲覧する検索結果ページ内にコメントモニタを埋め込むことを実現している。コメントモニタは JavaScript によって実装された Web アプリ

条件	検索結果ページ
内容	ページ内にコメントモニタのソースコードを書き込む

条件	検索結果ページ
内容	ページ内にコメントモニタのソースコードを書き込む



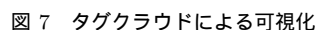
モニタリング・インタフェースは, Ja

リアルタイム可視化部

テーブルによる可視化は、図 6 のように学習者が 1 回の検索で用いた検索句を時系列順にテーブルに並べていく表現である。この表現によって、教師は学習者の検索語の組み合わせ状況を把握できる。一方で、検索語ごとの頻度は把握しづらい。

図 6 テーブルによる可視化

タグクラウドによる可視化は、図 7 のように学習者の用いた検索語を列挙し、それぞれについて利用頻度をもとに大きさを变化させる表現である。この表現によって、教師は学習者の検索語の利用頻度を把握できる。つまり、テーブルによる表現の欠点が補われる。



指導コメント部では、検索句に対して指導コメントの付与ができる。対象となる検索句は、リアルタイム可視化部に表示される検索語をクリックして選択し構成する。指導コメントは4.2.2節で述べたように、検索結果ページ内に埋め込まれるコメントモニタによって、学習者の利用する検索句に応じたものがリアルタイムに提示される。また、検索句を指定せずにコメントすることもできる。その場合、全体コメントとして検索中の学習者全てに提示されることとなる。

5. 実 験

5.1 実 験 目 的

実装したシステムに関して、運用性能の確認と有効性の検討を目的に、青山学院大学で開講されている WBL による演習授業（学習者数 101 名）で運用実験を行った。この授業では、学習者は授業中に発生した疑問を解決するために、積極的に Web 検索を用いている。

5.2 実 験 環 境

システムは表 2 に示される実験機上に構築した。

表 2 実験機の詳細

CPU	Core2Quad Q6600@2.4GHz
主記憶/補助記憶	4GB / 500GB
ネットワーク	100BASE-TX
OS	Fedora release 8 64bit

5.3 実 験 手 法

教師はシステムを利用し学習者の疑問状況を把握し、指導コメントを適時システムに登録した。

5.4 実 験 結 果

システムは正常に動作し、通常の Web アクセスでの遅延は起きなかった。ただし負荷時に、ページ・リライティング動作に限り 100ms～200ms の遅延が確認された。

5.5 考 察

図 8 は、教師による指導コメント登録時間と学習者の検索回数推移に関するグラフである。教師が学習者の検索が集中する時間帯に多くのコメントを登録していることからモニタリング・インタフェースによって教師が適切に学習者の疑問発生状況を把握できたことが推定される。

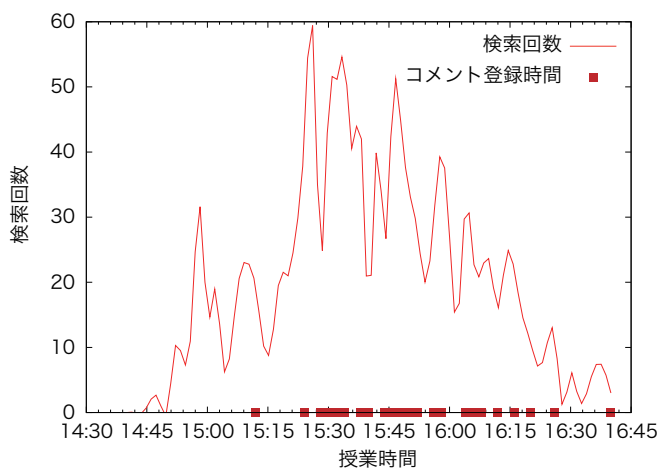


図 8 指導コメント登録時間と学習者の検索回数推移

図 9 は、指導コメントで推奨した URL の閲覧数推移に関するグラフである。教師は URL を推奨すべき検索句を把握し、それに対して推奨 URL を含むコメントを登録した。登録後、その URL の閲覧数が増加したことから指導コメントが学習者に影響を与えられたことが推定される。また持続的に閲覧数が

増加傾向にあることから、教師の指導が学習者の疑問発生に同期しなくてもよい状況が実現されたと言える。

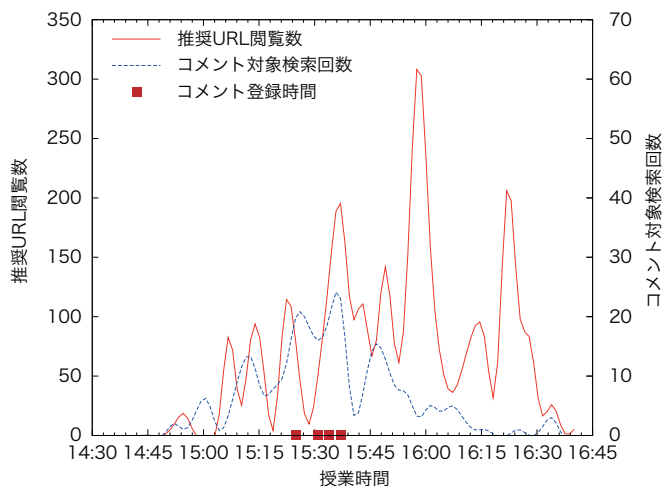


図 9 指導コメントで推奨した URL の閲覧数推移

図 10 は、ある疑問への適切な検索語を全体コメントで提示した後の、その検索語利用数推移に関するグラフである。コメント前後で検索語の利用数に顕著な変化が見られることから、適切な検索語を利用できていなかった全ての学習者に広く影響を与えられたことが推定される。

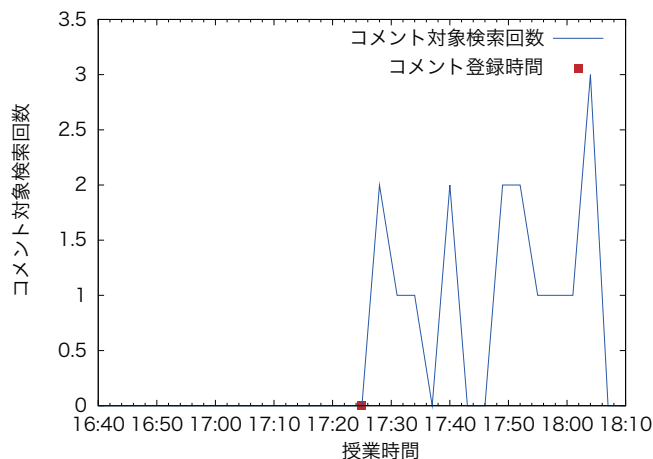


図 10 全体コメントで提示した検索語の利用数推移

6. おわりに

本研究では従来に加え教師も積極的に全ての Web コンテンツを利用する Web-based Blended Learning (WBL) を、Advanced Web-based Blended Learning (AWBL) と定義し、そのための授業支援システムを開発した。また、開発したシステムを実際の授業内で運用し、その運用性能と有効性を確認した。今後は引き続き授業での運用を行いながら開発を進めていく予定である。

文 献

- [1] Josh Bersin. *The Blended Learning Book : Best Practices, Proven Methodologies, and Lessons Learned*. John Wiley & Sons, Inc, 2004.
- [2] P Kazienko and M Kiewra. Integration of relational databases and web site content for product and page recommendation. In *Database Engineering and Applications Symposium .IDEAS*, 2004.
- [3] J Li and O Zaiane. Combining usage, content, and structure data to improve web site recommendation. In *Proceedings of WebKDD 2004 workshop on Web Mining and Web Usage*, 2004.
- [4] J. Nielsen. The art of navigation hypertext. In *Communication of the ACM*, Vol. 33, pp. 297–310, 1990.
- [5] 金西計英, 妻鳥貴彦, 矢野米雄. Logemon : web 教材を使用した授業での教師支援システム. 電子情報通信学会論文誌, No. 6, 2000.
- [6] 佐保田圭介, 波多野賢治, 宮崎純, 吉川正俊, 植村俊亮. ブックマークの階層構造情報を組み込んだ協調フィルタリングによる web ページの推薦手法. 電子情報通信学会第 15 回データ工学ワークショップ, 2004.
- [7] 瀬下仁志, 田中明通, 丸山美奈, 鈴木英夫, 高橋時市郎. 学習者主導の学習活動における活動プロセスの可視化・分析. 日本教育工学会論文誌, 第 29 巻, 2005.
- [8] 池田新平, 是津耕司, 小山聡, 田中克己. Web コンテンツの周辺情報提示によるナビゲーション支援. 日本データベース学会 Letters, 第 2 巻, 2004.