

平成22年 6月 4日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19700648

研究課題名（和文） 個別学習支援のためのインタラクティブeラーニングシステムの開発

研究課題名（英文） Development of an E-Learning System for Individualized Learning

研究代表者

井上 亮文（INOUE AKIFUMI）

東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・助教

研究者番号：50386778

研究成果の概要（和文）：本研究では、個別学習用コンテンツの生成を目的として、以下の3種類のシステムを開発した。(1)受講者の学習状態を検知して講師側にわかりやすく視覚化するHTML講義資料、(2)板書講義を復習しやすい形式で自動生成するシステム、(3)プログラミング講義のスライドからソースコードを解説する動画を自動生成するシステム。それぞれのシステムは実際の講義で運用され、講義改善や個別学習支援に活用されている。

研究成果の概要（英文）：In this project, I developed 3 systems in order to produce contents for individualized learning. (1) HTML-based contents that can visualize the activity of the students, (2) automatic indexing system for chalk-talk videos based on highlighting marks, (3) a system that generates source code animation from PDF slides. Those systems have been in operation by the leader of this project.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	800,000	0	800,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	2,000,000	360,000	2,360,000

研究分野：eラーニング

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学

キーワード：eラーニング、コンテンツ生成システム

1. 研究開始当初の背景

現状のeラーニングコンテンツは、生徒のモチベーション維持が困難であることが指摘されている。教室で行われる講義では、講師が生徒の様子を見て内容や進度を調整しながら講義を進めることが出来る。これに対して多くのeラーニングコンテンツでは、講

師映像とスライド資料とが決められた手順・ペースで淡々と表示される。生徒の状態が一切反映されないため、大教室講義に多い「進行が早すぎて取り残される」「遅すぎて退屈する」のと同じ境遇に陥りやすい。

また、コンテンツが不足しているにもかかわらず

ならず、その作成には多大な労力を要する。電子スライド中心の講義では、収録から配信までを自動化するものはいくつか存在する。しかし、板書形式や演習形式の講義は、基礎能力や実践力を養う上で必須であるにもかかわらず、ほとんどと言って良いほど考慮されていない。

2. 研究の目的

以上の背景を踏まえ、本研究課題では以下の2点の実施を目的とした。

(1) 学生の学習状態把握システムの開発

学生が現在どのような状態にあるかを判定するシステム。学習状態としては、講義の進行に影響を与える要素（集中度、注目箇所等）の取得を目指す。取得方法は、コンテンツに対する受講者の無意識的な操作から行う。学習行為そのものを邪魔せずに正のフィードバックが得られるため、講義の改善やコンテンツの挙動変更が期待できる。

(2) 個別学習用コンテンツ自動生成システムの開発

講師の手をかけずにコンテンツ化を自動で行うシステム。コンテンツは個別の学習（復習）に特化し、目的の講義や特定シーンへのアクセスを容易にし、時間や場所を問わずわかりやすいユーザ提示を行う。これを自動で生成できれば、最小限の労力で最大限の教育効果が得られる。

3. 研究の方法

(1) 学習状態把握システム

事前アンケートの結果、特にプログラミング系の科目でのコンテンツを希望する声が多かった。これは研究代表者の所属する学部が情報系であり、プログラミングに関する技術を身につけたいという意識の学生が比較的多いこと、演習系の科目は学生間の理解度に差が出やすく、講師が進度を判断しづらくなることが考えられる。

当初目的とした、生体情報からプログラミング系科目の学習状態の検知は有意な知見を得るには至らなかった。プログラミング系の科目は、学習時にさまざまな資料を行き来する。講義時の配布資料だけでなく、他のWebページなども参考にすることが多い。講義時間以外にも学習状態を検知しようとすると、閲覧中の資料内容を解析するなど、プライバシーに関わる問題が多発してしまう。

以上より本研究では、これまでの研究で有用性が指摘されているマウスの挙動を学習状態検知に用いた。その上で、プログラミング系科目で用いられるHTMLベースの講義資料を対象に、以下の機能を実現した。このような「集団の学習状態」を視覚化して講師にフィードバックすることで、講義の進行や、個別学習用コンテンツの作成に役立てる。

- i) 講義資料の閲覧箇所を、ページ単位でなく画面単位で検知する
- ii) 講義資料が演習（プログラミング）に活用された箇所を検知する

講師に必要なのは、資料にシステム呼び出しを1行追加するだけである。受講者に必要な作業は何もない。これまで通りブラウザで資料を閲覧して講義を受けるだけでよい。

(2) 個別学習用コンテンツ自動生成システム

① 板書講義コンテンツ生成システム

板書のように手書きを頻繁に用いる講義がコンテンツ化されにくい原因の1つは、文字を認識して内容を判断するのが困難だからである。本研究では、文字そのものではなく、手書きを行う際に付加的に用いられる視覚的な強調記号を利用して手書きコンテンツ等を自動的に整理・共有し、個別学習用のコンテンツとして再構成するシステムを開発した。

このシステムでは、講師が板書をする際に、赤・青・黄のカラーマグネットを貼り付けてもらうこととした。この位置・色・添付時間を動画中から認識することでスナップショット取得や動画の分割を自動的にを行い、復習のしやすい形で再構成する。このようにして生成されるコンテンツは以下の機能を持つ。

- i) 板書中の見出しや図を認識し、サムネイルとして切り出す。
- ii) サムネイルをクリックすると、動画でその説明をしている時間にジャンプする。
- iii) 公式の証明開始から終了までのように、部分コンテンツとして成立するものを認識し、そこだけを個別に学習できるよう切り出す。

② プログラミング解説動画生成システム

同様の手法はプログラミングの電子スライドにも適用した。文字色の変更といった、ソースコードを解説するスライドで特徴的な修飾方法を認識し、その部分画像をもとに

プログラムの流れを意識した動画を自動生成する。

本システムでは特に、携帯端末上でソースコードをわかりやすく表示するためのカメラワーク生成に注力した。具体的には以下の機能を備えている。これにより時間・場所を問わない個別学習を支援できることができる。

- i) 小さな表示領域を考慮し、ズームインとズームアウトを必要に応じて使い分ける。
- ii) 注釈など付加的な情報がある場所でカメラワークを停止し、ソースコードを邪魔しないように別枠で表示させる。

4. 研究成果

(1) 学習状態把握システムの開発



図 1 講義資料の閲覧箇所の視覚化

図 1 は、講義資料の中で閲覧された箇所を視覚化したものである。青色が濃い部分ほどユーザが表示していた時間が長い。講義資料はブラウザの表示範囲よりも大きくなる。システムはユーザのブラウザ上で資料のどの

部分が表示されていたかを常に検知している。

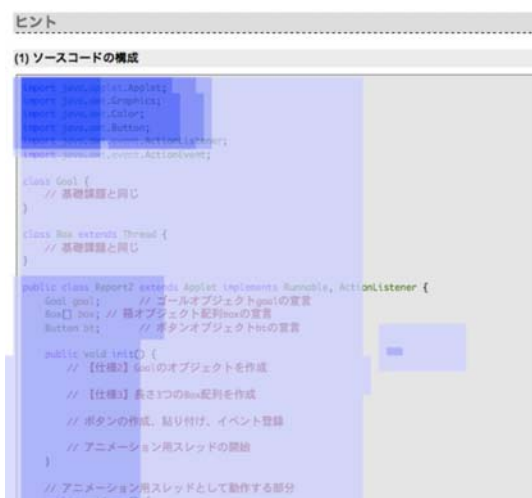


図 2 資料中の選択箇所の視覚化

図 2 は、講義資料の中で演習用に活用された箇所を視覚化したものである。青色が濃い部分ほどユーザが活用した回数が多い。プログラミングでは資料の一部を選択（コピー&ペースト）して課題に用いる。システムはそのような範囲選択操作がされた箇所を常に検知している。

代表者が担当するプログラミング系科目で運用実験を行った。受講者 112 人の講義（計 180 分）の間にシステムが検知したイベント数は約 18,936 件であった。内訳は表示領域に関連するイベントは 16,520 件、選択に関連するイベントは 2,416 件であった。実験中にシステムはトラブル無く動作し続けた。この結果得られた集団の学習状態をレビューしたところ、以下のようなことが示唆された。

- i) ソースコードの解説箇所は注目されている。
- ii) ソースコードの解説箇所はコピーされている。
- iii) 実行結果の解説箇所はほとんど注目されていない。
- iv) 講師が解説中の場所以外の部分に注目している受講者が多い。

以上、本成果により、講義の進行や内容に有用な学習状態を極めて低コスト・低労力で収集することができた。講師はこれまでの資料をほとんど変更しなくてよい。受講者はこれまで通りブラウザで講義を受けるだけでよい。今後はこの結果を実際の講義にフィードバックさせていく。

(2) 個別学習用コンテンツ自動生成システム

①板書講義コンテンツ生成システム

図3は、講義集録動画から板書の見出しなどを切り出して表示した画面である。図4は、図3の切り出し画像をクリックすると表示される画面である。画像に対応する説明をしていた時間から動画が再生される。

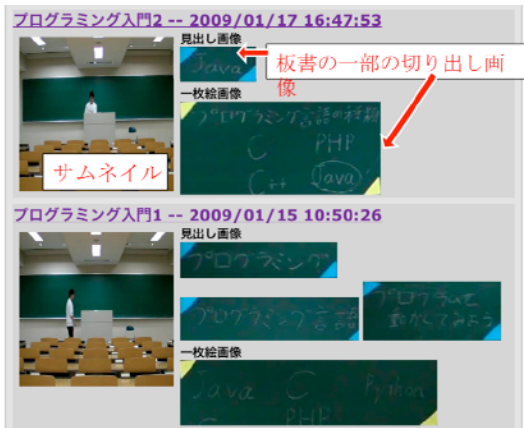


図3 板書の切り出し結果

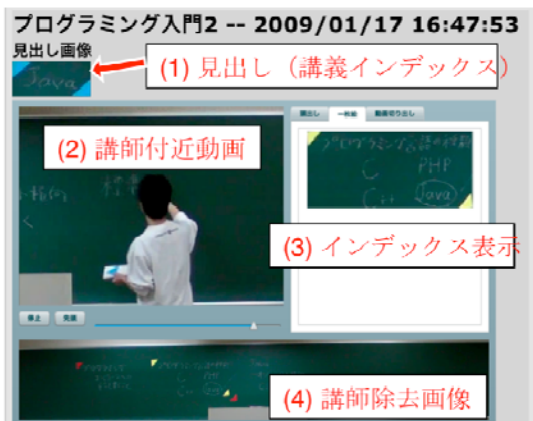


図4 指定場面からの動画再生

システムによる講義方法が講師に与える負荷を知るため、講義歴10年以上の男性講師にシステムを利用した模擬講義を実施してもらった。科目は数学で、1回あたり20分の講義を3回行った。

実験の結果、マグネットを利用した講義は負担にならないとの意見が得られた。この理由として、「数学の講義ではノートに講義資料がまとめてあり、その時点で構造化が終わっているため、それに沿ったマグネットを貼り付ければ良いだけだから」ということであった。

マグネットの認識に関しては、適合率が

80%、再現率が89%であった。無駄も含まれるが、講義を概観するには十分な精度が得られた。精度が落ちた理由は、照明ムラ、講師によるマグネットの貼り直し、などであった。

本成果により、板書中心の講義を極めて低コスト・低労力でコンテンツ化できるようになった。講師はマグネットを使って講義し、その様子を固定カメラで撮影するだけでよい。それをサーバにアップロードするだけでコンテンツが自動的に生成される。このコンテンツは個別学習、特に復習に特化した機能を多数有している。今後は実際の講義で利用可能な段階まで精度やユーザビリティを向上させていく。

② プログラミング解説動画生成システム

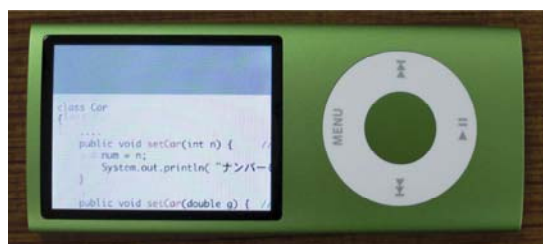


図5 携帯端末上のソースコード動画

図5は本システムで生成した動画を市販の携帯端末上で表示したものである。本システムで生成するアニメーションでは、まずスライド上のソースコード全体が表示される。その後、詳細説明のためにズームした状態でパン・チルトを続ける。最後に、もう一度全体を表示して終了する。コメントや関数呼び出しの箇所ではチルトを停止し、解説用のテキストを重畳表示する。

スライドの修飾部の認識精度を求めため、7人の被験者にソースコードを解説したスライドを作成してもらい、システムに入力した。スライドの総枚数は39枚、スライド作成ソフトはPowerPointが78.6%、Keynoteが21.4%であった。

実験の結果、修飾部の認識に失敗したスライドは1枚であり、97.4%の精度が得られた。本システムはスライド作成ソフトによる文字色変更や図形を認識する。手書きの板書に比べて遙かに高い精度が得られた。

本成果により、あらゆるプログラミング言語に関わる個別学習用のコンテンツを高効率で生成できるようになった。講師はこれまで通りスライド作成ソフトで講義資料を作成し、ごくわずかな図形を加えるだけでよい。学生にとっては、紙の上ではイメージしにく

かったプログラミング言語の解説を携帯端末上でわかりやすく復習することができる。今後はアニメーションの表現に幅を持たせるため書式定義を充実させていく。

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1件)

- ①. 井上亮文, 小林未宇, 市村哲, 星徹, "簡易書式に基づくホワイトボードログの整理・共有システム", 査読有り, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 1, pp. 278-288, 2009年1月.

[学会発表] (計16件)

- ①. 井上亮文, 品田良太, 市村哲, 星徹, "板書の強調を利用した復習用講義動画コンテンツの自動生成", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02010)シンポジウム, 岐阜県(2010.7 発表決定).
- ②. 菊川真理子, 井上亮文, 金井秀明, 星徹, "プログラミング特有表記を利用したソースコードアニメーション自動生成手法", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOM02010)シンポジウム, 岐阜県(2010.7 発表決定).
- ③. Masayo Kagifuku, Akifumi Inoue, Tohru Hoshi, "ToGather: Linguistic Knowledge Extraction/Sharing System from Paper Documents", in Proc. IEEE Workshop on Multimedia Technologies for E-Learning, pp. 669-674, San Diego CA, Dec. 14. 2009.
- ④. 品田良太, 井上亮文, 星徹, "講師の意図を考慮した板書講義コンテンツの自動生成", 情報処理学会研究報告, 2009-GN-70, 鹿児島県, pp. 19-24(2009.1.22)
- ⑤. 小林未宇, 井上亮文, 星徹, "WBlog: 簡易書式と画像処理によるホワイトボードログ取得システム", インタラクシオン 2008 論文集, 東京都, pp. 79-80(2008.3.3)

[その他]

ホームページ等

<http://www.teu.ac.jp/hoshi-lab/~ainoue/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

井上 亮文 (INOUE AKIFUMI)

東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・助教

研究者番号: 50386778