

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 5月18日現在

機関番号：11301

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21700798

研究課題名（和文） 非同期型 e ラーニングを対象とした自由な受講行動を許す
受講・学習支援システム研究課題名（英文） A learning supporting system with various operational functions for
playing back on-demand e-learning material

研究代表者

大河 雄一 (OHKAWA YUICHI)

東北大学・大学院教育情報学研究部・助教

研究者番号：60361177

研究成果の概要（和文）：本研究では、同期型の電子黒板システムを用いて実施された授業の実施記録データを、逆再生や早送り、スキップなど様々な自由な操作を提供することで、効果的な非同期型学習教材として使用可能であることを示し、そのプロトタイプを Flash アプリケーションとして実装した。また、授業教材に含まれる音声情報に着目し、主話者とそれ以外の話者の同定を行い提示することで、目的となるシーンの頭出し等が容易になる仕組みの提案を行った。

研究成果の概要（英文）： In this study, we had developed web-based playback system that a log, which shows performed instructions with shareable electronic blackboard system, can be used as an on-demand e-learning material. In addition, this system provides various operational functions for playback instructions. We had also investigated the method for finding a scene, which a learner would like to play back, using acoustic information recorded with lesson.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学，教育工学

キーワード：遠隔教育

1. 研究開始当初の背景

大学での講義を e ラーニングとして実施する場合、様々な実施方法が存在するが、一般に、遠隔地で行われている講義をリアルタイムで受信して学習を行う「同期型」と、サーバなどに記録された教材をオンデマンドで受信し学習を行う「非同期型」に分けることが出来る。

(1) 同期型 e ラーニングでの教授プロセス

同期型の e ラーニングの場合、学習者は学習中に疑問に感じたことを教師に対し直接質問するなど、意思表示を行う手段が用意されることが一般的である。また、そういった学習者の反応に対し教師は、当該箇所を繰り返し説明するなどの対応行動を行うことで、学習者の理解が促進され効果的な学習を行うことが可能である。例えば、樋口らは、学

習者の反応に基づき対話的に教授を行うプロセスモデルを提案しており、我々の研究グループではこのモデルに基づき、共有型電子黒板システム IMPRESSION および、それを利用した授業ふり回りシステムを開発している。

(2) 非同期型 e ラーニングの問題

ところが、非同期型の e ラーニングを対象とした場合、非同期という性質上、学習者の反応に合わせて教師が学習の進行を補助することは不可能である。そのため、学習者自身が各自の理解状況に合わせて授業の進行をコントロールする必要が生じる。しかし、従来の非同期型 e ラーニングでは、学習者の意思を授業の進行に反映する手段はきわめて限られていた。例えば、ビデオを用いた教材では、進行をコントロールすることが許されていたとしても、一時停止やシークといった簡単な操作が行える程度であり、自分が見直したい内容を短時間で容易に頭出しできるように工夫されているものはほとんど無い。結果として、疑問等を感じているにもかかわらず頭出しなどの操作の面倒さから、疑問をそのままにして、再生を続けるといったことが起こる原因となっている。また、先に述べた我々が開発中の授業ふり回りシステムも、学習者が自由な受講行動を行うため使用するには、機能が十分ではない。一方で、同期型に比べれば非同期型の e ラーニングが非常に多く実施されている現状を考えれば、このような問題は、学習者の学習への意欲を失わせる原因となるため、早急に改善が必要である。

(3) 学習者自身による学習進行制御の可能性

こうした問題に対し、非同期型の e ラーニングであっても、学習者自身が自らの理解状況に応じて、学習の進行をより容易にコントロールできるようにすることができれば、同期型の e ラーニングにおいて教師が授業をコントロールするのと同様に、効果的な学習が行える可能性がある。また、近年発達が目覚ましい、Flash 等を利用した RIA (Rich Internet Applications) 技術を用いることで、従来の非同期型 e ラーニングでは難しかった、学習者の操作や行動に対しインタラクティブな動作を可能とした表現力の高い学習環境が実現可能と考えられる。加えて、学習コンテンツ再生に RIA 技術を使用することで、再生だけではなく、学習者の詳細な受講行動を記録することも可能となる。これを分析し学習者自身にフィードバックすることで、学習者の自主的な学習の支援にも利用できる可能性がある。

2. 研究の目的

本研究では、非同期型 e ラーニングにおいて、学習者自身が出来るだけ自由に授業の流れをコントロールできるとともに、学習の進捗を把握可能とするシステムを提供することにより、学習者自身の理解状況に合わせた学習を実現する学習システムの構築を行う。本研究で提案する受講システムを実現するために明らかにすべき事項は次の通りである。

- (1) 通常の再生方法だけでなく、早送りや巻き戻し、迅速な頭出し等、学習者自身が授業進行をコントロールする上で必要な操作インタフェースの内容。
- (2) 学習者が自由に授業進行をコントロールする際、学習者自身が学習の進捗状況を把握するために、記録すべき・記録可能な、学習者の行動の内容と進捗の提示方法。

3. 研究の方法

(1) 学習支援システム

本研究では、IMPRESSION を用いた授業の実施ログである教示記録を再生可能な、Flash を用いた Web 学習システムの開発を行う。

① 学習者自身による学習のコントロール

先述の通り、非同期型の e ラーニングにおいては教師が学習者の理解状況に応じて、その学習内容や進捗をコントロールすることはできない。しかしながら非同期型の e ラーニングでは、学習者自身が自らの理解状況に応じて学習を進捗させることが可能であり、IMPRESSION が出力する教示データのようなストリーム型学習教材の視聴においても、学習者の目的に応じて自由に操作可能とできれば、学習者自身が自らの理解状況に応じて説明を見直すなどの学習が可能とでき、これにより効果的な学習を促進できるものと予想される。

そこで今回、これまで我々の開発グループで開発を行ってきた共有型電子黒板システム IMPRESSION が授業実施結果として出力する教示データを対象に、その通常の再生だけでなく、早送りや巻き戻し、指定位置の頭出し等、学習者自身が授業進行を自由にコントロールする上で必要となる多様な操作を可能とするインタフェースを備えた再生システムを提案する。

本システムで想定する利用可能な操作の内容を表 1 に示す。

表 1: 本システムの備えるべき操作機能

a. 再生	f. スライダーでシーク
b. 一時停止	g. スライドヘジャンプ
c. 高速再生(x2,x4)	h. 短時間のスキップ
d. 逆再生	i. しおり機能
e. 逆高速再生(x2,x4)	

ここで、a. b.は通常の再生および一時停止を行う機能である。また、c.を用いることで、順方向に高速再生を行い、授業内容を確認しながら短時間での視聴を可能とする。一方、d.および e.は、逆方向での再生を行う機能であり、これにより内容を確認しながら巻き戻しを行うことができる。f.は、スライダーの操作により内容を確認しつつ、目的の位置に移動するための機能である。g.は、教材内容を示すスライドのサムネイルを手がかりに目的のシーンの先頭に移動するための機能である。h.は、1回の操作で単位時間分だけ先に移動する、もしくは後に戻るための機能であり、これにより、見逃したり、聞き逃した場合にとっさに少し前の時間に戻ったり、視聴が不要な箇所を飛ばしながら再生することができる。また、i.は、後で視聴したいシーンなどにマークを登録し、視聴時にマーク位置に即座に移動し、視聴を開始可能とする機能である。

② Flash を用いた RIA

以上のようなシステムを多様な環境で、インストール作業無しに利用できるようにするために、本研究では Adobe 社の Flash を利用した RIA (Rich Internet Applications) として実装を行う。Flash は、多くの Web ブラウザにインストールされて利用されており、OS 上で直接実行されるアプリケーションと同様にインタラクティブで表現力の高いアプリケーションを実現可能である。

また、このような Web アプリケーションの形をとることで、利用者によるリビジョン管理を必要とせず、アプリケーションを提供する側で管理が可能となり、大規模な改修を実施した場合にも、利用者が問題なくアプリケーションを実行できるようにすることが可能となる。

③ 学習状況の把握機能

本研究では、学習コンテンツの再生機能を RIA として実装し、Web ブラウザ上で再生だけではなく、再生コントロール機能を利用した学習者の詳細な視聴行動を記録することも念頭においている。これを分析し、学習者自身や教師に何らかのフィードバックを行うことが可能となる。

(2) 話者発話区間検出

本研究では、多様な操作方法の検討だけではなく、その自由な操作を行い e ラーニング教材の中から希望するシーンを見つけ出す手がかりを与えることも検討する。その方法として、同期型の授業実施にビデオカメラ等で容易に収集が可能な音声情報に着目した。

① 音声の収録方法

一般に、ビデオの収録にも用いられるデジタルビデオカメラは音声をステレオで収録可能なタイプも多く、話者発話区間検出と

して最大 2 つの異なる音声を収録可能である。そこで、追加コストをかけずに話者発話区間を検出するため、1 台のカメラで収録した音声を使用することを念頭に置くこととした。このような想定の下、本研究では下図のように、主話者 (教師) マイクと聴衆者 (教室環境音) マイクの異なる 2 本のマイクロホンで講義の音声収録を行う。

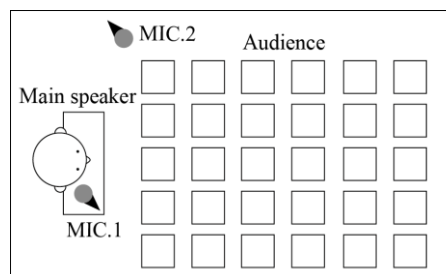


図 1: マイクのセッティング位置

② 話者発話区間検出に用いる手法

音声は、特徴量分析を行った上で、あらかじめ学習しておいた音声と非音声の GMM を用いて、モデルと入力音声のマハラノビス距離により音声区間と非音声区間に識別を行う。

次に、前段階で音声と識別した区間に対して、2 本のマイクのパワー比を用いて、主話者・聴衆者発話区間の検出手法を行う。主話者の発話であれば、分母、分子ともに一定の大きさになるのに対し、聴衆者の発話では、分母に比べ分子の主話者マイクのパワーは十分に小さいと考えられることから、入力データのパワー比がしきい値より大きければ主話者、しきい値より小さければ聴衆者とみなす。

4. 研究成果

(1) 学習システムの実装

基本設計に基づき、Flash ソフトウェアの開発環境として Adobe Flex Builder 3 および Flex SDK 3.2 を使用し、プロトタイプシステムの実装を行った。実装したシステムの実行例を図 2 に示す。本システムは、画像の提示や書き込みによる注釈が表示される共有黒板再生部、再生方向や速度の指定、ならびに指定した任意のスライドに移動するためのコントロール部、および授業の様子を撮影したビデオを表示するためのビデオ表示部からなる。以下、各機能の詳細および評価実験の結果について述べる。

① 共有黒板再生機能

本機能は、IMPRESSION が出力する教示データを読み込み、画像の提示や、手書き入力による注釈等の書き込みを再生するための機能である。

IMPRESSION の教示データは、時間ごとの教示行為が XML により表現されている。そこで、本システムは、これをパーズして、タイムコードに従い表示を行うこととした。この際、

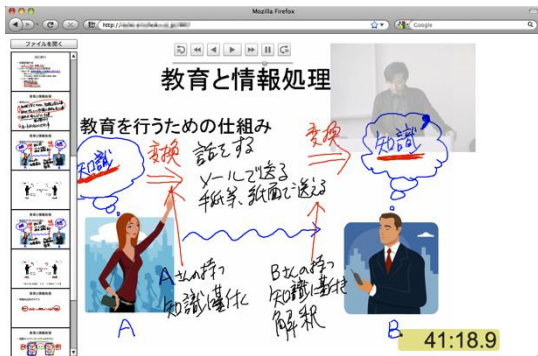


図 2 開発したプロトタイプシステム

開発の元となった、既存の IMPRESSION では、注釈の書き込みがビットマップ画像として表現されていることが問題となった。既存の IMPRESSION では、授業中のプレゼンテーションに利用することを念頭に開発されているため、基本的に順方向への再生のみが行われ、以前に使ったスライドを表示する場合にも、当該スライドの上に描画された最終的な画面状態のコピーを保持していれば、その上に追加書き込みを行うだけで済むこととなる。これに対し、今回提案するシステムでは、逆再生などの多様な操作が行える必要があり、逆再生が行われる場合、書き込まれた注釈の書き込みを消去できるだけでなく、その書き込みの下に書かれていた内容も元に戻して表示できる必要がある。そこで、本システムでは、IMPRESSION の持つ注釈を消去する消しゴム機能を含め、すべての線分の書き込みを、座標や太さ等の属性情報のみを管理するドロー画像として表現し、逆再生においても線分単位で表示・非表示を行えるよう改変した。

② コントロール機能

表 1 で挙げたコントロール機能のためのインタフェースを図 3 に示す形で実装した。2 倍速再生、4 倍速再生、および逆再生は、早送り、または巻き戻しボタンを繰り返し押下することにより再生モードを変化させることとし、この再生モードに応じてタイムコード表示部(図 2)の左上部に表示することとした。

また、表 1 の g. スライド単位でのジャンプは、図 2 に示すように、サムネイル画像の一覧を表示し、その一つをクリックすることで、当該スライドによる説明が行われているシーンの先頭に移動することとした。なお、IMPRESSION では、白紙のスライドをまず表示し、その上に図の提示や自由曲線の書き込みを行うといった形態の利用方法が存在する



図 3: コントローラ

ため、シーン選択用サムネイルには、次のスライドに切り替わる直前の状態を表示することとした。

また、Web 画面の限られた領域に表示するため、画面内でコントローラ等を自由に移動できるようにするとともに、図 3 右上のスライダーにより透明度を変更できるようにしている。また、視聴時の邪魔とならないよう、マウスのフォーカスが離れて一定時間経つと、自動的に表示を消すようにした。

③ ビデオ表示部

既存 IMPRESSION では、菅野らによる拡張により、IMPRESSION の電子黒板上の教示内容と同時に授業風景のビデオ録画が可能となっている。そこで本研究では、同様に録画したビデオを電子黒板のタイムコードに合わせて再生を行うよう実装した。ただし、このビデオは、Windows Media 形式により収録されており、そのままでは Flash アプリケーション上で再生速度を変更させて再生することができない。そこで、本システムでは、利用前に FLV 形式にトランスコードを行った上で利用することとした。

なお、今回は、ビデオの再生速度を変更するために、Flash サーバの一つである Wowza Media Server を利用している。しかしながら、このサーバを利用してビデオの再生速度を変更した場合、そのままではビデオの音声も再生されないといった問題がある。

④ 受講行動取得機能

本システムを用いてユーザがどのような行動を行うのかを記録できるようにするため、プロトタイプシステムに対し、ボタンの押下等を行った際にその記録をサーバに送信するプローブの実装を行った。この際、ネットワークの状態等に影響されないためシステム内にログを一旦保存し、一定時間ごとに送信する仕組みを採用している。

⑤ Flash セキュリティモデルへの対応

Flash Player のセキュリティモデルでは、基本的にクライアントアプリケーションが他の Web サーバに直接アクセスすることを禁じている。そのため、今回開発したシステムでは、本システムを提供する Web サーバ上に画像専用のプロキシサーバを設置し、これを經由して画像ファイルを取得し、表示することとした。

⑥ 評価実験

実授業を用いたコンテンツを開発し、復習等のため学生に自由に試聴させた。この際、比較対象として単なるビデオ撮影映像および従来システム同様の操作機能しか持たない授業コンテンツ視聴システムも合わせて提供し比較を行った。その結果を表 2 に示す。本研究課題で提案する自由な視聴機能を頻繁に使用していることが確認されており、本研究の有効性が明らかになったと言える。

表 2: 機能ボタンの平均押下回数

システム	利用回数	再生	ポーズ	停止	シーク	早送り	巻戻し	逆再生	30秒	-30秒	ページ
ビデオ	61	1.13	0.44	1.07	9.56	—	—	—	—	—	—
従来のシステム	97	1.73	1.04	0.36	6.92	—	—	—	—	—	—
提案システム	64	1.75	0.72	—	3.39	2.06	0.19	0.08	16.41	0.83	2.16

(2) 話者発話検出

① GMM による音声・非音声判別

頑健な音声モデルを作成するために、授業収録の音声と性質が似ていると思われる日本語話し言葉コーパス CSJ から学会講演音声を用いて GMM の学習を行い、音声・非音声の検出を行った。モデルの混合数ごとの検出結果を表 3 に示す。

結果から主話者発話と聴衆者発話の正解区間のうち約 88.0%が含まれている。そのため、主話者や聴衆者自身の発話を学習したモデルでなくても、比較的高精度に音声の検出を行えることが分かる。

表 3: 音声・非音声検出結果

検出対象	評価基準	ガウス混合数			
		2	4	8	16
非音声 音声	再現率[%]	33.6	8.0	44.8	63.0
	適合率[%]	95.3	99.2	93.5	88.3
非音声 音声	適合率[%]	75.2	81.3	75.1	70.7
	再現率[%]	71.1	65.4	74.2	79.9

② パワー比による主話者・聴衆者検出

一定区間の発話から主話者・聴衆者発話区間の判別に用いるしきい値を決定するために、収録した講義音声の主話者・聴衆者発話区間を数秒間抜き出し、予めパワー比及び平均と分散を求めた。

主話者発話の平均と分散はそれぞれ 14.6, 12.7, 聴衆者発話の平均と分散は 0.18, 0.004 である。事前に求めたパワー比の度数分布を参考にしきい値を変化させて検出実験を行った結果に基づき、しきい値を 0.3 に設定することとした。

①で音声と識別されたサンプルに対し、主話者・聴衆者発話区間の検出実験を行った結果、主話者発話の適合率は 93.7%, 再現率は 79.7%, 聴衆者発話の適合率は 3.3%, 再現率は 72.2%となった。聴衆者発話の適合率が悪いことが分かる。これは、今回の対象データは主話者と聴衆者間インタラクションのある講義であるものの、主話者発話が 63.6%に対し聴衆者発話は 0.8%と、聴衆者発話が極めて少ないサンプルであったことが原因であると考えられる。

③ プロトタイプシステムを用いた評価実験

図 4 に示すように話者発話区間を提示したシーン選択視聴支援システムを実装した。このシステムを用いて評価実験を行った。

人手による正解ラベルおよび提案手法による自動検出結果を提供し、被験者にビデオを試聴しながら、内容をまとめるという作業を行わせた。実験後のアンケートからは、「質問や指摘が思い出せないときに使用して

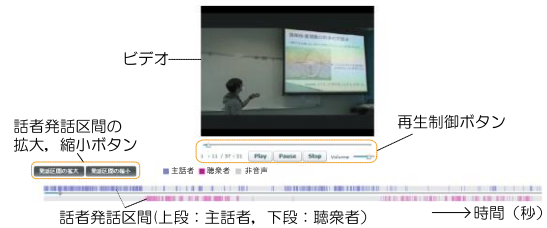


図 4: 実装したシステム

たい」というコメントが得られており、授業の試聴や振り返りの支援に有効であることが示唆された。

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 4 件)

① 趙秀敏, 今野文子, 朱嘉琪, 稲垣忠, 大河雄一, 三石大, 第二外国語としての中国語学習のためのブレンディッドラーニングの開発と実践, 教育システム情報学会誌, 査読有, Vol.29, No.1, 2012, 49 - 62.

② Yuichi Ohkawa and Takashi Mitsuishi, A Development of Web-Based Player for Instructions Recorded with the Electronic Blackboard System IMPRESSION, HUMAN-COMPUTER INTERACTION, 査読有, Part IV, HCII 2011, LNCS 6764, 2011, 500 - 509.

③ Fumiko Konno, Yuka Kanno, Yuichi Ohkawa, Takashi Mitsuishi and Koji Hashimoto, Design and Implementation of a Teacher Reflection Support System using IMPRESSION and MidField, Proc. of ED-MEDIA 2009, 査読有, 2009, 2421 - 2430.

〔学会発表〕(計 8 件)

① 浅羽修丈, 三石大, 大河雄一, 斐品正照, 授業ストリーミングビデオの時間軸に沿った学習者の注目度を推定する手法の検討, 教育システム情報学会, 2012年1月21日, 鹿児島市.

② 菊地沙紀, 大河雄一, 三石大, 本郷哲, 音声情報を用いたシーン選択視聴支援システムの設計と開発, 教育システム情報学会, 2011年1月29日, 八王子市.

③ 大河雄一, 三石大, 対話型共有電子黒板システム IMPRESSION による教示記録の自由な視聴を可能とする Flash 版再生システムの設計と実装, 教育システム情報学会, 2010年1月23日, 仙台市.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大河 雄一 (OHKAWA YUICHI)

東北大学・大学院教育情報学研究部・助教

研究者番号：60361177

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし