

平成22年 5月 21日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2009

課題番号：19700635

研究課題名（和文）板書型講義のための高精細低容量な講義アーカイブシステム

研究課題名（英文） High-resolution and low-bit-rate lecture video archiving system

研究代表者

杉浦 徳宏 (TOKUHIRO SUGIURA)

三重大学・総合情報処理センター・准教授

研究者番号：50335147

研究成果の概要（和文）：本研究では、一般に行われている黒板板書型授業を撮影し、電子的にアーカイブし再配信を行う e-learning システムの開発を行った。本システムでは、黒板を高精細なデジタルスチルカメラ画像で撮影し、黒板と教師を含む全体像をビデオカメラで撮影して組み合わせることで、黒板の見易さと臨場感の伝達の両立を図った。また、これらにより増大する配信容量を削減し低容量のインターネットでも配信可能となるような圧縮方法の開発を行った。

研究成果の概要（英文）：We have developed a e-learning system that realizes high-resolution and low-bit-rate video distributions for chalk-and-talk based lectures. In this system, pictures of chalkboards taken by a high-resolution digital still camera and videos of a lecturer taken by a video camera are separately archived into web servers and distributed to students on the Internet, then superimposed on their computers. This method also realizes a low-bit-rate streaming.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,200,000	0	1,200,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	2,600,000	420,000	3,020,000

研究分野：教育学

科研費の分科・細目：科学教育・教育学・教育学

キーワード：e-learning、講義アーカイブ、高精細画像

1. 研究開始当初の背景

2004年頃より高等教育への e-Learning の導入が本格化されたとの調査結果[1]が示すように、規模の大小に違いはあれ、e-Learning を取り入れた大学教育が盛んに行われつつある。しかし、通信制教育や遠隔授業などを除き、一般教室で行われている対面型授業へ

の e-Learning の適用はあまり進んでいない。これは、対面型授業にとっては、e-Learning システムが補助的なものに過ぎず、また教材作成などの負担が大きいことが理由としてあげられる[1]。このため、講義映像をそのままアーカイブして教材として用いる「講義アーカイブ」があるが、実際の撮影にあたって

はカメラワークを始め複数の人員を必要とするため一般の授業に適用することは困難である。これに対して撮影を自動化する研究が盛んに行われている研[2]~[5]。

しかし、これらのシステムでは、多数のカメラ等の撮影設備が用意された専用の教室を用いる大掛かりなシステムが前提となっていることが多く、また、作成された動画は、高速な通信路を前提とした大容量なもので、インターネットでの配信には向かないことが多い。

[1]eラーニング白書 2006/2007年版, 東京大学出版会

[2]Amir, A., Ashour, G., & Srinivasan, S. (2004). Automatic generation of conference video proceedings, *Journal of visual communication and image representation*, 15(3), 467-488

[3]大西 正輝, 村上 昌史, 福永 邦雄, "視聴者の心理状態を考慮した撮影の自動化", 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2002), Vol.II, pp.37-42, July 2002.

[4]宮崎 英明, 亀田 能成, 美濃 導彦, "複数カメラを用いた複数ユーザに対する講義の実時間映像化法", 電子情報通信学会論文誌 (D-II), J82-D-II, No.10, pp.1598-1605, 1999.

[5]先山 卓朗, 大野 直樹, 椋木 雅之, 池田 克夫, "遠隔講義における講義状況に応じた送信映像選択", 電子情報通信学会論文誌 (D-II), J82-D-II, No.2, pp.248-257, Feb.2001

2. 研究の目的

本報告者らは、これまでも講義アーカイブ及び配信システムの研究を行ってきたが、本研究では、特に4つの問題に注目し、解決を図ったシステムを開発することを目的とする。

(1)一般教室で行われる黒板板書型の授業を対象とする

従来、PowerPoint などを使ったプレゼンテーション型の授業を対象とした講義アーカイブシステムは多数ある。また、板書型の授業場合には、大掛かりな設備を持ち込むか、あらかじめそれらが備えつけられた専用の講義スタジオを使うことを前提としてシステムが多い。本研究では、可搬型の機器を使い、一般に広く行われている黒板板書型の講義を対象とする。

(2)高精細黒板画像の実現

これまでの一般的なカメラを使った講義アーカイブ映像に関する調査では、文字の判読性が非常に重要であると言われている。

しかし、従来、最終的に作成されるものは最終的に動画であるため既存の動画用の圧縮アルゴリズムを用いられることが多く、その

結果、特に文字のようなエッジの強い部分にブロックノイズが発生し、文字の判読性が下がるため、ある程度以上に圧縮率を上げることができず、低容量化のボトルネックとなっていた。

(3)先行研究より、講師のいない映像は、通常の対面授業に比べると臨場感に欠け、授業への集中度が下がり易いという知見を得ている。また、文献[1]中でも自習用 e-Learning システムの問題として、集中力の持続が課題であることが述べられており、講師映像と高精細黒板画像を利用しながら、インターネットで配信可能な小さい容量とするシステムが必要である。

(4)特殊な圧縮アルゴリズムを利用する場合、受講者(再生側)に専用のソフトウェアが必要とされる場合がある。しかし、これは利用可能なユーザが限定されるため、できる限り汎用的な仕組みを用いたシステムを構築することが必要である。

3. 研究の方法

本研究では、以下の調査及び要素技術の開発を順に行っていく。

(1)複数枚の画像からの超高精細画像の作成技術

まず、黒板サイズと画像解像度の関係より、必要な解像度を明らかにする。これには、講師の板書時の文字の大きさや、講義室の広さなどに影響すると考えられる。このため、複数の授業に関して統計調査を行い、必要な解像度を設定する。

次に、1台のデジタルカメラでは対応できない解像度が必要とされる場合には、複数台のカメラ画像をつなぎ合わせる技術が必要となる。こうした技術は、パノラマ写真や航空地図の繋ぎ合わせ技術として一般的であり、実現は容易であると思われる。ただし、板書文字をきれいに繋ぐよう注意して開発する。

また、安価なデジタルカメラでは、レンズの色収差や撮像素子の熱ノイズなどにより、撮影画像の解像度通りの描写が行えていないことが考えられる。こうした問題に対応するため、時間軸方向に複数枚の画像を加算することにより、実質的な解像度の向上を図る。こうした手法は、カメラワークを前提する類似手法への適用は困難である。

(2)Flash を開発ベースとして用いた実装

Adobe 社の Flash は、Windows, MacOS, UNIX 上の各種のウェブブラウザ上で動作するプログラミングフレームワークである。Flash の利用により、現存する多くのプラットフォームでの利用をサポートすることができる。

また、これまで圧縮アルゴリズムについては、既存の動画圧縮法の中で適したものを採用されることが多かったため、必ずしも高精細な板書映像の圧縮には向いているものではなく、圧縮率に限界があった。特に、圧縮率を上げると、ブロックノイズにより文字がつぶれやすい点で致命的であった。そこで、まず、動画圧縮アルゴリズムを利用することをやめ、高精細画像を連続提示する方式に変える。連続高精細画像の圧縮と、連続提示のタイミングコントロールには、Flash を用いて実装する。静止画の利用により、動画を前提とするよりも、ファイルサイズを低減することが可能になる。

(3) 仮想カメラワークによる講師映像の重ね合わせ

講師映像は、講師の指示位置や、身振り手振りがわかれば十分であるため、板書映像ほどの高精細画像は必要ない。しかし、表情を表現するためには、ある程度の解像度が必要となる。また、講師は広い黒板の前を移動するため、カメラワークを不要とするためには、広角で撮影する必要がある。これは結果として解像度の低下を招く。これら背反する条件を満足するため、次のような方策を採る。

(i) 家庭用ハイビジョンカメラの使用

講師映像を家庭用ハイビジョンカメラとして安価な HDV カメラを利用し、撮影解像度を上げる。

(ii) 講師と板書の分離抽出

重ね合わせる講師映像の背景は不用なため、背景から講師部だけを抜き出す。また、同時に板書画像には講師による欠損が生じるため、これらを補完し再構成する。

(iii) 講師映像のリアルタイム重ね合わせ

次に、背景のない講師映像を、超高精細板書画像に重ねあわせる。このとき、(ii)で抽出した位置を記録しておくことにより、正しい位置に重ね合わせる。これはすなわち、講師撮影用のカメラワークを自動的に行っていることになり、「仮想カメラワーク」と呼ぶ。

重ね合わせ処理は、再生時にリアルタイムで行う。同時に、Flash のインタラクティブ性を利用して、ボタン操作等により、講師映像を on/off できるようにする。こうした手法は、あらかじめ講義動画を作成しておく手法では利用できず、本手法の特徴的な部分である。

(4) 実証実験と評価を行うとともに実運用を図る。

実際の黒板板書型授業に適用し、これまでのシステムや類似手法と、本プロジェクトの比較を行い、有用性の検証を行う。

4. 研究成果

4.1 システム概要

図 1 に本システムの概要を示す。本システムでは、講師映像の撮影にデジタルビデオカメラ（以下 DVC と表記）1 台と黒板画像の撮影にデジタルスチルカメラ（以下 DSC）1 台を用いる。各カメラは近接して固定設置し、カメラワークは不要である。DSC による画像取得は一定間隔で自動的に行われるようにしておく。

それぞれカメラからの画像は画角や色合いなどが異なるため、まず、すり合わせのための射影変換を行う。次に、DVC 画像からは講師領域を、DSC 画像からは背景画像（黒板画像）を抽出する。前者は、Flash のビデオ圧縮方法の一つである FLV 形式で保存し、後者は JPEG 形式の静止画のまま保存する。また、講師映像と黒板画像のタイミングを合わせるための情報は、タイミング定義として XML ファイルに記述しておく。これら 3 種のファイルを以って一つの講義コンテンツとし、アーカイブ兼配信サーバに蓄積する。

受講者側の再生ソフトウェアからの要求によって、サーバは、上記ファイル群を配信し、受講者側の再生ソフトウェア上で合成され、提示される。

以下では、各処理の内容の詳細について説明する。

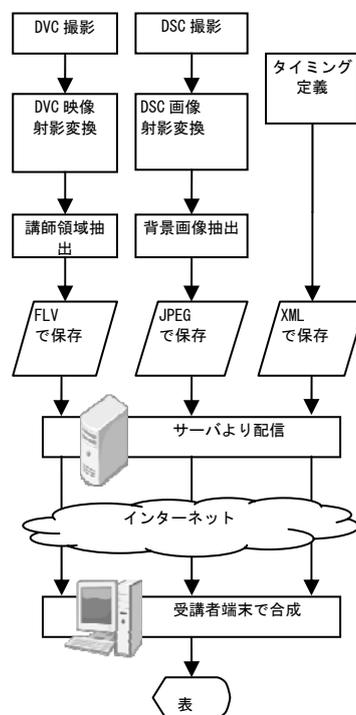


図 1. システム構成

4.2 画像処理

本システムでは異なる2台のカメラを利用するため、両者から得られた画像を合成するためには、さまざまな処理が必要となる。

(1) 射影変換

まず、カメラによって、画角やレンズ収差が異なるため、射影変換によって両者のすり合わせを行う。

(2) 黒板画像からの講師による欠損部分の復元

次に、黒板画像では、講師部分によって隠された部分があるため、この欠損部の復元を行う必要がある。必要な情報が落ちないように時刻的に後の画像より、徐々に欠損部の復元を行っていく。

(3) 講師映像からの講師領域抽出

講師映像は、最終的に黒板画像の上に重ね合わせて表示するため、講師領域を抽出し背景を消去する必要がある。まず、黒板画像の欠損復元時と同様の処理により背景のみの画像を生成する（仮背景画像と呼ぶ）。この仮背景画像を用いた背景差分法で、講師領域部分の抽出を行う。

(4) 黒板画像と講師動画の合成表示

(2)で得られた背景画像と、(3)で得られた講師動画は、受講者のPC上で作動する閲覧ソフトウェアによって合成して表示される。閲覧ソフトウェアには、最初に、講師動画ファイル名および再生時の時刻毎に対応する背景画像ファイル名を記述したXML形式ファイルが渡される。このXMLファイルは、撮影時におけるDSCの撮影間隔を元に自動的に作成可能である。

講義動画ファイルを読み込み、再生が開始されると、動画中の時刻に合わせた背景画像を適宜取得し、講義動画の後ろに表示する。

受講者PCにおける画面を図2に示す。閲覧ソフトウェアは、ボタン型アイコンをクリックすることにより、映像の拡大・縮小や再生・一時停止・スキップなどの操作が容易に行えるようになっている。受講者自らが拡大・縮小の操作を行うことができるので、板書の文字の大きさなどの状況に応じて、受講者は自由に拡大表示することができ、結果として文字の可読性の向上が期待できる。また、自動でカメラワークを決定する手法とは異なり、個々の受講者が望む箇所を確実に閲覧できる。また動作環境として普及率の高いAdobe Flashを用いているため、一般的なPCにおいてはソフトウェアをインストールするような事前準備をすることなく、インターネットブラウザ上で閲覧できる。

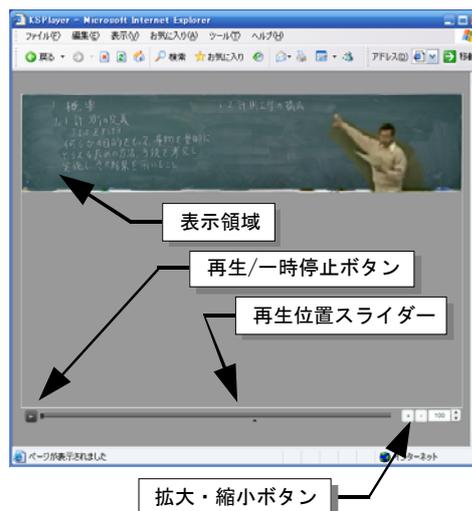


図2 閲覧ソフトウェア

4.3

(1) 実用性評価実験

本システムはインターネット配信を前提としているため、配信ファイルサイズはできる限り小さいことが望ましい。動画のファイルサイズはビットレート指定により変化するため、単純な比較はできないが、参考として各種の動画圧縮アルゴリズムを使った場合のファイルサイズを測定した結果を表1に示す。尚、提案手法ではフレームレートが6fpsあれば、学習に必要な程度には講師の動きを伝えることができるとされているため、容量削減効果を考え、6fpsとした。

大学の実際の板書型講義(90分)に適用した場合、高品質圧縮が可能な最新の圧縮形式であるDivX形式162kbps 6fpsの場合で800MBであるのに対し、提案手法では178MBとなり、容量を大幅に削減できた。提案手法では、容量が小さいだけでなく、板書が読めるだけの高精細黒板画像を維持しているのに対し、DivX映像ではブロックノイズにより板書文字のつぶれなどが著しかった。

この実験結果では、総容量178MBのうち、講師動画が151MBと大部分を占めた。提案手法は講師動画と黒板画像を分離して配信しているため、より低容量にする必要がある場合は、文字の可読性に関わる黒板画像はそのまま、講師動画だけをより低容量なものに置き換えることも可能である。

	方式	ファイルサイズ
提案手法	JPEG(1400x315) 1/15[fps] +FLV(560x126) 6[fps]	178MB(277kbps) 内訳 黒板画像：27MB 講師動画：119MB 音：32MB
DivX	720x480 6[fps]	772MB(1.2Mbps)
MPEG2	720x480 30[fps]	5GB(8Mbps)
DV	720x480 30[fps]	17GB(27Mbps)

表1 各種手法によるファイルサイズ比較

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2件)

- ①坂本良太, 杉浦徳宏, 野村由司彦, 加藤典彦, 高精細低容量な板書講義映像生成システム, 日本教育工学会論文誌, 査読あり, Vol. 33, No. 1, 2009, pp. 41-49
- ②坂本良太, 村上宙之, 野村由司彦, 杉浦徳宏, 松井博和, 加藤典彦, PC画像に講師画像を重ね合わせた講義映像生成システム, 日本教育工学会論文誌, 査読あり, Vol. 31, No. 4, 2008, pp. 435-443

[学会発表] (計2件)

- ① Ryota Sakamoto, Yoshihiko Nomura, Tokuhiro Sugiura and Norihiko Kato, High-Definition Lecture Video Distribution System for Chalk-and-Talk Based Lectures, E-Learn 2007, 2007.10.18, Quebec City Convention Centre, Quebec City, Canada
- ② 坂本良太, 杉浦徳宏, 野村由司彦, 加藤典彦, “高精細低容量な板書講義配信システム”, 日本教育工学会 第25回全国大会講演, 2009.09.19, 東京大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

杉浦 徳宏 (TOKUHIRO SUGIURA)

三重大学・総合情報処理センター・准教授
研究者番号：50335147

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

坂本 良太 (RYOTA SAKAMOTO)

三重大学大学院・工学研究科機械工学専攻・博士後期課程3年