

板書データの折線近似を改良した通常教室における講義コンテンツ自動作成システム

戸佐, 直人 / TOSA, Naoto

(発行年 / Year)

2009-03-24

(学位授与年月日 / Date of Granted)

2009-03-24

(学位名 / Degree Name)

修士(工学)

(学位授与機関 / Degree Grantor)

法政大学 (Hosei University)

2008 年度 修士論文

板書データの折線近似を改良した
通常教室における講義コンテンツ自動作成システム
指導教授 岩月 正見 教授

法政大学大学院工学研究科
電気工学専攻修士課程

07R3124

^ト ^サ ^ナ ^オ ^ト
戸佐 直人

Automatic Digital Content Generation System for Regular Classrooms with Improvement of Piecewise Linear Approximation for Handwritten Data on Blackboard

Naoto TOSA

Abstract

We have been developing a new automatic digital content generation system for lectures in regular classrooms with a blackboard. However the system could not generate highly reproducible vector data of handwriting characters on blackboard. This paper proposes the modified system by improving of piecewise linear approximation for handwritten data on blackboard.

目次

目次.....	3
第1章.....	5
1.1 目的.....	5
1.2 本論文の概要.....	6
第2章.....	7
2.1 はじめに.....	7
2.2 システムの概要と特徴.....	7
2.3 おわりに.....	8
第3章.....	9
3.1 はじめに.....	9
3.2 黒板領域の抽出.....	9
3.3 おわりに.....	11
第4章.....	12
4.1 はじめに.....	12
4.2 板書情報の中間データ生成.....	12
4.3 中間データからベクトルデータ生成.....	14
4.4 講師映像の抽出.....	18

4.5 おわりに.....	20
第5章.....	21
5.1 はじめに.....	21
5.2 Webコンテンツの概要.....	21
5.3 Webコンテンツの構成.....	22
5.4 コンテンツデータ量の比較.....	23
5.5 おわりに.....	23
第6章.....	24
参考文献.....	25
謝辞.....	26

第1章 緒言

1.1 目的

近年，インターネット技術の発展により，教育現場において，講義のリアルタイム配信やオン・デマンド配信を行うための e-Learning システムの導入が増加している．これにより，直接参加することでしか体験できなかった講義の内容をデジタル的に保存でき，Web コンテンツとして時間や場所の制約を受けずに受講することが可能となってきた[1][2]．このように講義をデジタルコンテンツ化して配信する場合，PC 上の電子スライドだけを利用しているのであれば，PC とビデオカメラのみの簡便なハードウェア環境で，資料提示のタイミングと同期をとりながらコンテンツを自動作成することが可能である．しかしながら，一般の連続講義において，すべての内容を電子スライドとして準備することは相当な負担を教員に強いることになる．これに対して，一般的な講義で提示されるような板書データをコンテンツ化する場合，教員に対する負担はないものの，電子ホワイトボードなどが設置された特別な教室を用意する必要があった．この場合，すべての教室にこのシステムを導入するには膨大な経費が必要になる．また，電子ホワイトボードやタブレット PC を利用できたとしても，板書スペースが黒板と比べて非常に小さいため，数式や図を多用する理工系の講義では使いにくいという不満もある．事前事後学習教材としての e-Learning コンテンツを教育現場に広く普及させることができないのは，以上のような原因によるところが大きいと考えられる．このような問題に対し，筆者らはハイビジョンカメラを使って通常教室での授業を撮影するだけで，その映像を用いた画像処理により黒板の板書文字を時系列的に板書データ化して提示することで，通常教室における講義をデジタルコンテンツ化して，現状のインターネット環境でもストレスなく快適に遠隔配信できるシステムを試作した[3]．しかしながら，このシステムでは，板書データの折線近似の精度が悪く，Web コンテンツ上で提示される板書データが見づらいという問題があった．そこで本稿では，この問題に対して，折線近似の折れ点を従来のシステムより多くとることにより，板書データの折線近似の精度が向上したシステムを構築したので報告する．

1.2 本論文の概要

本論文では，6章から構成されており，各章の概要を以下に示す．

第1章では，本論文の目的や概要

第2章では，本システムの概要と特徴

第3章では，黒板領域の抽出

第4章では，板書データの生成

第5章では，Web コンテンツの作成

第6章では，本論文のまとめ

について述べる．

第2章 本システムの概要

2.1 はじめに

本章では、本システムの概要や特徴について述べる。

2.2 システムの概要と特徴

図1に示すように、本システムでは講師1人による通常教室における黒板での講義に対して1台のハイビジョンカメラを用いて撮影を行う。図2に、本システムで行われる処理の概要を示す。本システムでは、まず、講義をハイビジョンカメラで撮影し、その映像を1280×720ピクセルサイズのビデオストリームとしてエンコーダPCでキャプチャする。つぎに、得られた映像から動きの大きい講師映像部分を消去し、板書情報の差分データを検出し中間データとする。このデータは、黒板の更新画像と板書差分の時系列データが保存されている。つぎに、この中間データを時系列的にブロック化し、それらをZou氏らの提案している形状分割による線画のベクトル化の手法[4]を適用して、ベクトルデータに変換する。また、これらの処理とは別に、撮影したビデオ映像の中で、動きの大きい部分を講師映像として切り出す。最後に、仮想黒板上にベクトルデータと講師映像を時系列に従って提示するWebコンテンツを生成する。

本システムの特徴としては、一般的な黒板やホワイトボードなどのある通常教室にそのまま導入できるので、電子ホワイトボードやデジタル黒板を用いたシステムと比較すると導入経費が大幅に削減できるという利点がある。また、講師映像を小さくし、板書文字をベクトルデータとして抽出する事により、講義コンテンツのデータ総量を小さくする事で、講義を撮影した映像を動画データのまま保存するのに比べて、膨大な記憶領域を必要としない特徴がある。



図1 システムの構成

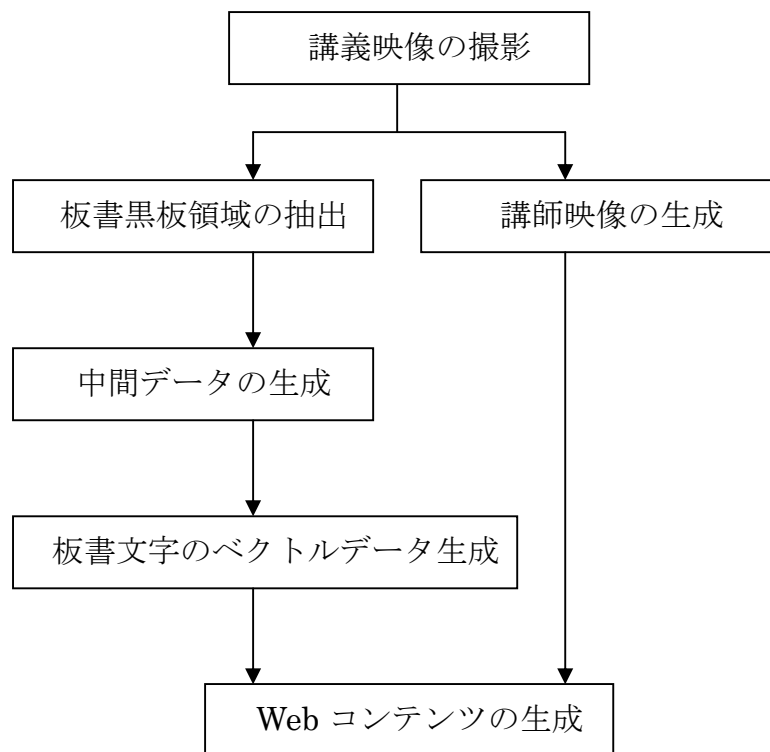


図2 処理の概要

2.3 おわりに

本章では，システムの概要について述べた．
 次章では，本章で述べた記述順通りに，高圧縮な板書データの生成手法について述べる．

第3章 板書領域の抽出

3.1 はじめに

本章では，講義映像から黒板やホワイトボードに書かれている文字を，高圧縮な板書データにする手法について述べる．

簡単な流れを述べると，まず板書領域を抽出し，その領域内でチョークラインがあれば抽出を行い，時系列的にファイルに保存していくという流れである．

3.2 板書領域の抽出

撮影した講義映像には板書領域以外の物体も映っているため，これらを除いて板書領域のみにし，板書データを検索する範囲を狭めることで，誤認識を減らし，かつ処理を軽くする．

検出手順は以下の通りである．

- 1 図3(1)のような初期画像に対して Canny を用いてエッジ検出を行い，図3(2)のような画像を得る．
- 2 図3(2)の画像に対して膨張・収縮処理を行い，ノイズを除去した後，画素値を反転させることで図3(3)のような画像を得る．
- 3 一般的に黒板の面積は，撮影した映像の中で比較的大きいので，図3(3)の画像に対してラベリング処理を行い，面積の大きい物を板書領域の候補とする．
- 4 板書領域の候補の中で，色の平均と分散から縦と横の長さを求め，横が縦より長く形状が四角形であるものを板書領域とする．
結果は図3(4)のような画像となる．



図 3(1) 初期画像

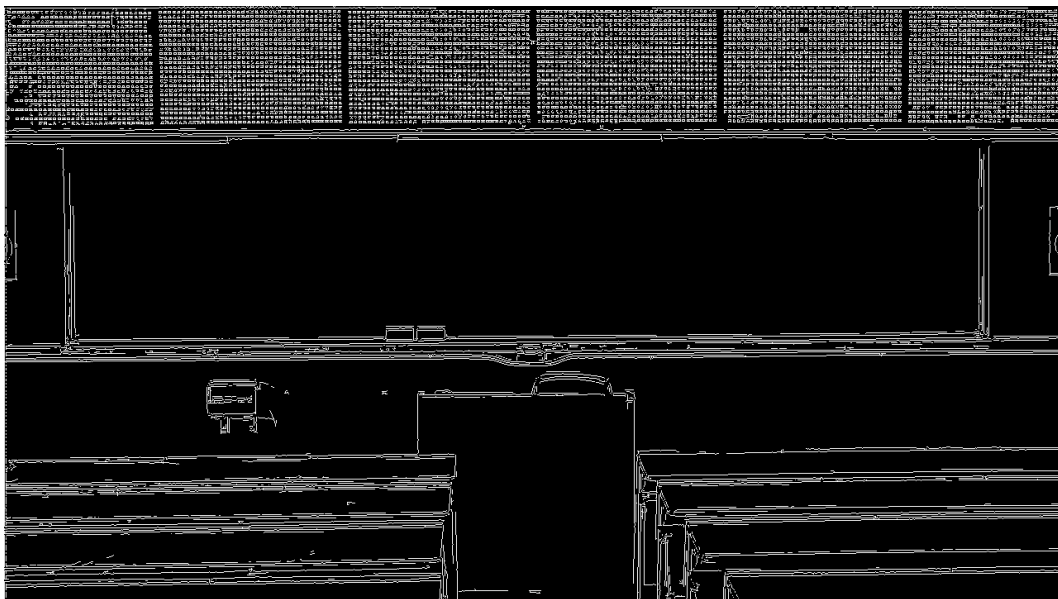


図 3(2) エッジ検出

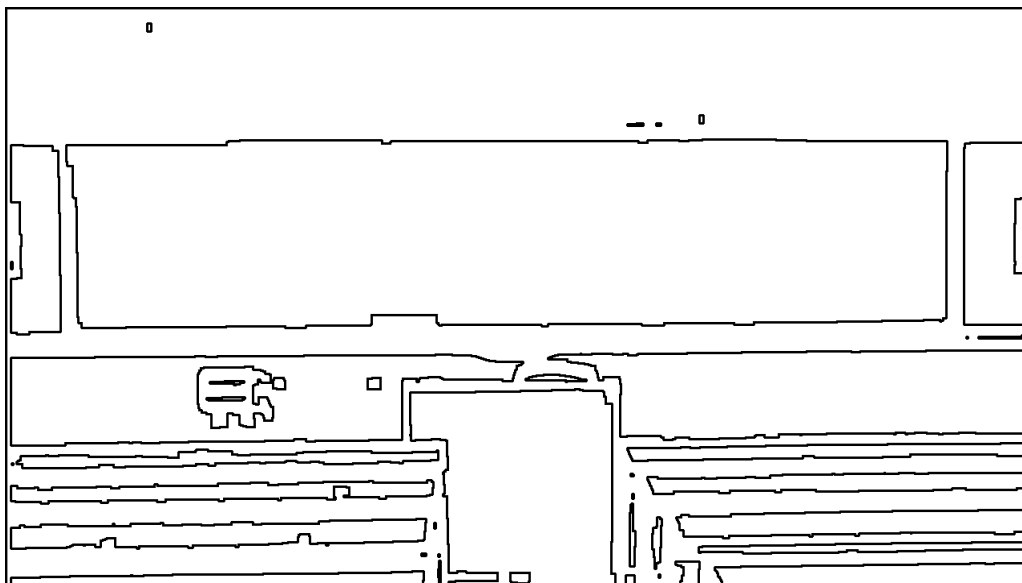


図 3(3) 膨張収縮処理後，画素値反転

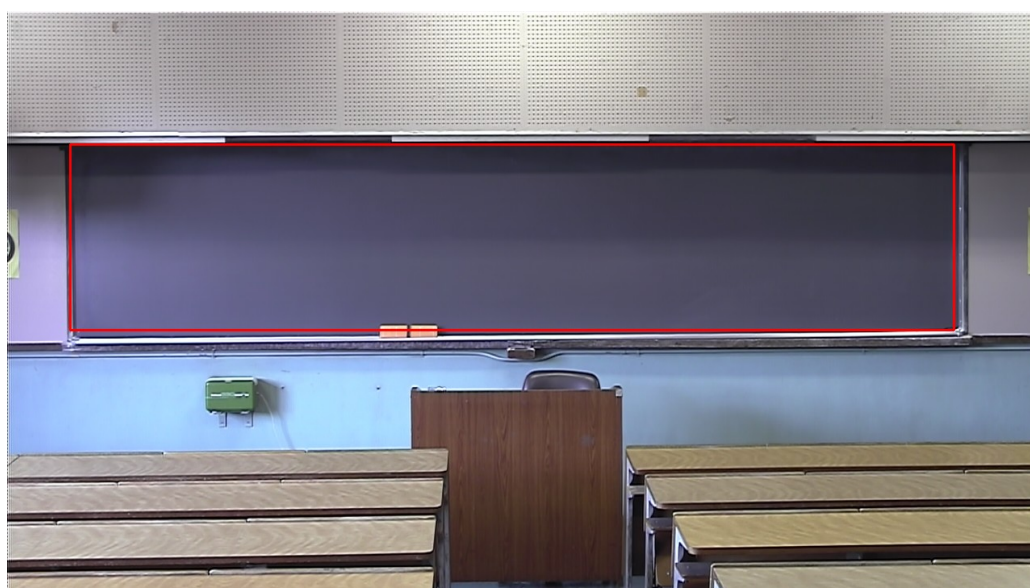


図 3(4) 板書領域の検出結果

3.3 おわりに

本章では，板書領域の抽出手法について述べた．

第4章 板書データの生成

4.1 はじめに

本章では，ハイビジョンカメラの映像から，ユーザに提示する講師映像を生成する手法について述べる．また，従来の手法ではリアルタイム配信が不可能な処理速度であったため，リアルタイム配信可能な処理速度を実現する手法についても述べる．

4.2 板書情報の中間データ生成

板書領域の範囲の映像の中でエッジが極めて近接している部分を，ラインとして検出する．ラインを検出するために，表 1 に示す細線抽出マスクを用いてマスク処理を行う．マスク処理の計算結果が 220～255 の間であるものをラインとして認識し，そのラインが 40 フレーム中 85%以上のフレームにおいて同じ位置にあれば，チョークによる線分とする．チョークによる線分の位置および色，更新時刻を時系列的にファイルに保存し，これを板書情報の中間データとする．図 4 に線分抽出デモの画像を，図 5 に表 1 のマスクを用いて抽出した板書情報の中間データを再現した画像をそれぞれ示す．

表 1 細線抽出マスク

0	-2	-2	-2	0
-2	0	3	0	-2
-2	3	12	3	-2
-2	0	3	0	-2
0	-2	-2	-2	0

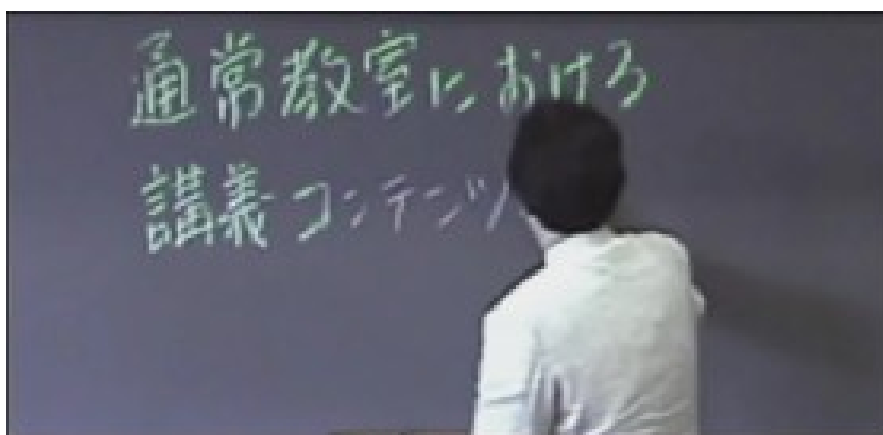


図4 線分抽出デモ

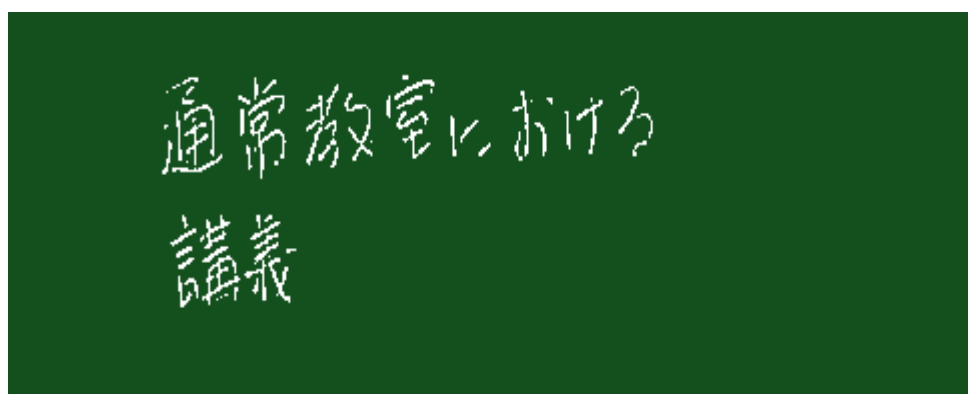


図5 板書データから文字を再現

4.3 中間データからベクトルデータ生成

前節で述べた板書の中間データから折線近似に必要な折れ点となる二次元座標を求め、これを折線近似化したベクトルデータとする。しかし、従来手法では、折線近似に必要な折れ点の数が少なかったため、近似精度が悪く、Webコンテンツ上での拡大操作時にユーザ側に見づらい結果を与えていた。そこで、Zou 氏らの提案している形状分割による線画のベクトル化の手法[4]を適用し、折線近似の精度向上を図る。この手法は、まず、線画を閉曲線領域と捉え、この閉領域にドロネー分割を適用して、重畳のない小さな三角形に分割する。つぎに、得られた三角形群において、隣接する三角形と共有している辺の中点を抽出する。また全ての辺を他の三角形と共有している三角形において、三角形の重心となる点を抽出する。最後に、各三角形において、保有する中点や重心を結び、ひげのようなノイズやジャンクション部分の補正を行うことにより、高精度な折線近似を実現する手法である。

具体的に、図6の中間データ画像に対して、この手法を用いたベクトルデータ生成手順を以下に示す。また比較図として従来手法で生成した折線近似画像の拡大図を図7に示す。

1. まず、中間データを図6のような二値化した画像に変換し、線画を検出し、図8(1)のように重畳のない小さな三角形に分割する。
2. つぎに、図8(1)において、図8(2)のように得られた三角形群の隣接する辺の中点を抽出し結ぶ。
3. 最後に、図8(2)に対して、ひげのようなノイズやジャンクション部分の補正を行うことにより、図8(3)のように折線近似化し、折線近似の各線分を形成している折れ点の二次元座標をベクトルデータとする。

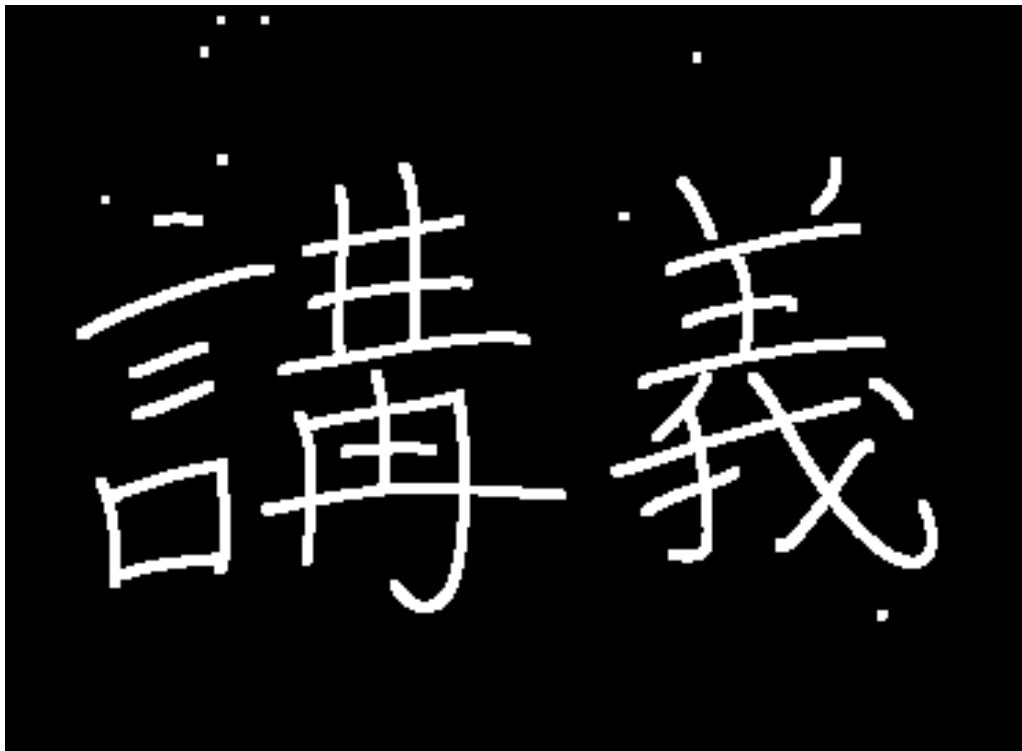


図6 二値化した中間データ画像

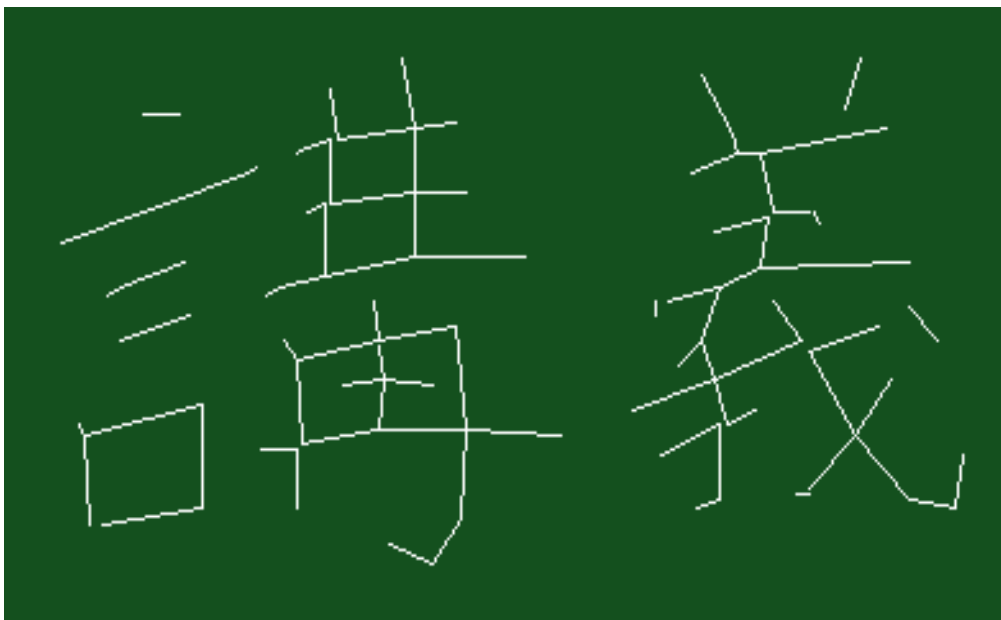


図7 従来手法による折線近似化

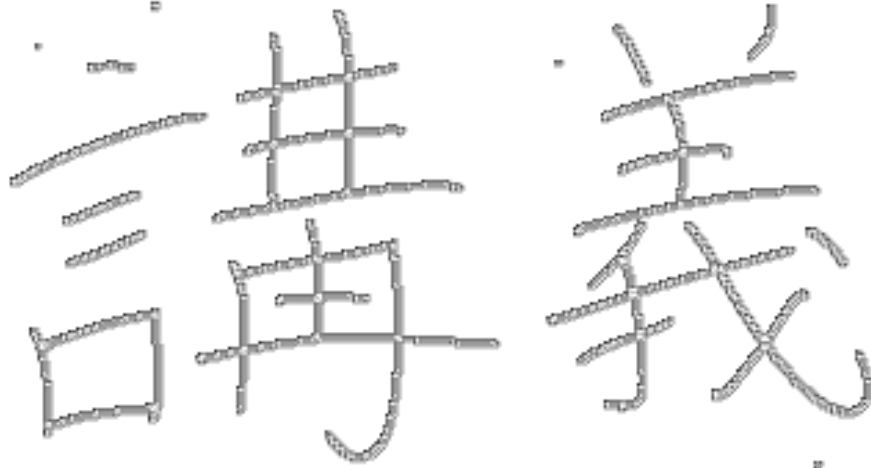


図 8(1) ドロネー分割



図 8(2) 三角形群において隣接する辺の中点を結んだ画像

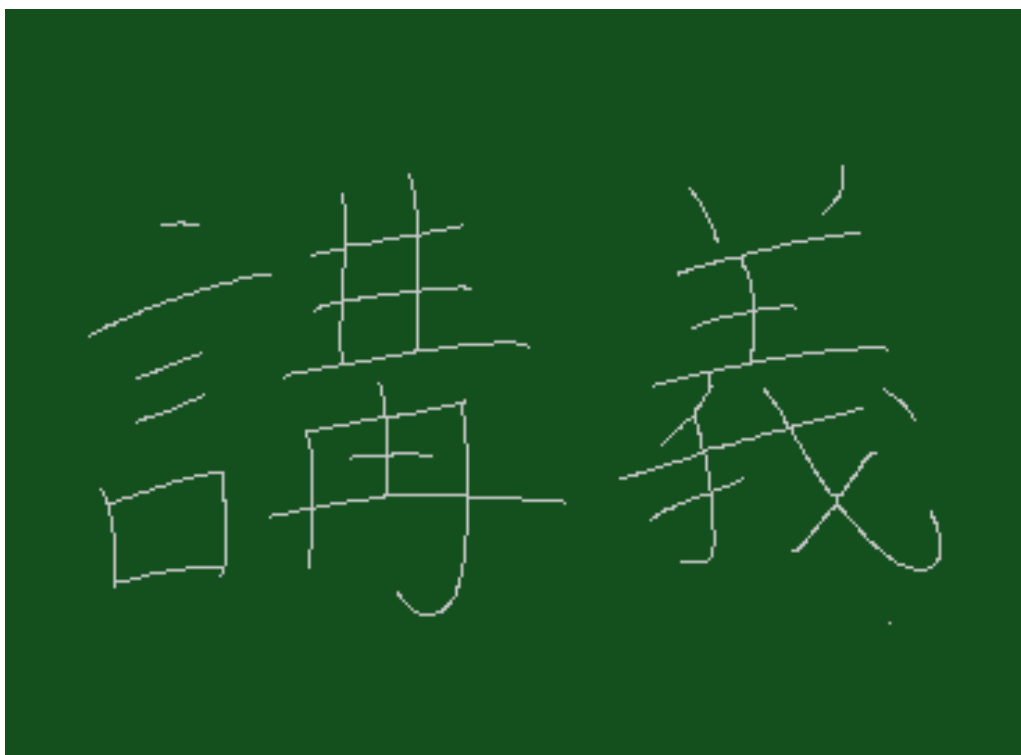


図 8(3) 折線近似画像

図 6 の中間データ画像を元に，改良前の従来手法を用いて生成した図 7 の折線近似の折れ点と，改良後である図 8(3)の折線近似の折れ点総数を比較すると表 2 のようになる．この表からわかるように，改良後の折れ点総数は改良前に比べて多く抽出している事により，近似精度を上げている．

表 2 折れ点総数の比較

	改良前	改良後
折れ点総数	80	1633

4.4 講師映像の抽出

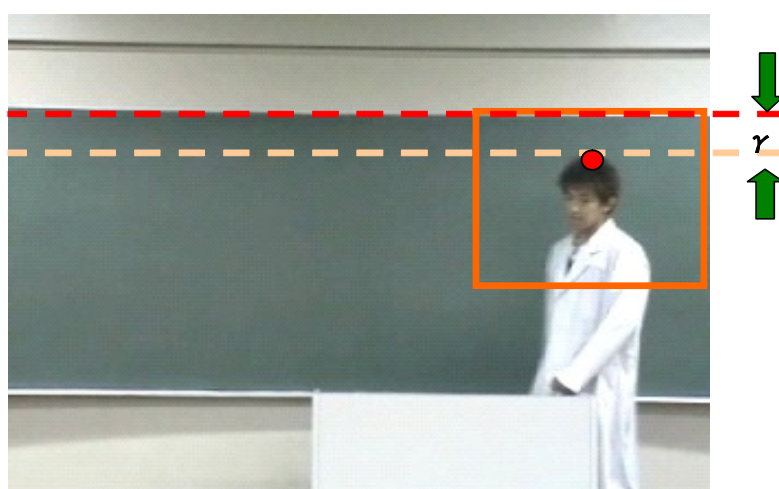
まず，カメラの映像の左上隅を画像原点とし，水平右方向を x ，垂直下方向を y とする．また，講師はカメラ映像の外から入ってくるものとし， 480×360 ピクセルの検索領域を講師の入ってくる方向に設定する．次に図 9 (2) のように，映像中の講師の位置を得るため，カメラ映像の検索領域内でフレーム間差分を行う．動体を毎フレーム検出する必要はないので，フレーム間差分は 4 フレームに 1 回とし，これらの差分画像を 2 値化する．2 値化処理の結果から検索領域内で動体があると判断した場合，その動体の重心の x 座標を求める．また，講師映像が上下に動くと思われにくいので y 座標は固定して切り出すことにする．まず，動体の頂点座標を求め，ある時間間隔で得られる頂点座標のヒストグラムから，出現頻度の最も多い y 座標を求める．こうして求めた x , y 座標を講師座標とし図 9 (2), (3) の赤丸で示す．しかし，講師座標は講師の頭ギリギリの位置なので，余裕をもたせるためにある値 γ を加算し，この座標を中心に 320×240 ピクセルの矩形領域を切り抜くことで講師映像を生成する．



(1) 元画像



(2) 検索領域内のフレーム間差分



(3) 講師映像切り出し

図9 講師映像生成

4.5 おわりに

本章では，板書データの生成手法と講師映像の生成手法について述べた．

次章では本章で述べた板書データと講師映像を用いて Web コンテンツを構成する．

第5章 WEB コンテンツの提示

5.1 はじめに

3 章, 4 章の方法で生成した講師映像と板書データを用いて, ブラウザ上で講義が視聴できる WEB コンテンツを作成した. 本章では, 作成した WEB コンテンツの構成と特徴について述べる.

5.2 WEB コンテンツの概要

本システムの Web コンテンツは, PC 上のブラウザで標準的に採用されている HTML, JavaScript, Java Applet, Windows Media Player (以下 WMP) を用いて作成している. これらは, 講師映像以外すべてをテキスト形式で記述するだけで簡単に作成できるので, 講師映像と Java コンパイラさえ用意すれば, コンテンツを自動作成できるという大きな利点がある. この Web コンテンツは, 講義映像を閲覧するのに必要な標準動作である, 再生, 停止, 一時停止, 早送り, 拡大縮小の機能を備えている. 図 10 に, 本システムが生成したブラウザ画像の実際の例を示す. 図中の左上フレームに, 分離した講師映像が表示され, WMP の各種ボタンにより映像を制御できる. また, 下段フレームに板書データの線画を表示する仮想黒板が配置されている. この仮想黒板上でマウスをクリックすると, 右上フレームに, そのクリック点を中心とする拡大画像が得られるようになっている. さらに, 拡大, 縮小ボタンにより, 拡大比率を変えることができる.

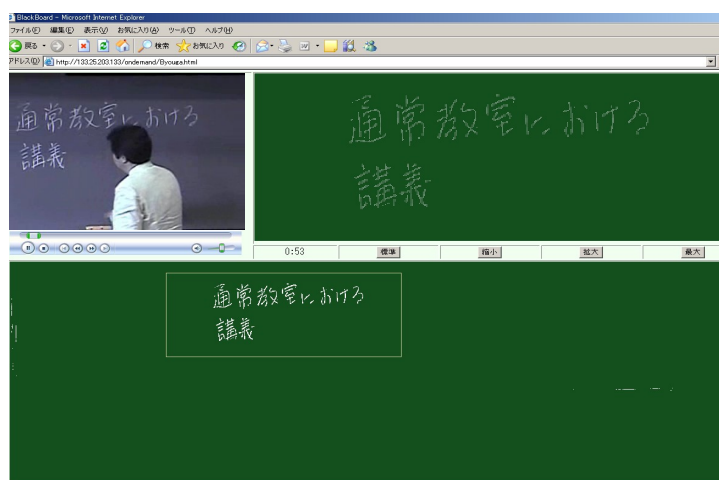


図 10 WEB コンテンツ

5.3 WEB コンテンツの構成

本システムの Web コンテンツにおける構成要素は、先ほども述べたように、HTML, JavaScript, Java Applet, WMP の4つである、図11に、それらの関係を示す。この Web コンテンツにおいて重要なことは、WMP による講師映像と Java Applet による仮想黒板とが同期するという点である。同期させる基準の時間として WMP の時間を用いた。その時間を JavaScript で取得し、必要なタイミングに Java Applet の関数を呼び出して、仮想黒板に描画することで同期を取っている。また、WMP の状態の変化を取得し、JavaScript がそれに合わせた Java Applet の関数を呼び出すことで、停止や再生位置の指定等にも対応している。拡大、縮小の倍率に関しては JavaScript が Java Applet の関数を実行している。拡大、縮小の位置に関しては、Applet 間通信を用いて、メインフレームの Applet が拡大フレームの Applet を制御する形になっている。

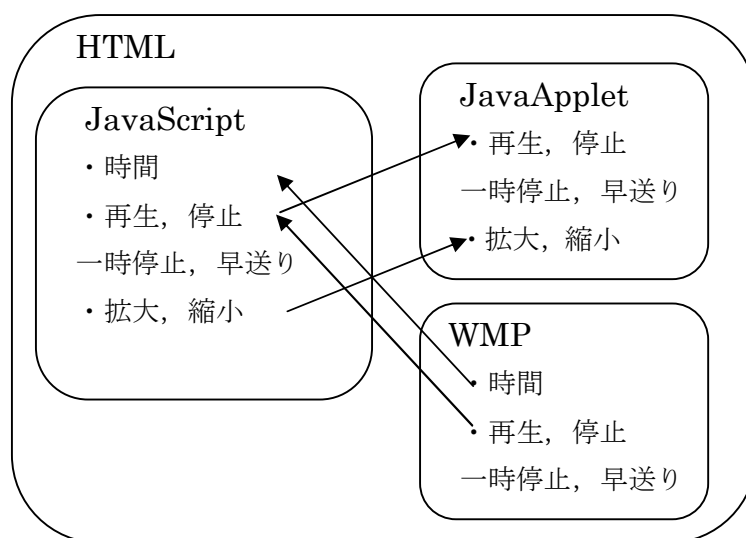


図11 Web コンテンツ構成要素の関係

5.4 コンテンツデータ量の比較

講義をハイビジョンカメラで撮影した動画のデータ容量と、折線近似改良後の板書データおよび講師映像のデータ量の比較を表3に示す。また折線近似化の改良前と改良後の板書データのデータ量の比較を表4に示す。表3を見ると、ハイビジョン映像に比べ、講師映像と板書データは圧倒的に少ないデータ量であることが分かる。また表4を見ると、改良前に比べて改良後の板書データ量は増えたが、十数 Kbyte 単位の差であるため、コンテンツを保存するための膨大な記憶容量を必要としないデータ量である事がわかる。

表3 コンテンツデータ量の比較

	動画 (Mpeg2)	講師映像 (wmv)	板書データ
容量 (Kbyte)	71649	7880	47

※撮影時間 1:00 板書データは 5 秒毎に更新

表4 板書データの比較

	改良前	改良後
容量 (Kbyte)	5	47

※板書データは 5 秒毎に更新

5.5 おわりに

本章では、本システムにおける Web コンテンツの概要について述べた。

第6章 結語

本論文では，板書情報の折線近似を改良する事で，従来のシステムに比べて，ユーザ側に見やすい板書データを提示するシステムを報告した．本システムは教育現場で，手軽に授業をデジタルコンテンツとして保存することができるため，e-Learning システムの 1 つとして広く普及すると期待される．

しかし，実用試験を行っていないので，実用試験を実施し，その評価を分析して改良を行っていく必要がある．

参考文献

- 1) 西口敏司, 仙田修司, 美濃導彦, 池田克夫, “首振りカメラによる黒板の記録手法,” 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU' 96), vol. I, pp. 37-42, July.1996.
- 2) 大西正輝, 泉正夫, 福永邦雄, “講義映像における板書領域のブロック分割とその応用,” 電子情報通信学会論文誌, Vol. J83-D-I, No.11, pp. 1187-1195, Nov.2000.
- 3) 米川輝, 萩原靖久, 岩月正見 : ”通常教室における講義のデジタルコンテンツ自動作成システムの開発”, JSiSE2006 第31回全国大会講演論文集, pp.685-688(2006-11).
- 4) Ju Jia Zou, Hong Yan, "Cartoon Image Vectorization Based on Shape Subdivision," Computer Graphics International 2001 (CGI'01), pp.0225-231, 2001.
- 5) 戸佐直人, 岩月正見 : ”板書データの折線近似を改良した講義コンテンツ自動作成システム”, 第41回計測自動制御学会北海道支部学術講演会論文集, (2009-2)

謝辞

本論文は、著者が法政大学大学院工学研究科電気工学専攻に在学している際に、岩月研究室において行った研究を取りまとめたものです。本研究を遂行するにあたり、全般的に深い御指導、御協力を賜りました岩月正見教授に心から感謝致します。また、本研究に携わってきた研究室のOBの方々、4年間共に研究に励んできた植田君、鈴木君、ならびに岩月研究室のシステムデザイン専攻の大学院生、システムデザイン学科の学部生の皆様には深く御礼申し上げます。

2009年2月18日

Naoto TOSA