

1. はじめに

e-learning とは、時間と空間という障壁が理由で教室での対面授業を受けられない層に、コンピュータとネットワークを用いて教育機会を提供するシステムである。従来の教室での講義を構成する要素として、教師の声と動き、板書、資料の提示、質問等のやりとり等が挙げられる。従来の講義と同様の教育効果を得るためには、上記の構成要素を e-learning 環境においても実現する必要がある。特に、板書は書くスピードや文字の大きさ等で内容の重要度を伝えるために必要不可欠な構成要素である。そこで、本研究では、講義等における黒板の板書をデジタルアーカイブし、そのリプレイ機能の実現を目的とする。

2. 板書データのデジタルアーカイブ

本システムでは、同期した複数のカメラを用いて、黒板全体を含むように多視点動画を撮影し、イメージモザイクにより一枚の高解像度動画を生成する。

2.1. カメラの配置

黒板の大きさ、チョークの線幅、使用するカメラの視野角を考慮して、カメラの配置と台数を決定する。黒板は平面であり、黒板の各位置における画像解像度を一定にするために、カメラを黒板面に対して平行に配置することとする。今回使用したカメラの視野角は、水平方向に 40 度、垂直方向に 30 度である。チョークの線幅を測定した結果、約 3mm であった。この線幅が画像上で 4 画素 以上となるように黒板からカメラまでの距離を計算する。本システム構成では約 300cm となった。次に、300cm におけるカメラの視野は約 220cm となるため、3 台のカメラを用いることにより、幅 600cm の黒板全体をカバーできる。図 1 にカメラの配置とシステムの構成を示す。

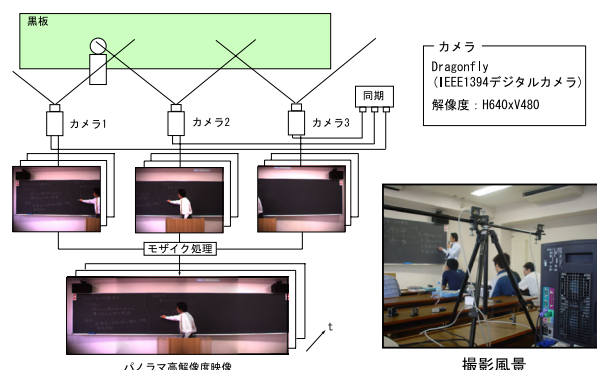


図 1：システム構成

2.2. モザイク処理

各カメラ画像上の特徴点の対応より、平面射影変換行列を予め求めておく。カメラより得られた 640×480 画素の動画 (10fps) を変換行列を用いて位置合わせを行い、1,200 × 480 画素のモザイク高解像度動画を作成する。隣接する画像の重複部分は、接合部が目立たないように濃度値をブレンドする。

2.3. 講師の動きの検出

黒板領域の時系列画像に対して、フレーム間差分により、講師の動きを自動検出する。フレーム間差分とは、時刻 t と時刻 $t - i$ の画像の差分を取ることにより、移動体を検出する手法である。動的な環境変化に適応的であるが、移動体の全領域を抽出することは不可能である。フレーム間差分は次式により求められる。

$$D = |I_t - I_{t-i}|$$

急激な輝度値の変化がピクセル上に生じたとき、変化量 D の値は大きくなる。ここで、ピクセルの状態を表す M は、 D の値をしきい値処理することにより、物体 (1) と背景 (0) に判定する。次式の Th は、急激は変化を判定するしきい

値である。

$$M_t = \begin{cases} 1, & D > Th \\ 0, & D \leq Th \end{cases}$$

この操作を全ピクセルについて行う。

次に、フレーム間差分により検出したピクセル群からセグメンテーションにより領域を求める。セグメンテーション領域が多く存在する場合は面積が最も大きい領域を講師領域と決定し、その座標を記憶する。この講師領域の座標点は、次に述べる板書の再現における拡大中心点に用いる。

3. 板書の再現

ノート PC の表示解像度は一般に XGA(1,024×768) が多く、高解像度のモザイク映像を表示することができない。そこで、図 2 に示すように、ユーザが黒板全体と講師の位置関係が把握できるように縮小表示する。同時に板書した文字が読めるように、ユーザがマウスクリックした点を中心に拡大表示と拡大中心点を中心となるように拡大表示する。拡大表示の際には、板書文字がより読みやすいように鮮鋭化処理を施す。

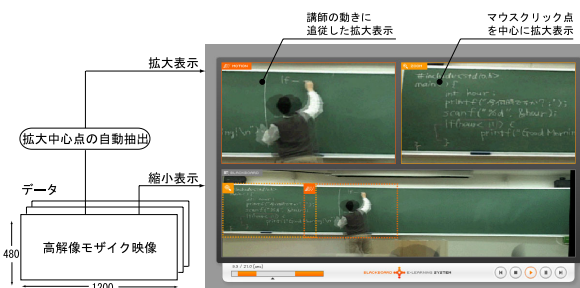


図 2：作成したアプリケーション

3.1. 拡大中心点の制御

拡大中心点は、毎フレーム毎検出結果を基に決定しているため、講師の敏速な動きに追従して拡大画像が揺れる場合がある。この急激な変化を抑制するため、拡大中心点の座標を次式に示す IIR フィルタを用いて計算する。

$$P_t = \alpha P_t + (1 - \alpha) P_{t-1} \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

ここで P_t は拡大中心点の x 座標、 P_{t-1} は 1 フレーム前の拡大中心点の x 座標、 α は拡大中心点の座標をどれだけ反映させて更新するかを決定する定数である。

図 3 は拡大中心点の x 軸座標を求める際に検出領域の左端とした場合と、IIR フィルタによる抑制を用いた場合の結果である。IIR フィルタ ($\alpha=0.05$) を用いると拡大中心点が滑らかに変化しているのがわかる。

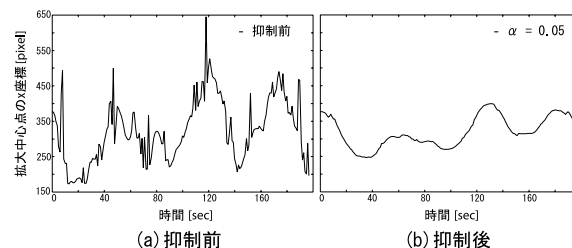


図 3：拡大中心点の制御

4. まとめ

黒板を対象とした多視点動画からイメージモザイクにより板書データのデジタルアーカイブとその再現法について検討した。今後は、講義モザイク映像を分析し、講義のインデキシングとその評価を行う予定である。本研究を基にしたビジネスモデルは、学生 IT ベンチャーアイデアグランプリにおいて入賞した。