

分割撮影した板書型講義動画に関する配信効率化方式

山口 真之介、大西 淑雅、西野 和典、湯川 高志[†]、福村 好美[†]、妙中 雄三[‡]
九州工業大学、[†]長岡技術科学大学、[‡]東京大学
yamas@iizuka.isc.kyutech.ac.jp

概要：板書型の講義を動画で配信する場合、板書の内容を鮮明に送る必要があり、ネットワークの回線、動画の質への要求が高くなる。本研究は多様な環境への板書型講義の配信を目的として、複数の固定カメラを用いて黒板を分割して撮影を行い、それぞれの動画に対してフレームレートを変えたデータを複数用意する。受信する環境に応じてフレームレートを落とす事で、できるだけ解像度と画質を維持した配信方法について検討する。

キーワード：e-ラーニング、講義動画配信、板書型講義

1 はじめに

近年、多くの教育機関で e-ラーニングの普及が進み、講義動画の配信が様々な形式で実施されている。さらにネットワークの高速化に伴い、配信する動画の質も高くなっている。多くの教育機関で、様々な講義動画の記録・配信が行われているが、大半の講義動画はスライドをメインとした解説型講義であることが多い。

この形式が多い理由として、講義資料であるスライドのファイルが講義の時点で電子化されており、インターネット配信と相性が良い点が上げられる。スライドの電子ファイル自体を配布する事により、動画自体の画質はそれほど高くなくとも、教員が解説している音声と、さらに指している場所がある程度判別できれば、残りはスライドの電子ファイルを開いて見ることで現場の講義と同等の内容を伝えることができる。

一方で板書型の講義では、教員が書く板書の内容が重要になる。その為、板書型講義を配信する場合、スライドによる講義の撮影よりも高い動画の質が要求され、その分ネットワークの回線の要求も高くなる。しかし e-ラーニングによる遠隔講義を配信するにあたり、高いネットワーク回線を条件としてしまうと、その時点で多くの希望者が受講できなくなる問題が生じる。

一方で、現在一般社会においてスマートフォン、タブレット端末などのモバイル端末の普及が著しい。今後開発していく e-ラーニング教材は、これらの環境でも利用できることが望まれる。

本研究は文字が読みやすい板書型講義の動画を作成するために、複数の固定カメラを用いて、黒板を分割して撮影する。さらに多様なユーザの環境で利用可能にするために、環境に応じた動画を複数作成して配信する方法について提案する。

本稿ではその具体的な撮影環境と、作成された

動画の画質と進捗状況について報告する。

2 板書型講義の動画

板書型の講義では、教員の解説と板書のみが講義の情報となる。従って、板書型講義を動画教材にする場合、その動画の解像度や画質は板書された文字が識別できるよう高く保たなければならない。特に数学や化学など、グラフや数式の添え字等を使う講義では、どうしても記述が小さくなる文字がある。これらを明確に識別する為には、高画質の動画データを配信しなければならない。

例として図 1 に九州工業大学（以下、九工大）の講義アーカイブシステムで記録した板書型の講義を示す。この動画は九工大で導入した講義アーカイブシステム(3)の固定カメラによって撮影されたものである。固定カメラによる自動撮影なので、人手はかからない。ただし黒板全域を撮影する為にカメラは後方に退いている。動画の解像度は HD (1920×1080) であるが、実際に視聴してみると板書の字は図 2 に示す程度の大きさで表示され、一部判別し難い文字が出てきてしまう。



図 1. 固定カメラによる数学の講義動画

これを回避する為に、人が講義の流れに沿って必要な箇所を拡大して撮影する方法がある。こうして撮影した場合は、数式の添え字も十分読める

ものになるが、撮影に人手がかかるため作成に手間がかかる。また撮影する人は、講義全体の流れを把握していないと、教員の説明に合わせて正しい場所にカメラを持っていくことができない。講義の流れに撮影が合わなければ、見難い講義動画になってしまう。

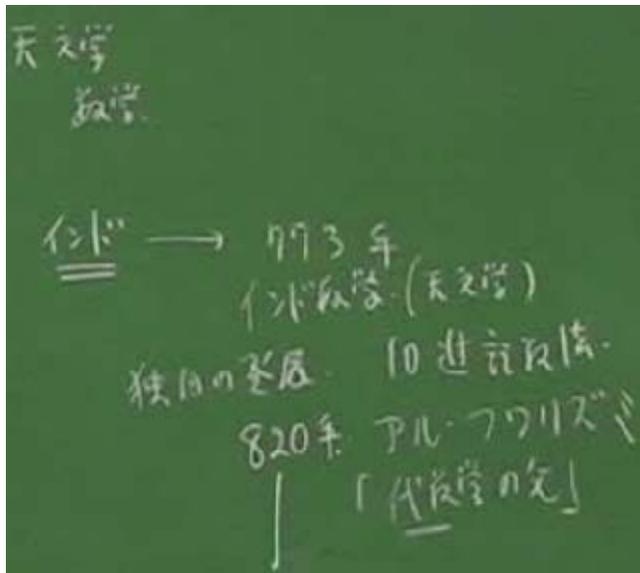


図 2. 図 1 の文字を動画で見た時の大きさ

また受講生が、教員が説明している個所とは別の場所が見たい場合、動画の再生時間を操作するか、表示されるまで待たなければならないという問題がある。

これらの問題点に対して、高画質の画像ファイルと低容量の動画ファイルを組み合わせて配信、受信側の計算機で合成させ通信量を低くした試み²⁾や、通常は低容量の動画を流し、学生の必要に応じて高画質の黑板画像（動画ではない）を提供する等、通信量を低くしつつ板書の画質を高く保って配信する研究が³⁾なされてきている。

そこで以下の3点に注目して、高精細板書型講義動画の配信方式について検討した。³⁾

- 複数台の固定カメラによって黑板それぞれの箇所を撮影する
- 複数の板書動画から見たいものを選択してみるための Player を開発する
- ネットワークの回線速度に合わせてフレームレートを落とした動画を配信する

図 3 に本稿で提案する講義配信システムの全体構成を示す。撮影は複数の HD カメラを用いて行う。講義室の黑板の枚数毎にカメラを用意し、そ

れぞれの黑板を撮影する。撮影した動画はそれぞれ個別にエンコードを行い、ストリーミングサーバで配信する。この時、フレームレートを変えた動画データを複数用意し、受信するネットワーク速度に合わせて異なる動画データを配信する。

こうする事で、できるだけ解像度と画質を維持しつつ、多様なネットワーク環境でも視聴可能な動画配信を試みる。

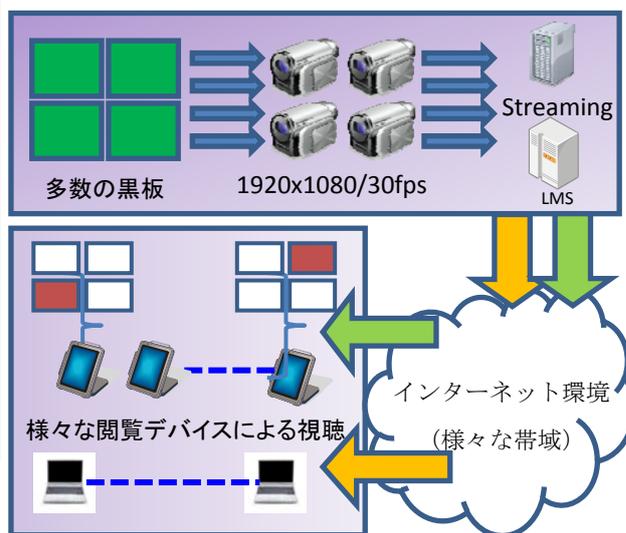


図 3. 提案する配信システム

3 板書型講義の分割撮影

次に、実際に撮影する環境について述べる。今回、本稿で撮影しているのは、本学で後期に開講している「解析学(再履修コース)」の講義である。

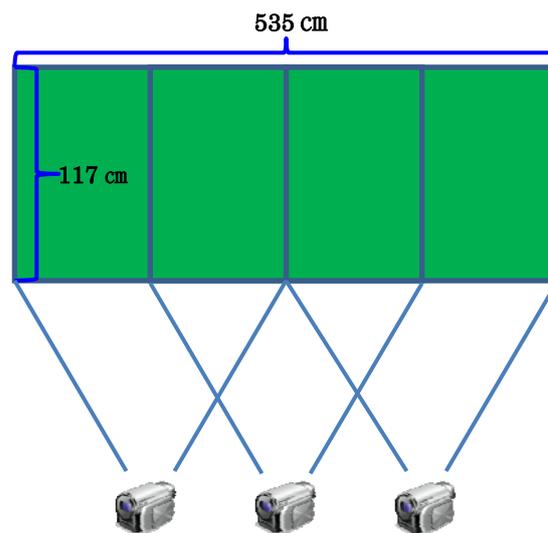


図 4. 3 台のカメラによる分割撮影

図 4 に撮影状況の概観を示す。この講義が行われる教室には 1 枚の黑板 (535cm×117cm) が設置されている。撮影は 3 台の HD カメラを教室後

方に設置して行く。黒板の丈夫に印をつけて縦に4分割し、1台のカメラで2つの部分を収めて撮影する。撮影にはバイト学生を雇っている。講義開始前に3台のカメラの設置を行い、開始時に3台同時に撮影を開始する。

撮影中、カメラは一切動かさず、講義の始めから終わりまで。その分割した黒板だけを記録し続ける。音声は教員に無線マイクを持ってもらい、中央のカメラでのみそれを記録する。

撮影後には、中央のカメラの音声を両側2つのカメラの映像と組み合わせ、3つの動画を作成する。10月の開講から、本稿執筆時まで既に7回の撮影が完了している。

4 Player の設計

次に配信動画の Player について解説する。本稿では複数のカメラによって、黒板の場所毎の動画を作成して配信する為、一つの動画を受信する従来の Player では動画の切り替えが難しい。そこで本研究では専用の Player を開発して、それを用いて動画を受信させる。

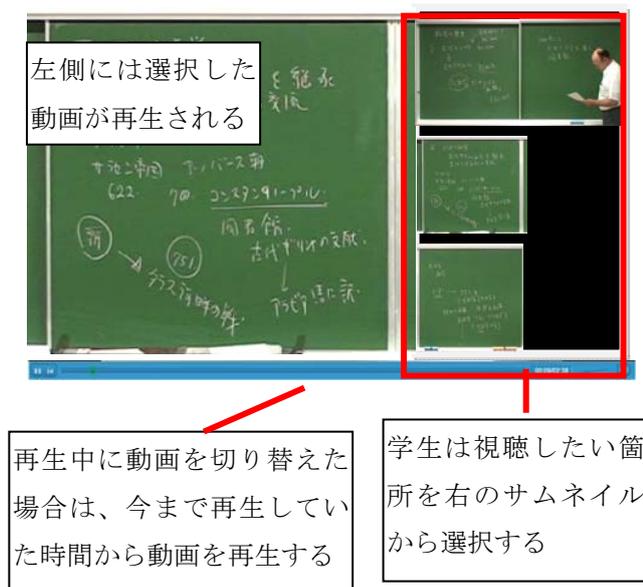


図 4. 動画 Player のイメージ図

図 4 に開発する Player のイメージ図を示す。受講生はプレイヤー右部のフレームから、サムネイルを選択して、自分が見たい箇所の黒板を選択する。この部分は画面全体で視聴する場合でも、邪魔にならないよう右部のサムネイル部分は、非操作時には隠れるようにしておく。

左のフレームに選択した黒板の動画が再生さ

れる。再生中に切り替えた際は、Player から時間の情報を取得して切り替えた動画を、その時間から再生する。

この Player によって、受講生は自分の見たい黒板を自由に切り替えることが可能となる。右側のサムネイルは、動画の時間に合わせてある程度の頻度で更新できれば、動画視聴中に教員の位置を把握できるようになり、使いやすくなると思われる。

5 考察

次に撮影した動画について、配信する時の画質について述べる。図 5 に実際に撮影された解析学の講義動画を示す。上から黒板の左、中央、右を撮影した動画である。

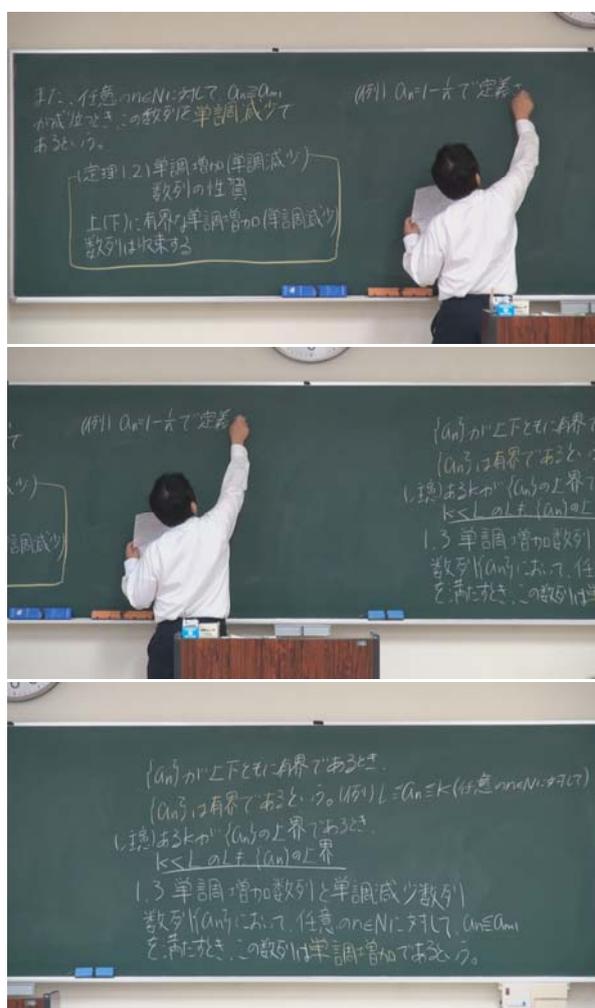


図 5. 撮影した動画 (上から左側・中央・右側)

これを見ると、教員が記述している箇所は、若干のずれはあるがカメラと同様に黒板の3箇所に分かれており、それぞれのカメラで一つの内容を

視聴できるようになっている事がわかる。

仮に教員が黒板の左端から中央を越えて書き続けられない限りは、内容が途切れる事無く、一つの動画で記述内容を把握できる。

次にエンコードの設定による画質の変化について確認する。今回はネットワークの速度が遅く、また解像度も 1280 x 720 dots での受信を仮定する。

1 章で述べたとおり、板書型講義の配信では黒板に書かれた文字の質をできるだけ落とさないように、動画を作成しなければならない。

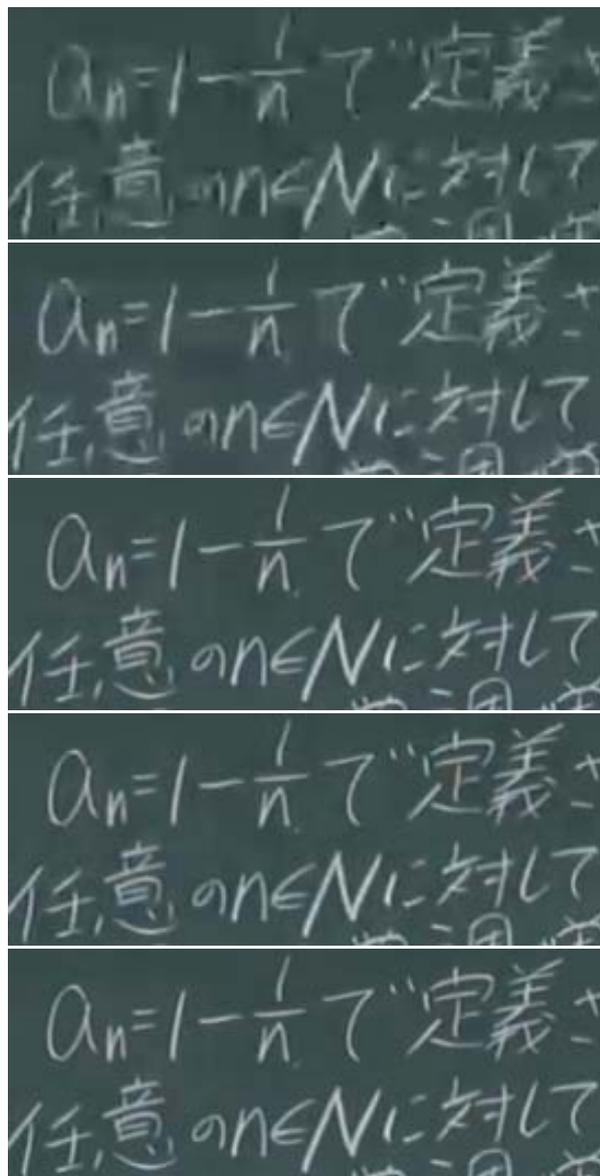


図 6.撮影した動画中の文字

(上から 30fps、15fps、1fps、0.5fps、0.25fps)

よって動画のエンコード条件から、フレームレートのみを変更して複数の動画を作成し、その画質を比較した。

今回は実験として撮影した講義から、教員が黒板に板書をしながら解説している箇所を 5 分ほど切り取って編集した動画を用いて、以下の環境でエンコードを行っている。動画のエンコードには FFmpeg を用いた。

- File format : MP4
- Video bit rate : 64k
- Output video resolution : 1280 x 720 dots
- Output audio format : mp3
- Audio sampling frequency : 44,100Hz
- Audio bit rate : 32k

動画で表示された黒板の文字を図 6 に示す。フレームレートは 30 (通常のフレームレート)、15 (通常の半分のフレームレート)、1 (1 秒に 1 コマ) 0.5 (2 秒に 1 コマ)、0.25 (4 秒に 1 コマ) の 4 つの動画を作成している。ビットレートを固定している為、全ての動画の容量は概ね 4MB 前後で収まっている。

図 6 を見ると 30 fps ではかなりノイズが発生しており、左上の a の下付き文字 n を認識するのは困難である。4 つの動画全てで、黒板に書かれた分数や下付き文字を読むことができる。15fps の動画は読めなくはないが、やはり文字の線がぼやけてしまっている。これらの文字は、教員が近づくなど、動画内で動きの変化が起こるとさらにノイズが発生して読み難くなる。一方で 1fps、0.5fps、0.25fps の動画ではノイズが目立たなくなっており、64kbps の低い帯域でも、黒板の文字をはっきり読むことが可能となっている。

この結果から、動画に必要な容量・ネットワーク速度を下げても、画質は維持できる事が可能であると考えられる。

問題点はフレームレートを落とすことで、動きが数秒ごとに切り替わる紙芝居のような動画とな

り、講義の音声と表示される映像に、ずれが生じている事である。

実際の音声に対して映像が 2 秒、或いは 4 秒遅れて表示されるため、教員が解説しながら黒板を指しても、その位置が音声と同期しない場合があり、学習者が講義の内容を理解し難くなる。

図 6 では、0.25fps の文字が最も鮮明に表示されているが、教員の音声や黒板を指す動作を、できるだけ把握できるように配信するのであれば、板書型講義の配信には、0.5fps 以上の動きが必要になるかもしれない。これについては今後、他の教育機関への配信実験を行い、その動画の内容について評価を行う予定である。

6 まとめ

本稿は、板書型講義の遠隔講義を目標として、高解像度の動画配信の方法について検討した。低速のネットワーク環境を過程して、フレームレートを落とした動画を複数作成し、その画質について調査を行った。教員の動作がぎこちないものになるが、黒板の文字については低い帯域の動画でも、十分視認できる事が確認できた。

今後は高速なネットワーク環境について、どの程度まで高解像度、高画質の動画が許容できるか調査し、まずはプレイヤーの試作を行い、他の教育機関への配信実験を行う。最終的には、受信する機器やネットワーク環境など、多様な状況に対応した配信システムを構築していく。

謝辞

本研究の一部は、平成 24 年度学際大規模情報基盤共同利用・共同研究拠点の支援を受けた。

本稿の執筆にあたり、講義撮影を許可して頂いた九工業大学、豊坂祐樹講師に感謝を表す。

参考文献

- [1] 畷田聡、宮下広夢、杉本清、小島明、福原美三：「視聴環境に適した講義コンテンツの簡易生成による講義映像の公開促進」、日本工学教育協会平成 23 年度工学教育研究講演会講演論文集、p450-451、2011 年
- [2] 町田 潔、木村 眞二、中川 敏明、福原 美三：「オープンコースウェアの活用を促進する検索アプリケーションの開発」、日本工学教育協会平成 23 年度工学教育研究講演会講演論文

集、p454-455、2011 年

- [3] 山口真之介、大西淑雅、西野和典、湯川高志、福村好美、妙中雄三：「高精細板書型講義動画に関する配信効率化方式」、信学技法、CMN12-38、pp115-119、2012 年