

市販ハイビジョンカメラを用いた講義ビデオ撮影加工システムの運用報告

永井 孝 幸^{†1}

収録時のカメラ操作が不要で簡易な講義収録方式として固定ハイビジョンカメラと仮想カメラワークを用いた方式に着目し、市販のハイビジョンカメラと小型サーバを組み合わせた低コストな講義自動撮影加工システムの開発・運用を行ってきた。本報告では、システムを実際の講義室で運用した結果と今後の課題について述べる。

Deployment result of a lecture capture system using off-the-shelf high-definition camera

TAKAYUKI NAGAI^{†1}

To make lecture capture a daily educational tool in higher educational organization, we have been developing a labor-saving and cost-effective lecture capture system that is composed of off-the-shelf high-definition camcorder and micro servers. In this report, we describe a deployment and operational result of our system installed in a lecture room. We also summarize future works to improve the system.

1. はじめに

MIT の OpenCourseWare^{1),2)} を皮切りとして、現在では様々な教育コンテンツがインターネットを通じて配信されている。講義ビデオについては iTunes U や YouTube EDU を通じて各大学のビデオが配信されており、知の解放の手段として一般的になりつつある。さらに、これら無料のビデオを内容別にまとめて閲覧しやすくした Academic

Earth(<http://academicearth.org/>) のようなオンライン教育サイトの出現により、講義ビデオを通じて世界水準の教育に手軽に触れられる環境が整いつつある。しかしながら、個々の教員が手軽に作成可能なホームページや講義スライドと異なり、講義ビデオの収録・加工の敷居は依然として高い。インターネットに流通している講義ビデオの大半が英語圏の大規模大学のものであることが現状を物語っている。

一方で、講義ビデオは日常の様々な教育活動にも役立つことが分かってきている。例えば ウィスコンシン大学マディソン校で 2008 年に行われた学生アンケート^{*1}では、8 割近くの学生が講義ビデオのある授業のほうが無い授業に比べて好ましいと答えており、出席できなかった授業の代わりや試験前の復習に講義ビデオを活用していることがアンケート結果に示されている。教師の立場からは、ティーチング・ポートフォリオの作成や授業改善の手段に講義ビデオを役立てることができる。特にビデオでは話者の表情や身振りなどの非言語情報を伝えられるメリットがあり、教授法指導の手段として講義ビデオを利用することも可能である^{3),4)}。また 2009 年の新型インフルエンザ流行による学級閉鎖の際には、欠席した学生に対して講義ビデオを配信するという試みもみられた^{*2}。以上のように、教育サービスの提供・改善手段としての講義ビデオの活用が広がりつつあり、講義収録インフラは LMS(Learning Management System) と同様に高等教育機関にとって不可欠な教育インフラになると考えられる。

LMS については Blackboard に代表される商用システムだけでなく、Sakai, Moodle といった世界規模で利用されているオープンソースシステムが存在し、各大学で一から独自のシステムを構築する必要はなくなりつつある。これに対して講義収録システムは各大学独自システムと Mediasite, Echo 360 などの商用システムが多数を占めているのが現状である^{*3}。商用システムに匹敵するオープンソースのシステムとしては Opencast プロジェクト (<http://www.opencastproject.org>) による Matterhorn システムの開発が始まったばかりであり、現時点で幅広い大学で利用可能なシステムは存在しない。専用のハードウェア・ソフトウェアを用いる商用システムでは 1 講義室分の設備で数百万円と高価であり設置箇所が限られるため、安価でかつ広く利用可能な収録インフラの実現方法が求められている。

著者の永井は収録時のカメラ操作が不要で簡易な講義収録方式として固定ハイビジョンカ

*1 <http://www.uwebi.org/news/uw-online-learning.pdf>

*2 <http://campustechnology.com/articles/2009/10/22/lecture-capture-technology-helps-universities-prepare-for-h1n1.aspx>

*3 <http://www.lecturecapture.com/index.php?/topic/245-lecture-capture-in-higher-education/>

†1 熊本大学総合情報基盤センター

Center for Multimedia and Information Technologies, Kumamoto University

メラと仮想カメラワーク⁵⁾を用いた方式に着目し、市販のハイビジョンカメラと小型サーバを組み合わせた低コストな講義自動収録加工システムの開発・運用を行ってきた^{6),7)}。

本報告では、著者が開発した上記システムの導入・運用結果について報告する。このシステムは固定ハイビジョンカメラを用いて講義撮影を行うため、撮影時のカメラマンや高価な可動式雲台が不要であり、導入・運用コストを低く抑えられる。さらに2009年度後期の運用結果に基づき、実際の導入・運用の各場面における課題について整理する。

本報告書の構成は以下の通りである。まず2節で開発したシステムの概要を説明し、3節でシステムの構成・配置・導入コストについて述べる。続く4節で実際の講義室における運用結果と運用中に生じた問題について述べ、最後に5節で今後の課題について述べる。

2. 固定ハイビジョンカメラを用いた講義ビデオ撮影加工システムの概要

この節では本報告で考察の対象とする講義ビデオ撮影加工システムの概要について述べる。基本的にはフルハイビジョン解像度(1920×1080)の固定カメラを用いて講義室全体を撮影した後、仮想カメラワークを用いて視聴に適したビデオを生成することで撮影時のカメラ操作を不要にするというアイデア⁵⁾に基づいている。システムの詳細については参考文献(6),7)をご覧ください。

開発したシステムは分散構成となっており、スケジュール配信端末、ビデオ自動収録端末(手動キャプチャ端末を兼ねる)、ビデオ加工サーバから構成される(図1)。スケジュール配信端末から配信される撮影スケジュールに従ってビデオ収録端末が自動的に講義の撮影を行い、撮影データをビデオ加工サーバに自動アップロードする。ビデオ加工サーバは新規データの到着を検出し、仮想カメラワークに基づいたビデオの自動生成を行う。

本システムでは小型Linuxサーバを用いて市販のハイビジョンカメラを制御し、撮影後、カメラに蓄積されたAVCHDデータをUSB経由で取得する。この方式を採用することで高性能なPCを用いることなくハイビジョン画質での自動収録を安価に実現している。ビデオの加工には著者が開発した仮想カメラワーク⁸⁾を用いており、板書とプロジェクタスクリーンを併用する講義にも対応している。

また、撮影後のカメラをビデオ収録端末に接続して手動でキャプチャ開始の操作を行うことも可能であり、講義撮影のみ有人で行うという使い方も想定している。これはカメラを固定設置できない講義室での収録と本システムを組み合わせられるだけでなく、自動撮影用カメラが故障した際のバックアップ手段にもなる。



図1 講義ビデオ自動撮影加工システムの構成
Fig.1 The structure of the developed lecture capture system

表1 サーバスペック

Table 1 The specification of servers used in the system

サーバ	機種	CPU	OS	備考
カメラ制御・キャプチャ用サーバ	SheevaPlug	Kirkwood 1.2GHz	Debian 5.0.2	
仮想カメラワークビデオ生成サーバ	DELL Precision 470	Xeon 3.6GHz(1コア)	Debian 5.0.3	PxVC1100(SpursEngine)追加
配信用ビデオレンダリングサーバ	Mac Mini	Core 2 Duo 2GHz	Mac OS X Server 10.5	QuickTimePro追加

3. システム導入結果

この節では講義ビデオ撮影加工システムの実際の構成・物理配置、ならびに導入にかかったコストについて述べる。なおシステム構築に用いたサーバのスペックは表1の通りである。

3.1 収録システム構成

収録システムは小型LinuxサーバとAVCHDカメラならびにカメラ制御用の外付け電子回路から構成される(図2)。スケジュール配信端末から送信される撮影スケジュールに基づいてカメラを制御し、講義の自動収録と収録データの自動キャプチャを行う。

カメラ制御用LinuxサーバにはUSB2.0,100MbpsLANを備えた機種(あるいは仮想PC)が利用可能である。初期のシステム実装⁶⁾では「ぷらっとホーム」社製のマイクロサーバ

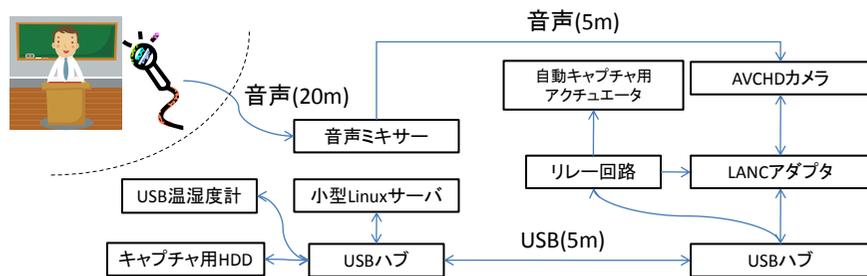


図 2 自動収録システム構成

Fig. 2 The structure of the deployed auto-recording unit

OpenMicroServer(AMD Alchemy au1550 400MHz) を用いていたが、より価格性能比に優れたマイクロサーバが入手可能になったことから現在は SheevaPlug(Kirkwood 1.2GHz) を用いて実装している。

講義室のマイク音声を収録するため、床下に音声ケーブルを設置して講義室前方にある音声アンプのモニタ出力を講義室後方まで延長し、カメラのマイク入力端子に接続している。ただし、マイク入力にはカメラ側で信号の増幅が行われるため、モニタ出力を直接マイク入力端子に接続すると入力信号レベルが過大となり音割れが発生する。そのため、途中で音声ミキサーを経由し音声レベルの調整を行っている。

AVCHD カメラから撮影データを自動的に取り出すには、カメラと小型サーバ間の USB 接続を確立するためにカメラ側の USB 接続用ボタンを押す必要がある。この操作を自動化するため、カメラ側面にある USB 接続ボタンを押下するための小型アクチュエータを作成しカメラに取り付けている(図 3)。通電加熱によって収縮する形状記憶合金製ワイヤー^{*1}をアクチュエータに用いることで、簡素かつ安価な駆動機構を実現することができた。

本システムで自動収録を行うには AVCHD カメラが LANC 端子・外部音声入力端子・USB ポート・USB 接続ボタンを備えている必要があり、SONY 製ハンディカムの上位機種が適合する。実際に自動撮影・キャプチャが問題なく行えることを SONY 製ハンディカム 3 機種 (HDR-SR12,HDR-XR500V,HDR-CX550V) で確認済みである。ただしカメラの機種によって USB 接続ボタンの位置が異なるため、各機種に合わせてアクチュエータを調整する必要がある。

*1 トキ・コーポレーション製バイオメタル・ファイバーを使用

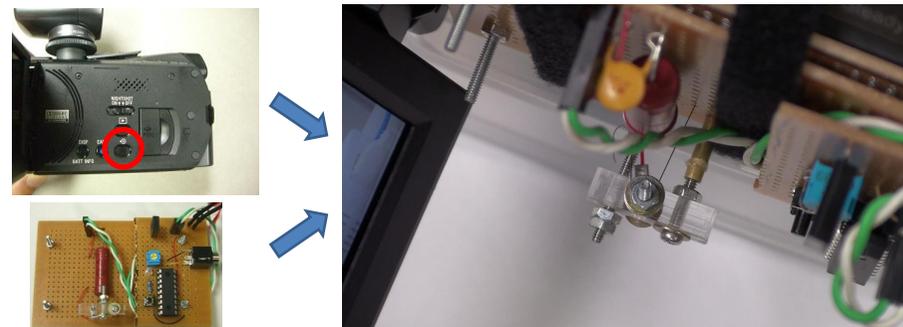


図 3 自動キャプチャ用アクチュエータ

Fig. 3 We developed a wire actuator to push USB connection button for automated capture.

3.2 加工システム構成

収録した AVCHD 素材の自動加工を行うため、Linux サーバ、Mac サーバを用いて加工システムを構築した。加工システムは仮想カメラワークビデオ生成サーバと配信ビデオレンダリングサーバから構成される(図 1)。今回用いたサーバのスペックを表 1、ビデオの加工工程を図 4 に示す。このシステム構成では 4 時間ごとに 90 分の講義ビデオ 1 本の加工を終えることができる。

3.2.1 仮想カメラワークビデオ生成サーバ

Xeon 3.6GHz の高速な CPU を搭載しているが CPU 処理による AVCHD 素材のデコード・変換には大量の計算時間がかかり、90 分の AVCHD 素材を MPEG-2 形式に変換するだけで約 3 時間要していた⁶⁾。そこで H.264 形式対応のハードウェアコーデック (SpursEngine) ボードを追加し、この変換処理を 60 分に短縮することに成功した。なお、SpursEngine を利用するには AVCHD 素材をハードウェアコーデック用のデータ形式 (SPES 形式) に変換する必要があるが、変換途中のデータをディスクに出力すると入出力処理のために変換速度が低下する。そこで、中間データを出力しないストリーム処理として実装している。

また、メーカー提供 SDK に付属のデバイスドライバでは Linux カーネル 2.6.18 までしか対応していないが、簡単な修正で Linux カーネル 2.6.24 以降に対応できることが分かったためドライバの修正を行った上でシステムを構築している^{*2}。

*2 修正後のドライバは <http://www.cc.kumamoto-u.ac.jp/nagai/apps/SpursEngine> にて配布

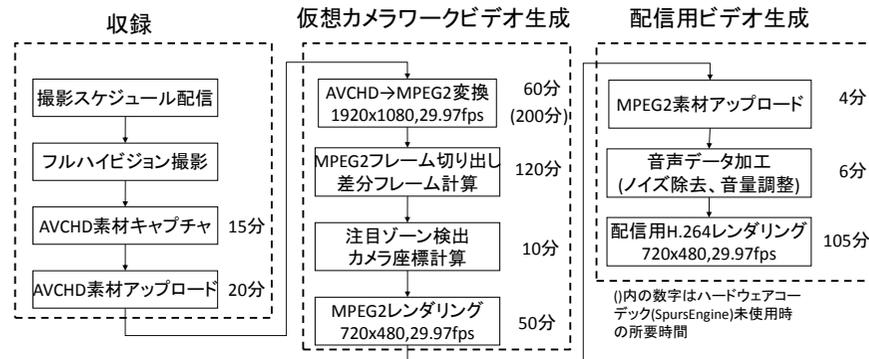


図 4 講義ビデオの収録から配信までの工程 (90 分収録の場合)

Fig. 4 The workflow from recording to streaming in the case of 90-minute recording

3.2.2 配信用ビデオレンダリングサーバ

生成された仮想カメラワークビデオを MPEG-2 形式からストリーム配信可能な H.264 ビデオに変換するため、ストリーム配信用ビデオ生成サーバを Mac Mini を用いて構築した。H.264 ビデオのレンダリングには QuickTime Pro を用いている。QuickTime 自身は自動レンダリング機能を備えていないが、コマンドラインで QuickTime の機能を呼び出すことのできる QT_TOOLS(http://omino.com/sw/qt_tools/) をシェルスクリプトから制御することで自動レンダリングを実現している。

なお Linux でも ffmpeg と mp4creator を組み合わせることで、ストリーム配信可能な H.264 ビデオの生成は可能である。今回 Mac Mini を用いたのは、価格性能比がよく本体が小型で設置が容易なこと、マルチスレッドによる高速なエンコードが可能であること、正規にライセンスされた H.264 エンコーダが安価に利用可能であること、などが理由である。

3.3 収録システム物理配置

本収録システムでは小型サーバと撮影カメラ間の信号のやりとりは USB のみを用いて行う。USB 信号は NTSC 信号のように同軸ケーブルを用いて長距離伝送を行うことはできないが、USB リピータケーブルを多段接続することで最大 20m まで伝送可能であり、サーバとカメラを床下と天井に離して設置するには十分である。

今回は設置ならびに調整・メンテナンスのしやすさを考慮し、小型サーバ・音声ミキサーは床下設置、撮影カメラについては天井取り付けではなく壁面取り付けとした(図 5)。この

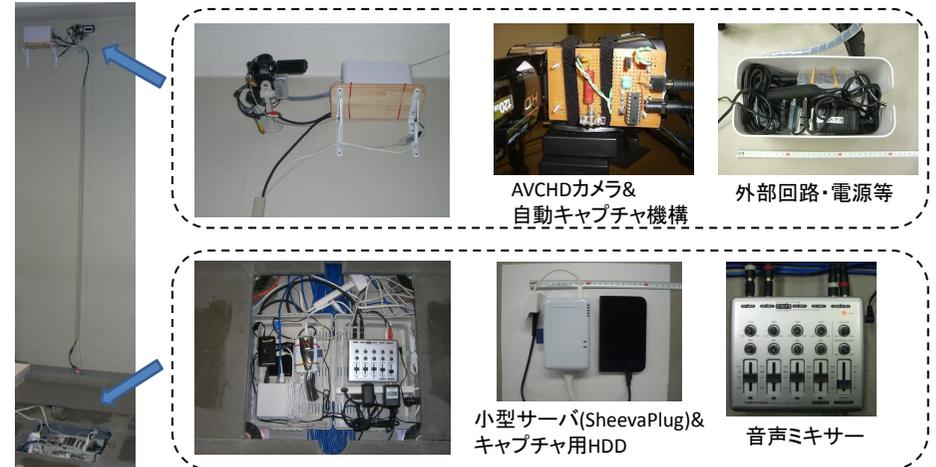


図 5 自動収録システム設置状況

Fig. 5 The deployed auto-recording unit in a lecture room

配置ではカメラとサーバ間の USB 接続は 5m のリピータケーブル 1 本で十分であった。カメラ制御回路についてはカメラの横に小型の機材棚 (幅 30cm×奥行き 15cm) を設け、ケーブル収納用 BOX の中に電源アダプタ等とともに収納している。最終的に床下からカメラに向かって伸びているケーブルは電源・音声・USB ケーブルの 3 本だけとなった。

3.4 システム導入コスト

この節では、収録システム・加工システムの導入コストの内訳を示し、図 1 に示した講義ビデオ自動撮影加工システムを構築するのにかかる費用が約 40 万円であることを述べる。

3.4.1 収録システム導入コスト

開発した収録システムを著者の所属する総合情報基盤センターのパソコン演習室に設置した。この時に収録システムの導入にかかったコストの内訳を表 2 に示す。最もコストの高い部材は撮影用カメラ本体であるが、その他はいずれも数千円から 1 万円程度と安価である。撮影カメラの壁面設置に必要な部材はいずれもホームセンターや通信販売で入手可能なものであり、特注品は用いていない。カメラ取り付け台と機材棚、ケーブルモールの壁面取り付けは業者に依頼したが、工賃は 2 万円と安価であった。結果として、約 18 万円の費用で収録システム一式を導入することができた。

ただし収録システムの設置にかかるコストは設置環境によって異なるため、上に示した費

表 2 自動収録システム導入コスト内訳
Table 2 The detailed cost of an auto-recording unit



名称	製品名	費用(円)
AVCHDハンディカム	HDR-SR12	87,000
壁面取り付け工事		20,000
小型サーバ	SheevaPlug	12,000
LANC通信アダプタ	Control-L USB Cable	12,000
USB HDD	WesterDigital MyPassport Essential	11,200
音声ミキサー	AT-PMX5P	8,500
A/V端子ケーブル	LANC Adapter for Sony Camcorder	5,000
音声ケーブル	RCA音声ケーブル(20m)	4,300
USBハブ	4ポートUSBハブU2H-TAP1410BBK (2ヶ)	4,000
カメラ制御回路	自作	4,000
ケーブルボックス	Blue Lounge ケーブルボックス	3,000
ネットワークハブ	corega CG-SW05TXR	2,600
カメラ取り付け台	ブラケットL AL-S013	2,100
機材棚	折畳み棚受+棚板	2,100
盗難防止ワイヤー	パフアローコクヨサブライ	1,600
ケーブル用モール	ブラモール PML-4J	1,600
	合計	181,000

用はあくまで一例であることに留意されたい。例えば、今回収録システムを設置した演習室では床がフリーアクセスになっており、床下への機材設置・ケーブル敷設・電源確保は自前で行うことができる。

3.4.2 加工システム導入コスト

今回仮想カメラワークビデオ生成サーバに用いた PC は 2005 年に購入したものであるため 2010 年 4 月時点での価格に直すことが難しいが、現在の DELL 製品のラインナップで同等の位置づけにある Dell Precision T1500 の価格を当てはめると 15 万円程度となる。また表 1 に示したスペックに対応する Mac Mini はアカデミック価格で約 6 万円である。したがって加工システム一式を約 21 万円で構築することができる。

4. システム運用結果

2009 年 9 月下旬からシステムの定常運用を開始し、熊本大学内の講義やイベントのビデオ収録・加工を行った。この節ではシステムの運用結果ならびに運用中に生じた問題について述べる。

4.1 講義収録状況について

2009 年度後期 (2009 年 9 月 21 日から 2010 年 3 月 31 日) における収録結果を表 3 に示す。自動収録を行った実際の講義は 2 科目であるが、長期運用における自動収録システムの

表 3 ビデオ収録結果
Table 3 Summary of the recorded lectures

収録方法	対象	収録回数	収録時間(分)	素材データ量(GB)
自動	早朝無人教室	56	2334.9	280.8
	対面講義(1科目)	13	1169.3	140.4
	情報処理演習	13	1170.1	140.5
手動	対面講義(3科目)	13	950.9	114.1
	発表会、セミナーなど	3	650.4	78.9
合計		98	6275.6	754.7

安定動作を確認するため、今回は通常の講義収録だけでなく早朝無人教室の自動撮影も行っている。手動収録対象科目のうち 1 科目は著者自身の担当科目であり、撮影スタッフの補助がなくても講師自身で講義の収録を行えることが確認できた。

プロジェクタスクリーンを用いる典型的な講義の撮影例を図 6 に示す。図 6 左側では画面が少し左に傾いているが、実際の傾きは 1 度である。したがって、カメラ取り付け時の水平調整は正確に行う必要があることが分かる。

収録ビデオからプロジェクタスクリーンに対応する 740 × 480 の領域を切り出した画像が図 7 である。このように講義スライドで通常用いられる大きさの文字については問題なく判別できることが分かる。また最前列の学生の PC 画面の様子も分かり、情報処理演習科目ではビデオから演習状況のある程度把握することができる。

しかしながら、撮影状況によってはビデオカメラのオートフォーカスが安定しないケースがあることが分かった。図 8 は天井の照明を消してプロジェクターを利用している場面であるが、このように光量が足りない場面では特にピントが安定しない。手動収録の場合はカメラをマニュアルフォーカスに切り替えることで対応が可能であるが、自動収録の場合の対策については検討中である。

講義以外にも、学生発表会などのイベントについても試験的に手動収録を行った。その際、カメラマンに収録方法を説明し、最初にカメラのアンクル・ズームを設定した後は一切カメラに触れないように伝えたにも関わらず、実際にはカメラを頻繁に操作するという事態が発生した。撮影時の映像と加工後の映像の対応が直感的でないことが原因と考えられ、手動撮影を行う撮影者に対しては事前の講習を行うことを検討している。

4.2 収録ビデオの加工について

現在のシステム構成では 4 時間ごとに 90 分の講義ビデオ 1 本の加工を終えることができる (図 4 参照) ため、ある講義室の 1 限から 5 限までの講義をすべて収録しても一日で加工

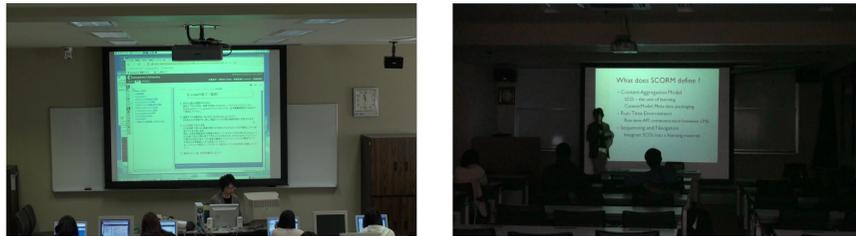


図 6 講義収録の様子(左:自動収録, 右:手動収録)

Fig. 6 Sample images from a real lecture(left:auto recording, right:manual recording)

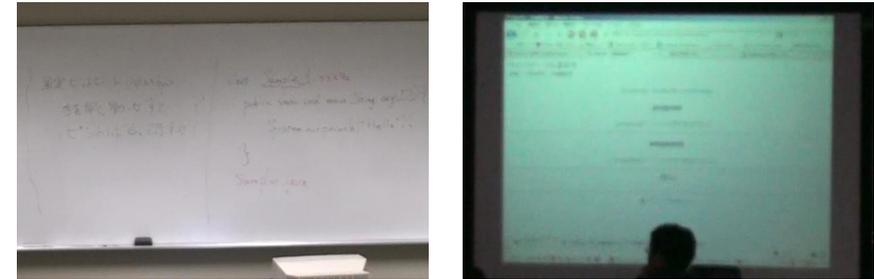


図 8 オートフォーカスが合っていない例

Fig. 8 Under some lighting condition, the camcorder becomes out of focus.

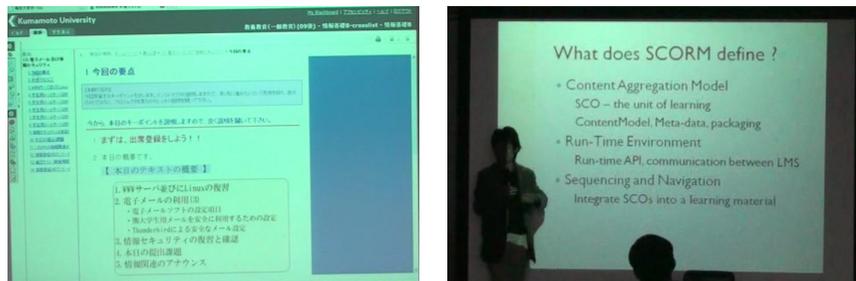


図 7 収録映像からトリミングしたプロジェクター画像(左:自動収録, 右:手動収録)

Fig. 7 Cropped images from a recorded lecture(left:auto recording, right:manual recording)

が完了する計算になる。現在は MPEG2 動画からフレームを切り出す処理に最も時間がかかっており、この部分の実装を改良することを検討している。

現在利用している仮想カメラワークでは、カメラの視野内で最も変化のあった領域とプロジェクタスクリーンの変化を注目箇所として検出し、注目箇所を追跡するカメラワークを計算するという方法を用いている。ほとんどの講義はこの手法で問題なく講師および講義スライドを抽出したビデオを生成できたが、図 9 のように黒板横に鏡が設置されている講義室では意図しないカメラワークが生成された。鏡に映った学生の動きが検出されてしまうため、カメラが講師をうまく捕らえられないためである。このようなケースでは動き検出を行わないマスク領域を指定する必要がある、手作業での対応が必要となる。

収録音声は講師によって発話時の音量に違いがあるだけでなく、無発話時のノイズが耳障りでありそのままではビデオの視聴に支障があった。そこで音声コーデック Speex(<http://www.speex.org/>) を用いてノイズ除去と音量調整を行うようにしている。



図 9 黒板横に鏡が備え付けられている講義室の例

Fig. 9 A lecture room equipped with a mirror that affected our virtual camerawork

4.3 自動収録システムの運用について

今回の運用期間を通じて撮影機材の不具合は起きず、自動キャプチャ用のアクチュエータも問題なく動作した。ただし、今回利用した小型サーバ (SheevaPlug) では USB HDD に対して数日間アクセスをしないままであると HDD へのアクセスができなくなるという不具合が事前に確認されたため、一定時間ごとにログを USB HDD に書き込むという対策を行っている。

サーバを床下に設置して常時運用する場合、温度環境が動作保証範囲を越えないかが心配である。そこで USB 温湿度計を小型サーバ表面に設置し、温度監視を行うようにしている。2010 年 1 月から 3 月にかけての測定結果では平常時の温度は 40 度前後であり問題は

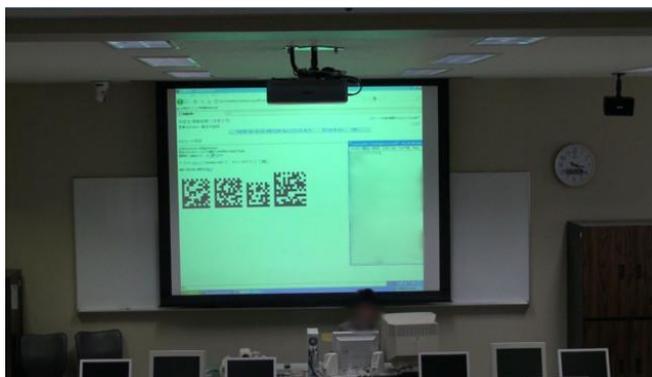


図 10 2次元バーコード撮影による収録情報(現在時刻・講義室情報等)の取得
Fig. 10 Auto tagging through detection of 2-dimensional barcodes

なかった。しかしながら夏の時期に締め切った無人の講義室は高温になるため、夏期の温度測定の結果によっては冷却装置を設置することも検討している。

撮影カメラについては内蔵時計が月差数秒程度であるが少しずつずれていくため、AVCHD素材のタイムスタンプが不正確になるという問題がある^{*1}。撮影カメラは高所に設置されているため定期的に手作業で時刻を再設定することは現実的でない。

そこで、現在時刻を表す2次元バーコードを定期的に撮影して時刻のずれを検出し、素材加工時にタイムスタンプを補正する方式について検討を行っている。図10は現在時刻(UNIX時刻)をデータマトリックスとしてプロジェクターで投影しているところである。撮影後、映像フレームからデータマトリックスを読み取り、素材のタイムスタンプから算出された時刻とデータマトリックスから検出された時刻とのずれを算出することでタイムスタンプの補正を行うことができる。データマトリックスの読み取りにはオープンソースのlibmtxを利用し、問題なく読み取れることを確認している。

5. 今後の課題

この節では本システムを用いた講義収録を本格的に行うにあたって解決すべき今後の課題について述べる。

*1 今回カメラを設置した講義室ではGPS電波が受信できずカメラ内蔵時計の自動時刻設定が機能しなかった

5.1 収録素材の保管について

今回収録したAVCHD素材は800GB程度のデータ量(表3参照)でありHDD一台に保管できる範囲であったが、継続的に講義収録を行うには収録素材の保管方法についても検討しておく必要がある。

収録素材をすべて保管する場合は記録メディアのコストが問題になると考えがちであるが、2TBのSATAディスク単体価格が実売で12,000円程度に下がっており(GBあたり5.86円)、90分講義15コマ分の素材を保管するのに必要なメディア代は約880円である。収録素材の保管において記録メディア自体のコストはすでに問題ではなく、どのHDDにどの素材が保管されているかの対応を管理する手間と、記録メディアの保管スペースを確保する手間が問題になるとされる。

5.2 Opencast Matterhornシステムとの連携

Opencastプロジェクトで開発中の講義収録配信システムMatterhornでは、講義収録端末に対してWebサービス呼び出すことで自動撮影を行っている。今回開発した収録システムをMatterhornの制御方式に対応させることで、大規模収録の運用が容易になるとともに本システムの適用範囲が大きく広がると考えられる。

ただしMatterhornでは収録ビデオを単にffmpegで加工することを想定しており、本システムのように仮想カメラワークを用いて高度な加工を行うことは想定されていない。仮想カメラワークの処理をMatterhornにどのように組み入れるかは現在検討中である。

5.3 ネットワークカメラによる撮影

フルハイビジョン解像度(1920×1080)での撮影が可能なカメラとして、ビデオカメラの代わりにネットワークカメラを用いる収録方式も考えられる。たとえばAXIS社製のネットワークカメラQ1755はフルハイビジョン解像度での撮影が可能であり、映像をH.264形式のネットワークストリームとして配信することができる。

このようなネットワークカメラでは、ネットワークストリーム映像の録画が可能なVLC(<http://www.videolan.org/vlc/>)等のソフトを組み合わせるだけで自動収録システムを安価かつ容易に構築できる可能性がある。実際、ネットワーク監視カメラ映像の記録用システムとして、H.264ストリームを録画できる製品が販売されている。

試験的にネットワークカメラQ1755を用いて講義室全景を撮影したところ、全体的に輪郭がぼやけて映っているものの縮小して視聴する分には画質に問題がないことが分かった(図11)。ただし、教室を人が横切るときのように画面内の動きが多い場面ではコマ落ちが発生したようなぎくしゃくした動画になるため、ビデオカメラの代替とするには時期尚早で

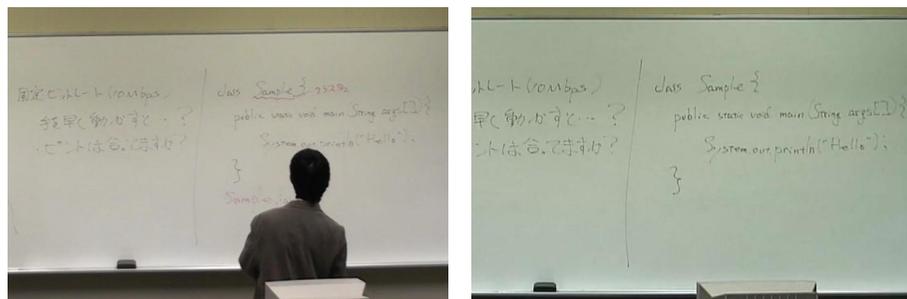


図 11 ネットワークカメラ映像との比較 (左:ハンディカム HDR-SR12, 右:ネットワークカメラ Q1755)
Fig. 11 Image comparison between handycam HDR-SR12(left) and network camera Q1755(right)

あると考えている。

ネットワークカメラを用いて収録システムを構築する場合、Q1755 のコストだけで実売 16 万円程度かかることから、導入コストの面でも AVCHD カメラを用いた現在のシステム構成のほうが有利である。しかしネットワークカメラの場合は自動収録用に外付けの付加回路を自作する必要がないため、設置にかかる手間が少ないというメリットがある。コマ落ちのない安定した映像が得られ、コストがもう少し下がれば収録システムに用いることも検討に値すると思われる。

5.4 ビデオ加工の高速化・高度化

現在の仮想カメラワーク処理ではビデオの加工にかかる時間を短くするため、フルハイビジョン解像度のビデオから単純に大きき 720×480 の領域をトリミングして標準解像度のビデオを生成している。このため講義を撮影する時はプロジェクタスクリーンがちょうど 720×480 の領域に収まるように広角側で撮影している。しかしながら、最終出力の画像を鮮明にするにはできるだけ望遠側で撮影しておき、加工時に注目領域を 720×480 の大ききに縮小するほうがよい。また可搬機材を用いて講義を手動で収録する際にカメラをうまく水平に調整できないケースもあり、ビデオ加工時に画面の傾きを補正することが望まれる。

従来はこのような画像の縮小・回転処理を行うには計算時間がボトルネックになるため日常的な講義収録に用いるのは現実的でなかった。しかし、現在は GPU 搭載のグラフィックカードが安価に入手可能であり、CUDA や GPUCV といった画像処理ライブラリを組み合わせることでこのような画像処理が実用的なコストと時間で実現可能であると考えられる。画像処理の高速化によって撮影条件の制約を減らすことが今後の課題である。

6. ま と め

本報告では、開発した講義収録加工システムの導入・運用結果について述べた。自動収録システム・加工システム一式の導入にかかった費用は約 40 万円であり、商用システムと比較して極めて安価に自動収録加工インフラを構築することができた。2009 年度後期を通して講義室でシステムの運用を行い、実環境で問題なく動作することを確認している。今後の課題としては、他のオープンソースシステムとの連携、ネットワークカメラによる撮影、仮想カメラワーク処理の高速化・高度化が挙げられる。

謝辞 本研究は科研費(課題番号:21700818)の助成を受けたものである。

参 考 文 献

- 1) MIYAGAWA, S.: 1.Open Course Ware : How It Started and Where It is Going(<Special Feature>Collaboration in Spreading e-Learning), *Journal of Information Processing Society of Japan*, Vol.49, No.9, pp.1029-1038 (20080915).
- 2) Abelson, H.: The creation of OpenCourseWare at MIT, *Journal of Science Education and Technology*, Vol.17, No.2, pp.164-174 (2008).
- 3) MIYATA, H.: Development and Trial of Web-based Electronic Teaching Portfolios for Pre-service Teachers, *Japan journal of educational technology*, Vol.27, pp.61-64 (20040305).
- 4) Miyata, H.: Development of a Classroom Teaching Improvement Support System Using a Web-Based Teaching Portfolio with Video-On-Demand, *Advanced Technology for Learning*, Vol.2, No.2, pp.104-111 (2005).
- 5) Yokoi, T. and Fujiyoshi, H.: Virtual camerawork for generating lecture video from high resolution images, *Multimedia and Expo, 2005. ICME 2005. IEEE International Conference on*, p.4 pp. (2005).
- 6) 永井孝幸: HDD 録画型ハイビジョンカメラを用いた講義ビデオ自動撮影加工システムの開発, 情報処理学会研究報告 第 11 回 CMS 研究発表会, Vol.2009-CMS-11, 情報処理学会, pp.80-87 (2009).
- 7) Nagai, T.: Automated lecture recording system with AVCHD camcorder and microserver, *Proceedings of the ACM SIGUCCS fall conference on User services conference*, St. Louis, Missouri, USA, ACM, pp.47-54 (2009).
- 8) Nagai, T.: Simple lecture recording with HDV camera and virtual camerawork, *Proceedings of the 8th International Conference on Applications and Principles of Information Science*, University of the Ryukyus, Okinawa, JAPAN, pp.321-324 (2009).