

機関番号：17401

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21700818

研究課題名(和文) 高解像度教育コンテンツ映像の大規模収録分析システム基盤の構築

研究課題名(英文) System infrastructure for large scale capture/analysis of high-definition educational videos

研究代表者

永井 孝幸(NAGAI TAKAYUKI)

熊本大学・総合情報基盤センター・准教授

研究者番号：00341074

研究成果の概要(和文)：市販の機材を用いて大規模かつ安価に講義の自動収録・分析を行うシステムの開発に成功した。このシステムでは収録時のカメラワーク操作を不要にするために固定ハイビジョンカメラを用いて講義室全体を撮影し、撮影後に注目領域だけを抽出することで仮想的にカメラワークを施した講義ビデオを生成する。この方式により、1講義室あたり20万円程度の機材を設置するだけで1日5コマの90分講義を日常的に自動収録・分析・配信することが可能になった。

研究成果の概要(英文)：We developed a cost-effective lecture capture system with off-the-shelf components. The system automatically records entire classroom with a stationary high-definition camcorder to eliminate camera operator. In post processing, our video analysis backend detects regions of interest, then create videos with virtual camerawork that traces the regions. The system enables us to record and analyze daily lectures with the cost of 2,000 dollars per room.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2010年度	1,400,000	420,000	1,820,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：教育学習支援情報システム

科研費の分科・細目：教育工学・教授学習支援システム

キーワード：講義ビデオ，ハイビジョン，自動収録，仮想カメラワーク，音声分析

## 1. 研究開始当初の背景

近年、OpenCourseWare や iTunes U をはじめとして高等教育機関における教育コンテンツの蓄積と活用が世界的に加速しており、良質の教育コンテンツを蓄積しネットワーク上で提供することが高等教育機関の重要な機能となりつつある。

インターネットにおける検索エンジンの成功から分かるように、大量に蓄積されたコンテンツからはデータマイニング等の知識

発見技術によって高次の情報を引き出すことが可能である。したがって、教育機関が日常の教育活動を映像として大量に蓄積することができれば、教員・学生の振る舞いや講義の進行を分析し、効果的な教育を行うための知見が得られると期待される。

しかしながら、現状では自動撮影設備を有する大規模大学ですら一部の科目の収録を行っているにすぎず、日常の教育活動に対してこのような分析を行うには大規模収録を

前提とした新たな情報システム基盤の構築が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究では、(1)高解像度教育コンテンツ映像大規模収録システム基盤・(2)高解像度教育コンテンツ映像の大規模分析システム基盤を開発することで、教育機関が日常の教育活動を教育コンテンツ映像として大規模に収録・分析するためのシステム基盤を構築することを目指す。

## 3. 研究の方法

### (1) 高解像度教育コンテンツ映像の大規模収録システム基盤の開発

大規模収録を行うには導入・運用コストの低減が不可欠である。そこで収録機材には記録媒体の交換が不要な内蔵HDD収録型の家庭用フルハイビジョンビデオカメラを使用する。更に、これらのカメラに備わっているLANC, IEEE1394, USBなどの一般的な外部インタフェースを用いてカメラを制御し、科目スケジュールに基づいて自動撮影を行うシステムを小型コンピュータにより安価に実現する。

また、運用上は収録後の素材の保管・管理にかかる人的コストが問題となる。そこで素材保管用の大容量ストレージと汎用PCを組み合わせ、カメラから動画ファイルを取り出してネットワーク経由で収集し集中管理する素材管理システムを構築する。

### (2) 高解像度教育コンテンツ映像の大規模分析システム基盤の開発

収録システムによって蓄積された映像コンテンツに対し、教員・講義スライド・板書・学生座席を対象に映像の特徴量・変化量・注目領域の算出を行う。音声データに対しても、発話タイミング・音量・音素・周波数分布といった特徴量の算出を行う。

大量に収録された素材に対して日常的にこれらの分析を行うには、計算時間の制約を考慮した分析システムが必要である。しかし収録された高解像度映像は圧縮フォーマットによって記録されているため、デコード処理にかなりの時間がかかる。そこで、ビデオデコード用ハードウェアやGPUの活用によりデコード処理の高速化を実現する。さらに、計算コストの高い分析処理を行う前に音声・画像に対して予備的な分析を行い、解析不要箇所の抽出を行うことで分析処理の効率化を実現する。

## 4. 研究成果

### (1) 主な研究成果

#### ① 固定ハイビジョンカメラと小型サーバによる講義自動収録システムの構築

収録時のカメラ操作が不要な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が知られている。この方式はカメラ操作が不要であるため省力化・自動化に向いており、また市販ハイビジョンカメラの低価格化が進んでいることから導入コストも比較的安価であり、自動収録システムを組み合わせることで大規模な講義収録が可能になると考えられる。しかし、既存の自動収録システムの多くはハイビジョン撮影に対応していない。

そこで、市販のHDD録画型フル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を行った(図1)。撮影スケジュールの管理を容易におこなえるようにするため、iCalendar形式に対応した汎用のカレンダーソフトによる撮影スケジュール管理を可能にするためのツールも合わせて作成した。

### システム全体構成

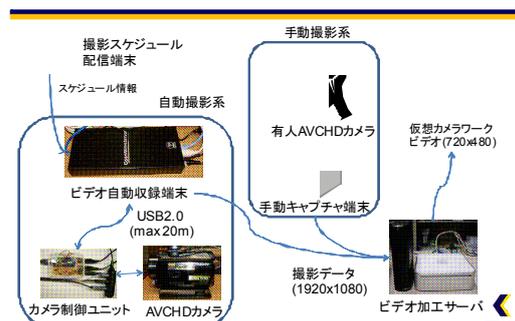


図1 自動収録システム全体構成

#### ② 講義ビデオ遠隔自動収録システムの実現

一般に自動収録システムでは収録端末に加えてビデオ加工・配信用のサーバが別途必要であり、大量に講義収録を行うにはこれらサーバの導入・運用コストが課題となる。全学的な規模で収録を行う場合は数十～数百の講義室が収録の対象となるため、サーバも数十台の規模での導入が必要になると予想される。全学の計算機センターに他のサーバと集約して設置するか、あるいはAmazon EC2などのクラウドサービスを講義期間に限って利用するのが現実的である。

サーバを遠隔地に設置した状態でシステムを安定して運用することが可能であれば、自組織内の講義収録に必要なサーバを集約

するだけでなく、さらに進んで他組織とサーバ資源を共有することで大幅に導入・運用コストを削減できる可能性がある。そこで遠隔地にあるサーバ資源を用いた講義自動収録を実現するため、講義自動収録システムの改修を行い、鳥取-熊本間での講義ビデオ遠隔自動収録が日常的に可能であることを実証した(図 3)。

### システム稼働状況

- 鳥取収録分6コマの加工に24時間

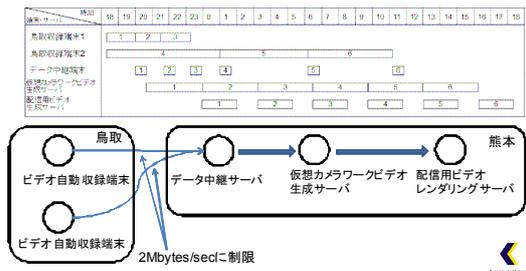


図 3 システム稼働状況

主な改修内容はデータ中継サーバの開発・ネットワーク障害耐性の確保・ビデオ加工サーバの処理性能向上・収録場所に応じたビデオ加工パラメータの自動調整、プライベート LAN に設置されたビデオ配信システムとの連携である。開発した遠隔自動収録システムでは熊本側のビデオ加工サーバを鳥取・熊本両方の収録素材で共有する(図 2)。

### 鳥取-熊本間講義自動収録体制

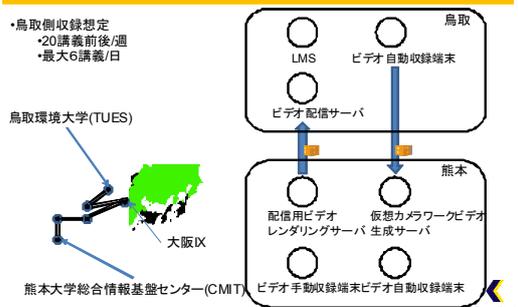


図 2 鳥取-熊本間自動収録体制

鳥取側に設置したのは自動収録用のハイビジョンカメラ・小型サーバだけであり(図 4)、設置機材・設置工事の費用を合わせても2講義室の自動収録を実現するのにかった費用は50万円程度であった。既存の商用システムでは1セット数百万円することから、本システムでは極めて安価に自動収録体制を実現できることが分かる。

- ③ 撮影カメラ制御用超小型アクチュエータの開発

### 鳥取側収録システム

- 配線・壁面工事に約10万円(2講義室分)

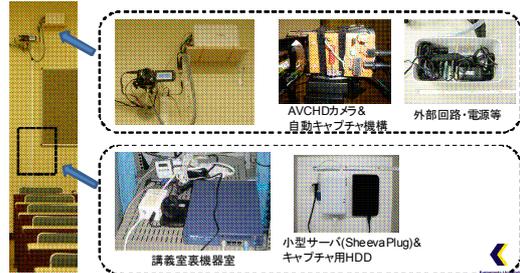


図 4 鳥取側自動収録端末

市販ハイビジョンカメラでは撮影した素材を外部に自動で取り出すことは想定されておらず、手作業でPCなどにUSBドライブとして接続し、内部のハードディスクに蓄積された撮影データをコピーする必要がある。

講義の大規模自動収録を実現するにはこの作業を自動化し、撮影データを自動的にビデオ加工サーバに取り出す機構を実現することが不可欠である。

そこで、USB接続操作に必要なボタン押下操作を自動化するための超小型アクチュエータを金属ワイヤー製人工筋肉を用いて実現し、収録カメラに装着することで撮影素材の自動取り出しを可能とした(図 5)。

このアクチュエータはカメラ側面にマジックテープで取り付け可能なほど小型・軽量であり、USBバスから供給される電源だけでカメラ側面の押しボタンを駆動することができる。また費用も二千元程度と安価であり、収録システム全体のコストからは無視できる程度である。

### Auto connection by micro actuator

- We need to push the button, but only a little.
  - The stroke to push is 0.2mm.
- We developed a micro actuator
  - Bio-metal fiber (artificial muscle)
  - It shrinks in 5% of its length

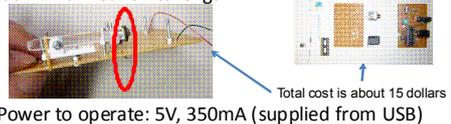


図 5 開発した超小型アクチュエータ

- ④ 映像分析基盤の構築と仮想カメラワークビデオへの応用

収録されたビデオに対して映像・音声分析を行うためのシステム基盤を実現し、講義自動収録システムと連携させることで日常的

なビデオの収録と分析を可能とした。映像分析では大量のハイビジョン映像をデコードする必要があるため、H.264 形式対応のビデオデコーダボードの Linux 用ドライバを開発し計算の高速化を実現した。

デコードした映像はフレーム間差分にもとづいて講師位置・講義スライドが自動検出され(図 6)、素材データベースに蓄積される。素材分析結果の応用として、注目領域を追跡するように仮想カメラワークの処理を施したビデオを生成する処理を考案し、オープンソースソフトウェアを用いて Linux 上で実装した。

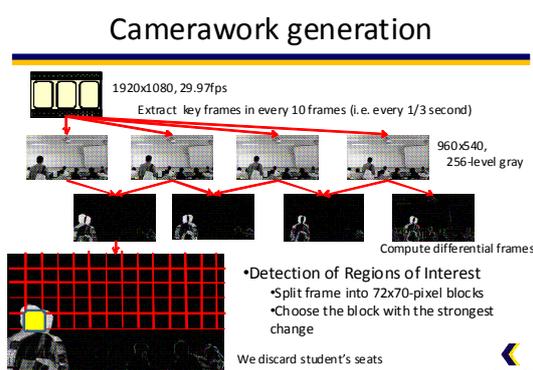


図 6 注目領域の検出手順

(2) 得られた成果の国内外における位置づけ

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。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り、各大学での試験運用が行われている状態である。

多くの商用システムが 1 セット数百万円と高価であり、また、オープンソースのシステムは標準ビデオ解像度での収録にしか対応していないのに対し、本システムはフルハイビジョン解像度での自動収録を 1 講義室あたり約 30 万円で実現可能とし、注目領域の検出にもとづいたカメラワーク生成も実現している。

本システムは極めて実用性が高いだけでなく低コストで高解像度収録を実現するシステムとして先駆的であり、IEEE Communications Society の Technical Committee on Multimedia Communications 部会の会誌において、次世代型ビデオ収録システムの事例として参照されている(“Multimedia Technology for Next Generation Online Lecture Video

“, <http://committees.comsoc.org/mmc/e-news/E-Letter-January11.pdf>).

(3) 今後の展望

高解像度講義ビデオの大規模自動収録・分析システム基盤を構築するという当初の目標はほぼ達成されたと考えられる。今後の展望としては次のものが挙げられる。

① 高解像度講義自動収録システムの普及・標準化

講義収録の自動化・低コスト化の観点からは、固定ハイビジョンカメラによる収録が有効であることが確認された。得られた知見をオープンソースの講義収録システムなどに反映させ、本収録方式の標準化と普及を行うことが今後の課題として挙げられる。

② 講義状況の分析に基づく教育改善支援

開発したシステム基盤を用いて日常的に大量の高解像度講義ビデオを蓄積することで、講義中の講師の振る舞いや発話状況を定量的に分析することが可能になる。講義状況の分析結果と受講生の反応を照合することで、教育改善の支援につなげることが今後の課題として挙げられる。

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 9 件)

- ① 永井孝幸, 豊田寿行, 名古屋孝幸, 西澤弘毅, 今井正和, 「講義ビデオの活用に向けた講義音声の発話特徴分析」, 情報処理学会研究報告 Vol.2011-CLE-4 No.4 (2011-05), 査読無
- ② 永井孝幸, 豊田寿行, 名古屋孝幸, 西澤弘毅, 今井正和, 「鳥取-熊本間での講義ビデオ遠隔自動収録の試みについて」, 情報処理学会研究報告 2010-CLE-03 (2010-12), 査読無
- ③ 永井孝幸, 「全学情報インフラの構築と教育への活用に関する取り組み」, 鳥取環境大学紀要, no. 8, pp. 206-207, 2010-06, 査読無
- ④ 野田侑嗣, 永井孝幸, 中野裕司, 「プレートマッチングによる講義スライド等からの文字情報自動抽出の試み」, 信学技報, vol. 110, no. 85, ET2010-15, pp. 49-54, 2010年6月, 査読無
- ⑤ 丸山大輔, 永井孝幸, 中野裕司, 「講義ビデオにおける肖像権保護のための顔情報保護手法の提案」, 信学技報, vol. 110,

no. 85, ET2010-8, pp. 7-12, 2010年6月, 査読無

- ⑥ 永井孝幸, 「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」, 情報処理学会研究報告 2010-CLE-01 (2010-05), 査読無
- ⑦ 野田侑嗣, 永井孝幸, 中野裕司, 「高解像度キャプチャされた講義スライドに対する OCR 適用結果の報告」, 情報処理学会研究報告 2009-CMS-12, pp. 104-107 (2009-09), 査読無
- ⑧ Takayuki NAGAI, "Automated Lecture Recording System with AVCHD Camcorder and Microserver", Proceedings of the 37th International Conference on University and College Computing Services, pp. 47-54, 2009, 査読有
- ⑨ 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 2009-CMS-11, pp. 80-87 (2009-05), 査読無

[学会発表] (計7件)

- ① 永井孝幸, 「講義ビデオの活用に向けた講義音声の発話特徴分析」, 情報処理学会 教育学習支援情報システム研究会, 2011年5月13日, 長岡技術科学大学
- ② 永井孝幸, 「鳥取-熊本間での講義ビデオ遠隔自動収録の試みについて」, 情報処理学会 教育学習支援情報システム研究会, 2010年12月9日, 京都大学
- ③ 野田侑嗣, 「テンプレートマッチングによる講義スライド等からの文字情報自動抽出の試み」, 電子情報通信学会 教育工学研究会, 2010年6月19日, 名古屋工業大学
- ④ 丸山大輔, 「講義ビデオにおける肖像権保護のための顔情報保護手法の提案」, 電子情報通信学会 教育工学研究会, 2010年6月19日, 名古屋工業大学
- ⑤ 永井孝幸, 「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」, 情報処理学会 教育学習支援情報システム研究会, 2010年5月14日, 放送大学
- ⑥ 野田侑嗣, 「高解像度キャプチャされた講義スライドに対する OCR 適用結果の報告」, 情報処理学会 教育学習支援情報システム研究グループ, 2009年9月17日, 日本女子大学
- ⑦ 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 教育学習支援情報システム研究グループ, 2009年5月15日, 三重大学

[その他]

ホームページ等

研究業績一覧

<http://www.cc.kumamoto-u.ac.jp/nagai/research>

小型アクチュエーターの動作ビデオ

<http://www.youtube.com/watch?v=jQOHGM4ZVSQ>

SpursEngine 用 Linux ドライバのパッチ

<http://www.cc.kumamoto-u.ac.jp/nagai/apps/SpursEngine>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

永井 孝幸 (NAGAI TAKAYUKI)

熊本大学・総合情報基盤センター・准教授

研究者番号: 00341074