

フリーウェアを用いた講義アーカイブシステムの実現

大西淑雅¹⁾, 山口真之介¹⁾, 西野和典²⁾

1) 九州工業大学 学習教育センター

2) 九州工業大学 大学院情報工学府

ict-x@lrc.kyutech.ac.jp

概要：フリーウェアとネットワークカメラを組み合わせ、講義アーカイブシステムを構築した。本稿では、システム設計と実装結果について報告する。また、講義アーカイブを使った VOD 講義の試行についても報告する。

1 はじめに

講義を撮影して教材とする手法は、古くから用いられている方法の一つである。Mooc (Massive open online course)の登場や教育内容のオープン化の推進により、「映像を用いた教材を作成し教育に活用するスタイルを取り入れる」といった事例[1][2][3][4][5]も多く報告されている。映像を用いた教材は、教材の画面構成によって異なるが、スライドやコンピュータ画面の操作をキャプチャして動画とするものや、カメラを用いて解説を撮影して動画教材とするものなどがある。映像を用いた教材を、LMSに登録することで、通常講義にeラーニングのスタイルを取り入れた実践も行われるようになってきた。

スタジオなどで本格的な撮影を行い、編集作業や確認作業を経て動画教材とする方法に対して、講義室で実施される通常講義を撮影する方法は、撮影対象が増大するにつれて自動撮影が不可欠となる。その際、撮影される側や視聴する側の立場の違いによって、自動撮影の条件設定にある程度の自由度が求められる。例えば、マイクの使用の有無への対応や視聴を支援する機能の追加などである。そのため、講義アーカイブシステムは、運用条件の変更や機能のカスタマイズに、柔軟に対応できる構成が望ましい。

我々は、システムの柔軟性やカスタマイズ性を重視し、フリーウェアとして公開されているいくつかのツールを組み合わせ、講義アーカイブシステムとして構築を試みた。旧システムの課題を踏まえ、本システムでは撮影機器をビデオカメラからネットワークカメラに変更した。ネットワークカメラの制御は、openRTSP[6]によって制御し、収集した映像と音声を作成・形式変換することで、

ストリーミングサーバへの自動登録を実現した。また、MoodleのWeb service API[7]を用いることで、対象のコース内に自動で閲覧リンク(ストリーミング動画の閲覧リソース)を追加できる機能を加えた。

本論文では、2010年3月に導入した旧システムとの違いを示しつつ、2015年3月に更新した「講義アーカイブシステム」構成について紹介する。その上で、フリーウェアを用いた講義アーカイブシステムの実装結果について述べ、最後に本学の活用事例について簡単に報告する。

2 第1期講義アーカイブシステム

2.1 システム概要

旧システム[8][9]は18ヶ所の教室に2010年3月に設置した。ネットワーク制御可能な録画装置[10]とビデオカメラをiLINK接続した構成であった。120GBのHDDを内蔵した録画装置は、90分単位の講義を5コマ連続で撮影できた。また、ビデオカメラの映像と音声に加え、外部音声入力を使うことで、教室内のワイヤレスマイクによる音声を追加で録音できた。

各録画装置に一時蓄積された映像および音声データは、収集サーバにより回収される。収集サーバでは、FFmpeg[11]を使って、音声データと映像データを合成した。その上で、ストリーミング配信可能な形式に変換を行い、ストリーミングサーバに講義アーカイブデータとして登録した。

2.2 運用上の課題

収集サーバが、録画装置内に収集された映像

と音声データを回収するには、録画装置の仕様により、ネットワーク接続として CIFS を用いる必要があった。90 分あたりの動画データは約 17GByte あり、データの回収に時間を要した。また、講義アーカイブデータとして登録できる収集サーバの保存容量の制限により、講義アーカイブを公開できる期間を短く設定する必要があった。そのため、活用スタイルとしては、講義の復習に限定される結果となった。

3 第 2 期講義アーカイブシステムの設計

旧システムでは、すべての講義を連続して撮影するには、システム全体の能力が不足していた。特に、各講義室からのデータ回収時間を削減する必要があった。また、基幹ネットワークシステムの更新[12]により、ネットワーク性能の向上が見込めた。そこで、撮影と動画データの転送を同時に行うネットワークカメラを用いることにした。外部音声入力端子を持っているネットワークカメラも多いため、音響機器からの音声を入力可能なものを選定した。図 1 に本システムの構成を示す。講義のアーカイブから学生の閲覧までの流れを機能毎に分けると、録画部、配信部、閲覧部となる。

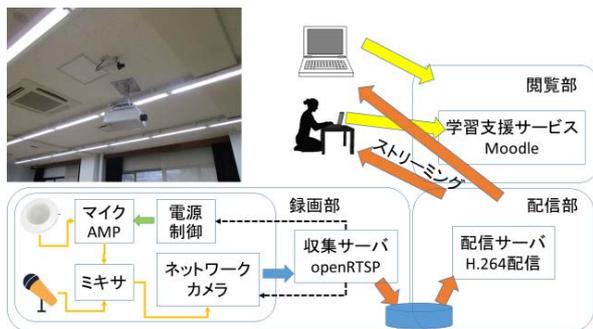


図 1：講義アーカイブシステムの構成

3.1 録画部

各教室のフロア毎に設置された、基幹 PoE スイッチ (Juniper EX2200-24P) を活用し、ネットワークカメラ SONY SNC-VB630 を 23 ヶ所の教室に設置した。音響設備のない小さな教室では、シーリングマイク SONY SCA-M30 を使って、ネットワークカメラに音声を入力した。なお、音響設備のある講義室においても、マイ

クを使用しない教員もいる。そこで、一部の講義室ではマイクとシーリングマイクを併設し、マイクアンプの電源を収集サーバから制御することにした。

採用したネットワークカメラは、圧縮方式 H.264 を使用することができ、配信プロトコルとして RTSP をサポートしている。そこで、フリーウェア openRTSP を使って、ネットワークカメラで撮影される動画を、収集サーバで録画することにした。既存の仮想環境 (付録 A 参照) 上にゲストホストを用意し、必要なフリーウェアを導入することで、収集サーバを構成した。なお、収集サーバには、動画データを保存するための NAS 装置 (Newtech Cloudy II iX, 3TB x 33 個) を NFS 接続した。

- 仮想 CPU : 8 Cores
- 仮想メモリ : 32Gbyte
- OS : FreeBSD 10.1R
- 主な FreeBSD パッケージ
 - ffmpeg : 2.3.5_4,1
 - openRTSP : liveMedia 2013.11.29,2
 - faad : faad2-2.7_5,1

3.2 配信部

本学では古くからストリーミング配信を行ってきたため、ストリーミングサーバ[13]を保有している。現在、Adobe Media Server 5 Pro. を使い、RTMP 配信、HTTP Live Streaming 配信などを行っている。講義アーカイブの配信も本ストリーミングサーバを活用した。

- 学内向け配信サーバ
 - CPU : Intel Xeon E5530 2.40GHz×2
 - メモリ : 12Gbyte
- 学外向け配信サーバ
 - CPU : Intel Xeon X5460 3.16GHz×1
 - メモリ : 4Gbyte

3.3 閲覧部

閲覧には学内活用されている学習支援サービス (Moodle) [14]を活用することにした。ストリーミングサーバからの配信に合わせて閲覧用の

リソースを配置することにした。リソースの配置を自動化するために、既存コースにリソースを追加するローカルプラグインの開発を外部委託した。Moodle の Web service API を用いて、ローカルプラグインを呼び出す仕様で、収集サーバがストリーミングサーバに動画を登録すると同時に、閲覧用のリソースを、指定したコース内に自動追加できる。

4 実装結果

4.1 録画部の動作

ネットワークカメラと openRTSP を用いた動画の収集について、本学が現在用いている処理の流れを以下に示す。手順 2 から手順 5 までの処理時間は講義数により増減するが、2 講義の同時処理では約 5 分、8 講義の同時処理で約 22 分必要であった。

1. 録画開始 : openRTSP -F キャプチャファイル名 -d 撮影時間 -b ファイル出力バッファサイズ -f フレームレート
rtsp://カメラ IP/video1
2. 音声データ変換 : faad2 を用いて ADTS ヘッダを追加
3. 音声データ変換 : ffmpeg を用いて、WAV 形式に変換
4. 映像データ変換 : ffmpeg を用いて、映像データの時間を修正
5. 音声と映像の合成 : ffmpeg を用いて、音声データと映像データを合成

表 1 : 合成後のファイルサイズ

	Framerate (fps)	Bitrate (kb/s)	Filesize (Mbyte)
960x540※	30	1,566	1,035
1,920x1,080	30	8,000	5,238
640x380	30	8,000	1,024

※旧システムの参考値

90 分の講義を合成したファイルサイズの結果を表 1 に示す。このファイルサイズがアーカイブ保存に必要な容量の目安となる。ネットワークカメラの設定に合わせて、2 種類の録画が

可能であり、FULL HD 画質で約 5Gbyte、640x380 の画質で約 1Gbyte となった。旧システムとファイル容量は同等であるが、新システムではデータの収集時間を削減できている。

4.2 閲覧部の動作

750 文字程度の閲覧コード (付録 B 参照) からなるリソースを該当コースに自動挿入することで、利用者は講義アーカイブにアクセス可能となる。具体的には、対象コース番号とコース内における場所 (トピック番号)、表示・非表示に指定などを行う。結果、図 2 に示すような、XML データを録画部で生成し、Web service API のトークン文字列、ローカル関数名を指定した上で、Moodle を呼び出す。処理結果は、図 3 に示すように、XML 形式で戻り値が戻ってくる。最終的な閲覧イメージは図 4 に示す。

```
<?xml version="1.0" ?>
<request>
  <name>リソース名</name>
  <desc>説明文です</desc>
  <contents>
    ここに付録 X のようなストリーミング閲覧コードを記述します。
  </contents>
  <settings>
    <courseid>2</courseid>
    <topicno>3</topicno>
    <viewflag>1</viewflag>
    <idnumber>ID ナンバーです</idnumber>
  </settings>
</request>
```

図 2 : リソース追加のための XML コード例

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<RESPONSE>
<SINGLE>
<KEY name="message">
<VALUE>create page activity</VALUE>
</KEY>
<KEY name="courseid">
```

```

<VALUE>2</VALUE>
</KEY>
<KEY name="topicno">
<VALUE>3</VALUE>
</KEY>
<KEY name="pagecmid">
<VALUE>50</VALUE>
</KEY>
</SINGLE>
</RESPONSE>

```

図 3 : リソース追加の返り値の XML コード例



図 4 : 閲覧イメージ

4.3 録画部の負荷状況

図 5 に openRTSP による 8 講義室の同時録画時の負荷状況を示す。仮想メモリおよび仮想 CPU の負荷は低く、仮想ネットワークもデータの受信相当であることがわかる。一方、9 講義室分の映像および音声データの変換・合成の同時処理には、仮想メモリ、仮想 CPU の消費が確認された (図 6)。特にメモリは 23 講義すべてを変換する際には、割り振りを増やすか、収集仮想サーバを 2 台体制とするといった工夫が必要であることが判明した。



(a) : 仮想メモリ消費状況



(b) : 仮想 CPU 消費状況



(c) : 仮想ネットワーク消費状況
図 5 : openRTSP 動作時の負荷状況



(a) : 仮想メモリ消費状況



(b) : 仮想 CPU 消費状況



(c) : 仮想ネットワーク消費状況

図 6 : faad および ffmpeg 動作時の負荷状況

5 講義アーカイブの活用事例

5.1 学部生科目の例 (演習含む)

講義アーカイブシステムの活用として、復習に利用する例がある。本学においても、プログラミング言語演習のアーカイブを試みたことがあった。しかし、演習系を含む講義を公開したところ復習としての活用は低い結果となった。講義アーカイブの利用者は、講義に出席できなかった学生に限られるようであった。

5.2 大学院生科目の例 (演習含まず)

ビデオカメラを用いたスタッフによる撮影で作成した講義アーカイブの活用事例を示す。前年度の講義をすべて撮影し、その中から一部の講義を VOD 講義として活用を試行中である。具体的には全 15 回の講義の内およそ半分を VOD 講義に切り替えて実施中である。本講義は、演習時間を講義中に用意しない講義であり、約 30 名の受講生がいる大学院科目である。

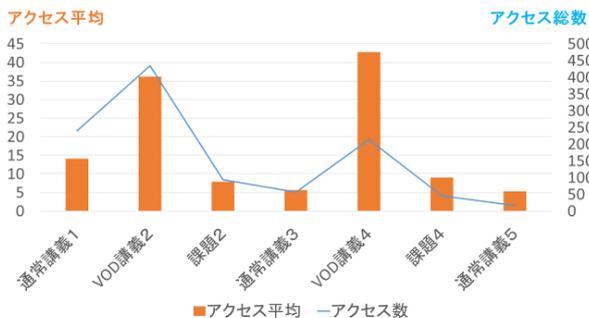


図 7: 前年度講義アーカイブの活用した VOD 講義の利用概算

図 7 に VOD 講義のアクセス数とアクセス平均 (公開日数で割ったもの) を示す。通常講義

の回は教員が通常通り講義を行う。そのため、昨年度講義を閲覧する必要はないが、少数のアクセスログから復習利用も確認できた。なお、通常講義 1 のアクセスが他に比べて多いのは、VOD 講義の閲覧の前に閲覧テストを事前に行う指示をしたためと思われる。

5.3 その他の活用例

その他の活用例としては、教職課程における演習「模擬授業」の撮影と自己チェック、キャリア教育セミナーや就職セミナーのような、学生が参加できなかったイベントへの対応などが実績としてある。

6 まとめ

フリーウェアとネットワークカメラを組み合わせ、講義アーカイブシステムを設計し構築した。ネットワークカメラが撮影した映像と音声データは、収集サーバで合成する必要があり、90 分講義の合成では映像と音声のじゃっかんのずれが確認できた。フリーウェアの設定値の見直しと再調整が必要である。

講義アーカイブを使った VOD 講義の作成は、知識伝達の講義部分の ICT 化に活用できそうである。事前に講義を撮影し、翌年に VOD 講義として活用できれば、教授方法を見直す機会にもなる。今後、いくつかの科目において試行を行い、教育公開を含めて ICT 化を推進していきたい。

謝辞

本研究の一部は科学研究費 25350337 (基盤研究 (C)) の助成を受けた。また、第 2 期講義アーカイブシステムの録画機能の基本設計と単体テストを実施し、openRTSP を用いた講義アーカイブの原型を作成頂いた、石田元気さん (2014 年度本学 D3)、原田悠我さん (2014 年度本学 M1) に感謝します。

参考文献

- [1] 早稲田大学、Waseda Course Channel、<http://course-channel.waseda.jp/>
- [2] 奈良先端科学技術大学院大学総合情報基盤

センター学術情報サービスグループ、講義アーカイブシステム 電子図書館システムの一つの可能性として、大学図書館における先進的な取り組みの実践例 (Web 版)、No.16、2 ページ、http://www.mext.go.jp/a_menu/kaihatu/jouho/1341375.htm

[3] 小島裕一、竹川弘志、脇田由喜、金崎克己、知の伝達を促進するマルチメディア電子図書館システム、リコーテクニカルレポート、No.34、pp.111-118、2008

<https://jp.ricoh.com/technology/techreport/34/pdf/A3413.pdf>

[4] 吉良元、長谷川忍、大学院生の補完的学習環境としての講義アーカイブシステムの運用と分析、教育システム情報学会誌 Vol.32 No.1、pp.98-110、2015

[5] 佐賀大学、教育デジタルアーカイブ自主学习支援システム、ビジネスソリューション 導入事例 2014.8、3 ページ、2014

<http://solcms.panasonic.biz/case/s/aa07d0c699618168ab80d187865e91ce.pdf>

[6] openRTSP、a command-line RTSP client
<http://www.live555.com/openRTSP/>

[7] Moodle Web services API
https://docs.moodle.org/dev/Web_services_API

[8] 山口真之介、有馬明日菜、大西淑雅、西野和典、小林史典、音声認識ソフトウェアを活用した講義アーカイブシステムの検討、平成 22 年度情報教育研究集会、CDROM、4 ページ、2010

[9] 山口真之介、大西淑雅、西野和典、小林史典、情報工学部における自動講義アーカイブシステムの試み、九州工業大学 情報科学センター広報 第 23 号、pp.6-13、2011

<http://www.isc.kyutech.ac.jp/kouhou/kouho23/pdf/koho23-kaisetu1.pdf>

[10] 九州工業大学、F-1 をネットワーク制御して授業記録に挑戦、Roland 導入事例システム例、<http://www.roland.co.jp/solution/cases/case.cf>

[m?id=63054123](http://www.roland.co.jp/solution/cases/case.cf)

[11] FFmpeg、A complete, cross-platform solution to record, convert and stream audio and video、<https://www.ffmpeg.org/>

[12] 九州工業大学情報基盤機構、平成 26 年度のネットワーク機器更新、2014

<http://www.kiban.kyutech.ac.jp/>

[13] 堀之内新吾、山口真之介、大西淑雅、教材作成支援室における VOD 教材の作成法-Flash Media Server の活用-、九州工業大学情報科学センター広報、No.22、pp.20-30、2010

<http://www.isc.kyutech.ac.jp/kouhou/kouho22/pdf/koho22-tokushu3.pdf>

[14] 九州工業大学学習教育センターICT 支援部門、ICT 支援サービス・学習支援サービス (Moodle)、<http://www.ltc.kyutech.ac.jp/service/>

付録

付録A 仮想環境のハードウェア構成

録画制御および収集機能は、仮想環境 (VMware vSphere) 上で動作している。仮想環境を提供するハードウェア構成を以下に示す。

- サービスホスト：2 台 (HP DL380pGen8)
 - CPU：Intel Xeon E5-2690×2 個
 - メモリ：192GB
 - 主ネットワーク：10GbE×1 系統
 - 副ネットワーク：1GbE×4 系統
 - 起動方式：フラッシュメディア
- iSCSI ストレージ：1 台 (NetApp FAS2240)
 - 主ネットワーク：10GbE×2 系統
 - 副ネットワーク：1GbE×8 系統
 - 物理容量：900GB×24 本
- NFS/CIFS ストレージ：1 台 (NetApp FAS2220)
 - 主ネットワーク：1GbE×8 系統
 - 物理容量：3TB×12 本
- ネットワークスイッチ：各 1 台
 - メインスイッチ：Juniper EX3300、1GbE×24 ポート、10GbE SFP+×4 ポート

- サブスイッチ：HP HP2910-24G al、
1GbE×24 ポート、10GbE ×1 ポート

付録B VOD 閲覧に必要な Moodle のページ構成例（一部省略）

```
<object>
<param name="movie"
value="http://...StrobeMediaPlayback.swf">
<param name="flashvars"
value="src=rtmp%3A%2F%2F...I1101.mp4">
<param name="allowFullScreen" value="true">
<param
name="allowscriptaccess" value="always">
<param name="wmode" value="direct">
<embed
src="http://...StrobeMediaPlayback.swf"
type="application/x-shockwave-flash"
allowscriptaccess="always"
allowfullscreen="true" wmode="direct"
flashvars="src=rtmp%3A%2F%2F...I1101.mp4">
</object>
```