

授業配信システムの設計と開発

土屋陽介[†] 小山裕司[†] 中鉢欣秀[†]

本学では、2006年設立以降のすべての授業が収録され、授業資料等と一緒にインターネット経由で配信されている。これは（本学の約75%を占める社会人学生のためであると同時に）継続学修と授業の理解度を高めるために極めて効果的である。本論文では、現在まで約5年間運用してきた経験から得られたノウハウ及びこれを活かして現在準備中の次期システムの設計と開発について報告する。

Design and Development of Lecture Video Distribution System

YOSUKE TSUCHIYA[†] HIROSHI KOYAMA[†]
YOSHIHIDE CHUBACHI[†]

We have been recording to video all lectures since our institute establishment in 2006. Lecture videos are distributing via the Internet together with lecture materials. It is very effective to deep understanding to the lecture, and continuous study. In this paper, we report a know-how obtained from the experience that utilized this system for five years. And, we describe a design and development of the next system which are preparing now using this know-how.

1. はじめに

産業技術大学院大学(以下、本学)は、2006年度に高度専門職人材の育成を目的として設立され、情報アーキテクチャ専攻及び創造技術専攻の2専攻で構成されている[1]。本学では社会人が仕事を終えてからでも受講できるように、講義は主に平日夜間(18:30~21:40)及び土曜日(10:30~18:00)に開講している。また、最新の知識をより短期間で学修できるよう、1年を4期に分けるクォータ制を導入しており、1つの授業科目を週2回開催することにより、約2ヶ月で1つの科目を履修できる。学生数は1専攻1学年約50人でそれぞれ2学年あるため、合計で約200人の学生が在籍している。1年次にはそれぞれの学生の専門実務分野で必要とされる知識・スキルを体系的に学修してもらい、2年次にはPBL(Project Based Learning)というチーム学修を通して業務遂行能力の強化を図る。

本学では、開学以来、主に1年生を対象とした演習を除くすべての座学の講義をビデオカメラで撮影しており、学生、卒業生及び教員が、インターネット経由で最新1年分の講義ビデオを自宅及び学外のいずれからでも閲覧可能な環境を提供している(図1)。講義ビデオの収録は両専攻あわせて最大で3教室同時に行なっており、年間800本以上の講義ビデオを収録している。学生は講義ビデオを復習のための手段、あるいは所属以外の専攻の講義を閲覧するための手段などとして活用している。講義ビデオの収録を目的として、すべての講義室に、教員のコンピュータ画面を撮影するための収録装置と講義室内の風景を撮影するための天井吊型のカメラを設置しており、コンピュータ画面に映し出される講義資料と、カメラに映る教員のジェスチャーを一つの画面に合成して、ストリーミング配信可能なデータ形式(WMV: Windows Media Video)で記録している。記録した講義ビデオは、撮影スタッフによる簡易な編集(前後の無音部分の除去及び教員の指示による編集等)を経て、講義ビデオを蓄積するためのビデオライブラリに登録され、おおむね撮影の翌日から利用可能となっている。このようにして収録した講義ビデオをe-Learning教材の一つとして、Learning Management System (LMS) を通じて、ハンドアウト等の講義資料とともに学生及び教員に提供している。

本論文では、これまでの5年間運用してきた本学の授業配信システムについて、その収録システムや配信システムおよびこの講義ビデオを利用した学生支援の方法について紹介する。また、これまでの経験を踏まえて、本学の次期システム更新に向けて現在取り組んでいる新システムの設計・開発について報告する。

*[†] 産業技術大学院大学
Advanced Institute of Industrial Technology

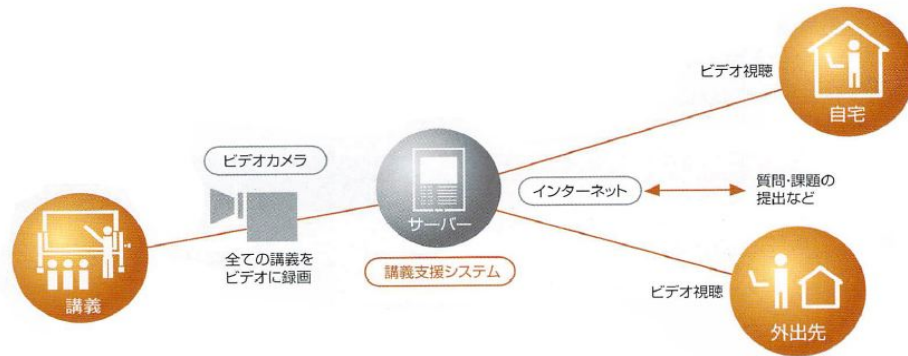


図 1 講義支援システム

2. 収録システム

本学では、平日の多い時で6コマ、土曜日には12コマ分の講義が行われており、最大で週42コマ分の講義が実施されている。これらすべての講義は、教室に備え付けの収録装置により、教員の様子を映した天井吊型のビデオカメラの映像と、教室内のスクリーンに映しているプロジェクタの映像を1つの画面に合成してWMV形式としてビデオコンテンツ化している。講義ビデオの撮影には専属のスタッフが収録開始と停止の操作を行なっている。本章では、使用している収録装置について紹介し、ビデオ収録からビデオコンテンツ作成までの手順について説明する。

2.1 教室の環境

図2は本学の教室の写真である。3つある講義室すべて同じシステムが導入されている。各教室には、教員用のコンピュータ、天井吊型ビデオカメラ、プロジェクタ、スクリーン、マイク、スピーカー、ホワイトボード等が設置されている。また、この教室では左手に収録装置、右手にDVテープ録画式のビデオカメラが設置されている。収録装置として下記に示す機材を使用している。この機材を選んだ理由として、プログラミングの講義などでコンソール画面もハッキリ見えるように、またCADの講義などで画面上で操作している状況なども分かるようにするために、教員のコンピュータの画面をそのまま収録できる装置が望ましいと考え、本機材を選んだ。

Photron Power Rec MV[2]

映像入力：VGA入力×2，Video入力×1

音声入力：ライン×1，マイク×2

録画形式：Windows Media Video形式



図 2 教室の様子

図3に構成図を示す。教員用コンピュータからのVGA出力を映像分配器により、教室内のスクリーンに映すプロジェクタと収録装置に分配している。収録装置では、分配された教員用コンピュータの映像と天井吊型ビデオカメラにより録画された教員の映像を1つの画面として合成している。また、教員用のマイクから教員の音声も分配し、スピーカーで出力し、同時に収録装置にも入力している。

この収録装置の構成図に示した装置以外に、別系統としてDVテープ録画式のビデオカメラを用意している。これは収録システムでの録画が失敗したときのバックアップ用として録画しているものである。収録装置のトラブルで撮影できていなかった場合や、教員がマイクをオフにしたまま授業を進めていた場合など、収録装置でうまく録画できなかったときに、バックアップ用で録画したビデオからビデオコンテンツを作成する。VGAの出力をそのまま収録した場合と比べ、DV式のビデオカメラの映像は画質が劣るが、まったく収録出来なかったという事態は防止できる。

2.2 収録方法

講義ビデオは、教員用コンピュータからの出力と天井吊型ビデオカメラの映像を1つの画面に合成してWMV形式の動画として保存する。図4に合成された動画の例を示す。合成された動画の解像度は1024×768ピクセルの解像度でフレームレートは10fpsで作成している。教員用コンピュータからの出力は1024×768ピクセルなのであ

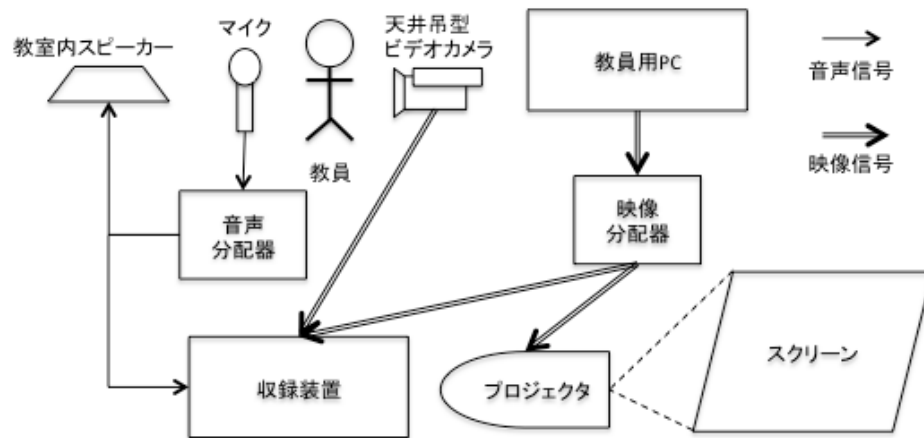


図 3 収録システムの構成図

るが、上記の動画形式に 2 つの映像を合成するため、710×533 ピクセルに画質を落として収録している。またビデオカメラの映像は 350×262 ピクセルである。

収録の開始および停止は専属の収録スタッフが行っているため、教員は講義の収録を意識せずに講義をすれば良い。ただし、講義収録にあたり、気をつけなければいけない事が 3 点ある。以下にそれを挙げる。

- (1). 講義資料はなるべく PowerPoint 等のプレゼンテーションツールを利用して作成する。
- (2). ホワイトボードはできるだけ使用しない。
- (3). 学生からの質問はマイクを学生に渡すか、教員がその質問を反復する。

(1)については、講義ビデオは基本的に教員用コンピュータに映し出された映像をそのまま収録するため、PowerPoint 等のプレゼンテーションツールを使用することが望ましい。また PowerPoint を利用することにより、スライドが切り替わるタイミングでそのスライドタイトルとその時間を自動的に記録し、動画にマーカーを入れることで、動画再生時に任意のスライドへ簡単に頭出しできるツールを導入している。(頭出し機能については 2.4 節で説明する。)

(2)については、天井吊型のビデオカメラは基本的に教員のジェスチャーを録画する用途で設置しているため、教室前方に設置してあるホワイトボードの内容を読み取れるほど高画質ではない。なので、ホワイトボードには重要なことは書かず、もし必要な場合は、PowerPoint の手書きツール等を利用することにより手書き情報を記録する。本システムは教員用コンピュータに映し出された映像をそのまま録画しているため、PowerPoint 等にかきこまれた情報はそのまま収録される。



図 4 合成された動画

(3)については、講義中に学生から質問があった場合、どのような質問があったかも記録するため、教員はマイクを学生に渡すか、その学生の質問を反復することにより、質問内容とその回答をビデオに収録している。

これにより収録された動画は 1 つの講義ビデオあたり約 700MB になる。この動画の不要部分や教員の希望により配信して欲しくない部分をカットしてビデオコンテンツの形に変換してから配信する。次節では編集について説明する。

2.3 ビデオの編集

本学ではより実践的な講義を実施しているため、講義内でグループワークの演習を行うことがある。演習の時間は各グループワークになるため、教員の話しもなく、講義ビデオとして残しておいても無駄なためカットしている。また、ある企業で実際に使われているデータを講義資料内に提示したりしている場合がある。このような資料はリアルタイムの講義内でのみ提示でき、記録として残してしまうのには問題がある。そういった場面も編集によりカットしている。編集して欲しい場面がある際は講義終了後専属の撮影スタッフに伝えることにより、講義終了後に撮影スタッフが編集作業をする。他にも講義の始まりが遅かった時や、早く終わってしまった時に、前後に何も映っていない状態が記録されていることがある。そのような場合においても、無駄な場面を編集によりカットしている。

編集作業が終わった動画は、配信するためのビデオコンテンツの形式に変換する。次節ではビデオコンテンツについて述べる。

2.4 ビデオコンテンツの作成

収録された講義ビデオから不要な部分をカットした動画は、そのまま配信するのではなく、ビデオコンテンツの形として配信する。ビデオコンテンツ化した画面を図 5 に示す。画面の左側には教員用コンピュータの映像と天井吊型ビデオカメラの映像を合成して一つの映像とした画面を表示している。画面右側は講義中にスライド変更さ

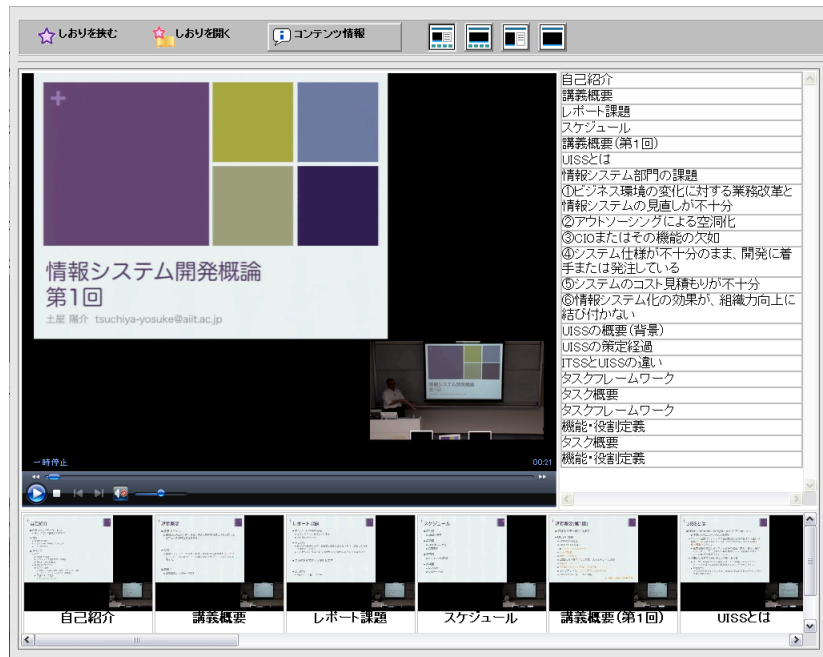


図 5 ビデオコンテンツ

れたタイミングで自動的に記録されたスライドタイトルを表示している。また同時にそのタイミングのスクリーンショットをサムネイルとして下側に表示している。これは前述した頭出し機能として表示されているものであり、それぞれのスライドのタイトルや、サムネイルをクリックするとそのスライドが始まった時間から講義を視聴できる。1回の講義は90分であるが、自宅で復習する際や、出張先で講義ビデオを見る際に、時間的な制約から90分まとめて視聴できない場合がある。そのような時に、空いている時間内で視聴できるところまで視聴し、そのスライドを記憶しておくことで、また後日、頭出し機能を利用してそのスライドから素早く視聴することが可能となる。

この頭出し機能は、PowerPointであれば自動的にそのタイミングを記録できるようになっているが、他のプレゼンテーションツール（例えば、KeyNote や pdf 等）で作成されたスライドでは自動的に記録されない。そのような講義資料を使用して講義を実施した場合は、撮影スタッフが手作業で動画にマーカーを入れる。この作業は講義ビデオを最初から見てスライドが切り替わるタイミングをチェックしつつスライドタイトルを記録していかなければいけないため、非常に時間がかかる。

ビデオコンテンツは原則、講義収録の翌日（土曜日の講義の場合は翌週の月曜日）には配信している。これは本学では週に2回講義を行なっているため、ほとんどの講義が中1日か2日で講義を実施しているからである。学生は講義を1回欠席すると、早くても翌々日には次の講義が実施されてしまうため、欠席した回を取り戻すには、欠席した日の翌日にはビデオコンテンツが配信されていないと次の講義に間に合わないためである。

またビデオコンテンツには頭出し機能以外にも「しおり」機能もあり、スライドの開始のタイミングとは別に自由に挟むことができる。これは1枚のスライドでの説明が長い場合に有効である。

ビデオコンテンツの視聴には Windows + Internet Explorer の環境が必要となる。

3. 配信システム

本章ではビデオコンテンツの配信システムについて述べる。ビデオコンテンツは LMS を通じてストリーミング配信をしている。LMS ではビデオコンテンツの他に講義資料や課題の提出等も行なっている。本章ではビデオコンテンツの配信部分について詳しく説明する。

3.1 サーバー環境

サーバー環境は以下のとおりである。本学では現在両専攻合わせて年間 81 科目の講義を実施している。それぞれの科目で 15 回講義を実施し、講義 1 回あたりの動画容量が約 700MB であるため、1 年間分保存するには約 850GB のディスク容量が必要となる。さらには履修証明プログラムと呼ばれる外部向けの講義も実施しているため、年間では約 1TB のディスク容量が必要となる。現在、動画ストレージサーバには 5 年間の講義ビデオが保存されている。ただし、開学から 2 年間は 1 専攻のみしかなかったことや、以前は履修証明プログラムも実施していなかったため、現在の動画の総容量は約 4TB となっている。ストレージサーバは 6TB の NAS を RAID5 で運用しており、それを 4 台用意している。そのうち 2 台を動画の保存用とし、もう 2 台でそれらのフルバックアップをとっている。動画の配信は Windows Server の Windows Media Services を利用してストリーミング配信を行なっている。

- 配信サーバー
 - Windows Server 2003 R2
 - Xeon X5260 3.33GHz
 - 2GB メモリ
- 動画ストレージ
 - 6TB NAS ×4 台
 - それぞれ Raid 5 にて運用



図 6 LMS の表示画面

3.2 LMS(Learning Management System)の利用

LMS にログインすると、図 6 の画面が表示される。LMS として RENANDI[3]を利用している。このシステムでは学生が履修登録している科目名だけを表示し、それぞれの科目名のリンク先でビデオコンテンツの配信、講義資料の配布および課題の提出を行なっている。しかし、本学の場合、学生には履修している科目だけでなく、両専攻の講義すべて、および過去 1 年分の講義科目も視聴できるようにしなければいけないのだが、そのために学生にすべての科目を履修登録している状態にしてしまうと、履修していない科目の講義資料までもダウンロード可能となってしまう。その状態は避けたいので、LMS のコースとして「授業コンテンツ」という名前の擬似コースを別途作成した。このコースにすべてのビデオコンテンツをアップロードしておき、すべての学生を履修している状態にすることで、学生がすべての科目のビデオコンテンツを視聴できるようにしている。

3.3 認証

ビデオコンテンツは LMS にログインすることで、視聴可能となる。しかし、講義

ビデオはコンテンツの中に直接埋めこまれているのではなく、リンクが張られているだけであるので、そのリンクが他の人に知られてしまうと誰からでも講義ビデオが視聴できてしまう問題が発生した。そのため、ビデオコンテンツ内のリンクを加工し、講義ビデオだけを別の場所に移し、また別途認証をかけることで講義ビデオの流出を防ぐようにしている。

4. 講義配信システムの活用

講義ビデオは基本的に復習の用途で視聴される。例えば一度授業を受けたが理解できなかったところについて再確認したり、テスト前のテスト勉強として視聴したりするのが一般的である。しかし、本学のようにすべての講義を録画し、前年度分の講義ビデオを視聴可能とすることにより、単なる復習のための視聴だけでなく、他の用途としても利用できることがわかった。本章では講義配信システムの活用方法について述べる。

4.1 欠席時の補習

本学の学生は、社会人が半数以上を占める。社会人学生は仕事をしながら大学に通っているため、突然の出張や業務多忙により欠席をせざるを得ない場合がある。そのような場合でも講義ビデオを視聴することによりリカバリーが可能となっている。ただし、講義ビデオを視聴したからと言ってその授業を出席したことにはならず、あくまでも欠席した授業の穴埋めのための補助的な位置づけである。

4.2 履修できない講義の学修

本学情報アーキテクチャ専攻では、同時に 2 つの講義を同じ時間に実施することがある。受けた科目が同じ時間帯に重なっていた開講されていた場合、通常であれば学生はどちらか 1 つしか学修することができない。そのような場合において講義支援システムを利用することにより、どちらか片方の授業には出席しリアルタイムで講義を受け、もう片方はビデオにより学修することが可能となる。また、講義ビデオは所属している専攻によらず、すべてのビデオが視聴可能となっているため、別の専攻の講義もビデオによって学修することができる。ただし、講義資料のダウンロードは履修した科目のみに限られる。

4.3 履修登録

講義ビデオは厳密には、今年度分と前年度分の 2 年間分を配信している。そのため前年度分の講義を視聴可能となっているため、履修登録申請時にどの講義を履修するかをシラバスだけでなく、前年度の講義ビデオを参考に決めることができるようになっている。

4.4 Knowledge Home Port 制度

本学では、修了した学生が常に学び続けられる環境を作るため、Knowledge Home

Port (以下, KHP) 制度を導入している. この制度は, 本学を修了後, 最新の講義ビデオを 10 年間無料で視聴可能とする制度である. 常に新しい情報が必要となるビジネスの世界では非常に役立つものとなっている.

4.5 講義ビデオの利用状況

本章では, 2011 年度前半 (第 1 クォータ, 第 2 クォータ) の動画視聴件数について考察する. 図 7 では日別の動画閲覧件数を, 図 8 は 10 分ごとの時間別閲覧件数を表示している. 図 7 において 5 月前半にあるピークはゴールデンウィークに当てはまり, 学生は休みの期間中に講義ビデオにより学修していることが伺える. また 6 月頭頃と 8 月頭頃のピークにはそれぞれテスト期間が当てはまる. これにより, テスト期間中に復習のためにビデオを閲覧していることが伺える. 図 8 では午後から夜にかけて閲覧者が多く, 深夜 1 時くらいまで学修している学生が多いことが伺える.

5. 次期システムの設計と開発

以上ここまで述べてきた講義配信システムで本学開学からの 5 年間運用してきたが, システムの老朽化およびリース期間満了に伴い, 来年度本学のシステムを更新することとなった. 次期システムでもこれまで同様, 学生にはすべての講義ビデオを視聴可能とし, 修了生も KHP 制度で修了後 10 年間最新の講義ビデオを視聴可能とする. さらに, より良い講義配信システムを構築するために, 学生からの要望も取り入れ, 学生にとっても使いやすいシステムを設計する. 本章では次期システムの要件について述べる.

5.1 収録システム

収録システムの要件としては, 教員用コンピュータの画面をそのまま収録できることである. 現在は 1024×768 ピクセルの画面を 710×533 ピクセルに落として合成しているが, 画質を落とさずに本来の画質でそのまま録画できることが望ましい. さらに教員のジェスチャーを映している天井吊型ビデオカメラの映像も含め, HD 画質で録画できればなお良い.

また, 現在のシステムと同じように自動的に動画にマーカーを入れる機能があるとよいが, その場合, Windows の PowerPoint 以外のプレゼンテーションツールにも対応していることが望ましい. なぜなら, 現在のシステムでは Windows の PowerPoint 以外は自動的にマーカーが記録されないのだが, 最近では MacOS の利用者が増えてきているため, MacOS の PowerPoint およびそれ以外のプレゼンテーションツールにも対応していると編集作業が楽になる.

現在, 講義室が 3 つあるため, 収録には 3 人のスタッフが常駐しているが, もし収録開始・停止が自動で行われれば, 収録スタッフの人件費を削減できる. ただし, 編集作業があるため, 0 人にはできない.

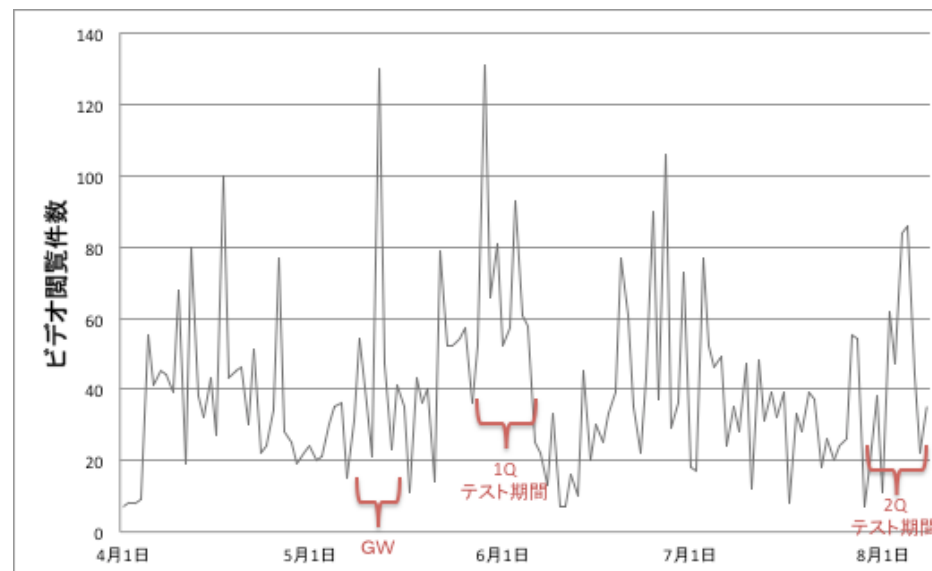


図 7 日別ビデオ閲覧件数

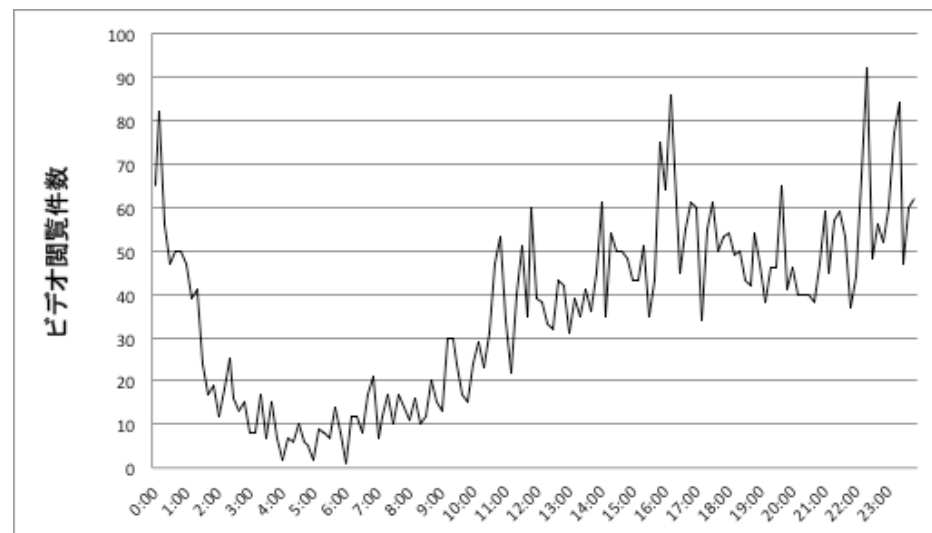


図 8 時間別ビデオ閲覧件数

5.2 サーバー環境

配信サーバーで最も重要なポイントはディスクの容量である。配信は2年分しか行わないが、これまで収録してきた講義ビデオはすべて保管している。さらに今後も増え続けるビデオコンテンツに対して十分な容量を確保しておかなければならない。現在までの講義ビデオの総容量が4TBである。ここから現在の動画形式のままで考えると1年間に約1TBの容量が必要となる。その次のシステム更新までを見据えると約10TBのディスク容量を確保しておく必要がある。さらにバックアップをとっておかなければならないため、同じ容量のサーバーをもう1台用意しておく必要がある。

5.3 多様な端末での視聴

講義ビデオは現状LMSからストリーミング配信をしているが、学生からの要望として、通勤通学途中に視聴したい、もしくは出先等でちょっと空いた時間に簡単に視聴できるようにして欲しいとの声があげられた。また、MacOSからも視聴できるようにして欲しいとの要望もあった。現在の配信システムでは、Windows + Internet Explorer という極限られた環境でしか視聴できない。前述のように、最近ではMacOS利用者も増えてきているため次期システムではWindows環境以外でも視聴できるような環境を構築する必要がある。特にスマートフォンなどの携帯端末から視聴できるようにすれば、より手軽に講義ビデオを視聴できるようになる。しかしながら、現在のストリーミング配信では、地下鉄など電波の届かないところでは視聴できなくなってしまうため、通勤通学時間で有効に学習できない。

そこで次期システムでは、これまではストリーミング配信だけだったものをダウンロード可能にしたいと考えている。ダウンロード可能にすれば、端末がインターネットに接続されていなくても、どこでも手軽に視聴できるようになる。ただし、講義ビデオに何の制限もかけずダウンロード可能にすると、講義ビデオがコピーされ広まってしまう可能性がある。よってDRM (Digital Rights Management)技術により、視聴者や視聴回数の制限をすることが必要となる。

6. まとめ

本論文では、本学でこれまでの5年間に運用してきた講義配信システムについて述べた。講義ビデオの収録には専属のスタッフを付け、そのスタッフが収録開始・停止の操作、編集、配信作業を行なっていることにより、教員は収録のことは気にせず授業ができていた。また、収録装置が途中で止まってしまったという事態は発生したこともあったが、予備のビデオカメラによる撮影などを行なっていることにより、これまで1度も授業が配信出来なかったという事態は避けられている。

学生にはその年度とその前年度の講義ビデオがすべて視聴できるようになっているため、講義ビデオが単なる復習のツールとして使われるのではなく、例えば、履修登

録の際に昨年度の講義の様子を参考に履修を決めることができたり、同じ時間帯に受けた授業が重なってしまった場合に片方を講義ビデオによって学修ができたりと、新しい活用方法を発見できた。さらに修了生にも卒業後10年間視聴できるようにしているため、卒業してからも常に最新の知識を学習できる環境になっている。

今後もこれまでと同じ方針で講義ビデオを配信していく予定だが、講義ビデオの視聴方法や、動画の配信にはまだ改善すべき点が見つかったので、そこを改善しつつ次期システムを導入していく。

参考文献

- 1) 産業技術大学院大学 HP
<http://aiit.ac.jp/>
- 2) Photron Power Rec MV
<http://www.photron.co.jp/products/e-solution/recmv/index.html>
- 3) RENANDI
<http://www.unisys.co.jp/renandi/>