

## HDV 規格を活用した統合視聴覚システムの開発と運用

小林 憲 夫

### Introducing Integrated Audio-Visual System in HDV Spec.

Norio KOBAYASHI

本研究は、現在の大学においてパソコンとビデオとが並存しているために、メディアおよび表示装置の二重化が要求されている授業スタイルおよびコンテンツを、解像度的に有利な HD (High-Definition: ハイビジョン) 規格を利用してひとつのフォーマットに統合しようとする試みである。しかし放送用 HD 規格はコスト的に極めて高価であるため、本研究では家庭用の HD システムとして策定された HDV フォーマットを使い、コストパフォーマンスバランス的に優位であるとともに実用性および拡張性の高い AV 視聴覚システムの構築を目指した。まだ認知度的には低い HDV であるが、解像度的にパソコンと放送の統合が可能な規格として、今後は急速に家庭や教育分野にも浸透すると予想され、本学の先進的取り組みが評価されるようになると考えている。

#### 1. HDV 規格について

##### 1.1. HD と SD との違い

HD (High Definition) と SD (Standard Definition) とは、その解像度において 8 倍近くの差 (約 270 万画素と約 35 万画素) があり、圧倒的な情報量の違いが存在する。しかし HD 規格は本来的には放送用であり、教育分野に導入するにはコスト的に無理がある。また教育環境で利用されているパソコンおよびネットワークで

は、フル HD 解像度のデータを扱えるほどの性能および回線速度に達していないという課題もある。(注 1)

SD はいわゆる一般のテレビ放送仕様であり、VHS ビデオから DVD、そして家庭用 DV ビデオに至るまで利用されている。現在は理論走査線数からの呼称である 525 もしくは実質走査線数の 480 を用い、60 フィールドインタレース (飛び越し走査) であることを意味する「525/60i」または「480/60i」と呼ばれる。公称解像度は  $640 \times 480$  ドットだが、インタレースであることから実際の解像度は 60% 程度落ちる水準となっている。大学におけるビデオ信号は SD を基準とし、コンポジット信号でプロジェクターから投影するためさらに画質は劣化する。(注 2)

##### 1.2. HD と HDV との違い

HD は「フルハイビジョン」と呼ばれることもあり、それは再生装置が必ずしも HD 解像度に対応していなくても「HD 対応」と称している現実があるからである。通常の HD 対応テレビは  $1280 \sim 1360 \times 768$  ドット程度であり、せっかくの HD 解像度の放送であってもそれをフルに再現することはできない。フルハイビジョン信号を Dot by Dot で再生できるテレビを「フル HD 対応」と呼ぶメーカーがあるのはそのためである。こうした状況で登場したのが、ハイビジョン並

HDV規格とDV規格の比較

	HDV(1080i方式)	HDV(720P方式)	DVC
メディア	DV規格カセットテープ		
画像フォーマット	1080/60i	720/30P 720/60P	480/60i
画素数	1440×1080	1280×720	720×480
アスペクト比(画面の縦横比)	16:9		4:3
映像圧縮方式	MPEG2 Video		DV
圧縮後のビットレート(映像)	約25Mbps	約19Mbps	約25Mbps
音声圧縮方式	MPEG1 Audio Layer II		非圧縮WAV
音声量子化ビット数	16bit		16bit2ch/12bit4ch
転送レート(音声)	約348kbps(音楽CD同等)		約1.5Mbps
音声モード	ステレオ(2ch)		ステレオ2ch/4ch

みの解像度を持ちながら、HD に比べて圧倒的にローコストで記録・再生可能な HDV 規格である。

HDV 規格は2003年に制定されたもので、有効走査線数1080本のインタレースである「HDV 1080i」と、720本のプログレッシブ(順次走査)である「HDV720p」の2種類が定義されている。HDV1080i方式は、1440×1080ドットで秒60/50フィールド(NTSC/PAL)のインタレース映像を圧縮記録し、HDV720p方式は、1280×720ドットで60フレーム/秒で記録する。720Pは解像度が1080iに比べて低いが、60フレーム/秒のプログレッシブ方式のためチラツキが少なく情報量もこちらの方が多い。しかし、家庭用DVでは60フレーム記録することは想定してないので、どちらを選んでも記録する実際のフレームレートは30フレーム/秒となる。

### 1.3. HDV と RGB との違い

HDV 規格で注目すべきは、720P というプログレッシブ記録を可能としている点である。パソコンはテレビと異なり、ビデオメモリによる全画面表示であるため、プログレッシブ記録との相性が非常に良い。2003年時点ではパソコンのディスプレイ自体がXGAレベルであったこともあり、当初は720/60PのHDV仕様が最適であると考えられた。しかし視聴覚教室として活用する場合には可能な限り高い解像度が望ま

しく、e-Learning との併用を目指す意味でもレイアウト的な自由度の高い1440×1080ドットを採用するべきだと考え、対応する製品が登場するのを待つことにした。

そのうち大学でのパソコンのディスプレイ解像度がSXGAとなり、さらに市場にはWSXGAと言われる1440×1024ドットが登場するようになった。同時にこれに合わせるように、業務用HDVビデオカメラでも1080i対応が登場してきた。またビデオにおいて映画フィルムのような画質と動きを再現するために、30フレーム記録(60フィールドのうち偶数と奇数を同じフレームから取り出す)にも対応し、ノンリニア編集ソフトの側でもこれをキャプチャして1080/30Pとして保存可能となり、パソコンとの相性でも問題がなくなるという嬉しい現象も起きている。(注3)

## 2. HDV ファイルのハンドリング

### 2.1. HDV ファイルの作成

HDV カメラは、現時点では1080iと720Pが完全に並立している。これはすでに述べたように、視聴システムがディスプレイレベルで1380×768程度がハイビジョン対応とされ、投射型(プロジェクション方式)においては1240×768が主流を占めている現状では、1080iと720Pとの画質の識別が困難であるという理由が大きいのと思われる。本学では後述するように、HDV



ンテンツ作成をどの段階で行うかがポイントになる。

### 2.3. HDV ファイルの保存と配信

編集処理の終了した HDV ファイルは、大学内のサーバーに蓄積され学内の任意の場所で閲覧可能にすることが理想であるが、EDIUS の HQ ファイルは独自圧縮形式であるため CPU パワーの条件も高く、閲覧用のファイルには適していない。現時点で最もハンドリングしやすいのは Windows Media Video HD の 720/30P 仕様だが、転送レートが 5Mbps でオンデマンド配信する条件の限界であることと、再生するための CPU パワーがそれでも大学の基準からするとまだ高い。個人的には H.264-AVC の普及を待つつもりであり、当面は HQ ファイルを Mpeg2-TS に書き戻しテープで保存する手段を取らざるを得ない。

現在の時点で、授業で実際に利用する必要のあるファイルは、外付けの HDD に WMV-HD の 720P で保存し、それを授業ごとに教室に設置してあるパソコンに IEEE1394 で接続しダイレクトに再生、フル HD パネルで表示するという方法を推奨している。転送レートが 5Mbps であるから USB2.0 接続も可能であり、もちろんパッケージドライブで記録すれば DVD±R ディスク経由での再生もできる。フル HD パネルが設置されている教室には CPU 性能の高いパソコンが用意されているので、こうした活用は難しいものの、近い将来に予定されているシンクライアント化や e-Learning においては、現在の手法では対応が難しいと思われる。

## 3. 本学のメディア状況

### 3.1. 授業録画システム

授業内容を大学独自のコンテンツとして活用しようという動きは全国的な広がりを見せてお

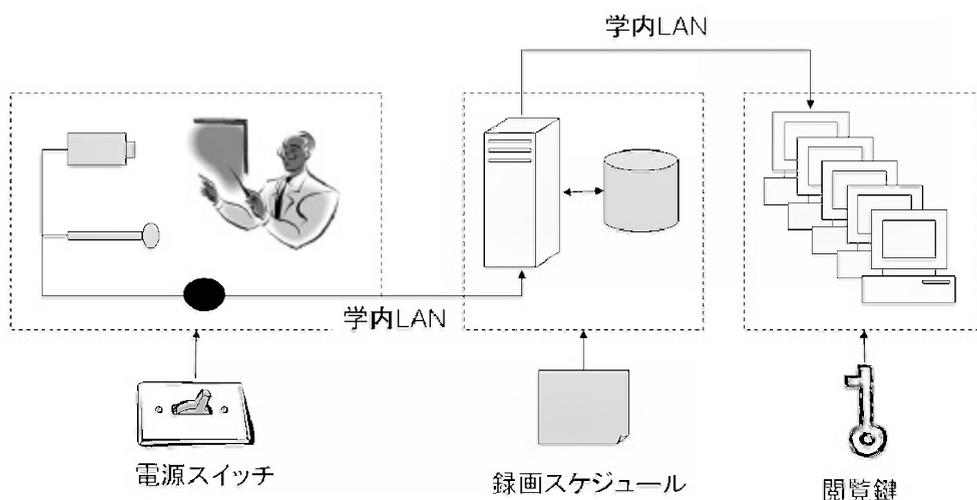
り、これを総称して E-learning とみなすのが一般的である。その理由としては、データ化した授業コンテンツを「大学における履修学生以外にも配信し、単位認定の一助とする」ことが中心となる。しかしながら、対面授業を特色とする大学教育において、非対面形式による単位認定制度を導入することは、大学教育システムそのものへの疑義を内包する可能性があり、早計に判断すべきものではないと考える。こうしたシステムは、大学ならではの独自性を自ら放棄するものへとなりかねないからである。

とはいえ、大学における授業内容を別の媒体で記録しコンテンツとして蓄積することは、授業理解の一助として一定の有効性を持つことも事実である。学生の授業評価においても、理由があって欠席した授業内容を知りたいという希望は高く、そのために授業録画を利用できないかと考えるのは当然の帰結である。本学では、授業録画のために別途撮影・編集するという手間をかけるのではなく、どのようなスタイル授業でも学生の授業理解の一助となりえるように、黒板を含む全体をひとつの映像として授業自体をそのまま録画する方式を採用している。(注 4)

### 3.2. 図書館 ODV システム

録画した授業コンテンツを閲覧する場所としてどこが適切かに関しては意見が分かれるところであるが、本学では図書館を学園的にも地域的にも「知の中心」とする基本認識が存在し、これを踏まえて検討した場合に必然的に図書館内の「自習スペース」への設置が相応しいという結論になる。実際には図書館内の既存の自習スペースは図書館の蔵書を活用する目的であるのでそのままにしておき、新たに授業録画を閲覧できるコーナーを設けることにした(右図)。

このシステムが図書館に設置されたのはあく



までも初期導入のメンテナンス性などを考慮しての結果であり、最終的には学内の任意の場所からアクセス可能なユビキタス環境を目指している。そのためサーバーと各端末とはネットワーク経由で映像配信するスキームにこだわり、各教室で撮影された映像はその場で Mpeg エンコード (4Mbps) され、ネットワークで大学館のサーバーに蓄積され、それを図書館のパソコン端末がアクセスし DVD 再生ソフトで再生するという仕組みにした。これにより、図書館の映画 DVD ディスク (これも DVD チェンジャーからの出力を Mpeg2 変換している) へのオンデマンドアクセスと完全にシームレスな同期

が可能となり、全学的ユビキタス環境の実現に近づいたと言える。

### 3.3. 自前教科書

本学では4年前から本学における講義専用に書き起こした教科書を「自前教科書」と名付け、昨年度から無償で履修学生に配布することにした。授業内容に沿った教科書の作成は授業理解度の向上と学生満足度の達成には不可欠であるという視点から、シラバスとの同期を前提 (完全に同期している訳ではない) とし、定期的に更新 (現時点では3年毎) する担当教員による書き起こし原稿をダイレクト印刷している。製本するため最低60頁以上、A4版単色印刷で最低部数は100部である。2006年4月現在の発行教科数は63冊となっている (下図はその一部)。



また上記に述べた各手法は、文部科学省の主催する「特色ある教育支援プログラム（通称：特色GP）」においても高く評価され、2006年度特色GPに本学が選定される理由ともなっている。これらは各要素的には本学独自とは言い難いが、統合的に運用することで有機的な連携を生むことになり、特に授業録画システムとの併用は履修学生の理解度向上と自習教材としての活用可能性から見て、極めて大きな効果があると考えられる。本学ではこのように、各種取り組みの有機的結合による教育効果の改善が見られる点に他大学との大きな違いが存在する。

### 3.4. ネットワーク環境

大学におけるネットワーク環境は、LAN回線が整備されているかがポイントになることが多いが、本学ではそのレベルに留まらずビデオ信号と通信回線との統合という視点から、ギガビット以上の転送を実現できる光ファイバー回線の設置を積極的に進めている。短大館、図書館、大学館など建物間はすべて複数回線（マルチモード）の光ファイバーで接続し、建物の各階にギガビットルータを設置、そこから100MbpsのEthernet（ケーブルはCAT6）で各教室へ配線している。すでにPCのLANボードは1000Mbpsへの対応が進んでいるので、近い将来にはギガビット対応ハブを全面的に導入する予定である。

授業録画データベースでは、各教室からMpeg2にエンコードされた録画データが平行にサーバーへ転送されるため、ギガビットスケールが不可欠になる。また格納用のHDDは大学館2階のサーバーに設置した7TBのSASハードディスクを使用しているが、そこから図書館までは光配線により最大10GBbpsを実現している。これらの利用実績により、HDV解像度の信号は4Mbps程度ならストレスなく

利用可能であり、WMV-HDの5Mbps以下を実現できるH.264AVCなどの圧縮データなら導入できる見通しがついている。しかし授業録画との併用でのトラフィック監視については、レイヤー多重化を含め今後の課題として検討の必要はあるだろう。

## 4. メディアの統合

### 4.1. AV教室の整備

キャンパスIT化の目に見える特徴として、投影式スクリーンの撤廃があげられる。プロジェクション方式によるスクリーン投影は最近の大学では極めて一般的であるが、本質的な欠点として①教室を暗くする必要がある。②スクリーンを降ろすために黒板が使えない（もしくは大部分が隠れる）。③暗部が浮くなど階調表現面で画質が悪い。などが存在する。本学では投影式である限りこれらの欠点は解消されないと考え、大型平面ディスプレイを黒板の上部に設置することで、明るさと黒板利用、そして画質の各課題をクリアできると見込み、赤外線マイク利用の影響を受けにくく輝度の高い液晶パネルの導入を決定した。スクリーンに比べると絶対的サイズは小さいが、ワイド画面とすることで相対的なサイズダウンは最小限にとどめることができる。

何よりも液晶ディスプレイを採用したことで、1920×1080ドットのフルHDの画像表示が可能となったことはメリットである。プロジェクター用透過デバイスではフルHD解像度の実現はあと数年後になる見込みに対して、PDPと液晶では65インチのフルHD仕様が既に発売されている。このパネルの解像度を有効に生かすために、1920×1080ドットで表示できるビデオカードを備えたPCを設置し、これをシンクライアントで動かすことで研究室で作成したデータをそのまま各教室で授業利用できるワーク

フローが描ける。これにより HDV 解像度でコンテンツを統合しようという試みは、入り口と出口が完成したことになる。

#### 4.2. 授業資産のデジタル化

教室において液晶フル HD パネルを PC で駆動するシステムを導入したことで、サーバー経由だけでなく DVD や CD (もちろん USB メモリも含む) などで映像や音声の再生をすることになった。それに伴い従来利用していたカセットテープや VHS ビデオ教材は、パソコンで利用可能なデジタルメディアにコンバート (変換) する必要が生じる。ある程度は授業における教授法自体の変革が要求されるものの、既存メディアツールのデジタル化は、今後の高等教育の高度化に不可欠なプロセスであると思われる。

レガシーメディアのデジタル化 (AD 変換) としては、① VHS → DVD、②カセットテープ → CD、が挙げられる。さらにはパソコンに親和性の高いメディアへの DD 変換も必要である。すなわち、① MD → CD、② DV → DVD などがこれに相当する。この他に、写真や新聞切り抜きなどの印刷 (紙) 媒体に関しては、カラースキャナを導入して画像化後にパワーポイントなど

に貼り付けるという伝統的な手法で対応している。上記すべてのニーズに対応するために必要な機材は導入済みであるが、各機器を教員各自で活用してメディア変換処理を行うためには、導入教育を十分に実施しなければならない。

また近年 DVD のフォーマットおよび記録形式は増加する傾向にあり、これら全てに対応する再生装置を整備することは困難となっている (下図参照)。そのため記録された DVD メディアを現在の教場 AV システムで再生可能なメディア種類 (DVD-ROM もしくは DVD-R) に変換する必要も生じる。また講義資料として講義効率を向上させるためには、各種メディアの一部をあらかじめコピーしておくニーズも存在する。しかしここで問題となるのはコピープロテクトであり、特に BS デジタル放送を記録する HDD から DVD にコピーする場合は画質が落ちるにもかかわらず CPRM と呼ばれるコピープロテクト付の VR モード記録が行われるため、大学での既存設備では再生すら不可能な事態が発生している。いわば放送側の都合によるこうした「著作権保護対策」が、各種メディアを教育教材として活用しようとする大学の講義にまで影響を及ぼしている現状は、教育界においてもっと真剣に議論すべきテーマであると

メディア種類	バリエーション	記録モード	コピープロテクト
DVD-R	DVD-R	Video, VR	CPRM, CSS
	DVD-RW	Video, VR	CPRM, CSS
	DVD-RDL	Video, VR	CPRM, CSS
DVD+R	DVD+R	Video, VR	CSS
	DVD+RW	Video, VR	CSS
	DVD+RDL	Video, VR	CSS
DVD-ROM		Video	CSS, ARccOS, CGMS, その他
DVD-RAM		VR	CPRM, CSS
DVD-Audio			CPRM

考えざるを得ない。(注5)

### 4.3. ドキュメントの電子化

紙媒体の電子化は、ADFを備えた両面スキャナを使えば時間的にもコスト的にも簡単に実現できる。しかし大学における紙媒体は、教員が作成する授業教材ばかりではない。一般的に大学では紙による文書配布が非常に多く、これがデータの統合化を行ううえで大きな障壁となっている。事務および教務の双方から、さらに各教員からも個別に大量の紙文書が制作されるため、ドキュメントフォーマットの一元すらもままならない。こうした問題に対応するには、入力時点で定型のフォーマットを利用させる各種書類の標準化により今後の文書をデータベース化するとともに、既存の文書を効率良くデータベース化できる仕組みづくりが求められる。配布された紙文書は、高速のドキュメントスキャナにより、両面を瞬時に読み取りPDF化してサーバーに送信・蓄積させることができる。企業におけるドキュメントの電子化は、スキャ

ニングと同時に分類番号を入力する方法が取られるが、大学の教員においてはそうした分類処理における精度を保障することが困難であると考へ、スキャニングするだけである程度自動的な分類を行なうソフトと、検索(読み出し)時にさまざまなキーワードでサーチ可能な高性能サーチエンジンを組合わせた、新しいシステムを開発中である。

### 4.4. HDV 解像度への一元化

HDV 解像度に一元化した静止画コンテンツを試作し、これを教室のフルHDパネル上に投影してみたところ、SD映像とパワーポイントおよびワープロの文書を統合した内容は十分に判別が可能であることが実証された。HDV 解像度では、これら各素材をDot by Dotで貼り付けることができ、JPEG圧縮工程で生じる画質劣化を経ても判読性は維持できる。これに対し動画は、ノンリニア編集システムのタイムライン上での合成となり、圧縮の影響を大きく受ける。そこで採用したのが、1080/30Pによるフ

この図は、左側に色と明るさの校正用チャート、右側にHDVカメラのレンズと解像度の比較図を示しています。左側のチャートには、16段階のグレースケールと、赤、青、黄、緑、紫、黒のカラーパッチが含まれています。右側の図では、HDV 1080/30PとHDV 720/30Pの解像度の違いが、ピクセルの大きさやフレームレートの観点から説明されています。また、HDV 1080/30Pは、HDV 720/30Pよりも高い解像度とフレームレートを提供し、より鮮明な映像を撮影できることが示されています。

フレーム（プログレッシブ）記録・再生である（下図参照）。



撮影から編集の全ての段階にわたって1080/30P（撮影時のシャッタースピードは60分の一秒）で処理することにより、最終段階でのMpeg4における画質劣化を最小限に抑えることができると考えられる。実際にはネットワーク転送で選択するコーデックに依存するものの、現段階ではWMV-HD（5Mbps）で検証を行った結果、映像およびスライドショーは十分に判別可能であった（前頁下図参照）。文字データなどの文書を貼り付けた場合には、HDV 解像度をそのまま保持できる非圧縮ファイル（もしくはCanopus HQ AVI）をDVDにパケット保存してローカルで利用する方法が考えられるが、実用的とは言えない。

## 5. 今後の課題

### 5.1. フルHD配信可能なコーデック

ここまでの記述で明白なように、HDV 解像度がほぼ現在におけるメディア統合としては理想的な水準であることは明白であり、設備的には入口と出口で1440×1080ドットに対応しているのが現状である。しかし問題は、HDVのデータ量がネットワーク配信ベースの授業展開にマッチしていないという点である。標準圧縮サイズのMpeg2-TSレベルで25Mbpsという転送速度は、ネットワーク伝送としては負荷が高すぎる。そのため現実的な数字として5MbpsのWMV-HDを暫定的に利用しているが、これは720Pでありせっかくの高画質を生かしきれていない。

WMV 以外に現在注目されているのが、

H.264AVCである。QuickTime7に搭載されて注目を集めたが、HDメインプロファイル@レベル4（1080P）でも4Mbps程度にまで圧縮が可能で、Mpeg4と比べると明白な画質の優位性が判別できる。しかしリアルタイムに近い圧縮ができる廉価なエンコーダがまだないため、本学での導入はまだ行われていない。またこれとは別に、テレビ会議システム分野でもHD解像度のコーデック開発が進んでおり、まだ結論は出せない状況にある。

### 5.2. 大学としてのコンテンツ資産の活用

授業録画データベースと自前教科書の連携による駒沢女子大学独自の授業復習・自習システムは、現在においては履修学生だけに提供されるサービスとなっており、録画データの保存も一年に限られている。その大きな理由は、授業録画がベータ録画となっており編集処理が全く行われていないためである。しかしながら、すでに一部の講座では Semester 単位での録画をダイジェスト編集し、30分に要約しDVD化してオープンキャンパスで流すなどの試みも行われており、大学の貴重なコンテンツという意識も生まれている。

今後はSD規格で収録されている授業録画コンテンツを、ノンリニア編集レベルでHDVレイアウト内に取り込む処理を行い、付属関連資料（パワーポイントスライド）と統合して単独の講義コンテンツとして活用する可能性も存在する。最終的には自前教科書の内容そのものを映像データとして取り込むことも、HDV 解像度的には不可能ではないと考えている。実験的に1440×1080ドット解像度に取り込んだレイアウトサンプルを示す。

### 5.3. テレビ会議およびウェブ2.0との連携

交通利便性において他大学と比べて不利であ

る本学では、ホームページの活用を重視した広報・情宣政策を模索するのは当然であろう。ここで注目されるのが、アクティブな情報配信を実現するウェブ2.0の技術である。ウェブ2.0と呼ばれるものは、インターネットを利用してリアルタイムに情報をプッシュするスタイルに、ユーザが主体的にHPレイアウトを選択できるCGM (Customer Generated Media) のひとつと定義される。ウェブ2.0の基本的スタイルには二種類ある。すなわち、ビデオとパワーポイントを軸としたトラディショナルなスタイルと、本学独自の「自前教科書」をベースとしたビデオとテキストを組み合わせ、パワーポイントや画像など別コンテンツも組み合わせた拡張スタイルである。今後はHPを担当する広報部門と連携して、ウェブ配信によるe-Learningも検討していかなくてはならない。

注1：フルHDは1920×1080ドットの解像度であり、現時点で教育分野のパソコンがサポートしているSXGA解像度(1240×1024ドット)と比べて高すぎる。またHD-SDIと呼ばれる非圧縮転送のデータ量は約1.5Gbpsであり、これも通常のLAN回線速度(100Mbps)ではサポートできない。

注2：SDでは640×480ドットであるが、テレビ信号(RF)では水平解像度350本程度になる。DVDの規格では最高解像度はMP@MLレベルで640×480ドット、最高解像度400本以上、DVビデオでは720×480ドット、最高解像度500本程度である。同じデジタル記録のDVDがDVより解像度が少ないのは、圧縮方式が異なるためである。ただし、色情報はDVDの方が多いので、実際には大きな差異は見つけることが

できない。

注3：HD規格における1080/30Pが持つ、フィルムとの互換性およびパソコンとの親和性の良さは、すでに拙論で論じているのでそれを参考にさせていただきたい。(「映画技術の側面から見た1080/24Pの必然性と将来性」駒沢女子大学紀要、2002年9号、PP55-78)

注4：授業録画システムは当初はe-Learningのコンテンツ制作におけるソリューションのひとつとして考案し、大学において実際に行われている授業復習用ビデオ録画と統合したものである。しかし解像度面での課題が大きく、現時点では自前教科書とリンクした授業復習システムとしか利用されていない。システムの詳細については、以下の拙論を参照されたい。(「視聴覚メディア統合化へのアプローチ-Uラーニングコンテンツへの応用を目指して-」駒沢女子大学紀要、2005年12号、PP63-72)

注5：過度の著作権保護潮流が健全な文化の発展を阻害する可能性があることは、すでに多くの論文や著作でも明らかである。特にデジタル映像分野では一般的に著作権保護の制限事項となっている個人利用における複製すらも、CPRMの「コピーワンス」機能によって不可能となっている事実は大きな議論を呼んでいる。著作権保護の問題点については「日本文化の模倣と創造—オリジナリティとは何か」(山田奨治著、角川選書、2002年)に詳しいが、以下の拙論も参照されたい。(「著作権保護と文化の発展は両立するか」、駒沢女子大学紀要、2003年10号、PP77-86)