

# e ラーニングにおけるハイビジョン授業ビデオ 教材配信のためのシステム開発

Development of Online Teaching Materials of High Definition Video for e-Learning

福島工業高等専門学校 コミュニケーション情報学科 布施 雅彦

福島工業高等専門学校 東海林 克行 瀧 瑤子 長尾 嘉代子 花園 麻莉子 賀澤 慎吾

[mfuse@fukushima-nct.ac.jp](mailto:mfuse@fukushima-nct.ac.jp)

## 1 はじめに

近年 e ラーニングの教育利用において、授業をビデオで収録し、Video On Demand(以下 VOD)技術を利用して授業ビデオをネット配信する教材は、一般的になりつつある。特に、授業を授業者と板書に合わせてカメラを動かしながら撮影したビデオや、PowerPoint と授業ビデオが連動した講義形式等を多く見ることができる。しかし、これらの教材開発において PowerPoint のデータを作る必要があったり、映像のみの場合は、カメラマンが授業者に合わせてカメラを動かしながら撮影する必要がある。

特に上記のようなビデオだけの VOD 教材化では、次のような課題があった。

- 撮影のためのカメラマンの配置や撮影の負担
- 詳細な文字や数式などの撮影
- 授業・講義の臨場感の不足

福島高専では、数年前から一般教科の物理授業を、すべて VOD 化しネットで活用しているが、QVGA (320×240) の規格であり、文字や数式、図などを細かく撮影するためには、板書方法の工夫が必要であり、カメラマンによる追いかけるための撮影の負担も大きかった。また、VOD の映像も「見られる」というもので、授業と同じような迫力や臨場感などを伝えることができず、学習意欲が沸くものでなく、「ただ見られる」というものであった。

そこで、より質の高い高画質のハイビジョン映像を利用した VOD 教材を開発できないかと考えた。大きな黒板を高画素で撮影し、高品位で端末 PC に配信・表示ができれば、比較的容易に現在行われている授業を撮影し活用することが可能で、板書の数式や図の大きさなどの制限をなくし、授業者と撮影者の負担も軽減することが可能だと考えた。

実際のハイビジョンによる VOD の授業ビデオ教材を作成するにあたり、多くの調査を行い有効な知見を報告する。

## 2 授業ビデオ教材のハイビジョン化

ハイビジョン (以下 HDV) の VOD の授業ビデオ教材化を行うために、様々な調査実験を行った結果、表 1 のように従来と比べ様々なメリットデメリットがあることがわかった。

表 1 従来のビデオ教材とハイビジョン教材との比較

項目	従来の教材	HDV の教材
撮影機材の種類	◎	△
撮影の負担	△	◎
詳細な画像・臨場感	△	◎
録画時間	○	△
リアルタイム編集	○	△
編集用 PC	○	△
編集用ソフト	◎	△
端末用 PC	○	△
再生ソフト	○	△
VOD サーバー	○	○
ネットワーク回線	◎	○

### 2.1 撮影機材の種類

民生用で購入可能なハイビジョンカメラは、2006 年 6 月現在では、まだ種類も少なく表 2 のとおりである。今年の 3 月に HDR-HC3 が発売され、HDR-HC1 が生産終了となった為、今後一般的に購入可能な機種は、HDR-HC3 になる。HC3 では HC1 にあった外部マイク入力端子やヘッドフォン端子がなくなったので撮影時に注意が必要である。やや不便ではあるが HC3 ではワイヤレスマイク (ECM-HW1) やガンズームマイク (ECM-HGZ1) の利用が可能で、音声レベルも液晶画面で確認が可能である。

表 2 民生用のハイビジョンカメラの比較

機種	HDR-HC3	HDR-HC1	HDR-FX1	GR-HD1
メーカー	Sony	Sony	Sony	Victor
価格	安価	販売終了	高価	高価
HD 規格	1080i	1080i	1080i	720p
ヘッドフォン	無	有	有	有

外部マイク 入力端子	無	有	有	有
外付けマイク	有	有	有	有

## 2.2 撮影の負担

Fig.1,2のように従来の撮影では、黒板を分割して、カメラマンが授業の動きに合わせて、撮影するという方式が多かった。Fig.3のように、ハイビジョン映像では黒板全体を撮影することが可能なので、カメラを動かす必要性がなく、必要に応じてカメラの録画・ストップのボタンを制御するぐらいである。

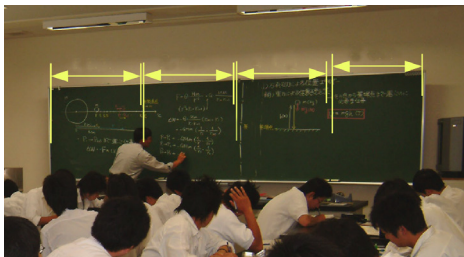


Fig. 1 画面の4分割しての板書



Fig. 2 カメラマンによる授業者の動きに合わせた撮影



Fig. 3 ハイビジョンで撮影した授業ビデオ

## 2.3 詳細な画像・臨場感

Fig.4や表3のように従来の福島高専で作成していたQVGA規格の教材より、どのくらい高解像度になればよいか、検討を行った。その結果今回の教材化では1024×576のサイズを採用した。理由として画面の横サイズが、1024ピクセルであることは、多くのXGA採用したPCで効率的に表示が可能で、黒板の文字なども十分判別できる。これ以上の高解像度になると、端末に高価なPCが必要になることから、この解像度に決定した。



Fig. 4 画像解像度の違い

表 3 各規格における解像度（単位ピクセル）

	横	縦	合計	比較1	比較2
QVGA	320	240	76800	1.0倍	0.2倍
SD	720	480	345600	4.5倍	1.0倍
授業ビデオ	1024	576	589824	7.7倍	1.7倍
HDV	1440	1080	1555200	20.3倍	4.5倍
HDTV	1920	1080	2073600	27.0倍	6.0倍

## 2.4 録画時間

デジタルビデオカメラで利用されるDVテープは最長SPモードで80分、LPでは1.5倍の撮影が可能であった。一般的に60分テープを利用した場合LPモードで90分録画が可能であるが、HDVではSPモードの利用になるので、最長でも80分しか録画できない。90,100分授業には対応できないので、そこで、Fig.6のようにカメラを2台利用することで、テープ交換を行わないで収録可能な方法を考えた。



Fig. 5 ワイヤレスマイクを付けた2台のHDVカメラ  
2.5 リアルタイム編集

従来のQVGA規格では、リアルタイムに編集エンコード処理が可能であったが、HDVではあまりにも情報量が大きいため、リアルタイムの処理は不可能であり、教材作成の作業手順はFig.6のとおりになり、従来のように授業時間内に作業は完了できない。

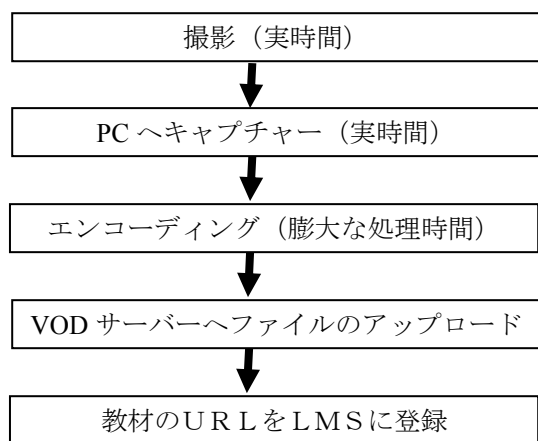


Fig. 6 ハイビジョン教材作成の流れ

従来の方法に比べ、編集処理に膨大な労力が必要とされる。そこで編集しない方法を考え、作業を単純化することを試みた。授業前に授業者と撮影・教材化担当で綿密な打ち合わせを行い、授業内容ごとにテープに収録することにした。Fig.7は授業の流れにそった毎時間の撮影計画表である。このことにより、キャプチャーボタンとエンコードボタンを押すだけで、教材化が可能になった。

講義名 物理(1年物質)		講義日 6月9日 (いろいろなか)	
	内容	予定時間	講義時間
1	調査	10	
2	力	10	
3	重力	15	
4	ドリル(ex)	5	
5	垂直抗力	5	
6	摩擦力	15	
7	張力	15	
8	ドリル(ex)	10	
9	弾性力	15	
10	ドリル(練習11)		
	課題練習11, check1	36,37	100

Fig. 7 撮影記録用紙

## 2.6 配信ファイルの規格

映像配信技術には、マイクロソフト社の Windows Media (WM)、リアルネットワークス社の RealVideo (RV)、アップル社の QuickTime (QT) の3種類が代表的である。表4は作成ソフトの HDV 対応や最新コーデックの搭載など、様々なストリーミング実験を行いまとめた。全体的に HDV に対応したソフトは少なく、RVやQTのHDV対応は1~2種類のソフトに限定される。RVはとても映像が綺麗で快適であるが、将来的に100台の端末からの同時アクセスなどを考慮するとサーバーソフトが高価である。QTのH264規格は、高画質であるが再生には高速な端末が必要である。そこで全体的に問題がなく、Windows 端末ではプリインストールソフトである WMPayer が利用でき、サーバーソフトも

WindowsServer2003 アカデミックが利用できる Windows Media 技術が今回の教材化に一番適していることがわかった。

表4 様々な映像配信規格の比較

	WM	RV	QT
映像規格	WM10	RV10	QT7 (H264)
対応ソフト	○	△	△
サーバーソフト	○	△	○
プレイヤー導入	◎	×	△
画像	○	◎	△

## 2.7 編集ソフトとエンコードの規格

HDV カメラから PC へキャプチャーするソフトの種類も少ない。Sony 製の PC であれば VAIO に標準の DVgate Plus の HDV 対応版の利用を推奨する。今回はカノープス社の EDIUS 3 for HDV の MPEGcapture を利用して、オリジナルデータの MPEG2 ファイル (拡張子 m2t) として取り込んだ。

表5は、エンコードソフトについてまとめたもので、Windows Media エンコーダ9は無料でよいのだがエラーが多く発生した。Media Studio8は、ソフトの目的が HDV 編集ソフトなのでとても多機能であった。TMPEGEnc は、最近 HDV や H264 などに対応した 4.0XPress が今年の4月末に発売されとても使い勝手がよく、エンコード時間が長い、いろいろな点で使い勝手も品質も良い。また実際のエンコードの時間は、何時間何日にもなり、夜中や週末などにずっと行われるため、バッチ機能を利用して後は PC まかせであることから、教材化には TMPEGEnc 4.0XPress を利用した。

表5 エンコードソフトの比較

エンコードソフト	Windows Media エンコーダ9	Media Studio8	TMPEGEnc 3.0XPress	TMPEGEnc 4.0XPress
メーカー	MICROSOFT	ULEAD	PEGASYS	PEGASYS
値段	無料	有料	有料	有料
キャプチャー機能	×	○	×	×
バッチ処理	×	○	○	○
映像加工	×	○	○	○
使いやすさ	△	△	○	◎
1時間のHDV映像の処理時間*1	5時間	5.4時間	6.4時間	6.6時間
エンコードの品質	○	○	○	◎

\*1: 同一ファイルを 384 kbps のファイルにエンコードして1時間換算の処理時間で、処理には Pentium D 2.8GHz RAM1G の PC を利用

また、エンコード方法の違いによる映像評価に関して、複数の学生の視聴結果からまとめたのが表6である。音声に関して、モノラル 32kbps とステレオ 16+16kbps を比較すると、ステレオの方が臨場感もあり音質も問題なかったのでステレオ方式を採用した。

表 6 様々な帯域の映像品質の比較

サイズ	総ビットレート	映像	音声	評価
1024*576	192kbps	170kbps	22kbps	△
	256kbps	224kbps	32kbps	○
		352kbps		○
	384kbps	336kbps	48kbps	○
		320kbps	○	
	512kbps	448kbps	64kbps	○
	768kbps	704kbps		◎
	1024kbps	896kbps	128kbps	◎

「○」の評価の映像では、動きによっては、多少ジャギーが発生するものもあるが、ほとんど差がないという意見であった。また、表7は端末数に応じて VOD サーバーに必要なネットワーク帯域の理論値である。学内 LAN が完全にギガビットで構成されていない現状で、VOD サーバーが 100BASE 接続の為、理論値の約30%の30~40MBPSが妥当である。また学外からのアクセスを考えると、できるだけ小さいサイズが望ましい。そこで、映像 352+音声 32の 384kbps が一番適していることがわかった。

表 7 端末数による映像配信に必要な帯域幅

	端末数	50 台	100 台
映像帯域 (理論値)	384kbps	19200kbps	38400kbps
	512kbps	25600kbps	51200kbps
	1024kbps	51200kbps	102400kbps

## 2.8 HDV 映像の再生

HDV 映像は高圧縮なため、表8のように映像再生には高速な PC を要求されることがわかった。高解像度の映像の再生にはより高いスペックの PC が必要になる。標準では、少し前に普及した Pentium 3 1GHz クラスでも、少しのコマ落ちがあるが、特に内容理解や視聴に影響はない。

表 8 各 PC スペックによる映像比較

CPU	メモリ	ビデオカード	標準	高解像度
			1024*576	1440*810
デスクトップ				
PentiumD 2.8G	2GB	GeForce6600GT	◎	◎
Pentium4 3.0GHz	1GB	オンボード	○	○

Pentium3 870MHz	512MB	GeForce2MX200	△	×
ノート				
PentiumM 2G	1GB	GeForceG06600	◎	◎
Pentium4 2.66G	512MB	GeForce4 420Go	○	△
CeleronM 1.4G	736MB	Radeon XPRESS	○	△
Pentium3M 933MHz	768MB	Mobility Radeon	△	×

## 3 ハイビジョン授業ビデオ教材一斉配信実験

今年度4月当初に、学生に学内の PC 演習室で一斉に授業ビデオにアクセスしてもらい、映像の動作、配信についてチェックを行った。コマ落ちや映像の乱れなど発生しなかった。学生から「まるで授業を受けている感じ」「目の前で授業を受けている感じ」などの感想が寄せられた。



Fig. 8 高品位映像の40台のPCへの一斉配信実験の様子

## 4 まとめ

無事に今年度からハイビジョンでの授業ビデオの収録が可能になり、昨年度までの授業ビデオと今回の教材が、学内の e ラーニング用 LMS を利用して、学生がいつでも視聴可能な状態になった。現在でも新しい高画質の授業ビデオが日々収録・追加され、学生の学習支援に活用が可能になった。

## 参考文献

- 1) 布施雅彦,鈴木三男,根本信行,高専物理教育における VOD を利用した e ラーニングの取り組み,2005PCカンファレンス,pp.365-366,2005
- 2) 布施雅彦,鈴木三男,根本信行,高専物理教育における VOD を利用した e ラーニング教材の開発と学習利用について,平成 17 年度高専教育講演論文集,pp.49-50,2005
- 3) 布施雅彦,鈴木三男,根本信行,道上達広,小澤哲,福島高専物理教育におけるビデオオンデマンドを利用した e ラーニング教材の開発,高専教育,vol29,pp.439-444,2006