

# インターネット上の教育支援のためのビデオ・オン・デマンド・システムの構築と実践

川口 高明\*

Takaaki KAWAGUCHI

Video-on-demand systems for education

[キーワード：ビデオ・オン・デマンド，インターネット]

## 1. ビデオ・オン・デマンド・システムについて

見たい映画やニュースなどの情報をいつでも見たいときに入手できるサービスをオン・デマンド (on demand) サービスという。特にビデオデータを扱う場合には、ビデオ・オン・デマンド (video on demand) と呼ばれている<sup>1-3)</sup>。通常、これは双方向 CATV (ケーブルテレビジョン) や B-ISDN を用いて、一般家庭などから見たい映画をテレビ上で見る利用形態を意味することが多い。その場合、ビデオサーバ側に、後述の MPEG 2 方式でデジタル圧縮されたビデオデータを蓄積しておき、要求した利用者まで双方向回線を介して配送する。しかし、現在のところ、この方式は設備コストが高くなることから本格的には普及するに至っていない。

これに対して、近年、インターネット上でのビデオ圧縮・配送技術が急速に開発が進められている<sup>1, 4)</sup>。特に、ビデオ配送技術に関して、ビデオデータをダウンロードしながら同時に再生するストリーミング技術が開発されたことで、比較的低速度の回線でも使用に耐えうるビデオ再生が可能となった。これにより、インターネット上に各種の情報をビデオデータとして発信する放送局のような Web サイトも出現した。このようなインターネット上のサービスは、テレビジョンを利用する方式に比べて、画質はかなり劣り帯域の保証も無いが、技術的に容易であり、安価で構築・利用可能で経済的である点に強みがある。

このように現在のところ、ビデオ・オン・デマンドには、大きく分けてテレビジョン系とインターネット系の 2 種類が考えられる。本研究で考察するのは、インターネッ

ト系のビデオ・オン・デマンドである。

## 2. 研究目的

本研究では、上記のインターネットに関係したビデオ技術の中から、現在最も利用されているストリーミングビデオ形式などを利用し、さらに、以前報告した VRML (Virtual Reality Modeling Language) によるバーチャルリアリティ<sup>5, 6)</sup>と蓄積 (非ストリーミング) タイプの MPEG ビデオ<sup>7, 8)</sup>も部分的に併用して、教育支援等に関するビデオ・オン・デマンド・システムを構築する。現在、インターネット上の教育関係 Web サイトにおいて、マルチメディアを用いた各種教育活動の試みがすでになされているが、その数はまだかなり少数である。また、全国の教育機関の間では、スペースコロレーションシステムのような遠隔地間のビデオによる双方向の交流は試みられているが、これはその特定の設備を有する機関を対象としている。そこで、インターネットを利用することで、だれでもがいつでも希望のビデオ情報を得ることが可能なビデオ・オン・デマンド・サービスを構築することは、教育関係ではまだ実践例もほとんど無いことから、情報教育のみならず各種教育活動においても重要な試みであると考えられる。

## 3. コンピュータ上のビデオ

ここで、コンピュータ上のビデオ方式等についてまとめておく。ビデオ編集において、いわゆる VTR のような装置でビデオテープからビデオテープへのコピー処理

\* 島根大学教育学部技術教育研究室

を基本とする編集方法をリニア編集と呼ぶ。それに対して、近年、ビデオデータをコンピュータのハードディスクにすべて記憶させて、コンピュータ上でデジタルデータとしてビデオを編集する方法をノンリニア編集と呼ぶ。リニア編集では、基本的にビデオが時間軸に沿って順番に記録するのに対し、ノンリニア編集では、任意の時間のシーンを自由に並べたり加工するといったランダムアクセスが可能となる。さらに、ノンリニア編集では、デジタル化されたデータを用いてビデオ編集を行うため、基本的に編集過程での画質の劣化が無い。そのため、複雑な編集処理を何度も行う場合には、アナログデータとして扱う方法に比べて有利である。

ここで、ノンリニア編集によりビデオデータを製作し、コンピュータ上で再生するには、コーデック (CODEC) が重要かつ必要である。コーデック (CODEC) とは、Coder/DECoder または Compression/DECompression のことであり、データを圧縮したり、復元したりするためのプログラムや方法を指す。現在、代表的なコーデックとして以下のようなものがある。

#### (1) MotionJPEG

動画の各フレームに、静止画で用いられている JPEG フォーマットを用いたもの。フレーム内の空間圧縮のみを考慮している。

#### (2) DV Codec

デジタル記録方式の VTR フォーマットとして用いられている DV, MiniDV と同じ DV 圧縮を行うもの。時間圧縮はせずに、空間圧縮のみを行う。

#### (3) MPEG<sup>7, 8)</sup>

本来は、映像信号の帯域圧縮符号化方式を検討するために構成された ISO 傘下の組織名であるが、そこで標準化された帯域圧縮符号化方式の名称にもなっている。現在、MPEG には、さらに細かく分けると MPEG1, MPEG2, MPEG4 が存在する。最初に作られた MPEG1 は、CD-ROM のような蓄積型利用を対象としており、CD カラオケやビデオ CD などに用いられている。これに対し、MPEG2 では放送テレビ並の高品質映像を目的として作られ、デジタル衛星放送やデジタル CATV などの映像に対して用いられている。

コンピュータ上で利用されているビデオデータ形式には、多くの種類が存在するが、ここで特にインターネットでの利用を考える場合、基本的にダウンロード形式とストリーミング形式の2種類に分類できる。これらの代表的なものを以下に紹介する。

#### (a) AVI

Windows で標準となっているビデオファイルである。動画と音声が取められて一つのファイルとなっている。ファイル内の何フレームかごとに動画データと音声データを交互に含めるインターリーブ形式となっている。Windows Media Player などで再生できる。

#### (b) MPEG 1

上記の MPEG 1 コーデックで作られたビデオファイル形式である。映像内の物体の動き方向を予測した、フレーム間相関を考慮して圧縮する。そのため、AVI に比べて、大幅に圧縮率を高くすることができる。しかし逆に、このフレーム間相関のために、1フレーム単位での細かな編集には不向きである。通常、AVI ファイルで編集した後に、MPEG 1 に変換することが多い。Windows Media Player などで再生できる。

#### (c) RealVideo (リアルビデオ)

RealNetworks 社により開発されたストリーミング再生用ビデオフォーマットである。圧縮率が非常に高いが、反面映像の品質は上記の AVI や MPEG1 には劣る。すでにインターネット上で広く利用されている。RealAudio というサウンド専用のフォーマットも存在する。RealPlayer や Windows Media Player などで再生できる。

## 4. インターネット上のビデオ・オン・デマンド・システムの構築

今回は、まず、HTML と JavaScript を用いて、ビデオ・オン・デマンド・サービスを行うホームページを作成する。その中に、VRML と MPEG ビデオを組み合わせたバーチャルリアリティにおけるビデオ再生技術や、RealVideo によるストリーミング再生技術を取り入れ、インターネット上での教育支援用ビデオ・オン・デマンドを実現する。

システム構築のために準備したハードウェアとソフトウェアについて述べる。まず、ハードウェアとして、撮影用に DVC 用デジタルビデオカメラ、ノンリニアビデオ編集用コンピュータ (CPU: IntelMMX200MHz, メモリ64MB) およびビデオキャプチャ用拡張ボードを用意した。ノンリニアビデオ編集用ソフトウェアを使用した。そして、ビデオ・オン・デマンドサービスを行う Web サーバ用コンピュータを別途準備した。これらノンリニアビデオ編集に関するハードウェアとソフトウェアは、現在、比較的安価であり容易に入手可能である。

ここでは、デジタルビデオカメラからのデジタル画像

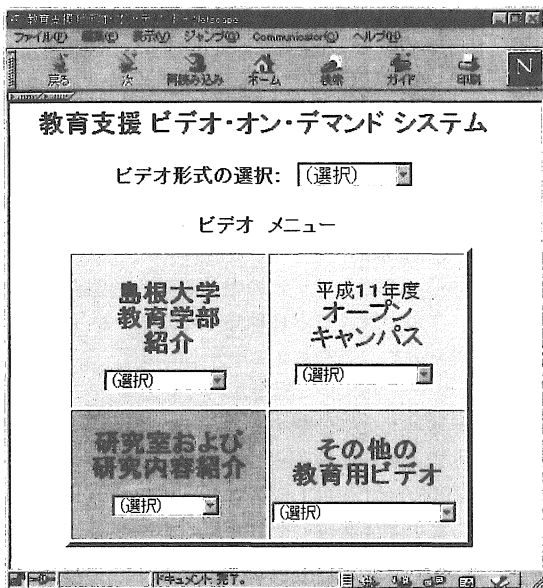
データを、カメラのDV端子からIEEEケーブルを介して、パソコンのキャプチャボードに転送する。これによりデジタル画像データをアナログ信号に変換せずにデジタル信号のままパソコンに取り込めるために、基本的に画質の劣化等が無く扱いやすい。

これらのキャプチャされた画像データは、Windowsの標準画像ファイルであるAVIファイルとしてハードディスク上に記憶される。ここで注意しないといけないのは、AVIファイルは非常に大容量の記憶領域を必要とすることである。おおよその目安では、1分間の動画は、AVIファイルでは約230Mバイトのデータとなる。AVIファイルは記憶された後、専用ソフトウェアによりフレーム単位で編集され、最終的にRealVideo、MPEG1のフォーマットのファイルに変換される。

ユーザーインターフェイスは、HTMLの表示機能やWebブラウザとプラグインのGUI(GraphicalUserInterface)を利用する。そのため、システムを利用するクライアントにおいて必要なアプリケーションソフトウェアは、Webブラウザとビデオ再生用ソフトウェア(例えば、RealPlayer、Windows Media Player)およびVRML表示用プラグイン(例えば、CosmoPlayer2)である。

図1にWebブラウザに表示した製作したシステムを示す。ここでは、島根大学教育学部の各種課程紹介、研究紹介などを行うためのビデオを提供している。使用方法を以下に述べる。最初にビデオ形式を選択して(図2)、

図1 システム全体



次にビデオメニューの中から希望の項目のサブメニュー表示させる(図3)。このサブメニューから選択した後、自動的にビデオファイルがクライアント側に配送される。選択メニューに応じて、どのビデオ情報をどのフォーマットで送信するかは、JavaScriptで記述されたプログラムで決定している。ここでは、VRMLを省略した例を示しているが、メニューにVRML利用に関する項目を入れることは可能である。VRMLで記述されたファイルとMPEG1ビデオファイルの配送後、クライアント側ではVRMLブラウザを起動して映像を表示する。

次章から、これらのメニューの中から実際の例を示しながらシステムの特徴などを説明して行く。

## 5. 学部教育研究活動紹介の実践例

### 5-1 バーチャルリアリティにおけるビデオの利用例

本節では、VRMLとMPEG1ビデオを利用した学部教育研究活動紹介例を取り上げるが、その前に、まず、

図2 ビデオ形式の選択

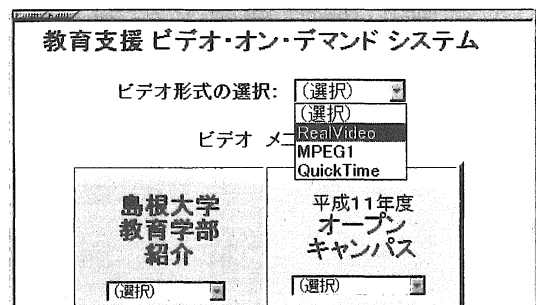
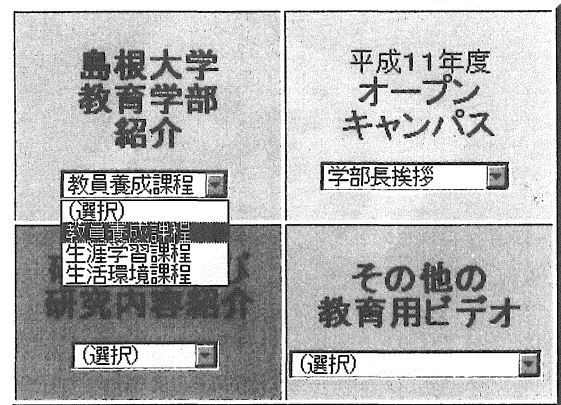


図3 ファイルの選択



バーチャルリアリティの3要素についてまとめておく。

### (1) 臨場感

現実感を損なわないために、まず、人間の視覚、聴覚などについての情報が高品質であること。次に、仮想世界に入り込む感覚を得る何らかの方策が必要である。例えば、視覚では画像の奥行き感や立体感、視野の広さなどである。聴覚では、周囲の音場の広がり、音源の3次元空間における定位などである。

### (2) 対話性

仮想世界を受動的に受けとめるだけでは、単なる映画鑑賞と変わらない。仮想世界に積極的に働きかけていくことで新たな現実感が得られる。つまりそこでの現実と人間の間、ダイナミックな関係、つまり対話性が求められる。場合に応じては、仮想世界の中に自分の分身が現れるような自己投射機能も必要となる。

### (3) 自立性

仮想世界が一貫性を持って構成されている必要がある。例えば、仮想世界の物体は、各種の物理法則に従って運動しなければならない。

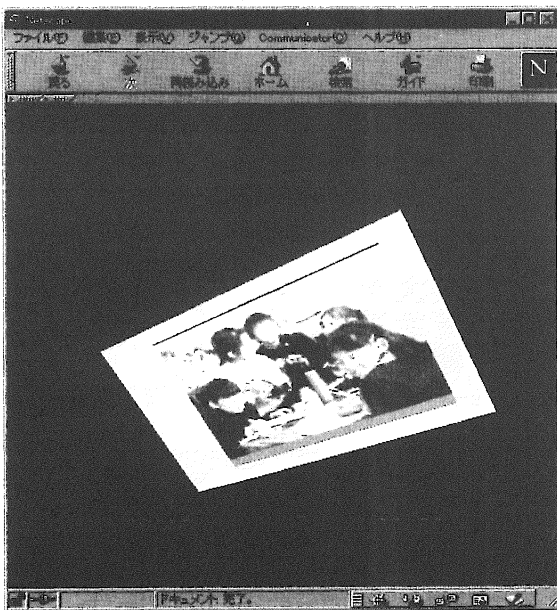
上記の3要素をVRMLによるバーチャルリアリティは満足することが可能である。ただし、Webブラウザを用いる方法であり、Head Mounted Display (HMD)、データグローブや位置センサなどの多様なサブシステム

を併用できないため、主に人間の五感の内の視覚と聴覚に関するバーチャルリアリティであることに注意する必要がある。

以前の報告<sup>5, 6)</sup>では、バーチャルリアリティ空間で学部の建物およびその内部の研究室等を構築した。今回は、VRMLによるバーチャルリアリティの中で最も簡単な例として立方体状の物体を作り、その一つの面にビデオ映像を張り付けて再生することにした。これだけでも、バーチャルリアリティとビデオ映像やステレオ音声の融合を十分体験可能である。その様子を図4に示す。ここでは、教育学部の紹介ビデオを再生している。利用したVRML97の仕様は、テキストチャマッピング機能である。その中のビデオテキストチャマッピングにおいてMPEG1ビデオファイルのマッピングを指定できる。現在、MPEG規格には、MPEG1, 2, 4等が存在するが、VRML97で利用可能なものはMPEG1のみである。ここで、サウンドもバーチャルリアリティを反映して、ビデオを表示している物体の面と視点との距離や角度に応じて、サウンドの強弱や方向が自動的に変化する。このサウンド効果は、聴覚の点から臨場感を得ることを可能としている。

図4に示したVRMLファイルの内容を図5に示す。VRMLでビデオとサウンドを再生しようとする場合、それぞれ別のノードを用いることになる<sup>9, 10)</sup>。ビデオに関しては、テキスト画像と同様に、マッピングにより表示・再生する。MovieTextureノードを用い、ビデオとしてのMPEG1ファイルを指定する。サウンドは、Soundノードを用いる。その中でAudioClipノードで、サウンドファイルとしてのMPEG1ファイルを指定する。用いるMPEG1ファイルにビデオとサウンドが含まれており、それらを同時再生したい場合には、両方のノードで同一のMPEG1ファイルを指定することになる。

図4 VRML上のビデオ



## 5-2 学部活動紹介

次に、島根大学紹介ビデオの中から教育学部部分を抜き出して、3つの課程ごとに独立したビデオファイルを製作した例を示す。このようなビデオ情報は、これまで、VTRビデオテープの形で配布されていたが、このようにインターネット上で公開することで、その利用効率が格段に向上するものと考えられる。ビデオファイルとして、RealVideoとMPEG1の両方のフォーマットを用意している。ビデオ配送後のそれぞれの再生の様子を、図6, 7に示す。これらは、情報入手にビデオ・オン・デマンド・システムを利用しているという点を除けば、通常

図5 VRML ファイル

```

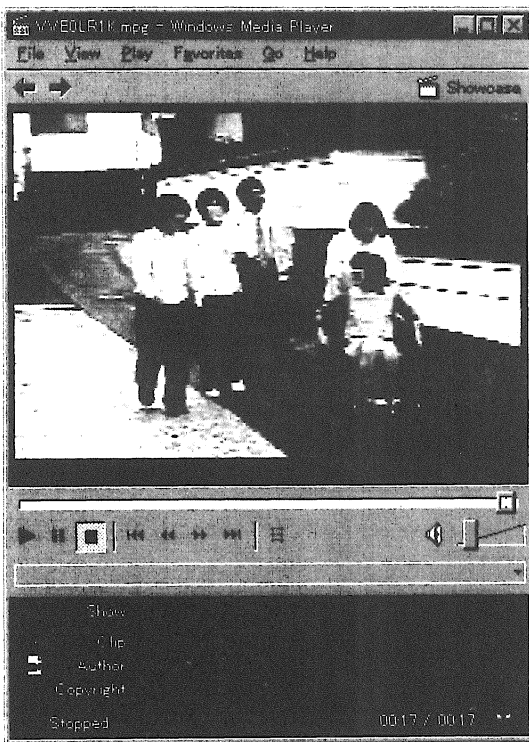
1 #VRML V2.0 utf8
2 PROTO MaterialProto []
3 {
4   Material
5   {
6     ambientIntensity 0.2
7     diffuseColor 0.8 0.8 0.3
8     emissiveColor 0.4 0.4 0.2
9     transparency 0.0
10  }
11 }
12 Transform
13 {
14   children
15   {
16     DEF Camera Group
17     {
18       children
19       {
20         DEF View Viewpoint
21         {
22           orientation 0 1 0 -0.050559
23           position 13.9102 1.5000 -13.4609
24         }
25       }
26     }
27     DEF Obj0 Transform
28     {
29       translation 14.0000 0 -19.4439.
30       children
31       {
32         DEF MOVIE Transform
33         {
34           children
35           {
36             DEF F000 Transform
37             {
38               children
39               {
40                 Shape
41                 {
42                   appearance Appearance
43                   {
44                     material MaterialProto {}
45                     texture DEF video1 MovieTexture {
46                       url "gakkou.mpg"
47                       loop TRUE
48                       startTime 1.0
49                       stopTime 1.0
50                     }
51                   }
52                   geometry DEF MOVIE_FRAME IndexedFaceSet
53                   {
54                     coord DEF P000 Coordinate
55                     {
56                       point
57                       {
58                         -3.0000 0.0000 -2.5561,
59                         -3.0000 0.0000 2.4439,
60                         -3.0000 3.5000 2.4439,
61                         -3.0000 3.5000 -2.5561,
62                         3.0000 0.0000 -2.5561,
63                         3.0000 3.5000 -2.5561,
64                         3.0000 0.0000 2.4439,
65                         3.0000 3.5000 2.4439,
66                         -1.7578 0.4297 2.5561,
67                         2.5430 0.4297 2.5561,
68                         2.5430 3.2344 2.5561,
69                         -1.7578 3.2344 2.5561,
70                       }
71                     }
72                     texCoord DEF T000 TextureCoordinate
73                     {
74                       point
75                       {
76                         0.0000 0.0000,
77                         1.0000 0.0000,
78                         1.0000 1.0000,
79                         0.0000 1.0000,
80                       }
81                     }
82                     texCoord USE T000
83                     color DEF C000 Color
84                     {
85                       color
86                       {
87                         0.375000 0.046875 0.031250,
88                         0.406250 0.437500 0.421875,
89                         0.312500 0.375000 0.187500,
90                         0.656250 0.750000 0.578125,
91                         0.656250 0.750000 0.578125,
92                         0.781250 0.578125 0.484375,
93                         0.375000 0.484375 0.640625,
94                       }
95                     }
96                     coordIndex
97                     [
98                       8, 9, 10, 11, -1,
99                     ]
100                    texCoordIndex
101                    [
102                      0, 1, 2, 3, -1,
103                    ]
104                    colorPerVertex FALSE
105                    colorIndex
106                    [
107                      3,
108                    ]
109                  }
110                }
111              }
112            }
113          }
114        }
115      }
116    }
117    appearance Appearance
118    {
119      material MaterialProto {}
120    }
121    geometry DEF MOVIE_FRAME IndexedFaceSet
122    {
123      coord USE P000
124      texCoord USE T000
125      color USE C000
126      coordIndex
127      [
128        0, 1, 2, 3, -1,
129        4, 0, 3, 5, -1,
130        6, 4, 5, 7, -1,
131        1, 6, 7, 2, -1,
132        2, 7, 5, 3, -1,
133        1, 0, 4, 6, -1,
134      ]
135      colorPerVertex FALSE
136      colorIndex
137      [
138        0,
139        1,
140        2,
141        4,
142        5,
143        6,
144      ]
145    }
146  }
147 }
148 }
149 }
150 }
151 Sound {
152   source USE video1
153   maxFront 100
154 }

```

図6 RealVideoの再生



図7 MPEG1の再生



のコンピュータ上のビデオデータを再生している様子と変わりなく、この点からもユーザにとっての利便性は明らかである。

### 5-3 オープンキャンパスの紹介ビデオ

オープンキャンパスが、大学において年一度実施されている。これにより、受験生等にとっては、実際に大学に訪問して説明を受けることができ、また、趣向を凝らした学部研究教育活動に関する紹介があることから、非常に有益である。ここでは、その様子の一部をビデオとして撮影・編集し、そのオン・デマンド利用を可能にした。オープンキャンパスでなされた活動のすべてを網羅するのは困難であるが、部分的に各種会場における教官や学生による説明や講演をビデオ化することは容易である。これにより、従来では実際に大学まで来ることが可能な人に対して示した内容が、それ以外の人にとっても利用可能なものになる。遠隔地における受験生等にも同じ情報を与えることが可能であり、大学及び受験生の側にとっても有益である。また、さらに、上記5-1のようにVRMLとビデオを融合させて、バーチャルリアリティに構築された仮想的な学部建物や研究室内部で映像を表示すれば<sup>9)</sup>、利用時のコンピュータに負荷がかかるが、大学や学部、研究室紹介の方法としては、より効果的となるであろう。

## 6. 最後に

上記以外にも、ビデオ・オン・デマンド・システムは、各種教育機関における決まった時間や場所での授業、講義などにおいても有用である。その場合、情報処理演習室などにおける施設を利用したインターネットを介したビデオによる遠隔講義の形態が考えられる。大学等の施設では、ATMのような高速広帯域網を利用したキャンパス内部での講義利用も考えられる。

今後は、研究室および研究内容紹介とその他の教育用ビデオのコンテンツ、ライブラリを充実させて行く必要がある。また、インターネット系のビデオ・オン・デマンドで使われる映像符号化方式は、現在、統一されていない<sup>1)</sup>、今回利用した以外のものも検討しなければならない。さらに、システムのホームページのユーザインターフェイスや、現状のインターネットの伝送容量などを考慮して、各種利用環境に応じられるようにシステムの改良を行うことも必要である。

## 参考文献

1. 笠原久嗣：マルチメディアビデオオンデマンド，昭晃堂，1999.
2. 「小特集 ビデオオンデマンド 3-1, 3-2」，テレビジョン学会誌，第49巻，第5号，1995.
3. 小西智夫：「特集 映像情報メディア記録システム 6-3 VOD用ビデオサーバ」，テレビジョン学会誌，第50巻，第11号，1996.
4. 安田浩，藤原洋監訳：bit別冊デジタル放送・インターネットのための情報圧縮技術，共立出版，1998.
5. 川口高明：応用物理教育，第22巻2号，3，1998.
6. 川口高明，島根大学教育学部紀要，第32巻，79頁，1998.
7. 藤原洋監訳：ポイント図解式 実践MPEG教科書，アスキー出版局，1995.
8. 映像情報メディア学会編：総合マルチメディア選書 MPEG，オーム社，1996.
9. J. Hartman and J. Wernecke：VRML2.0ハンドブック，アジソン・ウェスレイ，1997.
10. Rodger Lea，松田晃一，宮下健：VRML+Java，プレントゥイスホール，1997.