

双方向遠隔学習におけるマルチメディア教材の共用

— 実証実験による問題の抽出 —

富澤真樹 神沼靖子

前橋工科大学工学部情報工学科

我々は、光無線 LAN で接続された2つの研究室間で双方向遠隔学習システムを構築している。その実験システムは、無線 LAN (光式と電波式) や ATM スイッチに接続された端末と VOD サーバなどで構成されている。双方向遠隔学習は、VOD サーバによるマルチキャスト配信とユニキャスト配信を適切替えて実施される。各端末に途切れることなく映像を配信するには、ネットワーク性能と配信方法に応じた MPEG 映像のビットレートで配信する必要がある。我々は、適切なビットレートを求めるために実証実験を行ない、どのような端末からでもユニキャストならば 1Mbps, マルチキャストならば 700Kbps で配信できることが分かった。

The common use of multimedia teaching material in interactive remote learning

— Extraction of the problem by the experiment —

Masaki TOMISAWAS, Yasuko KAMINUMA

Department of Information Engineering, Maebashi Institute of Technology

We have constructed the interactive remote learning system between two laboratories connected by optical wireless LAN. The experimental system composes of wireless LAN (radio and optical type) and terminals connected with ATM switch and VOD servers, etc. Properly by changing multicasting and unicasting, the interactive remote learning carries out it. It is necessary to use bit rate suitable for the network performance in order to arrange MPEG video in each terminal. We carried out the demonstration experiment in order to estimate appropriate bit rate. As a result, we found that we choose 700Kbps with unicast, 1Mbps with multicast.

1. はじめに

インターネットの普及やネットワークの高速化が進むにつれ、遠隔学習が有効な状況が増えている。例えば、遠隔学習を取り入れることにより、大学では通学時間や授業時間など時間的制約がある社会人学生はもとより、一般学生に対しても学習機会の拡大が期待できる。また、インターネット接続される小中高校では情報処理技術に精通した人材育成、一般社会では地域住民への情報処理技術の教育などにも遠隔学習が利用できると考えている。

我々は、通信・放送研究成果展開事業のもとで、遠隔地からの人材育成を想定した双方向遠隔学習システムの開発を進めている。現在まで、「マルチメディア教材の蓄積と共用」および「双方向的な授業の協力」という側面から、VOD を中心とした双方向遠隔学習のための実験システムを構築し、実証実験を行なっている¹⁻³⁾。本報告では、実験システムの構成と、そのシステム上で行なったマルチメディア教材の配信実験について述べる。

2. 実験システムの構成

2.1 実験場所と研究室間接続

本研究では、前提として学内の2つの研究室間で双方方向遠隔教育を実施する必要があった。そのため実験場所は、図1に示すような異なる建物にある2つの研究室とした。遠隔学習を模擬するならば、同一建物内の隣接した研究室間で実験することも可能であったが、遠隔というからには別棟で物理的な不便さをもたせる方が良いと考えた。また隣の研究室にすぐに行けるようでは、実証実験において遠隔学習ならではの問題を見逃すかもしれない。我々は、不便さも含めて実際の遠隔教育環境に近い実験場所を選択した。

我々の実験システムでは、2つの研究室にそれぞれVODサーバを設置しマルチメディア教材を双方向で扱うことを考えていた。このため2つの研究室間をできるだけ高速なネットワークで接続することが望ましい。実験システム構築時には工事が不可能だったため、建物間LANは工事が不要な赤外線光モデムで接続することにした。赤外線光モデムとして、120mまで10Mbpsの通信が可能であるエルテル社製のLONG100を選択した。

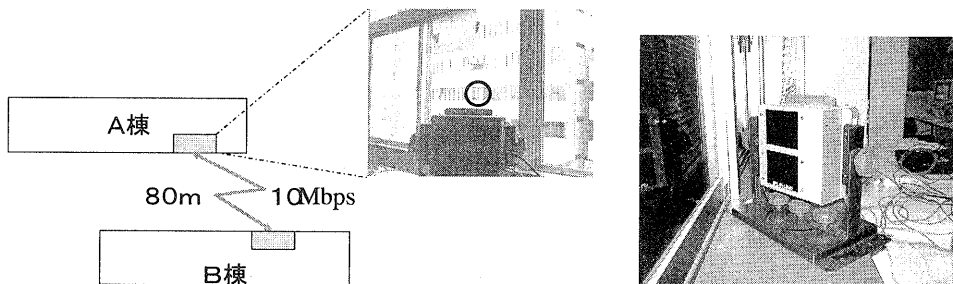


図1 2つの実験室の位置関係と赤外線光モデム

2.2 マルチメディア教材とVOD

マルチメディア教材とは、テキスト、静止画、映像（MPEG1及び2）などを含んだ教材である。このような教材を配信することを考えると、MPEG映像以外はWWWサーバとブラウザによって容易に配信可能である。したがって、問題となるのはMPEG映像の配信であり、この問題を解決するためにVODを導入した。我々の実験システムでは、VODサーバとしてSGI社製Media Baseを選択した。選択理由としては、MPEG映像の配信だけでなく、2.3で述べる双方向性のための機能も有していることである。我々が導入したVODサーバの仕様を表1に示す。

表1 VODサーバの仕様

VODシステム	Media Base 3.1
プロセッサ	R10000 (180MHz) × 2
メモリ	256MB
HD	54.6GB
インタフェース	ATM 155Mbps
映像蓄積時間	MPEG1 (1.5Mbps) 換算で20時間

実験システムでは、2つの研究室にそれぞれ VOD サーバを設置し、互いにサーバにアクセスできるようになっている。このように分散して VOD サーバが設置されているので、将来的には VOD サーバの負荷分散やマルチメディア教材の相互利用などの実験が可能となっている。

2.3 双方向性の実現

双方向性を実現する技術としては TV 会議システムが挙げられる。専用の TV 会議システムを導入することも考えたが、我々は VOD サーバ (Media Base) が持つライブキャプチャと Web キャスティングの機能を使って双方向性を実現した。この機能を使うと、研究室に設置したカメラ映像をリアルタイムで他の研究室に配信することができる。VOD サーバとして、Media Base を選択した理由は、マルチメディア教材の配信と双方向性の実現の両方に使用できるからである。

双方向性を実現するには、VOD サーバの他にビデオカメラ、MPEG エンコーダなどが必要である。実験システムで、VOD サーバ以外に必要な設備を表 2 に示す。Web キャスティングにより、カメラ映像がネットワーク上にどのように流れるのかは次節で述べる。

表 2 双方向性を実現するための設備

ビデオカメラ	ビクター社製 GR-DVY
MPEG エンコーダ	Optibase 社製 Fusion
MPEG 送出用ソフトウェア	Optibase 社製 Commotion UDP
MPEG デコーダ	Optibase 社製 Video Plex

2.4 ネットワーク構成

2つの研究室間は 10Mbps で接続されるが、研究室室内では高精細な映像が配信できるように高速性とマルチキャスト性能を考えて、155Mbps の ATM スイッチを導入した。使用している ATM 関連機器の仕様を表 3 に示す。また、ATM スイッチと VOD サーバの外見、VOD の様子を図 2 に示す。

表 3 ATM ネットワーク機器の仕様

ATM スイッチ	富士通社製 EA1550	スイッチ容量 5Gbps	SONET/SDH 4ポート、 UTP 4ポート
ATM スイッチ	富士通社 EA1330	スイッチ容量 2.5Gbps	SONET/SDH 4ポート UTP 4ポート
スイッチングハブ	富士通社製 EA1120MF	ATM アップリンク	16ポート

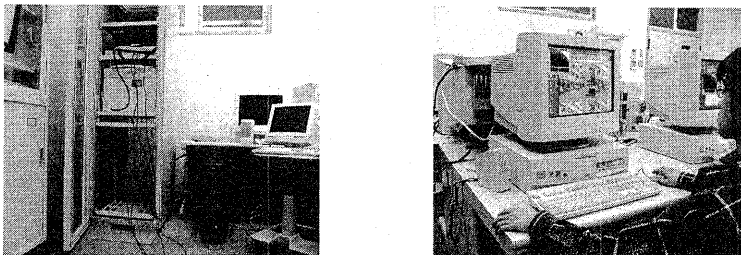


図 2 ATM スイッチと VOD サーバ、VOD 利用の様子

また、ATM とイーサネットの他に、次のような学習環境も想定してネットワークを構築した。

- (1) MPEG 2 による高精度な映像を使った遠隔学習。
- (2) 高速な無線 LAN を使った研究室以外のゼミ室からの遠隔学習。
- (3) 無線 LAN を使った大学校内からの遠隔学習。

上記の想定に合わせて、ATM スイッチ以外に表 4 に示すネットワーク設備を持っている。電波式無線 LAN と光式無線 LAN を使用している様子を図 3 に示す。

表 4 多様な遠隔学習に備えたネットワーク設備

ATM LAN カード	富士通社製 FMV-187, UTP	155Mbps
電波式無線 LAN	NCR 社製 WaveLAN	2Mbps
光式無線 LAN	ビクター社製 VIPSLAN-E W-COIL, M-MOIL	10Mbps

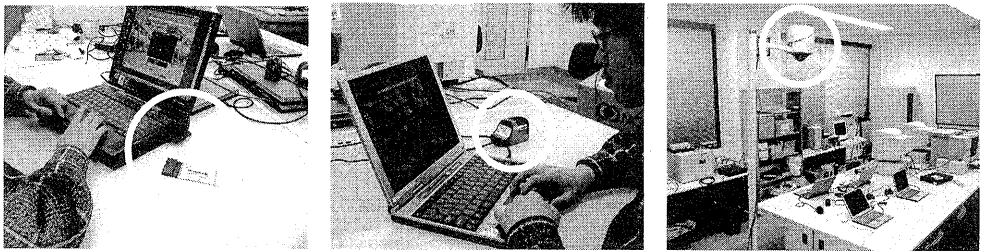


図 3 電波式無線 LAN, 光式無線 LAN の M-MOIL (中央) と W-COIL (右)

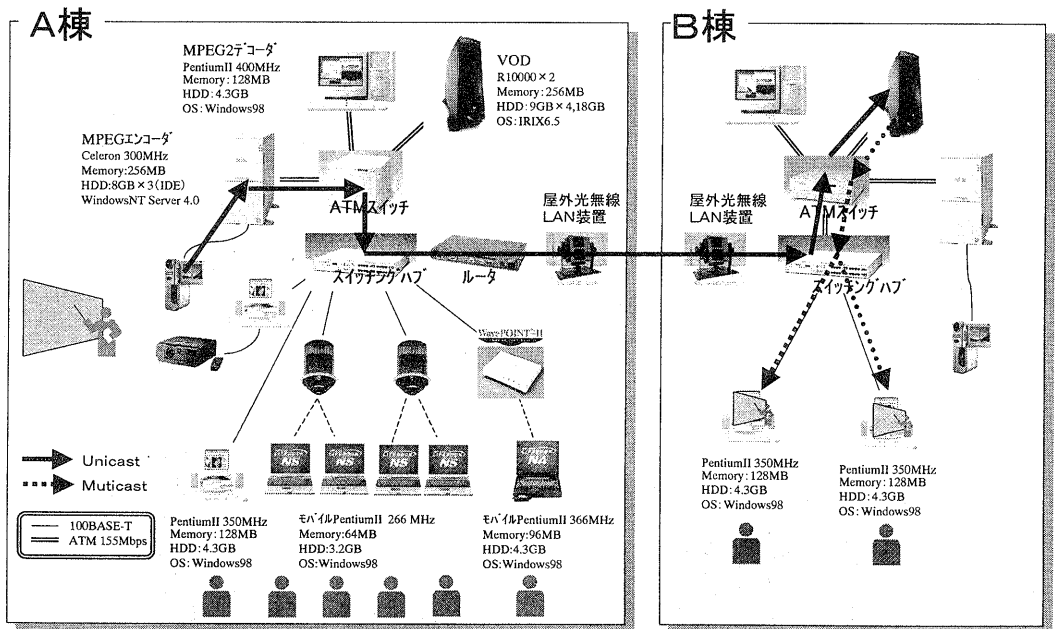


図 4 実験システムの全体図

これまで示したネットワーク設備で構成された実験システムを図 4 に示す。図中の矢印は、2.3で述べた Web キャスティングの動作を示している。実線矢印はユニキャスト、破線矢印はマルチキャストを表している。Web キャスティングは次のような流れで A 棟の映像が B 棟の端末に配信される。

- 1) A 棟の DV カメラからの映像信号は MPEG エンコーダに入力される。
- 2) MPEG 送出用ソフトウェアにより、エンコードされたデータは B 棟の VOD サーバに送られる
- 3) VOD サーバは、A 棟の映像をリアルタイムで各端末にマルチキャスト配信する。

3. MPEG 映像の配信実験

配信実験の目的は、MPEG1 映像による教材作成時のガイドラインを決めることである。図 4 で示したように、VOD サーバは伝送速度の異なるネットワークへ映像を配信しなければならない。このため使用するネットワークに適したビットレートで MPEG 1 映像を VOD サーバに登録する必要がある。本実験では、ネットワーク毎に配信可能な最大ビットレートを実験により求めた。

3.1 実験方法

異なるビットレートの MPEG 1 映像をユニキャストおよびマルチキャスト配信し、教材としての映像品質の確保とコマ落ちの発生を目視とネットワークアナライザ sniffer を使って判断した。実験は、A 棟の研究室の VOD サーバだけを使い、同一研究室内配信と B 棟の研究室への配信を調べた。

実験用映像は、次のような条件を考えて晴天の日に DV カメラで録画し、MPEG 1 にエンコードして作成した。動きのある物体（人物など）を含むこと。ビットレートが低くなると不自然な動作になる。

- 1) 文字を含むこと。ビットレートが低くなると文字がモザイク状になり判読できなくなる。
- 2) 植込みなどの細かいテキストチャを含むこと。ビットレートが低くなるとテキストチャがつぶれる。

実験用映像の一部を図 5 に示す。また、作成した実験用映像のビットレートの種類を表 5 に示す。

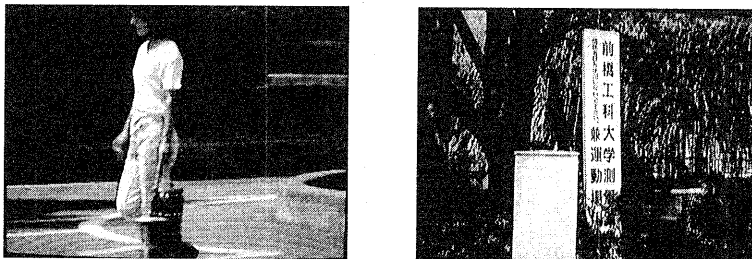


図 5 配信実験用 MPEG 映像の一部

表 5 実験用 MPEG 映像のビットレート

形式	ビットレート	Video	Audio	備考
MPEG1-SIF	2Mbps	1.7Mbps	128Kbps	VHS 並
MPEG1-SIF	1Mbps	0.98Mbps	128Kbps	VHS 並
MPEG1-SIF	700Kbps	602Kbps	64Kbps	

3.2 結果と考察

実験結果を表 6 に示す。研究室内とは A 棟の研究室内だけの配信であり、研究室間とは A 棟の研究室から B 棟の研究室への配信を意味する。ユニキャストの場合は、1Mbps 以上の高品質な MPEG 映像が配信できることが分かった。マルチキャストの場合は、研究室内でも研究室間でも 0.7Mbps 程度の映像しか配信できなかった。この原因は明らかにはなっていないが、ATM スイッチのマルチキャスト性能と関連していると予測している。

表 6 配信実験の結果

LAN の種類	ユニキャスト		マルチキャスト	
	研究室内	研究室間	研究室内	研究室間
100BaseT	2Mbps	2Mbps	0.7Mbps	0.7Mbps
光式無線 LAN	1.5Mbps	1.5Mbps	0.7Mbps	0.7Mbps
電波式 LAN	1Mbps	1Mbps	0.7Mbps	0.7Mbps
ATM	6Mbps	2Mbps	0.7Mbps	0.4Mbps

4. 講義による実証実験

本実験システムを使ってマルチメディア教材を使った双方向遠隔教育を行なった。実際に Web キャスティングによる双方向の使い勝手と、VOD によるマルチメディア教材のユニキャスト配信が実用に耐えるかを調べた。

4.1 実験方法

双方向遠隔学習を行なうために、次のような手順で講義を実施した。

- 1) A 棟の研究室で「情報処理システム入門」という題目で講義を行なう (20 分)。その講義風景は、Web キャスティングにより B 棟の研究室にリアルタイム配信する。
- 2) 情報処理システムの事例映像をマルチメディア教材とし、学習者は自分が興味を持った事例映像を VOD を使って閲覧する (20 分)。マルチメディア教材は A 棟の研究室にある VOD サーバに登録してある。
- 3) 最後に、自分が興味を持った情報処理システムについてレポートしてもらおう (20 分)。

この実験のため用意した MPEG 1 による事例映像のタイトルと録画時間を表 7 に示す。学習者の集中力が持続できることと、興味ある教材にすぐに移れるように時間は 40 秒前後とした。

表 7 事例映像のタイトルとその時間

タイトル	秒	タイトル	秒
情報システムとは	42	情報システムの分化	40
宅配便システム	4:45	切符の予約管理	1:05
POS 端末	21	システム設計のライフサイクル	40
業務運行データの集計処理	51	システムの開発	10
荷物の在処	38	要求分析作業	36
情報システムの変遷	2:55	J R 予約：緑の窓口システム	32
自動車製造ロボット	32		

これらの事例映像を選択して閲覧できるように、図 6 に示すようなホームページを用意した。また、実験の様子を図 7 に示す。ホームページから VOD サーバへのアクセスは、HTML で、

``情報システムとは

のように記述するだけでよい。本実験では、VOD サーバホスト名は A 棟にある VOD サーバと、VOD サーバに登録されている MPEG 1 ファイル名を指定すればよい。上記の例では、ホームページ上での「情報システムとは」をクリックすると、VOD サーバから infsys という名の MPEG 映像が配信される。



図 6 「情報処理システム入門」用ホームページ



図 7 双方向遠隔学習の様子

4.2 結果と考察

この実験では、双方向遠隔学習では Web キャスティング（マルチキャスト）が使われ、事例映像の閲覧ではユニキャストが使われる。すなわち、この実験ではマルチキャストとユニキャストが混在して使われていることになる。実験により次のようなことが分かった。

- 1) 図 7の中央に示したように Web キャスティングで他方の研究室の様子をリアルタイムで表示しながら、B 棟の研究室で事例映像を再生することはできなかった。
- 2) 光無線 LAN では、ダムハブに相当する W-COIL に複数の M-MOIL が接続できる（参照 図 3）。しかし、1つの W-COIL に M-MOIL を 2つ以上接続すると、ネットワーク性能が低下し、0で述べたビットレートの MPEG 映像を配信することができなくなる。

1)について、再生できない原因は 2つの研究室を接続する赤外線光モデムとルータの性能であった。今回の実験では A 棟の VOD サーバだけで実験したので、2つの VOD サーバで負荷が分散できれば、マルチキャストとユニキャストが混在した使用ができる。2)については、W-Coil はダムハブとして見ると性能が悪いことが分かった。接続する M-Moil の数を 2以下に制限して使用しなければならない。

5. まとめ

我々は、2つの研究室間で双方向遠隔教育を実施できる実験システムを構築した。双方向性は、リアルタイム MPEG エンコーダと VOD サーバの Web キャスティング（マルチキャスト）により実現した。この実験システムのネットワークは、マルチメディア教材の配信に適した ATM スイッチ、多様な学習環境を想定した光式無線 LAN、電波式無線 LAN で構成されている。実証実験により、このような LAN に適した MPEG ビットレートを示した。ユニキャストでは 1 Mbps と高品質の映像が配信でき、マルチキャストでは 0.7Mbps の映像が配信できることが分かった。今後の課題としては、マルチキャスト配信能力の向上である。

参考文献

- 1) 神沼靖子，富澤真樹：“双方向遠隔教育システムの基本設計”，前橋工科大学研究紀要，No.2，pp.81-84(1999)。
- 2) 神沼靖子，富澤真樹，役誠雄：“マルチメディア双方向遠隔教育システムのデザイン”，情報処理学会第 59 回全国大会，No.4，pp.321-322(1999)。
- 3) 富澤真樹，神沼靖子：“マルチメディア双方向遠隔学習システムの実証実験と評価”，情報処理学会第 59 回全国大会，No.4，pp.323-324(1999)。