

専用線 IP 接続による遠隔双方向授業実験

牧野晋[†] 大塚秀治[†] 窪田浩実[†] 郷 貢[§] 高辻秀興[†] 高橋三雄[†]

[†]麗澤大学国際経済学部

[†]麗澤高等学校

[§]麗澤瑞浪中学・高等学校

概要

コンピュータの高性能化やネットワークの普及に伴い、従来からのメディアに加えてコンピュータを利用したマルチメディア情報とネットワークを教育場面に応用し教育効果を高めることが考えられる。最近ではテレビ会議システムのような製品も多く登場しており、これらを応用することで遠隔授業なども可能になる。そこで、授業場面などでの実用において必要とされる要件に関して既存システムにてどこまで実現可能かを検証しておくことは重要である。また将来インターネット上での利用を考えると、IP による接続を行い必要な回線容量等を推定しておく必要がある。本実験では 1.5Mbps の専用線接続された 2 点間で映像および音声による遠隔授業、講演のライブ中継、学生討論等の実施を行った。接続には IP 接続のみを使用した。実験の結果 1Mbps 程度の回線帯域があれば十分に効果的な授業運用を行うことが可能であることが示された。

An Experiment of the Remote Both-directions Lesson using IP Connection

Susumu MAKINO[†], Hideharu OHTSUKA[†], Hiromi KUBOTA, Mitsugu GO[§],
Hideoki TAKATSUJI[†], Mitsuo TAKAHASHI[†]

[†]Reitaku University

[†]Reitaku High School

[§]Reitaku Mizunami Junior and Senior High School

Abstract

About applying multimedia information and network to an educational scene, it is important to use the existing system and verify whether it is how far realizable about the requirements needed in the practical use in such as lesson scene. Moreover, if the use on Internet of the future is considered, it is required to perform connection by IP and to presume required band width etc. In this experiment, the remote lesson of the both directions by the image and the sound, the live relay of a lecture, student discussion, etc. were carried out in 2 places connected by the leased line (1.5Mbps). Only IP connection was used for connection. As a result of this experiment, when there was band width of about 1Mbps, it was shown that it is possible to perform lesson employment effective enough.

1. はじめに

インターネットを教育に応用する試みは、1995年～1997年にかけて行われた100校プロジェクト[1]や、その後の新100校プロジェクト[2]での多くの実践事例で示された成果にも認められるように確実に広まってきている。千葉県柏地域では、教育利用を主な目的の一つにしたISPである柏インターネットユニオン(KIU)が発足し[3]、地域の小中高等学校等の接続が行われている。ここではKIUインターネット教育研究会[4]での活動をはじめとして、教育場面での本格的利用へ向けてのさまざまな検討が行われている。

一方、コンピュータの高性能化やネットワークの高速化に伴い、画像や音声、動画などのマルチメディア情報を取り扱う機会が増えてきた。従来からのメディアに加え、コンピュータを使ったマルチメディア情報を効果的に用い教育効果を高めることが考えられる。しかし、ネットワークとマルチメディアを組み合わせた場合、基盤となるネットワークには多くの帯域が必要となる。

ネットワークを介してマルチメディア情報を利用するにあたり、実際の学校での授業場面などでの実用を考えると、

- リアルタイム性
- 画像品質の良さ、動画のスムーズな描画、とぎれのない音声、音声の聞き取りやすさといった情報のクオリティ
- 機器やソフトウェアの安定性
- 運用・管理の簡便さ
- 低コスト

などが要求されることになる。これらの要件が既存のシステムやアプリケーションを使ってどこまで実現可能かを検証しておくことが必要になる。また、将来インターネットを活用する場合、上記の要件を満たすにはどの程度の帯域幅があればよいのかを推定しておくことも必要であろう。

これらの問題を実践的に検討するために、高等学校において遠隔双方向通信が可能な環境を構築し、特別授業という形での実験授業、生徒による討論会を行った。また、同様のシステムを用いて遠隔地における講演会の模様をLive中継した。本論では実験の概要について報告すると共に実際の授業場面への適用を考えた場合の問題点について議論する。

2. ネットワークを利用した遠隔授業

最近ではパソコンを利用したテレビ会議システムのような製品も多く登場しており、これを応用して遠隔授業を実現することが考えられる。既知の通りインターネットはBest Effort型のネットワークであるので、伝送における遅延時間や帯域幅は保証されていない。地域IX(Internet eXchange)内での帯域予約システムの試作と運用事例についての報告[5]やRSVP(RFC2205)のようなQoS制御の方式もあるが、まだ一般的ではない。

このため、テレビ会議システムの多くはISDNでエンドシステム間のネットワークをpoint-to-pointで構築するものである。岡村ら(1997)の報告している遠隔授業実験ではこのシステムが使用されている[6]。しかし将来インターネット上での利用を考えると、仮にpoint-to-pointの接続を行うにしても、ネットワークはIP接続にて構築したいと考えた。

IP接続による遠隔授業の例としては、Cu-SeeMeのような簡易型のものを使った事例[7]や、ATM回線とUNIXワークステーション及びMboneのツールとして使用されるvic(Video Conference)、vat(Visual Audio Tool)、wb(White Board)とwbimportなどを使用した事例[8]等がある。前者は講義を行う上でのクオリティの面でやや問題があるのではないかと考えられるし、後者は一般の高校レベルで教室に整備されている端末環境の問題から適用が難しい。また、後者では学生が使用する各端末まで双方向性が確保されていたが、必ずしもすべての端末レベルでの双方向性がなくともそれなりの授業効果は上げられると考えられた。さらに、コスト・運用管理の両面からできるだけ既存の機器を使用し、ネットワークやコンピュータを専門としない者でも構築・運用が可能なシステムとする点を重視してシステムの構築を行った。

3. 実験の概要について

3-1. 基礎環境

麗澤大学及び麗澤高等学校は、千葉県柏市に位置する。麗澤大学はTRAINを経由してインターネットと接続されている。一方、麗澤瑞浪中学・高等学校(以下「麗澤瑞浪」)は、岐阜県瑞浪市にある学校法人廣池学園瑞浪分園内に位置する。両者間の距離は約280Km

である。麗澤高校と麗澤瑞浪は、麗澤大学内の NOC に置かれた相互接続点 (Hiroike Internet eXchange, HIX) を経由して相互接続されている。麗澤高校と NOC 間は 10Mbps の LAN で、麗澤瑞浪との間は、通常、128Kbps の専用線で接続されている。各校とも 1 教室あたり 40 台程度のパソコンが設置されたコンピュータ教室を有し、ここには生徒に教員機画面を提示するための画像分配装置とモニターの他、ビデオデッキ、音響システムなどの視聴覚装置等がある。ネットワーク構成図を図 1 に示す。

3-2. 実験の目的

以下に示す点を目的として実験を行った。

- 遠隔の 2 地点間をテレビ会議システムと高速デジタル専用線で結び、双方向通信環境での交換授業を行う。
- 学校間が 1.5Mbps 程度の上線で接続された場合に行える授業内容や教育効果、将来の可能性について検討する。
- 必要な帯域幅等について調査する。
- システムは専門の知識を有しない者でも構築・運用可能なシステムとして構成する。また、可能な限り既存のシステムを利用し、コストに考慮する。
- 同様のシステムを用い、放送型ネットワ

ーク中継のモデルケースとして講演会の Live 中継を行う。

3-3. システム概要と運用上の問題点

柏一端浪間の回線について、通常、128Kbps のものを、実験の準備期間を含めた 5 日間について 1.5Mbps へ増速した。

メインシステムとなるテレビ会議システムとして、ピクチャーテル社製、PictureTel LiveLAN を使用した。これには、ビデオ・音声の入出力用 PCI バスインターフェースカード、卓上型 CCD カメラ (解像度 25 万画素)、マイクロフォン、スピーカ、ソフトウェア一式が同梱される。同梱のソフトは、テレビ会議用システムに加え、通信相手のパソコンのソフトを双方向で操作するアプリケーション共有機能、ホワイトボード共有機能、ファイル転送機能などの機能を有する。仕様の詳細は以下の通りである。

- 通信制御方式：ITU-T H.320 準拠 H.320Plus
- 画像：映像符号化 H.261 準拠，解像度 FCIF (352×288 画素) or QCIF (176×144 画素)，フレームレート 最大 15 フレーム/sec
- 映像入力：コンポジット型ビデオ (NTSC/PAL 自動切替え)

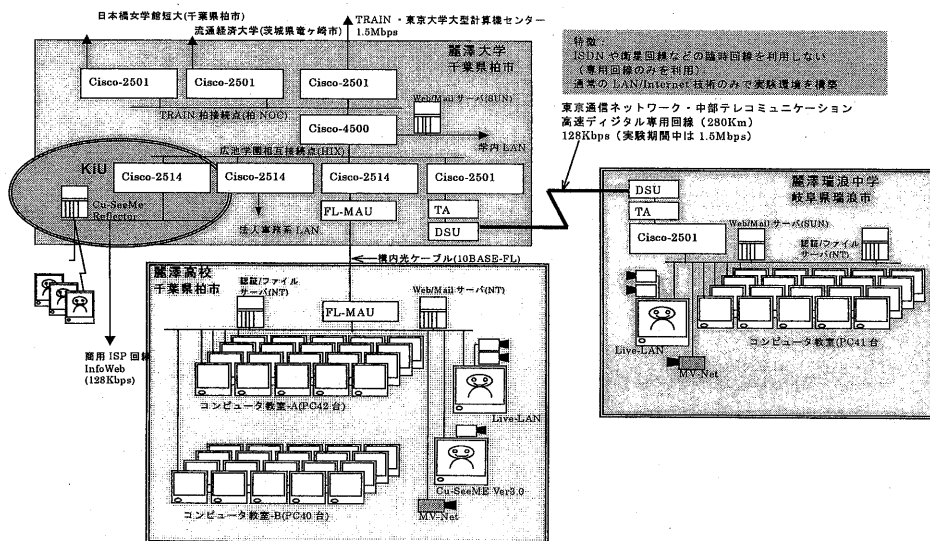


図 1 ネットワーク構成図

- 音声：音声符号化 G.711 (300Hz～3.4KHz) 伝送帯域 64Kbps or G.722 (50Hz～7.0KHz) 伝送帯域 64Kbps
- 音声コントロール: ボリューム調整機能, 全二重エコーキャンセラー機能
- 回線インターフェース：伝送帯域は 64/178/384Kbps より選択, プロトコルスタック MS TCP/IP
- 動作環境：Windows95, CPU Pentium 200MHz, メモリ 128MB, PCI バス×1, NIC×1, Video 1024×768 VRAM 4MB

標準的な構成にて事前に接続テストを行ったが、接続直後の印象では筆者らがこれまでに経験した Reflector に接続された Cu-SeeMe や Mbone 環境下での画像・音声の品質と比較すると格段により品質であった。30 フレーム/sec の一般テレビと比較すると、差分を配信する関係上被写体の速い動作が続くとやや描画が遅れる傾向はあったが、音声は明らかに電話レベルよりも上であり、アンプ等を経由して音声出力すれば遠隔地にいることを意識させない。しかし、この構成では単なるテレビ電話の形態であり、実際の授業場面で運用することはできない。以下に問題点と本実験での解決方法について示す。

まず、カタログ値にあるハードウェア要求仕様よりもかなり上位のシステム構成としたにもかかわらず、動作にやや不安定な部分も認められた。特にアプリケーションの共有機能に関しては、当初、ローカル側で作成した PowerPoint 等の資料をリモート画面に送出して表示することを計画していたが、動作速度が実用レベルでないことや安定性の面から使用を断念した。このため、standalone にて動作させたパソコン画面が LiveLAN を経由

して配信される構成を考慮する必要があった。

また、通常のテレビ会議システムでは、リモート画面とローカル画面を PC のディスプレイ中にマルチウィンドウで表示できる。PictureTel 製品も ISDN 対応版ではこれが可能であるが、LAN 対応版ではどちらか一面しか選択できなかった。授業を行う講師にとって、リモート側で受信中の情報を確認することは重要であるのでローカル側モニタシステムも構築する必要があった。さらに、製品付属の半固定式カメラでは映像的にも撮影の自由度の点においても授業での使用に耐えないので、デジタルビデオカメラを接続して使用した。テレビ会議において 8mm ビデオ等の外部システムを利用する利点に関しては藤木 (1996) [9] の報告にもあるが、本実験でも同様のことが確認された。

次に音声系の問題である。本実験では出力装置としてスピーカを用いる必要があったが、この場合入力装置へのフィードバックからハウリングが起こる。LiveLAN のエコーキャンセラーはこの問題に関して非常に有効であったが完全ではない。音量調整部分がミキサーなどのハードウェア部分のみではなくソフトウェア部分にもあるので調整すべき箇所が複数となる上、微妙な制御が必要となった。今後、限られた授業時間内での運用を考えるとこの問題は十分に考慮する必要がある。

今回の実験環境構築の上で最も苦慮したのは、授業の流れを妨げず、かつ、効果的な授業が行える要件を満たすために、既存の AV スイッチャー、RGP 分配器、スキャンコンバータ、ミキサーなどを組み合わせて映像系・音声系の分配と複数入力統合を行う部分であった。機器構成を図 2、3 に示した。

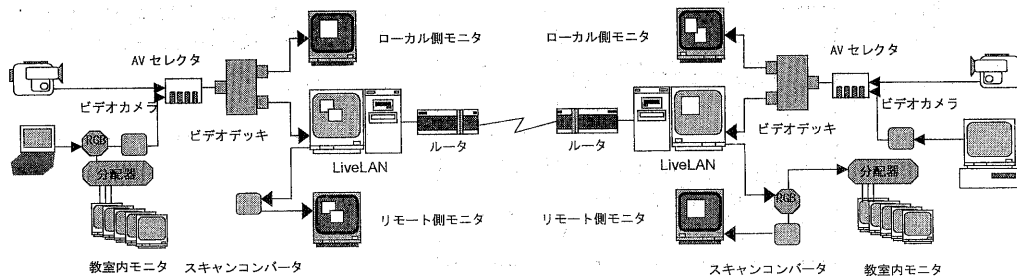


図 2 機器構成の概要 (映像系, LiveLAN)

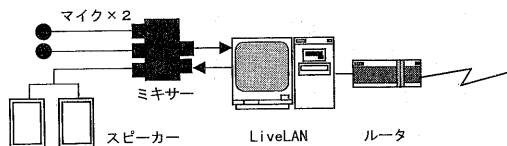


図3 機器構成の概要（音声系）

現場の教員であっても家電製品のビデオ・オーディオを接続できる知識があれば十分に構築できる環境であると思うが、ケーブルングを複雑にしないためにも、多系統の入出力を集中管理できる AV コントローラとミキサーを備えるとよいことがわかった。

なお、比較対象のために Cu-SeeMe の環境と、定点カメラ (MV-Net) も設置した (図4)。ただし、これらは授業及び講演中は帯域確保のために停止させた。また、Live 中継に使用したシステムは、上記を応用し LiveLAN の出力を講堂で見られるように、プロジェクタ経由で大型スクリーン (6m×6m) への投影を行ったものである。

3-4. 実験内容

1998年6月5日(金)

- 1) 両校生徒会役員の交流会 (12:50~13:20)
- 2) 実験授業 (15:50~17:20)

オリエンテーションの後、前半部は「人それぞれの情報技術」と題してマルチメディア技術の実際についてデモを取り入れながらの講義が行われた。講義は高橋が担当した。後半部は窪田が「情報社会の一員として」と題して情報化社会で身に付けておくべきのルール、知恵などについて講義した。

6月7日(日) 9:30~17:30

- 3) 柏で行われた記念式典・講演の Live 中継
- 4) その他、テレビ電話のデモ等

4. 結果と検討

まず、授業の効果であるが生徒の反応は概ね良好であった。まず遠隔地とのテレビ会議システム自体に強い興味を覚えたようで、授業に先立って行われた生徒会同士の交流でも活発に意見が交わされていた。

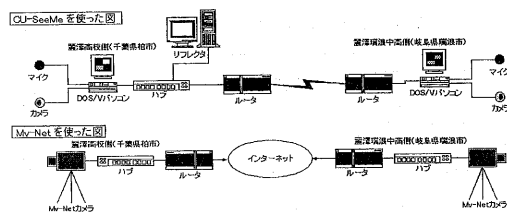


図4 Cu-SeeMe と MV-Net の構成

授業終了時に Web と CGI を使ったアンケート集計システムを用いて簡単なアンケート調査を行った。解答の重複などに関してまだ問題の残るシステムであるが、結果をグラフ化して即座に見られるので授業のまとめとして使いやすい[10]。「講義は面白かったか」の間に対して 89%が面白いと答えており、「分かりやすい授業であったか」には分からなかったとの解答は 2%に過ぎなかった。さらに「マルチメディアやインターネットは希望をかなえる道具になるか」「通信回線などの情報インフラの整備は必要と思うか」といった質問に対して 85%以上が肯定的な解答をしており、「情報技術をさらに身につけたいか」といった質問に関しても 92%が身につけたいと答えている。これらが遠隔講義の効果であると結論づけるには資料が足りないが、内容理解に向けての刺激になったことは考えられる。

同時に取得した授業への感想からも題材とされた「マルチメディア技術に驚いた」「マルチメディアに興味があった」とする意見が多く、「今後技術を身に付けたい」「もっと使えるようになりたい」と学習意欲の向上に役立ったと思われる内容が多かった。また「280Km の距離を全く感じなかった」「遠いところとリアルタイムで情報交換できて感動した」とネットワークを意識した意見もあった。これは情報品質が保たれた結果と思われる。双方向性についても授業中にシステムを通して遠隔側に質問するような形態もとられ生徒の授業への参加意識を高めるの役立った。この点が放送を使った場合と異なる。

画像と音声を常時送信しながら講義を進めたが、その際必要とされた回線帯域は最大でも 800Kbps 程度であった (図5)。peak 値は測定していないが 1Mbps 程度の回線容量が

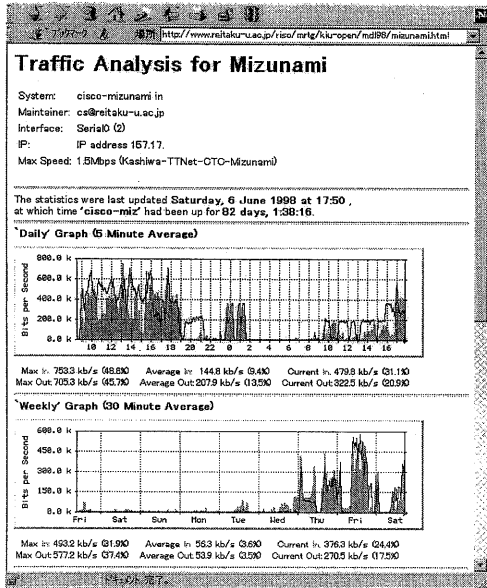


図5 遠隔授業実施日のトラフィック

あれば、十分に効果的な授業運用を行うことが可能であることが示された。この結果は前田 (1996) [8]の報告とも一致する。一方でこの結果は、遠隔授業のような形態でマルチメディア情報を活用しようとする、ISDN 回線では容量不足となる可能性を示唆している。やはり接続には専用線を使うことが望ましい。

しかし専用線による接続は現状においては通信コストの面からまだ日常的な利用環境とは言い難い。1Mbps 以上の回線を 280Km の距離で用意すると NTT の提供する 1.5Mbps エコノミーを使用するにしても月額 100 万円程度の通信経費が必要となる。コストの問題が解決され環境さえ整えば既存の機器を使用しても十分に教育効果を上げられる期待が持てる。また距離が短ければ (30Km 以内) NTT の DA1500 のような安い専用線サービスも登場してきており、これらを利用して地域内でのトラフィックを地域 IX なり地域ネットワークで収容すれば、地域内の学校間にて幅広い授業形態が展開できると思われる。

ただ今回の実験でも授業中は教員以外のオペレータを必要とした。本実験においても授業進行中に一度システムトラブルを経験した。学校での短い授業時間の中でこういった事態に対処するためにも今のところ補助スタッフ

が欠かせない。撮影のためのスタッフなども必要である。本格的な応用に向けてこういった運用面での検討もしておく必要がある。

5. まとめ

本稿では IP 接続を使ったテレビ会議システムを応用しての遠隔授業の実験に関して報告した。マルチメディアを使用するには広い帯域が必要とされるといわれるが、遅延という要因を除けば 1Mbps 程度の帯域幅でも十分実用になることがわかった。また単一のテレビ会議システムもこれを他のさまざまな機器を組み合わせることで多目的に利用可能である。今後、マルチメディアやネットワークを使った授業はさらに多くなるだろう。しかし通信コストや運用における問題、教育効果の正確な測定等一般的な授業場面での活用に向けて検討せねばならない問題は多い。

参考文献

- [1] <http://www.edu.ipa.go.jp/100school/index.html>
- [2] <http://www.cec.or.jp/net/shin100p.html>
- [3] 大塚秀治: KIU と KIU のネットワーク構造, KIU インターネット教育研究フォーラム 97 (1997) .
- [4] <http://www.kiu.ne.jp/>
- [5] 八代一浩・笹本正樹・平川寛之・山本芳彦・林英輔: 地域 IX を基盤とするネットワーク中継, 情報処理学会研究報告 98-DSM-10, Vol.98, No.66, pp.49-54 (1998) .
- [6] 岡村俊彦・西村貢・竹中啓之: マルチメディアを利用した遠隔地高等教育の実験授業, 平成 9 年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp.255-258 (1997) .
- [7] 玉井基宏・小川雅史: テレビ会議システムを活用した共同学習-インターネット俳句の会-, インターネットを利用した授業実践事例集 II, pp.27-30, 情報処理振興事業協会、財団法人コンピュータ教育開発センター (1998) .
- [8] 前田香織: マルチメディア通信環境における情報処理教育, 平成 8 年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp.475-478 (1996) .
- [9] 藤本文彦: マルチメディア環境への 8mm ビデオカメラの導入, 平成 8 年度情報処理教育研究集会講演論文集, pp.101-104 (1996) .
- [10] 細川徳彦・窪田弘実: ネットワークを用いた生徒の意見収集の試み, KIU インターネット教育研究フォーラム 98 (1998) .
- [11] 郷貢: 遠隔接続実験授業報告, KIU インターネット教育研究フォーラム 98 (1998) .

※本実験の様子は次の URL で公開されている。
<http://www.reitaku-u.ac.jp/risc/miz/>