

4 映像伝送を活用した対話型教育向け遠隔講義システムの構築

湯瀬裕昭***・渡部和雄**・渡邊貴之**・井口真彦***

*東北学院大学大学院人間情報学研究科

**静岡県立大学大学院経営情報学研究科

***静岡県企画部政策推進総室大学室

Development of Distance Education System for Interactive Education Using 4 Video Transmissions

Hiroaki YUZE*, **, Kazuo WATABE**, Takayuki WATANABE**, Masahiko IGUCHI***

*Graduate School of Human Informatics, Tohoku Gakuin University

**Graduate School of Administration & Informatics, University of Shizuoka

***University Affairs Office, Shizuoka Prefectural Government

The authors have developed a distance education system for interactive education which can transmit 4 video streams between distant lecture rooms. In this paper, we describe the concept and the outline of this distance education system. Also, on the basis of the results of trial lectures using the system, we propose some efficient ways to use the system for interactive adult education.

Keywords: distance education system, video conference system, e-Learning, interactive education, adult education

1. はじめに

近年、大学における社会人教育や大学間連携の必要性が高まり、それらに遠隔講義システムを活用しようという試み〔常磐〕〔Ikebe〕〔金子〕〔美濃〕〔加藤〕が多くなされている。例えば、早稲田大学では衛星とインターネットを利用して、教養やビジネス関連の講座を全国各地の生涯学習センターで受講できるようにしている。東北大学や大阪大学では、学生や社会人向けにインターネットによる講義を行っている。東京工業大学では通信衛星とインターネットにより、教育プログラムを配信可能とし、企業などで受講できるようにした。このように、大学が遠隔講義を提供することにより、地理的・時間的制約の大きい社会人が必要な教育を受けられるようになり、遠隔講義のメリットは非常に大きいといえる。

遠隔講義の方法としては、講師とは離れた場所にある会場に受講生が集まる集合型〔吉田〕〔炭野〕〔吉野〕と、自宅などで受講生が講義を受ける分散型〔丸山〕〔渡部 95〕〔watabe95〕〔watabe97〕〔watabe99〕の2種類がある。本研究では2カ所の会場を利用し、片方には講師と受講生、もう片方には受講生のみまたは受講生と講義を補助するティーチング・アシスタント (TA) がいるという形態の集合型 (図1) を研究対象とする。ただし、講師が多数の受講生に対してほぼ一方的に話をするのではなく、講師と少数の受講生が頻りに質疑応答や対話しながら進める形式を想定している。集合型の遠隔講義の問題点として、講師や受講生が臨場感や一体感を持ちにくいこと、講師と受講生で双方向の対話が簡単ではないことなどがあげられ、様々な工夫が見られる。刈谷らは受講者が発言したり、回答しやすいシステムを開発した〔刈谷〕。山崎らは臨場感を増すために映像合成することを提案している〔山崎〕。田中らはギガビットネットワークを用いて超精細動画を伝送している〔田中〕。

集合型の遠隔講義を効果的に行うための方法の一つとして、伝送する映像ソースの本数を増やすことにより、離れた講義会場間での一体感と臨場感を向上させ、受講生の理解度や満足度の向上を図ることが考えられる。そこで、本研究では、複数の映像伝送が可能な遠隔講義システムについて検討し [湯瀬], 4つの映像を同時に送受信する遠隔講義システムを構築した。本論文では、本システムの構築に至った経緯やシステムの概要と特徴、今後の研究などについて述べる。また、本システムを使用した予備実験を行ったので、これをもとに複数の映像ソースを用いた遠隔講義の効果を向上させる方式を提案する。

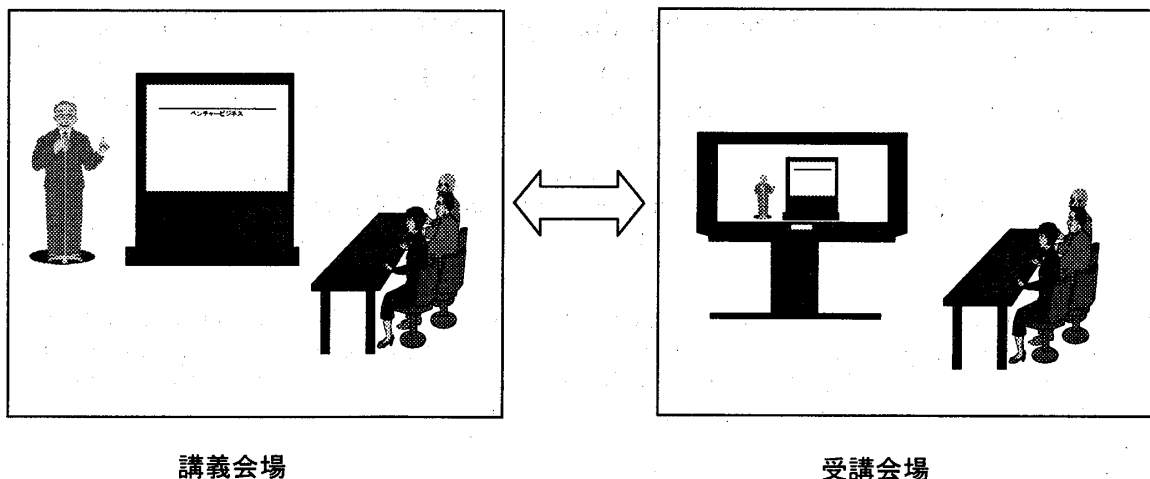


図1 対象とする集合型の遠隔講義

2. 遠隔講義システム構築の経緯

静岡県は、生涯にわたり誰もがいつでも学習できる社会の実現や、県内大学間での活発な交流・連携の促進などのため、社会人を対象とした講座や共同授業等の教育事業を展開するための拠点の整備を進めている。その第一歩として、静岡県企画部政策推進総室大学室では平成15年度事業として、静岡県沼津市と浜松市の2拠点に遠隔講義システムを整備することを計画した。そして、この遠隔講義システムの設計については、筆者らが担当することとなった。本システムは手始めとして、静岡県立大学沼津エクステンションセンターが設置されている沼津市のぬまづ産業振興プラザと、浜松市の静岡文化芸術大学の2カ所に設置された。

3. 遠隔講義システムの概要

3.1 遠隔講義システムのコンセプト

遠隔講義システム構築にあたり、主に大学院レベルの社会人教育を念頭に置いた。そして、比較的少人数(各会場20名まで)に対して、対話性や臨場感の高い効果的な教育を低コストで行えるよう、次のようなコンセプトをもとにした。

- A 講師と遠隔会場にいる受講生とが一体感を持って、臨場感のある講義を行えること
- B 講師と受講生、受講生同士は質疑応答や議論が双方向で自由にできること
- C 通信には映像伝送に十分な品質の低コストな回線を使用すること
- D 講師には遠隔講義のための余計な負担をかけないこと
- E 簡単に機器の操作ができること
- F 遠隔講義の映像と音声を蓄積でき、受講生が後で視聴できること

上記のコンセプトのうち筆者らが最も重視した点は、Aの一体感と臨場感のある遠隔講義の実現、お

よび B の双方向での対話性である。従来のテレビ会議システムや遠隔講義システムでは、通信回線の帯域の制限から、多くとも 2 つ程度の映像を送受信する例が一般的であった。一方、本研究では、受講生に与える視覚的な情報を増すために、映像ソースの本数を 4 つに増加させ、離れた講義会場間での一体感と臨場感の向上を目指した。具体的には図 2 のように、講師のいる講義会場からは、講師を撮影した映像、講義会場の受講生を撮影した映像、会場全体を撮影した映像、スライドや書画カメラなどのプレゼンテーション機器の映像を伝送する。また、遠隔の受講生だけの会場からは、受講生を撮影した複数の映像、会場全体を撮影した映像、プレゼンテーション機器の映像（受講生によるプレゼンテーションがある場合）を伝送する。

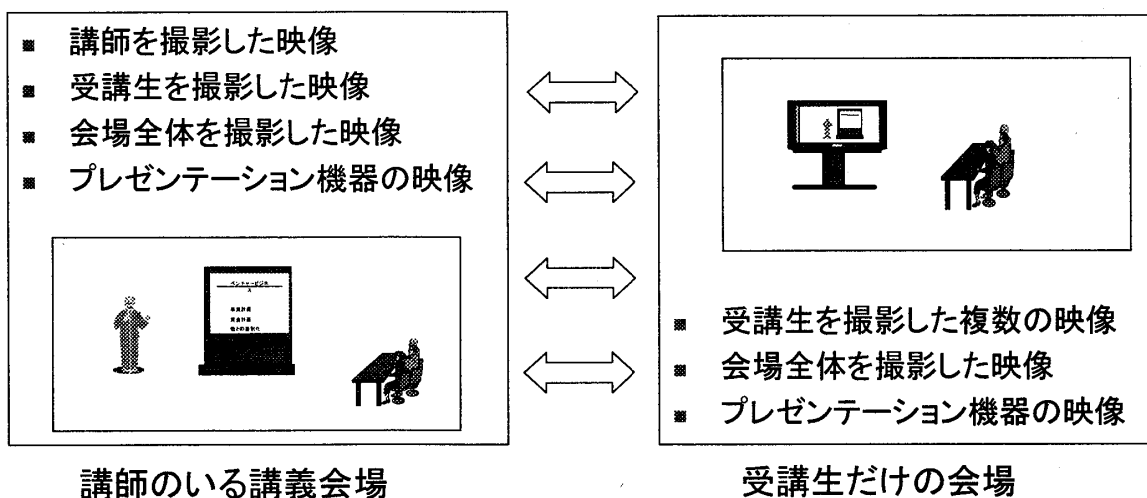


図 2 4 映像を伝送する遠隔講義システム

従来、高精細な映像を伝送するためには、MPEG-2 方式による映像の符号化圧縮と、高価な専用回線を介した伝送が必須とされており、少なくとも 6Mbps 以上のビットレートが必要であった。しかし、上記のコンセプト C にあるように、本システムでは高価な専用回線を利用せず、十分な品質の映像を低ビットレートでも伝送できるようにし、実際の運用時の通信コストを抑えることとした。具体的には、本システムの通信インフラとして、光ファイバー接続により最大 100Mbps の帯域を持つ B フレッツ (NTT 西日本) の地域 IP 網を用いることとした。複数の映像を遅延やジッター無く伝送するためには、本来であれば帯域保証されたネットワークが必要であるが、B フレッツ回線では帯域保証ができない。従って、映像の品質を可能な限り保ったまま、ビットレートを低く抑える必要があった。そこで、筆者らは映像の符号化圧縮方式として、MPEG-4 方式の採用を検討した。MPEG-4 方式は、インターネットなどの帯域保証が難しい回線を想定し、低ビットレートでストリーミング配信を行うための符号化圧縮方式である。実際に、MPEG-4 方式を用いることによって、2Mbps 程度のビットレートで、MPEG-2 方式と遜色の無い映像が伝送できることを事前に確認した。

次に、本システムでは複数の映像を扱うために、映像の切り換えやカメラ操作などを的確に行う必要がある。しかし、これらの操作を講師自身が行うことは、操作の負担の大きさから見て適切でない。従って、コンセプト D にあるように講師には負担をかけず、講義に専念できるようにした。人的コストは少し増加するが、講師とは別に各会場に機器操作者を一人ずつ置くこととした。そして、受け持つ会場内の全機器を一人の操作者が操作できるよう、これらの操作をタッチパネルから一元的に簡単に行えるよう設計した (コンセプト E)。

さらに、映像と音声を HDD/DVD レコーダに蓄積し、受講生は後で広帯域の通信回線を通じて家庭や職場から視聴できるようにした。これにより、受講生は出席できなかった回を後で視聴できる。また、

必要に応じてインターネットを通じて一般に公開することも可能となる。

3. 2 遠隔講義システムの構成

前節で述べたコンセプトをもとに、本研究で構築した遠隔講義システムの全体イメージを図3に示す。本システムは、大きく分けて、映像・音声伝送装置、映像表示装置、音響装置、講義録画装置、操作卓、ネットワーク関連機器などから構成される。また、沼津会場と浜松会場の機器はほぼ同じ構成となっており、講師がどちらで講義を行っても対応可能である。図3では、沼津会場側が講師のいる講義会場となり、浜松会場側が受講生だけの受講会場であると仮定している。

(1) 映像・音声伝送装置

映像・音声伝送装置として、1会場につき3台のMPEG-4コーデックを用意した。このうち、2台についてはビクター製ネットワークコーデック「DM-NC40」を、1台についてはソニー製ビデオ会議システム「PCS-1」を使用した。「PCS-1」は、別途データソリューションボックス「PCS-DSB1」を接続することにより、パソコンや書画カメラなどの映像をXGAの解像度で秒間数コマ伝送することができる。結果として、3本のMPEG-4映像と、低フレームレートではあるが1本のXGA映像の、計4本の映像を同時に送受信することが可能である。また、「DM-NC40」はマルチキャスト配信に対応しており、「PCS-1」についても多地点会議装置(MCU)を介した多地点会議に対応しているため、会場の追加などの将来的なシステムの拡張にも配慮がなされている。

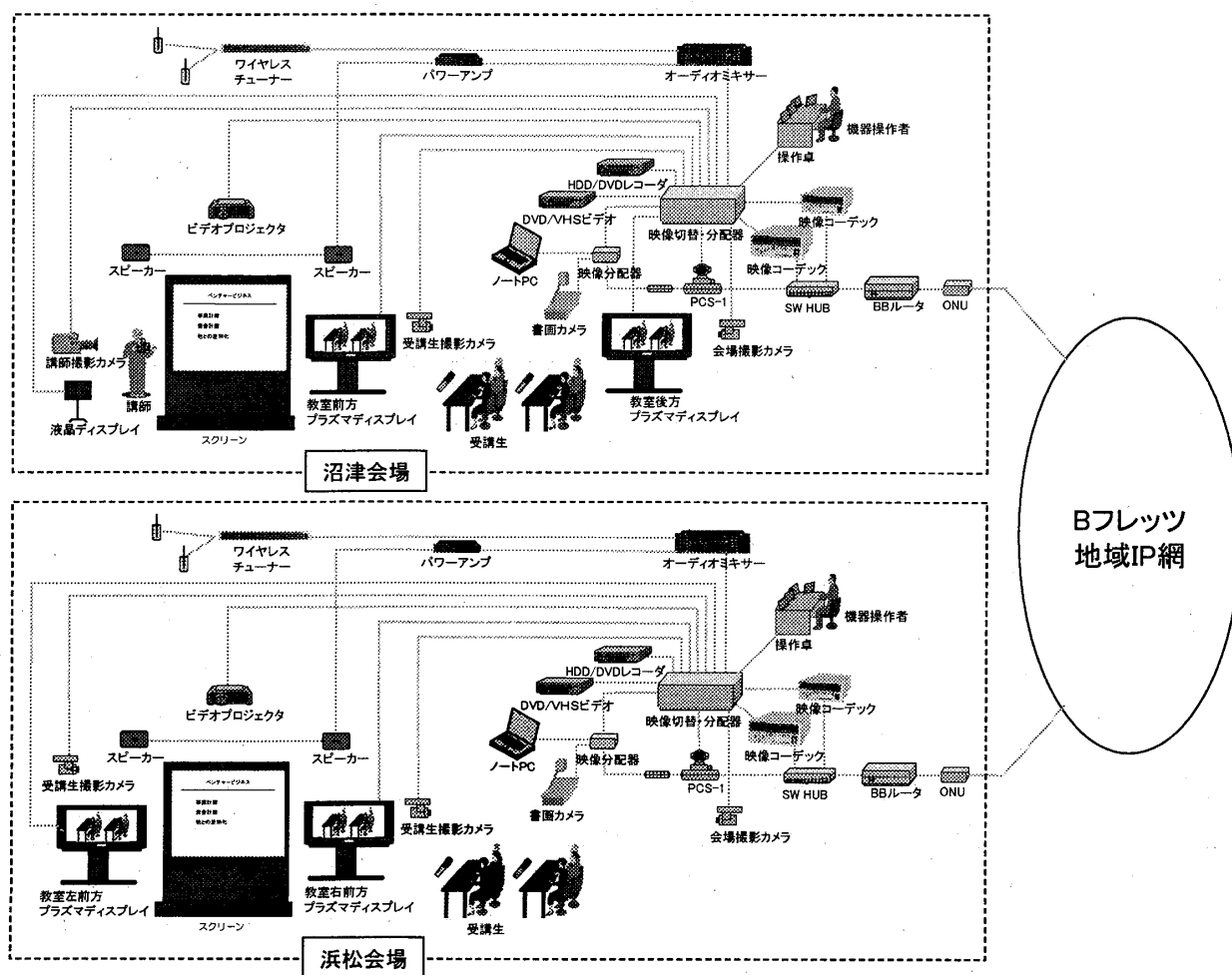


図3 遠隔講義システムの全体イメージ

(2) 映像表示装置

映像表示装置として、液晶ビデオプロジェクタ1台と50インチのプラズマディスプレイ (PDP) 2台 (図4)、17インチの液晶ディスプレイ1台の計4台を設置した。このうち、PDP と液晶ディスプレイについては、キャスター付スタンドに設置し、受講生の人数や講義形態に応じて移動できるよう配慮した。例えば、講師がいる会場では、50インチ PDP のうち1台を受講生の後ろに置くことで、講師から見て、あたかも他会場の受講生が講義室の先にいるかのような視覚的な効果が期待できる。また、講師は17インチ液晶ディスプレイを手元に配置することで、他会場に送信されている自分の映像を確認することができる。

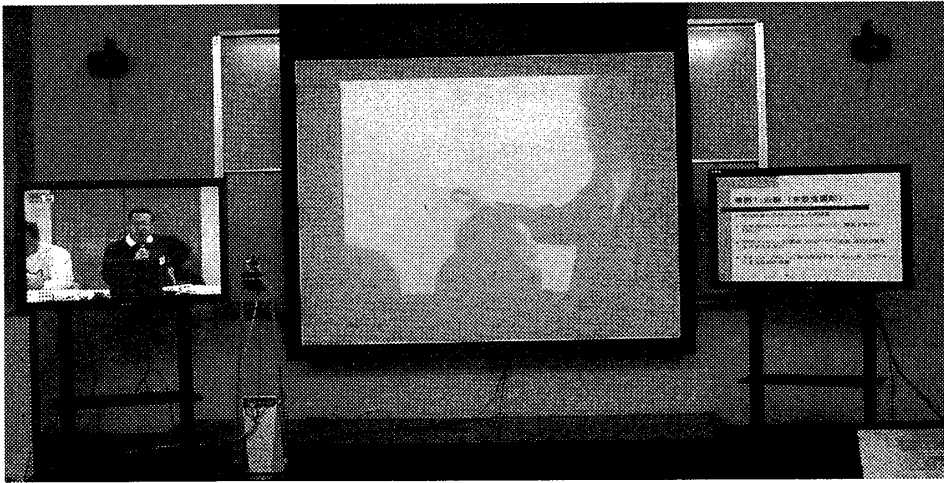


図4 映像表示装置 (一部)

(3) 音響装置

音響装置としては、講師用としてタイピン型ワイヤレスマイク1本を、受講生の質問用としてハンド型ワイヤレスマイク2本を用意した。また、スピーカーを会場の前面上方に左右1台ずつ設置した。

(4) 講義録画装置

講義映像を記録するための講義録画装置として、HDD/DVD ビデオレコーダを用意した。将来的に、録画した講義映像を編集し、インターネットを介した講義の配信などを想定している。

(5) 操作卓

最後に、会場内の機器を一元的にコントロールするための操作卓 (図5) について説明する。操作卓上には3台の液晶ディスプレイ (図6) と1台のタッチパネル (図7) が設置されている。液晶ディスプレイでは、録画を行っている映像、他会場から受信した映像 (4分割表示)、自会場の映像 (4分割表示) をそれぞれ確認することができる。機器操作者は各会場1名で、これらのディスプレイを確認しながら、タッチパネルによって映像の送受信、画面の切り替え、カメラの操作、音量調整、録画操作などを行う。この中で、カメラの操作や音量の調節については、会場間の機器操作者同士で十分なコミュニケーションを取らなければ、適切な操作は不可能である。ここで、3台の映像・音声伝送装置のうち、講義の音声を伝送するために利用しているのは1台のみである。そこで、空いている伝送装置を活用し、離れている操作者同士が連絡を取り合うための回線確保した。これにより、ヘッドセットを用いて操作者同士が音声により連絡を取り合うことができる。

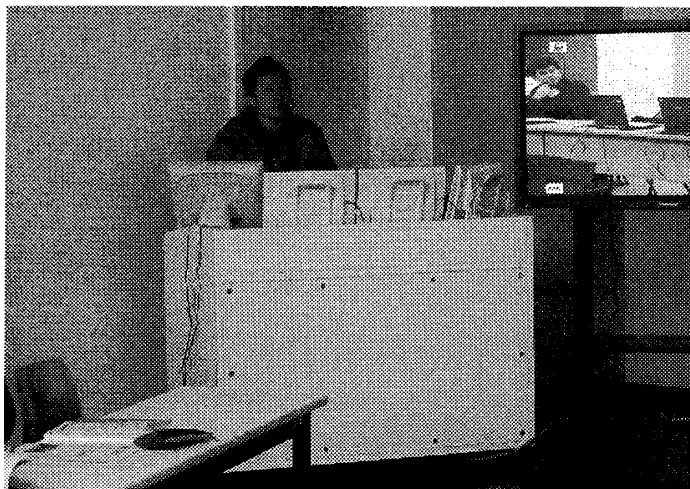


図5 操作卓と操作者

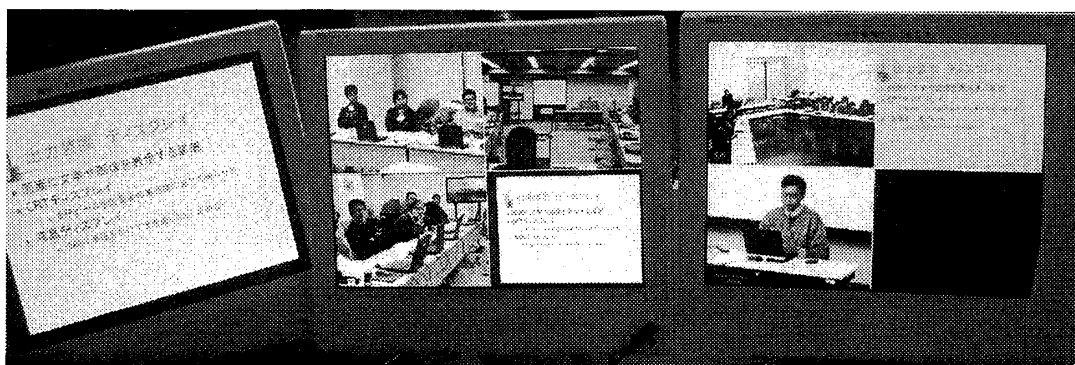


図6 操作卓上の3台の液晶ディスプレイ

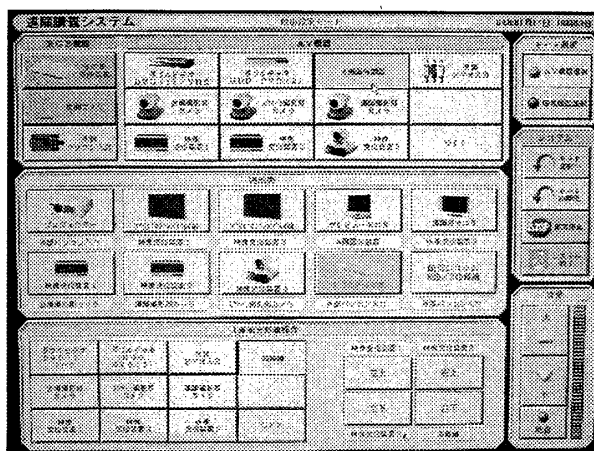


図7 一元的操作のためのタッチパネル

4. 遠隔講義システムを使用した予備実験と結果

本システムを使用した予備実験を、「静岡県立大学大学院ビジネス講座」の講義で行った。この講座は、社会人に役立つ経営や情報に関する大学院レベルの内容を提供するために、沼津エクステンションセンターにおいて平成13年秋より開講されている。ビジネス講座の講義は平日の夜間または土曜、日曜の日中に行われ、実践的なビジネス関連の知識を身に付けるために多くの社会人が非常に熱心に受講している。予備実験の対象とした講義は、ビジネス講座の「行政政策論」である。予備実験では、沼津会場で行われている講義を浜松会場で実験関係者だけが聴講し、システムの音響面の評価と調整を行った。また、ゲストスピーカーが浜松会場から沼津会場にいる講師と受講生に向けて約1時間の講演を行った(図8)。

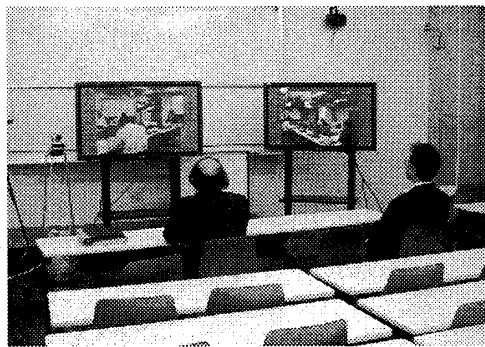


図8 ゲストスピーカーが講演している様子

この予備実験によって、以下の知見を得ることができた。通信手段として帯域保証されていないベストエフォート型の回線を用いているため、複数の映像・音声を同時に伝送した場合に、遅延やジッターが発生するのではないかと筆者らは当初は危惧していた。しかし、予備実験では講義に支障をきたすほどの遅延やジッターは発生せず、総じて沼津会場から伝送された映像の品質は満足できるレベルであった。従って、MPEG-4方式での映像伝送は遠隔講義に十分実用可能であり、特に複数の映像を同時送受信する場合には、MPEG-2方式に比較して使用する帯域が少ないという点から有利であることを再確認した。

一方、本システムでは最大4本の映像を同時送受信可能であるが、これらの映像を如何に効果的に使いこなすかという点で課題が残った。例えば、浜松会場の受講生の意図を沼津会場の機器操作者が汲んでくれず、見たいアングルの映像がうまく送られないことがあった。これは、予備実験の際に、機器操作者用ヘッドセットの導入が間に合わず、携帯電話を使って連絡を取り合ったため、各会場の機器操作者間の意思疎通が不十分であったことも一因である。しかしながら、たとえ機器操作者同士が十分な連絡手段を確保できていたとしても、受講生の本当に見たい映像は、受講生自身の立場に立たないと判断は難しいと言える。そこで予備実験では、カメラアングルを遠隔地から操作可能なビデオ会議システム「PCS-1」を活用し、講師がいない浜松会場側から講師のいる沼津会場側カメラを積極的に操作した。

5. 複数の映像ソースを用いた効果的な遠隔講義方式の提案

本システムを使用した予備実験を踏まえ、複数の映像ソースを用いた効果的な遠隔講義方式について、次のように提案する。

まず、本システムでは受講生が最大3台の表示装置を見ながら遠隔講義を受ける。複数の表示装置があると、受講生がどの表示装置を見ればよいかを迷う可能性がある。そこで、受講会場では、メインデ

ディスプレイ（本システムでは液晶ビデオプロジェクタ）を中心に、左右にサブディスプレイ（本システムではPDP）を1台ずつ配置し、受講生に注目してもらいたい映像については必ず中央のディスプレイに表示するとよい。例えば、講師がパソコンを使ってプレゼンテーションしている場合は、パソコンの画像をメインディスプレイに表示させ、サブディスプレイに相手会場の受講生と講師の映像を随時表示させ、会場間での一体感の向上を図るとよい。受講生からの発話があった場合は、その受講生の映像を中央のスクリーンに表示させ、誰が発話しているのかを明確に分かるようにする。

次に、このような映像切り換えを的確に行うためには、両会場の機器操作者間での連絡を密にする必要がある。そこで、両会場間で機器操作者が専用の音声回線を用いて映像・音声の操作についての連絡を常時取れるようにするとよい。

更に、機器操作者同士の連絡に頼らず、自会場から他会場のカメラを直接操作することができる機器を少なくとも1台は用意するとよい。映像の同時伝送本数を増加させることで、撮影すべき対象の選択に余裕が生まれる。この余裕を、従来は反映させることが難しかった受講生の視点に割り振ることで、より臨場感のある映像を撮影することができる。例えば、なるべく受講生の目の高さで、受講生全体を見渡せる場所に、遠隔操作可能なカメラを設置し、自然なアングルから受講生を撮影できるようにする。このカメラを、他会場の機器操作者または他会場で受講している受講生の代表者に自由に操作させる。講義内容として重要な映像はメインディスプレイに表示し、受講生が選択した映像についてはサブディスプレイに表示すればよい。

6. まとめ

本研究では、4つの映像を同時に伝送する遠隔講義システムの構築を行った。遠隔講義システムの予備実験として、社会人向けの大学院ビジネス講座で試験的に本システムを使用し、システムの性能評価などを行った。この予備実験をもとに、本システムの特徴である複数の映像ソースを遠隔講義に効果的に活用する方法について考察を行った。4本の映像の効果的な使い分け方、手渡しが煩わしいハンドマイクに代替する方式の探索、受講生の立場に立った映像切り換えなど、いくつか解決すべき問題点も明らかになった。今後の課題としては、本システムを多くの社会人教育や公開講座などに利用し、本システムを活用した遠隔講義の評価、特に受講生からの評価とシステムの詳細な評価および改善を行っていくことが挙げられる。

参考文献

- [常磐] 常盤祐司, 橋本洋志, 宮崎佳典, 遠隔教育の大学院課程で必要となる技術的スキル(Technical Skills Required in Distance Education Graduate Courses), 日本ディスタンスラーニング学会論文誌(翻訳論文部門), Vol. 4, pp. 50-56, 2003年.
- [Ikebe] Y. Ikebe, D. Cai, Y. Kikuchi, and Y. Miyazaki, A Status Report on Institutions of Higher Learning in America -- with Particular Focus on Challenges from For-Profit Distance Education Universities and Corporate Universities, INFORMATION, Vol. 3, No. 1, pp. 89-95, 2000年.
- [金子] 金子篤志, 杉野昇, 鈴木徹, 児玉充, 石島辰太郎 「スマートキャンパスにおける遠隔教育の初期実験—多地点テレビ会議システムによるベンチャーフォーラムの開催—」 日本ディスタンスラーニング学会会誌, Vol.2, pp.8-15, 2000年3月.
- [美濃] 美濃導彦 「国際遠隔講義—大学現場の事例—」 映像情報メディア学会誌, Vol.56, No.12, pp.1898-1901, 2002年12月.
- [加藤] 加藤直樹, 村瀬康一郎, 中馬悟朗, 松川禮子, 森田政裕 「夜間・遠隔大学院における多地点遠隔講義システムの構成と活用」 日本教育情報学会年会論文集, No.16, pp.120-121, 2000年11月.

- [吉田] 吉田幸二, 西尾朝子, 境国昭, 中村俊一郎, 水野忠則, 酒井三四郎 「企業における衛星通信利用教育の実践とその評価」 教育システム情報学会誌, Vol.16, No.2, 1999年7月.
- [炭野] 炭野重雄, 岩本哲夫 「大画面ディスプレイを用いた遠隔型集合教育システムの検討」 電子情報通信学会技術研究報告, ET96-578, pp.41-48, 1997年3月.
- [吉野] 吉野孝, 宗森純 「分散型遠隔ゼミナール支援システム RemoteWadamanII の2年間の適用と評価」 情報処理学会論文誌, 43(2), pp.555-565, 2002年.
- [丸山] 丸山祐太, 吉光康大, 重野寛, 岡田謙一, 松下温 「同期分散型の遠隔講義における受講者ストーリーミング映像を用いた講師支援システム」 情報処理学会研究報告 GN, グループウェアとネットワークサービス, 2004(31), pp.55-60, 2004年3月.
- [渡部] 渡部和雄, M. Hamalainen, A.B. Whinston, 「インターネットを使った遠隔共同学習支援システム」 教育システム情報学会誌, Vol.12, No.1, pp.76-85, 1995年.
- [watabe95] K. Watabe, M. Hamalainen, A.B. Whinston, "An Internet Based Collaborative Sistance Learning System: CODILESS," Computers and Education, Vol.24, No.3, pp.141-155, 1995.
- [watabe97] Kazuo Watabe, "Experiments of Utilizing Internet Tools for Real-time Collaborative Distance Education," International Council for Distance Education World Conference, June 1997.
- [watabe99] Kazuo Watabe, Hiroaki Yuze, "Evaluation of Learning through Discussion in Synchronous Collaborative Distance Learning," Advanced Research in Computers and Communication, Vol.2, pp.173-176, IOS Press, 1999.
- [刈谷] 刈谷丈治, 立山紘毅, 久長穰, 村田孝子 「対面教育を重視した遠隔講義における受講者の反応」 電子情報通信学会技術報告, ET99-713, pp.91-98, 2000年3月.
- [山崎] 山崎誠央, 西原功, 中野慎夫 「高臨場感遠隔講義システムにおける検討」 2001年電子情報通信学会総合大会, D-15-42, p.243, 2001年3月.
- [田中] 田中宏和, 犬走英介, 秦利之, 原量宏, 堤治 「超高速ネットワーク(ギガビットネットワーク)を用いた遠隔講義システムの構築」 日本産科婦人科学会雑誌, Vol.54, No.4, pp.669-673, 2002.
- [湯瀬] 湯瀬裕昭, 渡部和雄, 渡邊貴之, 井口真彦 「4映像伝送を活用した遠隔講義システムの構築」 日本 e-Learning 学会 2003年度第4回学術講演会.

付録 遠隔講義システムの使用機器一覧(主要なもの)

(1) 映像・音声伝送装置

① ネットワークコーデック	DM-NC40	ビクター
② 講義映像撮影用カメラ	VC-C4	キャノン
	DCR-VX2000	ソニー
③ 提示教材伝送装置本体	PCS-1	ソニー
データソリューションボックス	PCS-DSB1	ソニー

(2) 映像表示装置

① 液晶ビデオプロジェクタ	VP-XL5950	三菱電機
② プラズマディスプレイ	TH-50PHD6	パナソニック
③ 液晶モニター	LL-17W1	シャープ

(3) 音響装置

① ワイヤレスマイク(ハンド型)	WM-P760	ビクター
② ワイヤレスマイク(タイピン型)	WM-P860	ビクター
③ オーディオミキサー	PS-M330	ビクター
グラフィックイコライザー	PS-G152B	ビクター
④ パワーアンプ	PS-A254B	ビクター
⑤ ワイヤレスチューナー	WT-894B	ビクター
チューナーユニット	WT-UD83	ビクター
⑥ ワイヤレスアンテナ	WT-Q830	ビクター
⑦ スピーカー	PS-S202B	ビクター

(4) 講義録画装置

① HDD/DVD ビデオレコーダ	RD-X3	東芝
-------------------	-------	----

(5) 操作卓

① 操作卓	AV コントローラ	CP-5500	エルモ
	液晶ディスプレイ	BL-M15X1	シャープ
	卓本体	特注品	
② 操作パネル		9416TD15/H2	エルモ
③ 連絡用ヘッドセット			
	ヘッドセット	MM-HS301	サンワサプライ
	ヘッドホンアンプ	AT-HA2	オーディオテクニカ
	マイクロホンアンプ	AT-MA2	オーディオテクニカ

(6) ネットワーク関連機器

① スイッチングハブ	CenterCOM FS708EX V1	アライドテレシス
------------	----------------------	----------

※本論文の査読者は八巻直一(静岡大学工学部教授)、宮崎佳典(静岡産業大学国際情報学部助教授)の両氏である。(順不同)