

## 講義の情報メディアによる支援 - 遠隔講義システムの要件 -

美濃 導彦

minoh@kuis.kyoto-u.ac.jp

京都大学工学部

〒 601-11 京都市左京区吉田本町

光ファイバーによる高速伝送や通信衛星を利用した衛星通信などの通信インフラが整備されてきている現在、映像（動画像と音声同期したもの）を実時間で通信できる環境は整ってきた。これらを情報メディアとして利用し、教育を行なおうという試みが注目されている。

我々は、ATM ネットワークを利用した遠隔講義の実験を行なっている。その過程でさまざま問題点が明らかになってきた。本稿では、情報メディアを利用した遠隔講義を行なうための教育的技術的要件について考え、現在までに行なった実験、および現時点での問題点について議論する。

## Requirements and Experiments on Distance Learning System

Michihiko Minoh

Integrated Media Environment Experimental Laboratory  
Kyoto University, Kyoto 606-01, Japan

Recently several kinds of information infrastructure such as B-ISDN or satellite communication lines are being built. One of the important applications on such information infrastructure is distance learning systems. In this paper, we consider the requirements of the distance learning system both from the educational view point and from the technical view point. Then the experiments we have conducted are discussed with the limitations and problems of distance learning system as well as of our system.

## 1 はじめに

高速ネットワークのインフラが整備された来た今日、次の問題はこのインフラをどのように利用するかに移ってきている。大学において、それらを教育に利用しようという動きが起ってくるのは当然で、大学内、大学外で遠隔教育の議論が盛んに行なわれている。

このような状況の中で、我々は、さまざまなインフラを利用した遠隔講義の実験を繰り返している。その結果、様々な問題点が明確になっている。画像と音声を含む映像が双方向で伝達できれば、遠隔講義ができるという考え方が、技術者を中心に出てきている現状で、問題点を整理し、今後の方向を見定めていかなければならない。

## 2 遠隔講義のイメージ

現在の遠隔講義の議論は、その動機が「高速ネットワークの利用」、という観点が強く、まったくのシーズからの発想である。すなわち、高速ネットワークは大量のデータが流せる、現在のような計算機間のネットワークによるデータ通信、画像通信程度では帯域があまってしまふ、そんな高速ネットワークに流すデータは映像データしかない、映像データで大学で役に立つものは何だろう、そうだ、講義だ、遠隔講義や講義のビデオオンデマンドというアプリで考えるべきだ。3年ほど前、京都大学の次期ネットワークに、ATMを導入しようという議論をしていたときに、このような論理で発言したのがきっかけで、遠隔講義にかかわりをもつようになった。

きっかけはどうかであれ、オンラインでの遠隔講義、オフラインでのビデオオンデマンドの話を進め出すと、いろいろなところから激励をいただいた。ATMネットワークの導入理由が事務局に説明ができる、と言われ、宇治の先生方からは会議、講義で積極的に利用するから何とかうまくやしましょう、と励ましていただいた。そのうち家や出張先から講義ができますか、と質問を受けたこともあった。もちろん、海外の講演が聞けますか、とか、海外での会議に使えませんかとか、の質問があったことは言うまでもない。ビデオオンデマンドの方は、あまり要求はなかったが、退官予定の先生方は、最終講義をビデオ

に撮って残してください、といわれた。ともかく、先生方の需要は大きいらしい。

学生の方はどうであろう。大学院の講義で、遠隔講義やビデオオンデマンドによる講義ができるようになったらいいですか？と聞いたら、講義にでる必要がなくなる、とか、先生がサボるのですか、とか、かなり違った意見が出てくる。

遠隔講義がどんなイメージかをあまり説明する前から、先生も生徒もある程度のイメージを持っているらしい。このイメージが曲者である。それぞれが都合のいい夢を描いているのが現状である。このような場合、新しいメディアはどんな形で導入しても満足が得られない。まず、技術的に何ができるのか、今の技術の現状を知ってもらうことが何よりも重要なことである。

## 3 教育的観点からの遠隔講義

教育は受講者の成育段階によりやり方が異なるのが当然である。ここでは、対象者として、「自分で勉強をしようという意志のある成人」を選ぶ事にする。これが、遠隔講義が適用できる条件であると考えている。したがって、対象者は必ずしも大学生でなくてもよい。逆に、大学生でもこの条件に当てはまらない学生も多い。この人たちは、自分から情報(知識)を求めている。このような時に、タイミングよく教育するのが教育効果が最も上がる時である。

日本の大学での講義は一方的な要素が強く、先生と学生との言語的な対話はほとんどない。特に、私立大学では教育効率を重視するあまり、百人以上の大講義が多く、これでは学生がほとんど質問できないという状況に陥っていることも事実である。

これは学生が素直であり、先生の言うことをそのまま無批判に受け入れる態度が身に染みているからである。別の見方をすれば、講義はレポートとか試験の情報を仕入れるために出席しているのであり、その場でわからなくても試験前に勉強すれば単位が取れるという、学生の態度である。

私の経験からいえば、人数が10人程度のゼミ形式のときは、すべての学生に目が届くので、対話形式にするほうが、効果がある。けれども、それを超えると、対話の効率が悪

くなってくる。知識を一方向的に伝達する効率  
は、対話を導入することで、30%程度に落  
ちる。情報工学の学問に関していえば、20  
年前と比較して、知識の蓄積量は数倍以上に  
なっているのに、講義時間はむしろ減少して  
いる。このような状況では、到底、対話的な  
授業できない。

また、日本の大学では、先生が他の先生の  
講義を聴講するという事は全くない。大学の  
先生になるのに何の資格も要らないし、教  
育、教授法の単位すら必要でない。我流で教  
育している先生の講義は、評価の仕方を知ら  
ない学生にしか評価の機会がない。現状で  
は、先生の方も努力の仕方がわからない。

このような議論は、大学内では、ともする  
と、大学は研究の場であるから教育は問題で  
はないとか、自分で努力することが必要だと  
か、学生に評価させれば単位の取りやすい先  
生が評価される、とかいう意見に流される。  
自己改革はどんな組織でも困難である。遠隔  
講義はある意味では講義の公開であり、これ  
が実現したら、講義の善し悪しが明確にな  
る。実験的にはいいとしても、本当に遠隔講  
義ができるのか、事は大学のあり方にも大き  
な影響を与えそうな問題なので、はなはだ心  
もとない状況である。

家庭教師のような個人教育と比較して、教  
室で講義をする意味はどこにあるのだろうか  
か？一番大きな利点は、他人の失敗や質問か  
ら学ぶ事ができる点である。多くの場合、陥  
りやすい誤り、出てきやすい質問などが存在  
する。これらに対して個人的には見落とす人  
も多く、他の誰かの質問が理解を深めるのに  
役立つことが多い。ある高校の先生の話によ  
ると、誰か一人よく質問する生徒のいるク  
ラスは全体の成績がよい、という。もちろん、  
個人教育にはそれなりの利点があり、その意  
義は大きいことはいうまでもない。

個人に適應する自習法としてCAIシステ  
ムなどが研究されている。教材作りやシステ  
ムの設計など実用化にはまだまだの感があ  
る。考えてみれば、人間の方が様々な面で優  
れているのに、コンピュータが人間に合わせ  
ようとするのは無理がある。よく利用されて  
いるゲーム機でも、人間がいうことを聞か  
ないゲーム機を征服できる、自由に操ること  
ができる、という感覚が人間に興味を起す根

本的な原因ではないだろうか。機械対人間で  
は、人間が有利になるのは当然で、教育のた  
めには計算機を情報メディアとして、人間が  
活用していかなければならない。

人間に多様性がある以上、教育の形態にも  
多様性が必要である。様々な情報メディアを  
駆使した教育システムは、現在の講義のメタ  
ファで考えることも可能であるが、もっと自  
由な発想で設計していく必要がある[?]

#### 4 遠隔講義の技術的要件

アメリカのH P C Cプロジェクトは、日本  
のメディアでは、情報ハイウエイ構想のみが  
取り上げられ、偏重された形で伝えられてい  
る。現実には、教育システム、デジタル図  
書館などのアプリケーションにかなりの額が  
投資され、これを当て込んだ民間企業が自主  
的に光ファイバーをひいている。経済の構造  
を捉えた効率的な投資が行なわれている。

情報インフラが本当の意味で役に立つた  
めには、よいアプリケーションが開発され利  
用される必要がある。大学で本当に役に立つ  
のは、やはり、教育と会議である。ある見方  
をすれば、これは画期的なことである。大学、  
特に、工学部は、これまで企業に役立つもの  
を作ることに勢力を注いできた。いわば、実  
験環境はあるが現場がなかったのである。こ  
れに対して、自分たちの本業に役立つものを  
作ることは、実践の場があり、地に足のつい  
た研究が進められる。

理想的な遠隔講義、会議とは何であらう  
か？講義をしていて困ることはどんなこと  
だろうか？正直なところ、何も困らないし、  
何の必要もない。では生徒が必要としている  
のであろうか？答えはNOである。では、誰  
のためであらうか？こう考えると目的指向  
では答が出ない。

仕方がないので、技術的にできることから  
考えざるをえない。まず、通信インフラを確  
保するために、デジタル衛星通信協議会に  
参加し、衛星回線を確保する活動をはじめ、  
アンテナの設置、無線局の開設をへて2Mbps  
の回線を確保した。同じころ、オンラインユ  
ニバーシティ実験が始まり、NTTのマルチ  
メディア実験のB-ISDN回線(155Mbps)が  
利用できるようになった。現時点での京都  
大学のネットワーク構成を図4に示す。昨年

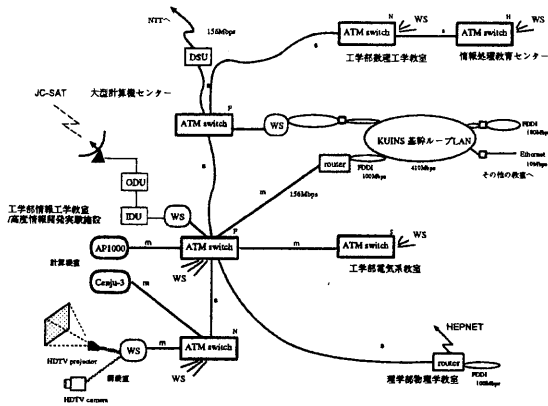


図 1: 京都大学内のネットワーク構成

度末に学内ネットワークとして ATM ネットワークが導入されたが、論理的に別のネットワークなので図には示していない。この秋からは、文部省主導の衛星を介した遠隔講義会議システム (Space Collaboration System) も利用できるようになる。

通信インフラは何とかなったが、次の問題は、ビデオの符号化である。すなわち、ビデオの符号化方式は標準化は決まっているが、製品がない、あるいは値段が高く普及していない状況なのである。そのために、まず、やろうとしたのが、広域 ATM ネットワークを利用した NFS によるビデオ再生実験である (図 4 参照)。この実験で、大学間で環境が大きく異なることを認識させられた。同じ圧縮方式、例えば、MPEG1 でもヘッダが異なる場合があり、製品間で互換性の問題が起こる。もっとも困るのが MotionJPEG であり、同じ会社の製品でないとはほとんど再生できない状況である。結局、画質は悪いが共通に使えるパブリックドメインのソフトウェアである vic や vat のみが、SUN が提供する安いビデオボードを利用していることもあり、広く使えることが判明した。しかし、これは、現在のインターネットでも利用できるものであり、ATM ネットワークを利用する必然性はない。

相互接続を目的とした設備整備計画は、これ以上進まないで、大学内だけで話を進めていかなるをえない。京都大学工学部情報工学科では、計算機による処理結果を研究会や講義に利用する目的から、5 年前に解像度 2000 × 2000 のプロジェクタ、ビデオデッキ、

分散型 Vod システムのイメージ

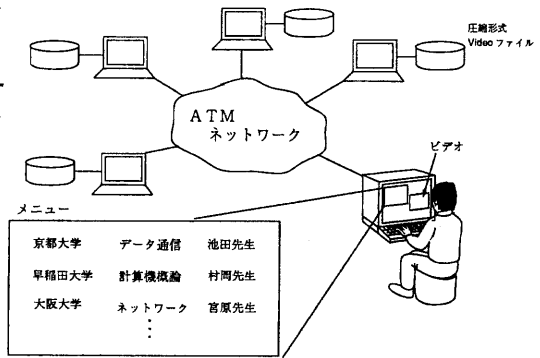


図 2: NFS によるビデオオンデマンドシステム

ワイヤレスマイク、ミキサー、アンプなどのオーディオ装置、ワークステーションを講義室に設置してあったので、これらをベースとしてシステム設計を行った。

## 5 遠隔講義システムの設計

遠隔講義が空間的に分散した教室を、あたかも一つの教室であるかのように見せるシステムであるならば、その設計にあったっては、現在行なわれている講義の形態、技術的状况を十分考慮しなければならない。よい前例として日本電気の NESPAC[1] があった。これは、日本電気が社内教育のために開発した衛星を利用した教育システムである。技術的には、ほぼ 10 年前のシステムであるが、実際に活用され、様々な評価がなされている。その最大の特徴は、ビデオストリームを 2 本利用していることである。

講義中、先生のいる講義室では、スクリーンは講義資料が提示されているだけで十分であるが、先生のいない講義室では先生の映像と講義資料が必要になる。質問時間は、先生のいる講義室では、質問している学生の映像があれば十分であるが、先生のいない講義室では、先生の映像と質問している学生の映像が必要になる。やはり講義は先生が主役であり、先生のいない講義室では常に先生の映像と先生のいる講義室で提示されている映像の 2 ストリームが必要となる。これは、受講する生徒からの要求であるので、映像は生徒が見やすい形で提示されなければならない。

先生にとっては、遠隔の講義室の様子が見

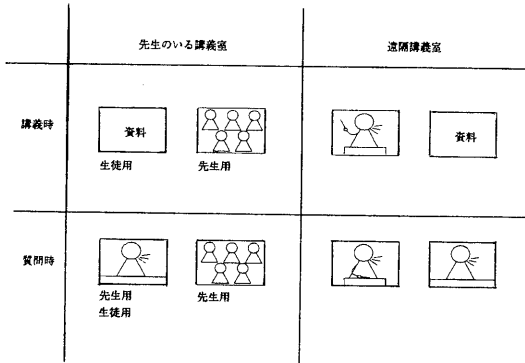


図 3: 2本のビデオ利用方式

えていることが望ましい。したがって、先生のいる教室では、先生のためにビデオストリームが1本必要である。この映像は、先生から見えやすい場所(実物の生徒と同じ側)に提示されなければならない。

これらのことを図5にまとめる。この図から、遠隔講義システムには、映像(画像と音声)は送信受信とも2ストリームが必須であることがわかる。また、一般的には、先生がどの講義室で講義するかを固定せず、どの講義室も先生がいる場合もない場合も利用できる形態にする必要がある。

遠隔講義や会議システムにおいては、システムの的には2サイトか3サイト以上かで質的に大きく異なる。2サイトのシステムでは、サイト間は常に双方向で通信できるので、どちらのサイトもいつでも発信者になりうるので、手間は生じない。参加するサイトの数が3以上になると、常に発信ができるという形態は技術的にも経済的にも維持できなくなる。何等かの形で発信するための手続きを決めなければならない。

問題となるのは先生のいる講義室で、遠隔講義室が多数になると表示する映像の切り替えが必要になる。先生のいる講義室からは、常に1本の映像が発信されているが、他の1本に関しては、遠隔講義室が先生の指示にしたがって、必要に応じて映像を発信する。質問者に対しても先生が指示をして、その講義室から映像を発信する。

講義室に設置されているカメラの視野の問題となる。先生は、ある時は全体を見たい事もあるし、ある時は一人の生徒を観察したいこともある。遠隔講義室であるからという理

講義室ビデオ系統図

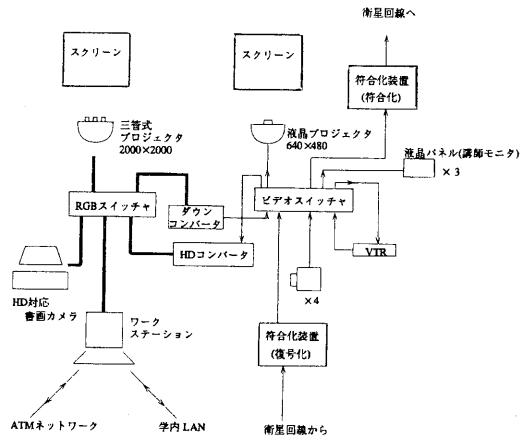


図 4: 講義室のシステム接続図

由で、このような事ができないと生徒がいる場所により不公平が生じる可能性がある。したがって、先生が遠隔のカメラを制御して見たいところへカメラを移動させる機能も必要になるかもしれない。また、講義資料が計算機で作成され、プレゼンテーションされている場合、スクリーンに映っているものをカメラで撮影し、圧縮して伝送するというのは画質も悪くなり効率も悪い。何等かの形でテキストデータで伝送し、遠隔講義室でうまく同期して表示する機能も必要であろう。

遠隔講義室の設備設計に必要な条件をまとめると以下のようになる。

1. ビデオは送受信双方向のストリームが2本必要。映像を提示する場所は誰が見るかに異なる。
2. カメラは講師用と生徒用の最低2台が必要で双方とも遠隔制御可能なもの、先生の手間を考えると2台以上設置されることが望ましい。
3. 書画カメラだけでなく資料提示用のWSの設置が必要。
4. 原則、講師が一人で操作できるようにする[?]。

これらのことを予算の制約のもとで考慮して、図5,5に示すような講義室設備を設置

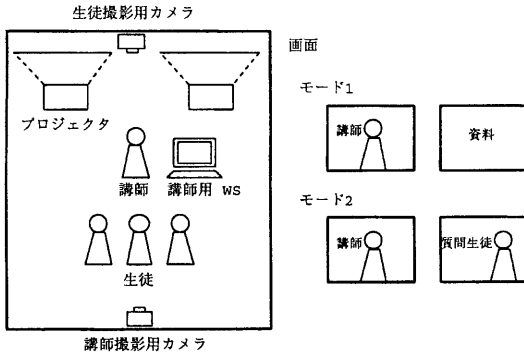


図 5: 講義室のシステム配置図

した。ビデオを2ストリームにしたが、教室  
内ではWSの画面表示も必要であるので、  
解像度の違ったシステムが混在した状況と  
なっている。そのため、ダウンコンバータや  
アップコンバータなどの機器が導入されて  
いる。これは、現在のところ、ビデオ符号化  
ボードで符号化できる画像の解像度が最高で  
も640×480である点がネックになっている  
ためである。カメラは雲台付きのものを4台  
用意した。これは、先生だけでなく、WSで  
遠隔講義に参加する者も教室を自由に観察  
できる機能を提供することをねらっている。  
同時に画像内容によるカメラ制御の実験(例  
えば、先生を自動追跡するカメラや出席をと  
るカメラなど)、同じ講義室から出てくる複  
数のビデオストリームを選択する機能など、  
画像認識の実験環境としても利用できること  
をねらっている。

これらの講義室が複数箇所、高速ネットワ  
ークで接続されたものが遠隔講義システムであ  
る。システムとしては、講義室だけでなく、  
ワークステーションが単独でも参加できるこ  
とが望ましい。この場合は、一方的に受信す  
るだけの形態が一般的であるが、1本のビデオ  
ストリームだけならば双方向通信も実現  
できる。これを利用すれば、先生が自宅から  
講義することも可能である。また、ワークス  
テーションには、機能的には様々ものがある  
ので、システムとしてはマシンの能力に応じ  
た形で参加できることが望ましい。

遠隔講義システムの利用者にとっては、ネ  
ットワークに流れている講義の状況を簡単に  
知ることができているメカニズムが必要である。  
これにより、許可がありさえすれば、望みの

講義に参加できる。講義を計画するときも、  
それに登録することにより回線設定、ビデオ  
を送るチャネルなどの確保ができる機能をも  
つサーバがシステムに一台は必要である。

これらのことを考慮すると、遠隔講義室が  
空間的に分散配置されている遠隔講義システ  
ムのネットワーク関連サービスに対する要求  
条件としては、

1. 映像、音声が必要な品質で通信できるこ  
と。
2. 2個所での接続、3個所以上の接続が自  
由にできること。
3. 先生のいる講義室から遠隔講義システム  
全体に対する映像の切替を操作が行える  
こと。
4. WSで個人的にも参加できること。
5. 講義の予約、開始、終了などの時に、必  
要なサービスを提供するサーバがあるこ  
と。
6. 現在のネットワーク上に流れている講義  
が把握でき、許可があればどの講義にも  
参加できること。

現在のところ、遠隔講義システムを構築中  
で、これらの機能は実現されていない。実験  
を行うにあたっては、サービス関連の機能は  
全て人手で設定を行っている。分散協調シ  
ステムとしての遠隔講義システムは、まだ、ほ  
とんど形をなしていない。

## 6 オンラインユニバーシティにおけ る実験

平成7年の4月から始まったオンラインユ  
ニバーシティプロジェクトで、実際にネット  
ワークが使えるようになったのは、7年の7月  
である。現時点での、参加大学、ネットワ  
ークのトポロジーを図6に示す。その時に初め  
てATMネットワークを利用した遠隔講義・  
会議の実験を行った。それ以後、利用するソ  
フトウェアを色々と試しながら、数回の経験  
を積んできている。これまでにやってきた実  
験を表1にまとめる。

表 1: 遠隔講義実験の履歴

| 日時         | 使用ツール          | 内容   |
|------------|----------------|--|
| 1995/07/17 | vic/vat        | 早稲田大学, 大阪大学, 京都大学の三者会議<br>VOD(Video On Demand), NOD(News On Demand),<br>MPEG2 デモ |
| 1995/10/30 | MPEG2 CODEC    | 早稲田からの遠隔講義   |
|            | Office Mermaid | 阪大, 奈良先端大, 京大が参加   |
| 1995/12/06 | Office Mermaid | NTT からの遠隔講演  |
|            |                | 阪大, 京大, 早大が参加  |
| 1996/01/23 | MPEG2 CODEC    | 名古屋大学, 京都大学間で遠隔講義  |
| 1996/02/27 | vic/vat        | 九工大からの遠隔講演   |
|            |                | IP routing, mrouted 立ち上げ確認   |
| 1996/04/10 | vic/vat        | OLU 担当者会議 (第 1 回)  |
|            |                | 参加組織 10  |
| 1996/04/25 | vic/vat        | OLU 担当者会議 (第 2 回)  |
|            |                | 参加組織 12  |
| 1996/05/16 | Office Mermaid | NTT 横須賀, 京都大学池田研究室間で遠隔会議   |
| 1996/06/05 | vic/vat        | OLU 担当者会議 (第 3 回)  |
|            |                | 参加組織 12  |

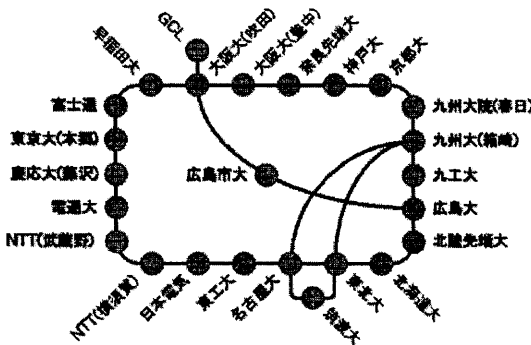


図 6: OLU ネットワーク構成図

これらの実験のために、最初は、2週間ほど前から、数人が様々な準備をし、当日の実験を始める直前までほとんど調整にかかりっきりで、実験している時間よりも準備の時間の方が長い、という状況であった。MPEG2の場合は試作のコーデックを借りて行なうのであるが、技術者も一緒に来ていただかなければならないので、デモのための実験という要素が強かった。

それでも、実験をする価値はある。さまざまなノウハウが徐々に蓄積され、失敗の経験が生かされて、最近では、ずいぶん、準備の時間が短くなってきた。講義をする方もだんだんと慣れてきて、余裕が出てきた。定期的な会議も開催されるようになってきた。

ATM スイッチの設定に関してはネットワークのグループが精力的に研究を進めておられるので、最近では、使いやすくなってきている。ようやく、教育関係のグループが活動できる状況はインフラとしては整ってきた。

このおかげで、市販の会議システム (NEC 製マーメイド) を利用した遠隔会議の実験でも簡単な打ち合わせができるようになり、同じ装置があるところでは、接続が簡単にできるようになった。

教育関係のグループの最大の問題点は、大学側の教室設備とビデオの符号化ボードである。教室の設備は大学の責任であり、すぐに実験ができる環境が整わない。また、ビデオボードに関しては、適切な製品が見つからない、という状況は現在でもあまり変わっていない。したがって、同じビデオボードを持っているところ、同じ製品を持っているところが、細々と実験を進めている状況である。

## 7 問題点

これまでに行なった実験から今後解決していかねばならない問題点を列挙すると以下のようになる。

1. 遠隔講義において大事なものは、音声である。音声が何等かの原因で途切れる

と教室にいることにさえ、不快感を感じる。次に大切なのが、講義の資料である。解像度が悪く資料が見えないと眠くなることが多い。データ量がもっとも多いのに現実的に無駄なのが先生の映像である。ところが、会議システムにおいて、通信における音声パケットの扱いに重点を置いているものは、調べた限り見当たらない。

見方を変えると、これは、送受信される音声、資料、映像の質に対する必要条件が満たされていないからで、これらが満たされると映像が重要になってくる。マルチメディアは、一見無駄にみえる情報をコストをかけて伝送することであり、情報を選択する権利を送信側から受信側に移すための技術である。

2. 先生の視線の問題は重要である。先生がカメラを見て話をすることは困難であるので、カメラの設置位置を工夫する必要がある。先生の慣れと画像認識の技術で解決しなければならない問題である。
3. 伝送の時間遅れの問題は、対話を困難にする。時間遅れは符号化処理と伝送路で生じる。衛星だけでなく、地上伝送においてもかなり気になる。符号化処理の高速化とスイッチング時間の高速化が必要である。それでも残る時間遅れに対しては、先生と生徒に慣れて貰うしかない。
4. 送受信するビデオの解像度が現在のテレビと同程度の画質であることも問題である。このために、講義室に解像度の高いディスプレイがある場合、その場での映像は解像度を落としてしか送信できないので、提示されている映像の画質が送信される映像の画質と大きく異なる。この状況では、高い解像度の必要な映像やWSを利用した資料提示などは、実質的にできないことになる。また、計算機で作成し提示されている情報をカメラで撮影して伝送することなども避けるべきである。テキストファイルや必要な映像を予め送る機能など、講義システムを補完するツールの開発が必要である。

5. 講義資料は本来は受講している学生の手元にあり、個人的なメモなどが書き込める点が特徴である。この役割を情報メディアにもたせることも重要になる。共有情報と個人情報とを共有できる新たな形式の資料作りも大切である。

## 8 おわりに

現在、実験で用いているシステムは、通信インフラの上に端末のハードウェア、それに付随するソフトウェアがのせられた状況である。アプリケーションとして教育を考えて、この状況を OSI の 7 階層モデルで例えると、データリンクレイヤ程度までしかない。

今後、これらの間を埋めるものとして、回線の自動設定と状態表示、画像内容によるカメラの制御、受講者によるカメラの制御、複数カメラからの映像の選択、教材の同期制御、他の受講者の状態表示など、様々な機能を付加し、分散協調型のシステムとして遠隔講義システムを構築してゆく必要がある。

このような技術的な問題と同時に、教育の立場からの議論も必要である。この新しい情報メディアは、確実に、大学のあり方に影響を与える。様々な立場からの幅の広い議論がなされていくことを期待している。

謝辞：本稿で述べた内容の多くは京都大学池田克夫教授の主導のもとに進められているものである。心から感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 橋本昌幸, 大竹康夫, 猪爪幸一: 実践サテライト教育, 日本電気文化センター (1990)
- [2] 高田伸彦 竹本宣弘 本橋昭二: 分散型教育における講師環境の操作改善への一考察, 電子情報通信学会論文誌 D-II, Vol.J79D-II, No.4, pp.639-644(1995)
- [3] 八木啓介 藤川賢治 亀田能成 仙田修司 椋木雅之 美濃導彦 池田克夫: PLS: ポリモーフィック・ラーニング・スペースの構想, 信学技法 MVE95-38(1995)