

# 1. 序言

## 1.1 研究の趣旨・目的：期待される成果含む

マルチメディア技術の発達にともない、今後光ファイバーや衛星回線などの利用による、テキストなど低速・小容量の情報から、ハイビジョン映像など高速・大容量の情報までを統合的に伝送できる高速ネットワークの実現が課題となっている。本共同研究では、高速学術マルチメディアネットワークをメディア教育開発センター内及び共同研究機関との間に構築し、基本的なネットワーク技術の研究開発を行うとともに、映像音響資料データベースや新メディア遠隔教育・評価システムなどへの活用に関する研究開発を行う。

高速学術マルチメディアネットワークは、現在ようやく普及期に入った64kbps程度のネットワークとは桁違いに大きい伝送容量を持つので、時間・空間の制約を越えて遠隔教育の環境より自然な感覚で提供することができる。その高度な実時間性、双方向性の機能により、遠隔教育システムを従来の遠隔地への講義伝送から、ネットワーク上に展開される時・空間共有空間における学習環境へとパラダイム変換する可能性を持つ。教育の場において従来当然視され定型的であった同一時間帯に同一教室に集合して受けるという教育形態を、テクノロジーの面からよりオープンかつフレキシブルなものとし、高等教育機関の持つ知的資源の遠隔・広域・再配分に寄与したその社会的機能の拡大に資するものである。また、高速大容量ネットワークにより、遠隔教育システムでは機能的に不足しがちであった双方向・対話形式の学習環境を実現する。さらにそれは研究者の遠隔共同研究・在宅研究による効率化による成果増大の可能性も開く。

高速大容量ネットワークの利点を最大限活かす情報通信によって、より学習者に負担や適応を強いることが少ない快適で効果的な学習環境を実現することをめざす。そのために、映像についてはハイビジョン映像、音響については高速標本化1ビット方式による広帯域多チャンネル音声の伝送を行い、その効果を生理学的・心理学的・通信工学的に評価する。

## 1.2 研究の内容・方法、年次計画

平成7年度は高速学術マルチメディアネットワークシステムの基盤整備を行い、所内ATMローカルエリアネットワークを使用した画像通信やネットワーク運用の基本的実験を実施した。また以下に記す各種実験を準備した。

- 1) 映像音響資料データベースのサービス実験
  - ・ 動画データベースサービス実験
  - ・ 超高速ネットワークによるVODサービス実験
- 2) 新メディア遠隔教育システム
  - ・ 衛星通信と組み合わせたフィールド講義実験
  - ・ プレゼンテーション&ディベート実習実験
  - ・ 遠隔協調授業実験
  - ・ 遠隔研究指導実験（バーチャルゼミ実験）
  - ・ 高速マルチメディアネットワーク利用による遠隔・広域マルチメディアテストの開発

- ・テストの出題・回答にマルチメディア機能を付加した外国語によるオーラル・コミュニケーション・テスト実験
- 3) 大学公開講座における共通教材の学術ネットワークの実験
  - ・ビデオ共通教材の配信実験
  - ・共通教材のフォローアップ授業実験
- 4) 快適なメディア教育システムの実験
  - ・評価用ハイビジョン映像の開発
  - ・上記映像を用いた評価実験の実施
  - ・高速標本化1ビット方式による広帯域多チャンネル音声伝送実験計画の立案
  - ・高精細度画像伝送による脳活性改善型メディア学習システム実験
- 5) 双方向性授業番組の開発・研究（1対多数リアルタイム双方向遠隔授業実験）

H8年度は次の各項により実験が計画された。

- 1) 映像音響資料データベースのサービス実験
- 2) 新メディア遠隔教育システム：「遠隔協調・学習指導実験」、「テストの出題・回答にマルチメディア機能を付加した遠隔テストシステム」
- 3) 大学公開講座における共通教材の学術ネットワークの実験
- 4) 快適なメディア教育システムの実験
- 5) 双方向性授業番組の開発・研究（1対多数リアルタイム双方向遠隔授業実験）

### 1.3 実験実施実績

実験実施実績は次のとおりである。

- ・平成7年11月7日「放送教育開発センター国際シンポジウムハイビジョン映像中継」実験実施
- ・平成7年11月8日「放送教育開発センター国際シンポジウム+郵政省通信総合研究所研究発表会ハイビジョン映像同時相互中継」実験実施
- ・平成8年1月23日「TV会議ソフトによる多元同時開通実験」（変則同時6サイト）実験実施
- ・平成8年2月6日「TV会議ソフトによる多元同時開通実験」（完全同時4サイト）実験実施
- ・平成8年3月26日「双方向性授業番組の開発・研究」（単サイト実験）実験実施
- ・平成8年6月26日「遠隔合唱実技指導」実験実施
- ・平成8年6月27日「遠隔カウンセリング」実験実施
- ・平成8年10月2日「SCS衛星通信ネットワークとの組み合わせによるシンポジウム配信」実験実施
- ・平成8年10月16日「遠隔ダンス実技指導」実験実施
- ・平成8年11月26日「遠隔 squiggle」実験実施
- ・平成8年11月30日「遠隔ディベート」第1回実験実施
- ・平成8年12月14日「遠隔ディベート」第2回実験実施
- ・平成8年12月18日「双方向性授業番組の開発・研究」（複数サイト実験実施）実験実施

- ・平成9年1月24日「遠隔情報工学指導：パソコン組立遠隔指導」実験実施
- ・平成9年2月8日「遠隔ディベート」第3回実験実施
- ・平成9年3月19日「遠隔マルチメディアテスト」実験実施

#### 1.4 研究組織

	氏名	所属機関・部局・職名	役割分担等	専門領域
研究 センター 教官	◎永岡 慶三	放送教育開発センター・研究開発部・教授	第2プロジェクトリーダー	教育工学
	△仁科 エミ	放送教育開発センター・研究開発部・助教授	第4プロジェクトリーダー	感性工学
	近藤喜美夫	放送教育開発センター・研究開発部・教授	第2プロジェクト	通信工学
	菊川 健	放送教育開発センター・研究開発部・教授	第4プロジェクト監査	教育工学
	佐々木正實	放送教育開発センター・研究開発部・教授	第5プロジェクトリーダー	映像制作
	松川 正樹	放送教育開発センター・研究開発部・助教授	第5プロジェクト	映像制作
	高津 直巳	放送教育開発センター・研究開発部・助教授	第5プロジェクト	映像制作
	田代 和久	放送教育開発センター・研究開発部・教授	第3プロジェクトリーダー	高等教育研究
	高橋 一男	放送教育開発センター・研究開発部・助教授	第2プロジェクト	高等教育研究
	浜野 保樹	放送教育開発センター・研究開発部・助教授	第4プロジェクト	映像制作
	川淵 明美	放送教育開発センター・研究開発部・助教授	第1プロジェクト	教育工学
	中村 知靖	放送教育開発センター・研究開発部・助教授	第3プロジェクト	教育心理
	望月 要	放送教育開発センター・研究開発部・助教授	第2プロジェクト	教育心理
	三尾 忠男	放送教育開発センター・研究開発部・助手	第2プロジェクト	教育工学
	近藤 智嗣	放送教育開発センター・研究開発部・助手	コンテンツ開発	教育工学
	○大西 仁	放送教育開発センター・研究開発部・助手	ネットワーク技術	認知心理
	田中 健二	放送教育開発センター・研究開発部・助手	衛星技術	通信工学
	小林登志生	放送教育開発センター・研究開発部・教授	第2プロジェクト	コミュニケーション論
	客 員 教 員	トーマック・スタレツキ	外国人研究員	
ロン・オリバー		外国人研究員		教育工学
池田 宏明		千葉大学・工学部・教授		情報工学
萩原 敏朗		東北大学・教育学部・教授		教育学
大橋 力		千葉工業大学・工学部・教授		情報環境学
山崎 芳男		千葉工業大学・工学部・教授		電子音響工学
久保田文人 鈴木龍太郎		通信総合研究所・統合通信網研究室長 通信総合研究所・非常時通信研究室長		通信工学 通信工学
研究 協 力 者	蝦名 邦禎	神戸大学・発達科学部・助教授		物理教育
	川村 洋介	新世代通信網実験協議会プロジェクト推進部長		通信工学
	石塚 智一	大学入試センター・研究開発部・助教授		教育心理
	内田 照久	大学入試センター・研究開発部・助手		教育心理
	大谷 尚	名古屋大学・教育学部・助教授		教育学
	大島 聡	横浜国立大学・教育学部・教授		教育工学
	宮本 博幸	千葉工業大学・工学部・教授		情報工学
	伊與田光宏	千葉工業大学・工学部・助教授		情報工学
	広瀬 通孝	東京大学・工学部・助教授		情報工学
	猿橋 泉	㈱エヌアイエス		語学教育
	赤倉 貴子	芦屋大学・教育学部・助教授		教育工学
	植野 真臣	千葉大学・文学部・助手		認知情報学
	藤原 康宏	千葉大学・大学院生		教育工学
	鈴木 宏昭	青山学院大学・文学部・講師		認知心理
	森 俊文	㈱ビデオテック		音響工学
	小峯 隆宏 斉藤 道昭	通信総合研究所・統合通信網研究室 理経株式会社ネットワーク事業部・部長		A/TM通信ネットワーク技術 ソフトウェア工学

## 1.5 研究開発成果の公表

本共同研究プロジェクトの研究開発成果の学会等外部機関への報告は、国際学会1件、電子情報通信学会と日本教育工学会の大会、研究会で計7件の発表を行った。以下のとおりである。

- ・国際学会1件

Nagaoka,K.,et.al.(1996) Multimedia Educational Network on Open Learning, OPEN LEARNING'96, The 2nd International Open Learning Conference (Brisbane, Australia), 434-437.

- ・電子情報通信学会と日本教育工学会の大会、研究会

永岡慶三、大西仁、田中健二、鈴木龍太郎 (1996) マルチメディア教育ネットワーク実験'95、電子情報通信学会 1996年総合大会講演論文集、情報・システム1,D-711

鈴木龍太郎、小峯隆宏、久保田文人 (1996) ATMネットワークを用いる多地点双方向遠隔教育実験、電子情報通信学会 1996年総合大会講演論文集、情報・システム1,D-712

松居辰則 他 (1996) マルチメディアネットワークにより遠隔地間での同時進行授業の評価、日本教育工学会第12回大会、K1p3B2, 221-222

永岡慶三 (1997) マルチメディア教育ネットワークによる時・空間共有学習の実験、第3回マルチメディア通信ネットワーク共同利用実験シンポジウム、26-29

永岡慶三 他 (1996) マルチメディアネットワークにより実現する遠隔地間での同時進行授業の実施、日本教育工学会第12回大会、K1p3B1, 219-220

永岡慶三 他 (1997) マルチメディア教育ネットワークによる遠隔同時進行授業「ダンス編」－動作映像主体の遠隔実技指導－、日本教育工学会研究会報告集、JET97-1, 37-42

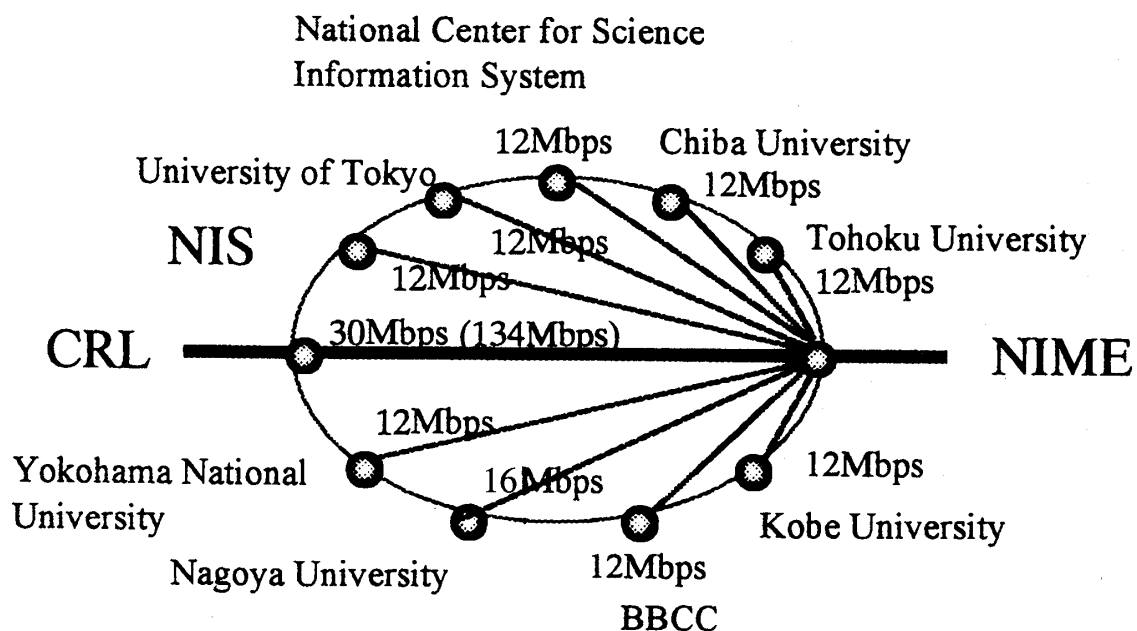
永岡慶三 他 (1997.3.25報告予定) 双方向教育情報システム実験－ギガビットネットワーク協議会・双方向教育情報システムWGの実験概要－、電子情報通信学会全国大会、(1997.3.25報告予定)

## 2. 研究開発ネットワーク基盤

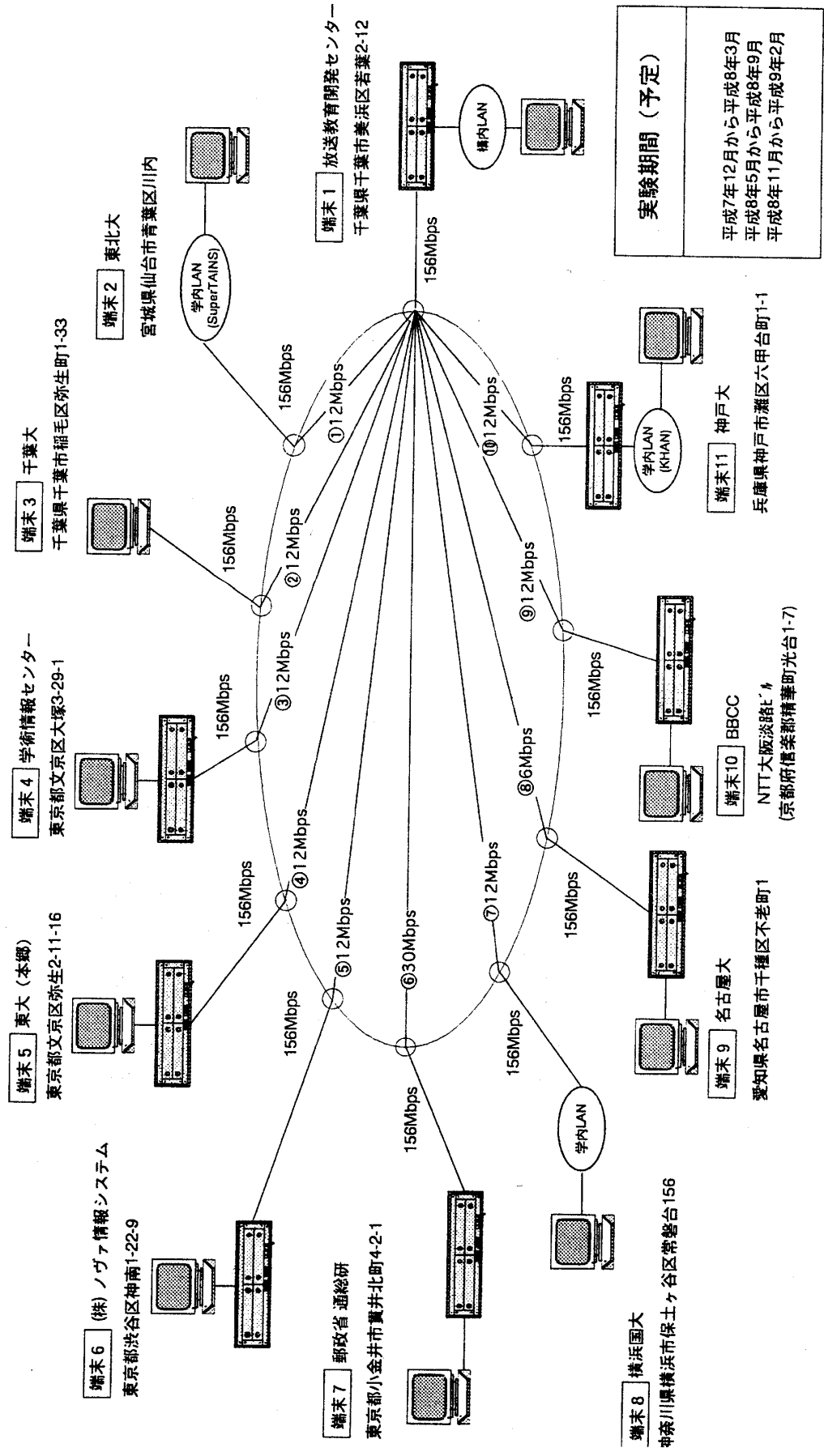
### 2.1. ネットワーク構成

放送教育開発センターのネットワーク整備に当たり、インターネット接続を含む所内LANと実験用高速ネットワークを分離し、実験用ネットワークはATM交換機を中心にスター型の接続で実験室、スタジオ等を結んだ。メディアはマルチモードの光ファイバーケーブルを用いた。

本プロジェクトでは、マルチメディア教育ネットワークとして、放送教育開発センター(NIME)を中心に、東北大学、千葉大学、東京大学、(株)エヌアイエス、学術情報センター、通信総合研究所(CRL)、横浜国立大学、名古屋大学、新世代通信網実験協議会(BBCC)、神戸大学をスター型に接続した。図1にネットワークの構成を示す。帯域幅は11地点を12Mbpsずつ(ただし、通信総合研究所とは30Mbps、名古屋大学とは)に分ける構成と通信総合研究所と放送教育開発センターの2地点間を134Mbpsで接続する構成を使い分けた。

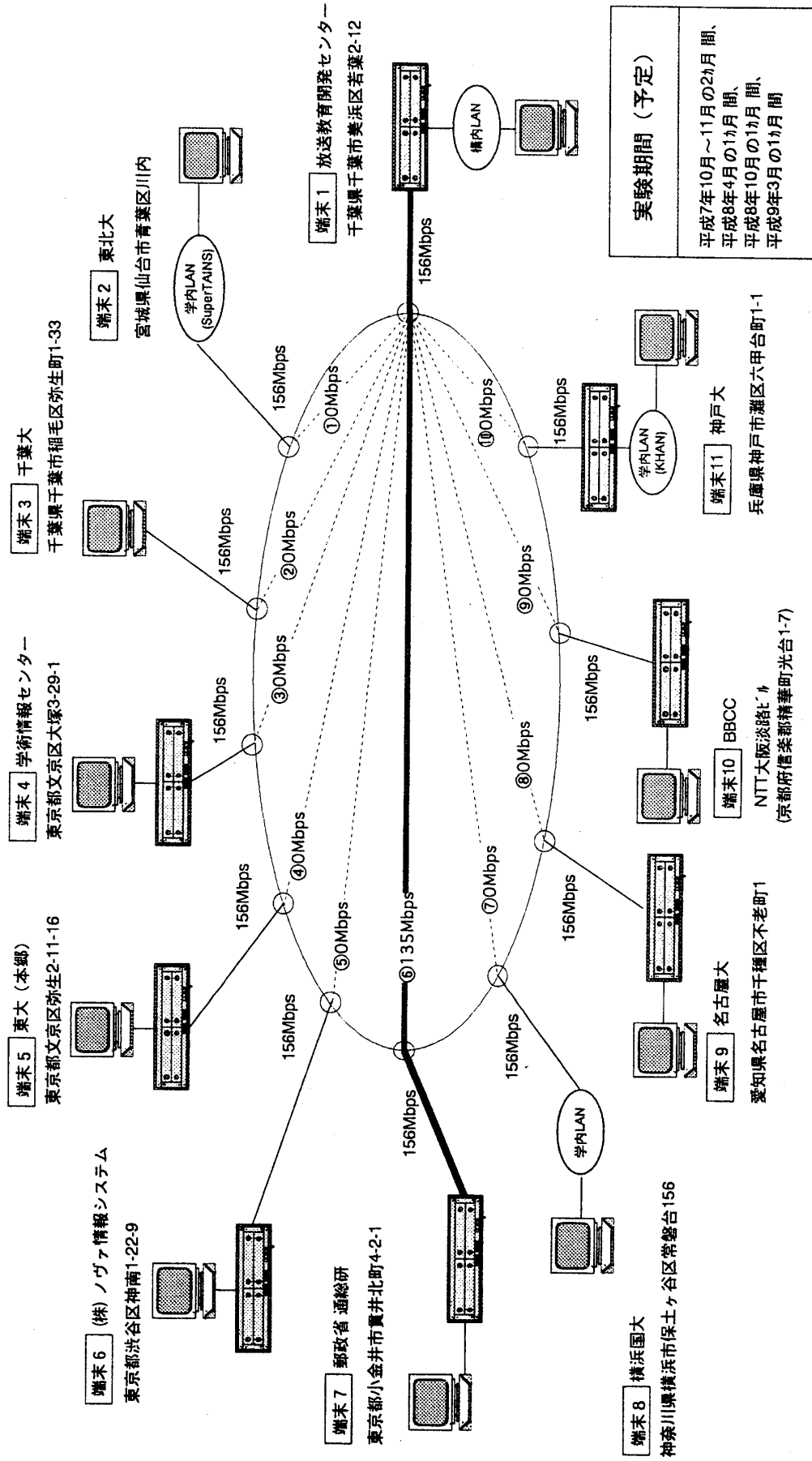


「マルチメディア教育ネットワーク実験」ネットワーク構成図(1)



実験期間 (予定)	
平成7年12月	から平成8年3月
平成8年5月	から平成8年9月
平成8年11月	から平成9年2月

「マルチメディア教育ネットワーク実験」ネットワーク構成図(2)



<b>実験期間 (予定)</b>
平成7年10月~11月の2ヵ月間、
平成8年4月の1ヵ月間、
平成8年10月の1ヵ月間、
平成9年3月の1ヵ月間

スター型の接続の場合、任意の2機関間の接続は全てハブである放送教育開発センターを通じて行われる。したがって、パス（正確には、バーチャルパス、バーチャルチャンネル）を張る等の操作上の負荷は放送教育開発センターに集中する。しかし、その他の機関は直接の通信相手（実際は放送教育開発センター）との間にパスを張るだけでよいので、負荷が軽減する。

これに対して、On-Line University Project (<http://www.olu.info.waseda.ac.jp>) で用いられているリング型の接続では、2機関間で接続を行う場合でも、その2点の間の弧上の全ての機関でパスを張る必要がある（弧は2つできるが、片方でよい）。また、ネットワークリソース（帯域幅）の利用効率も異なる。

ネットワークトポロジーの良し悪しは利用形態に依存するので、スター型とリング型のどちらが一般的に優れているというものではない。本プロジェクトでは、放送教育開発センターが中心になっていたこと、同時に接続するのは2～3機関の場合が多かったことを考えると、スター型の接続を選択したことは適切であったといえる。

## 2.2. 接続機器

接続に用いた主な機器は以下の通りである。

- ・接続機器はUNIXワークステーション（IP over ATM）・LANスイッチ（IP over ATM）
- ・NTSCコーデック（MP EG2 over ATM, H.261 over ATM, Motion JPEG over ATM）
- ・ハイビジョンコーデック（日立製作所製 独自 AAL）各機器の利用については、3章以降を参照のこと。



### 3 映像音響資料データベースのサービス実験—HDTV映像素材の伝送実験

#### 3.1 HDTVによる絵巻物の電子化の概要

絵巻物は歴史的・文化的観点から資料性が高く詳細な表現であることが多い。よって、絵巻物は高精細な画像による電子化に適した資料であるといえる。今回、内容の異なった絵巻物を動画高精細系により撮影・電子化し、ATMネットワークへの画像伝送実験を行い、絵巻物の持つ情報量を評価した。

#### 3.2 対象とした絵巻物

本実験では、次の4種類の絵巻物を対象とした。

- ・酒天童子絵巻第5巻
- ・春日若宮祭礼絵巻
- ・東京芸術大学卒業作品
- ・幕末維新絵巻

各絵巻物の画像の情報量に関わる特徴（絵柄の精細さ、色数、金箔、文章部分など）を表1に示す。

表1：絵巻物の特徴

絵巻物名	種類	精細	色数	金箔	本文
酒天童子絵巻第5巻	物語絵（場面）				有り
春日若宮祭礼絵巻	風俗絵巻（連続）			多用	有り
凶案卒業作品			多い		
幕末維新絵巻	戦記絵巻（場面）	精細	多い		

#### 3.3 撮影方法

各絵巻物は、絵巻物撮影装置に、3CCD HDTVカメラ（CCD画素数：130万画素、S/N：-50dB、水平解像度：900本）を設置し、横方向に一定の速度（10～15mm/s）で撮影し、UNIHI方式のVTRで記録した。

酒天童子絵巻については、後にナレーションを付加した。

#### 3.4 測定方法

UNIHIビデオテープに記録された絵巻物の映像をHDTVコーデック、ATMネットワークを用いて伝送し、ATMアナライザで情報量を測定した。（図1参照）。

HDTV CODECの仕様は表2の通りである。

一般に、リアルタイム伝送速度は、映像、符号化の種類により表3様になる。

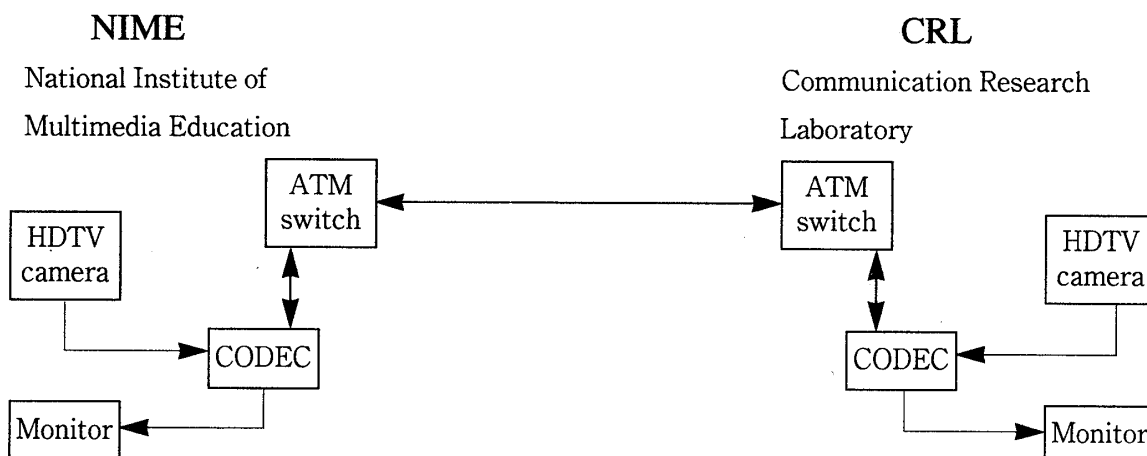


図1：HDTV映像伝送実験

表2：HDTV CODECの仕様

HDTV	チャンネル数	1チャンネル双方向
	画像符号化方式	MC-DCT+VLC
	有効画素数	1440(H)×1024(V)
	ビットレート	平均30Mbps
	ビデオ帯域	Y:20MHz, Pr, Pb:10MHz
音声	チャンネル数	2チャンネル
	音声符号化方式	16ビットリニアPCM
	サンプリング周波数	44.1/48 KHz
	ビットレート	1.6Mbps
伝送	155.52Mb/s	

### 3.5 結果

絵巻物の画像伝送実験の結果を表4に、また測定値のグラフを図2に示す。また、本実験と同じシステム構成で行われた合唱指導の遠隔授業の伝送量を併記した。

表3：符号化の違いによる伝送量の変化

	MPEG 1	MPEG 2	非圧縮
NTSC	1.5Mbps	3.5~10Mbps	27Mbps
HDTV	—	30~120Mbps	1.2Gbps
SHD	—	150Mbps	6Gbps

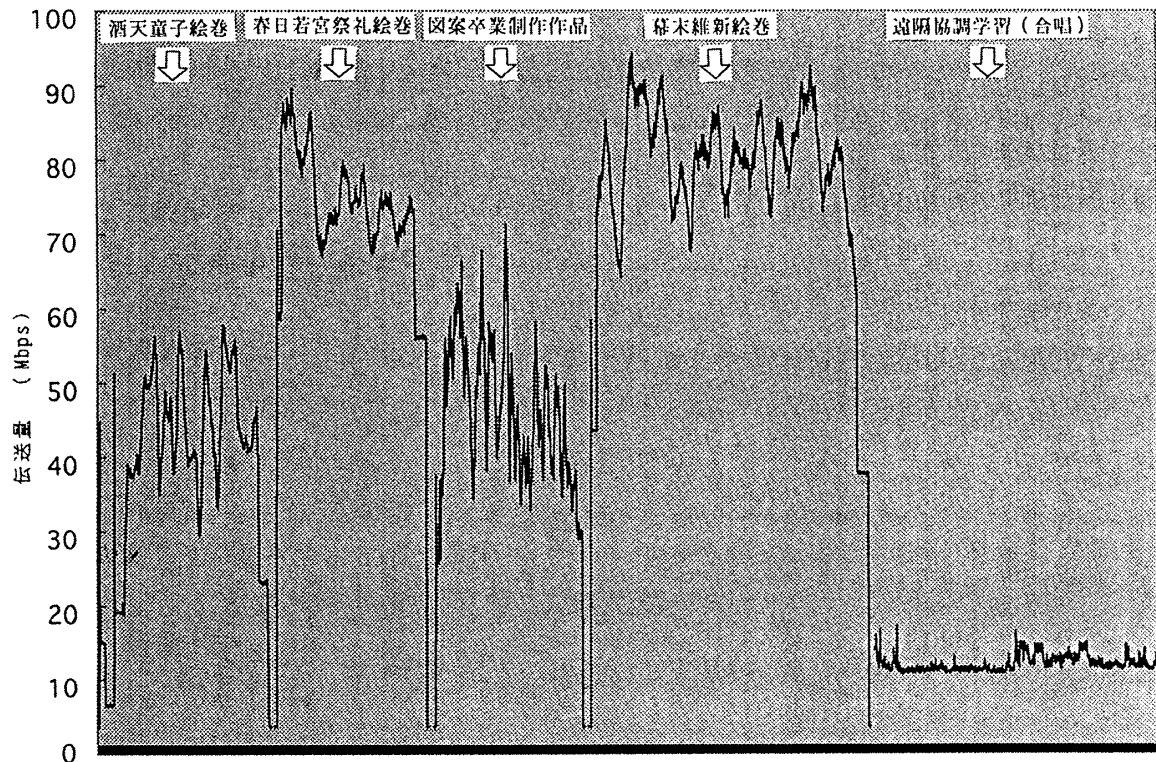


図 2：絵巻物HDTV映像の伝送量

伝送量の平均は、幕末維新絵巻は80.5Mbps、春日若宮祭礼絵巻75.5Mbps、東京芸術大学卒業作品47Mbps、酒天童子絵巻44.8Mbpsの順だが、いずれも遠隔協調学習（合唱）の12Mbpsを大きく越えている。この映像は主に学習者6名の合唱風景であるが、精細な映像ではない。色数が少ない、動きの少ないものである。しかし、動きの多いダンス指導の風景では30Mbps程度の経験値が得られている事から、絵巻物の持つ情報量の多さがわかる。絵巻物を比較すると、絵柄が詳細で色数の多い「幕末維新絵巻」が伝送量が多い。これに対して、「春日若宮祭礼絵巻」は金箔が多用されており、これが伝送量の多い要因となっている。

表 4：伝送量

絵巻物名	長さ (sec)	平均	最大	標準偏差
酒天童子絵巻第5巻	470	44.8	57.8	6.5
春日若宮祭礼絵巻	470	75.5	89.6	5.5
図案卒業制作作品	480	47.0	71.3	8.7
幕末維新絵巻	930	80.5	94.2	6.1
遠隔協調学習(合唱)		12.0	17.3	1.1

### 3.6 評価

美術史専門家3名との討論より、今回のHDTVによる絵巻物の電子化を評価した。HDTVによる絵巻物の電子化の特性は次のようにまとめられる。

#### (1) 利用頻度

**従来** 破損しやすいメディアのためめったに利用できない。

**電子化** 何度も繰り返して利用できる。

#### (2) 取り扱い技術

**従来** 取り扱いには熟練を要する。

**電子化** 取扱いは容易である。

#### (3) 鑑賞

**従来** 鑑賞には手で巻いたり広げたり作業が煩雑である。

**電子化** 目的の場面の表示が容易である。

また、HDTV映像に対しては、詞書が鮮明で十分読み取ることができる点、じっくりみたい箇所を静止しても映像にみだれがなく鮮明である点が評価された。これに対して、絵画中に書き込まれた小さな文字（名前、地名等）の読みとりにはさらに高解像度である必要があること、部分の拡大等が容易にできる必要があることが問題としてあげられた。

## 4. 新メディア遠隔教育システム

### 4.1 遠隔合唱実技指導

#### 4.1.1 はじめに

文部省放送教育開発センターと郵政省通信総合研究所をマルチメディアネットワーク(156Mbps 通信バックボーン)を利用して結び、「遠隔合唱実技指導」の実証実験を行った。本実験は、放送教育開発センターが主幹を勤める、NTT「マルチメディア教育ネットワーク共同利用実験」プロジェクト(永岡他 1996)とギガビットネットワーク協議会「双方向教育情報システム」ワーキンググループとの共同実験によって行われた。

遠隔教育システムでは、従来の放送のような一方通行でなく、双方向のコミュニケーションが重視される。講義形式の遠隔教育においても質問応答が特に意識的に行われていたが、そうした場面での双方向性はまだ質問・応答の逐次的なコミュニケーションであった(図1)。

今回の「遠隔合唱実技指導」実験は、双方向性を逐次的な双方向コミュニケーションから一歩進めて、遠隔地にある教室どうしをマルチメディアネットワークにより結合し、同一教室空間を形成して同時進行による遠隔合唱実技指導を行った(図1)。また、国内でもあまり例を見ないハイビジョン映像の双方向実時間伝送が両サイトに高度の臨場感を与えている。



図1 「通信による遠隔教育」から「同一教室空間での協調学習」へ

#### 4.1.2 実験目的等

- ・実験目的：「遠隔合唱実技指導」を題材として取り上げ、マルチメディアネットワークにおける双方向性を質問応答の逐次コミュニケーションから実時間同時進行へと高めた教育を実施する。また、遠隔教育相談の実験を行う。
- ・実験期間：平成8年6月26日
- ・実施内容：

遠隔合唱実技指導－輪唱「しずかな湖」

先生が通信ネットワークで結ばれた同一教室空間にいる生徒12人に対し、“輪唱「しずかな湖」”を主題として60分間の音楽授業を行う。文部省放送教育開発センター側：生徒役6人(千葉大教育学部学生)。郵政省通信総合研究所側：先生役1人、生徒役6人(東京学芸大学生)。

#### 4.1.3 共通項目によるアンケート評価

本マルチメディアネットワークを利用する実験は今後も各種のが計画されている。その際に比較可能なように毎回の実験に用いる予定の共通項目からなるアンケート評価を、今回も行った。表1. にその結果の一部、全体的印象に関するものを示す。回答者数は66人。

各項目は、「あてはまる(4)、ややあてはまる(3)、あまりあてはまらない(2)、あてはまらない(1)」の4段階で数値化し、平均等の統計値を計算した。

アンケート結果より、興味が持てたことが顕著である。また、相手との一体感、違和感の無さも好評価といえる。音声と画像のずれは気になるとならないのが半々で、分散も大きい。合唱では自律的に歌唱するものと、逐一教師の遠隔指揮に従おうとするものとの、意見がわかれたようである。観察からは、合唱および輪唱の遠隔指導は十分可能であった。

－謝辞－ 本実験に協力いただいたギガビットネットワーク協議会・双方向教育情報システムWG、マルチメディア教育ネットワーク共同利用実験参加者その他の方々に謝意を表します。

－文献－ 永岡他(1996) マルチメディアネットワーク実験'96、信学総全大、D-711、270-270.

表1 共通項目アンケートの一部抜粋

項目No. 項目内容	平均値	標準偏差
Q.5-6 音声と画像のずれは気にならなかった	2.44	1.17
Q.5-7 画面の相手とのやりとりに違和感はなかった	2.97	0.95
Q.5-8 興味をもって参加できた	3.75	0.43
Q.5-16 相手側と一体感を持てた	3.07	0.76

## 4.2 マルチメディアネットワークによる遠隔同時進行授業「ダンス指導編」

### — 動作映像主体の遠隔実技指導 —

Distant Simultaneous Classroomwork “Dance Lesson” on Multimedia Network: Distance Exercise Lesson of Movement Subject

要旨：動作映像を主体としたダンス（創作舞踊）の遠隔同時進行授業の実験を実施した。マルチメディアネットワークによる遠隔同時進行授業を設定した、ハイビジョン映像双方向実時間伝送によるダンスの遠隔実技指導についての実証実験である。動作映像を主体とした遠隔実技指導がある程度可能であることが確認された。ディスプレイを通しての映像からは奥行き方向の動作が認識しにくいこと、映像に対して教師の音声の遅延がある場合に指導が受けにくいこと、などが報告された。

キーワード：遠隔教育、マルチメディア、訓練システム、ネットワーク、ハイビジョン、ダンス指導

### 1. はじめに

筆者らは放送教育開発センターの共同研究「高速学術マルチメディアネットワークシステムの研究開発」プロジェクトの一環として、高速マルチメディアネットワークの利用を規準とした各種の新メディア遠隔教育システムに関する実験を行っている。一連の実験の目的はネットワーク技術を現状の教育に応用するという事より、次世紀に本格的に整備されるであろうネットワーク基盤上に提供される共通空間に、新たに展開できる新しい教育目標、内容、手段を見いだすことにある。またそのための技術要求を策定することである。これまでに既に以下のような実験を実施してきた（永岡他 1996-a）、（永岡他 1996-b）、（永岡他 1997）。

- ・平成7年11月7、8日「放送教育開発センター国際シンポジウム“メディアと世界の大学” 高速マルチメディアネットワークによるハイビジョン映像を同時相互中継」
- ・平成8年1月23日、2月6日「(1) 1996.1.23 変則同時6サイト、(2) 1996.2.6 完全同時4サイト」
- ・平成8年3月26日「双方向性授業番組実験（1対1）」
- ・平成8年6月26日「遠隔合唱実技指導実験」
- ・平成8年6月27日「遠隔カウンセリング実験」
- ・平成8年10月16日「遠隔ダンス実技指導」
- ・平成8年11月26日「遠隔 squiggle 実験」
- ・平成8年12月14日「遠隔ディベート指導実験」
- ・平成8年12月18日「双方向性授業番組実験（1対多数）」

本稿では、上記のうち平成8年10月16日に実施した動作映像を主体としたダンス（創作舞踊。以下「ダンス」の語を用いる）指導を目的とした遠隔同時進行授業の実験について報告する。

## 2. ダンス指導遠隔化の目的・意義

ネットワークを介してダンスの遠隔指導を行なう、という今回の実験テーマは主に次の二つの目的および意義を有している。

- 1) 遠隔授業用マルチメディアネットワークの総合的な性能を評価する際のモデルの提供
- 2) 芸術系科目（非言語的情報学習領域）の遠隔指導の可能性を明らかにすること

### 2.1 遠隔授業用ネットワーク・システムの評価用モデルとしての意義

言うまでもなく、ダンスでは音楽と身体の動きが一致していなければならない。画像圧縮などに伴う映像と音声の時間的なズレは、遠隔地の教師の踊りの振りを学生が模倣学習する際や、教師が学生の動作にフィードバックを与える際など、ダンス指導の重要な点に影響を与える。特に上級者では、音声と映像の時間的なズレに対する感受性は高く、このズレは、通常の講義あるいは討論形式の授業に比べ、顕著に授業効果に影響を及ぼすと考えられる。遠隔授業用ネットワークの音声・画像の伝送性能を評価する際、ダンス指導は、鋭敏なテスト課題として利用できる。連続した素早い身体の動きを正確に伝達するためには、滑らかな動画転送が求められ、同時に、指先や視線など細かな表現を伝えるには、高精細度の映像が、そして、腕などの複雑な動きを的確に伝えるためには、明確な立体感のある映像が必要になる。

さらに、ダンス指導場面では、指導者も学生も、自分で踊りながら遠隔地から送られた映像を見ることが多い。従ってディスプレイの大きさ、画像の大きさ、配置などが学習効果に与える影響も顕著に現れると考えられる。また、遠隔地のパートナーと踊りを合わせるためには、ネットワークを介して参加者が『一体感』を感じられることが重要であり、こうした心理的な要因に対する要求も、講義形式の授業に比べて、遥かに大きいと予想される。遠隔ダンス指導実験では、このような遠隔授業用ネットワーク・システムに要求される各種の性能が授業効果に及ぼす影響を、学生の遂行成績を通して客観的に評価することが可能であり、実用ネットワーク設計の際の一つの指標を提供し得ると考えられる。

### 2.2 芸術系科目における遠隔授業の意義

自然科学系あるいは工学系科目など、言語表現が比較的可能な情報学習領域では、ある程度まで標準化された教科書と指導方法で授業を進めることができるため、指導者の個性や独自性が求められることは比較的少ない。一方、今回の実験で取り上げたダンスを始め、舞踊、演劇、音楽、美術など芸術系の科目では、指導者の個性こそ重要であり、受講者の水準が高くなる程、優れた指導者から直接指導を受け、その個性に接する必要性が大きくなる。そして、指導者の個性や創造性が重要な分野であるが故に、優れた指導者の数は限られる上、彼等は芸術家として自身の創作活動のために多くの時間を費やさねばならず、遠隔地に散在する学生達が、優れた指導者から直接レッスンを受ける機会は、従来、極めて乏しかった。高速マルチメディアネットワークによる遠隔授業は、こうした問題を解決し、芸術教育の普及、芸術・文化の地域格差の解消に役立つと共に、国際交流などにも貢献しうるものである。



### 3. 実験概要

#### 3.1 実験回線接続

回線は映像、音声の遅延有／無の2種類を用意した。遅延有／無の回線構成を各々図1、2に示す。いずれの場合も、講師側からは、講師の映像（HDTV）、講師の声、音楽が伝送され、生徒側からは、生徒の映像（NTSC）、生徒の声が伝送される。遅延有の場合、映像は約30Mbpsに圧縮され伝送される。映像の圧縮、伸長に伴う遅延は約300msecである。また、音声の遅延は約20msecである。

表1 平成8年10月16日・遠隔ダンス指導実験・使用機器一覧

1. 教師側（放送教育開発センター内研究スタジオ）
(1)映像系 ・HDカメラ：Multi-purpose HD CCD Camera (Ikegami HDL-30). ・CCU：Camera Control Unit (Ikegami CCU-30). ・波形モニター：Component/HD Waveform Monitor (LEADER 5100). ・UNIHI VTR：HD Video Cassette Recorder (Toshiba HV-9000). ・HDVTモニター：HDTV Color Monitor (CHUOMUSEN THMC-21BH-01). ・NTSCディスプレイ：Multiscan Rear Projector (SONY RVP-40100J).
(2)音声系 ・ワイヤレスマイク：UHF Transmitter (SONY WRT-27). ・アンテナ：UHF ANTENNA BOOSTER (SONY WB-57A). ・チューナー：Portable Base Unit (SONY PB-36). ・アンプ：Stereo Microphone Amplifier (SONY MX-1000ESX). ・スピーカー：Portable PA Speaker (Victor SS-S30).
(3)伝送系 ・光映像電送装置：(住友電工 SUMINET 5210L). ・光ファイバーケーブル接続箱：(三菱電線工業). ・ATM対応ハイビジョンコーディング：(日立 HCD-3000).
2. 生徒側（放送教育開発センター内研修室）
(1)映像系 ・NTSCカメラ：Digital Handycam (SONY DCR-VX1000). ・記録用カメラ4台：Video Hi8 Handycam (SONY CCD-TR705). ・HDTVディスプレイ：Multiscan Rear Projector (SONY RVP-40100J).
(2)音声系 ・ガンマイク： ・マイク電源：Battery Charger (古河電池 CTV-10V). ・ミキサー：Recording Mixer (FOSTEX 450-16). ・スピーカー：Stage Monitro Speaker (TOA Electric SM-15A).
(3)伝送系 ・光映像電送装置：(住友 SUMINET 5210L). ・光ファイバーケーブル接続箱：(三菱電線工業).

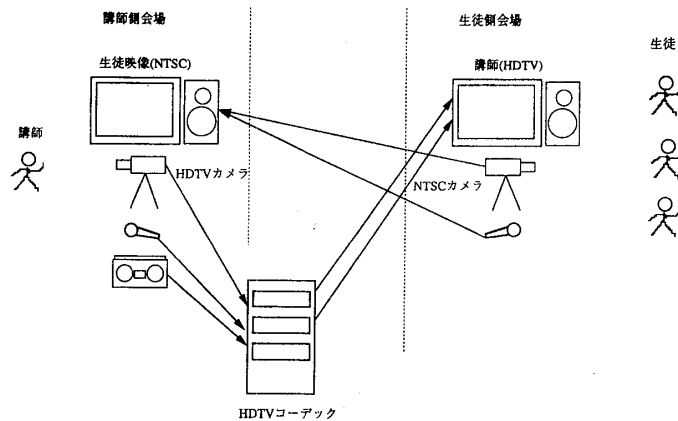


図1 実験回路接続図 (映像、音声の遅延有)

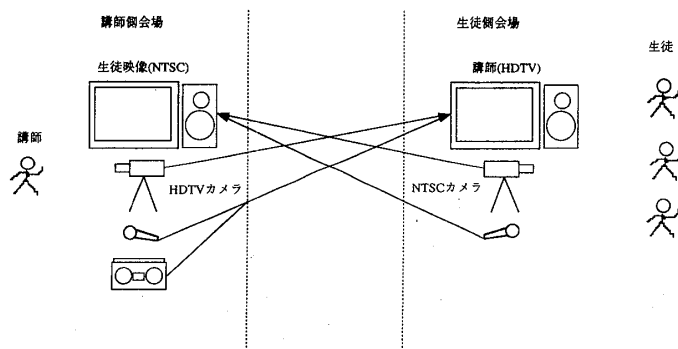


図2 実験回路接続図 (映像、音声の遅延無)

### 3.2 実験環境

遠隔ダンス指導における使用機器一覧を表1に示す。使用したATM対応ハイビジョンコーデック(日立製作所 HCD-3000)は、低遅延の双方向映像電送を目的として開発されたもので、MC-DCT方式(DCT:ディスクリートコサイン変換、動き補償、フレーム間符号化の組み合わせ)による画像符号化及びATMセル化を行う、本コーデックの性能を表2に示す。

表2 ハイビジョンコーデック(HCD-3000)の性能

HDTVチャンネル数	1チャンネル双方向
画像符号化方式	MC-DCT+VLC
有効画素数	1440(H) × 1024(V)
ビットレート	平均30Mb/s
ビデオ帯域	Y: 20MHz PrPb: 10MHz
音声チャンネル数	2チャンネル
音声符号化方式	16ビットリニアPCM
サンプリング周波数	44.1/48KHz
ビットレート	1.6Mb/s
伝送	155.52Mb/s

### 3.3 実験スケジュール

実験は平成8年10月16日10:00～16:00に、行われた。実験当日のタイムスケジュールは表3に示すとおりである。表3にあるように、参加者は2グループ3人ずつに分かれ、ダンス課題を6セット [1-a,1-b,2-a,2-b,3-a,3-b] 各繰り返し行った。表2ハイビジョンコーデック (HCD-3000) の性能

表3 実験タイムスケジュール：( )内は単位分 平成8年10月16日10:00～16:00”

10:00	ウォームアップ (20)	
10:20	練習試行 (20)	
10:45	本試行 A グループ 1-a 課題 (15)	
11:00	質問紙 (5)	
11:05	1-b 課題 (15)	
11:20	質問紙 (5)	B グループ 1-b 課題 (15)
11:35		質問紙 (5)
11:40		1-a 課題 (15)
11:55	A グループ 2-a 課題 (15)	質問紙 (5)
12:10	質問紙 (5)	
12:15	2-b 課題 (15)	
12:30	質問紙 (5)	B グループ 2-b 課題 (15)
12:45		質問紙 (5)
12:50		2-a 課題 (15)
13:05		質問紙 (5)
13:10	休憩 (35)	
13:50	ダミー試行 (10)	
14:00	本試行 A グループ 3-a 課題 (15)	
14:15	質問紙 (5)	
14:20	3-b 課題 (15)	
14:35	質問紙 (5)	B グループ 3-b 課題 (15)
14:50		質問紙 (5)
14:55		3-a 課題 (15)
15:10		質問紙 (5)
15:15	インタビュー (30)	
16:00	被験者解散	

### 4. 質問紙調査結果

本プロジェクトに関する一連の実験では、毎回質問紙調査が実施されている。質問紙調査は2種類で、その実験に特有の項目により構成されたものと、各実験に共通の質問項目とである。ここでは、共通の質問項目の結果から抜粋して表4にその結果の一部を示す。図3は表4に上げられた項目の度数分布である。また対比のため平成8年6月26日に行われた「遠隔合唱実技指導実験」の結果を同時に表4に示す。各項目は、「あてはまる(4)、ややあてはまる(3)、あまりあてはまらない(2)、あてはまらない(1)」の4段階で数値化し、平均値を計算したものであ

る。結果より、Q.5-8「興味をもって参加できた」ことが顕著である。今回のダンス指導と合唱指導の対比では、Q.5-6「音声と画像のずれは気にならなかった」に対する回答が、合唱指導では中間値より「あまりあてはまらない」にやや近いのに対し、ダンス指導では「あてはまらない」すなわち、音声と画像のずれがかなり気になったことがわかる。

表 4 共通項目質問紙の一部抜粋

項目No. 質問内容	平均値	
	ダンス	合唱
Q.5-6 音声と画像のずれは気にならなかった	1.29	2.44
Q.5-7 画面の相手とやりとりに違和感はなかった	1.71	2.97
Q.5-8 興味をもって参加できた	4.00	3.75
Q.5-16 相手側と一体感を持てた	2.43	3.07

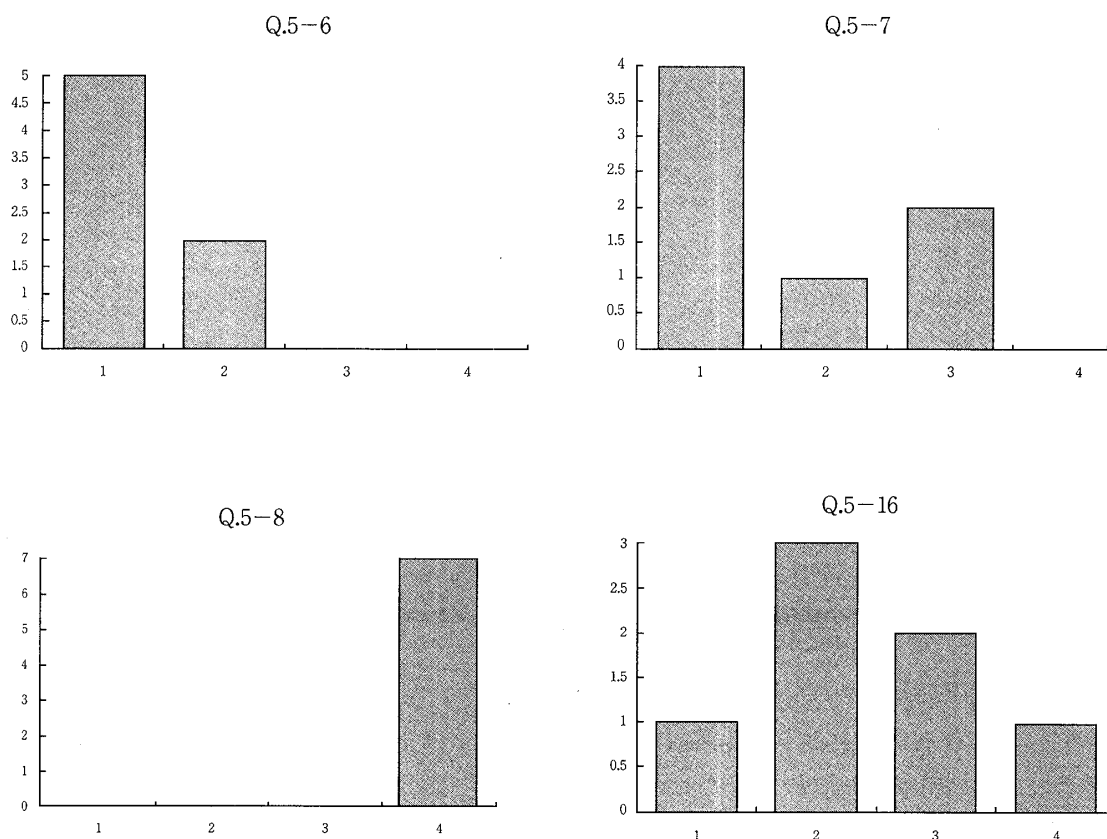


図 3 質問紙調査結果の度数分布

## 5. 実験後ディスカッションによる感想

実験終了後、インストラクター及び学習者全員で約1時間のディスカッションを行った。後に、この映像・音声記録から、特に学習者の本実験に関する感想を抽出した結果、次の3つの問題点が明らかになった。

### (1) 映像と音声のズレ

午前中の実験で、「ゆっくりした動き」では映像、音声のズレは感じなかったが、「速い動き」では両者のズレを感じた。また、午後の実験では、「ゆっくりの動き」、「速い動き」共に映像、音声のズレを感じたが、特に「速い動き」では顕著であった。

### (2) 映像の奥行き

本実験では相手の姿をモニター上で見ることになる。この場合、左右の動きの確認は問題ないが、奥行きのある動きでは正しく理解することが難しい。特にダンスでは重要な要素となる体の向き、手足の方向、斜め方向への動きの把握に問題があった。

### (3) 双方向性

通常テレビに向かって返事をしないのと同様、モニター上のインストラクターに対して学習者の方から質問をしたり、話しかけたりしなかった。

以上3つの問題点に対して考察する。

#### (1) 「映像と音声のズレ」の問題

本実験の目的の一つは、映像音声の遅延による学習行動の変化を明らかにすることである。午前中の実験では、機器構成上、映像、音声のズレはない。一方、午後の実験では、使用機器の特性から、理論値300msec、実測値200msec以下の映像遅延が発生している。これに対して、ディスカッションから明らかになった、午前中の「速い動き」でズレを感じたことへの原因は明らかになっておらず、今後なお検討すべき課題である。「映像と音声のズレ」の問題点については、今後、msec単位で測定可能な遅延回路の導入、及び、一般的な学習内容、音と密接な関わりを持つ学習内容それぞれにおける許容遅延時間の明確化が必要である。

#### (2) 映像の奥行き

今回の実験は全て固定カメラで行われた。これに対して移動カメラの使用が考えられるが、これについてはインストラクター学習者共にかえて方向の把握が難しいとの意見であった。映像の奥行きについては、今後、奥行きを可能な限り表現する照明の工夫や立体視カメラの利用の可能性等を検討する必要がある。

### (3) 双方向性

今回の実験では、インストラクターの指示に対して学習者はうなづくなどの返事をする程度で、音声の双方向性が生きたものとなっていない。これに対して、学習者が教師に積極的に質問をしたり話しかけたりしない国民性の問題の他、例えばモニターの大きさや性能の検討など臨場感を高める工夫が必要であると考えられる。

## 6. おわりに

衛星通信や光ファイバーネットワークの利用による遠隔教育は既に企業内や予備校で実用化されているが、その多くは従来型教室講義の伝送を基本形式としている。そこでの双方向性は講義・質問・応答の逐次的なものである。本実験での遠隔ダンス実技指導は、遠隔地にある教室どうしをマルチメディアネットワークにより結合し、同一教室空間における同時進行の学習指導を行うものである。

映像主体となる遠隔ダンス実技指導では、前節の記述にあるように、講師音声と動作とのずれ、奥行き方向の動作の認識、双方向性等に問題が指摘された。しかし、ある程度の制限された学習環境ではあるが、今後の実際の要求などを考慮すれば、かなり有効な手段となりうることが確認されたものと考えられる。

謝辞 本実験は、NTT マルチメディアネットワーク共同利用実験「マルチメディア教育ネットワーク」およびギガビットネットワーク協議会双方向教育情報システムWGとの共同実験であり、関連して支援いただいた方々や各方面に謝意を表します。また、本実験の一部は科学研究費補助金（基盤研究B）「高速マルチメディア通信ネットワークによる新メディア遠隔高等教育システムの開発」により行われた。

## 文 献

- 1) 永岡他 (1996-a)、マルチメディア教育ネットワーク実験 '95、96年電子情報通信学会総合全国大会D-711, 270-270.
- 2) 永岡他 (1996-b)、“マルチメディアネットワークにより実現する遠隔地間での同時進行授業の実施”、日本教育工学会全国大会、1p3B1,219-220.
- 3) 永岡他 (1997)、“双方向教育情報システム実験—ギガビットネットワーク協議会・双方向教育情報システムWGの実験概要—”、97年電子情報通信学会総合全国大会、投稿中。

### 4.3 遠隔ディベート

#### ■問題意識

21世紀の初頭に（2010年か、2015年かはわからないが）、全国的に、あるいは全世界的にマルチメディア・ネットワークの整備がなされた時点で、それをどのように教育に利用して行くべきだろうか？この問いの持つ意味は決して軽くない。マルチメディアが社会にもたらすであろう影響は、ポジティブな意味でも、ネガティブな意味でもきわめて大きいと予想される。特に、教育の場での利用に関しては、社会が本格的にマルチメディア化されてからその利用の内容を考えていくのでは遅すぎる。未来の子どもたちが、押し寄せるマルチメディア社会の中で、それに対応していくためのスキルや批判的な精神をどのように獲得していくかという課題には、実用的な利用環境がまだ十分には整っていない今の時点から取り組みは始める必要がある。従って、例えば、2010年という時点に、全国の小・中・高の各教室間でマルチメディア・コミュニケーションに関してどういうことが可能になっているかを想定し、それに近い状況を、現時点での最高かそれに近い技術を用いて一時的にでも模擬的に作り出し、そこで、実際に生徒がそれを使ったときに何が起こるかを調査・研究することの意義は大きい。

本実験グループは、そのような場面として、遠隔地にある教室間でのディベートという場面を想定し、それが将来の教育の中でどのように展開可能であるか、また、その実現に向けて、今後どのような技術をさらに開発して行かなければならないか、という問題意識のもとで、実際に中学生に参加してもらった実験を行い、その行動を観察・分析し、また生徒達からの感想を聞くなどの手段によって、調査・研究することを計画した。

ディベートは、最近その教育での利用の意義が注目されてきており、種々の取り組みが全国的に行われるようになってきた。それに伴い、学校対抗での試合ディベートも盛んになりつつあり、全国規模での教室ディベート選手権（ディベート甲子園）も開催されるようになってきている。ディベートは、将来のメディア・リテラシーのスキルや批判精神を養うという意味でも興味深い教育手段と言えるが、それには、適切な指導者と、試合におけるすぐれた審判の存在が欠かせない。しかし、熟練した指導者や審判員を、急激に増やすことは困難であり、教室から離れた遠隔地にいる専門家に指導を仰ぎ、また試合の審判を依頼することができれば理想的である。それを実現するためには、距離的に離れた3地点間で、音声と映像を相互にやりとりできることが必要条件となる。そのための手段として、ATMによるネットワークは有力なもののひとつである。

一方、遠隔テレビ会議のツールが最近いろいろと利用されるようになってきているが、それらのツールを評価することは必ずしも容易ではない。それは、その用途としては様々なものが考えられ、その目的によって、評価すべきポイントが変わってくるからである。ここでは、生徒間の遠隔ディベートの試合というものが、遠隔コミュニケーション・ツールを評価するためのひとつの規準として利用できるのではないか、という側面にも注目した。それは、生徒間ディベートでは、(1)聴衆を除いても3地点間で相互のコミュニケーションできることが本質的で

ある。また、(2)目的がはっきりしており、またルールが厳密に決まっているので、評価の焦点が絞りやすい、という利点がある。さらに、(3)子どもが主体的にかかわることができ、その子どもからの評価を得ることにより、大人の視点とは違った発見がある可能性がある、という面もある。以上のような理由から、本グループは生徒による遠隔ディベートの実験を取り上げることにした。

実験チームは、神戸大学、千葉大学、神田外語大学、郵政省通信総合研究所、放送教育開発センター（現メディア教育開発センター）の諸機関の研究者と、神戸大学附属住吉中学、千葉大学附属中学、大阪教育大学附属天王寺中学、渋谷教育学園幕張高校附属中学の生徒および教師から構成される。このうち、神戸大学では、発達科学部（人間発達科学科、人間環境科学科、人間科学研究センター）、教育学研究科、大学教育研究センター、総合情報処理センターから、また千葉大学では、工学部（電気電子工学科）、教育学部（技術科、社会科、教育実践総合センター）、教育学研究科から研究者が参加した。

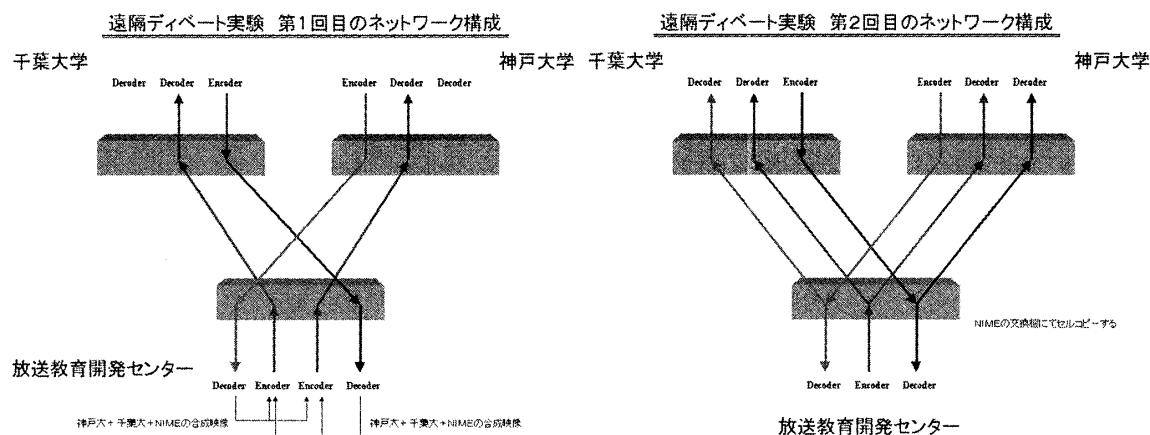


図 1

図 2

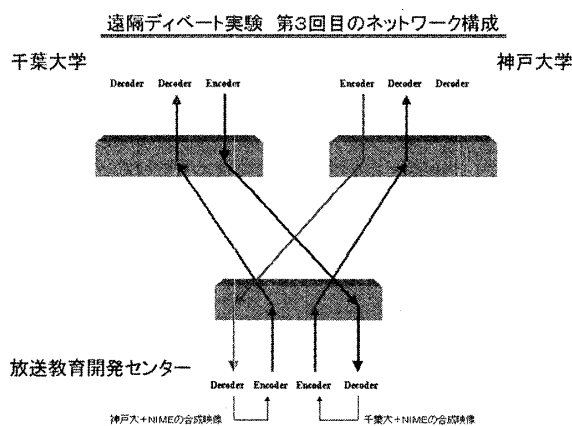


図 3



## ■実験のシステムの構成

実験に用いたインフラとしては、NTTのマルチメディア共同利用実験で提供されたATM高速回線を利用し、放送教育開発センター神戸大学、放送教育開発センター千葉大学の各12Mbpsの帯域を用いた。神戸大学では、発達科学部の情報教育設備室を会場とし、千葉大学では、工学部電気電子工学科の会議室を会場とした。実験に用いたネットワークの構成は図1～3に示す通りである。この上で、三菱電機製コーデック（MPEG2ビデオコーデックBC3000シリーズ）によって、NTSCビデオ映像を、MPEG2 over ATMに変換して利用した。

## ■実験の経緯

実験では、(1)現実の試合ディベートの熟練者（以下「くろうと」と呼ぶ）が、遠隔ツールを用いたディベートで、充分満足のいく試合を行うことができるか、また、遠隔地にいる審判員によって、充分公平な審判ができるか、(2)ディベートにも遠隔コミュニケーションにも未経験の生徒（以下「しろうと」と呼ぶ）が、この設備を利用してディベートと遠隔コミュニケーションどようになじんでいくか、また、その教育的な効果はどうか、という問題意識のもとに計画が立てられた。そこで、次のような3回のイベントを軸にして行われることになった。「くろうと」として、1996年の全国教室ディベート選手権の優勝校である渋谷学園高附幕張中と上位入賞校である大教大附中のディベートチームを招き、また、審判には現実のディベート試合での審判員経験の豊富な松本茂（神田外語大：本研究チームの一員）があたることになった。また、「しろうと」として、神戸大附中と千葉大附中の1年生（当時）生徒10名程度づつが参加した（図4）。



図4 （第2回実験風景）

実験は、(1)回線状況とシステムのテストを兼ね、神戸大附中・千葉大附中の「しろうと」グループによる遠隔出会い、(2)「くろうと」チームによる本式のディベート試合、(3)ディベート指導を受けた「しろうと」チーム同士の試合の3回が行われることになった。

第1回目は、1996年11月28日に行われた。都合により、千葉大附中生徒が参加できなくなったため、千葉側は、工学部と教育学部の学生が対応した。そこでは、それぞれの学校紹介（地域、

自然、生徒数、校風など)を行い、自己紹介を兼ねた“Show & Tell”というゲームを行った。

第2回目は、同12月14日に行われた。このディベート対戦は、神戸・千葉の両附中の生徒(「しろと」チーム)も見学し、試合に先だって、前回できなかった相互の紹介を行った。その後、「くろと」チームの試合が、ディベート甲子園ルールに則って、松本茂の審判で行われた。論題は、「日本は夏時間を採用すべし、是か非か」というものであった。

第3回目の「しろと」チームの対戦に先立って、神戸大附中には神戸大発達科学部の吉永潤が、千葉大附中には、千葉大大学院の善財利治がディベートの指導を行った。試合は、1997年2月8日に実施された。論題は、「日本は小学校に英語科を設置すべし、是か非か?」というもので、審判には、第2回目と同様、松本茂があたった。

#### ■結果の分析と検討

この実験の結果は、次のような観点から分析することが有意義であろう。(1)遠隔ディベートという利用を想定したシステム(ネットワーク、オーディオ・ビジュアル(AV)的な側面、および試合の進行手順などの側面)をどのように設計すべきかという点、(2)遠隔ディベートの教育的な側面、(3)遠隔コミュニケーションという状況での子どもの行動学的な分析。これらについては、現在、実験グループ内の各サブグループによって検討・討議が進められている。現時点では、まだ分析が完全に済んでおらず、最終的な結論を述べる段階ではないが、ここではこれまでに明らかになっている2、3の点を簡単に述べておきたい。詳細な分析は改めて他所で行う予定である。

システムの面では、12MBのATM帯域に、6MBのMPEG 2 over ATMの映像を2チャンネル通して行うことを計画したが、それが可能な場合(第2回-図2)と不可能な場合(第1回-図1、第3回-図3)があった。そのため、第2回目実験の際の試合では、ディベーター会場では、相手チームと審判の両者の映像を別々のモニターに表示をすることができたが、第3回目の試合のときにはそれが不可能であった。そこで、第3回目の試合では、審判サイトに2台の画面合成装置を用意し、各ディベーターサイトに向けて、審判と相手側サイトの合成映像を送らなければならなかった。審判サイトでは、両ディベーターサイトの画面を2つの画面で見ることができるので、問題はなかったが、両ディベーターサイト向けの映像に関しては、その画面をどのように分割して、審判の映像と相手サイトの映像を組み込むのが有効かという問題が生じた。これに関しては、暫定的な解析がなされているが、今後、より詳細な解析が必要である(図5~7)。また、2チャンネル通せなかった問題に関してネットワークレベルでの技術的な問題の解明も今後の課題である。



図5 通信試験中の画面構成



図6 第1、2階実験・画面構成



図7 第3回実験・画面構成

甲子園ルールのディベートでは、特に、画像よりも音声の効果が重要になる。複数のサイト間での音声レベルの調整の問題があった。エコーキャンセラーのない状況で、どのように最適な音声を設定すべきかという問題を解明する必要がある。

このような問題点があったにもかかわらず、ディベートの試合は十分に成立することが分かった。第2回目の「くろうと」同士の対戦では、昨夏のディベート甲子園のときと同じ論題で、かなり高いレベルのディベートの試合が展開された。両チームのディベーターとも、今回の遠隔対戦システムで、実際の対戦のときとほとんど変わらず試合ができたという感想を述べていた。ただね両チームのディベート観の違いを反映して、感想に若干の違ったニュアンスがあった。すなわち、一方では、遠隔システムでは、相手ににらみを効かすなどの言語外のパフォーマンスが通じにくく、現実の試合に比べてやりにくいという感想があったが、他方では、ディベートは言論の勝負であり、その意味では、現実の試合におけるのと全く遜色ないし、むしろ現実の試合以上にジャッジの表情がわかりかえってやりやすかったという意見もあった。これらの点に関しては、今後詳しく分析をする必要がある。しかし、かなり近い将来、現実の試合にこのシステムを利用できそうだという感触をディベート参加者、実験者ともにもつことができた。

生徒同士のコミュニケーションという見地からは、ディベートの試合終了後の両チーム間のやりとりが興味あるものであった。ディベートというルールに縛られ、かなり緊張を強いられる状況のあとで、自由にコミュニケーションをしてよい状況を設定し、両ディベーター間、また、審判とディベーター間での交流が行われた。この様子はビデオテープに収録されており、その行動学的な解析が今後の課題である。現時点で、次のことを指摘しておこう。3回目の「しろうと」どうしのディベートの試合の後、両チームの生徒達に自由におしゃべりをしてもらった。そうすると、最初のうちは、かなり高いテンションでお互いに興奮して喋りあっていたが、その内容は、全くかみ合っていなかった。おそらく、一人一人の生徒は、マイクをとってしゃべり、それが遠距離の相手のところに届いているということ自体に興奮して、内容のキャッチボールを充分コントロールできなかったといえる。その結果、極端に大きな音量や、逆に、相手の話が聞き取れない、あるいはマイクの取り合いをする、などのトラブルが多かった（これは、客観的に聞いてそう感じたのであり、喋っている本人同士は、いたって機嫌がよいように見えた）。そのような状況がしばらく続くうちに、両者のトーンは安定化し、次第に速やかでなめらかなコミュニケーションが成立するようになった。これは、人間同士のコミュニケーションの成立という観点から、きわめて興味深い現象である。不十分な状況の中で、いかにコミュニケーションを正常化していくかという反応が、子供同士の間に見られたからである。このことから得られる教訓は、遠隔マルチメディア・コミュニケーション・ツールを設計する際に、単に、忠実に状況を伝えるという仕組みを完成させるだけではなく、両者が相互に、不十分な情報量の中で調整を行うのを支援する仕組みを組み込むことが重要になるということが示唆されるのではないだろうか。

以上は、現時点で、暫定的に得られている分析結果を述べたが、今後、ビデオ録画等をさらに分析することによって、今後どのような実験を計画するのが有効か、また、どのように実際の教育やディベートの試合に、このシステムを利用して行くべきかなどの考察を含めて、研究を深めて行きたい。

## ■おわりに

この実験においては、神戸大、千葉大、放送教育開発センターの3ヶ所で、毎回総勢で20名程度の研究者・学生を含めたスタッフによる入念な準備を行った。長い時間をかけて、ネットワークやAV環境の調整を行い、はじめて3地点間でのディベート試合やコミュニケーションが可能になった。将来的には、こういう特別な準備なしに、また、ネットワークやAV関係の専門家がいなくてもスムーズなコミュニケーションが行えるようになる必要がある。それには、このような実験で得られた種々のノウハウを蓄積し、そこから得られた知見を、ソフトウェアの形で機器に組み込んでいく必要がある。

今回は、審判サイトである放送教育開発センターにおいて第3回目の実験のときのみ、SCSのためのスタジオを利用できた以外は、教室や会議室その他の部屋に特設会場を設けて実験を行った。将来、全国の学校で、遠隔コミュニケーション用の設備が行き渡るためには、ネットワークおよびオーディオ・ビジュアル機器のみならず、そのための部屋の環境（配線、音響、照明等）も含めて、かなり安価に設備を構築できるような仕様を確立していく必要がある。学校での現実の利用の可能性が見えてきたいま、このような設備の設計・敷設までを含めた、総合的なシステム構成の設計を具体的に考えて行くべき段階に入ってきたのではないだろうか。

この実験プロジェクトは、情報通信関係、教育学関係、コミュニケーション論関係、行動学・心理学関係、などの広い分野にわたる研究者と、大学の附属中学校等現場の学校の関係者の協同作業によって進められた。このような広範な分野にまたがる共同作業では、種々の問題やトラブルが発生する。それにもかかわらず、このプロジェクトがここまで進めてこられたのは、実験グループメンバーをはじめとする各機関やその他の多くの方々の協力のたまものである。今後、マルチメディア社会の到来とともに、このような多彩なメンバーによる協同作業を遂行しなければならない機会は、ますます増えていくことだろう。今回の実験の教訓を、そういう場面に活かしていけるように、このプロジェクトの進行の経緯自身を振り返り、Research on Research という観点から分析していく必要もあるのではないかと考えている。

## 5. 快適なメディア教育システムの実験

### 5.0 概要

この研究では、高速大容量通信ネットワークの特性を活かして、高精細度映像・超広帯域音声伝送による脳に負担が少なく快適なメディア学習環境を実現するとともに、その効果を遠隔地間で計測・評価し、高速大容量ネットワークを使用した遠隔地間の共同研究を発展させる基礎となる知見を得ることを目的としている。そのために、高速大容量情報通信環境評価のための高精細度映像の開発と伝送実験、超広帯域多チャンネル音声伝送システムの開発、バーチャルリアリティの遠隔生理学的評価実験などをおこなった。

### 5.1 高速大容量情報通信環境評価のための高精細度映像の開発と伝送実験

#### 5.1.1 目的

A TMによる高速大容量通信ネットワークは、ハイ・デフィニション (HD) 方式をはじめとする高精細度動画の伝送を可能にしつつあり、より人間に親和性のたかい情報通信環境の実現が期待される。すでに著者らは、脳波  $\alpha$  波を指標として電子映像の画質を生理学的に評価する手法を開発し、HD方式とNTSC方式とによる動画が脳電位活性におよぼす影響を評価する実験をおこない、HD方式の方が視聴者の脳との適合性がより高いことを裏付ける結果をえている。ただし、HD画像伝送のための符号化方式はまだ開発の途上にあり、効率的で脳との適合性が十分確保された方式を確立するためには、現在提案されているさまざまな方式について、脳への適合性という観点にたった信頼度の高い評価をおこなうことが必要と考える。

そこで、著者らは、155MbpsのATMネットワークを介してHD画像を伝送する際の符号化方式について、その伝送特性を検討するとともに、心理学的・生理学的見地からの評価をおこなうための評価用映像を開発し、伝送実験を試みた。

#### 5.1.2 開発した評価用動画の特徴

##### (1) 現実の通信環境を前提とした素材収録システムの採用

フィールドでの収録、TV会議など、実際の高精細度画像の伝送は、実用コストをみたく機材構成でおこなわれるとみるのが現実的である。そこで、比較的ローコストなHDカメラとW-VHS方式レコーダとによる素材収録システムを採用し、編集はベースバンドの1インチデジタル方式でおこなった。

##### (2) 評価項目の重点化

学会や諸企業によってすでに開発・使用されている評価用映像は、HD画質についての総合評価用という性格が強い。今回は、符号化方式の評価に重点をおき、ハイテクチャーでランダムな動きをする素材について、動き予測、解像度、量子化歪の評価に有効な映像を作成した。

### (3) 多元的な評価手法に対応できる構成

画像の主観的評価に関してITU-R勧告500-5に推奨されている評価方法（1シーンを10～15秒とする）に対応できるとともに、研究者らが開発した脳電位活性を指標とする生理学的なメディア評価手法で必要とするより長い呈示時間を要する評価実験にも使用できるように構成した。

### (4) 可聴域をこえる高周波への対応

後述するハイパーソニックエフェクト（可聴域をこえる高周波による感性効果）を期待できる豊富な高周波成分をふくむ音楽を、16bit48kHzの現行規格および高速標本化1ビット方式で記録し、後述する超広帯域音響の伝送実験への対応も可能にした。

以上の方針をふまえて、東京およびインドネシアバリ島で収録した映像と合成画像とによる13分の評価用動画像“ECHOSCAPE”を構成し、1インチ（デジタル）、D6、UNIH1、W-VHSという異なったハイビジョン媒体に記録した。

## 5.1.3 評価用動画像の伝送実験

平成8年6月26日、郵政省通信総合研究所と放送教育開発センターとをむすんだ伝送実験をおこない、ATRアナライザをもちいて伝送情報量を計測した。その結果については別の機会に詳述するが、この評価用動画像によって、符号化装置を中心とするシステムの長所とともに、その限界をもうきぼりにし、システムの改良につながる有益な知見が得られつつある。

また同時期に、伝送画像について専門家による主観的評価実験をおこなった。また、生理学的評価実験をおこなうための実験条件について検討し、脳波（自発脳波）をもちいた評価が有効であることが確認された。そこでこれについて予備的な評価実験をおこなった。

## 5.2 超広帯域多チャンネル音声伝送システムの開発

### 5.2.1 目的

著者らはさきに、可聴域上限（20kHz）をこえる自然の高周波成分が共存することによって快適性の指標といわれる脳波 $\alpha$ 波ポテンシャルや脳深部の血流が増大するとともに、可聴音を快適に知覚させる効果（ハイパーソニックエフェクト）を見いだしている。とくに、超広帯域音声はリアリティ感覚の造成に貢献することが明らかになっており、この方式による多チャンネル音声の再生による音場形成の効果は著しいものがある。ただし、従来の通信速度では高速標本化1ビット方式の音声データの伝送には不十分であり、また、高速標本化1ビット方式の音声データをATMネットワークで伝送するための符号化装置は未開発である。

そこで著者らは、高速標本化1ビット方式の開発者である早稲田大学山崎芳男教授（放送教育開発センター客員教授）と共同して、超広帯域多チャンネル音声伝送システムの開発および高速大容量ネットワークによる共同利用を前提とした超広帯域音声データベースの開発をおこなった。

## 5.2.2 超広帯域多チャンネル音声符号化システムの設計開発

高速標本化1ビット方式のなかでもっとも進化したサンプリング周波数 3.072MHz、量子化ビット数1bit の6チャンネル音声について、これを符号化するシステムの設計および試作をおこなった。現在、1チャンネルの試作システムの実機試験をおこなっており、その結果を確認して多チャンネル化をはかる予定である。

## 5.2.3 高速標本化1ビット方式による超広帯域音声データベースの開発

高速標本化1ビット方式はわずか数年前に提案された方式であるため、この方式で収録された音源は稀少であり、こうした情報資源の共同利用の必要性が学会などを中心に要請されている。ただし、従来のネットワークでは伝送速度が不十分であり、超広帯域音声データベースの利用環境としては実用性に欠けるという問題があった。

そこで、高速標本化1ビット方式で記録された音声（楽器音、人間の声、自然環境音、合成音など）について、それらを高速大容量ネットワークを介して共同利用するためのデータベースの開発およびそのための音源の収集をおこなった。5.2.2 で開発した音声符号化システムの完成をまって、その共同利用実験を実施したいと希望している。

## 5.3 バーチャルリアリティの遠隔生理学的評価実験

### 5.3.1 目的

移動が困難な大型設備間を高速大容量ネットワークで結び、ふたつの実験空間のあいだで映像・音声・データなどの多チャンネルの情報伝送が可能になるならば、これまでになく機動性の高いダイナミックな教育研究のための共同実験が可能になると期待される。とくに、大型装置を使用する評価実験の場合、「評価対象システム」と「評価用計測システム」とを同じ空間内に所在させることには大きな困難がともない、実験の機会や方法に制約を生んでいた。

そこで著者らは、高速大容量ネットワークの特性を活かしてこうした時間空間的制約を克服し、より効率よく多彩な共同実験を可能にすることを目的としたモデル実験をおこなった。具体的には、東京大学工学部（文京区本郷）に所在する大型のバーチャルリアリティシステムを体験中の被験者の生理指標を、実験者メディア教育開発センター（千葉市幕張）にいながらにして計測することを試みた。バーチャルリアリティが人間におよぼす影響の生理学的評価については、その必要性が指摘されながら実験例はまだきわめて少なく、この実験は先駆的なものといえる。

### 5.3.2 心拍を指標とするバーチャルリアリティの遠隔評価実験

評価対象は、東京大学工学部機械情報学科広瀬研究室で開発したモーションベットを利用したバーチャルリアリティシステム“天馬”とした。“天馬”に乗った被験者の眼前には大型スクリーンが設置され、“天馬”の操縦幹を操作することによって提示される映像が変化するとともに、油圧装置によって“天馬”自体が画像と同期して動き、高度の臨場感が造成される。生理学的評価指標としては、自律神経系の緊張を反映する心拍を選び、被験者を拘束せず無線でデータ送信をおこなうテレメトリによる心拍計測システムをもちいた。



実験は、平成9年2月17日～18日におこなった。被験者にごく小型の心拍センサーを装着し、バーチャルリアリティシステム体験中10分間の心拍を、その前後5分間をふくめて、テレメトリによる心拍計測システムで計測した。被験者は、このバーチャルリアリティシステムを何度も体験したことのある者2名、未経験者2名の計4名（いずれも男性）とした。導出されたデータはパソコンでA/D変換し、放送教育開発センターに伝送して記録した。さらに、ふたつの実験空間についての映像・音声をMPEG2コーデックを用いて伝送した。東大に所在する実験者への指示を放送教育開発センターからおこない、それらが正確に伝達、実行されるかどうかをも評価した。

結果については別の機会に詳述するが、実験に関する指示は的確に伝達・実施され、ふたつの実験空間を高速大容量ネットワークで接続することにより、時間・空間的な制約を克服した実験を行うことができたと考えられる。得られたデータはノイズや欠損がごく少ない精度のよいものだった。現在、ビデオで記録した被験者の体験内容と心拍データとを照合する解析作業の途上にある。

## 6. 在宅学習者向け双方向講座番組の開発

### 1. 研究のねらい

「一方向性」は、「放送」の持つ宿命の特徴と言われてきた。それは、しばしば「欠点」として語られることが多かった。しかし最近では、この特徴（欠点）は必ずしも絶対的なものではなくてきている。従来からあった視聴者参加番組は、FAX、「テレゴンク」、パソコン通信、インターネットなど、次々に登場した情報通信機器によって飛躍的にその双方向性を高めている。さらに最近では、双方向メディアであるデータ放送が開始され、これと連動した双方向番組の実験も始まっている。

テレビ受像機にも進歩がみられる。データ放送に対応し「双方向」を全面に打ち出したものが発売されるようになったのである。一方、パソコン側からのテレビ受像機への接近も進んでおり、開発競争は激化している。

こうした放送界の動きとは別に、通信技術の進歩と結びついた遠隔教育の世界での様々な試みも注目に値する。ここでも、キーワードのひとつは「双方向性」である。こうした状況は、いずれ「教育放送」の世界でも、双方向の時代が来ることを想像させる。

本プロジェクトは、双方向教育番組の試作をとおして、その演出面でのモデルを提示するとともに、本格的な双方向教育番組時代を招来するために解決すべき課題を明らかにしようとするものである。

### 2. 試作番組の前提

光ファイバー通信網が各家庭にまで整備され、スタジオと家庭の間で、映像・音声・データが双方向で自由にやりとりできる時代を想定する。試作番組は、高等教育レベルの講座番組とする。次世代の放送大学番組をイメージして制作したい。

### 3. 試作番組が目指す「双方向性」

講座番組が一方向性であることが、教育効果の面でどんな影響をもたらしているのであろうか。視聴者（学習者）に対する影響としては、次のことが考えられる。

- a. 漫然と見てしまいがちであり、緊張感がない。
- b. 参加感がない。これも緊張感を弱めることにつながる。
- c. 学習者仲間がいることを実感できない。

これまで、教育放送の欠点として、視聴者（学習者）が参加できないことが強調される傾向にあり、講師側の問題を忘れ勝ちであった。しかし、双方向でないことによるマイナスは講師側にも大きく働いている。聞き手の存在が実感できないことによって、講師は強い緊張のもとにさらされる<sup>1</sup>。その結果、自分のプレゼンテーション能力を十分に発揮できない。スタジオでの講義は一般的に話し方がざこちなくなり、教室での講義や講演に比べて、視聴者（学習者）に訴える力が落ちてしまいがちである<sup>2</sup>。講師の側からみた講座番組の欠点は次の2点にまとめられる。

- a. 学生の反応がつかめず、講義がひとりよがりになりがちである。
- b. 聞き手がない独特の環境は講師を極度に緊張させる。その結果、プレゼンテーションはぎこちないものとなり、視聴者（学習者）にとっては一層理解しにくい講義になってしまう。

これらの主として心理的な影響を、演出上の工夫で克服する方法も考えられる。例えばカメラに向かって話している講師の顔を映す回数を減らしたり、講師が、数十人の学生がそこにいる姿をイメージしながら講義する方法等である<sup>3</sup>。これらは全て「一方向性」の枠の中での解決を目指す知恵である。

これに対して今回の試作番組は、双方向性を持ち込むことによって講師自身へのマイナス効果を緩和しようとするものである。同時に、視聴者（学習者）側の学習を阻害する心理状態の解消をも合わせて実現しようとするものである。

試作番組においては、視聴者（学習者）には、仮想教室を実感し参加感を持つとともに、いつ指名されるかもわからないという緊張感が出てくることを期待したい。また講師には、逆に緊張感が和らぎ、自分のプレゼンテーション能力が十分に発揮できることを期待したい。視聴者（学習者）の反応や理解度を的確に把握しながら講義できる環境ができあがることへの期待でもある。

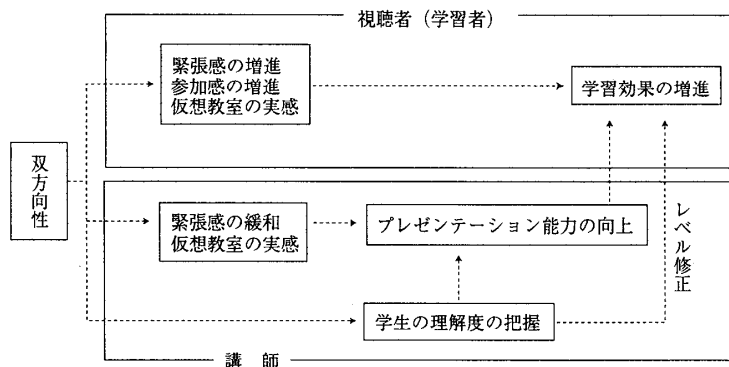


図-1 試作番組に期待するもの

ところで、「双方向」という言葉はマルチメディアを連想させる。マルチメディア型教材は非直線型の教材と呼ばれ、直線的な構造（ストーリー）がない。学習者の主体性が存分に尊重されたユーザー制御（学習者制御）型の教材である。あらかじめ構成された構造を持つオーサー制御（教師制御）型の教材と対置される。

表-1 従来型教材とマルチメディア型教材

	従 来 型 教 材	マルチメディア型教材
教育・学習の制御主体	教師（オーサー）	学習者（ユーザー）
構造化・ストーリー性	構造化大・直線型	無構造化・非直線型

講座番組は従来型教材であり、双方向性の番組に変えたとしても、「放送番組」の持つこの本質は変わらない。典型的なマルチメディア型教材のように、全ての視聴者が自分のペースで番組をコントロールすることは物理的にも不可能である。もちろん、双方向性を導入することによって、従来の講座番組よりも講師の主導性は弱まり、番組の構造にも柔軟性が出てくることが予想される。

#### 4. 予備実験

試作番組の制作は平成8年12月に実施することを予定していた。それに先だって我々は、双方向講座番組のイメージをつかむためにも、またATM回線による実験を順調におこない得るかどうかを確かめるためにも、実際にATM回線をつかう予備的な実験番組を制作することにした。ここではその概要と実験の成果を報告する。

##### (1) 予備実験番組の概要

- 1) 番組内容・・・「職場の情報管理学～第X回表計算上の利益計画～」
- 2) 講師・・・高橋三雄（筑波大学教授・経営情報学）
- 3) 場所・・・放送教育開発センター・TVスタジオ（千葉市美浜区）  
←→ 郵政省通信総合研究所（東京都小金井市）
- 4) 日程・・・平成8年3月26日

##### (2) 通信システムの構成

TV信号およびコンピュータ信号（Ethernet信号）伝送のシステムは以下のとおりである。

- 1) 通信回線・・・NTT高速・広帯域バックボーンネットワーク（ATM回線）
- 2) 伝送システム・・・圧縮TV信号2系統（下り・上り）、およびEthernet信号1系統
- 3) コンピュータ・・・Power Macintosh 8500×2台
- 4) ソフトウェア・・・表計算ソフトウェア（Microsoft Excel）
- 5) 共有システム・・・ファイル共有ソフトウェア（TimbuktuPro・米国Farallon社製）

予備実験はATM回線を使用しておこない、放送教育開発センターのテレビスタジオと東京都小金井市にある郵政省通信総合研究所との2地点を1対1の対応で結んだ。通信総合研究所には視聴者（学習者）がいて、テレビスタジオの講師の講義を受講する形をとった。2地点間の信号伝送形態を図-2に示す。

TV信号の伝送は、「開発センター」→「通総研」と「通総研」→「開発センター」の下り・上りの2系統をATM回線に設定し、MPEG2による1.5Mbpsの画像圧縮方式で実施した。また2地点間に設置したコンピュータの接続は、Ethernet信号によっておこない、ATM交換機にモジュールとして内蔵されていたEthernetのブリッジを介してネットワークを構成した。

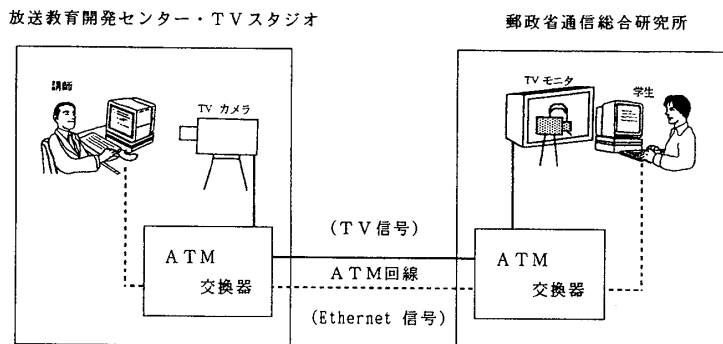


図-2 予備実験番組のネットワークの構成

### (3) 番組内容

番組は、継続しているシリーズ番組のうちの1回分として設定し、講師が用意した「講義」を中心に進行した。はじめに講師が本講義のねらいを紹介した後、双方向機能を使って学習者を呼び出し、たがいに短い対話をおこなった。つづいて講義内容に移り、数分の講義の後、表計算ソフトウェアを使った双方向共同演習に入った。共同演習は19分間にわたってつづけられ、コンピュータの表計算画面上で同一画面をたがいに操作しながら進行した。最後に講師が、本時の講義のポイントを整理した後、再度学習者と対話し、およそ29分間の予備実験番組を終了した。

スタジオからの「放送」に当たる番組映像および音声は、TV信号としてATM回線の下り回線を通り学習者側へ送られ、講師の姿や講師が用意した図表（コンピュータによるグラフィック画面）が遠隔地にいる学習者のテレビ受像機に映し出された。また学習者側の映像・音声は、同じくTV信号として上り回線を通りスタジオへ送られ、双方でたがいに顔を見合わせながら番組を進行できるようにした。表計算ソフトウェアの画面は、ATM回線内を通るEthernet信号としてスタジオから学習者側へ送られ、双方のコンピュータで同時に操作できるようにした。

双方向共同演習では、講師が具体的な事例を表計算ソフトウェア上に提示し、学習者がそれに答えるという形で進めた。学習者の回答に講師が修正を加えたり、指示を与えたりすることによって学習が効果的にすすむことをねらった。

図-3はテレビスタジオ、図-4は学習者側の様子を示している。



図-3 テレビスタジオの講師  
(放送教育開発センター・TVスタジオ)

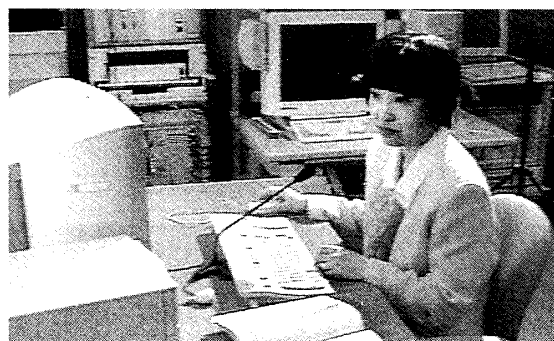


図-4 学習者側  
(郵政省通信総合研究所)

#### (4) 予備実験番組の成果

放送教育開発センターではこれまで、A T M回線にテレビ信号を伝送して遠隔教育の実験を実施してきた。それに対してこの予備実験番組は、さらにコンピュータ信号の伝送が加えられたものである。A T M回線によるこうした実験は今回の予備実験番組がはじめての試みであり、演出上のねらいを実現するためにも技術的な確実性が求められた。番組の内容・構成面でも、双方向教育番組のイメージを構築するために、演出上のような要素を組み込む必要があるかが課題であった。

ここでは、我々が当初考えていた双方向番組のイメージがどのように反映していたかを検討し、予備実験番組の成果を整理しておきたい。

##### 1) 番組構成における双方向機能

- a. 学習者がリアルタイムで学習をしている緊張感を表現することができた。
- b. 講師の話しぶりが双方向部分では対話調になり、従来の「一方向性」の場合に見られるプレゼンテーションの固さが少なくなった。
- c. 多数の学習者が受講していることを前提に構成したものであったが、学習者を1名しか設定できなかったため、事実上1対1の双方向実験になり、マスを対象にした放送番組としてのイメージが不足する結果になった。

##### 2) 技術上の双方向機能

- a. A T M回線上では、T V信号、Ethernet 信号ともにトラブルなく伝送された。
- b. 講師、学習者のそれぞれの側では、相手の音声と映像との間に時間的なずれが認識され、同時性のイメージに心理的な不安を生じさせた。これは、T V信号のうち映像信号と音声信号の圧縮方式がそれぞれ異なっているためである。

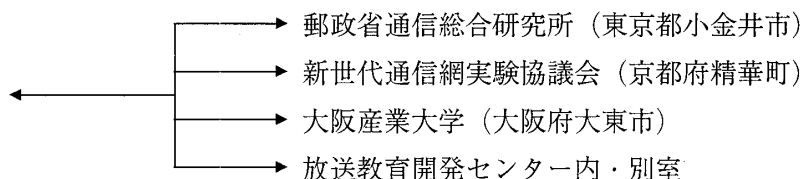
#### 5. 試作番組の制作

平成8年12月18日に試作番組の制作をおこなった。予備実験番組とは異なり、この試作番組では学生サイトを4か所にして、複数サイトとの接続によって実験をおこなった。

それにともなって、番組の演出面でも放送・通信システム等の技術的な面でも予備実験番組の場合よりさらに複雑な対応が要求された。ここではその概要を報告する。

##### (1) 試作番組の概要

- 1) 番組科目名・・・「住居学～第○回住空間を断面で考える～」
- 2) 講師・・・後藤 久（日本女子大学家政学住居学科教授）
- 3) 講義の内容・・・住宅を設計するときに、住空間を、平面だけでなく断面で考えることが重要であることを具体的に学習する。
- 4) 場所・・・放送教育開発センター・T Vスタジオ（千葉市美浜区）



## (2) 番組の構成

試作番組の内容・構成の概略を表-2に示す。表中の〔双方向〕と表示したところはスタジオの講師と遠隔地の学習者との間で対話や演習がおこなわれた部分である。またこの試作番組の制作に先だって、比較して考察するための対照番組も制作した。表の右側が比較対照番組の内容・構成である。

番組のトータル時間は、比較対照番組の44分に対し試作番組では57分と13分も長くなった。その理由は、どちらもほぼ同じ講義内容をあつかっているのに、試作番組ではさらに双方向部分の時間が付加されたからである。今回の実験から、双方向番組ではさらに時間を考慮した番組・講義設計が必要であることをあらためて認識した。

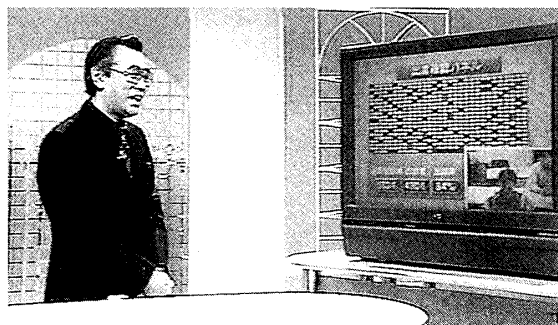


図-5 試作番組のスタジオと講師



図-6 学習者側（大阪産業大学）

## (3) 試作番組における双方向性

番組の基本形態は一斉学習、教師主導型である。完全双方向番組を指向するのではなく、従来型の講座番組に双方向機能を付加し、より豊かな放送番組を目指す学習者参加型である。番組中でおこなわれる双方向機能を以下のように設定した。

- 1) 登録者の出欠確認
- 2) 講師と学習者が画面を共有しての共同作業（宿題のチェック）
- 3) 練習問題（学習者の理解度をチェック）
- 4) 演習（コンピュータによる学習者と講師の共同学習）
- 5) 学習者からの質問
- 6) 学習者との対話（参加感・緊張感）

これらの双方向機能を実現するために、ATM回線による通信システムと放送技術システムの構築、および双方向機能を映像的に表現するための演出システムの開発をすすめていった。

## (4) 双方向部分の展開

番組の中でおこなわれた双方向部分のうち二つの例を再録し、表-3、表-4に示す。ここに掲載したのは2例だけだが、この他にも5回の双方向のやりとりがおこなわれている。いずれも初めの予定どおり講師主導の原則で進められている。そして画面共有場面や質問への返答などもきわめてスムーズに進行している。なお、放送システム・通信システムの運用上では、ファイル共有ソフトウェアの不調が1件発生したが、その他にトラブルもなく順調にすすめることができた。

表－２ 試作番組と比較対照番組の内容・構成

試作番組（双方向）			比較対照番組（非双方向）	
項目	構成要素	時間	構成要素	時間
1. タイトル	タイトル画面	40"	タイトル画面	40"
2. イントロ	講師挨拶 テーマ紹介 出欠確認 [双方向]	2' 50"  ／ 3' 30"	講師挨拶 テーマ紹介	25"  ／ 1' 05"
3. 復習 断面図で何が わかるか	講師～図面 図表ピラミッド 講師・図表 (宿題確認) 箱の断面図(PC) [双方向]	7' 40"   ／11' 10"	講師～図面 図表ピラミッド 講師・図表 箱の断面図 (PC)	7' 45"   ／ 8' 50"
4. 住宅と断面図 (1)	講師～断面図 図表 (简单邸) 質問～応答 [双方向] 練習問題提出 PC～理解度 [双方向] VTR・図表	14' 45"    ／25' 55"	講師～断面図 図表 (简单邸) 練習問題 VTR・図表	10' 20"   ／19' 10"
5. 住宅と断面図 (2)	講師～断面図 図表・VTR (高橋邸) PC上 (演習) [双方向] 図表	17' 45"   ／43' 40"	講師 図表・VTR PC上 (問題) 図表	17' 50"   ／37' 00"
6. 住宅と断面図 (3)	講師・図表 PC上 (演習) [双方向]	8' 15" ／51' 55"	講師・図表	4' 05" ／41' 05"
7. 断面図まとめ	まとめ 講師・図表	3' 45" ／55' 40"	まとめ 講師・図表	1' 40" ／42' 45"
8. 宿題	講師 図表 (宿題)	20" ／56' 00"		
9. まとめ	感想を聞く [双方向] 講師挨拶	30" ／56' 30"		
10. 終了タイトル	タイトル画面	30" ／57' 00"	タイトル画面	1' 15" ／44' 00"



表-3 学習者の出欠確認

映 像	音 声・内 容	映 像	音 声・内 容
講師と モニタ画面	講師：それでは出席を確認 しましょう。  出席ボタンを押して ください。	モニタ画面 (学習者：岩間 さんの顔)	こんどは東京の方で すね。  岩間さんですね。 こんにちは。
モニタ画面	講師：受講登録者数が583 名、今日の出席者数 が490名ということ で、84%の出席率で すね。		ふだん、こうした図 面なんてものは描い たり見たりしてい らっしゃいますか？
講師と モニタ画面	講師：何人かの方を呼び出 してみたいと思いま す。それでは79番の 方		岩間：いいえ、全然描いた り見たりしませんの で、いろんな講義が 聞けるのを楽しみに しています。
モニタ画面 (学習者：遠藤 さんの顔)	えーと画面に出てき ました。  遠藤さんですか？ 大阪の方ですね。  遠藤：はい  講師：前回の講義を聞いて いただいて、どうで すか？ご理解いた だけましたか？  遠藤：はい。大変よくわか りました。  講師：そうですか。今日も ひとつ頑張ってく ださい。	講師と モニタ画面    モニタ画面 (学習者：岩間 さんの顔)	講師：そうですか。  ふだん、図面という のは二次元の世界の ものですが、三次 元のものに二次元 にしますから、ちょ っと分かりにくい かもしれませんが、よ く聞いてみてくださ いね。  岩間：よろしくお願いま す。
講師と モニタ画面	もうひとつ、379番 の方、いかがです か？	講師 (カメラ向き)	講師：それでは講義に移 りましょう。

表一 4 練習問題 (階段の設計図を描く)

映 像	音 声・内 容	映 像	音 声・内 容
設問画面	<p>講師：これが問題でしたね。 A・Bは自由です。階高は3メートルということで、この中に階段を描いてください、という問題でしたね。</p>		<p>講師：3メートルの階段高ですから、20センチだと15段で、大変明快な数値で分かりやすいですね。</p> <p>でも、これだと二階の床に頭がぶつかってしまいますね。</p>
解答画面	<p>講師：それじゃ、受講生の399番の方。</p> <p>答がでてきましたね。</p> <p>ああ、399番の方、下村さんですか？</p> <p>この答の説明をしていただけますか？</p> <p>下村：はい。</p> <p>踏み面と蹴上げ両方とも20センチにしてみました。15段で3メートル上がれると思います。</p> <p>横の方向には3メートルすすんで、残りのBの寸法が2メートルになるということになりました。</p>	<p>講師と モニタ画面</p> <p>図面を修正</p> <p>(学習者：下村 さんの顔)</p>	<p>このAの数値を少し変えてもいいですか？</p> <p>もう50センチ右へずらしてみましよう。 .....</p> <p>今度はどうですか？ こうすると一つの答になりますね。</p> <p>この他になにかうまい方法が思いつくことがありますか、下村さん。</p> <p>下村：えーと頭をぶつけないためだと、勾配を緩くするというのでしょうか？</p>

## 6. 試作番組の技術的側面

### (1) 回線構成

双方向教育番組の試作実験は、NTTマルチメディア共同利用実験のひとつ、「マルチメディア教育ネットワーク実験」の一部としておこなわれた。マルチメディア教育実験では、放送教育開発センター（NIME・千葉市美浜区）を中心に、大学・研究所等の機関がATMネットワークで接続されている。本実験においては、図-7に示すような回線設定にした。これによりNIMEと郵政省通信総合研究所（CRL・東京都小金井市）、新世代通信網実験協議会（BBCC・京都府精華町）、大阪産業大学（OSU・大阪府大東市）の間を比較的高画質で結ぶことを実現した。なおNIMEとBBCCおよびOSUはNOVA情報システム（NIS・東京都渋谷区）を経由して結ばれた。NISとBBCCおよびOSUの間はBBCCの実験網を使用し、広い帯域を確保した。

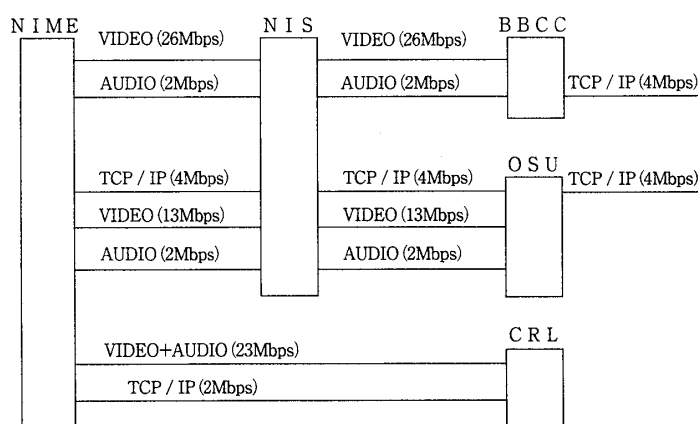


図-7 ネットワークの構成

### (2) スタジオ内映像・TCP/IP信号系統

スタジオ内の映像信号系統を図-8に示す。放送教育開発センター（NIME）のテレビスタジオには、外部3か所（CRL・OSU・BBCC）からの映像・音声信号がプリ・スイッチャーに入力し、双方向部分では選択した学習者の顔をスタジオ・ディスプレイに映し出した。コンピュータ（PC）の画像信号はスキャン・コンバータによってテレビ信号に変換し、プリ・スイッチャーで選択した。スタジオの映像・音声はメイン・スイッチャーで選択した後CODECで符号化し、ATM交換機、ATMバックボーンネットワークを通して外部のサイトへ送信した。PCは10-BASE-Tケーブルでオムニスイッチに接続し、ATM交換機を通してEthernetで外部の学習者サイトと結ばれた。

NIME内別室の学習者との間は、映像および音声はビデオケーブル、音声ケーブルで、TCP/IPはEthernetで結ばれた。

### (3) 学習者側の信号系統

学習者側のシステム構成は、NIMEと同等な機器で構成されている。すなわち映像・音声を符号化するCODECは1系統だけであるが、ATMバックボーンネットワークに接続するためのATM交換機やEtherケーブルを接続するHUBなどはスタジオと同等なものが使

用された。その映像・通信系統を図-9に示す。

学習者側の顔は民生用カメラで撮影され、CODEC-A T M交換機によりA T Mバックボーンを介してN I M Eのテレビスタジオに送られた。学習者はT Vスタジオから送られてきた映像・音声信号をT V受像機で視聴しながら、講義の進行にあわせて、パソコン上でスタジオの講師と共有するファイル进行操作し、スタジオで進行する双方向講義に参加した。試作番組を検討する段階ではC R L、O S U、B B C Cの3か所とネットワーク上のファイル共有の実施を目指した。しかし、パソコン技術、ネットワーク技術の現状に限界があり、

試作番組制作の中では、コンピュータによる共有実験はスタジオとC R Lとの1対1の双方向操作だけにせざるを得なかった。

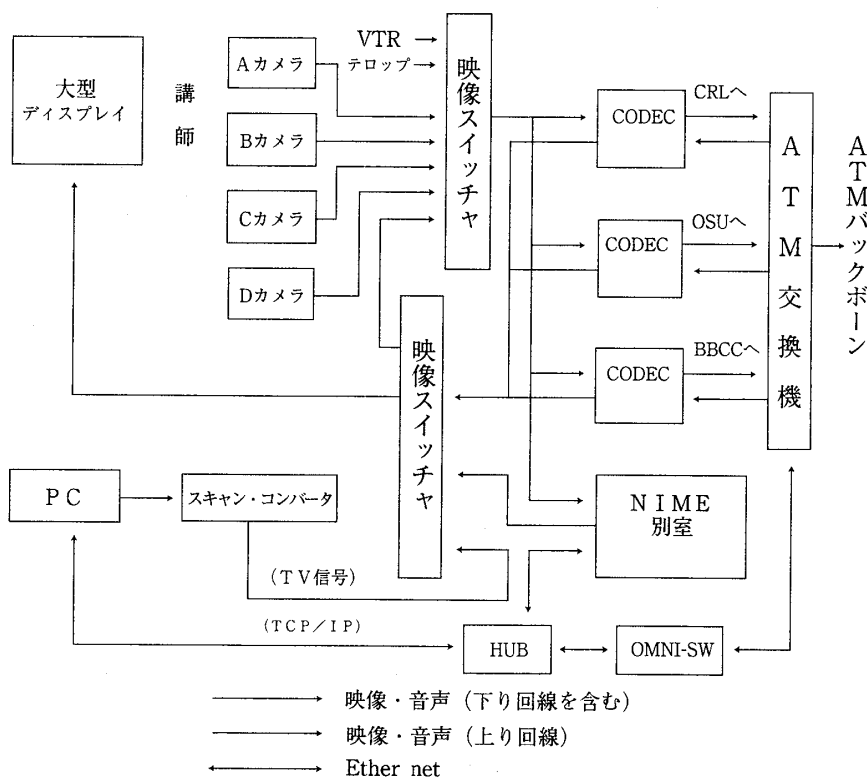


図-8 スタジオ内の映像・TCP/IP信号系統

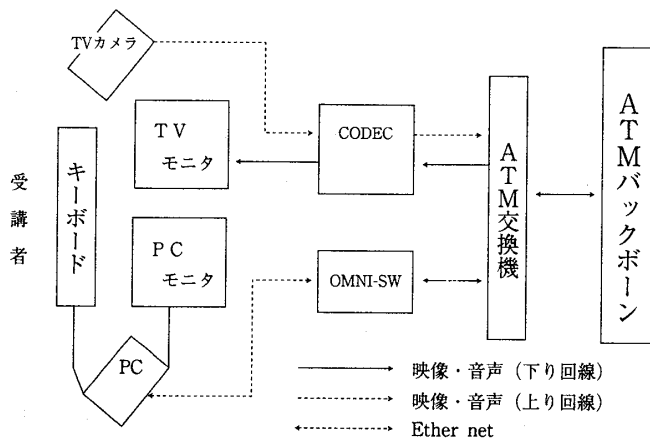


図-9 受講者側 (C R L など) の映像・通信系統

#### (4) 試作番組で使った双方向技術

スタジオの講師と受講者との間を双方向で結ぶ映像技術およびコンピュータ・ネットワーク技術はつぎのとおりである。

##### 1) 「出席確認」等の映像技術

学習者の講義への出席確認等の演出は、双方向番組のイメージを組み立てるために必要な要素である。こうした演出効果を表現するために、パソコンでさまざまな双方向機能画面をつくり、講師のそばのディスプレイに表示することにした。

「出席確認」画面では、講師に指示によって学習者が「出席ボタン」を押す。すると画面上には出席者の升目が点灯していく。一定時間後、出席者総数・出席率等が表示される。講師は出席者のうち任意の升目を押すと、その学習者が呼びだされ、顔が画面に表示される。講師と学習者は対面しながら会話をおこなうことができる。この模様は他の学習者にもスタジオからの放送映像として視聴できる。

この手法は、他の双方向機能である「理解度チェック」や「質問の有無」など、いくつかの場面で活用された。これらの双方向機能画面はMacroMedia社のDirectorV.4で作成した。その例を図-10、図-11に示す。

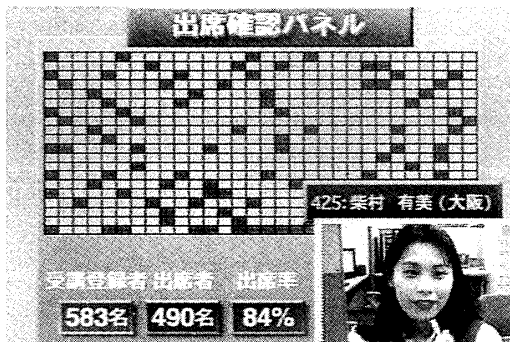


図-10 「出席確認」の画面

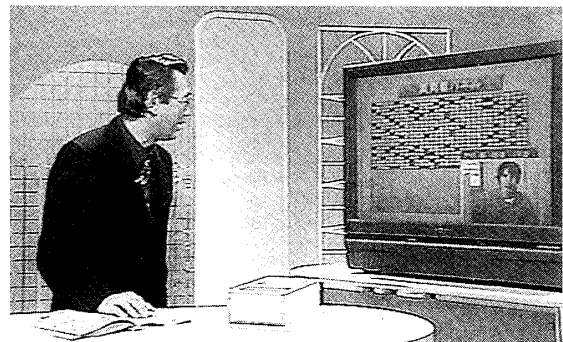


図-11 「質問画面」と講師

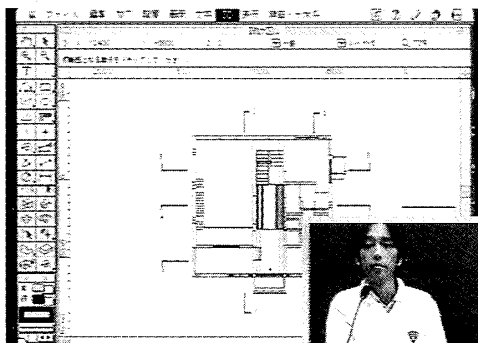


図-12 ファイル共有画面

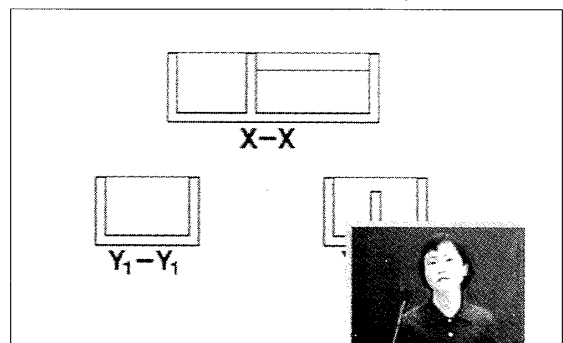


図-13 「宿題」の解答画面

##### 2) コンピュータによるファイル共有操作

試作番組では、スタジオの講師と学習者との間でコンピュータ（PC）によるファイル共有操作の実験をおこなった。これによって双方向学習の現実感がいっそう明確になる。双方で共有するソフトウェアはCADソフト（MiniCad6）で、住宅の平面図から断面図を描くために使用する。PC間のファイル共有機能を実現するソフトに

はTimbuktu-Proを使用した。

Timbuktu-Proのファイル共有機能は1対1の対応が基本である。複数サイトとの同時共有機能をもつソフトはまだ実現していない。試作番組では4か所の受講者サイトと結ぶネットワークにしたが、ファイル共有機能をサイトごとに接続し直す煩雑さをさけるため、実際にはC R L 1か所だけと接続し、あたかも複数サイトとの共有であるような演出で実施した。図-12はこのC A Dによる実験の様子を示している。

### 3) 画像のやりとり

講師からの「宿題」「練習問題」に対して学習者からスタジオへ解答が送信され、それに講師が添削・評価をするという想定で双方向機能の演出がおこなわれた。この部分は現在の技術でも実現可能であるが、準備やシステムの負担を考慮してシミュレーションにとどめることにした。実際にはスタジオのP C上に組み立てた双方向画面で模擬的に操作して代用した。ただし、画面効果を高めるために、グラフィックプレゼンテーションソフトウェアの「Director」でアニメーションを含んだコンテンツを作成し、番組効果を高める演出をおこなった。図-13は「宿題」の解答・添削画面を示している。

## 7. 試作番組の評価と残された課題

試作番組が双方向教育番組としての所期のねらいを表現し、そのイメージを構築し得たかどうか検討しておきたい。

試作番組では、双方向番組としてのイメージを組み立てるために6項目の双方向機能を設定した。またスタジオの講師と遠隔地の学習者による「仮想教室」のイメージは、A T M回線による通信システムによって構成した。そこでここでは、今回の試作番組における演出上のシステムと通信技術上のシステムによって、双方向教育番組としてのイメージがどの程度実現できたかを検討する。

### (1) 演出上のシステム評価

#### 1) 双方向機能のプレゼンテーション・システム

新たに開発したプレゼンテーション・システムによって、双方向教育番組としてのイメージはどの程度表現できただろうか。結果としては十分とはいえないまでも、双方向番組のイメージを具体的に表現できたと考える。ここで検討すべきことは、プレゼンテーション・システムが双方向番組にとって演出上効果的であったかどうかである。

演出上のプレゼンテーション・システムとしては、「学習者の出席確認」「宿題のチェック」「択一式設問による練習問題」「学習者からの質問」「学習者と講師の共同演習」がおこなわれた。

「学習者の出席確認」ではスタジオの大型ディスプレイに「出席確認パネル」が表示され、出欠の有無、出席率が表示された。講師は任意の出席者を呼び出して、画面上で

対面しながら会話をおこなった。この「出席確認」は学習者と接触することによって「仮想教室」を成立させることをねらっている。試作番組では、このねらいが十分に表現できたとはいいがたいが、双方向番組のイメージ設定としては表現できたと考えられる。

「宿題のチェック」は双方向機能のひとつとして有効であることを示すことができた。しかし演出上では軽く扱ったため、講師の添削・回答に対する学習者の反応を取り入れることなく進行し、双方向のイメージを十分には表現できなかった。

「択一式設問による練習問題」では、解答結果に正答・誤答をふくむ結果を表示した。それに対して講師は正解に必要な学習内容を展開した。その後、学習者の理解に変容があったかどうかを確かめることなく講義をすすめたために、双方向学習のイメージが十分に表現できたとはいいがたい。もう一度学習者とのやりとりを必要としたかもしれない。

「学習者からの質問」では、番組進行中のどの時点でも学習者から質問を受け付けることができるようにした。「質問者パネル」が用意され、そこに質問要求が表示される。試作番組では質問者の1名を呼び出し質問を受け付けた。質問内容に応じて講師はさらに情報をつけ加えた。将来予想される双方向教育番組ではこのような機能は必要だろう。

「学習者と講師の共同演習」ではコンピュータでCADソフトウェアを操作し、学習者に住宅の断面図を描かせた。リハーサルでは演習はスムーズに進行した。しかしその直後にトラブルが発生したため本番収録時には代換手段を取らざるを得なかった。また番組の時間の制約とネットワーク回線接続の煩雑さから1か所の学習者だけに限ったが、さらに同様な共同演習をつづける時間的な余裕が必要であった。

## 2) 講師のシステムへの対応

双方向教育番組への取り組みは、演出者だけでなく講師にとっても初めての経験であった。講師が実感的に（あるいは体感的にといった方がいいかもしれないが）双方向機能を体験するのはスタジオに入ってからであった。そのため事前の予想を十分に活かすことができたとはいえない。

放送番組はリアルタイムで進行する。講義の時間的な流れは放送台本の形で整理され、あらかじめ用意されているとはいえ、それをねらい通りに表現するには、かなりの訓練と慣れを必要とする。講師は放送番組への出演経験が豊富な方であったが、双方向番組に取り組むのははじめてである。テレビ・スタジオという日常とは異なる環境の中で、最大限の努力をしてくださった講師に深く感謝したい。

番組の双方向機能は、コンピュータ映像でのプレゼンテーション・システムとして設

定していた。番組演出上では、本来これらの機器の操作を講師が直接おこなう方が効果的なはずである。しかし試作番組では、講師の代わりに2名のアシスタント・オペレータが機器の操作をおこなった。その理由は、新たに開発したプレゼンテーション・システムの操作が複雑で、講師があつかうのは困難であると演出側が判断したからである。現在のコンピュータ、ソフトウェアの操作性は決していいとはいえない。

この点については、将来こうした教育番組で誰でも容易に使うことができる操作性のすぐれたハードウェアやソフトウェアの開発が望まれる。

## (2) 技術上のシステム評価

### 1) 双方向通信システム

試作番組の制作は、これに先だっておこなった予備実験番組と同様、NTTのATM回線を使用して実施した。予備実験番組と異なった点は、番組に登場する学習者のサイトを複数にしたことである。

#### a. テレビ信号系の圧縮方式

スタジオと複数の遠隔地点とをATM回線で同時に結ぶために、いくつか解決しなければならない課題があった。設置する学習者サイトの数にみあった数のCODECを確保すること、テレビ信号の圧縮・伸張の方式を、可能ならば予備実験番組の場合よりも帯域の広いものにするなどであった。予備実験番組では、テレビ映像信号は1.5Mbpsの圧縮方式を採用していた。この方式では映像と音声の間でわずかな時間的なずれが生じる結果、映像が音声よりも0.15秒ほど遅れ、同時性のイメージに心理的な不安感を与えていた。

試作番組制作の時点では、広帯域での信号圧縮伝送が可能になったため、通常のテレビ映像に遜色ない画質と、時間的な遅れを生じない音声伝送を実現することができた。これによって試作番組では、違和感のないスムーズな映像信号を伝送することができ、番組イメージの向上に役立てることができた。

#### b. 多地点との同時結合

学習者のサイト数は4か所設定したが、そのうちATM回線を使用してスタジオと結んだ場所はCRL、OSU、BBCCの3か所である。ATM回線の規格をフルに使用すればそれ以外にも学習者のサイトを設置できたかもしれない。しかし現在の時点で、目的に適した符号化装置を必要な数だけ調達することは困難であった。ATM回線による通信方式はまだ実験の段階である。それにあう機材も現在のところ十分に供給されてはいない。

いま最先端の技術水準を駆使して実験をおこなうとしても、われわれの試作番組がめざしている数百か所との通信回線での同時結合はまだ無理である。さらなる技術開発を期待したい。



通信回線の制御技術については、現在のところATM回線では16か所ほどの多地点と同時結合が可能であるという。ただし、映像信号の品質は十分に確保されない。さらに映像・音声信号の多地点結合制御技術がすすみ、多目的な通信回線制御技術の基礎が確立することを期待したい。こうした努力によってはじめて、われわれがめざす未来の双方向教育番組が実現する時代をむかえることができる。

#### c. コンピュータ信号の伝送

今回の試作番組では、スタジオと学習者との間でコンピュータによる共同演習をおこなった。コンピュータどおしの結合は、ソフトウェアの共有を可能にするファイル共有ソフトウェアを用い、コンピュータ信号はEthernet信号でたがいに伝送した。試作番組で使用したソフトウェアはCADソフトウェアで、ディスプレイ上では建築物の図面を表示している。図面を構成しているデータは数値データだったためか、データ伝送帯域がわずか2～4Mbpsであったにもかかわらず、リハーサルでは講師←→学習者間のコンピュータ間でスムーズな伝送ができた。しかし本番収録に入る直前トラブルが発生し、スタジオのコンピュータで学習者側の操作を代行せざるを得なかった。

### 2) 通信システムと放送システムの結合

試作番組の制作にあたって、現行の放送システムと通信システムとを結ぶために、信号系統の複雑な結合を必要とした。外部の学習者サイトがわずか3か所とはいえ、テレビ信号の下り・上りの結線、コンピュータ信号を送るEthernetの結線、それらの信号をセレクトするスイッチングシステムなどが網の目のように張りめぐらされた。このため、学習者サイトからの映像・音声のスイッチングに、テクニカル・ディレクターやオーディオ・ディレクターは多忙をきわめる結果になった。このように放送システムが複雑になったのはやむを得ないことであった。しかし、将来このような双方向番組を可能にしていくためには、双方向通信システムと一体化した、使いやすい放送システムの開発が求められるだろう。

### (3) 双方向教育番組実現への課題

双方向教育番組の放送が日常적으로おこなわれる時代を招来するために解決すべき課題は何か、そのためには何をしなければならないかを整理しておきたい。

#### 1) ネットワークの整備と端末装置の開発・普及（ハードウェア面の課題）

なめらかな動きの映像を伴った高度な双方向番組が実現するためには、インフラとしての高速大容量の通信網の整備が大前提である。加えて高度な回線制御技術も必要である。今回の実験では4つのサイトが参加したにすぎなかったが、将来は数百、数千というサイトと同時にアクセスする必要性が生じてくるにちがいない。

また、通信機能をもつマルチメディア型の家庭用テレビ受像機の開発も重要な課題である。

## 2) 質の高い双方向番組を実現するために (コンテンツ面の課題)

メディア教育の研究者には、双方向教育番組の効果についての研究をすすめ、その理論化を図ることが期待される。これはメディア教育の体系の中に双方向教育番組を正しく位置づける作業といえよう。

教育番組の制作者には、演出や番組構成の面での研究がいつそう要求される。双方向教育番組は、視聴者が参加する番組である以上、従来にはない「弾力性」をもたせた演出を追求することが必要である。

またスタジオセットの開発も不可欠である。双方向機能を実現し、かつ講師にとって使い勝手のよいプレゼンテーション・システムが必要になる。

出演講師は、双方向番組の意義について理解を深めることが求められる。さらに双方向番組のメリットを最大限発揮するために、講師のプレゼンテーション能力の開発・向上が求められる。仮想教室の雰囲気を実感させる話術、緊張感をかもし出す話術などの訓練が必要である。加えて、端末の操作についても慣れてもらわなければならない。

## 3) できることから始めよ

放送番組を双方向化することは簡単ではない。この壁を突破するには双方向番組を期待する世論のバックアップが不可欠である。そのためには、実験番組をできるだけ多く実施し、双方向番組の良さをアピールしていく必要がある。

実験番組の「双方向のレベル」はかならずしも高度でなくてもよい。今回の試作番組制作後、次のような感想が述べられた。

- a. 教育効果の向上のためには、確かに双方向番組は有効だ。
- b. とくに講師にとっては必要だ。
- c. 学習者とのやりとりがなくても、オンラインでつながっているだけで効果がある。
- d. 学習者の「顔」が見えなくても双方向機能が生きていればよい。
- e. 学習者がすべて参加するのではなく、一部が参加する形でも効果がある。

こうしたことは、ATM回線のような高速・大容量のメディアでなくても、手近なメディアを使うことによっても実現可能である。ISDN、電話回線、CATVネットワークなどを使って実験をくりかえしていくことが必要になるだろう。

このように、実験番組の制作とその評価をくりかえすことによっではじめて、高速・大容量の通信網が整備される新しい時代に対応していくことができるのである。