

マルチメディア教育ネットワーク実験 「開通式実験」報告 —動きだしたATMネットワークの利用—

教育学研究科

総合情報処理センター

国際文化学部

村田 育也*

井上 雄紀†

山崎 智行‡

1 はじめに

コンピュータ・ネットワークは、今一つの大きな転換期を迎えている。マルチメディア通信の普及が当たり前のこととして語られ、その利用者が増加するにつれ、既存のネットワークの限界が見えてきたのである。既存のネットワークが、マルチメディアに対応しながら進化していくには、ATM技術がなくてはならないだろうと言われている。ATMネットワークが、これからのマルチメディア通信を支えていくというわけである。このようなATMネットワークへの転換期に、それを利用したマルチメディア教育の実験的な取り組みが行われることは、非常に有意義なことである。

神戸大学では、NTTが実験的に提供するATMネットワークを用いて行う「マルチメディア通信の共同利用実験」(次章で詳説する)に、二つのグループが参加している。一つは、工学部情報知能工学科の金田悠紀夫教授を代表者とするグループで、「オンラインユニバーシティ」プロジェクトに参加されている。もう一つは、発達科学部の蛭名邦禎助教授を代表者とするグループで、「マルチメディア教育ネットワーク実験」(次章で詳説する)に参加している。

私たちが参加しているのは、後者の「マルチメディア教育ネットワーク実験」で、これは、文部省放送教育開発センターが、大学等の教育研究機関とともにやっているものである。

本レポートで報告する「多元同時開通式実験」(以下、開通式実験という)は、その「マルチメディア教育ネットワーク実験」に取り組むにあたって、ネットワーク接続が実現していることを確認する実験的なセレモニーである。

私たちは、微力ながら蛭名助教授のお手伝いをさせていただき、この開通式実験に参加するという貴重な経験をする機会を得た。ここで私たちが経験したことを、できるだけ多くの方々に知ってもらうことは、今後のマルチメディア教育の発展にとって、有益ではないかと思う。今回の開通式実験は、「マルチメディア教育ネットワーク実験」の入り口に入ったばかりという感じだが、それでも関心を持っておられる方たちの参考にしていただけるものと思う。これが、

*murata@natura.h.kobe-u.ac.jp

†inoue@kobe-u.ac.jp

‡yama3@cs.cla.kobe-u.ac.jp

この報告文を書いた理由の一つである。

その理由には、もう一つある。神戸大学では、KHAN96でATM-LANの整備が進む。私たちが英文マニュアルをにらみながら、おそろおそろボードを入れ、ドライバーソフトをインストールしたのと同じ様なことが、これから学内のあちらこちらで行われるに違いない。そのときに、私たちが今回の開通式実験でした失敗や工夫を記録として残しておけば、これを参考にして役立てていただけるかもしれない。そう考えたことが、この報告文を書いたもう一つの理由である。

本レポートが、マルチメディア教育に関心のある方々の参考となり、これから学内で整備されていくATMネットワークとの接続の際の一助となれば、幸いである。また、この報告文を読んで興味を持たれ、今後の「マルチメディア教育ネットワーク実験」に協力し、参加して下さる方がおられれば、この上もない喜びである。

2 マルチメディア教育ネットワーク実験について

日本電信電話（NTT）株式会社マルチメディア推進室は、平成6年度から「マルチメディア通信の共同利用実験」を行っている。

この実験の参加要項 [1] には、次のように記されている。

本実験は、将来高速・広帯域な通信ネットワークを構築して「マルチメディア通信」が可能となる環境を設定し、高速ネットワークを利用した新しいアプリケーションの開発と利用を、実験に参加していただく方とNTTが共同して実施するものです。

実験の形態としては、NTTがネットワークを提供し、実験参加者がそこに接続する機器（コンピュータ、ルータ等）と利用するアプリケーション（ソフトウェア、各種情報等）をご提供いただく共同実験となります。

本参加要項は、以下の3実験のうちの一つである高速コンピュータ通信利用実験について記載しています。

1. 高速コンピュータ通信利用実験
2. 一般利用向けマルチメディアネットワーク利用実験
3. CATV映像伝導利用実験

そして、NTTは、高速・広帯域の通信ネットワークとして、本実験にATM（Asynchronous Transfer Mode：非同期転送モード）によるネットワークを用いることとしている。（ATMについては、3章で説明する）

文部省の大学共同利用機関である放送教育開発センターは、永岡慶三教授を主査として、上にあげた3実験のうち1番目の高速コンピュータ通信利用において、「マルチメディア教育ネットワーク実験」で参加をしている。

この実験には、放送教育開発センターの接続先として、次の研究機関が参加、協力している。

文部省学術情報センター
郵政省通信総合研究所

神戸大学発達科学部（注）
 BBCC新世代通信網実験協議会
 株式会社エヌアイエス
 千葉大学工学部
 横浜国立大学教育実践研究指導センター
 東京大学工学部
 東北大学教育学部附属大学教育開放センター
 名古屋大学教育学部

（注）「マルチメディア教育ネットワーク」プロジェクトには、神戸大学では、発達科学部（含む人間科学研究センター）の他、国際文化学部、大学教育研究センター、総合情報処理センターのメンバーが参加している。

これらの研究機関は、NTTが提供するATMネットワークを通じて、放送教育開発センターと、12Mbps（郵政省通信総合研究所とは30Mbps）で結ばれている。（図1参照）

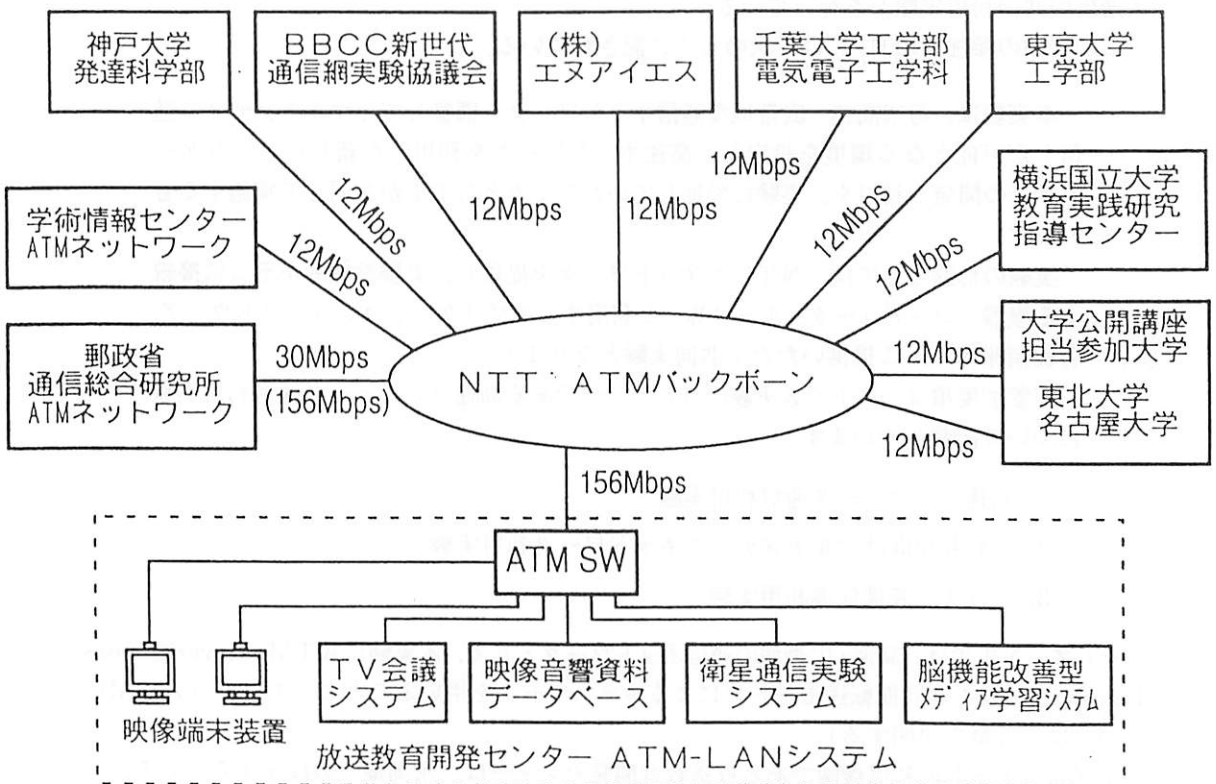


図1: マルチメディア教育ネットワーク実験接続構成図 [2]

マルチメディア教育ネットワーク実験には、次のような実験テーマを設定されている。

- 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
 - 2a) 遠隔教育ネットワーク
 - 2b) 遠隔教育実験
- 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
- 4) 快適なメディア教育システムの実験

この中で、神戸大学発達科学部は、BBC新世代通信網実験協議会と(株)エヌアイエス(英会話のNOVA)とともに、2b)の「遠隔教育実験」で参加することになっている。

3 ATMネットワークについて

3.1 ATMとは

マルチメディア通信に必要な不可欠と言われるATM技術について、ご存じない方のために簡単に説明を試みる。

ATM技術は、非常に複雑な技術であり、ネットワーキング業界で開発された最も複雑なものと言っても過言ではない(Anthony Alles; 1995 [3])。この複雑な技術を噛み砕いて、しかも正確に述べることは、至難の技であり、うまく説明できるかどうか甚だ心許ない。ご理解いただけない場合、それは著者(村田)の力量不足であることをお許しいただき、最後にあげた参考文献を参照していただきたい。ATMの特徴を知るためには、従来の通信技術と比較し、

その違いを理解することが近道ではないかと思う。比較する通信技術は二つあって、一つはパケット通信で、もう一つはSTMである。この二つを選んだのは、ATMが、この両者の短所を補うような形で生まれた通信技術であるからである。

(1) パケット通信との違い

パケット通信とは、送信データを比較的長いブロック(1,000 bit ~ 32,000 bit)に分割し、これに宛先などの制御信号(ヘッダ部)を付けて、一定形式のデータ単位(パケット)として転送するものである。受信応答や再送要求で、データ転送の品質を保っている。[4]

パケット通信は、信頼性の高いデータ転送を行うが、遅延や揺らぎを生じやすく、トラフィックが増すとそれらが著しくなるという欠点がある。映像や音声の転送を含むマルチメディア通信では、遅延や揺らぎは致命的な問題である。

ATMでは、この問題を解決するために、パケット長を固定して多重交換の高速化をはかり、パケット長を短く(53バイト)して低速から高速までの多様な通信速度を一元的に扱えるようにし、またセル欠落時の影響を少なくしている。この短い固定長のパケットを「セル」と呼ぶ。また、次の項で説明するセルの非同期多重の際にも、この特徴が活かされることになる。

データ転送の単位としてセルを導入したことが、従来のパケット通信との大きな違いである。

(2) STMとの違い

STM (Synchronous Transfer Mode: 同期転送モード) では、伝送路上のタイム・スロット (データ転送の単位、1タイム・スロットは8ビット) はあらかじめ割り当てられており、従って多重交換の回線順序は固定されている。

例えば、16Kbpsの4回線A、B、C、Dが、64Kbpsの高速回線に時分割多重される場合を考えてみよう (図2上)。既にタイム・スロットは、A、B、C、Dの順に割り当てられているので、トラフィックのない回線Cに割り当てられたタイム・スロットには空データが入れられる。そのため、回線の使用効率は悪くなってしまふ。

ATMの時分割多重は、到着したセルが順番に多重化されていくので、トラフィックのない回線の空データが送り出されることはない。例えば、回線A、C、C、Dの順でセルが到着すれば、そのままACCDの順で多重化される (図2下)。単位時間あたりのセルの数は増減す

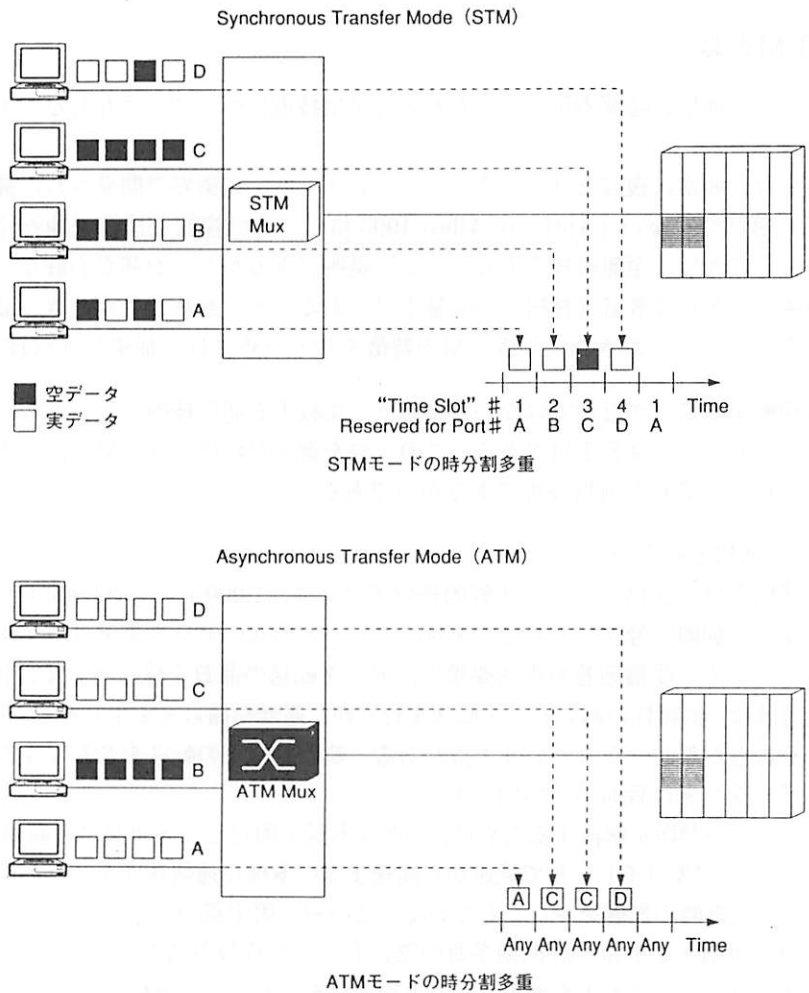


図 2: STMとATM [5]

るが、セル送信の時間間隔を調節することで、回線速度（今は、64 Kbps）に合わせる
ことができる。つまり、多重化されたセルは、非同期に送り出されるのである。これが、ATM
の名の由来となった「非同期転送モード」の内容である。[5]

ATMでは、トラフィック量の増大時にサービス品質が多少低下することを覚悟すれば、
16 Kbpsの5回線を64 Kbps回線に多重化して、回線の使用効率を上げることが可能
である。

以上のように、ATMは、従来の通信技術と異なる次の二つの大きな特徴を持っている。

1. データ転送の単位は、短い固定長パケット（セル）である。
2. 非同期に、セルの多重化を行う。

これらの特徴が、動画などの大量のデータ転送を、データの種別に応じた品質を保証しつつ
(図3)、わずかな遅延（数ミリ秒程度）で行うことを可能にしている。これが、ATM技術が
マルチメディア通信になくてはならないと言われるゆえんである。

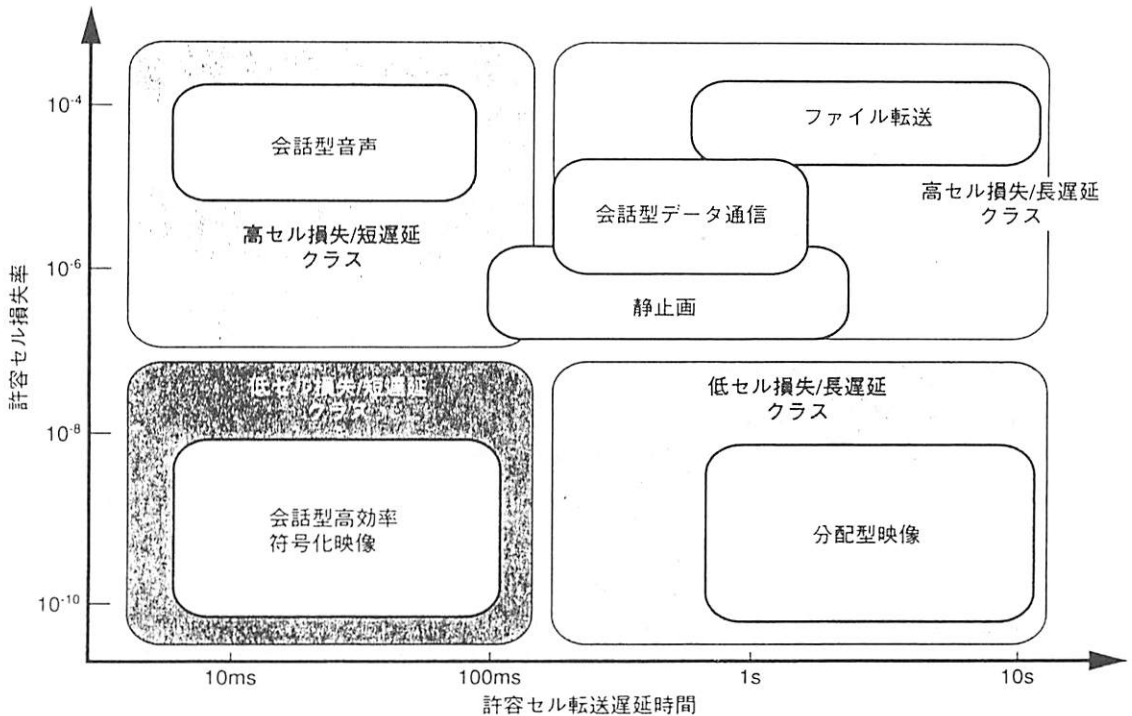


図 3: サービス種別と要求される通信品質 [6]

3.2 マルチメディア教育のインフラとしてのATMネットワーク

ATMによるマルチメディア教育が遠隔地間で行われるようになるには、多数のATMスイッチによって構築されたATMネットワークが必要である。ATMスイッチとは、ATMによる多重交換装置のことである。

ATMネットワークには、NTTなどが提供するパブリックなATMネットワーク（ATM公衆網）と、大学や企業などが構内に構築するローカルなATMネットワーク（ATM-LAN）がある。

遠隔地間のマルチメディア教育が本当の意味で実現するためには、世界中にATM公衆網が整備されるだけでなく、小学校、中学校、高等学校、大学、その他の教育研究機関にATM-LANが敷設される必要がある。これだけのインフラストラクチャーが整うのは、気の遠くなるような未来のことのように思われるかも知れない。しかし、ATM公衆網は実験段階ながら着実に拡大しつつあり、高等教育のATM-LANは着々とその準備が進められている。ここで開通式実験について報告することができるのは、その一つの現れである。

3.3 本開通式実験におけるATMネットワーク接続

神戸大学総合情報処理センターに、NTTのDSU（デジタル・サービス・ユニット）が設置されている。このDSUが、ATM公衆網の終端である。そのDSUから、直線距離にして1 km 弱（光ファイバーケーブルの長さは、約3 km）離れた発達科学部にあるS-4/5（今回の開通式実験に使用するワークステーション）までの接続が、ATM-LANである。

この節では、開通式実験が行われるまでに、発達科学部にATMスイッチを設置できなかったために行った、ATM物理層での工夫について述べる。

3.3.1 光ファイバーケーブルについて

ATMネットワークの物理媒体は、光ファイバーケーブルである。

光ファイバーの構造は、光信号を伝送するコアと呼ばれる部分と、その周囲をおおうクラッドと呼ばれる部分とから成る。ともに透明な誘電体（多くは、石英系ガラス）で、コアはクラッドより屈折率が大きくなっている。そのため、光信号はクラッドとの境界で全反射を繰り返しながら、コア内を伝播していく。

光ファイバーは、コアの屈折率分布から、2種類に分類することができる。コアの屈折率が一様なStep Index 光ファイバー（図4上）と、中心に向かって徐々に屈折率が大きくなるGraded Index 光ファイバー（図4中）である。後者は、前者のコアとクラッドの境界面の微少な凹凸による光の散乱損失をなくすために生まれた光ファイバーである。

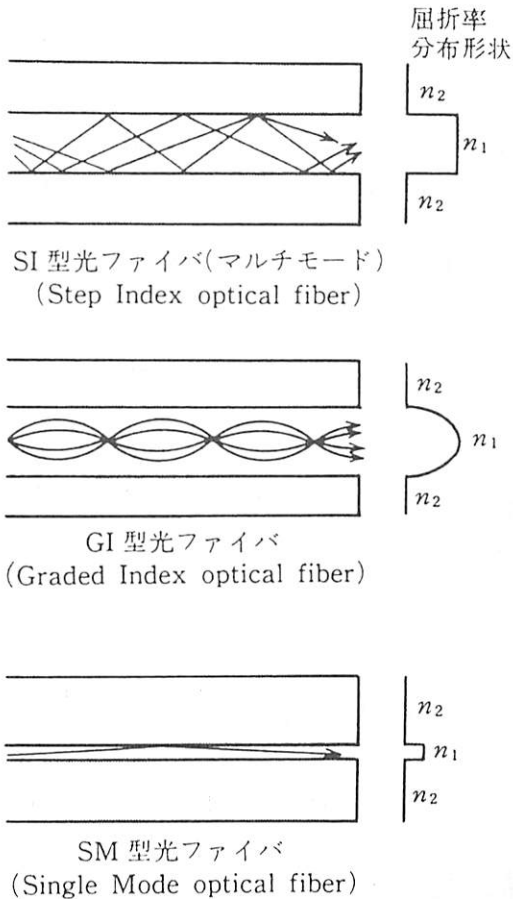


図 4: 各種光ファイバとその光の伝わり方 [7]

また、伝搬モードから、2種類に分類することができる。シングルモード（図4下）とマルチモード（図4上中）である。シングルモードは、コアの直径が小さく、屈折率もクラッドよりわずかに大きいだけなので、直進性の高い光信号のみを伝送することができる。それに対して、マルチモードは、様々な角度の入射光も伝送することができる。

現在用いられている光ファイバは、Step Index 型シングルモード光ファイバ（図4下）か、Graded Index 型マルチモード光ファイバ（図4中）である。

以降は、これらを、単にシングルモード、マルチモードと呼ぶことにする。

シングルモードは、直進性の高い光信号のみを伝送するので、高速回線でも、長距離回線でも、減衰量は非常に小さい。しかし、ケーブルの曲げに対する自由度は低い。マルチモードは、様々な角度で入射した光信号を伝送するので、ケーブルの曲げに対しては強いが、高速回線や長距離回線では光信号の減衰量が大きくなってしまふ。

従って、通常、ATMスイッチ間の高速長距離回線をシングルモードにし、ATMスイッチとATM端末間の低速近距離回線をマルチモードにすることになっている。

3.3.2 ATM-LAN接続の工夫

神戸大学総合情報処理センターにあるNTTのDSUから、まずシステム工学棟にあるATMスイッチ（NECのATOMIS 5）に結ばれている。ここからが神戸大学のATM-LANで、神戸大学の各学部に設置されるATMスイッチにつながっていくことになる。

通常なら、開通式実験を行う発達科学部にATMスイッチを設置し、システム工学棟のATMスイッチから発達科学部のATMスイッチまでシングルモードで結び、ここからATM端末となるS-4/5まではマルチモードで結ぶことになるだろう。しかし、開通式実験が行われるまでに、発達科学部でATMスイッチを導入することはできなかった。

そこで、蛭名助教授と総合情報処理センターの井上助手が協議され、総合情報処理センターのATMスイッチ（神戸大学所有（KHAN）のFORE SystemsのASX-200）の空ポートを使って、そこからシングルモードで発達科学部のS-4/5まで結ぶことになった。発達科学部人間科学研究センター（E棟3階）までは、既設のシングルモード光ファイバーが使えるので、開通式実験の会場となるE452室（E棟4階）までのシングルモード延伸工事を急遽行うことになった。

ここで問題になるのは、S-4/5に実装するATMボード（ATM SBus Adapter）は、マルチモード接続だということである。シングルモードのコア直径は小さいので、シングルモードからマルチモードへの接続は可能であるが、マルチモードからシングルモードへ接続すると、接続損失が大きすぎて使いものにならないのである。

その対策として、富士通が実験的に製作しているマルチモード→シングルモード変換器（増幅器）を使うことになった。つまり、S-4/5に実装したATMボードの入力端子（Receive connection）には直接シングルモードケーブルを接続して光信号を受け取り、出力端子（Transmit connection）にはマルチモードケーブルを介して、この変換器につなぎ、ここからシングルモードで光信号を送り出すようにしたのである。

このような変則的な接続方法を試みたが、ATM物理層でのコネクションは非常に良好であった。この接続方法は、1台のATM端末だけ離れたところに設置すると、ATMスイッチが導入されるまで試験的に接続するといった場合に、参考にしていただけの物と思う。

4 「開通式実験」事前準備の報告

開通式実験に使用するワークステーションとして、富士通のS-4/5を用意した。ビデオ会議には処理速度にやや不安があるため、S-20を一時的に借りることも検討した。しかし、開通式実験で使うことになっているビデオ会議ソフト“Communique!”（InSoft社）は、インストールするマシンを申告してライセンス・キーを発行してもらったマシンでしか使用できないといった事情があり、実現しなかった。

ここでは、このS-4/5を開通式実験に使用するための準備として行った、ビデオボードとATMボードの実装とドライバーソフトのインストール、及びCommunique!のインストールの様子を報告する。

4.1 ビデオボードの実装

開通式実験に用いるビデオボードとして、Parallax Graphics社のPowerVideoを使用した。Parallax Graphics社では、XVideo、MultiVideo、PowerVideoというビデオボードを提供しており、ビデオ会議にはPowerVideoの使用を推奨している（Parallax Graphics: Hardware Installation Guide）。

PowerVideoボードの実装とドライバーソフトのインストールは、諸事情により、開通式の行われる4日前（19日）に行うことになった。その様子を時系列に並べて紹介する。

SPARCstation 1, 2, IPC/IPX

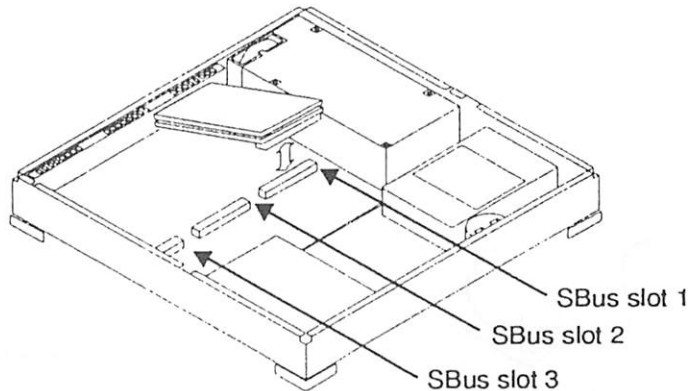


図 5: ビデオボードの装着 [8]

4.1.1 ビデオボードの装着

- S-4/5 を シャットダウンして、電源を切る.
- S-4/5 本体の上部カバーを開ける.
- SBus スロットに装着されている console frame buffer board をはずし、PowerVideo board を SBus スロットに装着する. マニュアルの [8] 説明図では SBus slot 1 に装着しているが (図 5), SBus スロットであれば装着位置は問わない.
- ビデオボードには、Display Size/Rate ダイヤルがついており、モニターのマニュアルで確認して設定する. Sun のモニターでないときに注意を要するようである.
- ビデオボードをスロットに装着後、本体の上部カバーを閉じる.
- モニターケーブルは、ビデオボード背面の端子に接続しておく.

以上で、ビデオボードの実装が完了したので、電源を入れるとワークステーションは立ち上がってくるはずである.

私は、ここで大きなミスをしてしまい、モニターの画面に全く何にも表示されない状態にしてしまった. そのミスというのは、マニュアルに書いてある「Sun frame buffer board をはずす」の意味を理解することができず、console frame buffer board (ワークステーションを直接操作するときに、モニターに表示情報を送るボード) を SBus slot に入れたままにして、ビデオボードを装着してしまったことである. しかも、モニターケーブルをビデオボード背面の端子に接続し直すこともしていなかった. この状態だと、ワークステーションはちゃんと立ち上がってくるが、モニターは真っ暗なままということになる. このようになるのは、ビデオボードには、32-bit frame buffer が内蔵されており、Sun console frame buffer board より優先的

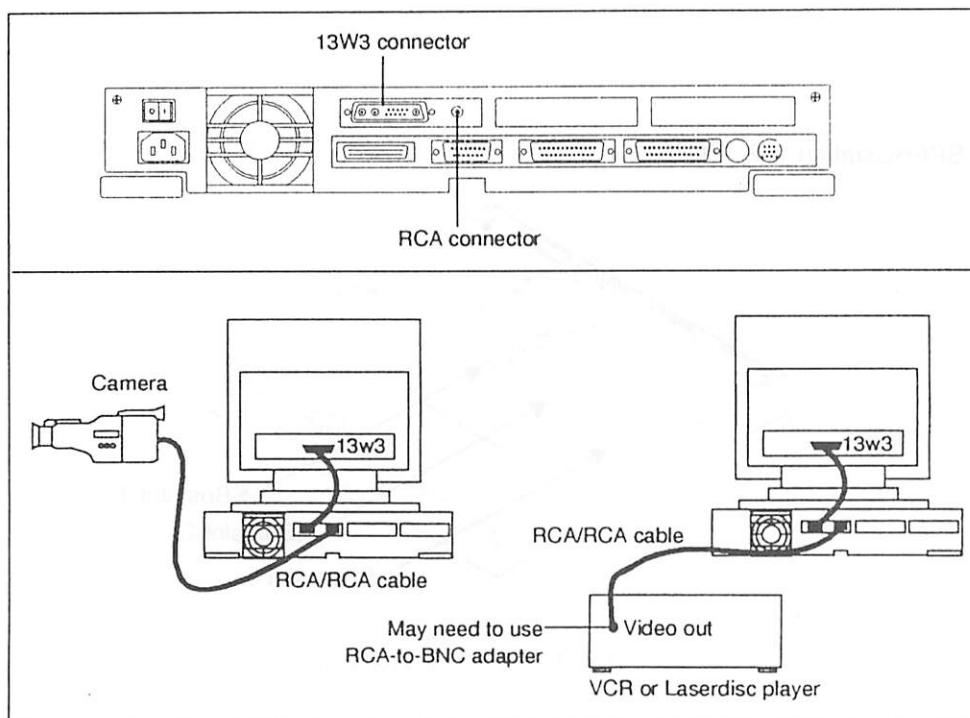


図 6: ビデオボードの入出力装置と接続例 [8]

に機能するようになっていたためだと思われる。

このミスは、SBus slot に入っているボードを良く観察するか（ボードに console frame buffer board の名称が書かれてある）、マニュアルの後半にある接続例の図（図 6）を見ておけば防ぐことのできた、初歩的なミスであった。

4.1.2 ドライバソフトのインストール

- スーパーユーザーでログインする。
- ドライバソフトの入っているテープをドライブに入れ、/dev/rst0（環境によって異なるので確認のこと）というディレクトリを確認する。
- ドライバソフトを展開するディレクトリに移って、ファイルを展開する。/var/spool/pkg というディレクトリに展開するときは、

```
# cd /var/spool/pkg [ENTER]
# tar xvf /dev/rst0 [ENTER]
```

Solaris 2.3 以上を使っている場合は、プロセス vold を停止させて（または、キルして）から展開し、その後 vold を再始動させる。

```
# cd /var/spool/pkg [ENTER]
# /etc/init.d/volmgt stop [ENTER]
# tar xvf /dev/rmt/0 [ENTER]
# /etc/init.d/volmgt start [ENTER]
```

- インストールを行う。

```
# pkgadd [ENTER]
```

今回使う S-4/5 には、テープドライブが付いていない。そこで、別室にある SUN ワークステーションのテープドライブを使うことになった。そのテープドライブをそのまま S-4/5 に付け変えることができなかつたので、そのワークステーションで一度ドライバーソフトを展開し、それをまた一つのファイルに圧縮したものを、S-4/5 に ftp で転送し、それを解凍するという「手間のかかる工夫」をした。

ドライバーソフトをテープで提供されているため、このようなことが今後も必要になるかも知れない。参考にさせていただきたい。(今の時代、CD-ROMで提供してほしいものである)

4.2 環境設定

- ディレクトリ /opt/parallax/bin にある start_ow3 (OpenWindows の起動ファイル) をパスの通っている適当なディレクトリにコピーする。

```
# cp /opt/parallax/bin/start_ow3 /usr/bin/start_ow3 [ENTER]
```

- start_ow3 が実行型ファイルになっていなければ、チェンジモードする。

```
# chmod +x /usr/bin/start_ow3 [ENTER]
```

- start_ow3 内にある tvtwo? (? は、0,1,2...) をサーチする。

```
# cat start_ow3 | grep tvtwo [ENTER]
```

(ここで、tvtwo0 が見つかったとしよう)

- ファイル ".cshrc" で、ディレクトリ /opt/parallax/bin のパスを追加する。

```
/opt/parallax/bin
/usr/openwin/bin
/usr/bin
```

の順を乱さないように注意する。

- ファイル ".login" で、次の環境設定を行う。

```
setenv FRAMBUFFER /dev/fbs/tvtwo0
setenv PARALLAX_HOME /opt/parallax
setenv LD_LIBRARY_PATH /usr/openwin/lib:/usr/lib/:$PARALLAX_HOME/lib
```

- ファイル tvtwo0 が実行型になっていなければ、チェンジモードする。(rwx すべて許可する)

```
# cd /dev/fbs [ENTER]
# chmod 777 tvtwo0 [ENTER]
```

- ログインし直す。
- jpegTest を行って、ビデオ映像をモニターに映し出せることを確認する。

```
# jpegTest [ENTER]
```

これで、ビデオボード背面のビデオ端子に接続しているビデオカメラか VTR からのビデオ映像が、モニターに映し出せれば、以上の作業が完了したことになる。

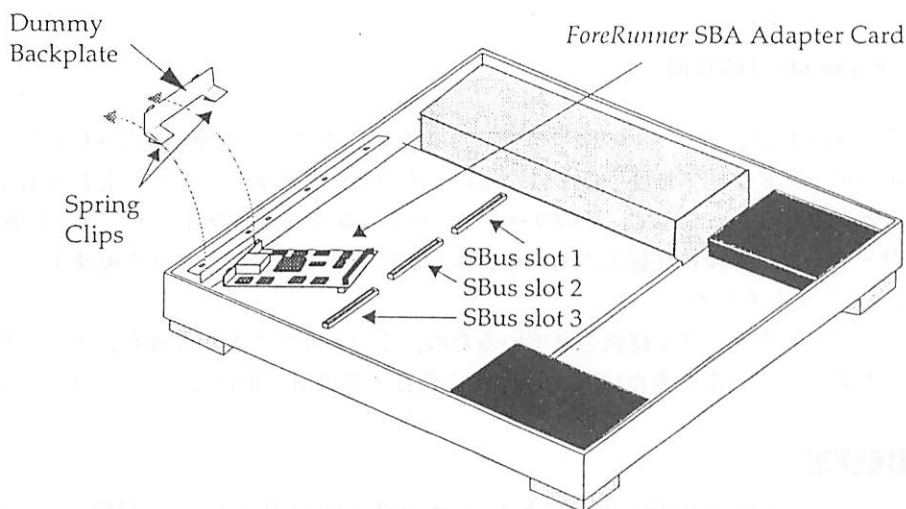


図 7: ATMボードの装着 [9]

4.3 ATMボードの実装

開通式実験に用いる ATM ボードとして、FORE Systems 社の SBA-200 ATM SBus Adapter を使用した。FORE Systems の ATM ボードのマニュアル [9] は、作業手順が詳しく書かれ、入力するコマンド・ラインを強調表示してあるので、とても見やすい。マニュアルを見ながら、順次作業をすれば容易に ATM ボードの装着とドライバーソフトのインストールは完了する。

ATM ボードの実装とドライバーソフトのインストールは、開通式が行われる 3 日前 (20 日) に行った。その様子を紹介する。

4.3.1 ATMボードの装着

- S-4/5 を シャットダウンして、電源を切る。
- S-4/5 本体の上部カバーを開ける。
- SBus スロットに ATM ボードを装着する。説明図では SBus slot 3 に装着しているが (図 7)、SBus slot の装着位置は問わない。
- 本体の上部カバーを閉じる。

以上のように、ATM ボードの装着は、これだけの単純な作業で完了する。

4.3.2 ドライバーソフトのインストール

ドライバーソフトは、フロッピーディスクで、SunOS 用 (4 枚組) と Solaris OS 用 (3 枚組) の 2 種類用意されている。開通式実験に使った S-4/5 は、Solaris V.2.4 を使っている。

- スーパーユーザーでログインする。
- ドライバーソフトを展開するディレクトリ /usr に移る。

```
# cd /usr [ENTER]
```

- プロセス vold を停止させる。(Solaris 2.3 以上するとき、この作業が必要である。vold をキルしても良い)

```
# /etc/init.d/volmgt stop [ENTER]
```

- ディスク 1 を F D ドライブに入れ、/dev/diskette (環境によって異なるので確認のこと) というディレクトリを確認する。
- ドライバースフトを、解凍する。

```
# tar xvf /dev/diskette [ENTER]
```

- 解凍後、ディスク 1 を取り出す。

```
# eject [ENTER]
```

- ディスク 2, 3 についても、ディスク 1 と同じ作業を行い、ドライバースフトを展開する。
- プロセス vold を再始動させる。(vold を停止させたときのみ行う)

```
# /etc/init.d/volmgt start [ENTER]
```

- ディレクトリ /usr/fore に移って、インストールを行う。

```
# cd fore [ENTER]
# ./fore_install [ENTER]
```

以上で、ドライバースフトのインストールは完了する。

インストール作業自体は難しいものではないのであるが、ここでも私たちはトラブルに見舞われた。ディレクトリ /dev/diskette が見えないのである。つまり、S-4/5 が F D ドライブを認知してくれないのである。Solaris と F D ドライブのマニュアルを読み返して調べても解決することができなかった。F D ドライブ (S-4/5 購入後に大学で後付けした) を取り付けてから、F D を一度も使っていないことから、S-4/5 のカバーをはずして、中の F D ドライブを確認してみることにした。そこで、パワーコードの接続されていない F D ドライブを発見したのは、トラブル発生から 2 時間くらい経った頃であった。

4.3.3 環境設定

- リポート時に A T M インターフェースの I P アドレスに対応するホスト名を割り当てるため、ディレクトリ /etc に hostname.fa0 ファイルを作成する。(S-4/5 の A T M インターフェースのホスト名は、bj2 である)

```
# cp /etc/hostname.le0 /etc/hostname.aa0
```

(ファイル hostname.aa0 を作ると、起動時に対応するデバイスがないことを告げるワーニングが出るが、問題はない。このファイルは、デフォルトのホスト名を決めるためのもので、Solaris OS を使っている場合は必要ない)

```
# echo bj2 > /etc/hostname.fa0
```

(A T M に接続していないときは、/etc/hostname.fa0 ファイルをリネームするか、ディレクトリを移動しておく。そうしておかないと、S U N はリポートを繰り返して立ち上がらなくなる)

- ATMインターフェースのIPアドレスと、ATMインターフェースのホスト名の対応付けのために、次のホスト情報を /etc/hosts ファイルに追加した。

```
202.237.251.107 ba10 ba10.g-net.or.jp      # NIME
202.237.251.25  bc2 bc2.g-net.or.jp       # Chiba
202.237.251.105 ba8 ba8.g-net.or.jp       # Tokyo
202.237.251.201 srlws01c rlws01.g-net.or.jp # CRL
202.237.251.70  bj2b j2.g-net.or.jp       # Kobe
```

- また、VC (Virtual Channel) の設定を行わねばならないが、ディレクトリ/etc/rc3.d/ (または /etc/rc2.d/) に、次のようなシェル・スクリプトを作っておけば、起動時に自動的に設定してくれるので便利である。ファイル名は、S_atmarp のように、大文字の S で始まるものなら何でも良い。

```
if [ -x /usr/fore/etc/atmconfig ] ; then
  /usr/fore/etc/atmconfig -s off fa0
  /usr/fore/etc/atmconfig fa0
fi
if [ -x /usr/fore/etc/atmarp ] ; then
  /usr/fore/etc/atmarp -c 202.237.251.201 fa0 0 115 0 2000 # CRL   srlws01
  /usr/fore/etc/atmarp -c 202.237.251.107 fa0 0 105 0 2000 # NIME  ba10
  /usr/fore/etc/atmarp -c 202.237.251.105 fa0 0 112 0 2000 # Tokyo  ba8
  /usr/fore/etc/atmarp -c 202.237.251.25  fa0 0 109 0 2000 # Chiba  bc2
                        ↑                ↑
                        (1)             (2)
fi
```

この設定の内容を簡単に説明しておく。

今回の開通式実験に参加する予定だった5サイト (実際は、4サイト) 間は、各サイトを個別に PVC を張るフルメッシュ (総当たり) 方式で接続する。従って、どのサイトも、上記のように、他の4つのサイトに向けて4本の PVC を張る設定を行うことになる。

(1) の部分のオプション -c は、エンカプセレーションのプロトコルが、Classical IP over ATM (RFC 1577) によっていることを示している。また、(2) の部分は、ATMインタフェースで行っている通信速度の制限が、どの地点への接続とも 2 Mbps にしぼられていることを示している。

4.4 Communique! のインストール

開通式実験では、ビデオ会議ソフトとして、Insoft 社の Communique! を使用することが決まっていた。使用した Communique! のバージョンは、4.0.0 で、納入が遅れたことから、開通式の前日、会場準備を終えた後でインストールを行った。

Communique! のソフトは、CD-ROM で提供されている。S-4/5 には、既に CD-ROM ドライブを取り付けてあり、使用実績もあったことから、Communique! のインストールは、トラブルもなく容易に行うことができた。

開通式実験の準備として行ったソフトのインストールは、期せずして、3種類すべての媒体 (ビデオボードのドライバーソフトはテープ、ATMボードのドライバーソフトはFD、Communique! のソフトはCD-ROM) にわたっており、UNIX 周辺機器の取扱いの良い練習となった。

4.4.1 インストール

volume management が走っている環境では、CDはオート・マウントされるので、次のようにすればインストールが開始する。(install script 名は多少異なることがあるので、確認のこと)

- スーパーユーザーでログインする。
- CDをドライブにいれ、ディレクトリ /cdrom/insoft#1 を確認する。
- ディレクトリ /cdrom/insoft#1 に移る。

```
# cd /cdrom/insoft#1
```

- インストール・スクリプトをスタートさせる。

```
# ./install.c40
```

後は、インストール・スクリプトの指示に従って、ライセンス・キーを入力したり、オプションの設定を行えば良い。(オプション設定は、デフォルトのままでも問題はない)

次に、Sun オーディオ・ツールのアップデート・インストールを行う。

- スーパーユーザーでログインする。
- ディレクトリ /tmp に移る。

```
# cd /tmp
```

- プロセス vold を停止させる。(Solaris 2.3 以上のとき、この作業が必要である。vold をキルしても良い)

```
# /etc/init.d/volmgt stop [ENTER]
```

- FDをドライブに入れ、/dev/rfd0c というディレクトリを確認する。
- ドライバースoftを、解凍する。

```
# tar xvpf /dev/rfd0c [ENTER]
```

- 解凍後、FDを取り出す。

```
# eject [ENTER]
```

- プロセス vold を再始動させる。(vold を停止させたときのみ行う)

```
# /etc/init.d/volmgt start [ENTER]
```

- ディレクトリ /tmp/AudioTool に移って、インストールを行う。

```
# cd AudioTool  
# ./install
```

以上で、インストールは完了する。

4.4.2 環境設定

- .cshrc ファイルに、次のように環境変数を設定する。
環境変数 COMM_WMGR は、使っているウィンドウ・マネージャーを設定する。
OpenLook (OpenWindow) を使っているなら OL とし、Motif (X-Window) を使っているなら Motif とする。


```
setenv COMM_HOME /opt/insoft/communique
setenv LM_LICENSE_FILE $COMM_HOME/etc/license.dat
setenv COMM_WMGR 0L
```

- こうしておくで、後は次のように入力すると、Communique! が起動する。

```
# $COMM_HOME/communique
```

- 初めて起動させるときは、次のようにオプションを付ける。

```
# $COMM_HOME/communique -nobanner
```

5 開通式実験の報告

5.1 「1/23 の開通式実験」の内容報告

接続確認や障害対応のため、おおむね以下のような進行内容となった。神戸大学の対応を中心に報告する。

Communique! を起動し、開通式に備えて待機する。(9:30 頃)

開通式が始まる前に、千葉大学とのコネクションを試みる。そのため、アドレスにつける会議参加者名を、千葉大学 WWW ホームページから探すなどする。

N I M E (放送教育開発センター)、千葉大学、神戸大学3サイトでの接続実験開始 (10:00 頃)

N I M E より invite (接続要求) され、3サイトでの接続実験が始まる。N I M E と千葉大学からの音声は、大きく、ノイズが混じり、音声が途切れ途切れになることもあって、聞きづらかった。

千葉大学のコネクションが切れたため、N I M E と神戸大学との2サイト接続になる。

N I M E からの映像、音声ともに良好に受信できたが、神戸大学の音声がN I M E に届かないという障害があった。これは、神戸大学の Communique! のパラメータである送信音声のサイレンス・センサーの設定値が音量に対して高すぎたため、サイレンス・センサーの値を下げ、音その後は、N I M E と神戸大学との間で、映像、音声ともに非常に良好な通信を行うことができた。N I M E の永岡先生と、神戸大学の蛭名先生ほか開通式参加者が、有意義な会話をし、親睦を深めた。また、総合情報処理センターの井上助手は、N I M E 担当者と A T M の技術的な意見を交換した。

千葉大学のコネクションが復旧し、再び3サイト接続になるが、N I M E からの音声がとぎれとぎれになる。

千葉大学と神戸大学との間では、映像、音声ともに、良好な通信を行うことができたが、N I M E と千葉大学、N I M E と神戸大学では、音声が途切れ途切れになる障害が生じ、とても聞きづらかった。そのため、筆談を用いたり、N I M E と千葉大学間では電話を用いたりして、対話の確認を行った。このとき、音声の遅延が目立った。神戸大学で、指を1本ずつ出しながら、「1, 2, 3, 4, 5」と数えると、N I M E では、指「4」のときに声「1」が聞こえたとのことだった。途中から、

CRL（通信総合研究所）が接続に加わった。CRLの映像はNIMEを経由しているため、NIMEのウィンドウの中に表示されている。CRLの接続状況も、NIME同様、良好なものではなかった。

午前の部 終了（12:30 頃）

4 サイトでの接続実験再開（13:30 頃）

午前の部の終了時と同じ状況であった。千葉大学と神戸大学との間の良好な接続状況下で、千葉市職員の方と、蛭名先生との間で、災害時のネットワークの役割についての意見交換が行われた。NIMEでも、この内容は聞き取れたようだった。

中断（14:30 頃）

（NIME ↔ 千葉大学 2 サイト接続実験）

4 サイトでの接続実験再開（15:00 頃）

数名の先生方が見学にみえた。なかでも、発達科学部長の土屋先生は、NIMEの永岡先生と会話され、旧交を暖められた。NIMEとの音声障害は、若干改善されたようにみえた。

開通式実験 終了（15:30 頃）

5.2 「2/6 の開通式実験追試」の報告

1/23 の開通式実験では、音声障害という問題を残してしまったので、2/6 にその追試実験を行うことになった。その計画について、放送教育開発センターから提案された内容を次に紹介する。

日時 : 平成8年2月6日（火） 10:00～11:30
場所 : 放送教育開発センター内の実験予定場所は検討中
接続 : Communique! による同時多元接続の可能な全サイト
実施内容 :

- (1) 前回同様の Communique! による TV 会議の運用 :
今回は各設定をパラメータとして、統一的に試験する予定です。千葉大学池田先生から案もご提案いただいておりますので、事前に次第を提案し、討議いただく予定です。
- (2) 画像・映像の Communique! での送信 :
現在、放送教育開発センターの映像データベースからのパッケージ素材、東京大学廣瀬研究室からの VR 実写映像を予定しております。
- (3) その他、実施方法、評価方法などについて、アイデアがあればお寄せ下さい。

この追試験では、次の3つの新たな試みを行った。

- i) Communique! のパラメータの設定値を全サイトで同じ初期値に設定した。
放送教育開発センターから、パラメータの初期値として次のように提案された。

TV Tool:: Options:: Bandwidth: 768kbps
TV Tool:: Options:: Favor: Quality

Audio Tool:: Advanced:: Silence Sensor ON 70
Audio Tool:: Advanced:: Echo Cancellation 50
Audio Tool:: Advanced:: A/V Sync 100

- ii) 放送教育開発センターから、ビデオ映像の送信実験を行った。
会議用の映像と同様に、ビデオ映像もきれいに受信することができた。
- iii) 通信総合研究所では、ATM測定器を使ってトラフィック量をリアルタイムでグラフ化して、回線負荷をモニターした。
トラフィック量の変化は良く見て取れたが、音声の遅延の原因を明らかにするには至らなかった。

この追試験では、前回より参加サイトが増えたわけではなく、また音声の遅延を解消できたわけでもなかった。新しい発見がなかったという意味で、少し寂しいものであった。

さらに、神戸大学では、実験開始直前に Communique! がハングアップしたため、追試験に遅刻してしまったり、実験終了を待たずに S-4/5 がダウンしてしまったりしたため、追試験を早退してしまったりと、不名誉な「おまけ」までついてしまった。

6 本実験結果に対する考察

6.1 問題点と改善方法

今回の開通式実験で見られたいくつかの問題点を指摘し、その改善方法を可能な限り検討してみたいと思う。

- (1) N I M E - 神戸大学 2 サイト接続のときに、サイレンス・センサー値が高すぎて音声が届かない障害があった。
 - ビデオ会議を始める前に、試験的に接続を行い、送信音声の音量とサイレンス・センサー値を、あらかじめ調節しておく必要がある。
- (2) 3 サイト以上での対話の際、誰が誰に向かって話しているのかがわかりにくい。
 - 話す前に、会話のヘッダ（自分を名乗る：相手を名指す）が必要になる。
 - communique! に、誰が誰に向かって発言中なのかを示す機能があってほしい。
（自分に向かって話している人のウィンドウが強調表示される：仮想的に話している人のウィンドウを音源とするステレオ音源を用いるなど）
- (3) 2 サイト接続だと自分の音声のエコーが、相手のサイトを通じて聞こえ、3 サイト接続だと相手の音声のエコーが、第3者のサイトを通じて聞こえた。4 サイト以上の接続だと、話す度に多数のエコーが尾をひき、聞きづらくなる可能性がある。
 - エコー・キャンセル量を大きくする。
 - マイクをスピーカーに近づけない。
 - 送信音量を上げすぎない。

(4) 周期的なハウリングを起こすことがある。

- マイクを口元に近づけて話す。
- マイクをスピーカーに近づけない。
- ハウリングを起こしたら、マイクのスイッチを切る。

(5) 本接続の前に、試験的に接続したかった。

- アドレスに含まれる会議参加者の name を、予め配布する。
(追試験では、これは予め確認され、通知された)

(6) 音声の遅延が著しかった。

この問題点が最も重要なものであり、最も解決が困難なものである。

具体的な改善方法を提案するまでには至らないので、音声の遅延について考えられる原因について、いくつかあげてみたいと思う。

まず、アプリケーション・ソフトの画像と音声の処理方法が原因となっていることが考えられる。マシン（ワークステーション）にとって、通信サイトが増加すると、画像（J P E G）の受信処理が忙しくなって、画像や音声の送出をリアルタイムに行うことが、困難になる。このとき、アプリケーション・ソフトが、画像と音声の同期をとることを考えずに、画像処理を優先するように作り込まれていると、音声の遅延が著しくなる。リアルタイム性を重視するのであれば、画像品質を落としても、画像と音声の同期をとるように作り込まれていなければならないであろう。

このように、その原因がアプリケーション・ソフトにある場合、マシン性能が上がれば、音声の遅延は多少改善されると思われる。しかし、本質的な問題は、やはりアプリケーションにありそうである。マシン性能が上がっても、サイトの数がさらに増えれば、同じことが起こるからである。

次に、通信プロトコルが原因となっている場合について述べる。

ATMは、マルチメディア通信を実現するために、良く考えられた通信プロトコルだと言えるが、現有のLANやアプリケーションソフトと共存するために、LANエミュレーションやIP Over ATMといった方法が使われている。今回の開通式実験では、後者のIP Over ATMが使われている。

IPプロトコルで、音声データを受信し、そのパケットを復元して上位レイヤに送るが、セルの欠損などで復元できないときは再送を求め、欠損データの到着を待つことになるだろう。つまり、ATMとIPプロトコル層とのインターフェースで、遅延が発生しているとも考えられる。

主たる原因を突き止めるため、通信実験を繰り返して、ある程度明らかにすることができるであろう。しかし、それは情報工学的な調査、研究となり、マルチメディア教育の応用研究という本来の目的から遠く離れていく。

また、このような調査を精密に根気強く行ったからといって、解決方法が見つけれられるとは限らないであろう。この考えについては、後述する。

6.2 問題点の考察

最初、私たちは、これらの問題点を、OSIの階層(レイヤ)構造にならって、次のような階層構造に分けて、検討しようと考えた。

- (i) コンファレンス人間層
- (ii) Communique! アプリケーション層
- (iii) IP プロトコル層
- (iv) ATM ネットワーク層
- (v) 光ファイバー物理層

マルチメディア通信において、すべての層で未成熟であり、解決されなければならない問題が存在する。これらを、レイヤ毎に分けて考えることが、必ず解決に至る最短の道なのだろうか。

前述の問題点(1)~(5)は、比較的容易にどのレイヤに属しているかを切り分けることができる。(1)は、アプリケーション層のものであり、(4),(5)は、コンファレンス人間層のものであり、(2),(3)は、その両方にまたがるものである。

ところが、今後マルチメディア教育を考えるにあたって最も問題となる(6)音声の遅延については、どのレイヤの問題かを明確にすることが難しい。というより、むしろレイヤの問題と考えることに無理があるのではないと思われる。

今回の開通式実験で得た最も大きな収穫は、高速回線を使えば、それだけでマルチメディア通信に重要なリアルタイム性が保証されるわけではない、ということではないかと思う。

今までのデータ通信では、正確であれば遅延はさほど問題ではなかった。そこで培われた通信システムは、各レイヤ毎に機能を分割して、レイヤ間のインタフェースを考えることで構築されたものである。それらのノウハウを利用していたのでは、いくら高速回線を通して、また高速マシンを使っても、必ずしもリアルタイム性は保たれないということである。

マルチメディア教育を模索する立場から、リアルタイム性を重視した新しいアプリケーションや通信プロトコルの研究、開発が進められることを、切に望みたい。

7 おわりに

前項で指摘したような問題点はあったものの、ATMネットワークによる4サイトでの接続実験をとにかく果たし、基本的なハード面の設備ができたことになる。

今後は、このATMネットワークをどのように使って大学教育に役立てるかというソフト面の検討が重要になってくる。そこには、それを利用する人間の心理的、生理的な面を十分に考慮したインターフェースを備えたアプリケーション・ソフトが求められる。マルチメディア教育への利用において、それは教育内容と密接に関連し、より一層重要なものとなる。

本開通式実験で見られた音声の遅延といったマルチメディア通信における致命的とも言える障害を解決するために、アプリケーション層以下のレイヤを総合的に研究し直すことは非常に

重要で、必要なことである。それと同時に、人間層の研究を行い、マルチメディア教育に有効なインターフェースを創造することも、非常に重要なことである。

どちらも欠かすことのできない両輪によって、ATMネットワークの利用は動き出したばかりである。この動きを確実なものとするために、私たちは、これら両輪が勢い良く回り続けるように、これからもより一層サポートしていきたいと考えている。

最後になったが、神戸大学における開通式実験は、大学内外の多くの研究機関と多くの方々のサポートによって準備し、遂行することができたことをご報告しておく。

本実験は、カリキュラム改革調査研究「高速マルチメディア通信を用いた教育情報ネットワークによる新しいカリキュラムの可能性の調査研究」プロジェクトの一環でもあり、平成7年度大学改革推進経費のサポートを受けている。また、文部省放送教育開発センター、郵政省通信総合研究所からも機材等のサポートを受けた。

また、学内においては、発達科学部の野上智行教授（前人間科学研究センター長）、人間科学研究センターの浅田匡助教授、発達科学部の高橋正助教授、国際文化学部の大月一弘助教授、総合情報処理センターの樽磨和幸助手、発達科学部情報教育設備室の谷山知美氏、自然科学研究科の佐村敏治氏、教育学研究科の橋場弘和氏および谷英幸氏には、特にご尽力いただいた。

このような多くの方々のご協力を得て、開通式実験に参加することができたわけであるが、その中心となって奮闘されたのは、やはり代表者である発達科学部の蛭名助教授である。蛭名助教授は、神戸大学における開通式実験の企画、準備の全般にわたって、責任ある立場で精力的に活動された。また、そればかりでなく、この報告書についても貴重な助言を寄せていただいた。なお、この報告書に関わった3名については、井上は本実験の根幹に関わるATMの技術面で、山崎は当日のCommunique!のオペレーションとUNIXのトラブルシューティングで、村田はボードのインストールなどの諸準備で、蛭名助教授のサポートを行ったことを申し添えておく。

参考文献，参考資料

- [1] 日本電信電話株式会社マルチメディア推進室（1994.5.17）
「マルチメディア通信の共同利用実験－高速コンピュータ通信利用実験－
参加要項」
- [2] 放送教育開発センター（1995.1.26）
第1回マルチメディア教育ネットワーク実験打ち合わせ会 資料
- [3] Anthony Alles（1995）
「ATMインターネットワーキング」第1章，日経BP出版センター
- [4] 小野欽司他（1991）
「OSIプロトコル絵とき読本」，オーム社
- [5] 設楽常巳（1995）
「ATMインターネットワーキング」付録C，日経BP出版センター
- [6] 石川宏（1995）
「絵ときATMネットワーク・バイブル」第2章，オーム社

- [7] 電気通信技術者試験研究会 (1988)
「電気通信主任技術者試験受験テキスト (1) 電気通信システム」第3章, 電気書院
- [8] PARALLAX GRAPHICS (1995)
"Hardware Installation Guide For XVideo, PowerVideo, and MultiVideo"
- [9] FORE SYSTEMS (1994)
"ForeRunner SBA-100/-200 ATM SBus Adapter User's Manual"