慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	臨場感通信会議の将来形態に関する研究 : 総合報告
Sub Title	
Author	佐藤, 宏之(Sato, Hiroyuki) 津田, 智紀(Tsuda, Tomonori) 伊賀, 聡一郎(Iga, Soichiro) 安村, 通晃(Yasumura, Michiaki) 相磯, 秀夫(Aiso, Hideo)
Publisher	慶應義塾大学湘南藤沢学会
Publication year	1996-03
Jtitle	リサーチメモ
JaLC DOI	
Abstract	本報告書では、遠隔臨場感通信技術の基礎的なアプローチとして、CATVとオンラインドキュメントを用いた遠隔講義の試みと、複数聴講者の主体的な聴講を可能にする遠隔プレゼンテーションシステムPreView2の設計と実装に関しての提案を行った。また、物理的な世界における光ペンと仮想ボードを利用したプレゼンテーション環境とその遠隔通信会議への応用について述べている。
Notes	慶應義塾大学環境情報研究所
Genre	Technical Report
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=0302-0000-0562

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

IEI-RM 95-019
ISBN 4-906483-70-4

臨場感通信会議の将来形態に関する研究: 総合報告

佐藤宏之・津田智紀・伊賀聡一郎・安村通晃・相磯秀夫

1996 年 2 月 14 日

慶應義塾大学
環境情報研究所
ENDO 5322, FUJISAWA, KANAGAWA 252, JAPAN

臨場感通信会議の将来形態に関する研究: 総合報告

佐藤宏之・津田智紀・伊賀聡一郎・安村通晃・相磯秀夫

1996 年 2 月 14 日

慶應義塾大学
環境情報研究所
ENDO 5322, FUJISAWA, KANAGAWA 252, JAPAN

執筆者一覧

佐藤宏之 (慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科)

津田智紀 (慶應義塾大学環境情報学部)

伊賀聡一郎 (慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科)

安村通晃 (慶應義塾大学環境情報学部)

相磯秀夫 (慶應義塾大学環境情報学部)

目次

第1章 はじめに 1

1.1 研究の経過 2

1.2 遠隔通信会議において重要な点 2

1.3 遠隔通信会議の未来像 2

1.4 まとめに代えて 3

第2章 遠隔コミュニケーションと遠隔プレゼンテーションの現状 4

2.1 遠隔地へのプレゼンテーション 4

2.1.1 遠隔地へのプレゼンテーションを行なう際の問題点 4

2.1.2 遠隔プレゼンテーション支援とは 5

2.2 コラボレーション支援のためのプレゼンテーション支援 7

2.3 従来研究における遠隔プレゼンテーション支援技術 8

第3章 双方向CATVとオンラインドキュメントを用いた遠隔プレゼンテーション 10

3.1 遠隔プレゼンテーションシステムの講義への適用 10

3.2 遠隔講義支援システム 11

3.2.1 双方向CATVシステム 13

3.2.2 映像スイッチングシステム 13

3.2.3 コンピュータネットワーク上のマルチメディア学習教材 13

3.3 遠隔講義の実施 14

3.4 評価 18

3.4.1 調査目的 18

3.4.2 調査方法 18

3.4.3 調査結果と評価 18

3.5 考察 24

3.5.1 遠隔講義支援システムの有効性 24

3.5.2 遠隔講義の問題点 24

第4章 複数聴講者の主体的参加を可能にする遠隔プレゼンテーション支援システム — PreView2 26

4.1 遠隔プレゼンテーション支援の問題点 26

4.2 遠隔プレゼンテーション支援システム — PreView2 27

4.2.1 講演者が映像を提供するウィンドウ 30

4.2.2 カメラ制御ツールウィンドウ 31

4.2.3 DTPRツールウィンドウ 34

4.3 実験 34
4.4 アンケート結果 36
4.5 考察 39
4.5.1 カメラ制御ツールの有効性 39
4.5.2 DTPR ツールの有効性 40
4.5.3 講演者にとってのシステムの有効性 41
4.5.4 考察のまとめ 42
4.6 関連研究との比較 42
4.7 今後の課題および展望 43
4.7.1 カメラ制御権の問題 43
4.7.2 複数の静止画像をクリップする機能 43
4.7.3 聴講者によるカメラ操作の自由度の向上 44
4.7.4 遠隔地の聴講者からのフィードバック 44
4.7.5 広帯域のネットワークを用いての実験 44
4.7.6 グループウェアへの応用 44

第 5 章 光ペンと仮想ボードによるプレゼンテーション環境とその発展 **46**
5.1 はじめに 46
5.2 従来型のプレゼンテーションにおける問題点 46
5.2.1 プレゼンテーションにおけるコミュニケーション 46
5.2.2 プレゼンテーションの意味解析と評価モデル 50
5.3 円滑なプレゼンテーション・システムのデザイン 55
5.3.1 「空白時間」の削減 55
5.3.2 現実と仮想のオーバーレイ・インターフェイス 56
5.4 新しいプレゼンテーションシステムの試作: 光ペン入力システムと仮想ボードによるプレゼンテーションシステム 57
5.4.1 新しいプレゼンテーションシステムの設計指針 57
5.4.2 光ペン入力システム 58
5.4.3 「仮想ボード・プレゼンテーションシステム」 61
5.5 光ペンと仮想ボードの遠隔プレゼンテーション支援システムへの拡張 65
5.5.1 仮想ボードによる「遠隔協調作業システム」 65
5.5.2 仮想ボード・遠隔プレゼンテーションシステム 68
5.5.3 本システムを用いた評価実験 69
5.6 今後の課題・展望 71
5.7 まとめ 73

第 6 章 おわりに **74**

参考文献 **75**

第 1 章

はじめに

通信技術の飛躍的な発展と同時にCATV、ISDN(Integrated Services Digital Network)、衛星通信などさまざまな有線および無線通信網のインフラストラクチャの整備が進んでいる。そのため、いわゆるマルチメディア通信と呼ばれる映像・音声のリアルタイム双方向通信が遠隔地間で比較的容易に行なえるようになってきている。また、アメリカ合衆国のゴア副大統領による情報スーパーハイウェイ構想の発表以来、各先進国が光ファイバーによる高速ネットワークの構築構想を提示してきている。日本では2010年までに、FTTH(Fiber To The Home) と呼ばれる光ファイバーケーブルの各家庭への敷設が予定されている。そのため、その高速かつ大容量のネットワークをどのように利用するかを巡って、さまざまな議論や実験計画が持ちあがっている。

パーソナルコンピュータやWS(Work Station) に代表される計算機の高性能化と普及の結果、デスクトッププレゼンテーション (DTPR) が一般化しつつある。これは、プレゼンテーション場面において、講演者が計算機上に用意したマルチメディア資料 (テキスト・音声・映像) を聴講者に提示しながら行なうプレゼンテーションである。ここでは、計算機が人のコミュニケーション能力を補助し、さらには増大させているといえる。

こうした背景のもとに、電話に代わる新しい遠隔コミュニケーションへの要求が高まり、そのスタイルが模索されている。新しい遠隔コミュニケーションは、マルチメディアネットワークとコンピュータが結合して可能になる。単に音声と映像を遠隔地に提供することだけが、新しいコミュニケーションのスタイルではない。コミュニケーションの形態や活動に従ったシステムをデザインすることが重要である。特に人々の協調活動に視点を置いたシステムをグループウェアと呼ぶが、コミュニケーションの形態や目的によってさまざまなシステムが考えられている。会議、インフォーマルなコミュニケーションの支援、協同執筆など、利用目的によって違った種類のシステムが存在している。また、物理的に離れた両者間の距離を感じさせないようにする臨場感通信のアプローチも様々みられるようになってきた。

マルチメディアネットワークと計算機を用いたコミュニケーションシステムは、同時にさまざまなメディアを扱うことができる。これはコミュニケーションの際に表現の幅を広げるという意味で大きなメリットである。しかし、システムの情報提示のタイミング、遠隔地への情報提示の提供方法などが考えられてデザインされていないと、支援はおろか利用者を混乱させてしまうおそれもある。

次世代の遠隔コミュニケーションシステムにおいては、人と人とのコミュニケーションの形態や目的に応じた機能を提供するだけでなく、相手側の意図や状況を効率よく的確に伝達し、臨場感あるコミュニケーションにするためにも、計算機の利用が必須である。我々のアプローチにおける「臨場感」とは、このように様々なメディアを用いてユーザに物理的な距離を感じさせないという従来の臨場感通信のアプローチではなく、ユーザの意図や状況をうまく伝え合うことを支援することで、システム上でのタス

クのコンテンツによる「臨場感」を増すことを指している。

1.1 研究の経過

本報告書では、ATR からの委託研究に基づいて遠隔地との協調作業を支援する臨場感通信システムの研究について報告を行なうものである。

ATR からの委託研究に基づいて、臨場感通信会議に関する研究を始めてほぼ 3 年が経過した。当初は、テレビとテレビカメラを AV ケーブルで結んだ簡易テレビ会議の実験により、テレビ会議のもつヒューマンインターフェイス上の問題点をまとめた。

翌年は、遠隔プレゼンテーションに焦点をおき、聴講者のための講演者自動追尾システム PreView と光ペンと仮想ボードを用いたプレゼンテーションシステムとを試作した。今年度は、双方向 CATV とオンライン教材を用いた遠隔講義の実験・評価、および PreView と仮想ボードの拡張とを行なった。

本章では、まず、これらの実験システムを通して得られた結論を総括すると同時に臨場感通信会議の将来形態に関して自由な提案を行なう。

1.2 遠隔通信会議において重要な点

遠隔臨場感通信会議 (ここでは、会議の意味をより広くとり、プレゼンテーションや講義も含むことにする) において、ヒューマンインターフェイスの観点から、重要なことは次の通りである。

- 聴講者の主体性を確保する。具体的には、聴講者の方がカメラコントロールできるようにする。
- 画像よりも音声の方が情報伝達にとっては重要。少なくとも音声はリアルタイムで送る必要がある。
- 聴講者と講演者の双方にとって重要なのは、資料等の共有化である。プレゼンテーションに必要な資料等はオンライン化し、聴講者が自由に見られるようにする。
- 画像は、できれば等身大程度の大きさで提示する。コンピュータ画面と重ね合わせる方法も有効である。
- 会話を真に双方向的にするためには、技術的な面での臨場感を高めるだけでなく、参加者の社会的・組織的役割を明確にし、参加意識を高めることが大切である。

1.3 遠隔通信会議の未来像

将来において、臨場感通信会議はどのような形態をとるであろうか? ここでは、2020 年頃のテクノロジーを想定して、その未来像を描いて見る。まず、ベースとして、高帯域通信やリアルタイムデジタル伝送の技術の他に、エージェントのインターフェイス技術が一層進んでいるものと思われる。このような背景の下に、将来の遠隔通信会議の形態として、次のようなものが考えられる。

1. エージェントによる講演・講義 (バーチャルレクチャー)
2. エージェントによる聴講・参加 (バーチャルパティシペーション)
3. 一人の人間の複数会議への参加 (マルチコンファレンス)
4. 学会投稿としてのプレ講演 (マルチメディアアブストラクト)

5. 聴講者側の反応伝達システム (フィードバック)

まず最初に、(1) エージェントによる講義では、講演者がその場にいなくても臨場感をもった講演が行なえるシステムが作られる。これは、現在のビデオによるプレゼンテーションをさらに進めたものであり、複数のシナリオを用意しておき、聴講者の関心により、話しの深さとか時間が制御可能なものである。質問についても事前に蓄積されたものについては、回答可能とする。初めての質問は、質問内容が記録され、次回以降の講義で利用される。これは、デスクトッププレゼンテーションの自動プレイの発展系と考えることも出来る。狭義の会議においては、自分が説明の必要のあるところについて、事前にプレゼンテーションの用意を行ない、想定質問とそれに対する答を入力することにより、実現可能である。スクリプトの作成に要する手間を減らすインターフェイス上の工夫が必要である。

次に、(2) 聴講者側もエージェントを立てることにより、自分が実際に参加しない会議でも、身代りにより聴講が可能とするものである。予め、予約した会議のセッションや野球場、あるいは教室の席に身代りともいうべきカメラとマイク付のロボットが情報を収集する。基本的には、画像と音声の録音が中心となるが、必要に応じ、情報のフィルタリングを行なったり、ページ分けやタイトル付けなど情報の整理も行なう。事前の予習テキストから考えた質問を本人に代わって行ないその結果も記録する。エージェントがその場にいるだけで、本人は、同じ時間にその会議を遠隔地からウォッチしている場合と、後から眺める場合との二通りのケースが考えられる。ここで作られる記録は、マルチメディアノートともいうべきものであり、その人の思考法に合わせたまとめ方がなされる。

(1) と (2) を組合わせ、一人の人間が複数の会議に出席できるようにしたのが、マルチコンファレンスである。自分はどこか一つの会議で発言ないしは聴講をして (リアルモード) おり、他はすべてエージェントが代行して (バーチャルモード) いる。礼儀として、各会議のエージェントには、実際の参加者がリアルに参加しているか、バーチャルに参加しているかの表示があるものとする。各会議の司会者 (コーディネーター) は、参加者に必要に応じ、リアルモードでの参加を促すこともある。バーチャルに参加している会議に関しては、それまでの発言の流れが要約されている。思いついたことは、いつでもコメントを書き送ることができる。このシステムの最大の課題は、人間の心理的な注意資源が過負荷になったり、分散し過ぎたりしないようにすることである。

(1) のバリエーションとしては次のものがある。すなわち、これまでたとえば、現在の学会発表の投稿とその審査は論文ベースで行なわれている (一部でビデオ添付を勧めているところもあるが) だけであり、実際の講演内容は、文字として書かれたものでしか判断できない。(4) においては、上記の技術を使うことにより、学会発表のアブストラクトを電子プレゼンテーション (プレ講演) 行なえるようにするものである。

また、(2) のバリエーションとして、(5) 参加者のフィードバックを集める仕掛けについての工夫が必要であろう。すなわち、一方的に聞くだけでなく、面白いとか、分からないとか、興味深いなどの聴講者の頭の中に生じているものをエージェント (複数) の表情として表し、その全体像 (少数意見も含めて) を返すシステムである。

1.4 まとめに代えて

このように臨場感通信会議の未来像を考えてみると、我々の技術開発としてなすべきものは、まだまだ数多くあり、また、参加者の認知的インターフェイスに関する考察についても理解を深める必要があるだろう。

最後に、これまでの研究にご支援とご理解を頂いた、ATR 通信システム研究所の寺島信義所長はじめ、関係者の皆様に厚く感謝致します。

第 2 章

遠隔コミュニケーションと遠隔プレゼンテーションの現状

本章では、遠隔プレゼンテーション支援とは何かを述べる。まず、従来の TV 会議システムを用いて遠隔地間のプレゼンテーションを行なった際に生じる問題を明らかにする。次にその問題を解決するためのアプローチとして、遠隔地間をデータ通信回線によりリンクした環境で、コンピュータを人とのインタフェースに用いたシステムを構築することが重要であることを述べる。また、従来研究における遠隔プレゼンテーション支援技術を概観する。

2.1 遠隔地へのプレゼンテーション

2.1.1 遠隔地へのプレゼンテーションを行なう際の問題点

近年の通信技術やネットワークの発達に伴い、TV 会議システムが実際に利用される機会も見られるようになり、物理的に離れた場所とのリアルタイムの映像通信によるコミュニケーションが比較的容易になってきている。しかし、TV 会議システムのように音声と映像だけを遠隔地に提供するコミュニケーションシステムは、さまざまな問題点が指摘されている。コミュニケーションの目的にも左右されるが、人と話しをするときは話し手と同じ場所にいる方が明らかにその意図を理解し易くなる。

本研究でも、話し手と聞き手が TV 会議システムを用いてコミュニケーションを行なった場合、理解を難しくしている要因を探るため、以下に述べる予備的な対照実験を行なった [Sato 1994]。まず、はじめに聞き手と話し手が同一の部屋にいる状況でプレゼンテーションを行なった。次に 2 つの部屋を用いて、それぞれの部屋にマイクとスピーカーおよび固定のビデオカメラとモニターを設置し、お互いの声と様子がわかるようにして、プレゼンテーションを行なった (図 2.1参照)。この実験の際に聞き手に、話し手が同一の部屋にいるときと違って、どのようなときに、何が理解しづらいかを具体的に発話してもらい記録した。そして、このプロトコルデータをプロトコル分析した。その結果、スピーカーとモニターを通して音声と映像のみでリンクされた空間へのプレゼンテーションでは、以下のような問題点が明らかになった。

1. モニターの中で自分の興味があるところを自由に見ることができない。

2. カメラが話し手を中心に映していないので、表情やジェスチャーが読みとりにくい。

3. 話し手が提示した資料が見づらい。

図 2.1: 予備実験のイメージ (遠隔地間のプレゼンテーション)

4. 話し手と共有する資料などがないために、質問の際に話し手に自分の意図することを伝えづらい。

5. 相手と視線が一致しない。

上記の結果から聞き手は、話し手と対面しているときと違って、話し手側が発生または提示する音声以外の「メディア」[1] をうまく受容できないということや、疑問や意見の表明手段が限られていたり、なかったりすることによる違和感を持つことがわかる。

2.1.2 遠隔プレゼンテーション支援とは

以上のような問題点は、TV 会議システムが提供するコミュニケーションチャネル (通信路) によって伝達される情報が、face-to-face と比べて少ないことによると考えられる。TV 会議システムのコミュニケーションチャネルは、話し手の前に固定されたカメラからの映像と音声のみである。話し手がプレゼンテーションの際に行なった表情やジェスチャー、さらに相手側の雰囲気などを効果的に伝達することができない。また、話し手が提示した資料もテレビモニター越しでしか見ることができない。

以上のような問題を解決し、より効果的な遠隔プレゼンテーションを行なうには、システムのコミュニケーションチャネルを増やす必要がある。また、コミュニケーションシステムの端末を単なる映像・音声の入出力機器と捉えずに、端末の人とのインタフェースに工夫が必要である。

これらを実現するには、コンピュータとそのネットワークが不可欠である。コンピュータを人とのインタフェースに用いることにより、音声と映像以外の遠隔地の情報を表現する手段を提供する。さらに、新たなコミュニケーションチャネルとしてコンピュータデータの通信路を確保し、コンピュータ間をリンクするのである。

遠隔コミュニケーションシステムの分類

遠隔地間のコミュニケーションを支援するシステムは、現在の社会生活になくてはならない電話を含めて、さまざまな形態が普及または研究・開発されている (表 2.1参照)。これらは全て人と人とのコミュニケーションを支援するシステム、つまりインターパーソナルコミュニケーション メディアである。し

[1] 人はプレゼンテーションを行なう際にさまざまな「メディア」を用いている。それは意識的 (意図的) に用いるものから、無意識的なものまで多岐にわたる。ここでの「メディア」に該当するものとして、音声はもちろん、顔の表情、身振り、手振りといったノンバーバル情報、OHP、ホワイトボード、さらには DTPR(Desk Top PResentation) 用のコンピュータ上の資料などが挙げられる。

例えば、普通の会話を行なう際も、言葉以外の情報、すなわちノンバーバル情報のやり取りが行なわれている。会話中の身振りや手振り、さらに「目は口ほどに物を言い」という格言があるように、相手の視線やアイコンタクトが重要な役割を果たすこともある。また、学会発表などでは、通常の会話と比べるとかなり意図的にさまざまなメディアが用いられる。学会発表における発話者 (講演者) は話すという基本的な動作に加えて、身体的な動きを効果的に交えることで、聴講者に意図の伝達を行なっている。DTPR の場合は、コンピュータ上の資料が伝達の補助を行うプレゼンテーションメディアとなっている。

表 2.1: 通信回線上のデータの種類による遠隔コミュニケーションシステムの分類

	データの種類	システム
(1)	音声	電話
(2)	音声+映像	TV 電話, TV 会議システム
(3)	コンピュータデータ	電子メールシステム, グループウェア (電子メールベース)
(4)	音声+コンピュータデータ 映像+コンピュータデータ 音声+映像+コンピュータデータ	次世代の遠隔コミュニケーションシステム, グループウェア (リアルタイム)

かし、ネットワーク (通信回線) を流れるデータの種類に応じてシステムを分類することが可能である。

表 2.1中でデータの種類として用いているコンピュータデータとは、音声・映像情報以外の「コンピュータによって扱われコンピュータ間でやり取りされるデータ」のことを指している。もちろん、デジタル化された音声・映像情報は、コンピュータにより扱うことができるので、コンピュータデータと呼ぶことは可能であるが、ここでは違った扱いをしている。例えば、ネットワーク上の WS にマイク、スピーカー、カメラを接続し、ディスプレイ上にビデオ映像を表示する技術を用いることで遠隔地間を映像と音声を結んだシステムがあるとする。これは、ネットワーク上をコンピュータデータのやり取りしていると考えることもできるが、ここでは (2) の TV 電話もしくは TV 会議システムに相当することになる。音声と映像のリンクの制御にコンピュータが使われているだけと考えるからである。

このシステムの WS 上に遠隔地の相手との画面共有ツールなどを付加した場合に初めて (4) に相当するコンピュータデータを用いたコミュニケーションシステムとなる。画面共有ツールとは、遠隔地のコンピュータ間をネットワークで結び、話し手のコンピュータの画面上に表示されているのと同じ図・表などを聞き手の画面上に表示させることができるものである。さらに、話し手や聞き手がその図・表などに操作を加えると、その結果をお互いが共有することができる。これにより、TV 会議システムのようにテレビモニター越しに資料を提示するのではなく、お互いが一つの机上の図・表をのぞき込んで、それに書き込みを行なっているかのようなコミュニケーション環境が実現できる。

遠隔プレゼンテーション支援のアプローチ

このシステムの実現には、一方のディスプレイ上で起こった変化を他方の WS に伝えて同じ変化を起こさせるためのデータのやり取りが必要である。UNIX 環境の場合ではウィンドウ上の X-Window イベントなどを検知して、他方の WS に同じイベントが再現できるようにデータを送信する必要がある。このデータをここではコンピュータデータと呼んでいるのである。

表 2.1の (4) に相当するシステムでは、人とのインタフェースにコンピュータを利用し、さらにコンピュータ間をデータ通信によってリンクすることで、新たなコミュニケーション手段の提供が可能になっている。TV 会議システムなどのこれまでのコミュニケーションシステムにおいては、コンピュータは利用者に映像と音声を提供するための接続制御にしか用いられていない。主に端末と端末の間の信号伝達技術に重点が置かれているのである。もちろん、遠隔コミュニケーションやプレゼンテーションを考える際には、これからも B-ISDN(Broad-band Integrated Service Network) で採用されている ATM(Asynchronous Transfer Mode) などマルチメディア通信を実現するための信号伝達技術を重視しないわけにはいかない。しかし、次世代の遠隔コミュニケーションシステムは信号伝達技術に加えて、

さらに、人と人とのインタフェースに重点を置く必要がある。

例えば、TV 会議システムに加えて上述の画面共有ツールを遠隔地間のプレゼンテーションに適用した場合、前節の予備実験で挙がった以下の問題点は解決できると考えられる。

- 話し手が提示した資料が見づらい。
- 話し手と共有する資料などがないために、質問の際に話し手に自分の意図することを伝えづらい。

このように、次世代の遠隔コミュニケーションシステムでは、映像・音声に付加する情報として遠隔地間でコンピュータデータのやり取りを行ない、コンピュータを人とのインタフェースに用いることにより、コミュニケーションの形態や目的に適応した機能を提供し、相手側の意図や状況を効率よく的確に伝達することが求められている。

本研究では、このアプローチに沿ってシステムの構築を行ない、それを遠隔地間のプレゼンテーションへ適用することを「遠隔プレゼンテーション支援」と呼んでいる。

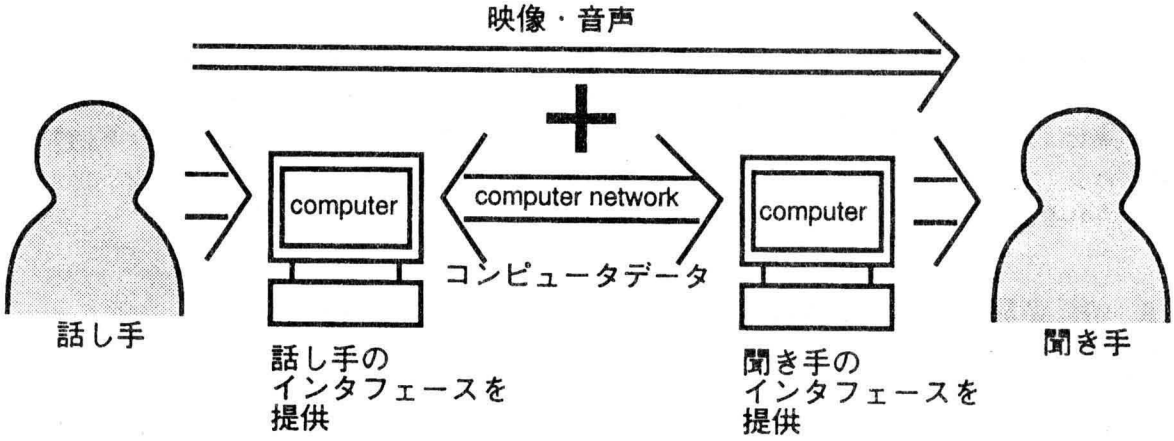


図 2.2: 遠隔プレゼンテーション支援のイメージ

2.2 コラボレーション支援のためのプレゼンテーション支援

近年、「コラボレーション」というキーワードがコンピュータサイエンスの世界で重視されている。松下温はコラボレーションに関して次のように述べている [Matsushita 1995]。「コラボレーションとは、何かを生み出す目的をもった人間のかかわりである。すなわち価値を創造しそれを共有するプロセスであり、言い直すと、互いに補う技能をもつ複数の人々が 1 人では到達できない『互いに理解される共有の場をもつ価値創造のプロセス』である。」

また、コンピュータによるコミュニケーション支援を行なうシステムの中でも、特にコラボレーションの支援を中心に考えたシステムやアプリケーションをグループウェアと呼ぶ。

コラボレーションは一般的にはコミュニケーションの上位概念として考えられている。コミュニケーションは情報のやり取りを行なってお互いに関する理解を深めるプロセスであり、協調による新しい価値創造は行なっていない。しかし、コミュニケーションがなければ、コラボレーションは起こり得ない。石井裕は「コミュニケーションはコラボレーションのための必要条件である。」とし、コラボレーションとコミュニケーションの関係が図 2.3のように階層構造を示すとしている [Ishii 1994]。

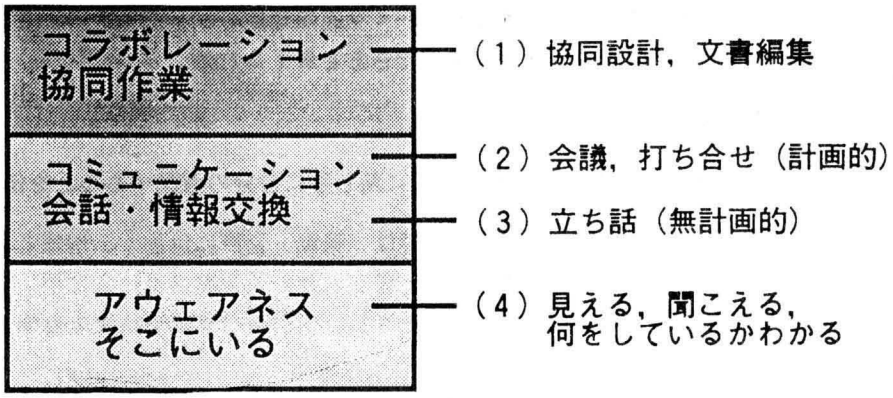


図 2.3: コラボレーションとコミュニケーションの関係 [Ishii 1994]

前述のようにプレゼンテーションとは、コミュニケーションの一要素である。プレゼンテーションの支援の結果が、コミュニケーションに反映されてくる。コミュニケーションの目的がその後の協調作業にある場合は、プレゼンテーションの段階からその結果がコラボレーションで使われることを意識する必要がある。つまり、プレゼンテーションにおけるコンピュータの支援が、その後のコラボレーションに活かされるようなシステムのデザインが必要である。

2.3 従来研究における遠隔プレゼンテーション支援技術

以下のシステムやアプリケーションは、主にグループウェア (リアルタイム分散型のグループウェア) と呼ばれ、遠隔プレゼンテーションに特化したシステムではない (Forum を除く)。しかし、「遠隔地間の新しいコミュニケーションやコラボレーション環境の創造」という目的を達成する手段として、遠隔地へのプレゼンテーション支援技術に重点が置かれているシステムである。

(1) 視線一致を重視したシステム

以下のシステムは TV 会議システムを用いた遠隔地のコミュニケーションの場合に起こり得る、「相手がだれ、もしくはどこに視線を向けているかわからない」という問題を解決するシステムである。

1. Hydra(トロント大学)[Buxton 1990]
2. ClearBoard(NTT ヒューマンインタフェース研究所)[Ishii 1994][Ishii 1992]
3. MAJIC(慶応大学)[Okada 1994]

これらのシステムによって、アイコンタクトなどの従来の TV 会議システムでは困難だった非言語的な情報を用いた遠隔地へのプレゼンテーションが可能になり、新しい遠隔コミュニケーション環境が創造された。特に ClearBoard は「大きなガラス板をはさんで互いの顔を見ながら会話をし、ガラス板の両側から描画を行なう」というコンセプトのもとに、等身大の遠隔地の相手との視線一致による会話と、協同描画作業環境の自然な融合を可能にした。また ClearBoard では、視線一致だけでなく、相手が画面上のどこを見ているかわかるという「ゲーズアウェアネス」という新しい効用をもっている。

(2) 臨場感を重視したシステム

1. VideoWindow(Bellcore)[Robert 1990]
2. 臨場感通信システム (ATR)[Kishino 1991][Kishino 1992b][Kishino 1992a]

これらのシステムは、遠隔地間を壁面サイズのスクリーンを介した結んだり、VR(Virtual Reality)技術を用いたりすることで、遠隔地の情報をできるだけ多く伝達し、再現することに重点が置かれている。基本的なコンセプトの面は異なるが、ClearBoard や MAJIC も等身大の相手の映像を見ながらコミュニケーションができるという点で、臨場感を重視しているシステムであるといえる。

(3) 共有ウィンドウによる資料の提示

1. Rapport(AT&T Bell Laboratories)[Ahuja 1988][Ahuja 1990]
2. MERMAID(日本電気 C&C 研究所)[Sakata 1992][Watabe 1989][Watabe 1990]
3. PMTC(NTT ヒューマンインタフェース研究所)[Shimamura 1990]
4. TeamWorkStation(NTT ヒューマンインタフェース研究所)[Ishii 1991][Ishii 1992]

上記のシステムは、WS ベースのマルチメディア会議システムに分類されるシステムである。これらの特徴は、遠隔地間の WS をデータ通信でリンクすることによって、コンピュータ上の会議資料などを共有することができる点にある。参加者が、資料の置かれた 1 つの机を囲んでいるかのように、WS 画面上で共有された資料をポインティングできるなどのプレゼンテーション手段を提供している。TeamWorkStation では電子化された資料だけでなく、机の上に取り付けられた CCD カメラによって捉えられた紙、雑誌、手書き文字などの映像も他の画面と合成して共有することが可能になっている。

ここで取り上げたシステムは一例であり、近年の WS をベースとしたリアルタイムグループウェアのほとんどがこの共有作業空間を備えているといえる。

1 人の講演者が n 人の遠隔地の聴講者に対して発表を行ない、意見や考えを伝達するという形式のプレゼンテーションを支援することを目的としたシステムとして、Forum(Sun Soft)[Isaacs 1994][Isaacs 1995] がある。このシステムも、WS ベースの TV 会議システムに加えて、プレゼンテーション資料の講演者と聴講者の WS 画面上での共有を可能にしている。

第 3 章

双方向 CATV とオンラインドキュメントを用いた遠隔プレゼンテーション

本章では、遠隔地へのプレゼンテーションを可能にするシステムを、実際の大学の講義に適用して遠隔講義を行なったことについて述べる。遠隔講義は、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス (SFC) の 1995 年度春学期に開講された情報処理言語 (Lisp) において行なわれた。

遠隔コミュニケーションを支援するシステムやその機能について考察する場合、最終的には使用者である人間にとって使いやすいものであるか、ということが重要になる。遠隔プレゼンテーションの場合は、遠隔地にいる聴講者がどれだけ講演者側のプレゼンテーションを聞き易くできるか、ということが評価の対象の 1 つになる。そのため、聴講者のためのプレゼンテーション支援技術の確立には、聴講者の要求分析が不可欠である。講演者と聴講者の両者の間に流れる情報の何がどのようなときに必要になり、その情報を提供するのにどのような機能が求められるかを要求の中から抽出するのである。この分析のアプローチとして、実際の遠隔プレゼンテーションの場から聴講者に対して調査を行ない、データを得るという方法が考えられる。従来の研究では疑似的な状況を設定して実験などを行なっている場合が多い。しかし、実際に遠隔プレゼンテーションシステムを長期間にわたって運用し、聴講者から得られたデータを分析した例は少ない。

そこで、本研究では約 3ヵ月の長期にわたって遠隔形式で大学の講義を行ない、その聴講者に対してアンケート調査を行ない、聴講者からの要求を分析した。分析は主に、講演者である講師のいる教室で聴講した場合と（講師のいない）遠隔教室の場合との違いを比較して行なった。そして、実際に遠隔プレゼンテーションを行なったときに問題になる事柄や、そこで必要とされるシステム機能などを考察した。

3.1 遠隔プレゼンテーションシステムの講義への適用

遠隔教育には、古典的な通信教育や放送教育、さらにはコンピュータネットワークを利用したものまでさまざまな形態がある。近年、通信技術の発展に伴い、映像・音声の双方向通信によるリアルタイムの遠隔教育システムが可能になりその研究が盛んである。実際に、予備校や企業の社内教育に通信衛星などを用いた教育システムが導入され、実用性や効果が確認されている [Kashiwagi 1993]。これらのシステムは、以下の点で高く評価されている。

- すぐれた講師の講義を効率良く物理的に離れた場所にいる多数の人間に提供できる
- 場所に左右されない均等な教育機会・内容の提供ができる

したがって、多数の聴講者を対象とする講義形式の知識教育には良いシステムである。しかし、こうした遠隔教育システムの多くはその基本的な部分でTV会議システムと相違がないものが多い。遠隔教育の際には、従来のTV会議システムの延長線上にあるシステムを用いただけでは、聴講者の情報選択の自由度や、聴講者と講師とのインタラクションが狭められる可能性がある。face-to-faceの場合と比べると、講師の様子や遠隔地で提示された資料などが、把握しづらい等の「距離による制約」を受けているからである。そこで、遠隔地間に単なるTV会議システムの機能を提供するだけでなく、コンピュータとそのネットワークを利用したシステムを用意して聴講の自由度および理解度を向上させる必要がある。つまり、コンピュータを介することで「距離による制約＝聴講の自由度の不足」を補うのである。

また、プログラミング言語などの情報処理教育は、学習者にコンピュータに触れながら講義を聞くことのできる環境を提供して、演習形式で行なうことが望ましい。このことから、大学などではコンピュータを利用しながら講義を聴講できる演習教室を備えていることが多い。しかし、聴講者が多数の場合は、1室の演習教室に用意されているコンピュータの台数の制約から、学習者全員のコンピュータを用意できないという問題が生じる。そのため、最初に大教室で講義を行なってから複数の演習教室で演習を行なわせたり、講義を2回に分けたり、2人以上の講師で講義を分担したりする必要があった。

そこで本研究では、2つの演習教室を双方向のCATVで結び、コンピュータネットワーク上にマルチメディア学習教材を用意した遠隔講義支援システムを構築した。これにより、2つの演習教室にいる聴講生に対して、どちらか一方の教室から一人の講師で情報処理の講義を行なうことが可能になった。また、このシステムを、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス(SFC)において1995年度の春学期に開講された情報処理言語(Lisp)の講義に利用した。

3.2 遠隔講義支援システム

本研究では、複数の教室にいる聴講者に対して、一人の講師で情報処理の講義を行なえる遠隔講義支援システムを構築した。

構築の場所として、SFCの演習教室を2部屋使用した。2つの演習教室はそれぞれ別の棟にあるが、室内の設備は同じである。室内には、40台のコンピュータの端末（X-Windowシステムが動作するX端末）が設置されている。講義用の教卓があり、その後ろにはプロジェクターのスクリーンがある。そこにはビデオや、教卓のコンピュータ画面、書画カメラの映像などを映し出すことが可能である。また、講師がワイヤレスマイクで話した声を、室内に設置されたスピーカーから出すこともできるようになっている。

遠隔講義支援システムは、こうした機能をもつ演習教室に以下の設備や機能を付加したことに特徴がある。

- 双方向CATVシステム
- 映像スイッチングシステム
- コンピュータネットワーク上のマルチメディア学習教材

双方向CATVシステムは、各教室にビデオカメラを設置して講義や教室内の様子を撮らえた映像などを、それぞれ別の教室のプロジェクターやモニターにリアルタイムに映し出すために用いる。

映像スイッチングシステムは、講師が講義中にボタン操作だけで、遠隔教室（講師のいない教室）に送る映像を切替えることを可能にする。切替え可能な映像は、ビデオカメラによる講師の映像、講師用端末の画面、書画カメラの映像などである。

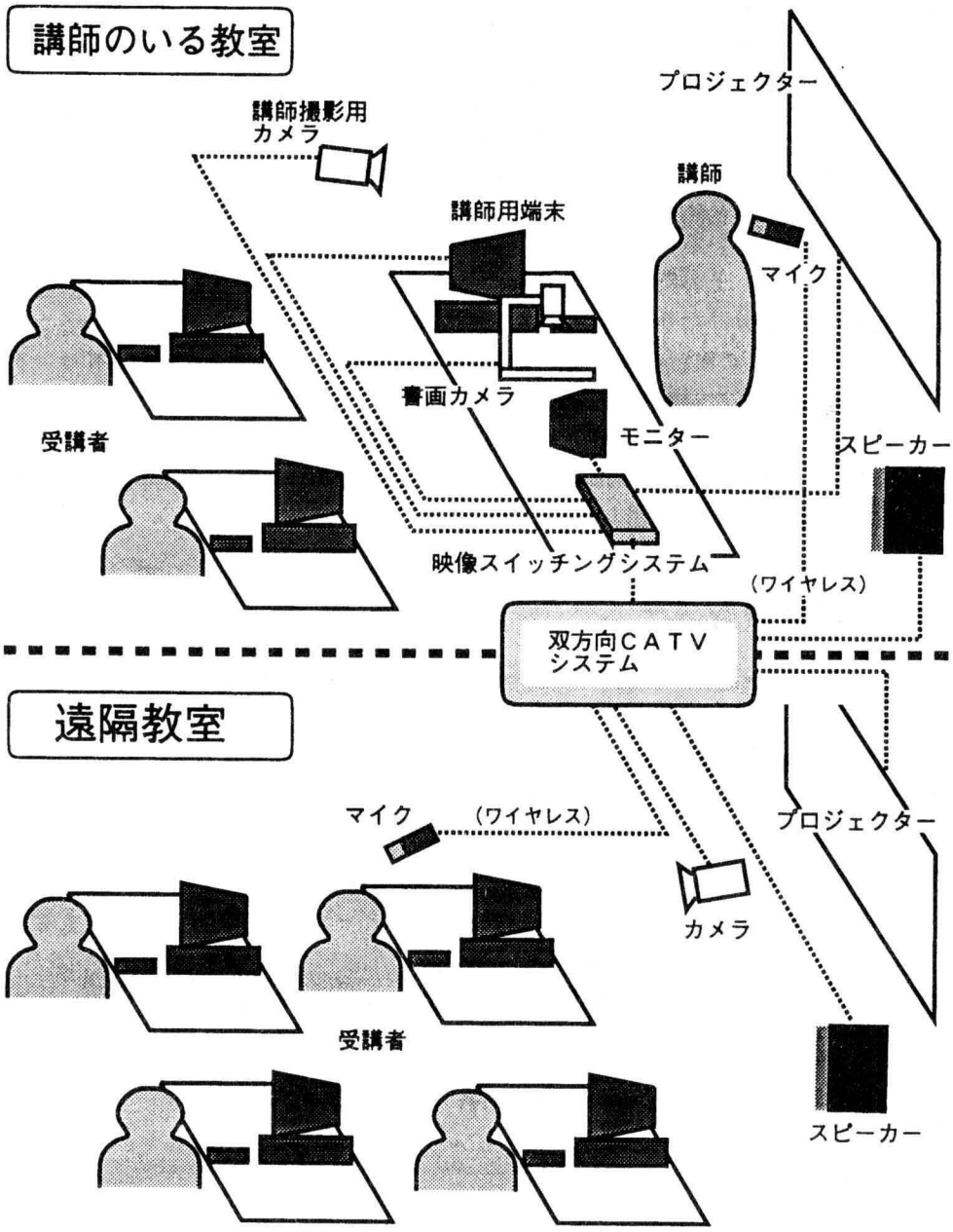


図 3.1: 遠隔講義支援システム

コンピュータネットワーク上のマルチメディア学習教材は、講義のテキストや資料を聴講者のそれぞれの端末画面上に表示できるようにしたものである。

以下に、これらの設備や機能に関して詳しく述べる。また、遠隔講義支援システムの構成を図 3.1に示す。

3.2.1 双方向 CATV システム

SFC では、キャンパス内の各教室に CATV が張り巡らされている。本研究では、このケーブルを利用して 2 教室間で音声と映像の送受信を行なえるように双方向 CATV システムを構築した。一般的な CATV システムは一方向にしか送信できないが、このシステムは、映像、音声ともに全二重通信が可能である。これは、送信・受信の信号を、高低の異なる周波数の搬送波を使い分けることで普通の CATV 回線に乗せて、同時双方向性を実現している。

これにより、講師は自分を撮影しているビデオカメラの映像や音声を、遠隔教室に送信することができるばかりでなく、遠隔教室から送られてくる映像や音声を同時に受信することができる。したがって、遠隔教室にいる聴講者から講師に質問が出たときなども、送信されている映像などはどちらの方向も途切れることはない。お互いの映像をプロジェクタに映し出しながら、質問のやり取りをスムーズに行なうことができる。

3.2.2 映像スイッチングシステム

講師が遠隔地間の映像・音声のやり取りを簡単に制御できるように、映像スッチングシステムを用意した。このシステムを用いることによって、講師は講義を行ないながら遠隔教室のプロジェクターや教卓上のモニターへ出力する映像を切替えることができる。映像の切替えは、教卓の上に設置されたスイッチボタンの操作だけで行なえる。このスイッチボタンは、映像の種類を切替えることができるだけでなく、映像の出力先も切替えることができる。したがって、遠隔教室に送っているのと同じ映像を講師がいる教室のプロジェクターに映し出したり、遠隔教室の様子を講師がいる教室のプロジェクターやモニターに映し出したりすることができる。

映像スイッチングシステムに入力して、切替えの対象にできる映像は、ビデオカメラによる講師の映像、書画カメラの映像、講師用端末の画面である。しかし、講義の形態によっては、講義資料としてビデオデッキからの映像を使用する必要がある場合なども考えられる。このため、持ち込みのビデオデッキの映像などもシステムに簡単に入力できるようになっている。

映像スイッチングシステムに、教卓周辺の機器を接続した様子を図 3.2に示す。

また、このシステムでは、スキャンコンバータが使用されている。コンピュータの端末の映像出力は RGB Component 信号であり、ビデオカメラからの出力などとは異なった周波数の映像信号である。そこで、入力信号をスキャンコンバータで NTSC Composite 信号に変換して扱う必要があるためである。

このシステムにより、講師は講義に必要な資料や情報をスムーズに複数の教室に提示できる。そして、遠隔教室の聴講者の反応も教卓上のモニターを通して見ることができるので、複数の教室に対しても適切な講義を行なうことができると考えられる。

3.2.3 コンピュータネットワーク上のマルチメディア学習教材

遠隔講義では、講義のテキストや資料などはコンピュータネットワーク上のマルチメディア学習教材によって提供した。学習教材の画面例を図 3.3に示す。

学習教材の作成および提供に用いたツールは MALL である。MALL は、SFC でマルチメディアを外国語学習に用いるという目的で、MALL(Multimedia Aided Language Learning environment) プロジェ

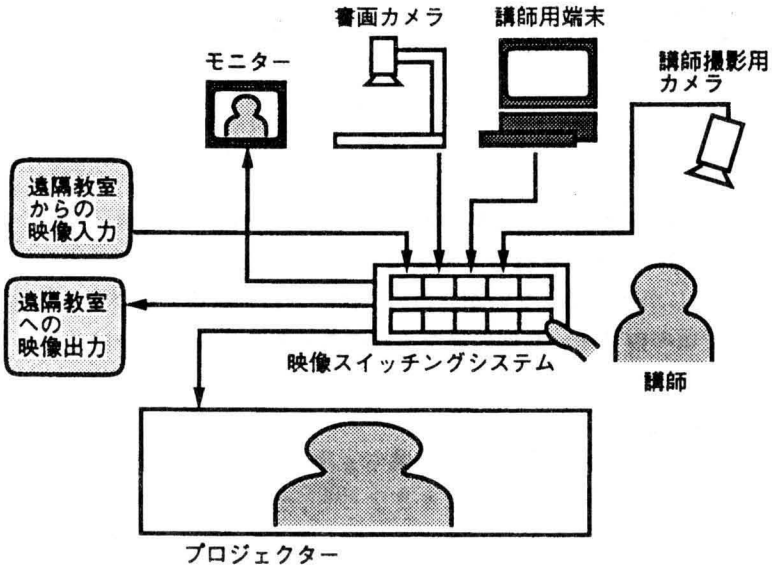


図 3.2: 映像スイッチングシステム

クト [Tanaka 1995][Tanaka 1994b] において開発されたツールである。MALL 上の教材は Hypertext 構造になっており、複数枚のカードから成り立っている。画面上のボタンをマウスでクリックすることによって、リンクされたカード間を自由に移動して教材を進めていくことができる。重要な概念などもクリックによって、さらに詳しい説明を得ることができる。また、MALL にはカード上でアニメーションを見せる機能もある。図 3.4は、Lisp 言語で定義した関数をアニメーション機能を用いて作成した教材の画面例である。再帰呼び出ししたときの動作の様子をアニメーションで見せている。

聴講者はそれぞれの端末画面上に、この MALL をたちあげて講義を受ける。OHP を用いた場合の講義と違って、教室内のどの位置の席についても、同じ条件で教材を見ることができる。また、講義中に聞き逃したことがあったり、他に参照したいことがあったら、講師のその時点での説明にかかわらず、リンクをたどって自分のみたいカードを見ることができる。MALL はキャンパス内のどの WS や X 端末からも利用できるので、講義後の復習や、講義を欠席した際の自習に使うこともできる。

X-Window システムが動作している端末画面上では、MALL は 1 つのウィンドウで表示される。したがって、プログラミング言語などの演習の際には、エディタやプログラム実行用のウィンドウを別にたちあげることができる。これにより、教材の参照とプログラミングの試行を同一画面上で行なうことが可能になる。

3.3 遠隔講義の実施

以上の遠隔講義支援システムを大学の講義に利用した。利用した講義は、SFC において春学期に開講されている情報処理言語 (Lisp) の講義である。週 1 回 90 分の講義が約 3 ヶ月間、全部で 13 回行なわれた。対象は、すでに 1 年間コンピュータの使い方やプログラミングの基礎を学んでいる学部 2 年生 (以上) である。ただし、Lisp プログラミングの経験は問わない。初歩的な Lisp プログラミングから始めて、最終的にやや大きめの実用的なプログラムを作成できる程度の力を見につけることを目標としている。

この講義のために、40 台の X 端末が備えられている演習教室を 2 部屋利用した。聴講者は 64 名で

図 3.3: MALL 上の学習教材の画面例

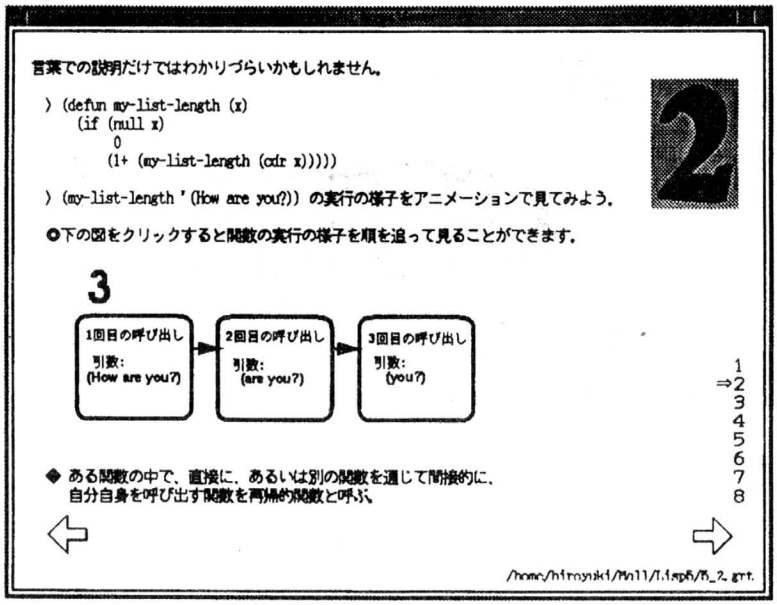
あったので、聴講者には1人で1台の端末を利用できる環境を提供した。席は自由に選べるようにしたが、特にどちらかの教室に集中するということはなかった。

教材に関しては、図 3.3、図 3.4で示したような聴講者の端末上で MALL を用いて見ることのできるカードを1回の講義に 10 枚程度、全部で 130 枚程度用意した。カードには、リンクに沿ってスムーズに講義を進められるように、講義の要点の他に、マウスのクリックによって見ることのできる捕捉説明、演習問題などを組み込んだ。

また、この講義には聴講者と別に講義のアシスタントを行なう学生が遠隔教室に2名、講師のいる教室に1名参加した。講義のアシスタントは講師や聴講者を映すカメラの操作やマイクの取り扱いを行なう他に、聴講者からの質問の受け答えも行なった。もちろん、講義内容に関する重要な質問は直接講師が対応するようにしたが、演習中のちょっとした質問にはその場で講義のアシスタントが答えるということもあった。

講師が話すときや聴講者が質問を行うときなど、教室間の音声のやりとりはすべてワイヤレスマイクを用いて行った。ワイヤレスマイクは教室毎に用意した。教室内でワイヤレスマイクが拾った音声は、教室に設置されているスピーカーから出力される。また、その音声は双方向 CATV システムによって別の教室にも送られる。したがって、遠隔教室の聴講者もワイヤレスマイクを用いることで、自席から別教室の講師と質問のやりとりを行うことができる。また、別教室で行なわれている質問のやりとりを聞くことができる。

講義をスムーズに行うという点から考えると、質問をするためのマイクは聴講者の席毎に用意されていることが望ましい。今回の支援システムでは、ワイヤレスマイクを用いて疑似的にその環境を実現した。聴講者からの質問がある場合には、講義のアシスタントが聴講者の席までワイヤレスマイクを持っていくようにした。



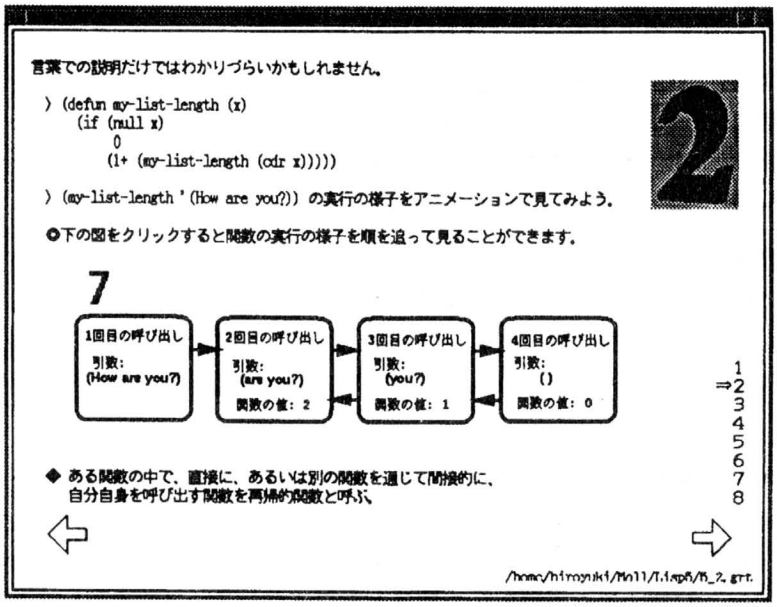


図 3.4: アニメーションを用いた教材の画面例

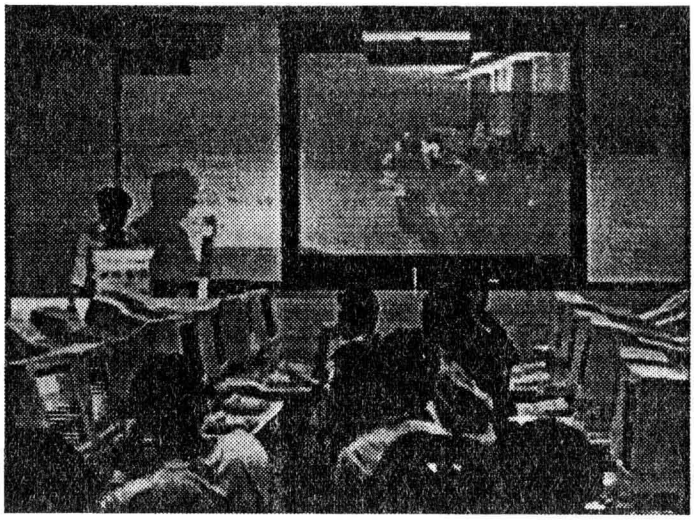


図 3.5: 遠隔講義の様子 (講師のいる教室)

左側に立っているのが講師。講師の様子はビデオカメラに捉えられて遠隔教室に送られる。講師の前には、講師用の端末、書画カメラが並ぶ。講師の後ろにはホワイトボードがあり、その右側にはプロジェクターがある。プロジェクターには遠隔教室の様子が映し出されている。このプロジェクターには遠隔教室の様子の他に講師用端末の画面や、書画カメラの映像などを映し出すことができる。

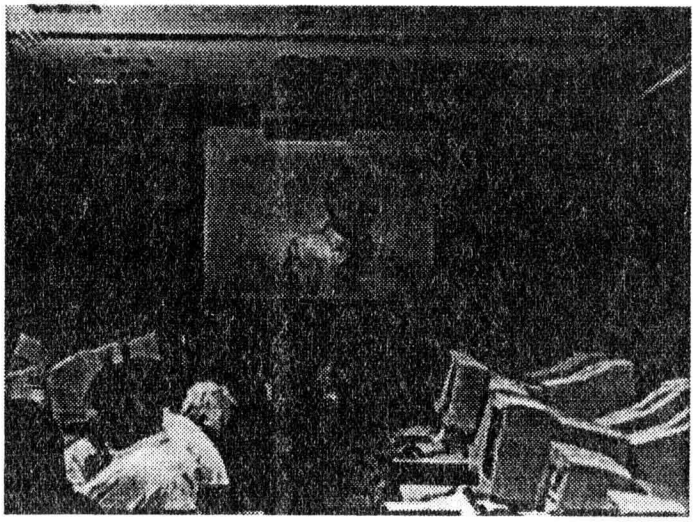


図 3.6: 遠隔講義の様子 (遠隔教室)

プロジェクターには講師の様子が映し出されている。プロジェクターの映像は講師が映像スイッチングシステムを操作することで、講師のいる教室同様、講師用端末の画面や、書画カメラの映像に切り替わる。プロジェクターの前にあるのは遠隔教室の様子を捉えるビデオカメラ。

3.4 評価

遠隔講義の評価を行うため、聴講者にアンケート調査を行った。

3.4.1 調査目的

調査の目的は、講師のいる教室と遠隔教室との違いを聴講者の視点から探ることにある。

今回の調査では主に、遠隔教室で前述の支援システムを利用して講義を聴講した場合、講師のいる教室と比べて講義の理解にどのような支障を感じることがあるかを探った。また、支障がある場合は同時にその理由を調査した。そのため、講師のいる教室で講義を受けたことのある聴講者と、遠隔教室で講義を受けたことのある聴講者に、それぞれ同じ質問をして両教室の比較を行なったり、両教室で聴講したことのある聴講者のみに対する質問を用意したりした。

そして最終的に、調査結果から遠隔講義支援システムの改善方法を考察し、2教室間でより差の少ないシステム構築の指針を検討する。

3.4.2 調査方法

調査は2回行った。

第1回の調査は、予備調査として、7回目の講義の際に行った。自由回答法をとり、質問に対して自由に意見を記入してもらった。聴講者からさまざまな表現を用いた率直な意見が出された。

第2回の調査は、12回目の講義の際に行った。この調査が本調査であり、結果を遠隔講義の評価に用いた。この調査ではプリコード回答法をとった。第1回の調査の回答内容を基に、予想される回答を分析して回答選択肢を用意した。そして、聴講者に質問文とともに示した回答選択肢のなかから該当するものを選んでもらった。

3.4.3 調査結果と評価

41名の聴講者からアンケート調査の協力が得られた。

以下に、上述のアンケート調査の質問項目とその結果を挙げる。そして、その結果に対する評価を述べる。

質問 1 遠隔教室で講義を受けるときに、講師のいる教室で聴講するときとくらべて、講義を理解する上で何か支障を感じますか？

(1) 非常に感じる　(2) 少し感じる　(3) どちらともいえない

(4) ほとんど感じない　(5) まったく感じない

※ 結果を図 3.7に示す。

質問 1 は講師のいる教室と遠隔教室の両方で講義を受けたことのある聴講者にのみ答えてもらった。(4) のほとんど感じないと、(5) のまったく感じないと答えた人を合わせると全体の 71.3%である。(2) の少し感じるとした 3 人には理由を答えてもらった（複数回答を可能とした)。

理由 講師が見づらい (2 人)

講師の声が聞きづらい (1 人)

質問しづらい (1 人)

ホワイトボードの文字が見づらい (1 人)

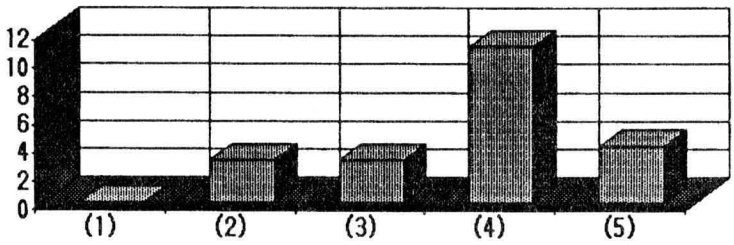


図 3.7: 遠隔教室での講義理解の支障

質問 2 従来とくらべて今回の方式は、講義の効率という点からみてどうですか？

(1) 非常に良い　(2) 良い　(3) どちらともいえない

(4) 悪い　(5) 非常に悪い

質問 3 従来とくらべて今回の方式は、講義の理解という点からみてどうですか？

(回答選択肢は質問 2 と同じ。)

※ 結果を図 3.8に示す。

質問 2・質問 3 に回答する前に、聴講者には調査表の以下の注釈に目を通してもらっている。

※ 本講義は従来 (昨年度まで)、まず最初に 1 つの教室に全員が集まってその回の内容についての講義を受け、その後 (2 つの) 演習教室に移動して演習を行なうという形式をとっていました。今年度からは双方向 CATV で 2 つの教室を結ぶことによって最初から演習教室で、演習を行ないながら講義が受けられるようにしています。

講義の効率は良くなったと答えた人が多い。講義の理解は (3) のどちらともいえないを選んだ人が多かったが、全体の 39.5%の人が (2) の良いまたは、(1) の非常に良いを選んでいる。

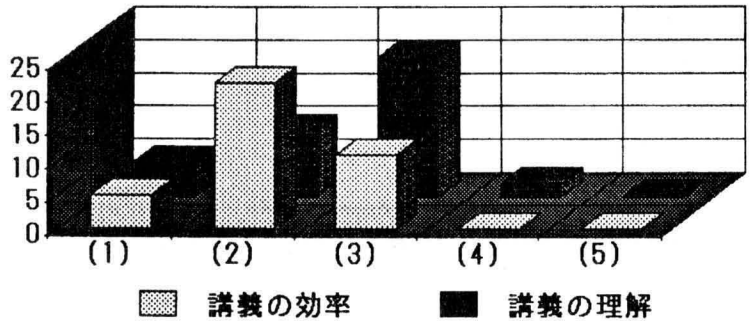


図 3.8: 従来と比べた講義の効率および理解

質問 4 講師の声の聞こえ方はどうですか？

(1) 非常に良い　(2) 良い　(3) 普通　(4) 悪い　(5) 非常に悪い

質問 5 講師の表情の見え方はどうですか？

(回答選択肢は質問 4 と同じ。)

質問 6 講師の動作の様子の見え方はどうですか？

(回答選択肢は質問 4 と同じ。)

質問 7 講師がホワイトボードに書いた文字の見え方はどうですか？

(回答選択肢は質問 4 と同じ。)

質問 8 講師が自分の端末上に行なった操作の様子の見え方はどうですか？

(回答選択肢は質問 4 と同じ。)

※ 結果を図 3.9、3.10、3.11、3.12、3.13に示す。

質問 9 あなたが講義中、講義を理解するために特に重視していたものは何ですか？

(複数回答可)

(1) 講師の声　(2) 講師の表情　(3) 講師の動作

(4) ホワイトボードの文字　(5) 講師が端末上に行なった操作

(6) マルチメディア学習教材　(7) その他

※ 結果を図 3.14に示す。

質問 4 から質問 9 は、講師のいる教室で講義を受けたことのある聴講者と、遠隔教室で講義を受けたことのある聴講者に同じ質問をした。したがって両方の教室で聴講したことのある人は、それぞれの教室に関して回答をしている。このため、回答者の合計人数は両教室で違っている。

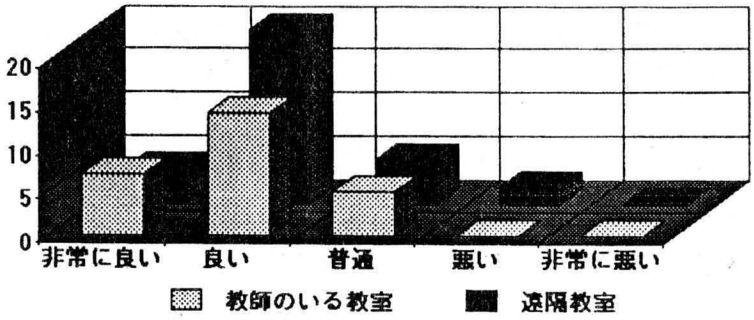


図 3.9: 講師の声の聞こえ方

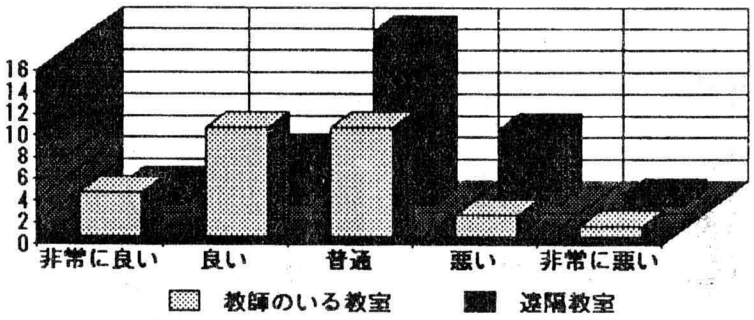


図 3.10: 講師の表情の見え方

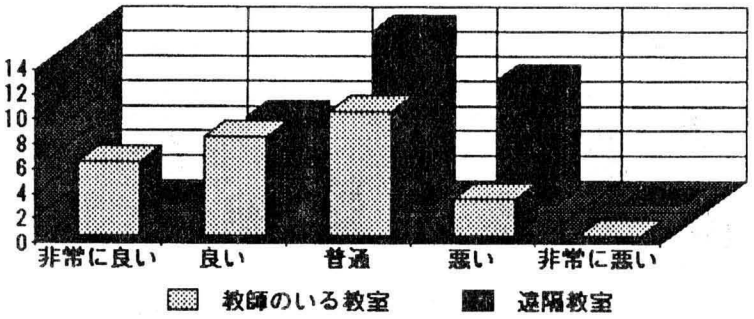


図 3.11: 講師の動作の様子の見え方

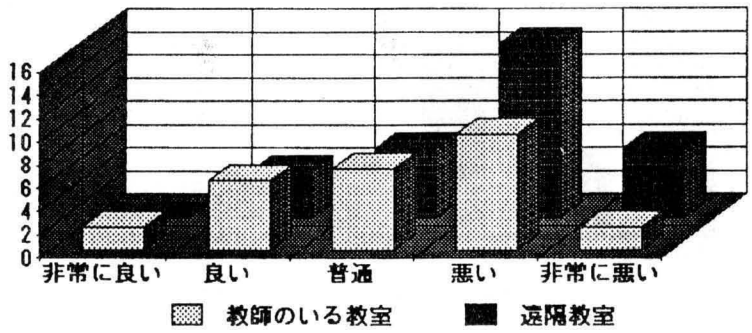


図 3.12: ホワイトボードの文字の見え方

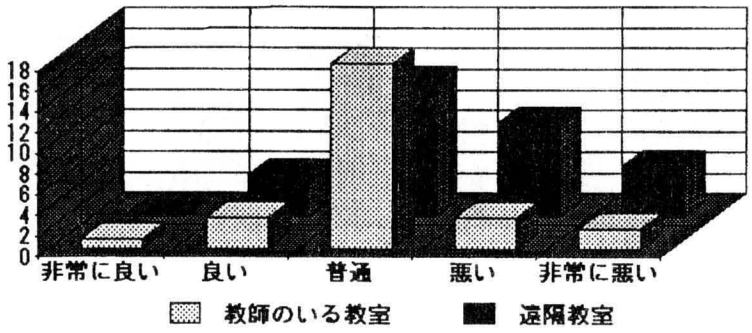


図 3.13: 端末上の操作の様子の見え方

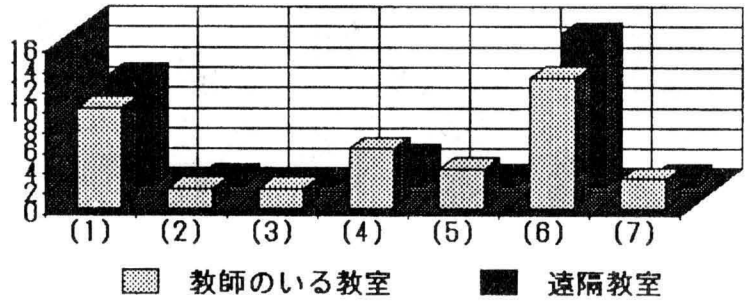


図 3.14: 講義を理解するために重視したこと

質問 10 遠隔教室から講義中、講師へワイヤレスマイクを用いての質問のし易さはどうですか？

(1) 非常に良い　(2) 良い　(3) 普通　(4) 悪い　(5) 非常に悪い

※ 結果を図 3.15に示す。

質問 10 は、遠隔教室で講義を受けたことのある人にのみ答えてもらった。(4) の悪いと答えた人には理由を答えてもらった（複数回答を可能とした）。

理由 タイミングがつかめない (9 人)
他の人に聞かれるので気恥ずかしい (3 人)
先生との距離を感じる (2 人)
必要以上に緊張する (1 人)
講師がなかなか気付いてくれない (1 人)

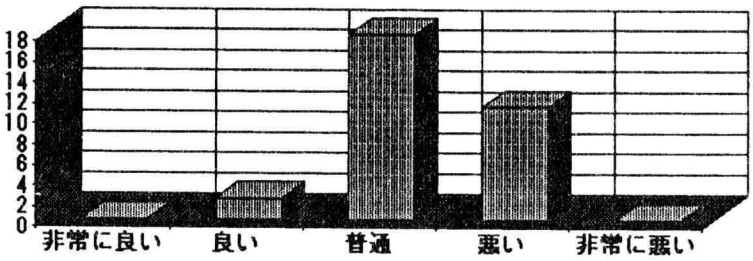


図 3.15: ワイヤレスマイクでの質問のし易さ

3.5 考察

3.5.1 遠隔講義支援システムの有効性

アンケートによる評価結果から、本研究で用いた遠隔講義支援システムは、演習形式の遠隔講義を聴講者の理解にほとんど支障を与えずに行なえることがわかった (図 3.7参照)。

また、従来の講義形態と比べて、効率良く講義を進められるようになり、聴講者の講義理解を大きく損なうということはなかった (図 3.8参照)。

以上の結果の主な理由として考えられるのが、

- 遠隔教室に講師の声が高音質かつ適当な音量で提供された
- 講義資料が聴講者の端末に直接表示され、聴講者が自分のペースに合わせて参照することができた

の 2 点である。このことは、質問 4 と質問 9 の結果にも表れていると考えられる。聴講者の多くが講師の声とコンピュータネットワーク上のマルチメディア学習教材を講義を理解するために特に重視しており (図 3.14参照)、CATV を用いた講師の声の聞こえ方は良いと答えている (図 3.9参照)。

したがって、遠隔講義支援システムは、あらかじめ講師が講義資料をマルチメディア学習教材としてコンピュータネットワーク上にのせておきそれにしたがって講義を進めていく限りにおいては、聴講者にとって聴講し易い環境を提供できたといえる。つまり、デスクトッププレゼンテーション形式で講義を行なうことで、遠隔地の聴講者に対して分かり易い講義ができたのである。一般的なデスクトッププレゼンテーションは、講演者があらかじめコンピュータ上に用意した資料をプロジェクタに映し出して、その画面をもとにプレゼンテーションを進めていく。遠隔講義では、聴講者の手元の端末が、見易いプロジェクタの代わりになったと考えられる。

しかし、次のような問題点も考えられる。

3.5.2 遠隔講義の問題点

(1) プレゼンテーションメディアの制限

前述の通り質問 9 の結果は、講師のいる教室と遠隔教室の両方とも聴講者の多くが講師の声とコンピュータネットワーク上のマルチメディア学習教材を講義を理解するために特に重視していたことを表している。しかし、両教室では多少の差異が認められた。両教室を比較したときに、講師のいる教室で聴講した方が講師の声とマルチメディア学習教材以外のメディアも重視する割合が高かった。たしかに、遠隔教室では講師の映像がプロジェクタに映し出されたことによって、講師が実際に講義を行なっているというアウェアネスを提供することができたとは考えられる。しかし、講師の動作などは講義中あまり意識されることはなかった。そして、ホワイトボードに書き込んだ文字などのコンピュータ上に用意した資料以外のメディアを用いて講義を行なった場合、その多くはあまり効果的ではなかったともいえる。

また、どちらの教室でも、講師の声の聞こえ方については特に問題がないようにみえるのに対して、ホワイトボードに書いた文字や端末操作の様子の見え方が悪いという回答が多かった (図 3.12、図 3.13参照)。その理由の 1 つに、プロジェクターの性能があまり良くなかったということが考えられる。しかしそれだけでなく、ホワイトボードの文字は講師のいる教室にいても席の位置によっては、見づらいということがある。遠隔教室でもカメラに撮られている文字がプロジェクターに映し出されたときに、見易さは同じように席の位置に左右されることになる。

これらのことから、演習形式の講義を理解し易くする方法の 1 つに、聴講者が端末画面上で教材の他にもさまざまな情報を見ることができるようにするシステムが考えられる。特に講師が自身の端末に

行なった操作の様子は、コンピュータネットワークを利用して聴講者の端末上でも見えるようにすれば、演習がし易くなると考えられる。プログラムの実行の様子だけでなく、講師が説明に併せて教材上の説明箇所をマウスで指示すると、聴講者端末の教材上にも指示箇所が表示されたりすると良い。

今回構築した支援システムもネットワークを以下の点で活用している。講師が講義中に教材のカードを修正したり付加したりすると、その結果をすぐに聴講者が確認できる。また、教材がネットワーク上に蓄積されているため、講義以外のときでも端末さえあればどこからでも教材を見ることができる。実際に87.5%の聴講者が、復習・自習にマルチメディア学習教材を利用したと答えている。

今後はよりネットワークを活用したシステム構築が望まれる。例えば、講師からも聴講者が各自の端末に行なっている操作をモニターできるシステムなどである。

(2) 講師と聴講者のインタラクションの制限

支援システムでは遠隔教室からの質問をワイヤレスマイクを用いて行なえるようにしたが、質問のし易さは悪いという回答が全体の35.5%を占めた(図3.15参照)。質問のタイミングがつかめないということが、その理由として最も多い。遠隔教室から質問するときは手を挙げて、教室内のカメラの映像をモニターしている別教室の講師に気付いてもらう必要がある。遠隔教室からは講師が自分に注意をしているかわかりづらい。この問題を解決するには、コンピュータネットワークを利用して質問があるときに講師の端末に直接メッセージを表示するなどして連絡できるシステムが必要であると考えられる。

また、遠隔教室から他の人に聞こえない方法で講師とやり取りできるシステムを用意することも考えられる。質問のし易さが悪いとする理由の2番目にあげられたのが、他の人に聞かれるので気恥ずかしいということであった。アンケート調査の際に、遠隔教室から講師だけに知らせる方法で質問のやりとりができると良いと思いますかという質問を行なっている。これには遠隔教室で聴講した聴講者の40.6%の人が、「はい」と答えている。演習形式の講義では、演習中に聴講者の席を見回っている講師を気軽につかまえるという質問形態が考えられる。遠隔教室でも、この質問形態がとれるのが理想である。そのため今回の講義では前述したように、ワイヤレスマイクでの質問がしづらい、または言葉だけでは説明しづらいという聴講者のために、遠隔教室にいる講義のアシスタントが演習中のちょっとした質問には対応する形式をとった。この点からみると、講義のアシスタントの存在が遠隔講義に与える影響は大きい。今後、講義のアシスタントがいない状態で演習形式の遠隔講義を成り立たせることができるか分析する必要がある。

第 4 章

複数聴講者の主体的参加を可能にする遠隔プレゼンテーション支援システム — PreView2

本章では、第 3 章での分析結果や考察などに基づいて、聴講者の主体的な参加を支援する遠隔プレゼンテーション支援システムを提案し、実装を行なったことについて述べる。このシステムは、コンピュータとそのネットワークやコンピュータ制御可能な可動カメラによって構成され、遠隔地で行なわれているプレゼンテーションの WS 上での聴講を可能にする。聴講者は講演者の声や表情、身振りだけでなく、あらかじめシステム上に用意された資料を講演者と共有して見ることができる。また、講演者がプレゼンテーションの間にリアルタイムに作成・更新・提示する OHP、ホワイトボードの文字や図を遠隔地の聴講者が主体的に可動カメラを制御して見ることが可能になっている。

これにより、従来の TV 会議システムなどを用いた遠隔プレゼンテーションの場合に起こり得る「講演者が提示する資料が見づらい」または、「あらかじめすべての講演資料をシステム上に載せて置かなければならない」といった問題を解決した。また、従来の遠隔プレゼンテーションと異なって、講演者が standing position をとりながら説得力のあるプレゼンテーションを行なえるなど、遠隔地を意識せずに自然なプレゼンテーションを可能にする環境を実現した。

4.1 遠隔プレゼンテーション支援の問題点

学会発表などにおけるプレゼンテーションでは、講演者は聴講者のメンタルモデルを自分と同じものに近づけようとしてさまざまなメディアを駆使することが多い。講演中には、OHP やスライドを用いたり、ホワイトボードへの書き込みを行なったり、実際に資料を手に持って提示したり、無意識のうちに身振りや手振りによるジェスチャーを用いていたりする。また、デスクトッププレゼンテーションと呼ばれるプレゼンテーションではあらかじめコンピュータ上に載せて置いた資料を用いる。

一方、聴講者は講演者のプレゼンテーションから自身のメンタルモデルを構築するために必要な情報を選択して取り込んでいる。聴講者と講演者が同一の部屋にいる場合は、無意識または簡単に講演者やプレゼンテーションの内容に関する情報を引き出すことが可能である。例えば、講演者の微妙な表情やジェスチャーを特に意識しなくても感じとることができたり、講演者から内容に関するちょっとした疑問の答を、違和感なく聞きだしたりすることができる。また、講演者が実際に手に持って提示したものや、OHP 資料、プロジェクタ上に映し出されたコンピュータ上の資料などを問題なく見ることがで

きる。

しかし、遠隔地間でプレゼンテーションを行なった場合は、従来の TV 会議システムの延長線上にあるシステムを用いただけでは聴講者の情報選択の自由度が狭められる。遠隔地の様子を 1 台のカメラだけでとらえた場合、カメラの視界内の様子しか把握できず、さらにその視界内で詳しく見たいところを見ることができない。また、講演者はプレゼンテーション資料をカメラに映るように提示しなければならず、そのためにプレゼンテーションという本来のタスクが妨げられる。そして、face-to-face の場合と違って立った状態でのプレゼンテーションができない場合も多く、説得力や迫力に欠ける場合もある。

TV 会議システムの中には、プレゼンテーション資料を電子化してシステム内に置くことによって、それを講演者と聴講者で共有する機能を備えているものもある。しかし、講演者の中には以前のプレゼンテーションで用意した OHP の資料を、電子化された資料と合わせて使いたいと考える人もいる。また、講演中にホワイトボードに書き込みをしながら説明したくなることが生じる可能性もある。そのような場合に既存のシステムでは、自然なプレゼンテーションを行なうことができない。

前章で述べた遠隔講義においてもホワイトボードに書き込んだ文字などのコンピュータ上に用意した資料以外のメディアを用いて遠隔講義を行なった場合、その効果が小さいと考えられる結果がでている。これは、講師の動作やホワイトボードなどのメディアを用いたプレゼンテーションを聴講者にうまく伝達する手段がなかったということが理由の 1 つに考えられる。

4.2 遠隔プレゼンテーション支援システム — PreView2

これに対し本研究では、PreView[Iga 1994][Sato 1994][Sato 1995b] で聴講者が可動カメラを遠隔制御 (パンやズーム等) して講演者側の様子を自由に見ることができるシステムを構築した。本研究ではさらに、講演者のさまざまなプレゼンテーションスタイルに対応し、遠隔地の複数の聴講者をサポートするための新しいシステム PreView2(Presentation Viewer System2) を提案する。PreView2 は、複数の聴講者がネットワークに接続された WS のみで、遠隔地のプレゼンテーションを主体的に聴講することを可能にするシステムである。

システムの大きな 2 つの特徴を以下に簡単に示す。

1. 聴講者には、講演者が中心に映った映像の他に可動カメラを利用して、講演者側の興味のある部分を主体的に見ることを可能にするカメラ制御ツールが提供されている。

2. WS の画面上で提示された資料を、講演者と聴講者との間で共有することを可能にしている。また、聴講者に講演者のその時点での説明に関わらず、資料を先読みしたり、あとから前に戻って見たりすることができる機能を提供している。

このシステムには、2 台の RS-232C によるコンピュータ制御可能な可動カメラ (A)(B) が用意されており、講演者と聴講者それぞれが別の可動カメラを制御することが可能である。1 台の可動カメラ (A) は講演者が制御を行ない、講演者を中心にとらえた映像を聴講者に提供する。もう 1 台の可動カメラ (B) は、複数の聴講者による制御が可能である。遠隔地の聴講者はこのシステムを用いることで、講演者の声や表情、身振りだけでなく、プレゼンテーションの間にリアルタイムに作成・更新・提示された OHP、ホワイトボードの文字や図を主体的に見ることができる。また、あらかじめ講演者がシステム上に用意したデスクトッププレゼンテーション (DTPR) 資料を講演者と共有して見ることができる。

図 4.1に PreView2 のシステム構成を示す。PreView2 では、遠隔地間の通信のやり取りをすべて、TCP/IP プロトコルによりコンピュータネットワーク (Ethernet) で行なっている。講演者は手元の WS 画面をプロジェクターに映し出して、DTPR を行なうことができる。また、同時にホワイトボードへの書き込みによる説明や、OHP による資料の提示を行なってプレゼンテーションを行なうことができる。

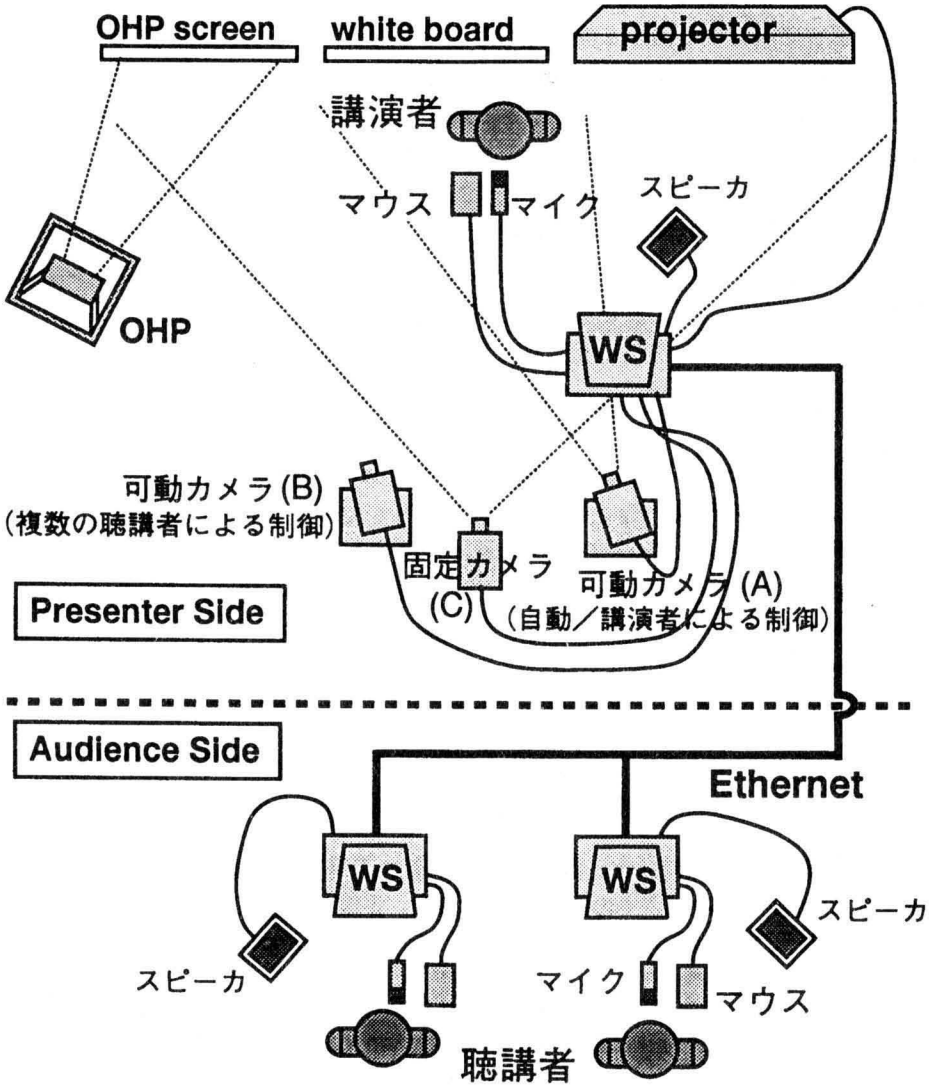


図 4.1: 遠隔プレゼンテーション支援システム PreView2 の構成

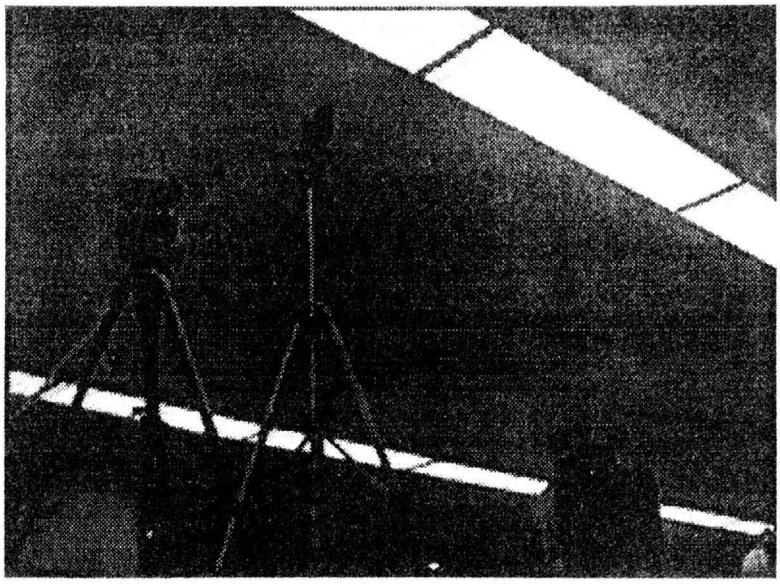


図 4.2: 講演者側の様子を捉える 2 台の可動カメラと 1 台の固定カメラ

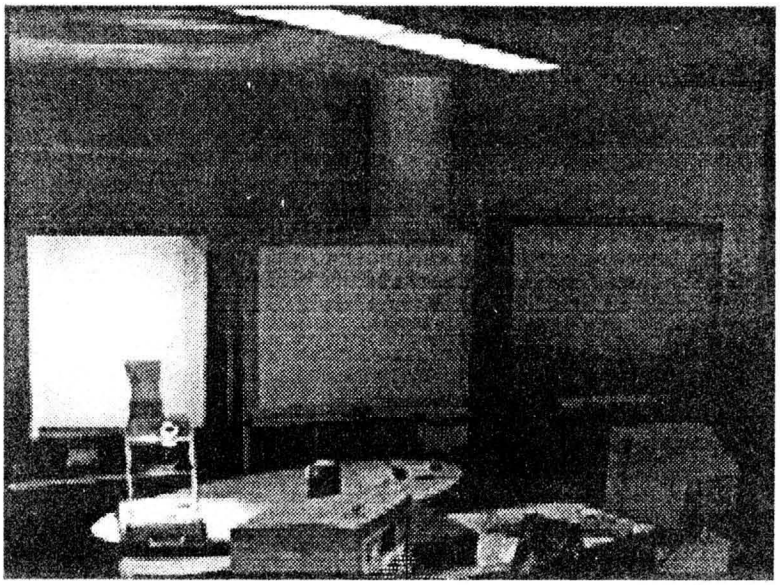


図 4.3: 講演者側の様子

左から OHP、ホワイトボード、プロジェクターが並んでいる。講演者はこれらのメディアを利用してプレゼンテーションを行なう。右下は講演者用 WS のモニター。

その様子は、講演者側のビデオボード内蔵の WS に接続された 2 台の可動カメラ (A)(B) と 1 台の固定カメラ (C) によって聴講者に提供される。

聴講者は WS 上で以下の 3 つのウィンドウを開くことによって、遠隔地のプレゼンテーションを聴講することが可能になる (図 4.9参照)。

(1) 講演者が映像を提供するウィンドウ

(2) カメラ制御ツールウィンドウ

(3) DTPR ツールウィンドウ

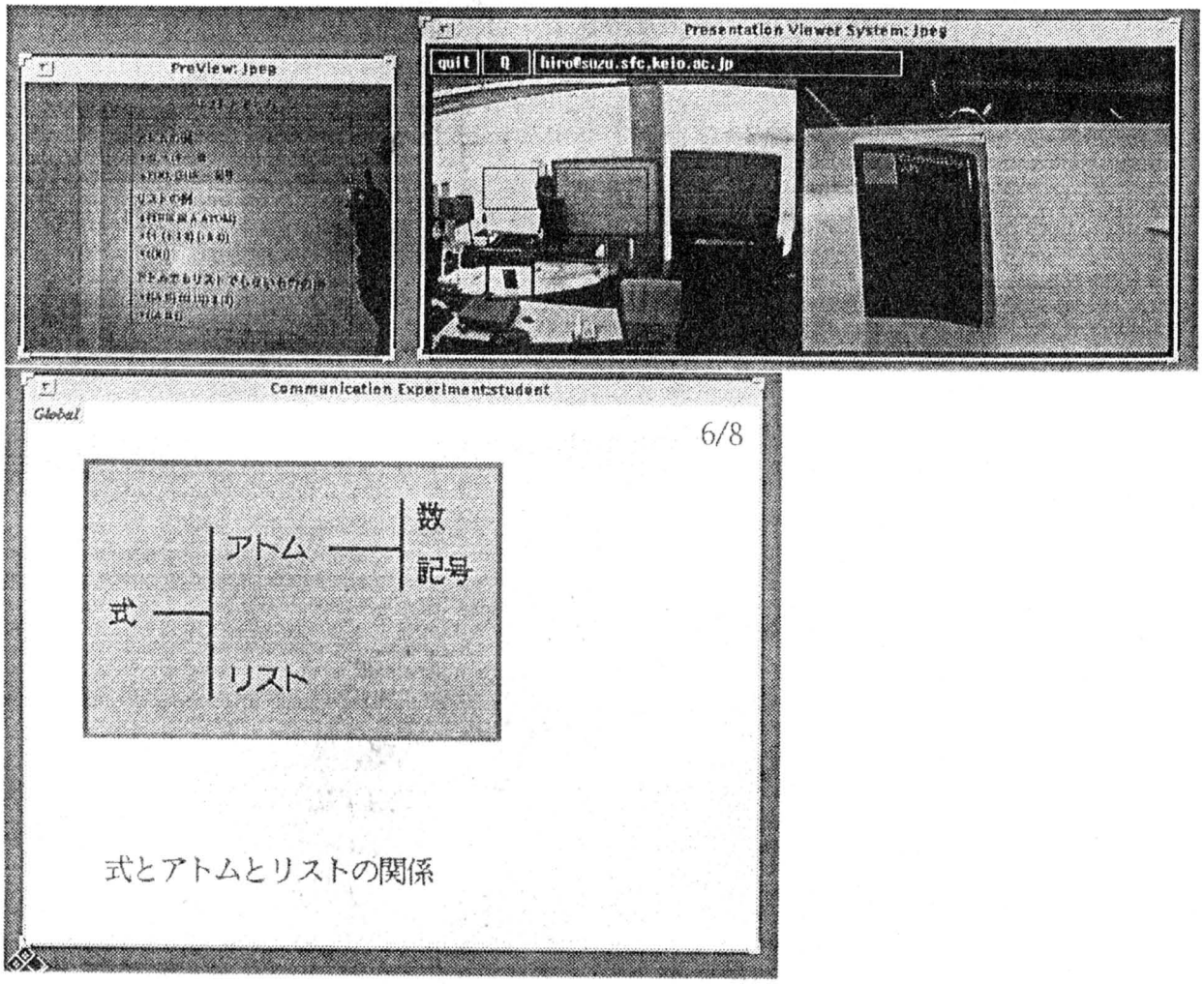


図 4.4: 聴講者に提供される 3 つのウィンドウ
左上: 講演者が映像を提供するウィンドウ　右上: カメラ制御ツール　下: DTPR ツール

4.2.1 講演者が映像を提供するウィンドウ

このウィンドウは、講演者が聴講者にみせたい映像を提供する。主に講演者の様子と講演者がその時点でプレゼンテーションに用いているメディアを中心とした映像が提供されている (図 4.5参照)。映像を捉えるカメラには可動カメラ (A) が用いられている。この可動カメラは、自動制御もしくは講演者

による手動制御ができるため、常に講演者を中心に捉えた映像の転送を可能にしている。講演者がカメラ (A) の手動制御を行なう場合は、講演者の手元の WS 上に用意された講演者用カメラ制御ツールを用いる。ツールのインタフェースの画面例を図 4.6に示す。

このツールは、講演者が WS 画面上のボタンをマウスを用いてクリックするだけで簡単にカメラ (A) を制御できるようになっている。例えば、プロジェクターやホワイトボード、OHP などの機器が設置された場所で講演者が講演を行なっている場合、講演者が White Board と表示されているボタンを押すと、ホワイトボードとそれを使用してプレゼンテーションを行なっている講演者が映るようにカメラを制御することができる。OHP やプロジェクターを使ってプレゼンテーションを行なう場合も同様にカメラ (A) を制御することが可能である。可動カメラを自動制御して講演者の動きに追従させたり、この講演者用カメラ制御ツールを用いたりすることで、講演者は動きながらさまざまなメディアを駆使して遠隔地に対してプレゼンテーションを行なうことが可能になっている。

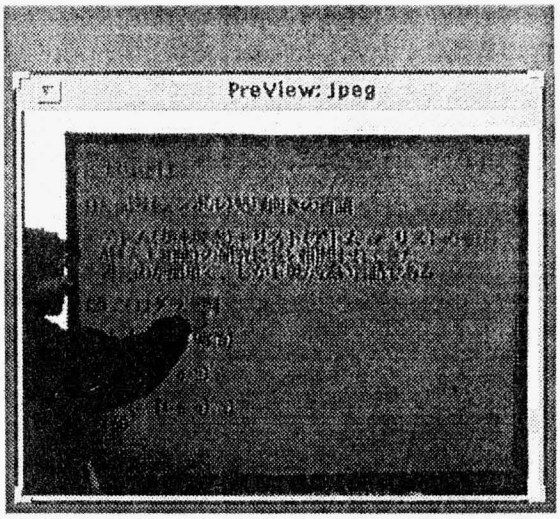


図 4.5: (1) 講演者が映像を提供するウィンドウ
可動カメラ (A) からの映像

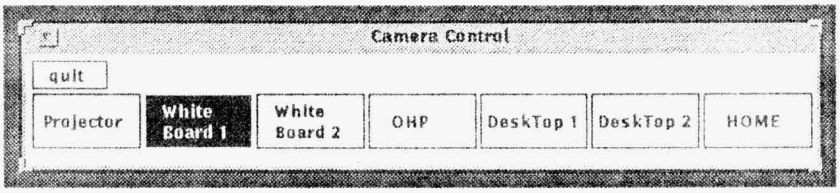


図 4.6: 講演者用カメラ制御ツールの画面例

4.2.2 カメラ制御ツールウィンドウ

カメラ制御ツールは、可動カメラ (B) を聴講者が WS 上で制御することを可能としている。また同時に、聴講者がこのカメラを制御して得られた画像の表示を行なう。

PreView では、1 人の聴講者が 1 台の可動カメラを用いて講演者側の見たいところを自由にみることができる反面、聴講者が複数人の場合可動カメラを複数台用意する必要がある。PreView2 では、講演者側の見たいところを映像ではなく静止画像で聴講者に提供することによって、遠隔地の複数の聴講者が 1 台の可動カメラ (B) を制御することを可能にしている。1 人の聴講者が見たいところの静止画像を手に入れると可動カメラ (B) の制御権をフリーにして、別の聴講者がカメラを制御できるようにしている。

このカメラ制御ツールの WS 上のインタフェースは図 4.7のようになっている。左側のウィンドウには講演者側に設置された固定カメラ (C) によって捉えられた映像が送られてきている。固定カメラは前述の PreView 同様、講演者側の全体の様子を捉えるために用いられている。そして、映像上には複数のフレームが表示されている。図 4.7の例では、4 つのフレームが表示されている。このフレームは講演者が講演に用いるメディアの種類などに合わせて変更が可能である。聴講者はこのフレームをマウスでクリックすることによって、可動カメラ (B) を制御し、そのフレームに対応する静止画像を右側のウィンドウに表示することができる。図 4.7は、左側のウィンドウの OHP スクリーン上に表示されたフレームをマウスでクリックして、フレーム内の映像に対応する画像を右側のウィンドウに表示したところである。この機能により聴講者は (1) の講演者が提供する映像に関わらず、プレゼンテーション中に講演者側の自分の見たいところを主体的に見ることが可能である。

また、カメラ制御ツールには質問ボタンが用意されている。聴講者がツール上の Q と表示されたボ

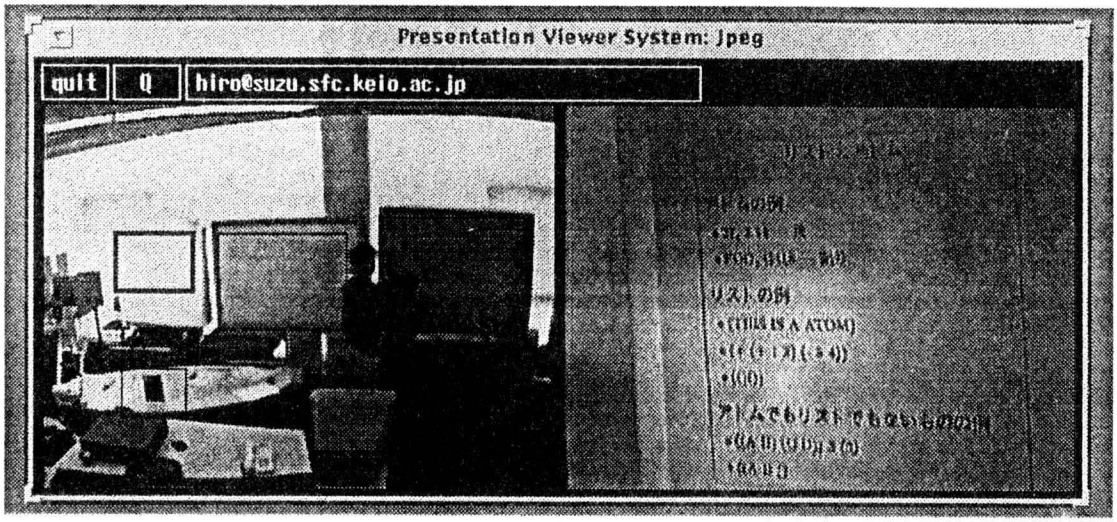


図 4.7: (2) カメラ制御ツールウィンドウ
左側: 固定カメラ (C) からの映像　右側: 可動カメラ (B) によって捉えられた静止画像

タンを押すと、講演者の手元の WS のスピーカから音が鳴り、WS の画面上にどこの誰が質問ボタンを押したかが表示され、講演者に質問があることを知らせることができる。前章の遠隔講義において、遠隔地から講師に対して質問をする場合に、タイミングがつかめないために、質問がしづらいという問題があったが、その解決方法としてこの機能を実装した。

カメラ制御ツールのシステムの構成は図 4.8のようになっており、サーバ・クライアント方式をとっている。講演者側のシステムがサーバとなっており、聴講者側のシステムがクライアントになっている。クライアントは聴講者の数に合わせて複数存在することが可能である。サーバシステムの主な役割は以下の 3 つである。

1. 固定カメラ (C) の映像を取り込みそれぞれのクライアントに送信

2. クライアントからの要求を受信し、それに従って可動カメラ (B) を制御

3. 可動カメラ (B) の画像を取り込み、要求があったクライアントに送信

また、クライアントシステムの主な役割は以下の 3 つである。

1. 固定カメラ (C) の映像をクライアントから受信して表示

2. 聴講者によるツール操作イベントを検知し、サーバーに要求を送信

3. 要求した可動カメラ (B) の画像をクライアントから受信して表示

なお、映像および画像データは JPEG(Joint PhotographicCoding Experts Group) フォーマットに圧縮して送信されており、聴講者側で解凍して表示されている。

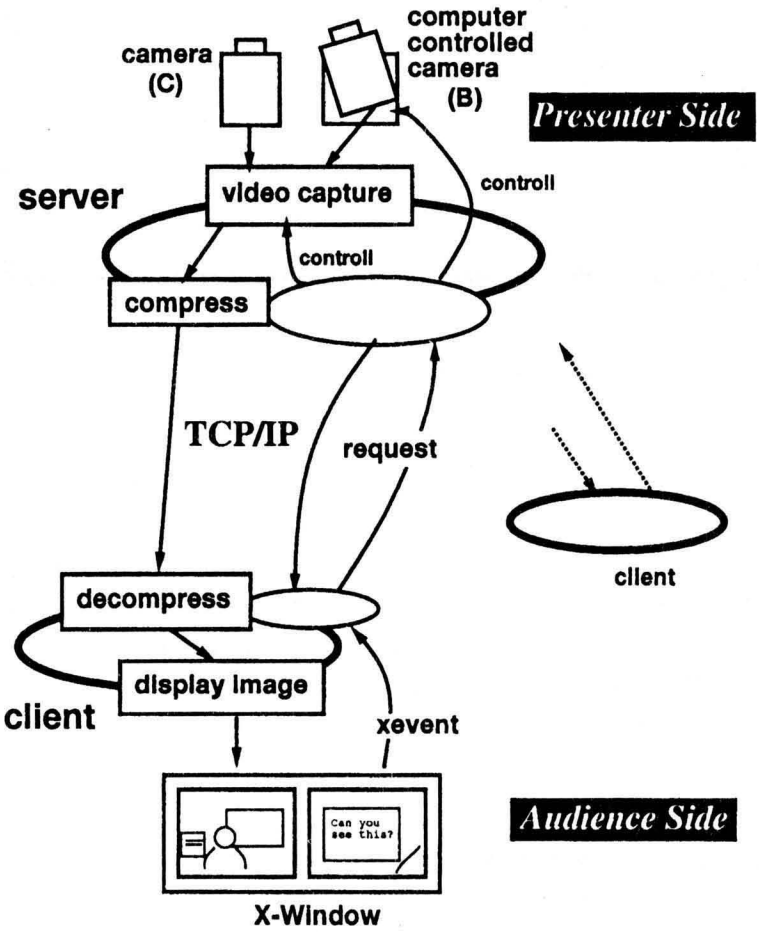


図 4.8: カメラ制御ツールのシステム構成

4.2.3 DTPR ツールウィンドウ

このツールにより聴講者は、講演者がその時点でプロジェクターに映し出して説明している資料と同じものを聴講者が手元の WS 上で共有できる。そして、モード (講演追従モードと自由閲覧モード) を切替えることによって、講演者が表示している画面に関わらず、前後の資料を閲覧することが可能になっている。

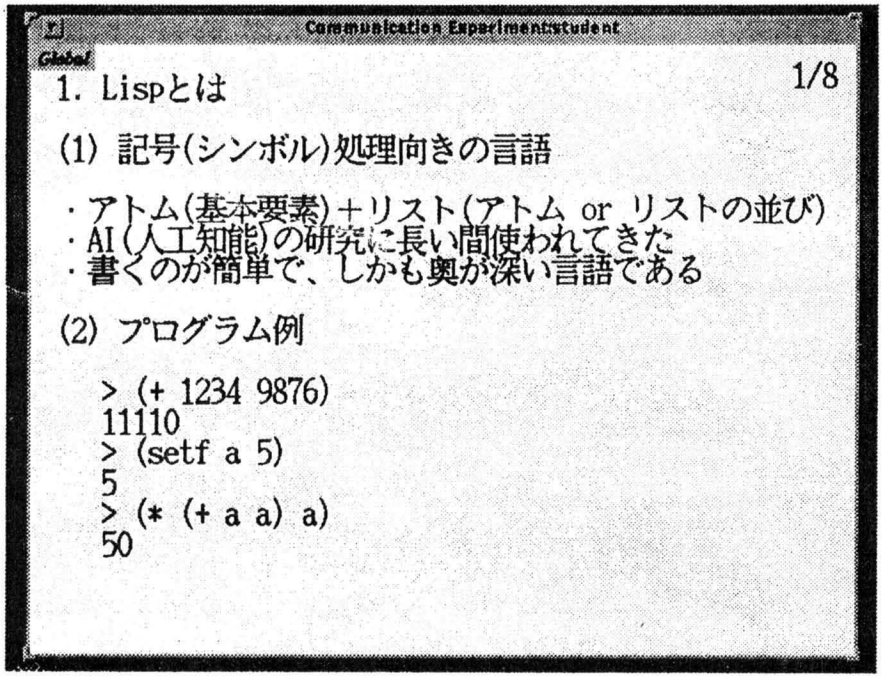


図 4.9: (3) DTPR ツールウィンドウ

4.3 実験

本研究では、遠隔プレゼンテーション支援システム PreView2 の有効性を評価するため、システムを利用した遠隔プレゼンテーションを行なう実験を実施した。実験の目的は、主に聴講者にカメラ制御ツールを DTPR ツールの有効性を評価することにある。被験者である聴講者に実際にツールを用いて聴講してもらい、その機能が聴講中に使われるか、また使われるとしたらプレゼンテーションのどのような場面で有効であったかを分析する。

実験方法

9 人の 21 歳から 24 歳の男女を被験者 (聴講者) として、4 回のプレゼンテーションを行なった。1 回のプレゼンテーションの聴講者数は講演者側 (講演者と同じ部屋) に 1 人、遠隔地 (講演者とは別の建物にある部屋) に 1〜2 人とした (講演者と同じ部屋にいる聴講者: 聴講者 S_1, S_2, S_3, S_4 遠隔地の部屋にいる聴講者: 聴講者 R_1, R_2, R_3, R_4, R_5)。

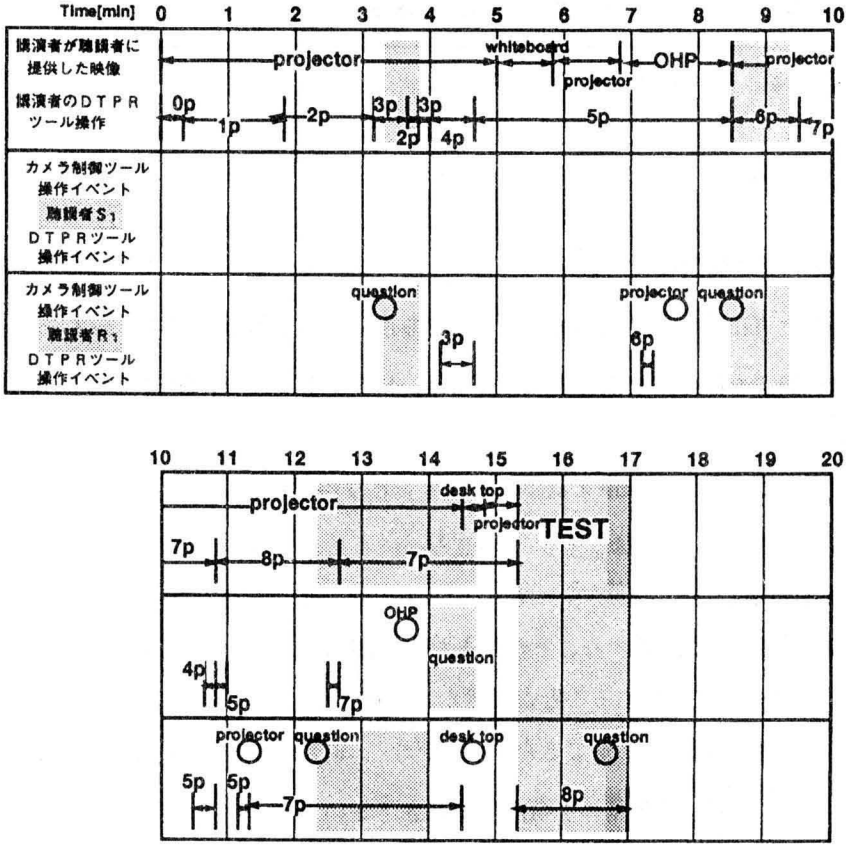
そして、プレゼンテーションの前に被験者には実際にツールを操作してもらうなどして、ツールの使い方を充分に習得してもらった。また、以下の注意事項に目を通してもらった。

プレゼンテーションの聴講にあたっての注意

1. 聴講の前に2つのツール(カメラ制御・DTPRツール)の使い方を理解しておいて下さい。
2. 聴講中のツール操作は、プレゼンテーションを理解する上で必要になったときに行なって下さい。(むやみにカメラを動かしたり、DTPRツールのページを切替えたりしないで下さい。)
3. 聴講中わからないことがあったら手元のマイクを用いて質問して下さい。
   - 質問ボタン(Qと表示されているボタン)を押すと、講演者にあなたから質問の意思があるということが伝わります。
   - 質問ボタンを使わないで、質問を行なっても構いません。
4. プレゼンテーションの最後に内容に関する簡単なテストとアンケートを行ないます。

プレゼンテーション中には、講演者と聴講者のそれぞれが行なったカメラ制御ツールとDTPRツールの操作履歴を記録した(表4.1参照)。講演者のプレゼンテーションが終了した後に、聴講者に対して簡単な内容に関する理解テストを行なった。このテスト中にも聴講者のツールに対する操作履歴を記録した。そして、最後にアンケート調査を行なった。

表4.1: ツールの操作履歴記録の例 (第1回プレゼンテーション 聴講者: S_1,R_1)



4.4 アンケート結果

以下にアンケートの質問内容と結果を示す。

(1) カメラ制御ツールに関して

1.1 カメラ制御ツールは聴講の役に立つ　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)

1.2 どのようなときに役に立ちましたか (少しでも役に立つと思った方はお答え下さい)

1.3 常に講演者周辺を捉えた映像を表示するウィンドウがあるので、カメラ制御ツールはなくても聴講に影響はない　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)

1.4 常に講演者周辺を捉えた映像を表示するウィンドウの他に、カメラ制御ツールがあったために

- **1.4.1** 楽しく聴講することができた　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)
- **1.4.2** 参加感が増した　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)
- **1.4.3** 能動 (主体) 的に聴講することができた　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)
- **1.4.4** 自分のペースで聴講することができた　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)
- **1.4.5** テスト問題を解くことができた　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)

1.5 カメラ制御ツールに関して意見等を自由にお書き下さい

質問 1.1、1.3、1.4 の結果を図 4.10に示す。

(2) DTPR ツールに関して

2.1 DTPR ツールは聴講の役に立つ　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)

2.2 どのようなときに役に立ちましたか (少しでも役に立つと思った方はお答え下さい)

2.3 常に講演者周辺を捉えた映像を表示するウィンドウがあるので、DTPR ツールはなくても聴講に影響はない　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)

2.4 常に講演者周辺を捉えた映像を表示するウィンドウの他に、DTPR ツールがあったために

- **2.4.1** 楽しく聴講することができた　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)
- **2.4.2** 参加感が増した　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)
- **2.4.3** 能動 (主体) 的に聴講することができた　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)
- **2.4.4** 自分のペースで聴講することができた　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)
- **2.4.5** テスト問題を解くことができた　(思う)　5　4　3　2　1　(思わない)

2.5 DTPR ツールに関して意見等を自由にお書き下さい

質問 2.1、2.3、2.4 の結果を図 4.11に示す。

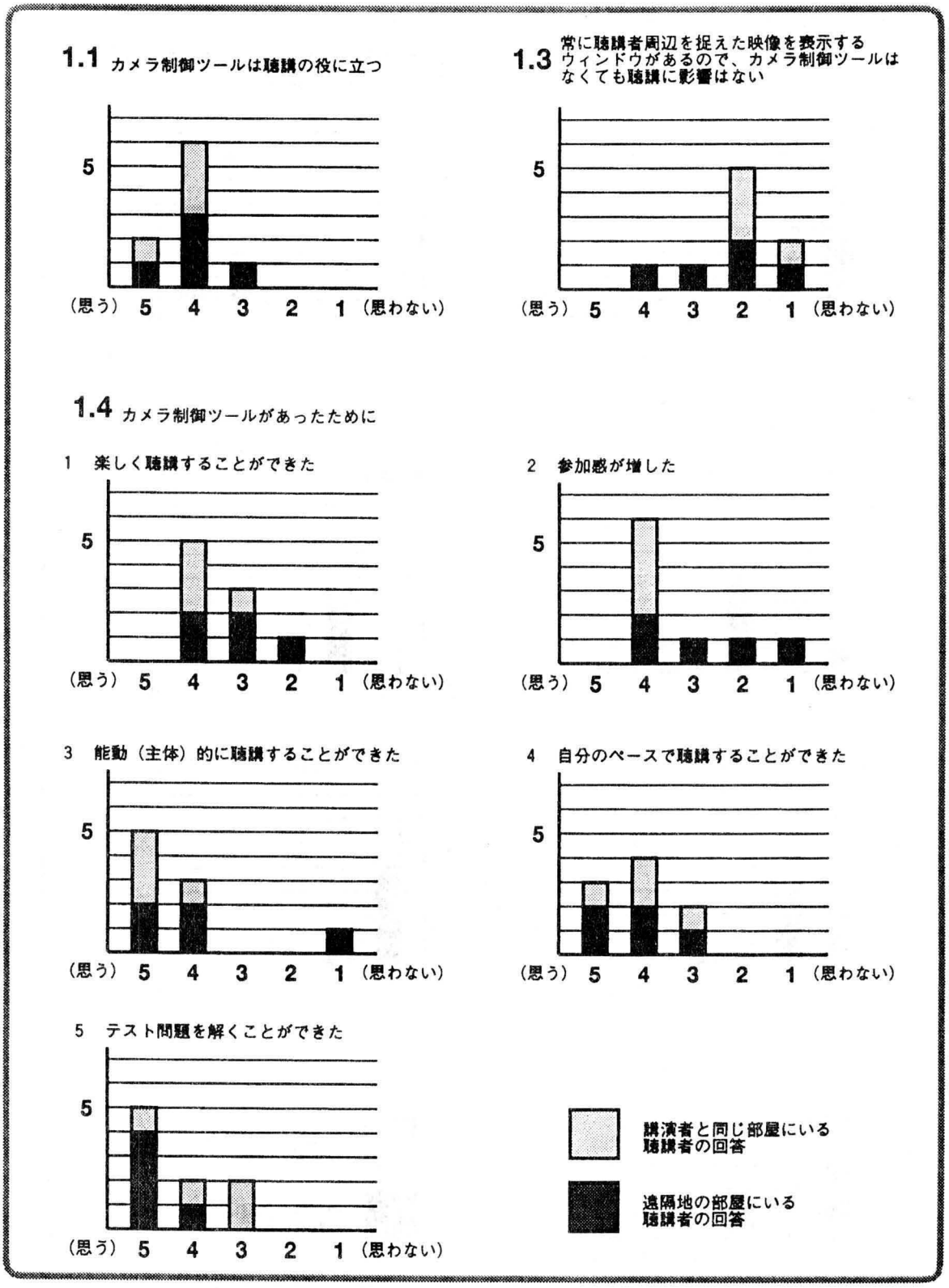


図 4.10: カメラ制御ツールに関するアンケート結果

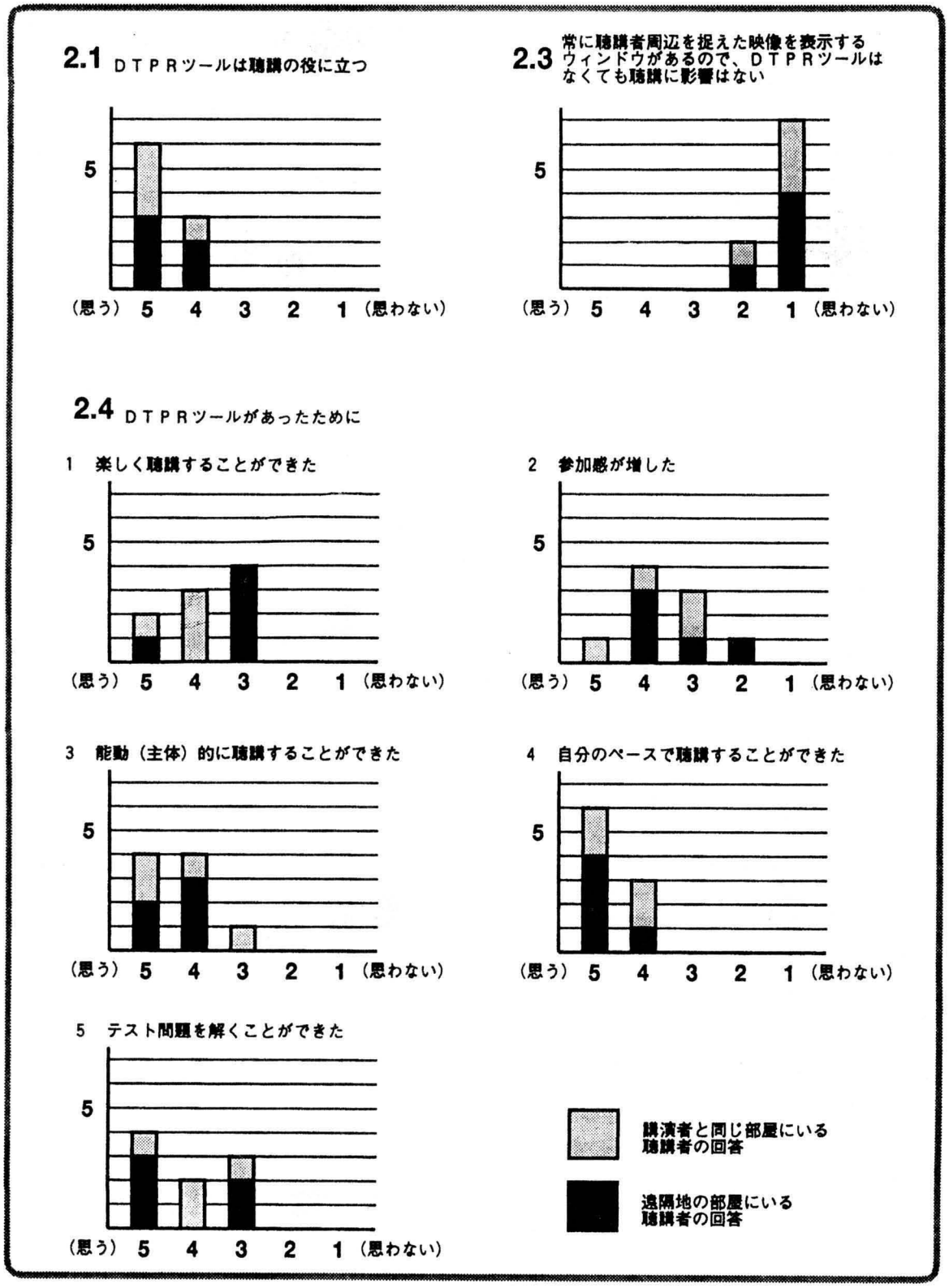


図 4.11: DTPR ツールに関するアンケート結果

4.5 考察

4.5.1 カメラ制御ツールの有効性

ツールに対する操作履歴と、プレゼンテーション後の聴講者へのアンケート結果から、カメラ制御ツールはプレゼンテーションの聴講に利用され、理解の役に立っていたと考えられる。「カメラ制御ツールは聴講の役に立つと思いますか」という問に対して、聴講者の88.9%が5段階評価の5または4(1から5に近づく程、より「思う」)を回答している(図4.10参照)。また、「常に講演者周辺を捉えた映像を表示するウィンドウがあるので、カメラ制御ツールはなくても聴講に影響はないか」という問に対しては、聴講者の77.8%が1または2(1に近づく程、より「思わない」)を回答している(図4.10参照)。

カメラ制御ツールが聴講者にとって有効であった主な理由として、以下の5つが挙げられる。

(1) ホワイトボードやOHPの資料を能動的に見ることができた。

(2) 見たい対象を拡大して見ることができた。

(3) 講演者が提示したホワイトボードやOHPで提示した資料をDTPRツールと同じ画面上に並べて見ることができた。

(4) 講演者が提示した資料を止めて保存しておくことができた。

(5) テスト問題を解くのに役に立つ。

これは、アンケートの「どのようなときにカメラ制御ツールが役に立ちましたか(1.2)」、「カメラ制御ツールに関して意見等を自由にお書き下さい(1.5)」という問に対する聴講者の回答結果の主旨をまとめたものである。

能動的な聴講を支援

(1)(2)は、本研究の目的と一致した結果であると言える。本研究では、映像と音声だけで遠隔地間をリンクしたTV会議システムを用いてプレゼンテーションを行なった場合、聴講者が講演者とが対面している環境で、無意識もしくは簡単に行なわれていた動作がさまたげられることが、聴講者に違和感を与えていると考えている。具体的には前述のように、「遠隔地の聴講者は講演者側の様子を固定されたカメラの視界内でしか把握できず、さらにその視界内で詳しく見たいところを見ることができない。」という問題が生じている。そこで、本研究では聴講者が簡単に、講演者側の様子やプレゼンテーションに関する内容を引き出す手段を提供する必要があると考えて遠隔プレゼンテーション支援システムを構築した。

聴講者が、カメラ制御ツールによって簡単なマウス操作だけで、講演者が映像を提供するウィンドウに映っていない部分を見れたり、興味のある部分を拡大して見れたりしたことに有効性を感じたということは、支援のアプローチは正しかったと考えることができる。

前に提示された情報の参照を支援

実験に使用したPreView2は、前述のように複数の聴講者が1台の可動カメラを制御できるように、聴講者の見たいところを映像ではなく静止画で提供している。1人の聴講者が見たいところの画像を手に入れると可動カメラの制御権をフリーにして、別の聴講者がカメラを制御できるようにしている。

実験を行なう以前は、聴講者から講演者側の見たいところの映像を見られないことに不満が挙がるのではないかという予想があった。しかし、逆に(3)(4)のように見たいと思ったときの、見たい場所の

静止画像見ることができたことに有効性を感じるという評価が多かった。これは、聴講者がカメラを操作する主な理由が以下の3つであったためと考えられる。

1. 理解する前に講演者が提示する映像が切り替わってしまったため。

2. 講演者が提示している資料がみづらい場合に拡大して見るため。

3. 講演者が提示している映像を見ながら、以前に提示された資料を参照するため。

例えば、講演者がプロジェクターを用いてプレゼンテーションを行なっている場合、講演者が映像を提供するウィンドウには、その様子が中心に表示されることになる。このときに、それ以前にOHPやホワイトボードによって行なわれていた説明の理解が終っていない場合は、OHPのスクリーンやホワイトボードの画面をそのまま見たいという要求が発生する。また、プロジェクターの説明を聞きながら、OHPやホワイトボードの内容を参照したり、比較したりしたいという要求が発生する。これらの場合は、OHPやホワイトボードを見る手段として、要求が発生した時点の静止画像が画面上に表示できれば良いといえる。

講演者と聴講者が同じ部屋にいる場合は、講演者がプロジェクターで説明を行なっているのを見ながら、OHPやホワイトボードの内容を参照することは、簡単なことである。しかし、遠隔地の聴講者にとっては講演者側全体の様子を捉えた映像からは、OHPやホワイトボードの内容までは読みとることはできない。そのため、ある時点で聴講者によって提示されている情報との参照や比較を行なうための動作がカメラ制御ツールによって支援されたことに有効性を感じていると考えられる。操作履歴の分析からも講演者が提示している映像とは違う場所を見るためにカメラ制御ツールが使われている様子がよくわかった。

テスト問題の解答を支援

(5)のテスト問題を解くときにカメラ制御ツールが有効であるというのは、「カメラ制御ツールがあったためにテスト問題を解くことができたか(1.4)」というアンケートの問に対する結果からも明らかである(図4.10)。また、操作履歴から、聴講者によるカメラ制御操作イベントの22.6%がテスト中に行なわれていることがわかった。

今回の実験で行なったテストは、プレゼンテーション中に説明した関数名をそのまま答えさせたり、プレゼンテーション中に提示した例を見れば簡単に解ける問題を出した。そのため、その説明がプレゼンテーション中のどこで、どのプレゼンテーションメディアを用いて行なわれたかを覚えていれば、聴講者がツールを用いてその説明で使われた資料を探して、問題を解くことが可能であった。ここで考えられることは、プレゼンテーション中に人はプレゼンテーションの聴講中にでてきた説明の内容をすべて理解しているわけではない。しかし、どこでどのようなメディアを用いて説明が行なわれたかはプレゼンテーションが終るぐらいまでの間であれば充分に記憶されている。覚えていて後で振り返って参照することが可能である。テストだけでなく聴講中にもこのような参照する動作が簡単に行なえるツールは聴講に有効であると考えられる。

4.5.2 DTPRツールの有効性

ツールに対する操作履歴と、プレゼンテーション後の聴講者へのアンケート結果から、DTPRツールもプレゼンテーションの聴講に利用され、理解の役に立っていたといえる。「DTPRツールは聴講の役に立つと思いますか」という問に対して、聴講者の全てが5段階評価の5または4(1から5に近づく程、より「思う」)を回答している(図4.10参照)。また、「常に講演者周辺を捉えた映像を表示するウィ

ンドウがあるので、DTPR ツールはなくても聴講に影響はないか」という問に対しては、これも聴講者の全てが 1 または 2(1 に近づく程、より「思わない」) を回答している (図 4.10参照)。

DTPR ツールが聴講者にとって有効であった主な理由として、以下の 4 つが挙げられる。

(1) 前に説明された内容を聴講中に確認できた。

(2) 自分の見たいページを (自由閲覧モードで) 自由に見ることができた。

(3) 講演追従モードになっていれば、講演者の説明に合わせて手元の資料が切り替わるのでわかり易い。

(4) 講演者側でプロジェクターに映し出されている文字が、手元の WS 画面上にも表示されるので見易くて良い。

これは、アンケートの「どのようなときに DTPR ツールが役に立ちましたか (2.2)」、「DTPR ツールに関して意見等を自由にお書き下さい (2.5)」という問に対する聴講者の回答結果の主旨をまとめたものである。

(2) から聴講者は、手元にあらかじめ資料が配られている感覚で DTPR ツールを使用したと考えられる。DTPR ツールの自由閲覧モードは非常に有効であった。アンケートでは、「能動 (主体) 的に聴講することができたか」という問いに対しては、聴講者の 88.9%が、「自分のペースで聴講することができたか」という問いに対しては、聴講者の全てが、5 または 4(1 から 5 に近づく程より思う) を回答している。

(3)(4) の結果は、コンピュータネットワークによって講演者の WS と聴講者の WS が結ばれている利点が活かされた結果であるといえる。

前に提示された情報の参照を支援

操作履歴から聴講者の DTPR ツールイベントを分析すると、83.9%が前に提示されたページを参照する動作である。カメラ制御ツールと同様に、聴講者は主に以前に提示された情報の参照にツールを用いていたことがわかった。

4.5.3 講演者にとってのシステムの有効性

実験におけるシステムの使用経験から、遠隔プレゼンテーション支援システムは聴講者だけでなく、講演者にとっても有効であると考えられた。PreView2 を用いた講演者側の使用経験として挙げられるのは、

> 「遠隔地の聴講者に対して、同じ部屋にいる聴講者に対するのとほとんど変わらない自然なプレゼンテーションを行なうことができた。」

ということである。

PreView2 を用いたプレゼンテーションを行なう際に、講演者が本来のプレゼンテーションというタスクに加えて行なわなければならないことは、(講演者を常に捉える) 可動カメラの操作だけである。可動カメラの操作は、講演者がプレゼンテーションメディアを変えるときに行なう。例えば、講演者がプロジェクターを用いた説明からホワイトボードを用いた説明に移るときは、手元の WS のマウスを操作してホワイトボードと書かれたボタンを押す (図 4.6参照)。この操作を行なうだけで、可動カメラはホワイトボードとそれを用いてプレゼンテーションを行なっている講演者を捉えるようになる。

従来の TV 会議システムなどを用いた遠隔プレゼンテーションの場合には、講演者はカメラの前に座った状態で釘付けになり、講演資料を予め設定されたカメラに映るように提示しなければならなかっ

た。そのため、「資料を遠隔地の聴講者に見易いように提示する」というプレゼンテーション本来とは関係のないタスクに気をとられることがあった。

しかしPreView2を用いた場合は、カメラを講演者と聴講者がそれぞれ「見せたいところ」「見たいところ」を映るように自由に制御することによって、講演者が遠隔地への資料を見易く提示する方法を気にする必要をなくしている。そのため、講演者が使えるプレゼンテーションメディアを限定されず、さらにstanding positionをとって動きまわりながら、自然で説得力のあるプレゼンテーションを遠隔地に対して行なうことができた。また、カメラ制御ツールとDTPRツールによって、遠隔地の聴講者が能動的に聴講する手段が提供されていたので、講演者は聴講者が提示内容に関する理解を終えたかどうかを必要以上に気にすることなく、遠隔地のプレゼンテーションメディアを切替えることができた。

4.5.4 考察のまとめ

以上の考察をまとめると、プレゼンテーションの際に聴講者は、ある説明を聞いている時点で、それよりも前の段階で提示された情報を参照したり、比較を行なうという動作をシステムを用いて行なうことが多いということがわかった。また、聴講者はそのような動作がサポートされたことによって、システムの有効性を感じていると考えられる。

「ある説明を聞いている時点で、それよりも前の段階で提示された情報」は、2つに分類できる。1つは、「講演者側の空間のある場所に提示されているが、講演者が提供する映像に捉えられていないために見ることができない情報」である。もう1つは、「講演者がDTPRツールを用いて提示していたが、ツールのページを切替えたために見ることができない情報(ネットワーク上に蓄積されている情報)」である。

PreViewおよびPreView2では、聴講者が能動的に前者の情報をカメラ制御ツールを用いて、後者の情報をDTPRツールの自由閲覧モードを用いて見ることが可能であったために、聴講者がシステムの有効性を感じている。

このことから、遠隔地間のプレゼンテーションの支援において重要なことは、聴講者に講演者側の様子や講演者が提示している資料を、能動(主体)的に見ることのできる手段を提供することであるといえる。

4.6 関連研究との比較

本研究で構築したPreViewおよびPreView2のDTPRツールは、聴講者に講演者から電子的な状態で提供されたプレゼンテーション資料を自由にページを切り替えて見る機能を提供した。既存の研究の中でも、DTPRツールと同じような機能をもつシステムは多い。WSベースのプレゼンテーションシステムであるForum[Isaacs 1994][Isaacs 1995]では、本研究と同じようにプレゼンテーション資料を講演者と聴講者で共有し、聴講者が講演者の説明に関わらず自由に資料を閲覧できる機能を備えている。また、すでにRapport[Ahuja 1988][Ahuja 1990]、MERMAID[Sakata 1992][Watabe 1989][Watabe 1990] PMTC[Shimamura 1990]など、WSベースのリアルタイムグループウェアでは、WS画面で資料を共有するツールは、重要なコミュニケーションメディアとして位置付けられている。

本研究ではこうした電子的な資料だけでなく、さらに講演者側のアナログのプレゼンテーションメディアで提示された情報を遠隔地の聴講者に効果的に提示できたことに意味があると考えている。

遠隔地へアナログのメディアと電子的な資料の効果的な提示を可能にするシステムとして、Team-WorkStation [Ishii 1991] [Ishii 1992]が挙げられる。これは、机の上に取り付けられたCCDカメラで捉えた紙、雑誌、手書き文字などの映像(アナログ)と、コンピュータ上の共有資料(ディジタル)とをビ

デオオーバレイ技術により合成して、コンピュータ画面上に表示することができる。さらに、その画面を遠隔地のメンバの画面と合成することによって、共有作業空間を形成することができる。

PreView2では、講演者が提示するアナログメディアとディジタルメディアのWS上での自然な融合はできていない。しかし、講演者の手前の机の上に提示された資料だけでなく、OHPやホワイトボードといった講演者側の広い空間に置かれたアナログメディアによって提示された情報を、聴講者は電子的な資料と同一画面上で見ることが可能である。しかも、講演者側には可動カメラなどの機材が必要であるが、聴講者はマイクが接続されたWS以外の特別な機材を必要としていない。可動カメラを遠隔制御することによって、講演者側の広い空間から必要な情報だけを能動的に引き出すというアプローチをとっている。そのため、WSベースのシステムで、映像を320 × 240ピクセルの2つのウィンドウに表示するだけで、ダイナミックなプレゼンテーションを聴講することを可能にした。

また、既存のWSベースの遠隔コミュニケーションシステムは話し手がWSの前に座った状態でWSを通して遠隔地の聴講者に話しかけるというスタイルが普通であった。しかし、PreViewおよびPreView2では、同じ部屋にいる聴講者に対するのとほとんど変わらない自然なプレゼンテーションを遠隔地の聴講者に行なうことを可能にした。講演者は、講演者側の空間を自由に動いて、プロジェクター、OHP、ホワイトボードといったプレゼンテーションメディアを用いることができた。これは、講演者にも可動カメラを用いて、見せたい映像を能動的に聴講者に提供する手段があったためである。また、カメラ制御ツールとDTPRツールによって、遠隔地の聴講者が能動的に聴講することが可能であるため、講演者は聴講者が提示内容に関する理解を終えたかどうかを必要以上に気にすることなく、プレゼンテーションメディアを切替えることができたといえる。

4.7 今後の課題および展望

4.7.1 カメラ制御権の問題

PreView2ではPreViewとは異なって、1台の可動カメラを複数の聴講者が制御することを可能にした。1人の聴講者が見たいところの静止画像を手に入れると可動カメラの制御権をフリーにして、別の聴講者が制御できるようにしている。このため、カメラの制御を行なおうとしたときに他の聴講者が使用している場合は待たなければならない。この問題は聴講者の人数が多くなった場合は深刻となる。カメラをさらにもう1台用意し、1台が使用中のときは別の1台を使用するなどの解決方法が必要である。

4.7.2 複数の静止画像をクリップする機能

カメラ制御ツールは、講演者側の空間の中で、講演者が提供する映像に映っていない場所を見ることができるようする。しかし、PreView2では、聴講者が複数の静止画像を保存したり、同時に複数の画像をWSの画面上に表示することはできなかった。講演者がプレゼンテーション中にホワイトボードの内容を書き換えてしまった場合などは、書き換える前の映像をもう一度見ることはできない。(実験で行なったプレゼンテーションでは、ホワイトボードの内容を書き換えることはなかった。) DTPRツールにおいて聴講者が、講演者が以前に提示したページを簡単に参照できたことに有効性を感じたことを考えると、複数の静止画像を保存しておきそれを簡単に見たいときに再表示する機能が必要であると考えられる。また、聴講者の複数の情報を同時に参照しながら理解を深めるという動作を支援するために、複数の保存しておいた静止画像を同時に画面上に表示する機能も必要であるといえる。実験の際にも、聴講者から以下の要求がでている。

複数の画面をクリップして一度に見たい (聴講者 R_1)

この機能の実装は、WS の画面上に聴講者が取り込んだ静止画像を縮小して一時退避しておくスペースを用意するという方法で行なえると考えられる。聴講者がそのスペースから、過去にとり込んだ静止画像をクリックして取り出せるようにすれば良い。

4.7.3 聴講者によるカメラ操作の自由度の向上

聴講者が可動カメラを用いて見ることができる場所が、PreView2 では、あらかじめ講演者が設定した箇所に限定されている。また、見たい対象を好きな大きさでみることができない。そのため、アンケートの回答には以下のような意見がみられた。

文字をみるときズームができると良いと思います (聴講者 S_4)
(OHP やホワイトボードをみるとき) 拡大率の変更が欲しい (聴講者 R_5)

今後は、他の参加者のカメラ制御に大きく影響を与えない範囲で操作の自由度は増す工夫が必要である。

4.7.4 遠隔地の聴講者からのフィードバック

PreView2 では、聴講者から特に質問などがない限りは、遠隔地の聴講者の反応を講演者がプレゼンテーション中に知ることはできない。より良いプレゼンテーションの実現には、プレゼンテーションの要所で聴講者の反応を知ることも必要であると考えられる。

前述の Forum では、ネットワークを用いた匿名性の投票システムを用意してある。講演者の意見に対して、Yes/No の投票がマウスでできるようになっており、その結果は、参加者全員の画面上の投票メーターに表示される。このため、どのくらいの人が「プレゼンテーションを理解しているか」、「講演者の意見に賛成であるか」ということがわかるようになっている。

質問だけでなく、聴講者からのフィードバックをネットワークを用いて、講演者にどう伝えるかが今後の課題である。

4.7.5 広帯域のネットワークを用いての実験

本研究で行なった遠隔プレゼンテーション支援実験では、講演者と聴講者間の音声の送受信を Ethernet を用いて行なっている。これは、広帯域のバックボーンに接続された標準的な Ethernet 環境である。このため映像は、圧縮を行なっても通信帯域の問題などから 3〜4(フレーム/秒) 程度しか送ることができなかった。また、音声と映像の同期がとれていないなど、映像・音声の品質の問題が、システムの機能そのものの有効性の評価に影響を与えている可能性がある。今後は、FDDI や B-ISDN などの広帯域のネットワークを用いて、さらに QOS(Quality Of Service) を確保した環境で実験などを行なう必要がある。

4.7.6 グループウェアへの応用

PreView2 では、聴講者がカメラ制御ツールを用いて取り込んだ画像は、聴講者の WS のビデオボードによって取り込まれ、デジタルイメージとなって画面上に表示される。このため、聴講者によって取り込まれた、講演者が提示した OHP 資料のイメージや、ホワイトボードに書かれた文字や図のイメージをプレゼンテーションの参加者で共有することが可能であると考えられる。

予めシステムに載せられた資料を講演者と聴講者で共有し、その上でお互いのポインタを表示させたり、マーキングを行なうことができる機構を備えているシステムは多い。PreView でもこの機能を備えている。しかし、聴講者が講演者側の興味のある場所のイメージを取り込んでデジタル化し、それを共有の対象とするシステムはない。

聴講者がカメラ制御ツールによって取り込んだイメージを講演者と共有できれば、プレゼンテーションを超えた新しいコミュニーケーション環境が創造できると考えられる。例えば、聴講者がホワイトボードに書かれた内容に関して質問を行ないたいとする。この際に、すでに聴講者が可動カメラを操作して取り込んだホワイトボードのイメージがあれば、それを講演者や他の参加者と共有して質問を行なうことができる。イメージの上に直接ポインタを表示したり、マーキングが行なえれば、質問の意図なども伝わり易くなると考えられる。

第 5 章

光ペンと仮想ボードによるプレゼンテーション環境とその発展

5.1 はじめに

プレゼンテーションとして日常よく用いられるものに OHP がある。現在ではプレゼンテーションをする場には必ずといってよいほど、OHP を利用するのに必要な機材が備わっている。OHP を用いる場合、発表者は OHP シートさえ持っていれば、備え付けの機器で発表のコンテンツを提示することができる。また最近では、コンピュータの低価格化、家電化が進み、かつ初心者でもわかりやすいユーザーインターフェイスを備えるソフトウェアが増えたことにより、「デスクトップ・プレゼンテーション (DTPR)」も行われるようになっている。DTPR では、コンピュータを用いたさまざまな効果、データ共有化、加工の容易さなどが貢献する。

両者の方式はそれぞれに利点を持っているが、しかし同時に解消しきれない問題点を抱えている。また、従来のように発表者と聴衆が常に同一の場にいるという状況以外に、「遠隔地でのプレゼンテーション」というケースも今後、情報社会の中で必然的に現れてくると予想されている。そうした状況下でも、従来のプレゼンテーション方式は新たな問題点に直面する。

本章では、「プレゼンテーションとは何か」という根本的な視点から現状のプレゼンテーションの意味的要素解析を行うことにより、評価モデルを提示し、従来のプレゼンテーションの問題点を明らかにする。また、それらを踏まえた上での、「人と人とのインターフェイスを考慮した」新しいプレゼンテーションシステムの設計、開発、実装及びその評価を報告する。また、今後情報社会とりわけネットワークが発達した社会の中での人と人とのコミュニケーションや協同の作業を円滑に維持するため要素について言及し、それを可能にするシステムの提案を行う。

5.2 従来型のプレゼンテーションにおける問題点

5.2.1 プレゼンテーションにおけるコミュニケーション

コミュニケーションの構造

プレゼンテーションとは、説得することである。少なくとも、一人の人 (発表者) が、自らの述べたいことを説明し、最低一人の相手 (聴衆) に理解してもらう過程、また聴衆からの質疑などに応答し、納得してもらうという一連の過程である (図 5.1)。

つまり、プレゼンテーションの基本的な構図は、人と人とのメッセージ (Message) の循環 (コミュニケーション) にあると言える。メッセージとは、プレゼンテーションという状況下では特に「ある意図をもって発せられるあらゆる形態の情報」である。人からメッセージが発せられ、別の人に到達する。そのメッセージを受けとった人が、再びメッセージを発する。ただし、コミュニケーションとは、単に相手のメッセージを受け取って、発話として反応することだけを意味するのではない。相手方から送出されたメッセージに対して、受け手の思考が活性化するということこそがコミュニケーションである。このような状況において、「人 (Person)」をメディア (Media) として捉えることができる。人は、それ自身がメディアとなり、直接メッセージを発する。また「人」以外にも、メッセージを媒介するものとしてサブメディア (Sub-Media) がプレゼンテーションの重要な要素として加わる。サブメディアの一般的なものとしては、OHP やペーパードキュメントのレジュメ、VTR による映像、あるいはスライド写真などが挙げられる。

「メディア」とは、メッセージを送出するものを数えられるものとしてとらえた際の呼称であり、それは「モダリティー (様相)」の塊としてもとらえ直せる。通常、人は、その声や声の抑揚で、あるいは顔の表情や、身振り手振りなどを織り混ぜてメッセージを送出している。すなわち、人は様々なモダリティー (マルチモーダル) を持ち、それを自由に利用しながらコミュニケーションをするのである。メッセージは、このモダリティーから、送受信される。通常のプレゼンテーションでは、この「人メディア」が持つ多様なモダリティーが、コミュニケーションを円滑にしている。これは図 5.1のマルチモーダル・レイヤー (Multi Modal layer) に相当する。同一場に、発表者と聴衆がいることによって、相手の発するメッセージをダイレクトに受けとることができるのである。たとえば、三次元の現実的な人の動きを確認することができ、そこから発表者の緊張感などを「肌」で感じとり、相手の語気などから、発表者の意気込みを知るのである。

また、人そのものから発信されるメッセージ以外に、例えば VTR の内容などを通してメッセージが伝わる経路は、図 5.1のツール・レイヤー (Tool layer) に相当する。

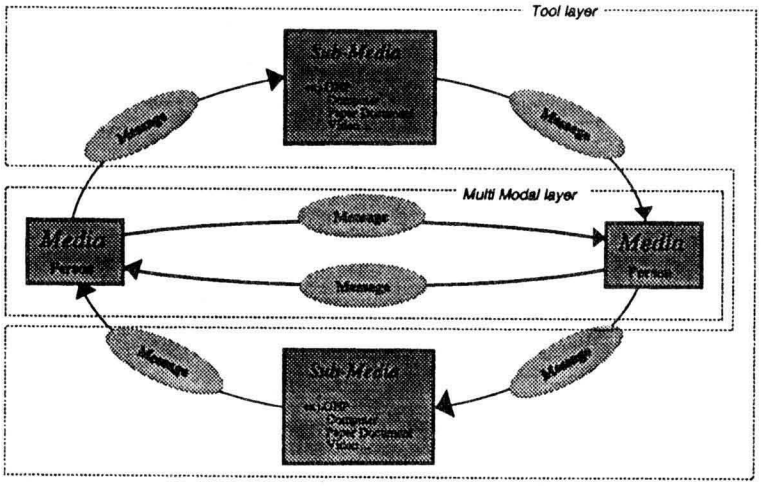


図 5.1: 通常のプレゼンテーションにおけるコミュニケーションの構図

プレゼンテーション実験

人と人とがメディアとして触れ合い、緻密なコミュニケーションを図るこのようなプレゼンテーションが「遠隔地同士」という状況下におかれると、メッセージのやりとりそのものに変化が現れる。それは、通常のコミュニケーションの変容であり、また喪失である。ネットワーク同士でのコミュニケーションを、遠隔プレゼンテーションの実験 (図 5.2) によって模擬的に行なった。

実験は、離れた二つの部屋同士を相互にハンディーカメラによって結び、A で発表を行なう様子を捉えた映像を B のモニターに表示し、そのモニターを通して聴講する B の人の様子を A のモニターに表示した。また、同時に音声も相互に話せるようにした。二つの部屋は物理的には 5m 程度の距離であるが、壁で完全に仕切られているため、遠隔地同士と同じ環境を再現している。A では、発表者が VTR の映像をプロジェクターで壁面に投影し説明を行なった。また発表者からの説明のあと、説明の内容に関して質問をおこなった。

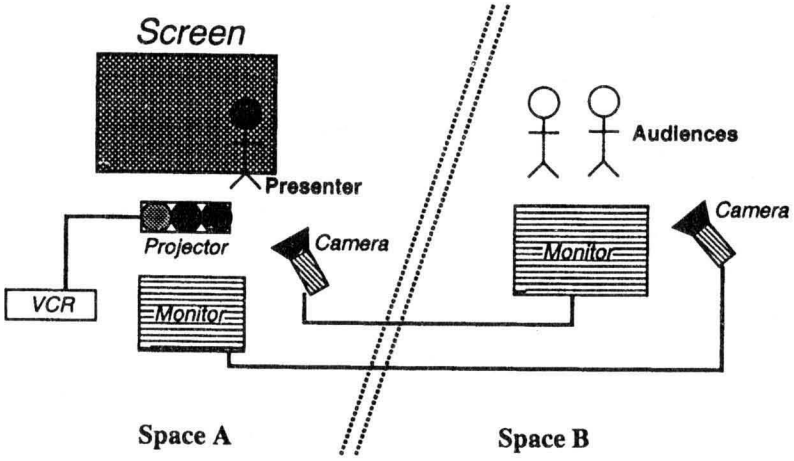
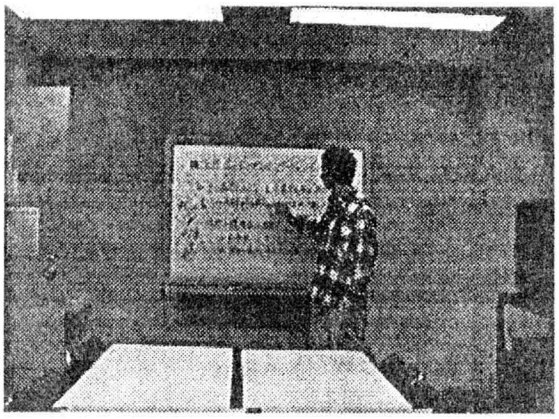


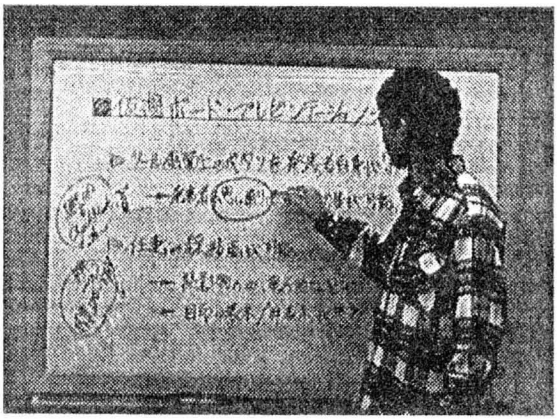
図 5.2: 遠隔プレゼンテーション実験の概要

実験参加者の感想及び実験の様子を撮影したビデオから以下のような結果が得られた。

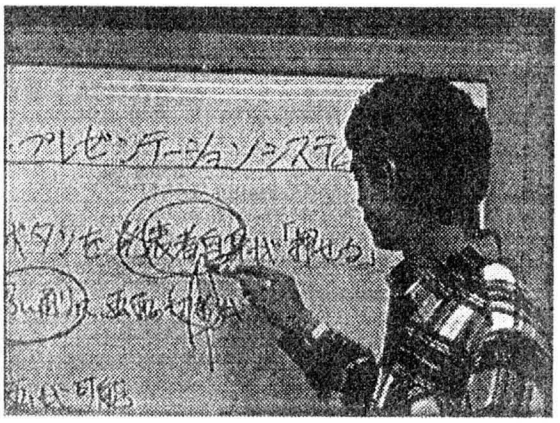
1. 発表者は、カメラの視界内の行動を要求され、制限された範囲でしか動けない。
2. 聴衆が画面を指し示しても、発表者側と聴衆側で一致しない。
3. ビデオ制御などのために、画面内から発表者が消えると、見ている側は著しい不安感に襲われる。
4. 聴講者の興味 (視線) がどこに注がれているのかが、発表者は把握できない。
5. 音声は物理的には伝わるが、特に口元がカメラで捉えられていない時に、誰が話しているのかが定かではなくなるため現実感に乏しい。
6. 発表者が画面内におさまり、かつ画面上の内容を直接指し示すことで、説明しているという手ごたえが感じられる。
7. 発表者の画面に対する相対的な大きさは図 5.3(b) が図 5.3(a) と図 5.3(c) に比較して、感覚的に落ちつき、資料の提示にも最適である。



(a)



(b)



(c)

図 5.3: 画面に対する発表者の大きさ

遠隔通信になることによって、(1) 発表者の身振り手振りでの説明が阻害され、より豊かな表現伝達を妨げた。(2) お互いのメッセージが正確に伝わらなかった。これは同一の場であっても円滑にいくものではないが、遠隔場になることによって、更に難しくなっている。どこかを指摘するという行為自体が、正確さを要求しているものであるため、この場合メッセージは全く伝わっていないといえる。これは、後述するが、質疑応答の場面で顕著である。(3) は、遠隔通信ならではの問題であり、通常では起こり得ないものである。(4) では、音声は確かに相互にやりとりができるということで繋がっていることが確認できるものの、話している人の口元が映像として得られないと誰の発言かがおぼつかなくなる。

遠隔プレゼンテーションを簡単な実験で行うと、通常のプレゼンテーションとかなり環境が変化することが判明する。上で示したように、通常のプレゼンテーションでは自然に行えた行為が制限されたり、あるいは自然に感じられたことが不自然に感じられたりするということが言える。

プレゼンテーションとして解決すべき問題は、遠隔プレゼンテーションという状況において発生する固有のものがあり、さらに遠隔場という状況で、より顕著になる「通常の場で発生する」ものがある。

以上の実験を通して、プレゼンテーションのインターフェイスとして改善すべき方向は、「いかに強力な説得力を発することができる環境を維持するか」という点に向かう。発表者の力量とは別に、プレゼンテーションを行う環境 (プレゼンテーションツールや、コミュニケーション場の構成) に対して、内容が正確に、効率良く、そして強力・緊密に伝わる潜在的な能力をもたせることである。

5.2.2 プレゼンテーションの意味解析と評価モデル

前述した、遠隔プレゼンテーションの実験を踏まえ、それとの比較をしながら、「通常のプレゼンテーション (発表者と聴衆が同じ場所にいる場合)」の要素分析を行なった。これには、発表者 (1〜3 人)、聴講者 (10 人〜20 人前後) が同室する規模のプレゼンテーション 10 件 (約 320 分) を収めた VTR を観察対象とした。図 5.4のような室内において、発表者は黒板、OHP、VTR などを使用した。プレゼンテーションの進行は、発表者からの発表の後、質疑応答という順序が基本である。表 5.1は、観察対象の例である。

表 5.1: 分析したプレゼンテーションの例

ケース	発表人数	使用サブメディア	発表時間	質疑応答時間
A	1	OHP	12'20	3'00
B	1	OHP、VTR	13'30	10'15
C	2	OHP、ホワイトボード	25'40	10'00
D	1	OHP、レジュメ	9'00	7'30

人メディアのコミュニケーション

発表者と聴衆が同一場にいることの強みは、ダイレクトにモダリティーを受け取ることができるという点である。サブメディアから得られる情報と、人それ自身が発信している情報とを定量的に比較することは難しいが、人が豊かなコミュニケーションの大部分を担っていることは確かである。前述したように、それは相手のジェスチャーや、語気から意思や意気込みを感じるとることができたり、また顔の高潮などから高揚感を見てとれることからも容易に推察される (図 5.5)。それ自体は、プレゼンテーションのメッセージとは違うものであるが、メッセージを強調したり、印象づけたりするという効果が

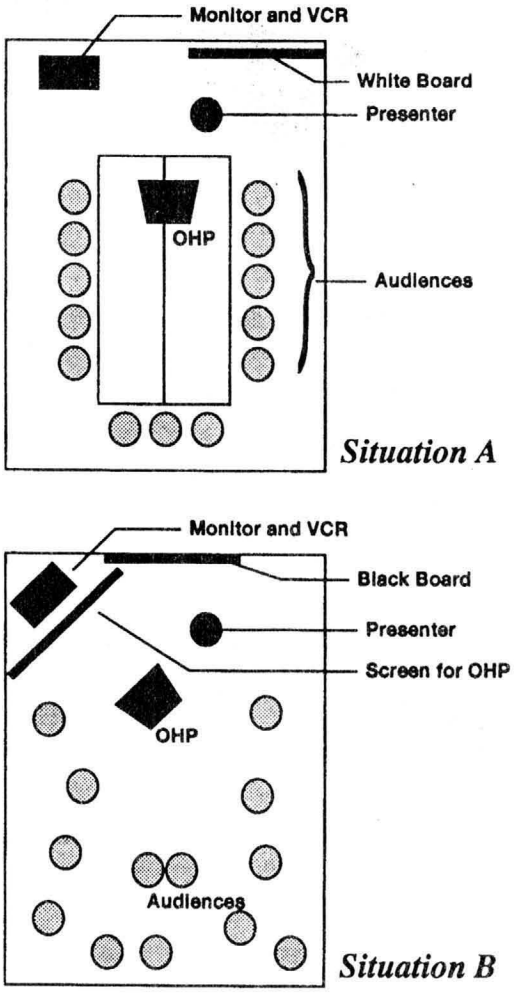


図 5.4: プレゼンテーション分析での状況例

ある。例えば、プレゼンテーションの重要な局面で身振り手振りが激しくなるというのは、そこでのメッセージをより強力に発したいという意志に他ならない。

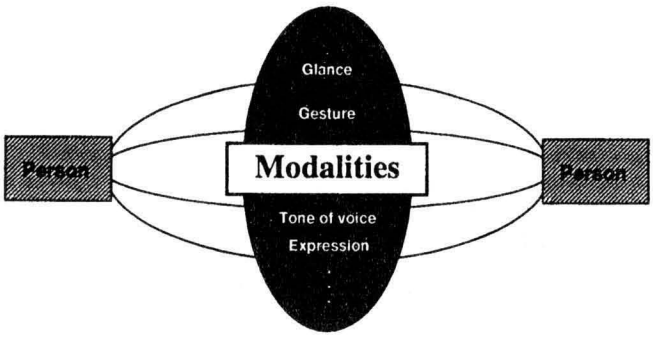


図 5.5: 人メディアのコミュニケーションチャンネル

コミュニケーションとしてかなり重要な部分を担うこれらの「人メディア」は、先に掲げた遠隔プレゼンテーションという場においては、極めて制限されるものであった。プレゼンテーションにおいて、そのメッセージを媒介するものを、人メディアとサブメディアとに分けたが、遠隔通信において、サブメディアの変容はむしろなく、制限を受けるのは「人メディア」の方である (図 5.6)。

通信場が絡むことによって、上述のような理由によって通常のコミュニケーションは図りにくくなる。この点を解決することは重要ではあるが、同時に限界があることを認識しなくてはいけない。どのようなシステムを考えても、場所が離れているところにいる発表者を、自分の目前にいるように感じることはできない。仮想現実 (VR) をもってもしても、発表者を生身の人間として肌で感じることは不可能である。したがって、プレゼンテーションという「遠隔場」において確実に改善していけるのは、むしろサブメディアであると言える。サブメディアはその性質上、効率や利用頻度などをもって定量的に評価することが可能である。ある評価指標をもって、サブメディアを適切にデザインできれば、プレゼンテーションにおけるコミュニケーションの一端を向上させることが可能となり、制限をうける人メディアを補助することができる。ただし、これは人メディアを軽視するということを意味するのではなく、人メディアには限界があることを前提にして、拭えきれないマイナスを補完する「伝達性、効率性、正確性を備えたサブメディア」をデザインすべきだということである。

サブメディアの利用効率

プレゼンテーションでは、サブメディアを使用するが、従来の方式では、それ自体が問題となっている。「発表者は、ツールを制御する人か」という問題である。発表者とツールを制御を行う人が別人であると、プレゼンテーションは円滑には行えない。スライドを利用する場面などで、「次をお願いします」というメッセージが、「制御する人のためだけに」必要である。また発表者が自らツール制御を行う場合でも、問題は発生する。

OHP を用いたプレゼンテーションとコンピュータをサブメディアとして用いた DTPR を記録したビデオテープからの観察で以下の点が明らかになった。発表者自身がサブメディアを利用する条件である。

1. 意図とする OHP シートを探す行為 (手元の資料と照合する行為)

2. OHP シートを OHP の台に据える行為

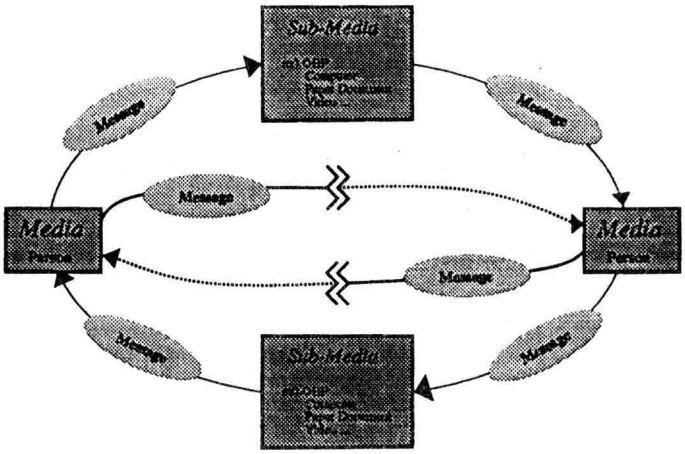


図 5.6: 遠隔プレゼンテーションでのモダリティー制限

3. OHP シートを据え直す行為

4. VTR を所定の位置にして再生する行為

5. キーボード、マウスを操作する行為

6. 同操作のための移動や着座などの行為

OHP の例では、OHP を探すという作業が最初に必要となり、目的の OHP シートが見つからない限りプレゼンテーションの流れは寸断されたままになる。プレゼンテーションの技法として、説明しながら当該の OHP シートを探すという行為も可能ではある。その行為自体はスムーズさを生み出すかも知れないが、逆に、OHP を見つけるというタスクの効率を落す点が指摘できる。また、シートは OHP の台に据えられなくてはならず、その物理的な距離が影響する。さらに、シートのずれや裏表反転などの単純なミスを補正するだけでも余分な時間をとられる。

これらの点は、プレゼンテーションの流れの中で「空白」の時間となってしまう。円滑で、効率の良いプレゼンテーションのためには、このような機器制御のための時間は極力抑えられるべきである。もちろん、このような空白時間が適度にあれば、聴衆側にとっては、流れを理解し、考える時間になるため必要だとも言えるが、それは、機器制御などの消極的な空白時間によってではなく、発表者のプレゼンテーション技法の中に積極的に設けられた空白時間によって確保されるべきであろう。

以上のような消極的空白時間が、実際のプレゼンテーションでどれだけの割り合いを占めるているのであろうか。そのために、空白時間の長さと回数を考慮した「円滑度指数」によるサブメディアの評価モデルを考えた。

サブメディアの評価モデル

図 5.7のように、全プレゼンテーション時間 (T) に対する空白時間が占める比率を考慮して、空白時間比率が求まるが、それにプレゼンテーションの流れが寸断された回数を加えることによって、円滑度指数が定義される。

- T:プレゼンテーションの総時間

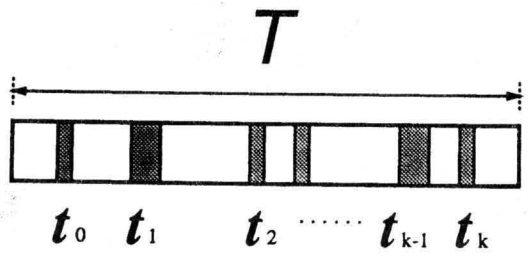


図 5.7: プレゼンテーションに占める空白時間

- k:ツールなどの制御によって、プレゼンテーションが寸断された回数
- t_j:制御等に要した個々の時間 (空白時間)

$$N = \sum_{j=0}^{k} t_j \times \frac{1}{T}$$

… N:プレゼンテーションにおける円滑度指数

従って、左辺 N(円滑度指数) の値が 0 に近ければ近いほど、プレゼンテーションの流れは円滑であると言える。

しかしこの指数では「プレゼンテーション中に使用されるサブメディアの量」や「プレゼンテーション自体の進行速度」という任意の要素が考慮できない。いずれも、発表者自身の個人差を反映するものであるので、純粋には円滑度を表現しきれてはいない。ただし、T の値が統一されている場合、すなわちプレゼンテーション時間が決められており、かつ k が大幅に違わない場合においては、適用できる。

ここでは、空白時間による円滑度を単純に「平均空白時間」すなわち、サブメディアの制御等によって生成される空白時間の平均に置換して考える。

これは、

$$\overline{N} = \sum_{j=0}^{k} t_j \times \frac{1}{k}$$

… $\overline{N}$:一プレゼンテーションでの平均空白時間

によって求められる。

この時間分析フレームを実際にプレゼンテーションを記録したテープに適用した結果、以下のようなデータが得られた。

OHP によるプレゼンテーションの場面であれば、発表者は最初から決めてある流れに沿って OHP を提示するが、それでも長い時には 3 秒から 4 秒ほどかかることが多くあり、プレゼンテーションの流れをその都度絶ち切ってしまっている。さらに、質疑応答の場面になると空白時間は長くなる。聴衆側は、記憶や記録を頼りに OHP を指定し、その情報から発表者は合致する OHP を探しだし、提示する

表 5.2: 平均空白時間の測定結果 (単位秒; 発表時間を除く)

ケース	状況	個別の平均	平均空白時間:$\overline{N}$	発表時間 (分)
A	発表中の OHP 提示	2.5	3.0	12'20
	質疑応答での OHP の再提示	4.0		
B	VTR の再生提示	40.0	17.0	13'30
	発表中の OHP の提示	1.0		
	質疑応答での OHP の再提示	1.5		
C	発表中の OHP 提示	3.0	10.0	25'40
	発表者入れ替わり	20.0		
	質疑応答での OHP 再提示	5.5		
D	発表中の OHP 提示	2.0	4.0	9'00
	質疑応答時の OHP の再提示	4.5		

という作業が必要になるためである。上のケースから OHP に関しては、質疑応答場面での空白時間は、プレゼンテーション中のそれよりもおよそ 2 倍の時間がかかることが判明した。したがって、聴衆の求める情報の理解・推測、及びその情報の探索に、通常の提示と同等の時間を発表者は費やしていることになる。

問題はこの時、OHP などの視覚的情報は何の効力も発揮していなく、そのコミュニケーションで使われているチャネルは、言葉、音声のみだということである。従って、両者の意思疎通は円滑には行われない。例えば、聴衆側から「～枚目の OHP」とか、「～の表があった OHP」、「それそれ、違う、それ」というような発話があるように、両者のコミュニケーションはスムーズではない。

これが OHP でなく VTR の提示であったり、スライドの提示であれば、ツール自体の制御がさらに複雑になるため、空白時間は増大する (ビデオの提示に関してはすでに表 5.2にデータとして示した)。さらに、それらのツールで、質疑応答場面に入れば、再提示にはかなりの空白時間を要することもわかった。そしてその空白時間を増加させる要素も抽出された。いずれも、前述した平均空白時間$\overline{N}$が増加するのは、ツール自体の制御構造と、場面によってはツールを欲する人とそれを操作する人が違うことによる。

より正確で効率よいプレゼンテーションとは、つまり、「N」が ($\overline{N}$が) 0 に近付くものである。従って、プレゼンテーションにおいてツール制御の効率を評価するには、上式の評価が欠かせなく、個々の$\overline{N}$が 0 に収束し、結果として N が限りなく 0 に近付くようなツールのデザインが求められるといえる。

5.3 円滑なプレゼンテーション・システムのデザイン

5.3.1 「空白時間」の削減

OHP やデスクトップツールによるプレゼンテーションには、そのサブメディアに大きな問題点があることが明らかとなった。サブメディアの操作に関連する「空白時間」を削減することが必要である。

従来のプレゼンテーションのうち、空白時間を生成する主な要因は、OHP シートに関するものが多くを占める。シートを探したり、差し替えたりする時の手間と時間は、近年多用傾向にある DTPR においてかなり改善されている。DTPR の場合、コンピュータ上のプレゼンテーションツールを利用する。

ツールは電子的な形であるため、時系列で表示したり、ジャンプしたりすることが自由にできる。またコンテンツの編集も容易である。またその画面を、プロジェクターで投影することにより、聴衆に大きく提示することが可能となり、また様々な電子的効果を付することも容易である。プロジェクターによるツール画面の前で、発表者が発表する事象を指し示したりすることは、発表内容の伝達性を高める。

しかし、依然としてプレゼンテーションツールを操作するために費やされる「空白時間」は解決されていない。プロジェクターの画面前で発表者が説明し、次の画面に移る操作のためにキーボードやマウスのあるところまで歩み寄っていくのでは、OHP を差し替えたりするのと同様の時間を費やしてしまう。また、OHP シートに油性ペンで書き込むような行為を、DTPR で行おうとすれば、やはりマウスやキーボードなどの入力デバイスに頼らなければならない。説明する場を保ちながら、よりダイレクトにツールを操作することこそが、「空白時間の削減」になり、かつより強力なプレゼンテーション空間を生み出すことができる。

以上のように考えると、DTPR で用いるコンピュータと人との間の「コミュニケーション」を新たに用意することが必要であるといえる。従来のような、ディスプレイの前に座り、マウスとキーボードでコンピュータを利用するという固定的なものから脱却した発想に基づく、新たな接面—インターフェイス—である。

5.3.2 現実と仮想のオーバーレイ・インターフェイス

OHP と DTPR の対比を通してもわかるように、コンピュータは非常に便利な道具である反面、電子的であるがゆえの煩雑さを持ち合わせている。ワープロの機能が非常に高度に発達した今でも、紙と鉛筆は人間のもっとも扱いやすく、使い慣れた道具として利用されている。ちょっとしたメモをとるという作業を考えても、そのたびにコンピュータを起動して、エディターなどにキーボードを通して打ち込むという過程よりも、鉛筆を使って紙に書くという作業の方がはるかに簡素で自然である。

しかし、紙と鉛筆がコンピュータに及ばない点もある。住所録などをノートなどで管理するより、データベース化してコンピュータに管理させたほうが、効率がよく利便性が高い。また、住所録のデータを他のデータとリンクさせることで、活用の範囲が飛躍的に広がる他、コンピュータには様々な付加価値がある。

プレゼンテーションの例でいうと、OHP は簡素でつくりやすく、また好きなようにシート上に文字を書いたり、印をつけたりできる。逆に、DTPR では画面をコンピュータで瞬時に切り替えることができ、系統的に扱うことができる。また資料が電子化かされているため、資料の変更や活用が簡単に行えるといった長所を持つ。

	長所	短所
OHP	準備、発表時の手軽さ 単純で分かりやすい構造 シートへの直接書き込み	資料編集、加工が不便 演出効果が限定
DTPR	資料の編集、加工が容易 資料の再利用が容易 発表時の演出効果	操作技能の必要性 操作手段による制約 直接書き込みが不可

つまりコンピュータと日常物には、それぞれの長所と短所とがあるということになる。両者にはそれぞれ得意な点もあれば、不得意な点もある。そしてその長所、短所は, 人間がそれを使ってなしとげ

ようとする目的であったり、目的にいたるまでの環境などによって、有効に働く面が強調されたり、反対に不便な印象しか与えなかったりする。

Digital Desk システムを製作した Pierre Wellner は、作業を行う場を、そのツールの性質によって、「Computer World」と「Physical World」としてとらえている。そして、それぞれの短所を互いの長所で補うという考えを提唱している [Wellner 1993]。

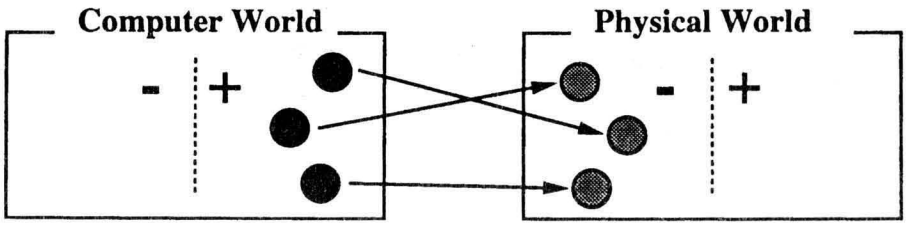


図 5.8: Physical World の機能の Computer World への移植

プレゼンテーションにおけるサブメディアに関する問題点に対して、上のような発想を基本的な枠組みとして、「プレゼンテーションにおける人とコンピュータとの新しいインターフェイス」を考案した。

5.4 新しいプレゼンテーションシステムの試作: 光ペン入力システムと仮想ボードによるプレゼンテーションシステム

5.4.1 新しいプレゼンテーションシステムの設計指針

前章までで述べてきたように、DTPR では発表の内容の管理や進行にコンピュータを導入してその効果を利用するが、マウスやキーボードを入力手段として利用するため、発表中の空白時間が増加する。また、投影した画面に対して発表者が直接書き込むことはできない。一方 OHP では、用意は簡便ではあり直接発表者が手書きで書き込むことができるが、華やかな演出はできず、一度作った資料を編集して再利用することが難しい。この両者の短所を互いの長所で補い合い、また空白時間を削減することのできるシステムが求められる。

新しいプレゼンテーションシステムに求められる要件を整理すると次のようになる。

- 発表者自身が、プロジェクター画面の前にいながら画面を操作できる。
- 操作は、聴講者にも分かるよう画面に対して直接指示する形で行なう。
- 同時に、発表者は自由に画面に書き込むことができる。

この要件を満たすシステムは、OHP の「現実性」と DTPR の「仮想性」とをオーバーレイさせることで可能となる。すなわち、プロジェクターによって投影された画面の前の「現実」をコンピュータが認識し、その認識結果をコンピュータ上で動作しているプレゼンテーションツールへの入力とする。これによって、マウスやキーボードを用いずに、コンピュータへなんらかの入力行為が可能となる。さらに、この入力に対するプレゼンテーションツールの変化をプロジェクターで再投影させることで、「現実世界の操作行為」と「仮想世界の変化・反応」が呼応し、現実による仮想の制御が可能となる。プレゼンテーションツールの操作では、ジェスチャーなどによる行為で、画面を自由に切り替えたり、また

画面上に目印をつけたり、描画したりすることが可能とする。このようなシステムによって、OHP の直接性・簡便性と DTPR のコンピュータ効果とを合わせ持つプレゼンテーションシステムの実現が可能となる。

現実の世界で発表の際に利用されるものでは、「指し棒・チョーク」がある。これは、発表者の説明している話題を示すものとして利用されたり、提示してある発表内容に直接注釈を書き込んだり、またある時は壁にたたきつけることで音を発生し注意を促したりといった様々な方法で使われる。上で述べた、ジェスチャーなどによる「仮想世界の制御」より、発表内容との「直接的接触」の多い「指し棒・チョーク」を仮想世界への入力とすることで、仮想世界との直接的な接触が可能であると考えた。そのメタファーを引き継ぐものとして考案したのが、コンピュータへの入力デバイスとしての「光ペン入力システム」である。以下では光ペン入力システムの構成と開発を述べる。

5.4.2 光ペン入力システム

DTPR において、コンピュータ画面をプロジェクターでホワイトボードや壁面に投影し、その画面の前に立ったままで発表者自身が画面を操作することを可能とする入力デバイスを開発した。

カメラによる動画像から特定の「光」を認識し、その位置情報をコンピュータへの入力とする「光ペン入力システム」である。カメラでとらえる画像の範囲とプロジェクターによるプレゼンテーションツールの画面とをオーバーレイさせることで、発表者自身がプレゼンテーションの画面の前にいながら、ツールを直接操作できるようになった。「光」を放つペンを発表者自身が持ち、画面上で点灯させることで、コンピュータへの入力が自由に行える。点灯させるという行為のフィードバックが実際のプロジェクター画面に反映されるため、コンピュータと物理的な接触がなくても、インタラクションが可能となった。

この入力デバイスをここでは、「光ペン入力システム」と呼ぶ。本システムは以下に示すように、発表者が持つ「光ペン」本体と、画像からペンの光を認識する「光色解析部」とで構成されている。

光ペン

黒板に対するチョークと同じように、作業において発想を書き留めたり、書かれた情報に目印をつけたりするなどを可能にするのが、「光ペン」である。これは、指し棒の先に「光」を放つ電球、または発光ダイオード (LED) を付けたもので、カメラから取り込む画像を解析する（後述の「光色解析」）ことによって、この光を識別、特定する。

カメラからコンピュータ内に取り込まれた画像は、RGB という光の 3 要素に分けられたデータとして得られる。したがって、画像解析とは、RGB のデータによる特定ということになる。後述する解析のシステム上、正確かつスムーズに光を特定するために、プロジェクター画面や人間、その他の物体とは差別化できる「光」を放つように設定した。後述する「プレゼンテーションシステム」では、「赤い色を放つ光」を、画像解析によって随時検出している。図 5.9は、光ペンのプロトタイプ-2 である。赤い色の 6V 電球をペン先に登載し、はっきりとした赤い光を放つ。この他、青色の電球を使用したプロトタイプ 1、高高輝度の赤色発光ダイオードを利用したプロトタイプ 3 がある。

ペンが点灯していない場合、カメラでとらえられる画像には、「赤い色」が存在しないため、なにも入力にはならない。ペンが点灯したときに、その存在が検出され (イベントの発生)、点灯箇所の位置情報が特定される。この点灯・非点灯、及び点灯時の位置情報とをコンピュータへの入力として利用する。光ペンのプロトタイプ- 2 は、圧力感知によって点灯する方式になっている。そのため、ボードをなぞれば光を放ち、画面上の押したいボタンに触れることで入力ができる。これは、コンピュータという仮想

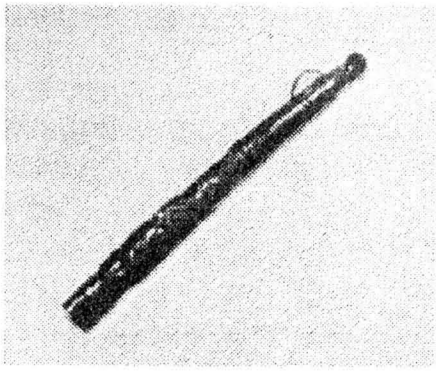


図 5.9: オプティカルペン本体 (プロトタイプ-2)

世界を直接的な感触で操作することで「現実世界」に「仮想世界」の機能を付加するという発想に基づいている。

光色解析

認識は、光ペンの放つ光のRGBデータをあらかじめ記憶 (登録) し、その登録データと一致するRGBデータを取り込まれる画像から随時見つけるパターンマッチによって行う。

リアルタイムの動画像は、カメラからワークステーション本体にまず図 5.10のようにとりこまれる。今回光色解析に利用したワークステーションはSGI-Indy、カメラは市販のものを利用しS-Video画像端子経由でワークステーション本体に画像をとりこんだ。取り込まれた初期の画像データは、320×240ドットである。

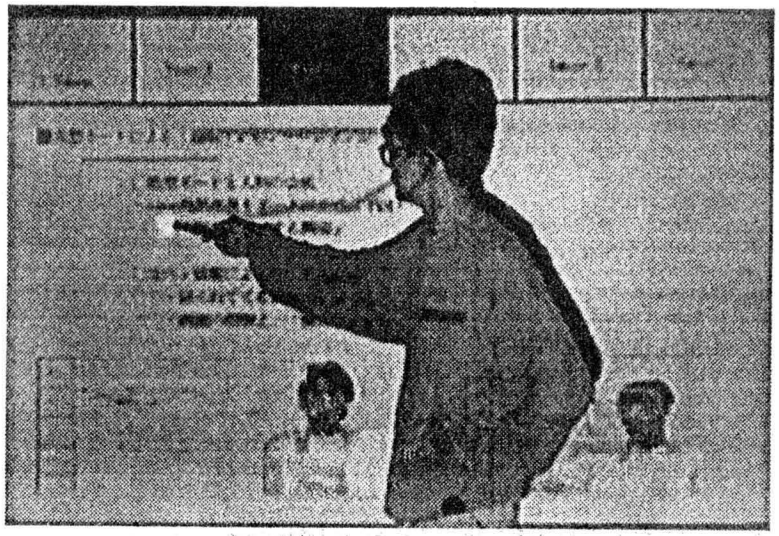


図 5.10: カメラから得られる動画像

画像データは、1ドットごとにRGB各々256階調で表現される。すなわち、光のR（赤）成分について0〜255、G（緑）成分について0〜255、B（青）成分について0〜255である。この1ドットごと

のデータと光ペンの色データとを照合するわけだが、光のデータは周囲の明るさや背景の色彩などに影響を受け、常に安定したデータとして比較できるわけではない。実際の実験では、1ドットごとに光ペンのデータを比較した場合、光ペンの点灯の正確な認識は不可能であった。また320×240ドットのデータを比較するだけでも、1ドットごとに3回(RGB各成分)の計算をする必要があるため230400回の計算が必要となる。これを動画像に対して施すと、リアルタイム性が失われるため、データの照合を荒くする必要がある。

320×240ドットの画像データを、1セル= 5×5ドットとして、64×48セルに分割、量子化した(図5.11)。光色解析はこのセル単位に施す。元のデータはドットごとにRGB各々256階調で得られるが、量子化後のセルには、その矩形に入っている全てのドットのRGB各々の平均をセットする。すなわち、次のような矩形があった場合、

	j+0	j+1	j+2	j+3	j+4
i+0	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)
i+1	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)
i+2	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)
i+3	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)
i+4	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)	(r,g,b)

これを一つのセルに量子化した場合、そのセルのRGBデータは、以下のように表される。

$$(R,G,B) = (\sum_{m=0}^{4}\sum_{n=0}^{4} r_{(i+m,j+n)}/25, \sum_{m=0}^{4}\sum_{n=0}^{4} g_{(i+m,j+n)}/25, \sum_{m=0}^{4}\sum_{n=0}^{4} b_{(i+m,j+n)}/25)$$

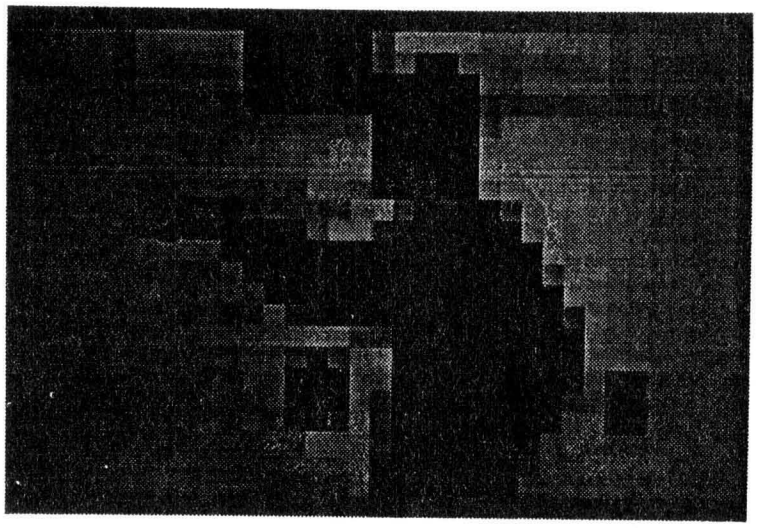


図 5.11: 64×48のセルへの量子化

量子化した64×48のセル一つ一つに対して随時、先に登録したペンの光のRGBデータとの照合を行う。「赤い」光は、(255,33,0)や(250,77,43)などのRGBデータで表されるが、環境によって変動するため、統計的に平均のRGBデータを登録する。さらに、RGB各々についてある程度の閾値を設けて照

合し、その範囲内であれば光色として特定する。合致するデータがあれば、その位置を特定することができる。

このようにして、光ペンによる光を画像解析で特定することにより、その位置情報などをコンピュータ上のアプリケーションへの入力として利用することが可能となる。

光ペン入力システムは、マウスやキーボードと同じコンピュータへの入力手段 (デバイス) である。ポインティングデバイスとしては、その機能はマウスとほぼ同じであるが、大きく違うところは、コンピュータとは物理的に非接触でも入力ができるという点である。つまり、光ペンを使う発表者は、コンピュータを遠隔的に利用できる。このデバイスを利用した新しいプレゼンテーションシステムの実装を次に述べる。

5.4.3 「仮想ボード・プレゼンテーションシステム」

システム構成

上で述べた「光ペン」本体とその光を画像から認識する「光色解析部」とで構成される「光ペン入力システム」を利用してプレゼンテーションシステムを試作した。これは、光ペンの位置情報を利用して、ワークステーション上で動作するプレゼンテーションツールを遠隔的に操作できるようにしたものである。このシステムは、従来のプレゼンテーションにおいて問題であった、ツール制御による「空白時間」を削減している。また描画や画面呼び出し、動画のインライン再生などをツールの機能に盛り込み、OHP の特性と DTPR の特性とを合わせ持つプレゼンテーションシステムとした。光ペン入力システムを利用したプレゼンテーションシステムをここでは「仮想ボード・プレゼンテーションシステム」と呼ぶ。

図 5.12に、光ペン入力システムを利用した仮想ボード・プレゼンテーションシステムの構成を掲げる。カメラからワークステーションに取り込まれた画像は、まず光色解析部で、画像中の「ペンの光」の抽出を行う。画像中にペンの光が認識された場合、その点灯箇所の位置（二次元座標）を検出する。この位置情報が、別のワークステーションで動作しているプレゼンテーションツールに送られる。このツールは、送られてくる位置情報をツール操作の入力イベントとして解釈し、画面の描画や動画再生などを制御する。このワークステーションの画面はスキャンコンバーターを通して、プロジェクターに送られ壁面に投影される。

この壁面に投影したプレゼンテーション画面 (図 5.13) と、光ペン入力システムのカメラの撮像範囲 (図 5.14) とを一致させることで、ペンが点灯する実世界の座標系と、投影されたプレゼンテーション画面の座標系が重なり、一対一の遠隔的な入力が可能となる。

プレゼンテーションツールの機能

試作したプレゼンテーションツール (図 5.13) では、ツール画面の上部にボタンを 6 つ配置し、それぞれを「光ペンで押す」ことにより、画面表示の切り替えや静止画/動画の表示などを可能にした。図 5.14において黒く塗りつぶされた点を点灯箇所とすると、この位置座標と対応する「ツール画面上の位置」が特定される。ここでは、「Page3」のボタンに相当するため、この場合「Page3」のボタンが押されたと解釈し、ツールの画面の表示内容が切り替わる。したがって、従来の DTPR のようにマウスやキーボードに頼ることなく、その場にいながら発表者自身が光ペンで目的のオブジェクトやボタンを指し示し、「光で押す」ことによりワークステーション上のプレゼンテーションツールを自由自在に操作できるようになっている (図 5.15)。また、動画の再生なども即座に行えるため、モニターを引き出し VTR テープを再生するという手間は一切不要である。

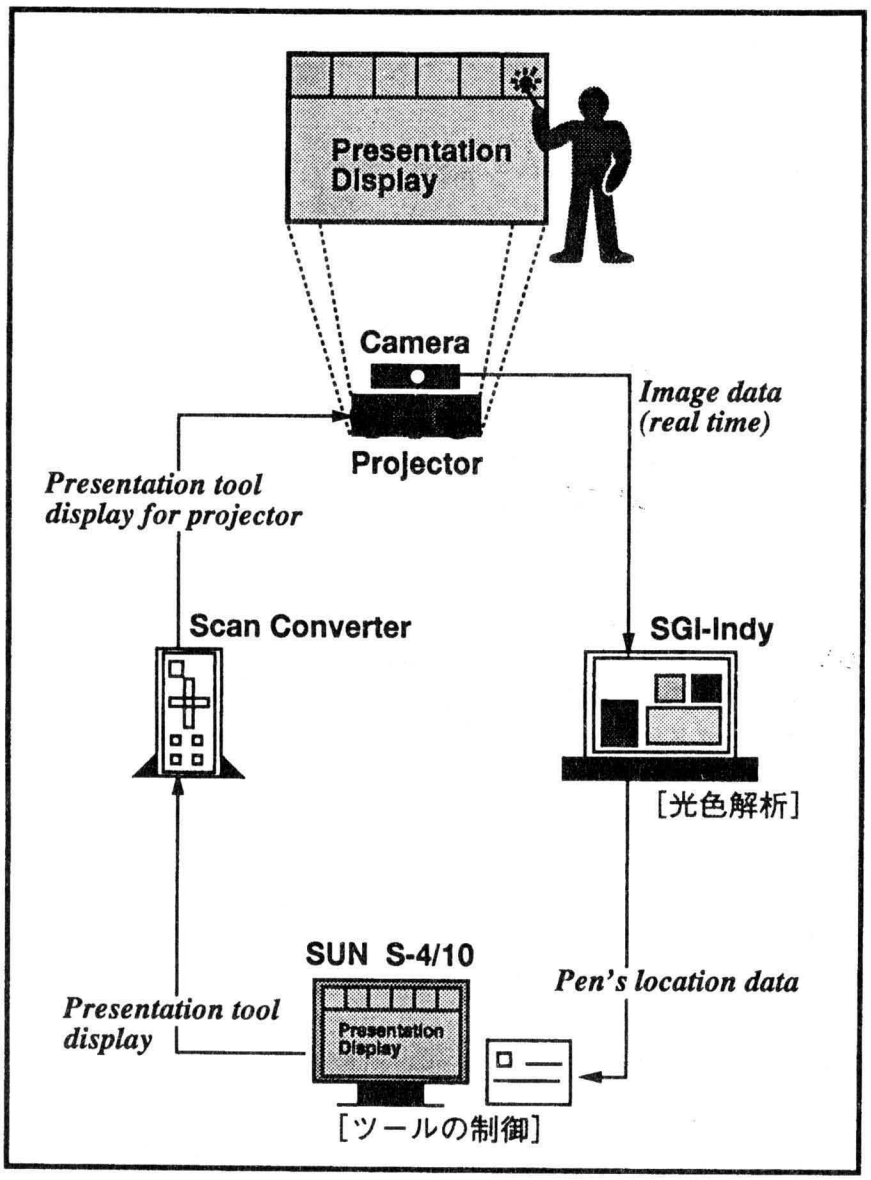


図 5.12: 仮想ボード・プレゼンテーションシステムの構成

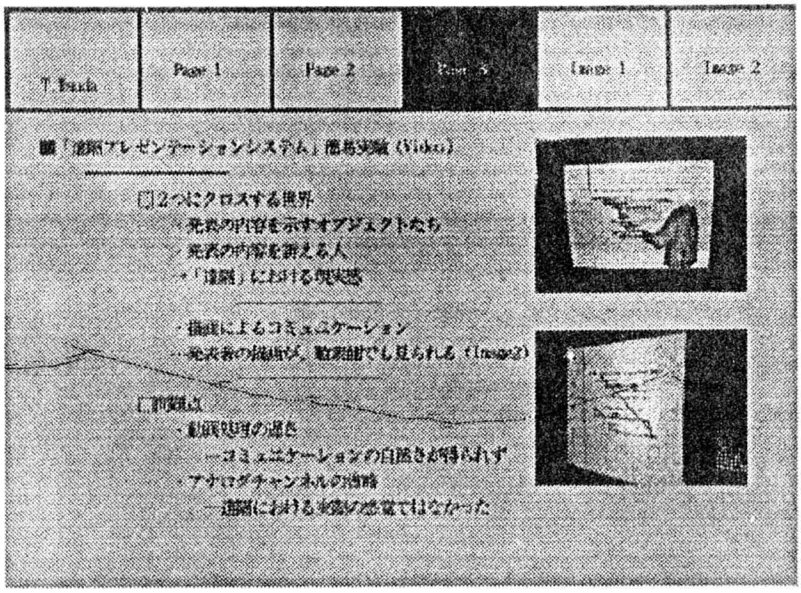


図 5.13: プレゼンテーションツール画面例:反転している領域が光ペンにより選択された場所

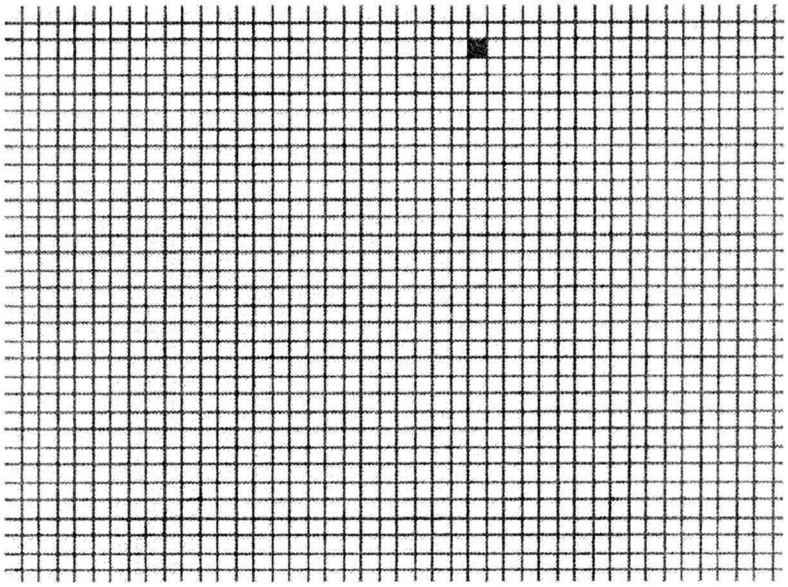


図 5.14: 認識する範囲 (カメラ撮像範囲):光ペンが作動した位置を認識する。プレゼンテーションツール画面とこのカメラ撮像範囲の座標系を一致させる。

プレゼンテーション画面（画面全体のうちのボタン以外の領域）において、点灯させたまま光ペン走らせれば、任意の線描画が可能となっている。したがって、投影されているドキュメントやイメージなどへ目印をつけたりすることが可能となっている。OHP を利用したプレゼンテーションでは、今現在話題にしている箇所を示すためにボールペンなどを置いたり、必要ない場所を紙で隠したりするが、そのような行為も、発表者自身がボードに直接書き込むことで実現する。また、発表者自身によって行われる描画情報は、プレゼンテーション画面のコンテンツとは別に保存されるため、画面を元に戻すことは容易な上、必要であれば描画した様子をもう一度復元するということもできる。これらは、OHP にペンで書き込んだ場合ではできない機能である。図 5.16は、プレゼンテーション画面上に線描画をし、発表において強調したい箇所を明示している様子である。また図 5.17は、ツール画面上に自由に描画をした様子である。

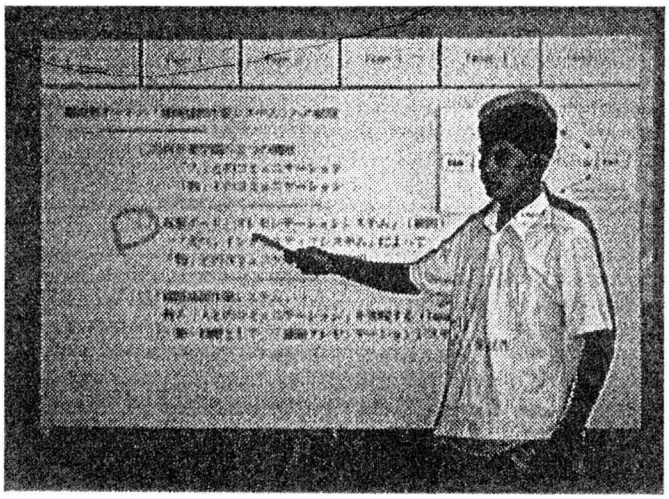


図 5.15: 画面の呼び出しと説明

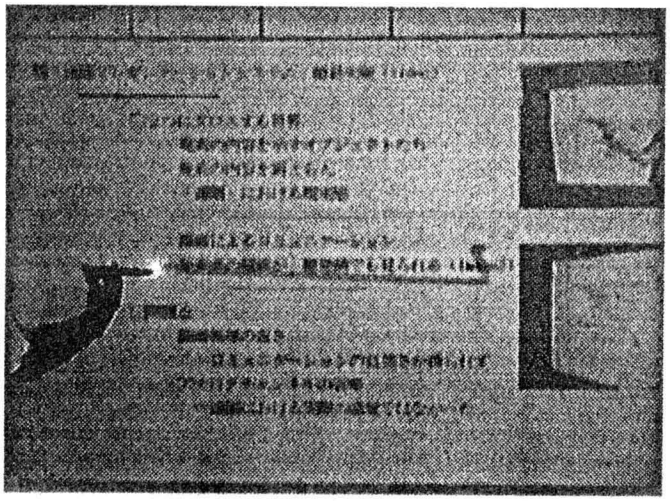


図 5.16: 光ペンで描画し目印をつける

ン・チャンネルである。

また、作業は単に作業相手と話すだけではない。議論が進めば、考えや議論の流れを図にまとめたり、実際の作業に関する資料(ドキュメント、VTR など)を見、議論を補助していく。これは、「物(オブジェクト)とのコミュニケーション」であるといえる。この共同作業時のコミュニケーションの様子は、図 5.18のようにモデル化できる。

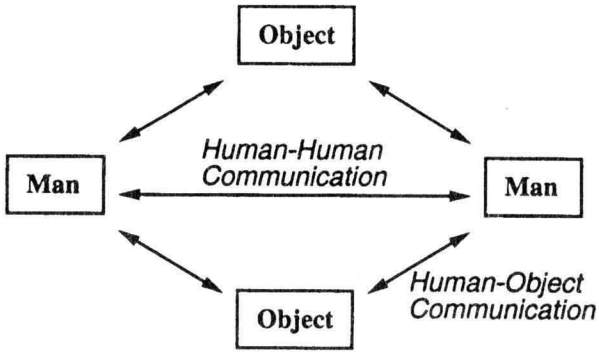


図 5.18: 共同作業における 2 種類のコミュニケーション

共同作業においては、この 2 種類のコミュニケーションを円滑に行うことができることが肝要である。この 2 つのコミュニケーションが相互に作用することによって、作業参加者同士の緊密な意志の連携が生まれ、共通のタスクを効率よく、着実に達成できる。

仮想ボードの「遠隔協調作業システム」への拡張

「仮想ボード」は、コンピュータ画面をプロジェクターによって投影し、その投影画面を仮想的な作業空間として利用したものである。仮想ボード上で作業を行う際には、「光ペン入力システム」によって、ボード上で稼働するアプリケーションをコントロールする。つまり、ホワイトボードに書き込んだり、消したりという行為が、プロジェクター画面でできるようになっている。これは、共同作業時における「物とのコミュニケーション」を実現したものであると言える。

この仮想ボードを用い、「遠隔協調作業システム」に拡張するには、残る「人とのコミュニケーション」を実現することが必要となる。つまり、仮想ボード上でいかに、作業相手と話し、様子をうかがい、ノンバーバルに伝えられる意図もくみ取れるようにするかということである。

これを可能とする遠隔協調作業システムが、図 5.19である。このシステムでは、作業空間を二空間で共有する。そして、お互いにとっての相手を仮想ボード上に投射することで、「人とのコミュニケーション」の実現を想定している。ボード上に投身大の人物像がリアルタイムで表示されることで、相手がすぐそばにいる感覚で自然なコミュニケーションが確立できるようなものを意図している。既に光ペンによって、「物とのコミュニケーション」は確立されているため、仮想ボード上の作業支援ツールも快適な操作ができる。

グループウェアなどの研究分野では、共同で編集する文書などをいかに共有するか、その制御権の設定をどうするかという点に焦点が絞られがちで、共同の作業時における「人と人とのコミュニケーション」が手薄になりがちである。その点、このシステムは、思考を外部化した世界、つまりボード上の「物(オブジェクト)」の世界と、「人」の世界が一つの平面に融合している。そのため、オブジェクトを共有しつつ、作業相手との自然なコミュニケーションも、いわゆるシームレスに行うことができる新しい作

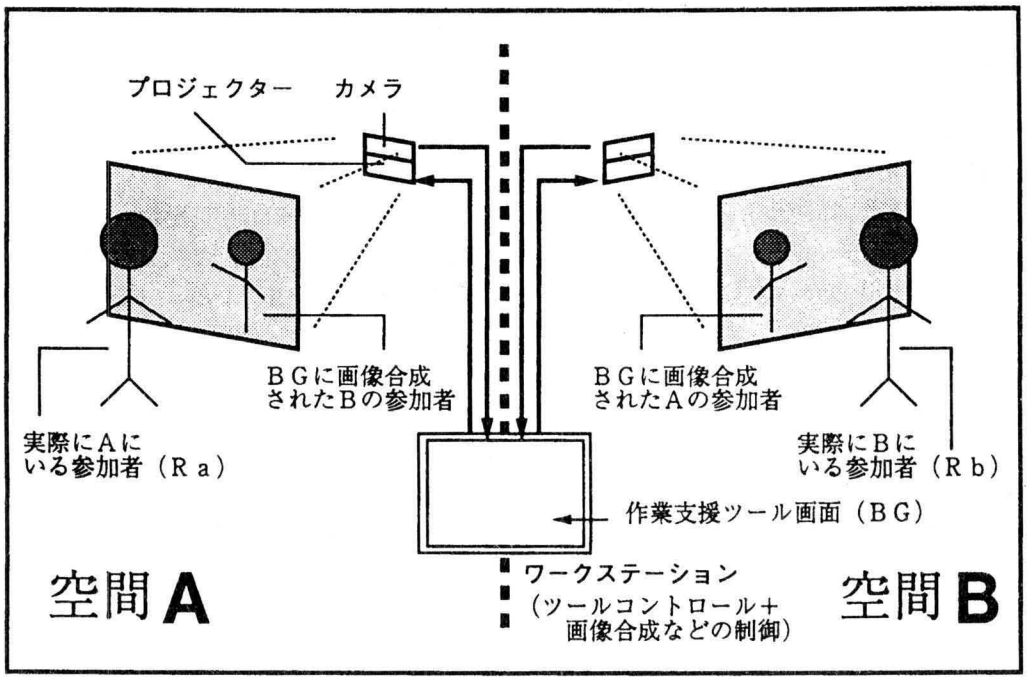


図 5.19: 仮想ボードによる「遠隔協調作業システム」の概観

業環境が提供できると考えられる。

このシステムの動作原理は、以下のようになる。

1. 空間ごとに存在する作業参加者の人物画像データを、背景との差分やフレーム間の差分などで抽出する。
2. その画像データを、ワークステーション上で稼働している「仮想ボード・作業支援ツール」と画像合成する。
3. 合成後の画像を、相手空間のプロジェクターに送り、表示する。
4. 1,2,3 を双方向に、リアルタイムで行う。

これらの操作によって、二空間の人と人とのコミュニケーションが実現する。同時に、双方から作業支援ツールのコントロールなどができる。

人とのコミュニケーションを実現を目指し、その第一段階として、一方向で遠隔地にいる作業相手の人物画像を仮想ボード上に合成し、コミュニケーションの可能性を目指す仮想ボードを利用した「遠隔プレゼンテーションシステム」を試作した。

5.5.2 仮想ボード・遠隔プレゼンテーションシステム

システム構成

ここでは、物理的に離れた人のコミュニケーションを支援するシステムの初段階として試作した「仮想ボード・遠隔プレゼンテーション」システムについて述べる。

「仮想ボード・遠隔プレゼンテーション」システムのシステム構成を図 5.20に示す。

共同作業と同様に、プレゼンテーションでも「発表する人」と「発表する物」が欠かせない。発表する人がいなくてはプレゼンテーションは成立しないし、また OHP やビデオ、レジュメなどの視覚に訴える効果も必要である。仮想ボードによる遠隔プレゼンテーションシステムでは、この二つの要素が一つのボード上で実現している。

聴衆とは別の場にいる発表者は、仮想ボードのプレゼンテーション画面の前で発表を行なう。この様子をカメラから SGI-Indy に画像データとして取り込み、得られた画像データから発表者像を抽出する。抽出された発表者像は、プレゼンテーションツールが稼働するワークステーションへ送られ、そこでツール画面と画像合成される。聴衆サイドでは、発表者がボード上に入り込んだプレゼンテーション画面を見ることができる。聴衆の様子は、カメラによるアナログ回線によって発表者側でモニターする。

また、発表者は従来通り、プレゼンテーションツールが映し出された仮想ボードの前で光ペンによって、ボード上のツールを操作することで、効率よくプレゼンテーションを進めることができる。

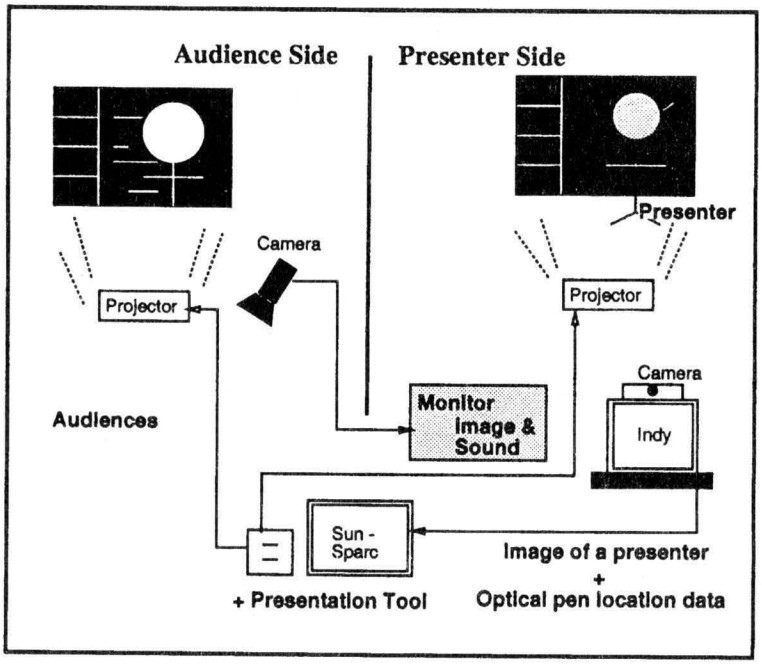


図 5.20: 仮想ボードによる遠隔プレゼンテーションシステム構成

このシステムは、大別して以下の 2 つの部分から構成されている。

A. 発表者像を画像抽出し、仮想ボードに送る部分

B. 送られてきた発表者像を、仮想ボード上に画像合成し表示する部分

仮想ボードの制御

仮想ボード上では、プレゼンテーションツールが動作する。試作したツールは、縦に配置された5つのボタンと、スライド(ページ)を表示するコンテンツエリアを持つ。各々のボタンは、一つのスライドに対応し、このボタンを光ペンで押すことにより、コンテンツエリアにスライド内容を表示することができる。また、コンテンツエリアにおいて光ペンを走らせることで、線の描画が可能になっている。

このツール画面(図5.21)に対して、発表者サイドから送られてきた「発表者像(図5.22)」を合成し、一つのボードとして構成する(図5.23)。プレゼンテーションの画面は、ディスプレイ一杯の大きさ(1280×960ドット)をとっており、送信されてくる画像データは、320×240ドットなので、発表者像を4倍し、仮想ボードと同じ大きさに再現する。これによって、発表者が仮想ボードで指し示したポイントと、画像合成を経た画面での指し示すポイントが一致することになる。ただし、これは発表をカメラでとらえる際に、撮影範囲をプロジェクターによるプレゼンテーション画面と同一にする必要がある。送られてくる発表者像は、ツール画面のコンテンツエリアに重ねて表示される。

こうして得られた最終的な画像が、プレゼンテーションの聴衆サイドに表示されることになる。

また、発表者サイドにおける光ペンの情報は、発表者サイドから送られてくる「発表者画像」のデータの先頭2バイトに文字放送のように潜り込ませてあるので、この値を取り込む。この値によって、ボタンを押しスライド画面を変えたり、コンテンツエリアに線描画ができたりといった行為が可能となる。

仮想ボードを生成するサーバでは、上記のように「発表者像の合成」と「光ペン情報によるツールのコントロール」を行なっている。

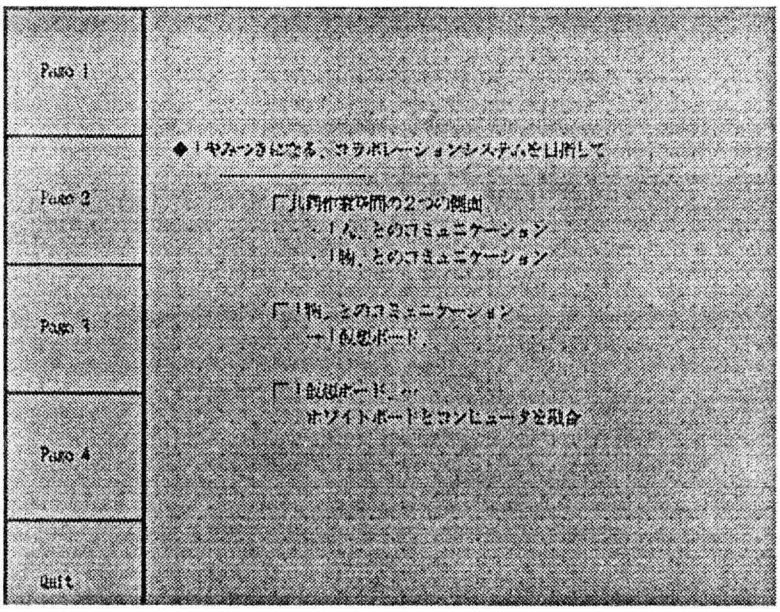


図5.21: 仮想ボードのプレゼンテーション画面: A

5.5.3 本システムを用いた評価実験

本システムを利用して「遠隔プレゼンテーション」の簡易実験を行った。システム構成は、先に掲げた図5.20と同様である。なお、スキャンコンバーターが一台だったため、聴衆用の画面はワークステー

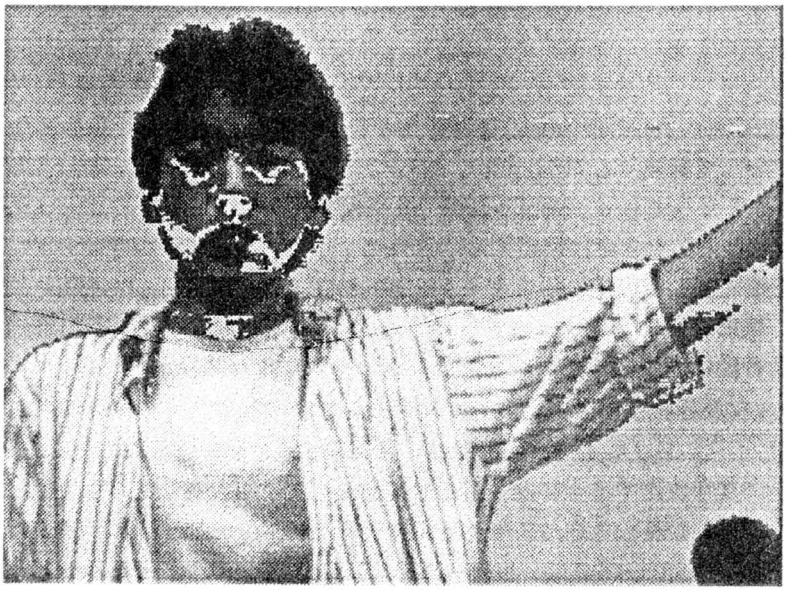


図 5.22: 発表者の人物画像 (背景差分によって抽出): B

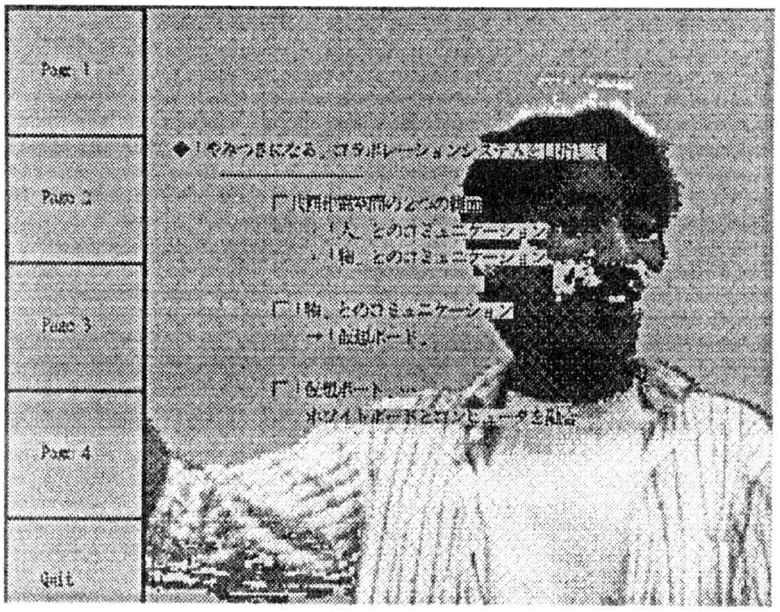


図 5.23: プレゼンテーション画面と人物画像の合成画像: A+B

ションのディスプレイで代用した。

実験では、画像という大量のデータを処理し、通信するために、十分な動画像が得られず、コミュニケーションの自然さを実現するには至らなかった。大量の画像情報を処理し、かつ合成することが必要なため、1分間に10フレーム分しか、合成した映像を提示することができなかった。「今話題としている箇所を指し示す」という行為はまったく意味をなさず、むしろ過去の話題を指し示す画像が提示されることが、聴衆側の理解の混乱と不快感をもたらした。また、発表サイドと、聴衆サイドを一つの室内に設定したため、「聴衆の様子を写すモニター(発表者用)」や、「双方向の音声チャンネル」を省略したことにより、「遠隔」におけるコミュニケーションの実際の感覚を得ることはできなかった。

しかし、コミュニケーションで伝えたいコンテンツが、オブジェクトとしてボード上に表示され、それと同一の平面に伝える人がいるという「仮想世界」は、人とのコミュニケーションと、物とのコミュニケーションが融合し、従来のプレゼンテーションでは得られない「人と情報との緊密な関係」を実現した。例えば、図5.24のように、ボード上に表示されているオブジェクトを発表者が手で指し示すと、同一のオブジェクトを、聴衆サイドの画面でも指し示したことがわかり、発表者の意図が確かに伝わる感覚が得られた。

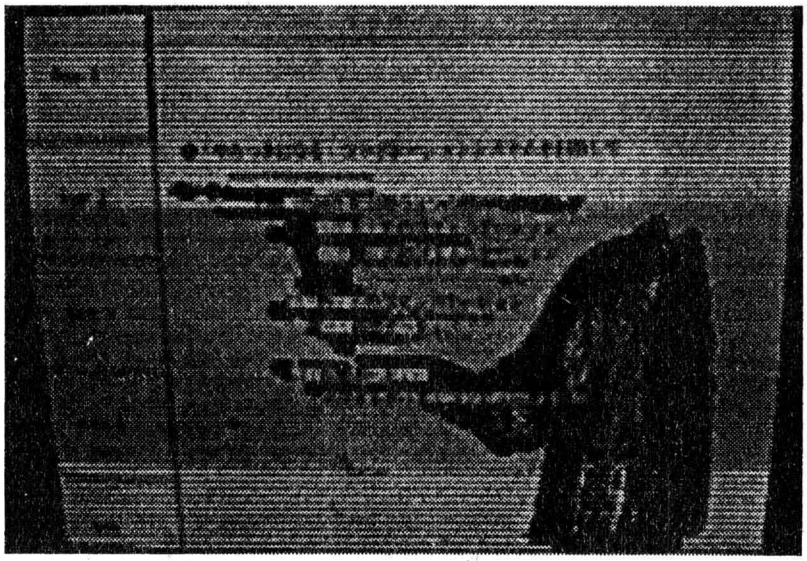


図 5.24: 仮想ボード上で発表者が指し示す様子

また、発表者サイドでボード上に描画すると(図5.25)、聴衆用のディスプレイでも、同様に描画され(図5.26)、発表者の意図は「物とのコミュニケーション」を通しても伝わっていることがわかる。

5.6 今後の課題・展望

光ペン入力システムや、それを利用した仮想ボード・プレゼンテーションシステムでは、サブメディアによるメッセージの媒介(物とのコミュニケーション)に重点を据えた。実際のコミュニケーションでは、人と人との直接のやりとりが重要となる。「人と人とのコミュニケーション」では多用なモダリティーが同時並行して利用され、緊密なコミュニケーションが保たれる。

「光ペン入力システム」による「仮想ボード・プレゼンテーションシステム」の試作及び遠隔協調作業ツールへの拡張を通して得た結果を踏まえ、同一の場にいなくても、作業参加者同士のコミュニケー

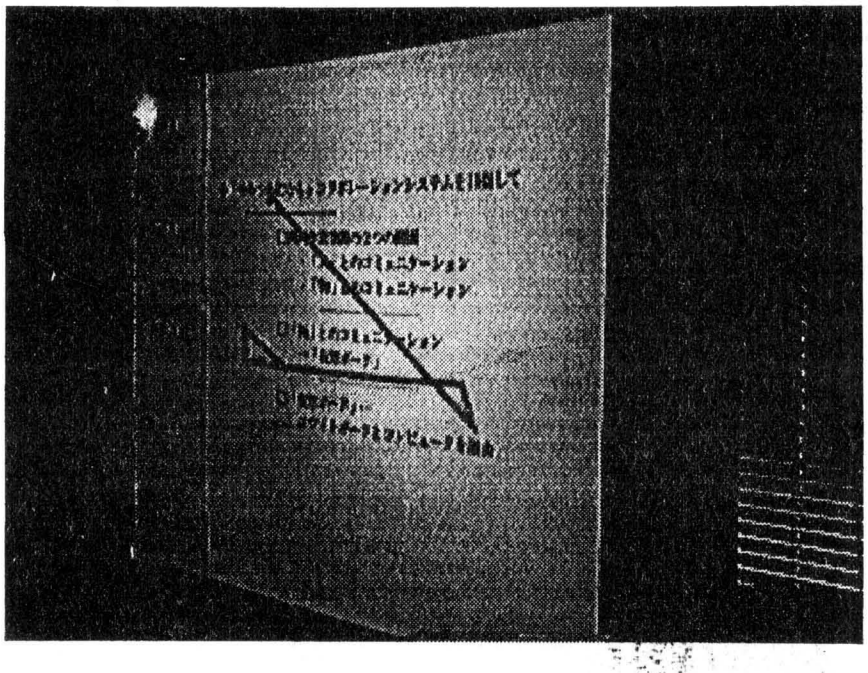


図 5.25: 発表者用の仮想ボードに描画した様子

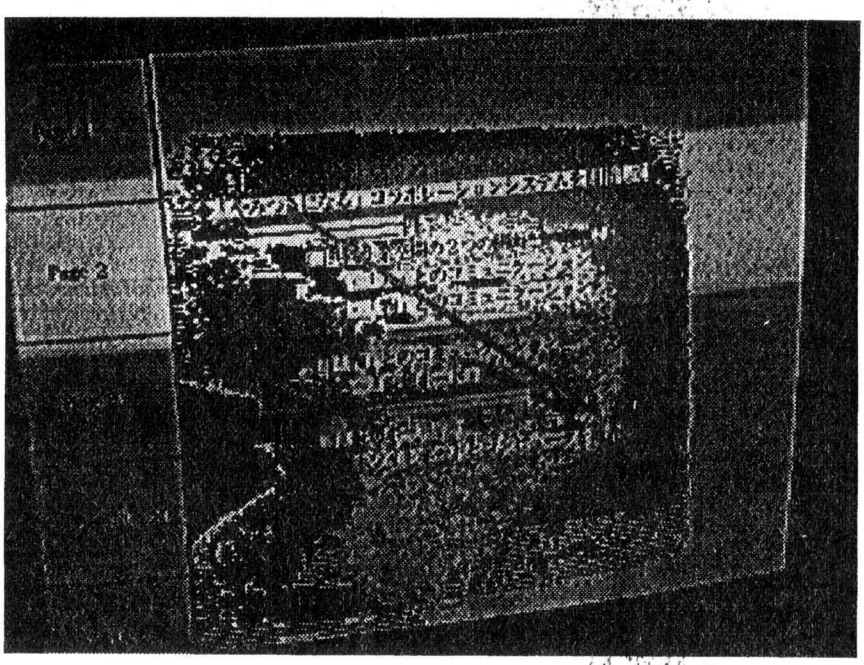


図 5.26: 聴衆用の仮想ボードに描画された様子

ションを円滑に機能させることが今後必要となる。遠隔作業に参加する人の「能動性」を確保・維持することで、人が環境に働きかけて得る情報を、遠隔場でも失わないようにすることが必要となろう。

「遠隔プレゼンテーション」としての可能性としては、ジェスチャーや音声、そして従来の光ペン入力を活用して、ボード上のコンテンツを自由に操作できるようにすれば、より効果的な「遠隔プレゼンテーション」のツールが構築できる。またそうすることで、「遠隔」というデメリットを払拭する可能性があると思われる。

しかし、簡易実験で判明したように、遠隔プレゼンテーションにおいても「人とのコミュニケーション」が重要であり、その質によってシステムの意義は大きく左右される。いかに、相手の様子を見て、相手の仕草などから意図が伝わっているかを推察するということが重要なのである。その点では、今回試作したシステムは、改善の余地が大いにある。

本格的に対等にコミュニケーションをする「作業」という場では、より密接な「人との接触」が得られる環境を作らなければならない。相手の身ぶり手振りから、意図を推察することや、語気から相手の指摘するポイントを知るということも自然なコミュニケーションの中から得られるようにしなければならない。

5.7 まとめ

本章では、「光ペン入力システム」の開発、それを利用した「仮想ボード・プレゼンテーションシステム」試作、そこから「協同作業支援システム」への拡張の可能性について述べた。

現状でのOHP、DTPRの問題点を明確にし、「サブメディア」のデザインという観点から、OHPの「現実性」とDTPRの「利便性」を融合させるシステムデザインを行い、それを実現するためにマウスやキーボードを介さない新しい入力手段としての「光ペン入力システム」の開発を行った。「光ペン入力システム」では、コンピュータがどこにあるのかを気にせず、またマウスやキーボードなどの物理的制約から解放された「コンピュータへの遠隔入力」を実現した。この「光ペン入力システム」を利用し、「仮想ボード・プレゼンテーションシステム」を試作した。このシステムによって、従来型のプレゼンテーションで問題となっていた「発表以外の無駄な時間」の削減が可能となり、発表効率が向上した。

本研究を通し、ネットワークを介したコミュニケーションの二つの側面（「人とのコミュニケーション」と「物とのコミュニケーション」）の重要性が明らかとなった。本研究では、そのうち「物とのコミュニケーション」に重点をおき、システムの試作、改善を行った。また、「遠隔作業支援システム」への拡張を試み、「人とのコミュニケーション」の重要性を再確認し、その結果を踏まえた遠隔臨場感通信への発展が期待される。

今後、人々の生活はネットワークを介した要素が多く入ると考えられる。現在すでに、インターネットを利用したオンラインショッピングや、CATVによる双方向TVなどのフィールド実験が始まっている。このような環境が日常生活の一部となる状況においても、人と人との自然な触れ合いが失われることのないような基盤を提供していかなくてはいけない。

上で概要を述べた遠隔臨場感通信では、これまでの「物とのコミュニケーション」の研究で得た成果に、「人とのコミュニケーション」を支援するシステムを目指す。人間が情報を獲得する際の「能動性」「身体性」というものを確保することで、自然なコミュニケーションを具体化していく方針である。ネットワークの中の人間生活を豊かにするという点に留意し、最終的に日常用いられるシステムとして、あるいはシステムデザインの基礎を提供するものとして貢献できるものと期待される。

第 6 章

おわりに

本報告書では、遠隔臨場感通信技術の基礎的なアプローチとして、CATV とオンラインドキュメントを用いた遠隔講義の試みと、複数聴講者の主体的な聴講を可能にする遠隔プレゼンテーションシステム PreView2 の設計と実装に関しての提案を行なった。また、物理的な世界における光ペンと仮想ボードを利用したプレゼンテーション環境とその遠隔通信会議への応用について述べた。

WWW(World Wide Web) や VRML などの発展で、仮想的な世界 (あるいは社会) において実際の作業が行なわれるようになってきている。今後もこのような社会の仮想化への傾向は続くものと考えられる。

しかし、様々なタスクが仮想的な空間で行なわれるようになったとしても、ユーザが実世界に存在する限り、実世界のタスクメタファを利用し、継承する必要があるだろう。本研究のアプローチのような、実際のニーズや実際に起こり得る問題点を解決する基礎的なシステム構築による支援技術により、来たるべき仮想的な社会の中での実世界メタファのあるべき理想像が生まれてくることが期待される。

今後は、遠隔通信におけるユーザのタスク分析をさらに詳細におこない、将来的な仮想的世界での臨場感あるコミュニケーション・コラボレーション技術を提案していく予定である。

謝辞

実験に協力して頂いた慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスの皆様に感謝致します。

最後に、ATR 通信システム研究所の寺島信義所長はじめ、関係者の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

[Ahuja 1988] S.R. Ahuja, J. Robert Ensor and David N. Horn, "The Rapport Multimedia Conferencing System", Conference on Office Information Systems, pp.1-8, Palo Alto, California, March 1988.

[Ahuja 1990] S.R. Ahuja, J.R. Ensor and S.E. Lucco, "A Comparison of Application Sharing Mechanisms in Real-Time Desktop Conferencing Systems", COIS'90 Proceedings, pp.238-248, April, 1990.

[Baudel 1993] Baudel, T · Lafon, M, CHARADE:Remote control of objects using free-hand gestures, Communications of the ACM36, 7(July), pp.28-pp.37, 1993.

[Buxton 1990] Bill Buxton and Tom Moran, "EuroPARC's Integrated Interactive Intermedia Facility(IIIF): Early Experiences", In Proceedings of IFIP WG8.4 Conference on Multi-User Interfaces and Applications, pp.11-34, Crete, September 1990.

[Fujitani 1995] 藤谷伸一, 児玉健一, 干鯛信也, 坂口寿和, 坂本武志, 超音波を用いた指示棒タイプの大画面直接入力装置とその会議室環境への応用, 第 11 回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp.361-368, 1995.

[Hattori 1991] 服部桂, 人工現実感の世界, 工業調査会, 1991.

[Iga 1994] 伊賀聡一郎, 佐藤宏之, 安村通晃, 遠隔プレゼンテーション支援システムの試作, 情報処理学会第 49 回全国大会, 1994.

[Isaacs 1994] Isaacs, E.A., T. Morris, and T.K. Rodriguez, A Forum For Supporting Interactive Presentations to Distributed Audiences, In Proceedings of the Conference on Computer Supported Cooperative Work(CSCW '94), pp.405-416, 1994.

[Isaacs 1995] Isaacs, E.A., T. Morris, T.K. Rodriguez, and J.C. Tang, A Comparison of Face-To-Face and Distributed Presentations, Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing System(CHI '95), pp.354-361, 1995.

[Ishii 1991] H. Ishii and K. Arita, "ClearFace: Translucent Multiuser Interface for TeamWorkStation", Proceedings of Second European Conference on Computer-Supported Cooperative Work(ECSCW-91), pp.163-174, Amsterdam, 25-27 September, 1991.

[Ishii 1992] H. Ishii, "Translucent Multiuser Interface for Realtime Collaboration", 電子情報通信学会基礎英文論文誌 (the IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and

Computer Science), 次世代ヒューマンインタフェース小特集号 (Special Issue on Next Generation Human Interface), Vol.75, No.2, February 1992.

[Ishii 1994] 石井裕, ヒューマンコミュニケーション工学シリーズ CSCW とグループウェア, オーム社, 1994.

[Iwata 1992] 岩田洋夫編, 人工現実感生成技術とその応用, サイエンス社, 1992.

[Kashiwagi 1993] 柏木淳夫, 三菱電機の衛星教育システム, 情報処理学会 コンピュータと教育 30-3, pp.13-19, 1993.

[Kinoshita 1994] 木下凌一, 林秀幸, X-Window Ver.II プログラミング第 2 版, 日刊工業新聞社, 1994.

[Kishino 1991] 岸野文郎, 臨場感通信会議, 計測と制御, vol.30, No.6, pp.485-489, 1991.

[Kishino 1992a] 岸野文郎, ヒューマンコミュニケーション — 臨場感通信, テレビジョン学会誌, 46(6), pp.698-702, 1992.

[Kishino 1992b] 岸野文郎, 臨場感通信, in バーチャル・テック・ラボ, 舘・広瀬監修, 工業調査会, 1992.

[Kurokawa 1994] 黒川隆夫, ヒューマンコミュニケーション工学シリーズ ノンバーバルインタフェース, オーム社, 1994.

[Kurosu 1995] 黒須正明, 山寺仁, 本宮志江, 三村到, 臨場感通信における画面上の人体サイズ, 第 11 回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp.701-710, 1995.

[Matsushita 1994] 松下温, 岡田謙一, 勝山恒男, 西村孝, 山上俊彦編, 知的触発に向かう情報社会, bit 別冊, 共立出版, 1994.

[Matsushita 1995] 松下温・岡田謙一編著, 分散協調メディアシリーズ 3, コラボレーションとコミュニケーション, 共立出版, 1995.

[Nakajima 1994] Nakajima A., Sakairi T., Ando F., and Shinozaki M., A Two-Way Dual-View Teleteaching System Conveying Gestures and Chalkboard Contents, IEICE TRANS.INF.&SYST., Vol.E77-D. No.12, pp.1335-1343, 1994.

[Ohhashi 1994] 大橋健, 山之内毅, 松永敦, 江島俊朗, 指示棒と音声が使えるコミュニケーション環境 CoSMoS の提案, インタラクティブシステムとソフトウェア II(日本ソフトウェア科学会 WISS'94), pp.29-36, 近代科学社, 1994.

[Ohsuga 1992] 大須賀 節雄 (編), 知識工学講座 10 ヒューマンインタフェース, オーム社, 1992.

[Okada 1994] Okada K., Maeda F., Ichikawa Y., Matsushita Y., Multiparty Videoconferencing at Virtual Social Distance: MAJICDesign, Proc.ACM CSCW'94, pp.385-393, 1994.

[Robert 1990] Robert S.F., Robert E.K., Barbara L. Chalfonte, "The Video Window in informal communication", CSCW'90, 1990.

[Sakagawayama 1988] 坂川山輝夫編, プレゼンテーション新戦略, 講談社, 1988.

[Sakamoto 1995] 坂本啓, 佐藤宏之, 築英司, 堀川桂太郎, クロスプラットフォーム環境におけるポインティング共有システムの試作, 情報処理学会 グループウェア研究会, 1995.

[Sakata 1992] 阪田史郎, "マルチメディアとネットワークによるグループウェアの実現技術", ソフト・リサーチ・センター, May 1992.

[Sato 1994] 佐藤宏之, 伊賀聡一郎, 安村通晃, 遠隔デスクトッププレゼンテーションシステムのデザイン, 計測自動制御学会 ヒューマンインタフェース部会第10回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム, pp.397-402, 1994.

[Sato 1995a] 佐藤宏之, 安村通晃, 双方向CATVとマルチメディア学習教材を利用した遠隔講義支援システムの構築と評価, 日本教育工学会研究報告集, JET95-6, pp.89-96, 1995.

[Sato 1995b] 佐藤宏之, 津田智紀, 伊賀 聡一郎, 安村通晃, 相磯秀夫: 臨場感通信会議の将来形態 – 臨場感通信における遠隔プレゼンテーションの研究 —, 慶應義塾大学 環境情報研究所 KEIO-IEI-RM95-005, ISBN 4-906483-44-5, (March 1995).

[Sato 1996] 佐藤宏之, 安村通晃, 聴講者の主体的参加を支援する遠隔プレゼンテーションシステムの試作, 情報処理学会 第52回全国大会, 1996. (to be appeared)

[Shibayama 1994] 柴山 守, X11による画像処理基礎プログラミング, 技術評論社, 1994.

[Shibui 1995] 渋井二三男, 石井宏, 田村武志, 遠隔授業特性の評価と改善, 日本教育工学雑誌, vol18, No3/4, pp.153-164, 1995.

[Shibuya 1990] 渋谷雄・田村博, 研究環境における双方向映像通信の役割についての実験的評価, 第6回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp.251-pp.256, 1990.

[Shimamura 1990] 島村和典, 正木茂樹, 谷川博哉, "B-ISDN用多地点マルチメディア通信会議システム…PMTC…", 電子情報通信学会研究会 OS90-34, IE90-49, pp.31-36, 14 September, 1990.

[Siio 1995] I. Siio, InfoBinder: A Pointing Device for a Virtual Desktop System, *In Proceedings of the 6th International Conference on Human-Computer Interaction*, (20B)pp.261-264, 1995.

[Tamura 1994] 田村武志, 遠隔講義における学習者インタフェースの改善とその評価, 電子情報通信学会論文誌, vol.J77-A, No.3, pp.494-505, 1994.

[Tanaka 1994a] 田中公二, 伊賀聡一郎, 岡部学, 安村通晃, マルチメディア語学学習環境の開発と評価, 情報処理学会 コンピュータと教育 33-4, pp.23-30, 1994.

[Tanaka 1994b] 田中公二, 伊賀聡一郎, 安村通晃, ネットワークベースのマルチメディア語学学習環境の開発, 第49回情報処理学会全国大会, 1994.

[Tanaka 1995] 田中公二, 伊賀聡一郎, 井町真琴, 安村通晃, マルチメディア語学学習環境MALLの開発と利用の現状について, 情報処理学会 人文科学とコンピュータ 26-8, pp.43-48, 1995.

[Toku 1992] 徳勲・友保康成・渋谷雄・田村博, テレビ会議技術の課題と利用法についての考察, 第8回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム, pp.207-pp.212, 1992.

[Tomita 1992] 冨田修一, UNIXネットワークベストプログラミング入門, 技術評論社, 1992.

[Tsuda 1995] 津田智紀, 安村通晃, 光ペン・インタラクティブシステムによるプレゼンテーションシステム, 第11回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp.675-680, 1995.

[Watabe 1989] 渡部和雄ほか, "マルチメディア分散在籍会議システム MERMAID", マルチメディア情報と分散協調シンポジウム, pp.37-46, November 1989.

[Watabe 1990] Kazuo Watabe, et al., "Distributed Multiparty Desktop Converencing System: MERMAID", CSCW'90, Los Angeles, October 1990.

[Wellner 1993] P. Wellner, Interacting with Paper on the Digitaldesk, *Communications of the ACM*, pp.86-96, Vol.36, No.7, July 1993.

[Yamamoto 1991] 山本吉伸・佐藤充・安西祐一郎, 対話モデルに基づくプレゼンテーションツール CCC の設計と実装, 情報処理学会研究報告 91-HI-35, pp.131-pp.137, 1991.

[Yasumura 1993] 安村通晃, 伊賀聡一郎, マルチメディアからマルチモーダルインターフェイスへ, 竹内彰一(編), インタラクティブシステムとソフトウェア I(日本ソフトウェア科学会 WISS'93), pp.185-192, 近代科学社, 1993.

[Yasumura 1994a] 安村 通晃, 伊賀 聡一郎, マルチモーダル・ヒューマンインターフェイスの試み, 第 35 回プログラミングシンポジウム, 1994.

[Yasumura 1994b] 安村通晃, 伊賀 聡一郎, 坂巻 資浩, 相磯秀夫, 臨場感通信における人のインターフェイス, 慶應義塾大学 環境情報研究所 KEIO-IEI-RM94-007, ISBN 4-906483-27-5, (May 1994).

[Yasumura 1996] 安村通晃, 佐藤宏之, 双方向 CATV とオンライン教材を用いた遠隔講義の試み, 情報処理学会 第 37 回プログラミングシンポジウム, 1996.

[Yuasa 1986] 湯浅太一, 萩谷昌己, Common Lisp 入門, 岩波コンピュータサイエンス, 岩波書店, 1986.

臨場感通信会議の将来形態に関する研究：総合報告

１９９６年3月２４日　　初版発行

著者　佐藤宏之／津田智紀／伊賀聡一郎
安村通晃／相磯秀夫

発行所　　湘南藤沢学会

〒252　神奈川県藤沢市遠藤5322
TEL　0466(47)5111　(代)

Printed in Japan　　製本　　梅沢印刷

IEI-RM 95-019
ISBN 4-906483-70-4