

## 共有ウィンドウと動画を用いた遠隔マルチメディア プレゼンテーションシステム

中 島 周<sup>†</sup> 安 藤 史 郎<sup>†</sup> フィン・トン・ハン<sup>†</sup>  
村 上 和 隆<sup>†</sup> 篠 崎 雅 英<sup>†</sup> 黒 澤 隆<sup>†</sup>

本論文では、LAN または ISDN で接続されたパーソナルコンピュータを用いてマルチメディアのプレゼンテーションを行うシステム、リアルタイムプレゼンテーションシステム (RealTime Presentation system: RTP) について、その設計思想、各機能の実現方法、試行結果を述べる。RTP ではオーバーヘッドプロジェクタ (Over Head Projector: OHP) を使ったプレゼンテーションをモデルとし、そこで使われる各機能を分散環境で実現している。参加者は OHP シートに相当する複数枚のマルチメディアシートを共有し、ページめくり、注釈付け、テレポインティング、新しいシートの作成を行うことができる。マルチメディアシートは、テキスト、イメージ、グラフィックス、音声を含み、プレゼンテーションの前に発表者によって準備される。任意のアプリケーションのウィンドウイメージを取り込み共有するウィンドウコピーの機能を利用することにより、発表中にスキャナやビデオカメラから入力したイメージデータを利用することも可能である。相手の顔や表情をリアルタイムで確認するために、動画と音声を圧縮し、ISDN 回線を通して伝送、再生する機能も提供している。さらに、動画と音声を自分や相手のマシンにデジタルで保存、再生することもできる。

### A Remote Multimedia Presentation System Using Shared Windows and Motion Video

AMANE NAKAJIMA,<sup>†</sup> FUMIO ANDO,<sup>†</sup> TONG-HAING FIN,<sup>†</sup>  
KAZUTAKA MURAKAMI,<sup>†</sup> MASAHIDE SHINOZAKI<sup>†</sup> and TAKASHI KUROSAWA<sup>†</sup>

This paper describes concept, implementation, and test of the RealTime Presentation system, RTP, which uses personal computers connected by a LAN or an ISDN. RTP adopts a presentation model based on an over head projector (OHP), and realizes functions of the model in a distributed environment. Participants share multimedia sheets that correspond to OHP sheets, flip pages, add annotation, use telepointing, and create new sheets. The multimedia sheets contain text, image, graphics, and audio data. RTP also provides the window copy function, which captures and shares a window image of any application. With this function, participants also share image data that are input from a scanner or a video camera. The communication function of RTP provides a common interface to a LAN and an ISDN. RTP not only shows realtime video from a remote machine, but also saves the digitized video and voice into a hard disk and plays it back later.

#### 1. はじめに

近年、LAN や ISDN などの通信回線で接続されたパーソナルコンピュータやワークステーションを使って、人間の共同作業を支援するグループウェアの研究が盛んに行われている。共同作業としては会議がオフィスでの労働時間の最大を占めるので、グループウェアの1つの領域として会議を支援するシステムが多数試作されている<sup>1)-14)</sup>。Cook らが述べているように、

会議はその目的と形態によってブレインストーミング、プレゼンテーション、問題解決、交渉、士気の鼓舞、というようにいくつかに分類することができる<sup>5)</sup>。現在までに発表されている会議システムには、会議一般を対象とするもの<sup>1)-14)</sup>、ブレインストーミングや共同発想を支援するもの<sup>3), 15)</sup>、オブジェクトオリエンテッドなツールを提供するもの<sup>16)</sup>、教育環境を支援するもの<sup>17), 18)</sup>、会議の形式にとらわれず広い範囲の人間のコミュニケーションの枠組みを提供するもの<sup>19), 20)</sup>などがある。

会議全般を支援するシステムは対象となる会議の種類を特定せずに一般的な機能を提供し、それらを使う手順や方法は指定されない。逆に、特定の種類の会議

<sup>†</sup> 日本アイ・ビー・エム(株)東京基礎研究所ネットワーク・マルチメディア・マネジメント  
Networked Multimedia and Management, Tokyo  
Research Laboratory, IBM Japan, Ltd.

を支援するシステムでは対象が絞られているので、より対象に密着した形態のシステムを構築することができる。たとえばブレインストーミングを支援するシステムでは、アイデアを出す段階とそれを整理する段階は明確に分離され、またそれぞれの段階で必要となる機能も異なっている。このことは、会議支援システムに構造を取り入れるか入れないかという視点で整理することができる。対象となる会議を特定したり、システム側で手順や処理方法を指定したりしてシステムが扱う会議に構造を導入すれば、より細かい制御を行うことができる。このように対象の構造を抽出してシステムに取り入れることは、グループウェアでは重要な手法の1つである。たとえば、電子メールをベースとしたシステムでは、メールの形式やそれを処理する人間の行動に構造を取り入れることによってより高度な機能を実現している<sup>21), 22)</sup>。

コンピュータ会議システムにおいて、手書きの自由曲線が入力できる共有領域だけが存在すれば原理的にはどんな内容の会議でもサポートできる。この機能は、現実のホワイトボードでの自由描画に相当する。ホワイトボードは現実の会議では多く利用されているので、これはユーザに受け入れられやすい機能である。しかし、コンピュータを使ったシステムでは、ホワイトボードのような大きな平面にディスプレイの表示内容を鮮明に表示し、その平面上でフェルトペンのような柔らかいタッチで入力を行うことは、現在の入出力デバイスの性能上困難である。また、このような使用方法だけではコンピュータによる電子化の有効性が低いので、使用目的に応じて作業の一部を自動化したり、コンピュータ特有の機能を付加したりして使いやすい会議システムを構築するアプローチがよいと考えられる。著者らは、実際の会議のほとんどが事前になんらかの資料を使用すること、特に遠隔地でコンピュータ会議システムを使用する場合には通常の対面式の会議に比較して心理的な距離が大きくなり資料なしでは対話が進めにくいことなどから、資料を使った発表や打合せを対象とした会議システムを作成することにした。このシステムはリアルタイムプレゼンテーションシステム (RealTime Presentation system: RTP)<sup>23), 24)</sup> と呼ばれ、事前に資料を準備するという広い意味でのプレゼンテーションを対象にする。RTPは、通信回線としてLANまたはISDNを使用し、それらで接続されたパーソナルコンピュータ上でマルチメディアのプレゼンテーションを行うシステム

である。

過去のコンピュータを利用したプレゼンテーションシステムでは、現実のプレゼンテーションで使用される機能をコンピュータ化したり<sup>25)</sup>、逆にコンピュータで実現可能な技術を統合し、技術主導のアプローチで新しい形態のプレゼンテーションを提供したりしていた<sup>26)</sup>。RTPではユーザの使いやすさを考慮し、OHPを利用したプレゼンテーションを対象に絞り、その機能だけではなく、プレゼンテーションの準備から終了までの時間的な処理手順やデータの流れをモデル化し、それに基づいたシステムを構築した。その上でこのモデルを壊さないように付加的な形態で、コンピュータ特有の機能やマルチメディア機能を与えるようにした。

また、現在までのコンピュータ利用のプレゼンテーションシステムには、動画を表示することができない<sup>25)</sup>、1つのLAN内でしか使用できない<sup>26)</sup>などの欠点が存在した。著者らはパーソナルコンピュータに内蔵可能で、ISDN基本インタフェースを使用する動画CODECを開発することにより、これらの問題を解決した。RTPは、遠隔地で、テキスト、イメージ、グラフィックスに加えて、リアルタイムの動画、音声を送信、表示できるプレゼンテーションシステムである。コンピュータ会議システム全般でも、一般的に利用可能な通信回線を使用して、遠隔地間で動画や音声の送信、表示ができるシステムはMERMAID<sup>10), 11)</sup>などごく少数である。RTPはこのような会議システムと比較した場合でも、前述のプレゼンテーションの構造の反映以外にも、動画と音声のリアルタイムでの自分のマシンや相手のマシンでの保存や再生という特長を持っている。特に通信回線を通して相手に送っている動画と音声を手先で録画できることと、1分間で約1MBという高い圧縮率での動画と音声の保存は現在までのシステムには存在しない本システム独自の機能である。これは動画CODECのデータをパーソナルコンピュータと入出力できるように設計したことにより実現できた機能である。この動画と音声の録画、再生機能を使用することにより、それまではビデオテープとビデオデッキを使っていた動画データが簡単にコンピュータ内で扱えるようになった。

本論文では、RTPの設計思想、各機能とその実現方法、試行結果を述べる。本論文は以下のように構成されている。2章ではRTPの設計思想、機能の概要とプレゼンテーションの手順を述べる。3章では、共

有ブラウザ、テレポインタ、ウィンドウコピー、通信方式、リアルタイムの動画について、実現方式を技術的に説明する。4章では RTP の使用で得られた知見と評価を述べる。最後に5章でまとめを行う。

## 2. リアルタイムプレゼンテーションシステムの概要

### 2.1 設計思想

現在までに進められているプレゼンテーションのコンピュータ化では、発表者と聴取者が同じ場所にいる環境で、資料の表示、プレゼンテーションやそれに使用する機器の制御にコンピュータを使用することが多い<sup>24),27)</sup>。また、ネットワーク環境でプレゼンテーションを行うシステム<sup>25),26)</sup>や会議システム<sup>11)-14)</sup>でも遠隔地間で、動画と音声のリアルタイムの送信、表示、保存、再生ができるシステムはほとんど存在しない。また、存在するものも、CODEC のデータ圧縮率や圧縮、伸張の速度に問題があり、再生画像の画質が低かったり、高速の通信回線を必要としたりする。RTP では、テレビ会議用の動画圧縮、伸長方式である H.261 を、動画のリアルタイム通信だけではなくオフラインのローカルな動画の保存や再生に利用することによりこの問題を解決した。RTP では、動画と音声も他のテキスト、イメージ、グラフィックスと同じく、デジタルの形式でコンピュータ内に取り込み、あとで再生することができる。

RTP では支援する会議の種類としてプレゼンテーションを選択した。これは、

- プレゼンテーションには発表資料の準備、配布、発表、質疑応答という段階が存在すること、
- 発表者と聴取者という役割が存在し、それぞれが何を行うかが明確なこと、
- 処理やデータの流れが把握しやすいこと、
- OHP を使ったプレゼンテーションが一般的であり、これをモデルとできること

から、構造を抽出してそれをシステムに反映することが可能であり、これによってシステムに手順の一部を自動化させることができると判断したためである。また、ユーザにとってもプレゼンテーションは会議一般よりもモデルが明確であるため、コンピュータ化した場合に理解が楽で使いやすいシステムが作成できると考えた。

発表形式のモデルとしては OHP を使ったプレゼンテーションを採用した。これは、この形式のプレゼン

テーションが現在一般的となっているので、ユーザにとって自然でわかりやすいからである。ハイパーメディアをモデルとして採用しているシステム<sup>26)</sup>も存在するが、著者らはコンピュータの初心者でも使えるようなシステムを目標にしているため、オーサリングに知識と熟練を必要とし、また、プレゼンテーション中にオブジェクトのネットワーク内で迷子になる可能性があり、資料全体を順に紙に印刷することが困難なハイパーメディアは採用しなかった。

著者らは誰にも容易に理解できる OHP をモデルとし、コンピュータ化することによって可能となる自動化を行い、マルチメディアの取扱い、他のアプリケーションや入力機器からのデータ入力などの新機能を付け加えるアプローチを採用した。また、実際の OHP を使ったプレゼンテーションを検討して、プレゼンテーションを、

- 発表者が資料を作成する準備段階、
- 相手と接続をし、環境を設定する初期化段階、
- 発表者が資料を使って説明をする説明段階、
- 聴取者が質問を行う質疑応答段階、
- プレゼンテーションの環境を終える終了段階、

という5つの段階に分類し、これを RTP の時間的なモデルとした。

### 2.2 RTP の構成

現在の RTP のハードウェア構成を図1に示す。RTP はトークンリング LAN または ISDN の基本インタフェースである 2B+D を通信回線として使用し、これらによって接続された2台のパーソナルコンピュータで実行される。これらのマシンには、通信用のアダプタ、音声の取り込み/再生用のアダプタ、ビデオカメラからの静止画入力用のアダプタ、動画と音声の圧縮/伸長と送信/受信用のアダプタ、動画表示用のアダプタが内蔵されている。各マシンには手書き入力用のタブレット、画像入力用のビデオカメラとスキャナ、音声を出力するためのスピーカ、データ出力用のプリンタ、大画面投影用の液晶プロジェクタ、画面印刷用のビデオプリンタなどを周辺機器として接続できる。リアルタイムの動画機能を使用する場合は、これらに加えて、動画と音声専用の ISDN 基本インタフェースが1回線必要になる。動画機能を使用しない場合には、対話用の音声のために電話と電話回線が必要となる。

OS としてはマルチタスク機能を有する OS/2 を使用し、ウィンドウシステムは OS/2 の Presentation

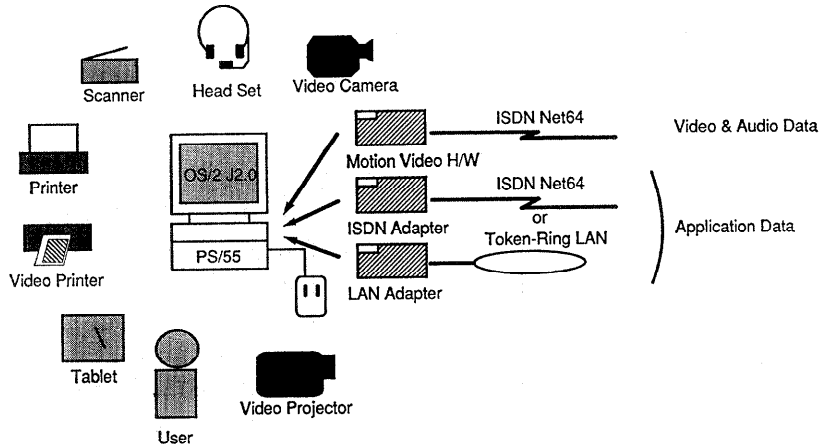


図 1 RTP のハードウェア構成  
Fig. 1 Hardware Configuration of RTP.

Manager (PM) を使用している。RTP は各機能を別プロセスや別スレッドとした、マルチタスク、マルチスレッドのプログラムとして実現されている。RTP はこのような環境で実行されるので、1つのコンピュータ内で他のアプリケーションと同時に使用することができ、またこれを利用して他のアプリケーションからのデータ入力も容易に実行できる。

### 2.3 プレゼンテーションの手順

ここでは、RTP がどのような機能を提供しているかを、先に述べた時間的モデルに従って説明する。

まず、準備段階では、発表者は発表に必要なデータを作成する。マルチメディアシートは2種類存在する。1つはテキスト、イメージ、グラフィックスを含むシートで、これは OS/2 PM のメタファイル形式で表現される。もう1つは、イメージと音声を含むシートで、これは OS/2 のビットマップ形式のイメージファイルとデジタル化された音声のファイルから構成される。

初期化段階では、準備段階で作成したプレゼンテーションプロファイルに従い、聴取者を呼び出す。発表者と聴取者は通常の会議のように原則として事前にプレゼンテーションの時間を取り決めておくので、相手の使用中によって通信回線がビジーになることはない。聴取者が接続に同意した後に、発表者は初期化の残りの処理を実行させる。発表者側、聴取者側の両方で必要なプログラムがロードされ、発表者側から聴取者側へ説明段階で使用されるマルチメディアシートがファイル転送される。このファイル転送により1ページ目のシートが送られると、共有ブラウザが起動さ

れ、送られたマルチメディアシートの1ページ目が表示される。また、テレポインティング機能も起動される。このファイル転送は別スレッドでバックグラウンドのタスクとして実行される。よって使用者は1ページ目のデータが送られるとすぐに説明を始めることができる。2ページ以降は説明中に送られる。これによって、すべてのデータが送られることを待つことなく説明段階に入ることができる。動画機能を使用する場合は、このときに動画用の ISDN 回線の接続を行い、動画をウィンドウ内に表示するモジュールを起動して相手から送られてきた動画をリアルタイムで表示する。このとき同時に音声用のチャンネルも ISDN 上に設定され、これ以後音声による対話も可能となる。以上の一連の処理はすべて自動的に行われる。なお、動画機能を利用しない場合は、音声対話用に通常の電話を利用する。

説明段階では、発表者によって事前に準備されたマルチメディアシートが使われる。RTP では、共有ブラウザと共有エディタによって OHP を模倣する。共有ブラウザではテキスト、イメージ、グラフィックスから成るマルチメディアのシートを表示する。共有ブラウザでは、これらのデータの上にマークを付けたり、手書き文字を入力したり、テレポインタで位置や物を指し示したり、ページをめくることができる。

質疑応答段階では、相手からの質問に答えるため、プレゼンテーション中にデータを作成したり、外部から取り込むことが必要となる。現実のプレゼンテーションでは、何も記入していないシートに書き込みをして説明することがある。これに対応する機能として、

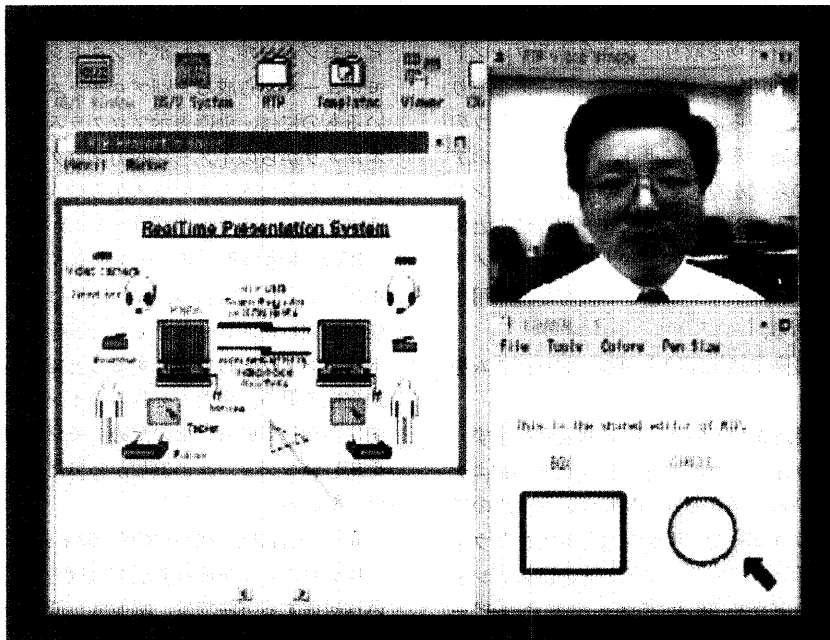


図 2 RTP の画面例 (1)  
Fig. 2 Screen Example of RTP (1).

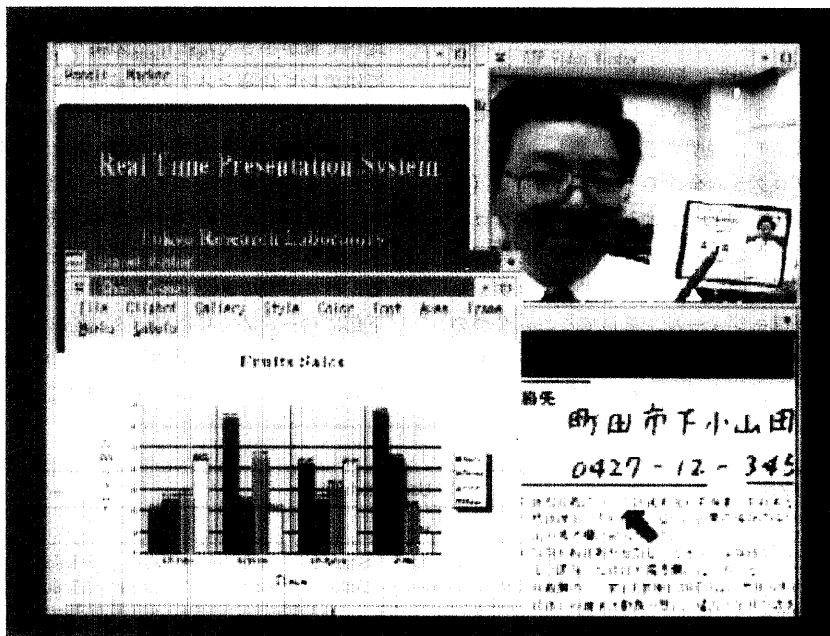


図 3 RTP の画面例 (2)  
Fig. 3 Screen Example of RTP (2).

共有エディタを提供している。また、任意のアプリケーションのウィンドウを取り込み共有するウィンドウコピーの機能を利用して RTP 以外のデータを取り込むことができる。さらに、コピーしたウィンドウの内容を定期的に更新することにより、その後のそのアプリケーションの変化を見ることが出来る。ウィンドウコピーの機能を入力機器からのデータ取り込みと併用することにより、発表中にスキャナやビデオカメラから入力したイメージデータを相手と共有し、利用することも可能である。

最後に、終了段階で通信回線を切断しプログラムを終了させる。

図 2, 3 に質疑応答段階の RTP の画面例を示す。

図 2 では、動画ウィンドウ、共有ブラウザと共有エディタが開かれている。図 3 では、動画ウィンドウのほかに、ウィンドウコピーで相手から送られてきたウィンドウが 2 つ表示されている。左下のものはスプレッドシートのウィンドウを 16 色でウィンドウコピーしたもの、右下のものはイメージデータをスキャンして表示したウィンドウを 2 色でウィンドウコピーしたものである。どちらの図でもテレポインタが使われている。

### 3. 各機能の実現方法

#### 3.1 プログラムの構成

本章では、RTP の機能のうち主なものについて、その実現方法を技術的に説明する。

まず最初に、プログラム全体の構成を説明する (図 4)。プログラムには、RTP 本体として 1 つのプロセスで実現されているものと、別プロセスとして実現されているものがある。前者には、ユーザインタフェースモジュール、通信モジュール、そしてこれら 2 つのモジュールのサービスを利用する、接続マネージャモジュール、ファイル転送モジュール、共有ブラウザモジュール、共有エディタモジュール、ウィンドウコピーモジュール、テレポインタモジュール、動画ビデオ制御モジュール、共有エディタモジュール、ウィンドウコピーモジュール、テレポインタモジュール、動画ビデオ制御モジュールから成る。別プログラムとして実現されているものには、動画表示プログラム、スキャナとビデオカメラからのイメージ入力プログラム、手書きタブレットからの入力をマウスからの入力にマッピングするタブレットサポートプログラムがある。

ジュール、共有エディタモジュール、ウィンドウコピーモジュール、テレポインタモジュール、動画制御モジュールから成る。別プログラムとして実現されているものには、動画表示プログラム、スキャナとビデオカメラからのイメージ入力プログラム、手書きタブレットからの入力をマウスからの入力にマッピングするタブレットサポートプログラムがある。

RTP 本体の各モジュールをダイナミックリンクライブラリとして提供し、実行時には各モジュールの機能を独立したスレッドとそこで実行されるオブジェクトウィンドウとして実現することで、各モジュールの独立性を保ち、また、それらのインタフェースを統一的に実現している。そのため、モジュールごとの変更や新しいモジュールの追加が容易に実行できるようになっている。

#### 3.2 共有ブラウザと共有エディタ

ビデオカメラを使って紙に書かれたデータを取り込み送信する方法では、解像度が低いので細かい文字や図は参加者に見せることができない。しかし、コンピュータで作成したデータをコンピュータ上の共有ブラウザや共有エディタで表示すると、1024×768 程度の解像度で細部も色も鮮明に相手に見せることができる。また、コード化されたデータはイメージデータに比べて量が小さくなる。このような点で、資料表示用にはテレビ会議システムの書画用ビデオカメラよりもコンピュータ上の共有ブラウザの方が適している。

2 章で述べたように、RTP では 2 種類の共有ブラウザと 1 種類の共有エディタを提供している。テキスト、イメージ、グラフィックスを扱う共有ブラウザでは、複数シートからなる説明資料を扱うことができる。ページ間の移動を容易にするために、ブラウザの下部にページめくり用のボタンを 2 つ提供している。このボタンは次ページ移動用のものと前ページ移動用のものである。このボタンを押すことにより 1 ページ

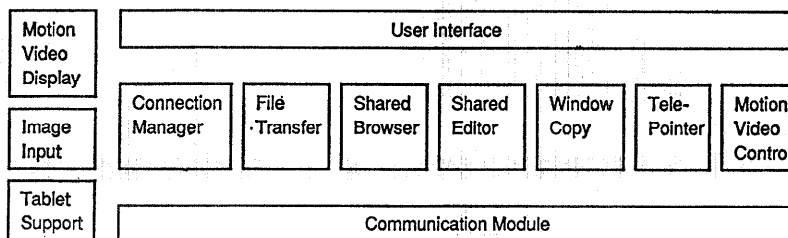


図 4 RTP のソフトウェア構成  
Fig. 4 Software Configuration of RTP.

の移動が簡単に行える。ある参加者がページめくりを実行するとそれは他の参加者にも伝えられ、それぞれのマシンでページめくりが実行される。この共有ブラウザでは、準備段階で指定した説明資料が、ファイル転送後に自動的にロードされる。事前に必要なシートをすべて送り、実行時にはページ制御のコマンドだけを送るようにしたことによって、ページめくり時の応答速度を最小限にしている。

また、マウスあるいは手書き入力用のタブレットを使ってシートに太いラインを上書きしたり、手書き文字を入力することができる。このとき、一続きの入力が終わってからそのデータを転送すると、実現は容易だが他の参加者に手書きのデータが伝わるまでに時間がかかってしまう。そこで、共有ブラウザでは一定数の点をサンプルしたら、入力の途中でも参加者にそこまでのデータを送って表示するようにしている。これによって、入力に対する追従性を向上させている。つまり、長いデータ入力の際に送信データのグラニュラリティを小さくすることによって応答をよくしている。

共有アプリケーションを作るアプローチには、2種類存在する<sup>1), 2), 12)</sup>。集中方式ではアプリケーションの実体は1つ存在し、複数の参加者からの入力をこのアプリケーションに集めて入力し、アプリケーションの出力をすべての参加者のマシンに分配する。分散方式ではすべての参加者のマシンで同じアプリケーションが実行され、複数の参加者からの入力がすべての参加者のマシンに伝えられて実行される。集中方式では、アプリケーションの実体が1つなので、複数の参加者のマシンで見える共有アプリケーションの状態を一致させることが容易である。しかし、一般にアプリケーションの出力はイメージやグラフィックスとして送る必要があるため、データ量が大きくなってしまいその転送が問題となる。また、入力に対する応答速度が遅くなる。これに対して、分散方式ではアプリケーションに対する入力だけを相手に転送すればよいので、通信量の点では問題が少なく、応答も早くなる。しかし、すべての参加者からの入力を、意味のある単位を保ちつつすべてのマシンで同じ順序で実行するように制御する必要がある。また、複数のマシンでアプリケーションの実行する環境を同一に保つことが困難であるという問題もある。

RTPの最初のプロトタイプでは、集中方式を採用していた。アプリケーションの実体があるマシンで

は、そのアプリケーションが実行するOSやウィンドウシステムに対するファンクションコールやメッセージをインターセプトし、他の参加者のマシンに転送してそこで実行する。逆に、実体がないマシンでは、ダミーのウィンドウに対するファンクションコールやメッセージをインターセプトしてアプリケーションの実体に送信していた。当初この方式で任意のアプリケーションを共有化することを目的とし、マルチメディアブラウザやアニメーションを使うアプリケーションなどを対象に実装を行い、動作を確認した。しかし、PMはネットワーク対応のウィンドウシステムではないので、アプリケーションとそのウィンドウへの表示がX Windowのように明確に分離されていない。よってPMで集中方式を採用すると、アプリケーションのセマンティックスを細部まで知らなければどのファンクションコールやメッセージをアプリケーションの実体のないマシンに送ればよいかわからない。また、OSやウィンドウシステムが提供するファンクションコールやメッセージの総数は約1000になるためすべてをインターセプトすることは困難である。さらに、動画や音声の取り込み、再生などの機能では、それを実行する各マシンにマルチメディア用のハードウェアを必要とするので集中方式でこれらの機能を利用する共有アプリケーションを作成することはできない。

以上の理由により共有方式を変更し、現在のプロトタイプでは、2種類の共有ブラウザ、共有エディタ、動画機能とも分散方式のアプリケーションとして実現されている。

### 3.3 テレポインタ

離れたマシンの共有空間内にポインタを表示するテレポインティングは共有エディタの機能として実現されることが多いが、RTPではテレポインティングの機能は1つの独立したモジュールとして実現されている。これは、共有ブラウザ、共有エディタ、ウィンドウコピーなど、テレポインティング機能を必要とするモジュールが多数存在し、同じ機能を各モジュールが重複して内部に持つことは望ましくないこと、各モジュールで使用されるテレポインティングに統一性を持たせたかったことによる。

テレポインティングをそれが使われるモジュールとは別のモジュールとして実現する場合には、どのようにしてテレポインタを実現するかが問題となる。テレポインティングをそれが使われるモジュール内で実現する

場合には、テレポインタをグラフィックスやイメージとして扱い、それを書いたり消したりすることで動きを実現できる。しかし、他のプロセスやスレッドが作成して読み書きを制御しているウィンドウに対しては、このような読み書きができない場合がある。また、読み書きができる場合にも、読み書きを行うプロセスやスレッドとの表示の同期や整合性がとれないという問題が起きる。

これらの問題を解決するため、著者らは疎結合の共有テレポインタを考案した<sup>29)</sup>。この方式では、ウィンドウシステムのシステムポインタを、通常のシステムポインタとしての使用と同時に、テレポインタとしても利用する。この2つの利用の切り替えはマウスの動きの検出によって行われる。RTP を使っている参加者中で1人だけがマウスを動かしているとき、その参加者がテレポインティングの制御を握り、他の参加者のポインタはすべて制御権を持ったユーザのポインタと同じ動きをする。一度制御権を獲得すると、その参加者がマウスを静止させてから一定時間、たとえば2,3秒、経過するまで制御権を有する。ただし、ある参加者が制御権を持っているときでも別の参加者が自分のマウスを動かすと、そのときはその参加者に関してはテレポインティングが一時的に解除され通常のシステムポインタとして使用できる。これにより、各参加者の自立性を優先することができる。自分がテレポインタの制御権を持っているときと自分のポインタが他の参加者によって動かされているときには、ポインタの形状と色を変えてその状態がわかるようにしている。また、テレポインタの情報は、共有ウィンドウのIDと、そのウィンドウ内の座標で表現されているので、共有ウィンドウの位置が参加者によって異なっても正しい位置にテレポインタを表示することができる。

さらに、共有ウィンドウ上のテレポインタが他のウィンドウによって隠された場合には、これを検出し、**図5**のように共有ウィンドウ上で表示可能な領域の中で、正しい位置に最も近い位置にテレポインタを表示する<sup>29)</sup>。このときテレポインタの色を変えて表示することにより、テレポインタが正しい位置にないことを知らせる。これによって参加者は相手がテレポイントしている正しい位置が見えるようにウィンドウの配置や大きさを変えることができる。この方法は、参加者によって共有ウィンドウの大きさが異なり、テレポインタが正しい位置に表示できない場合にも有効で

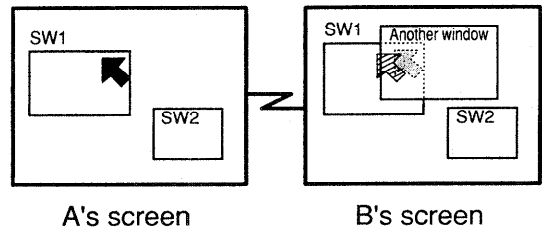


図5 隠されたテレポインタの表示  
Fig. 5 Display of Hidden Telepointer.

ある。

以上のうち、マウスの動きだけによる共有ポインタの制御方法、テレポインタが隠されないように位置を変えて表示する方法はこのシステムだけの独自方法である。これらの技術により、参加者の数と同数のテレポインタが非同期に動き回ってユーザをいらだたせるという問題<sup>4)</sup>とウィンドウの配置によってはテレポインタが隠されてどこにあるかわからなくなってしまいうという問題を解決することができた。現在は1対1の構成の2人用のテレポインティングなので、マウスの動きがあるときは一定時間ごとに自分のポインタのいるウィンドウとその中の位置を相手に送信している。これを3人以上の場合に拡張するときには、 $n$ 対 $n$ の通信を効率よく実行して通信量を減らすために $n$ 対 $n$ 専用の通信プロトコルを使用する必要がある<sup>29)</sup>。

### 3.4 ウィンドウコピー

1つの会議システムやプレゼンテーションシステムで、スプレッドシート、グラフィックエディタ、テキストエディタ、ワードプロセッサなど多種多様なアプリケーションの機能を取り込むことは現実的ではない。RTPでは、任意のウィンドウからのデータ取り込みを可能とするウィンドウコピーの機能を提供することにより、外部のどのようなウィンドウアプリケーションとも組み合わせる利用できるようにしている。ウィンドウシステムでは異なるアプリケーション間でのデータの交換のためにクリップボードを提供しているが、クリップボードに対応していないアプリケーションの存在や、交換するフォーマットの種類の非対応などの理由で必ずしも交換ができるわけではない。RTPのウィンドウコピーでは、アプリケーションのウィンドウの内容をイメージデータとして取り込むことで、任意のアプリケーションからのデータを取り込み、共有化することを可能としている。ウィンドウを自分で作らないテキストベースのアプリケーションも、それを表示しているウィンドウを対象としてウィ



ンドウコピーすることができる。このとき、アプリケーションには全く変更を行う必要はない。従来のシステムでは、クリップボードやファイル出力などアプリケーション自体の出力機能を利用して、データを会議システムに取り込んでいた。著者らは既存のアプリケーションに全く手を加えず、アプリケーションの出力機能を利用せずに、アプリケーションの外からイメージデータとして読み出す方法を実現し、これにより任意のアプリケーションの表示データを簡単な操作で会議システムで利用できるようにした。

参加者は、取り込みたいアプリケーションのウィンドウをポインタを使って指定する。このとき、取り込むイメージデータの属性として色の数を選択できる。現在では、OS/2 のビットマップデータの形式に従い、2色、16色、256色の1つを選ぶ。すると、このウィンドウの内容を読み込み、他の参加者のマシンへ送信する。このデータを受信したマシンの RTP では、送られたイメージデータの大きさにあった新しいウィンドウを作成し、受信したイメージデータをそのウィンドウ内に表示する。これによって、参加者の一人が自分のマシンで実行しているスタンドアロンのアプリケーションのウィンドウの内容を他者に見せることが可能となる。RTP では、このウィンドウコピーの結果作られたウィンドウと、元のアプリケーションのウィンドウの間でもテレポインティングを利用できる。これは、テレポインタにシステムポインタを使っていることと、テレポインティングされるウィンドウの種類を判断することによって可能になっている。このようなオリジナルのアプリケーションと、会議システムが作ったコピーというまったく異なる種類のウィンドウの間でテレポインティングができるのは、システムポインタを使ってテレポインタを実現しているからである。通常の会議システムではテレポインタを共有アプリケーションの内部で自分のウィンドウに描画しているためこのような異種のウィンドウ間で使用することは不可能である。

ウィンドウコピーの機能を使えば、テキストエディタでプログラムを作成中に疑問が生じたときにそのエディタの画面をウィンドウコピーして相談者に送り、テレポインタを使って疑問箇所を指し示して質問することができる。また、質問に対して詳しいデータが必要となったときにスプレッドシートにデータをロードし、それをグラフ表示させたウィンドウをその場で他の参加者に示すこ

ともできる。さらに、デスクトップウィンドウを指定してウィンドウコピーすることによって、現在の自分のスクリーンのすべての状態を相手のスクリーン全体に表示することも可能となる。

また、定期的に指定したウィンドウの内容を取り込み、送信してコピーされたウィンドウの内容を自動的に更新することもできる。これは他者に表示内容の時間的な変化を見せる場合に有効となる。この機能を使えば、何枚もの静止画データを作成することなく、アプリケーションの画面の変化を離れた参加者に見せることが自動的に実行できる。これに加えて、アプリケーションウィンドウのイメージのコピーを持っている参加者も、マウスの操作によってアプリケーションを操作できるようになっている。これは、以下のようにして実現されている。まず、イメージのコピーを表示しているウィンドウに対してマウスイベントの入力があると、そのウィンドウプロセッサがマウスの入力のウィンドウ相対の位置をオリジナルのアプリケーションのあるマシンに送る。受信した側では、そのマウスの入力をアプリケーション内のどのボタンやメニューに送ればよいかを判断し、座標データの変換を行ってウィンドウメッセージの送信を行う。これは、共有ブラウザの説明で述べたアプリケーションの共有方式をアプリケーションのセマンティクスに立ち入ることなくマウスの入力だけを操作することによって簡単に実現したものである。ただし、あるウィンドウのメッセージをウィンドウのサブクラシングをしたりして横取りしているような場合には正しく動作しないことがある。著者らのテストでは、ボタンの選択などの基本的な操作では問題なく動作した。

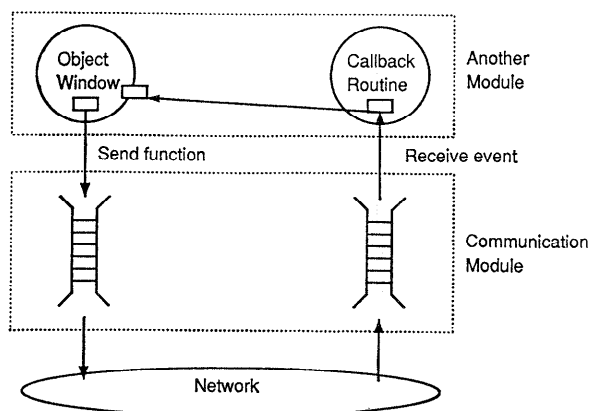


図 6 RTP の通信処理

Fig. 6 Communication Processing of RTP.

### 3.5 通信機能

RTP の通信モジュールは、LAN と ISDN で共通のインタフェースを提供し、OS/2 の拡張サービスに含まれる通信サービスが提供するコネクショント型の通信を使用する。資源の節約のために、コネクションを多重化して、RTP の各モジュールにポートを1つずつ与える。このポートには2つの種類があり、1つは大きなデータを連続して送るために、もう1つは小さなデータを遅延を小さくして送るために使われる。前者はファイル転送などに、後者はテレポインタのデータ送信などに使われている。

RTP では図6のように通信モジュールが送受信のための待行列を提供し、通信を使うプログラムが通信処理でブロックされないようにしている。

### 3.6 動画機能

RTP で動画をを用いない場合は、発表者から接続要求が来たときに発表者の顔のイメージデータを表示する。また、接続されたあとは参加者の顔のイメージデータをウィンドウの一部に表示する。しかし、これではその時の相手の表情を見たいとか、相手が持っているビデオテープに記録してある内容を見たいという要求には対応できない。

RTP ではこれらの要求に対応するため、CCITT 標準の H. 261 に準拠した方式を用いて動画、音声をデジタル化、圧縮して ISDN 回線を使って送信し、反対側で受信、データの伸張を行うハードウェアを利用して動画機能を提供している。このハードウェアは動画の入出力を NTSC 信号で行うので、ビデオカメラからのリアルタイムの相手の映像以外にも、テレビやレーザーディスクプレーヤなどに接続してテレビ番組や記録済みの動画を送信することができる。また、最近の TV 会議システムでは H. 261 に準拠したものが多いため、これらとの動画、音声の接続も可能である。

このハードウェアにより、ISDN の基本インタフェースである 128 kbps の 2B を使用した場合、動画を最大 15 フレーム/秒送信することができる。現在の設定では、動画に 72 kbps を、音声に 56 kbps を割り当てている。圧縮アルゴリズムの性質により、動きが激しくなると画像のブロック化が多くなり、画質が落ちてしまう。そこで、フレーム数を動きの量に応じて動的に変化させ、画質の劣化を防いでいる。これによって、ユーザの顔画像を送る場合には、1秒あたり5から10フレームの動画を実現している。音声は、CCITT G. 722 に準拠した 7kHz 広帯域の音声を使

用している。この高品質の音声により、臨場感の向上を実現した。また、動画の解像度は  $352 \times 288$  であるが、動画を表示するハードウェアとソフトウェアが、任意の大きさ、縦横比のウィンドウに動画を表示可能なため、画面上の動画ウィンドウの大きさは任意に変更することができる。

現在までの H. 261 CODEC を用いたコンピュータ会議システムは、テレビ会議システムのように動画と音声を通信、表示することはできても、それをデジタル形式で保存、再生することができなかった。逆に、スタンドアロンでデジタル動画の保存、再生ができるシステムでは、データ量が大きく、また圧縮に時間がかかり、圧縮後のデータを送信してリアルタイムの動画を遠隔地で表示するためには高速の通信回線を必要とした。著者らは、H. 261 CODEC を動画の保存、再生にも利用することにより、128 kbps での動画通信とともに、それと同じ圧縮率での動画保存を実現した。RTP では、入力された動画をデジタル化、圧縮してハードディスクに保存し、後でそのデータを再生する。この機能を利用して、会議中に送られて来る相手の画像と音声を圧縮して保存しておくことができる。デジタル化するデータの圧縮率は変えることができる。現在は、128 kbps と 895 kbps をサポートしている。前者では録画データは1分あたり 938 KB と効率のよい圧縮を行うことができ、後者では1分あたり 6560 KB とデータ量はかなり大きくなるが、動きもなめらかになり通常のビデオ程度の画質を得ることができる。このようにして記録されたデータを通信回線経由で送れば、動画と音声を含んだマルチメディアメールとなる。

また、この機能を利用して留守録を実現している。これは、自分が離席中に相手から接続されたときに、相手の動画と音声のメッセージを自動的に記録する機能である。これにより、相手と接続しようとして相手がいないときでも、マルチメディアのメッセージを残しておくことができる。

## 4. 考 察

本章では、RTP の試作と試行を通して得られた知見と評価について述べる。

RTP はまず、このシステムやプロジェクトの説明をするために使用された。RTP 自身を説明するデータを作成し、それを RTP を使って数人の人に説明する場合が多かった。このとき、説明を受ける側は同じ

研究所のビルにいる場合も、また、地理的に離れた事業所にいる場合もあった。また、実際の業務の中では、プログラム開発中の連絡に多く使用された。これは、おもに異なる事業所間で、書類をスキャナで読み込んだデータとコンピュータ内のアプリケーションの表示をウィンドウコピーで読み込んだデータを使って1対1で使用された。前者の使用法では、発表者と聴取者が明確になっているプレゼンテーションの形式となったが、後者の使用法ではどちらかが発表者になるという形式ではなく、お互いに資料を用意して1対1でそれぞれの状況を説明しながら発表者と聴取者の役割を頻繁に変えながら相手と打合せをするという形式になった。

RTP で採用したプレゼンテーションモデルはユーザから見た場合にもわかりやすく、初心者でも機能や使い方を簡単に理解することができた。発表者主導でプレゼンテーションが進行するので、聴取者となる人は、ほとんど何も操作を覚えなくても RTP によるプレゼンテーションに参加することができた。また、現実のプレゼンテーションで使われている技法、たとえば複数の OHP を使うとか、途中で OHP の電源を切ってシートを見せなくするなど、複数の共有ブラウザを使用したり、閉じたりすることによって簡単にシミュレートすることができた。発表段階では、操作はほとんど発表者が行うので、操作の衝突や調停は必要なかった。質疑応答段階では、現実のプレゼンテーションと同じく、発言や操作の調停は音声による人間の協調によってなされ、不自由を感じることはほとんどなかった。ただし、発表者がウィンドウコピーするアプリケーションを起動、操作などを行っているときは、話し続けていないと聴取者には何をしているかわからず、不安や不便さを感じさせることがあった。このようなときは、動画ウィンドウで相手を見ることができると相手の状態がわかり、遠隔コミュニケーションのギャップをある程度埋めることができた。

著者らの議論や試行により、当初考えていなかった使用法もいくつか出てきた。たとえば、図7のようにスキャンコンバータと液晶プロジェクタを使った構成をとることにより、コンピュータの接続は1対1でも、1対多のような使い方ができる。この構成では、聴取者は通常の OHP を使ったプレゼンテーションと

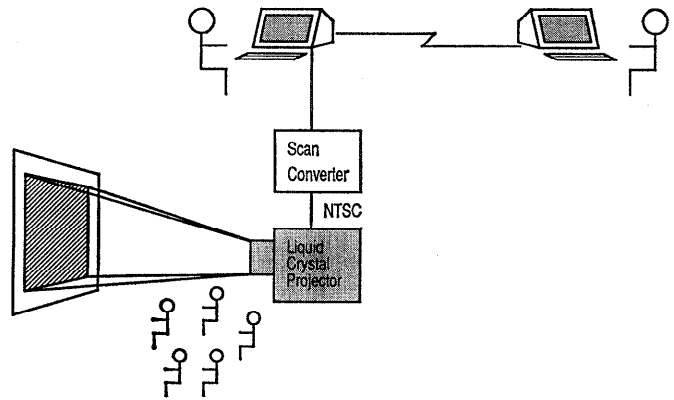


図7 RTP の1対nの構成  
Fig. 7 One-to-n Configuration of RTP.

同じように1つの場所に集まり、スクリーンを見ている形態を取りながら、発表者は遠隔操作することができるという利点がある。また、この形態で発表者が聴取者と同じ場所にいることもできるので、ローカルなコンピュータ化プレゼンテーションシステムとしても使用できる。スキャンコンバータを使ってコンピュータ出力を NTSC 信号に変えているので、それをビデオレコーダに接続し、プレゼンテーションの画面と音声をすべてビデオテープに記録することもできる。また、動画機能は、自分の顔を写すためだけではなく、レーザディスクに入っているデータを相手に見せることにも使われた。これは、動画ハードウェアの入出力が NTSC になっていたので簡単なケーブルの接続の変更だけで実現できた。さらに、動画のハードウェアが H. 261 準拠であるので、現在のテレビ会議システムのほとんどと接続することができ、実際に接続実験も行った。通常のテレビ会議システムと接続する場合は、RTP の動画以外の機能は使えないが、テレビ会議端末としても利用できるということはユーザにとっては大きな利点であると考えられる。

応答速度に関しては、イメージデータを扱わない限り、LAN でも ISDN でもページめくりや手書き入力、テレポインティングは時間遅れなく実行できた。事前に送るデータのロードに関しては、データの実体の送信とそのロードの命令の送信を分離したことにより、ISDN でも高速に行うことができた。ただし、ISDN を使ってウィンドウコピーで大きなカラーイメージを送るときには、送信時間がかかり、相手にデータを届いたかどうかを音声で問い合わせる必要があった。たとえば、640×480 の256色のカラーイメー

ジの場合、データ量は 307 KB となり、これを送信するのに約 40 秒かかった。しかし、事前に使用することがわかっているデータはプレゼンテーションの開始時にバックグラウンドでファイル転送をしているので、データのロード時にこのように長い時間がかかることはない。また、その場でデータを取り込むウィンドウコピーでもこれほど大きなデータをその場で送ることはまれであった。著者らの使用経験では、ウィンドウコピーで送るデータは、スキャナから読み込んだ白黒データが一番多かった。また、アプリケーションのウィンドウの内容を送るときには、16 色で十分であった。大きさが同じ場合に、白黒のデータは 256 色のデータの 1/8 の量に、16 色のデータは 256 色のデータの 1/2 の量になるので、ほとんどの場合には ISDN でもそれほど長い待ち時間となることはなかった。テレポインティングに関しては、ISDN では 2 つの通信クラスの利用によって大きなイメージデータの転送中にも応答性が悪くなることはなかった。これは、大きなイメージデータやファイルの転送と、テレポインティングのデータのような小さくて発生頻度が大きいデータとをそれぞれ ISDN の別の B チャンネルを使って送信したことが寄与している。

動画のフレーム数は最大 15 フレーム/秒にでき、動画の画質はほぼ満足がいくものであった。動きが激しいときには量子化が荒くなり、モザイクのようになってしまうことがあったが、通常の使い方では相手の顔を見ている限りでは問題はなかった。レーザディスクを再生した画像を送ったときも、場面の変化が頻繁に起きるときにはやや内容がわかりにくくなるがあったが、動画がない時に比較してこのようなデータが遠隔地の相手に見せられることには多大なメリットがあった。逆に、相手の顔を写す場合には最初はその動画に注意がいくものの、プレゼンテーションが進むにつれて動画はほとんど見ず、共有ブラウザやウィンドウコピーなどのウィンドウを見ることが多くなる傾向があった。また、現在のシステムでは相手画像と自画像を同時に表示することができないので、自画像を見るためには切替え操作を行わなければならなかった。そのため、相手画像の表示中には、自分が画像の中心にいるか、明るさは十分か、ズームをしたときにどこがどのように写っているのかなどを簡単に知ることができず、不便さを感じたことがある。

動画と音声の録画、再生での最大の利点はデータ量の少なさであった。1分あたり 938 KB というデータ

量は、動画データを CD-ROM や光磁気ディスクなどではなく通常のハードディスクに格納することが可能な値である。そのため、画質はやや落ちるものの、自分の顔と声を記録して相手に送る動画ビデオメールなどの応用では十分実用的である。

## 5. おわりに

LAN または ISDN でパーソナルコンピュータを接続した分散環境で、プレゼンテーションを支援するシステム、RTP について述べた。RTP は、対象をプレゼンテーションに絞る、現実のプレゼンテーションの構造を反映することによって理解しやすく使いやすいシステムとなった。また、コンピュータ化の利点を活用してテキスト、イメージ、グラフィックスに加えて音声や動画も取り扱えるようにし、現実のプレゼンテーションよりも豊富なメディアを 1 つのスクリーン内で表示できるようにした。マルチメディアのシートの作成、提示と保存すべてをコンピュータ内で実行できるのでデータの取り扱いを統一的に行えることも利点である。また、通信回線として LAN と ISDN を選択できるので、1 つのビルや構内では高速な LAN を使用し、遠距離や海外と接続する場合には ISDN というように使い分けができる。

現在、より複雑なネットワーク形態のサポート、複数参加者への対応、ユーザインタフェースの改良などのシステムの拡張を行い、RTP の作成、試行で得られた知見をもとにさらに広い応用や使い方を検討している。また、テレポインタの改良や共有エディタの制御方法などグループウェアのソフトウェア方式としての研究も継続していく予定である。

謝辞 動画 CODEC ボードを試作し、本研究に協力された日本アイ・ビー・エム藤沢工場の榎隆司氏に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) Sarin, S. and Greif, I.: Computer-Based Real-Time Conferencing Systems, *IEEE Comput.*, Vol. 18, No. 10, pp. 33-45 (1985).
- 2) Lantz, K. A.: An Experiment in Integrated Multimedia Conferencing, *Proc. CSCW '86*, pp. 267-275 (1986).
- 3) Stefik, M., Foster, G., Bobrow, D. G., Kahn, K., Lanning, S. and Suchman, L.: Beyond the Chalkboard: Computer Support for Collaboration and Problem Solving in Meetings, *Comm. ACM*, Vol. 30, No. 1, pp. 32-47 (1987).
- 4) Stefik, M., Bobrow, D. G., Foster, G., Lanning,

- S. and Tatar, D.: WYSIWIS Revised: Early Experiences with Multiuser Interfaces, *ACM Trans. Office Info. Syst.*, Vol. 5, No. 2, pp. 147-167 (1987).
- 5) Cook, P., Ellis, C., Graf, M., Rein, G. and Smith, T.: Project Nick: Meetings Augmentation and Analysis, *ACM Trans. Office Info. Syst.*, Vol. 5, No. 2, pp. 132-146 (1987).
- 6) Simon, S. and Gordon, T.: ISDN Multimedia Desk Top Teleconferencing, *Proc. IEE Conf.*, pp. 206-208 (1988).
- 7) Addeo, E. J., Gelman, A. D. and Dayao, A. B.: Personal Multi-Media Muti-Point Communications Services for Broadband Networks, *Proc. IEEE GLOBECOM '88*, pp. 53-57 (1988).
- 8) Ahuja, S. R., Ensor, J. R. and Horn, D. N.: The Rapport Multimedia Conferencing System, *Proc. ACM Conf. Office Info. Syst.*, pp. 1-8 (1988).
- 9) Abdel-Wahab, H. M., Guan, S.-U. and Nievergelt, J.: Shared Workspaces for Group Collaboration: An Experiment Using Internet and UNIX Interprocess Communications, *IEEE Commun. Mag.*, Vol. 26, No. 11, pp. 10-16 (1988).
- 10) Watabe, K., Shiro, S., Maeno, K., Fukuoka, H. and Ohmori, T.: Distributed Multiparty Desktop Conferencing System: MERMAID, *Proc. CSCW '90*, pp. 27-38 (1990).
- 11) 渡部和雄, 阪田史郎, 前野和俊, 福岡秀幸, 大森豊子: マルチメディア分散在席会議システム MERMAID, 情報処理学会論文誌, Vol. 32, No. 9, pp. 1200-1209 (1991).
- 12) 中山良幸, 森賢二郎, 中村史郎, 山光 忠: 多者間電子対話システム ASSOCIA, 情報処理学会論文誌, Vol. 32, No. 9, pp. 1190-1199 (1991).
- 13) Tanigawa, H., Arikawa, T., Masaki, S. and Shimamura, K.: Personal Multimedia-Multipoint Teleconference System, *Proc. IEEE INFOCOM '91*, pp. 1127-1134 (1991).
- 14) 長島邦雄, 住田和之, 林 久雄, 大野三和子, 中村隆春, 安西昌貴, 佐竹和男, 佐藤 均: ミーティングステーション Aterm 350, *NEC 技報*, Vol. 45, No. 5, pp. 3-8 (1992).
- 15) Munemori, J. and Nagasawa, Y.: GUNGEN: Groupware for New Idea Generation System, *IEICE Trans. Fundamentals*, Vol. E75-A, No. 2, pp. 171-178 (1992).
- 16) Gibbs, S. J.: LIZA: An Extensible Groupware Toolkit, *Proc. ACM CHI '89*, pp. 29-35 (1989).
- 17) 下條真司, 宮原秀夫, 松本範久: 分散処理環境における教育支援通信システムの設計・開発, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J73-D-I, No. 8, pp. 693-701 (1990).
- 18) 城間 真, 中山 実, 赤堀侃司, 吉田 功, 服部晴児, 清水康敬: テレビ電話を利用した個別教育システムの開発と評価, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J75-A, No. 2, pp. 226-234 (1992).
- 19) Ishii, H.: TeamWorkStation: Towards a Seamless Shared Workspace, *Proc. CSCW '90*, pp. 13-26 (1990).
- 20) Tang, J.C. and Minneman, S. L.: VideoDraw: A Video Interface for Collaborative Drawing, *ACM Trans. Office Info. Syst.*, Vol. 9, No. 2, pp. 170-184 (1991).
- 21) Winograd, T.: A Language Perspective on the Design of Cooperative Work, *Proc. CSCW '86*, pp. 203-220 (1986).
- 22) 市村 哲, 松下 温: 発言と行動の管理に基づいた協同作業支援電子メール PilotMail, 情報処理学会論文誌, Vol. 33, No. 7, pp. 955-963 (1992).
- 23) Nakajima, A. and Fin, T.-H.: A Telepointing Tool for Distributed Meeting Systems, *Proc. IEEE GLOBECOM '90*, pp. 76-80 (1990).
- 24) 安藤史郎, 中島 周, 黒沢 隆: 遠隔マルチメディア・プレゼンテーション・システム, 情報処理学会研究報告 (マルチメディア通信と分散処理), Vol. 92, No. 35, 92-DPS-55, pp. 63-70 (1992).
- 25) 有川知彦, 小寺 博, 高橋幸男, 野村知義: パソコンを用いた電子 OHP 通信会議装置, 電子情報通信学会技術研究報告 (オフィスシステム), Vol. 87, No. 199, pp. 31-36 (1987).
- 26) 藤川和利, 下條真司, 松浦敏雄, 西尾章治郎, 宮原秀夫: オブジェクト指向に基づくハイパーメディアシステム Harmony の構築, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J75-D-I, No. 11, pp. 1015-1024 (1992).
- 27) 椎尾一郎: 発表支援のための指示装置, 第5回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, pp. 79-82 (1989).
- 28) Nakajima, A.: Telepointing Issues in Desktop Conferencing Systems, *Computer Communications* (to appear in 1993.9).
- 29) 中島 周: n対n通信のための2段相互マルチキャスト, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J75-D-I, No. 1, pp. 19-29 (1992).

(平成4年10月13日受付)

(平成5年4月8日採録)



### 中島 周 (正会員)

1961年生。1983年東京大学工学部電子工学科卒業。1985年同大学院修士課程修了。同年日本アイ・ビー・エム(株)入社。現在、東京基礎研究所主任研究部員。分散OS、分散アルゴリズム、グループウェア、マルチメディア等の研究に従事。1987年電子情報通信学会論文賞受賞。IEEE Communications Magazine Feature Editor。電子情報通信学会、IEEE、ACM各会員。



### 安藤 史郎

1966年生。1988年東京大学工学部電子工学科卒業。1990年同大学院修士課程修了。同年日本アイ・ビー・エム(株)入社。現在、東京基礎研究所副主任研究員。パケット交換網、マルチメディア通信、グループウェア等の研究に従事。



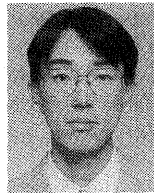
### フィン・トン・ハン

1953年生。1978年東京電気通信大学大学院計算機学科修士課程修了。1982年東京工業大学大学院博士課程修了。工学博士。1984年日本アイ・ビー・エム(株)入社。現在、東京基礎研究所にて、マルチメディア、グループウェア等の研究に従事。IEEE、ACM各会員。



### 村上 和隆

1959年生。1982年東京大学工学部電子工学科卒業。1984年同大学院修士課程修了。同年日本アイ・ビー・エム(株)入社。1991年より米国カーネギーメロン大学留学中。CATV、メールシステム、グループウェア、ATM等の研究に従事。電子情報通信学会、IEEE、ACM各会員。



### 篠崎 雅英

1965年生。1988年筑波大学第3群情報学類卒業。1990年同大学院工学研究科修士課程修了。同年日本アイ・ビー・エム(株)入社。現在、東京基礎研究所副主任研究員。画像圧縮・伝送、イメージ処理、グループウェア等の研究に従事。



### 黒澤 隆

1954年生。1976年東京大学理学部物理学科卒業。1978年同大学院理学系研究科修士課程修了。同年日本アイ・ビー・エム(株)入社。現在、東京基礎研究所ネットワーク・マルチメディア/マネジメント担当マネージャ。グループウェア、マルチメディア、分散協調システム、パーソナル・システム等の研究に従事。