

大画面ディスプレイを用いた臨場感映像通信システム

High-Fidelity Telecommunication System Using Large Screen Displays

炭野重雄 *Shigeo Sumino*

山寺 仁 *Hitoshi Yamadera*

三村 到 *Itaru Mimura*



臨場感映像通信システム

このシステムは、高速ネットワークで伝送した高精細映像と資料を大画面ディスプレイ上に2面表示することによって、遠隔地の対話者により自然なコミュニケーションを図るものである。

インターネットとパソコンの普及が拍車を掛け、高速・広帯域な情報通信インフラストラクチャーが急速に整備されつつある。2010年までに各家庭に10 Mビット/sクラスの光ファイバを布設するというFTTH(Fiber to the Home)も計画されており、サテライトオフィスが現実のものとして社会に定着するのも、遠い日のことではなくなってきた。

このようなネットワークインフラストラクチャーの利用形態として、遠隔のオフィス間でも自然なコミュニケーションが可能な、高精細映像を用いた遠隔会議システムが求められている。

このニーズにこたえて、遠隔コミュニケーションを行う際、どのようなシステムパラメータが臨場感に影響しているかをユーザー評価実験によって抽出し、このパラメータに基づいて「臨場感映像通信システム」を開発した。このシステムは、(1)大画面ディスプレイ上に会議参加者を高精細映像で等身大に表示し、(2)表示した会議参加者の口もとから音声を出力し、さらに(3)会議資料を遠隔地と共有することにより、同一地点で会議しているような自然なコミュニケーションができることを特徴とする。

1. はじめに

インターネットとパソコンの普及が拍車を掛け、高速・広帯域な情報通信インフラストラクチャーが急速に整備されつつある。日本電信電話株式会社(以下、NTTと云う。)は、1996年12月からOCN(Open Computer Network)サービスの本格運用を開始した。

2010年までに各家庭に10 Mビット/sクラスの光ファイバを布設するというFTTH(Fiber to the Home)も計画されており、家庭にオフィスを持ち込むというSOHO(Small Office, Home Office)と組み合わせることで、絵そらごとであったサテライトオフィスが現実のものとして社会に定着するのも、遠い日のことではなくなってきた。

このようなネットワークインフラストラクチャーはデジタル回線であり、これによって動画像、静止画像、音声、コンピュータデータなどのマルチメディアデータを統合して通信することができる。日立製作所は、マルチメディアデータを通信することにより、遠隔のオフィス間でも自然なコミュニケーションが可能な遠隔会議システムの開発を進めている¹⁾。

ここでは、ユーザー評価実験によって遠隔コミュニケーションに影響を与えるシステムパラメータの抽出を行い、このパラメータに基づいて構築した「臨場感映像通信システム」について述べる。

2. 遠隔コミュニケーションに影響を与えるシステムパラメータの抽出

2.1 遠隔コミュニケーションにおける臨場感

テレビ会議システムを使うと疲れるという話を聞く。疲れさせる原因とは何であろうか。(1)画面が小さいから、(2)表示のこま数が少なくて動きがぎくしゃくするから、(3)表示映像が粗いからなど、さまざまな意見がある。対面のコミュニケーションとテレビ会議システムを使ったコミュニケーション(遠隔コミュニケーション)とでは、何が異なるのであろうか、何が原因で対面の臨場感が損なわれているのだろうかを考えてみた。

われわれは、遠隔コミュニケーションで臨場感に影響しているシステムパラメータとは何かを調べるため、まず仮説を立て、NTT「マルチメディア通信の共同利用実験」の一環として、ユーザーの評価実験によってこの仮説を検証した。仮説の内容は以下のとおりである。

(1) 人物を表示するディスプレイのサイズは、小さいより大きいほうがよい。

(2) ディスプレイに表示する映像は、粗いよりは密なほうがよい。すなわち、低解像度よりも高解像度のほうがよい。

(3) ディスプレイ上に表示される人物のサイズは、対面で見たときと同じ大きさがよい。

(4) ディスプレイにはあまり近づかないほうがよい。

(5) 伝送遅延(国際電話をかけたときに起こる遅れ)は無いほうがよい。

(6) 表示のこま数は多いほうがよい。

2.2 ユーザー評価実験に基づいた仮説の検証

2.2.1 遠隔コミュニケーションでの画面サイズと解像度の影響

最初に、通信している相手を表示するディスプレイの画面サイズと映像の解像度がどれほど遠隔コミュニケーションに影響しているのかについて、評価実験を行った。

ディスプレイの画面サイズを110型と55型、映像を高解像度のHDTV(High Definition Television)信号と低解像度のNTSC(National Television System Committee)信号というパラメータを組み合わせ、それぞれの条件で遠隔プレゼンテーションを行った場合と、対面でプレゼンテーションを行った場合との「説得された度合い」を数値化した。このグラフを図1に示す。グラフの縦軸である態度変容量は、プレゼンテーションの前と後とで被験者の考え方がどの程度変わったかを数値化したものである。正確には、ある内容について賛成なら「7」、反対なら「1」とする1回目のアンケート調査を行い、その内容に否定的なプレゼンテーションの後、2回目のアンケート調査を行った。態度変容量は、2回目の数値

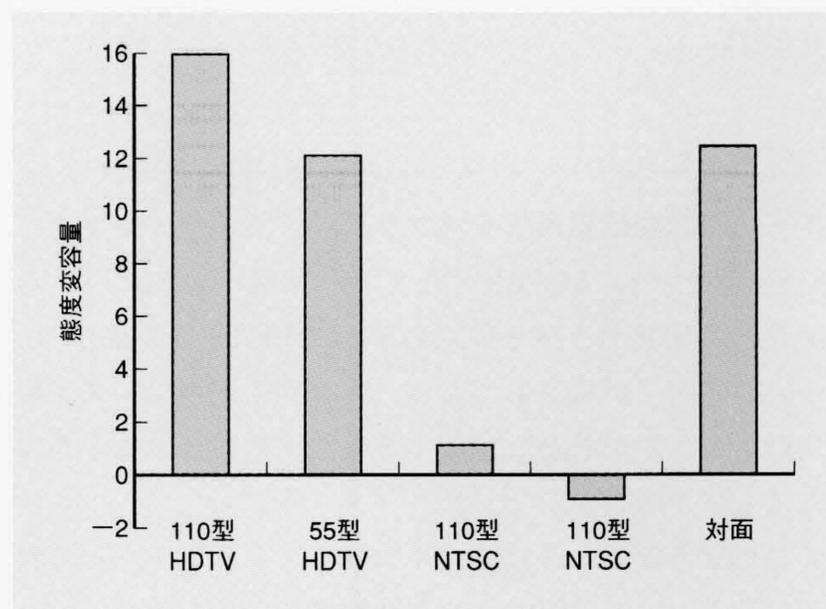
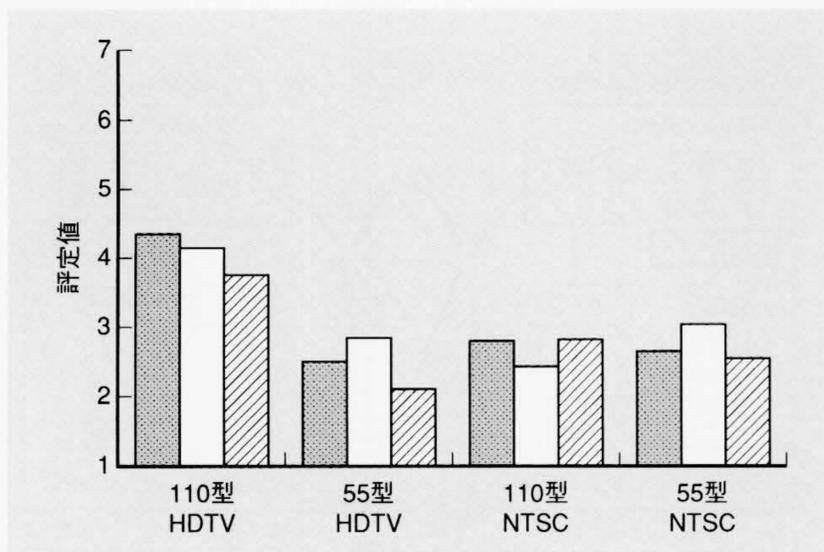


図1 画面サイズと解像度が態度変容量に与える影響

HDTV映像を表示したほうが、ほかの設定で行ったときよりも説得値が高いことがわかる。



注：■ (見やすい), □ (自然な), ▨ (臨場感のある)

図2 画面サイズと解像度が印象に与える影響

HDTV映像を110型ディスプレイに表示したほうが、ほかの設定に比べて一般に印象が良い。

から1回目の数値を差し引き、それを被験者10人分加えたものである。

また、ディスプレイの画面サイズを110型と55型、映像をHDTV信号とNTSC信号というパラメータを組み合わせ、それぞれの条件で「遠隔コミュニケーションを行った場合の印象」を数値化した。このグラフを図2に示す。グラフの縦軸である評価値は、例えば「見やすい」についてなら、見やすい場合を「7」、見やすすくない場合を「1」として評価した結果である。

以上から、解像度が遠隔コミュニケーションに与える影響が大きいことがわかった。すなわち、映像としては低解像度のNTSCを用いるよりも高解像度のHDTVを用いるほうが、説得性に富むことがわかった。

また、画面サイズが大きいほど、高い評価が得られた。このことから、遠隔コミュニケーションでは、大画面で高解像度の映像を用いることが望ましいと考える。

2.2.2 遠隔コミュニケーションでの人物サイズの影響²⁾

次に、ディスプレイ上に表示した通信相手の大きさがどれほどコミュニケーションに影響するかを調べた。

ディスプレイ上に等身大の半分、等身大、等身大の2倍でそれぞれ表示したときに感じた違和感を数値化した。このグラフを図3に示す。ディスプレイ上に等身大で表示したときに、最も高い評価が得られた。

ディスプレイ上に表示するサイズを等身大の半分、等身大、等身大の2倍とし、ディスプレイ面からの距離を1m、2m、4mとした場合の臨場感を数値として示したグラフを図4に示す。グラフの横軸はディスプレイ上に表示した顔の大きさを視角として表したものである。視

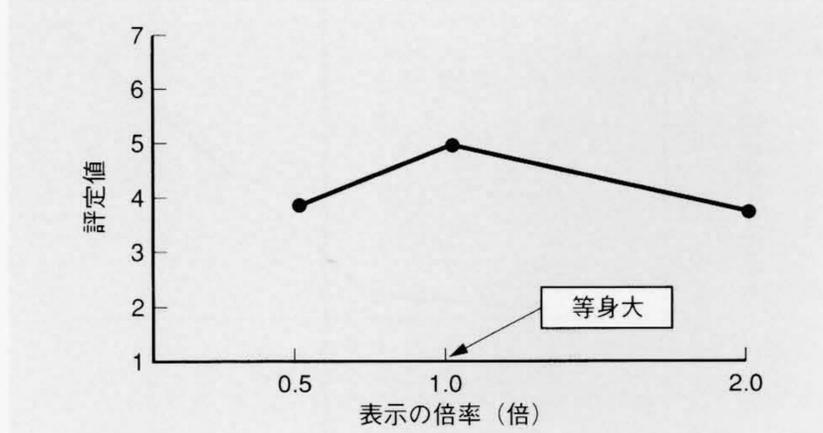


図3 表示人物サイズが違和感に与える影響

等身大に表示したほうが、等身大の半分や2倍よりも違和感が少ない。

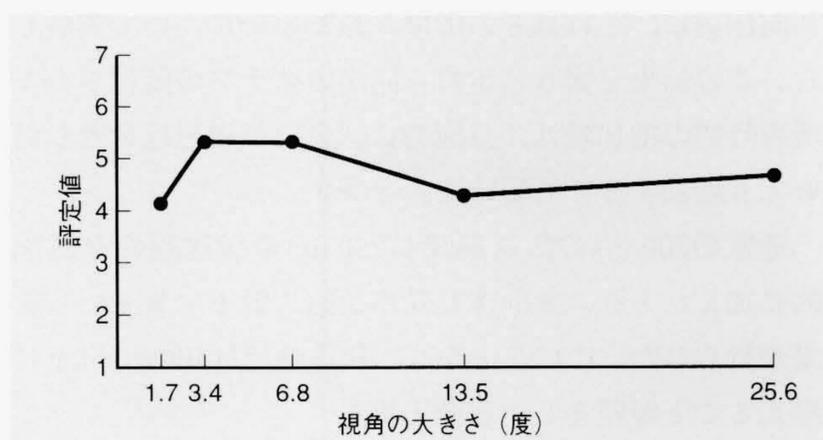


図4 視角の大きさが臨場感に与える影響

3.4度から6.8度の視角(等身大で表示してディスプレイ面から距離が2mから4m)のときに臨場感が高い。

角は人物サイズとディスプレイ面からの距離から算出し、例えば、等身大の2倍で距離が1mのとき25.6度、等身大の半分で距離が4mのとき1.7度となる。

視角が3.4度と6.8度のときに、最も高い評価が得られた。3.4度から6.8度の視角とは、ディスプレイに等身大で表示し、かつ、ディスプレイ面からの距離を2mから4mに設定した場合に相当する。これは通常の会議での対人距離である。

以上の結果から、遠隔コミュニケーションでは、ディスプレイ上に人物を等身大表示したほうがよい。ただし、ディスプレイ面から4m以上離れてコミュニケーションする場合は、人物を等身大よりも大きく表示することが望ましいと考える。

2.2.3 遠隔コミュニケーションでの伝送遅延の影響

遠隔コミュニケーションでは、対面のコミュニケーションとは異なり、テレビ会議システムなどの伝送装置を用いる必要があるため、処理時間、すなわち、伝送遅延を要する。

通常伝送遅延(実験で用いたシステムでは300ms程度)に0msから200msまでの伝送遅延を意図的に加え、

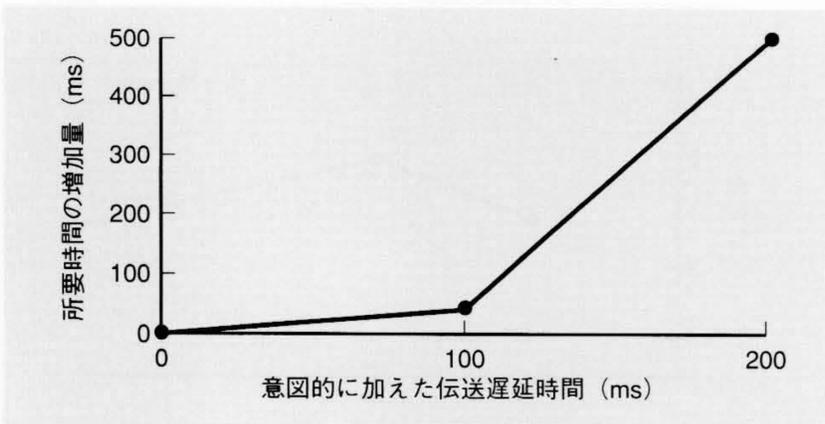


図5 意図的に加えた伝送遅延が作業効率に与える影響
意図的に加えた伝送遅延が100 msを超えると作業効率が低下する。

その値によって被験者が交互に数を数えるという遠隔の共同作業に、どれほどの影響があるのかについて実験した。この結果を図5に示す。同図のグラフの縦軸である所要時間の増加量は、意図的に加えた伝送遅延を差し引いても増加する「所要時間」を表す。

通常の300 msの伝送遅延に200 msの伝送遅延を意図的に加えたとき、共同作業効率が急に低下するという結果が得られた。このことから、伝送遅延は400 ms以下に抑えることが望ましいと考える。

3. 臨場感映像通信システム¹⁾

3.1 ネットワーク構成とシステム概略仕様

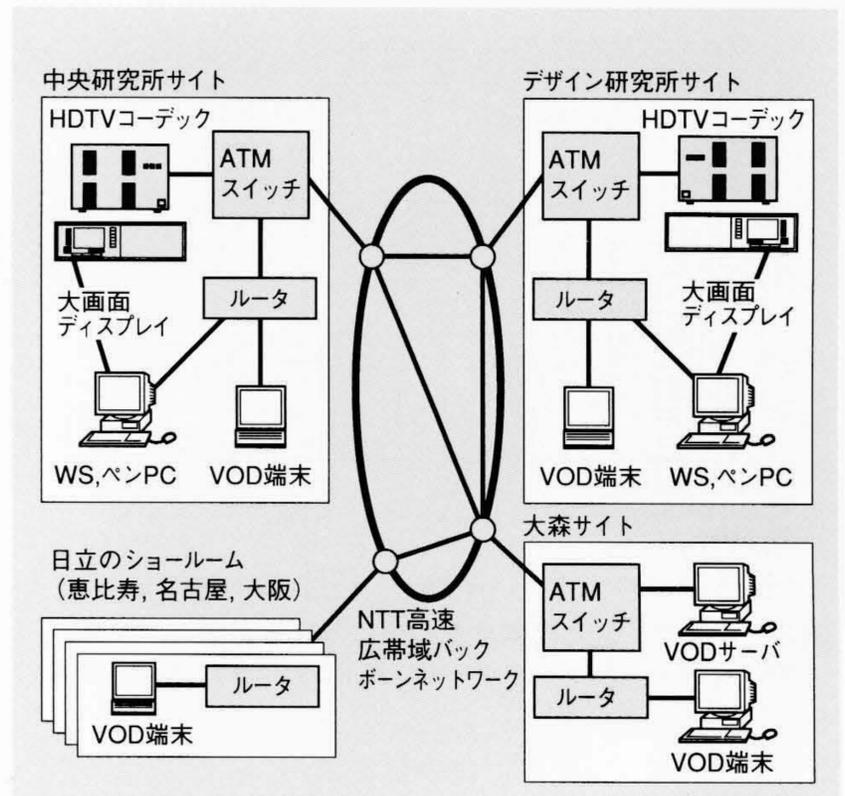
2章の結果に基づいて構築した「臨場感映像通信システム」によって対話している様子を55ページに示す。日立製作所の中央研究所(東京都国分寺市)とデザイン研究所(東京都港区南青山)に実験サイトを設け、この2地点とNTTの高速・広帯域バックボーンネットワークとを156 Mビット/sのATM(Asynchronous Transfer Mode)回線で接続して、遠隔デザイン、遠隔コラボレーション、遠隔会議などのアプリケーションを検討している。

ネットワーク構成を図6に、構築システムの概略仕様を表1にそれぞれ示す。

各サイトに設置した110型と70型のディスプレイでは、2面のスクリーンを1.5 mm以下の継目で接合したものをを用い、一方の面に通信映像、他方にコラボレーションのためのワークステーションの映像を表示する。通信映像は、2.2.2項の結果に従って、対向サイトの参加者が等身大に表示されるように撮影し、会議参加者が着席する位置も同項の結果に従った。

3.2 ハードウェア構成

映像伝送のために開発したHDTVコーデック(画像符号化伝送装置)のブロック図を図7に示す。HDTV信号



注：略語説明 WS (Workstation), PC (Personal Computer)
VOD (Video on Demand)

図6 ネットワーク構成

中央研究所サイトとデザイン研究所サイトを156 Mビット/sのATM回線で接続し、80 Mビット/sをHDTVコーデック用に、20 Mビット/sをコンピュータ通信用にそれぞれ割り当てた。

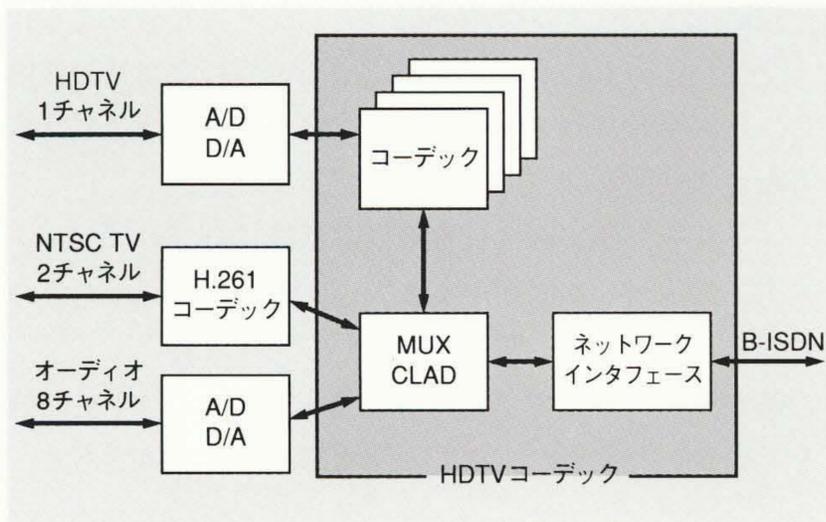
表1 システムの概略仕様

各サイトの2面のディスプレイでは、スクリーンが1.5 mm以下の継目でシームレスに接合している。

ディスプレイ	中央研究所サイト	110型2面(488 cm×137 cm)
	デザイン研究所サイト	70型2面(280cm×95 cm)
HDTV コーデック	画素数	1,440×1,024
	平均ビットレート	30 Mビット/s
	ピークビットレート	80 Mビット/s
	ATMインタフェース	STM-1/OC-3
音場定位 装置	チャンネル数	8
	サンプリング	44.1 kHz/48 kHz
	機能	音場定位
会議支援 ソフトウェア	プラットフォーム	WS
	機能	ホワイトボード共有
	端末	ペンPC
	端末数	8

注：略語説明 STM-1(Synchronous Transport Module-1)
OC-3(Optical Carrier Level 3)

を四つ並列に処理し、独自の動き補償離散コサイン変換方式で符号・復号を行っている³⁾(伝送遅延は実測で300 ms程度)。このコーデックでは、ATM回線接続に適した可変速度方式を用いており、映像の内容によって符号化ビットレートが変動する。市販のレーザディスクの映像を符号化した際の平均ビットレートは約30 Mビット/s、ピークビットレートは約80 Mビット/sであった。5段



注：略語説明

A (Analog), D (Digital), H.261 (64 kビット/s~2 Mビット/sを対象とした動画圧縮標準), MUX (Multiplexer), CLAD (Cell Assembly and Disassembly), B-ISDN (Broad-band Integrated Services Digital Network)

図7 HDTVコーデック

HDTV信号1チャンネルと汎用目的のNTSC信号2チャンネル、音声用のオーディオ信号8チャンネルを同時に伝送することができる。

階による画質の主観評価を行ったところ、符号・復号していない原映像の3.8に対し、符号・復号した映像が3.2という値が得られ、画質的には十分実用に耐えられることを確認した。

ディスプレイが大型になるほどスピーカの配置が限定されるので、音量を制御するステレオ再生だけで音を出すと、ディスプレイに表示した通信相手からは聞こえず、異なった個所から聞こえてしまう。そのため、映像伝送用のHDTVコーデックの開発に加えて、音声を指定個所から聞こえるように制御できる音場定位装置も開発した⁴⁾。

開発した音場定位装置では、スピーカから出る音量だけでなく、遅延量を制御することにより、映像と合致す

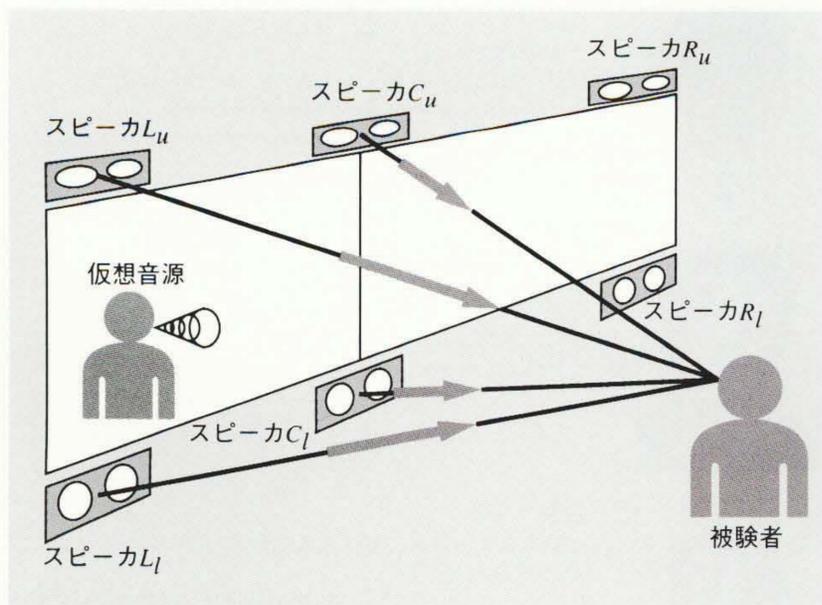


図8 音場定位の原理

左側のディスプレイに人を表示する場合は、スピーカ L_u , L_l , C_u , C_l から出す音の音量と遅延量を制御する。

る個所から音が出るようにくふうしている。

音場定位の原理を図8に示す⁵⁾。ディスプレイの左端に人を表示する場合、スピーカ L_u , L_l から出す音は音量を大きく、スピーカ C_u , C_l からは小さくするように制御する。さらに、スピーカ L_u , L_l からは通常どおりに遅延量なしに音を出し、スピーカ C_u , C_l からは遅延を加えて少し遅れて音を出す。このように、音量と遅延量を制御すると、ディスプレイ上の人の声が表示された位置から聞こえるように音場を定位することができる。

3.3 ソフトウェア構成

共有領域であるホワイトボードは、議論を進めるうえで非常に有用なツールである。高精細映像の送受信に加え、大画面ディスプレイ上に会議参加者全員が随时書き込みできる共有画面を設け、議論を補足するための文字・絵の伝達を可能とした。実現した機能は以下のとおりである。

- (1) 共有ホワイトボード：双方のサイトの会議参加者が随时書き込みすることが可能で、かつ、会議資料を表示することも可能な領域
- (2) マルチカーソル：会議参加者全員が個々のペンPCを用いて同共有ホワイトボードへ書き込みすることが可能
- (3) 手もとペンPCによる会議資料の配付・追加・保存機能
ペンPCの操作インタフェースを図9に示す。

ソフトウェア構成としては、ペンPCをクライアント、WSをサーバとするクライアントサーバ構成を基本とする。サーバは一つのグローバルサーバと二つのローカルサーバで構成する(図10参照)。グローバルサーバは両サイトの情報の一貫性を、ローカルサーバは各サイト内の情報の一貫性をそれぞれ保持する。クライアントは1ローカルサーバ当たり最大4台接続することができる。



図9 ペンPC操作インタフェース

会議参加者は、手もとのペンPCから大画面ディスプレイに表示した共有ホワイトボードに書き込みができる。

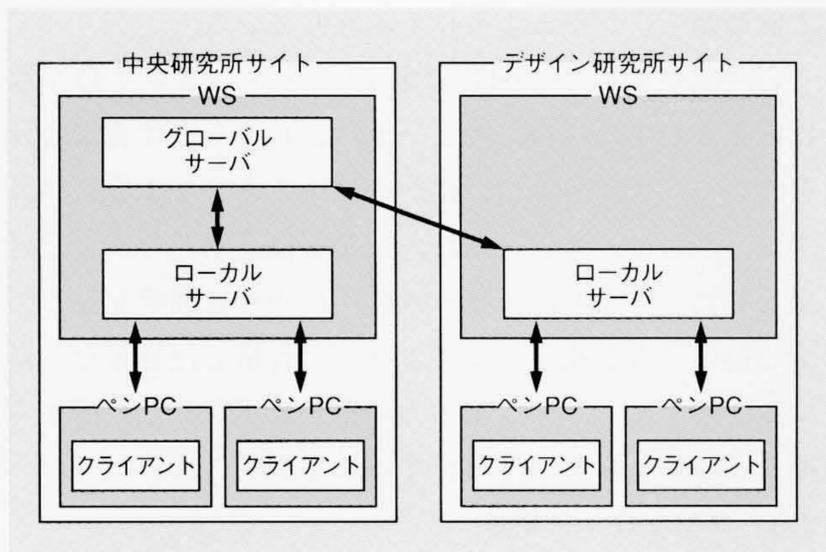


図10 ソフトウェア構成

WSで稼動する2種類のサーバとペンPCで稼動するクライアントで構成する。

また、会議参加者の途中参加・退席に対応するため、システム稼動中の接続・切断を可能としている。

4. 今後の展開

ここで述べた「臨場感映像通信システム」は、設備投資やランニングコスト(=ネットワーク使用料)よりも、臨場感の追求に注力したシステム構成としている。

現在、実用的な設備投資とランニングコストで稼動することが可能なシステムを構築中である。具体的には、HDTVコーデックをMPEG-2(Moving Picture Experts Group 2)コーデックに、会議支援ソフトウェアのプラットフォームをWSからPCにそれぞれ変更することによって低価格化を図っている。

利用形態については、“Edutainment(エデュテインメント)”に代表される「教育」の機運に合わせて検討を始めた。会議では会議参加者にあまり立場的な違いがないことが多いが、教育では教師と生徒という明確な立場の違いがある。この点を考慮して、教師の特権を生かした機能を含むように、会議支援ソフトウェアを教育支援ソフトウェアに改造中である⁶⁾。

5. おわりに

ここでは、ユーザー評価実験によって遠隔コミュニケーションに影響を与えるシステムパラメータを抽出し、このパラメータに基づいて構築した「臨場感映像通信システム」について述べた。

このシステムは、会議参加者を大画面ディスプレイに等身大で表示するためのHDTVコーデック、表示した会議参加者の口もとから音を出す音場定位装置、会議資料

を遠隔地と共有する会議支援ソフトウェアで構成する。

今後、このシステム構築によって得られた知見を活用し、遠隔会議だけでなく、遠隔教育や遠隔医療など、多方面への展開を図っていく考えである。

ユーザー評価実験は日本電信電話株式会社の「マルチメディア通信の共同利用実験」の一環として行ったものである。

終わりに、日本電信電話株式会社殿からはATM回線をご提供いただいた。ここに深く感謝する次第である。

参考文献

- 1) I. Mimura, et al.: High-Fidelity Visual Telecommunication and Tele-Collaboration System Using ATM Networks, Hitachi Review, Vol.44, No.4, pp. 221~226(1995)
- 2) 黒須, 外: 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)
- 3) 伊達, 外: 大画面高精細映像通信システム用画像符号化伝送装置の開発, 1994年テレビジョン学会年次大会, 13-1, pp. 207~208(1994)
- 4) 亀山, 外: 臨場感映像通信システムにおける音響処理装置の検討, 1994年電子情報通信学会春季大会, B-916, p. 3411(1994)
- 5) 鈴木, 外: 臨場感映像通信システムにおける音声再生の一検討, 電子情報通信学会技術報告, 画像工学 IE 95-137, pp. 31~36(1995)
- 6) 炭野, 外: 大画面ディスプレイを用いた遠隔型集合教育システムの検討, 電子情報通信学会技術報告, 教育工学 ET 96-119, pp. 41~48(1997)

執筆者紹介



炭野重雄

1990年日立製作所入社, 中央研究所 マルチメディアシステム研究部 所属
現在, 遠隔集合教育システムの研究・開発に従事
電子情報通信学会会員, 情報処理学会会員
E-mail: sumino@crl.hitachi.co.jp



山寺 仁

1991年日立製作所入社, デザイン研究所 デザインテーマ推進プロジェクト 所属
現在, 情報機器などのデザインに従事
E-mail: yamadera@deken.hitachi.co.jp



三村 到

1984年日立製作所入社, 中央研究所 ネットワークシステム研究室 所属
現在, デジタルCATVのMPEG画像伝送装置の研究に従事
電子情報通信学会会員, 映像情報メディア学会会員
E-mail: mimura@crl.hitachi.co.jp