

## MAJIC : 場の雰囲気重視したTV会議

前田 典彦 Giseok Jeong 市川 裕介 岡田 謙一 松下 温

慶應義塾大学理工学部

我々は、相手が口にした言葉だけでなく、その時の様子や雰囲気などからも相手の本心を感じとることができる。今回こうした点に着目して、TV会議の実験環境 MAJIC を試作した。そのデザインコンセプトは、

- 1) 等身大の相手画像との視線一致
- 2) 複数地点からの映像を一枚の湾曲スクリーンに投影
- 3) デスクトップの作業空間

であり、より自然で人間的なTV会議空間の構築を目標としている。本システムは3地点間を同時に結び、あたかも3人で机を囲んでいるような感覚を提供する。今回の報告ではシステムの実装方法と、その特徴について説明を行なう。

## MAJIC : A teleconferencing system which conveys the atmosphere of the place

Fumihiko Maeda Giseok Jeong Yusuke Ichikawa  
Ken-ichi Okada Yutaka Matsushita

Keio University

3-14-1, Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama 223, JAPAN

MAJIC is an experimental environment for teleconferencing.  
The design concepts are:

- 1) supporting eye-contact with a projected image to obtain a life-sized presence.
- 2) projecting images on a curved large screen.
- 3) providing shared workspace on a table.

In this paper, we describe features of our system and techniques for implementation.

## 1 はじめに

例えば同じ部屋に相手がいる場合、「賛成」と言った時の態度で、その人が心から賛成しているのか、仕方なく賛成しているのかを感じとることができる。しかし、議事録を読んで「賛成」の文字を見るだけでは、その人がどの程度賛成しているのかを判断することは困難である。このように、同期会議の目的の一つは、言葉には表現されない相手の本心を、相手の身振り手振りや雰囲気から感じ取ることにある。TV会議においても、気持ちが伝わることは重要なことなのだが、視線一致が困難であったり、個々の画像が切り離されているといった障害があった。

こうした観点から、今回我々はTV会議の実験環境MAJIC (Multi-Attendant Joint Interface for Collaboration) の試作を行なった。多地点から送られてくる相手の映像を一枚のスクリーン上に投映し、あたかもテーブルを囲んでいるような感覚を作り出す。また、ハーフミラーを用いずに視線一致を実現しているため、真中に作業空間を設けることが可能になっている。

## 2 背景

### 2.1 テレコミュニケーションと視線一致

ビデオ信号を利用して遠隔地の相手とコミュニケーションを行なおうとする研究は数多く行なわれており、

- インフォーマルコミュニケーションの支援
- 机を囲むような状況の再現 [8],[10]
- 視線一致の支援 [12],[13]
- 臨場感の追及 [2],[7]
- 会話空間と作業空間の統合 [5],[6]

と様々なアプローチがとられている。特に近年はバーチャリアリティの技術が目玉されるようになり、現実をはるかに越えるような環境の提案も行なわれている。だが、テレコミュニケーション環境と対面環境があまり違ったものになり過ぎると、利用者は両方の間を行き来し難くなってしまふ。どんなに技術が発達したとしても、人間にとっての基本は対面環境であり、ワープロの普及が手書き文字の価値を高めたのと同じように、テレコミュニケーションの発

達によって実際に会うことの意義が強まっていくと考えられる。従って、テレコミュニケーション環境と対面環境との間に、大きな壁を置くことは避けるべきである。

その壁を取り除くための重要なテーマの一つとして、視線一致の実現が挙げられる。モニタの上にビデオカメラを置いただけでは、遠隔地の相手と見つめ合うことが困難となり、画面が大きくなるほどその傾向は強まる。一般的にはハーフミラーの利用が行なわれているが、この場合モニタ画面の前にハーフミラーを斜めに設置するため、相手との間にアクセス不可能な空間を生み出していた。そこでClearBoard[6]では、ハーフミラーをガラス板にたとえてその表面を作業空間として利用している。ガラス板には裏と表の二つの面しかないため、ClearBoard-2の段階では接続できるのは2地点に限られている。

多地点間の接続については、一対一の装置で利用者を囲んでしまう方法が挙げられる。Hydra[8]はカメラとモニタが一つになった小さなユニットで、これを必要な数だけ机上に並べることで、遠隔地の相手と机を囲んでいるような状況を作り出す。Hydraに限らず、視線一致が可能なデバイスで利用者を取り囲むことにより、多地点間での視線一致は実現できる。しかし、個々の画像の間に生じる切れ目が、利用者に相手が遠隔地にいることを強く意識させる要因となっていた。

### 2.2 会議

会議とは「三人以上の参加者が共通の場で対面し、情報の伝達や加工を行なって、問題の解決を図ること」である [14]。「共通の場」と「対面」のため、特に創造型の会議は、ラウンドテーブルを囲んで行うのが最善である。通常の会議では、我々は意識をしなくてもノンバーバルコミュニケーションを行なっている。例えば、自分の熱意を感じてもらいたい時には相手の目をじっと見つめるし、自信がない時には伏し目がちになる。相手の意見に興味を覚えた時には、その人に対して左右対称な姿勢をとるし、相手の意見に不満を感じた時には、体をひねったり片肘を付くなど、非対称な姿勢をとる傾向がある。この様に実際の会議では、雰囲気などからお互いに気持ちを感じとりながらコミュニケーションが進んでいく。

近年では経費節減や時間の有効利用を図るため、TV会議を利用することが一般的に行なわれるよう

になってきている。TV会議では、ただ相手が見えるだけでなく、通常と同じ様に相手の気持ちを感じとれるようにすることが重要である。現在TV会議を「遠隔お見合い」に利用しているケースがあるが、この例を考える場合、相手を綺麗なCGで表示するよりも、多少画質がおちても生の映像の表示を行なうべきであろう。また、自分をアピールする時には、視線一致が不可欠だと考えられる。

### 3 システムの目標

本研究は、実画像を用いるTV会議において、より自然なインタラクションを可能にすることを目標としている。また、TV会議において何が必要か、必要でないかを体験的に明らかにし、その上で協同作業に適した環境を構築することを目指している。最初の実験環境となる本システムの目標は以下の通りである。

#### [ 等身大の相手画像との視線一致 ]

例えば遠隔地の上司から怒鳴られるような状況を考えてみると、相手の画像が小さければ小さいほど気持ちは楽である。だが、このことは、自分が相手を説得するような場合、自分の画像が小さければ相手に及ぼす影響も小さくなるということを暗示している。また、実際に机を囲むようにモニタを配置しても、画面が小さい場合、相手が向いている方向を明らかにするような効果が弱められるということが過去の研究で指摘されている [8]。

しかし、相手の顔が実際の何倍もの大きさで表示されるような状況では、利用者はかなりの威圧感を受けると考えられる。心の通う遠隔会議空間を目指すためには、余計な心理的負担を利用者に与えるべきではない。

以上のような観点から、等身大の相手画像との視線一致を目標とした。等身大の表示を行なうことで、身振り・手振り等の細かな仕種も、本来の意味のままで伝達可能になる。

#### [ 一枚の湾曲スクリーンに投映 ]

複数のモニタで利用者を取り囲み、あたかもテーブルを囲んでいるような状況を作り出す試みは過去にも行なわれてきた。しかし、モニタとモニタの間に生じるつなぎ目、各映像がバラバラの独立したものであるということを利用者に意識させる原因の一つとなっている。そこで今回は、一人一人を四角い

枠に閉じ込めることなく、全ての相手を一枚のスクリーン上に投映することを目標とした。横長のスクリーンには利用者を包み込むようなカーブを与え、そこに連続した一枚の背景を合成して投映することで、広視野による臨場感と一体感の向上が期待できる。

#### [ デスクトップの作業空間 ]

データを表示する場所と、操作を行なう場所が切り離されていると、参加者は会議の内容に集中し難くなる。現在のTV会議では、データ操作専門のオペレータをおくことがしばしば行なわれているが、特に創造型の会議の場合には各参加者が直接にデータの操作を行なえることが望ましい。

今後ペン入力デバイス等の発展が見込まれることから、卓上に相手画像の真下まで届く水平な共同作業空間を設けることを目標とした。これにより、例えば電子KJ法のカードに直接書き込むことや、一つの設計図に対して全員が書き込みを行うような環境の実現を狙っている。また、普段我々が慣れ親しんでいる紙の書類や本を、その水平な作業域に載せることで、コンピュータ中のドキュメントやデータと並べて見比べることが可能になる。テーブル上の作業空間というのは、実際に全員が同じ部屋に集まって会議をする場合にも利用される空間であるため、利用者側に新たな技能を求めることはない。相手との視線一致を切りたい場合に、資料を見るふりをして視線を下に落とすとといった、我々が普段なげなく行なっていることも、そのままの形で行なうことができる。

## 4 システムの実現方法

### 4.1 会議空間

#### 4.1.1 視線一致の実現

湾曲スクリーンには、建装材として市販されているコントラビジョンを利用する。これは透明なシートに特殊な技術を用いて、ドット（網点）等のパターンを印刷したもので、シートの表裏を全く異なったデザインにすることが可能になっている。イメージ的には網戸に印刷を行なったようなもので、向こう側が明るい場合には素材越しに向こう側を見ることができ、逆の場合には印刷された図柄が目立つようになっている。

今回我々は、表が白、裏が黒の細かなドットが印刷されたものを利用することで、表からはスクリー

ンに、裏からは透けて見えるような効果を得ている。相手の画像はビデオプロジェクタによってスクリーンの前面から等身大で投映される。そして相手画像の顔の真後ろに配置されたカメラが、こちらの様子をスクリーン越しに撮影する。従って、相手の目を見つめることは、すなわちその後ろにあるカメラを見つめることになる(図1参照)。

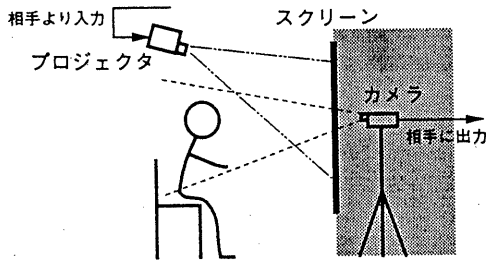


図1: 視線一致の実現方法

#### 4.1.2 システムの構成

縦1.2m、横2.3mのコントラビジョン・スクリーンを、半径1.2mの円周に沿うようにして吊り下げて使用する。利用者はこの円の中心に座り、例えば相手が二人の場合は、それぞれが三角形の頂点に位置するような方向に相手を投映する(図2参照)。人と人との距離には心理的な意味があるとの指摘があり、

1. 個体距離(親密距離) = 45 ~ 120cm
2. 社会距離(社交距離) = 120 ~ 360cm
3. 公衆距離 = 360cm 以上

ということが言われている[14]。従って、いくら等身大の相手画像があったとしても、それが自分の遠くにあるようでは疎遠な感じになってしまう。今回設定した半径1.2mの値は、親密距離と社交距離の境の値を取ったものである。

個々の相手画像の顔の裏側にカメラを設置し、それぞれの相手に対して別角度から撮影した映像を送り出す。これにより、利用者がAさんの方を向いた場合には、Aさんもそのことが認識できる。

プロジェクタを頭上にもっていくことで、利用者とスクリーンの間に作業空間を設ける。現在は、試験的にワークステーションのディスプレイを斜めに寝かせて使用している。

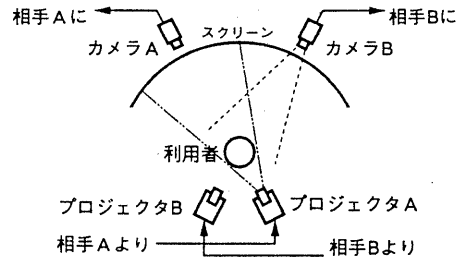


図2: システム構成

#### 4.1.3 空間の演出

あらかじめスクリーンに風景を印刷しておくことで、例えば「海岸での会議」といった演出を加える。横長の湾曲スクリーンには切れ目が存在しないため、利用者の視野をカバーするような連続した背景を与えることが可能である。

クロマキー合成を用いれば、環境映像の中で、或はCG空間の中での会議も演出できる。遠近感を表現したい場合には、相手画像の大きさを個別に調節する。具体的には、画像を小さく表示することで遠くにあるような印象を、大きく表示することで近くにあるような印象を与えようとするものである。

## 4.2 アプリケーション

システム評価のために、以下のようなアプリケーションを試験的に作成した。

#### 4.2.1 MajicHand と カード型ツール

カード型ツールはプレゼンテーション用に作成したものであり、全員に対して同じ表示が行なわれ、カード中に埋め込まれているボタンも全員が平等に操作可能になっている。実際に机を囲むような会議では、どの向きに資料を置くかによって、見やすい人とそうでない人ができてしまうという問題があったが、このツールはその問題の解決を狙ったものである(図3参照)。

MajicHand 相手のマウスポインタの位置を示すもので、手の形をしている。ホットポイント(指先)の位置はそのままにして向きを選択出来るようになっており(図4参照)、5人まではそれぞれ別の色で表示される。本来ならば手首と相手画像の間を結ぶ腕の部分を加えるべきところ、描画速度の関係で現時点では実現できていない。この手はウィンドウ間を

またいで移動することが可能であり、画面上に書き込みを加える機能を有している。イメージ的には、画面全体に透明シートをかぶせて一時的な書き込みを加えるようなものである。

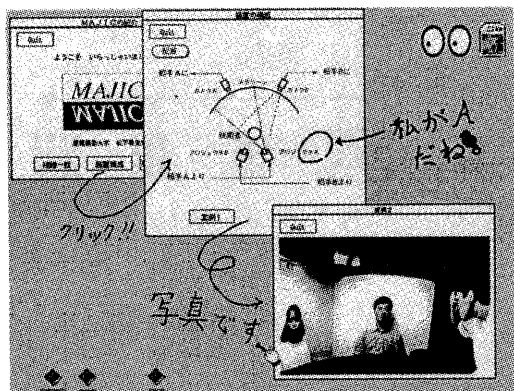


図 3: カード型ツール

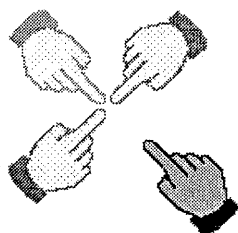


図 4: MajicHand

#### 4.2.2 トランプ

例えば書類の山を数人で分類するような状況を考えて、自分が手に取った書類を、それについてもっとも詳しくその人の近くに改めて置き直すといったことをするであろう。内容が曖昧なものは、とりあえず真中に置いておくかも知れない。

このような、各人の持ち場を意識させるような状況の代表として、トランプゲームを取り上げた。前述のツールでは全員に対して同じ画面表示を行っていたが、トランプゲームを行なう場合には自分の手札が手前にあり、相手の手札は相手画像の手元にあるような表示が求められる(図5参照)。

トランプを選んだ理由のもう一つは「ポーカーフェイス」という語の存在である。相手の腹の内を読み取る手段として、視線一致が生きてくると考えたからである。

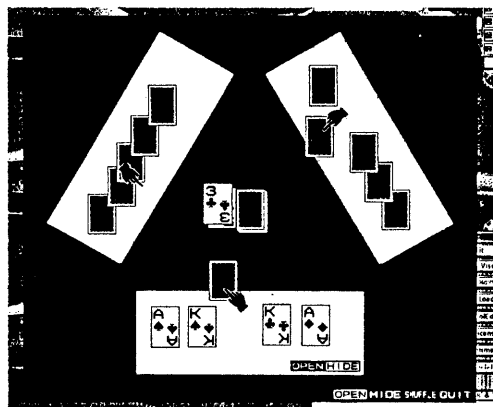


図 5: トランプゲーム

#### 4.2.3 リモコン・ポット と ボトル型スイッチ

お遊び的な要素が強いのだが、遠隔飲み会へのアプローチとして作ったのが、リモコン・ポットとボトル型スイッチである(図6参照)。ボトルに付いているスイッチを押すと、遠隔地のポットが中のお茶を出すようになっている。ボトル中に傾きセンサを埋め込みたいと考えている。

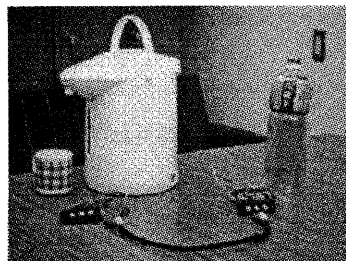


図 6: リモコン・ポットとボトル型スイッチ

## 5 利用と評価

### 5.1 視線一致について

シンプルな方法で大画面での視線一致を実現することができた。今回の試作システムは、縦横 2.5m、高さ 2m の枠の中に全体が収まっている。参加者が3人の場合、それぞれ別の場所にいる自分以外の2人が見つめあっている時にも、そのことを認識することができた。また、スクリーンには柔軟性があるので、参加人数に合わせて曲率を変えたり、平面スクリーンとして利用することや、会議後には丸めて収納するといったことも可能である。

ただし、今回の方法ではカメラがビデオプロジェクタと向い合わせになっているので、光源をカメラの視野から外す必要が生じている。利用者とスクリーンの距離が離れている場合には対処しやすいのだが、今回のように比較的近い場合にはプロジェクタを強く傾ける必要があり、結果的に画像を歪ませる原因となった。

また、利用者とスクリーンの距離が近い場合の別の問題点として照明のとり方が挙げられる。カメラが撮影しやすいように利用者の周辺を明るくすると、その明るさのためにスクリーン上に投映された画像が不鮮明になってしまった。

相手画像の大きさについては、「大きすぎると圧迫感を感じるので等身大がよい」という人と、「近くに感じられるので、実際よりも大きい方がよい」という人に分かれた。等身大だけが良いのではないということが明らかになると共に、画像の大きさで遠近感の演出が可能であることが確認できた。コンピュータ画面のウィンドウに相手を表示するようなシステムと比較して「こちらの方が自然で話しやすい」という声もあった。

今回の方法では1地点に1人の利用者となってしまいが、3地点間を結んだ会議が行なえる。確認できてはいないが、5地点ぐらいまでは可能ではないかと考えている。また、スクリーン裏のカメラを相手の動きに合わせて自動的に移動させるといった工夫も考えられる。

## 5.2 スクリーンについて

スクリーンはドットで構成されているため、撮像/投映の両面で精細度を上げることは難しい。しかし、現在までのところ画質に対しては「充分だ」、「許せる範囲内である」という声が殆どであった。その理由の一つとして、文字などを表示するための作業空間がスクリーンとは別のところに置かれていたことが挙げられる。

より良いドットパターンを求めて、次のような実験を行なってみた。(1) 400dpiのプリンタを用いて、ドットパターンをOHPシートに、その白黒反転を紙にそれぞれ印刷する。これを何通りか用意しておく。(2) 2台のビデオカメラを並べ、それぞれのレンズの前に別々のOHPシートを吊り下げる。(3) 2台の液晶プロジェクタを用いて、各ビデオカメラが撮った画像を投映する。その際に、吊り下げ

たOHPシートに対応する紙をスクリーンとして利用する。(4) どちらの投映画像が優れているかを、被験者に判断してもらう。

以上の操作を繰り返すことで、11人の被験者からは、このような結果が得られた。実験の結果、今回



はドットパターンよりもプロジェクタの性能の方が問題になっていることがわかった。今回使用した液晶プロジェクタは内部に一枚の液晶板しか持たないため、スクリーン上では三原色がハッキリと分かれるタイプのものであった。従ってドットスクリーン上ではモアレを発生し易く、多くの人はモアレの少ない画像に高評価を与えていた。しかし、画像の輪郭を重視するような被験者は、モアレが発生しやすいストライプ系のものに高評価を与えていた。従って、三原色に分かれないようなプロジェクタを用いた場合には、今回とは異なった結果が得られる可能性がある。なお、現在実際に使用しているスクリーンは六角形のドットパターンのものである。

その他の問題点として、スクリーンの透明シートの部分がプロジェクタの光を鏡面反射してしまう点が挙げられる。このため、プロジェクタの光が利用者の方に反射され、「まぶしい」と指摘する被験者が数名いた。ドットパターンによっては、この透明シートの部分はカットすることができるであろうし、その場合には空気振動も通り抜けるので、相手画像の口の裏側にスピーカを置くことが可能になる。将来もし、一つ一つのドット自身が発光できるようになれば投映の必要はなくなるであろうし、さらに見る位置によってドットの色が変わるようにできれば、映像の多重化も実現できるかも知れない。

## 5.3 MajicHand について

相手のマウスポインタを示す Hand は、その向きを自由に選択できるようになっているが、相手の方



図 7: 視線一致の確認

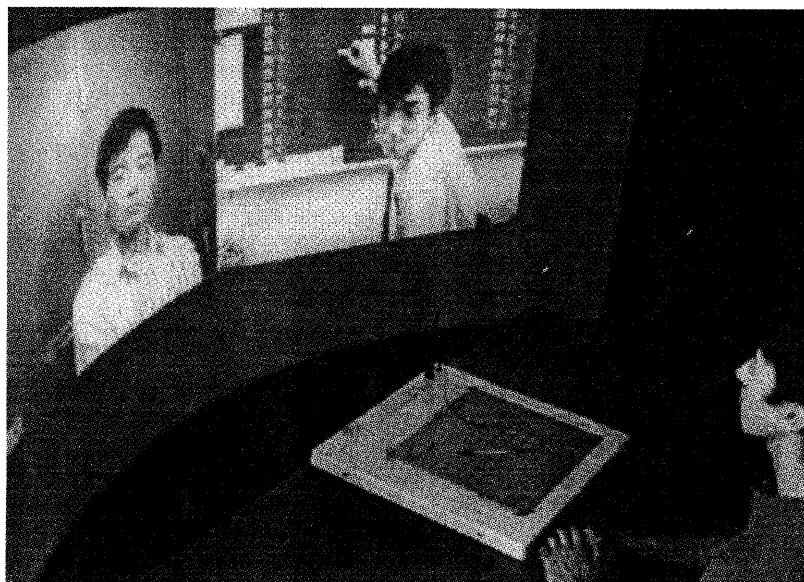


図 8: システムの使用風景

から延びてくるような向きに設定する人が多く、トランプの場合は完全にそうであった。カード型ツールでは、相手が文字を書き込むような場合、自分の方から延びているような Hand を選ぶ人もいた。その人は「向こうから延びてきた手が、こちらに読み易い向きに文字を書くというのは不自然である」と指摘している。

#### 5.4 遠隔お茶出しについて

最初はポットの口だけを監視するカメラを置いていたが、後から取り除いた。その方が、出す側も相手にストップを掛けてもらう必要が生じ、相互作用性が強まるように感じられたからである。実際の利用では、注ぎ終わったコップを相手画像の方に差し向けて「ありがとう」と言う光景が見られた。

### 6 おわりに

本稿では、等身大画像との視線一致をサポートしたTV会議システムの実装方法と、その利用によって得られた知見を報告した。多地点の相手を、連続した背景と共に一枚のスクリーン上に表示するため、一体感が強まった。定量的な検証はまだ得られていないが、多くの被験者から「おもしろい」という声が聞かれ、狙いの一部は達成できたと考えている。

今後は、他のシステムとの比較を行ないながら、まだ確認を行っていないクロマキー合成の利用や、4地点間の接続等に取り組んで行く予定である。

### 謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの御配慮をして頂いた凸版印刷株式会社産業資材事業部の渡辺洋幸氏、NTTソフトウェア研究所の中村雄三氏、桑名栄二氏、坂本泰久氏に深く感謝致します。

### 参考文献

- [1] S. Sabri, and B. Prasada : Video Conferencing Systems, Proc.IEEE, Vol.73, No.4, 1985, pp.671-688.
- [2] 伴野, 岸野 : 臨場感通信会議におけるヒューマンインタフェース技術, 人工知能学会誌, Vol.6, No.3, May 1991, pp.358-369.
- [3] David Brittan : Being There, The Promise of Multimedia Communications, TechnologyReview, MIT, May/June 1992, pp.42-50.
- [4] Hollan, J. and Stornetta, S. : Beyond Being There, Proceedings of CHI '92, ACM, New York, May 1992, pp.119-125.
- [5] Tang, J. C., and Minneman, S. L. Video Whiteboard: Video shadows to support remote collaboration, Proceedings of CHI '91, ACM, New York, 1991, pp.315-322.
- [6] 石井, 小林, 有田 : シームレスな協調メディアを目指して, 信学ヒューマンコミュニケーション研究会, HC92-23, 1992. pp.25-29
- [7] 広明, 旭 : ミーティング・シアタ -多地点動画像通信における臨場感演出方式の提案-, 情処第44回全大, 5-261, 1992.
- [8] Abigail J.Sellen : Speech Patterns in Video-Mediated Conversations, ACM CHI'92, pp.49-59, May 1992.
- [9] Buxton, W. Telepresence: integrating shared task and person spaces, Proceedings of Graphics Interface '92, Morgan Kaufmann Publishing, Los Altos, 1992, pp.123-129.
- [10] Pierre Wellner : Interacting with Paper on the DigitalDesk, CACM July 1993, Vol36, Num7, pp.86-97.
- [11] 桑名, 坂本 : コラボレーションルームの設計とその利用, 情処グループウェア研究会, 2-5, 1993.
- [12] 志和, 中沢 : 時分割型視線一致表示の照明方法に関する検討, 信学春期全大, D-365, 1992.
- [13] 小松, 志和 : TV会議のための多視線一致方式, 情処グループウェア研究会, 4-11, 1993.
- [14] 高橋 : 会議の進め方, 日経文庫, 1987.
- [15] 阪田 : グループウェアの実現技術, ソフトリサーチセンター, 1992.
- [16] 松下 (編著) : グループウェア入門, オーム社, 1991.
- [17] 前田, 丁, 市川, 岡田, 松下 : 複数の相手と視線一致が可能な大型湾曲スクリーンTV会議システム, 情処第47回全大, 6-219, 1993.