

臨場感のある多地点テレビ会議システム：MAJIC

岡 田 謙 一[†] 松 下 温[†]

本論文は、遠隔地の参加者が丸テーブルを囲んで一堂に介しているような臨場感を与える、多地点会議システム“MAJIC”のデザインとそのプロトタイプの実装について述べている。MAJICは、曲面状スクリーンに投影される複数の等身大画像との多視線一致、誰が誰を見ているかという視線認識、臨場感を出すための連続した背景、参加者の中央に配置された作業空間を実現しており、対面環境に非常に良く似た雰囲気を提供することができる。我々は、東京で開催された日経コラボレーションフェアにMAJICのプロトタイプを展示し、このフェアを訪れた一般の人々に3地点会議を実際に体験して頂いた。この論文では、その時の被験者の印象や指摘についてもまとめている。

Multiparty Videoconferencing with a Sense of Presence: MAJIC

KEN-ICHI OKADA[†] and YUTAKA MATSUSHITA[†]

This paper describes the design and implementation of a multiparty videoconferencing system “MAJIC” that projects life-size video images of participants onto a large curved screen as if users in various locations are attending a meeting together and sitting around a table. MAJIC also supports multiple eye-contact among the participants and awareness of the direction of the participants' gaze. Hence users can carry on a discussion in a manner comparable to face-to-face meetings. We have demonstrated the prototype of MAJIC at the Nikkei Collaboration Fair in Tokyo. Our initial observations based on this experiment are also reported in this paper.

1. はじめに

ある会議に参加して発言者の意見を聞いていれば、その発言者の態度、口調、目の動き、ジェスチャなどから、言葉には表わされていない発言者の本心がある程度理解できる。しかし、会議の欠席者が後で議事録を読んでも、そのような情報は伝わってこない。すなわち、対面会議の長所の一つは、すべての参加者がバーバルおよびノンバーバルコミュニケーションを通して、発言者の意図や聞き手の反応を知ることができることである。このことはテレビ会議システムにおいても重要であるが、現在のテレビ会議システムは次のような欠点がある。

- (1) 参加者間の視線一致を支援することが困難である。
- (2) 多くの場合参加者の画像は実物より小さく表示され、表情やジェスチャを読み取るのが困難であり、また臨場感はほとんど無い。
- (3) 多地点のテレビ会議を実現するために複数ウィンドウを用いた場合には、誰が誰を見ているのか

が全く分からない。また複数のディスプレイを用いた場合には、画面の間に境目があり、一緒の場所にいるという感覚は得られない。

すなわち、視線の不一致や画像の大きさ、境目などから臨場感に著しく欠けており、対面会議で得られるような気持ちの伝達を支援することは困難である。

そこで我々は、臨場感のある多地点テレビ会議システムを実現するために、以下の特徴を持つ“Multi-Attendant Joint Interface for Collaboration” (MAJIC) を開発した^{1),2)}。

- (1) 曲面状のスクリーンに等身大のビデオ画像が投影される。
- (2) ハーフミラーを用いずに視線一致を実現している。
- (3) 誰が誰を見ているかというゲイズアウェアネス (gaze awareness) を支援している。
- (4) 各サイトの画面が連続しており臨場感がある。
- (5) 参加者の中央に作業空間が提供され、ちょうど丸テーブルを囲んだ会議を見かけ上実現できる。

本論文では、2章で対面会議の意義と遠隔会議システムの問題点、ならびに人間の間の距離の影響について述べる。3章において多地点会議システムのデザイ

[†] 慶應義塾大学理工学部計測工学科

Faculty of Science and Technology, Keio University

ンコンセプト, 4章でテレビ会議システム“MAJIC”の実現方法の詳細を述べる. 5章で“MAJIC”のプロトタイプによる日経コラボレーションフェアでの実験, および被験者の評価について述べ, 6章で抽出された課題とその解決方法を検討する.

2. 対面会議と遠隔会議

2.1 対面会議

会議とは, 決められた時刻に何人かの人々が集まり, 情報や意見の交換, 問題の提起や解決, 相対する意見の調整, あるいは人間関係の構築や発展などを進めるための重要なプロセスである. 会議はその目的により, 伝達会議, 創造会議, 調整会議, 決定会議, 懇親会議などに分類できるが, 特に創造的な会議では参加者がある人数以下に限定し, 参加者全員が丸テーブルを囲んで座る環境が良いとされている³⁾. すなわち, 全員が見える「対面環境」で参加者間の「距離」があまり大きくなく, 中央に「共有ワークスペース」が存在している.

このような環境が必要な理由としては, 言葉によらないコミュニケーション, いわゆるノンバーバルコミュニケーションが会議中に頻繁に行われているという事実に基づく. たとえば, 誰かを説得したいと思えばその人をじっと見て大きなジェスチャで熱心に話すが, 自分の主張に自信がないときには思わず目を伏せてしまう. 視線は会議をコントロールするときにも使われ⁴⁾, 議長が目で発言を促したり, 冗長な発言を制したりすることもしばしば行われる. 我々はさまざまなノンバーバルコミュニケーションを通して, 相手の気持ちや会議の雰囲気を感じ取り, 発言に表われない参加者の意見を理解することができ, 会議は生産的なものとなる.

2.2 遠隔会議

実時間対面環境は会議を開くには最も良い環境であるといえるが, すべての参加者を一堂に集めるのは困難な場合もまま有る. 従来よりビデオ画像を用いた遠隔コミュニケーション支援システムが開発されてきたが^{5)~7)}, 我々はこの種のシステムは二つのカテゴリーに分かれて発展していくと考えている. 一つは, いつでもどこでも誰とでも話せるという可搬性に重点を置いたシステムで, この一例として在籍会議システム^{8)~10)}が上げられる. 近い将来には, 無線ネットワークを装備したマルチメディアノートブックパソコンによる携帯型会議システムが開発されるだろう.

もう一つのカテゴリーは臨場感や現実感に重点を置いたものであり, 通常は大きな空間を必要とする. 臨

場感のあるテレビ会議システムを実現するのに重要な要素は, 視線一致の支援と画像サイズである. 視線一致を実現するためにモニタの前面にハーフミラーを設置したもの^{6), 11)}, 透明/散乱の切換えが可能な液晶スクリーンを用いる方法¹²⁾, ガラス板メタファにより会話空間と作業空間を統合したシステム¹³⁾, 視点・視線を検出し仮想空間での協同作業を可能にするシステム^{14), 15)}, ダブルレンチキュラレンズにより多人数間の視線一致を目指したもの¹⁶⁾などが開発・研究されている. また別のシステムでは, 実物大画像を表示するために大きなスクリーンを用いている¹⁷⁾. しかし, これらを同時に支援すること, すなわち実物大画像との視線一致の実現は非常に困難である. さらに, 多地点遠隔会議システムにおいては, 多視線一致やサイト間を越えたゲイズアウェアネスの支援など困難な課題がある.

2.3 距離の影響

人々間の距離は, その間の人間関係に依存しており, 次の四つに大別される¹⁸⁾.

- (1) 密接距離 (0~45 cm): 非常に親しい人同士, あるいはわざと敵意を持たせる距離.
- (2) 個体距離 (45 cm~120 cm): 人が接近する時の最小の防護領域を保てる距離.
- (3) 社会距離 (120 cm~360 cm): 個人的でないビジネスの距離.
- (4) 公衆距離 (360 cm~): 個人的な関係はほとんど無くなる距離.

テレビ会議において画面上の人との間に感じる感覚的な距離は, その人達の実際の距離とはもちろん, 画像までの空間的な距離とも異なっている. この感覚的な距離は, 画像までの実際の距離, 画像の大きさや品質, 背景, 音質などの影響を受けると考えられ, これをテレビ会議における参加者間の「仮想距離」と名付ける¹⁾. テレビ会議システムを使ったビジネスのための会議では, 各々の参加者間の理想的な距離は, 上述の近接学の成果を考慮すると, いかにも参加者が社会距離で話しているように感じられる「仮想社会距離」であると考えられる.

3. MAJIC の設計

3.1 デザインコンセプト

多地点会議システム MAJIC (Multi-Attendant Joint Interface for Collaboration) を実現するにあたり, 次の四つのデザインコンセプトを規定した.

- (1) 3 地点以上の遠隔会議が実現され, 多視線一致が支援される.

- (2) 誰が誰を見ているのかという視線の認識が可能である。
- (3) 現実感や臨場感を得るために、連続した背景の前に実物大のビデオ画像が表示される。
- (4) 共有作業空間が参加者の中央に置かれる。

図1はMAJICの初期のイメージ図で、各々の参加者は共有および個人作業空間である机の前に座り、机の反対側には弧を描いた曲面スクリーンが設置されている。この曲面スクリーンには、他の参加者のビデオ画像が実物大で投影され、まるで一堂に集まって丸テーブルの周りに座っているかのように感じられる。参加者のビデオ画像の背景は、臨場感を得るために連続しており、ユーザはリラックスするため、あるいはインスピレーションを触発するなどの目的のために、背景を自由に選択することができる。例えばアルプスを見ながらの企画会議や、宇宙空間から地球を見ながらの平和会議というイメージである。

3.2 現実感の追及

現実感のあるテレビ会議システムを構築するためには、画像に関しては二つの重要な要素があると考えられる。一つは相手画像の大きさである。ディスプレイ上の画像が小さいと相手の表情やジェスチャが見えにくくだけでなく、相手が遠くにいるように感じられる。もう一つは背景である。多地点会議を実現するために複数のディスプレイを用いているシステムもあるが、画像の間に境目があると同一場所にいるという感覚を得ることはできない。一体感を得るためには、連続した背景を持つ参加者に取り囲まれた環境を提供するべきであろう。

3.3 視線の認識

十分な意思の疎通を図るためには視線一致の支援が必要であり、さらに多地点会議システムの場合には、どの参加者とも視線一致が可能となる、いわゆる多視線一致の支援が要求される。また対面環境では目の動きや頭の向きにより、誰が誰を見ているのかを知るこ

とができる。このようなゲイズアウェアネスは、複数の参加者が円滑なコミュニケーションを進めるために重要な概念である。ゲイズアウェアネスを支援していない通常のテレビ会議システムでは、特定の相手に話しかけるためには、最初にいちいち相手の名前を言わなければならない。一方、複数の小型ディスプレイを用いている Hydra では、画像が小さいために視線を動かす気がそがれ、十分なゲイズアウェアネスが提供されていないことが報告されている⁴⁾。等身大画像によって取り囲まれているという環境は、視線や身体の動きの認識のためにも良い影響を与えると考えられる。

3.4 作業領域の提供

対面会議では、通常参加者は机の周りに座り資料を広げ、これらを参照したり書き込んだりしながら会議を進める。あるものは全員で参照する共通資料であり、あるものは個人用の資料である。前述のように視線一致は意思の疎通のために重要ではあるが、あまり長い間目をあわせるのは失礼にあたる場合、居心地が悪くなる場合、あるいは時として敵意を感じる場合などもある。しかし、目をはずすタイミングというのは難しく、何かしら自分なりに理由付けをしたいと感じるものである。通常の会議では、次々と参加者を見たり、都合の悪いときには指名されないように、机の上の資料を見るふりをして目を伏せる。このように参加者の前の空間は、作業領域を提供すると同時に視線をはずす理由付けも与える。我々は、視線一致を支援するシステムは、視線をはずす理由付けも提供すべきであると考えている。

4. MAJICの実現

4.1 システム構成

図2は試作された3地点用MAJICのプロトタイプで、ワークステーションが埋め込まれた机と、縦1 m 20 cm、横2 m 40 cm、半径1 m 20 cmの弧を描いているスクリーン、使用者の座席の後上方に置かれた2台の液晶プロジェクタ、スクリーンの後ろに置かれた2台のビデオカメラから構成される。別の地点にいる会議参加者のビデオ画像が、液晶プロジェクタにより等身大でスクリーン上に投影される。使用者はスクリーンが描いている弧の中央に座るので、使用者と参加者の等身大ビデオ画像までの距離は約1 m 20 cmとなり、2人の間の距離は仮想社会距離になる。3、4人の同僚との熱心な討議は、個体距離に近い仮想社会距離が理想と考えられるので、このような設定とした。

スクリーンの後ろに設置されたビデオカメラによって撮影された使用者の画像が、ビデオリンクを通して



図1 MAJICの初期イメージ図
Fig. 1 The first draft of MAJIC.

他の地点に送られる。すなわち、スクリーンを通して使用者を撮影するわけで、この仕組みは次節で詳細に述べる。図3はスクリーンの裏側から撮影したもので、スクリーンを通して机が見える。

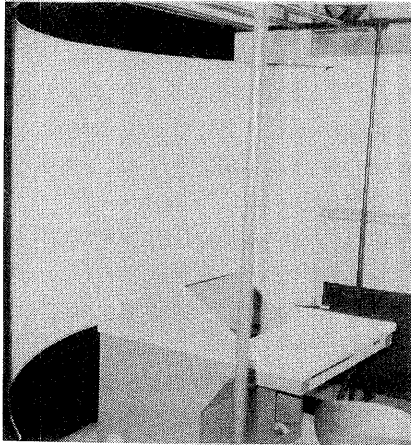


図2 MAJICのプロトタイプ (前方図)
Fig.2 A prototype of MAJIC (front view).

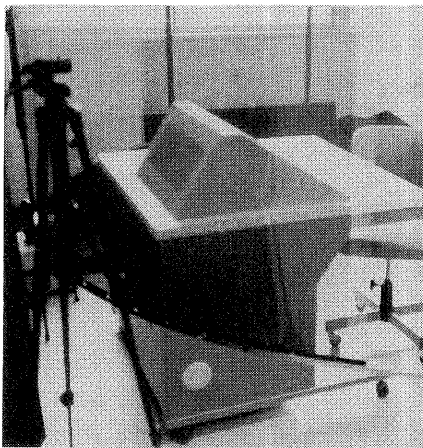


図3 MAJICのプロトタイプ (後方図)
Fig.3 A prototype of MAJIC (back view).

4.2 等身大画像との視線一致

MAJICで使用したスクリーンは、図4に示すように薄い透明フィルムの上に白色と黒色の小さな6角形を重ねて印刷したもので、白い6角形は光を反射し黒い6角形は光を吸収するため、どちらの面から見るかによって全く異なった性質を示す。すなわち、白色の面は光の反射が目立つため、図2に示すように反対側を暗くしておけば通常のスクリーンと全く同じように使える。一方、黒色の面は光が吸収されるため、すき間を通して反対側を見ることが可能となる(図3参照)。スクリーンの透過率は6角形の数と大きさに依存するが、プロトタイプのMAJICでは透過率40%のスクリーンを用いている。

このスクリーンの特性を利用した視線一致の原理を図5に示す。1人のユーザ(ユーザA)の後上方に設置された液晶プロジェクタが、スクリーン上に別のユーザ(ユーザB)の等身大画像を投影する。一方、スクリーンの後、ユーザBの画像の顔の位置に設置されたビデオカメラがユーザAを撮影し、その画像がユーザBの後上方に設置された液晶プロジェクタに送られる。したがって、お互いに相手画像を見つめることにより視線の一致が可能となる。この時、液晶プロジェクタはビデオカメラの視覚に入らないように調整され

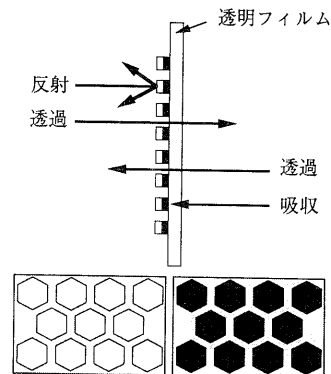


図4 MAJICのスクリーン
Fig.4 MAJIC screen.

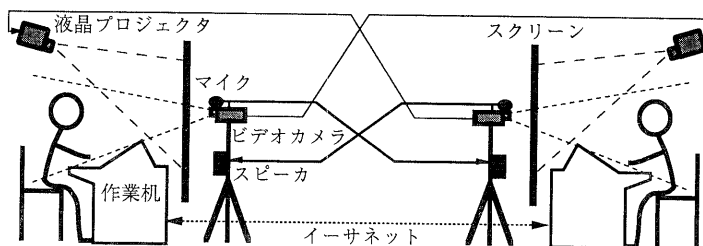


図5 MAJICのシステム構成
Fig.5 System architecture of MAJIC.

ている。また、等身大画像が表示されるため、表情、ジェスチャ、視線の方向などが容易に認識される。

図6は視線一致確認実験の写真である。この実験では、被験者の後上方に設置された液晶プロジェクタが、スクリーンの後に設置されたビデオカメラが撮影した画像を投影しており、被験者は自分自身を見つめることになる。視線一致が支援されなければこの写真を撮ることは不可能なので、MAJICにより等身大画像との視線一致が可能なのが証明される。

4.3 多視線一致と視線認識

MAJICでは、多視線一致を実現するために、相手サイト一つに対して1セットの液晶プロジェクタとビデオカメラを用意している。すなわち、3地点会議のため

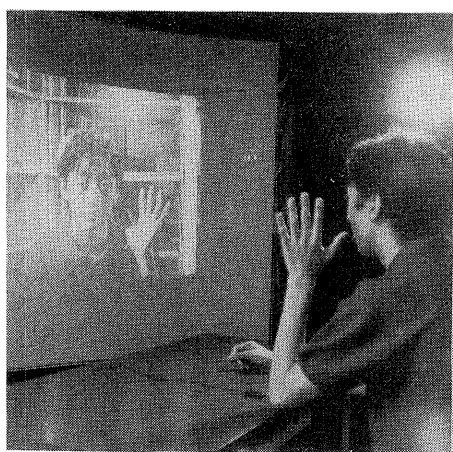


図6 視線一致の確認実験

Fig.6 A verification of eye contact.

には2セット、4地点会議のためには3セットの液晶プロジェクタとビデオカメラが、各サイトのMAJICに備え付けられる。図7は3地点会議においてスクリーンに投影されたビデオ画像の写真で、ユーザの顔の位置で撮影されたものである。図7(a)から、それぞれ別のサイトにいる2人と視線一致可能なことが確認される。

多地点会議システムで重要なもう一つの要件は、誰が誰を見ているのか認識することが可能なことである。図7(b)ではスクリーン上の2人が話し合っている様子が確認される。このようなゲイズアウェアネスは、曲面上のスクリーンに投影された相手画像とMAJICのユーザを、ちょうど丸テーブルを囲んでいるように配置することにより実現される。

図8はMAJICを使用した3地点会議の構成図である。ユーザはMAJICの中央に座り、ワークスペースを囲んで他の参加者のビデオ画像と正三角形を構成する。ユーザAが少し右を向きユーザBの画像をまっすぐ見ると、ユーザBはユーザAの正面画像を、ユーザCはユーザAの左斜め画像を見ることになる。すなわち、ユーザCはユーザAがユーザBを見たことを認識し、ユーザBはユーザAが自分の方を向いたことを認識する。ユーザAとCが同時にユーザBを向けば図7(a)の状態となり、多視線一致が可能となる。ユーザAとCが向き合って話し合えば図7(b)の状態となり、ユーザBは2人が話し合っていることを認識する。

4.4 臨場感の実現

臨場感を得るためにMAJICで実現したことは、前



(a) 多視線一致

(a) Multiple eye contact.



(b) ゲイズアウェアネス

(b) Gaze awareness.

図7 MAJICスクリーン上のビデオ画像
Fig.7 Video image on the MAJIC screen.

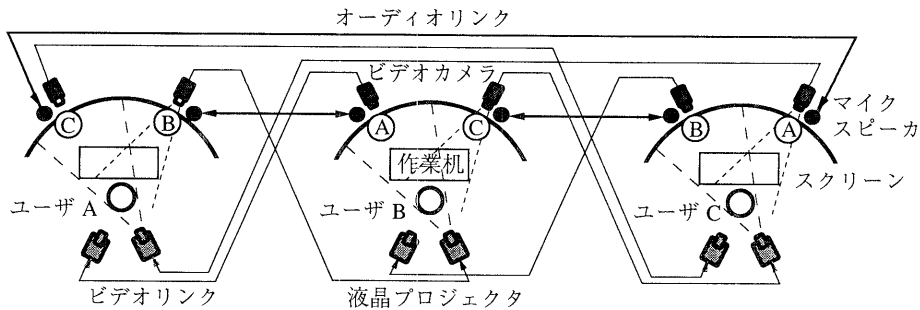


図8 MAJICによる3地点テレビ会議

Fig. 8 Three-way videoconferencing using MAJIC.

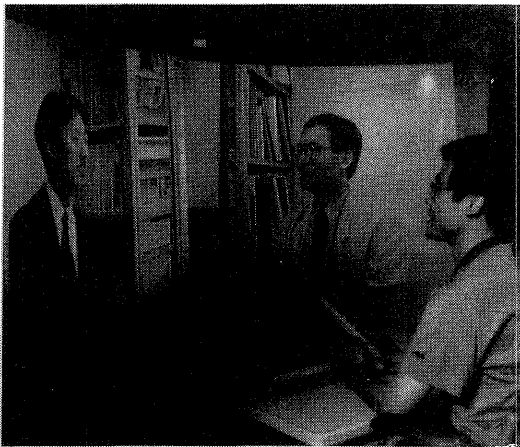


図9 MAJICの使用風景

Fig. 9 MAJIC in use.

述の等身大画像との視線一致、視線認識、曲面スクリーンによるパノラマ効果、そして画面の連続性である。この画面の連続は、異なったサイトから送られてくる画像をスクリーン上に少しオーバラップさせて投影することによって実現される。図7を良く見ると背景は連続していないが、画面が連続していることにより、いかにも画面上の2人が同じ場所にいるような感覚が得られる。これに対して、従来の多地点テレビ会議システムのように2台のディスプレイに参加者を表示した場合には、参加者から他の参加者に目を移すときの画面の不連続性により、臨場感は著しく損なわれる。

4.5 作業空間

図9は、MAJICを使って3地点会議をしている様子を示している。ユーザの前に設置されているワークステーションは机の中に斜めに埋め込まれており、ユーザは作業空間である画面と会話空間であるスクリーンの両方を、頭を大きく動かすことなく見ることができる。作業空間と会話空間を統合しているシステムも

いくつか開発されているが、我々はMAJICの開発にあたりあえてこれら2つの空間を分離した。すなわち、MAJICでは作業よりも会議に重点をおいており、前節で述べたような実際の会議での参加者の行動、特に目の動きを重視し、視線を合わせられると同時に、中央の机に作業空間を提供することにより、視線をはずす合理的な理由を与えている。

5. ユーザ評価

我々は、1993年12月14, 15日に東京の日経ホールで開催された「日経コラボレーションフェア」にMAJICのプロトタイプを展示し、実際に3地点遠隔会議に参加者に体験してもらい、その印象をインタビュー形式で集めた。この展示会では約100人ほどが我々のブースを訪れ、その中の20人がMAJICによる遠隔会議実験に参加した。ただし、プロトタイプはMAJICは1辺が2m40cmの立方体という非常に大きなもので、割り当てられたスペースに1台しか設置することができなかった。そこで被験者にはMAJICを、2人の説明員は複数のディスプレイ、ハーフミラー、ビデオカメラを使った簡易システムを用いた。もちろん、この簡易システムでも視線一致とゲイズアウェアネスは支援しているが、臨場感は全くない。

またワークステーション上には、今回のデモンストレーションのために開発したマルチユーザ対応のボーカーゲーム、および会議資料の表示に有効と思われる本メタファ¹⁹⁾を拡張しWYSIWIS機能を付加したものを表示した。

5.1 視線の認識

被験者全員が多視線一致およびゲイズアウェアネスが支援されていることを確認した。特に、画面上の2人が話し合っている様子が一目瞭然なことに、強く印象づけられたようだ。

5.2 画像サイズの影響

この実験で驚いたのは、被験者がごく自然にビデオ画像に向かって頭を下げて挨拶していたことである。これは等身大画像との視線一致が可能であり極めて臨場感が有ること、および感覚的な距離が影響していると考えられる。ズーム機能により画像を拡大するとほとんどの被験者は圧迫感を感じていたが、研究室内の学生同士の実験では若干大きめの画像の方が好評であった。このことは感覚的な距離が近づくとということであり、人間関係がお互いの距離に影響することが裏付けられた。

5.3 画像品質の影響

MAJIC は、小さな六角形で構成されているというスクリーンの特性上、ビデオ画像の解像度はそれほど高くない。また実験に使用したスクリーンの反射率は60%以下であり、簡易システムに使用したハーフミラーの透過率は50%以下であるため、投影されたビデオ画像があまり明るくないのも事実である。さらにスクリーンが曲面状であるために、ビデオ画像が若干歪んで投影されることになる。しかし、画像品質に不満を述べた被験者は皆無であった。この理由としては、次のことが考えられる。

- (1) スクリーン上には会議参加者の等身大画像のみが投影されている。
- (2) 無意識の内にスクリーン上のイメージが補間される。
- (3) 資料など高い解像度を必要とする情報は、ワークステーションのディスプレイ上に鮮明に表示される。

また数人の被験者は、液晶プロジェクタの投影光がMAJICのスクリーンの透明フィルム部分に反射するため、若干まぶしいことを指摘した。

5.4 総合印象

すべての被験者が、コミュニケーションという面では在籍型会議システムよりMAJICの方が効果的であることを報告した。特に等身大ビデオ画像が、被験者を囲んでいる曲面上スクリーンに投影されることにより、予想以上の臨場感が得られることに印象づけられたようだ。ただし数人の被験者は、MAJICは日本の一般的なオフィスに置くのには大きすぎると指摘した。

6. 課題

MAJICに対する被験者の印象はおおむね好評であったが、プロトタイプMAJICには、以下に述べるようないくつかの欠点もある。現在これらの検討課題を考慮しつつ、新しいMAJICの設計を開始している。

- (1) 視線一致が可能なユーザは、各サイトに1人だけである。

- (2) 使用者は視線一致を維持するために、左右に大きく位置移動をしてはいけない。

これらは、スクリーンの後に設置されたビデオカメラが三脚に固定されており、使用者の座る位置、すなわちスクリーンの中心に視角を固定しているために起きる制限である。現在、人間の動きに追従するビデオカメラを用いることにより、これらの制限を取り除こうと考えている。

- (3) 通信できるサイト数が限られている。プロトタイプのMAJICでは4地点会議が最大である。

サイト数はスクリーンとビデオ画像の大きさに依存している。実際の会議でも参加者が多い場合には、机を組み合わせで大きな会議テーブルを構成し、参加者間の距離は大きくなる。MAJICでも小さめのビデオ画像を投影することにより、これを真似することができるが、スクリーンの弧の角度を大きくして使用者を完全に取り囲むようにしないと、参加者の位置関係が狂いゲイズアウェアネスを支援することが困難となる。

- (4) ビデオ画像の品質があまり良くない。

- (5) プロトタイプのMAJICのサイズはかなり大きい。

(4)は本質的な問題であり、我々はスクリーンのドットパターンを色々変えて実験しているが、解決することは困難である。この種のスクリーンを用いる限り、投影画像の解像度には上限があるが、前述のようにコラボレーションフェアでの被験者の印象は好意的であった。また、等身大画像を表示するためサイズは大きくならざるを得ないが、スクリーンが薄いフィルム状なので折り畳み式にすることは可能だと思われる。

- (6) 画像の間に境目はないが、背景は不連続である。

背景を連続的にすることや自由な背景を選択することは、クロマキー合成を用いればすぐにでも実現できるが、コスト的な問題から実験はまだ行っていない。ただし、背景が似ている画面をオーバーラップすることにより、臨場感が得られることは確認されている。より良い臨場感はもちろんだが、合成技術により背景を様々に変えると、会議にどのような影響が出るかを観察するのは興味深い実験だと考えられる。

- (7) ネットワークへの対応。

プロトタイプではビデオ/オーディオリンクを用いており、現行のLAN/WANへの対応は全く考慮されていない。しかし、MAJICの実用にあたっては特に公衆網への接続が重要な課題となる。現状ではN-ISDN

で各サイトを接続することになり、 n 地点会議では各サイトは $n-1$ 回線を使用することになる。ただし、視線一致やゲイズアウェアネスなどの高度な臨場感を得るためには、ユーザの速い動きに対応できないような回線速度のネットワークに接続してもあまり意味が無い。MAJIC の実用化にあたっては、動画像高圧縮技術の開発、B-ISDN の普及が不可欠であると考えられる。

7. おわりに

この論文では、複数の等身大画像との多視線一致、誰が誰を見ているかというゲイズアウェアネス、臨場感を得るための連続した背景を実現した、多地点会議システム MAJIC の設計とそのプロトタイプの実装について述べた。MAJIC は、遠隔地にいる相手とまるで一堂に介して会議をしているような雰囲気を作り出すことができ、次世代のテレビ会議システムの一つのモデルを示していると考えられる。

我々は、会議、特に少人数の創造型会議における視線の役割を強調したい。視線は、発言者の熱意、聞き手の興味、参加者の社会的関係などを反映すると同時に、会議のコントロールをするためにも用いられる。日本人は公式の席上ではあまり発言しないが、その時の漠然とした雰囲気が会議の決定に大きな影響を与える。我々は遠隔会議システムでは、対面環境で伝えられる様々なノンバーバル情報をも、遠隔地にいる相手に伝える必要があると考えている。

謝辞 本システムを開発するにあたり御尽力いただいた前田典彦氏（現在 NTT(株)勤務）、市川裕介氏、Giseok Jeong 氏（慶應義塾大学）、デモンストレーションに御協力いただいた工藤正人氏（現在日本電気(株)勤務）、安倍紀之氏（慶應義塾大学）に深謝します。また、プロトタイプ作成にあたりご支援いただいた凸版印刷(株)、NTT ソフトウェア研究所に深く感謝します。

参考文献

- 1) Okada, K., Maeda, F., Ichikawa, Y. and Matsushita, Y.: Multiparty Videoconferencing at Virtual Social Distance: MAJIC Design, *Proc. of CSCW '94*, pp. 385-393 (1994).
- 2) 前田典彦, Giseok Jeong, 市川裕介, 岡田謙一, 松下 温: MAJIC: 場の雰囲気を重視した TV 会議, 情報処理学会研究報告, 94-GW-5, pp. 57-64 (1994).
- 3) 高橋 誠: 会議の進め方, 日経文庫 (1987).
- 4) Sellen, A. J.: Speech Patterns in Video Mediated Conversations, *Proc. of CHI '92*, pp. 49-59 (1992).
- 5) Brittan, D.: Being There—The Promise of Multimedia Communication, *Technology Review*, pp. 42-50, MIT (1992).
- 6) Buxton, W.: Telepresence: Integrating Shared Task and Person Spaces, *Proc. of Graphic Interface '92*, pp. 123-129 (1992).
- 7) Hollan, J. and Stornetta, S.: Beyond Being There, *Proc. of CHI '92*, pp. 119-125 (1992).
- 8) Ahuja, S. R.: The Rapport Multimedia Conferencing System, *Proc. of Office Information Systems*, pp. 1-8 (1988).
- 9) 西村 孝, 有川知彦, 正木茂樹, 山口博幸: パーソナルマルチメディア通信会議システム (PMTIC) におけるコミュニケーション空間とヒューマンインターフェース, 情報処理学会研究報告, 92-GW-1, pp. 75-82 (1992).
- 10) Watabe, K., Sakata, S., Maeno, K., Fukuoka, H. and Ohmori, T.: Distributed Multiparty Desktop Conferencing System: MERMAID, *Proc. of CSCW '90*, pp. 27-38 (1990).
- 11) Nakazawa, K.: Proposal of a New Eye Contact Method for Teleconferences, *IEICE Trans. on Communication*, Vol. J76, No. 1, pp. 618-625 (1993).
- 12) Shiwa, S. and Nakazawa, K.: Eye Contact Display Technologies for Visual Telecommunications, *NTT REVIEW*, Vol. 5, No. 2, pp. 67-73 (1993).
- 13) Ishii, H., Kobayashi, M. and Grudin, J.: Integration of Inter-Personal Space and Shared Workspace: Clearboard Design and Experiments, *Proc. of CSCW '92*, pp. 33-42 (1992).
- 14) Takemura, H. and Kishino, F.: Cooperative Work Environment Using Virtual Workspace, *Proc. of CSCW '92*, pp. 33-42 (1992).
- 15) 伴野 明, 岸野文郎: 臨場感通信会議におけるヒューマンインターフェース技術, 人工知能学会誌, Vol. 6, No. 3, pp. 358-369 (1991).
- 16) 小松忠彦, 志和新一: TV 会議のための多視線一致方式, 情報処理学会研究報告, 93-GW-4, pp. 77-84 (1992).
- 17) Fish, R. S., Kraut, R. E. and Chalfonte, B. L.: The Video Window System in Informal Communications, *Proc. of CSCW '90*, pp. 1-11 (1990).
- 18) Hall, E. T.: The Hidden Dimension, Doubleday & Company Inc. (1966).
- 19) 岡田謙一, 松下 温: 本メディアを越えて: Book-Window, 情報処理学会論文誌, Vol. 35, No. 3, pp. 468-477 (1994).

(平成 6 年 7 月 19 日受付)

(平成 6 年 12 月 5 日採録)

**岡田 謙一 (正会員)**

1973年慶應義塾大学工学部計測工学科卒業。1975年同大学院修士課程修了。1978年同大学院博士課程所定単位取得退学。同年慶應義塾大学工学部計測工学科助手、1985年同大学理工学部講師、1994年同大学理工学部助教授。1990年～91年アーヘン工科大学客員研究員。工学博士。グループウェア、ヒューマンインターフェースに興味を持つ。共著「グループウェア入門」(オーム社)、「知的触発に向かう情報社会」(共立出版)。ACM, IEEE, 電子情報通信学会, 人工知能学会, 応用物理学会各会員。情報処理学会誌 AWG 編集主査, グループウェア研究会幹事, マルチメディア通信と分散処理研究会委員, 電子情報通信学会マルチメディア・インフラストラクチャ&サービス研究会幹事。

**松下 温 (正会員)**

1939年生。1963年慶應義塾大学工学部電気工学科卒業。同年沖電気工業(株)入社。1968年イリノイ大学大学院コンピュータサイエンス学科卒業。1989年より慶應義塾大学理工学部計測工学科教授。工学博士。マルチメディア通信および処理に関するコンピュータネットワーク、分散処理、グループウェア、ヒューマンインタフェースなどの研究に従事。「コンピュータ・ネットワーク」(培風館)、「コンピュータネットワーク入門」(オーム社)「インテリジェント LAN 入門」(オーム社)、「人工知能の実際」(近代科学社)、「グループウェア入門」(オーム社)など著書多数。グループウェア研究会主査, 電子情報通信学会マルチメディア・インフラストラクチャ&サービス研究会委員長。電子情報通信学会, 人工知能通信学会, IEEE, ACM, ファジィ学会各会員。