

文殊の知恵システム：意志決定可能な視線一致型テレビ会議システム

安田 浩* 青木 輝勝* クスタルト・ウイドヨ*
坂本 信樹* 鈴木 一徳** 佐分 淑樹**

*東京大学 先端科学技術研究センター

**株式会社デンソー セラミック開発部

近年の通信技術等の進歩に伴い、ビデオ会議システムは実用段階に入っている。しかし、既存システムは一般に対話者間の視線が一致しないなど臨場感が十分でないために相手の表情が読み取りにくく、重要な意志決定会議あるいは創造活動のための会議等には使用できない問題点がある。本稿では、グラスビジョンと呼ばれる特殊なディスプレイを用いた視線一致型ビデオ会議システムについて、その原理と効果について議論する。

MONJUnoCHIE System : Video Conference System with Eye Contact for Decision Making

Hiroshi YASUDA* Terumasa AOKI* Kustarto WIDOYO*
Nobuki SAKAMOTO* Kazunori SUZUKI** Toshiki SABURI**

*The University of Tokyo, Research Center for Advanced Science and Technology

** DENSO CORP., Ceramics R&D Dept.

By the recent evolutionary progress of network and terminal technologies, current videoconference systems are in the level of practical use. The existing systems, however, would not be fully useful for decision making process since eyes of users can not always be in contact that makes it difficult to read the expression of partners. In this paper, we discuss the principle and the impact of "MONJUnoCHIE System", a videoconference system with eye contact using a special display device called "Glass Vision".

1. はじめに

近年の通信技術、画像処理技術等の急速な進歩に伴い、ビデオ会議システム実現のための技術要素が次第に整いつつある。ビデオ会議システムは、ビジネス、パーソナル両面で非常に利用価値の高いネットワークアプリケーションであり、21世紀初頭にも実現されるFTTH (Fiber To The Home) 時代の主要アプリケーションとして大きな期待を集めている。ビジネス面では、出張経費削減等の雇用者側から見た長所、出張による疲労や移動時間削減等の被雇用者側から見た長所がうまく合致しており、また、パーソナル面では、体の不自由な高齢者と遠隔地に居る子供や孫との会話、遠隔地の恋人同士、友人同士等の会話に広く使用されることになるであろう。

一般に会議の形態は、伝達会議、調整会議、決定会議、創造会議、懇親会議等に分類でき、その目的によって会議システムへの要求条件は異なるが、決定会議、創造会議、懇親会議等では「視線一致」および「実物大画像」などを含む臨場感が非常に重要な要素となる。また、懇親会議やパーソナルユースではお互いの親睦を深めるために「接近感」も重要な要素となろう。

例えば、ある会議に欠席することを想定する。この場合、会議を欠席して後日議事録を読む場合と、実際にその会議に出席した場合とではその会議に対する理解度は大きく異なるのが普通である。これは、会議中の人の表情や会議中の雰囲気などのノンバーバルコミュニケーションがいかに重要であることを示している。

したがって、このような会議への応用を想定したビデオ会議システムを設計するにあたっては、これらの要素を十分に考慮してシステム構築を行う必要がある。

本稿では、上記の状況を踏まえ、決定会議、創造会議、懇親会議等を想定したビデオ会議システムとして、「文殊の知恵システム」と呼ぶ新しいビデオ会議システムアーキテクチャを提案する。文殊の知恵システムは、グラスビジョンと呼ばれる特殊なディスプレイを用いることにより、上述した3つの要素(視線一致、実物大画像、接近感)を実現したビデオ会議システムである。本稿では、まず2章で既存ビデオ会議システムの分類とその概要、問題点について整理し、続く3章では、文殊の知恵システムの原理およびプロトタイプ

について概説する。4章では、文殊の知恵システムに対するアンケート調査の結果について報告し、最後に5章で本稿のまとめと今後の検討課題を整理する。

2. ビデオ会議システムに関する従来の研究

2.1 ビデオ会議システムの分類

これまでビデオ会議システムは大別すると、

(1) 在席型システム

(2) 高臨場感型システム

に分類できる。(1)在席型システム^{[1][2]}は、自分の席に座ったまま手元のPC (Personal Computer) を使用してビデオ会議を行うシステムで、一般に、大規模な端末を必要としない、専用の会議室を必要としない、会議室への移動がない、低コストである、などの利点がある反面、大きな声が出せない(近くの人に迷惑がかかる)、画面が小さい、などの欠点がある。さらに、視線一致、実物大画像、接近感などが実現できないため、臨場感に欠け、創造会議等では十分な会議効率は期待できない。

一方、(2)高臨場感型システムは、あたかも直接対面しているような臨場感を有することを目的とし、一般に端末規模が大きいなどの欠点があるものの、決定会議、創造会議、懇親会議等の場合には、(1)の在席型システムと比較してはるかに会議効率が高くなることが期待できる。

2.2 高臨場感型ビデオ会議システムに要求される性能

高臨場感型ビデオ会議システムでは、臨場感を高めるために、

(1) 視線一致

(2) 実物大映像

(3) 接近感

を支援できることが望ましい。

(1)視線一致については、ハーフミラーを用いたシステム^{[3][4]}が最も広く知られている。しかし、ハーフミラーを用いると、カメラへの光量が不足したり、画面が奥まって見えるなどの問題点があり、十分な臨場感は得られない。また、ハーフミラー型以外では、透明/

散乱を交互に繰り返す液晶スクリーンを用いたシステム¹⁶⁾、視線を検出し仮想空間上での視線一致を実現するシステム¹⁷⁾、小型ディスプレイを複数用いディスプレイ1つあたり会議参加者1人を映し出すシステム¹⁸⁾などの研究例がある。しかし、これらの手法を用いた場合、視線一致と(2)実物大映像の双方を同時に実現することは一般に非常に困難である¹⁹⁾。

また、(1)(2)を同時に満たすシステムとして、特殊フィルムを用いた MAJIC システム²⁰⁾がある。MAJIC システムは、(1)(2)に加え、多視線一致やゲイズアウェアネスまで実現可能な優れたシステムであるが、原理的にディスプレイに近づくとき自分の影がディスプレイに映ってしまうため、(3)接近感については支援できない。

以上のように、上記(1)~(3)のすべてを支援しているシステムの研究例はなく、特に(3)については実現例が皆無であることがわかる。しかし、文献[8]で「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」という報告がなされているように、懇親会議、パーソナルユース等ではこの「接近感」は極めて重要な要素となる。

3. 文殊の知恵システムの構築

3.1 文殊の知恵システムの概要

本章では、新しいビデオ会議システムとして、文殊の知恵システムを提案する。文殊の知恵システムは、2.2で述べた3項目、すなわち、視線一致、実物大映像、接近感のすべてを実現した高臨場感型ビデオ会議システムであり、決定会議、創造会議、懇親会議等への応用を想定している。

本提案システムの名称「文殊の知恵」は、言うまでもなくことわざ「3人寄れば文殊の知恵」からコピーしたものである。対面環境の場合、相手の表情や場の雰囲気等のノンバーバル情報をうまく活用しながら円滑な対人関係を保っているが、これらのノンバーバル情報を一切無視して各人が話し続けたら（あるいは黙り続けたら）、「文殊の知恵」どころか「船頭多くして船山に登る」状況となることは必然である。遠隔地を結んだビデオ会議システムにおいても、これらのノン

バーバル情報を高臨場感で伝えることは「文殊の知恵」を生み出す上で極めて重要であり、それが可能な本提案システムを「文殊の知恵システム」と名づけている。

3.2 文殊の知恵システムの端末構成

文殊の知恵システムで用いる端末（以下、「文殊端末」と呼ぶ）の概要図を図1に示す。文殊端末は、文殊端末用特殊ディスプレイ、ビデオカメラ、液晶プロジェクタ、台形歪み補正回路から構成されており、ビデオカメラはディスプレイ中央の法線方向の位置に、液晶プロジェクタはディスプレイの法線方向と角度 θ の位置にそれぞれ設置させる。

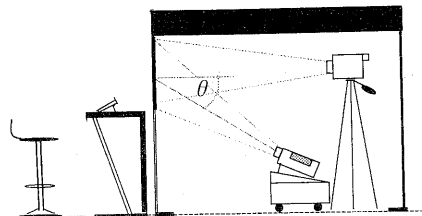


図1 文殊端末の概要図

3.3 文殊端末用特殊ディスプレイ

文殊の知恵システムでは、ディスプレイとして株式会社デンソーが開発した「グラスビジョン」を用いている。

グラスビジョンは、ホログラムスクリーンと液晶プロジェクタによって構成されており、ホログラムスクリーンの裏側から液晶プロジェクタを用いて投射することにより、表側にいる人間に対し透明なホログラムスクリーン上に映像を再生する。

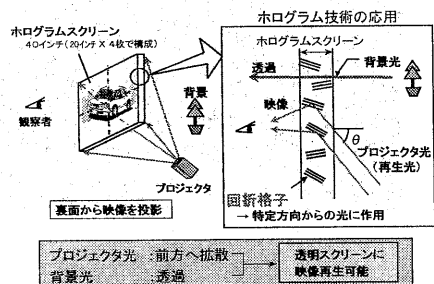


図2 文殊端末用特殊ディスプレイ（グラスビジョン）の原理

ホログラムスクリーンは、ホログラム技術を応用したもので、フォトポリマーにレーザ光を照射し、参照光との干渉による干渉縞を回折格子として形成したものである。この回折格子は、特定方向（スクリーンの法線に対し角度 θ で入射）からの再生光（プロジェクタ光）のみに作用し、再生光を前方へ拡散する働きをする。一方、背景光は通常ガラスのようにホログラムスクリーンを透過する（図2）。

したがって、この特殊ディスプレイを用いて図1の文殊端末を構成した場合、ビデオカメラでは表側にいる会議参加者の正面映像をガラス越しに撮影することができ、逆に会議参加者からは液晶プロジェクタから投射される相手映像を見ることができる。このように、本システムは原理的に会議参加者とディスプレイとの距離に制限がないため、視線一致、実物大映像はもちろんのこと、ディスプレイに対する接近感（ディスプレイに接近している様子が相手に伝わる）が得られる。さらには、実際に参加者同士の指をディスプレイに接触させると、あたかも1枚のガラス越しに相手がいるかのようにお互いの指が完全に一致する（以下、「ET (Emotional Telecommunication) タッチ」と呼ぶ）。

3.4 文殊の知恵システムの試作

3.2、3.3で述べた原理に基づき、文殊の知恵システムのプロトタイプを実装した。図3に文殊端末の側面の様子を示す。

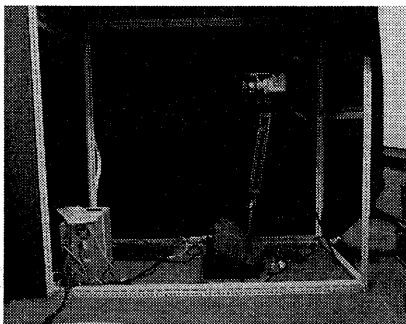


図3 文殊端末の試作

今回のプロトタイプでは、端末の寸法は高さ200cm、奥行き230cmであり、40インチディスプレイを用いている。

また、図4に今回のプロトタイプの接続構成図を示

す。今回のプロトタイプでは、簡易システムとして、2台の文殊端末を直結する形で1対1通信を行っており、ネットワーク機器等は使用していない。

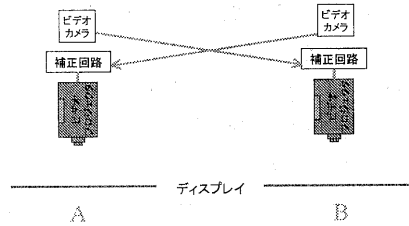


図4 文殊の知恵システムの接続構成図

3.5 視線一致およびET タッチ

図5に文殊の知恵システムを用いた視線一致実現の様子を示す。図5では、文殊の知恵システムが「視線一致」および「実物大映像」を支援していることがわかる。

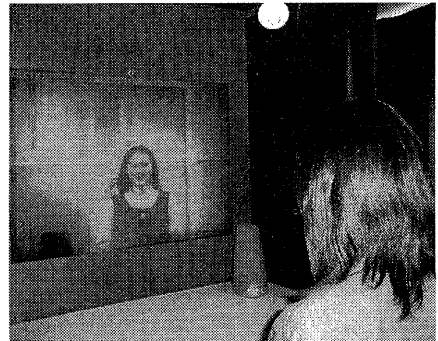


図5 文殊の知恵システムを用いた視線一致の例

また、図6にET タッチ実現の様子を示す。これにより、あたかもガラス越しに相手が実在するかのような高臨場感が得られていることがわかる。

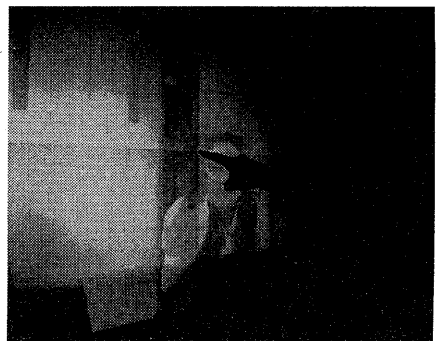


図6 文殊の知恵システムを用いたET タッチの例

4. 文殊の知恵システムの評価

4.1 評価方法

本章では、1998年7月および10月に東京大学先端科学技研究センター安田研究室の公開にて行われた文殊の知恵システムに対するアンケート調査の結果について報告する。アンケート調査は有効被験者数72人に対して行い、視線一致による臨場感、会議効率、ETタッチによる臨場感、画像品質の4項目について主観評価を行った。

4.2 視線一致による臨場感の評価

図7左上に視線一致による臨場感に対するアンケート結果を示す。このアンケートでは、文殊の知恵システムと通常の視線不一致型ビデオ会議システム（ビデオカメラをディスプレイの上部に配置したもの）^[10]を比較する形で行った。

図7では、被験者全員が視線不一致型よりも視線一致型（文殊の知恵システム）が良いと回答しており、臨場感を高める上で視線一致が非常に重要であることが示されている。

4.3 会議効率の評価

図7右上に文殊の知恵システムを用いた場合の会議効率に対するアンケート結果を示す。このアンケートも前節同様、文殊の知恵システムと通常の視線不一致型ビデオ会議システムを比較する形で行った。

図7では、約94%の被験者が「視線一致型のほうが会議効率が高まる」と回答している。また、「両者に差はない」と回答した2名はいずれも「会議中相手の顔を見ることはほとんどないから」とコメントしている。

4.4 ETタッチによる臨場感の評価

図7左下にETタッチによる臨場感に対するアンケート結果を示す。ここでも、無回答3名を除く被験者全員がETタッチによる臨場感の効果を認めている。

4.5 映像品質の評価

図7右下に文殊の知恵システムの映像品質に対するアンケート結果を示す。

図7に示す通り映像品質の評価はややばらつきがあ

り、「普通」以上と回答した被験者は約60%にとどまった。映像品質に不満を持つ被験者からは、

- (1) 色あいが良くない
- (2) フリッカーが気になる
- (3) ゴーストが見える

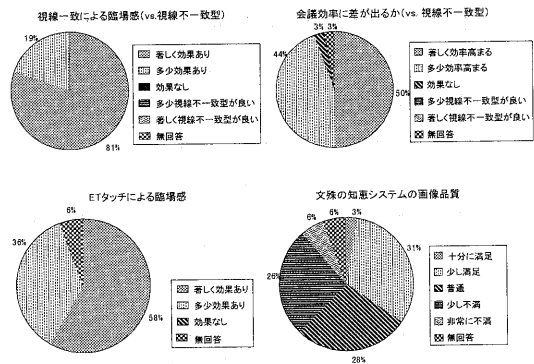


図7 文殊の知恵システムの評価

などの意見が多く聞かれた。(1)(2)についてはグラスビジョンおよび端末設計の改善によりある程度解決するものと思われる。また、(3)については次の4.6節で述べる。

4.6 その他の評価

4.2~4.5の評価以外の被験者の声として、下記の意見が聞かれた。

- (1) テーブルとディスプレイの高さの不一致
一部の被験者から、テーブルとディスプレイの高さを一致させるべきとの指摘を受けた。
テーブルとディスプレイの高さを一致させ、会議参加者間で仮想的にテーブルを共有させることは、臨場感を高める上で重要であるばかりでなく、一致している視線をはずしたい時の言い訳を用意する（例えば卓上の書類に目を通すことなど）という意味でも重要である^[11]。現在、テーブルとディスプレイの高さを一致させるように今回のプロトタイプを改良しているところである。
- (2) 自分の映像のゴーストが見える
一部の被験者から、わずかながらディスプレイ上に自分の映像のゴーストが見えるとの指摘を受けた。これは、プロジェクタから投射された光の一

部をビデオカメラが拾ってしまうために生じる現象である。この現象に対応するため、現在、ゴースト除去回路の設計を行っているところである。

(3) 端末サイズが大きい

現在の端末サイズは一般の企業、家庭に設置するには大きすぎるとの意見が聞かれた。今回のプロトタイプではサイズ面の最適化設計がなされていないため、最適化設計をすれば 10%程度の小型化は可能であるが、それ以上の改善については、今後、液晶プロジェクタ位置、ビデオカメラ位置の変更等を含めた端末サイズの最小化設計を行う必要がある。

(4) ET タッチの有効性

被験者のある弁護士から「被疑者との接見に ET タッチ可能な文殊の知恵システムは大変有効」との意見が聞かれた。現在、接見はガラス越しに行われているため、「ガラス越しの対面環境」を支援する文殊の知恵システムはまさに最適なのであろう (図 8)。



図 8 ガラス越し対面環境の実現

5. まとめと今後の課題

本稿では、決定会議、創造会議、懇親会議等の高臨場感を必要とする会議を支援する目的として、文殊の知恵システムを提案、試作した。文殊の知恵システムは、視線一致、実物大映像に加え、接近感、ET タッチなど従来実現が困難であった環境を支援しており、あたかも 1 枚のガラスを挟んで対面環境にあるかのような高臨場感を提供できる。

今後は、4.6 で述べたテーブルの共有、ゴースト除去、端末の小型化等の研究課題に加え、現在のシステ

ムを 3 端末以上に拡張し、多視線一致、ゲイズアウェアネスの支援、さらには多地点 ET タッチ環境の支援などについて研究開発を進める予定である。

謝辞

本稿の校正および写真撮影に御協力頂いた東京大学先端科学技術研究センター安田研究室の巴庸子氏、長田礼子氏に深謝致します。

文献

- [1]S. R. Ahuja, "The Rapport Multimedia Conferencing System", *Proc. Of Office Information Systems*, 1998.
- [2]K. Watabe, S. Sakata, K. Maeno, H. Fukuoka and T. Ohmori, "Distributed Multiparty Desktop Conferencing System : MERMAID", *Proc. Of CSCW '90*, 1990.
- [3]W. Buxton, "Telepresence : Integrating Shared Task and Person Spaces", *Proc. Of Graphic Interface '92*, 1992.
- [4]K. Nakazawa, "Proposal of a New Eye Contact Method for Teleconferences", *IEICE Trans. On Communication, Vol. 76, No. 1*, 1993
- [5]S. Shiwa and K. Nakazawa, "Eye Contact Display Technologies for Visual Telecommunications", *NTT REVIEW, Vol. 5, No. 2*, 1993.
- [6]H. Takemura and F. Kishino, "Cooperative Work Environment Using Visual Workspace", *Proc. of CSCW '92*, 1992.
- [7]A. J. Sellen, "Speech Patterns in Video Mediated Conversations", *Proc. of CHI '92*, 1992.
- [8]岡田 謙一, 松下 温, "臨場感のある多地点ビデオ会議システム : MAJIC", *情報処理学会論文誌 Vol. 36, No. 3*, March, 1995.
- [9]K. Okada, F. Maeda, Y. Ichikawa and Y. Matsushita, "Multiparty Videoconferencing at Virtual Social Distance : MAJIC Design", *Proc. of CSCW '94*, 1994.
- [10]村上 治監修, "画像通信システム", 電子情報通信学会編, コロナ社, 1990.