

NAIST-IS-MT9451026

## 修士論文

# 遠隔講演における講演状況提示手法の提案と評価

尾花 長直

1996年2月16日

奈良先端科学技術大学院大学  
情報科学研究科 情報システム学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に  
修士(工学) 授与の要件として提出した修士論文である。

尾花 長直

指導教官： 横矢 直和 教授  
千原 國宏 教授  
竹村 治雄 助教授

# 遠隔講演における講演状況提示手法の提案と評価\*

尾花 長直

## 内容梗概

計算機ネットワーク技術の急速な発達により, 映像や音声で遠隔地を結び講演を行う遠隔講演が注目されている. 遠隔講演は, 主に多数の参加者をホールや大会議室などに集めて行われることが多いが, 計算機及び計算機ネットワークを用いることにより, ホールなどに出向くことなく, 自分の計算機上で手軽に講演に参加するという新たな形態の遠隔講演が可能となる. ただし, この形態の遠隔講演を円滑に進行するためには, 講演者と聴講者の間のインタラクションを支援し, 講演状況を把握する手がかりとなる情報をリアルタイムに提示する必要があると考えられる.

そこで, 本研究では, 講演状況を提示するため, 表情や動作を抽象化したシンボルを予め用意し, それらを講演の参加者が必要に応じて切り替える手法を提案する. 本手法を用いることで, 参加者の興味を喚起し, かつ, データ伝送容量を抑えたまま自然かつ直観的に参加者のコミュニケーションが行われ, 臨場感ある講演を行うことができる.

本論文では, 提案手法およびその有効性を評価するために行った実験とその結果を報告する.

## キーワード

遠隔会議, 遠隔講演, 講演状況, 静止画像, アイコン, シンボル

---

\*奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報システム学専攻 修士論文, NAIST-IS-MT9451026, 1996年2月16日.

# A Method of Displaying presentation status at a Distributed Presentation\*

Osanao Obana

## Abstract

Recently computer network technology has been rapidly developed, and distributed presentations with video and audio connections over a computer network attract much attention. Most distributed presentations are held in a hall or a large conference room with many participants, but participants can take part in a distributed presentation easily by using their computers and a computer network without going there. To progress such a distributed presentation smoothly, it is needed to support interactions between the speaker and the audience and display key information of presentation status over a computer network.

In this paper, I propose a new method that participants properly switch previously prepared symbols, which are abstracted from facial expressions and activities, at a distributed presentation. Our method has three merits: attracting participant's interest, lowering network bandwidth and displaying presentation status spontaneously and intuitively.

This paper describes the detail of the proposed method and the results of experiments in which we evaluated the effectiveness of the method.

## Keywords:

distributed conference, distributed presentation, presentation status, snapshot, icon, symbol

---

\*Master's Thesis, Department of Information Systems, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-MT9451026, February 16, 1996.

# 目次

1. はじめに	1
2. 遠隔会議支援システムに関する従来研究	3
2.1 遠隔会議とは	3
2.2 遠隔講演における状況提示の要件	4
2.3 遠隔会議における状況提示手法	5
2.3.1 実映像を伝送する	5
2.3.2 カメラを操作する	6
2.3.3 アイコンを利用する	7
2.4 遠隔会議における状況提示手法の評価	8
3. 講演状況提示手法の提案	10
3.1 提案手法の方針	10
3.1.1 データの伝送容量の低減	10
3.1.2 講演状況の把握	10
3.1.3 興味の喚起	11
3.2 提案手法	12
3.2.1 提案手法の概念	12
3.2.2 提案手法の実現:表情と動作の伝達	13
3.3 提案手法の特徴	15
4. 評価実験	17
4.1 実験における遠隔講演のモデル	17
4.2 実験システム	18
4.2.1 資料の共有	19
4.2.2 音声の伝送	20
4.2.3 講演状況の提示	20
4.3 実験環境	22
4.4 評価実験の内容	22

<b>5. 実験結果の評価と考察</b>	<b>27</b>
5.1 講演者から聴講者への情報伝達 . . . . .	27
5.2 聴講者から他者への情報伝達 . . . . .	28
5.3 表情と動作 . . . . .	29
5.3.1 表情 . . . . .	29
5.3.2 動作 . . . . .	31
5.4 自由回答 . . . . .	32
5.4.1 講演者からの自由回答 . . . . .	32
5.4.2 聴講者からの自由回答 . . . . .	33
5.5 実験の総括 . . . . .	34
<b>6. まとめ</b>	<b>36</b>
謝辞	38
参考文献	39

## 図目次

1	計算機を用いた遠隔会議システム . . . . .	3
2	GestureCam . . . . .	7
3	アイコンを用いる研究例 . . . . .	8
4	提案手法の概念図 . . . . .	13
5	表情を表す静止画 . . . . .	14
6	動作を表すシンボル . . . . .	15
7	遠隔講演の概念図 . . . . .	18
8	資料共有ウィンドウ SDW . . . . .	19
9	nv のコントロールパネル . . . . .	21
10	講演者および聴講者を含む SCW . . . . .	22
11	CCW . . . . .	23
12	実験 A . . . . .	24
13	実験 B . . . . .	25
14	実験 C . . . . .	26

## 表目次

1	従来の状況提示手法の評価 . . . . .	9
2	遠隔講演のタイプ . . . . .	17
3	実験の種類 . . . . .	23
4	講演者から聴講者への情報伝達方法 . . . . .	27
5	ウィンドウを見た頻度 (評価値/順位) . . . . .	27
6	聴講者から他者への情報伝達方法 . . . . .	28
7	ウィンドウを見た頻度 (評価値/順位) . . . . .	29
8	表情に関する定性評価の平均値 . . . . .	30
9	表情の切り替え回数 . . . . .	30
10	動作に関する定性評価の平均値 . . . . .	31
11	動作の切り替え回数 . . . . .	31

## 1. はじめに

ここ数年における計算機および計算機ネットワークの急速な発達と普及を背景として、地理的に分散した環境にいる人々の協調作業を支援するグループウェアの研究が盛んに行われるようになった。これらのグループウェアの中で、分散環境にあるグループ間で会議を行う遠隔会議システムが注目されている。これは、会議が日常頻繁に行われる協調作業であるため [1] で、これらの遠隔会議に関する研究は、在宅勤務やサテライトオフィス、遠隔教育などへの幅広い応用が期待されている。

遠隔会議では、会議の参加者が分散しているため、会議を進行する際に、参加者が他の参加者とコミュニケーションを図り、会議の状況を把握する必要がある。そのため、遠隔会議システムでは、会議の参加者の映像や音声を各参加者に伝送する。

これらの遠隔会議の中で、会議の一種である講演を分散環境において支援する遠隔講演への興味もますます増加している。この分野では、遠隔教育や企業の社員教育などへの応用が期待されており、実例として、Stanford 大学教育テレビネットワークやシカゴ大学テレビなどの教育課程の放送が行われている [3]。

従来の遠隔講演では、主に聴講者を多数収容できるホールや大会議室などの施設を映像や音声で結ぶという形で行われてきた。前述した計算機の普及と、それを結ぶ計算機ネットワークの整備により、新しい形態の遠隔講演が登場した。それは、遠隔講演を計算機および計算機ネットワークを利用して支援することで、ホールなどに出向くことなく、自らの計算機上で手軽に講演に参加することを可能にする新しい形態の遠隔講演システムである。この形態での遠隔講演では、聴講者が分散しているため、前述した遠隔会議と同様に、参加者がコミュニケーションを図り、講演の状況を把握する必要がある。そこで、Isaacs らの Forum [3, 4] では、地理的に分散している講演者と聴講者がコミュニケーションを行うため、カメラから撮影した講演者の実映像をデジタル回線を用いて各聴講者に伝送する。この方法により、表情やふるまいといった非言語的な視覚情報を伝えることができる。これらの映像は、話題になったものをその場で撮影して見せるといった柔軟な使用が可能であるが、実際には参加者の画像が単調に伝送されていることが多いと考えられる [2]。聴講者側からは、講演の性質やデータ転送量等の問題から動画像を伝送する

のだけでなく、文字通信や匿名での投票システム、音声メールなどのコミュニケーション方法を用いて情報が伝達される。しかし、聴講者と講演者がコミュニケーションを行うには、これらの方法だけでは不足であると指摘されており [3]、情報量の多く、自然なコミュニケーション方法が必要とされている。このように、Forum などの計算機を用いる新しい形態の遠隔講演システムでは、その計算機を有効に活用することによって、効果的に講演状況を提示する手法の確立が望まれている。

そこで、本研究では、「疑問」や「興味」等の表情を表す静止画像や「笑い」や「拍手」等の動作を表すアイコンを予め用意し、それらを講演の参加者が必要に応じて切り替えることにより、講演状況を提示する手法を提案する [5]。本手法を用いることで、参加者の興味を喚起し、かつ、帯域幅を抑えたまま自然かつ直観的に参加者間のコミュニケーションが図られ、臨場感ある講演を行うことができると考えられる。

以下、第2章で、従来遠隔会議で用いられてきた状況提示手法を、遠隔講演の講演状況提示に求められる要件に基づき評価し、遠隔講演の状況提示手法確立の指針とする。第3章では、2章の結果を考慮に入れ、講演状況提示手法を提案し、その概念および実現について述べる。第4章では、提案手法の有効性を調べるため、計算機および計算機ネットワークを用いて各聴講者のデスクを結ぶ遠隔講演に提案手法を適用した実験について報告する。得られた実験結果と知見を第5章で報告し、最後に第6章で結論と今後の課題についてまとめる。

## 2. 遠隔会議支援システムに関する従来研究

### 2.1 遠隔会議とは

遠隔会議システムでは、地理的に分散した参加者が、お互いの映像や音声を送受信することで状況を把握し、会議を行うことができる。さらに、遠隔会議システムを計算機および計算機ネットワークで支援することにより、映像や音声に加え、会議資料などの有用なツールを共有し、より円滑に会議を進行することができる(図1)。このように、計算機が用いられる遠隔会議支援システムでは、主に、

- 視覚情報(映像)の伝送
- 聴覚情報(音声)の伝送
- 会議に有用な会議資料やホワイトボードなどを共有

などの機能をもつ。

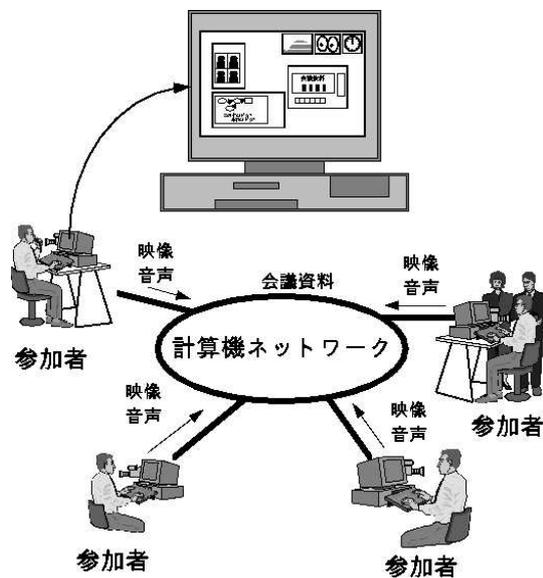


図1 計算機を用いた遠隔会議システム

## 2.2 遠隔講演における状況提示の要件

前節で述べたように、遠隔会議システムでは、会議の参加者が分散している。そのため、なんらかの方法で、お互いがコミュニケーションを行い、現在の会議状況を把握する必要がある。これは、遠隔講演においても同様である。

講演は通常一人の講演者と複数の聴講者の間で行われる。そこで、講演状況を把握するための手がかりとなる情報は、

- 講演者から聴講者への情報
- 個々の聴講者から講演者を含む他の参加者への情報

に大別できる。講演という性質上、講演者から聴講者への情報が大半であり、聴講者からの情報は少ない。ただし、講演者が聴講者からの情報(拍手、笑い、質問の答えに対する反応など)をたよりに状況を把握する場合もあれば、聴講者がお互いの情報(他の参加者の興味の度合など)から状況を把握する場合もある [3]。

そこで、遠隔講演システムにおいて、講演状況を把握するためには、講演者から聴講者への情報伝達を重視すべきであると考えられる。遠隔講演システム Forum では、講演者から聴講者へ発信される情報を重視し、講演者の映像が 400kbps の転送レートで映像として伝送され、音声は 64kbps の転送レートで伝送される。ただし、ここで用いられる映像は、秒間 3,4 フレームしか伝送されず、詳細に状況を伝えることができないと考えられる。また、講演中は講演者の表情を単調に撮影していることが大半だと思われる [2]。

また、聴講者からは、講演者を妨げることなく、円滑にコミュニケーションを図ることができる情報伝達が望まれる。また、聴講者は比較的多数であるため、聴講者からの情報はデータ転送容量を低減する必要があると考えられる。そこで、Forum では、文字通信や匿名での投票システム、音声メールなどの方法で情報が伝送される。ただし、これらの方法だけでは、聴講者からのフィードバックの情報量が少ないため、笑いや拍手といったふるまいを伝送することができず、Forum 上で講演者と聴講者がコミュニケーションを行うことは困難であると指摘されており [4]、できるだけ自然かつ情報量の多いフィードバックが望まれている [3]。

このように, Forum に代表される計算機の支援による遠隔講演システムにおける状況提示には, データ伝送容量を低減し, 表情やふるまいなどの視覚情報を自然に伝達して講演状況の把握を促進することが望まれる. さらに, 聴講者の興味を喚起することが可能となれば, 講演を面白いものとし, 講演内容の理解の促進につながると思われる. 次節では, これらの要件を満たす講演状況提示手法を確立する際の指針とするべく, 従来遠隔会議において用いられてきた状況提示手法を挙げ, つづいて, 従来手法を遠隔講演に適用したと仮定した場合の評価を行う.

## 2.3 遠隔会議における状況提示手法

遠隔講演を含む, 従来遠隔会議システムにおいて, 参加者の表情やふるまいなどの非言語的な情報を伝え, 状況把握を支援するにおけるアプローチには, 主に以下の3種類のものがある [6].

1. 実映像を伝送する.
2. カメラを操作する.
3. アイコンを利用する.

以下, この3種類の手法について詳述する.

### 2.3.1 実映像を伝送する

実映像を伝送するアプローチでは, 映像伝送系がアナログのものとデジタルのものに大別できる. アナログ系の映像伝送を行っているシステムでは, Cruiser[6], media space[7], CAVECAT[8], Hydra[9], TeamWorkstation [10] などが挙げられる. これらは, 映像伝送系にアナログ系を用いているため画質はよいが, それがそのまま遠隔地に拡張できない [6].

また, デジタル系の映像伝送を行っているシステムでは, Forum[3] をはじめ, Portholes[11], Montage[12], RAVE[13], Polyscope[14] などが挙げられる. これらは, 低フレームレートであり, また画質が悪い. そこで, B-ISDN や FDDI, さ

に,ATM 技術などの出現による大容量・高速ネットワークを前提としたシステムもある (PMTC[15], MERMAID[16]).

これら動画像を用いた手法では,常に情報が伝達されるため,その場で話題になったものを見せるといった柔軟な使用が可能であり,詳しく状況を把握することができる反面,たとえ高画質の画像であっても,会議の参加者の表情を単調に伝送していることが多いと考えられる [2].

### 2.3.2 カメラを操作する

前節の手法では,カメラを用いて柔軟に状況を伝えられるものの,その能力が十分に発揮されていない.そこで,カメラの能力を存分に発揮することを目的とした研究が盛んに行われている.これらは,見る側の要求を満たすよう,撮影するカメラを操作して,本当に必要とされる詳細な情報を得ようとする方針に基づく研究であり, [2, 18, 6, 19, 20, 21] の研究が挙げられる.

まず,[2] の研究では,映像メディアとして先輩である TV 映像のカメラワークに習ったカメラワークを用いてカメラを操作するもので, [18] は炭野らが提唱する議事推移モデルにしたがったカメラワークを用いてカメラをリアルタイムに操作するものである.これら 2 つの事例では,使用するカメラワークを実現したアルゴリズムを用いて,計算機制御によりカメラを操作する.

[6, 19] の研究では,マップビューと呼ばれるオフィス内のカメラの位置や視野を示す地図により,遠隔地にいるユーザが自由にカメラを操作する.また,[20, 21] は,マスタアクチュエータと呼ばれる 3 自由度をもつ装置に伴って,遠隔地に設置されたアクチュエータにカメラを備えた GestureCam を操作するものである (図 2). これらの手法では,見る側のユーザが遠隔地からカメラをリアルタイムに操作することができる.

これらのカメラを操作する手法では,会議の参加者のニーズに合わせた情報を伝達することにより,興味を喚起することができ,詳しく状況を把握することも可能である.ただし,動画像を伝送しているため,伝送するデータ容量は比較的多くなる.

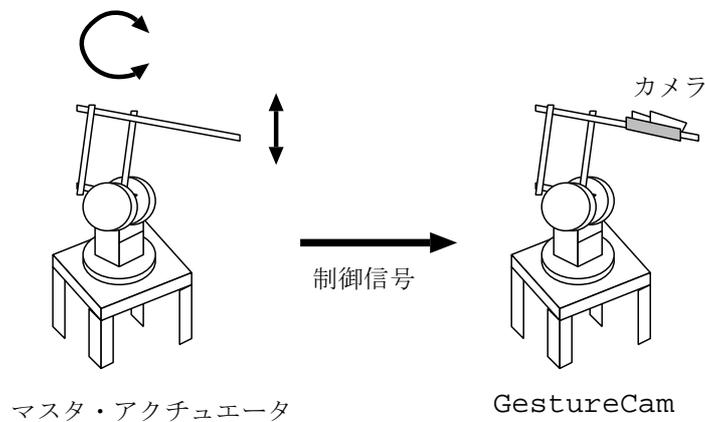


図 2 GestureCam

### 2.3.3 アイコンを利用する

使用できる帯域幅が限られているという前提のもと、データ転送容量の低減をねらいとした研究も行われている。これらの研究では、Vrooms[14](図 3(a)), DIVA[17](図 3(b)) が挙げられる。これらは、人や部屋などの実空間に存在する要素を抽象化したアイコンを利用する。例えば、Vrooms ではアイコンどうしを近付けることで、また DIVA ではアイコンが同じ部屋を表すウィンドウ内にあるで、映像チャンネルと音声チャンネルが開かれ、より親密なコミュニケーションを行うことができる。このように、実空間の要素を抽象化したアイコンと仮想空間を用いて、自然で直観的なインタフェースを提供している。

これらアイコンを用いる手法では、実際の映像を伝送するのではなく、人や部屋といった要素をシンボルとして抽象化し、絶えず情報を伝送することを避け、必要な時に必要と思われるだけのデータしか伝送しないことにより、伝送されるデータ量の削減に貢献している。しかし、通常状態では、Vrooms のアイコンは低解像度でフレームレートの低い動画像であり、DIVA のアイコンは静止画像である。よって、ある人が違う場所に移動したなどの定型的なふるまいに関する情報はリアルタイムで伝送されるものの、表情の変化や非定型なふるまいなどはリアルタイムに伝わってこない、すなわち即時性がないと思われる。

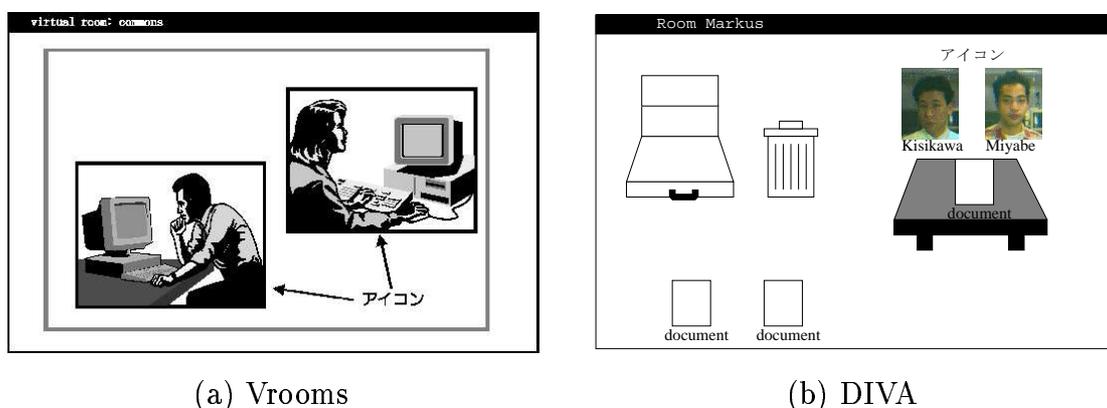


図 3 アイコンを用いる研究例

## 2.4 遠隔会議における状況提示手法の評価

遠隔講演の状況提示手法を確立する際の指針とするため、2.2 節で述べた遠隔講演の状況提示の要件から、従来の遠隔会議の状況提示手法を評価する。

まず、データ伝送容量の観点では、実空間の要素をアイコン化することにより、絶えずデータを伝送することを避けているアイコンを用いる手法が優れている。動画像を用いる手法とカメラを操作する手法では、双方動画像を用いるため、データ転送容量が比較的多くなる。ただし、低フレームレートの動画像であれば、データ転送容量は問題にはならない。

つぎに、状況の把握の観点から、Forum の文字表示などと比較して、動画像や静止画像を用いることで、すべての手法で自然で直観的な情報伝達が行うことができると考えられる。ただし、アイコンを用いる手法では、アイコンが低フレームレートの動画像や静止画像であるため、即時性がない。また、動画像を用いる手法では、フレームレートが高いものであれば、即時性はある。しかし、柔軟な使用はなされていないことが多い。カメラを操作する手法は、動画像の能力を十分にひき出すことにより、状況の把握に非常に効果的だと考えられる。

最後に、興味の喚起の観点から、動画像を用いる手法は単調に参加者の表情を伝送することが多いと考えられるため、効果的でないと考えられる。アイコンを用いる手法では、抽象化したシンボルとそれを包含する仮想空間により、アミューズメ

ントゲームなどと同様の効果で、参加者の興味を喚起でき、効果的であると考えられる。カメラを操作する手法では、見る側のニーズに合わせた情報が伝達されるため、非常に効果的であると考えられる。

以上、従来遠隔会議で用いられてきた情報伝達手法を遠隔講演に適用したと仮定した場合に考えられる効果を表 1 に示す (◎:非常に効果あり, ○:効果あり, △:効果なし)。

表 1 従来の状況提示手法の評価

手法	データ伝送容量の低減	状況の把握	興味の喚起
映像を伝送	△	○	△
カメラの操作	△	◎	○
アイコンを利用	○	△	○

動画像を用いる手法とカメラの操作を行う手法については、データ伝送容量に問題があるが、講演者から聴講者への視覚情報の伝達に使用することは可能である。ただし、聴講者から情報伝達を行うために聴講者の動画像を伝送することは、必要となるデータ伝送容量が過大になり、ネットワークに負荷をかけてしまうといった帯域幅の問題や、個々の聴講者のためのカメラを用意しなければならないといった物理的制約から、現時点では困難であるとも指摘されており [4]、聴講者からの情報伝達に適用することは現状では難しいと考えられる。

また、アイコンを利用する手法では、データ伝送容量を低減することができるため、講演者、聴講者双方からの情報伝達に使用することができる。ただし、人を抽象化したアイコンに即時性がなく、状況の把握に問題があると考えられる。

これらの結果は、従来手法として紹介した 3 手法が遠隔講演でのコミュニケーションの支援を目的とした手法でないためである。そのため、講演者からの情報伝達には有効に活用できるが、そのままでは、聴講者からの情報伝達に活用することはできない。そこで、本研究では、上記の従来手法の評価を踏まえ、従来手法を応用して、遠隔講演の支援を目的とした講演状況提示手法を提案する。

## 3. 講演状況提示手法の提案

### 3.1 提案手法の方針

本研究では, 前章で述べた通り

- データ伝送容量を低減する
- 講演状況の把握を促進する
- 参加者の興味を喚起する

の3つの要件を満たす講演状況提示手法の確立を目指す.

まず, 各々の要件を満たす方針について説明する.

#### 3.1.1 データの伝送容量の低減

データの伝送容量を低減するには,

- 伝送する情報をデータサイズが小さいものにする
- 抽象化することにより常に情報を伝送することを避ける

などの方法が考えられる. Forum における聴講者からの情報伝達では, 伝送される情報のデータサイズを低減するために, 文字通信機能や音声メール, 匿名での投票機能などを用いる. また, アイコンを用いる手法では, 人をアイコン化することにより, 絶えずデータを転送することを避け, データの伝送容量を低減している.

提案手法では, アイコンを利用する手法と同様に, 必要な時にだけ必要な情報を伝えるデータを伝送する方針をとり, 講演に必要と思われる要素を参加者の表情とふるまいとし, それをシンボル化する.

#### 3.1.2 講演状況の把握

講演状況を把握するために, 本研究では

- 即時性のある状況の提示

- 自然で直観的な状況の提示
- 柔軟な使用による詳細な状況の提示

の3つの重点があると考えた。Forumにおける聴講者からの情報伝達では、文字通信などの機能しかないために自然で直観的な状況提示ができない。遠隔会議で用いられる3手法では、いずれも自然で直観的な状況提示が可能である。ただし、アイコンを利用する手法では、2章で述べたように、アイコンどうしを近付けないと動画像の伝達ができず、通常状態では、定型的なふるまいしか伝えられないため、動画像を伝達する手法が潜在的にも柔軟に使用する能力を使用していないことが多い。また情報の即時性に問題がある。動画像を用いる方法では、即時性のある情報の提示が可能であるが、柔軟な使用から詳細な情報を伝達する能力を十分に発揮していない。カメラを操作する手法では3つの重点すべてを満たしている。

提案手法では、データ伝送容量を低減するため、アイコンを利用する手法と同じく、人の表情およびふるまいをシンボル化することとした。シンボル化により、自然で直観的な状況の提示を行うが、即時性に問題がある。そこで、抽象化したシンボルを講演中に、必要に応じて切り替えることにした。このように、参加者が自らの意思で、必要と思う時にシンボルを切り替えることにより、即時性のある状況提示が可能になると思われる。ただし、あらかじめ抽象化したもの以外を提示することはできず、柔軟で詳細な情報の提示を行うことができない。

### 3.1.3 興味の喚起

参加者の興味を喚起し、講演を面白いものにするには、

- アイコンと仮想空間を用いる
- 見る側の要求を満たす
- 変化をつける

などの方法が考えられる。アイコンを利用する手法では、抽象化したアイコンとそれを包含する仮想空間を用いて、カメラを操作する手法では、見る側の要求をみたくことにより興味を喚起している。本手法では変化をつけることで、参加者の興味

を喚起することを試みる。すなわち、動画像のような連続的な変化ではなく、シンボルの切り替えにより変化を明確にし、その変化で参加者の注目を集め、参加者の興味を喚起することを考えた。

## 3.2 提案手法

### 3.2.1 提案手法の概念

前節で述べたように、提案手法では、

- シンボル化 → データ伝送容量の低減●状況の把握 (自然で直観的な状況の提示)
- シンボルの切り替え → 状況の把握 (即時性のある状況の提示)
- シンボルの切り替えによる明確な変化 → 参加者の興味の喚起

という方法により、講演状況提示手法に望まれる 3 要件を満たす。すなわち、動画像を伝送するのではなく、うまく変化のある部分だけをとらえ (図 4)、その部分をアイコンを用いる手法同様にシンボル化し、リアルタイムに状況を提示するためそれらを適宜切り替えることとした。具体的には、講演におけるコミュニケーションに必要と思われる視覚的な要素をあらかじめ決定し、それらを表したシンボルを切り替える命令だけを伝送する。本手法により、動画像において変化が少しずつ連続的に起きる場合やアイコンを用いた場合の変化の少ない状態とは異なり、変化が明確になり、参加者の興味をひくことができると考えられる。また、シンボルがリアルタイムに切り替えられるため、その時々講演状況の変化を伝えることができ即時性が満たされ、状況の把握を促進すると考えられる。さらに、情報が常に伝送されることを避けるだけでなく伝送される情報がシンボルを切り替える命令だけになり、必要となるデータ伝送容量を劇的に低減できる。

本手法では、講演でコミュニケーションを行うため必要な視覚的な要素を表情と動作 (ふるまい) の二系統ととらえた。そこで、それらを表すために数種類のシンボル (静止画像およびアイコン) を予め用意する。次節にて、用意した表情と動作のシンボルの実現について説明する。

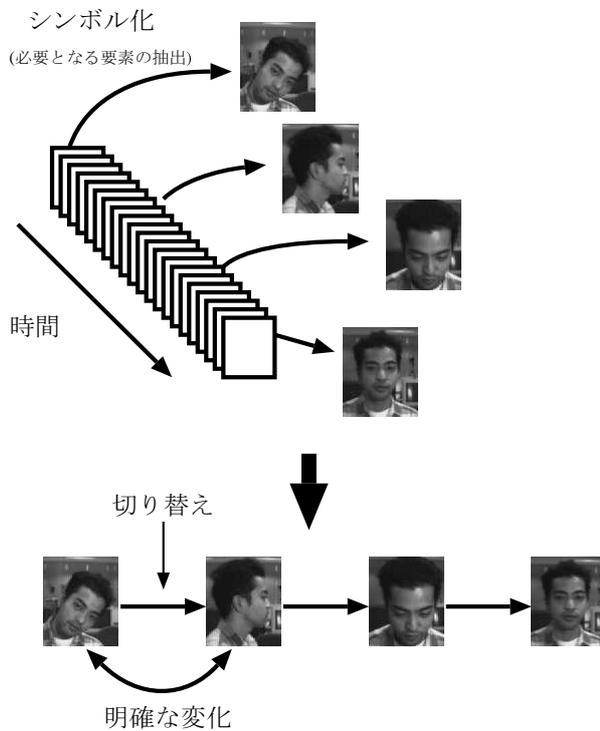


図 4 提案手法の概念図

### 3.2.2 提案手法の実現:表情と動作の伝達

**表情を表すシンボル** 表情の表現には、参加者を撮影した静止画像をシンボルとして用いる。講演のために必要な表情を、通常・疑問・聞く・興味・不満・よそ見 (図 5) とし、それぞれのシンボルを用意した。それぞれのシンボルを静止画像として撮影する方法は、

- 通常」 … 無表情を撮影する
- 疑問」 … 首をかしげる様子を撮影する
- 聞く」 … 手を耳にあてた様子を撮影する
- 興味」 … フレーム一杯に表情の近接像を撮影する

- 「不満」 … 視線を落とし、うつむいた様子を撮影する
- 「よそ見」 … 視線を左右どちらかに向けた様子を撮影する

とした。このように、参加者のさまざまな表情を撮影した静止画像を講演中に適宜切り替える。



図 5 表情を表す静止画

**動作を表すシンボル** 顔の動作は静止画像を、顔以外の動作はアイコンをシンボルとして用いる。今回、講演に必要な動作を、強調する・拍手する・笑う・うなずく・拒否する、とした。それぞれの動作につぎのシンボルを用意した。

- 「強調」 … 黒板で指示棒を降る動作を表すアイコンを 2 枚 (図 6a)
- 「拍手」 … 手の開いた状態と閉じた状態を表すアイコン (図 6b)
- 「笑い」 … 笑う表情が明確なアイコンと明確でないアイコン (図 6c)
- 「うなずき」 … 通常シンボルと不満シンボル (図 6d)
- 「拒否」 … よそ見シンボルと左右対称となるシンボルの 2 枚 (図 6e)

動作の表現には、用意した二枚のシンボルを数百 ms 間隔でアニメーション表示した。なお、笑いは二枚の静止画での表現が困難なためアイコンを用いた。

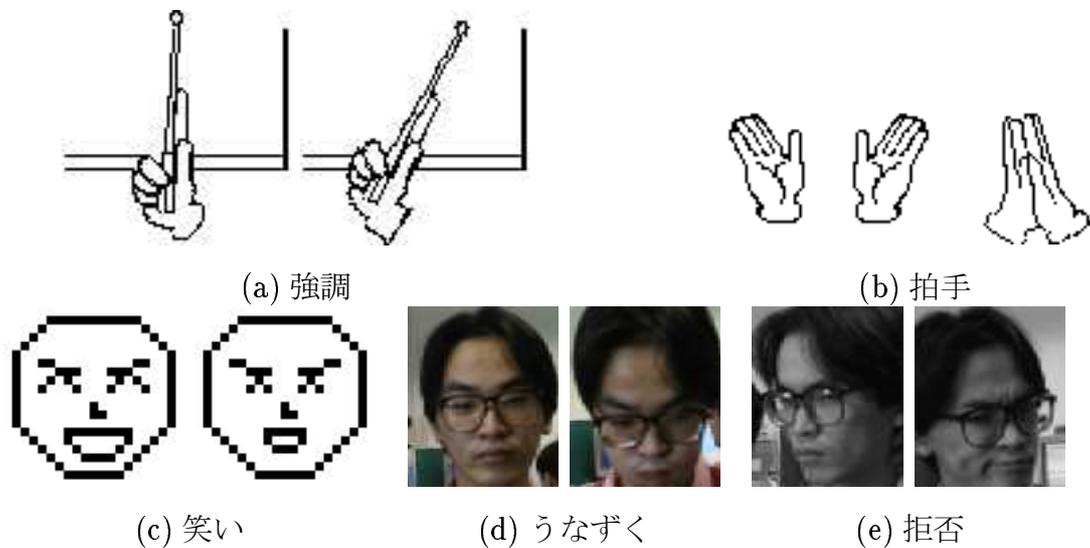


図 6 動作を表すシンボル

### 3.3 提案手法の特徴

前節で述べたように、提案手法では、

- データ伝送容量を低減する
- 状況を把握する
- 参加者の興味を喚起する

ことを目指した。

一方、提案手法では、講演の参加者が必要に応じ、自発的、能動的に、表情および動作を切り替えなければならないという負担が生じる。また、シンボル化した定型的な表情やふるまいは示すことができるが、非定型なものは示すことができないため、柔軟な使用は不可能で、詳細に情報が伝えられない。また、自然に直観的に状況を伝えるために表情シンボルを静止画像としたため、各参加者が表情シンボルに静止画像持つ意味を一意に明確に捉えることができない可能性がある。

本研究では、実験を行い、実際に提案手法を実現した講演状況提示システムを用いて、遠隔講演を行い、提案手法の有効性を評価し、欠点についての考察を行った。

次章の4章で、実際行った実験について報告し、5章で実験結果と実験より得られた知見を報告する。

## 4. 評価実験

本研究では, 提案手法が有効に活用されることを示すため, 評価実験を行った. 2章で述べたように, 講演状況を提示するため手がかりとなる情報は,

- 講演者からの情報伝達
- 聴講者からの情報伝達

に大別できる. そこで, まず, 講演者からの情報伝達に関して, 講演者の動画像と本手法を適用した講演者の状況の提示との比較を行い, つづいて, 聴講者からの情報伝達に関して, 本手法と文字表示のみの講演状況提示との比較を試みた.

### 4.1 実験における遠隔講演のモデル

遠隔講演にも, さまざまな種類のものがあり, 支援すべき要素を明確にするため, 今回行う遠隔講演のモデルを定める必要がある. 坂内 [24] らは, 遠隔講演を講演者と聴講者の状態によって以下の4タイプに分類している (表2).

表2 遠隔講演のタイプ

タイプ	講演者	聴講者
1	ホール	ホール
2	デスクトップ	ホール
3	ホール	デスクトップ
4	デスクトップ	デスクトップ

Forum では, タイプ3とタイプ4の遠隔講演を実現している. 本研究での遠隔講演のモデルは, 計算機を用いて手軽に参加することができるタイプ4とした. タイプ4では, 講演者, 聴講者ともに計算機を用いて, 講演に参加する. また, それぞれの計算機はネットワークを介して接続されている (図7).

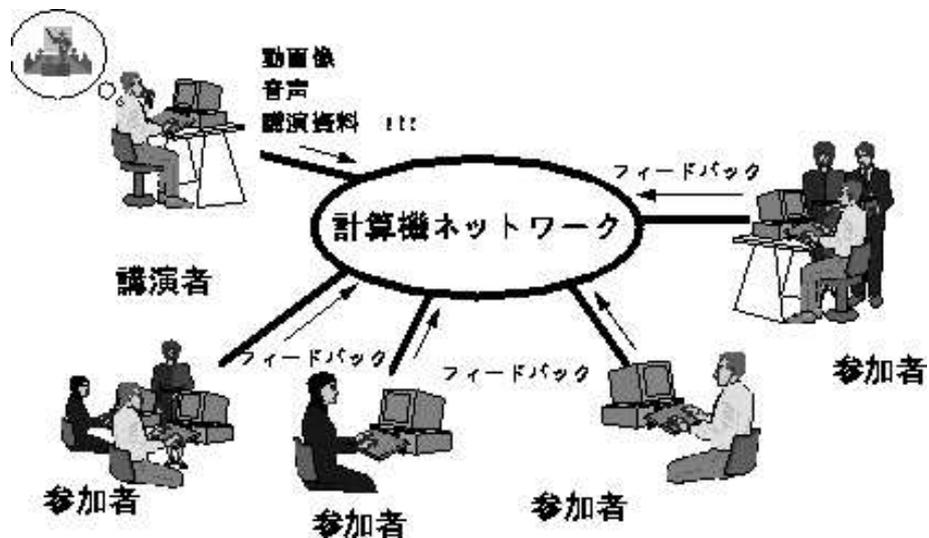


図 7 遠隔講演の概念図

## 4.2 実験システム

前節のモデルに従い、遠隔講演システムを試作した。本システムのもつ機能は、

1. 共有される資料を表示する
2. 講演者の音声を伝送する (聴覚情報の伝達)
3. 講演者と聴講者が非言語的な情報をやりとりし、コミュニケーションを行い、講演状況を把握する (視覚情報の伝達)

の3つである。また資料の表示と視覚情報の伝達に関しては、参加者全員が同じものを見るという WYSIWIS(What You See Is What I See)[22] の方針をとった。視覚情報の伝達に関して比較実験を行うため、共有される資料の表示と講演者の音声の伝送はすべての実験で行った。

以下に、実験で用いた各システムの機能を紹介する。

#### 4.2.1 資料の共有

本研究では、資料を共有するための資料共有ウィンドウ (SDW:Shared Data Window) を試作した (図 8).SDW では左中央部に講演で使用する資料を表示する. 聴講者は, 右中央部のブラウザのページ番号をダブルクリックするか右下部の前・後ボタンをクリックすることで, 任意のページの資料を見ることができる. また, 右上部に, 講演者が講演を行っているページ番号が表示され, 聴講者は何ページが説明されているか知ることができる. また, 講演者は図 8 で示すように, 注目を集めたい部分に書き込みを行うこともできる. ただし, 講演の性質より, 講演者の情報を重視し, 聴講者は書き込みを行えないこととした.

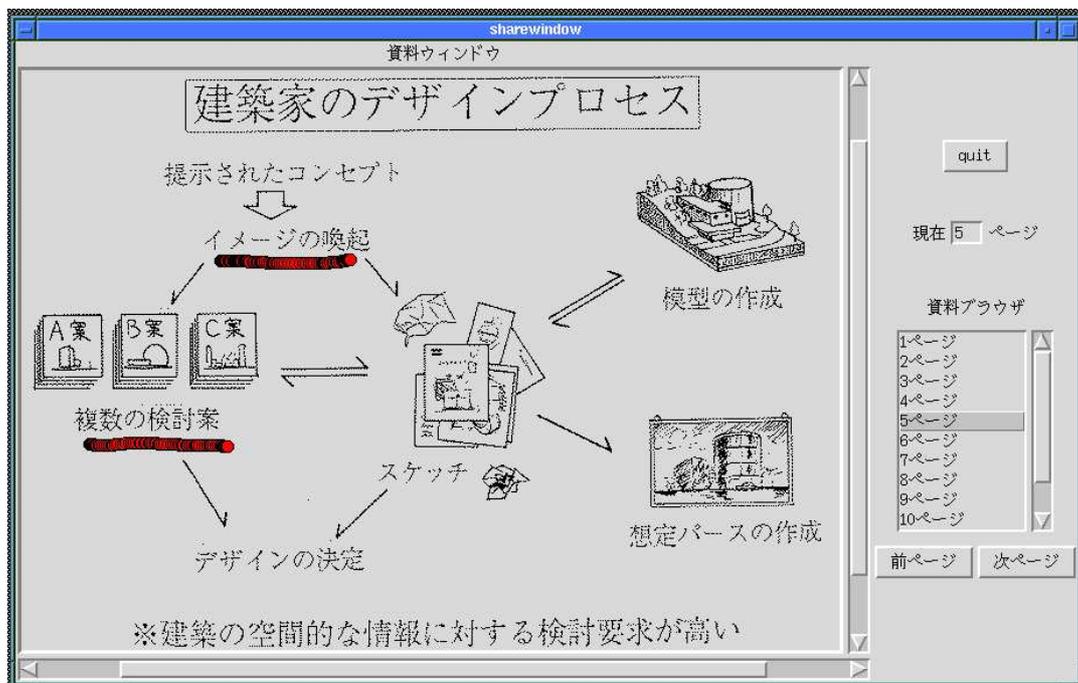


図 8 資料共有ウィンドウ SDW

#### 4.2.2 音声の伝送

講演者の音声の送受信は,LBL(Lawrence Berkeley Laboratory) で開発された音声電話会議ツールである vat(Visual Audio Tool) を用いた.vat は音声をマルチキャストすることができ, 音声の入出力レベルはコントロールパネルで容易に変更することが可能である. 実験では, 講演者のみが送信し, 聴講者がそれを受信した. 聴講者は, 任意の音量で講演者の音声をリアルタイムに聞くことができる.

#### 4.2.3 講演状況の提示

講演で行われる非言語的なコミュニケーションは,2 章で述べたように, 講演者が聴講者に向けて行うものと聴講者が講演者を含む他の参加者に向けて行うものの二つがある.

今回の実験では, 講演者から聴講者への情報伝達手段として, 動画像を用いたものと提案手法を適用した講演状況提示ウィンドウ (SCW:Symbolic Communication Window) を比較した. また, 聴講者から他の参加者への情報伝達手段として,SCW と文字表示のみで講演状況を提示するウィンドウ (CCW:Character Communication Window) を比較した.

以下に,3 つの状況提示方法について説明する.

**動画像** 講演者の動画像の送受信は,Xerox PARC で開発された映像通信ツールである nv(Network Video tool) を用いた (図 9).nv は映像をマルチキャストことができ, データの伝送レートはコントロールパネルで容易に変更することができる. 実験では, Forum にならって, 秒間 3,4 フレームの映像が送信される 300kbps で動画像を送信した. 実験では, 聴講者はコントロールパネルを意識しないよう, コントロールパネル上の講演者の画像をクリックし, 講演者の動画像をポップアップさせ (図 9), 講演者の動画像が表示されるウィンドウのみを見ることとした.

**SCW** 今回の実験用に, 提案手法を適用して講演状況を提示するウィンドウ SCW(Symbolic Communication Window) を試作した. SCW は, 伝達ウィンドウ (図 10 左) と表示ウィンドウ (図 10 右) の 2 つのウィンドウから成る.

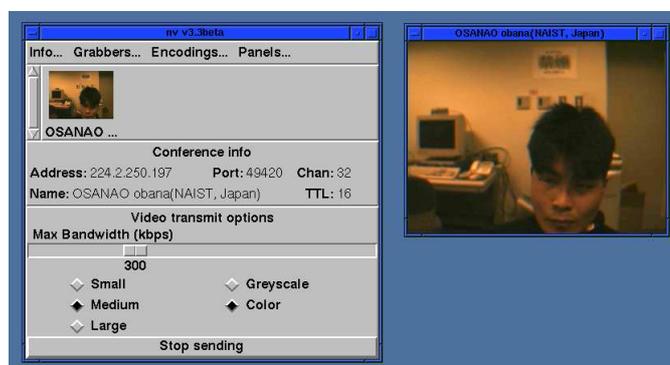


図 9 nv のコントロールパネル

伝達ウィンドウでは、ボタンをクリックすることで、表情、動作を切り替える命令が伝送される。表情は、現在のシンボルから、クリックした表情シンボルに切り替わる。動作は、数百 ms でシンボルの切り替え命令が交互に 3 回、計 6 回送信され、命令をうけつけた表示ウィンドウが即座に表示を切り替える。このようにアニメーション表示が行われる。また、送信ボタンをクリックすることで、キーボード会話のための文字情報を送信することも可能である。文字情報は、アルファベットに加えて、ひらがな、カタカナ、漢字を使用することもできる。

表示ウィンドウでは、表情・動作を切り替える命令やキーボード会話のための文字情報を受け付け、リアルタイムにその情報を表示する。参加者一人につき、表情の表示部分、動作の表示部分、キーボード会話の表示部分を用意した (図 10)。

**CCW** 今回の実験用に、文字表示のみで講演状況を提示するウィンドウ **CCW** (Character Communication Window) を試作した。CCW はキーボード会話のための文字情報を伝送することが可能である (図 11)。ウィンドウ上部の入力ウィンドウに文字を入力し、隣接する送信ボタンをクリックして文字情報を送信する。SCW でのキーボード会話と同様に、アルファベット、ひらがな、カタカナ、漢字を使用することができる。伝送された情報はウィンドウ下部の個々の参加者に与えられた表示部分に表示される。



図 10 講演者および聴講者を含む SCW

### 4.3 実験環境

実験は、1 人の講演者と 4 人の聴講者という構成で行った。講演内容は講演者の研究に関する発表であり、6 回の実験すべて同じ内容で行った。被験者は本学の学生計 24 人であった。講演時間は約 10 分、その後の質疑応答も約 10 分であった。また、疑似的に分散環境を創り出すために、被験者を別々の部屋に分散配置した。使用した計算機は、SGI 社の Indy で、それぞれが FDDI で接続されている。講演者の動画は Indy に付属のカメラである IndyCam を用いて撮影した。各被験者は周囲を気にせぬよう、イヤホンをつけることとした。また、講演資料は全部で 12 ページであった。

### 4.4 評価実験の内容

講演者からの情報伝達に関しては、SCW と動画像を比較し、講演者の動画像を用いることなく SCW を用いて円滑に講演が可能であるか評価した。聴講者からの情報伝達に関しては、SCW と CCW を比較し、文字表示に本手法が提案する表情と動作の情報を付加することで、自然かつ直観的に講演状況を提示し、臨場感あ

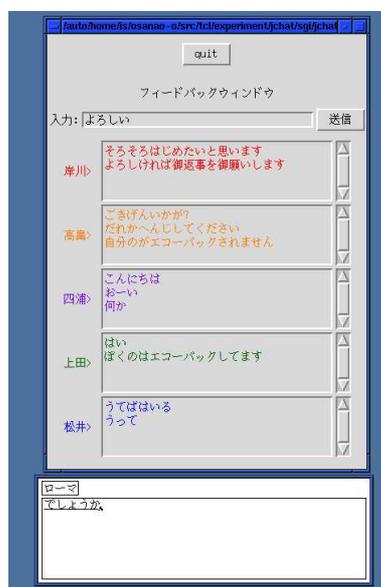


図 11 CCW

る講演が行うことができるか評価した. そのため, 表 3 の 3 通りの実験をそれぞれ 2 回, 計 6 回行った.

表 3 実験の種類

実験	情報伝達手法	
	講演者から聴講者へ	聴講者から他者へ
A	SCW	SCW
B	動画像	SCW
C	動画像	CCW

**実験 A** 実験 A では、講演者、聴講者ともに、本手法を適用した講演状況提示ウィンドウ SCW を用いてコミュニケーションを行い、講演状況を把握し、聴講者は、資料共有ウィンドウ SDW と講演者の音声により講演の進行を確認しながら講演が行われた。(図 12).

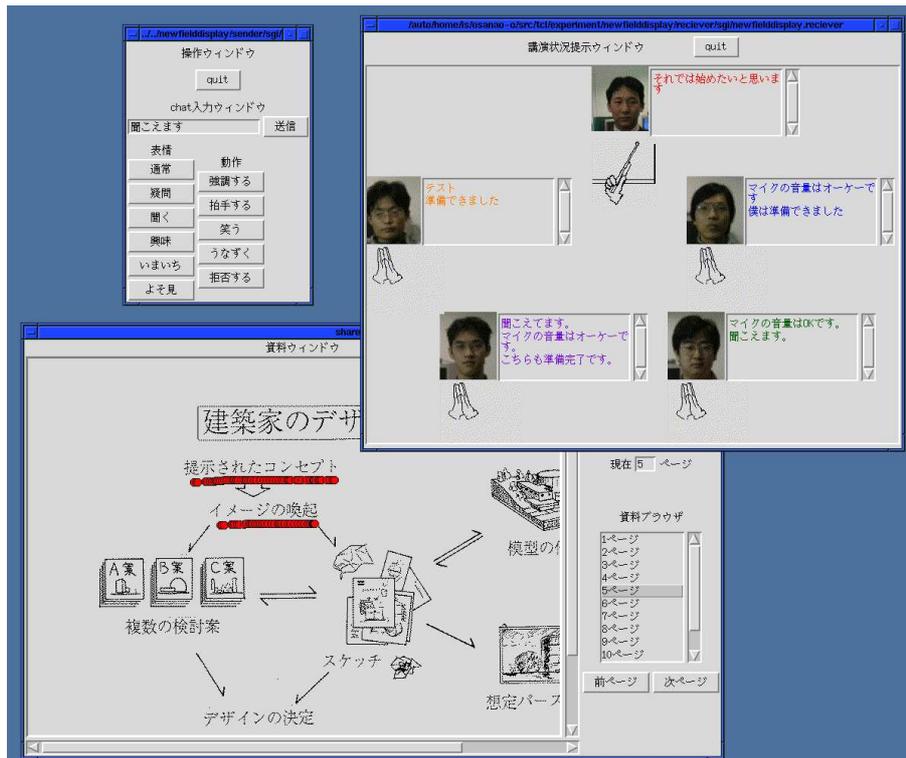


図 12 実験 A

**実験 B** 実験 B では、講演者は自らの動画像と音声を用いて、聴講者は講演状況提示ウィンドウ SCW を用いてコミュニケーションを行い、講演状況を把握し、資料共有ウィンドウ SDW と講演者の音声により講演の進行を確認しながら講演が行われた (図 13).

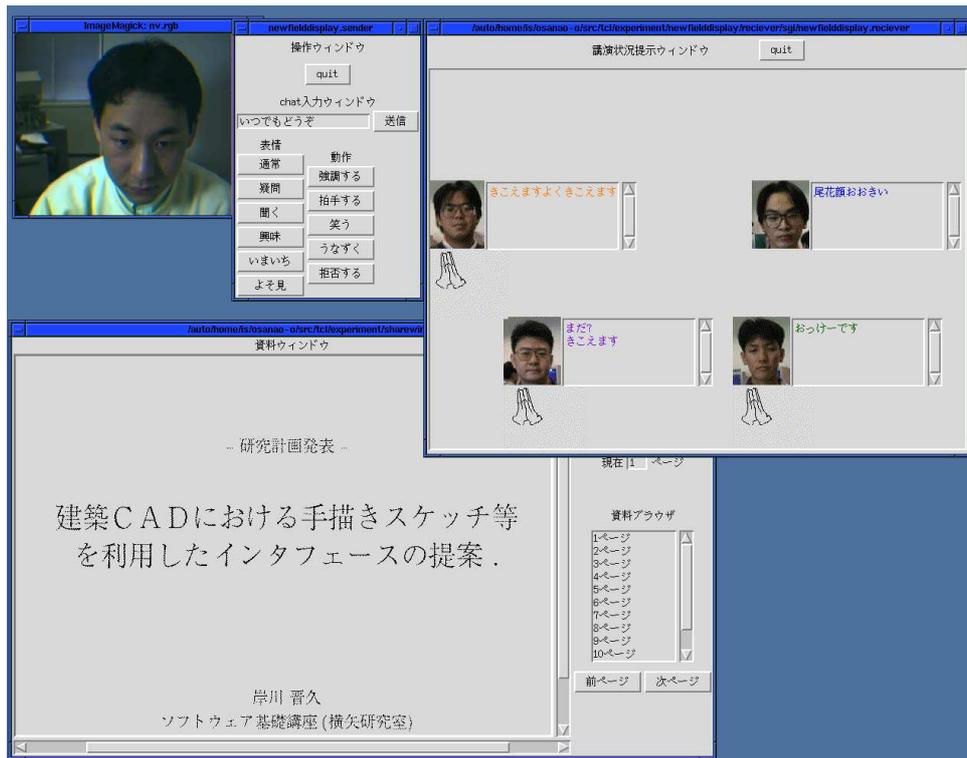


図 13 実験 B

**実験 C** 実験 C では、講演者は自らの動画像と音声を用いて、聴講者は文字表示のみの講演状況提示ウィンドウ CCW を用いてコミュニケーションを行いつつ、講演状況を把握し、資料共有ウィンドウ SDW と講演者の音声により講演の進行を確認しながら講演が行われた (図 14).

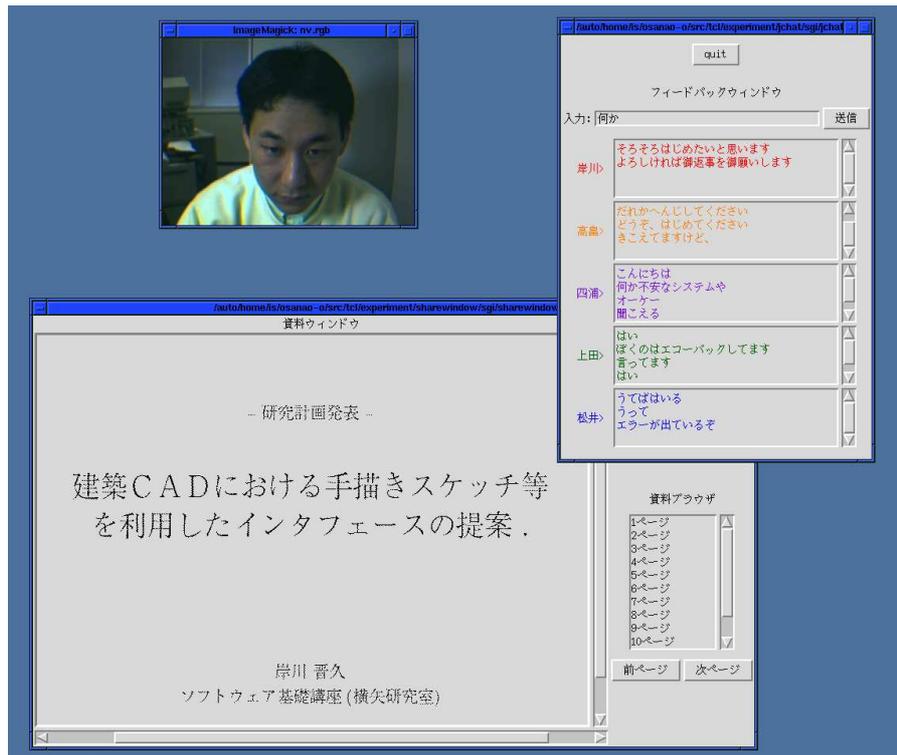


図 14 実験 C

## 5. 実験結果の評価と考察

今回の実験では, 提案手法の有効性を評価するためのデータとして,

- 5段階評価でのアンケート
- 自由回答
- SCW の使用ログ

を収集した. これらをもとに, 実験結果の評価と考察を行う.

### 5.1 講演者から聴講者への情報伝達

講演者からの情報伝達方法に関して実施したアンケートにおける「はい」と回答した被験者数を表4に示す. また, ウィンドウを見た頻度についての5段階評価と, 見た頻度が多いと思う順に並べてもらい, 順位の平均をとったものを, 表5(小数点第2位を四捨五入)に示す.

表4 講演者から聴講者への情報伝達方法

講演者から聴講者への情報伝達方法について	SCW	動画像
必要だと思う	8/8	2/8
円滑に講演を進めたと思う	5/8	2/8
変化に富んでいて面白かった	2/8	2/8

表5 ウィンドウを見た頻度 (評価値/順位)

ウィンドウ	SCW	動画像
資料共有ウィンドウ SDW	5.0/1.1	4.9/1.3
講演者の動画像または SCW の講演者	3.0/2.8	2.5/3.0
SCW の聴講者	3.0/2.1	4.0/1.8

表4では、動画像より SCW の方が質問に対する「はい」の回答率が高い。また、表5では、動画像を用いた実験で動画像が表示されたウィンドウを見た頻度の評価値が究めて少く(2.5)、かつ被験者全員が講演者の動画像を見た頻度を最も少なかったと感じている。これらは、聴講者が資料表示ウィンドウ SDW に注意を向ける頻度が究めて高く(評価値では SCW で5, 動画像で4.9)、変化の際立たない動画像に注意を向けることはまれであり、動画像を必要であるとは感じなかったためと考えられる。従って、低フレームレートの単調な動画像を用いることなく、講演者を含めた SCW で講演を行うことができると考えられる。この結果は、眞田 [23] らの「画像通信があらゆる情報を効率的に送れるわけではない」という結果と一致しており、今回のモデルでの講演では、動画像を柔軟に使用することがなく、主に、講演者の表情を撮影するためだけに使われたため、聴講者からの動画像は効果的に用いられなかったと思われる。

## 5.2 聴講者から他者への情報伝達

聴講者からの情報伝達方法に関するアンケートでの5段階評価の評価値の平均を表6(小数点2位を四捨五入)に示す。また、ウィンドウを見た頻度についての

表6 聴講者から他者への情報伝達方法

聴講者から他者への情報伝達方法について	SCW	CCW
1. 講演者と十分コミュニケーションがとれた	2.9	2.8
2. 参加者と十分コミュニケーションがとれた	<b>4.0</b>	<b>2.3</b>
3. 講演の雰囲気がよく伝わってきた	3.5	3.8
4. 講演が分かりやすかった	4.0	4.1
5. 他の参加者の状況(状態)がよく分かった	<b>3.6</b>	<b>2.5</b>
6. 臨場感があった	3.4	3.0
7. SCW(もしくは CCW) は面白かった	<b>4.8</b>	<b>2.9</b>
8. SCW(もしくは CCW) は好みにあった	<b>4.3</b>	<b>2.1</b>

5段階評価と、見た頻度が多いと思う順に並べてもらい、順位の平均をとったものを、表7(小数点第2位を四捨五入)に示す。

表7 ウィンドウを見た頻度(評価値/順位)

ウィンドウ	SCW	CCW
資料共有ウィンドウ SDW	4.9/1.3	4.9/1.0
講演者の動画像	2.5/3.0	2.4/2.6
SCW または CCW	4.0/1.8	2.9/2.4

表6より、2と5の質問で、CCWに比べてSCWの方が、評価値の平均が高いことが分かる。これは、文字表示に加えて表情、動作の情報を付加したことで、聴講者どうしのインタラク션을促進したことを示すと考えられる。また、7と8の質問でも、SCWの方が評価値の平均が大幅に高い。また、表7より、ウィンドウを見た頻度に関する評価値もCCWでは2.9であったものが、SCWでは4.0と高い値を示している。これらは、提案手法を用いることで、聴講者の興味を喚起するができたことを示すと考えられる。ただし、3と6の質問より、自然かつ直観的に講演状況を提示する可能性を示す結果は得られなかった。また、聴講者とのインタラクシオンに関する1の質問でもほとんど差はなかった。また、4の質問よりSCWとCCWとの間で、講演自体の分かりやすさも差がなく、聴講者の興味の喚起が、講演自体の理解の促進に直接影響を及ぼさなかったと考えられる。

### 5.3 表情と動作

SCWを使用した実験A(講演者も含むSCW)と実験B(講演者の動画像+SCW)合わせて4回の実験のデータより、SCWにおける表情と動作を評価する。

#### 5.3.1 表情

SCWの表情シンボルに関するアンケートでの「好み」と「必要性」についての5段階評価での評価値の平均を表8(小数点第2位を四捨五入)に、講演中の切

り替え回数を表 9に示す.

表 8 表情に関する定性評価の平均値

好み」				必要性」			
表情	実験 A	実験 B	平均	表情	実験 A	実験 B	平均
通常	4.4	4.1	4.3	通常	5.0	4.4	4.8
疑問	4.1	4.1	4.1	疑問	4.9	4.5	4.8
聞く	3.6	4.5	4.1	聞く	3.4	3.8	3.6
興味	3.5	3.9	3.7	興味	3.6	3.5	3.6
不満	2.3	4.3	3.3	不満	2.1	4.0	3.1
よそ見	3.1	3.8	3.4	よそ見	<b>1.5</b>	<b>2.4</b>	<b>1.9</b>

表 9 表情の切り替え回数

表情	実験 A	実験 B	合計
通常	32	58	90
疑問	14	20	34
聞く	4	10	14
興味	11	23	34
不満	5	11	16
よそ見	8	13	21

まず、「通常」についてだが、定性評価の評価値も高く、実際の使用ログからも頻繁に利用されていることが分かる。これは「通常」表情がすべての表情の基礎になっているためだと思われる。また、「疑問」および「興味」も定性評価の評価値が高く、実際の使用ログからも「通常」ほどでないにしてもよく利用されている。これらの3つの表情は、講演に必要な表情であり、シンボル化すべきものであったと考えられる。

上記の3表情とは逆に、「聞く」、「不満」、「よそ見」の表情はあまり利用されていない。「聞く」については、「聞く」という表情が定常的な状態を表すもので、たとえ講演中に「聞いている」状態にあっても基礎的な「通常」シンボルを用い

ることで事足りるため、ほとんど使用されなかったと思われる。「よそ見」シンボルや「不満」シンボルに関しては、自由回答に、「講演者を前にして「よそ見」シンボルや「不満」シンボルを出すのは気がひける」という意見があり、それらの理由から、「よそ見」や「不満」シンボルが用いられることが少なく、評価値が低かったと考えられる。これらの3つの表情シンボルは、講演にそれほど必要でない表情であり、シンボル化する必要性がないと思われる。

### 5.3.2 動作

SCWの動作に関するアンケートでの「好み」と「必要性」についての5段階評価での評価値の平均を表10(小数点第2位を四捨五入)に、講演中の切り替え回数を表11に示す。

表10 動作に関する定性評価の平均値

「好み」に関する評価の平均値				「必要性」に関する評価の平均値			
動作	実験A	実験B	平均	動作	実験A	実験B	平均
強調する	3.4	2.8	3.1	強調する	<b>2.5</b>	<b>2.0</b>	<b>2.3</b>
拍手する	4.4	4.5	4.4	拍手する	4.4	4.9	4.6
笑う	3.5	4.2	3.8	笑う	<b>2.4</b>	<b>2.9</b>	<b>2.8</b>
うなずく	4.0	4.2	4.1	うなずく	4.6	4.9	4.8
拒否する	4.3	3.5	3.9	拒否する	3.8	3.7	3.7

表11 動作の切り替え回数

動作	実験A	実験B	合計
強調する	1	5	6
拍手する	16	56	72
笑う	2	19	21
うなずく	29	69	98
拒否する	3	14	17

講演者が使用するよう意図した「強調する」動作における必要性の定性評価値

が低く、使用された頻度も低い。聴講者にとって「強調する」という動作は講演に必要なようである。

一方、「拍手する」や「らなづく」は他の動作と比べて、非常に頻繁に使用されており、双方とも好み、必要性両項目で評価値が4以上であり、高い値を示している。「拍手する」や「らなづく」は、講演にとって欠くことのできない重要なふるまいであり、シンボル化すべきものであると考えられる。

拒否する」動作と「笑う」動作は、表11より、講演中あまり使用されていないことが分かる。ただし、「拒否する」に関しては、定性評価が比較的よい値を示している。これは、必要であると思いながらも、「不満」シンボルや「よそ見」アイコンと同様否定的な動作であるため、実際には、あまり使用されなかったと思われる。

「笑う」に関しては、好みに関する定性評価値は比較的高いものの、必要性に関する定性評価値は、実際使用された回数同様低い。これは、講演の内容が研究の中間発表であり、比較的堅い話題であり「笑う」という動作を必要ではなかったためと思われる。これら2つの動作は、講演の内容によっては、必要となる場合があると思われる。

## 5.4 自由回答

### 5.4.1 講演者からの自由回答

講演者の意見には、本手法を適用した講演状況提示ウィンドウ SCW での表情および動作の切り替えかかる負担が大きいことが挙げられていた。今回は資料共有ウィンドウへの書き込みにもマウスを使用していたため、SCW をクリックすることが困難であったようである。講演者の動きをカメラで認識し、自動的に動画像を伝送するなどの対処方法が考えられる。

聴講者からの情報に関しては、SCW により「一斉にリアクションが返ってきた時にびっくりする」という意見が挙げられており、雰囲気伝えることに効果があったと考えられる。

また、聴講者からの質問は文字通信で行われ、その文字入力に時間を多くの時間を要したことにより、質問の空白時間が生じ、その時間がつらいという意見が挙げられていた。これは、後に述べるが、聴講者側からも同じ意見が挙がっており、聴講

者に手軽に情報伝達をすることができる音声通信を適用することが望ましいと思われる。

#### 5.4.2 聴講者からの自由回答

自由回答によるアンケートで意見が多かったのが、資料共有ウィンドウのページ切り替えを講演者に合わせて自動に行うことを望むものであった。資料共有ウィンドウ SDW では、現在講演者が説明を行っているページ番号は表示されるものの、自動的にページは変更されない。また、SDW に関しては、ポインタに関して、理解の助けになっているという回答もあったが、ポインタが大きすぎたため見づらいという意見もあった。SDW は、聴講者が見る頻度が最も高かったこともあり、これらの改良を行うべきだと思われる。

コミュニケーション手段としての SCW と CCW については、文字入力が変わらわしく、そのため質問する際の空白ができてしまうという意見が多かった。聴講者にも音声を送る機能が欲しかったという意見もあった。講演者からの自由回答でも述べたように、この点の改良も必要である。

SCW のシンボルに関して、動作を表す際、最後にシンボルが残ってしまうため、それを初期化する機能を欲する意見が多かった。この点も改良すべきであると判断した。また、質問時間を埋めるため、質問があることを示す、質問アイコンや挙手アイコンが欲しいという意見があった。面白い意見として「なるほど」シンボルが欲しいというものがあった。このような意見が挙げられたのは、表情や動作の選択が完全ではなかったことを示すと考えられ、シンボル化すべき表情および動作の取捨選択をさらに注意深く行う必要がある。ただし、「ならずく」動作でも工夫すれば、「なるほど」を表現することも可能であるし、一意に意味を示すのではなく、重複した意味を表すことにより、さらに表現の幅が広がる可能性もあると思われる。

最後に、SCW を用いた実験 A,B の自由回答では、面白いという意見が多く、「アイコンはほとんど使わなかったけれど、慣れればうまく使えそうで楽しかった」という意見もあり、提案手法を用いることで、おもしろく講演状況を伝え、参加者の興味をひくことに効果があったと考えられる。

## 5.5 実験の総括

まず、講演者の状況提示に関しては、実験で行った研究の中間発表などの筋が通った話題を用いる講演では、動画像が柔軟に使用されることが少なく、動画像の能力が十分に発揮されなかったと思われる。逆に、講演は決まった流れで進行するため、突発的な出来事がほとんどなく、講演者の状況提示に動画像を用いる必要性は薄い可能性がある。よって、提案手法が効果があったというよりむしろ動画像の効果が薄かったと思われる。

また、聴講者の状況提示に関しては、切り替えの命令しか伝送されないため、伝送されるデータ容量は劇的に低減される。また実験より、提案手法が参加者の興味を喚起し、講演を面白いものとするに非常に効果があったと考えられる。そこで、使用できる帯域幅が限られているという環境やカメラなどの特別な装置がない環境で、最も効果が発揮されると考えられる。

シンボルの選定にあたっては、自由回答において今回用意した以外のシンボルを欲する意見が少なかったことより、今回用意したシンボルで、講演におけるコミュニケーションに必要と思われるほとんど要素を示すことができると思われる。ただし、自由回答にあったように、過不足なく示せたというわけではなく、他にも付け加えるべきシンボル、不必要なシンボルを冗長にならない程度で判断していく必要があると思われる。

提案手法の欠点と思われる、シンボルの切り替えにおける負担に関しては、聴講者にとって負担はなかったようだが、講演者にとってはかなりの負担であったようだ。そこで、画像認識より、講演者のアイコン切り替えを自動化するなどの改良を行うか、カメラを操作する手法を用いることが必要である。

柔軟に使用し、詳細な情報を伝達できないという欠点は、講演の性質上、突発的な出来事が少ないこととシンボル化する要素をうまく選定することで、あまり問題ではなくなったと思われる。

表情シンボルを一意に明確に捉えることが可能かという問題は、実験においては、情報の発信者と受信者が違った意味に捉えることはなく、明確に捉えることができたようである。また、一意に捉えずとも、発信者と受信者が同様の意味で捉えることさえ可能なら、重複した意味をもつことは、表現の幅を広げることにつなが

る可能性を秘めている。

最後に、提案手法の有効性をまとめる。評価実験により、

- 必要となる要素を抽出する (抽象化する) ことによるデータ伝送容量の低減  
→非常に効果あり
- シンボルの切り替えにより即時性を満たし、シンボルを自然で直観的にすることによる状況の把握→自然で直観的に状況を提示することを示すデータは得られなかった
- 表示される情報に変化をつけることによる興味の喚起→非常に効果あり

という結果が得られた。

## 6. まとめ

近年のネットワークインフラストラクチャの整備により、在宅勤務やサテライトオフィスなどが現実味をおびて語られるようになり、これらの道を開くため、遠隔会議システムの研究が盛んに行われるようになった。また、遠隔会議の一種としての遠隔講演にも興味が集まりつつある。従来は、ホールとホールを映像と音声で結んでいた遠隔講演も、計算機の発達と普及により、ホールに出向くことなく、身近な計算機から遠隔講演を聴講できるような環境が整いつつある。

ただし、講演は比較的参加者数が多く、各参加者のための映像や音声を伝えることは事実上不可能であり、また、講演の本質からはずれている。そこで、遠隔講演では、データ伝送容量の低減や講演者を妨げない程度のフィードバックが用いられる。ただし、従来の手法では、自然に直観的にコミュニケーションを行い、講演の状況を提示することはできなかった。

そこで、本論文では、

- データ伝送容量の低減
- 自然で直観的な状況の提示
- 聴講者の興味を喚起する情報の提示

の3要件すべてを満たすよう、予め用意したシンボルを切り替えることにより、講演者、聴講者間でコミュニケーションを行い、講演状況を提示するという新しい講演状況提示手法を提案した。

提案手法が実際有効に活用されることを確認するための実験として、小人数の遠隔講演を行った。実験より、自然に直観的に状況を提示することに関しては、それを示すデータが得られなかった。ただし、変化を強調することにより、参加者の興味を喚起し、講演を面白くすることに非常に効果的であったことを確認し、講演に必要と思われる要素を抽出し、それを切り替える際の変化により、参加者の興味をひくという知見を得た。そこで、その知見を生かし、カメラを用いる手法を応用して、会議の参加者が自ら画像を送りたいと思う時のみ、画像情報を伝送するよ

うな手法が考えられ、それをさらに自動化し、カメラから画像を常に撮影し、前フレームとの差分が大きいフレームのみ伝送するといった手法も考えられる。

また、**データ伝送容量の低減に関しては、非常に効果的**であり、本手法ではカメラなどの特別な装置も必要としないため、使用できる帯域幅が限られる環境や特別な装置をもたない環境では、手軽な手段であり、効果的であると考えられる。特に、スキャナ装置を有しているがビデオキャプチャボードやカメラなどは持ち合わせていないエンドユーザが、自宅から講演に参加する場合などで有効であると考えられる。

実験において被験者からの自由回答より、提案手法を適用した状況提示が被験者に好評で、実験を行った遠隔講演全体も好評であった。この結果からも、本論文で研究対象とした、計算機を用いて、遠隔地から手軽に参加できる形態の遠隔講演の研究をさらに進める必要があると考えられる。そこで、今後の課題としては、実使用を意識して、参加者がさらに多数である講演への本手法の適用が考えられる。これには、従来研究において既に示されているように、各聴講者の表示部分を行列状に配置する方法や、代表として一部分の講演者の状況を提示するなどの方法がある。ただし、これらには、一覧性の欠如や全聴講者の状況を提示できないといった問題点があり、これらの問題点の改良が必要となる。

## 謝辞

本研究の全過程を通して、直接懇切なる御指導、御鞭撻を賜ったソフトウェア基礎講座 横矢 直和教授 に衷心より感謝の意を表します。

本研究の遂行にあたり、終始有益な御助言と御鞭撻を頂いた像情報処理学講座 千原 國宏教授、並びにソフトウェア基礎講座 竹村 治雄助教授 に厚く御礼申し上げます。

さらに、日頃より様々な御指導と御助言を頂いた大阪大学基礎工学部情報工学科 萩原 兼一教授 に感謝します。

そして本研究を通じて、有益な御助言を頂いたソフトウェア基礎講座 岩佐 英彦助手、並びに情報科学センター 片山 喜章助手 に厚く感謝します。

最後に、物心両面において常に温かい御助言を頂き、また本研究の評価実験においてもこころよく御協力を頂いたソフトウェア基礎講座の諸氏、ならびに、ソフトウェア基礎講座事務補佐員 村上 和代嬢に深く感謝します。

## 参考文献

- [1] 黒須, 山寺, 三村, 炭野: “実会議の分析 (1) - グループウェアによる支援可能性の検討 -”, 情報処理学会グループウェア研究会 95-GW-11, pp.25-30, 1995.
- [2] 井上, 小林, 岡田, 松下: “TV 映像表現の分析と遠隔 TV 会議システムへの応用”, 情報処理学会グループウェア研究会 95-GW-11, pp.7-12,1995.
- [3] Ellen A. Isaacs, Trevor Morris and Thomas K. Rodriguez: “A Forum for Supporting Interactive Presentations to Distributed Audiences”, Proceedings of CSCW '94, pp.405-416, 1994.
- [4] Ellen A. Isaacs, Trevor Morris, Thomas K. Rodoriguez and John C. Tang “A Comparison of Face-To-Face and Distributed Presentations”, Proceedings of CHI '95, pp.354-361, 1995.
- [5] 尾花, 竹村, 岩佐, 横矢, 片山: “遠隔プレゼンテーションにおける講演状況提示手法の提案とその評価”, 1996 情処春季全大, 5X-5, 1996.
- [6] 河合, 大矢, 波瀲, 坂内, 田村: “Active Awareness: 遠隔操作可能なカメラを用いた能動的状況把握”, 情報処理学会グループウェア研究会 95-GW-11, pp.49-54, 1995.
- [7] Sara A. Bly, Steve R. Harrison and Susan Irwin: “Media Spaces: Bringing People Together in a Video, Audio, and Computing Environment”, COMMUNICATION OF THE ACM, Vol.36, No.1, pp.28-47, 1993.
- [8] Marilyn M. Mantei, Ronald M. Baecker, Abigail J. Sellen, William A. S. Buxton, and Thomas Milligan : “Experiences in the Use of a Media Space”, Proceedings of CHI '91, pp.203-208, 1991.
- [9] Abigail J. Sellen: “Speech Patterns in Video-Mediated Conversations”, Proceedings of CHI '92, pp.49-59, 1992.

- [10] 石井: “TeamWorkStation: リアルタイムワークスペースの設計”, SICE 第6回 HI シンポ論文集, pp.271-278, 1990.
- [11] Paul Dourish and Sara Bly: “Portholes: Supporting Awareness in a Distributed Work Group”, Proceedings of CHI’92, pp.541-547, 1992.
- [12] John C. Tang, Ellen A. Isaacs, and Monica Rua: “Supporting Distributed Groups with a Montage of Lightweight Interactions”, Proceedings of CSCW ’94, pp.23-34, 1994.
- [13] William Gaver, Thomas Moran, Allan Maclian, Lennart Lovstrand, Paul Dourish, Kathleen Carter and William Buxton: “Realizing a Video Environment: Europarc’s RAVE SystemM”, Proceedings of CHI ’92, pp.27-35, 1992.
- [14] Alan Borning and Michael Travers: “Two Approaches to Casual Interaction over Computer and Video Networks”, Proceedings of CHI ’91, pp.13-19, 1991.
- [15] 若林, 市原, 西村: “PMTIC/N-ISDN における GUI 設計法”, 情報処理学会グループウェア研究会 95-GW-12, pp.13-18, 1995.
- [16] 阪田, 渡部: “マルチメディア分散在席会議システム MERMAID - グループウェアの基盤環境 -”, SICE 第6回 HI シンポ論文集, pp.279-286, 1990.
- [17] Markus Sohlenkamp and Greg Chwelos: “Integrating Communication, Cooperation, and Awareness: The DIVA Virtual Office Environment”, Proceedings of CSCW ’94, pp.331-343, 1994.
- [18] 炭野, 三村, 亀山, 鈴木, 伊達: “議事推移モデルを用いた知的遠隔会議支援に関する検討”, 情報処理学会グループウェア研究会 95-GW-11, pp.13-18, 1995.
- [19] 北村, 河合, 坂内, 田村: “能動的アウェアネスシステム ARGUS の設置運用と機能検討”, 情報処理学会グループウェア研究会 95-GW-14, pp.53-58, 1995.

- [20] 葛岡, 石母田, 西村: “カメラ・ロボットによる視線と指さしの代行”, 情報処理学会グループウェア研究会 95-GW-13, pp37-42, 1995.
- [21] Hideaki Kuzuoka , Toshio Kosuge and Masatomo Tanaka: “GestureCam: A Video Communication System for Sympathetic Remote Collaboration”, Proc. of CSCW '94, pp.35-43, 1994.
- [22] 石井: ヒューマンコミュニケーション工学シリーズ: CSCW とグループウェア, オーム社, 1994.
- [23] 眞田, 國領, 西村: “画像通信システムを利用したコミュニケーションの効率性”, 情報処理学会グループウェア研究会 95-GW-12,pp.19-24, 1995.
- [24] 坂内, 佐藤, 高木, 岡崎, 吉本, 田村: “光ネットワークによるテレコラボレーション環境の構築”, 情報処理学会グループウェア研究会 95-GW-11, pp.1-6, 1995.