

## 遠隔ゼミナール支援システムのインターネットを介した適用と評価

宗 森 純<sup>†</sup> 吉 田 壱<sup>†</sup>  
由井 蘭 隆也<sup>††</sup> 首 藤 勝<sup>†</sup>

インターネットで接続されたパーソナルコンピュータと比較的安価な入力機器を用いて遠隔地間での研究指導を支援する遠隔ゼミナール支援システムを開発した。本システムは知的生産支援システム Wadaman に共有カーソルなどのグループウェア用の機能を追加した RemoteWadaman と画像・音声コミュニケーションツール NetGear とを組み合わせたものである。本システムを用いて1年間にわたって大阪大学と鹿児島大学の2地点を結んで20回、東北大学と大阪大学、鹿児島大学の3地点を結んで5回の合計25回の研究指導(ゼミナール)を行った。その結果、本システムを用いた遠隔ゼミナールでは従来の対面のゼミナールと比較して1人あたりにかかった平均時間などには大差なく指導できたが、対面独特の緊張感が弱まる傾向にあることが分かった。また、3地点を結んで遠隔ゼミナールを行うことによって異なる大学の学生が1つのゼミナールに同席し意見を出し合うことは利点ではあるが、第三者が割り込んで発言しにくいことが分かった。さらに通信状況がネットワークの混雑の度合いに大きく依存していて、3地点を結ぶと2地点と比較して通信が切断することが多く分かった。

### Remote Seminar Support System and Its Application and Estimation to a Seminar via Internet

JUN MUNEMORI,<sup>†</sup> HAJIME YOSHIDA,<sup>†</sup> TAKAYA YUIZONO<sup>††</sup>  
and MASARU SUDO<sup>†</sup>

We have developed a remote seminar support system which consists of personal computers and inexpensive input equipments. The software of the system consists of RemoteWadaman and NetGear. RemoteWadaman is an intelligent productive work card support system for collaboration and NetGear is a multimedia communication tool. This newly developed remote seminar support system was used on Internet. We have tried the remote seminar via Internet between two places of Osaka University and Kagoshima University 20 times and among three places of Tohoku University, Osaka University, and Kagoshima University 5 times. This Internet experiments shows that almost same seminar time per person was required as conventional seminar in the room and a remote seminar with Internet, however, a weaker tense atmosphere of student compared to the conventional seminar in the room was existed. The advantage of the seminar among three different places is the intellectual trigger because of simultaneous participation of different universities students at the same seminar. The disadvantage, however, was a difficulty in participation of third person at this Internet seminar. Another disadvantage was more of ten communication disconnection among three places if compared to two places. This is because of more often traffic congestion of networks among three places.

#### 1. はじめに

インターネットの普及と高性能で安価なマルチメディアにも対応するパーソナルコンピュータ(以下、PC)の普及によってマルチメディアをインタラクティブに扱えるシステムの開発が可能となり、簡単に動画や音声インターネットを介して送れるようになってきた。この環境を遠隔地間で大学の授業を行った

<sup>†</sup> 大阪大学大学院基礎工学研究科情報数理系専攻  
Department of Informatics and Mathematical Science,  
Graduate School of Engineering Science, Osaka University

<sup>††</sup> 鹿児島大学工学部情報工学科  
Department of Information and Computer Science, Faculty of Engineering, Kagoshima University

り<sup>1)</sup>、研究発表や研究指導を行ったりするのに利用する試みがなされてきている。しかし、現状では研究の発表会などをインターネットへ一方的に流すことは行われているが、多地点から相互に発表したり指導することが日常化するまでには至っていない。そこで PC を用いてインターネットを介して 3 地点でも同時に画像や音声、それにテキストデータやカーソルの位置情報などの送受信を行い、遠隔地間での研究の指導を可能とする遠隔ゼミナール支援システムを開発し、これを実際のゼミナールに適用した。支援の対象としてゼミナールを選んだ理由は、電子会議ほど白熱したりリアルタイムの議論の支援は必要ではないが授業よりはリアルタイム性が必要なため、応用範囲が広いと考えたからである。このシステムは知的生産支援システム Wadaman<sup>2)</sup> に共有カーソルなどのグループウェア用の機能を付加し、画像・音声用コミュニケーションツール NetGear<sup>3)</sup> と併用したものである。これまでもインターネットを用いて遠隔で会議を行うシステムは Microsoft NetMeeting<sup>4)</sup>、Intel ProShare<sup>5)</sup> など多数開発されているが、これらを用いてインターネットを介して遠隔地の大学生を長期間、定期的に指導した例は見られない。

本論文では本システムを用いて 1 年間にわたって大阪大学と鹿児島大学の 2 地点を結んで 20 回、東北大学と大阪大学、鹿児島大学の 3 地点を結んで 5 回の合計 25 回の研究指導（ゼミナール）を行った適用結果とその考察を中心に述べる。

本論文では、2 章で本システムが支援の対象とするゼミナールの概要について、3 章で本システムの概要について述べる。4 章では本システムの適用実験の環境と実験方法について、5 章では実験結果に基づいた本システムの評価について述べる。そして、6 章で本論文のまとめと今後の課題について述べる。

## 2. 支援の対象とするゼミナール

通常のゼミナールは週 1 回、教官と学生たちがゼミナール室に集まって行われ、学生は事前に各自がそのゼミナールで発表する内容を A4 判のレポート用紙にまとめ、メンバーの人数分コピーし、これを配る。ゼミナールは学生が 1 人ずつ順にレポートの内容について発表し、それに対して教官が質問や助言などを行う形で進める。発表している以外の学生は発表を聞きながら配られたレポートを目で追っていることが多いが、議論に加わることもある。レポートは PC 上で作図用のソフトを用いて作成され、題目、名前、学年、日付、レポート番号、レポート枚数をヘッダに記述したのち、

内容を記述する。内容には 1 週間の研究の進捗や教官と個別に行ったディスカッションの内容、実験の結果を表やグラフにまとめたものなどが記述される。

## 3. 遠隔ゼミナール支援システム

本システムは RemoteWadaman<sup>3)</sup> と NetGear とから成っている。システムの大きさは RemoteWadaman とそれを動作させる HyperCard (Apple Computer)、NetGear とをあわせて約 5.9MB であり、PC 上で動作する。使用した PC は Power Macintosh 8100/100AV (Apple Computer) および 8500/120 (Apple Computer) である。画像用のビデオカメラには Q-Cam (Connectix) を、マイクには PlainTalkMicrophone (Apple Computer) を使用している。

### 3.1 システム設計方針

我々は、遠隔地間のゼミナールを以前から試行してきた。当初は Wadaman<sup>2)</sup> と CU-SeeMe<sup>6)</sup> との組合せで行っていたが、円滑に遠隔地間でゼミナールを行うためには、Wadaman には、説明している部分を指し示す共有カーソルやページを同期してめくる機能が必要であることが分かった<sup>3)</sup>。また、ゼミナールの準備を迅速に行うためには PC だけでゼミナールが行えることや簡単な操作でファイル転送が行える必要があることが分かった<sup>3)</sup>。

そこで、以下の機能と環境を持つ RemoteWadaman と NetGear を開発することにした。

- 共有カーソル機能
  - 連動してカードがめくれる機能
  - ファイル転送機能
  - 3 台以上でゼミナールを行うときもワークステーションを必要とせず、PC のみで実施可能な環境
- 本システムは 1 人の教官が情報工学科の学部 4 年生、大学院生の研究を 1 年あるいはそれ以上の期間、おおむね週 1 回のゼミナールを行いながら指導することを対象としている。

### 3.2 RemoteWadaman

RemoteWadaman は梅村忠夫の考案した知的生産のためのカードシステム<sup>7)</sup>を PC 上で仮想的に実現した Wadaman に共有カーソルなどのグループウェア用の機能を付加したシステムで、Macintosh (Apple Computer) 上で HyperCard とその記述言語である HyperTalk (Apple Computer) とを用いて開発された約 8,000 行のプログラムである。

RemoteWadaman の特徴は、まずカードシステムを PC 上で実現したことにより、操作が直観的で分かりやすいことである。仮想的なカードは仮想的な箱に

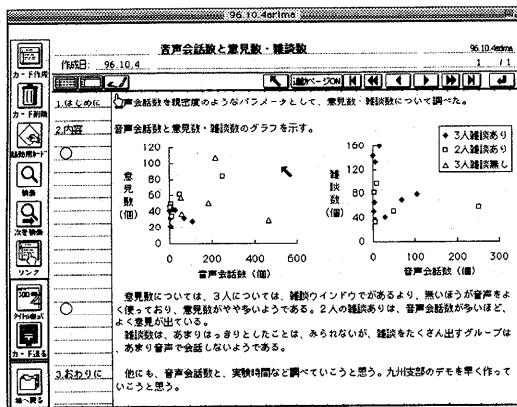


図1 カード画面

Fig. 1 An example of a card screen.

入れられ管理される。データを転送する場合も箱がファイルに対応しているので箱単位で転送される。カードの例を図1に示す。2章で述べた紙のレポート用紙のようにヘッダがあり、そこにはゼミナールの日付、レポートの題目、発表者名、全部で何枚あり、そのうちの何枚目かが記入される。報告の内容はその下の実際のカードのような部分に記述する。このカードはB6判に相当する。ここには、図や表はもちろん、動画も使用して文書を作成することができる。1つの箱には40枚のカードを入れることができる。遠隔ゼミナールはこのカードにレポートを記述し、このカード、すなわちレポートを共有画面として進める。

もう1つの特徴はHyperQTC<sup>3)</sup>によりRemoteWadaman<sup>4)</sup>と通信ができることである。HyperQTCはHyperTalkからQuickTime Conferencing (Apple Computer)を利用してHyperCard<sup>5)</sup>と通信を可能にする関数群である。RemoteWadamanではこれを用いて、教官用と学生用の2本の共有カーソルと連動ページめくりの機能を実現している。図1のカード画面中の左隅にある手の形をしたものが教官用の共有カーソル、中央にある矢印の形をしたものが学生用の共有カーソルである。また、連動ページめくりは発表者のページの操作に連動して他のPCのページがめくられる機能である。連動させるかどうかの設定は変更することができる。

### 3.3 NetGear

NetGearは鹿児島大学で開発された画像・音声によるコミュニケーションツールで、QuickTime Conferencingをもとに作成されている。NetGearの特徴はファイル転送機能や日本語テキストによるチャット機能を備えていること、CU-SeeMe<sup>6)</sup>と異なり、3台以

上のPCを使用する場合もワークステーションを必要としないことがあげられる。

## 4. 適用実験

2地点のゼミナールと3地点のゼミナールの2種類の実験を行った。2地点の場合は遠隔ゼミナール支援システムを用いて大阪大学に所属する教官が大阪大学から鹿児島大学の学生を指導し、3地点の場合は大阪大学の教官が東北大学から大阪大学と鹿児島大学の学生を指導する形をとった。

鹿児島大学の学生は遠隔ゼミナールで指導し、対象となる学生は学部4年生が3人、大学院修士課程1年生の学生が1人、修士課程2年生の学生が2人、大学院博士課程1年生の学生が1人の計7人である。学部4年生は、卒業研究のために研究室に配属されて以来1年間ほぼ遠隔での指導のみで卒業研究を行う。

大阪大学の学生は通常は同一室内で2章で述べたゼミナールを行っているが、教官が東北大学にいるときは遠隔ゼミナールで指導する。大阪大学では対象となる学生は学部4年生が3人、大学院修士課程1年生の学生が3人の計6人である。このときは鹿児島大学の学生も含めて3地点で13人を遠隔で指導することになる。ただし、つねに全員が発表するわけではなく、ゼミナールに不参加の学生もいた。

使用しているネットワークは主としてWIDEとSINETであり、2地点の場合は熊本付近で、3地点の場合は熊本と東京付近でSINETと接続されていることが多かったが流動的であった。PCは2地点の実験では大阪大学に1台、鹿児島大学に2台で行い、3地点の実験では各大学に1台で行った。なお、実験時は、SINETは仙台と福岡間は50 Mbps、福岡と鹿児島間は6 Mbpsであった。

次に、2地点の遠隔ゼミナールでの適用例について述べる。学生はゼミナール開始前にゼミナールで報告する内容をレポートとしてRemoteWadamanのカード上に作成し、準備しておく。ゼミナール開始時はまずNetGearを接続し、画像と音声による通信路を確保し、対話しながらファイル転送機能を用いてゼミナール用データを転送するなどの準備をする。次に、RemoteWadamanを起動し接続する。そしてゼミナールを開始する。学生がその日のゼミナール用のカードボックスを選択し、そのなかからレポートが記述されているカードを選ぶ。教官が使用しているPCにもそのカードが表示される。図2に実験の実施例を示す。CRT画面中、左側はNetGearによる出席者の画像を表示したウィンドウで、その右側にあるカードのよう

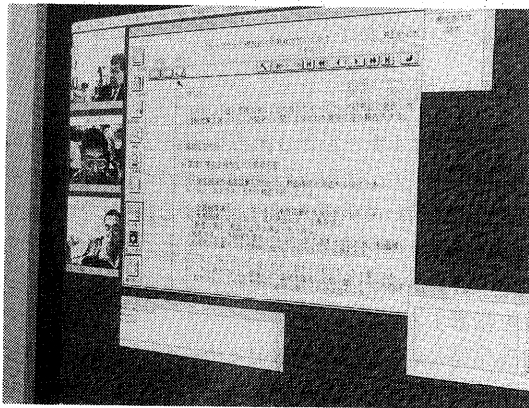


図2 実験の実施例

Fig. 2 An example of the experiment.

な部分が RemoteWadaman のウィンドウである。

学生は自分のレポートを読み内容を説明する。次のカードの説明に移るときは、学生がカードの右上についている右向きの三角形をクリックすると次のカードが現れ、同時に接続されている教官用の PC でもページがめくられる。学生は、分かりにくいところは発表する学生用に用意された共有カーソルによって指し示す。教官が分かりにくいところは別に用意されている教官用のカーソルで指し示し、質問する。実験はすべてビデオに録画してある。

また、2 地点間での遠隔ゼミナールで 3 回、3 地点間での遠隔ゼミナールで 3 回について、ping と traceroute を 30 分に 1 回実行しその結果を大阪大学から東北大学、鹿児島大学へのネットワークの状態として記録した。

さらに、1 年間のゼミナール終了後にアンケートをとり、本システムの有効性に関する検討を行った。

## 5. 評価

### 5.1 実験結果と考察

まず、実験の定量的な結果について述べる。表 1 に大阪大学と鹿児島大学間で行った 2 地点のゼミナールの結果を、表 2 に東北大学を加えた 3 地点で行ったゼミナールの結果を示す。なお、鹿児島大学の 4 年生は、1 年間は遠隔での指導のみで卒業論文を作成し卒業している。参考のため、通常の室内のゼミナールの結果を表 3 に示す。通常のゼミナールの実験結果は鹿児島大学 1 回、大阪大学 1 回の合計 2 回の平均である。メンバーは遠隔ゼミナールと重複している。通常の室内で行う A4 判のレポートを用いたゼミナールでは平均時間 13 分 23 秒で、平均枚数は 1.9 枚であった。

実験の結果、以下のことが分かった。1 人あたり遠隔で行ったゼミナールにかかった平均時間は 2 地点で 10 分 12 秒、3 地点で 10 分 15 秒であり変わらなかった。ここでの平均時間はネットワークの不調や教官への来客などの中断時間は除外してある。1 人あたりの平均会話数は 2 地点が 129.5 会話、3 地点が 118.1 会話であり、1 分あたりの会話数に換算すると 2 地点が 12.8 会話、3 地点が 11.3 会話である。この値からは 5 秒に 1 度程度会話しているように見えるが、会話全体の 35% 程度は主として教官の発する「うん」や主として学生の発する「はい」などの相づちが占め、実際に言葉のやりとりをする会話はこれより少ない。

会話を細かく見てみると発表者以外の第三者が割り込んでする発言数は、2 地点の 3.3 会話に比べて、3 地点が 7.2 会話と、約 2 倍に増加している。しかし、全体の会話に対する割合は 2 地点の場合は 3.3 会話/129.5 会話、3 地点の場合は 7.2 会話/118.1 会話と少なく、なかなか割り込みにくい状態が垣間見れる。また教官の学生 1 人あたりに対する発言数が 2 地点の場合は 62.4 会話であるのに対し、3 地点では 50.0 会話と若干減少している。これは、3 地点の場合時間がかかるため、教官は疲労してきて会話数が減少したと考えられる。

音声の全体の遅延（音声データの圧縮/伸長、ネットワークによる遅延をすべて含む）は 2 地点往復で平均約 2.5 秒あった。NetGear による動画は平均すると 2 地点の実験では 3 ~ 4 コマ/秒であった。送受信されるデータ量は 3 地点の場合で 1 台あたり約 100 Kbps である。Ping や traceroute を用いて測定した結果、大阪大学と東北大学間では平均ホップ数は 14 で、ネットワークによるおおよその遅延は 80 ms であった。大阪大学と鹿児島大学間では平均ホップ数は 10 で、ネットワークによるおおよその遅延は 130 ms であった。音声の遅延の原因はネットワークによる遅延とコーデックにおける音声の圧縮伸長時間、音声ストリームのパケット化時間、ディスパケット化時間などが考えられる<sup>8)</sup>。慣れないと遅延のためにもどかしさを感じるが、ゼミナールの回数を重ねていくと要領がつかめ、たとえば話の途中で割り込まれても動揺しないで話しを続けたり、遅延を見越して段落ごとで一呼吸おいて、相手に割り込みやすくするようになり、遅延はそれほど苦にならなかった。

カード (B6 判相当) の 1 人あたりの平均の枚数は 2 地点で 2.0 枚、3 地点で 3.0 枚であった。レポートの情報量は紙を用いて行う通常のゼミナールの場合に比べて減少している。これは、通常のゼミナールでは、

表 1 2 地点間で行ったゼミナールの結果

Table 1 Result of seminars between two points.

日付	参加人数	時間 /人	カード枚数 /人	会話数合計 /人	発表者発話数 /人	教官発話数 /人	その他発話数 /人	会話数合計 /分
96.04.12	4	0:11:09	2.5	165.5	86.8	76.5	2.3	15.1
96.04.19	4	0:14:14	2.5	182.3	94.8	86.3	1.3	12.8
96.04.24	1	0:14:31	4.0	190.0	75.0	95.0	20.0	13.1
96.05.02	3	0:07:36	2.0	103.3	51.3	47.7	4.3	15.5
96.05.10	7	0:06:57	1.9	79.4	39.0	40.0	0.4	14.8
96.05.17	7	0:07:20	1.6	93.3	47.3	44.1	1.9	13.3
96.05.24	7	0:09:42	1.6	69.9	31.9	35.0	3.0	7.2
96.05.31	7	0:10:13	2.3	66.1	32.4	33.0	0.7	6.3
96.06.21	4	0:08:40	2.0	118.0	63.0	55.0	0.0	11.9
96.06.28	6	0:06:27	1.0	99.3	48.7	48.5	2.2	15.4
96.08.01	7	0:08:28	1.5	119.5	57.0	59.7	2.8	14.1
96.09.12	6	0:11:01	2.7	160.0	80.8	78.5	0.7	14.5
96.10.04	6	0:13:02	1.8	156.0	76.2	79.5	0.3	12.0
96.10.16	6	0:13:02	2.0	178.2	88.3	87.8	2.0	13.7
96.10.30	7	0:09:10	1.4	140.0	73.3	66.1	0.6	15.3
96.11.07	6	0:16:27	4.0	217.8	111.5	101.3	5.0	12.1
96.11.13	5	0:13:29	2.2	182.4	84.2	84.2	14.0	13.5
96.12.02	3	0:05:57	1.0	77.0	40.0	36.3	0.7	12.9
97.01.08	6	0:06:17	1.3	63.2	33.7	29.2	0.3	10.0
97.01.16	4	0:10:25	1.3	129.5	61.8	65.0	2.8	12.4
平均	5.3	0:10:12	2.0	129.5	63.9	62.4	3.3	12.8

表 2 3 地点間で行ったゼミナールの結果

Table 2 Result of seminars among three points.

日付	参加人数	時間 /人	カード枚数 /人	会話数合計 /人	発表者発話数 /人	教官発話数 /人	その他発話数 /人	会話数合計 /分
96.07.26	7	0:10:30	2.6	133.7	67.9	60.1	5.7	12.7
96.10.26	8	0:07:25	3.0	62.8	29.8	27.3	5.8	8.5
96.11.20	9	0:10:07	3.6	106.9	57.8	40.1	9.0	10.6
96.12.12	10	0:10:26	2.6	132.9	69.3	59.6	4.0	12.7
97.01.23	10	0:12:48	3.3	154.2	79.8	63.0	11.4	12.0
平均	8.8	0:10:15	3.0	118.1	60.9	50.0	7.2	11.3

表 3 通常のゼミナールとの比較

Table 3 Comparison of the remote seminar and the ordinary seminar.

	時間	枚数	備考
遠隔ゼミ (2 地点)	10分12秒	2.0枚(B6判)	106名
遠隔ゼミ (3 地点)	10分15秒	3.0枚(B6判)	44名
通常のゼミ	13分22秒	1.9枚(A4判)	8名

参考文献をコピーして添付するなど、簡単に枚数は増加するが、本システムを使用する場合はすべて何らかの形で入力しなければならないため手間がかかり、枚数が増えないことが考えられる。

次に、ビデオに録画されている実験の様子を観察した結果について述べる。

遠隔ゼミナールでは相手の顔が写っている画像をあまり見ずに、共有されている RemoteWadaman の画面に注視していた。また、音声聞き取りにくい場合は PC のスピーカに耳を傾けていた。これは相手の

顔が写っている動画が 1 秒間に数コマ程度であり、笑っていることは分かるが微妙な表情までは分からない程度であることや、共有しているレポートの画面をもとに指導しているため、RemoteWadaman と音声に集中していたと思われる。

ゼミナール中に参考資料となるファイルを転送したり、教官の指導により表のデータを見直してデータの補填をしていた。また、3 地点のゼミナールでは発表者以外の人が発表者の出すデータを違った見方で処理し提示する例もあった。

本システムでは数百キロ離れた地点をインターネットを介して接続し、動画や音声などのデータをやりとりしながらゼミナールを進めていくが、ネットワークの混雑のために音声がとぎれとぎれになったり、画像や音声の通信が不調となりゼミナールが中断することもしばしばであった。

画像が止まってしまう場合は、「画像が止まっていま

表 4 実験の印象についてのアンケート結果

Table 4 Result of questionnaire about impression of experiments.

項目	2地点		3地点			
	平均	阪大	鹿大	平均		
感想	どの位離れていると感じるか	2.3	3.0	2.1	2.6	
	全体的にコミュニケーションが取れたと思うか	3.9	3.6	3.9	3.7	
	画像でコミュニケーションがとれたか	3.5	3.2	3.3	3.2	
	音声でコミュニケーションが取れたか	4.0	3.6	3.9	3.7	
	チャットでコミュニケーションがとれたか	1.8	2.2	1.6	2.0	
	多人数でゼミを行っている雰囲気だったか	2.3	3.0	3.4	3.2	
	他の人の発表に割り込みやすかったか	2.1	2.0	2.3	2.1	
	遠隔ゼミは研究に役立ったか	4.4	3.4	4.3	4.0	
	利点	教官が遠くにもゼミが行える	100%	100%	100%	100%
		データの再利用	38%	20%	40%	31%
レポートの作成が容易		13%	0%	10%	8%	
他大学の人と知り合える		—	80%	40%	54%	
専門家の意見が聞ける		13%	20%	30%	31%	
助言がもらえる		50%	20%	60%	38%	
他の人の発表に触発されアイデアが浮かぶ		25%	20%	40%	31%	
その他		25%	0%	30%	15%	
欠点		レポートの作成が面倒	38%	20%	40%	31%
		ゼミの準備が面倒	63%	20%	70%	46%
	先生がいないのでサボりがちになる	25%	0%	10%	8%	
	通信が切れる	63%	80%	100%	92%	
	声が聞き取りにくい	50%	80%	70%	77%	
	話、意思が十分伝わらない	38%	60%	30%	38%	
	発表時間以外が手持ちぶさた	25%	60%	40%	46%	
	発表時間以外に遊んでしまう	38%	0%	30%	23%	
	待ち時間が長い	13%	60%	60%	62%	
	関係ない話をしてしまう	13%	40%	0%	23%	
その他	25%	20%	10%	23%		

("感想"は5点満点)

すよ」などと言って、相手の音声での返事を待つ程度でゼミナールはそれほど深刻な中断とはならなかったが、音声を通じなくなるとゼミナールを進行することがまったく困難となった。この原因は画像と音声とを担当している NetGear が正常な動作をしなくなるためである。NetGear が正常な動作をしなくなる原因としてはネットワークの混雑やそれによって引き起こされると推測される PC の不調が考えられる。この現象は特に 3 地点を結んだゼミナールに多く見られた。また、音声ハウリングを起こしやすく、特に 3 地点を結んだゼミナールにおいて顕著であった。

3 地点のゼミナールでは、一方の大学の学生が発表している間、他方の大学の学生は画面の中から消えてしまったこともあった。つまり、ゼミナールに画面の上では参加していないのである。また、ずっと私語が続いていると思われる場面もあった。これは 1 人に 1 台の PC がないこのシステムの欠点と考えられる反面で、緊張感が弱まっていて、リラックスしていて別に仲間内で相談するための個別の会話のためのチャンネルを持っていると考えることもできる。

表 5 現在の機能の重要度のアンケート結果

Table 5 Result of questionnaire about importance of function.

機能	阪大	鹿大	平均
発表者用カーソル	4.8	4.6	4.7
教官用カーソル	4.4	4.6	4.5
連動ページめくり	4.6	4.3	4.5
画像通信	4.2	3.9	4.0
音声通信	5.0	4.7	4.8
テキスト雑談	2.2	2.4	2.4
質問機能	3.2	3.3	3.3
マルチメディアデータベース	2.4	3.9	3.4

(5点満点)

## 5.2 アンケート結果と考察

アンケートの結果を、ゼミナールを行った感想や利点、欠点についての回答をまとめたものを表 4 に、実装済の機能の重要度について表 5 に、ゼミナール支援システムにこれから必要だと考えられる機能の重要度について表 6 に示す。“阪大”は大阪大学の学生の、“鹿大”は鹿児島大学の学生の略である。表 4 の感想についての項目では各項目を 5 段階で評価したものを 1 点から 5 点の点数としてまとめてあり、点数が高い

表 6 新機能の重要度についてのアンケート結果  
Table 6 Results of questionnaire about importance of new functions.

機能	阪大	鹿大	平均
NetGearをつないでおくときWadamanがボタン一つで自動的につながる	3.8	4.0	4.0
WadamanをつないでおくときNetGearが自動的につながる	3.6	3.6	3.5
Wadamanを起動するとBoxフォルダの中の箱のバージョンを自動でチェックする	4.4	3.0	3.8
Wadamanを接続するとレポートの入っている箱を自動的に送信する	4.2	3.3	3.8
ファイルを複数選択すると自動的に圧縮され、受信時には自動的に解凍する	4.4	4.0	4.2
箱を複数選択すると自動的に圧縮され、受信時には自動的に解凍する	4.4	4.1	4.3
共有ホワイトボード	3.4	3.3	3.4
アプリケーションの共有	3.0	3.2	3.2
発言時以外はマイクの音量が0になる(ハウリングを防止し、送信データを減らす)	4.4	3.1	3.8
3本以上の共有カーソル	3.4	2.7	3.0
NetGearを使わずにWadaman単体でファイル送信ができる	2.6	3.1	2.9
Wadamanカードのデータベースとしての検索機能	3.4	4.0	3.6
NetGearのように通信相手を登録して選ぶだけで接続できる	3.8	4.0	4.0
再接続の時に自動で前の状態に戻る	4.6	3.9	4.2
カラーのレポート	3.2	3.7	3.5
レポート作成支援のエディタ、もしくはカードのエディットモード(カーソルキーでカーソルが操作できるなど)	5.0	3.7	4.0
大きいレポート用紙	4.2	3.4	3.7
ログイン時にメンバーの名前を全員分入力するバージョンでの一度入力した名前をWadaman内に保持する機能	3.2	4.1	3.8
ゼミ終了時に箱が自動的に圧縮されバックアップされる	2.8	3.3	3.2
インターネットメール、ネットニュース、WWWが利用できる	2.8	3.3	3.2
オンラインマニュアル	3.6	3.5	3.6
バルーンヘルプ	2.0	2.9	2.5
リモコンカメラおよびその遠隔操作	2.4	3.4	3.2

(5点満点)

ほど良い結果であることを示す。また利点、欠点の項目では、表中の利点、欠点が当てはまると考えた人の割合(%)についてまとめてある。“平均”の項目には教官のアンケートの結果の値も含まれている。表5と表6では各項目を5段階で評価したものを1点から5点の点数としてまとめてあり、点数が高いほど良い結果であることを示す。表5と表6の“阪大”の項目は阪大の学生の5段階評価の平均値、“鹿大”の項目は鹿大の学生の5段階評価の平均値、“平均”の項目はアンケートに答えた両大学の学生と教官の5段階評価の平均値である。

これらより、以下のことが分かる。

まず、表4のうち感想の項目では、多人数でゼミナールを行っているかどうか以外は、2地点間のゼミナールと3地点間のゼミナールの間にほとんど差は見られない。次に、利点の項目では教官が遠くにいてもゼミナールが行えるという項目が100%になった。また、他大学の人と知り合えたり助言がもらえることを利点としている。一方、欠点の項目では3地点間のゼミナールでは通信が切れたり声が聞き取りにくくなることを苦痛に感じる人が多いことが分かった。また、発表以外の待ち時間が長いと感じる人が多く、その時

間が手持ちぶさたで、関係ない話をしてしまうことがあることが分かった。また、レポートの作成が容易であるという項目が10%に満たないが、面倒であるという項目は約30%になっていた。

これらのことより、遠隔でゼミナールができることが非常に有益であると感じている反面で、音声途切れたり、待ち時間が多かったり、レポートの作成が面倒であったりすることも感じており、特に3地点でのゼミナール支援において、まだまだシステムの改善の余地があることが分かった。

表5より、RemoteWadamanに実装済みの機能については、音声通信、2つの共有カーソル、連動ページめくり、画像通信などが比較的重要であり、テキストの雑談機能はあまり重要視されていないことが分かった。テキストでの雑談機能しかない場合は多少不便でもこれを使わざるをえないが、音声や画像があれば、そちらを使い、入力が面倒なテキストの雑談機能はあまり使われないことが分かった。

表6より、未実装で重要だと考えられている機能はファイル送信の簡略化のための機能、通信の接続の簡略化のための機能、レポート作成のための支援機能などで、共有ホワイトボードやアプリケーションの共有化などの機能はあまり重要ではないと考えられていることが分かった。この理由としてファイルの転送は、ファイルを圧縮して送信し、送られてきたものを解凍して使用しているが、この手順がすべて手動であるため、非常に手間がかかっている。送られてきたファイルを見失い、探している場合も多く見られたため、ファイル送受信の簡略化が望まれていると考えられる。

ファイル送受信の簡略化は、下記のようなイメージを考えている。送信は「ファイル送信」ボタンを押し、送信するファイルを選択するとファイルが1つならそのファイルを送信し、複数もしくは大きなファイルなら圧縮ソフトにそれらの名前を渡す。圧縮ソフトはこれを圧縮する。そして圧縮したファイルに「圧縮した」という印をつけて送信する。受信は「XXさん(XXは送信した人の名前など)からファイルが届きました」と表示し、圧縮したファイルなら解凍ソフトにそのファイルを渡して解凍する。次に、「From XX」というフォルダをデスクトップに作成し、そこにファイルを入れる。

3地点でゼミナールを行うとき、通信の接続が切断されることが多いため、迅速に復旧するために通信の接続の簡略化が望まれていると考えられる。

共有ホワイトボードやアプリケーションの共有化機能の重要度が低いのは、現在はこれらに関連する機能

が装備されていないため、どのような機能がよく理解できないために重要性が低くなったと思われる。

### 5.3 問題点に関する考察

#### 5.3.1 対面に対する遠隔支援の問題点

##### (1) 仮想的な存在の影響

遠隔支援の場合は発表者以外の学生が教官から見えにくいため、他の人の発表を聞かない人が出てくる。これは学生側から見るとネットワークを介しているため、対面と比較して緊張感が弱まる傾向にあるためではないかと考えられる。

##### (2) ネットワークを介した会話の問題点

遠隔でゼミナールを行うとネットワークを介して音声のやりとりをすることになるため、しゃべる言葉が聞き取れるのはせいぜい1人対1人の対話までで、3人目がしゃべっても声が重畳して聞き取れない。したがって質問などのときに第三者が容易に割り込みにくく、ゼミナール形式というよりも1対1の対話形式に近い雰囲気になってしまう。

##### (3) 離れた所で行う影響

トラブルが起こったときに復旧作業を行うため各地点で解決方法を熟知している人がいなければならないため、遠隔でゼミナールを実施するにあたっては準備と練習が必要である。

#### 5.3.2 3地点開催の問題点

2地点間のゼミナールに比べて3地点間のゼミナールでは、全体から見ると割合は低いが、第三者が割り込んで発言数が約2倍に増え、異なる環境にいるもの同士が同じゼミナールに参加することにより、議論が活発化していると考えられる。しかし、多地点間を接続した遠隔ゼミナールでは人数が多くなるので自分の発表時間以外の時間が増え、ゼミナールの時間も必然的に長くなる。また、普段あまり面識のない人の発表であるので、内容のすべては理解できないことや、あまり内容に興味を持っていない場合もあり、他の人の発表を聞き続けるのは困難である。

その結果、3地点を結んだ遠隔ゼミナールではどうしても私語をしたりして緊張感が薄れてしまう。特に発表者とそれ以外の人の緊張感が異なってしまうようになる。発表者はつねに写っていることもあり緊張しているが、それ以外の人は小さく写っていたり写っていなかったりするため緊張感が薄れ、あまり熱心に参加しなくなる傾向にある。これは、多地点を結んで行うゼミナールの利点である、異なる環境にいる人の助言を得て、新しいアイデアを出すという点を損ねてしまうことになる。たとえば、リモートコントロールのカメラを設置して発表者を撮影するだけでなく、発表



者以外の人を写したり構図を変えたりして興味をひく画像を送るなどすれば<sup>9)</sup>、発表者以外も緊張し、相手も飽きないでゼミナールに集中できるかもしれない。

また、他の人の発表に割り込んで発言しやすかったかという項目は2.0/5点であることや、途中で割り込むことを遠慮してしまうといった感想がアンケートの記述項目にあったことから、これらを考慮した手順やシステムが必要となる。たとえば、学生に1人1台ずつPCがあり、質問したいときや助言したいときは自由に割り込みができるシステムも検討する必要がある。しかし、現状のネットワークと機器とでは接続できるのが最大4台程度である。実際に4台までは接続したことがあるが、音声聞き取りにくくなることが多いため3台で実験を行っている。たとえば、質問などのときに瞬間的に画像と音声を質問者のPCに切り替えるなどの、今までとは異なった手法<sup>10)</sup>を検討する必要もある。

### 5.3.3 実装したシステムの問題点

音声の遅延に関しては往復で約2.5秒と10MbpsのEthernetで学内で行っているときと顕著な差はなかったことから、ネットワークが原因というよりもPC内での処理に時間がかかっているように考えられる。アンケートの結果では音声でコミュニケーションはとれているとはなっているが、ゼミナールをより効果的に行うには音声処理用のハードウェアの追加なども考える必要があると思われる。

また、ファイルの送受信は予想外に頻繁に行うため、圧縮、解凍作業の簡略化が必要である。ファイルの圧縮、解凍作業の簡略化については、最終的には、利用者が圧縮、解凍の操作を意識せずに、ファイルを送信するときに、大きなファイル、または複数のファイルを選択した場合に自動的に圧縮し、相手側は圧縮されたファイルが届いたときには自動解凍できるものを検討している。

### 5.3.4 ネットワークの問題点

遠隔地におけるゼミナールの実施で問題になるのが、動画像や音声などの通信の状態が大きくネットワークの状態に依存することである。時間帯によっても違いがあり、昼頃のネットワークが混雑する時間帯などは音声への影響は顕著で<sup>8)</sup>、はっきりと聞きとれない状態も起こる。また接続そのものが切断されてしまうケースも多く見られた。

表7は3地点間を結んで行った5回の遠隔ゼミナールで、ネットワークの混雑やそれが原因だと思われるPCの不調により発生したゼミナールの中断の様子を示している。ここで全体の時間とは中断時間を含んだ

表7 3地点の遠隔ゼミナールの中断状況  
Table 7 Results of disconnection among three points.

日付	切断回数	切断時間	切断時間/全体の時間	音切れ発生回数
96.07.26	2	0:30:11	30.57%	2
96.10.26	0	0:00:00	0.00%	0
96.11.20	8	0:18:34	15.15%	1
96.12.12	1	0:03:43	3.12%	0
97.01.23	3	0:05:37	3.60%	3

実験にかかった時間全体である。この表より、1996年11月20日の実験では、全体の時間の約15.2%がこれらの原因による中断に費やされていることが分かる。このとき、ゼミナールと平行して30分ごとにpingコマンドとtracerouteコマンドを用いて、大阪大学と鹿児島大学間、大阪大学と東北大学間のネットワークの状態を調べたが、そのデータによると大阪大学と鹿児島大学間は通信は安定していたが、大阪大学と東北大学間はルーティングが大きく変更されていたり通常はほとんど0%のパケットロス率が70%にまで上昇するなどしていた。

2地点の場合、鹿児島大学と大阪大学の20回のゼミナールのうち、通信が切断されたのは5回、切断回数の合計は7回、中断時間はゼミナール時間の5.3～18.6%、さらに接続は切れていないが音声が届いていないという現象は20回中2回、うち1回は通信の切断をともなった。2地点では3地点と比較して比較的良好にゼミナールを行うことができていた。

このネットワークの問題は、アンケートでも大阪大学、鹿児島大学の両学生が通信が途中で切断されることや、音声聞き取りにくくなることを苦痛に感じ、新しい機能として再接続の簡略化や再接続時に前の状態に復旧する機能を必要と感じていることにも現れている。

通信の切断などを考慮に入れてISDNを用いる試みもあるが<sup>11)</sup>、遠隔ゼミナール支援システムのような電子会議システムの利点は、どこでも特殊な機器を使わず安価に行えるところであるために本研究ではインターネットのみを用いて遠隔ゼミナールを実施している。将来的にB-ISDNが普及し、RSVP (Resource Reservation Protocol) などによるQoS (Quality of Service) 保証が実現されればこれらの問題も解決されると考えられるが<sup>8)</sup>、現状のネットワークでは未解決問題となっている。

### 5.3.5 ネットワークと遠隔支援の関係

現在のシステムではネットワークの制約があり、マルチメディアで高品位なコミュニケーションをつねにとりながら遠隔でゼミナールを実施することは不可能である。

表 8 NetMeeting と本システムの機能の比較

Table 8 Comparison of NetMeeting and our system.

機能	Microsoft NetMeeting	本システム
画像・音声	実装済	実装済
テキストによるチャット機能	実装済	実装済
共有ホワイトボード	実装済	未実装
共有カーソル	複数*	複数(形が異なる)
操作権	あり	あり
ファイル転送	実装済	1つのファイルのみ
アプリケーション共有	実装済	未実装

\*アプリケーション共有時は1つ

今後、高速のネットワークが実現されれば、解決できる問題もある。たとえば高品位な画像と音声は自由に扱え臨場感のある通信を行うことができれば、複数人の音声を聞き分けることができ<sup>12)</sup>、コミュニケーションがとりやすくなるかもしれない。しかし、つねにカメラで見られていると過度の緊張が引き起こされることも否定できないため<sup>13)</sup>、能力を十二分に発揮できるゼミナールを行うためにはさらに細かな配慮が必要と考えられる。

したがって、現在のシステムを用いて遠隔でゼミナールを開催すると他の発表者の話を聞かないなど、対面と比較して緊張感が弱まるなどの問題点もあるが、これは必ずしも自由な雰囲気での議論を必要とするゼミナールのことを考えれば悪いことだけではないように思われる。

#### 5.4 既存のシステムとの比較

Microsoft 社の NetMeeting Version 2.0 (以下, NetMeeting)<sup>4)</sup> は、同社の Windows 95/NT 上で動作する、共有ホワイトボードやテキストによるチャット機能、画像・音声の通信機能、そしてアプリケーションの共有ができるインターネットを用いた遠隔会議システムである。表 8 に NetMeeting と本システムの機能の比較をまとめたものを示す。

RemoteWadaman は明確に教官用と学生用とに区別された形を持つカーソルがツねに表示されているなど、遠隔ゼミナールに特化したシステムであるため、汎用でアプリケーション共有機能などを持つ多機能な NetMeeting より遠隔ゼミナールには使いやすいようになっている。

#### 6. おわりに

インターネットで接続された PC を使用して遠隔地間でゼミナールを行う遠隔ゼミナール支援システムを用いて、大阪大学と鹿児島大学の 2 地点間を結んだ遠隔ゼミナールを 20 回、東北大学、大阪大学、鹿児島大学の 3 地点間を結んだ遠隔ゼミナールを 5 回実

施した。これら 25 回のゼミナールについて録画したビデオの解析、アンケート、ping や traceroute でのネットワークの状態に関するデータの取得などから適用実験の結果の解析を行った。その結果、次のことが分かった。

(1) 本システムを用いて、遠隔地の 2 地点間において学生の指導が十分可能であったが、3 地点間についてはシステムなどに改良の余地があった。また、対面と比較して遠隔では本システムを用いるとゼミナールの緊張感が弱まる傾向にあることが分かった。

(2) 2 地点間のゼミナールでは、学生 1 人あたり 10 分 12 秒の時間を要して平均会話数は 129.5 会話であった。3 地点間のゼミナールでは、学生 1 人あたり 10 分 15 秒の時間を要して平均会話数は 118.1 会話であり、2 地点の場合とほとんど変わらなかった。発表者以外の第三者の学生が割り込んでする発言数は 2 地点の 3.3 会話に比べて 3 地点が 7.2 会話と約 2 倍に増加しているが、会話数全体からみれば少ないことが分かった。

(3) 2 地点間のゼミナール 20 回のうち 4 回のゼミナールで中断があり、そのときの中断時間の割合は各ゼミナール全体の時間に対して各々 5.3 ~ 18.6% であった。3 地点間のゼミナール 5 回のうち 4 回のゼミナールに中断があり、そのときの中断時間の割合は各ゼミナール全体の時間に対して各々 3.1 ~ 31% であった。

今後は通信の接続の簡略化のための機能、ファイル送信の簡略化のための機能、レポート作成のための支援機能などを実装するとともに、第三者が助言などの割り込みをしやすくするような新たな機能やシステムの検討を行い、実装してさらに実験やアンケートを実施し評価を行っていく予定である。

謝辞 本研究を遂行するにあたり、東北大学電気通信研究所の白鳥則郎教授ならびに白鳥研究室の方々、そして鹿児島大学工学部情報工学科の方々には大変お世話になりました。深く感謝いたします。

#### 参 考 文 献

- 1) Alan, D. and Russell, B.: *Remote Cooperation, The Computer Supported Cooperative Work*, pp.177-219, Springer (1996).
- 2) 宗森 純, 和田 満, 長澤庸二: 知的生産の技術カード支援システムの実現, オフィス・オートメーション, Vol.13, No.2, pp.162-167 (1992).
- 3) 宗森 純, 由井蘭隆也, 山元一永, 長澤庸二: 遠隔ゼミ支援システム RemoteWadaman の開発と適用, 情報処理学会研究報告, 96-GW-16, pp.1-6 (1996).

- 4) <http://www.microsoft.com/netmeeting/>
- 5) <http://www.intel.co.jp/jp/comm-net/proshare/index.htm>
- 6) <http://cu-seeme.cornell.edu/Welcome.html>.
- 7) 梅棹忠夫：知的生産の技術，岩波新書，東京（1969）.
- 8) 星 徹，高原桂子，松井 進，小山俊明，林 俊光：インターネット電話のイントラネットへの展開に関する考察，グループウェア'96 シンポジウム，pp.43-48（1996）.
- 9) 井上智雄，岡田謙一，松下 温：テレビ番組のカメラワークの知識に基づいたTV会議システム，情報処理学会論文誌，Vol.37，No.11，pp.2095-2104（1996）.
- 10) 井上 穰，由井蘭隆也，宗森 純，長澤庸二：遠隔授業支援システムの開発，情報処理学会研究報告，97-GW-21，pp.139-144（1997）.
- 11) 太細 孝，小泉寿男，守屋誠司：遠隔協同授業における映像操作系の改良とその実験結果，情報処理学会研究報告，97-DPS-82，pp.93-98（1997）.
- 12) 並木育夫，野村知義，青木茂明，入江一成，黒田幸明：高臨場感マルチメディア通信会議システム，情報処理学会研究報告，96-GW-20，pp.1-6（1996）.
- 13) 河合智明，坂内祐一，田村秀行：遠隔操作可能なカメラを用いた能動的な状況把握システム，情報処理学会論文誌，Vol.38，No.4，pp.883-890（1997）.

（平成9年5月12日受付）

（平成9年10月1日採録）



宗森 純（正会員）

昭和30年生。昭和54年名古屋工業大学電気工学科卒業。昭和56年同大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。昭和59年東北大学大学院工学研究科電気及通信工学専攻博士課程修了。工学博士。同年三菱電機（株）入社。昭和59年～平成元年同社情報電子研究所にて、通信ソフトウェア開発環境の研究開発に従事。平成元年鹿児島大学工学部情報工学科助教授。平成8年大阪大学基礎工学部情報工学科助教授。現在同大学大学院基礎工学研究科情報数理系専攻助教授。平成9年度山下記念研究賞受賞。グループウェア，ヒューマンインタフェース，形式記述技法，神経生理学などの研究に従事。電子情報通信学会，オフィスオートメーション学会各会員。



吉田 亨

昭和49年生。平成9年大阪大学基礎工学部情報工学科卒業。平成9年同大学大学院基礎工学研究科情報数理系専攻博士前期課程入学。現在、同研究科でグループウェア，オブジェクト指向技術に関する研究に従事。



由井蘭隆也（学生会員）

昭和47年生。平成6年鹿児島大学工学部情報工学科卒業。平成8年同大学大学院工学研究科情報工学専攻博士前期課程修了。現在同工学研究科システム情報工学専攻博士後期課程在学中。グループウェアに関する研究に従事。電子情報通信学会会員。



首藤 勝（正会員）

昭和32年大阪大学工学部通信工学科卒業。同年三菱電機（株）に入社，32年間の在職中，計算機方式および基本ソフトウェアの研究開発に従事。この間制御用語の開発と国際標準化活動への参画のほか，通産省スーパーコンピュータ，および第5世代コンピュータ・プロジェクト技術委員，科技厅情報・電子系科学技術部会専門委員等を担当。平成元年より大阪大学基礎工学部情報工学科教授（平成8年改組により大学院基礎工学研究科情報数理系専攻所属）。オブジェクト指向プログラミングなどの研究とソフトウェア工学の教育に従事。工学博士。昭和53～54年（論文誌編集担当）および昭和56～57年（調査研究担当）本会理事。ソフトウェア科学会，電子情報通信学会各会員。