

遠隔ゼミ支援システム RemoteWadaman の開発と適用

吉田 竜 宗森 純 首藤 勝

大阪大学大学院基礎工学研究科情報数理系専攻

ネットワーク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ゼミを支援する遠隔ゼミ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機能を付加したRemoteWadamanと、新たに開発した画像・音声用コミュニケーションツールNetGearとを併用したものである。本システムを用いて大阪大学（豊中市）と鹿児島大学（鹿児島市）の2地点間で20回、そして東北大学電気通信研究所（仙台市）も加えた3地点間で5回遠隔ゼミを行った。

Development and Application of Remote Seminar Support System named RemoteWadaman

Hajime YOSHIDA Jun MUNEMORI Masaru SUDO

Department of informatics and Mathematical Science,
Graduate School of Engineering Science, Osaka University

We have developed a remote seminar support system named RemoteWadaman. It was implemented on a network, consisting of personal computers and cheap input equipments. The system is based on an intelligent productive work card support system, named Wadaman, and a multimedia communication tool, named NetGear. Some functions, for example, shared cursors, were added for groupware. We tried remote seminar between Kagoshima University and Osaka University 20 times and among 3 sites, added Tohoku University to them, 5 times.

1. はじめに

近年、マルチメディア通信技術の進歩に伴い、これらを利用した教育システムの研究が盛んである。しかし、現状では様々な問題があり多人数を対象とした実用的なシステムを開発するまでに至っているものは少ない。しかし、これらのシステムを開発するためにはネットワークや教育システム上でどのように協調作業が行われるかなどの基礎的データが必要であると考えられる。そこで我々は小規模で行われるゼミに着目し、ネットワークで接続されたパーソナルコンピュータ（以降PC）を用いて遠隔地間で行う遠隔ゼミ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[1]に共有カーソルなどのグループウェア機能を付加し（これをRemoteWadamanと呼ぶ）、新たに開発した画像・音声用コミュニケーションツールNetGear[2]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Intel Proshare, Microsoft NetMeetingなど多数開発されているが、これをインターネットを介した遠隔地での学生の指導に毎週、長期間にわたって使用した結果の報告はなかった。また、現状ではインターネットはWWWなどの非リアルタイムのシステムの利用が多く、リアルタイムのシステムを定期的に運用した例は少ない。我々は本システムを用いて1年を通して大阪大学（豊中市）と鹿児島大学（鹿児島市）の2地点間で20回、東北大学電気通信研究所（仙台市）も加えた3地点間で5回の遠隔ゼミを行った。本発表ではこれらの結果について述べる。

2. 遠隔ゼミ支援システム

2.1 システムの概要

遠隔ゼミ支援システムは知的生産支援システム

Wadamanに共有カーソル等の遠隔ゼミ支援機能を付けたRemoteWadamanと、画像・音声用コミュニケーションツールNetGearとからなっている。RemoteWadamanの通信部分には我々が開発したHyperQTC[2]を用いている。HyperQTCはQuickTime Conferencing (Apple Computer)をHyperTalk (Apple Computer)の命令と同様に使用できるようにした6種類の関数群であり、テキストデータおよびイメージデータのやりとりがTCP/IP上で出来るのでインターネットでの使用が可能である。HyperQTCは後述するRemoteWadamanの共有カーソルやカードめくりの機能に使用している。NetGearはQuickTime Conferencingをもとに開発した画像・音声コミュニケーションツールであり、アプリケーションソフトとして独立している。NetGearにはファイル転送機能や日本語によるチャット機能も備えている。NetGearはCU-SeeMe[3]と異なり、3台以上の計算機を使用する場合もワークステーションを必要としない。

使用機器はPower Macintosh 8100/100AVおよび8500/120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 (AppleComputer)を使用している。比較的安価な機器でシステムを実現している。

2. 2 RemoteWadaman

RemoteWadamanは梅棹の知的生産のためのカードシステム[4]をもとにソフトウェア化したものでHyperTalkを用いてプログラミングしてある。約8000行のプログラミングである。RemoteWadamanの特徴は、カードをめくるように使うことができ、あたかもカードがあるようにみえる仮想環境による使いやすさを第一に考えたことである。仮想的なカードは仮想的なカードボックスに収納されている。学生は各人がカードボックスを持っていて、これに自分の作成したカードを入れる。1つのボックスにカードは40枚まで入る。データを転送する場合もカードボックスがファイルに対応するので、カードボックス単位で転送する。カードの例を図1に示す。カードにはゼミの日付、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を示す欄がある。カードに表示されている各種アイコンの機能を表1に示す。また、カード移動に関するアイコンの機能について図2に示す。報告の内容はその下にある実際のカードのように見える部分に記述していく。文字だけでなく図や表、動画も使用することができる。1枚のカードに収まりきらない場合は、さらにカードを作成し、そこに記述する。

RemoteWadamanには遠隔ゼミを支援する機能として説明指示用の共有カーソルが、通常教官用と学生用の2つある。さらに発表内容に疑問、意見などがある学生

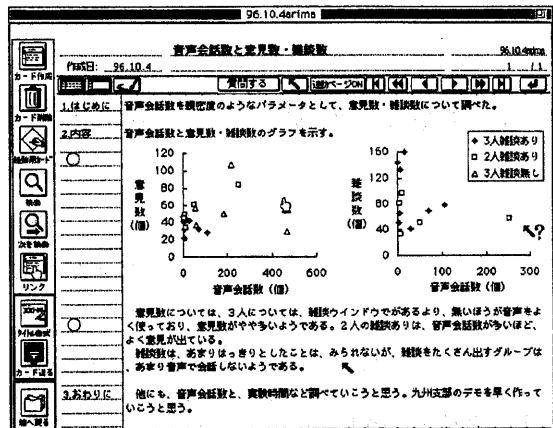


図1 カードの例

表1 各アイコンの機能

画面上のボタン	機能
質問する	発表者以外の学生が質問などをすると押すボタン。これを押すと質問者用のカーソルが新たに画面に現われる。
	学生用カーソルの操作権切り替えボタン。これを押すと発表する学生が学生用カーソルを使えるようになる。
連動ページOFF	カードめくりを非同期にするボタン。これを押すとボタンの表示が「連動ページめくりON」に変わる。
連動ページON	カードめくりを同期させるボタン。これを押すとボタンの表示が「連動ページOFF」に変わる。
	HyperCardのペイント機能を使うパレットを表示するボタン。

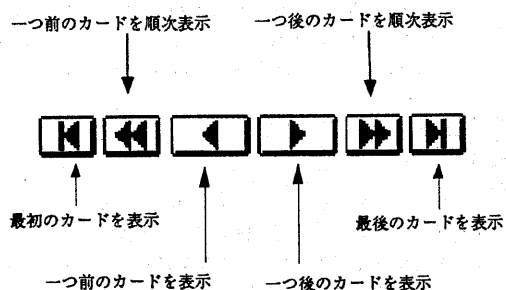


図2 カード操作アイコンの機能

が質問ボタンを押すことによって質問者用の共有カーソルが現われ、その時は共有カーソルは併せて3つになる。図1中の中央やや上にある手の形をしたカーソルが教官用、中央の下方にある矢印の形をしたカーソルが発表学生用、そして右にある疑問符がついた矢印カーソルが質問者用の共有カーソルである。また、発表者の操作に同期して聴取者側のカードがめくれるモードとめくれないモードを設定することができる。

本システムで3地点を結んだ遠隔ゼミをする場合、通常は東北大学に1台、大阪大学に1台、鹿児島大学に1台の計3台のPCを用いるので、大阪、鹿児島共に1台の計算機の前に学生が集まってゼミを行うことになる。本システムではそのPCを使用するメンバーの名前を管理して、質問を行った人がどの地点にいる誰であるかを簡単な操作でゼミ出席者全員に通知するようにした。

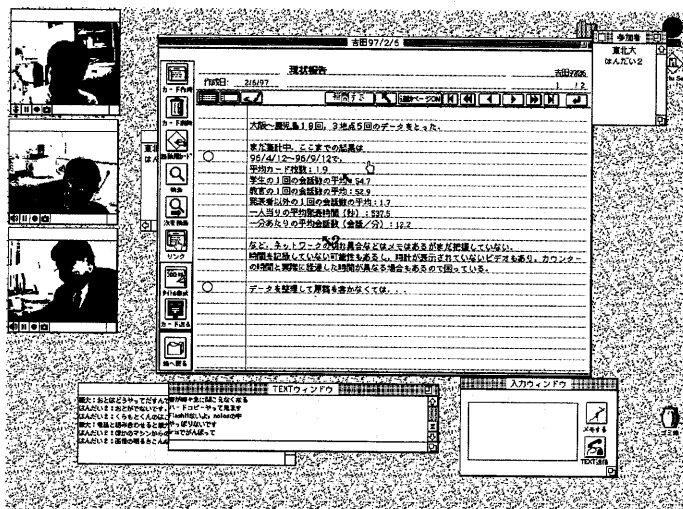


図3 実験の実施例

3. 実験

3.1 実験環境

大阪大学と鹿児島大学の2地点を結んで20回、東北大学も含めた3地点を結んで5回遠隔ゼミを行った。2地点の場合は大阪大学にいる教官が鹿児島大学の学生を指導し、3地点の場合は東北大学にいる教官が大阪大学、鹿児島大学の学生を指導する形をとった。距離にして大阪と鹿児島間は約900キロ、大阪と仙台間は約900キロある。学生は大阪大学の学生が6人、鹿児島大学の学生が7人である。ただし、学生は欠席したりレポート作成がゼミに間に合わなかったりするので全員が毎回ゼミに参加して発表しているとは限らない。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接続されていることが多かった。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。

3.2 適用例

3地点の場合の適用例について以下に述べる。

学生はゼミ開始前にゼミで報告する内容をレポートとしてRemoteWadamanのカード上に作成、準備しておく。

ゼミ開始時はまずNetGearを接続し、画像と音声による通信路を確保し、ファイル転送機能を用いてゼミ用データを転送する。次に、RemoteWadamanを接続する。ゼミを開始する。東北大学にいる教官が大阪大学、鹿児島大学のうちのどちらに発表をさせるかを指定すると、指定された側の学生がその日のゼミ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。接続されている他のPCにもそのカードが表示される。図3に実験の実施例を示す。その右側にあるのがRemoteWadamanの画面である。

学生は自分のレポートを読み説明する。次のカードの説明に移るときはカードめくり機能を使用する。カード

めくり機能は他のPCと同期するモードを使用する。発表する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われる。接続されている他のPCでも同じようにカードがめくられる。発表している学生は、分かりにくいところは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示し、質問する。発表中に他の学生が質問ボタンを押すと、質問用に用意されたカーソルが現われ、質問をする学生はそれを用いて指し示す。図3中のカード画面には上で述べた3つの共有カーソルがあり、これらは他のPCでも同じように動く。実験は全てビデオに録画してある。

4. 実験結果と考察

4.1 実験結果

まず、本実験において教官は鹿児島大学の学生を1年間にわたって指導したが、教官は鹿児島へは2度しか訪れていない。従って学部4年生の学生はほぼ遠隔ゼミのみで指導しているといえる。学部4年生の学生は無事卒業論文をまとめ卒業することができたため、本システムはある程度有効に機能したと考えられる。

次に、遠隔ゼミについて詳しく分析するためにゼミの様子を録画したビデオを解析し、まとめた。表2に大阪大学と鹿児島大学間で行った2地点のゼミの結果を、表3に東北大学を加えた3地点で行ったゼミの結果を示す。ここでの参加人数はレポートを作成し、発表した人数を指す。カードの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、1人あたりゼミ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秒である。こ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

表2 2地点のゼミの結果

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3 3地点のゼミの結果

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

時間は除く。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、1分あたり2地点が12.6会話、3地点が11.3会話である。これらには2地点と3地点の間に差異は生じていないが、発表者以外の学生が割り込んでする発言数は2地点が3.3会話、3地点が7.2会話と約2倍に増加している。また音声の遅延は往復で約2.5秒あった。

4. 2 ビデオの解析結果

録画したビデオを解析した。その結果、上で挙げた数値以外に以下のことがわかった。

- ・本システムを使用して共有画面を見ながら画像、音声通信を介して遠隔ゼミを行う場合、音声によるコミュニケーションが最も重要であることがわかる。これは、共有画面や動画画像の通信によって相手の存在が確認できるので、ほとんど不安を感じることなく音声を通じてコミュニケーションを取りながらゼミを行うことができることを示す。

- ・ゼミ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。
- ・音声ハウリングを起こしやすく、特に3地点を結んだゼミにおいて顕著であった。
- ・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、動画画像や音声などのデータをやり取りしながらゼミを進めていくが、ネットワークの混雑のために音声がちぎれちぎれになったり、画像と音声の通信が切断されゼミが中断することもしばしばであった。この現象も特に3地点を結んだゼミに多く見られた。
- ・接続が切れるときには音声徐徐に途切れるようになり、画像が止まり、やがて音声は聞こえなくなつて切断する場合と、何の前ぶれもなく急に接続が切

れる場合があった。

4. 3 アンケート結果

アンケートの結果を表4に示す。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、欠点の項目が当てはまると考えた人の割合(%)についてまとめてある。

これらより以下のことがわかる。

まず、感想の項目では、多人数でゼミを行っているかどうか以外は、2地点間のゼミと3地点間のゼミの間にほとんど差はみられない。

次に、利点の項目では

- ・教官が遠くにいてもゼミが行えるという項目が100%になった。

- ・3地点間でのゼミでは、2地点間のゼミに比べて他大学の人と知り合えたり、他の人の発表に触発され自分の研究に対するアイデアが浮かぶことが利点だと参加者の多くが感じている。

などがわかる。

そして、欠点の項目では

- ・3地点間のゼミ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。

- ・3地点間のゼミでは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。

- ・レポートの作成が容易であるという項目が約10%であるのに対し、面倒であるという項目は約35%になっている。

ことがわかる。

大学別で比較すると

- ・感想の項目について、大阪大学の学生のほうが、鹿児島大学の学生よりも相手が近くにいると感じている。しかし、全体に関しては鹿児島大学の学生のほうが本システムに良い印象をもっている。
- ・利点の項目については、鹿児島大学の学生のほうが、遠隔ゼミシステムに多くの利点を感じている。特に助言がもらえたり、人の発表に触発される点を高く評価している。
- ・欠点の項目については、鹿児島大学の学生のほうがレポート作成やシステムの立ち上げなどの準備をわ

表4 アンケート結果

	項目	2 地点	3 地点		
		平均	阪大	鹿大	総平均
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
利点	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
	教官が遠くにいてもゼミが行える	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	0%	80%	40%	54%
欠点	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%
	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%
点	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%
点	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%

表5 3地点間のゼミの中断の様子

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

ずらわしく思っている。

これらの結果は鹿児島大学の学生は常に遠隔ゼミを行っているのに対して、大阪大学の学生はときどき遠隔ゼミを行う程度であるために生じているとも考えられる。

4. 4 考察

本システムについては、本研究で3地点間を結んでゼミを行う以前は3地点を結んだ遠隔ゼミには対応しておらず、実験と平行して改良を行ってきた。また、実験回数が5回と少ないので、他大学の学生の意見を聞いてゼミを進めるなどの3地点以上の多地点に特有の顕著な

データは今のところ得られなかった。

また、ネットワークの問題に関しては、現状のインターネットを介したマルチメディア通信は帯域予約が出来ないため通信状態がネットワークのトラフィックに大きく依存し、ゼミを妨げる最も大きな要因になった。アンケートでもこの点に対する不満が最も多い。昼頃のネットワークが混雑する時間帯などは[5]、動画像が止まり音声が届かなくなる状態も起こる。また接続そのものが切断されてしまうケースも多くみられた。表5は3地点間を結んで行った5回の遠隔ゼミで、ネットワークの混雑やそれが原因だと思われるマシンの不調により発生したゼミの中断の様子を示している。ここで全体の時間とは表2、表3と違い中断時間を含んだ全時間である。ただし、この全体の時間については準備時間や録画に使用した計算機が落ちて記録が残っていない時間を除いた、参考程度の値であり、経験的には実際の3地点間のゼミには3,4時間かかる。この表より1996年11月20日の実験では約4時間のゼミで8回の切断があり、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わかる。この時、ゼミと平行して30分毎に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、このデータによると、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ことや、ORIONS（大阪地域大学間ネットワーク）からSINETのルータへ移る時に、最初は“new-kyoto”を通過していたが、途中から“new-tsukuba”に変わっていた。画像や音声などの連続データではルーティングの変更は致命的なので、この時には通信が切断したと思われる。

また表にはあげないが、鹿児島大学と大阪大学の20回のゼミ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、3地点ともそれ以外は快適にゼミを行うことができた。

5. おわりに

インターネットで接続されたPCを用いて遠隔地間でゼミを行う遠隔ゼミ支援システムを開発した。そして本システムを使用して大阪大学と鹿児島大学の2地点間で20回、東北大学を加えた3地点間で5回遠隔ゼミを行った。その結果、次のことがわかった。

(1) 本システムを用いて、遠隔地でも学生の指導が可能であった。

(2) 2地点間のゼミについて、平均参加人数は5.3人で1回のゼミの平均所要時間は54分04秒であった。学生1

人あたり10分12秒の時間を要した。

(3) 3地点間のゼミについて、平均参加人数は8.8人、1回のゼミの平均所要時間は1時間30分12秒で、学生1人あたり10分15秒の時間を要した。

(4) 2地点間のゼミ20回のうち5回のゼミで中断があり、そのときの中断時間の割合は5.3%～18.6%であった。

(5) 3地点間のゼミ5回のうち4回のゼミで中断があり、3時間程度の実験中に8回の中断が起こることもあった。主な原因はネットワークの混雑であると思われる。

(6) 大阪大学と東北大学間では平均14台のルータを経由し、ネットワークによるおおよその遅延は80msであった。

(7) 大阪大学と鹿児島大学間では平均10台のルータを経由し、ネットワークによるおおよその遅延は130msであった。

(8) 共有画面や動画像通信が正常に動作している場合のコミュニケーション手段は音声が必要であるが、音声は届いていても動画像が届かなかったり止まってしまっているときは参加者は不安になり円滑なコミュニケーションは難しい。

今後は、アンケートの結果を基にシステムの改良や新しい機能の検討を続けていき、97年度学生のゼミに本システムを適用する予定である。

謝辞

本実験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。深く感謝致します。

参考文献

- [1] 由井薫隆也、宗森 純、長澤庸二：知的生産支援システムWadamanの仮想環境の評価、情報処理学会人文科学とコンピュータ研究会、24-4 (1994)。
- [2] 山元一永：分散型マルチメディアプラットフォームに関する研究、鹿児島大学大学院工学研究科修士学位論文(1996)。
- [3] Cogger, D.: CU-SeeME(TM) README file, Cornell University, URL gopher://cu-seeme.cornell.edu/directory/pub/cu-seeme。
- [4] 梅棹忠夫：知的生産の技術、岩波新書、岩波書店、東京(1969)。
- [5] 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、pp43-48(1996)。