

遠隔ゼミ支援システムの3地点運用を考慮した改良

吉田 壱* 宗森 純** 首藤 勝**

*大阪大学基礎工学部情報工学科

**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、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。

Improvement of Remote Seminar Support System for 3 sites.

Hajime YOSHIDA* Jun MUNEMORI** Masaru SUDO**

*Department of Information and Computer Science,
Faculty of Engineering Science, Osaka University

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

We have developed a remote seminar support system named RemoteWadaman. RemoteWadaman was implemented on a network, consisting of personal computers and cheap input equipments. RemoteWadaman 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

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。そこで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。本研究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 要求事項

遠隔でゼミを実用的に行うために、本システムに対する要求事項は以下のようになると考えられる。

2. 1. 1 要求されるシステムの機能

システムに要求される機能は、以下のようなものである。

- ・900キロ、あるいは1500キロはなれた遠隔地間で行うゼミを対象とするため、インターネットを利用して通信を行わなければならない。
- ・レポートには通常のゼミと同様に図や表を含んだものを作成できなければならない。また、作成したレポートはゼミ終了後も参照できるようにマルチメディアデータベースに保管できなくてはならない。
- ・レポートや参考資料などを配布するためのファイル送信機能が実現されていなくてはならない。
- ・ゼミは毎週行われるので、簡単に扱えるシステムでなければならない。
- ・ゼミでは、教官と学生または学生どうしの議論が重要であるので、これらを円滑にかつ通常のゼミと同様に行えるようにするため、動画像と音声が入えなければならない。

2. 1. 2 要求されるシステムの性能

システムに要求される性能は、以下のようなものである。

- ・6人程度の小規模なゼミを行うことができる。
- ・円滑なコミュニケーションをはかるため、応答遅延が小さくなければならない。ただし、音声のみの場合は数百ミリ秒の遅延が限界だが、画像や共有画面があるために2秒程度の遅延は許す。
- ・現状ではゼミと実験をかねているので、ゼミを3地点で行う場合はもちろん、2地点で行う場合でも教官用、学生用と記録用の3台以上の計算機が扱えなければならない。

2. 2 実現方法

2. 2. 1 支援環境

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QuickTimeConferencing (AppleComputer)をHyperTalk (AppleComputer)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QuickTimeConferencing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. 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6000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見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中の下中央にある手の形をしたカーソルが教官用、中央にある矢印の形をしたカーソルが発表学生用、そして右下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。

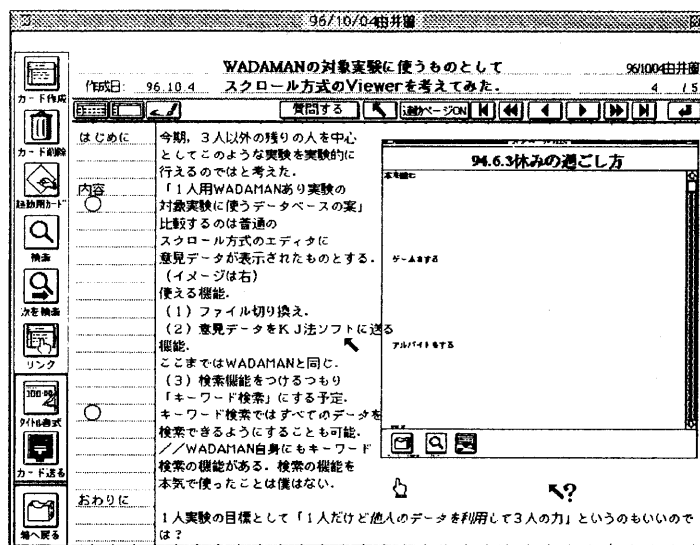


図1 カードの例

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ときに押すボタン。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OFF」になる。
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ON」になる。
	HyperCardのペイント機能を使うパレットを表示するボタン。

表1 アイコンの機能表

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。

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900キロある。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

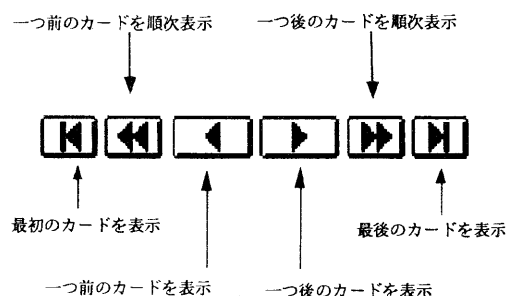


図2 カード操作アイコンの機能表

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

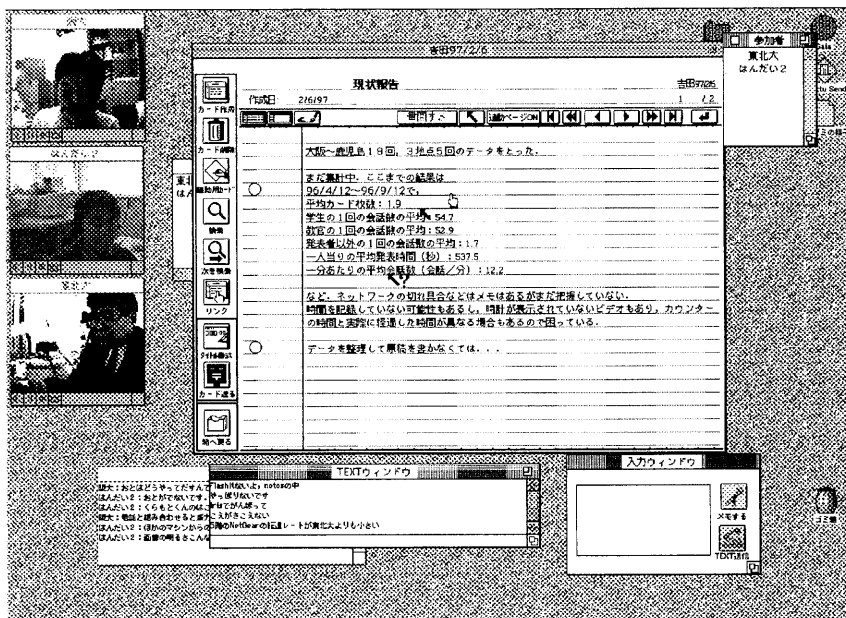


図3 遠隔ゼミの実施例

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。CRT画面中、左側はNetGearによる出席者の画面で、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し示す。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

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。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24秒である。この平均時間はネットワークの不調や先生への来客などの中断時間は除く。1人あたりの平均会話数は2地点が129.5会話、3地点が121.5会話、1分あたり2地点が12.6会話、3地点が11.7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くる発言数は2地点が3.3会話、3地点が7.0会話と約2倍に増加している。音声の遅延は往復で約2.5秒あった。比較のため、通常の室内で行ったゼミの結果も表4に示す。通常のゼミの実験結果は2回の平均である。通常の室内で行うA4のレポートを用いたゼミでは平均時間13分23秒で、平均枚数は1.9枚であった。

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、以下のことがわかった。

- ・遠隔ゼミでは相手の画像をあまり見ずに、レポートに注視していた。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。従って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った。
- ・ゼミ中に参考資料となるファイルを転送したり、教

日付	時間／人	カード枚数／人	会話数合計／人	第3者発話数／人	会話数合計／分
96.04.12	0:11:09	2.5	165.5	2.3	15.1
96.04.19	0:14:14	2.5	182.3	1.3	12.8
96.04.24	0:14:31	4.0	190.0	20.0	13.1
96.05.02	0:07:36	2.0	103.3	4.3	15.5
96.05.10	0:06:57	1.9	79.4	0.4	14.8
96.05.17	0:07:20	1.6	93.3	1.9	13.3
96.05.24	0:09:42	1.6	69.9	3.0	7.2
96.05.31	0:10:13	2.3	66.1	0.7	6.3
96.06.21	0:08:40	2.0	118.0	0.0	11.9
96.06.28	0:06:27	1.0	99.3	2.2	15.4
96.08.01	0:08:28	1.5	119.5	2.8	14.1
96.09.12	0:11:01	2.7	160.0	0.7	14.5
96.10.04	0:13:02	1.8	156.0	0.3	12.0
96.10.16	0:13:02	2.0	178.2	2.0	13.7
96.10.30	0:09:10	1.4	140.0	0.6	15.3
96.11.07	0:16:27	4.0	217.8	5.0	12.1
96.11.13	0:13:29	2.2	182.4	14.0	13.5
96.12.02	0:05:57	1.0	77.0	0.7	12.9
97.01.08	0:06:17	1.3	63.2	0.3	10.0
97.01.16	0:10:25	1.3	129.5	2.8	12.4
平均	0:10:12	2.0	129.5	3.3	12.8

表2 2地点間のゼミの結果

日付	時間／人	カード枚数／人	会話数合計／人	第3者発話数／人	会話数合計／分
96.07.26	0:10:30	2.6	133.7	5.7	12.7
96.10.26	0:08:08	3.0	80.0	5.0	9.8
96.11.20	0:10:07	3.6	106.9	9.0	10.6
96.12.12	0:10:26	2.6	132.9	4.0	12.7
97.01.23	0:12:48	3.3	154.2	11.4	12.0
平均	0:10:24	3.0	121.5	7.0	11.6

表3 3地点のゼミの結果

	時間／人	レポート枚数／人	のべ人数	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
遠隔ゼミ(2地点)	10分07秒	2.0枚(B6判)	104名	96.07.26	2	0:30:11	30.57%	2
遠隔ゼミ(3地点)	10分24秒	3.0枚(B6判)	41名	96.10.26	0	0:00:00	0.00%	0
通常のゼミ	13分22秒	1.9枚(A4判)	8名	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

表4 通常のゼミとの比較

表5 3地点間のゼミでの中断状況

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。

- ・音声が入力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かたかたになったり、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。

4. 3 考察

遠隔地におけるゼミの実施で問題になるのが動画像などの通信の状態が大きくネットワークに依存することである。時間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[5]、音声への影響は顕著で、はっきりと聞こえ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。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。

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。

2地点間のゼミに比べて3地点間のゼミでは第3者が割り込んで発言数が約2倍に増えたが、これは多地点を結んでゼミを行い、異なる環境にいるものどうしが同じゼミ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。

音声の遅延に関しては往復で約2.5秒と10Mbpsのイーサネットですぐ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言うよりもPC内での処理に時間がかかっているように考えられる。このため、ゼミ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。

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) 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5分23.7秒であった。学生1人あたり10分12秒の時間を要した。

(2) 3地点間のゼミについて、平均参加人数は8.2人、1回のゼミの平均所要時間は1時間27分30秒で、学生1人あたり10分24秒の時間を要した。

(3) 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。

(4) 3地点間のゼミ5回のうち3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。

(5) 大阪大学と東北大学間で平均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。

(6) 大阪大学と鹿児島大学間で平均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。

(7) 上記(5)、(6)よりおよそ2.5秒である音声の遅延の大半はネットワークの遅延ではなくPC内の処理によるものである。

今後は、実験を重ね、アンケートをとり、システムの改良や新しい機能の検討を続けていく予定である。

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] 由井蘭隆也、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)。