

# 分散型遠隔ゼミナール支援システム RemoteWadaman II の 2年間の適用と評価

吉野 孝<sup>†</sup> 宗森 純<sup>††</sup>

参加者全員が1人1台のPCを用い、2地点を結んだ遠隔ゼミナールを支援する、分散型遠隔ゼミナール支援システム RemoteWadaman II を開発した。RemoteWadaman II は、容量の大きいデータのやりとりや接続先のIPアドレス等の非同期の情報にはファイルサーバを用い、応答速度が重要な共有カーソルや共有画面の同期等にはメッシュ型のネットワークによる直接通信を用いる等、その分散化の方式に特徴がある。この特徴を生かして、ゼミナール中にもファイルを送信/取得可能な機能を設け、ゼミナールの効率化をはかった。このシステムを和歌山大学と鹿児島大学とを結んだゼミナールに2年間、計55回適用し、遠隔ゼミナールのログ解析とアンケート調査によりシステムを評価した。その結果、各参加者は各自のPCを用いることにより、発表中のカードや共有カーソルの指示を自分のPCで見られ、また、チャットの使用が可能となったのはもとより、さらに、ゼミナール開始後のレポートファイル送受信を可能としたことで、レポートの枚数が増加し、ゼミナールの質および量がともに向上した。

## Application and Evaluation of Distributed Remote Seminar Support System RemoteWadaman II over Two Years

TAKASHI YOSHINO<sup>†</sup> and JUN MUNEMORI<sup>††</sup>

We have developed a real-time distributed remote seminar support system, named RemoteWadaman II. The system can connect several computers via the Internet. Each student can operate his or her own computer. This system uses the following two communication methods. The first method is for large amount data and asynchronous information using a file server. The second method is for shared cursors and a shared screen using a direct communication by the mesh-type network. We developed functions to send and receive a file all over a seminar for the increase in efficiency of a seminar. RemoteWadaman II was applied seminars between two Universities 55 times and estimated by log analysis and questionnaires. Each participant was seen a shared report and shared cursors on his or her own PC, and each participant was able to use a chat. The number of sheets of a report increased by the functions to send and receive a file after a seminar start. As the result, this system has improved both the quality and quantity of a seminar.

### 1. はじめに

近年、比較的安価で高性能なマルチメディアを扱えるパーソナルコンピュータ(以下、PC)の普及とインターネットの爆発的な普及にともない、双方向のマルチメディア通信を行う基盤が整いつつある。欧州における Open University<sup>1)</sup>や日本の On Line University<sup>2)</sup>等、このような環境を教育に用いる試みが多数

行われてきており、その効果的な利用方法が検討されている。

しかし現状では、その適用のほとんどが数回程度であり<sup>3)~6)</sup>、リアルタイム型の遠隔教育システムを実際の教育に長期間適用し、その結果を報告した例はほとんど見られない。リアルタイム型のシステムでは、数回程度の実施は容易であるが<sup>2)</sup>、長期間にわたる適用には、柔軟なシステムや適切な支援が必要となる。

リアルタイム型の遠隔教育システムのネットワークの構成方法は、大きく2つに分かれる。1つはメッシュ型のネットワークを用いる方式で、もう1つは、サーバを中心としたネットワークを用いる方式である。メッシュ型のネットワークを用いる方式の例としては、

<sup>†</sup> 和歌山大学システム工学部デザイン情報学科  
Department of Design and Information Sciences, Faculty of Systems Engineering, Wakayama University  
<sup>††</sup> 和歌山大学システム情報学センター  
Center for Information Science, Wakayama University

NetMeeting<sup>7)</sup> (Microsoft 社)がある<sup>8)</sup>。この方式の特長は、各 PC が直接通信を行っているために、共有画面の操作や共有カーソルの操作等の応答が速いことである。サーバを中心としたネットワークを用いる方式としては、Web ベースのシステムがある<sup>9)</sup>。Web ベースシステムは、多数の PC を用いたシステムの構築が容易である点が特長である。しかし、多くの既存の遠隔教育システムは、どちらか一方の方式のみを用いている<sup>10),11)</sup>。したがって、両者の方式を組み合わせることにより、さらに効果的なシステム構築の可能性がある。

そこで、RemoteWadaman II を開発した。RemoteWadaman II は、長期間にわたる適用に耐えるように試行錯誤を重ねて、適切な分散化の方式を検討し、実現したシステムである。

今回、和歌山大学の教官が、インターネットを介して鹿児島大学の学生に対して研究指導する形式の遠隔ゼミナールに、RemoteWadaman II を適用した。本論文は、2 種類の分散化の方式を組み合わせた分散型遠隔ゼミナール支援システムの有効性の検討を目的とする。そのために、和歌山大学と鹿児島大学の 2 地点を結んだゼミナールに 2 年間にわたり適用することにより、システム全体の有効性の評価を行う。

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 章で分散型遠隔ゼミナール支援システム RemoteWadaman II について述べる。4 章では適用実験について、5 章では実験結果とアンケート結果とを示し、その考察について述べる。そして、6 章で本論文のまとめを述べる。

## 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、教官と学生らがゼミナール室に集まり実施される。ゼミナールの主たる目的は、学生(学部 4 年生、修士 1 年生)の研究の進捗報告である。学生は、事前に各自がゼミナールで発表する内容を A4 サイズのレポート用紙に記述し、参加者の人数分コピーし、発表前に全員に配布する。レポートの記述は、あらかじめ各自の PC 上でワープロソフトや作図ソフトを用いて行われる。レポート上部のヘッダには、題目、名前、学年、日付、レポート番号、レポート枚数を記述する。レポートの内容は、1 週間の研究の進捗状況、教官と個別に実施したディスカッションを整理した内容、実験結果を表やグラフにまとめたもの等が記述される。ゼミナールでは、学生が 1 人ずつ順番にレポートの内容について発表し、それに対し、教官が質問や助言等を行う。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見ていることが多いが、教官から意見を求められたり、発表内容を補足したりして、議論に加わることもある。

RemoteWadaman II が支援の対象とするゼミナールは、上記の通常のゼミナールを、教官と学生が遠隔地にわかれて実施するゼミナールである。支援システムの目標は、教官と学生が遠隔地にわかれた状況で、上記の通常のゼミナールの手順や内容を効果的に実現し、卒業までの指導を遠隔から完全に実施することである。

## 3. 分散型遠隔ゼミナール支援システム RemoteWadaman II

分散型遠隔ゼミナール支援システム RemoteWadaman II の設計方針と実現機能について述べる。

### 3.1 システム設計方針

次の設計方針で RemoteWadaman II を開発した。

- (1) メッシュ型のネットワークとファイルサーバとを組み合わせた分散型のネットワーク構成
- (2) 1 人 1 台の PC を利用するシステム
- (3) 遅れて参加する者と通信接続していない PC への速やかな対応

理由

- (1) メッシュ型のネットワークとファイルサーバとを組み合わせたネットワークの構成を用いることにより、両者の特徴を生かした遠隔ゼミナール支援システムを構築するため。
- (2) 1 人 1 台の PC を利用することにより、ゼミナール中に PC を利用可能とし、ゼミナールへの積極的な参加を促すため。
- (3) 通常のゼミナールでは、ゼミナールの開始時刻に遅刻する学生やレポートの作成が間に合わない学生がいる。実際の長期間の適用においても、通常のゼミナールと同様の状況が生じることが予想され、多少遅れてもレポートを出せるようにするため。また、利用する PC 等の不具合等により、通信接続に手間取ることも想定されるため。

### 3.2 RemoteWadaman II の実現機能

図 1 に、RemoteWadaman II のシステム構成図を示す。図 1 の太い実線は、動画像音声通信を示す。動画像音声通信は、遠隔地の教官の PC と 1 台の学生の PC との間を 1 対 1 で使い、ゼミナール中は常時接続されている。鹿児島大学の教官はオブザーバである。図 1 の細い実線は、データ通信を示す。データ通信は、画面共有やチャット等のデータのやりとりのため

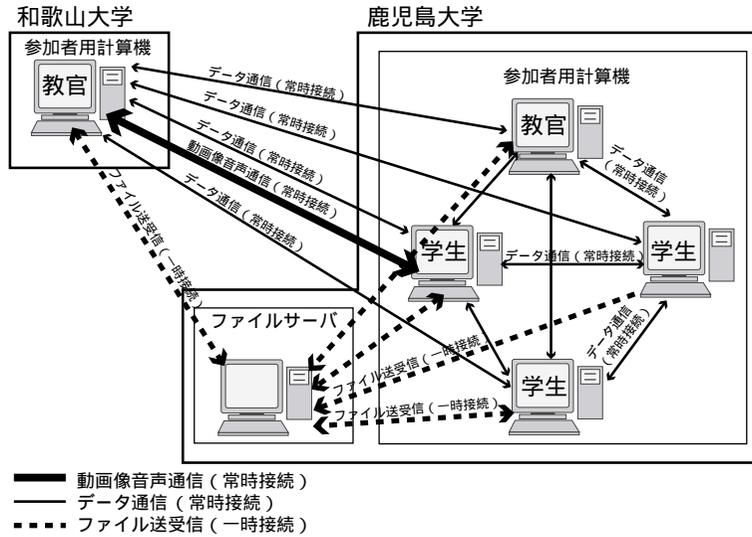


図1 RemoteWadaman II のシステム構成図  
 Fig. 1 System configuration of RemoteWadaman II.

表1 RemoteWadaman II の機能一覧  
 Table 1 A list of functions of RemoteWadaman II.

機能	説明	新機能	メッシュ型	ファイルサーバ
(1) チャット機能	ゼミナール実施中は自由に利用可能。チャットを書き込むと、全員に表示される。			
(2) 質問者用共有カーソル	遠隔地の教官と発表者以外の参加者が、カード上の「質問する」ボタンを押すことで表示される。参加者のPC上のマウスに追隨して、全員の画面に表示される。再度、同じボタンを押すことで、カーソルが消える。			
(3) カード訂正機能	カードの文字と絵の修正を全員で共有する機能。発表者がカード修正後にカード上の「内容共有」ボタンを押すことで共有される。			
(4) 通信接続の自動確立機能	各参加者が RemoteWadaman II を起動した際に、すでに起動済みの他の参加者と自動的に通信接続を確立する機能。ファイルサーバ上に保存された参加者の IP アドレスを用いて、未接続の参加者と自動的に通信接続を行う。			
(5) メンバー確認機能	参加者がメニュー「メンバー確認」を選んだ際に、ファイルサーバ上に保存された参加者の IP アドレスを用い、未接続者と通信接続を行う機能。通信が確立されると「レポートファイル自動取得機能」が動作する。			
(6) レポートファイル自動取得機能	RemoteWadaman II 起動時と、他の参加者との通信接続確立時に、ファイルサーバ上のレポートファイルと取得済みレポートファイルとを比較し、新しいレポートファイルがあった場合に自動的に取得する機能。			
(7) レポートファイル送信機能	ファイルサーバにレポートファイルを送信する機能。ゼミナール前に送信しておくことで、他の参加者が RemoteWadaman II を起動した際に、レポートファイルが「レポートファイル自動取得機能」により取得される。ゼミナール実施中に送信した場合は、接続中の PC に「レポートファイル自動取得機能」実施の命令を自動的に送る。			
(8) レポートファイル取得機能	ゼミナールの実施とは無関係に、ファイルサーバ上に保存されているレポートファイルを取得する機能。			
(9) レポートファイル削除機能	ファイルサーバ上に保存されているゼミナール実施前のゼミナールファイルを削除する機能。レポートファイルの送信を間違えた際に利用する。ゼミナール実施後は、ファイルサーバ上から削除できない。			
(10) ゼミナール実施ログ記録機能	遠隔ゼミナールの実施中のログを記録する機能。			
(11) 動画像音声通信機能	動画像音声によるコミュニケーション機能。			
(12) 教官用共有カーソル	教官用の共有カーソル。教官のPC上のマウスカーソルに追隨して、全員の画面に表示される。			
(13) 発表者用共有カーソル	発表者用の共有カーソル。発表者のPC上のマウスカーソルに追隨して、全員の画面に表示される。			
(14) 連動カードめくり機能	教官と発表者がレポートファイルのカードをめくると、全員のレポートファイルのページが同期する機能。			

に用いている。ファイルサーバを除くすべての計算機間は、メッシュ型のネットワークでゼミナール中は常時接続されている。図1の破線は、ファイルサーバと

の通信を示す。ファイルサーバは、レポートファイルと参加者の情報(参加者の氏名と使用しているPCのIPアドレス)を保存するために用いている。レポー

トファイルと参加者の情報は、ゼミナールの実施日付ごとのディレクトリに保存されている。レポートファイルは、各参加者が非同期にファイルサーバへ送信する。参加者の情報は、RemoteWadaman II を起動した際に、自動的にファイルサーバに送信される。ファイルサーバは、参加者の多い鹿児島大学に設置されている。

RemoteWadaman II の機能の一覧を表 1 に示す。以前のシステムの RemoteWadaman<sup>12)</sup> から追加・改良した機能には「新機能」に“ ”をつけている。また、メッシュ型のネットワークで実現している機能は“メッシュ型”の項目に、ファイルサーバを用いて実現している機能は“ファイルサーバ”の項目に“ ”をつけている。“メッシュ型”と“ファイルサーバ”の両方に“ ”のついている機能は、両方を組み合わせて実現している機能である。RemoteWadaman II では、共有機能の実現のために分散型の構成をとっている。具体的には、各 PC 上で同一の RemoteWadaman II のソフトウェアが動作している。各ソフトウェアは、

ネットワークを介して、互いにイベントや必要なデータを送受信し、共有画面や共有カーソル、操作権の授受等を実現している。「メンバー確認機能」や「レポートファイル送信機能」は、設計方針の「遅れて参加する者と通信接続していない PC への速やかな対応」に処した機能である。

教官と発表者以外の参加者は、操作権を持たないため、共有画面に対しての指示操作を行うことができない。RemoteWadaman II では、1人1台の PC を利用することを前提としている。そこで、教官と発表者以外の第三者が利用可能な指示操作の機能として、新たに質問者用共有カーソルを導入した。表 2 に各カーソルの形状を示す。各々形状が異なるため、誰のカーソルかが容易に分かる。

図 2 に分散型遠隔ゼミナール実施中の計算機の画面例を示す。図 2 の中央付近にある最も大きなウィンドウに、ゼミナールで共有されているカードが表示されている。このカードの上部には、レポートのヘッダにあたる内容があり、そこに、ゼミナールの日付やレポートの枚数等の情報が表示される。報告内容は、ヘッダの下部分に記述される。ここでは、テキスト、図、表、動画を張り付けることができる。

### 3.3 RemoteWadaman II の実装

RemoteWadaman II は、RemoteWadaman<sup>12)</sup> をベースに、分散型遠隔ゼミナールを行うための機能を新しく実装したものである。RemoteWadaman は梅棹忠夫の考案したカードシステム<sup>13)</sup>を PC 上で仮想

表 2 共有カーソルの形状  
Table 2 The shape of shared cursors.

カーソル名	形状
教官用カーソル	
発表者用カーソル	
質問者用カーソル	



図 2 分散型遠隔ゼミナール実施中の計算機の画面例

Fig. 2 An example of a PC screen on a distributed remote seminar.

的に実現した Wadaman<sup>14)</sup>に、共有カーソル等のグループウェア用の機能を付加したシステムである。開発は、Macintosh (Apple Computer) 上で HyperCard (Apple Computer) とその記述言語である HyperTalk を用いて行った。HyperTalk は、Apple 社が開発したオブジェクト指向型の言語で、インタプリタ形式の比較的プログラミングが容易な言語である。プログラムの行数は約 11000 行である。各 PC 間のデータ通信は、通信用の HyperQTC<sup>15)</sup> を用いて実現されている。HyperQTC は HyperCard どうしてコマンドやテキストデータのデータ通信を可能とする関数群であり、Apple 社が開発した通信用の開発環境である QuickTime Conferencing (Apple Computer) を利用して開発している。HyperQTC は、チャット機能や共有カーソル、カード訂正機能等の各参加者間のメッシュ型のネットワークの通信に用いている。遠隔地間の動画像音声通信は、NetGear<sup>16)</sup> を用いて実現した。図 2 左上の 2 つの動画像は NetGear によるものである。NetGear の特徴は、動画像音声通信だけではなく、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等を備え、CU-SeeMe<sup>17),18)</sup> 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ことがあげられる。NetGear も HyperQTC と同様に QuickTime Conferencing を利用して開発している。ファイルサーバとの通信は、FTP を利用している。

### 3.4 機能実現の仕組み

新たに開発した機能で「通信接続の自動確立機能」と「レポートファイル自動取得機能」について、その機能実現の仕組みについて述べる。

#### (1) 通信接続の自動確立機能の仕組み

通信接続の自動確立機能は、各参加者が RemoteWadaman II を起動した際に、すでに起動済みの他の参加者の PC と自動的に通信接続を確立する機能である。次の手順で通信接続の自動化を行った。図 3 を用いて手順を述べる。

- (a) PC A, PC B, PC C, PC D は、すでに RemoteWadaman II を起動してある。また、PC A, PC B, PC C, PC D における互いの通信接続もすでに完了しているとする。各 PC の IP アドレスは、システム起動時にファイルサーバに保存されている。
- (b) PC E 上のシステムを起動すると、PC E は、ファイルサーバに自分の IP アドレスや参加者の氏名を保存する。

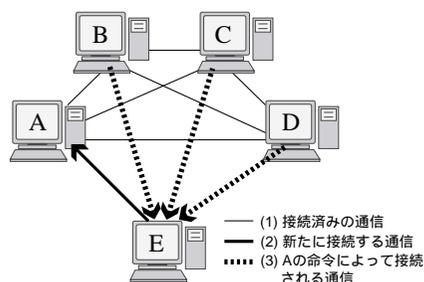


図 3 通信接続の自動化のイメージ

Fig. 3 An image of automation of communication connection.

- (c) PC E は、ファイルサーバ上の他の参加者の IP アドレスを取得する。
- (d) PC E は、他の参加者用の PC 1 台 (ここでは、PC A) と通信接続を行う。
- (e) 新たに接続された PC A は、他の接続済みの PC (PC B, PC C, PC D) に PC E と通信を接続するように命令する。

上記の手順で接続することで、各 PC の IP アドレスの変更にも対応でき、また、接続中の PC の情報 (起動の有無, 参加者氏名) も入手できる。以上の手順だけでは、すべての PC と接続できない場合が生じる。たとえば、PC E が PC A と接続する際に、PC A と接続されていない PC が存在する場合には、その PC とは接続しないこととなる。これは、数秒程度の間各 PC のシステムが次々と起動された際に生じやすい。また、ファイルサーバ上に他の PC の IP アドレスの情報が記録されていても、実際にその時点で接続可能かどうか分からない。そのような場合には、表 1 の「メンバー確認機能」を参加者が実行することで、通信接続を行えるようにした。これらの機能を組み合わせることで、実際の適用において、メッシュ型のネットワークの通信接続を比較的容易に行えるようになった。

#### (2) レポートファイル自動取得機能の仕組み

次の方法により、レポートファイルの自動取得を実現した。

- (a) 参加者は、レポートファイルができた段階で、ファイルサーバにレポートファイルを送信する。レポートファイル送信時に、サーバ上にゼミナール実施日をもとにしたディレクトリが自動的に作成される。
- (b) ゼミナール開始時に、RemoteWadaman II は、ゼミナール実施日のディレクトリ

内のファイルリストを得る．1日に2回以上ゼミナールを実施する場合には、どのゼミナールに参加するか問合せウィンドウが表示される．

- (c) 各PCは、ファイルサーバに登録されているレポートファイルを取得していない場合には、自動的にFTPを利用して取得する．

上記の手順でレポートファイルの取得を行うことにより、他の参加者のPCの起動にかかわらず、レポートファイルの送信が可能である．ゼミナールで利用するレポートファイルは、基本的には事前にファイルサーバに送られていることを想定しているが、ゼミナール中にレポートファイルがファイルサーバに送られた場合も、各PCは自動的にファイルを取得する．これは、レポートファイルを送ったPCが、接続中のPCに「レポートファイル自動取得機能」実施の命令を送ることで実現している．また、何らかのタイミングで他の参加者のレポートファイルが取得できていない場合にも、手動（メニューより選択）で「レポートファイル自動取得機能」を動作させることで、ファイルサーバ上のファイルを取得できる．

### 3.5 遠隔ゼミナールの実施手順

遠隔ゼミナールの実施手順は次のとおりである．

学生は、あらかじめ発表する内容を、レポートファイルとして各自のRemoteWadaman IIのカード上に作成しておく．学生は、レポートファイルをゼミナール前にファイルサーバに送信するか、あるいはゼミナール開始時にファイルサーバに送る．ゼミナール開始時には、まず、NetGearを立ち上げ、2大学間の動画像音声通信接続を行う．NetGearは各大学で1台のみ接続される．次に、各参加者が遠隔ゼミナール開始ボタンを押すことで、通信接続の確立と参加者のレポートファイルの取得が自動的に行われ、遠隔ゼミナールの準備が完了する．図2の右上の「参加者ウィンドウ」では6台の計算機が接続されていることを示している．これらの作業の後に発表が行われる．まず、教官が発表者を指定する．共有画面の操作権は、教官と発表者が持っている．発表者は図2のように自分のレポートが書かれたカード画面を表示し、その画面を見ながら発表する．このとき、運動カードめくり機能により、発表者の画面に表示されたものと同じカードが他の参加者の画面にも表示される．発表の際、発表者は共有カーソルを用いて対応するカード上の説明場所

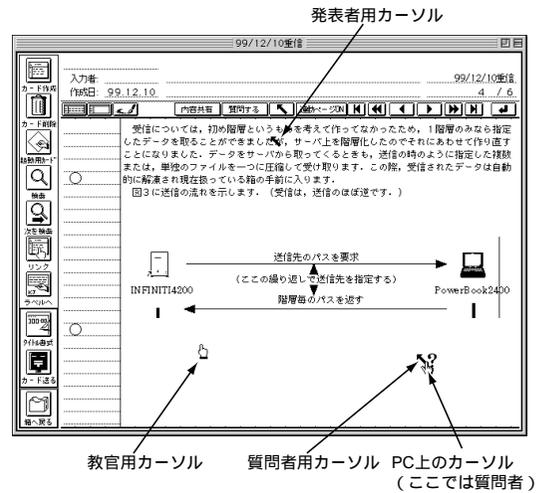


図4 第三者による質問中のカード画面の例

Fig. 4 An example of a card screen in a question by the third person.

を指し示す．教官には、発表者とは別の形状の教官用共有カーソル（表2）があり、それを用いて指摘を行う．2つの共有カーソルは常時表示されており、接続されたすべてのPCの画面で1秒程度の遅れで同期して移動する．第三者が質問したい場合には、図2の“質問する”ボタンを押すことで、質問者用共有カーソル（表2）がすべてのPCの画面上に表示され、教官、発表者と合わせて、共有カーソルは3つとなる．図4に、質問者用の共有カーソルの表示例を示す．図4は、質問者のPCの画面で、PC上のカーソルと一緒に質問者用の共有カーソルが表示されている．質問が終わると、再び“質問する”ボタンを押すことで、カーソルは消える．発表者のカードに書かれた文章や図等に訂正や追加を行いたい場合には、発表者は自分のカードを書き直した後に、“内容共有”ボタンを押すことで、全参加者のカードがその場で修正される．

### 4. 適用実験

本システムを用いて、和歌山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、1999年4月から2001年3月まで、2年間にわたり計55回実施した．和歌山大学の教官が、1999年度は鹿児島大学の3名（学部4年3名）、2000年度は4名（大学院1年1名、研究生1名、学部4年2名）を指導した．また鹿児島大学では、鹿児島大学の教官がオブザーバとして参加する．使用したPCは、Macintosh（Apple Computer）である．鹿児島大学のPCと和歌山大学の教官のPCの各1台が、動画像音声通信によってコミュニケーションをはかるため、NetGearにより

表 3 ゼミナールの結果  
Table 3 Result of seminars.

	参加人数の平均 (人)	参加学生数の平均 (人)	発表時間の平均 (分:秒)	開始に要した時間の平均 (分:秒)	カード枚数の平均 (枚数)	packet loss の割合の平均 (%)	動画音声転送量の平均			
							鹿児島大学側		和歌山大学側	
	(f/s)	(Kb/s)	(f/s)	(Kb/s)						
1999年度	4.9	2.9	15:28	17:21	5.2	24.7	9.2	300.4	12.8	497.4
2000年度	5.1	3.3	16:43	07:20	5.7	13.1	11.6	420.9	16.5	574.3

接続されている。和歌山大学の PC は、1999 年 7 月までは、PowerMacintosh 8100/100AV( Apple Computer ), CCD カメラは QCAM( Connectix ) であり、1999 年 8 月以降は、PC は PowerMac G3, CCD カメラはデジタル PC カメラ( Sanwa Supply ) である。鹿児島大学の動画音声通信を行う PC は、1999 年 12 月末までは、PowerMacintosh 7500/100( Apple Computer )( G3 244 MHz のアップグレードカード( MAXpower ) 装着 ), CCD カメラは VC-C1 MK II( CANON ) であり、2000 年 1 月以降は、PC は PowerMac G4 400 MHz( Apple Computer ), CCD カメラはデジタル PC カメラ( Sanwa Supply ) である。

1999 年度は 22 回、2000 年度は 33 回ゼミナールを実施した。ネットワークの状況を記録するために、遠隔ゼミナール実施中に、鹿児島大学側から和歌山大学側へ 5 分に 1 回 ping と traceroute を行った。和歌山大学の教官は、非常勤講師あるいは研究会等の機会に、1999 年度は 2 回、2000 年度は 3 回、鹿児島大学の学生と対面している。

## 5. 結果と考察

### 5.1 実験結果と考察

表 3 にゼミナールの結果を示す。表 3 の参加人数の平均は、和歌山大学の教官と鹿児島大学の教官とを含んだ数である。和歌山大学の教官はすべてのゼミナールに参加しているが、鹿児島大学の教官は、出張等不在のときがある。1999 年度の学生は、学部 4 年生が 3 名であった。2000 年度の学生は、当初、大学院 1 年が 1 名、研究生が 1 名、学部 4 年生が 3 名であった。ただし、2000.5.24 以降のゼミナールの学部 4 年生は 2 名である( 2000.5.24 までの 5 回のゼミナールのみ学生数が 5 名)。2000.6.21 から 2000.8.23 に行われた 6 回のゼミナールは、研究生と学部 4 年生は大学院入試の準備ため、ゼミナールには参加していないため、この期間の学生は大学院生 1 名である。また、病気等でゼミナールを休む学生もいた。鹿児島大学の 4 年生( 1999 年度は 3 名、2000 年度は 2 名)は、1 年間ほぼ遠隔での指導のみで卒業論文を作成し卒業している。「開始に要した時間の平均」は、動画音声通

信接続を開始してから、1 人目の発表が始まるまでに要した時間の平均である。「packet loss の割合の平均」はゼミナール中に鹿児島大学側から和歌山大学側へ 5 分に 1 回、ping を送った結果の平均を示す。「動画音声転送量の平均」は、ゼミナール実施中のある時点の動画のフレームレイト(f/s)と動画音声のデータ転送量(Kb/s)のそれぞれの平均である。

1 人あたりのゼミナールの発表時間の平均は、1999 年度が 15 分 28 秒、2000 年度が 16 分 43 秒であった。カード枚数の平均は、1999 年度が 5.2 枚、2000 年度が 5.7 枚である。以前のシステムの RemoteWadaman の 2 地点の結果<sup>12)</sup>( 発表時間の平均は 10 分 12 秒、カード枚数の平均は 2.0 枚)と比較すると、発表時間の平均は約 1.5 倍～1.6 倍に、カード枚数の平均は約 2.6 倍～2.9 倍に増加している。発表時間は、カード枚数の増加に応じて長くなったと考えられる。また、カード枚数の増加の理由は「レポートファイル送信機能」と「レポートファイル自動取得機能」による支援の効果と考えられる。つまり、遠隔ゼミナールに用いる PC とレポートファイルの作成に用いる PC が同一であり、さらに、レポートを、ゼミナール開始直前まで、ときには、開始時刻を過ぎても作成可能であったために、今までレポート作成および送信をあきらめていた参加者が、遅くとも自分の発表までに送信すれば間に合うことから、余裕を持ってレポート作成を行うことができ、その結果、レポートの内容が充実し、カード枚数が増加したと考えられる。たとえば、文献 19) の表 4 は、2000 年度後半に実施された 11 回の遠隔ゼミナールの、ゼミナール開始予定時刻とレポートファイル送信時刻との差を示したものである( 各ゼミナールにおいて、最後にレポートファイルを送信した参加者の遅れ時間は、約 1 分～約 12 分であり、その 11 回の平均は 7 分 21 秒)。大抵の学生は、ゼミナール開始予定時刻直後にレポートファイルを送信している。分散化を行う以前は、レポートファイルを 1 カ所の PC にまとめ、全員一緒に送信していた。そのため、レポートの内容に不備があっても、ゼミナール開始予定時刻に間に合わせる必要があった。

「開始に要した時間の平均」は、1999 年度が 17 分

表 4 ゼミナール中のチャットの結果  
Table 4 Result of chat in seminars.

	参加人数の 平均 (人)	総チャット 数の平均 (個)	鹿児島大学 教官の チャット数の 平均 (個)	和歌山大学 教官の チャット数の 平均 (個)	学生 の チャット数の 平均 (個)	発表者以外の 参加者間の チャットの平均 (個)
1999年度	2.4	21.5	12.4	0.9	2.7 (3名)	6.2
2000年度	2.0	16.4	11.2	0.4	1.2 (4名)	2.0

21 秒, 2000 年度が 7 分 20 秒であった。レポートファイル自動取得機能や通信接続の自動確立機能等の支援のない 1998 年度以前の場合は, 毎回 25 分程度必要であったが<sup>20)</sup>, これらの支援により, 開始までの時間を短縮することができた。

packet loss の割合は, 30% を超えるときもあったが, 和歌山大学側の対外線帯域幅が 2000 年 12 月に 1.5 Mbit から 5 Mbit に広がったため, 1999 年度に比べて 2000 年度は, packet loss の割合が減少した。

動画のフレームレートの平均は鹿児島大学側では 9.2 (1999 年度)~11.6 (2000 年度) f/s, 和歌山大学側では 12.8 (1999 年度)~16.5 (2000 年度) f/s, 動画音声のデータ転送量の平均は, 鹿児島大学側では 300.4 (1999 年度)~420.9 (2000 年度) Kb/s, 和歌山大学側では 497.4 (1999 年度)~574.3 (2000 年度) Kb/s であった。動画はグレイスケールで, 表示サイズは 160 ドット × 120 ドットである。動画の圧縮形式は H261, 音声の圧縮形式は MACE 3:1 をそれぞれ利用した。動画は, 顔の詳細な表情までは分からないが, なめらかに動いている。

表 4 にゼミナール中のチャットの結果を示す。表 4 の「チャット参加人数」は, 各ゼミナール中に 1 回以上チャットを入力した参加者の数である。RemoteWadaman II では, ゼミナール実施中に参加者は各自の計算機を利用してチャットを行うことが可能であるが, チャット入力者の 58% (1999 年度)~68% (2000 年度) が鹿児島大学の教官である。図 5 にゼミナール中のチャットの例を示す。チャットの内容はおおよそ下記に分類される。

- 発表者の発表内容の補足
- 発表者の研究内容へのコメント
- 教官の助言の記録
- 発表者以外の参加者同士のチャット
- 口頭で正確に伝達しにくい内容の伝達

チャットは, 和歌山大学の教官に対して, 他の参加者が発表者の発表内容の補足のためのものが最も多く, 約 3 割あった。また, チャットが全員に明示的に表示されることから, 発言内容の正確な伝達を目的とした,

(1) 発表者の発表内容の補足 A: B先生, C君のいっている, 「時間制限付き操作権授受機能」は, 自動的に操作権を移そうということだと思います。 D: X用とY用の画像を別々に作ってます。
(2) 発表者の研究内容へのコメント A: 2カ所表示するために2カ所の緯度経度が必要。 C: 日付も必要ですね。
(3) 鹿児島大学の教官が和歌山大学の教官の助言を記録 A: 全体用チャットよりは, 「発表用チャット」がいいのでは。by B先生 A: 議長とシステム管理者を分けた方がいいのではないかと? by B先生
(4) 発表者以外の学生同士のチャット E: C君は原稿語張って下さい。 C: Dさんに手伝ってもらおう E: おー, いいねー
(5) 口頭で正確に伝達しにくい内容の伝達 D: <a href="http://xxx.xxx.xxx.xxx/htmlhome/1/index.html">http://xxx.xxx.xxx.xxx/htmlhome/1/index.html</a> A: 鹿児島大学の教官, B: 和歌山大学の教官, C: 学生, D: 学生, E: 学生

図 5 ゼミナール中のチャットの例

Fig. 5 Examples of chats in seminars.

研究内容へのコメントや和歌山大学の教官の助言の記録, 口頭で正確に伝達しにくい内容の伝達手段としても利用された。以前のシステム (RemoteWadaman) にもチャット機能はあったが, ほとんど使用されていなかった。表 4 の「発表者以外の参加者間のチャットの平均」は, 遠隔地の教官と発表者の両者以外のその他の参加者間で行われたチャット数を示す。発表者以外の参加者間で, 数は少ないが, チャットを用いてコミュニケーションをとっていることが分かる。

第三者の質問用共有カーソルは, 鹿児島大学の教官のみ利用した。質問用共有カーソルは, 明確な質問があるときに利用され, おおよそゼミナール中に 1 回程度の利用であった。和歌山大学の教官と発表者の議論に対して, 議論を中断させるほどではない程度の質問, コメント等がある場合には, チャットが用いられていた。質問用共有カーソルは, 複雑な図表等に対する質問しにくい内容についての指摘については有用であったが, 教官と発表者の議論を中断させるために, 利用者の心理的な抵抗が大きかった。

## 5.2 アンケート結果と考察

1999 年度と 2000 年度のそれぞれの年度のすべてのゼミナール終了後にアンケート調査を行った。その結果を表 5 と図 6 に示す。アンケートの回答者は全員学生で, 回答数は, 1999 年度が 3 名, 2000 年度が 4 名である。表 5 の値は 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, 点数が高いほど評価

表 5 アンケートの結果  
Table 5 Results of questionnaire.

	2000 年度	1999 年度	1996 年度 <sup>12)</sup>
(1) 遠隔ゼミナールは研究に役立ったか.	4.5	4.0	4.4
(2) 画像でコミュニケーションがとれたか.	4.0	3.3	3.5
(3) 音声でコミュニケーションがとれたか.	5.0	4.7	4.0
(4) チャットでコミュニケーションがとれたか.	3.5	3.7	1.8
(5) ファイルの自動取得機能は有効か.	4.8	4.0	-
(6) ゼミナールに集中できたか.	3.8	3.0	-

<p>(1) 遠隔ゼミナールの利点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・遠隔地の教官に研究指導してもらえる.</li> <li>・ネットワークが利用できればどこからでも参加できる.</li> <li>・遠隔地の相手とでも、音声と画像を用いて、テキストでは伝わらない微妙なニュアンスが伝わり、内容の濃いものが行える.</li> </ul> <p>(2) チャットの利点</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・他の人が発表している際に、ちょっとした連絡を取る際に便利.</li> <li>・発表に対する意見が出し合え、みんなの意見が聞けて効果的だった.</li> <li>・話したことは忘れるが、文字として残すと、後で参照することができる.</li> <li>・相手が話していても意見が発言できる.</li> </ul> <p>(3) レポートファイルの自動取得機能について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・開始時間までのロスをしなくても少なくする有効な手段だと思う.</li> <li>・自分のファイルだけサーバに送っておけば、あとは開始時に全員のものが自動的に揃うので簡単.</li> <li>・ゼミ直前まで原稿の最終チェックを行っていたので、送信するのは結局ゼミ直前であった.</li> </ul> <p>(4) ゼミナールへの集中度</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・発表する前や発表中は緊張するが、発表後は少し緊張感がなくなるように思う.</li> <li>・自分の発表のときは、画面をみて発表するので、とても集中できて良かった.</li> <li>・一人一台ノートパソコンを利用させるのは効果的だと思う.</li> </ul> <p>(5) よく使った機能</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・共有カーソル (3 件).</li> <li>・チャット (4 件)</li> <li>・共有画面.</li> <li>・共有画面上でその場で訂正などができるため、見ている画面のなかで、テキストをリアルタイムで強調することもできて動的なゼミができた.</li> <li>・カード訂正機能.</li> </ul>
--

図 6 記述形式のアンケート結果

Fig. 6 Questionnaire results of description form.

の高いことを示す。比較のため、表 5 には文献 12) の表 4 の結果 (以前のシステム) を記載している。図 6 は、記述形式のアンケート結果の中で代表的なものをまとめたものである。

レポートファイルの自動取得機能の評価は、表 5 より、1999 年度は 4.0、2000 年度は 4.8 であり、かなり高い評価であった。これは、ゼミナール開始時だけでなく、あとから遅れて参加した場合にも自動的にレポートファイルの取得を行う等の自動化の評価が高かったと思われる。実際に、アンケート結果 (図 6 の (3)) から、ゼミナールの開始直前までレポートファイルの内容の確認 (作成) をしていることが分かる。

ゼミナールへの集中度については、表 5 より、1999 年度は 3.0、2000 年度は 3.8 と比較的高かった。

共有カーソルは、レポートファイル上の説明を行う際に、説明箇所をなぞる形で利用された。適切な応答速度が得られており、よく使った機能 (図 6 の (5)) としてあげられている。

チャットによるコミュニケーションの評価は、表 5 より、以前のシステムの RemoteWadaman の結果の 1.8 から、1999 年度は 3.7、2000 年度は 3.5 に向上している。従来のシステム (RemoteWadaman) でも

チャットは利用可能であったが、計算機を利用している教官あるいは発表者のみが事実上利用可能であり、他の参加者は利用できなかった。RemoteWadaman II では、全員がチャットの内容を見られ、また入力できることによって、評価が向上したと思われる。

アンケートには出ていないが、メンバー確認の機能は、ゼミナール実施前に、全員のメッシュ型の通信接続を確立するために毎回のように利用された。通信接続の状態は、接続時には参加者リスト (図 2 右上のゼミウインドウ) に名前が表示されるため、容易に分かる。

### 5.3 支援システムの効果

RemoteWadaman II における、遠隔ゼミナール支援の効果についてまとめる。表 6 に、表 1 に示した RemoteWadaman II の機能の中から、代表的な機能を選び、その効果について「ゼミナールの質の向上」、「ゼミナールの量の向上」、「ゼミナール前の接続時間短縮」、「ゼミナール中の通信接続の修復が容易」、の 4 つの観点から分類した。

RemoteWadaman II は、1 人 1 台の PC を用いる分散化を行ったことにより、ゼミナール中に、全員がチャットの内容を見られ、また入力でき、発表中のカードを目前の PC で見られ、教官や発表者の共有カーソルの指示を直接見られる等、従来のシステムに対して、ゼミナールの質が向上した。

システムの分散化により、各自の PC 上でレポートの作成や遠隔ゼミナールへの参加を可能とし、特に、ゼミナール実施中にレポートファイル送受信を可能としたことで、レポートの枚数が増加し、従来のシステムに比べ、ゼミナールの量が向上した。

また、ファイルサーバを用いることで、ゼミナール開始時のレポートファイル取得や通信接続の確立等の、通常のゼミナールでは生じない不要な時間を減らすことで、適用時における時間的な効率を高めた。

### 5.4 既存システムとの比較

遠隔ゼミナールを実施するための既存のシステムとしては、Microsoft 社の NetMeeting の利用や Web ベースのシステムの利用が考えられる。各システムに

表 6 支援システムの効果  
Table 6 The effects of the support system.

機能	効果			
	ゼミナールの質の向上	ゼミナールの量の向上	ゼミナール前の接続時間短縮	ゼミナール中の通信接続の修復が容易
(1) チャット機能				
(2) 質問者用共有カーソル				
(3) カード訂正機能				
(4) 通信接続の自動確立機能				
(5) メンバー確認機能				
(6) レポートファイル自動取得機能				
(7) レポートファイル送信機能				
(8) 教官用共有カーソル				
(9) 発表者用共有カーソル				
(10) 連動カードめくり機能				

ついて比較を行う。

NetMeeting<sup>7)</sup>は、Microsoft社のWindows上で動作し、共有ホワイトボードやチャット機能、動画像音声通信機能、さらに任意のアプリケーションの共有機能を有している。RemoteWadaman IIは、NetMeetingと異なり、分散型遠隔ゼミナール支援に特化した機能を有している。具体的には、NetMeetingのアプリケーションの共有機能では、操作権を持つ参加者のカーソルしか表示されない。そのため、レポートファイル(Microsoft Word等)を共有して、ゼミナールに利用した場合、教官と発表者のいずれか一方の共有カーソルしか表示されないため、単なる指示のためにも操作権の受け渡す必要が生じる。NetMeetingの共有ホワイトボード機能は、各参加者のポイントを同時に表示することが可能であるが、そのポイントを動かすためには、各参加者はマウスを用いて指示する場所までそのポイントをドラッグして移動させる必要がある。そのほかにも、通信接続はすべてIPアドレス等を利用して手作業で行う必要があり、通信接続の自動確立機能等の分散化に対応した機能が不足している。

Webベースシステムは、動画像音声通信は市販あるいは既存のソフトウェアを用い、共有画面やチャット機能としてWebブラウザを用いる形態のシステムである<sup>9)</sup>。Webベースのシステムは、基本機能をWebサーバに配置し、クライアント側は、Webブラウザといくつかのプラグインを用意するだけでよいというメリットがある。しかし、Webベースのシステムには、たとえば、Webブラウザという限られたアプリケーション内で機能を実現しなければならないという拡張性の問題やCGI(Common Gateway Interface)によるWebアプリケーションのオーバーヘッドの問題がある。たとえば、共有カーソルは、座標のような十数バイト程度の少量のデータのやりとりを1秒以下の短い時間に頻繁に行う必要がある。Webアプリケーションで共有カーソルを実現するには、一定間隔ごと

にサーバへのポーリングが必要であり、必要なデータよりサイズの大きいヘッダが付加されている等のオーバーヘッドがある。RemoteWadaman IIは、複数の共有カーソルやカード上の訂正の共有等のリアルタイム性の必要な機能において利点がある。

## 6. おわりに

複数のPCを接続してゼミナールを行う分散型遠隔ゼミナール支援システムを開発し、和歌山大学と鹿児島大学とを結んだゼミナールを2年間にわたり、計55回実施した。これらのゼミナールに関してログ解析とアンケート調査により評価を行った。その結果、下記のことが分かった。

- (1) 各参加者は各自のPCを用いることにより、発表中のカードや共有カーソルの指示を目前のPCで見られ、また、チャットの使用が可能となり評価も高かった(5段階評価で1.8から3.7, 3.5)。さらに、ゼミナール開始後のレポートファイル送受信を可能としたことで、レポートの枚数が増加し(約2.6倍~2.9倍に増加)、ゼミナールの質および量がともに向上した。
- (2) ゼミナール開始時のレポートファイル取得や通信接続の確立等にかかる時間を軽減した(最大25分から7分へ)。特に、これらを支援するレポートファイル自動取得機能の評価が高かった。

今後、分散型遠隔ゼミナール支援システムの適用を継続し、特に、ゼミナール実施中に参加者の状況を共有する仕組みについて検討する予定である。

## 参考文献

- 1) 渡部和雄, Hamalainen, M., Whinston, A.B.: インターネットを使った遠隔共同学習システム, 教育システム情報学会誌, Vol.12, No.1, pp.76-85 (1995).
- 2) 村岡洋一: OLUネットワーク接続公開デモ, *bit*,

- Vol.27, No.11, pp.42-43, 共立出版(1995).
- 3) 前田香織, 相原玲二, 川本佳代, 寺内睦博, 河野英太郎, 西村浩二: 遠隔講義のためのマルチメディア通信環境, 電子情報通信学会論文誌, Vol.J80-B-I, No.6, pp.348-354 (1997).
  - 4) 山本正樹, 花野元哉, 松本章, 浜田耕治, 川村洋介: 遠隔教育システムの分類と教室環境, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集( *DICOMO'98* ), Vol.98, No.8, pp.9-16, 情報処理学会(1998).
  - 5) 松本章, 浜田耕治, 花野元哉, 山本正樹: 双方向CATVを利用した分散型教育・研究支援環境, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集( *DICOMO'98* ), Vol.98, No.8, pp.57-63, 情報処理学会(1998).
  - 6) 太細孝, 小泉寿男, 横地清, 守屋誠司, 白鳥則郎: マルチエージェント機能による遠隔協同授業支援, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.2, pp.199-210 (1998).
  - 7) <http://www.microsoft.com/netmeeting/>
  - 8) Zaslavsky, I. and Baker, K.: The experimental Web-based interactive environment in distance teaching of GIS and Geographic Data Handling, *Proc. 1998 ACSM Annual Convention and Exhibition*, Baltimore, MD, Vol.2, pp.437-446 (1998).
  - 9) Kobayashi, M., Shinozaki, M., Sakairi, T., Touma, M., Daijavad, S. and Wolf, C.: Collaborative Customer Services Using Synchronous Web Browser Sharing, *Proc. ACM CSCW'98*, pp.99-108 (1998).
  - 10) 渡部和雄, 湯瀬裕昭: パソコンを使った同期遠隔共同学習の実験と評価, マルチメディア, 分散, 協調とモバイルシンポジウム論文集( *DICOMO'99* ), Vol.99, No.7, pp.547-552, 情報処理学会(1999).
  - 11) 中川健一, 國藤進: アウェアネス支援に基づくリアルタイムなWWWコラボレーション環境の構築, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.10, pp.2820-2827 (1998).
  - 12) 宗森純, 吉田 壱, 由井園隆也, 首藤勝: 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, 情報処理学会論文誌, Vol.39, No.2, pp.447-457 (1998).
  - 13) 梅棹忠夫: 知的生産の技術, 岩波新書, 東京(1969).
  - 14) 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).
  - 15) 吉野孝, 宗森純, 湯ノ口万友: リアルタイムグループウェア向けマルチメディア通信開発環境 GUNGENGOの開発, 情報処理学会研究報告, 99-GW-33, pp.1-6 (1999).
  - 16) 宗森純, 由井園隆也, 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).
  - 17) 新谷隆: 使ってみよう CU-SeeMe, *bit*, Vol.28, No.1, pp.47-51, 共立出版(1996).
  - 18) <http://www.cuseeme.com/>
  - 19) 重信智宏, 吉野孝, 宗森純, 湯ノ口万友: PDAを用いた遠隔ゼミナール一貫支援システムの開発と適用, 情報処理学会研究報告, 2001-GW-39, pp.47-52 (2001).
  - 20) 吉野孝, 宗森純, 由井園隆也, 長澤庸二, 湯ノ口万友, 尾崎公彦: 分散型遠隔ゼミナール支援システムの開発と適用, 情報処理学会研究報告, 99-GW-32, pp.29-34 (1999).

(平成13年5月31日受付)

(平成13年11月14日採録)



吉野 孝(正会員)

昭和44年生。平成4年鹿児島大学工学部電子工学科卒業。平成6年同大学大学院工学研究科電気工学専攻修士課程修了。平成7年鹿児島大学工学部電気電子工学科助手。平成10年同大学工学部生体工学科助手。平成13年より和歌山大学システム工学部デザイン情報学科助手。博士(情報科学)。平成13年本会DICOMO2001シンポジウムにおいてベストプレゼンテーション賞を受賞。遠隔授業支援システム, モバイルグループウェア, 衛星放送システムに関する研究に従事。電子情報通信学会, ACM各会員。



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修士課程修了。工学博士。同年三菱電機(株)入社。平成元年鹿児島大学工学部助教授。平成8年大阪大学基礎工学部助教授。平成11年より和歌山大学システム情報学センター教授(副センター長)。平成9年度山下記念研究賞, 平成10年度本会論文賞をそれぞれ受賞。グループウェア, 形式記述技法, 神経生理学等の研究に従事。IEEE, 電子情報通信学会等会員。