

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

吉野 孝[†] 宗森 純[‡] 湯ノ口 万友[†]

[†]鹿児島大学 [‡]和歌山大学

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の実現と適用を行った。この通信開発環境は、データ通信用関数であるHyperQTCと動画像・音声通信用アプリケーションであるNetGearとから構成されている。GUNGENGOは、(1)容易なプログラム開発、(2)データ通信と動画像・音声通信の分離等の特徴を備えている。GUNGENGOを発想支援グループウェアGUNGENと遠隔授業支援システムSEGODONの開発に適用したところ、(1)週単位で機能追加が可能な程度のプログラム開発環境、(2)データ通信と動画像・音声通信との分離による適度な応答速度の確保、などが実証され、その有効性が確認された。

Development of Multimedia Communication Environment GUNGENGO for Real-Time Groupware

Takashi YOSHINO[†], Jun MUNEMORI[‡] and Kazutomo YUNOKUCHI[†]

[†]Kagoshima University, [‡]Wakayama University

We have developed a multimedia communication environment for real-time groupware, named GUNGENGO. GUNGENGO consists of HyperQTC and NetGear. HyperQTC is the data communication function. NetGear is the video and audio communication application software. The features of GUNGENGO are (1)easy programming, (2)separation of a data communication, and a video and audio communication. We have developed GUNGEN and SEGODON using GUNGENGO; GUNGEN is an idea generation support groupware and SEGODON is a distance learning support system. In these applications, we proved items indicated below: (1) Realizing easy programming environment to be able to add several functions in a week, (2) Keeping adequate response speed of systems by separating multimedia communication and data communication.

1. はじめに

現在、様々なグループワークを支援するための新しいグループウェアの研究開発が行われ、その有効性や基盤技術の確立が行われている。我々は、個々のグループウェアを一から開発するのではなく、まず、グループウェアを開発するための基盤となる通信開発環境を実現し、それらを用いてグループウェアの研究開発を行っている。グループウェア向け通信開発環境としては、多数の開発と実装報告^{4)~9)}があるが、阿部らのMERMAID⁹⁾以外は、動画像・音声をその設計の対象とはしていない。

本稿では、種々のグループウェアの開発に適用され^{9)~14)}、改良を重ねてきた通信開発環境である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の開発とその適用について述べる。

2. 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

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は、データ通信を行うHyperQTCと動画像・音声通信を行うNetGearの2種類で構成されている。この章では、その設計方針と実現機能について述べる。

2.1 設計方針

リアルタイムグループウェアの開発を行うための、マルチメディア通信開発環境GUNGENGOの設計方針とその理由を下記に述べる。

(1)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の全体的な設計方針

(a) 容易なプログラム開発

グループウェアの開発においては、効率の良い協調作業を行うソフトウェアの実現のために、機能の追加や画面構成等のインタフェースの変更を頻繁に行う。グループウェアは人間の協調作業を支援するため、実際の協調作業を通して有効なソフトウェアの改良が可能となるからである。プログラムの変更は、協調作業を行うために、通信部分の変更をとまなうことも多く、効率の良い開発を行うためには、プログラム開発を容易に行える必要がある。

(b) 動画像・音声通信とデータ通信の分離

データ通信は、動画像・音声通信に比べて扱うデータ量は小さいが、グループウェアの共有動作を行うための重要な通信である。動画像・音声通信とデータ通信とを一緒に扱うとデータ通信まで遅くなる可能性が高い。そこで、動画像・音声通信の影響の少ないデータ通信を実現するために、データ通信を動画像・音声通信とを分けて通信することとする。

(2) データ通信用関数 HyperQTC の設計方針

(a) 自由度の高いデータ通信

テキストデータだけでなく、バイナリデータの送信を行うことで様々なデータのやりとりを行うことができる。さらに、送信可能なデータ量に制限がないようにする。

(b) 複数のグループウェアを同一の計算機上で動作

一台の計算機上で複数のグループウェアを動作させるために、グループウェア毎にポート番号の指定を可能とする。

(3) 動画像・音声アプリケーション NetGear の設計方針

(a) 動画像・音声通信の際にワークステーション（以下、WS）を用いずに接続

動画像・音声通信の際にWSを用いずに、パーソナルコンピュータのみで動画像・音声通信を行えるようにすることで、手軽にグループウェアの利用が行える。

(b) 他のソフトウェアからの制御

NetGearの機能を他のソフトウェアから制御可能とすることで、NetGearの制御をNetGear自体のプログラムを変更せずに行うことができる。また、HyperQTCを介することで、遠隔からNetGearの制御を可能とする。

(c) ログの記録

動画像・音声接続の利用状況の把握と伝送速度を記録することで、適用時のシステムの問題点の抽出や通信状況の解析を行うことが可能となり、より効率の良いシステムの構築が行える。

2.2 GUNGENGOのソフトウェア構成

グループウェアの開発環境、即ちプログラム開発環境としてHyperCard (Apple Computer) を対象とするこ

ととした。HyperCardはMacintosh (Apple Computer) 上で動作するプログラム開発環境である。HyperCardが備えていない機能はXCMDとXFCNと呼ばれる機能拡張プログラムをC言語等を用いて開発することで、HyperCardに機能を追加することが可能である。

GUNGENGOは、データ通信用関数HyperQTCをHyperCard上で動作するXCMDとXFCNとして開発し、動画像・音声アプリケーションNetGearをHyperCardとは全く別個のアプリケーションとして開発するという2種類の方法で実現した。また、NetGearは、NetGearXと呼んでいるNetGear操作用のXCMDを用いて、HyperCardからほとんどの機能を制御することができるため、一体化したシステムとほぼ同等の制御を行うことができる。

GUNGENGOのソフトウェア構成を図1に示す。図中網掛けで示した部分がGUNGENGOの通信開発環境である。矢印はデータの流れを示す。HyperCardからNetGearの制御は、NetGearXからAppleEventを利用し、オペレーティングシステム（以下、OS）を介して行っている。NetGearからHyperCardへの通信は、OSを介して行われる。他の計算機とのマルチメディア通信は、NetGearとHyperQTCを利用し、OSを介して行われる。HyperCardとHyperQTC、NetGearとのデータのやりとりは、プログラム内で行われる。

2.3 HyperQTC

HyperQTCは接続している計算機間のデータ通信を行うために開発した。HyperQTCは、HyperCardのXCMDとXFCNとして実現している。HyperQTCの仕様を表1に示す。通信は次の手順で行う。

- (1) QTOpen: 通信のための初期設定を行う。一度だけ実行する。命令実行後は、相手からの通信接続要求を受け入れることができる。
- (2) QTCLink: 接続先のIP Addressを指定して接続する。接続時に一度だけ実行する。接続先の計算機はQTOpenを実行しておく必要がある。
- (3) QTCSend: 命令やデータを送信する際に実行する。

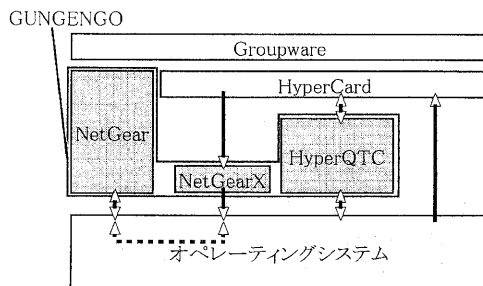


図1 GUNGENGOのソフトウェア構成

(4) QTCLink: 定期的に実行し、接続確認、接続受入、データ受信を行う。

(5) QTCClose: 通信の終了処理を行う。一度だけ実行する。

QTCLinkは、全員と接続する設定の場合には、任意の一台の計算機と接続することで、全ての計算機と自動的に通信可能な状態となる。QTCSendは、全ての計算機へ送信する場合に、接続している計算機をプログラム内で考慮することなく通信することができる。なお、QTCCloseを用いて取得した計算機名を用いることで、特定の任意の台数の計算機と通信することも可能である。

2.4 NetGear¹⁾

NetGearは計算機間の動画像・音声通信を行うために開発した。NetGearの機能一覧を表2に示す。NetGearはアプリケーションとして単体で動作し、NetGearのみで動画像・音声通信を行うグループウェアとして利用することができる。NetGearは、動画像・音声通信にはUDP/IPを、データ通信にはTCP/IPを用いている。このように、NetGearにはデータ通信の機能もあるが、動画像・音声通信と併用するとデータ

通信の速度が遅くなることから、動画像・音声通信のためにのみ使用する。また、NetGear操作用のXCMDであるNetGearXを用いることで、HyperCardからNetGearのほとんどの機能を制御することができるため、HyperQTCを経由することで、遠隔からNetGearを自由に制御できる。図2に、遠隔からNetGearを操作するための経路を示す。遠隔からの操作は、HyperQTCを利用して、遠隔からNetGearXの命令を送ることで行える。利用例として、遠隔地にあるリモコンカメラの操作がある。

3. GUNGENGOの適用

我々はGUNGENGOを、様々なグループウェアの開発へ適用している。その中で、特徴的な2種類のグループウェアへの適用について述べ、HyperQTCを用いた共有方法とNetGearを用いた接続方法を中心に、その実装方法を説明する。

HyperQTCを用いた基本的な画面やデータの共有方法は、次の3種類である。

(1)参加者が特定のオブジェクトを操作した場合と意見やチャットなどのデータを作成した場合には、その操作内容(マウスの指示、移動座標、意見等)を自分自

表1 HyperQTCの仕様

命令	引数	引数説明	機能
QTCClose	引数なし		通信の終了とメモリの解放を行う。
QTCClose	引数なし		通信の終了とメモリの解放を行う。
QTCLink	<名前> [<接続タイプ>] [<ポート番号>]	登録する名前。 全員と接続するか、指定した計算機のみと接続するかの設定。省略時は全員と接続。 通信に用いるポート番号。省略時はデフォルトのポート番号を利用する。	通信を行うためのメモリの確保とその初期化、ネットワークへ名前の登録を行う。
QTCLink	<ネットワークタイプ> [<IP Address>] [<ポート番号>]	AppleTalkで接続するか、TCP/IPで接続するかの設定。 ネットワークタイプがTCP/IPの時のみ設定する。 通信に用いるポート番号。省略時はデフォルトのポート番号を利用する。	他の計算機への接続を行う。全員と接続する設定の場合は、任意の一台の計算機と接続することで、全ての計算機と自動的に通信可能な状態になる。
QTCSend	<送信データ> [<送信先リスト>] [<データタイプ>] [<クリエータ>]	送信するデータ。 送信する計算機のリスト。指定しない場合は全計算機へ送信する。 送るデータのタイプで、以下の3種類が指定できる。省略時は" data"となる。 data: テキストデータとして送られる。 command: 命令として送られる。受信したら命令として実行され、受信メッセージは発生しない。 handle: <送信データ>をメモリ上のアドレスと見なし、そのアドレス上のデータが送られる。バイナリデータの送信を行える。 送信データの種類を区別するために用いる。	命令やデータを他の計算機へ送る。全ての計算機へ送信する場合には接続している計算機を考慮することなく通信することができる。計算機名を用いることで特定の任意の台数の計算機と通信することも可能。
QTCLink	引数なし		接続確認、接続受入、データの受信を行う。
QTCClose	引数なし		現在接続している計算機のリストを得る。

※引数の<>で囲まれたパラメータは、省略できない項目を示し、[]で囲まれたパラメータは省略可能であることを示す。QTCLinkのIP Addressは、接続に必要な情報であり本来なら省略できないが、省略時には、IP Addressの入力を促すダイアログが表示されるために、プログラム内では省略できる。

表2 NetGearの機能一覧

機能	説明
動画像・音声通信	動画像・音声通信を用いて通信を行う機能。
HyperCardから機能制御	NetGearの機能をHyperCardからNetGearXを用いて制御する機能。
動画像・音声通信の設定	明るさ、コントラスト、圧縮方法等を変更する機能。
個別設定ファイル利用	NetGearと同一フォルダにある初期設定ファイルを利用する機能。
データの通信	データを接続している計算機間で通信する機能。データの種類のHyperQTCと同様に“data”、“command”、“handle”の3種類がある。
チャット	接続している計算機間でチャットを行う機能。
ファイルの転送	接続している計算機間でファイル転送を行う機能。
参加者の呼び出し	大きな音量の呼び出し音を用いて、席を離れている参加者に、呼びかけていることを気づかせる機能。
ニックネームの設定	IP Addressを入力する手間を省くために、IP Addressにニックネームを付けて登録する機能。登録後は、メニューから選択するだけで接続を行える。
ターゲットの設定	NetGearが受け取った命令やデータを受け渡すアプリケーションの設定を行う機能。
ログの記録	接続/切断時刻、伝送速度のログを保存する機能。
送信画像の取得	動画像を任意の静止画としてファイルに保存する機能。
音量の固定	送信する音量を指定した値に保つ機能。
動画像の送信停止	送信する動画像を一時的に停止する機能。

身への命令と同一の内容をQTCSendのcommandタイプを用いて他の参加者へ送信し、同一の操作結果を得る。(共有方法1)

(2)まとめ文章などのある程度以上の大きさのデータを扱う場合は、その内容をQTCSendのdataタイプを用いて他の参加者へ送信する。(共有方法2)

(3)イメージデータ等のバイナリデータの場合は、QTCSendのhandleタイプを用いて他の参加者へ送信する。(共有方法3)

NetGearを用いた基本的な接続方法は、次の2種類である。

(1)グループウェアを利用している間に常時接続する方法。(接続方法1)

(2)必要なときに、一時的に接続する方法。(接続方法2)

3.1 発想支援グループウェア GUNGEN への適用

発想支援グループウェア GUNGENは、衆知を集める発想法として有名なKJ法¹⁵⁾を、ネットワークで結合された複数の計算機で行うグループウェアである¹²⁾。GUNGENの特徴は、3台もしくは4台の計算機間で、マルチメディア通信を常時行っているところである。GUNGENはHyperCardをもとに開発されており、約8000行のプログラムである。

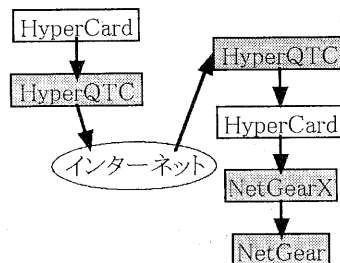


図2 NetGearの遠隔操作の経路

GUNGENはグループウェアの機能として、下記の機能を備えている。また、各機能内容の後ろに共有方法と接続方法を示す。

- ・意見ラベル、島ラベルの同期 (共有方法1)
- ・画面の操作権の制御 (共有方法1)
- ・チャット機能 (共有方法1)
- ・共有ポインタ (共有方法1)
- ・まとめ文章の共有 (共有方法2)
- ・イメージデータの共有 (共有方法3)
- ・参加者全員による動画像・音声通信による対話 (接続方法1)

図3に、GUNGENのネットワーク構成を示す。HyperQTCとNetGearは同一のネットワークを構成しており、また、個々の計算機はそれぞれ対等である。GUNGENは互いの計算機上にある同一の作業空間を利用して協調作業を行うために、このような構成となっている。

3.2 遠隔授業支援システムSEGODONへの適用

遠隔授業支援システムSEGODONは、遠隔地にいる教官が、教室に集まった学生に対して授業を行うグループウェアである¹³⁾。SEGODONは、ネットワークで結合された教官用計算機1台と学生用計算機40台とを用いて、遠隔授業を実施することが可能である。SEGODONはHyperCardをもとに開発されており、約15000行のプログラムである。SEGODONの特徴は、(1)教官の動画像・音声と学生のいる教室のリモコンカメラによる動画像・音声は、常時、教室のスクリーンと教官用計算機へ表示している。(2)学生が教官に質問がある時、あるいは、教官が学生に個別の質問をする時にのみ、一時的に動画像・音声による直接対話を行う。(3)授業資料上の画面共有は常時行っている、などである。

SEGODONはグループウェアの機能として、下記の機能を備えている。また、各機能内容の後ろに共有方法と接続方法を示す。

- ・カードめくり・作成・削除の連動 (共有方法1)
- ・教官と学生の共有カーソル (共有方法1)

- ・学生から教官への質問ボタン（共有方法1）
- ・リモコンカメラの制御（共有方法1）
- ・学生の顔画像の取得（共有方法1）
- ・共有一時描画機能（共有方法1）
- ・カード資料の共有（共有方法2）
- ・教官の動画像・音声を学生側の教室へ、学生側の教室の動画像・音声を教官へ送信（接続方法1）
- ・教官と学生の動画像・音声による直接対話（接続方法2）

上記の機能の中で、“学生の顔画像の取得”と“教官と学生の動画像・音声による直接対話”は遠隔にある教官用計算機から、学生用計算機のNetGearを制御することで実現している（図2）。

SEGODONのネットワーク構成を図4に示す。GUNGENと異なり、SEGODONには各計算機毎に役割があり、命令やデータの分配を行う管理用計算機が存在する。教官用計算機（1台）、管理用計算機（2台）を介して教室用計算機（1台）、リモコンカメラ制御用計算機（1台）、学生用計算機（最大40台）と通信を行っている。

4. 評価と考察

4.1 GUNGENGOの性能

GUNGENGOの性能について、実際の利用時の結果から示す。下記はインターネットを経由した結果のため、あまり混雑していないと思われるときの値を示している。NetGearの音声遅延は、大阪大学と鹿児島大学間（地理的距離約900km）の往復で、約2～3秒で、動画像は、約2～4フレーム/秒、送受信され

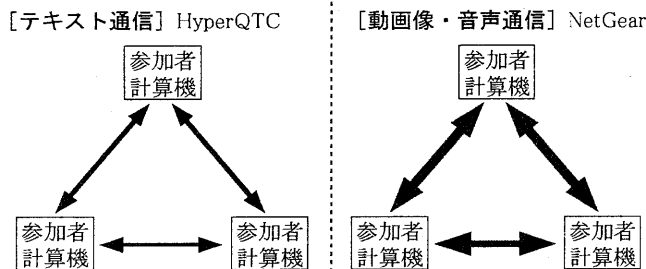


図3 GUNGENのネットワーク構成

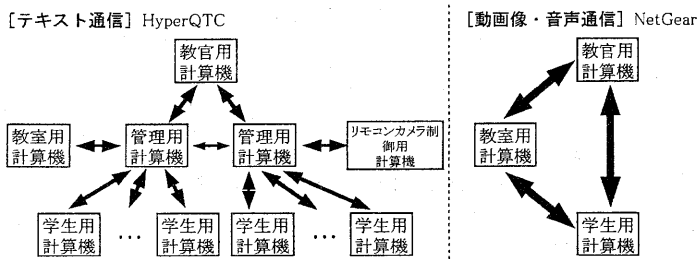


図4 SEGODONのネットワーク構成

るデータ量は、1台あたり約100～200kbpsであった。pingで測定したネットワークによる遅延は場合、約100～130msであった。音声遅延に関しては、10MbpsのEthernetを用いて学内で行った際も顕著な差は見られず、計算機内での圧縮・伸長にかかる時間であると考えられる。

HyperQTCを用いたSEGODONの共有カーソルとカードめくりの連動の遅延は、同一室内で40台接続した状態で平均約1.4秒である。この遅延は、図4の左の管理用計算機を介した中継が入るためである。GUNGENを用いた意図ラベルの同期や共有ポインタの遅延は、HyperQTCにより3台接続した状態で、10MbpsのEthernetの同一LANにおいては、ほとんど感じられない。

HyperQTCの転送データ量は、commandタイプでは、10数バイト～数100バイトである。GUNGENのまとめ文章やバイナリデータの画像情報を送るdataタイプは、データにも依存するが、数100バイト～数10kバイトである。

4.2 GUNGENGOの開発効率

GUNGENGOの開発効率を示すために、SEGODONの機能の開発に要した日数とプログラム行数を表3に示す。プログラム行数は、おおよその値である。この表の開発機能は、SEGODON適用中に生じた問題点の改善のための機能と適用中に要望があり追加した機能である。表3の“GUNGENGO利用”に“○”がついている項目は、通信に関連した機能のため、その機能を実現するために、GUNGENGOを利用していることを示す。18件の開発した機能中、9件がGUNGENGOを利用している。開発人数は、1998/6/4～1998/6/17は二人で、その他の期間は一人である。他の開発環境と開発効率について、一概に比較することは難しいが、HyperCardとGUNGENGOを組み合わせることで、追加の機能を一週間単位の短時間で開発することが可能であった。

5. おわりに

我々は、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 の実現と適用を行った。GUNGENGOは、データ通信関数であるHyperQTCと動画像・音声通信用アプリケーションであるNetGearとから構成されている。

表3 SEGODONの開発に要した日数とプログラム行数

開発期間	開発人数	開発機能名	機能概要	プログラム行数	GUNGUNGO利用
1998/5/30~ 1998/6/3 (計5日)	1	授業中の質問機能改善	学生からの質問時に、教官用計算機に音を鳴らせ、画面をチカチカさせる機能。	30	○
		遠隔授業ワンタッチ開始機能	起動時の画面の「遠隔授業起動」ボタンを押すと遠隔授業支援システムを起動する機能。	70	
		ファイル操作画面の隠蔽機能	遠隔授業支援システム起動時に、ファイル操作画面を表示しない機能。	10	
1998/6/4~ 1998/6/17 (計14日)	2	自動遠隔授業起動機能	ログイン後何もせずに、自動的に遠隔授業支援システムを起動する機能。	10	
		応用数学演習用入力支援パレット	応用数学演習で利用する数学記号等を容易に入力するためのパレット	500	
		授業資料に色枠を表示する機能	開いている授業資料に自動的に色枠をつける機能。	50	
1998/6/18~ 1998/6/24 (計7日)	1	応用数学演習専用操作パレット	応用数学演習でよく利用する機能をまとめたパレット。	10	
		学生の名前の自動入力機能	受講者の氏名を、ログイン名から自動的に氏名データと照らし合わせて、取得する機能。	30	
		レポート見出しワンタッチ作成機能	ワンタッチでレポートの見出し(提出日時、氏名、ログイン名、課題名)を自動的に作成する機能。	10	
1998/8/21~ 1998/9/9 (計20日)	1	通信方式の変更	SEGODONのネットワーク構成の変更。	500	○
		遅刻学生の画面同期機能	遅刻してきた学生の画面の同期を行う機能。	10	○
		授業資料の画面共有方式の変更	テキストのスタイルを画面共有時に送るように変更。	40	○
		学生の顔画像の取得	教官が授業中に学生の顔画像を取得する機能。	40	○
		学生のモニタ画面の取得	教官が授業中に学生のモニタ画面を取得する機能。	70	○
		テキストベースの質疑応答機能	教官と学生間で、テキストベースの質疑応答を行う機能。	150	○
1998/10/13~ 1998/10/19 (計7日)	1	共有一時描画機能	教官が授業資料上に一時的に描画を行い、その描画内容を学生と共有する機能。	350	○
		授業資料画面のA4サイズ化	授業資料の大きさをA4サイズへ拡大。	10	
1998/12/2~ 1998/12/8 (計7日)	1	共有スクロール機能	教官と学生の授業資料のスクロール位置を共有する機能。	30	○

GUNGUNGOを、発想支援グループウェアGUNGENと遠隔授業支援システムSEGODONの開発に適用した。その結果、下記の項目が実証された。

(1)週単位で機能追加が可能な程度の容易なプログラム開発環境

(2)データ通信と動画像・音声通信との分離による適度な応答速度の確保

今後、GUNGUNGOをさらに実際のグループウェアの開発に用いることで、さらに、効率の良い通信開発環境の構築を目指す予定である。

参考文献

- 1) 松下 温：図解グループウェア入門，オーム社，東京(1991)。
- 2) 松下 温，岡田 謙一，勝山 恒男，西村 孝，山上 俊彦(編)：知的触発に向かう情報社会—グループウェア 維新，bit 4月号別冊，共立出版，東京(1994)。
- 3) 石井 裕：CSCWとグループウェア，オーム社，東京(1994)。
- 4) 中山 良幸，森賢 二郎，中村 史朗，山光 忠：多者間電子対話システムAS-SOCIA，情報処理学会論文誌，Vol. 32，No. 9，pp. 1190-1199(1991)。
- 5) 長崎 祥，田中 譲：シンセティック・メディア・システム IntelligentPadにおける協調作業場の実現，情報処理学会論文誌，Vol. 34，No. 5，pp. 1177-1187(1993)。
- 6) 阿部 豊子，前野 和俊，阪田 史郎，福岡 秀幸：マルチメディア分散在籍会議システム(MERMAID)を利用したグループアプリケーションの分散協調制御方式の提案，情報処理学会論文誌，Vol. 34，No. 6，pp. 1406-1416(1993)。

- 7) 越塚 登，坂村 健：共有対話オブジェクト方式によるマルチユーザインタフェースシステムの設計と実装，情報処理学会論文誌，Vol. 35，No. 9，pp. 1779-1793(1994)。
- 8) 田淵 仁浩，鮎川 健一郎，伊藤 文子，前野 和俊：協調作業向け複合文書ミドルウェアとそれに基づくマルチメディアグループ学習ソフト，情報処理学会論文誌，Vol. 39，No. 10，pp. 2828-2836(1998)。
- 9) 山元 一永，宗森 純，長澤 庸二：グループウェア向け通信用関数の開発と評価，情報処理学会研究報告，94-GW-8，pp. 31-36(1994)。
- 10) 山元 一永，宗森 純，長澤 庸二：エラー検出機能をもつグループウェア向け通信用関数 HyperPPCの開発，情報処理学会研究報告，95-GW-11，pp. 37-42(1994)。
- 11) 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情報工学専攻修士学位論文(1996)。
- 12) 由井園 隆也，宗森 純，長澤 庸二：カード型データベースを持つKJ法一貫支援グループウェアの開発と適用，情報処理学会論文誌，Vol. 39，No. 10，pp. 2914-2926(1994)。
- 13) 吉野 孝，由井園 隆也，宗森 純，伊藤 士郎，長澤 庸二：遠隔授業支援システムSEGODONの授業への連続的な適用と改良，情報処理学会研究報告，98-GW-30，pp. 37-42(1998)。
- 14) 宗森 純，吉田 竜，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)。
- 15) 川喜田 二郎：発想法—創造性開発のために，中央公論社，東京(1967)。