

## 背景と奥行きを利用した協調作業空間

塩澤 秀和<sup>†</sup> 岡田 謙一<sup>†</sup> 松下 温<sup>†</sup>

現在、コンピュータ画面上に共有作業空間を提供し、遠隔協調作業を支援するシステムが数多く提案されている。近い将来、ユーザは個人空間での個人用ソフトウェアや非同期型グループウェアによる作業と、共有空間でのコミュニケーションツールや同期型グループウェアによる作業を、同時に進めていくようになるだろう。また、協同作業者に対する日常的なアウェアネスを支援する必要もある。そこで、我々は、協調作業空間を仮想画面の重ね合わせで表示する手法を提案する。つまり、個人のデスクトップ画面の背景を奥行きのある階層的な共有空間として利用し、最も頻繁に用いる個人向けソフトウェアを最も手前に表示し、グループ作業向けのソフトウェアはその背後に表示する。従来のグループウェアシステムでは、一般的に画面を分割することで個人空間と共有空間を同時に表示するが、これでは個人空間が狭くなってしまいうという問題があった。本手法は、この問題を緩和すると同時に、共有画面をつねに背景に表示させておけるので、共有情報へのアウェアネスを支援できる。ユーザは、他のユーザの共有空間での作業や、それによる共有情報の更新に自然に気づくことができる。

## Collaborative Workspace Visualization Using Background and Perspective

HIDEKAZU SHIOZAWA,<sup>†</sup> KEN-ICHI OKADA<sup>†</sup> and YUTAKA MATSUSHITA<sup>†</sup>

Visual shared workspaces will be always staying on users' screens in the near future. Users will be moving frequently between their personal spaces for personal and asynchronous work and shared spaces for communication and synchronous cooperation. Also the system should support users' everyday awareness to co-workers. For supporting such situation, we propose a new technique to visualize a collaborative workspaces as a set of layered virtual screens. In this way, groups' shared workspaces are shown behind users' personal workspaces like as looking from a top personal layer down to a bottom public layer. Thus personal software, which are most frequently used, are shown in front position on the screen, while groupware supporting collaboration and awareness are shown on background of the personal software. In conventional groupware, user's workspace is tiled into several workspaces, so the size of a personal workspace is very restricted. This perspective layered visualization is also suitable for supporting everyday awareness. Users can be aware of other's activities in shared workspaces and modification of shared information. This technique also supports users' awareness so that it can show shared information and their modification always in the background.

### 1. はじめに

近い将来、コンピュータによる協同作業支援(CSCW)が、より日常的かつ自然に行われるようになるだろう。すでにオフィスには1人1台のパソコンが割り当てられ、それらがネットワークで接続された環境が一般的になっている。今後ネットワークが高速化するにつれて、日常的かつ自然にビデオ会議や文書の共有管理が行われるようになると思われる。

このようにCSCWやグループウェアが日常的に使われるようになるにつれて、ユーザインタフェースも、

より日常的な使用に適したものに進化する必要がある。このような環境では、ユーザの画面上に、従来型の個人用ソフトウェアや非同期型グループウェアと、新しいコミュニケーションツールや同期型グループウェアが日常的に共存することになる。

したがって、これら2種類のソフトウェアがスムーズに切替え可能であるような、統合された環境を実現する必要がある。また、自分がどちらのソフトウェアによって、どちらの共有レベルの作業を行っているのか、ユーザが間違いなく把握できるようにする必要もある。なぜなら、ユーザはこれら2種類のソフトウェアを同時に扱いながら作業を進めていくようになるからである。

さらに、このような日常的な協調環境では、アウェ

<sup>†</sup> 慶應義塾大学理工学部

Faculty of Science and Technology, Keio University

アネス（気づき）の支援が重要になる<sup>1),2)</sup>。隣のユーザがだいたい何をしているのか気づいたり、掲示板の貼り紙に気づいたりするような、日常的な共有情報へのアクセスが協同作業の促進に役立つ。ユーザ同士が特に意識せずに相手の行動を察せられれば、作業への認識が統一され、円滑な意思の交換や作業の割り振りが可能になるからである。

このために、特に同期型の CSCW システムでは、従来から共有デスクトップ画面や共有キャンバスなどといった、複数のユーザがアクセスできる共有（共用）作業空間が提供されてきた。そして、共有作業空間を各ユーザのコンピュータ画面上に領域として表示することで、共有情報へのアクセスと視覚効果によるアウェアネスの支援を実現してきた。

将来、日常的にグループウェアが使用されるようになれば、共有作業空間はユーザのデスクトップにつねに表示されるようになるだろう。本稿で我々は、そのような新しいグループウェア環境に適した新しい協調作業空間の視覚化として、個人の作業画面の背景に共有画面を階層的に表示する手法を提案する。

## 2. 視覚的共有作業空間

従来、グループウェアでは共有情報と共有空間を、ユーザに視覚的に提示するために、図1に示すような画面共有方式が用いられてきた。

(a)はタイリング型であり、全画面または1つのウィンドウを複数の領域に分割して、個人作業空間と共有作業空間を同時に表示する。しかし、この方法では共有空間のために相当の画面領域が使用されてしまい、個人空間の大きさが制限されてしまうので、この両方を表示しておくには向かない。よって、ユーザが個人作業の最中に共有情報の更新に自然に気づくことはあまりない。

(b)はウィンドウ型であり、共有空間（アプリケーション）は、自由に移動できるウィンドウとして表示される。しかし、この方法では、個人用ソフトウェアと共有ソフトウェアの区別がつきにくい。よって、ユーザは操作の混乱を避けるために、どのウィンドウがどの共有レベルにあるのかつねに意識しなければならない。また、たとえばユーザが個人空間の情報にだけプライバシーの設定をしたいときに、それを一括的に選択することが難しい。これらのことから、我々は、実世界の個室と共有スペースのような、共有レベルによる空間分割が必要であると考えた。

(c)のように、個人空間と共有空間をまったく別の仮想画面として用意し、切り替えて表示する方法もあ

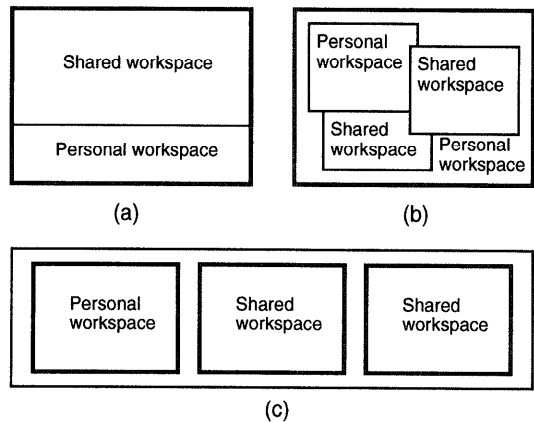


図1 従来の協調作業空間の視覚化：(a) タイリング型、(b) ウィンドウ型、(c) 仮想画面型

Fig. 1 Techniques for visual shared workspaces: (a) tiling, (b) windowing, (c) virtual desktops.

表1 従来の画面共有方式の機能比較  
Table 1 Comparison of conventional visualizations.

方式	つねに共存	アウェアネス	レベル提示
(a) タイリング	困難	作業時のみ	可能
(b) ウィンドウ	可能	可能	困難
(c) 仮想画面	別画面に	不可能	可能

る。この手法を用いれば、ユーザは個々の作業空間を頻繁に切り替えられるし、(a)における画面面積の問題と(b)における操作の混乱の問題も同時に解決できる。しかし、両方の空間を同時に表示することはできないので、アウェアネスを支援することは難しい。

以上をまとめると、日常的に使われるグループウェア環境には、

- 共有作業と個人作業の円滑な切替え（共存）
- 共有情報の更新へのアウェアネス
- 操作上の混乱を防ぐための共有レベルの提示

などの特徴が必要になる。表1から分かるように、これらの条件は、従来の各種の協調作業空間では同時に支援することができなかった。

我々は、これらを同時に実現するためには、共有空間と個人空間を同時に違和感なく表示でき、かつそれらを空間的に識別できるような、統合された環境が必要であると考えた。

## 3. 新しい協調作業空間の視覚化

本章では、個人のデスクトップ画面の背景を奥行きのある階層的な共有作業空間として利用する手法を提案する。

### 3.1 背景を利用した共有作業空間

我々は、個人空間の背景を共有作業空間として積極

的に利用する視覚化を提案する。つまり、従来のデスクトップ画面の背景として、仮想的な共有画面を重ねて表示する。その結果、頻繁に利用する個人用アプリケーションは手前に表示され、共有アプリケーションは背景に表示される。本手法を用いれば、共有空間のために特定の画面領域を占有しないので、限られた大きさの画面でもつねにそれを表示しておける。

この方法を用いれば、ユーザにとって共有空間は背景としてつねに見えているので、個人作業からの切替えに特別な操作は必要ない。背景に表示されている情報オブジェクトを操作すれば、それがそのまま共有情報への操作になる。つまり、個人空間と共有空間を容易に行き来して作業を進めることができる。

共有レベルを分かりやすく提示するためには、奥行き感が利用できる。つまり、共有空間が実際に個人空間の奥にあるように見せるわけである。これによって、ユーザは操作対象の情報の共有レベルにつねに注意を払わなくても、それを空間的に把握できるようになる。よって、共有オブジェクトをそのまま背景に表示するの比べて、操作上の混乱を抑えられる。

### 3.2 アウェアネスの支援

本手法では、共有画面がつねに背景的に見えているので、ユーザは共有情報に対する他の作業の変更にも容易に気づくことができる。従来のグループウェアでは、協同作業のあいだにだけ共有情報を参照することができたが、本手法ではそうでないときでも、背景的に（実際に背景画像として）参照することができる。

つまり、本手法はユーザのウェアネスを支援する視覚的なインタフェースの枠組みとなりうる。コンピュータを起動すると同時に共有画面を表示するようにすれば、特別なアプリケーションを立ち上げたり、Webブラウザを操作したりしなくても、共有情報の更新に自然に気づく環境が実現できる。

また、個人空間に多くの資料を広げると、背景にある共有情報が隠れてしまいウェアネスが妨げられるが、これは、共有空間をスクリーンセーバとして表示すれば、ある程度対処できるだろう。実世界でも、個人の作業に集中しているときには周囲の雑音は耳に入らないが、手を休めたときには周囲が見渡せるものである。グループウェアにおいてもユーザの集中度に応じた表示をすることの有効性が指摘されている<sup>3)</sup>。

### 3.3 作業空間の階層モデル

ここまでで説明したのは、個人空間と共有空間の2層からなる作業空間である。しかし、この2層だけでは不十分な場合もある。現実の作業グループには2レベル以上の包含関係が珍しくなく、その場合、情報も

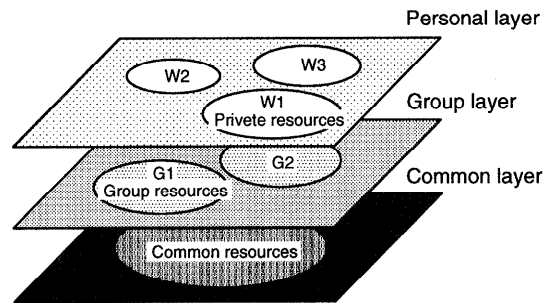


図2 作業空間の階層アーキテクチャ  
Fig. 2 Multi-layered architecture for workspaces.

2レベル以上の階層によって管理されるからである。

たとえば、UNIXのファイルシステムでは、個人・グループ・その他全員という3レベルで情報を管理する。このように、ファイルシステムやデータベースでは、アクセス管理とセキュリティのために、データそれぞれに現実の組織構造を反映した、階層的な所有権が用いられている。

これに対応して、協調作業空間も図2に示すように階層的な構造をとりうる<sup>4)</sup>。ユーザは主に個人空間で作業を行うが、そのためにはグループ空間にある情報を参照する必要がある。また、同様にグループ空間での作業には、さらに1レベル大きいグループの共有情報を参照する必要がある。なお、理論的には3層以上の構成も考えられる。

そして、各種の情報はたいてい所有権などから判断できる適切な共有レベルで用いられるものである（情報のデフォルト作業空間）。たとえば、住所録は個人空間で参照されるであろうし、グループ向けのプレゼンテーション資料はグループ空間で使われるといった具合である。

### 3.4 奥行きを利用した協調作業空間

そこで、我々は、背景を利用した作業空間を拡張し、最も頻繁に利用する個人向けのアプリケーションを最も手前に表示し、その奥にグループの共有情報を表示し、最も操作する頻度の少ない全体情報を最も奥に表示するという階層的な視覚化を提案する（図3）。

これは、図4のように、協調作業空間を作業者であるユーザの視点で上から下へと見おろしたものになる。共有レベルを空間的に把握させるための奥行き感は、画像の縮小と重ね合わせによる、疑似3次元表示で実現可能である。

このように、透視法（遠近法）を利用して、参照頻度の高い情報をより手前に表示する考え方<sup>5)</sup>は、情報視覚化（可視化）<sup>6)</sup>でよく用いられる。これは、ユーザの関心度（参照度）に応じて、よく使う情報を目立た

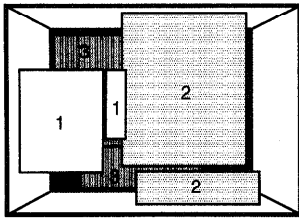


図3 奥行きを利用した視覚化: (1) 個人作業空間, (2) グループ作業空間, (3) 全体の作業空間

Fig. 3 The perspective layered visualization: (1) on personal layer, (2) on group layer, (3) on common layer.

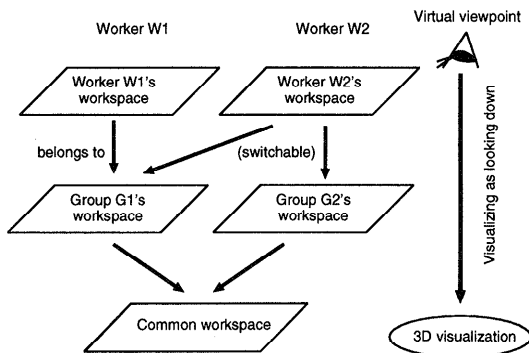


図4 階層的な作業空間の視覚化

Fig. 4 The visualization of layered workspaces.

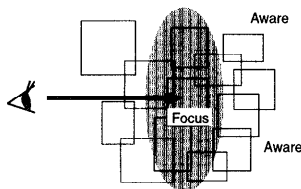


図5 仕事の中で注目するレベルを選択できる

Fig. 5 A worker can change the focus level in a job.

せて表示し、あまり使わない情報でもそれなりに背景的に表示するという概念である。

この参照度に応じた表示の概念は、アウェアネスの支援手段として有効である。ユーザは、個人空間の情報は直接扱うことが多いが、全体の作業空間は完成した資料が多く直接操作することは少ない。本手法では、それぞれの情報をだいたいの利用頻度に応じて気づかせる（注目させる）ことができる（図5）。

3.5 空間的な作業レベルの切替え

このように作業空間を空間的に配置すると、3次元空間での前後左右の（視点）移動で作業を行き来するというメタファが考えられる。これらの移動操作は、画面上で効果的な視覚的フィードバックとともに実行されるように実装できる。

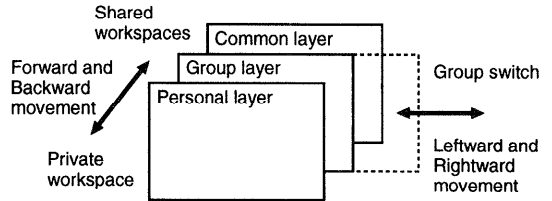


図6 3次元移動操作による作業空間の切替え

Fig. 6 Switching workspaces with three-dimensional moving operations.

図6に示すように、ユーザは主としてグループレベルの情報を扱うときは3次元空間内を前に移動する。すると、ユーザのコンピュータ画面に個人空間が表示されなくなり、グループ空間が全画面表示されるようになるので、グループレベルの情報が扱いやすくなる。さらに、ユーザが前進すれば全体空間が全画面を占める。逆に、後退した場合には個人空間に戻ることができる。

さらに、ユーザの左右の移動は、操作対象のグループを切り替える意味を持つ。ユーザが複数の作業グループの仕事を行っていたり、複数の個人空間を持っている場合には、それらを簡単に切り替えられる。

つまり、本手法では、1つの仕事の中では共有レベルに応じて情報を取り扱えるし、それと同時に、互いにあまり関連のない複数の仕事を、画面ごと完全に切り替えることもできる。

4. 試作システムの実装

我々は、以上で説明したような概念に基づくウィンドウシステムを試作した<sup>7)~10)</sup>。

4.1 システムの全景

図7に示すのは、本システムの使用例である。ここでは、個人空間（全画面）の背後に2層の共有空間が重なっている。印刷の都合上多少見にくいと思われるが、図3がそれぞれのウィンドウがどの層にあるのかの説明を兼ねている。この例では、手前から個人空間(1)、グループ空間(2)、全体空間(3)として利用し、それぞれ、画像処理ソフト、Webブラウザ、カレンダーソフトを起動した。

4.2 視覚化手法

図7では、図全体が個人のデスクトップ画面であり、コンピュータのディスプレイの表示面の全面である。つまり、最も手前の層（個人空間）は、従来のGUIにおけるウィンドウシステムそのものである。グループ空間は、個人空間の背景（壁紙、仮想ルートウィンドウ）として実現されている。

最も手前の個人空間と同様に、ユーザは当然、共有

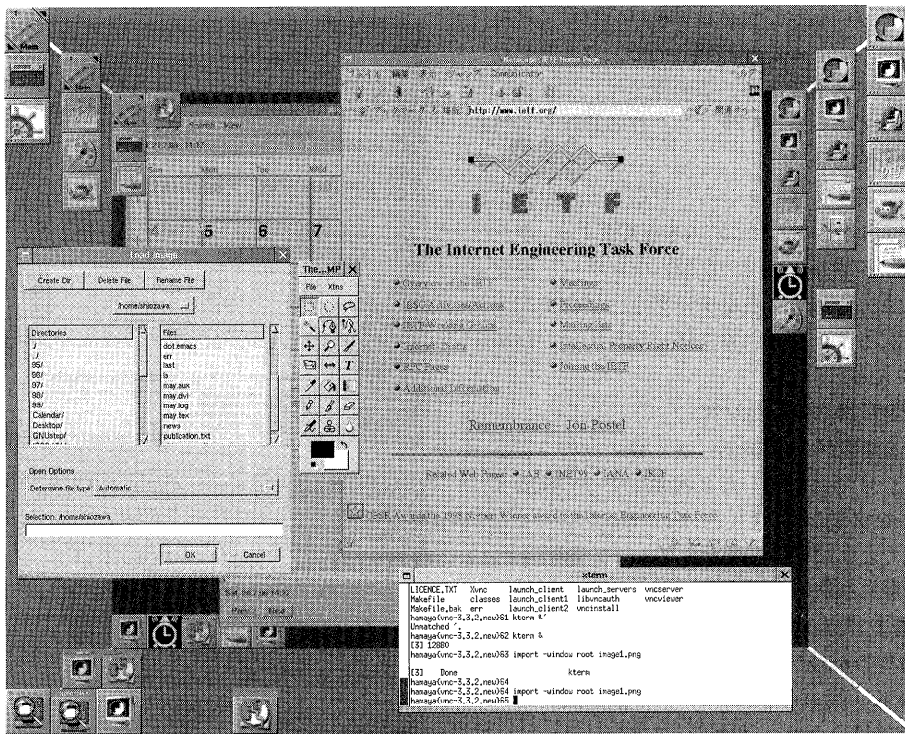


図7 試作システムの全景

Fig. 7 Overview of the prototype system.

空間にあるウィンドウも通常のウィンドウと同じように操作できる。これは、マウス操作などのシステムイベントを仮想ルートウィンドウに転送することで実装した。また、共有空間にあるウィンドウなどはネットワークを介して接続しているユーザ全員の共有オブジェクトなので、だれでもウィンドウを開いたり移動したりできる。

本実装では、奥行き感を与えるために、グループ空間を個人空間にくらべて、大きさが縦横それぞれ7/8、明度で3/4または7/8に暗くして表示する。グループ空間の背景にあたる全体空間にも同様な処理を行う。これらの処理は、ウィンドウシステムのデスクトップを画像として処理することで実現した。この視覚効果によって、ユーザは画面上のウィンドウがどの層にあるものであるのか直感的に把握できる。

実装上は、別のウィンドウシステムを仮想ルートウィンドウとして繰り返し表示しているの、階層は再帰的に無限に重ねられる。しかし、後述するUNIXのアクセス権と連動したデフォルト作業空間の機能を実装している関係上、3層の構成を採用した。

#### 4.3 背景情報の参照支援

さらに我々は、画面に表示されるウィンドウを枠だけの状態にすることによって、背後に隠れたウィンドウ

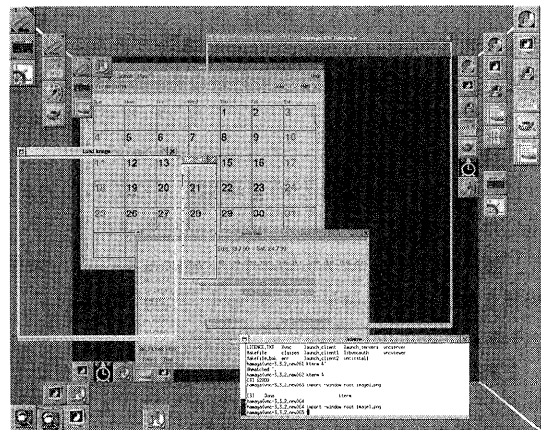


図8 枠だけのウィンドウ

Fig. 8 Framework windows for referring deeper layers.

ウを透過して操作できる仕組みを実装した。個人空間で作業を進めるうえでは、共有空間の資料を参照することがよくある。個人空間を全面的に利用して作業しているユーザが、一時的に共有情報を参照したいときには、じゃまになっているウィンドウを枠だけにすることで、下の層の情報を操作できる(図8)。

この機能では、ウィンドウは本当に枠だけになるので、背後の情報オブジェクトをマウスで直接操作でき

る。また、枠だけになってもタイトルバーやサイズを変更するためのハンドルなどは残るので、ウィンドウ操作は依然として可能である。この機能は、アイコン化するのに比べて、一時的にウィンドウの背後を参照したい場合に便利であろう。

また、共有空間をスクリーンセーバのように起動することで、共有情報へのアウェアネスを支援する。ユーザが一定時間（デフォルトは10分）キーボードやマウスに触れなかった場合、自動的にグループ作業空間が全画面表示になり、個人作業空間に隠れていた情報が自然に目に入る。

4.4 作業空間間での各種操作

作業空間を連続的かつ直観的に切り替えられるようにするために、すでに説明した3次元空間での移動インタフェースを実現した。

ユーザは、たとえば個人空間からグループ空間へと、1レベル下の層に移動したいときには、マウスポインタを画面上端まで持っていきクリックする。すると、現在の作業空間のかわりに1レベル下の作業空間が全画面表示になる（図9）。同様に、上の層に戻りたいときには画面下端をクリックする。

さらに、複数の個人空間を持っていたり複数のグループ空間に所属している場合には、画面右端および左端にマウスポインタを移動してクリックすれば、それら同じレベルの作業空間の間で移動できる。

また、ユーザは個々のウィンドウを作業空間間で画像として転送できる。たとえば、ウィンドウの画像を個人作業空間からグループ作業空間にコピーできる。コピーされるのは画像なので編集などはできないが、元のウィンドウの更新にともなって更新される。よって、個人のウィンドウを他の作業者に見せたり、共有情報を個人空間にコピーして見ることができる。

4.5 デフォルト作業空間の実装

文書ファイルをデフォルト作業空間で開くコマンドラインプログラムも提供する。セキュリティ上の問題はあるものの、試作にはUNIXのSUID/SGIDビットを利用した。これらは通常データファイルでは利用されていない。

もし、ファイルにSUIDビットがセットされていればそれを個人空間で開き、SGIDビットがセットされていればグループ空間で開く。どちらもセットされていなければ全体空間で開く。開くときのアプリケーションプログラムは.gifなどの拡張子（接尾辞）から判断する。ただし、読み込み権も考慮し、たとえSGIDビットがセットされていても、グループに読み込み権がない限りは、それをグループ空間では開かず個人

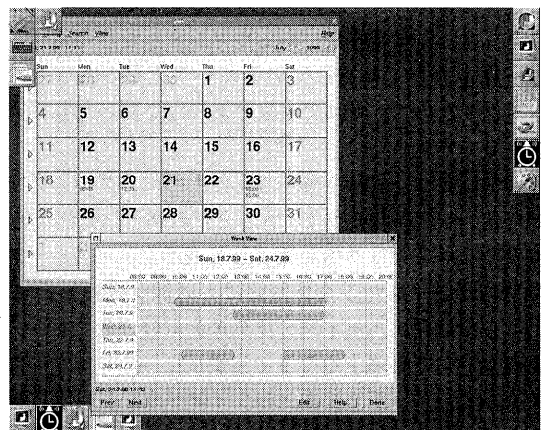
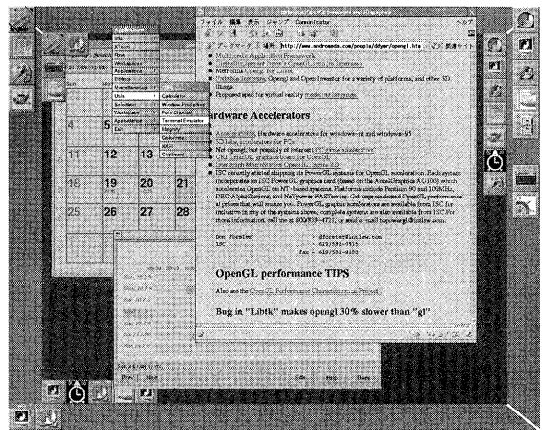
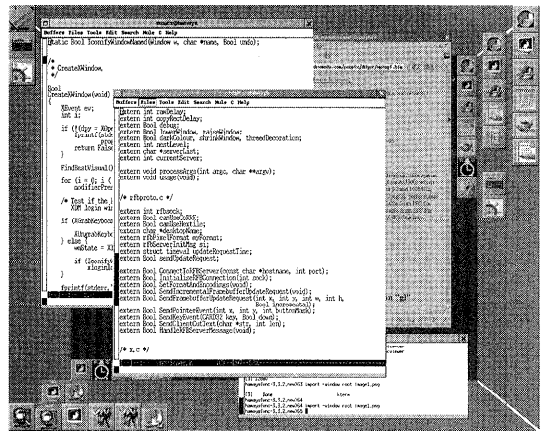


図9 共有空間へと移動する前進操作

Fig.9 Forward movement for mainly operating in shared workspaces.

空間に開くなどする。

4.6 実装環境

本システムは、VNC (Virtual Network Computing)<sup>11)</sup>のUNIX版クライアントを改造することで実装した。よって、VNCの機能は、ほとんどそのまま

利用することができる。たとえば、共有空間はすべてのユーザが接続を断っても状態を保存し続けるので、再接続すると前の画面状態のまま継続して利用することができる。また、枠だけのウィンドウは、X Window System のウィンドウマネージャである Window Maker<sup>12)</sup>を改造することによって実装した。

## 5. 評価

本章では、実験のアンケート結果と研究会など<sup>7),8)</sup>で、発表・デモしたときにいただいた意見をまとめる。

### 5.1 アンケート項目

本システムの動作するように設定したワークステーションを3台用意し、11人のユーザに10分から30分程度使用してもらった。その後、以下の10問のアンケートを行い、「そう思う」(5点)から「そう思わない」(1点)までの5段階で採点してもらった。なお、問9および問10は、未実装の機能に関して意見を求めたものである。

- (1) 協同作業との共有画面を背景に表示することは、有効であると思ったか？
- (2) 日頃の使用法を考えてみて、背後にある共有画面での変更に、気づくことがあると思うか？
- (3) 手前の層にあるウィンドウに比べて、中間の層にあるウィンドウは、奥にあるように感じられたか？
- (4) 中間の層にあるウィンドウに比べて、最下層にあるウィンドウは、奥にあるように感じられたか？
- (5) 画面を切り替えるのに、前進や後退として画面の上端や下端をクリックする操作は適切か？
- (6) 複数の仮想画面を切り替えて使うのに比べて、操作しやすかったか？
- (7) スクリーンセーバのように背景の共有画面が表示される機能は、有効であると思ったか？
- (8) 全部で何層あれば十分であると思うか？
- (9) 実際のカメラ映像などを背景につねに表示しておくことは、有効であると思うか？
- (10) その他、背後の画面には、どのようなものを表示させるのが良いと思うか？

### 5.2 アンケート結果

アンケートの結果を、図10に示す。

問1、問2の結果より、共有画面を表示することはある程度の有効だといえる。しかし、工夫すれば2層でも十分だという意見が多かった。問3、問4の結果から分かるように、最上層とその他の層の関係に比べて、背景にある層の間での上下関係は区別しにくいということも、その理由の1つであろう。

問3および問4に関して、奥行き感には画像の縮小

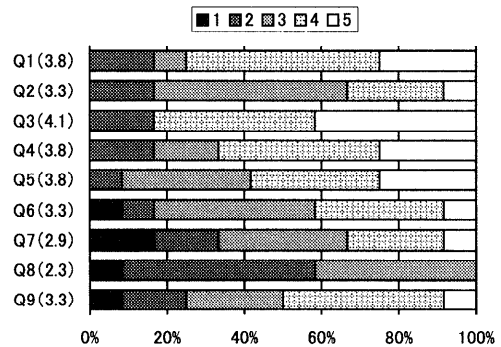


図10 アンケート項目の点数分布 (5点満点, かっこ内は平均点)  
Fig. 10 Result of questionnaires by rating on a five-point scale (the average points in the parentheses).

よりも明度の減少のほうが効果があることが明らかになった。明度を7/8にして実験してもらった3人は、問3、問4の点数の平均がともに2.7であったが、3/4にした他の8人では、それぞれ4.6と4.7であった。

また、日頃Windowsを利用しているユーザはUNIX(X)を利用しているユーザに比べて、問2の点数が低い傾向となった。これは、Windowsのアプリケーションは実際の作業領域のほかにボタンなどが多く使われており、大きなウィンドウを必要とし、背景が隠れることが多いからであろう。

### 5.3 その他の意見など

ふだん、背景が見えるような状態で作業しているかどうかは、個人差が大きいようである。便利だという意見があった反面、背景は見えないという意見もあった。それに関連して、仮想画面を重ねるのではなく、ファイル管理のような個々のアプリケーションのビューとして用いたほうが良いという意見があった。

共有画面のほかに背景に表示する情報としては、ワークフローのような作業の進捗情報や、ニュースや閲覧板のような情報が望まれた。また、協同作業にかかわらないものとしては、セキュリティログの監視や監視カメラのような使い方が提案された。

本システムでは、画面の中心部付近に奥の層の情報が表示されるが、中心部付近は上の層で最もよく使う領域であるので、情報が隠れてしまう可能性が高いという意見もあった。今後、1点透視法だけでなく、Perspective Wall<sup>5)</sup>のような画面の左右への2点透視法や、さらに3点透視法などと比較する必要があると思われる。ただし、実装はやや困難になる。

ウィンドウを枠だけにする機能は好評で、単独でも意味があるという意見が多かった。

#### 5.4 実装上の問題点

本システムの実用的な使用と評価には、種々の困難な点があった。まず、実装の容易性から X Window System (UNIX) を利用したが、高解像度でフルカラーの画面表示能力がなければならない。また、複数のマシンで画面イメージを共有するので、解像度や色数などの画面特性が同一でなければならない。

X Window System をフルカラーで利用するのはそれほど一般的ではないし、多くのユーザは日常環境として Windows を利用している。さらに、ディスプレイなどのハードウェア構成もまちまちであり、実用環境で利用するにはまだ問題が多い。今後、このような異機種混在環境に対応していく必要がある。

### 6. 応用例

本章では、本手法の応用例を未実装のものも含めて紹介し、本手法が協調作業空間を表示するための枠組みを提供しうることを示す。

#### 6.1 簡易掲示板

最も単純な応用例は掲示板である。個人空間と共有空間の 2 層システムを用い、共有空間にはテキストエディタやワードプロセッサを起動する。そこに文章を書き込めば、簡単な連絡事項を通知できる。また、チャットのようにリアルタイムな筆談もできる。

このような簡易掲示板は、本手法の枠組みを利用すれば、既存のソフトウェアを利用して容易に構築できる。また、ユーザがコンピュータの電源をつけてネットワークに接続すると同時に掲示内容が画面に表示されるので、特別な操作を必要とせず連絡事項が目に入り、掲示内容の更新はそのつど確認できる。

#### 6.2 進捗・文書管理

図 11 は、同じく 2 層構造を利用した簡単な進捗・文書管理システムのデザインである。共有空間には進捗状況管理ソフトと、表計算ソフトによる文書内容のチェックリストが表示されている。ユーザは個人空間で文書作成の作業を進め、文書の完成を報告表に自分で書き込める。完成した文書は、共有空間で読み合わせることができる。

このように、協同作業の作業状況を背景的に参照できるシステムが、容易に構築できる。電子メールを使った場合、フリーフォーマットなので煩雑であるし、Web のページなどを使った場合、意識的に立ち上げる操作が必要である。本システムは、書き込みがすぐに目に見えるので入力を忘れにくい。

#### 6.3 会議予約システム

図 12 は、個人・グループ・全体の 3 層構造を利用

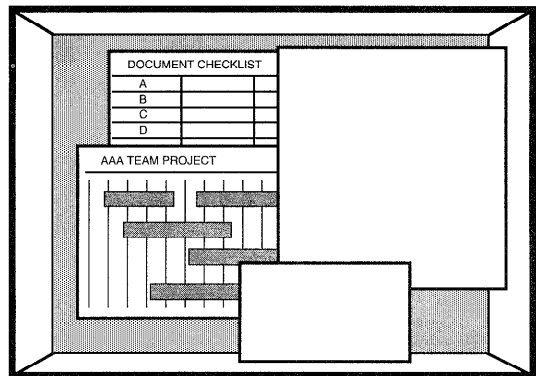


図 11 簡易進捗・文書管理システムのデザイン

Fig. 11 Design of document management system.

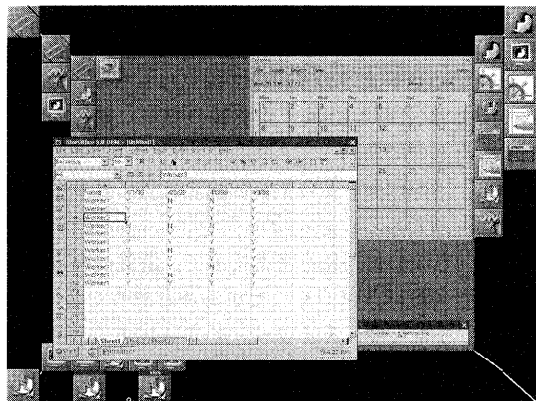


図 12 簡易会議予約システムの例

Fig. 12 An example of simple meeting scheduler.

した会議予約システムである。グループ空間に表示されているのは、通常の表計算ソフトであり、会議の日程と参加者の出欠を書き込める。全体空間には、既存のカレンダーソフトウェアを利用した会議室の予約表が表示されており、決定した日程と出欠をもとに会議室の予約を書き込める。

会議の日程調整や参加確認などの連絡は、典型的なグループウェアのテーマである。電子メールで連絡を行うと返信が錯綜して管理が大変である。専用のソフトウェアを用意しても、ユーザがなかなかそれを利用してくれなかったり、書き込みを促すために結局電子メールをやりとりすることも多い。本システムでは、画面上で自然に日程の確認と書き込みを促せるので、そのような連絡量を減らすことが期待できる。

#### 6.4 覗き窓/所在表

図 13 のような 3 層構造を用いた覗き窓 (portholes)/ 所在表システムも構成できるだろう。各ユーザはグループ空間に、現在の自分の様子を表示するウィンドウを開く。たとえば、A は自分の個人作業空間のウィンド



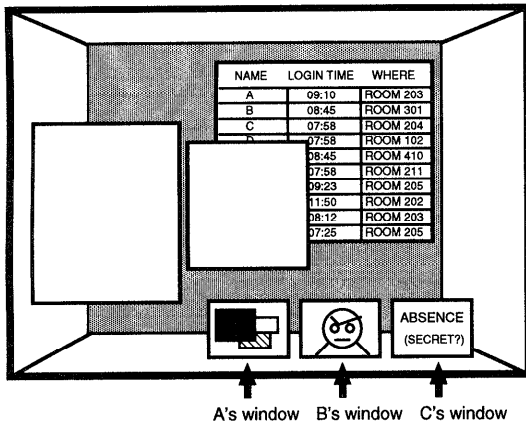


図 13 覗き窓/所在表のデザイン

Fig. 13 Design of portholes/who-where list.

ウの配置を小さく表示し、Bはカメラで撮影した自分のスナップショット画像を一定の時間間隔で表示し、Cは不在メッセージを表示する。全体空間には、他のグループを含めた全員の現在のログイン状況の一覧表を表示する。

覗き窓 (portholes) は、おもに現実空間でのアウェアネスを支援するシステムである。部屋に備え付けたカメラでオフィスの様子を撮影し、その映像を遠隔地や別の部屋で放送する。さらに、NYNEX Portholes<sup>13)</sup> などでは、必要なアウェアネスのレベルに応じて、映像をぼかしてプライバシーを保護したり、映像の変化量をグラフで表示するなどの多様なビューが実現できる。ユーザのデスクトップ画面を転送できるシステムも広い意味での覗き窓のビューといえる。

我々の提案する視覚化では、ユーザの個人空間を自動的に他者に公開することはない。共有空間においた情報だけが公開される。よって、そのままではアウェアネス支援が弱い面もある。しかし、広い共有空間をつねに表示しておける枠組みを提供するので、このようにアドオンのプログラムを用いれば、多様なビューによるアウェアネス支援も比較的容易に実装できる。

## 7. 関連研究との比較

本章では、我々の提案する手法を関連研究と比較し、その特徴を述べる。

### 7.1 部屋メタファ/作業空間管理

複数の作業空間を管理する方法には、2章の方法のほかに部屋メタファを用いる Rooms<sup>14)</sup>、Teem-Rooms<sup>15)</sup>、DIVA<sup>16)</sup>などがある。しかし、これは共有空間で新しく個人の情報を開く扱いが難しい。共有空間に置く方式では、個人向けのカスタマイズができ

ないし、個人にだけ見えるようにする方式では、メタファとして意味が薄れてしまうからである。それに対して、本手法では共有空間を参照しながら、カスタマイズ可能な個人空間で作業をすることができる。

部屋メタファは画面切替え型の発展であり、互いにあまり関係しない作業を切り替えるのに向いている。それに対して、本手法では1つの仕事の中の関連する作業間の共有レベルを意識できる。また、左右移動によって画面切替えと同じ効果も得られる。

また、本手法は、Interlocus<sup>17)</sup>などの完成した協同作業システムではなく、ウィンドウシステムのようなユーザインタフェースの枠組みである。基本的な視覚化の機能のみを提供するが、多様なビューや高度なアウェアネスの支援のためのアドオンのプログラムの開発も容易にするものである。

### 7.2 共有ウィンドウシステム

既存のウィンドウシステムを利用して、アプリケーションやデスクトップ画面を共有するソフトウェアは、XTV<sup>18)</sup>、XMX<sup>19)</sup>、VNC<sup>11)</sup>など、数多く開発されてきたが、2章で説明したような問題がある。

XMXの新しいバージョンは、共有画面を仮想ルートウィンドウとして表示するが、積極的に共有作業空間として利用することを意図したものではない。また、すべてのウィンドウが同じ外観なので、共有空間のウィンドウをクリックしても個人空間のウィンドウの前に出てこないことなど、ユーザに戸惑いを与えてしまう。本手法は、奥行き感を利用してユーザに共有レベルを把握させることができる。

また、MicrosoftのActive Desktopでは、背景に任意のWeb文書を貼ることができるが、編集作業を行う作業空間として利用することを意図したものではない。Webのような情報は比較的ユーザとの関係が薄い、日常的な協同作業者の操作はユーザにとってきわめて関係が深いので、アウェアネスとして支援する意味がより深いと思われる。

### 7.3 視覚効果によるインタフェース

GUIに透視法による3次元効果を導入する提案は、文献20)にあり、実装にはMaW3<sup>21)</sup>やWeb Forager<sup>22)</sup>がある。本手法の特徴は、それをCSCWのために利用する点である。また、階層的な擬似3次元表示は、真の3次元表示に比べて柔軟性は低い、階層的な情報の表示には適している。

3次元インタフェースには、ユーザの方向感覚の喪失や情報どうしが隠れる問題が指摘されている<sup>23)</sup>が、本手法では、3次元方向に共有レベルという明確な意味づけ<sup>24)</sup>を与えることによって、方向感覚の喪失を防

止する。また、その意味づけに対応した階層間での情報のコピーなどの新しい操作を提案する。

複数の情報を重ねて表示する方法としては、半透明を用いる方法があり、CSCWにも応用されている<sup>25),26)</sup>。透明化は本手法と組み合わせて利用できる可能性がある。ただし、透明化は同様な外見の情報や3層以上の情報を重ねた場合に、奥行き感よりも関係が分かりにくくなってしまう。

## 8. おわりに

本稿では、まず、背景を利用した表示によって、従来のグループウェアにおける画面分割方式の弱点を克服した、協調作業空間の視覚化手法について述べた。さらに、協調作業空間が情報管理に対応した階層的なモデルで考えられることを示し、共有作業空間を仮想画面を重ね合わせた、奥行きのある空間として視覚化する方法について述べた。

本手法の特徴を以下にまとめた。

- 共有空間と個人空間がつねに共存可能なので、共有作業と個人作業を円滑に切り替えられる。
- 背景画像として、他のユーザの作業動作や共有情報の更新などへのアウェアネスが確保できる。
- 奥行き感によって共有レベルを空間的に把握できるので、操作上の混乱を防ぐことができる。

また、本手法の有効性について考察するため、評価実験の結果と応用例も紹介した。結論としては、本手法は日常的な協調作業を支援するグループウェアのための、視覚的なユーザインタフェースの基礎技術となりうると考える。

謝辞 本研究を進めまとめるにあたり、有益な助言をいただいた野田純也氏および塚田晃司氏に感謝いたします。

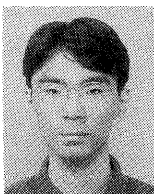
## 参 考 文 献

- 1) Benford, S., Brown, C., Reynard, G. and Greenhalgh, C.: Shared Spaces: Transportation, Artificiality, and Spatiality, *Proc. ACM CSCW '96*, pp.77-85 (1996).
- 2) Gutwin, C. and Greenberg, S.: Effects of Awareness Support on Groupware Usability, *Proc. ACM CHI '98*, pp.511-518 (1998).
- 3) 本田新九郎, 富岡展也, 木村尚亮, 大澤隆治, 岡田謙一, 松下 温: 作業者の集中度に応じた在宅勤務環境の提供—仮想オフィスシステム Valentine, *情報処理学会論文誌*, Vol.39, No.5, pp.1472-1483 (1998).
- 4) Tsukada, K., Ichimura, S. and Okada, K.: A Multi-layered Architecture Suitable for Con-
- current Collaborative Work Environments, *Proc. JWCC '92*, pp.61-68 (1992).
- 5) Mackinlay, J.D., Robertson, G.G. and Card, S.K.: The Perspective Wall: Detail and Context Smoothly Integrated, *Proc. ACM CHI '91*, pp.173-179 (1991).
- 6) Card, S.K., Mackinlay, J.D. and Shneiderman, B.: *Readings in Information Visualization - Using Vision to Think*, Morgan Kaufmann (1999).
- 7) 塩澤秀和, 野田純也, 岡田謙一, 松下 温: 奥行きを利用した3次元協調作業空間, *情報処理学会グループウェア研究会*, 98-GW-29(5), pp.47-52 (1998).
- 8) 塩澤秀和, 野田純也, 岡田謙一, 松下 温: 協調作業のための奥行きのあるウィンドウシステム, *情報処理学会インタラクシオン '99 (インタラクティブセッション)*, pp.49-50 (1998).
- 9) Shiozawa, H., Noda, J., Okada, K. and Matsushita, Y.: Perspective Layered Workspace for Collaborative Work, *Proc. ICPP '99 Workshops (International Workshop on Collaboration and Mobile Computing)*, pp.80-85, IEEE CS Press (1999).
- 10) Shiozawa, H., Okada, K. and Matsushita, Y.: Perspective Layered Visualization of Collaborative Workspaces, *Proc. ACM Group '99* (1999).
- 11) AT&T Laboratories Cambridge: VNC, <http://www.uk.research.att.com/vnc/> (1998).
- 12) Kojima, A.K.: Window Maker, <http://www.windowmaker.org> (1998).
- 13) Lee, A., Girgensohn, A. and Schlueter, K.: NYNEX Portholes: Initial User Reactions and Redesign Implications, *Proc. ACM Group '97*, pp.385-394 (1997).
- 14) Henderson, D.A. and Card, S.K.: Rooms: The use of multiple virtual workspaces to reduce space contention in a window-based graphical user interface, *ACM Trans. Graphics*, Vol.5, No.3, pp.211-243 (1986).
- 15) Roseman, M. and Greenberg, S.: TeemRooms: Network Places for Collaboration, *Proc. ACM CSCW '96*, pp.325-333 (1996).
- 16) Sohlenkamp, M. and Chwelos, G.: Integrating Communication, Cooperation and Awareness: The DIVA Virtual Office Environment, *Proc. ACM CSCW '94* (1994).
- 17) Nomura, T., Hayashi, K., Hazama, T. and Gudmondson, S.: Interlocus: Workspace Configuration Mechanisms for Activity Awareness, *Proc. ACM CSCW '98* (1998).
- 18) Abdel-Wahab, H. and Feit, M.: XTV: A Framework for Sharing X Window Clients

- in Remote Synchronous Collaboration, *Proc. IEEE TriComm '91*, pp.159-167 (1991).
- 19) Bazik, J.: XMX: An X Protocol Multiplexor, <http://www.cs.brown.edu/software/xmx/> (1998).
- 20) Staples, L.: Representation in Virtual Space: Visual Convention in the Graphical User Interface, *Proc. ACM/IFIP INTERCHI '93*, pp.348-354 (1993).
- 21) Leach, G., Al-Qaimari, G., Grieve, M., Jinks, N. and McKay, C.: Elements of a Three-dimensional Graphical User Interface, *Proc. IFIP INTERACT '97* (1997).
- 22) Card, S.K., Robertson, G.G. and York, W.: The WebBook and the Web Forager: An Information Workspace for the World-Wide Web, *Proc. ACM CHI '96*, pp.111-117 (1996).
- 23) Shneiderman, B.: *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer-Interaction*, Addison Wesley (1998).
- 24) 塩澤秀和, 西山晴彦, 松下 温: 「納豆ビュー」の対話的な情報視覚化における位置づけ, 情報処理学会論文誌, Vol.38, No.11, pp.2331-2342 (1997).
- 25) Ishii, H. and Arita, K.: ClearFace: Translucent Multiuser Interface for TeamWorkStation, *Proc. ECSCW '91*, pp.25-27 (1991).
- 26) Beaudouin-Lafon, M. and Karsenty, A.: Transparency and Awareness in a Real-Time Groupware System, *Proc. ACM UIST '92*, pp.171-180 (1992).

(平成 11 年 4 月 5 日受付)

(平成 11 年 10 月 7 日採録)



塩澤 秀和 (正会員)

1971 年生。1994 年慶應義塾大学理工学部計測工学科卒業。1996 年同大学大学院理工学研究科計測工学専攻修士課程修了。現在、同専攻後期博士課程に在学中。情報視覚化、グループウェア、ヒューマンインタフェース、ネットワークアプリケーション等に興味を持つ。



岡田 謙一 (正会員)

1951 年生。1978 年慶應義塾大学大学院博士課程所定単位取得退学。同年同大学工学部計測工学科助手。現在、同大学理工学部情報工学科助教授。1990~91 年アーヘン工科大学客員研究員。工学博士。現在、グループウェア研究会主査、論文誌編集副査、モバイルコンピューティング研究会委員、電子情報通信学会文誌編集委員、CSCW '98, ICPP '99, SAINT2001 プログラム副委員長。グループウェア、ヒューマンインタフェース等に興味を持つ。共著「コラボレーションとコミュニケーション」(共立出版)等。1995 年度論文賞。電子情報通信学会、人工知能学会、IEEE、ACM 各会員。



松下 温 (正会員)

1939 年生。1963 年慶應義塾大学工学部電気工学科卒業。1968 年イリノイ大学大学院コンピュータサイエンス学科修了。1989 年慶應義塾大学理工学部計測工学科教授。1996 年より兼情報工学科教授。工学博士。現在、本学会副会長および ITS 研究会主査。マルチメディア通信・処理に関するコンピュータネットワーク、分散処理等の研究に従事。学会誌編集担当理事、グループウェア研究会主査、電子情報通信学会情報ネットワーク研究会委員長、VR 学会仮想都市研究会委員長等歴任。「やさしい LAN の知識」(オーム社)等著書多数。1993 年度ベストオーサー賞、1995 年度論文賞。電子情報通信学会、人工知能学会、ファジィ学会、IEEE、ACM 各会員。