

解説



グループウェアの実現に向けて

4. リアルタイムグループウェアのデザイン†

石井 裕†

1. はじめに

CSCW (Computer-Supported Cooperative Work) に対する関心が急速に高まってきている^{1)~5)}。CSCW はコンピュータを用いた人間の協調活動支援に関する新しい学際的研究分野であり、組織的文脈における協調活動という視点から人間の知的生産活動とそのコンピュータ支援のあり方をとらえ直そうとしている。

コンピュータをベースとした協調活動支援システムの総称としてグループウェアがよく使われる^{6)~13)}。グループウェアの中では、電子メールをインフラとした非同期 (Store & Forward) 型の製品が今マーケットで大きな注目を集めている。クロスプラットフォームで利用できる電子メール環境の整備がスケジュール管理やワークフロー (work flow) をはじめとする新しい非同期タイプのグループウェアアプリケーションの開発を加速している¹⁴⁾。

一方リアルタイム系のグループウェアはこれからが本番である。パソコン/ワークステーションの処理能力向上とマルチメディア化、そして通信のバンド幅の拡大によりその応用が少しずつ見えてきた。しかし技術的にもヒューマンインタフェースの観点からも、多くの新しい研究課題がその前に横たわっている。

リアルタイムで行われるグループワークの最も馴染み深い形態は会議 (face-to-face meeting) である。一堂に会して互いの顔を見ながら行う会議、そこで交わされる情報とそれに対する操作をいかに電子的に支援するのか、さらには距離の制約を超えていかに設計打合せや意思決定のプロセスを

支援するかが大きな研究課題である。

本稿では電子会議室、共用ウィンドウシステム、画面共用システム、グループエディタ、映像系協同作業支援システムなどの実例をあげながらリアルタイムグループウェアの研究動向について紹介する。

2. 対面会議のコンピュータ支援：電子会議室

最新のコンピュータ技術を用いて会議室自体を知的生産の場に改造するアプローチが、電子会議室タイプのグループウェアである。OHP を使用した会議においては、講演者は図面の一部を指さしたり、ペンで書込みをしたりできるが、それ以外の参加者は自分の座っている場所からは直接図面にアクセスできない。この制約を乗り越え、グループメンバ全員が自由にアクセスできる協同作業空間を会議室内に提供するのがねらいである。

このタイプの先駆的研究システム例としては、Xerox PARC の Colab^{15),16)} やそれに続く EDS の CaptureLab¹⁷⁾ があげられる。これらのシステムは各会議参加者のためのワークステーションと壁面サイズの“電子黒板” (大型共用スクリーン) を提供する。各参加者は従来の顔を見ながらの会話に加え、ネットワークで結合されたコンピュータ (各ユーザ用+電子黒板用) を介してプレゼンテーションや情報の協同編集を行うことができる。電子会議室はブレイクストーミングやグループ意思決定、協同文書編集などによく利用される。これらの会議室の設計においては、テーブルの形状、コンピュータスクリーンの配置、室内の照明などに対する人間工学的な配慮も大切である。

システム例

Colab は Xerox PARC で設計・開発された2ないし6人程度の小グループのための実験的電子

† Design of Realtime Groupware by Hiroshi ISHII (NTT Human Interface Laboratories).

‡ NTT ヒューマンインタフェース研究所

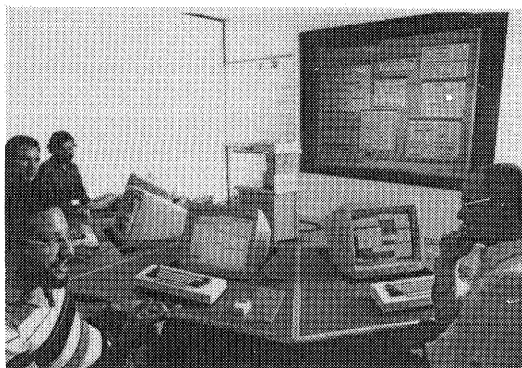


図-1 Colab の会議風景 (写真提供: Xerox PARC)

会議室である。図-1に示すように、各会議参加者はワークステーションを自分の机の上で使用できる。これらのワークステーションは分散データベースをサポートするローカルエリアネットワーク (Ethernet) により結合されている。また「ライブボード*」と呼ぶタッチセンシティブな大型電子黒板を備え、参加者全員が自分のワークステーションからアクセスできる。Colab ではテレライティングやテレポインティング、ブレンストレーミングなどを可能とするマルチユーザアプリケーションを提供している。

CaptureLab は各参加者の机の前に埋め込まれた Macintosh II コンピュータと大型の電子黒板 (共用 Macintosh のスクリーンをリアプロジェクタで投影) とから構成されている。本システムはコンピュータ共用方式を採用している。Macintosh のキーボードに付いているパワーオンキーを改造し、このキーを押すことにより個人用 Macintosh につながっている入力デバイス (キーボードとマウス) が共用 Macintosh に接続替えられ、電子黒板上の情報を自由に操作することができる。個人用 Macintosh で作成したデータをクリップボードにコピーしてからこの改造パワーキーを押して電子黒板上にそのデータをペーストすることにより、情報を個人用マシンから電子黒板の共用マシンへ転送することもできる。共用 Macintosh への入力は一時に一人しか行えないという制約はあるが、制御権の移行は基本的には参加者同士の会話によるインフォーマルなプロトコルで対処しており、特別の制御機構をハードウェア

ソフトウェアとしては設けてはいない。

CaptureLab では、心理学者らによる会議プロセスの分析的研究のために、立派な AV 装置を備えた観察室を電子会議室に隣接して設置している。Mantei らはこの観察室を利用して、参加者の席の配置とパワーシートとの関係、参加者の視野、ワークステーション間の情報交換のプロトコルなどについて研究を行った¹⁷⁾。

このほかに MCC で試作された NICK¹⁸⁾、ICL の The Pod, University of Arizona¹⁹⁾ や University of Minnesota において進められている電子会議室環境におけるグループ意思決定支援システム (GDSS: Group Decision Support System) の研究が有名である²⁰⁾。東京理科大学で試作された「パイステーション」も簡易型の電子会議室システムとして参考になる²¹⁾。

会議室にコンピュータを持ち込むと、会議は変質する。従来の周知や調整中心の会議から、情報の協同操作による知的創造の場にも変わり得るし、また参加者がそれぞれのコンピュータ操作に熱中して会議にならないという危険性もある。声で発言する代わりに、協同作業空間にその場で書き込み記録することにより、発言のスピードは少し落ちてても、発言内容が全員にいつでも見えてかつ編集できることにより、グループ全体としての作業の生産性の向上が期待できる。しかし同時に従来の会議における発言権の交替 (turn taking) と同様に、協同編集における操作権の交替など、メンバ全員が了解すべき新たな社会的プロトコルの確立も必要になる。

電子会議室の成功の鍵は、コンピュータ環境とそのヒューマンインタフェースの良し悪しだけでなく、会議のやり方自体を従来の周知・調整型から知的協同生産型へと転換できるかどうかというユーザの意識変革にあるといえる²⁰⁾。

3. シングルユーザアプリケーションからグループウェアへ

会議においてわれわれは多様な情報の操作を行う。この情報操作のために使い慣れた個人用のコンピュータアプリケーションをグループワークにもそのまま、あるいは改造して使いたいというニーズは強い。このようなコンピュータ支援は一

* 現在 Xerox 社が商品化中のライブボードとは技術的には別物である。

カ所で行う電子会議環境であっても、ネットワークを介した分散会議環境においても有効である。

グループでコンピュータの中に記憶された情報の直接的共有とリアルタイム編集を行うためには、二つの方法がある。一つは既存のシングルユーザ用アプリケーションプログラムを流用する方法、もう一つはグループによる同時利用を前提にはじめからマルチユーザアプリケーションプログラムとして開発する方法である。前者のアプローチを支援するのが**共用ウィンドウシステム**や**画面共用ソフトウェア**である。後者のアプローチが専用マルチユーザアプリケーションの開発である。本章ではこれらのアプローチにつき紹介する。

3.1 共用ウィンドウシステムと画面共用ソフトウェア

あるタスクのために専用マルチユーザアプリケーションプログラムをゼロから新しく作るには相当な工数がかかる。またユーザは新しいマルチユーザアプリケーションの使い方を習得する必要が発生する。これらの問題を避け、既存の個人用ソフトウェアを協同作業において活用するのが**共用ウィンドウシステム**と**画面共用ソフトウェア**である。

これらのアプローチはその汎用性の高さから、既存アプリケーションのグループ利用における現実的な解として、今後広く利用されると思われる。

(1) 共用ウィンドウシステム (Shared Window System)

共用ウィンドウシステムは、共用ウィンドウ内で走行する個人用アプリケーションプログラムを複数のユーザが同時に使用することを可能にする。ただし元来一人用に作られたアプリケーションをグループワークに利用するため、同一情報の同時変更操作による混乱をさけるためには、なんらかのフロアコントロール（入力操作権の移行制御）が必要となる。

共用ウィンドウシステムには次の表に示すように、**集中型/複製分散型**の二つのアーキテクチャがある^{22), 23)}。ここで会議制御プログラムの役割は、(1)それぞれのユーザからの入力ストリームを一本化してアプリケーションプログラムに渡すことと、(2)アプリケーションプログラムからの出力ストリームをそれぞれのウィンドウシステム

に分配することである。

集中型アーキテクチャでは、共用されているアプリケーションプログラムと会議制御プログラムの実体はそれぞれ一つしか存在しない。すべてのユーザからの入力の一つの会議制御プログラムにより集約されて一つのアプリケーションプログラムに送り込まれ、その出力はすべてのウィンドウシステムに対して同報される。

一方分散複製型アーキテクチャでは、アプリケーションプログラムと会議制御プログラムのコピーがそれぞれのワークステーション上で走行している。あるユーザからの入力はすべてのユーザのアプリケーションプログラムへ同報されるが、それぞれのアプリケーションプログラムの出力はローカルなウィンドウシステムにしか送られない。

両方式の性能や同期制御の複雑さなどの観点からの比較を表-1に示す。集中型の例としてはXMX, XTV, SharedX などあり、分散複製型の例としてはVConf²²⁾, Dialogo²⁴⁾, MMConf²⁵⁾などがあげられる。

今後ウィンドウ管理システムの標準機能としてこの共用ウィンドウ機能が普及することにより、電話と併用しながらの**共用ウィンドウ環境**における既存アプリケーションのリアルタイムグループ利用が広まると予想される。

(2) 画面共用ソフトウェア (Screen Sharing Software)

コンピュータを利用した最も単純な協同作業形態は一台のコンピュータの前に集まり、そのコンピュータを共用することである。このコンピュータ共用を、ネットワークを介して仮想的に行えるようにするのが**画面共用ソフトウェア**である。

本ソフトウェアにより相手の背中越しにコンピュータスクリーンを覗き込むように、遠隔地からスクリーンイメージをモニタし、さらに相手からマウスとキーボードの制御権を譲り受け、直接相手のコンピュータを自分のキーボードやマウスから操作することが可能になる。ここで a)相手のスクリーンを見るだけのモードと、b)実際に自分の入力デバイスを用いて相手のコンピュータの操作をするモードとは、共用のレベルが異なり、それぞれのレベルについて相手の許可を得る必要がある。「画面共用ソフトウェア」の名前はモー

表-1 共用ウィンドウシステムにおけるアプリケーション共用方式：集中型と分散複製型アーキテクチャ

方式	アーキテクチャ	長所	短所
集中型 アーキテクチャ	ワークステーションA ワークステーションB 	一つのアプリケーションプログラムの実行結果が各ワークステーションに同報されるため、アプリケーション間の同期制御が容易である。	すべてのワークステーションにあらゆる実行結果が同報されるため、ネットワークトラフィックが増え、性能低下につながる。
分散複製型 アーキテクチャ	ワークステーションA ワークステーションB 	各ユーザからの入力指示のみがワークステーション間でやりとりされるため、ネットワークトラフィックが小さく、またそれぞれのアプリケーションプログラムから実行結果を受け取れるため、応答時間が短い。	同じ処理の指示がそれぞれのワークステーションにおいて同一順に処理される必要があるため、同期制御が複雑になる。

ド a)に由来しているが、むしろこの種のソフトウェアの重要性は、スクリーンを共用する(見る)だけでなく、コンピュータ自体を共有することにある。ただし相手のコンピュータを直接操作することは一台のコンピュータの共用にほかならないため、相手のファイルに損害を与えることも可能であり、互いの信頼関係が不可欠である。

画面共用ソフトウェアとしては、Farallon 社の Timbuktu や Meridian Technology 社の Carbon Copy Plus などの商品が有名である。これらのソフトウェアは、コンピュータ共用のほかにファイル転送などの付加機能も提供されている。

3.2 専用マルチユーザアプリケーション

共用スクリーンシステムや画面共有ソフトウェアを用いての既存の個人用アプリケーションの「流用」ではおのずと限界がある。一時に一人しか実質的な編集の制御権を取れないなどの制約が、自然でダイナミックなグループワークの流れを疎外する要因になる。

グループによる共有情報のリアルタイム並行操作が本質的に必要なアプリケーション(たとえばブレインストーミング支援)であるならば専用マルチユーザアプリケーションプログラムの開発を検討する必要がある。このタイプのソフトウェアは、複数ユーザが同時に利用することを意識して(collaboration-aware と呼ぶ²⁶⁾)作られており、個々のユーザを識別してきめ細かいアクセス制御を行う。性能や使い勝手に大きく影響するデータ編集時のアクセス制御の単位(たとえば単語、パ

ラグラフ、カード)と画面の同期が、設計のポイントになる。ブレインストーミングや協同文書編集、協同図形編集など多様なアプリケーションが研究開発されており、マーケットにも Aspects (Group Technologies) をはじめいくつかの製品が出ている。

マルチユーザアプリケーションはマルチカーソル制御やアクセス制御など、従来のオペレーティングシステムではサポートされていない基本機能を必要としている。そのため開発者用ツールキットやライブラリの整備も今後の課題である。

● マルチプレイヤシューティングゲーム:

MazeWars™ (MacroMind)

グループウェアといってもビジネス用アプリケーションばかりではない。筆者の好きな分かりやすいグループウェアの例として、図-2に

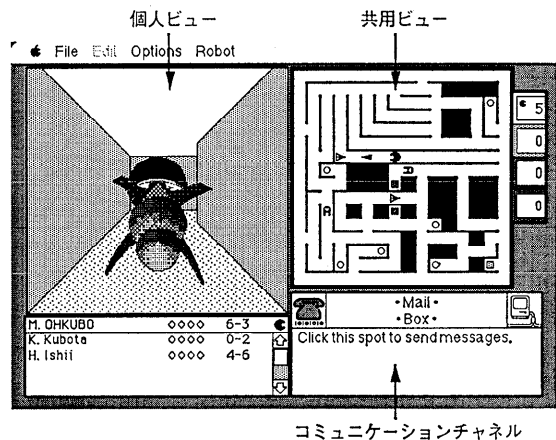


図-2 MazeWars の画面例

MacroMind 社のマルチプレイヤーゲーム Maze Wars™ の画面を示す。このゲームは LAN で結合された Macintosh ネットワークにおいて複数のプレイヤーが参加して4層の迷路の中で行うシューティングゲームである。画面は各プレイヤーの個人ビュー（迷路の中での自分の前方の三次元ビュー）と共有ビュー（戦場である迷路の平面図）、プレイヤー同士の通信を行うためのウィンドウ、および得点表示ウィンドウから構成されている。

各プレイヤーの動きは LAN を介して全プレイヤーに同報され各プレイヤーの共有ビューを更新するとともに、もしだれかと「目視」できる距離に近づくとも個人ビューにも相手の姿が現れる。またプレイ中にうたれると右下の通信ウィンドウを介してキーボードから相手にメッセージ（例：「よくもやったな、今にみている！」）を送りつけることもできる。

● グループ用ブレインストーミングソフトウェア：Cognoter (Xerox PARC)

Cognoter はブレインストーミングモデルに基づき、グループによるアイデア生成、構造化、文章化を支援する専用マルチユーザアプリケーションプログラムであり、電子会議室 Colab の環境下において使用された²⁷⁾。Cognoter はコンピュータによるグループの知的生産活動支援の新しい可能性を示す試みとして注目される。

Cognoter は以下のような会議室における協同作業のプロセスを、分散したワークステーション上で支援するものである。

プロセス：まずグループメンバーがそれぞれ思いついたキーワードをポストイットに書いては壁に貼ってゆく。それを全員でながめながら空間配置を変えたり、複数の紙片をまとめて一つの紙片に集約したり、さらに関係の強い紙片の間にリンク（矢印）をはったりする操作を協同で進めることにより、アイデアの構造化を進める。

LAN で接続されたワークステーション上ではメンバーは同じ Cognoter のウィンドウを見ながら同時にアイデアの編集操作を行う。個々のアイデアのアイテムごとにアクセス制御が行われ、だれかがそれを編集中はビジーシグナル（文字にグレーのシェードがかかる）により、そのことがほかのメンバーに分かるように工夫されている。Cognoter ではネットワーク状に整理された情報

を木構造に変換し、中下流工程のツールであるアウトラインプロセッサやワードプロセッサなどのツールに情報を渡す機能も提供されている。

Cognoter のようなツールはオフィスにおけるアイデア生成にとどまらず、ソフトウェア生産の上流工程（要求仕様定義）、知識工学の上流工程（知識獲得）などに広く適用できる知的生産性支援の手段として今後の研究開発が期待される。日本でも KJ 法をベースにこの種のグループウェアを作る試みがあり注目される²⁸⁾。

● グループ用アウトラインエディタ：GROVE (MCC)

GROVE は GGroup Outline Viewing Editor の略称で、MCC の C. Ellis, S. Gibbs らのチームにより開発された実験用のグループウェアである。GROVE はグループにより同時にアウトライン編集を行うために設計されたエディタで、SUN ワークステーションの X-Window 上に実現されている⁷⁾。

GROVE は (1) private view (個人用)、(2) shared view (サブグループ用)、(3) public view (全員が共有) の三つのアウトラインビューをユーザに提供している。さらにだれが GROVE を現在利用しているかをウィンドウの下にユーザの顔写真で表示する。GROVE の特徴の一つはきわめて細かいレベル（キーストロークレベル）の並行編集機能を提供していることにある。複数のユーザが同時にタイプしてもすぐに互いの編集の結果を画面上で確認することができる。

● グループ用スケッチパッド：TeamPaint (NTT)

筆者らは後述する協同描画メディア Clear Board-2 の実現のために、グループで利用できる「スケッチパッド」的なソフトウェアとして、“TeamPaint” (チームペイント) を実現した。同じホワイトボードを前にして二～三人で図を描きながら打合せを行うような作業環境を、分散した Macintosh ネットワークにおいて提供するのが TeamPaint の狙いで、電話やテレビ電話などのコミュニケーションメディアと同時に利用することを想定している。図-3 にその画面例を示す。TeamPaint はグループで同時に利用するビットマップ方式のペイントエディタで、描画結果の保存と再編集、他プログラムで作成された図表の読

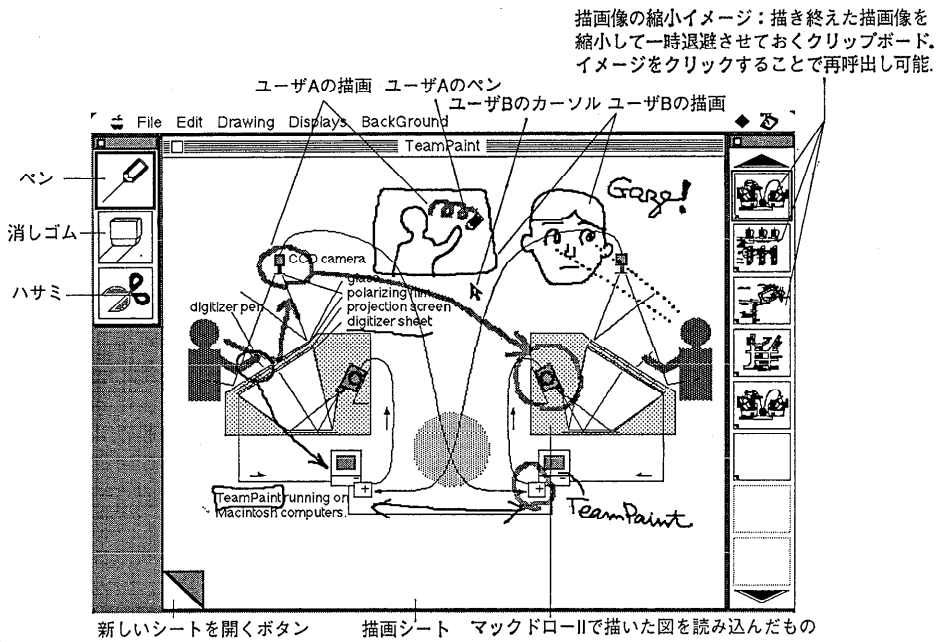


図-3 TeamPaint の画面例

込みが可能である。

各ユーザはそれぞれの Macintosh の画面上で同一の描画イメージを見ることが出来る。あらゆる描画やマウスカーソルによるジェスチャはネットワークを介して瞬時にほかのコンピュータに伝えられ、全員が同じイメージを共有できる。これはリアルタイムグループウェアのユーザインタフェース設計の基本原則 WYSIWIS (What You See Is What I See) に基づいている¹⁶⁾。

TeamPaint の特徴は「スケッチパッド」をメタファとしたシンプルで直感的なヒューマンインタフェースにある。各ユーザのポインティングや描画操作にともなうカーソルの動きを全メンバに常時伝えることにより、お互いが今何をしているかが伝わりやすくなっている*。

また TeamPaint はマルチレイヤ構造に基づいて設計されており、各ユーザはそれぞれ自分のレイヤにのみ書込みと編集が可能のため、複雑なアクセス制御を不要としている。またそれぞれのレ

イヤに各自が同時並行的に描画を行えるため、フロア制御もない。そのためきわめて自然に協同描画を行うことができる。TeamPaint は分散複製型アーキテクチャに基づくグループウェアであり、サーバを必要とはしない。

本節で紹介した共用ウィンドウシステムと画面共用ソフトウェア、および専用マルチユーザアプリケーションとともに、電話による音声通信、あるいはテレビ電話による映像通信と組み合わせるはじめて実務において利用可能になる。共用ソフトウェアの入力制御権の授受 (turn taking) や共用文書・図面の変更に関するきめ細かいコーディネーションには音声による会話が不可欠である。

音声、映像、データを統一的に送ることのできる INS ネット 64 や 1500 を通信インフラとし、これらのリアルタイムグループウェアを音声/映像通信とうまく組み合わせることにより、ソフトウェア開発における遠隔デバッグコンサルティングなどの生産性向上が期待される。

またこれらのリアルタイムグループウェアは、今後普及するであろうワークステーションをベースとしたデスクトップビデオ会議システムの上で、テレビ電話ウィンドウとともに利用される必

* この例のように、相手の状況を把握できることを「アウェアネス (awareness)」と呼んでいる。もともとは Xerox PARC の Media Space プロジェクトにおいて Stults らが、相手と隣にコミュニケーションをしていなくても相手が在席しているか、取り込み中かどうかなどの状況を把握できることの重要性を主張し、“social awareness” と呼んだのがはじまり。アウェアネスは円滑な協同作業を支える基盤として注目されている。

須機能となる。

4. ビデオ通信によるリアルタイム協同作業空間の実現

90年代に入ってビデオ通信をベースとした遠隔リアルタイム型のグループウェアが相次いで発表されている。ビデオのもつ表現力を活かして、通常の狭帯域のコンピュータ通信では達成困難な豊かなコミュニケーションチャネルを提供することができる。映像を活かした協同作業環境としては Xerox PARC の Media Space, NEC の MERMAID^{12), 29)}, NTT の PMTC³⁰⁾, ベルコアの CRUISER³¹⁾や VideoWindow³²⁾, トロント大学の CAVECAT³³⁾などがある。しかしこれらのシステムにおいて、映像は基本的には話相手の顔を見るテレビ電話的な使い方とどまっており、協同作業空間は前節で紹介したグループエディタや共用ウィンドウシステムなどのコンピュータソフトとして提供されていた。

これに対して Xerox PARC の VideoDraw³⁴⁾, 筆者らの開発した TeamWorkStation³⁵⁾ および ClearBoard-1^{36), 37)}は、協同作業空間自体を映像により作り出す新しいタイプのグループウェアである。

VideoDraw (Xerox PARC)

VideoDraw は Xerox PARC において、人々の協同描画行動の分析に基づいて設計された新しいタイプの映像型のグループウェアであり、ハンドジェスチャの有用性、描画プロセスの共有の重要性、同時並行的な描画の重要性などを明らかにした先駆的な研究である。VideoDraw システムは図-4に示すように、相手の描画を映し出すテレビモニタの上に直接カラーマーカーで描き込みを行い、その描き込みの映像を上部のカメラでとらえて相手の画面に表示するという構成をとっている。相手の顔映像は別のモニタに表示され、机越しに座っているかのように相手の顔を見ながら話ができ、同時に隣り同士に座っているかのように上下逆にならずに同じ方向で描画情報を共有することができる。モニタに表示された映像を上部のカメラが撮影することにより起こるビデオループを防ぐために、偏光フィルムを利用している。

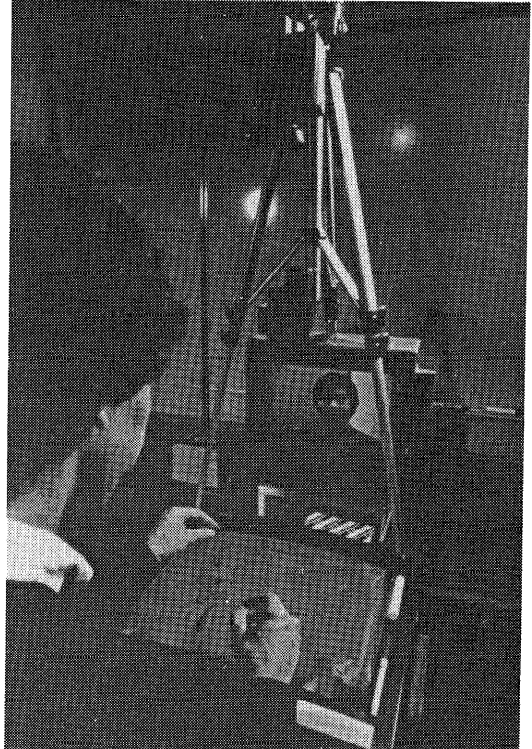


図-4 VideoDraw の使用風景 (写真提供: Xerox PARC)

TeamWorkStation (NTT)

従来のグループウェアにおける最大の問題点はクリティカルマスの壁*であり、その最大の原因は個人作業において使い慣れたツールとの不連続性にあった³⁸⁾。個人ワークのスタイルを大きく変更することなく協同作業を行える「シームレス** (縫目がない)」なリアルタイム協同作業空間の実現をねらって筆者らは TeamWorkStation を設計・実装した^{35), 39), 40)}。クリティカルマスの壁を越え、導入の際の認知的負荷を軽減するためには、それぞれのグループメンバが自分の好きな個人ワーク用ツール（たとえばワープロや鉛筆と紙）を協同作業空間でもそのまま使える柔軟性が必要である。

TeamWorkStation はビデオオーバレイ技術とビデオ通信制御技術を核に、Macintosh™ コンピュータ上に実現された。論理的に連続した個人用

* グループワークに新しいシステムを使用してもらうためには、一定の数のグループ構成メンバ（たとえばリーダーを含む9割の人）の賛同を得る必要がある。これがグループウェア導入において乗り越えなければならないクリティカルマスの障壁である。

** シームレスという言葉はパーソナルツール/グループウェアの間の連続性の意味ではじめて用いたのは Xerox PARC の Mark Stefik である。シームに関するより一般的な議論については参考文献39)を参照されたい。



図-5 TeamWorkStationの外観（左が個人用画面，右が共用画面）
© 1993 NTT Human Interface Laboratories

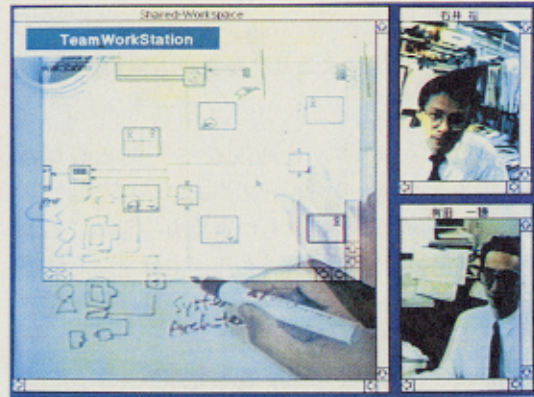


図-6 共用画面の例（ドローエディタと手書きを混在させた協同設計の画面例）
© 1993 NTT Human Interface Laboratories



図-7 ClearBoard-2を用いた協同設計セッション
© 1993 NTT Human Interface Laboratories



画面と共用画面を備え、両者の間でアプリケーションウィンドウを移動することによりコンピュータ内の文書やプログラムを共用することが可能である。さらに机の上のライトスタンドに取り付けられた CCD カメラで捉えた紙や、雑誌、手書きの画像、そしてリアルタイムのジェスチャも遠隔地のユーザと合成して共用することができる。図-5 にその外観を、図-6 に共用画面例を示す。従来はまったく別世界であったコンピュータツールとマニュアルツールとをはじめて混在して同時利用可能にしたことが TeamWorkStation の大きな特徴である。

各ユーザは自分の慣れ親しんだツール（たとえば作図ソフトやメモ用紙）をそのまま協同作業にも利用できるため、新しいツールの操作を覚える必要はなく、個人作業とグループワークの間をスムーズに（小さな認知的負荷で）行ったり来たりで

きる。また自分の手で直接相手の提示する文書のある箇所を自分の指でさし示したり、ハンドジェスチャを自由に使えるため、自然なコミュニケーションが可能である。

ClearBoard (NTT)

TeamWorkStation や MERMAID, PMTC などに代表される従来のデスクトップビデオ会議システムでは、協同作業空間と顔映像が画面上の別々のウィンドウに表示されており、その間に不自然なシーム（不連続面）があった。会議室におけるホワイトボードの利用行動パターンを観察分析すると、話しながらのホワイトボード上での協同描画と相手の顔を見ながらの会話の二つのモードを頻繁に行ったり来たりしていることが分かる。その二つのモードの間の遷移においては発話のほかに、アイコンタクト、頭の回転、ジェスチャなどの多様な非言語的（ノンバーバル）な情報を無意

識のうちに利用している。しかしながらマルチウィンドウ表示を用いて協同作業空間と相手の顔映像を別々のウィンドウに表示する従来の方式では、この多様な非言語情報をユーザがうまく読み取り、利用することができなかった。そのため二つのモードの間の遷移はぎこちなくなり、それが協同描画の自然な流れの妨げになっていた。

この会話空間と協同作業空間の間のシームを取り除き、全体を連続した一つの空間として統合するため、筆者らは「大きなガラス板をはさんで互いの顔を見ながら会話をし、ガラス板の両側から描画を行う」という新しいコンセプトを考案した。ClearBoard という名前はこのコンセプトに由来している。ClearBoard は視線一致が可能な等身大のテレビ電話機能と画面に直接カラーマーカーや電子ペンで描画できるグループウェア機能の両方を兼ね備えている。描画結果だけではなく描画を行う相手のジェスチャも連続した映像として伝わる。ただしガラス板の向こうにいる相手の描画は水森亜土さんが描くように、左右がこちらから正しく見えるのがミソである。

最初のプロトタイプ ClearBoard-1 はカラーマーカーによるビデオ描画を支援するシステムで、ハーフミラー、偏光板、スクリーン、カメラ、液晶プロジェクタより構成される。端末上部にあるカメラはユーザの上半身像とハーフミラー上の描画像を一つの連続した映像として撮影し、ビデオネットワークを介して相手の端末に送る。送られた映像は左右反転されて見えるように液晶プロジェクタにより投影される。このため相手の映像は左右反転して（右利きの人は左利きに）見えるが、描画像（文字や地図）は正しい方向で見ることができる。偏光板はビデオループを防ぐ目的で、スクリーン表面とカメラのレンズの前にそれぞれ軸が直行するように付加されている³⁶⁾。

この ClearBoard-1 のプロトタイプを用いてインフォーマルな協同描画や協同問題解決の実験を行った。その結果、ClearBoard のもつ特徴として、相手が自分を見ているかどうか（視線一致）だけでなく、画面上のどこを相手が見ているかも分かるという新しい効用を発見した。この効用をわれわれは「ゲーズアウェアネス (gaze awareness)」と呼んでいる。ふだんの会話においてわれわれは無意識のうちに相手の視線情報を利用しな

がらコミュニケーションしている。たとえば打合せ中に相手が腕時計をちらっと見たとすると、それは相手が打合せを早く切り上げたがっているサインと解釈することができる。また何かを説明しているとき相手がちゃんと聞いているか、理解しているかを測るためにわれわれは相手の視線情報を無意識のうちに利用している。ClearBoard は遠隔協同作業においてこの相手の視線を読むことを初めて可能にしたグループウェアである。

ClearBoard-1 はカラーマーカーによるガラス板表面へ直接描画する方式をとっており、相手の描画結果はビデオ映像として見える。このビデオ描画方式からくる問題として、細かい描画が困難、描画結果の記録と再利用が困難、描画の消去が複雑、コンピュータで作成された図面を利用できないなどの問題があった。これらの問題を解決するため、筆者らはビデオ描画をコンピュータ描画に置き換えた新しいシステム ClearBoard-2 を実現した。コンピュータ描画機能としては、先に紹介したグループペイントエディタ TeamPaint を利用し、透明ディジタイザと電子ペンの利用によりアイコンタクトやゲーズアウェアネスなどの効用を保ったまま、協同描画結果の記録と再利用、ほかのアプリケーションで作成した図面などの利用を可能にし、その実用性を大きく高めることに成功した³⁷⁾。図-7 に ClearBoard-2 の使用風景を示す。

5. おわりに

CSCW の観点からみたコンピュータシステムの役目は、人と人のインタラクションを媒介する「メディア」である。これからのコンピュータ環境は人と人の間の自然でダイナミックな対話を促進するためのメディアを指向すると考える。そしてこの新しいメディアは徐々に人々のインタラクションのやり方を変質させ、それがいつかまたコンピュータシステムの設計にフィードバックされる。この技術と人間の相互作用を読むことがこれからのグループウェア設計の大切な視点であると考える。

本稿では限られた紙面の中で、リアルタイム系のグループウェアの実現方式とシステム例について述べてきた。コンピュータは数値処理マシンとして誕生し、記号処理マシン/知識処理マシンへと発展した。次世代のコンピュータは人々が複雑

な仕事を複雑な組織の文脈の中で時間と距離を越えて協力しながら遂行する能力を向上させてくれる「コラボレーションメディア」へと発展する。したがって、CSCWの研究は未来のコンピュータメディアのあり方を考える上で非常に重要な研究分野だといえることができる。本特集をきっかけに工学系だけでなく、社会科学系の研究者の方々もこの新しい学際的研究分野に興味をもっていたければ幸いである*。

謝辞 Xerox PARCにおける研究成果の貴重な写真を提供くださった Sara Bly, Mark Stefik, Steve Harrison の各氏に感謝する。また NTT における ClearBoard の設計と実装に貢献した小林研究員、ならびに TeamWorkStation の開発に貢献した有田研究主任に感謝する。

参考文献

- 1) Greif, I. (Ed.): Computer-Supported Cooperative Work: A Book of Readings, Morgan Kaufmann, San Mateo, Calif. (1988).
- 2) Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work, Los Angeles, October, 1990, ACM SIGCHI & SIGOIS, ISBN 0-89791-402-3.
- 3) Proceedings of the Conference on Computer-Supported Cooperative Work, Toronto, November, 1992, ACM SIGCHI & SIGOIS, ISBN 0-89791-542-9.
- 4) Galegher, J., Kraut, R. and Egido, C.: Intellectual Teamwork, Lawrence Erlbaum Associates, Inc. (1990).
- 5) Baecker, R. (Ed.): Readings in Groupware and Computer-Supported Cooperative Work, Morgan Kaufmann, San Mateo (1993).
- 6) Johansen, R.: GROUPWARE, The Free Press, New York (1988).
- 7) Ellis, C. A., Gibbs, S. J. and Rein, G. L.: Groupware: Some Issues and Experiences, Communications of the ACM, Vol. 34, No. 1, pp. 38-58 (Jan. 1991).
- 8) 石井 裕: グループウェア技術の研究動向, 情報処理, Vol. 30, No. 12, pp. 1502-1508 (Dec. 1989).
- 9) 石井 裕: グループウェアのデザイン: 構造的アプローチと非構造的アプローチ, bit, Vol. 23, No. 3, pp. 273-283, 共立出版 (Mar. 1991).
- 10) 石井 裕: コンピュータを用いたグループワーク支援の研究動向, コンピュータソフトウェア, Vol. 8, No. 2, pp. 14-26, ソフトウェア科学会 (Mar. 1991).
- 11) 松下 温編: グループウェア入門, オーム社 (1991).
- 12) 阪田史郎: グループウェアの実現技術, SRC (1992).
- 13) 西垣 通編: 組織とグループウェア, NTT 出版 (1992).
- 14) 川上潤司: グループウェア最新動向: ワーク・フロー管理が仕事を変える, 組織を変える, 日経コンピュータ, 21, pp. 56-75. (Sep. 1992).
- 15) Stefik, M., Foster, G., Bobrow, D. G., Kahn, K., Lanning, S. and Suchman, L.: Beyond the Chalkboard: Computer Support for Collaboration and Problem Solving in Meetings, Communications of the ACM, Vol. 30, No. 1, pp. 32-47 (Jan. 1987).
- 16) Stefik, M., Bobrow, D. G., Foster, G., Lanning, S. and Tatar, D.: WYSIWIS Revised: Early Experiences with Multiuser Interfaces, ACM Transactions on Office Information Systems, Vol. 5, No. 2, pp. 147-167 (Apr. 1987).
- 17) Mantei, M.: Capturing the Capture Concepts: A Case Study in the Design of Computer-Supported Meeting Environments, Proceedings of CSCW '88, Portland, Oregon, 1988, ACM SIGCHI and SIGOIS, pp. 257-270.
- 18) Cook, P., Ellis, C., Graf, M., Rein, G. and Smith, T.: Project Nick: Meetings Augmentation and Analysis, ACM Transactions on Office Information Systems, Vol. 5, No. 2, pp. 132-146 (Apr. 1987).
- 19) Vogel, D. R., Nunamaker, J. F. Jr., George, J. F. and Dennis, A. R.: Group Decision Support Systems: Evolution and Status at the University of Arizona, Organizational Decision Support Systems, Elsevier Science Publishers B. V. (North-Holland), pp. 287-304 (1988).
- 20) Kraemer, K. L. and King, J. L.: Computer-Based Systems for Cooperative Work and Group Decision Making, ACM Computing Surveys, Vol. 20, No. 2, pp. 115-146 (June 1988).
- 21) 溝口文雄, 児西清義: チームの知的生産技術 グループウェア入門, ブルーバックス, 講談社 (Aug. 1992).
- 22) Lantz, K. A.: An Experiment in Integrated Multimedia Conferencing, Proceedings, of CSCW '86 Austin, pp. 267-275 (1986).
- 23) Ahuja, S. R., Ensor, J. R. and Lucco, S. E.: A Comparison of Application Sharing Mechanisms in Real-Time Desktop Conferencing Systems, Proceedings of COIS '90, pp. 238-248 (Apr. 1990).
- 24) Lauwers, J. C., Joseph, T. A., Lantz, K. A. and Romanow, A. L.: Replicated Architectures for Shared Window Systems: A Critique, Proceedings of COIS '90, pp. 249-260 (Apr. 1990).
- 25) Crowley, T., Milazzo, P., Baker, E., Forsdick, H. and Tomlinson, R.: MMConf: An Infrastructure for Building Shared Multimedia Applications, Proceedings of CSCW '90, ACM, pp. 329-342 (Oct. 1990).

* CSCW およびグループウェアについてさらに深く研究されたい方には、この分野の最近の重要論文を集めて分かりやすく編集した参考文献5) "Readings in Groupware and Computer-Supported Cooperative Work" を推薦する。

- 26) Lauwers, J.C. and Lantz, K. A.: Collaboration Awareness in Support of Collaboration Transparency: Requirements for the Next Generation of Shared Window Systems, Proceedings of CHI '90, pp. 303-311 (Apr. 1990).
- 27) Foster, G. and Stefik, M.: Cognoter, Theory and Practice of a Collaborative Tool, Proceedings of CSCW '86, Austin, Texas, pp. 7-15 (1986).
- 28) 國藤 進他: グループ知識獲得支援システム GRAPE 構想, システム+知識工学合同シンポジウム, 計測自動制御学会, pp. 47-52 (Oct. 1989).
- 29) Watabe, K. et al.: Distributed Multiparty Desktop Conferencing System: MERMAID, Proceedings of CSCW '90, Los Angeles (Oct. 1990).
- 30) Tanigawa, H., Arikawa, T., Masaki, S. and Shimamura, K.: Personal Multimedia-Multipoint Teleconference System, Proceedings of INFOCOM '91, IEEE Communications Society, pp. 1127-1134 (1991).
- 31) Root, R.W.: Design of a Multi-Media Vehicle for Social Browsing, Proceedings of CSCW '88, Portland, pp. 25-38 (1988).
- 32) Fish, R.S., Kraut, R.E. and Chalfonte, B.L.: The VideoWindow in Informal Communication, CSCW '90, Los Angeles (Oct. 1990).
- 33) Mantei, M., Baecker, R., Sellen, A., Buxton, W. and Milligan, T.: Experiences in the Use of a Media Space, Proceedings of CHI '91, ACM, New York, pp. 203-208 (1991).
- 34) Tang, J.C., and Minneman, S.L.: VideoDraw: A Video Interface for Collaborative Drawing, Proceedings of CHI '90, ACM, New York, pp. 313-320 (1990).
- 35) Ishii, H.: TeamWorkStation: Towards a Seamless Shared Workspace, Proceedings of CSCW '90, Los Angeles (Oct. 1990).
- 36) Ishii, H. and Kobayashi, M.: ClearBoard: A Seamless Medium for Shared Drawing and Conversation with Eye Contact, Proceedings of CHI '92, ACM, pp. 525-532 (May 1992).
- 37) Ishii, H., Kobayashi, M. and Grudin, J.: Integration of Inter-Personal Space and Shared Workspace: ClearBoard Design and Experiments, Proceedings of CSCW '92, ACM, pp. 33-42 (Nov. 1992).
- 38) Grudin, J.: Why CSCW Applications Fail: Problems in the Design and Evaluation of Organizational Interfaces, Proceedings of CSCW '88, Portland, Oregon, pp. 85-93 (1988).
- 39) Ishii, H. and Miyake, N.: Toward an Open Shared Workspace: Computer and Video Fusion Approach of TeamWorkStation, Communications of the ACM (CACM), ACM, Vol. 34, No. 12, pp. 37-50 (Dec. 1991).
- 40) Ishii, H.: Translucent Multiuser Interface for Realtime Collaboration, the IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Science, Special Issue on Next Generation Human Interface, Vol. 75, No. 2, pp. 122-131 (Feb. 1992).

(平成5年5月14日受付)



石井 裕 (正会員)

1956年生。1978年北海道大学工学部電子工学科卒業。1980年同大学院情報工学専攻修士課程修了。同年日本電信電話(株)に入社。1986~

1987年西独 GMD 研究所客員研究員として知識オフィス情報システムの研究に従事。1993~1994年トロント大学客員助教授としてテレプレゼンスの研究に従事。現在 NTT ヒューマンインタフェース研究所にて CSCW (Computer-Supported Cooperative Work), およびマルチユーザインタフェースの研究に従事。COOKBOOK, Team Work Station, Clear Board などのグループウェアを開発。ACM TOIS (Transactions on Information Systems) のアソシエイトエディタ, Journal of Collaborative Computing のエディタ, International Journal of CSCW のアドバイザーボードを務める。国際会議 ACM CSCW '90, '92, '94, ECSCW '91, '93, ACM CHI '90, '91, '92, '94, ACM+IFIP INTER-CHI '93, ACM Multimedia '93, ACM COOCS '93 などのプログラム委員や議長を務める。工学博士。千葉大学非常勤講師。ACM, IEEE Computer Society, IFIP WG 8.4, 電子情報通信学会各会員。