

実空間型コミュニケーション

葛岡英明
筑波大学



1. はじめに

本稿では実空間型のコミュニケーション支援システムの解説をおこなう。ただし実空間型のシステムとは、実空間内の実物体あるいはその映像を共有しながらおこなわれる共同作業やそれに伴うコミュニケーションを支援するシステムのこととする。ここで紹介する研究がVRかどうかは読者の判断にお任せするが、コンピュータグラフィクス(CG)空間と実空間の融合の研究が盛んにおこなわれている現在、どこまでがVRかという議論は不毛であろう。

さて、このようなシステムの課題は、実空間という制限をいかに克服するかということである。具体的には以下のような課題がある。

- ① 空間の移動：実空間内を動きながらおこなわれる共同作業では、遠隔地からアクセスしている参加者がその実空間内を仮想的に動き回れなければならない。
- ② 身体配置：円滑なコミュニケーションのためには参加者同士の身体が作業に適した位置や向きをとれて、またそれらの位置や向きを相互に認識できなければならない[3]。
- ③ 非言語情報：手振りなどの非言語的な表現を対話者に伝達できなければならない。
- ④ 実物体の共有：実空間におかれた実物体を共有できなければならない。

次の章からは、これらの課題をどのようにして解決しようとしているかにも着目していくつかの研究を紹介する。ただし、支援しようとする共同作業やコミュニケーションに応じて解決すべき課題は異なり、必ずしも全てを満足しなければならないわけではない。

なお、コミュニケーションは共同作業に伴う情報交換であると考え、以後「共同作業」という表現は「コミュニケーション」という意味も含むと考えていただきたい。

2. ウェアラブルな共同作業支援システム

ウェアラブル・コンピュータは当初、機器の修理等を作業者が1人でおこなう際に、コンピュータを身体に装着することによって、作業者の両手をふさがずにどこでも作業を支援できるシステムとして研究されていた。

しかし、マニュアルを見ながら保守や修理作業をするよりも、直接人から聞きながら作業をおこなったほうがはるかに速く、正確に作業することができるという研究結果もあり[16]、ウェアラブルコンピュータに共同作業支援機能が取り入れられつつある。

図1は筆者らが開発したシステムである[9]。作業者は頭部にHMDと小型カメラを装着する。小型カメラの映像は遠隔地の指示者に送られるため、指示者は作業者の見ている物をそのまま見ることができる。指示者はその映像が表示されているディスプレイ上で指さしや手振りを使って作業指示をおこなうが、このディスプレイとその前の手振りを再びカメラで撮影したものを作業者のHMDに表示するため、作業者は自分の見ている対象物に指示者の手振りがスーパーインポーズされた映像を見ることができる。これによって、作業者は手振りを使った作業指示を受けることができる。

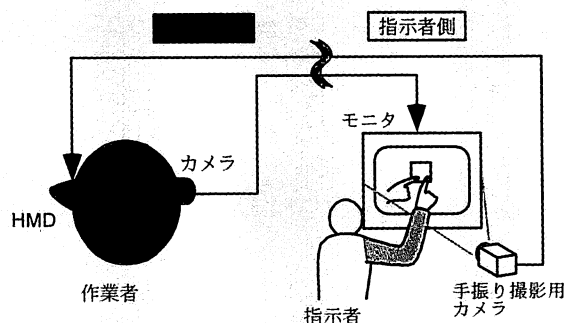


図1. システム概観

また Siegel らは、同様の考え方だが、手振りではなくマウスカーソルや説明書を表示することによって、作業の遠隔指示をすることのできるシステムを試作し[16]、実験によりその有効性を示した。

もしこのようなウェアラブルな共同作業システムが軽くなり街角でも使えるようになれば、色々な応用が考えられる。例えば道端で倒れている人を発見した場合、ウェアラブルなシステムを使って消防署に連絡し、消防署員からの遠隔指示を受けながら人工呼吸や心肺蘇生を行うことができる[12]。

これらのシステムを利用した場合の2人の位置関係は、指示者が作業者に背負われているのに近い状態である(課題②)。従って作業者が空間を歩き回ることによって、指示者も移動することができる(課題③)。非言語的な表現として手振りやマウスカーソルの利用が可能であり(課題③)、実物体の共有は画面上でおこなえる(課題④)。

以上のシステムがリアルタイムの共同作業を支援しているのに対し、暦本らの Augment-able Reality は非同期型の共同作業を支援している点で興味深い[15]。このシステムでは、あらかじめ実物体に固有の ID を示すバーコードや赤外線通信装置が取り付けられており、HMD にはそれらの ID を読み取るセンサが取り付けられている。HMD を装着したユーザは見た対象物に対して、音声や映像のメモを記録することができる。後から別のユーザが HMD を装着して同様の対象物を見ると、これらのメモを取り出すことができるのである。非同期的な実物体の共有(課題⑥)を実現したシステムであるということもできる。

これまでのウェアラブル装置の大半は非常に大きく、街中で装着して歩けるようなものではなかったが、最近では小型軽量化が急速に進んでいる。例えば米国の Micor Optical Corporation で開発された HMD は、まさに眼鏡の形状をしている[7]。MIT では、導電性の布を利用してハンカチや服などを入力デバイスにしてしまう技術を開発中である[13]。ごく自然にウェアラブル・デバイスを着こなした人々が、いつでもどこでも高度な視覚的なコミュニケーションをする日も近いかもしれない。

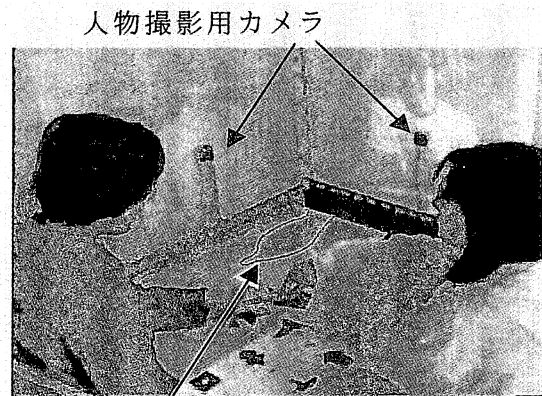
3. 建築という視点からの共同作業支援

近年、共同作業の支援を、単にソフトウェアだけではなく、環境全体の設計という視点から見てみようという考え方が広まりつつあり、そのような研究を発表する場として CoBuild というワークショップが2年前から始められている[5]。本章ではこの考え方に基づいた研究事例を紹介する。

3.1. 没入型投影技術を利用した共同作業支援

一般に普及している CVE (Cooperative Virtual Environment) はコンピュータのディスプレイを通して3次元空間にアクセスしなければならず、ユーザの実際のそれとは異なる身体感覚を使うことが要求される。一方、CAVE に代表される没入型投影技術(IPT: Immersive Projection Technology)が世界中に多数設置されつつあり、これらを高速通信回線で相互接続して、あたかも等身大の空間を共有しているかのような共同作業環境を構築しようとする研究がイリノイ大学を中心に開始されている。

日本では東京大学と筑波大学それぞれの IPT を相互接続した Cabinet という研究プロジェクトが開始されている[4]。このプロジェクトに基づいて筑波大学では Agora と呼ばれるシステムを開発中である[11]。これは、あたかも1つの机を取り囲んで会議をしているかのような仮想環境を構築することを目指したシステムである。図2に Agora の利用風景を示す。机の正面や横がディスプレイになっており、そこに離れたオフィスにいる参加者の顔が表示される。さらに、机の上にも上面より映像が投影されており、遠隔地の参加者の前の机の上に置いてある書類やその他の物体、さらには手振りまで見ることができる。自分がその書類を指させば、対話者もその指さしを見ることができる。



遠隔地の人物の手振り(見やすいように縁取ってある)。

図2. Agora 利用風景

同様の考え方だが、CG よりのシステムとしてはイリノイ大学の office of the future がある[14]。いずれもテーブルを囲んだ会議という自然な位置関係を再現し(課題②)、手振りを利用しつつ(課題③)机の上の物体を共有する(課題④)ことを目指している。

3.2. ユビキタス・コンピューティング

現在のコンピュータ・インタフェースは、目の前にディスプレイやキーボードが置かれ、車を運転する時と同様、ユーザはそれを使うことに集中しなければならない。その間ほか他のことをすることはできないのである。

これに対して Weiser の提案するユビキタス・コンピューティング(Ubiquitous Computing)は、相互に通信可能なコンピュータを、壁、椅子、服、その他あらゆる場所に目立たないように埋め込もうとする考え方である。これによって、普段は意識の周辺(periphery of attention)で情報を把握できて、しかし必要に応じてより詳しく情報を把握できるような技術の開発を目指している[17]。

さて、このような例として Weiser が紹介している装置に Dangling String がある。これはモータの軸に紐を取り付け、天井から垂れ下がるようにしたものである。モータはイーサネットを流れる電気信号に応じて回転するようになっているため、イーサネットの通信量が多いほど紐が激しく振動し、音を発する。この装置は廊下の隅のほうに設置されていて、その周辺のオフィスから見たりかすかな音を聞いたりできる。従って通常は仕事の邪魔にはならず、意識の周辺でなんとなくその情報を把握することができる。しかし、ネットワークの通信量が気になるときは意識してその動きを観察することによって、意識の中心で情報を得ることもできるのである。

さて、最近ではこのユビキタス・コンピューティングの考え方に影響を受けた興味深い研究が増えてきている。以下に、共同作業支援にこの考え方を取り入れたシステムの紹介をする。

3.3. 環境組み込み型の共同作業支援

ドイツ GMD では roomware というコンセプトの基に、i-Land と呼ばれる共同作業支援システムが開発されている[6]。これは、部屋あるいは家具を高機能化して、共同作業を支援する機能を持たせようとする考え方である。

この考え方に基づいて既に数種類の装置が開発されている。DynaWall は壁にとりつけられた電子ホワイトボードである。これはディスプレイ兼入力デバイスになっており、複数のユーザがペン入力はもちろん、手で直接ディスプレイに触り、自然な動作で書きこみやウィンドウの操作をすることができる。

InteracTable は、上面がコンピュータ・ディスプレイ兼入力デバイスになった机である。複数の参加者がこの机を囲んで会議できるように、ディスプレイに表示された書類は自由な方向で表示することができるし、手を使った簡単

な動作で、書類を回転させて他の参加者の前に移動することもできる。

CommChair はコンピュータが組み込まれた椅子で、位置を認識する能力を持っている。例えば、DynaWall の前に椅子を移動すれば、椅子に取り付けられたコンピュータ画面と DynaWall の画面を共有することができる。また、CommChair 同士を近づければその間に通信回線が開かれ、コンピュータ通信をおこなうことができる。

以上のように、roomware はホワイトボードを使った会議、机を囲んだ会議、椅子に着席しての会議など、それぞれの会議形態に適した自然な身体配置を許し(課題①、特にコムチェアはその身体配置の変化にシステムが反応するように設計されたシステムであるといえる。

ambientROOM は、意識の周辺(石井らは "background" と表現している)で把握できる情報を提供するために設計された部屋である(図3)[8]。例えば部屋の中には水が入った小皿があり、水面に当てられた光が反射して天井に映っている。遠隔地にいる友人が活動すると、その動きをセンサが検出し、電磁石を利用した装置が小皿を揺らす。すると、天井に水面の波紋に応じた模様を描かれるのである。この他にも、壁面に投影された斑点模様、かすかな音、空気の流れ等でユーザに様々な情報をかすかに伝えることができる。工作中に自分の恋人や子供のことを思うとき、その情報は1日中、しかしさりげなく欲しいものである。ambientROOM は部屋全体を情報メディアとして考えることによって、そのような情報表示を可能にする技術である。

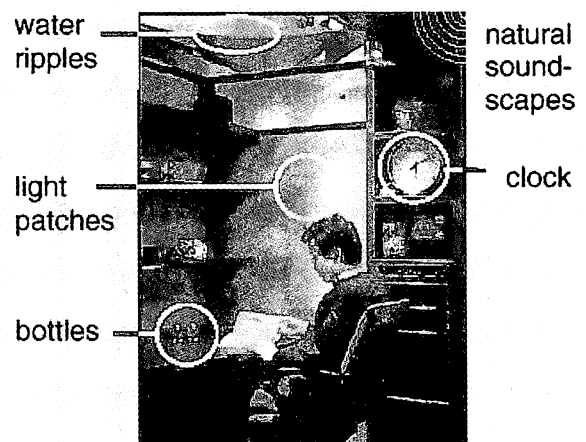


図3. ambientROOM. Prof. Hiroshi Ishii (MIT Media Lab)のご好意による。

共同作業を円滑に進める上で、他のメンバがどこで何をしているのかという情報を得ることが重要である。メンバ同士が同じ建物で仕事をしていれば、偶然すれ違った

ときや近くを通った時に意識しなくても自然に気がつくこと(awareness)ができる。しかし、メンバが互いに離れたオフィスで仕事をしている場合はこのような情報を得ることは難しい。

Digital but Physical Surrogatesはこの問題を解決するために筆者らが開発中のシステムで、他のメンバの代理(surrogate)となる物理的なデバイスをコンピュータ画面の外に置き、これらの動きによって他のメンバに関する awareness 情報を提供するものである[10]。

図4にシステムの例を示す。遠隔地のオフィスに仕掛けられたセンサがメンバの行動を検出すると、自分のオフィスにある代理人形が正面を向くので(図中こちらを向いている人形)、その人物の存在に気がつくことができる。そのメンバと実際に会話をしたいときには、ビデオ・ユニットに顔を近づけると、音声・ビデオ回線が開かれる。ビデオ回線の接続を受け付けなければ自分の代理人形(図中で読者に背を向けている人形)を横に倒せば良い。

このシステムの特徴の1つは、意識の周辺で情報を知覚したければ、装置を机の端の方に置くなどして、実際に視野の周辺部分に置けば良いと言う点である(課題用)。そして、もし相手の状況を知りたいければ、意識的に代理人形を見たり、操作をすれば良いのである。

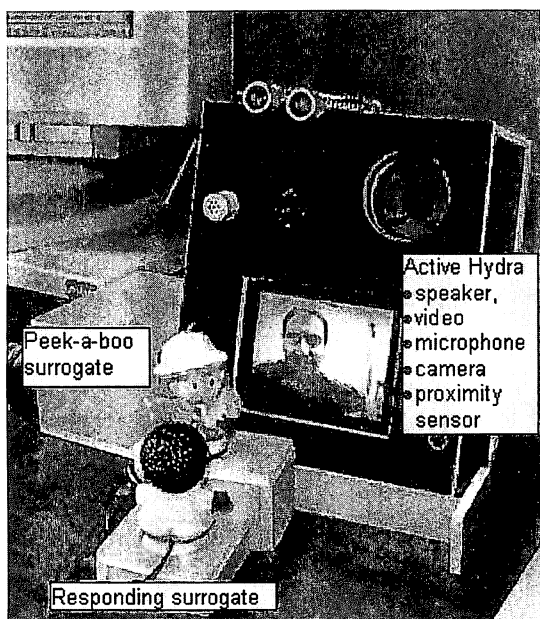


図4. Digital but Physical Surrogates

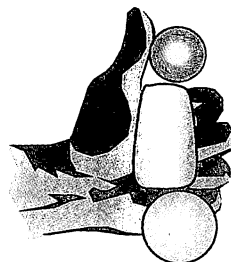
このように、意識の周辺での情報知覚から、必要に応じて意識の中央でおこなうリアルタイムの会話までシームレスに支援することをめざしている。

4. 肌で感じるコミュニケーション - 一体感の支援 -

VRでは皮膚感覚を提供するインタフェースの研究が盛

んにおこなわれているが、共同作業やコミュニケーションにおいても、言葉では表現できない情報を伝えるためにこの感覚は重要な役割を果たす。特に、友人、恋人、親子などの親しい関係同士のコミュニケーションでは、一体感や親密感を感じる事が重要である。本章ではそのような一体感を支援するシステムを紹介する。

図5. HandJive の概観



HandJive (図5)は、棒の両端に2つの丸い玉がくっついたような、ちょうど手で握れるぐらいの大きさのデバイスであり、2つの HandJive の間で通信することができる[2]。例えば1人が

玉を指で前後に動かすと、もう1人の HandJive の玉が左右に動くようになっている。これによって、お互いにリズムを作り合ったりいろいろなゲームをして楽しむことができる。

InTouchはネットワークに接続されたローラー型のインターフェースである[1] (図6)。一人がローラーを転がすと、ネットワークで接続されたもう一台のローラーも全く同じように転がる。例えば恋人同士が電話をしながらこのデバイスを使うことによって、手をつなぎあっているような効果を得ることができる。

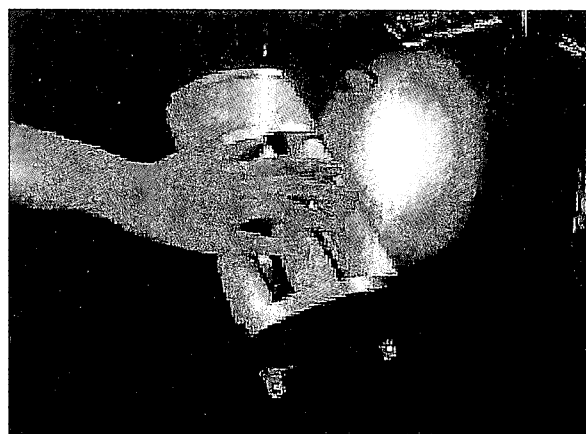


図6. InTouch 利用風景。Prof. Hiroshi Ishii (MIT Media Lab)のご好意による。

これらのシステムでは、共同作業の参加者全員に同様の物理的実体を与え、内蔵されたアクチュエータによってそれらの動きを一致させる(Braveらはこれを Synchronized distributed physical objects と呼んだ)ことによって、あたかも実物体を共有したかのような感覚を与えているという特徴があり、先に挙げた課題(水)に対する1つの解決策であるといえる。'

5. まとめ

VRを利用した仮想共有空間の研究の中には、単に対話者のアバタ（あるいは実画像）が見えたり、仮想物体を共有・操作できるというだけで、共同作業やコミュニケーションを支援できると主張しているものが見られる。

しかし、コミュニケーションとは参加者の1つ1つの資源（行動や表現のこと）の単なる集合ではなく、インタラクションの流れの中で、前後の文脈に依存しながらそれぞれの資源の意味が決定されるのである。従ってシステム設計の際に、手振りや表情を個々のアイコン的な表現と考えてそれらを洗練することを考えるのではなく、インタラクションの中で、参加者が時間遅れなく自然にそれらの表現を見せることができ、他の参加者がそれらを自然に観察することができるように設計することに重点をおかなければならない。

日本ではVRの技術的な側面ばかりに着目して、技術者の自己満足だけでコミュニケーション・システムが設計されがちである。これに対して、欧米では工学、社会学、心理学などの研究者による学際的な研究が盛んであり、今後日本でもこのような研究体勢が必須である。

6. 参考文献

- [1] Brave, S., Ishii, H., Dahley, A.:Tangible Interfaces for Remote Collaboration and Communication", CSCW'98, pp169-178 (1998).
- [2] Fogg, B., Cutler, L., Arnold, P., Eisbach, C.:HandJive: A Device for Interpersonal Haptic Entertainment. CHI'98, pp57-64, (1998)
- [3] Hindmarsh, J., Fraser, M., Heath, C., Benford, S., and Greenhalgh, C.:Fragmented Interaction: Establishing mutual orientation in virtual environments, CSCW'98, pp217-226(1998)
- [4] 廣瀬通孝, 小木哲朗, 葛岡英明, 山田俊郎, 田中海渡:没入型多面ディスプレイ間の臨場感通信」, SICE'98, pp321-322 (1998).
- [5] <http://www.cs.cmu.edu/~CoBuild99/>
- [6] <http://www.gmd.de/Tour/A04.en.html>
- [7] <http://www.microopticalcorp.com/index.htm>
- [8] Ishii, H. & Ullmer, B.:Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, ACM CHI'97, pp234-241 (1997)
- [9] Kuzuoka, H.:Spatial Workspace Collaboration: A SharedView Video Support System for Remote Collaboration Capability. CHI'92, pp533-540(1992)
- [10] Kuzuoka, H., Greenberg, S.:Mediating Awareness and Communication through Digital but Physical Surrogates, CHI99 Extended Abstracts, pp11-12 (1999)
- [11] Kuzuoka, H., Yamashita, J., Yamazaki, K., Yamazaki, A.: Agora: A Remote Collaboration System that Enables Mutual Monitoring, CHI99 Extended Abstracts, pp190-191 (1999)
- [12] 太田祥一, 行岡哲男, 山崎敬一, 山崎晶子, 葛岡英明, 松田博青, 島崎修次:Head Mount Display(HMD)による Shared View System を用いた遠隔指示・支援システムの検討, (救急医学会誌投稿中)
- [13] Orth, M., Post, R., Cooper, E.:Fabric Computing Interfaces, CHI'98, pp331-332(1998)
- [14] Raskar, R., Welch, G., Cutts, M., Lake, A., Stesin, L., and Fuchs, H.: The office of the future a unified approach to image-based modeling and spatially immersive displays, SIGGRAPH'98, pp179-188(1998)
- [15] Rekimoto, J., Ayatsuka, Y, and Hayashi, K.: Augment-able Reality: Situated Communication through Rhysical and Digital Spaces, ISWC'98 (1998)
- [16] Siegel, J., Kraut, R., John, B., and Carley, K.:An empirical study of collaborative wearable computer systems; Conference companion on Human factors in computing systems , pp312-313(1995)
- [17] Weiser, M.:Some computer Science Issues in Ubiquitous Computing, Communications of the ACM, Vol.36, No.7, pp74-85(1993)

代表者の連絡先:

〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1
TEL: 0298-53-5258, FAX: 0298-53-5207
e-mail: kuzuoka@esys.tsukuba.ac.jp

著者略歴

1992年東京大学大学院情報工学専攻修了、博士(工学)同年、筑波大学構造工学系講師.1997年より1年間、カルガリー大学客員研究員.1999年筑波大学機能工学系講師.現在に至る.主にCSCW、高速ネットワークを利用した臨場感通信の研究に従事. 情報処理学会、電子情報通信学会、ソフトウェア科学会、日本ロボット学会、日本バーチャルリアリティ学会、ACM各会員.