

物理的な実体を利用したコミュニケーション支援

葛岡 英明

筑波大学 機能光学系
茨城県つくば市天王台 1-1-1
0298-53-5258

kuzuoka@kuzuoka-lab.esys.tsukuba.ac.jp

ソール グリーンバーグ

Department of Computer Science,
University of Calgary
Calgary, Alberta Canada T2N 1N4
+1-403-220-6087
saul@cpsc.ucalgary.ca

代理実体は、遠隔地にいる人の代理となる物理的な実体であり、ユーザのオフィスに設置される。この実体は、代理の対象となる人に関するアウェアネス情報を表示する。また、代理実体はユーザの動作や操作を検出して、メディアスペースにおけるコミュニケーション制御をおこなうことができる。これによって、ユーザはアウェアネスから、偶然の出会い、そして会話まで支援することができる。また、アウェアネス支援システムに特有のプライバシーの問題も緩和することができる。

Mediating Awareness and Communication through Digital but Physical Surrogates

Hideaki Kuzuoka

Institute of Engineering Mechanics
University of Tsukuba
Tsukuba, Japan 305
+81-298-53-5258

kuzuoka@kuzuoka-lab.esys.tsukuba.ac.jp

Saul Greenberg

Department of Computer Science,
University of Calgary
Calgary, Alberta Canada T2N 1N4
+1-403-220-6087
saul@cpsc.ucalgary.ca

Digital but physical surrogates are tangible representations of remote people positioned within an office and under digital control. Surrogates collect and present awareness information about the people they represent. By having them react to physical actions of people, surrogates can control the communication capabilities of a media space. This enables the smooth transition from awareness, to encounters, to conversation and work. This can also mitigate privacy concerns endemic to awareness systems.

1. はじめに

本研究では、実体的インタフェース¹ (tangible interface) [11]、遍在型メディアスペース² (ubiquitous media spaces) [2]の概念を利用することによって、物理的な実体によるコミュニケーション支援を提案する。中でも、アウェアネスとカジュアルなインタラクションを支援することを目的としている。

¹ 日常物体に対しておこなう、掴む・操作するといった動作によってデジタル情報を制御しようとする考え方。

² 至る所に設置した機器によって、人間同士のコミュニケーションを支援しようとする考え方。

具体的には、遠隔地にいる共同作業者の代理 (surrogate) となる実体を各人のオフィス内に置き、それによって、アウェアネス、コミュニケーションそして作業自身を支援することを試みている。本研究の目的は以下の2つである。

1. アウェアネスから偶然の出会い、そして会話や実際の作業へのスムーズな移行を支援する。
2. アウェアネス支援システムで問題となる、プライバシー保護の問題を緩和する。

なお本論文では、ある適当な作業者を「ローカル作業者」と呼んだとき、そのローカル作業者から見て遠隔地にいる共同作業者を「遠隔作業者」と呼ぶこととする。

2. 問題点および関連研究

共同作業を円滑に進めるために重要なのは、日常の何気ないインタラクション (casual interaction) であることが知られている。これは、メンバー同士が同じ場所で仕事をするような環境の場合、ある作業員個人が日々の仕事の中で、その時々のおこなうミーティングである[13]。このようなカジュアルなインタラクションを実現するために必要なのが、インフォーマルなアウェアネス(informal awareness)である。これは、お互いに同じ場所で仕事をしている間に、誰が近くにいるのか、他人が何をしようとしているのかということをもなんとなく意識できるということである[4]。しかし、分散したグループではカジュアル・インタラクションがおこなえないため[13]、CSCW 研究では、このような環境におけるインフォーマル・アウェアネスやカジュアル・インタラクションを支援するシステムが開発されてきた。具体的には、メディア・スペース[1]、ビデオを通して一瞬だけ視る方法[16]、定期的にビデオ・スナップショットを撮影する方法[6]、遠隔共同作業員の存在をアイコンで提示する方法[10]などがある。

このような従来の手法は、コンピュータのみによって、アウェアネスやコミュニケーションを支援してきた。しかし、これらには以下のような問題点がある。

- アウェアネス情報を表示するウィンドウは他のプログラムのウィンドウと競合する。Dourish と Bly によれば[6]、Portholes のユーザは、他者のスナップショットを表示したウィンドウが他のウィンドウの下に隠されてしまい、たびたびアウェアネス情報を得られなかったという例を報告している。すなわち、コンピュータ・ディスプレイには、アウェアネス情報を提示する余裕がほとんどないのである。
- 多くの人にとって、コンピュータは時々しか利用しない機械である。したがって、コンピュータを使っていない時には、アウェアネス情報を得ることができなくなってしまう。

これらの問題は、コンピュータ・ディスプレイと独立の物理的なデバイスを利用することである程度解決することができる。例えば、出先で恋人の代理実体(たとえば写真)を触ると、その恋人のいる環境に置いてある羽がふわふわと舞いあがったり、よい香りが放出されたりする装置が提案されている[15]。遊びを支援するシステムとしては、玩具を操作すると他者の玩具が動作するというものがある。お互いに玩具を操作しつつ、相手の操作を感じながら遊ぶことができるのである[15,9]。家具をネットワークで相互に接続するという研

究もある。例えば”Bench”は、片方のベンチに人が座ると、遠隔地にあるベンチが暖かくなって、人が座ったことを感じさせることができる [7]。

Buxton による ubiquitous media spaces は、ユーザの環境に適当に設置された物理的なデバイスによって、コミュニケーションを支援しようとするものである[2]。これらのデバイスは、日常生活における”場所—機能—距離(location-function-distance)”の関係に基づいて設計されるべきであるというのである。例えば、小型のディスプレイ、カメラ、スピーカ、マイクを組み合わせた Hydra ユニットそれぞれを対話者の代理(surrogate)とみなすことを主張した。それらに対話者が座るであろう位置に物理的に配置すれば、多人数会議における視線一致や局所的な会話を自然に支援できるというのである。また、このユニットをドアのところに設置すれば、遠隔ユーザはあたかもオフィスのドアからちらりと見るようにして、ローカルユーザの様子を見ることができる。これに対して、ローカルユーザは実際の来訪者に対してするのと同様に、ドアのほうを見るという通常の動作で、誰が覗いているのかを知ることができる。

本論文で提案するのは、アウェアネス支援のために実物体を利用するという芸術志向のアイデアと、Buxton の video surrogate によるコミュニケーション支援のアイデアを組み合わせたものである。最初に述べたように、筆者らの目的は共同作業員が、アウェアネスから出会い、そしてコミュニケーションへとスムーズに移行することを支援する代理実体を開発することである。また、それらの代理実体に、限られたアウェアネス情報のみを送受信させるとともに、送信される情報を明示的および非明示的に制御できるようにすることで、プライバシーの問題を解決することも目指す。

次章では、筆者らが開発した物理的な代理実体を紹介することによって、具体的にシステムをイメージしていただく。そしてそれ以降の章で、これらの代理実体に関する議論をおこなう。

3. 代理実体の例

本章では、筆者らが開発した物理的な代理実体を簡単に紹介する。

3.1. 遠隔作業員の活動、都合を示す代理実体

最初に紹介するのは、遠隔作業員の活動状況を示すための代理実体であり、ローカル作業員のオフィス内に置かれる。これらの代理実体は、遠隔作業員のオフィスに設置された超音波センサやビデオカメラを使ったセンサの情報に基づいて制御される。

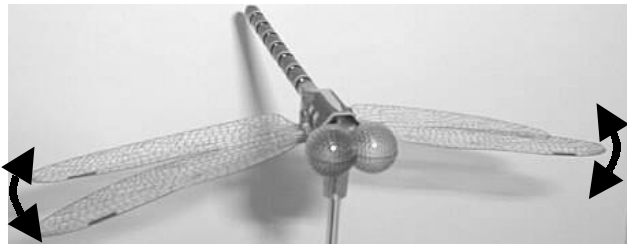


図 1. The dragonfly surrogate

The butterfly surrogate (トンボ型代理実体)は、モータ仕掛けのトンボの玩具を改造して、モータのスピードをコンピュータで制御できるようにしたものである(図 1)。トンボの動きは遠隔作業者の活動度に応じて制御される。遠隔作業者がおとなしくしていたり不在の場合には、トンボも動かない。遠隔作業者が活発に活動するとトンボも数秒間激しく羽を動かすが、すぐに緩やかな動きになり、そのまま数十秒間動いてから止まる。これは、トンボの動作音や動きが作業者のじゃまにならないことを考慮したたことによる。

The peek-a-boo surrogate (いないいないば一型代理実体)は人形とサーボモータを組み合わせたものである(図 2)。この人形は遠隔作業者がいないとき、あるいは都合が悪いときには後ろを向いており、都合が良くなる(available)と正面を向く。この人形の向きが正面に近いほど、遠隔作業者の存在、あるいは都合が良い確率が高いので、ローカル作業者は他者の様子を、この人形の向きをちらっと見るだけで知ることができる。この代理実体は、トンボ型と違い、変化時のみかすかな音を出し、通常は音を出さない。従って、ローカル作業者は状態の変化に気がつき易いうえ、変化していないときでも遠隔作業者の状態を示しづけることができるという特徴がある。

The light surrogate (投影型代理実体)は物理的な実体ではなく、天井に投影された光の模様によって、遠隔作業者の活動度を示したものである。他の物理実体と同様に、活動度に応じて光の模様が変わるようになってい



図 2. Peek-a-boo surrogate

3.2. 遠隔作業者に対する関心を入力するための物理実体

この物理実体はローカル作業者の遠隔作業者に対する関心や、自分の都合を明示的にシステムに入力する手段として利用されるものである。

The mutant ninja surrogate (ミュータントニンジャ型代理実体)は温度センサが取り付けられた代理実体である。ローカル作業者がこれを握ることによって、システムはその作業者が遠隔作業者に対して関心あることを知ることができる。

The responding surrogate (応答制御用代理実体)は、遠隔作業者に伝達されるアウェアネス情報を制御したり、遠隔作業者に対する関心を明示的にシステムに示すための代理実体である。この実体は、人形とそれを乗せられるステージから構成されている。人形をステージの上に立たせているときには、システムはローカル作業者が遠隔作業者に関心があると同時に、ローカル作業者に関する情報を最大限に伝達しても良いと判断する。人形をステージの上から下ろし、横向きに倒した場合、アウェアネス情報は伝達されず、遠隔作業者に対する興味も無いと判断する。ステージの下で人形を立たせているときはこの中間であると判断する。人形とステージの位置関係は、光センサー(CdS)によって検出する。

3.3. コミュニケーション・チャネルとしての代理実体とその制御

前述の例によって、代理実体がどのようにアウェアネス情報を提示するか、またどのように情報を明示的に制御するかを示した。ここでは、リアルタイムのコミュニケーション・チャネルを制御する代理実体を紹介する。

The active Hydra surrogate (アクティブHydra型代理実体)(図 3)は遠隔作業者との間に音声・画像通信回線をつな

ぐための代理実体である。Hydra ユニット[2,3]と同様のデバイスに距離センサを取り付け、ユーザのユニットに対する距離を測定することができる。オリジナルの Hydra とは異なり、ユーザとユニットとの距離に応じて音声・画像の制御をおこなうことができ



図 3. The Active Hydra

る。例えば、ローカルと遠隔の両作業者のオフィスにこのユニットが設置されている場合を考えてみる。遠隔作業者がユニットから離れていれば、音声回線は切断され、映像は数秒に 1 度、ちらっと見えるだけに制御される。両者がユニットに近づくと、音声回線が接続され、映像も動画となり、コミュニケーションを開始することができるようになる。

Active Hydra と responding surrogate との組み合わせによって、メディアスペースをさらに細かく制御することが可能になる。たとえば現在の実装では、音声・画像通信が完全に利用できるのは、ローカルと遠隔作業双方が Hydra に近づき、responding surrogate を台の上に乗せている場合だけに限っている。少なくとも片方の作業者が responding surrogate をステージの下に降ろしているときには、対話者の情報に興味がないか、あるいは自分の情報を相手に伝えたくない場合であると判断し、通信チャネルを制限している。

4. アウェアネスから会話への移行

本章では、以下の点に関して論ずる：

代理実体によって、ユーザは他の共同作業者に
関するアウェアネス情報を得ることができて、しかも
自然にカジュアルなインタラクションへ移行する
ことができる。

前章の例で、筆者らが開発した代理実体を紹介した。本章では、代理実体を分類することによって、各種の代理実体それぞれが、どのようにアウェアネスからインタラクションへの移行を支援するかを説明する。代理実体の分類は以下の通りである。

- 遠隔作業者の状況を表示する代理実体
- 明示的にコミュニケーションを制御する代理実体
- 非明示的にコミュニケーションを制御する代理実体
- 明示的な方法と非明示的な方法の両方を使う代理実体

4.1. 遠隔作業者の状況を表示する代理実体

この種類に属するのは dragonfly、peek-a-boo、light の各代理実体で、遠隔作業者の状況を表示する機能だけを持っている。これらは単に、コミュニケーションできる可能性が高いことを示すだけなので、実際にコミュニケーションを開始するためにはユーザが明示的に何らかの通信手段をとらなければならない。ただしこれは、共同作業チームが同じ場所で働いている場合に、ある作業者が他の作業者がいることに気が付いて、明示的にコミュニケーション行動をとる（その人の席に行く、電話をかける、等）のに似ている。しかし、

廊下やラウンジで出会うといった、偶発的なコミュニケーション

表 1. Responding surrogate の状態と回線品質

	On	Off	Tipped
On	Video, audio, groupware all on	Video only	Glimpses
Off	Video only	Video only	Glimpses
Tipped	Glimpses	Glimpses	Closed

ーションは支援できない。

4.2. 明示的にコミュニケーションを制御する代理実体

この種類に属するのは responding surrogate で、明示的にコミュニケーションを制御することができる。この特徴は、単に他者に対して、自分の都合 (availability) を示すだけではなく、Hydra ユニットの通信回線の品質を制御することができる[14]。表 1 は responding surrogate の人形の位置と、回線品質の関係を示している。たとえば、もしローカルと遠隔両方の作業者が人形をステージの上に乗せれば、音声・画像回線が完全に接続される。もし、片方でも人形がステージから下ろされていれば、これらの回線の品質が低くなるように制御される。また、両者が人形を倒してしまえば、通信回線は完全に遮断される。このように、ユーザはお互いに対する関心の提示とコミュニケーション回線の制御を、簡単な操作でおこなうことができる。しかし、これらの操作はすべて明示的に行われるものであるため、偶発的な出会いは支援することができない。

4.3. 非明示的にコミュニケーションを制御する代理実体

偶然の出会いは人間の非明示的な行動に反応する代理実体を利用して支援できる。たとえば Active Hydra は、ユニットに対するユーザの距離情報を利用して回線品質の制御をする[14]。たとえば、表 1 の“on”, “off”, “tipped”を“near”, “close by”, “far”と置き換えれば、対話者それぞれの位置関係に応じてどのように通信回線品質が制御されるかが予想できるであろう。しかし問題点は、非明示的な制御のみでは、意図せずに自分の様子を対話者に見せすぎて、プライバシーが侵害されてしまう可能性があることである。

4.4. 明示的制御と非明示的な制御を組み合わせた代理実体

本章で紹介してきた様々な種類の代理実体を組み合わせて利用することで、通信回線品質を明示的かつ非明示的に制御することが可能である。本論文では

すでに、Active Hydra, peek-a-boo, responding surrogate を組み合わせた例を示してきた。この組み合わせで通信回線の品質を制御するためには、表1にさらにパラメータを追加した少々複雑な制御表が必要となる。紙面の都合上、表は掲載しないが、たとえば、responding surrogate の人形が両者ともステージから下ろされている場合、ユーザが Active Hydra ユニットの近づくに限りは、映像回線のみが通じる。しかし、両者がユニットに近づくとも自動的に音声回線が通じる。これによって、廊下で偶然出会ったような状況を模擬することができる。人形が倒されて、音声・画像がまったく閉ざされた状態になっても、peek-a-boo surrogate などがアウェアネス情報を抽象的に表示することができる。

このように、異なる種類の代理実体を組み合わせることで、非明示的な制御によって偶然の出会いの機会を増やしつつも、作業の妨げになる度合いやプライバシーの保護の問題を、明示的な制御で緩和することができるのである。

5. アウェアネス、プライバシー、目障り度のバランス

アウェアネスを支援するシステムは、アウェアネス情報の収集・提供という利点と、その情報が目障りになりやすいことと、プライバシーを侵害しやすいという問題とのバランスをとらなければならない。本章では、

代理実体は遠隔作業者の状態を抽象的かつ様々な目立ち具合で表示できるため、目障り度やプライバシーの問題をある程度緩和することができる、
ということを議論する。ただし、ここでは筆者らの開発した代理実体の利点のみを主張しようとしているのではない。実際、本システムには様々な問題点が存在する。本章はアウェアネス支援の様々な課題を議論するための材料と考えていただきたい。

5.1. Awareness 情報の制限と抽象化

たとえば音声・映像が完全に通じている場合は、プライバシーを侵害する可能性が高い。これに対して、代理実体は限られた情報しか表示することができない。したがって、代理実体を利用した場合には、遠隔作業者の都合(availability)を抽象的に表示しつつも、プライバシーの侵害を緩和することができる。したがって、代理実体を設計する際には、どのようにして作業者の行動や都合をシステムに計測させるか、そして、これらの情報をどのように代理実体に表示させるかということを考えなければならない。これをうまく設計すれば、代理実体であっても相当の表現をすることができる。たとえば、peek-a-boo surrogate がどちらを向いている

かという情報は、見た目がかわいらしいというだけではなく、遠隔作業者がどの程度都合が良いかという度合いを示すことができる。また、light surrogate はより抽象度の高い形で情報を提示することができる。ただしこれにはトレードオフも存在する。抽象度を高くするほど、遠隔作業者の都合を誤って判断する可能性が高くなり、連絡をとってしまうことによって相手の仕事を邪魔してしまう可能性もある。

適当な回線品質を選択することは、プライバシーの保護と相手の仕事を妨げないためには重要である。前章で、Active Hydra と他の代理実体の組み合わせで、明示的かつ非明示的に遠隔作業者の音声・映像情報を制御する方法を解説した。特に、プライバシーの保護や仕事の妨げとなることを避けるために、これらの制御は双方の制御情報に基づいておこなわれる。また、選択された回線品質はローカルから遠隔とその逆の双方向が同じになるように制御されている。これによって、両者のコミュニケーション状態が平等になるようにしている。

5.2. アウェアネス情報表示の目立ち度

ここで、アウェアネス情報表示の「目立ち度」とは、どの程度この情報がユーザに認識されるかという度合いである。これには絶対的な評価尺度があるわけではない。実際、恋人が来るのを待っている人は、窓をかくかに叩く音でさえも気が付くように[12]、普通ならば気が付かない情報でも、強く意識されることがある。しかし一般的には、はでに情報を表示すると認識しやすくなる。逆に、ambient display[11]の手法であり目立たないように表示すれば、ユーザにとって目障りとなる可能性は低くなるが、今度は情報にまったく気が付かなくなってしまうという可能性も高くなる。

従来のようにコンピュータ・スクリーン上にアウェアネス情報を表示する方法では、情報が目立つかどうかは、ユーザがスクリーンを見ているかどうか依存していた。スクリーンを見ていれば目立つし、見ていなければ目立たないというわけである。これに対して、代理実体を利用した場合には、その置き方によって目立たせ方を変えることができる。たとえばユーザの近くで、視野に入りやすい場所に置けばよく目立つし、ユーザから離れた場所で視野の周辺に置けば、あまり目立たなくなる[2,11]。

次に、代理実体の設計の仕方によって、目立たせ方を変える事ができる。たとえばトボの羽を強く動かせば、非常に認識しやすく、たいてい見過ごすことはないであろう。これに対して羽を弱く動かせば、あまり目立たなくなる。これは、light surrogate においても同様



図 4. The Alligator surrogate

である。peek-a-boo surrogate の場合は、目立ちかたは状態変化の度合いと関係している。大きな変化がある場合には向きを大きく変え、モータの音が長く持続するために気が付きやすいが、変化が小さい場合には向きの変化も音も小さいため、あまり目立たなくなる。

6. おわりに

コンピュータ画面を利用したアウェアネス情報表示に対する digital but physical surrogates の利点は色々である。たとえば、他のウィンドウの下に隠されることがなく、空間内の好きな場所に置くことができる上に[2]、ユーザが必ずしもコンピュータに向かっていなくても良い。そして、音声・実画像通信を可能とする代理実体と組み合わせることによって、回線品質を明示的、非明示的に制御することができる。

ただし、本システムが他のどのアウェアネス支援システムよりも優れていると主張しているのではない。本論文で紹介したシステムにはまだ多くの問題点があり、現在もシステムの改良を進めている。例えば、遠隔作業者が複数の場合のために、一度に 5 人までの代理となる実体も試作中である(図 4)。

また、遠隔作業者の状況を表示する代理実体に、明示的にコミュニケーションを制御する機能を付加するシステムも製作中である。例えば図 4 のシステムは、ワニの頭にスイッチがあり、出てきたワニの頭をたたくと、それに対応する遠隔作業者と間に通信回線が開いたり、グループウェアが起動する機能を付加することを計画している。このような機能を実現しやすい代理実体として、富士通株式会社の“タッチおじさんロボット”も利用している。

謝辞

タッチおじさんロボットは、富士通株式会社よりご提供いただきました。ありがとうございました。

参考文献

1. Bly, S., Harrison, S. & Irwin, S. (1993) Media spaces: Bringing people together in a video, audio and computing environment. *Comm ACM*, 36(1), 28-47.
2. Buxton, W. (1997). Living in augmented reality: Ubiquitous media and reactive environments. In [8].
3. Buxton, W., Sellen, A. & Sheasby, M. (1997). Interfaces for multiparty videoconferencing. In [8].
4. Cockburn, A. & Greenberg, S. (1993). Making contact: Getting the group communicating with groupware. *Proc ACM Conference on Organizational Computing System*.
5. Dodge, C. (1997) The Bed: A medium for intimate communication. *ACM CHI'97 Extended Abstracts*.
6. Dourish P. & Bly S. (1992). Portholes: Supporting awareness in a distributed work group. *Proc ACM CHI'92*.
7. Dunne, A. and Raby, F. (1994) Fields and thresholds. *Proc Doors of Perception-2*, www.mediamatic.nl/doors/Doors2/DunRab/DunRab-Doors2-E.html
8. Finn, A. Sellen, A. & Wilber, S. (Eds.). *Video Mediated Communication*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum
9. Fogg, B., Culter, L., Arnold, P. and Eisbach, C. (1998) HandJive: A device for interpersonal haptic entertainment. *Proc ACM CHI'98*.
10. Greenberg, S. (1996) Peepholes: Low cost awareness of one's community, *ACM CHI'96 Companion*.
11. Ishii, H. & Ullmer, B. (1997) Tangible bits: Towards seamless interfaces between people, bits and atoms. *Proc ACM CHI'97*.
12. James, W. (1981) *The Principles of Psychology*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1981.
13. Kraut, R., Egido, C. & Galegher, J. (1988) Patterns of contact and communication in scientific collaboration. *Proc ACM CSCW'88*.
14. Reynard, G., Benford, S., Greenhalgh, C. & Heath, C. (1998) Awareness driven video quality of service in collaborative virtual environments. *Proc ACM CHI'98*.
15. Strong, R. and Gaver, B. (1996) Feather, Scent and Shaker: Supporting simple intimacy. *CSCW'96 Posters*
16. Tang, J., Isaacs, E. & Rua, M. (1994) Supporting distributed groups with a montage of lightweight interactions. *Proc ACM CSCW'94*.