

RJ-005

# 仮想影カーソルによる遠隔協調作業時のコミュニケーション支援

## A Distant Collaboration Support System by Using a Virtual Shadow Cursor

小俣 昌樹†      深澤 寛和‡      今宮 淳美†  
Masaki Omata    Hirokazu Fukasawa    Atsumi Imamiya

### 1. はじめに

本研究では、複数のユーザで1つのワークスペースを共有して作業するときのそれぞれのマウスカーソルに、そのユーザの影を付随する「仮想影カーソル」を提案する。この仮想影カーソルによって、ユーザは、自分以外のユーザのカーソルを識別できるとともに、お互いの影の動きによって注意を引きつけたり非言語情報を伝えたりできる。

ネットワーク上での共同制作や遠隔教育などの物理的に離れたユーザ同士での遠隔協調作業において、お互いの操作を確認するために、それぞれのユーザに割り当てたカーソルを画面に表示して、ユーザ同士で操作の様子を共有する方法が取られる。このような協調作業用のカーソルは、操作のマニピュレータとしてだけではなく、自分の意図を遠隔地のユーザへ伝えるためのコミュニケーションツールとしても利用される。たとえば、誰がどの作業をしているのかを知らせたり、注目個所の周りでカーソルをぐるぐると回して注意を引いたり、カーソルの軌跡で経路を伝えたりする場合である。

しかしながら、従来システムの協調作業用カーソルでは、円滑なコミュニケーションを取ることが難しい。その理由として、従来システムのカーソルでは、色分けや形状の差異、または名前や写真を付加しているだけであり、ユーザ同士の識別としては十分であるが、コミュニケーションのためには表現方法が制限されてしまうからである[1][2][3]。たとえば、先述のカーソルをぐるぐると回す動作において、それが注目させたいからなのか、それとも困っているからなのかを区別することは難しい。

このような問題に対し、本研究では、協調作業用のカーソルにユーザの仮想影を付加する方法を提案する。仮想影とは、ユーザの身体をビデオ撮影して、その中のユーザの身体部分だけを黒く塗りつぶして実時間で送信し続ける映像のことである。これによって、たとえば、上半身の影の輪郭などからそのカーソルの操作者を識別できるだけでなく、身体の動きや手振りなどによって意図を伝えやすくなる。なお、撮影した映像ではなく、影を利用した理由は、影が目立ちすぎないこと、また、影がある程度の情報は伝えながらもあまり情報を伝えすぎないという二面性をもっているからである。

本稿では、関連研究、仮想影カーソルの設計と実装、および評価実験について述べる。

### 2. 関連研究

本節では、協調作業用カーソルに関する研究および影をインタラクションに利用する研究を紹介する。

Cox らは、大規模でさまざまなオブジェクトが点在する

ワークスペースをもつ分散型グループウェアを開発した[1]。その中で、それぞれのユーザが操作するカーソルは、同じ形ではあるが、色分けされている。

Gutwin らは、共有ワークスペースを含めるグループウェアにおいて、テレポインタの軌跡を表示することによって、テレポインタによるジェスチャ表現を支援するシステムを開発した[2]。この評価実験の結果、テレポインタの軌跡のジェスチャは、遠隔地のユーザ同士のコミュニケーションを効果的に支援できることがわかった。

Hill らは、グループウェアのウェアネスを支援するためのツールキットを開発した[3]。このツールキットでは、他者のポインタを識別するために、それぞれのポインタを色分けしたうえで、ポインタの近くに名前を付加する。また、遠隔ユーザによるボタンやメニューの操作については、ボタンの淵を色分けした色で強調したり、メニュー項目を色分けした色で半透明に提示したりして、他者の操作であることを示す。

大澤は、協調作業でのカーソル操作において、自分のカーソル操作の権限を他のユーザのカーソル操作に委譲するという代理ポインタを開発した[4]。これは、自分のマウスカーソルで他者のマウスカーソルをクリックすると他者の操作に自分の操作権限を譲ることのできるシステムである。これによって、協調作業における操作の意図（委譲）を反映することができる。

このように従来のグループウェアでのカーソルは、基本的に、操作者を区別して操作するための媒体としての利用が想定されている。その一方で、カーソルは、操作以外に、遠隔ユーザへの位置の指示や注目およびカーソルの動きによる非言語表現など、操作以外のコミュニケーションへも利用されている。しかしながら、従来システムでは、コミュニケーションへの利用を十分に考慮していないため、グループウェア内でのコミュニケーションの表現手段が制限されてしまう。

そこで、本研究では、カーソルに影を付加してコミュニケーションの表現手段を増やすことを提案する。以下、インタラクションに影を利用する研究を紹介する。

Shoemaker らは、大画面ディスプレイ環境での操作に実影や仮想影を利用する方法を提案した[5]。これは、ユーザの指先の影をポインタとして操作できるようにして、大画面によってユーザの手が直接届かない個所であっても、光源とユーザとの距離を調整することで影の大きさを変えて、影であれば届く操作を提供する。

Apperley らは、大画面共有ワークスペースでの協調作業のウェアネスを影で支援するシステムを開発した[6]。このシステムでは、物理的に離れた2個所に同じシステムがあり、それぞれ離れたユーザの影を大画面の最背面に提示することで、その画面を見ているユーザに気づかせたり注意を引いたりすることができる。

†山梨大学大学院医学工学総合研究部, Univ. of Yamanashi

‡山梨大学工学部, Univ. of Yamanashi

加藤らは、メディア・アートへの影の利用として、影に色を付ける楽しさを提案した[7]。このシステムでは、天井側の別々の2箇所から床側へ、補色の関係にある光をプロジェクタで投射している。これによって、この床の上に人間が立つと、片方のプロジェクタからの光が遮られるため、もう片方のプロジェクタの光が床面に投影されて彩りをもつ影が出現する。

### 3. 仮想影カーソル

本節では、本研究で提案する「仮想影カーソル」について詳説する。

#### 3.1 設計：影の利点

第2節で述べた従来のグループウェアでのコミュニケーション表現の制限に関する問題を解決するため、本研究では、テレポインタとなるマウスカーソルにその操作者の仮想影を付加することを提案する。

図1に、本研究のコンセプト図を示す。この図のように、物理的に離れた複数のユーザが、ネットワークを介して1つの共有ワークスペースの中で操作するとき、それぞれのカーソルに、その操作者の影を付加することを提案する。これによって、ユーザは、それぞれのカーソルに付随する影の身体的特徴から、誰がどのカーソルの操作者なのかを識別できる。さらに、影の大きさや動きによって、ジェスチャなどでコミュニケーションを取ることもできる。

ここで、本研究で扱う「仮想影」とは、ユーザとその周囲の映像を撮影した中から、ユーザの身体部分だけを切り出して、その部分を単色(図1では黒)で塗りつぶした映像をいう。これを、ユーザに光を当てて床面などに投影される実影に対して、「仮想影」という名を付けて区別する。

本システムにおいて、それぞれのユーザを撮影した映像そのものではなく、あえて仮想影を利用する理由は、グループウェアにおけるコミュニケーションにおいて、主タスクを妨げない程度の情報を伝達したいと考えたからであることと、実装上の映像の処理におけるユーザへの違和感を減らしたいと考えたからである。

主タスクを妨げない情報を考えるにあたり、映像そのものを送受信すると、カーソルに付随する映像を見たユーザは、そのカーソルでの操作以上に、映像中の顔や外見が気になってしまうことが考えられる。また、映像を送る側のユーザも、操作すること以上に、常に表情や外見を見られていることが気になってしまうことが考えられる。一方、仮想影の場合、顔や外見を気にすることはない。また、単色であるため、必要以上に注意をひくこともない。

実装上の映像の処理を考えるにあたり、映像そのものを送受信すると、背景を含めたユーザの身体を撮影した映像からそのユーザの身体部分のみを切り出す処理を行うとき、背景の一部も含めて切り出してしまっただけで見にくくなってしまったり、ユーザの身体部分の一部を背景とみなして削除してしまっただけでユーザに不快な思いをさせてしまったりすることが考えられたりする。その一方、映像からユーザの身体部分を切り出してその部分を仮想影とする場合、顔や外見は描画されないため、多少の影領域の増減があったところで気になることはない。

以上から、本研究で仮想影を利用する利点は以下の通りである。

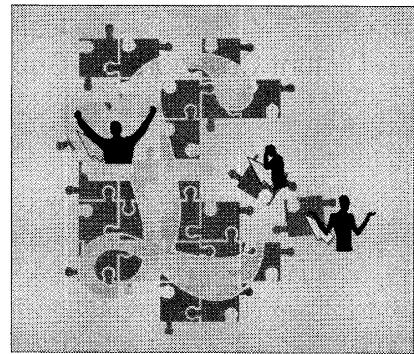


図1 仮想影カーソルのコンセプト図

- (1) ある程度の匿名性がある。
- (2) データが欠けても違和感が少なく済む。
- (3) 2値画像であるためデータ量が少ない。
- (4) 直観的な大小変化を提供できる。

以下、これらの利点を詳説する。

(1)の匿名性について、影は、ある程度のパーソナリティ(個性)を表出する一方で、完全に個人を特定するまでの情報をもたない。たとえば、髪型や体系および衣服の外形から、性別やある程度の年齢層まではわかるが、それが誰であるのかまでは特定できない。もちろん、事前に知りあっているユーザ同士であれば、むしろ影だけでも誰なのかを特定できるので、それ以上の情報はなくてもよい。

(2)のデータ欠けによる違和感について、前述の通り、そのままの映像でデータが欠けた場合、ユーザに不快感や違和感を与えてしまったり不必要な注意を付加してしまったりすることが考えられる。一方、影であれば、それほど気になることはない。

(3)のデータ量について、グループウェアによる協同作業においては、その操作に時間的遅延が無いことが望ましい。操作データや操作結果データの送受信を妨げるほどの大量の映像データを送受信することはシステムの遅延をつくる要因となり得る。したがって、遅延への影響を最小限に抑えるためにも、2値化された単色の影が有効である。

(4)の直観的な大小変化について、影は、対象と光源との距離(仮想影の場合、対象とカメラとの距離)によって、その投影結果の大小を変更できる。また、その影を見る側も投影結果の大小から、対象と光源(カメラ)との距離を想像できる。このようなことから、影を使ったコミュニケーションでは、影の大小による距離感や強調および部分的な誇張を使って、注意を引いたりジェスチャなどの非言語情報を提示したりしやすい。

#### 3.2 実装：仮想影の取得とカーソルへの付加

前述の仮想影の利点をもつシステムを実装する。図2は、本システムを使用しているユーザの様子を示す。この図は、ユーザが指でOKサイン(手を開いた状態から親指と人差し指の先を付ける)の影を遠隔ユーザに提示している様子である。本システムのユーザ側の機器構成は、コンピュータ、ディスプレイ、マウス、キーボード、およびUSB接続のカメラである。USBカメラの仕様は、画素数が130万画素で、フレームレートが最大30fpsである。



図2 仮想影カーソルを用いたグループウェアを使用している様子

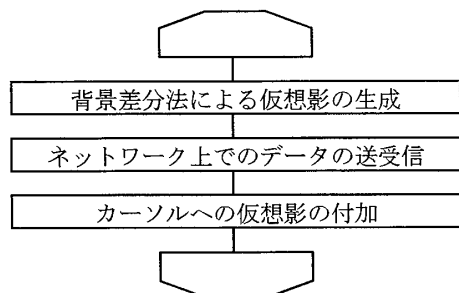


図3 仮想影カーソルシステムの処理の流れ

図3に、本システムの処理の流れを示す。実行時は、これらの処理を繰り返す。以下、処理内容を詳説する。

仮想影の生成において、本システムでは、USBカメラで撮影し続けている映像からフレームを切り出して、そのフレームを画像処理して影を生成する。影は、背景差分法によって抽出する。あらかじめユーザのいない背景画像を撮影しておき、その画像と操作中のユーザの映像のフレームとの差分を影として抽出する。最終的には、背景画像とフレームとの差分の大きい部分を黒とし、差分の小さい部分を白とする2値画像を生成する。また、この処理と同時に、ノイズを取り除く処理も実行する。生成された仮想影画像の大きさは、128×128ピクセルである。なお、これらの画像処理には、OpenCVを使用する。

この仮想影画像をLAN内のグループウェアのユーザ間で送受信して共有する。また、これと併せて、それぞれのカーソル位置も送受信して共有する。送受信には、マルチキャストを行うため、UDP/IPに基づくWinsockを利用する。現在のシステム構成は、3人のユーザ用に3台のコンピュータを用意し、それぞれにLAN内のIPアドレスを割り当てている。この中の1台をサーバとして、これ以外の2台をクライアントとしている。

送受信処理後、それぞれのユーザのディスプレイへは、自身のカーソルと自身の仮想影、および他の2名のカーソルとその2名の仮想影が描画される。この描画処理には、OpenGLを使用する。送受信される仮想影画像は、白と黒で2値化されているので、白色の部分を透過処理して、黒色の影だけが表示されるようにする。

### 3.3 アプリケーション：協調パズルへの適用

前述のグループウェア用仮想影カーソルシステムのアプリケーションとして、3人のユーザで協調して完成させる「協調パズルシステム」を作成した。図4に、協調パズル

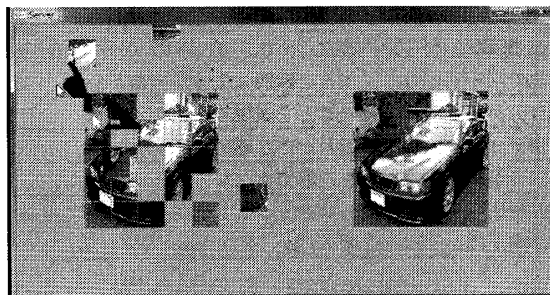


図4 仮想影カーソルを用いた協調パズルシステムの操作画面の様子

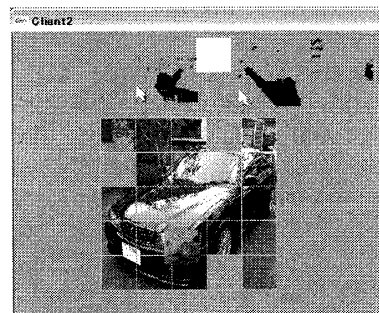


図5 見えないピースのフィードバックの様子

システムの操作画面と、このシステムを使用している様子として、3人分のカーソルとその仮想影を示す。この図の右側がパズルの完成図を表しており、左側が、ピースをあてはめるフレームと点在するピースを表している。ピースはマウスによるドラッグアンドドロップによって移動できる。

なお、本アプリケーションにおいて、意図的に協調作業を発生させるために、「見えないピース」と「動かせないピース」を設定した。この見えないピースと動かせないピースは、ワークスペース上では同一のピースである。しかし、3人の中の一人のユーザには見えているが動かせず、別のユーザには動かせるが見えない状態になっている。したがって、見えているユーザが動かせるユーザにピースの所在と移動してあてはめるフレームの場所を指示して完成させる必要がある。ピースの見えないユーザがピースをドラッグしたときには、白紙のピースとしてドラッグしたことをフィードバックする(図5)。

## 4. 評価実験：仮想影カーソルの満足度

前述の協調パズルシステムを使用して、仮想影カーソルのユーザの満足度を調査する。このために、パズルの組み立て作業完了後、被験者への質問紙調査を実施する。

### 4.1 実験手続き

被験者は、3人1組とした合計6人(21歳から22歳、大学生)である。被験者には本システムの使い方を説明して、3回の協調パズルタスクを練習してもらおう。パズルには3種類の画像を用意して、練習と実験とは異なる画像のパズルを完成してもらおうようにする。なお、実験条件として、実験タスク実行中は、発話やテキストチャットなどのコミュニケーションツールを使用しないこととする。

パズルを完成したあと、被験者には、表1に示す質問に対して5段階のライカートスケール(1:全然そう思わない、

表1 仮想影カーソルに関する質問内容

|   |
|---|
| 1. 仮想影を付随することで、自分のカーソルと他のユーザのカーソルとを識別しやすかったか。 |
| 2. 自分が相手に伝えたいことを表現できたか。                       |
| 3. 相手に自分の意思が伝わったと感じたか。                        |
| 4. 相手が伝えたいことを理解できたか。                          |
| 5. 仮想影を用いてコミュニケーションをとったことで協調作業がはかどったと感じたか。    |

2:あまりそう思わない, 3:どちらともいえない, 4:ややそう思う, 5:かなりそう思う)で回答してもらう。また、その後、本システムを使用した感想をインタビューによって聴取する。

#### 4.2 実験結果と考察

図6に、各質問への評価値の平均と標準偏差を示す。この結果から、質問項目3を除いた項目では、評価値が4.0を上回ることがわかる。特に、質問項目1の「自身と他のユーザとのカーソルの識別しやすさ」については、高い評価が得られた。インタビューからも、仮想影によってカーソルを識別していたという意見を得た。また、実験中の操作の様子を観察からも、仮想影によって識別していることが見受けられた。

質問項目3の評価値が低かった被験者からは、「相手に伝えたいことをどのように表現したらよいかかわからなかった」という意見を得た。また、「ある程度の慣れが必要である」との意見も得た。これらの意見から、カーソルに付随する大きさの仮想影の範囲で手ぶりや身振りをを使って意思を伝えることに難しさがあると考えられる。実際に利用された仮想影による主だった身振りや手振りは、図7に示す通りであり、種類が少ないことがわかる。

一方、本システムへの肯定的な意見として、「仮想影を用いることに楽しさがあった」ことがわかった。また、「仮想影が付加されることで協調作業をしている感覚が強い」という意見もあった。これらの意見から、カーソルに仮想影が付随することに楽しさがあったと考えられる。また、他者の仮想影からなんとなく様子のわかる曖昧さが、その様子を想像させるため、楽しさにつながったと考えられる。

#### 4.3 色分けカーソルとの比較実験

同被験者(2組, 6人)において、本システムを使用した場合とカーソルが色分けされているだけの場合とで、協調パズルの完遂時間を比較した。

この結果、2種類のカーソル間での完遂時間に有意な差は見られず、本システムによるタスク効率の向上は見られないことがわかった。

#### 5. おわりに

本研究では、グループウェアでのそれぞれのユーザのカーソルに仮想影を付加するシステムを提案した。これによって、ユーザは、個々のユーザを識別できるだけでなく、意思を伝達しやすくなって、協調感や楽しさを得られることがわかった。

今後は、身振りや手振りを表現しやすい撮影方法や提示方法および影の大小による誇張方法を研究する。そして、

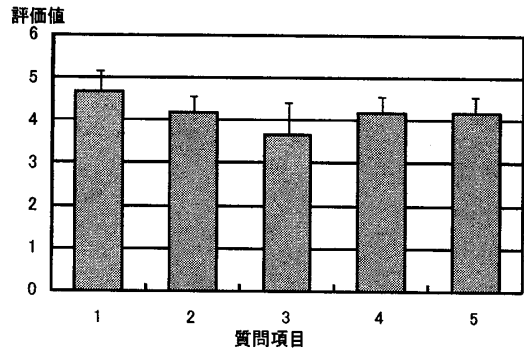


図6 仮想影カーソルを使用した被験者の満足度に関する質問紙調査への評価値

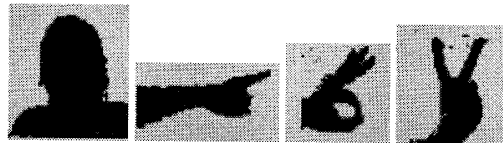


図7 実験中に仮想影で表現された身振りや手振り

仮想影カーソルをさまざまなアプリケーションへ適用して、楽しさや協調感をさらに増長できるシステムへと改善する。また、今回の実験では制限していた発話やテキストなどの他のモダリティへの作用や影響もあわせて評価する。

#### 参考文献

- [1] Cox D. and Greenberg S.: "Supporting collaborative interpretation in distributed Groupware," Proceedings of the 2000 ACM conference on Computer supported cooperative work, pp.289-298, 2000.
- [2] Gutwin C. and Penner R.: "Improving interpretation of remote gestures with telepointer traces," Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work, pp.49-57, 2002.
- [3] Hill J. and Gutwin C.: "Awareness support in a groupware widget toolkit," Proceedings of the 2003 international ACM SIGGROUP conference on Supporting group work, pp.258-267, 2003.
- [4] Osawa N.: "Pointer delegation for group collaboration using telepointers," CHI '07 extended abstracts on Human factors in computing systems, pp.2603-2608, 2007.
- [5] Shoemaker G., Tang A. and Booth K. S.: "Shadow reaching: a new perspective on interaction for large displays," Proceedings of the 20th annual ACM symposium on UIST, pp.53-56, 2007.
- [6] Apperley, M., McLeod, L., Masoodian, M., Paine, L., Philips, M., Rogers, B., and Thomson, K.: "Use of video shadow for small group interaction: Awareness on a large interactive display surface," Proceedings of the Fourth Australasian user interface conference on User interfaces 2003, pp.81-90, 2003.
- [7] Kato H., Naemura T. and Harashima H.: "Textured Shadow," Proceedings of the 2nd IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, pp.352-353, 2003.