

第6章 考察, 展望, および結論

6.1 考察, および展望

6.1.1 立体物を対象とした共同作業への応用

本研究では, コミュニケーションにおけるフィードバックを遠隔共同作業の場でも支援することが可能なシステムの開発を目的とし, 円滑なコミュニケーションを成り立たせる要件の確認と, この要件を満たしたシステムの開発を行った.

コミュニケーションにおけるフィードバックを支援した遠隔共同作業支援システムを開発するための要件を, 第2章で指摘した. それらは

1. 仮想共有空間内で共有する情報の同一性を保証すること,
2. 仮想共有空間に対する直接的な指示を支援すること,
3. 仮想共有空間と現実空間との関連付けを支援すること,
4. おおまかな作業領域の特定を行う身体表現を支援すること

の4つであった.

これらのうち, 2と3の要件を支援するための機構として, タッチパネル付きディスプレイに表示された仮想共有領域の画像に触れることで, 対応した現実空間に対しレーザスポットを照射することが可能なシステムの構築を行った. このシステムを構築することにより, ユーザが「直接的な指示」を行うことを可能とし, その結果フィードバックが得られるコミュニケーションの支援を行うことが可能となった.

本研究で構築したレーザポインタを用いたポインティングシステムは、紙や本のように、2次元とみなすことが可能な資料に対するポインティングの場合にのみ指示場所の正確さを保つことが可能である。第3.9節にてレーザスポットのキャリブレーションのための計算式を求めた際、計算を簡単にするため、レーザスポットが照射される空間では $z=0$ と仮定して計算した。そのため、このシステムで立体物を取り扱った場合、図6.1が示すように指示者がディスプレイ上で指示を行った場所と、実際にレーザスポットが照射された場所にずれが生じる。ずれが生じるということは、指示者が意図している指示場所と、実際に指示を受けた作業者が、レーザスポットを介することにより確認できた指示場所が異なるということである。このような場面では、コミュニケーションに悪影響を与えてしまうことは、これまでの議論からも明白である。

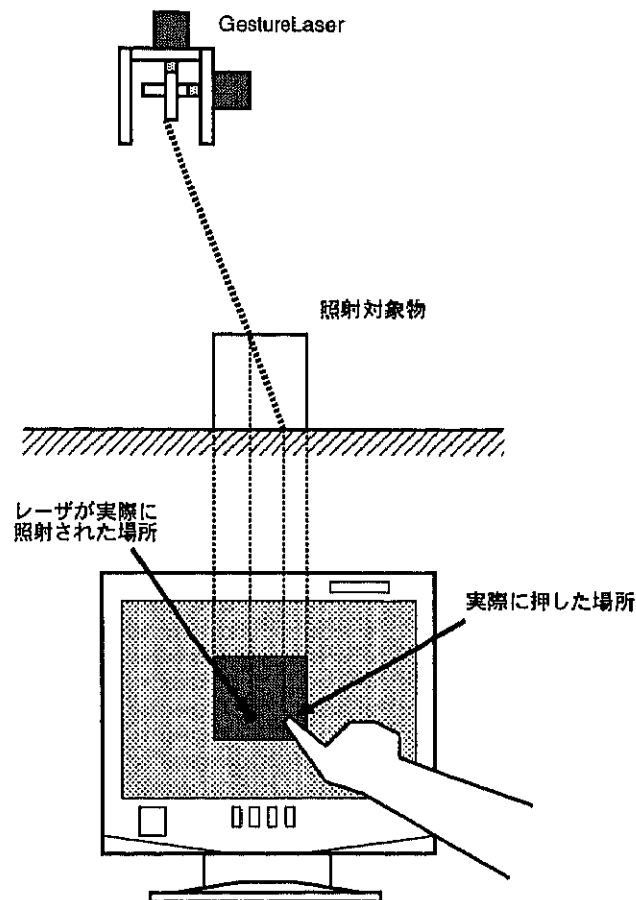


図 6.1: 立体物に対するレーザスポットの照射における照射位置のずれ

本研究ではフィードバックによって支援されたコミュニケーションを, 遠隔地間コミュニケーションにおいても支援するための要件を指摘し, その要件を確認することに重点を置いて進められた. 従って, 遠隔地と共有する資料は, 紙のような二次元的な資料に限定した研究を行った.

多くの CSCW 研究において, 紙という物体が持つ特徴, たとえば取り扱いの容易さに注目した研究が行われているが[BB96, LHG92, WFDJ94], 本論文もこの流れにそった研究の一つである. しかし, 紙を介した共同作業というものは, 数ある共同作業のひとつの形態であり, 実際はもっと複雑な物体を共有した共同作業が存在する. そして, 多くの共同作業はこれら様々な物体が混在するような環境でもある.

では, 立体物に対する直接的で, かつ正確なポインティングを支援するためにはどのような機構が必要とされるであろうか. ひとつの解として考えられる方式が, 書画カメラの隣に, 書画カメラ領域上に置かれた物体の形状を測定し, その測定結果をレーザスポットのキャリブレーションに反映させる方法である. 図 6.2 は立体物に対するポインティングを支援する機構の一例である.

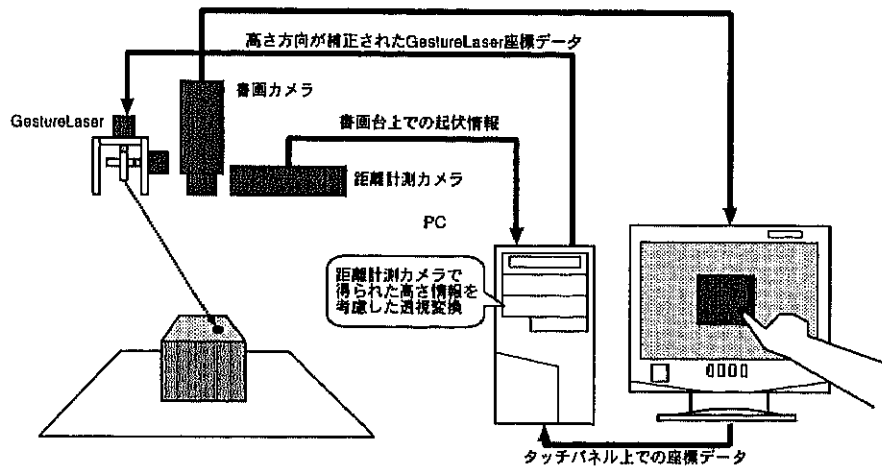


図 6.2: 立体物への指さし支援

距離計測カメラとして, PointGray 社が販売している DigiClops という製品がある (図 6.3). この製品は距離計測を行うための装置として, 3台のカメラが L字型に配置されている. このカメラが撮影した3枚の画像はPCに転送され, ソフトウェアを用いて任意の点の距離を得ることができる. このようにして得られた

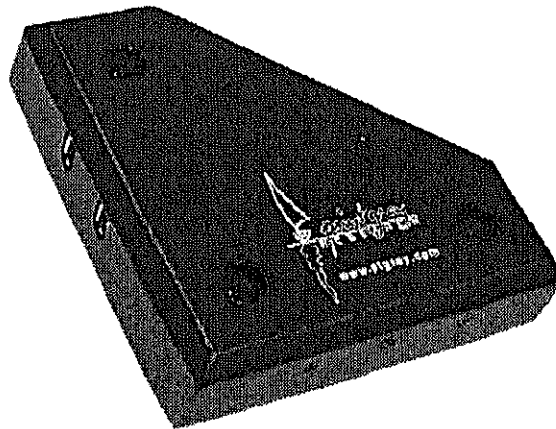


図 6.3: 距離計測用カメラ: DigiClops

距離, 即ち z 軸方向の座標を第 3.4.3 節の式 (3.8) および式 (3.9) に適用することで, 高さを持った物体に対するポインティングを支援することが可能となる.

三次元的な物体に対する, ディスプレイを通した直接的なポインティング支援は, 本研究で取り扱ったような机上に限定された共同作業のみならず, もっと広い分野での応用が可能である. 例えば, 遠隔医療指示や遠隔作業指示の場面などへの適用が考えられる. これらの点から見ても, 三次元物体への直接的, かつ指示位置に対応した遠隔ポインティング指示装置の開発は有益であろう.

6.1.2 ジェスチャ表現の支援

本研究では, 仮想共有作業空間に対する直接的な指示の支援と, この指示の現実空間に対する関連付けの機構として, タッチパネルで操作可能なレーザポインティングシステムを構築した. また, 実験を通し, この2つの要件が満たされていることも確認した.

しかし, レーザスポットによって支援できる指示方法は, 仮想共有作業空間内のある1点に限って指示する方法である. 図 6.4 にも示す通り, その表現能力はある一点に対して点灯, あるいは点滅によって伝えるか, あるいはレーザポインタを移動することによって発生する軌跡を使って物や人の流れを表現する程度であり, 手が持つ本来の表現能力に比べると非常に乏しい.



図 6.4: レーザを用いた表現の例

一方、図 6.5 が示すように、手が持つ表現能力は非常に多彩である。指先を使ってある一点を指定することができる。複数の指を使って、領域の広さや幅を示すこともできる。また、絶え間なく変化する指、あるいは腕の動きは、言葉には及ばないものの、レーザスポットのような点では表現できない多彩で時系列に沿って変化するメッセージを伝えることも可能である。

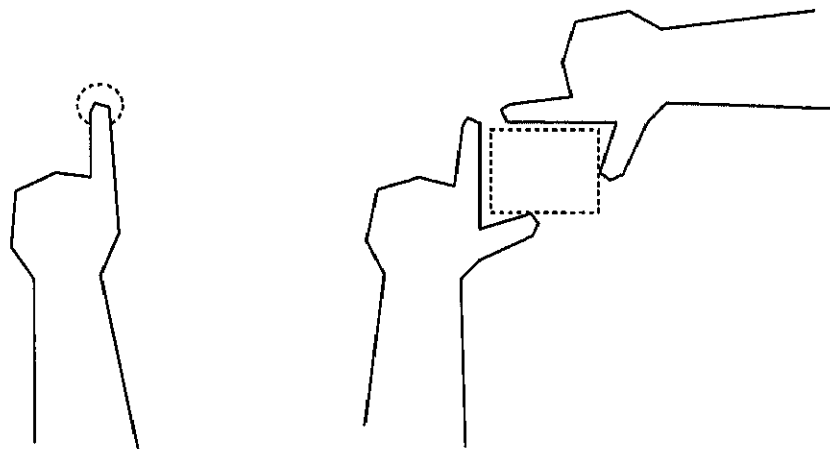


図 6.5: 指先を用いた様々な表現の例

そこで、レーザのかわりに、指示者の手振りを直接資料に投影する機構を考案し、システムに実装することを試みている。図 6.6 はこの機構の概要図である。

この機構では、レーザポインタユニットのかわりに、手振りを投影するためのプロジェクタが書画台の上に備え付けてある。手振り撮影カメラは仮想共有領域提示用ディスプレイの上で表現されたジェスチャを撮影する。そして、そのジェス

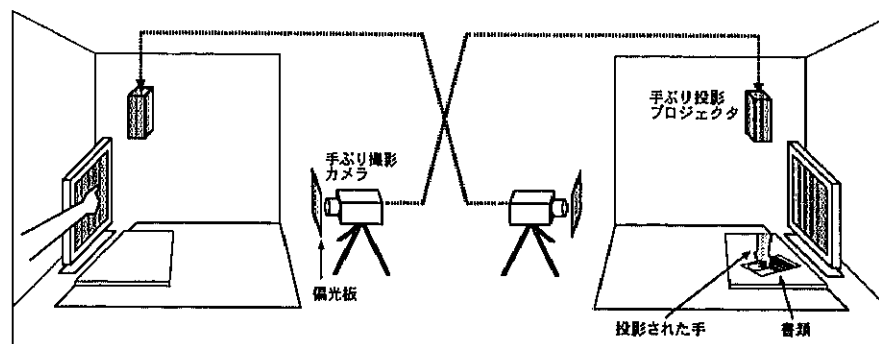


図 6.6: プロジェクタを用いた手ぶり画像の投影

チャの様子は遠隔地にあるプロジェクタを用いて、遠隔地の資料の上に直接投影されるようになっている。手振り撮影カメラの前方には偏光板が配置してあるが、これはディスプレイに表示された画像と手振りとを、光学的に分離するためである。ディスプレイとして液晶ディスプレイを用いているため、ディスプレイに表示された画像は既に偏光した状態となっている。そのため、液晶ディスプレイに内蔵された偏光板と直交するように、手振り撮影カメラに取り付けた偏光板を設置することで、手振りだけを切り抜くことが可能となる。

遠隔地の資料に対して直接投影されたこの手振り画像は、書画カメラによって再度取り込まれるため、指示を受けた作業者は、この手振りによる指示を、ディスプレイ上でも、また資料に直接投影させた映像からでも見る事が可能となっている。

このような機構を使うことで、レーザスポットを用いた場合と同じく、書画台を指示する間接的な指示に加え、仮想的に表示された資料に対して行う直接的な指示も行えるようになっている。図 6.7 はこの機構を用いて指示が行われた様子である。

筆者はこのシステムを使った実験をすでに何例か行っている。そして、各実験において、レーザスポットによる指示では見る事ができなかった指示の方法をいくつか観察することができている。

しかし同時に、レーザの場合では見られなかった、新たな問題も発生している。それは、カメラは無条件に手振り画像を撮影しているため、指示者が意図しない情報までプロジェクタによって投影されている問題である。表 6.1 に示すように、



図 6.7: 遠隔地の手振りが投影された様子

レーザーポットの場合はタッチパネルに触れている時のみレーザーポットを点灯させることができた。つまり、指示者は指示を行いたい時のみレーザーを点灯させることができることから、指示の伝達に関してはある程度指示者の意図通りに行うことが可能である。しかし、プロジェクタ投影方式の場合、プロジェクタやカメラは常に動作している状態のため、指示者が指示を行っていない場合も、ディスプレイの前で行っているジェスチャが転送されてしまい、誤解を生むような場面も見られた。

表 6.1: ジェスチャの表現方法

	レーザーポット	手振り投影
表現の豊かさ	△	○
指示の転送を行うタイミング	タッチパネルに触れたとき	常に撮影し、投影

既に述べた通り、手振りによるジェスチャ表現は、レーザーポットを用いる場合に比べ、表現力は非常に豊かだと言える。しかし、表現が豊かなだけ、その伝達方法が適切でない場合、誤解を生む可能性が高い[D. A96]。

この問題の解決法には、たとえばジェスチャを機械的に分析して、本当に伝え

たいジェスチャだけを伝えるように分別する装置を追加するなど、様々な手法がある。その一方、表現が豊かであり、また人間ですら誤解してしまうことがあるジェスチャを機械的に分類することは簡単ではないことは、これまでの研究からも伺い知ることができる。

本論文では、遠隔地間における指示支援に必要とされる要件を挙げ、最初の試みとして場所や流れの指示という比較的単純な指示の支援を行った。次に取りかかるべき目標のひとつは、これら表現豊かなジェスチャの適切な表示支援であろう。もちろん、ジェスチャを表示するための機構を開発することも重要だが、その支援のために準備するインタフェースを如何に設計するかも重要な課題である。

これらの課題の解決には、本論文で採用した社会学的な解析が有用であり、また本論文で行った研究は、第1.3.3節で触れた繰り返し手法(図1.2)の第一歩と位置付けることができるであろう。

6.2 結論

本論文ではコミュニケーションにおけるフィードバックに注目し、これを実画像通信におけるコミュニケーションで支援するための要件と、その具体的な実現方法について述べた。

従来行われてきた遠隔共同作業を支援する研究では、作業者のまわりに点在する作業対象となる情報、例えば顔画像や共同作業領域の共有だけに限って研究が進められてきた。しかし、実際にはそれら情報の「点」を結ぶ「線」、つまり腕の動きや身体の向きといった、領域の特定を行うための情報も存在している。本論文では、それらの情報を共有することが重要であることを指摘し、これを支援するための問題点について議論を行った。

共同作業における指示の役割は重要である。指示を行うことで、指示者の考えを指示を受ける人間へ伝えることが可能だからである。本論文では、指示という動作を第2.4.1節において、指示の二段階という形でまず整理した。即ち、指示というものは、

1. 作業に参加する作業者のまわりに多数存在する作業空間の中から、指示対象の領域を特定する動作(一段階目)があり、

2. 次に特定された領域内で, さらに細かい領域を指示する動作 (二段階目)

と分類することができる。一段階目の指示は「線」に相当し, 二段階目の指示は「点」に相当する。

この二段階の指示双方が揃ってはじめて, フィードバックのある指示, 即ち指示者の意図通りの指示が指示を受ける作業員へ伝わり, また指示を受けた作業員による, 指示位置の確認というフィードバックを適切に受けることができる。しかし, 実画像通信のようなメディアを通じたコミュニケーションでは, これら二段階の情報が欠損することを, 第2.3.2節で実例をもって指摘した。そこで, メディアによるこれら二段階の情報の欠損を押えるために, 本論文では次に挙げる手法を取った。

指示の一段階目, 即ちおおまかな領域を特定する動作を, メディアを通じたあとでも明確にするための具体的な要件を第2.5節で挙げた。それらは

- 個人で行う作業のための領域と, 共同で行う作業のための領域は分離する [Tan91].
- 作業のための領域, および作業相手を映しだすスクリーンの配置は, それに対する志向が明確に区別できるように配置する [山崎 98, 山下 99].

であった。

また, 指示の二段階目, 即ち一段階目で特定された領域の中から, さらに細かい領域の指定を支援するための要件を, 同じく第2.5節で指摘した。要約すると

- 共有された領域への直接的な指示を支援すること,
- その指示が的確に指示を受けた人間に伝わること

であった。

これらの要件は, 次の4つにまとめることができる。即ち, コミュニケーションにおけるフィードバックを支援した実画像通信システムを構築するための要件とは,

1. 仮想共有空間内で共有する情報の同一性を保証すること,
2. 仮想共有空間に対する直接的な指示を支援すること,
3. 仮想共有空間と現実空間との関連付けを支援すること,
4. おおまかな作業領域の特定を行う身体表現を支援すること

の4つである.

これら4つの要件, 即ちコミュニケーションにおけるフィードバックを支援した実画像通信システムを構築するための要件が必要条件であるかどうかを確認するために, これら4つの要件を具体的に実現する方法を考案し, システムとして実装した. これらの要件を満足したテレビ会議システムを構築するために, 作業領域の空間的な配置と, 指さしに追従するレーザポインタの構築を行った. この実装方法に関する議論は第3章で行った. また, 第5章では, 本研究を通して構築したシステムが, 前掲の4つの要件を満しているかを確認した.

最後に, 本論文で得られた結論を要約する.

- コミュニケーションはフィードバックによって支援されていることを指摘した. また, 適切なフィードバックを得るためには, 指示者の指示も正しく伝える必要があることを指摘した.
- 実画像通信を用いたコミュニケーションには, メディアによる歪みが生じていることを指摘し, これが円滑なコミュニケーション, 即ちフィードバックの伝達を阻害していることを指摘した.
- 適切なフィードバックを得るための要件として,
 - 共同で作業する領域への指さしによる指示が共有できること,
 - その指示が現実の空間に正しく反映されること,
 - 身体表現による作業領域の特定を支援できること

の3つを指摘した. また, 自己フィードバック支援の立場からは

- 共同作業領域で提示される情報に同一性を持たせること

を指摘した.

- 機材の配置を空間的に拡がりを持たせ, またその領域への身体表現を明確に表示させることにより, 身体表現による作業領域の特定を支援した.
- 共同作業領域における指さしを支援するための機構として, 遠隔操作可能なレーザポインタを開発した.
- レーザポインタによる指示は, 直接的な指示を可能にするだけでなく, 被指示者による指示対象の特定も支援していることがわかった. このことより, 指示者が行った指さしに対し, 被指示者が即時的に応答すること, 即ちコミュニケーションにおけるフィードバックを支援していることが言える.