

第2章 対面コミュニケーションとフィードバック

2.1 緒言

本章では、まずに実空間における対面コミュニケーションとフィードバックの関係について、心理学などの分野を参考に整理する。その後、対面コミュニケーションが実画像通信メディアなどを介して行われた場合に生じる問題点を指摘し、その問題が発生する原因を特定する。そして、これらの問題に対し本論文が取り組む解決法を提案する。

2.2 実空間でのコミュニケーション

2.2.1 基本的なコミュニケーションモデル

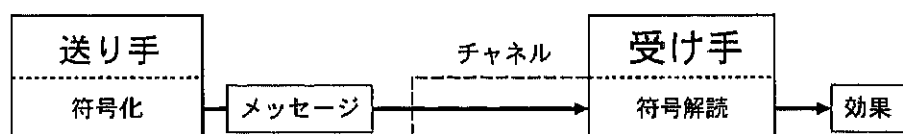


図 2.1: コミュニケーションの基本的な構成要素

図 2.1 は深田による単純化されたコミュニケーションの例である[深田 98]。コミュニケーションは「1) 誰が, 2) 何を, 3) どのような経路で, 4) 誰に伝え, 5) その効果がどうであったか」と表現できる。これらは図 2.2 において 1) 送り手, 2) メッセージ, 3) チャンネル, 4) 受け手, 5) 効果に相当する。

送り手とは、何らかの情報を送りだそうとする者のことである。送り手は、頭の中にある伝達したい情報を言語的表現、あるいは非言語的表現へと変換する。この変換する過程のことは符号化と呼ばれ、符号化された結果をメッセージと呼ぶ。即ち、メッセージとは言語的、あるいは非言語的表現であり、例として発話や指さしなどが挙げられる。

受け手はこれらのメッセージをチャンネルを通して受け取る。チャンネルは受け手、すなわち人間の五感に相当する。多くのコミュニケーションにおいては、複数のチャンネルが同時に用いられることが多い。受け手はチャンネルを通して受け取ったメッセージの意味を解釈する。この過程が符号解読である。

効果とは、送り手のメッセージが受け手に対して及ぼした影響のことである。効果には観察可能なものと、観察不可能なものが存在する。観察可能な効果は言語、あるいは非言語的表現として表現される。たとえば、送り手の呼び掛けをメッセージとすれば、「はい」と答えた受け手の応答は効果に相当する。

2.2.2 対人コミュニケーションモデル

前節で解説したコミュニケーションモデルは、送り手から受け手への一方通行的なコミュニケーションのモデルであった。このようなモデルが適用できるのは、マス・コミュニケーションのように、受け手と送り手が固定されている場合に限定される。一方、通常の対人コミュニケーションの場合、受け手が送り手のメッセージに対して表現した観察可能な効果は、送り手にフィードバックとして戻される。

このように、対人コミュニケーションとは、コミュニケーションに参加する者どうしで行われるメッセージのやりとりとも言える。DeVitoは、図2.2に表現されているような、対人コミュニケーションにおけるコミュニケーション過程の普遍的なモデルを提案している[DeV83]。この図を見てもわかる通り、送り手は同時に受け手としての役割も持つ。

ところで、送り手のメッセージに対して戻されるフィードバックは、受け手を介して戻されるフィードバックと、受け手を介することなく戻される自己フィードバックに分類することが可能となる。

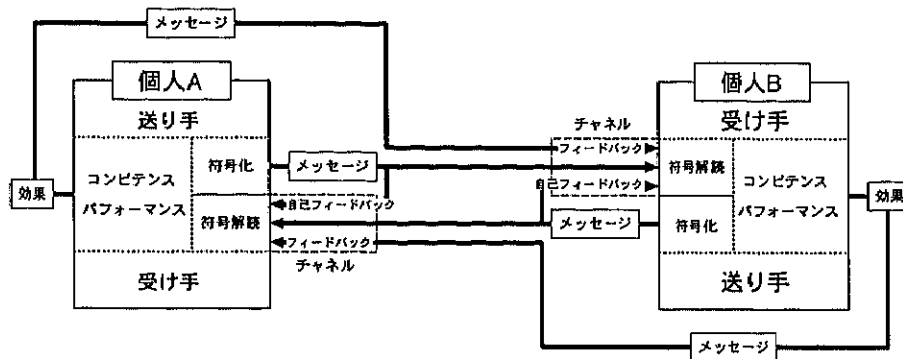


図 2.2: 対面コミュニケーション・プロセス・モデル

フィードバック

送り手のメッセージに対して表現された、受け手の効果は、メッセージとしてとして送り手に戻される。即ち、これがフィードバックである。フィードバックは、送り手の行為に対する、メッセージの受け手による反応と定義することができる。メッセージは受け手の五感で知覚できる、言語的、あるいは非言語的な表現であるため、このフィードバックも言語的、あるいは非言語的表現として戻される。

具体的なフィードバックの例としては、問いかけに対する頷きがある。あるいは、ある人間が行った指さしに対して、同じく指さしなどでその位置を確認するような行為もフィードバックである。指さしという非言語的メッセージに対して、その場所を指さすことで表現された受け手の効果は、フィードバックという形で送り手に戻される。このフィードバックを送り手が知覚することによってはじめ、送り手は送り手自身の行為に対する受け手の理解を確かめることができる。

自己フィードバック

送り手は、受け手からフィードバックを受け取るだけでなく、受け手に送ったメッセージを自分で知覚することがある。即ち、これが自己フィードバックである。送り手の行為に対する、送り手自身による直接的な認識と定義できる。

自己フィードバックの例として、自分の発言に対する誤りや、文字の書き間違いに対して即座に気付くような場合を挙げることができる。

2.3 実画像通信を介したコミュニケーション

2.3.1 実画像通信を介したコミュニケーションとその問題

ここまで整理してきたコミュニケーションのモデルは、実空間で対面している状態で成立するものである。しかし、実画像通信を介して行うコミュニケーションでは、Heath [HL91]も指摘したように、実画像通信に利用するメディアが原因となり、対面のコミュニケーションとは異なったものになってしまう。

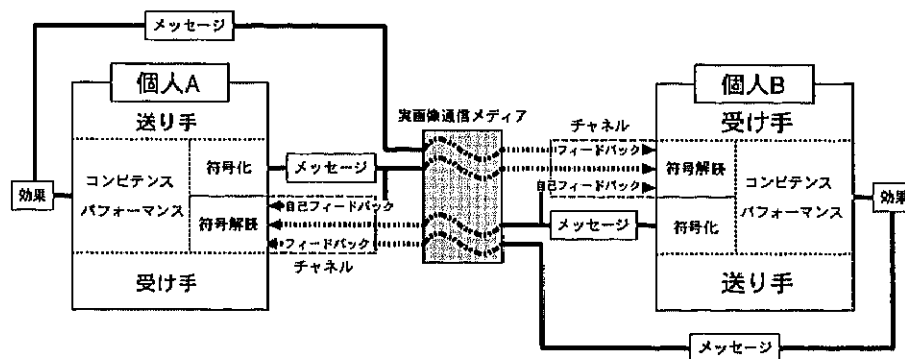


図 2.3: 実画像通信によって歪められたコミュニケーションのモデル

図 2.3 は、対人コミュニケーションがメディアによって歪められた状態を図示したものである。実画像通信では、送り手が発したメッセージは、実画像通信のためのメディアが媒体となり、受け手へと届けられる。作業者の発話や身振りなどは、マイクやビデオカメラによって取り込まれ、スピーカやテレビなどの映像機器などが代理物体となることで再現される。しかし、これら実画像通信メディアは、画角や解像度、あるいは音質などに限界があるため、人間の五感に完全に取っかわることはできない。このことが原因となるため、実画像通信メディアを媒体として再現された遠隔地の作業者の様子は、本来あるべき姿とは違った、歪められた姿になってしまう。この歪みは、遠隔地にいる作業者が発するメッセージを、その意図と違う形でディスプレイに再現する。対面では十分に判別可能な視線の変化などが、ディスプレイを通すと十分に効果を発揮することができないのである。また、歪められたメッセージを受け取った作業者は、最初の意図とは異なった理解を行ってしまう。また、この理解もメディアによって歪められ、遠隔地の作業者にフィードバックという形で戻されるため、自分のメッセージに対する理解が充分に行われているのかどうか、判断することが困難となる。



図 2.4: 指さしがうまく伝わらない例

2.3.2 実画像通信による指示の失敗例

図 2.4 は、一般のテレビ会議システムを用いた共同作業で、指さしによる指示と、その指示に対するフィードバックがうまく伝わらなかったシーンである。遠隔地にあるパズルのピースの移動を指示した指示者（図 2.4(a) の作業者）は、共同作業のための領域を表示したスクリーンを直接指さしている。しかし、この指さしは、作業者の様子を伝えるカメラ（顔カメラ）の視野外で行われてしまったため、遠隔地の指示者にはその指示している様子をうまく伝えることができない。指示者が指さしを使って指示をしようとする動作（図 2.4(a) の 1）は、顔カメラ画像（図 2.4(b) の左側）の下部に映っているので理解はできるが、作業空間のどの方向へ指示をしているのかを理解することができない。また、実際の指さし（図 2.4(b) の 2）は全く写っていないため、指示を受けた人間はその対象物を特定することができていない。

一方、通常の実画像通信においては、自己フィードバックはメディアによる歪みの影響を受けることはない。しかし、このことは別の問題が発生する要因となる。たとえば、共同描画のシーンを考えてみる。実空間で行われる描画の場合、送り手が書いた文字の大きさと鮮明さは、受け手にとっても同じ情報として共有することが可能である。しかし、メディアを通した場合、その情報は必ずしも等しくなるとは限らない。文字を書いた者が読める大きさの文字も、それを撮影するカメラを通してしまうと、必ずしも読めるとは限らない。システムが持ちうるこの限界を、作業者は通常知ることがないために、遠隔地と共有するしたい情報が共

有できない問題，つまり，情報の非共有性という問題が生じてしまう。

2.4 本研究で提案する手法

2.4.1 指示の二段階

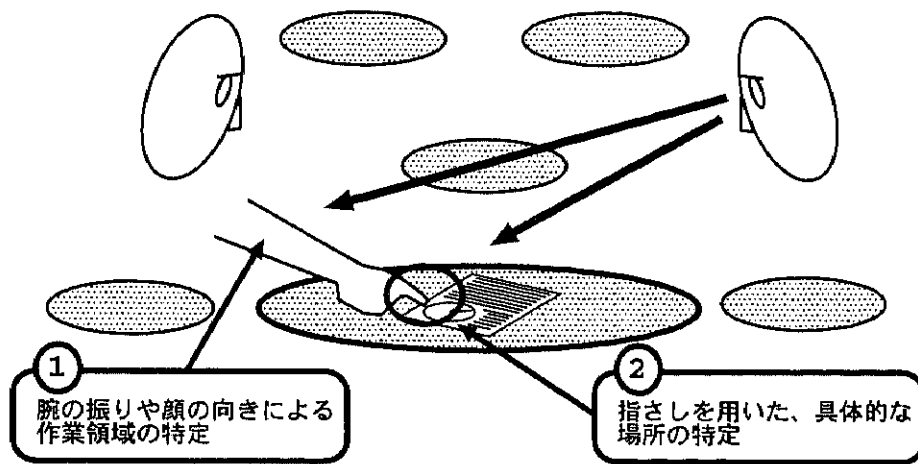


図 2.5: 指示の二段階

指さしによる指示は，図 2.5 に示すように，2 段階の動作に分けられる。

作業のための空間は，指示者，および作業者のまわりに多数存在する。これらの作業空間は，個人で作業を行うための空間 (個人作業領域) と，共同で作業を行うための空間 (共同作業領域) に二分することができる。

これらの領域のうち，どの領域に対して指示を行おうとしているのかを示す行為，即ちメッセージとして，腕の振り，あるいは体勢の変化が用いられる。腕の振りなどを用いておおまかな作業領域が例示されたあと，指先による，具体的な指示対象の特定が行われる。

前節で指摘した問題は，この 2 つの動作が，メディアを通したコミュニケーションでは欠落，あるいは不十分な情報のまま提供されてしまうために発生すると考えられる。即ち

- 指さしによる指示が、共同で作業するための空間の、どの方向に対して行われたのか認識できない問題と、
- 指さしによる指示が、共同で作業するための空間の、どの地点に対して行われたのか認識できない問題

これら2つの問題と考えることができる。実画像通信ではこれらの情報が欠落してしまうことがあるため、被指示者は指示者の指示を正しく受け取ることができない。正しく受け取ることができないために、指示者が指示した通りの作業をフィードバックとして戻すことができないのである。つまり、意図したフィードバックを得るためには、まず指示者の指示を、被指示者に対して正しく伝えることが重要となる。

2.4.2 フィードバック支援のための要件

前節より、意図したフィードバックを得るための要件は次の2点とも言える。即ち

1. 指示者の指示が、その意図通りに被指示者へ伝わることであり
2. 被指示者がその指示に対して行った反応が、その意図通りに指示者へ伝わること

の2点であり、さらに詳しく定義すると、

- 指示者の指示を正しく伝えるためには
 - 作業空間の、どの領域に対して指示を行おうとしているのかが正しく示せること
 - そして、作業領域内のどこに対して指示をしているのか具体的に示せること
- 被指示者の反応を正しく得るためには
 - 指示者の指示した領域に対して、被指示者が志向していることを正しく確認できること
 - そして、具体的に指示された場所で作業を行えること

と言える。

2.4.3 自己フィードバック支援のための要件

本論文で支援する自己フィードバックは、遠隔地と共有する資料に対する視覚的なフィードバックである。つまり、遠隔地と共有するための資料が、メディアを通すことによって遠隔地でどのように表示されているのかを、あらかじめ確認できるようにすることが重要となる。

2.5 共同作業を支援するための要件

一般的にテレビ会議システムを始めとする遠隔共同作業支援システムに要求されている機能としては、

- 遠隔地と仮想的に共有できる作業領域 (仮想共有空間)
- 作業者が相互に観察できる画面 (身体画像)
- 会話を行うための音声回線

が挙げられる。これらの機能のうち、本論文では画像を用いた作業、即ち仮想共有空間と、身体画像の提示方法について取り扱う。

これら画像情報の提示に関して必要とされる要件は、これまでの議論より、

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つにまとめることができる。

これらの要件を満足させるため、本論文では図 2.6 に提案するコミュニケーションモデルを提案し、採用する。それは、作業者がコミュニケーションを取るために行う身振りや手振りなどを、メディアによる歪みに耐えられる形にあらかじめ変形し、増幅させる方法である。また、共通で作業を行うための情報は、作業に参加する者全員が、あらかじめメディアによって歪められた結果を共有することにより、自己フィードバックの解決とする。

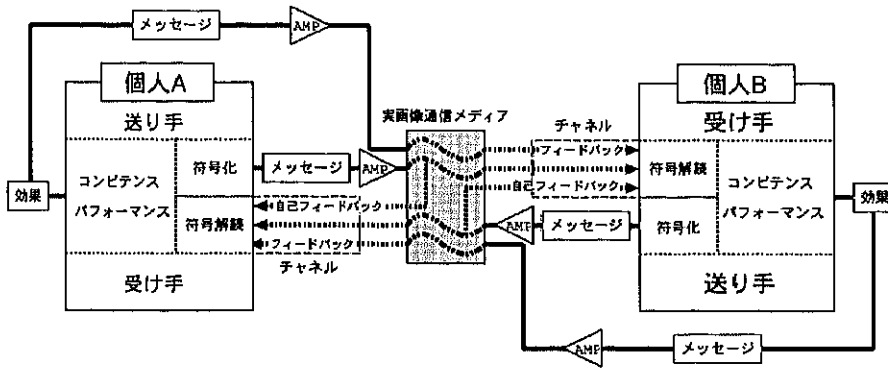


図 2.6: 提案するコミュニケーションモデル

2.5.1 仮想共有空間内で共有する情報の同一性保証

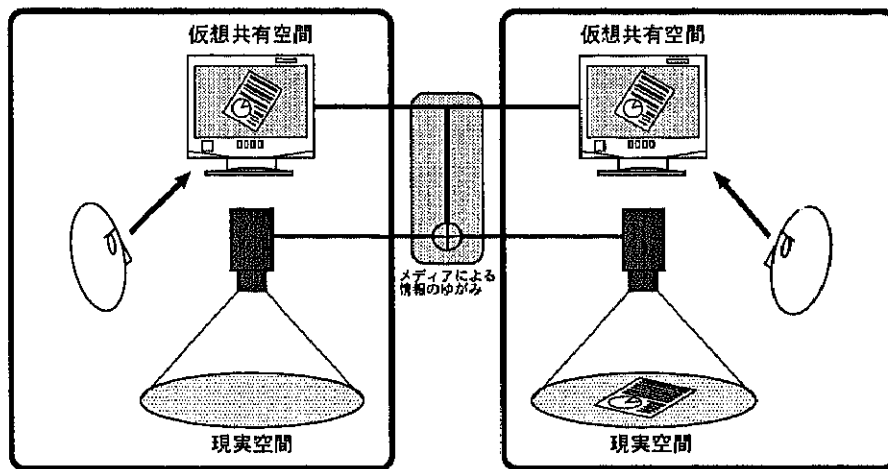


図 2.7: 共通認識の提供

仮想共有作業空間で行われる作業は、作業に参加する業者全員の一致した認識が必要とされる。

仮想共有空間の構築手法として、現在様々な手法が構築されているが、日常生活している空間に対し、ビデオ機材などを用いて仮想的な作業空間を構築する手法としては、次の3つの手法が挙げられる。

- 背面投影方式 [IK92, IKG92, Tan91, TM91]

- 直接投影方式[NW92, RS99]
- 画像合成方式[IO90, IM91, Ish90]

これらの手法のうち、背面投影方式と直接投影方式は、カメラによって撮影された遠隔地の共有作業領域の映像を、手もとの領域にプロジェクタ等を用いて直接投影する方式である。ただし、これらの手法では、本論文で主張する、仮想共有領域における共通認識の提供はできない。

これらの手法では、手もとにある遠隔地と共有したい資料は、自分の目を利用して直接見ることができる。しかし、この資料を遠隔地に提供する段階で、カメラやディスプレイなど、メディアによる歪みを受けてしまう。つまり、手もとの資料では明瞭に見える文字も、遠隔地で提示する時にはメディアの性質、即ち画質や解像度の問題のために不明瞭になる。つまり、自分が見ている資料と、遠隔地の作業員が見ている資料の映像には同一性がないと言える。同一性を持たせるためには、図2.7に示すように、遠隔地と共有した作業領域、つまり仮想共同作業空間から得られる情報を、全ての参加者が同じように共有する必要がある。このような環境を構築するには、画像合成方式で挙げられた手法が最適である。

メディアによる歪みを受けた映像を、遠隔地とローカル¹の作業員双方が共有できることは次のような利点がある。それは、遠隔地の作業員が視認可能な情報の提供を支援できる点である。自分が提示する資料が、遠隔地ではどのように見えているのか、あらかじめ確認できる利点、即ち WISIWYS (What I See Is What You See) という特徴を持たせることができる。

また、この要件を満たすことで、遠隔地間コミュニケーションにおける自己フィードバックの支援を行うことが可能となる。

2.5.2 仮想共有空間に対する直接的な指示の支援

前節で詳しく説明した要件は、図2.5で図示した概念図で説明すると、作業員のまわりに存在する作業領域のうち、双方の作業員で共有すべき作業領域をどのように提供すべきかという要件であった。

¹本論文では、遠隔地に対し、自分が存在する環境のことをローカルと表現する

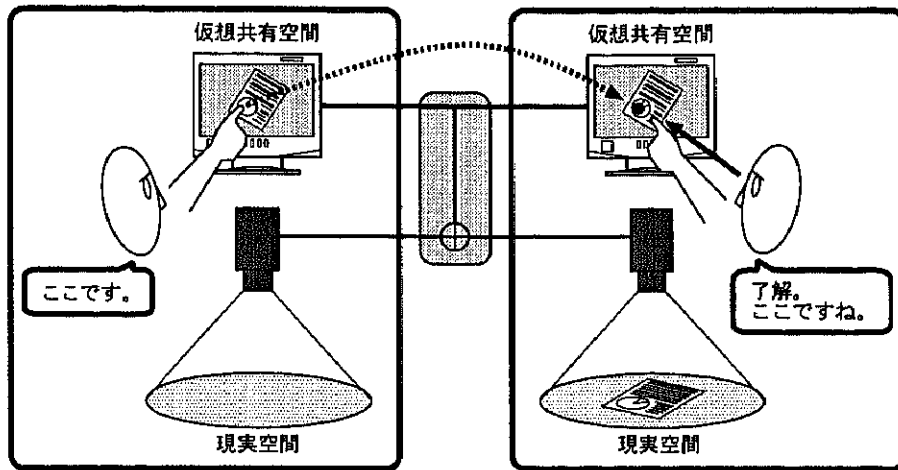


図 2.8: 仮想共有空間に対する直接的な指示の支援

二番目に挙げた要件，即ち仮想共有空間に対する直接的な指示の支援という要件を満たすことによって始めて，仮想共有空間に対する指さし位置の支援を行うことが可能となる。この要件が満たされることで，図 2.8 に示すような仮想共有空間に対する，指さしを用いた具体的な位置を，遠隔地の作業者と共有することが可能となる。

この要件を満たすためには，双方の作業者が，仮想共有空間に対して行った指さしの位置を，仮想共有空間を提示するディスプレイ上で直接確認できるような機構を開発する必要がある。また，遠隔地と共有することを目的とした領域全てが，この要件を満たすようにする必要がある。

2.5.3 仮想共有空間と現実空間との関連付け

前節の要件は，指さし位置を，仮想共有空間の中で共有するための必要条件であった。前節の要件を満たすことで，仮想共有空間内における指さし位置の特定を行える。

しかし，実際の作業では，仮想共有空間で行われた指さし位置に従い，現実空間の資料に対して作業，たとえば同じ場所を指さしたり，あるいはペンを用いて印を付けるための作業が行われることが多い。このような作業では，遠隔地の作

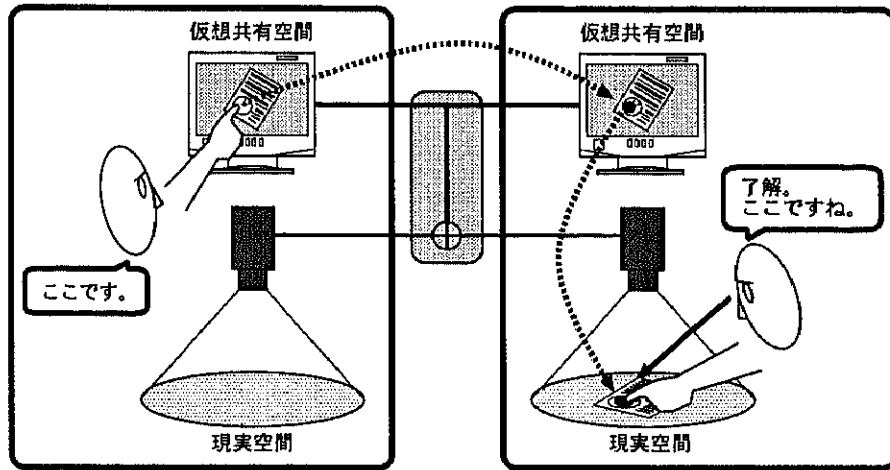


図 2.9: 指さし位置の関連付け

業者は、共有した資料のどの位置に対して指さしを行ったかを、現実空間と仮想共有空間に表示された資料とを比較しながら確かめる必要がある。

もし、仮想共有空間で示された指さし位置が現実空間に反映されない場合、指示を受けた人間は、仮想共有空間と現実空間の間を何度も比較しながら、指示場所の特定を行わなければならない。このような作業は、共有に用いる資料が細密になればなるほど、困難となってくる。

これらの問題を克服するためには、図 2.9 のように、指さし位置を仮想空間内で共有するだけでなく、その位置を現実空間に対しても反映させるような機構を実装する必要がある。

前節の要件と本節の要件の双方を満すことで、遠隔地間コミュニケーションにおけるフィードバックを支援するための前提、即ち伝えたい場所を確実に伝える環境、またその場所を即時に確認し、応答という形のフィードバックを戻すための環境を構築することができる。

2.5.4 志向の提示

志向とは、作業者が関心を払っている方向を示す、身体的な表示である。たとえば、顔の向きは一番関心を払っている方向を示し、腕の向きは指さしを行いたい

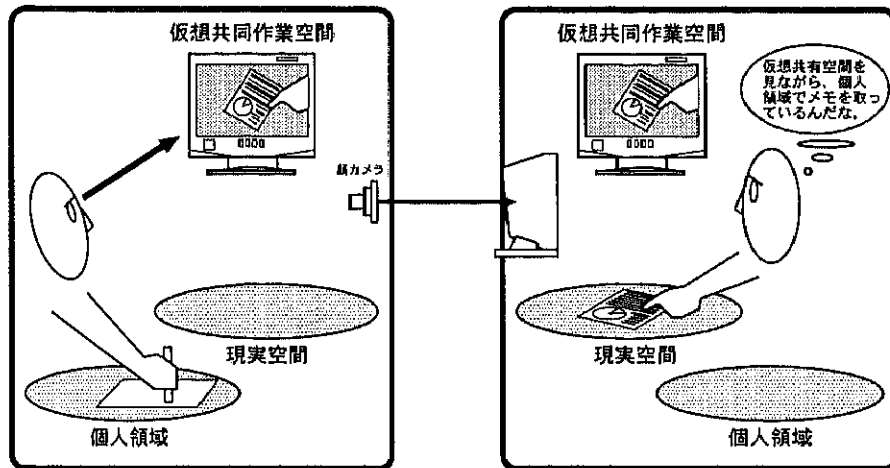


図 2.10: 志向の提示

方向などを示す。例えば、誰かと会話を行っている時、話の聞き手は話を聞いているにもかかわらず、視線は別の方向、たとえば PC のディスプレイを向いているような状況を考える。このような状況では、話し手は、聞き手が本当に話を聞いているかどうか確信を持つことができない。つまり、話を聞いているにもかかわらず、聞き手の志向、つまり顔の向きはディスプレイに向いているからである。

山崎ら[山崎 98]は、指示における話し手と聞き手の役割を、メディアを通じたコミュニケーションにおいても明確にするための要件として、身体メタファを提唱している[山崎 98]。この例からも、作業者のまわりに存在する作業空間、即ち遠隔地に存在する業者の顔画像、共有作業空間、現実空間、そして個人領域のどれに対して、作業者がどのような志向を提示しているか、明確にわかるように提示することが大切であると結論付けられる。また、鈴木ら[鈴木 95]は AlgoBlock という実物体を用いたプログラミング言語の開発を通し、身体表現を明確にすることの重要性を見いだしている。

作業者の様子が顔カメラで撮影され、遠隔地のディスプレイに投影される間には、メディアによる様々な歪みが生じる。この歪みの影響を最小限に押し、志向が明確になるようにするための具体的な方法として、

- 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出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].

というデザイン案を提案する.

2.6 本研究で取り扱う，コミュニケーションにおけるメッセージの分類

本研究では，コミュニケーションにおけるメッセージのうち，ノンバーバル言語と呼ばれる，話し言葉や書き言葉のように，言語には分類されていないメッセージの支援を試みる.

2.6.1 ノンバーバル言語の分類

黒川の分類[黒川 94]に従い，ノンバーバル言語を時間の推移による変化で分類すると表 2.1 のようになる. 時間の推移による変化とは，ノンバーバル言語が時間の流れに従って変化するかどうかということである.

黒川によれば，対人距離は時間軸で分類することができないとしている. 対人距離はその場の状況に強く依存するからである. テレビ会議システム上でのコミュニケーションの場合，着席した状態を基本とするため，身体距離の変化はないと言える.

表 2.1: ノンバーバル言語の分類

時間変化	大分類
あり	身体動作, 生理的行為, 対人接触, パラ言語
両方	対人距離
なし	身体的特徴, 発汗, 体臭, 衣服, 装飾品 眼鏡, 化粧, 身体加工

2.6.2 コミュニケーションチャネルの分類

ノンバーバル言語を利用するコミュニケーションチャネル，即ち人間の五感で再分類すると表 2.2 のようになる。

表 2.2: コミュニケーションチャネルの分類

チャネル	メッセージの種類
視覚	身体動作，対人距離，身体的特徴，発汗，衣服，装飾品，眼鏡，化粧，身体加工
聴覚	身体動作，生理的行為，周辺言語
触角	対人接触
嗅覚	生理的行為，体臭，化粧
味覚	

実空間でのコミュニケーションの場合，これら全てのメッセージが送り手より受け手へ送られ，またフィードバックとして戻されるが，通信メディアを介したコミュニケーションではそのメディアの特性により，利用されるチャネルの種類は制限される。

2.6.3 研究対象とするメッセージ

上で示したメッセージのうち，時間軸で変化しないものは本研究では対象外とする。また，机を狭んだ対面作業の支援を行うため，対人距離も固定とするため除外する。すると，時間軸で変化するメッセージと必要となるチャネルは表 2.3 の通りとなる。

本研究では，表 2.3 に挙げたチャネルとメッセージの支援を行う。

しかし，積極的に支援する対象は「視覚」に限定する。よって，「聴覚」に関しては変換を加えない。つまり，多くのテレビ会議システムがそうであるように，マイクで收音し，スピーカで再生するだけに留める。

研究対象とする視覚メッセージをさらに細かく分類すると，表 2.4 の通りになる。

表 2.3: 時間軸で変化するメッセージと必要となるチャネル

チャネル	メッセージの種類
視覚	身体動作
聴覚	身体動作, 周辺言語

表 2.4: 研究対象とするメッセージ（視覚）の細分類

メッセージ	メッセージの種類	
	大分類	小分類
視覚	身体動作	表情, 視線, 瞳孔, 手振り 身振り, 口唇の動き, 姿勢

小分類にあげたメッセージのうち、本研究で積極的に支援するものは「身振り」「手振り」と「姿勢」である。

身振りの定義は様々であるが、ここでは腕全体を用いた大きな動きのことを身振りと定義し、指を使った細かな動きは手振りと定義する。Ekmanによれば、身振りをはじめとする身体動作には5つの分類、即ち標識、例示子、感情表示、調整子、そして適応子があると言う。本研究ではこのうち例示子、その中でも指示動作の支援を行う。例示子とは「発話の内容や流れと結びつき、発話内容を強調、精細化、補足する」ものであり、「指示動作」により具体的な対象を指し示す。

身振りによる指示動作とは、腕全体を使って関心を持つ領域を特定することであり、手振りによる指示動作がその領域の中で特定の場所を指し示す働きを持つ。本研究では両者の支援を試みる。前者の支援には領域の分散配置を、後者の支援にはレーザーポインタを用いる。

姿勢という場合、身体の向きを指す場合（構え）と、椅子などに座った際の体勢（態度）とを指す場合があるが、本研究での姿勢は「身体の向き」として取り扱う。身体の向きというのは Kendon [Ken90] にも示しているように、注意の向きや関心を提示する役割がある。その作業者がどの作業領域に、どの程度関心を払っているかは、その姿勢を見ることで判断できるとも言える。このことから逆説的に次のことが言える。つまり、姿勢の変化が不明瞭な場合、その作業者はど

の領域に対して関心を払っているのかも不明瞭になるのである。

表情が伝えるメッセージの大部分は感情表出であり、随意に制御するのは難しい。また、表情は対面した状態で伝えることが多いため、システムにより特に強調する必要はない。また、瞳孔の大きさは自律神経反射によって変化するものであり、口唇の動きは発話に伴うものであるため、システムにより強調させることは難しい。よって本研究ではこれらの積極的な支援は行わない。

視線も積極的には取り扱わない。視線方向を知る手がかりは眼球の微細な動きだけであり、身体の動きのように明確に理解することが難しいためである。そこで本研究では、相手は視線をそらしているか、それとも自分を見ているかわかる範囲での視線の一致を行う。ただし、実験の解析においては視線が持つ機能を利用する。

2.6.4 最終的に対象とするコミュニケーションチャネル

これまでの議論より、本研究で支援対象とするコミュニケーションチャネルは、表 2.5 および表 2.6 とする。

表 2.5: フィードバックを支援するコミュニケーションチャネル

メッセージ	メッセージの種類	
	大分類	小分類
視覚	身体動作	身振り, 手振り, 姿勢

表 2.6: 自己フィードバックを支援するコミュニケーションチャネル

メッセージ	メッセージの種類	
	大分類	小分類
視覚	身体動作	手振り

2.7 本章のまとめ

システムの具体的な実装方法の提案する前に、遠隔共同作業を支援するための要件を再度挙げる。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。

1の要件を満足するためには、書画カメラ方式による共有作業空間構築手法、即ちTeamWorkStation [IM91] 方式を採用する。ただし、この手法は2、および3の要件は満足していない。そのため本研究では同時に2および3の要件も満足させたための機構を導入する。具体的には、仮想共有空間で行った指さし位置に対応する現実空間へ、レーザスポットを照射することで実現する。

4の要件を満足させるために、遠隔地の作業者を等身大、かつ上半身の映像を、スクリーンに対して投影することとする。また、遠隔地の作業者がどこに志向しているのか、明確に判断することができるよう、作業のための領域を、空間的に分離して配置することとする。

次の章では、これら4つの要件の具体的な実装方法について論じる。