

# 第1章 序論

## 1.1 緒言

人間同士の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。たとえば、問いかけに対する応答がそうである。遠隔地とのコミュニケーションを実画像通信を用いて支援する場合においても、このフィードバックを適切に支援することが重要である。また、適切なフィードバックを得るためには、応答だけではなく、問いかけといった行為も、その意図通りに伝えることができるよう、システムが支援することも重要である。

本研究では、身振りなどに表現される作業者の注目方向、即ち志向の伝達支援と、遠隔地と共有した作業領域における直接的な指示支援の二点に着目し、指示を行う作業者の意図や、指示を受けた作業者の身振りなど身体表現に現われる反応を、実画像通信メディアを通じたあとでもその意図通りに再現することを試みた。

## 1.2 本研究の背景

近年のネットワーク技術の発達は、テレビ会議システムのように広帯域の実画像通信をリアルタイムで転送するアプリケーションの開発を可能としている。

テレビ会議システムの需要は企業内の会議だけに留まらず、遠隔医療[鈴木 00, SUK+]や遠隔学習など、その適用範囲は広い。

例えば教育の分野を見てみると、テレビ会議システムを用いた学校間交流や異文化交流を、より積極的に進めようという動きが見られる[三宅 97]。テレビ会議システムを利用することのメリットは、単に移動時間と交通費を削減できるだけ

ではない。生徒が疑問に感じた自然現象などを、思いついた時点で即座に遠隔地の生徒と共同で検討し、比較することを可能とする。つまり、テレビ会議システムを導入することは、生きた教材を導入することとも言える。

しかし、ネットワークインフラに関連する技術的な研究に対し、テレビ会議システムを利用した共同作業の場をどのように設計するかという研究は決して多いとは言えない[井上97, 井上96]。この点からも、テレビ会議システムの普及には、共同作業の場を設計することが重要となる。

## 1.3 本論文の立場

### 1.3.1 本研究の目的

実画像通信を用いることで遠隔地との共同作業を支援する研究は、Xerox における Media Space の研究[MBS+91]を初めとして、現在までに様々な試みが行われてきた。これらの研究の多くは、作業対象や作業者の顔画像を、ビデオ機材を用いて提供することに重点を置いている。様々な視点から撮影した映像を、各作業者に与えることによって、コミュニケーションのための情報量をふやすことが、効率的な作業の支援になるという考えである。

しかし、Heath らによって行われた研究[HL91]は、無秩序に配置されたビデオ機材を通したコミュニケーションでは、自分の理解を示す身体動作が十分な効果を発揮できていないことを示している。また、Isaacs [IT93] は、実空間で行う対面の会話と比較し、ビデオ機材を通したコミュニケーションは発言権の調整などが困難であることを指摘した。だがその一方、山崎らの研究[山崎98]では、ビデオ機材の配置を実空間における身体配置に則したものにすることにより、ビデオ映像を通した身体動作が有意味になることを示している。これらの研究事例が示していることは、作業者の相互行為における発話・視線・身振り・手振り・身体移動などをビデオ機材で単純に代理させるだけでは不十分であるということである。特にノンバーバルメッセージと呼ばれる視線、身振り、手振り、および身体移動という動作は、作業者と作業対象との空間的な配置と密接な関係があり、遠隔地との共同作業を支援するシステムの設計においては、これらの再現が重要な課題となる。

人間同士のコミュニケーションというものは一方通行ではない。たとえば、ある作業者が指さしを用いて別の作業者に指示を行う場面では、その指示だけが正しく伝わることだけが重要とは言えない。指示を受けた作業者が表現する、音声や頷き、あるいは確認のための指さしなどによる応答を、指示を与えた作業者が確認できることも重要である。この「応答」という形のフィードバックが指示を行った作業員へ戻されることによって始めて、指示を行った作業員は、その内容が正しく伝わったことを理解することが可能であり、次の指示を行うことが可能となる。

そこで本論文では、共同作業のための空間を、いままであまり論じられてくることがなかった空間設計[井上97]という立場に立ち、コミュニケーションにおけるフィードバックを、実画像通信を介して支援することを試みる。特に、次に挙げる二つのノンバーバルメッセージの伝達を試みる：

- 手振りや体勢によって表現される、作業員の注目方向（志向）の伝達とフィードバックの支援
- 指さしを用いて行われる指示位置を特定する行為の伝達とフィードバックの支援

上記の目的を達成するために、いままでディスプレイ上、あるいはその正面だけに限られていた共同作業のための領域を、空間的に拡がりを持たせて配置することを提案する。また、遠隔地と仮想的に共有した作業領域の構築と、その領域に対する直接的な指示を支援するためのシステムの提案も行う。そして、本論文を通し、これらのシステムが遠隔地とのコミュニケーション、とりわけ指示の伝達とその応答という形のフィードバックを支援していることを示す。

### 1.3.2 本研究で取扱う共同作業

過去、遠隔共同作業を支援システムはその目的から様々なシステムが開発されてきた。それらは、2者による共同作業を支援するもの[IM91]、あるいは多人数による作業を支援するもの[IOJ+96, 岸野92]といった、参加人数の違いだけでなく、共同描画支援[TM91, IK92]、実空間作業支援[YYK+99]など多岐に渡る。

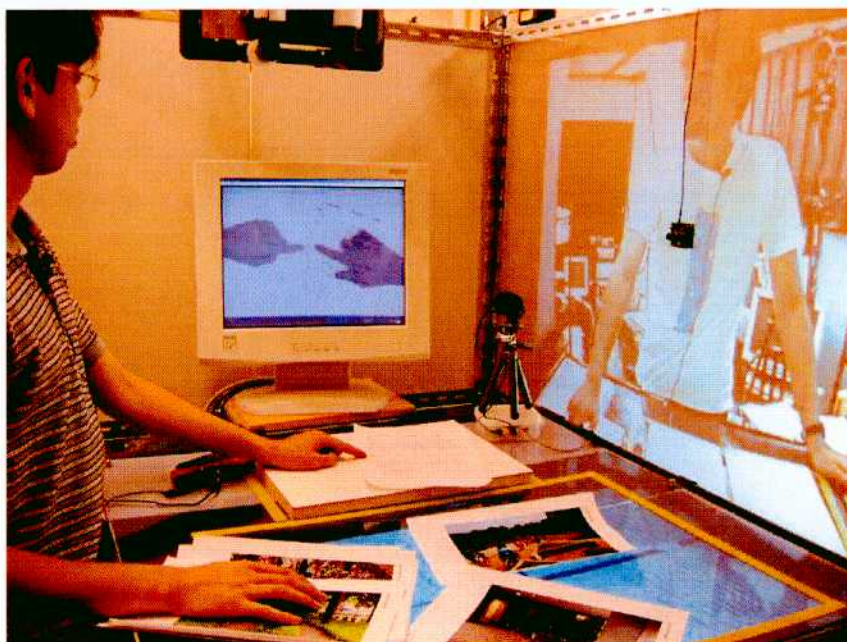


図 1.1: 遠隔共同作業支援システム Agora

本研究最大の目的は、遠隔地とのコミュニケーション、とりわけ指示の伝達とその応答という形のフィードバックを支援するための要件を明示することであり、またこの要件に沿って構築したシステムが十分に機能しているかどうかを確認することである。従って、この目的を達成するためには、システムに要求される機能を、本質的な部分を残しつつ単純化することが重要となる。

本研究では、1対1、即ち2者による対面コミュニケーションの解析とその支援を念頭に置くこととする。実際の共同作業は2者に限らず、複数の作業者によって行われる状況が多い。また、企業や各種学校におけるテレビ会議システムの使われ方を見ても、1対1という状況は少ない。しかし、本研究の目的はコミュニケーションに必要とされる要素の確認であるため、あえて2者によるコミュニケーションの支援に限定して研究を進めることとする。2者間のコミュニケーションに限定した研究であるが、このコミュニケーション形態は対多数コミュニケーションの基本となるため、この研究から得られる知見は少なくないと確信する。

遠隔地と共有する物体は、紙のように平面的な物体を対象とする。実際の共同作業では、紙のような二次元的な物体に限られることは少なく、大抵は複雑な立体物が混在した環境での作業が多い。従って、立体物を対象としたシステムを構

築することは非常に有益だと言えるが、立体物に対する遠隔指示には、構造的に解決すべき問題も多い。本研究では、対人コミュニケーションの中でもとりわけ指示の伝達と、それに対する応答という形のフィードバックの支援を行うための要件を指摘し、また遠隔地間でコミュニケーション的なフィードバックを得られる指示支援のための手法を構築することを目的としている。つまり、本質的には指示を支援するための要件を明示することであり、立体物に対する指示支援の手法を確立することが目的ではない。

以上の目的により、本研究で取り扱う共同作業の形態を次のように限定する。

**通信環境** 2拠点を実タイムの実画像通信（片道100msec程度の遅延）で接続する。

**参加人数** 各拠点で参加する作業者は各1名、合計2名とする。

**共有対象** 2者間で共有する資料は、紙や本のように、比較的平坦で二次元的な物体とみなせるものとする。

**非拘束** 偶発的、かつ即時的なコミュニケーションを支援するため、作業には特別な機械は装着させない。

**作業環境の対称性** 2拠点に準備する共同作業のための環境は同じものとする。

### 1.3.3 本研究で採用する評価手法

テレビ会議システムなど、グループウェア開発における研究の流れは、従来のHCI（Human Computer Interaction）研究のような、コンピュータと人間との関わりに関する研究から、CSCW（Computer Supported Cooperative Work）研究のように、複数の作業員による、コンピュータを介した共同作業の研究へと主眼が移りつつある[葛岡95, 三樹98]。

CSCW研究を「コンピュータによる支援環境開発（CS）」という視点から見た場合、コンピュータを介した共同作業支援や、音声・実画像通信などを利用した技術開発が重要となってくる。しかし、視線や身振り手振りを伝えようと、単にカメラとそれを写しだすテレビを遠隔地の作業員との間に準備しただけでは、協

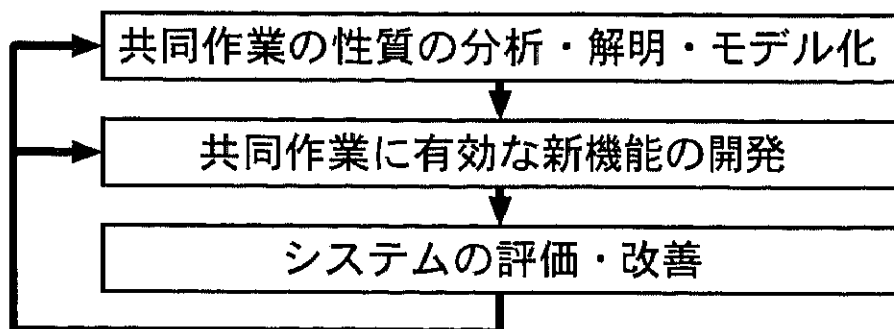


図 1.2: 繰り返し手法 (Iterative-approach)

調した共同作業は望めない。また、直感や主観だけに頼って構築したシステムは、設計者が期待した程の効果を挙げていないことも指摘されている[三宅94]。

メディアスペース研究で問われたように、情報がコンピュータによって媒介された場合、その情報がどのように伝わり、変形するのか、またメディアスペースによって媒介された共同作業が、どのように行われているかを注意深く観察し、システム的设计に還元する必要がある。このときに重要になってくるのが、「共同作業自体の研究 (CW)」である。

「共同作業自体の研究」においては、コンピュータと人間そのもののかかわりよりも、コンピュータを媒体として行われる、複数の作業による共同作業そのものの分析や性質の解明、およびコンピュータの果すべき役割などを中心に研究がすすめられる。これらの分析には、社会学者をはじめ、認知科学者や文化人類学者など、さまざまな研究分野に従事する研究者が関心をあつめている。また、共同作業の解析にあたっては、エスノメソドロロジーと呼ばれる相互行為分析が一般的である。

この、「コンピュータによる支援環境開発」と、「共同作業自体の研究」は独立に存在する別々の学問ではなく、表裏一体の研究として進められる。また、各々の研究は一回限りのものではなく、何度も繰り返すことによってシステムの完成度をと高めてゆく。Tang はこれを Iterative approach と呼び (図 1.2)、共同作業の分析、システムの構築、評価、そしてこの評価に基づくシステムの再設計を行う重要性を述べている[TM91]。

本論文では、作業によるコミュニケーションが、実画像通信などの媒体によってどのように変形されるのかという点に注目して研究が進められる。従って、本

節で触れた通りシステムの開発だけでなく、そのシステムを介した作業者間の相互行為について論じる必要もある。従って、本研究ではシステムの設計および評価として、次のふたつのアプローチを採用することとする。

- システムの性能評価やシステムを利用した印象などの調査には、作業時間、アンケートによる印象度評価などを利用した数値的分析を行う。
- システム構築の設計指針の立案、およびシステムを利用した共同作業の分析には相互行為分析を行う。

## 1.4 グループウェアとその実例

グループウェアとは、空間的・時間的制約を克服し、共同作業を支援するための技術、あるいはそれを実現したシステムそのものを指す言葉であり、その空間的な特性や時間的な特性から、更にいくつかの種類へと細かく分類することができる。グループウェアはその空間的な特性において、対面型のように直接顔を見合せることが可能な場面での共同作業を支援するタイプと、分散型のように、物理的に離れた場所との間での共同作業を支援するタイプに分類できる。時間的特性は、同期型のように実時間で共同作業を行う場面の支援と、非同期型のように、必ずしも共同作業を行う人間が同時に作業を行わない場合の2つに分類できる。グループウェアの分類には複数の分類法があるが、ここでは葛岡による分類の例[葛岡 95]を表 1.1 に挙げる。この表には、非同期・対面型のグループウェアが記入されていないが、これは、対面した段階で実時間性が保障されているためである。

### 1.4.1 対面・同期型

対面・同期型のグループウェアとして、電子会議システムが挙げられるが、このシステムの中でも有名なものに、1980年代半ばに Xerox PARC で研究された Colab がある。このシステムは従来からの机を囲んだ対面型の会議を、コンピュータを用いて支援するものである。会議に参加している参加者にはコンピュータが用意され、各々がネットワークによって接続されている。これにより、会議の中

で使われる資料を電子的に共有する事が可能になり、個人のコンピュータに表示された資料に文字を追加したり、絵を描いたりすると、それが全員のコンピュータ画面に反映されるようになっている。

この研究により、「自分が見ているもの」と「他の参加者が見ているもの」を同じにすることで、会議の参加者全員が同一の視覚的情報を共有するという WYSIWIS (What You See Is What I See) という概念が生まれた。一方、会議中には他人に見せたくないメモも取りたい場合もある。このような場合には他人からそのメモを見られないように、適切に保護する必要がある。WYSIWIS の概念に沿ってシステムを設計する場合、共有のレベルをどこで、どのような手法を用いて区切るかが重要な課題のひとつである。

表 1.1: 空間的・時間的な特性によるグループウェアの分類と主な応用例

| 時間<br>空間 | 非同期型                                | 同期型                             |
|----------|-------------------------------------|---------------------------------|
| 対面型      |                                     | 電子会議システム                        |
| 分散型      | プロジェクト管理システム<br>電子メール<br>ネットワークニュース | テレビ会議システム<br>メディア・スペース<br>Agora |

#### 1.4.2 分散・非同期型

分散・非同期型のグループウェアとして一番良く利用されているものに、ネットワークニュース、あるいはパソコン通信の掲示板システムのように、参加者が自由な時間に、様々な場所から意見を述べ、それを見ることが可能なシステムがある。また、電子メールも分散・非同期型のグループウェアとして挙げられることがある。時間と場所に制約されにくいというのが、分散・非同期型グループウェアの特徴である。しかし、この型のグループウェアにおいては時に、非同期といった実際のコミュニケーションには存在しない、特殊な時間軸が原因で、「フレーミング」と呼ばれる、過度に敵対的な文章を書いたり、揚げ足を取るといった、非社会的な現象が見られることもある[葛岡 95]。



### 1.4.3 分散・同期型

分散・同期型グループウェアとしては、テレビ会議システム型のグループウェアが良く知られている。遠隔地にいる相手の顔をカメラで撮影し、自分の目の前のモニタに投影することによって、あたかも対面しているような感覚で、対話を行うことができる。また、対面・同期型グループウェアで用いられているように、遠隔地のコンピュータともインターネットなどを介して接続することにより、資料などを共有することも可能である。本研究で取り扱う遠隔共同作業支援システムも、この分類に含まれる。

分散・同期型グループウェアの研究として、1980年代半ばに Xerox PARK で行われたメディアスペースの研究が有名である。この実験は、オフィス間を音声・実画像通信によって接続し、物理的に離れた様々な土地にいる設計者同士の共同設計という作業を支援することを目的に始められた。この実験を通して、音声・実画像通信などの情報媒体 (media) によって新たな空間、メディアスペースが形成され、そこ行われる作業形態は、従来の作業形態とは異なったものである事を見いだした。メディアスペース研究では、視線や身振り手振りなどの非言語情報がどのように使われ、情報媒体によってどのような変形が生じるかに注目した。しかし一方、身振り手振りは「視覚的に」伝わるものの、その意図はうまく伝達されず、ますます誇張されるものになるといった、「コミュニケーション上での非対称性」も指摘されている [HL91, 山崎 98]。

## 1.5 CSCW 研究とエスノメソドロジー的分析

### 1.5.1 CSCW とエスノメソドロジー

CSCW における社会学的な評価として、近年注目を集めているのが、Sacks らによる会話分析にはじまった、エスノメソドロジー的な分析である。

エスノメソドロジー的分析とは、複数の作業員による一連の作業の中の、ある瞬間を取り出し、その瞬間そのものが、作業員によってどのように達成されているのかを記述し、分析する手法である。エスノメソドロジーという文字通り、人々による (ethno) 手法 (method) を研究する学問 (logy) である。ここでは、作業

者間における相互行為が、どのように秩序立てられているのかに対して最大の関心が寄せられる。

エスノメソドロジ的分析において、重要な概念のひとつに「エスノメソドロジ的無関心」という概念がある[三樹 98]。これは、エスノメソドロジによる分析が、分析者から見た主観を排除し、その場面に無関心でありながら、その瞬間に行われた行為を、作業者のみが知る情報だけを頼りに分析を行うという特徴があることを示している。

しかし一方で、このエスノメソドロジ的無関心という概念は、Suchman が行った飛行場内の管制塔における共同作業の分析などが示しているように、エスノメソドロジ的分析がそのままシステムの評価として利用しにくいという問題点もある[土屋 92]。エスノメソドロジ的分析は、ある瞬間の出来事に無関心な立場を取りつつ、その瞬間に至った経緯を系統だてて説明することが目的であり、そこで行われた作業の善し悪しを分析することが目的ではないからである。エスノメソドロジ的分析にとっては、作業がうまくいった場合には、うまくいったその経緯を説明することが目的であり、失敗した場合であっても、その失敗に至った経緯や、作業者によって、その失敗をどのように回復しようとしているのかを観察し、説明することが目的だからである。

工学者の立場として、システムの設計指針を定め、またその指針に沿って構築されたシステムの評価を行うとき、いくつかの案を比較検討し、また数値的な分析を行おうとするため、エスノメソドロジ的分析のように、作業の評価を行わない分析は一見扱いにくい分析のように見えてくる。実際、エスノメソドロジ的分析を基にしたシステムの設計指針やシステムの評価は少ない。しかし、これらの研究を通してわかることは、エスノメソドロジ的分析はシステムの設計・評価に対して、少なくとも2つの工学的なアプローチを持っているということである。

### 1.5.2 システム分析としてのエスノメソドロジ的分析

ひとつは、システムが有効に活用できているかどうかの確認である。たとえば、従来の工学的な分析の場合、会話の活発さをひとつの指標として用いる場合がある。しかし、会話が活発に交されたことが、必ずしもシステムが有効に使われていることにはならない。山崎らが身体メタファの設計指針を考察する際に指摘した

ように、システムだけではうまく指示が伝わらないために、作業者らの間で「手、見えていますか」「見えています」という、作業内容を確認するような会話が活発に用いられることもある[山崎98]。このような場合、会話の活発さそのものは、システムを評価するための尺度として利用することはできない。しかし、このような場面をエスノメソドロジエ的手法を用いて分析することによって、システムの評価につながるような、いくつかの特徴的な行動が観察されることもある。たとえば、Heath と Luff が指摘した、ビデオ画像を介した場面での、コミュニケーション的な非対称性[HL91]がその一例である。

作業者がその時に見ていた映像や、その身体配置などをたよりに、その場その場を記述することによって、システムに欠けていた情報は何か、また、システムそのものが効果的に利用されていたかどうかを確認する目的でエスノメソドロジエ的な分析を利用するのである。

### 1.5.3 システム設計指針立案とエスノメソドロジエ的分析

もうひとつは、システムの設計指針に利用することである。前述したように、エスノメソドロジエによる分析そのものが、直接システムの設計指針となることは少ない。しかし、共同作業をエスノメソドロジエ的に分析することによって、どのような情報が必要なのかといった必要条件だけでなく、それらの情報が、どのような空間的配置において利用されているかといった、十分条件を見いだすことが可能となる。Tang は、共同描画の分析を通して、身振り手振りが重要であることを見出した[Tan91]。それだけでなく、この身振り手振りが、作業者全員から観察可能な場所で行わなければならないことも、この分析により結論付けている。相手の様子が単に見えたり、話したりしている内容を単に聞くことができるだけでなく、それらをどのように見せて、聞かせる必要があるのかという、システムの設計上の指針を、エスノメソドロジエ的な分析によって得ることも可能である。

## 1.6 本研究の構成

本論文は全6章より構成されている。第1章にて研究背景、および本研究を推進することの重要性について述べた。続く第2章では、対人コミュニケーション

をフィードバックという観点から整理する。また、このフィードバックを、実画像通信を用いて支援するための要件を挙げる。この要件に従い設計、開発した遠隔共同作業支援システムである AgoraG のシステム概要を第3章で解説する。第4章ではシステムの定量評価を行い、第5章にて社会学的な相互観察手法を用いて、AgoraG を用いた遠隔地との共同作業においてコミュニケーション的フィードバックが支援されているかどうか観察する。最後に考察、展望、および結論を第6章で述べる。