

## 汎用機器の統合制御による 日常研究活動支援システムの構築

望月 祐洋\* 峯尾 淳一† 村井 純‡ 徳田 英幸§

慶應義塾大学総合政策学部 慶應義塾大学環境情報学部  
慶應義塾大学環境情報学部 慶應義塾大学環境情報学部

あらし

本稿では、今後の計算機ネットワーク環境における新たなコミュニケーション形態を考えるのに有効だと考えられる“コミュニケーション特性の概念”及び“コミュニケーション・ラインの構造モデル”を提案する。これらの利用による日常研究活動のコミュニケーション形態の分析結果に基づいて汎用機器を統合的に制御することで、コミュニケーションの効率を高める協調活動支援システムのプロトタイプを実証的に構築する。

### Construction of the hybrid system supporting daily research group activities by introducing and controlling multi-purpose tools and technologies

Masahiro Mochizuki Jun'ichi Mineo Jun Murai Hideyuki Tokuda  
Keio University

#### Abstract

The development of highspeed networks, mobile computing environment and wide spread of notebook computers and PDAs cause great effect on our communication style. Thus, differences between face-to-face interaction and communication through computer network have been gradually diminishing.

Corresponding to these dynamic changes, we have been considering a new communication architecture and developing a collaborative system supporting our daily research group activities on campus applying multi-purpose tools and technologies.

---

\*moma@sfc.wide.ad.jp  
†mineo@sfc.wide.ad.jp  
‡jun@sfc.wide.ad.jp  
§hxt@sfc.keio.ac.jp

## 1 はじめに

我々は日常生活の様々な場面でコミュニケーションを通じて情報交換を行っている。通常行う対面型コミュニケーションの形態が存在する一方、計算機を中心とするネットワークと共に生活する者達には、計算機上の様々なコミュニケーションツールの利用による、ネットワーク特有のコミュニケーション形態が存在する。

これらコミュニケーション形態の違いが、それぞれの形態に特有の様々な特徴を生み出す。従来こうしたコミュニケーション形態の違いに基づく特徴の対比が可能だった大きな理由は、対面型コミュニケーションとネットワークコミュニケーションの棲み分けがうまくなされてきたためである。

しかし、現在計算機及び計算機ネットワーク環境は大きな変化を迎えつつある。低価格、高性能、多機能化によって一人が数台のノートブック、サブノートブック型コンピュータを所有し、無線を利用した移動体通信環境の整備が進展し、高速ネットワークを実現する技術の成熟により実際のネットワークインフラが徐々に整備されている。また、計算機以外の様々なエンティティのネットワークへの接続性の確保といった問題も生じている

これらの技術革新による大きな環境変化に伴い、多数の人間が自由に移動し、同時に多数の計算機もあらゆる場所へと移動することによって、環境には絶えず動的変化及び不確実性が発生する。そして、これらの影響によりコミュニケーションの形態も変容し、対面型コミュニケーションとネットワークコミュニケーションとは融合しつつある。

以上の大きな変化の枠組の中でコミュニケーションの体系を考えたとき、既存のコミュニケーションツールはこれらのパラダイム・シフトに対応して設計されていず、効果的にコミュニケーションを行うことは難しい。

これは従来のツールが、ネットワークに負荷を与えずに情報をいかに伝送するか、いかに効率良く経路制御を行うか、またいかなるプロトコルを使用するかという技術的側面に偏って設計され、実際に伝送される情報の内容・価値という質的側面での考慮が十分にはなされなかった点、及びデスクトップ会議システム等に代表される協調活動支援ツールの、対面型コミュニケーションの単純な模倣という点に大きく起因する。

環境の変化がもたらすコミュニケーション形態の質的転換に目を向け、計算機や計算機を中心とするネットワークが日常生活に深く根差した次世代の環境での新たなコミュニケーションのありかたを探り、その結果に基づき創造的協調活動を体系的に支援するシステムを構築するのが最終的な目標である。

そこで本研究では、コミュニケーションでやり取りされる情報の質的側面の十分な考慮、及びコミュニケーションの形態の的確な把握を目的とする最初のモデルを確立し、機器と通信の統合的な制御でこれを追及するシステムを実証的に構築して実験を開始した。

## 2 日常研究活動の分析

### 2.1 コミュニケーション特性について

日常研究活動支援のシステムを設計・構築するため、日常的な研究環境が実際にはどのようなものであり、どのような物理的制約が存在するのか、また研究グループの構成員としてどのような人間が存在し、どのようなスケジュールに従って活動しているのかという情報に基づき検討を行う必要がある。

こうした検討を行う前段階として、どのような視点で研究活動を捉えるかという方針を定める足掛かりとなるモデルが必要である。

そこで、コミュニケーションのプロセスで発生する様々な情報の特性に着目し、それらが一体どのようなツールやメディアを通じてやり取りされ、それらの複合的な組合せが全体としてどのようなコミュニケーションの形態を創り出し、どのような効果を生み出しているのかという点を適切に把握し、コミュニケーション形態のモデル化を進める枠組となる“コミュニケーション特性”の概念を、以下のパラメータを使って表現する。

**コミュニケーション主体:** コミュニケーションを行う当事者及びその集合である。コミュニケーション成立のために、情報の送り手と受け手になる最低一組のコミュニケーション主体が必要とされる。

**コミュニケーション・コンテキスト:** コミュニケーションのなされる様々な場面

**コミュニケーション・トポロジ:** コミュニケーション主体の空間的位相である。通常トポロジには距離の概念は含まないが、ここでは距離概念も同時に含む。コ

コミュニケーション・トポロジは静的に決定される場合もあるが、コミュニケーションの間中動的に変化している可能性がある。

例えばコミュニケーション主体の一方が車で移動中の場合、携帯電話なり携帯端末を利用してれば位置・距離の変化によってコミュニケーションが途絶える恐れがある。このように移動体通信を前提とする環境では、コミュニケーション主体の位置・距離情報が不可欠である。

またコミュニケーション・トポロジに基づき物理空間、または仮想空間のどちらかの共有がなされる。

コミュニケーション・ライン: コミュニケーション主体間の情報の双方向の通路である。コミュニケーション・コンテキスト、コミュニケーション・トポロジに基づき、様々なコミュニケーション・ラインが成立する。

またコミュニケーション・ラインは通常の対面型コミュニケーションによって形成される場合や、何らかの情報通信手段を介して形成される場合とがある。

図??にコミュニケーション・トポロジ及びコミュニケーション・ラインの関係を示す。

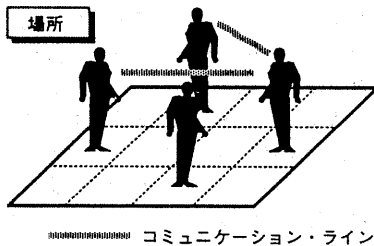


図 1: コミュニケーション・トポロジ及びコミュニケーション・ライン

**情報特性:** 情報の持つ情緒性<sup>1</sup>やメッセージ性<sup>2</sup>などの特性である。本稿では情報は情緒性及びメッセージ性の二つの情報特性を持つと仮定する。

**コミュニケーション・チャンネル:** コミュニケーションの際に用いられる、主として映像、音声、文字の三つのチャンネルである。コミュニケーション・チャンネルは、情報特性に基づいて決定される。情報特性及びコミュニケーション・チャンネルを一体で取り扱うことで、伝送する情報の本質が明確になり、冗長な情報を適切に排除できる。

<sup>1</sup>人間の感情やその動きを中心とする性質

<sup>2</sup>情報の内容、意味を中心とする性質

図??は、コミュニケーションによって伝達される情報中の情報特性の割合、映像 (Image)、音声 (Voice)、文字 (Character) の各チャンネルの利用割合、及び情報の流れる方向を示している。

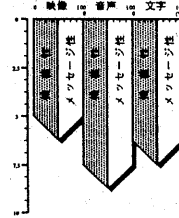


図 2: 情報特性及びコミュニケーション・チャンネル

以上のコミュニケーション特性に着目し、図??では“大学の講義”というコンテキストの下<sup>3</sup>でのコミュニケーションの形態を図式化した。

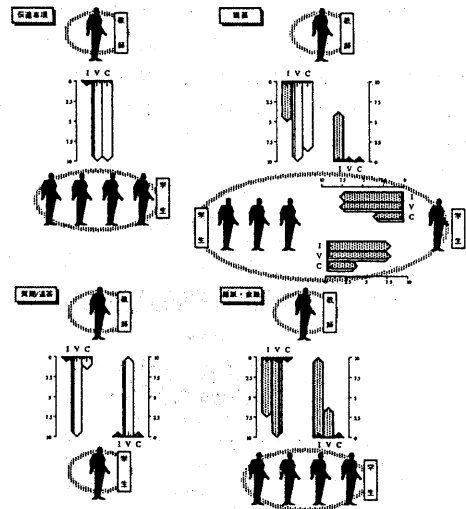


図 3: 大学の講義におけるコミュニケーションの形態

## 2.2 コミュニケーション・ラインの構造

ここではコミュニケーション特性の概念に基づき、コミュニケーション・ラインの構造モデルを提案する。このモデル化により、コミュニケーションでの情報の

<sup>3</sup>さらにその中には“伝達事項”, “講義”, “質問/返答”, “雑談・余談”という形での新たなコンテキストが存在しているという事実からも、おそらくクラスとインスタンスの概念を適用するのが適当だと思われる

流れを明確に捉えられる。コミュニケーション・ラインの構造モデルは、図??に示される三つの階層からなる。

**階層1:** コミュニケーション特性中の情報特性の層。まずコミュニケーション主体の情報の送り手が、受け手に伝えたいと考える何らかの情報が存在する。この情報には、情緒性及びメッセージ性がコミュニケーション・コンテキストに応じて混在すると仮定する。情緒性が強ければ情緒性中心の情報であり、メッセージ性が強ければメッセージ性中心の情報になる。

**階層2:** コミュニケーション特性中のコミュニケーション・チャンネルの層。情報特性を有するコミュニケーション情報を伝送するための、コミュニケーション・チャンネルを選択する。チャンネルには映像、音声、文字の三種類ある。情報の送り手は、受け手に最も効果的に伝達するにはどのチャンネルの使用が適切かを考慮して選択する。情報特性に応じ、チャンネル全てを選択する場合と一部のチャンネルのみを使用する場合がある。

**階層3:** 情報伝送経路の層である。選択したコミュニケーション・チャンネルに応じてツール、メディアといった実際の情報伝送経路を選択する。使用するコミュニケーション・チャンネルそれぞれに、対応するツールやメディアが存在する。

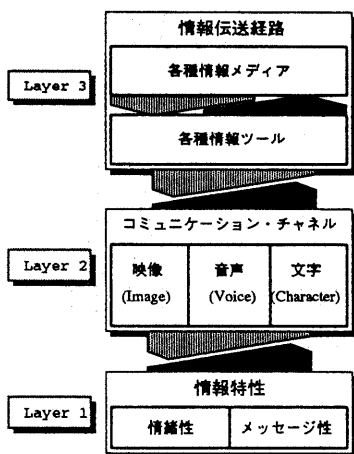


図 4: コミュニケーション・ラインの構造モデル

### 2.3 共有作業空間の必要性

これまで、主としてコミュニケーションの形態及び特性について述べた。

コミュニケーションの形態は様々でも、効果的なコミュニケーションを行うためには、コミュニケーション・ラインを適切に形成する必要がある。

この結果、複数のコミュニケーション主体が情報を交換しつつ、協調活動を円滑に行える物理的空間を共有作業空間と呼ぶ。

この共有作業空間の創出手段は、コミュニケーション・トポロジに応じて様々である。具体的には、前掲のコミュニケーション・ラインの構造モデル中の第3層のメディアやツールの組合せに依存する。ここでは研究グループ活動という限定的なコンテキストの中で共有作業空間の創出の問題を考える。

現実の研究活動の場面で、ミーティングやブレインストーミングを行う際は参加者全員が一つの問題に集中する必要がある。このために共有作業空間を創出することで全員の一体感を強め、特定の問題に対する集中度を高める。

複数のコミュニケーション主体が研究室という物理空間を共有し、対面型コミュニケーションのみを行う場合には、モデル第3層の情報メディアやツールを介さず直接コミュニケーション・チャンネル同士を結べる。この結果コミュニケーション・ラインの構造は単純化され、またコミュニケーション・ライン数自体も大幅に限定されるため、適切なコミュニケーション・ラインの形成による共有作業空間の創出が容易である。

しかし参加者全員が物理空間を共有することは十分可能なものの、現実にはそうした機会は少ない。そこで実際には、様々な情報メディアやツールを利用した仮想共有作業空間を創出する必要がある。

参加者それぞれがネットワーク・リーチャブルな携帯端末上でコミュニケーションツールを利用することで、実際にはそこに多くの異なるコミュニケーション・ライン(研究グループのメンバではなくネットワーク上の第三者とのコミュニケーション・ライン)が発生する。その結果、過度なラインの確立によって各人の意識が発散する。

この問題を回避し、個々の意識を一箇所に集中させるためには、余分なラインはなるべく統廃合する必要がある。この目的のため、外部とのコミュニケーション・ライン形成に大型スクリーンを利用して、情報伝送経路を全員で共有化する。

参加者の情報のやり取りは、実際は様々なラインを通じて行うことが可能だが、基本的には共有大型スク

リーンの使用を前提とする。これにより同室で物理空間を共有する人間は、黒板やホワイトボードに相当する“対面型コミュニケーションの補助手段”として利用し、また別室の人間との仮想共有作業空間の創出に利用する。携帯端末上でのコミュニケーション・ツールは、研究室に在室しておらず、共有作業空間及び共有大型スクリーンを利用した仮想共有作業空間のどちらにも属することができない外部からの参加者が利用する。

## 2.4 汎用機器制御

研究活動の場で、汎用機器を手元で統合的に制御可能であることは、コミュニケーション・ラインの形成及び仮想共有作業空間の創出に深く関わるが、これらとの関係について CCD カメラの制御を例として述べる。

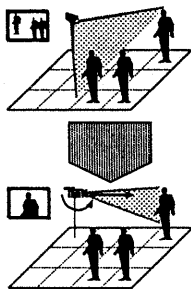


図 5: CCD カメラの制御例

図??の様に CCD カメラの方向転換やズームを行うことで、コミュニケーション主体を自由に選択可能である。図??では、最初はコミュニケーションで伝送される情報の受け手(または送り手)として三人を対象にするが、CCD カメラの方向転換及びズームにより、一人を対象として選択している。対象から外された二人は、映像チャンネルに限ればコミュニケーション・ラインを有さない。(映像情報を一方的に受け取ることは可能。)

また CCD カメラの制御で映像を自由に変えることで、コミュニケーション・チャンネルの切替えも行える。映像チャンネル重視で形成されたラインで、無関係な映像を選択する等の手段でチャンネルの重要度を下げ、相対的に音声・文字チャンネルの重視のコミュニケーション・ラインへと変更する。

さらに相手側の CCD カメラを遠隔操作し、モニターを通じてその操作による映像の変化とそれに対する相

手の示す反応をつぶさに観察できることで、異なる空間という物理障壁を除去し、仮想共有作業空間の連続性に対する信頼感向上の役割を果たす。

CCD カメラに限らず、コミュニケーション・ラインの構造モデル第 3 層に属する汎用機器の選択のポリシーは、第 2 層のコミュニケーション・チャンネルに依存する。

選択された機器の制御は、WS のシリアルポートに接続したマルチプログラマブル赤外線リモコンとリモコンサーバクライアントによって行う。機器の制御に赤外線リモコンを利用したのは、赤外線でコントロール可能な機器は数、種類とも豊富であり、日常生活でも馴染みが深いためである。これらの信号を制御用リモコンにプログラムすることで、様々な機器が容易に遠隔制御可能となり、各コミュニケーション・チャンネルの選択対象となる機器の汎用性が高まる。

## 3 汎用機器の統合制御による実験

前節では、今後の計算機ネットワーク環境における新たなコミュニケーション形態に対して有効な「コミュニケーション特性の概念」及び「コミュニケーション・ラインの構造モデル」を提案した。

そしてこれらの概念及びモデルに基づきコミュニケーション・コンテキストとして選択した日常研究活動に、汎用的な情報ツール、メディアを体系的に適用することによりコミュニケーションを効果的に支援し、創造的研究成果へと導くためのシステムのプロトタイプ構築を試みた。

### 3.1 システム構成

ここでは、実際のシステムの構成及びそれらとコミュニケーション特性との対応関係について説明する。まず研究環境をコミュニケーション特性の概念を用いて記述する。

コミュニケーション主体: 研究グループに所属の教員及び学生

コミュニケーション・コンテキスト: 日常研究活動の様々な場面(中でもブレイン・ストーミングの場면을重視)

コミュニケーション・トポロジ: 研究室が 2ヶ所にありそれぞれの研究室内での人員配置、及びネットワーク

を通じて外部から参加する人間の位置・距離関係  
 コミュニケーション・ライン: 研究室の人間の数、及び  
 トポロジに応じて動的に形成される

コミュニケーション主体により決定されるコミュニ  
 ケーション・トポロジ、及びそこでのコミュニケーショ  
 ン・ラインの様子が図??である。

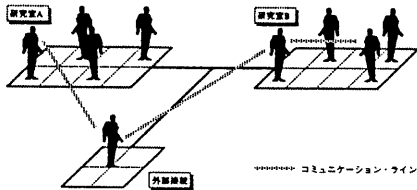


図 6: 研究環境でのコミュニケーション・トポロジ及  
 びコミュニケーション・ライン

そして、図??が実際のシステム構成である。キャンパ  
 ス内の異なる二地点の研究室間にアナログ伝送用ケー  
 ブルを独自に敷設している。

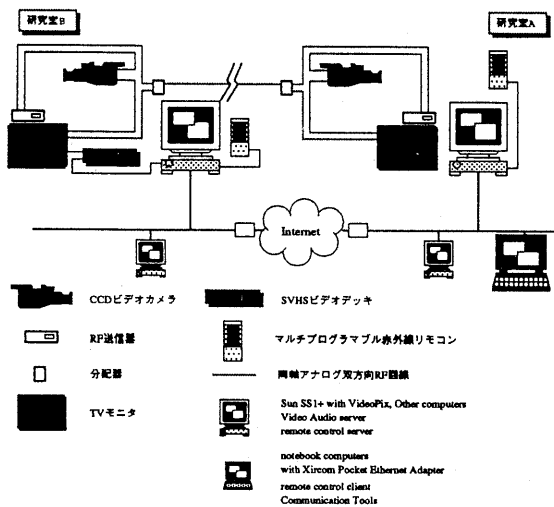


図 7: システム構成図

CCD カメラ、TV モニタ、ワークステーション (WS)  
 などの機器、及び WS 上のアプリケーションは、全て  
 コミュニケーション・ライン構造モデルの第 3 層に位  
 置づけられる。

これらの機器選択のポリシーは、コミュニケーション・

ライン構造の第 1 層と第 2 層の組合せに依存する。伝達  
 される情報が映像チャンネルを必要とする場合には CCD  
 カメラ、TV モニタ、Video Audio サーバクライアント  
 等、音声チャンネルを必要とする場合は CCD カメラ  
 備えつけのマイク、TV モニタ内蔵スピーカ、WS に  
 接続のマイク、音声アプリケーション、音声デバイス  
 等、文字チャンネルを必要とする場合は手書きの文字、  
 CCD カメラ、WS 上の既存のキャラクタベースのアプリ  
 ケーション等のメディアやツールが選択される。

個々の研究室内の人間同士は既に物理空間を共有し  
 ているため、情報伝送経路としての汎用機器を使用せ  
 ず、直接に互いのコミュニケーション・チャンネルを結ぶ  
 ことによってコミュニケーション・ラインを形成する。

研究室間でコミュニケーション・ラインを成立させ  
 るために、CCD カメラ、TV モニタを利用する。

また、WS 上で新たに実装した Video Audio サーバ  
 クライアント (mw) と CCD カメラを組合せ、研究室  
 外からの参加用ラインとして利用する。

以上述べたように、コミュニケーション形態として  
 研究室内での通常の対面型コミュニケーション、大型テ  
 レビモニタを利用した他研究室との擬似対面型コミュ  
 ニケーション、研究室外にいる人間が Video Audio ク  
 ライアントを利用して参加するネットワークコミュニ  
 ケーションの三種類を想定している。システム利用者  
 はこの三種類の枠組の中で様々なコミュニケーション・  
 ラインを確立する。

これに加え、各自が WS、PC、携帯端末上で既存のコ  
 ミュニケーション・ツール (write, talk, phone, irchat,  
 vat, nv etc.) や、その他様々なツール、メディアを組み  
 合わせるにより、新たなコミュニケーション・ラ  
 インを自由に形成でき、これに応じてコミュニケーション  
 の形態も様々に変化する。

個人が同時にどれだけのコミュニケーション・ライ  
 ンを使用できるかは、各人のメディア・リテラシに依  
 存する。複数のコミュニケーション・ラインをある程  
 度保有することは、流通する情報量を増加させるので  
 効果的だが、個人の処理能力の限界を超えると逆にコ  
 ミュニケーションが機能しない。

マルチプログラム赤外線リモコンとリモコンサー  
 バクライアントの組合せは、複数のコミュニケーショ  
 ン・ラインを、コミュニケーション主体が必要に応じ  
 て適切に選択するために利用する。参加者は手元の端  
 末上で動作するリモコンクライアントの利用で、CCD

カメラ、ビデオデッキ、TV モニタ等の機器を選択し直接制御する。

### 3.2 システム利用状況

このシステムを日常的に稼働させることにより、実際にどのようなコンテキストで利用されていたかについてまとめる。

表 1: 実際のコンテキストにおけるシステム利用

人探し	自分の会おうとする人間が研究室に在室しているか否かの確認を行う。
監視	研究室の人間が何をやっているのかを探る。
盗聴	モニタの電源を切っておくと、カメラの電源が入っていることを忘れがちである。この様な状況下でカメラの存在を意識せずに話された会話を盗聴する。
相取	食事先の相談や様々な打合せを行う。
連絡	特定の人間または研究室に在室する人間全員に連絡事項をアナウンスする。
確認	相手に情報の確認を行う。
問合せ	相手に対して情報の問い合わせをする。
他目的	大型テレビをTVゲームのモニタとして利用

これらの中で人探し、監視、盗聴は情報が一方通行であり、コミュニケーション・ラインは確立されないが、システム設置により付随的に利用される機能である。従来は、人探しのためにWSでfinger, who, w等のコマンドを利用していたが、TV モニタで姿を確認する方が短時間かつ確実に相手の存在を知ることができる。また、人探しにより相手の姿を確認することが、孤独感の解消に役立つ。

確認、問合せについても比較的短時間で終了するため、WS上の既存のコミュニケーションツール write, talk, phone 等をわざわざ使用するより、効率良く速やかに目的を達することができる。

相談、連絡に関わる例として、3年生へのプログラミング練習課題に関する相談の構造について見てみる。

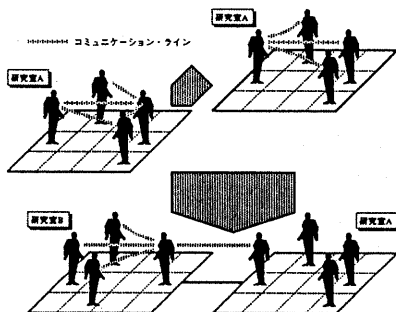


図 8: 3年生へのプログラミング練習課題の決定

(1) まず研究室 A にいる担当の4年生により、「3年生へのプログラミング練習の課題を何にするか」とい

う提案なされ、(2) 研究室 A にいる4年生同士で、教育効果を考慮しつつどのような課題が適切か、様々なアイデアを出し合う。(3) 案がまとまった段階で、研究室 B にいる3年生の一人に向かって決定内容を伝える。(4) 提案を受けた人間が、研究室 B にいる他の3年生に向かって内容をブロードキャストする。

このように、コミュニケーション・トポロジ、コミュニケーション・ラインに注目することで、あるコンテキストで行われるコミュニケーションの形態及びプロセスを明確に把握することができる。

ブロードキャストの方式も一例に過ぎず、実際には提案者が直接研究室 A, B 内の人間全員にブロードキャストする場合や、研究室 A でまとまった結果を B 内の全員にブロードキャストする等様々なパターンが存在する。

また通常テレビカメラ及びテレビモニタを利用したコミュニケーション・ラインを通じて相談するが、情報特性中のメッセージ性が強ければ、コミュニケーション・チャンネルとして映像より文字に重点を置き、情報伝送経路としてメーリングリスト等を利用する。

このように、性質の異なるメディアで既存のツールの働きを置き換えるのではなく、コミュニケーションのコンテキストや情報の特性に基づき、適切なコミュニケーション・チャンネル、情報伝送経路を選択し、効果的に情報のやり取りを行うのが趣旨である。

### 3.3 システム利用で生じた問題点

システム利用中に問題となったのがマイクの指向性である。テレビモニタに向かって大声で話しかけても、マイクが音声を十分に拾ってくれない場合がある。

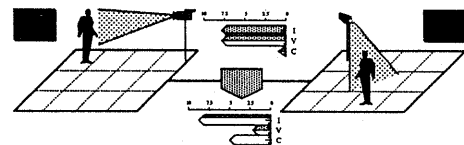


図 9: マイクの指向性による情報特性及びコミュニケーション・チャンネルの変化

図??では最初映像及び音声をほぼ等価に考えたコミュニケーション・ラインが形成されているが、マイクの指向性の問題から音声及要求通りに伝送されないことがわかると音声チャンネルのレベルを下げ、代わり

に映像チャンネルと文字チャンネルのレベルを上げることで対応する。同時にそれまで映像の情報特性は情緒性に中心が置かれていたが、メッセージ性の割合が高くなる。

具体的には、相手に声が伝わらないとわかるとモニタにウィンドウを表示して文字情報を伝える、または紙に手書きで文字を書き CCD カメラに映す等の行動がなされる。

その他、常時モニタリングされていることに感じる抵抗感が挙げられる。一方的なモニタリングによってはコミュニケーション・ラインが成立してないことが原因である。自分の研究室の CCD カメラの方向を変更し、カメラの死角に入ることで回避される。

システムが常時稼働する状態に慣れると、システムのない場所やシステムの停止した状態での作業に不安感を覚える。コミュニケーション・ラインを絶たれることによる情報損失が大きいためである。

TV モニタの音量を上げ過ぎるとハウリングが発生する問題が生じた。しかし、それが逆に相手の注意を喚起する合図として、コミュニケーション・ライン成立に利用された。

リモコンクライアントを操作し、実際にリモコンから赤外線を送出するまでの遅延のため、CCD カメラその他の機器の正確な操作にわずかに支障が生じた。CCD カメラの制御の場合、モニタリングに Video Audio クライアントを利用すると支障が顕著だった。赤外線送出手の遅延に加え、キャブチャボートの性能の問題、ネットワーク上での映像の時間的解像度及び空間的解像度が適切に保証されない等の問題が加わり、期待する映像が要求通りに得られなかった。

## 4 まとめと今後の課題

本稿では、今後の計算機ネットワーク環境における新たなコミュニケーション形態を考えるのに有効だと考えられる、「コミュニケーション特性の概念」及び「コミュニケーション・ラインの構造モデル」を提案した。また、これらを利用した実際の研究グループ活動のコミュニケーション形態の分析に基づき、システムのプロトタイプを構築した。

さらにシステムを定常的に利用し、多様なコミュニケーション・ラインの適切な形成及び選択を行うための汎用機器の統合的利用と制御により、研究室内及び研

究室間のコミュニケーションの効率をある程度高めることに貢献した。また利用中に発生した様々なコミュニケーションの形態、及びそれらに関わる現象や問題の意味を明確化する枠組として、コミュニケーション特性の概念の有効性を確認した。

今後の課題としては、移動体通信の実験環境が现阶段では十分整備されていないため、動的な環境下でのコミュニケーションの形態に関する実証的研究、コミュニケーションで伝達される様々な情報に応じた適切なチャンネルや機器選択のポリシーに関する研究、及びその結果に基づくコミュニケーション・ラインや共有作業空間の変化の定量的な評価方法の確立が挙げられる。

## 5 謝辞

本システムの設計及び構築するにあたり、種々の機材を提供して頂いた WIDE プロジェクトに感謝致します。また研究を進める上で様々な形で協力して頂いた慶應義塾大学徳田・村井研究室の皆様にも感謝致します。

## 参考文献

- [1] 石井裕, 「コミュニケーションからコラボレーションへ」, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション研究会資料, 信学技報 HC91-15, Vol.91, No.165, July 1991, 00.31-38
- [2] 石井裕, 小林稔, 有田一穂, 「シームレスな協調メディアを目指して」, 信学技報 HC92-23
- [3] ユルゲン・ハーバーマス, 河上・フープリヒト・平井 訳, 「コミュニケーション的行為の理論」, 未来社, 1985 年
- [4] E.M. ロジャース, 安田寿明 訳, 「コミュニケーションの科学—マルチメディア社会の基礎理論」, 共立出版, 1992 年
- [5] Saul Greenberg, “Computer-Supported Cooperative Work and Groupware: An Introduction to the Special Issues”, *Int. J. Man-Machine Studies*, No.34 1991 pp.133-141
- [6] Edited by Saul Greenberg, “Computer-supported Cooperative Work and Groupware”, *ACADEMIC PRESS LTD*, 1991