

Title	遠隔視覚対話における人間特性の分析とその応用
Author(s)	森川, 治
Citation	大阪大学, 2001, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3188017
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

遠隔視覚対話における
人間特性の分析とその応用

2001年3月

森川 治

0

大阪大学人間科学部学位請求論文

遠隔視覚対話における
人間特性の分析とその応用

2001年 3月

生命工学工業技術研究所

人間環境システム部

森川 治

序論 遠隔視覚対話における人間特性の分析とその応用	1
1、対話に関連する従来の研究	1
1、1 個体レベルの研究	1
対話構造の分析	1
対話の種類(インフォーマルコミュニケーションの重要性).....	1
対話分析対象の拡大	1
情報内容の意味つけ	2
1、2 集団レベルの研究	2
メディアの対話への影響	2
メディアへの適応能力	2
メディアの使い分け	2
1、3 新しい対話環境の創作を通しての対話研究	3
ゼロックスの研究例	3
カナダの OTP プロジェクトの例	3
2、遠隔教育	4
受講者の状態把握	4
板書	4
受講者と講師との共同作業	4
3、本研究	6
本章での参考文献	7

第1章：対話における視線認知特性の
対面对話と遠隔視覚対話の違い

1、はじめに	11
2、視線情報	11
2、1 対話における視線情報	11
2、2 視線の認知特性	12
3、実験	12
3、1 対面条件	13
・被験者の配置	13
・課題：凝視、同期、話しかけの3条件	13
3、2 ビデオ条件	14
4、実験結果の予想	15
4、1 対面条件とビデオ条件の違いの予想	15
4、2 課題による違いの予想	15

5、結果	15
5、1 対面対話条件の結果	15
5、2 遠隔視覚対話条件での結果	16
6、分身との自己同一性感覚	17
6、1 ある高得点者の内観報告	17
6、2 高得点者上位9名の回答の分析	17
6、3 矛盾解消の為の情報処理方略	18
7、考察	18
7、1 対話時の人間の特性	19
7、2 遠隔視覚対話の問題点の解決策	20
8、おわりに	21
本章の参考文献	21
第2章：視覚対話時における人間の認知特性の枠組み	23
1、はじめに	23
2、VR（バーチャルリアリティ）における実在感とは	23
2、1 現実世界における冗長性	23
2、2 VRにおける限定された情報呈示の問題	23
2、3 解決策（新原理）	24
3、人間の認知特性	24
3、1 情報の取捨選択行為	24
3、2 情報の統合処理	24
4、距離感・立体感の知覚	25
5、人間の解釈・理解過程の推定例	26
事例1（予想）：観察距離と提示内容の意味的距離の葛藤	26
事例2（予想）：両眼視差と既有知識との葛藤	28
事例3（予想）：両眼視差と輻輳、焦点調節、運動視差との葛藤	28
6、適用事例	29
6、1 環境の設計	29
事例4（予想）：輻輳と焦点調節による観察距離知覚の葛藤	30
6、2 入力の設定	31
6、3 実証実験	31
6、4 実験結果と考察	32
7、考察	32
8、おわりに	33
本章の参考文献	33

第3章：自己像を表示する対話システム.....	35
1、はじめに.....	35
2、人間にとっての対話システム.....	35
2、1 電話の長所と短所.....	35
2、2 人々に受け入れられる対話システムの条件.....	36
2、3 テレビ電話の問題点.....	36
3、改良されたテレビ電話.....	37
3、1 視線情報.....	37
3、2 視点の制御.....	38
3、3 配置.....	38
4、超鏡システム.....	38
4、1 自己像の表示.....	38
4、2 単一の合成画像.....	38
4、3 多地点対話.....	38
4、4 同室にいるような画像.....	38
4、5 同一の視点.....	38
4、6 鏡像表示.....	39
5、超鏡システムのハードウェア.....	39
5、1 撮影範囲.....	39
5、2 合成画像の作成方法.....	40
5、3 表示サイズ.....	41
5、4 2地点・クロマキー合成版.....	42
6、利用観察.....	42
6、1 観察された現象.....	43
6、2 利用者の感想.....	48
7、考察.....	48
7、1 W I S I W Y S.....	48
7、2 分かりやすさ.....	49
8、おわりに.....	49
本章の参考文献.....	49
第4章：自己像追加表示による影響の測定.....	52
1、はじめに.....	52
2、遠隔視覚対話の視線情報.....	52
3、実験.....	53
3、1 実験装置.....	54

3、2	表示条件	56
3、3	対話条件	56
3、4	対話相手の存在感の回答方法	56
3、5	実験手順	57
4、	実験結果の予想	57
5、	結果	58
5、1	自己像の追加による影響	59
5、2	動きによる影響、特に画面上での相互作用	60
5、3	相手の存在位置に関する既有知識の影響	60
6、	考察	61
7、	おわりに	62
	本章の参考文献	62
	第5章：空間分離によるジェスチャーへの影響	64
1、	はじめに	64
2、	遠隔視覚対話における指差	64
2、1	遠隔描画における指差	64
2、2	共有機にある事物の指差	64
2、3	実作業空間にある事物の指差	65
3、	同室感覚のある超鏡システム	65
3、1	画面上での相互作用	65
3、2	対話時の2種類の自己	66
3、3	話し手の視点と聞き手の視点の違い	66
4、	実験	66
4、1	課題	67
4、2	装置	67
4、3	被験者	67
4、4	手順	67
4、5	教示	67
5、	観察結果	69
5、1	観察された指示行為の種類	69
5、2	指示方法と所要時間	70
6、	指示過程の分析	72
6、1	超鏡指差利用の例-1	72
6、2	超鏡指差利用の例-2	77
6、3	超鏡指差を用いない課題遂行の例	80

6、4	同期移動	80
6、5	「あれ」から「これ」へ	81
6、6	「言葉による指示」から「指差」へ	81
7、	考察	81
7、1	他人の行為の観察による学習と発見	81
7、2	聞き手の視点	82
7、3	再学習	82
8、	応用例	83
9、	おわりに	84
本章の参考文献		84
付録		85
トランスクリプト1 課題遂行中に超鏡指差を習得し、利用する例		85
トランスクリプト2 実験前に他の利用者の超鏡指差を観察し、 学習した利用者の課題遂行例		87
トランスクリプト3 超鏡指差を全く使用せずに、 言葉だけを用いた指示の例		89
 第6章：超鏡画面での人物配置の話しやすさへの影響		91
1、	はじめに	91
2、	遠隔視覚対話における視線	91
2、1	モナリザ視線効果	91
2、2	身体動作による視線の代用	91
3、	立ち位置と撮影される顔の向きとの関係	92
4、	実験 - 1	93
4、1	装置	93
4、2	顔の向き	94
4、3	実験手順	96
5、	実験結果 - 1	96
5、1	全体評価	96
5、2	部屋別の評価	97
5、3	同じ役割での比較	97
6、	実験 - 2：同じ向きの場合の話しにくさ	97
7、	実験結果 - 2	99
7、1	全体評価	99
7、2	部屋別の評価	100
7、3	同じ役割での比較	100

8、考察	101
8、1 「対話者としての自己」と「観客としての自己」	101
8、2 ソシオヘタルとソシオフーガル	102
8、3 対話における視線	102
9、おわりに	103
本章の参考文献	103
第7章：教育への応用	105
1、はじめに	105
2、遠隔講義の形式	105
2、1 板書	105
2、2 受講者の質問	106
2、3 受講者と講師との共同作業	106
3、実験	106
3、1 環境	106
3、2 被験者	108
3、3 講義内容	108
3、4 手順	108
4、結果	109
5、考察	110
6、おわりに	111
本章の参考文献	111
まとめ	113
本章の参考文献	114
謝辞	116

序論 遠隔視覚対話における人間特性の分析とその応用

近年、国内のみならず海外の大学などとの遠隔教育や、小中学校での「総合的な学習」の時間におけるネットワークを活用した遠隔コラボレーション活動、会社におけるビデオ会議など、社会生活のいろいろな場面において、テレビ電話やビデオ対話システムの利用される機会が多くなっている。しかし、これらの対話システムが遠隔教育やコミュニケーションツールとして普及するには、使いやすいインタフェースの研究が大切であり、また遠隔対話における人間の特性の検討が重要と考えられる。

本研究では、遠隔視覚対話環境における人間の特性を、新しい対話システムを開発しながら分析すると共に、教育場面への応用を検討する。

1、対話に関連する従来の研究

対話に関連した研究は、従来、色々な立場から行われている。それらには、対話行動を個体レベルでの人間特性に注目してそれを精緻化する立場や、対話行動の集団レベルでの人間特性に注目する立場等がある。また、実際に人々が営んでいるあるがままの対話の姿を分析する立場や、実験対話環境を整え、その対話環境での人間特性を観察する立場まである。さらに、実験対話環境を整える研究形態では、対話環境の設定は実験状況の設定という目的だけではなく、新しい対話環境の創出も研究目的の一部と位置付けられている。

1、1 個体レベルの研究

Skinner は刺激とそれに対する反応(行動)に注目して人間行動を捉える行動分析を提案した(Skinner 1938)。Condon らはこの行動分析を用い、新生児が親の発話と同期して反応することを報告している(Condon 1974)。

Shannon は、コミュニケーションを関係者間の情報の移動と捉え、情報量の概念を定式化し、情報理論の基礎を築いた(Shannon 1963)。この情報理論は、数学的に美しく、多くの情報機器や対話メディアの設計に利用されている。その後、Card らは対話を人間の情報処理過程として捉え、人間の情報処理モデルを提案している(Card 1983)。

対話構造の分析

Winograd は対話における発話の意図に注目し、対話構造を分析している(Winograd 1987)。Flores らは、この結果に基づいて、協調的な作業の支援を図る対話システムの研究を行った (Flores 1988)(Carasik 1988)(Kraut 1988)(Root 1988)(Fish 1990,1992)。そして Flores らは、この構造に従わない会話、例えばある人が依頼の発話をした直後に、別の人がそれを無視して別の話題の話をしたり、依頼内容の同意が確認される前に、同意された事として話を進める場合を breakdown と呼び、コンピュータにより、この breakdown を検出し回避・解決を支援するシステム TheCoordinator を開発した(Flores 1988)。

対話の種類(インフォーマルコミュニケーションの重要性)

Bellcore 社の Kraut らは、対話行動と対話者の物理的距離に注目し、距離が近いほど対数関数的に対話の頻度が増加すると報告している。彼らは、定型的な対話だけでなく、廊下ですれ違ったときの挨拶から始まる偶発的な対話の重要性を主張している(Kraut 1988)。Root の CRUISER は仮想的な廊下をコンピュータ内に生成し、Fish らの VideoWindow は大型のスクリーンに遠隔地の様子を等身大で表示することにより、偶発的な対話の支援を実現しようとしたシステムである(Root 1988)(Fish 1990)。

対話分析対象の拡大

Suchman は、会話や行動を、各対話者の行為として別々に取り上げるのではなく、対話者を含む状況の共通理解(Shared Understanding)や対話者間の相互作用として捉える事を提案している(Suchman

1987)。そして、計画的に見える行為の多くは、行為者自身は、計画に沿って行動するのではなく、状況に適した行為(situated action)をしている事を示した。

情報内容の意味づけ

谷は、Shannon の情報理論で無視した情報内容の意味に注目し、対話行動を各対話者の知識構造の異化過程として捉える視点を指摘した(谷 1997)。例えば、情報を受けとることにより、新しい知識が追加されそれにより知識構造が異化するという単純な場合だけでなく、知識内容との矛盾から、過去の自己の無知を知り、知識構造の大幅な変化を伴う異化過程もあり、受け取る情報の量は、Shannon が定式化した情報量とは異なることを示した。あえて受け取る情報の量を意味内容の伝達の視点で定式化しようとする、Kolmogorov complexity が対応すると考えられる(木村 1997)。しかし、この Kolmogorov complexity の計算不可能性が証明されているため、工学的に応用することは困難である。

1、2 集団レベルの研究

対話に関する人間特性の研究としてはこの他に、対話システムが集団としての人間に与える影響を論じた研究も、さまざまな方面で取り上げられている(Morley 1969)(Williams 1977)(Kiesler 1984)(Gumpert 1987)(Walther 1992)(吉田 1992)(Hiltz 1993)(川上 1993)(吉見 1993)(川浦 1994)(松田 1998)(仲島 1999)(三上 1999)(岡田 2000)。

メディアの対話への影響

Short らは、2人の被験者に各種メディアを使って会話を行わせた後、形容詞対を与えて評価を求めるSD法を用い、それぞれの場面に対する印象を計測した(Short 1976)。それを因子分析した結果、各メディアの特徴を比較する有効な次元として、「存在感：相手がそこにいると感じる度合い」を導き出した。一般に対面対話より電話、電話よりネットワーク対話の方が、対話相手の人間的な存在感が低下し、対話内容が事務的・目的追求的で合理的になり、人間的な感情的交流が少なくなる。すなわち、システムで可能な情報量や質の良否が、対話の良否を規定すると結論つけている。

Walther も、多くの実験心理学的なメディア比較研究をレビューし、コンピュータを介した対話が対面対話に比べ、非社会的・非友好的な、課題指向的な対話になりやすいと結論つけている(Walther 1992)。

Kiesler らは、電子メールや電子掲示板(BBS: Bulletin Board System)のようなコンピュータネットワーク上での文字対話において、フレイミングと呼ばれる極端な発言や非社会的な発言、相手の人格を無視した非抑制的な発言が増加することを報告している(Kiesler 1984)。

これらの報告では、基本的に、対面対話で利用している情報の一部を電話や電子メールでは利用できない事が諸問題を生み出していると述べている。川浦はこの考え方を「モダリティ還元主義」と呼んでいる(川浦 1993)。

メディアへの適応能力

Hiltz らは、同期型文字対話(チャット)と対面対話との心理的な差異に注目した研究を行っており、その相違点として、聴覚や視覚などの非言語情報の影響をあげ、文字対話では、コミュニケーションチャンネルが大幅に狭まっている点を指摘している(Hiltz 1993)。しかし、視線交差による確認の欠如、外見に関する情報や表情情報の欠如による対話への影響は、必ずしも一様ではなく、初心者は文面から欠損部分の情報を推測するが、熟練者は欠損情報を“:-)”や“:-(”などの絵文字を使って文章に盛り込んで対話すると報告している。すなわち、メディアの特性を利用者が十分に理解し、使いこなすことにより、場合によっては、情報の欠如が対話にとって本質的な欠点にならない可能性も示唆している。

メディアの使い分け

吉田ら(吉田 1992)の調査によると、関西近郊の大学生(有効回答549名)にとって、電話の長所として「はやく」「どんな時間でも利用できる」「場所を選ばない」「相手の顔や姿が見えない」「普通で

は言えないことが言える」があげられ、短所としては「相手の顔や姿が見えない」「微妙な感情が伝わらない」があげられている。興味深いのは、「相手の顔や姿が見えない」というのが長所としても、短所としてもあげられている点である。

このことは、電話は対面対話の代用手段ではなく、対面対話とは別の、対面対話では実現できない対話の世界を構成していることを意味している。すなわち、我々人間は、音声しか伝わらないという電話の特性を理解し、それにふさわしい対話方法を獲得したと考えられる。

吉見ら(吉見 1992)も、大学生を対象に電話行動に関する調査を行い、電話が対面対話とは異なる対話形態であり、対面対話ができないための補助手段ではなく、独立した新しい対話世界になっていることを示している。

1、3 新しい対話環境の創作を通しての対話研究

ゼロックスの研究例

ゼロックスでは、1980年代に、パロアルトとポートランドにある2ヶ所の研究所間をビデオ回線で接続し、遠隔地に分散した設計者の共同作業を支援する対話実験を長期間にわたり行なった(Harrison 1997)。この研究を通して、ビデオ対話の各種の問題点(システムおよび人間について)が明らかになり、それを基に、システムの改良や、新たなシステムの提案が行われた(Heath 1991)(Sellen 1997)(Heath 1997)。さらにその新しいシステムの利用観察により、新たな問題点を解析し、次のシステムを構築するという研究・開発が行われた。

例えば、Tangらは共同設計作業中の描画作業に注目し、実空間における共同描画作業を観察し、その観察結果により、聞き手が描画内容と描画している手とを一緒に見られることが重要であることを見出し、VideoDrawシステムを作成した(Tang 1990)。さらに手先だけではなく、対話におけるジェスチャーの重要性を見出し、VideoWhiteboardを試作した(Tang 1991)。

また Bellottiらは、RAVE(Ravenscroft Audio-Video Environment)とよばれる実験環境を用いて、集団での情報伝達と創造的活動のメカニズムの研究をしている(Bellotti 1997)。RAVEには、研究者を写し出すカメラに加えて室内の様子を写すカメラが多数設置されており、あるカメラは窓の景色を写し、別のカメラは壁を見ていたり、入り口をモニターしていたりと個室の中のいろいろな状況を撮影している。被験者である研究者達は、この RAVE の実験環境の個室に入り、ビデオ会議システムで共同作業を進める。これにより、共同作業の過程で創造的な発見があったときに何が促進材料となったかを把握する。

カナダの OTP プロジェクトの例

カナダでは1992年から3年間、トロント大とオタワにあるカールトン大を通信回線をつなぎ、グループ作業を支援するメディアスペースの要件を求める目的で OTP(Ontario Telepresence Project)が行われた。実験を通して、ビデオ対話システムが有効な対話場面と不向きな対話場面があり、有効な例の代表例に毎週行う輪講を、不向きな例の代表例にハロインパーティをあげている(Moore 1997)。その理由の一つとして、実空間では無意識に対話に必要な音と騒音を区別できるのに対し、ビデオ経由では両者を区別するのが困難になることをあげている。

また、ビデオ画像の精度と画面サイズの影響についても言及している(Buxton 1997a)。画面が小さく撮影範囲が狭い場合、対話者が画面の外に出てしまうことが多くある。画面から対話者が消えても、対話に目だった影響は少ないにしても、対話相手の活動を理解し、存在感を感じるアウェアネスへの影響は少なくない。

実空間では、例えば訪問者は部屋をノックし、在室者の許可を得てからドアを開け入室し、会話が開始されるといったような、一定の手順を踏んで対話が始まる。Buxtonは実空間での、これらの対話開始のための一連の手順の重要性に着目し、ビデオ対話システムにも同様な手順を導入したシステムを試作した(Buxton 1997a)。ドアの上部に小型のディスプレイとカメラ(door camと呼ぶ)を設定し、ビデオ対話の訪問者は、まず、この door cam に表示される。その後、在室者が、室内にあるビデオ対話システムに切り替えることにより、訪問者を迎入れ、本題の対話を開始する。この door cam の導入により、訪問先の室内にいきなり入り込むといったような感じが無くなり、ビデオ対話での訪

問が心理的に楽になったと報告している。

また Buxton は、訪問者を交えて複数人で対話を行う場合の座席の配置の意味に注目し、ビデオ対話システムのディスプレイとカメラを実空間における1つの座席に設定するシステムも試作している(Buxton 1997a)。そこでは、カメラは遠隔参加者の目の代理として、マイクは耳として、スピーカは口として位置付けている。この考えを推し進めて、小型液晶モニタ、小型カメラ、マイク、スピーカを一体化した Hydra も試作している(Sellen 1992)(Buxton 1997b)。例えば4名で対話を行う場合には、各対話者毎に3台の Hydra ユニットを用意する。各対話者は、Hydra ユニットを設置した場所に対話相手が居るように対話する。Hydra ユニットのモニタとカメラが近接している為、アイコンタクトはほぼ保たれる。また、各対話者は対応する Hydra ユニットのカメラによって撮影された映像を見るので、話者特定の視線も有効に機能したと報告している。

2、 遠隔教育

遠隔教育といえば、従来は郵便やテレビ等を利用した非同期型遠隔教育だけであった。しかしインターネットや高速データ回線の普及により、実際の教室で講師と受講者が学習するような同期型の遠隔教育も可能になってきている。同期型の遠隔教育は、遠隔視覚対話システムを利用することでも可能であるが、システムに対する要求は、会議をしたり雑談をする場合とは違った機能・特性が求められる。例えば質疑応答は、講師と受講者が同室にいる従来では通常の教室では、ごく自然に実行されているが、遠隔教育で実現するには多くの技術的な課題を克服する必要がある(竹本 1995)(若原 1996)(田村 1997)(前田 1997)。

受講者の状態把握

末武らのシステムでは、受講者の全体を撮影するカメラと講師側で撮影位置、撮影範囲の制御できるカメラを用意し、受講者の状態把握を行う(末武 1980、1982)。吉野らのシステムでは、これらを切り替えて使用する(吉野 1998)。しかし、受講者が質問する場合、手を上げて講師が教室の全体像を、そのとき見ているとは限らないので、レスポンスアナライザの併用も検討されている(丹羽 1998)。また、講師側がカメラの操作をする代りに、質問者用の特別な場所を用意しておき、質問のある受講者がその場所に移動して質問に応じるシステムもある(清水 1986)。

板書

通常の教室では、講師側からの受講者側への情報は、講師の発話、表情、身体動作に加え、板書が重要な役割を担っている。多くの遠隔視覚対話システムでは、カメラとモニタは各地に1台ずつあるのが一般であるが、これらを複数台用意し、双方の映像を交換する事により、遠隔講義の実現を目指した研究も多くある(末武 1980、1982)(清水 1984、1986、1988)。また、吉野らのように、板書をコンピュータ上の板書システムを用いて行う物もある(吉野 1998)。

受講者と講師との共同作業

多人数の講義ではあまり行われませんが、通常の教室では、これ以外にも、受講者と講師との共同作業がある。例えば、受講者が壇上に移動して板書したり、講師の提示した資料に手を加えるなどして意見を述べたりする場面である。しかし遠隔講義で、このような場面に関してはあまり考慮されていない。逆に、小人数講義やゼミ等では、共同作業の占める割合が大きくなるとも言える。

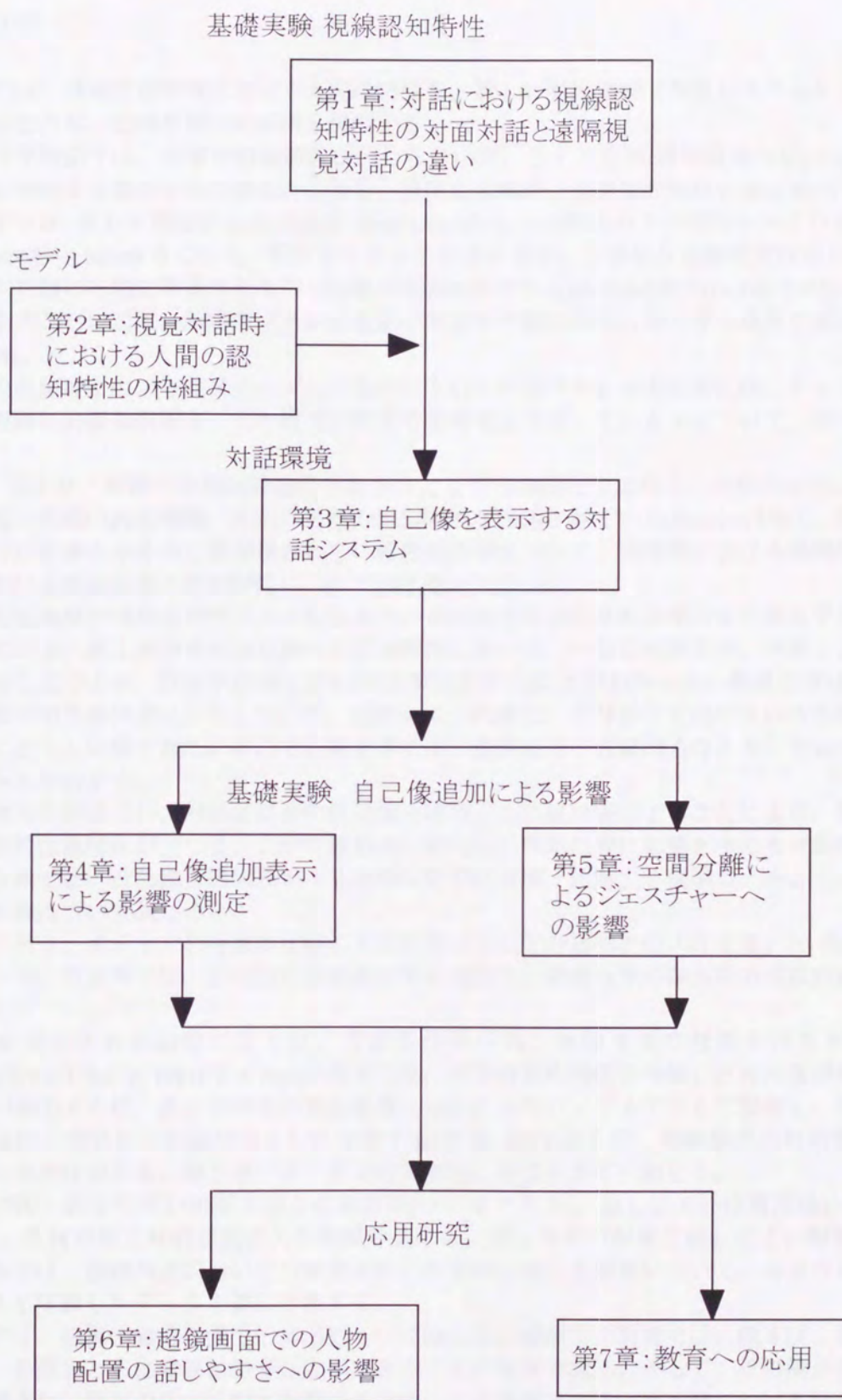


図 1、 本論文の構成

3、本研究

本論文では、遠隔対話環境における人間の特性を、新しい対話環境（対話システム）を開発しながら分析すると共に、遠隔教育への応用を検討する。

電話や文字対話では、表情や視線情報が伝わらないが、テレビ電話(遠隔視覚対話)では双方の顔画像を対話に利用する事が可能である。しかし、原田によれば、大学生が気軽に友人同士で話をするという条件下では、テレビ電話による対話は「好ましくない」と判断されたと報告されている(原田 1997)。また、Gaver らや Sellen らにより、音声チャンネルに映像を追加した単純な遠隔視覚対話システムでは、視線情報が対話に有効に利用されていない事が報告されている(Sellen 1992)(Gaver 1993)。さらに、受話器を与えることにより、利用者はテレビ電話の映像を対話に利用しなくなる現象も観測されている(原田 1994)。

これらの現象はどのようなメカニズムで生み出されているのか。そのためには、テレビ電話の映像情報から対話に必要な情報を、どの程度の精度で利用者は受信しているかについて、調べる必要がある。

Kendon により、視線には対話開始の手掛かりとしての機能だけでなく、対話中に対話相手をモニタする機能、話題の調整機能、会話の効果の表出機能が指摘されている(Kendon 1967)。第1章では、対話の進行に影響を与えると重要視されている視線情報について、実空間における視線情報と遠隔視覚対話における視線情報の認知特性について論じる。

人間は対話環境の特性を理解することにより、その環境に合わせた合理的な行動を学習習得する能力を有している。第1章の視線認知特性の計測実験において、一部の被験者が、実験システムの特性を理解することにより、認識率が向上する(得点が向上する)ことがわかった。高得点者は、全年齢層、初対面・顔見知り条件共に分布していた。成績向上の内訳は、分身を作り出すという処理方略を獲得したことによると示唆された。そこで、第2章では、高得点者の成績向上のメカニズムを説明するための枠組みを検討する。

遠隔視覚対話画面上に、対話者自身の自己像を鏡のように追加表示することにより、画面上に対話相手との相対位置関係が生じる。この対話環境の変化は、対話内容に影響を与える可能性を示唆している。第3章では、自己像を追加表示する遠隔視覚対話環境「超鏡」を提案し、そこでの利用者の対話行動の変容について論じる。

前述のとおり、メディアの特徴の比較に有効な次元として対話相手の「存在感」が Short らにより示されている。第4章では、自己像を追加表示する場合の、対話相手の存在感の主観評価の変化について論じる。

自己像が表示される超鏡対話では、対話者全員が同じ映像を見て対話を行える、すなわち WISIWYS(What I See is What You See)が成立する。文字対話の特性を理解した利用者が絵文字を発明した(Hiltz 1993)ように、また利用者が電話を音しか伝わらないメディアとして認知し、対面対話の補助手段ではなく独立した対話世界として利用する(吉見 1992)ように、超鏡独自の対話世界を利用者が構築する可能性がある。第5章では、身体視覚情報に焦点をあてて論じる。

実空間では、話しやすい対話者間の位置関係(ソシオベタル)、話しにくい位置関係(ソシオフーガル)がある。全員が同じ対話空間に入る超鏡対話にも、話しやすい配置と話しにくい配置があるらしい。第6章では、超鏡対話において対話者が話しやすいと感じる配置について、カメラと立ち位置の関係を調べて実験したデータを基に考察する。

第7章では、超鏡の教育場面での応用について論じる。協調型の教育では、例えば、ある課題に対して講師、受講者ともに容易に働きかけができることが重要である。そして、その働きかけが双方に即時に理解され、双方の次の行動に影響を与えることが重要である。実空間における行為であれば、行為者の顔の向き・視線、参加者の身体配置、身体の向きなどにより、これらの要件を参加者達が満たしているかどうかの判断ができる。超鏡において、簡単な協調型の学習を行い、これらの要件について検討する。

本章での参考文献

- Bellotti,V., Dourish,P. 1997 "Rand and RAVE: Experimental and Experiential Accounts of Media Space" 'Video-Mediated Commiunication',Lawrence Erlbaum Associates, 245-272
- Buxton,W. 1997a "Living in Augumented Reality: Ubiquitous Media and Reactive Environments", 'Video-Mediated Commiunication',Lawrence Erlbaum Associates, 363-384
- Buxton,W., Sellen,A., Sheasby,M. 1997b "Interfaces for Multiparty Videoconferences", 'Video-Mediated Commiunication',Lawrence Erlbaum Associates, 385-400
- Carasik,R. & Grantham,C. 1988 "A Case Study of CSCW in a Dispersed Organization" CHI'88 Conference Proceedings,ACM, 61-66
- Card,S., Moran,T. & Newell,A. 1983 "The psychology of human-computer interaction" Hillsdale,NJ, Lawrence Erlbaum Associates.
- Condon,W. & Sander,L. 1974 "Synchrony demonstrated between movements of the neonate and adults speech" Child Development, 45, 456-462
- Fish,R., Kraut,R., & Chalfonte,B. 1990 "The VideoWindow System in Informal Communications" Proc. CSCW'90,ACM, 1-11
- Fish,R., Kraut,R., & Root,W. 1992 "Evaluating Video as Technoology for Informal Communication" CHI'92 Conference Proceedigs,ACM, 37-48
- Flores,F. Gaves,M., Hartfield,B. & Winograd.T 1988 "Computer Systems and the Design of Organaizational Interaction" ACM Transactions on Information Systems,6-2, 153-172
- Gaver,W., Sellen,A., Heath,C. & Luff P.,1993 "One is not enough: Maltiple views in a media space" Proc. INTERCHI'93, 335-341
- Gumpert,G. 1987, Talking Tombstones and Other Tales of the Media Age, Oxford Univ. Press.(石丸正訳 『メディアの時代』新潮社、1990)
- 原田悦子 1994 「認知工学から見た通信メディア：対話という認知的課題」情報処理学会情報メディア研究会資料 16-2, 9-16
- 原田悦子 1997 『人の視点からみた人工物研究』認知科学モノグラフ 6、日本認知科学会編、共立出版
- Harrison,S., Bly,S., Anderson,S. & Minneman,S. 1997 "The Media Space",Finn,Sellen & Wilbur 'Video-Mediated Commiunication',Lawrence Erlbaum Associates, 273-300
- Heath,C. & Luff,P. 1991 "Disembodied Conduct: Communication through video in a multi-media environment", Proc. CHI'91,99-103
- Heath,C. & Sellen,A. 1997 "Reconfiguring Media Space: Supporting Collaborative Work",'Video-

Mediated Communication', Lawrence Erlbaum Associates, 323-347

Hilz, S. & Toroff, M. 1993 "The network nations (Revised), MIT Press.

川浦康至 1993 「メディアコミュニケーション」川浦康至編「メディアコミュニケーション」、現代のエスプリ、至文堂、306、9-19

川上善郎、川浦康至、池田謙一、古川良治 1993 『電子ネットワークの社会心理』誠信書房

川浦康至 1994 「メディアとしてのコンピュータコミュニケーション」川崎賢一、往住彰文、川浦康至、高木晴夫、遠藤薫、橋爪大三郎、安川一 『メディアコミュニケーション』富士通経営研修所、39-70

Kendon, A. 1967 "Some functions of gaze direction in social interaction." *Acta psychologica*, Vol.26, 22-63

Kiesler, S., Siegel, J. & McGuire, T. 1984 "Social psychological aspects of computer-mediated communication" *American Psychologist*, 39-10, 1123-1134

木村大治 1997 「情報・規則性・コミュニケーション---シャノンとペイトンの対比を手がかりに---」谷 泰 『コミュニケーションの自然誌』新曜社、31-60

Kraut, R. Egidio, C. & Galegher, J. 1988 "Patterns of Contact and Communication in Scientific Research Collaboration" *Proceedings of CSCW'88, ACM*, 1-12

前田香織、相原玲二、川本佳代、寺内睦博、河野英太郎、西村浩二 1997 「遠隔講義のためのマルチメディア通信環境」電子情報通信学会論文誌, J80-B-I, 6, 348-354

松田美佐、富田英典、藤本憲一、羽瀨一代、岡田朋之 1998 「移動体メディアの普及と変容」『東京大学社会情報研究所紀要』第 56 号

三上俊治、吉井博明、中村功 1999 「電子ネットワーク時代における情報通信マナーに関する調査研究報告書」、財団法人マルチメディア振興センター

Moore, G. 1997 "Sharing Faces, Places, and Spaces: The Ontario Telepresence Project Field Studies", 'Video-Mediated Communication', Lawrence Erlbaum Associates, 301-321

Morley, I. & Stephenson, G. 1969 "Interpersonal and inter-party exchange" *British Journal of Psychology*, 60, 543-545

仲島一朗、姫野桂一、吉井博明、1999 「移動電話の普及とその社会的意味」情報通信学会 *tiv* 誌、16-3, 79-92

丹羽次郎、菊地孝浩、前迫孝憲 1998 「遠隔授業におけるレスポンスアナライザ」日本教育工学会第 14 回大会講演論文集, 171-172

岡田朋之、松田美佐、羽瀨一代 2000 「移動電話利用におけるメディア特性と対人関係—大学生を対象とした調査事例より—」『平成 11 年度 情報通信学会年報』

(<http://www3.justnet.ne.jp/~misam/jyoho-tsuushin.html>)

- Root,R. 1988 "Design of a Multi-Media Vehicle for Social Browsing" Proc. CSCW'88,ACM, 25-38
- Sellen,A. 1992 "Speech patterns in video-mediated conversations" Proc. CHI'92, 49-59
- Sellen,A. 1997 "Assessing Video-Mediated Conduct: A Discussion of Different Analytic Approaches", 'Video-Mediated Communication', Lawrence Erlbaum Associates, 95-106
- Shannon,C. & Weaver,W. 1963 "The Mathematical Theory of Communication", Illini Books edition
- 清水康敬、末武国弘 1984 「大学における遠隔講義の試み」日本教育工学雑誌 8-3, 21-27
- 清水康敬、前迫孝憲 1986 「キャンパス間を結ぶテレビ講義の評価」電子通信学会論文誌 J69-A,10, 1181-1188
- 清水康敬 1988 「遠隔テレビ講義」テレビジョン学会誌 42 [5], 426-429
- Short,J., Williams,E. & Christie,B. 1976 "The social psychology of telecommunications" Wiley.
- Skinner,B.F. 1938 "The behavior of organisms: An experimental analysis" New York: Appleton-Century
- Suchman,L 1987 "Plans and Situated Actions : The Problem of Human-Machine Communication" Cambridge University Press.
- 末武国弘、清水康敬、園屋高志、厚谷厚一 1980 「テレビジョンによる遠隔講義」電子通信学会誌 63-3, 233-240
- 末武国弘、清水康敬、坂口千明 1982 「静止画伝送装置と手書き電送装置を併用した電話回線利用の授業情報伝達システム」テレビジョン学会誌 36-5, 447-450
- 竹本宜弘、田村武志、高田伸彦 1995 「分散型教育における講師操作環境とその検証」情報処理学会論文誌,36-9, 2215-2227
- 田村武志、小島篤博、畠中宏、佐藤文博 1997 「コミュニケーションを重視した遠隔教育システムの構築」電子情報通信学会技術報告,ET97-25, 77-83
- Tang,J. & Minneman,S. 1990 "VideoDraw: A Video Interface for Collaborative Drawing", Proc. of CHI'90, 313-320
- Tang,J. & Minneman,S. 1991 "VideoWhiteBoard Video Shadow to Support Remote Collaboration," Proc. CHI'91, 315-322
- 谷 泰 1997 「だれそれはしかじかであることを知らない---会話における異化経験と関与---」谷 泰 『コミュニケーションの自然誌』新曜社、 85-129
- 若原俊彦、由比藤光弘、恒川健司、水澤純一、池田克夫、美濃導彦、藤川賢治 1996 「ATM ネット

ワークを用いた遠隔講義システム構成法の検討」電子情報通信学会技術報告, OFS96-31, 31-36

Walther, J. 1992 "Interpersonal effects in computer-mediated interaction: A relational perspective" Communication Research, 19-1, 52-90

Williams, E. 1977 "Experimental comparisons of face-to-face and mediated communication: A review" Psychological Bulletin, 84-5, 963-976

Winograd, T & Flores, F 1987 "Understanding Computers and Cognition -- A New Foundation for Design" Addison-Wesley (平賀譲 訳 1989 「コンピュータ認知を理解する」産業図書)

吉田敦也、角田潤 1992 「大学生の電話利用とライフスタイル」第8回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集、643-650

吉見俊哉、若林幹夫、水越伸、1992 『メディアとしての電話』弘文堂

吉野孝、井上譲、由井蘭隆也、宗森純、伊藤士郎、長澤庸二 1998 「インターネットを介したパーソナルコンピュータによる遠隔授業支援システムの開発と適用」情報処理学会論文誌, 39-10, 2788-2801

第1章：対話における視線認知特性の対面対話と遠隔視覚対話の違い

1、はじめに

対話時に人間は、言語を介したコミュニケーションだけではなく、身振り、手振り、視線、身体接触、身体配置などの非言語情報も有効に利用して円滑な対話を実現していると考えられる。しかし、電話では音声しか対話に利用できない。その為、対面対話では、まばたきや首振りによって同意や反対の意思表示をする場面でも、「はい」とか「なるほど」といった音声で表現する。その為、電話では対面対話よりも音声に対して、より注意を払うことになる。

しかし別の見方をすれば、電話では聴覚だけに注意を集中すれば良く、視覚、触覚、嗅覚といったその他の感覚に関する注意を払う必要が無いとも言える。そのため、電話という対話環境は決して人間にとって不都合ではなく、対話目的によっては、対面より電話の方が話しやすい、好ましいという場合もあり得る。

遠隔視覚対話環境では、嗅覚や触覚といった感覚に関連する情報は対話に利用できないにしても、電話には欠けていた映像情報が利用できる。遠隔視覚対話において映像情報の伝送がコミュニケーションにとって有効であるとするならば、少なくともその一因として、対話に利用している非言語情報の一部が伝達可能になることが挙げられる。このとき問題になるのが、メディアが伝送する情報の質と、人間が対話時に要求する情報の質の関係である。

例えば、対面対話のときに我々は、対話仲間の視線情報を読み取り、誰が誰を見ているのかを知り会話の状況を把握したり、発言のタイミングを図ったりしている。遠隔視覚対話環境で提供されるビデオ映像から、これらの情報を正しく読み取れるかどうかという問題である。結論から言えば、残念ながら現在のビデオ映像では、表情は十分伝達できるとしても、対話仲間の視線情報は正しく伝わっているとは考えにくい。実際、ビデオ映像における視線一致の不備を指摘する報告（徳 1992）もあり、これを確保する研究も行われている（岡田 1995）（宮里 1996）。しかし、視線一致を目指したシステムでは、カメラ位置と対話参加者との物理的位置合わせが困難であったり、各参加者毎に個別のディスプレイが必要であるなど、実用化・普及には解決すべき問題点が多数残っている。

確かに、対面対話と同じ視覚情報をビデオ映像が提供できるならば、この問題は解決される。しかし、対面対話において視線を確実に誤りなく正確に読み取っているかは疑問である（Masame 1990）（真覚 1992、1993）（板倉 1995）。人間には環境の特性を知覚し、理解し、その環境に適した行動を創造する能力に長けている。混沌とした情報の意味を理解する能力、与えられた情報のレベル以上を理解できる能力、道理にあった筋の通った解釈を生み出す能力を持っている。実際、対面対話において利用される情報は、正しい解釈を与える情報だけでなく、誤解を招く情報との混合状態である。それにもかかわらず、単独では誤解を招くような情報であっても他の情報と組み合わせることにより、これら情報を巧く使いこなしている。従って、対話に用いる情報メディアの評価としては、人間の認知特性を含めた総合特性で評価する必要がある。

本章では、対面対話時の視線情報の利用内容および視線認知特性を明らかにし、ビデオ映像としてそれらがどのように変形されるかについて、実験を通して述べる。

2、視線情報

視線活動については、会話場面における実験的研究として、実験社会心理学の領域で色々、なされてきた。Exline らは、カップルの視線行動に焦点をあてた研究をしている（Exline 1963, 1965）。

2、1 対話における視線情報

Kendon により、視線には対話開始の手掛かりとしての機能だけでなく、対話中にも以下の機能があることが指摘されている（Kendon 1967）。

(1) 発話を終えるべきか、継続すべきかを、聞き手が凝視しているかどうかによって確かめるモニタ機能(monitoring)

(2) 会話が好ましいものであるかを聞き手の目の動きにより察知して、聞き手が目を輝かせて見つめるような話題へ調整する機能(regulation)

(3) 会話が効果を及ぼしているか拒絶しているかどうかを話し手に伝える無言の表出機能(expressive)

の3点である。会話の調整機能に関しては、同様な傾向が吉田らによっても報告されている(吉田1981)。これらの情報における視線方向は、見ている先がどこなのかというよりは、話し手を見ているのかいないのかが重要であると考えられる。

2、2 視線の認知特性

視線の認知特性に関しては、Gibsonら(Gibson 1963)、Anstisら(Anstis 1969)、真覚(真覚 1992、1993)により計測が行われている。彼等によれば、話し手の顔が聞き手の正面を向いていない場合には、聞き手が見られていると感じる視線方向と実際の視線方向との間には「判断の恒常誤差」が存在する。すなわち、聞き手の右の方向に話し手の顔が向いている場合には、実際には話し手が聞き手を見ているのに、聞き手を通り過ぎて、聞き手の左側を見られていると感じる傾向にある(図1)。逆に見られていると感じる視線は、実際には聞き手の少し右側を見ている場合である。彼等のデータから逆算すると、話し手の顔が30度右を向いていると、聞き手の認識結果は聞き手の左に3度程度ずれた位置を見られているという認識になるようである。これは2mの距離で約10cmの誤差である。この程度の誤差であれば、通常の対話では隣の人への視線と自分への視線を取り違える範囲ではない。

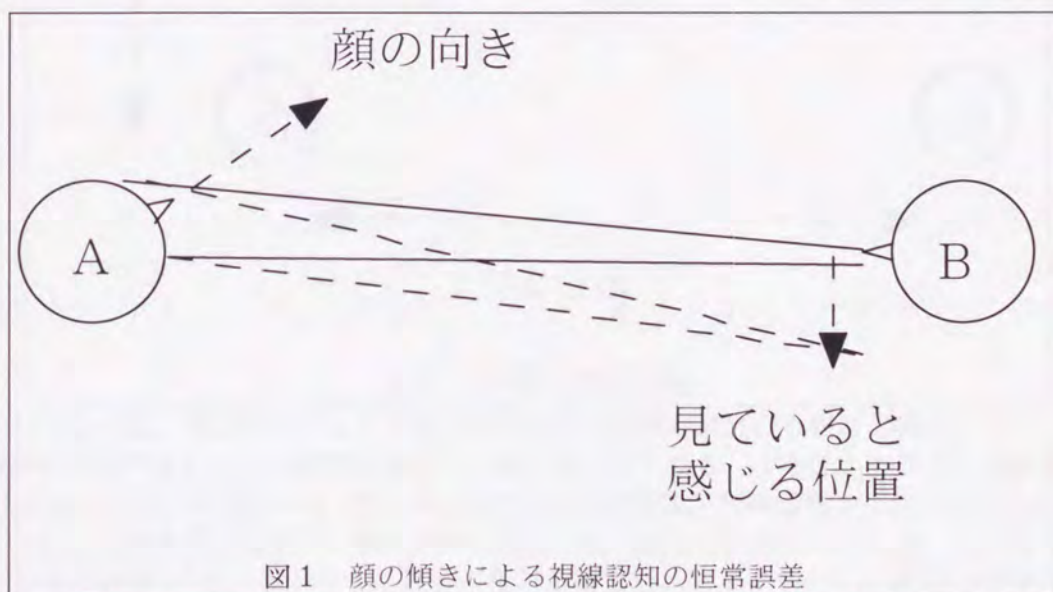


図1 顔の傾きによる視線認知の恒常誤差

また、Anstisらの研究(Anstis 1969)では、ビデオモニタ(半径約30cmの凸曲面)を傾けることによっても、傾けた方向に恒常誤差(顔の場合の半分程度の大きさ)が生じると結論着けている。

いずれの研究でも、対話という状況ではなく、全神経を視線判断に注ぐという実験状況である。また利用した刺激画像は静止画あるいは動きの少ないものである。一方、対話という状況では、行為の主目的は話の内容を理解する、正確に伝えることであり、視線を認識する事ではない。従って、主目的の対話進行を妨げない範囲での注意配分における視線認知特性の計測が別途必要となる。

3、実験

ビデオ映像により(特にカメラ正面以外の人にとって)視線情報が、どのような変容を受けるのかを調べる為に、対面条件とビデオ条件の2種類の実験を行った。

被験者は10歳代から50歳代までの男女68名である(内女性51名)。実験は4名一組で行い、被験者が相互に初対面のグループが6組、親しい友人同士のグループが11組である。

3、1 対面条件

実験は、話しかけるきっかけをつかむために見つめるという静止画状態の1条件と、特定の人に話しかけるという動画状態の2条件の計3条件で計測した。

・被験者の配置

被験者の位置関係は図2のとおりである。聞き手の被験者3人は50cm間隔で横一列に座り、その右端Cの正面170cmの位置に話し手の被験者Dが座っている。これは、心理学における、近い社会的距離に位置づけられる距離である(Hall 1970)。なお、左端の被験者Aと聞き手Dの距離は200cm、角度 $\angle CDA$ は30度である。

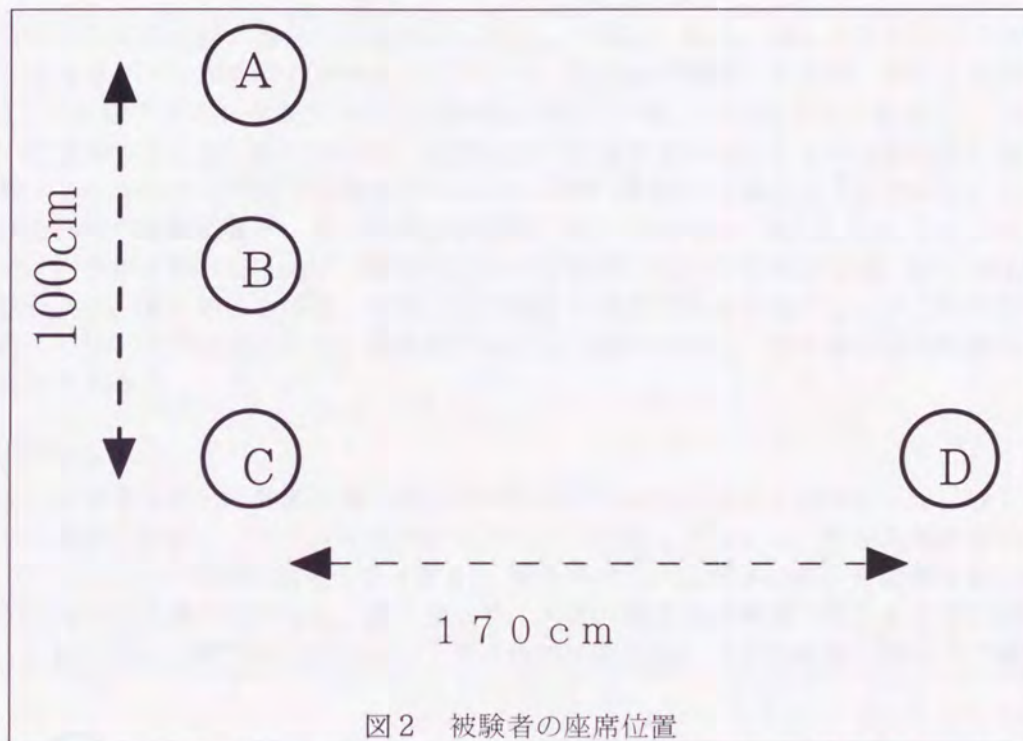


図2 被験者の座席位置

対話状況としては、集合写真のように各自の前後左右に肩が触れ合う程度の幅で、上下には顔が隠れない程度の間隔で並んでいる場面を想定してもらう。すなわち、少なくとも3人の被験者に隣接する8人の仮想の聞き手を想定する(図3)。聞き手の被験者は、視線情報から自分が見られていると感じる度合いを5段階で評価する。視線方向に関しては、話し手が見ていると感じた位置を、各被験者毎に「自分の右隣」「左下」といった具合に相対位置で記入する。さらに、話の内容等の状況を踏まえて総合判断した場合に、自分が見られていたか否かを同じく5段階で評価する。

・課題：凝視、同期、話しかけの3条件

凝視条件は、対話開始のきっかけをつかむという状況を想定した実験である。話し手は、無言で聞き手側の目標点の1つを凝視する。目標点は3人の被験者を含む11点である。身体および顔の向きは特に制限せずに、できるだけ自然に目標点を見つめるように教示した。

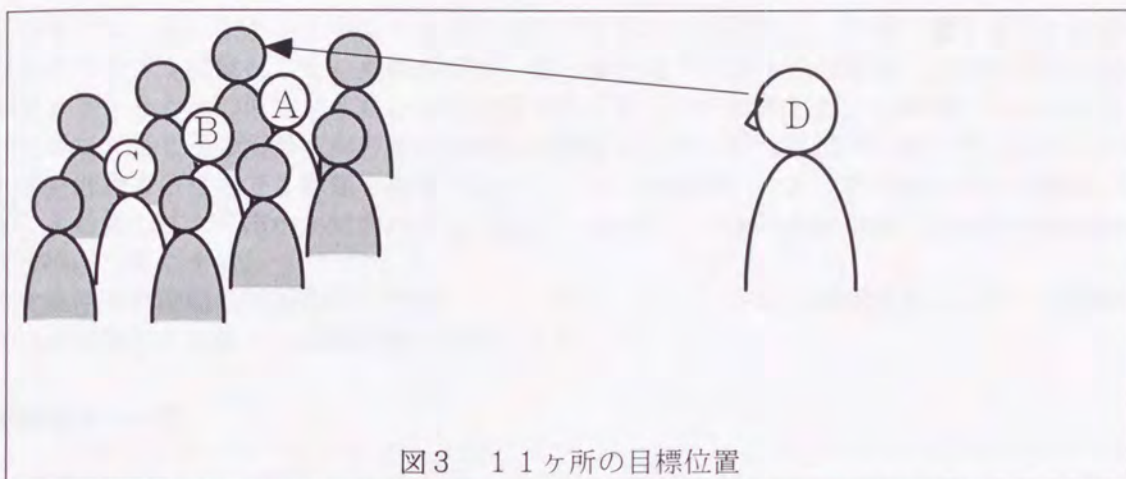


図3 11ヶ所の目標位置

一方、同期対話条件では、通常対話状況を想定した実験である。話し手は目標点の位置にいる相手に対し、確認をとりながら話を進める。このとき、被験者が複数いるため、声による相槌は禁止したが、聞き手側にはアイコンタクトやうなずき等を積極的に話し手に送るよう教示した。対話内容は、地図を用いた道案内とした。話し手には、目標点にいる聞き手が相槌をうつのを確認しながら発話するように教示し、1回の対話時に少なくとも3回の同期（確認）を取るよう求めた。

同期対話条件時の視線認識が、話し手の動き情報に基づくものか、それとも話し手と聞き手の同期情報に基づくものかを調べるために、話しかけ条件を追加した。この条件では、話し手は聞き手に動きながら話しかけ、動いている間は、できるだけ相手を見続けるよう教示した。これに対し、聞き手側には応答をしないように教示した。具体的には、自己紹介を行い、相手を見続けながらお辞儀をするというものである。

3.2 ビデオ条件

実験には2部屋を用意し、聞き手側では、床面から70cmの高さに縦90cm、横120cmのスクリーンを垂直に設置し、プロジェクタはスクリーン手前170cm、床から高さ90cmの位置に、カメラはスクリーン右横に設置した(図4)。聞き手の3人は椅子の高さを調整することにより、カメラと同じ高さに目線を合わせた。また表示サイズは、聞き手が等身大になるように調整した(黒須 1995)。これにより、聞き手Cの正面170cmの位置に話し手Dの映像が等身大で表示された。

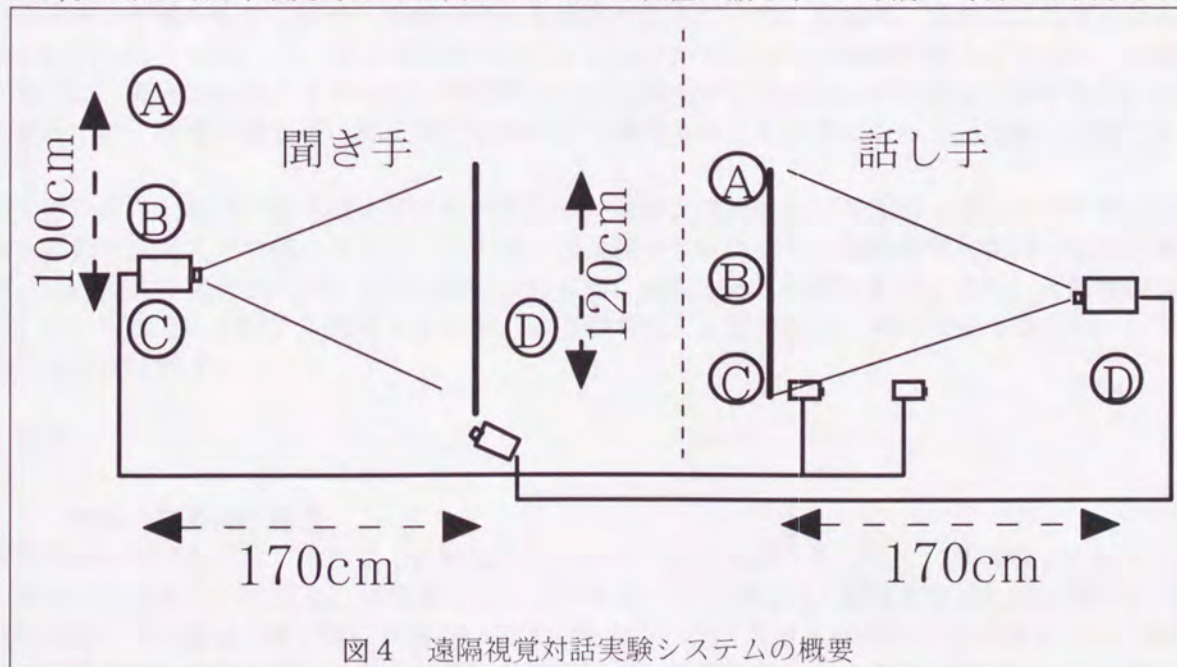


図4 遠隔視覚対話実験システムの概要

話し手側では、話し手より180cmの位置にスクリーンを設置し、右端の聞き手Cと視線一致が取れるようなカメラ位置とした。具体的には、話し手とスクリーン上の聞き手Cの顔を結ぶ線上の、話し手より170cmの位置と80cmの位置に各々カメラを設置した。これは、カメラと話し手の距離によって、話し手の前後方向の動きに対して映像が対面と異なる拡大・縮小率になることから、その影響を計測する目的で2種類を設定した。170cm距離のカメラで撮影された映像は、話し手の動きによる像の拡大・縮小が対面対話と等価になるので、本論文では以後、これを「標準距離」のカメラと呼ぶことにする。

ビデオ条件での課題は対面条件と同様とした。なお、動きの少ない凝視条件はカメラの位置の差異が少ないと予想されるので、標準距離の条件だけとした。

4、実験結果の予想

4、1 対面条件とビデオ条件の違いの予想

対面対話条件での凝視課題は、日常生活で使用している能力の一つなので、好成績が期待できる。エラーの内容としては見られているのに見られていないとする取りこぼしエラーとその逆のエラーが考えられる。後者のエラーの場合、見られていると誤解しても、その為に話し手に注意が向き、その後の観察から実は見られていなかったと再解釈するという、無駄な処理の実行という個体内での被害で済む。逆に取りこぼしエラーでは、場合によっては、対人関係に重大な影響を及ぼす可能性がある。従って、視線が判別しにくい状況では、前者のエラーが後者のエラーより多く発生すると予測できる。

ビデオ条件での凝視課題は、Anstisらの結果から、カメラ正面に位置する被験者Cでは、対面条件と同等の正答率、それ以外の被験者はディスプレイの傾きの為、わずかながら被験者Cの回答を右方向に移動したような回答（被験者Cが「正面」と答えるところを「少し右」と答える）、が予想される。しかし、Anstisの実験では凸曲面のモニタ画面を用いたのに対し、今回は平面のスクリーンの為、恒常誤差が観測されない可能性もある。その場合には、モノリザ視線効果（モノリザの前を歩いた場合、彼女の目が観察者を見続けているように感じる効果）により、聞き手の位置に依らず同一の回答となると予想される。

4、2 課題による違いの予想

同期対話条件では、主目的が視線検出ではなく、対話内容の理解であるため、視線情報の判別に費やせる注意力が減少して、エラーが増大する可能性がある。一方、相槌等、聞き手に対する話し手の応答を観察することにより、自分が対話相手であるか否かを同定する情報が増える分だけ、成績が向上するという要因もある。すなわち、対面状況では同期条件と凝視条件での差は予測できないが、ビデオ状況では、映像の質が悪い程、同期条件の方が凝視条件より有利になって、成績に差がつくと予測できる。

話かけ条件は、身体の動きにより映像が変化し、その2次元映像の変化から話し手の3次元空間での身体移動方向がより明確になる為、対面時には凝視より好成績に、遠隔視覚対話時では各位置の回答が、正面位置の聞き手に取って好成績になる方向に変化すると予想される。また、近距離のカメラ条件では、前後方向の動きが強調される為、この動きによる成績向上の傾向は強くなるが、しかし映像の不自然さは増す。

5、結果

5、1 対面対話条件の結果

対面対話条件では、話し手が送った視線の約9割が（総合判断だけでなく、視覚情報だけでも）正しく聞き手に解釈されており、予想通りの正答率であった（表1）。凝視条件より同期条件の方が一般に好成績であったが、両者間に有意差は認められなかった（スチューデントのt検定、以下同様）。エラーに関しては予想に反し、見られている場合に見られていないとする取りこぼしエラーの方がその逆のエラーの倍も存在していた。なお、両者の和が100%にならないのは、5段階評価の「見ら

れているらしい」「どちらとも言えない」「見られていないらしい」の3評価に相当する部分を計上していない為である。実験後のアンケートによれば、ほとんどの被験者が日常の生活時より、視線に対し注意を払っていた事を考慮すると、実際の対面対話では、これよりも低い正答率であったと考えられる。つまり、1割程度の頻度で視線認識誤差が有っても日常生活での対面対話では問題にならないということになる。

条件		見られて いる	見られてい ない
凝視	正答率	88.1	87.8
	エラー率	7.3	2.5
話し かけ	正答率	81.6	84.5
	エラー率	16.6	3.1
同期	正答率	93.0	87.7
	エラー率	2.5	1.2

表1 対面対話条件での視線認識の正答率

条件		平均		座席A (30°)		座席B (15°)		座席C (正面)	
		見られ ている	見られて いない	見られ ている	見られて いない	見られ ている	見られて いない	見られ ている	見られて いない
凝視	正答率	28.9	71.2	2.9	64.7	1.4	67.6	82.3	81.2
	エラー率	57.8	14.9	89.7	18.3	77.9	22.7	5.8	3.6
話し かけ	正答率	30.3	72.5	1.4	63.6	2.9	69.1	86.7	84.8
	エラー率	53.9	15.8	79.4	22.7	79.4	21.3	2.9	3.3
同期	正答率	28.1	68.8	0.0	59.3	0.0	63.4	81.5	84.0
	エラー率	55.9	16.7	83.3	22.3	79.1	25.0	7.8	2.6
話し かけ(近)	正答率	31.5	73.4	4.4	66.5	5.8	69.7	83.8	84.1
	エラー率	54.1	13.6	83.5	18.7	70.5	20.2	8.8	1.8
同期 (近)	正答率	31.3	70.0	4.1	59.7	9.2	66.6	81.9	83.5
	エラー率	48.6	14.4	75.0	20.6	64.4	20.4	5.5	2.2

表2 ビデオ対話条件での視線認識の正答率 (平均、座席別)

つまり、実空間というメディアは視線という映像情報を正確に伝達するが、人間の認知特性を含めた情報メディアとしての精度は 90% 程度であるということになる。しかも、この程度の精度で対面対話では十分である事をこの結果は示している。

5、2 遠隔視覚対話条件での結果

遠隔視覚対話条件では、見られている場合の(視覚情報だけによる)正答率は 30% 前後、見られていない場合の正答率は 70% 前後となった(表2左)。これを、座席位置毎に見てみると(表2右)、カメラ正面(座席C)では、見られている場合でも見られていない場合でも 80% 台の正答率、それ以外では見られていない場合は 60% 程度、見られている場合はほぼ全滅に近い 2% 前後であった。近いカメラ条件では、正面(座席C)では変化が見られないが、15度ずれた位置(座席B)で 7% 程度、30度位置(座席A)で 5% 程度の正答率となった。また、総合判断による結果も被験者全体で平均すると視覚情報だけによる結果と同様であり、両者間に有意差は認められなかった。

さらにモナリザ効果の有無を見るため、座席A、Bの回答を「カメラ正面の座席Cに対する回答」と読み直して集計してみると(表3)、見られている場合、座席Bで 80% 程度、座席Aで 60% 程度の正答率、見られていない場合は双方とも 80% 程度の好成績となった。また標準距離より近いカメラ条件の方が概ね成績が低下している事から、Anstis らの実験と同様、ここでも恒常誤差が観測された

ことになり、誤差量は近カメラ条件の方が大きいことになる。

この結果は、カメラ正面に位置する一人しか、視線情報を正しく認識できない事、その他の位置の人は近カメラ条件になれば多少は成績が向上し、本来の自分の座席に対する認識に近づきはするものの、カメラ正面の位置の人と類似した認識をする事を意味し、ビデオ映像に対する不満（徳 1992）を裏付ける内容である。

ビデオ映像では映像の質が悪いので、凝視条件より話しかけ条件が、それより同期条件が好成績と予想されたが、有意な差は認められなかった。

条件		座席A (30°)		座席B (15°)	
		見られている	見られていない	見られている	見られていない
凝視	正答率	60.2	82.3	79.4	85.6
	エラー率	19.1	4.0	5.8	3.3
話しかけ	正答率	76.4	81.2	79.4	87.5
	エラー率	8.8	4.0	5.8	2.2
同期	正答率	63.1	77.2	76.3	83.7
	エラー率	19.7	4.5	7.8	3.4
話しかけ(近)	正答率	54.4	81.5	79.4	85.6
	エラー率	23.5	6.2	7.3	1.8
同期(近)	正答率	53.5	74.1	75.0	81.7
	エラー率	21.1	7.4	8.3	2.6

表3 ビデオ対話条件での視線認識の正答率
(正面への視線として読み替えた場合)

6、分身との自己同一性感覚

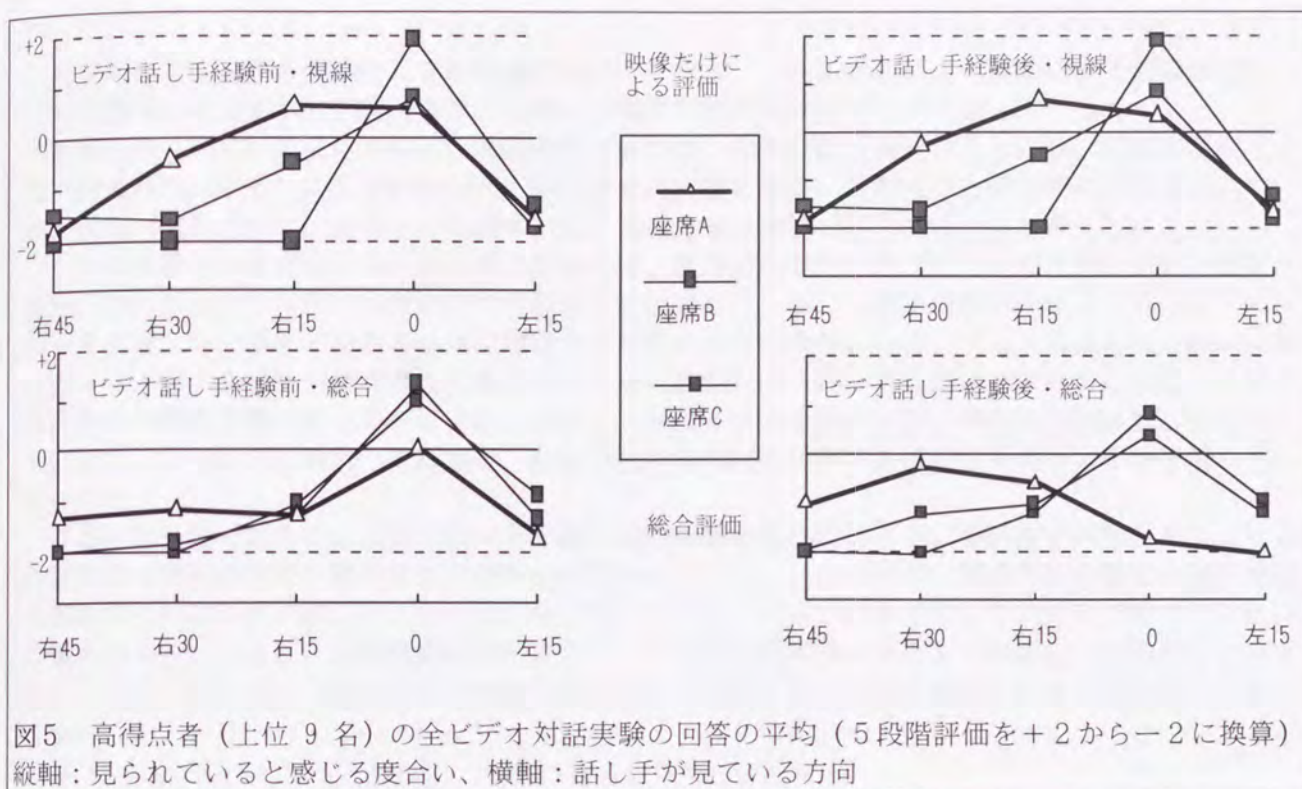
6、1 ある高得点者の内観報告

一部の被験者の実験後の感想の中に、「自分の横に対話をしている自分が別にいて、その分身とビデオ映像の話し手が対話をしている気がする。だから、自分を見られているかという質問に、どちらの自分に対する視線で答えてよいのか迷ってしまった」というのがあった。しかし、被験者全員のデータの平均値からは、この感想を支持する結果は読みとれなかった。

6、2 高得点者上位9名の回答の分析

そこで、5段階評価を得点（正解の+2点から不正解の-2点まで）に換算して各被験者の総合得点を計算した。なお、全被験者が順序は異なるが全座席の全課題を同一回数ずつ体験しているので、総合得点の比較は意味のある事である。その上位9名の被験者の回答について分析したところ、ビデオ条件の話し手の経験の有無により、視線の認識傾向に有意な差が認められた（条件「A30 総」；座席Aで話し手が右30度、すなわちAを見ている場合の総合判断で $t(22)=5.6, p<0.01$ 、条件「B15 映」で $t(24)=2.6, p<0.05$ 、条件「C15 映」で $t(19)=3.7, p<0.01$ 等）。さらに、話し手経験後の映像情報だけの判断と総合判断との間にも有意な差が認められた（条件「A30」で $t(22)=4.8, p<0.01$ 、条件「B30」で $t(26)=2.7, p<0.05$ 等、ただし座席Cでは有意差は認められなかった）。

また、話し手経験後の映像情報だけの判断の分布に、我々は前述の被験者の感想に関係すると思われる傾向を読み取ることができた（図5）。すなわち座席Aの被験者にとって、映像情報だけでは、話し手がスクリーン正面と右15度の間を見たときに、見られているという感じを受けるのに対し、総合判断では右30度の座席Aをみている時に一番見られていると感じる、正確には「見られていないという感じ方が弱くなる」ように改善されている点である。この現象は次の様に解釈できる。



6、3 矛盾解消の為の情報処理方略

上位9名の被験者は聞き手として視線方向をビデオ映像から認識する。この認識は、カメラ視線が一致する座席の認識傾向と近いものである。一方、彼らは話し手の経験により、カメラと話し手の関係を理解する。そして同期対話により、自分をみている時の視線を理解する。なお実験では、座席Aの更に右に仮想の対話相手を想定した課題(右45度)もあることから、彼らが座席Aの被験者となった時点で「自分が右端であるため」という理由で自分への視線と理解する事は無かったと考えられる。そこで、理屈では自分が見られている事は判るが、ビデオ映像からは別の人が見ている様に感じられるという矛盾が生じる。この矛盾を解消する新しい情報処理方略を、彼らは創作する。

解消方法としては、映像情報から視線方向を算出する部分を修正する方式と、映像情報からの視線方向の算出部分は修正せずに総合判断する部分を変更する方式が考えられる(図6)。分身がいる感じがすると報告した被験者は、後者の処理方略を創作したことになる。つまり、映像情報から得られる視線方向の先にもう一人の自分をおいて、その自分に話しかけられていると解釈することで、ビデオ映像と理屈との矛盾を解消している。

7、考察

実験結果によれば、対面対話時と遠隔視覚対話時での正答率に差が認められた。また遠隔視覚対話では、カメラ視線から外れた位置の人間にとっては、自分に対する視線を認識できないだけでなく、他人に対する視線を自分に対するものとして誤認識する事も観察された。

興味深い点は、近いカメラ条件による認識率の向上である。これは次のように解釈できる。話し手の動きにより運動視差が生じる。これにより聞き手は、スクリーン上の平面の映像に対し奥行きを知覚し、運動方向、すなわち、スクリーンに対して垂直方向を知覚する。これは、近いカメラ条件の方が対面対話および標準距離のカメラ条件に比べ、話し手の前後の移動に伴う像の拡大・縮小が激しく、そのため前後の動きが誇張されて表示される為と解釈できる。

同期条件では、映像情報としての視線方向だけでなく、うなずき等による同期による情報が加わるので認識率が向上すると予測したが、期待した程の影響は観測出来なかった。

高得点者（9名）に注目すれば、遠隔視覚対話の話し手の経験を積むことにより、認識率が向上する（得点が向上する）ことがわかった。高得点者は、全年齢層、初対面でも顔見知り共に分布していた。成績向上の内訳は、分身を作り出すという処理方略を獲得したことによると考えられる。

しかし被験者全体では、カメラ正面でなければ、高得点は期待出来ないことが今回の実験で確認された。この事は、3人以上で対話を行う状況を想定すると、各人に相手の数だけのカメラ・ディスプレイを用意しない限り、対話者全員に高得点を期待する事が無理になる。するとN人では $N(N-1)$ 組のカメラ・ディスプレイが必要な計算になる。言い換えれば、同一の画面を複数の人々が見て対話を行うという遠隔視覚対話システムでは、カメラ正面以外の大多数の人が、視線情報を誤解していることになり、大多数の人の誤った認識が、会話の円滑な流れを妨害する可能性が有ることを示唆している。

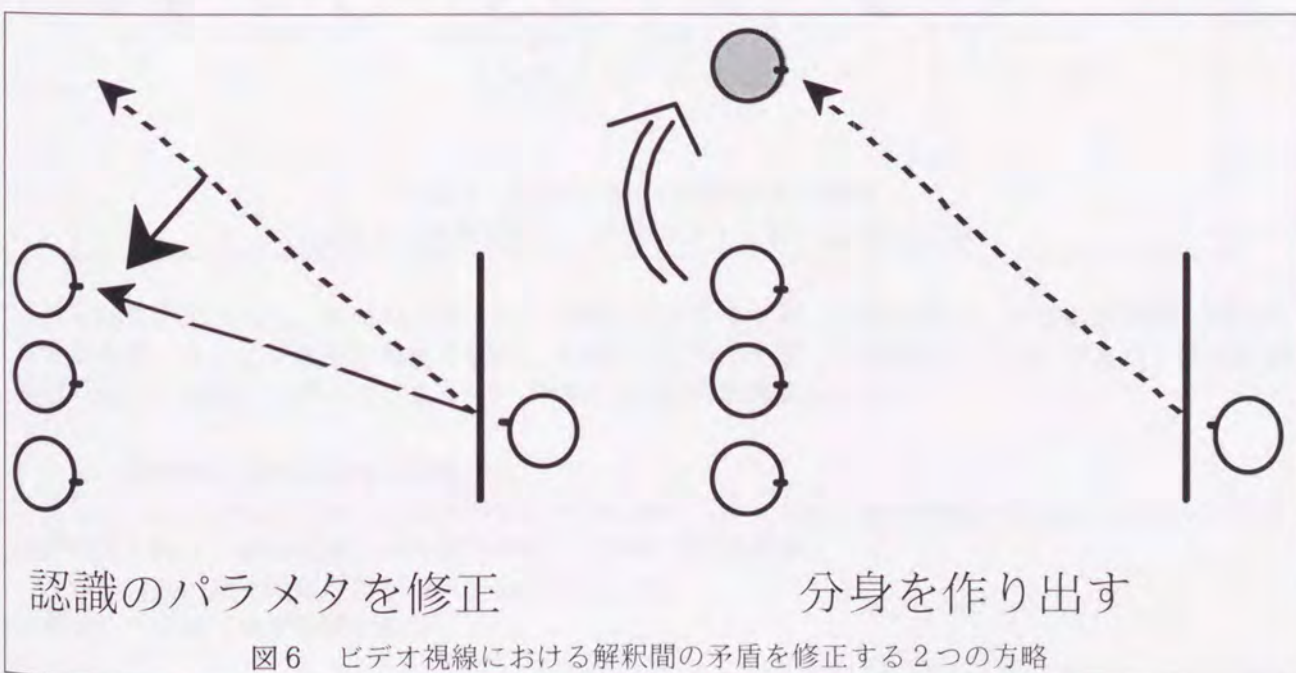
ここでは発想を変えて、視線一致が対面对話時に有効な事は認めるが、遠隔視覚対話システムでも対面对話と同質の視線一致が不可欠なものかを考えてみたい。すなわち、対面对話と等価の対話環境を実現できればそれに越したことはないが、我々人間は、本当にそれを望んでいるのであろうかという疑問である。すると、遠隔視覚対話システムには遠隔視覚対話システムに相応しい対話の仕方が存在し、心理学的に対面对話と同等の対話ができる環境で実現できれば充分であるとする解決法が見えてくる。

7、1 対話時の人間の特性

人間は無意識的にであったとしても、五感（視覚、聴覚、嗅覚、触覚、味覚）を通して可能な限り有用な情報を対話環境から読み取ろうとしている（森川 1995）。それら入力情報は並列処理され、処理能力には限界があるため、一部の情報だけが使われる。従って、処理方略が異なれば、取捨選択する情報に変化し、同じ入力情報から異なる総合判断を導くことがあり得る。この様な枠組みで対話時の人間を捉えると、以下の事が導かれる。

(A) 複数の情報処理経路により導かれる結論が同一の内容の場合は、それを導いている情報の一部が欠如しても、信頼性が低下するだけで結論内容は変わらない。場合によっては、全く結論への影響が無い

(B) 複数の経路により導かれる結論が互いに矛盾する場合には、用いる処理方略により、その扱いに

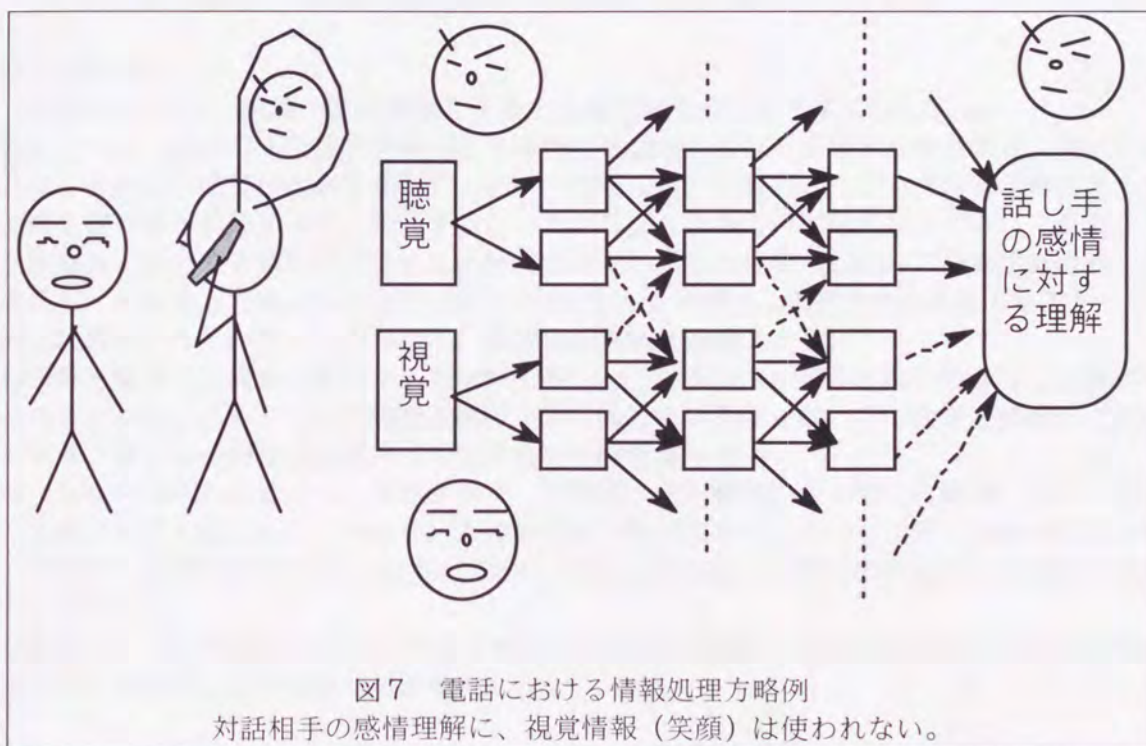


多様性が見られる。多様性は、一方を無視する、両方の解釈の間を揺れ動く、矛盾を解消する新たな処理方略を創作する等である

- (C) 途中の処理結果の影響は、それが入力に近いほど広範囲に及ぶ
- (D) 対話に利用されない情報の提示は、対話の効率・快適性を低下させる要因となる
- (E) 多くの知的資源を要求する入力情報は、対話の効率・快適性を低下させる要因となる

電話を我々が有効利用している様子は以下のように考える。電話というメディアが音声しか伝送しないことは利用者にとって明白である。従って、利用者は対話中に知覚された視覚情報を、対話には全く利用しないという処理方略を、自動的に選択する(図7)。また万が一、有効利用して処理が進んでしまっても、各処理段階で他の情報との矛盾(例えば、口の動きと音声が同期しない等の矛盾)が顕在化し、その情報は捨て去られる。結局、視覚情報に関連した処理結果は全て使われずに棄却される。そして、各処理段階での矛盾が、視覚情報を対話に利用しないという「電話対話処理方略」の継続使用を促している。

一方、遠隔視覚対話システムにおける問題点を次のように考える。遠隔視覚対話の場合には、視覚情報には有効な情報と、視線方向のような不正確な(対面対話時とは異なる解釈を強いられる)情報が混在して受信される。有効な情報だけを取捨選択することは、意識的にであっても現在のところ困難である。



またそれらの大部分は、各処理段階で他の情報と無矛盾なため、最終判断で、ある解釈可能な解を導いてしまう。そしてその解釈可能な解は、対話相手に対して誤った情報を与える。つまり、確信に満ちた「誤った解釈」を導いてしまう所に遠隔視覚対話の問題点がある。

7、2 遠隔視覚対話の問題点の解決策

従って、この遠隔視覚対話の問題点をどの様に避けて行くかが今後の課題になる。方法としては4つが考えられる。実現は難しいが最も概念的に単純な解決策は、

- ・対面対話と同じ映像情報をシステムが提供する。
- である。その次に簡単な解決策は、

- ・視線情報を送らない。従って顔の画面も送らない。

である。場合によってはこの様に割り切るのが最良の解答である。実際、対面対話において顔画面の利用が対話時間の10%程度、同時に画面をみてアイコンタクトを行える状況は2%程度であったという報告もある (Gaver 1993)。

しかし、視線情報は有害情報となるが、表情やそのタイミング、相手のいる部屋の様子などは有用な情報であるので、それらを我々は使いたい。その様な立場での解決策は、

- ・総合判断時に別の流れの処理結果を採用するように支援する。

である。つまり、視線情報を電話における視覚情報のような位置付けに持って行く方法である。例えば、スクリーンとの距離を極端に近くしたり遠くして、対面対話において視線情報を使わない状況を作り出すことである。あるいは、映像情報の質である時間分解能・空間分解能・色分解能等を低く設定することである。するとまず、我々は視線情報を読みとろうとしなくなる。また、口の動きと音声の同期が取り難くなる。そのため、読み取ったとしても、認識結果の信頼性が低くなる。総合判断時にそれは、利用されずに捨て去られる、というシナリオである。

実際、対面対話でも、心理学でいう公衆距離である4m以上離れると、映像情報からの視線方向の判断が不確かになる。そして人間は、他の情報に重きを置く処理方略に自然に変化させている。

他に、相手の見ている先を明示する何らかの仕組みを対話システムに組み込むというものもある。すると人間は、相手の視線方向を、その人が見ている対象物の位置から逆算して判断するという認識パスを強化する。結果的に、不確実な顔画面からの視線認知結果は捨て去られる。こういうシナリオも考えられる。

最後の解決策は、

- ・環境設定により、視線が他の情報と矛盾する認識結果を生み出すようにする。

である。これは、前述の「複数の経路により導かれる結論が互いに矛盾する場合には、用いる処理方略により、その扱いに多様性が見られる」という性質 (B) を前面に出して、矛盾を解消する新しい処理方略を利用者が創作するのを助長することである。今回の実験状況であっても、一部の高得点者らは、座席Aにおいて矛盾に気が付いたと解釈できる。そして分身を創作して遠隔視覚対話における視線を正しく認知する方略を創作したことになる。しかし彼等も、座席Bでは矛盾の程度が小さい為、成績向上は観測されていない (図5右下、座席Bの評価折れ線グラフ)。

この分身を創作して視線を認知する方法が人間にとって相応しい処理方略なのかは、現時点では不明ではある。しかし、もし、この処理方略が人間に適しているならば、この性質を積極的に利用することにより、新しい遠隔視覚対話方式が生まれる可能性がある。

実際、テレビゲームを行っている時に、ゲームの主人公に敵が向かって来る場合、自分に敵が向かって来る様な感覚を覚えることがある。この時の敵の動きは画面上での主人公に向かっている方向であって、物理的に本物の自分の方を向いていない。それでもなお、画面上の敵は自分に向かって来ていると我々は感じる。

すなわち、ゲームの場合のように、自分と分身との区別が容易で、混乱が生じないような工夫を我々が対話方式に加えることが重要であると考ええる。

8、おわりに

本章では、テレビ電話やビデオ会議システムでの視線の伝わりかたについて述べた。結果として対面では9割の正答率、ビデオカメラの正面では8割の正答率であった。しかしカメラ正面から外れると、極端に正答率は下がり5%程度であった。

話し手側の経験を積むと、人によってはビデオ映像の性質が理解され、それが視線認識に反映される事も示された。それには対面対話時との差異が知覚される必要があるが、今回の実験では15度では不十分で、カメラ正面から30度のずれが必要であった。

本章の参考文献

Anstis, S.M., Mayhew, J.W., Morley, T. 1969 "The perception of where a face or television

- 'portrait' is looking" *American J. Psychology*, 82, 474-489
- Exline, R.V. 1963 "Explorations in the process of person perception: Visual interaction in relation to competition, sex, and need for affiliation" *Journal of Personality*, 31, 1-20
- Exline, R.V., Gray, D., and Schuette, D. 1965 "Visual behavior in a dyad as affected by interview content and sex of respondent" *Journal of Personality & Social Psychology*, 1, 201-209
- Gaver, W., Sellen, A., Heath, C. and Luff P. 1993 "One is not enough: Multiple views in a media space" *Proc. INTERCHI' 93. ACM*, 335-341.
- Gibson, J.J. Pick A.D. 1963 "Perception of another person's looking behavior" *American J. Psychology*, 76, 386-394
- Hall, E.T. 1970 日高敏隆、佐藤信行訳、「かくれた次元」、みすず書房、160-181
- 板倉昭二、Butterworth, G. 1995 「他者の視線の認知」1995年度心理学会大会論文集、636
- Kendon, A 1967 "Some functions of gaze direction in social interaction" *Acta psychologica*, 26, 22-63
- 黒須正明、山寺仁、本宮志江、三村到 1995 「臨場感通信における画面上の人体サイズ」情報処理学会グループウェア研究会資料 GW13-8, 43-48
- 宮里勉、岸野文郎、寺島信義 1996 臨場感通信会議における参加者の対面状況の保持特性の評価」電子情報通信学会論文誌, Vol.79-A, 2, 518-526
- Masame K. 1990 "Perception of where a person is looking: Overestimation and underestimation of gaze direction." *Tohoku Psychologica Folia*, 49, 33-41
- 真覚健 1992 「視線方向判断における顔向きの影響」1992年度心理学会論文集、706
- 真覚健 1993 「視線方向判断における顔向きの影響(2)」1993年度心理学会論文集、780
- 森川治 1995 「対話へのメディアの影響説明用の人間情報処理モデル」情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会資料 HI60-6, 41-47
- 岡田謙一、松下温 1995 「臨場感のある多地点テレビ会議システム:MAJIC」情報処理学会論文誌、36-3, 775-783
- 徳勲、友保康成、渋谷雄、田村博 1992 「テレビ会議技術の課題と利用法についての考察」第8回HIシンポジウム予稿集, 207-212
- 吉田富二雄、飯田哲也 1981 「自然面接場面における視線行動の分析」実験社会心理学研究、20、109-118

第2章：視覚対話時における人間の認知特性の枠組み

1、はじめに

バーチャルリアリティにおいて、リアリティの高い仮想世界を生成する事は研究の重要な一要素である。そのために多くの研究が、現実世界から我々が受け取る情報に近い情報を、仮想環境でも提示しようといった工学的視点で行われてきている。例えば、天野らは(天野 1998)は、複数のスピーカを使うことにより、2つの音源を仮想空間の任意の位置に音像定位させ、定位させた位置に音源があるのと同様な音空間を再現するシステムを開発した。また、ヘッドマウントディスプレイ装置を装着し、位置センサーによって、顔の向きと位置を検出し、その状況で見えるはずの映像を表示することにより、リアリティの向上を目指した研究もある。ヘッドマウントディスプレイの代わりに、周囲をスクリーンにして、リアリティを上げる没入型システム(CABIN)(廣瀬 1998)の研究もある。その他にも、力覚フィードバックを付加して、仮想環境の事物に触れた場合のリアリティ向上を目指したシステム(蔡 1998)もある。

一方、第1章では、話し手側の経験を積むと、人によってはビデオ映像の性質が理解され、それが視線認識に反映される事を示した。人間には環境の特性を知覚し、理解し、その環境に適した行動を創造する能力に長けている。本章では、第1章の実験においての高得点者の成績向上のメカニズムを説明する為の枠組みについて論じる。枠組みの説明の為に、人工物に接した場合の人間の反応のいくつかの事例を取り上げ、心理学などで報告されている結果を、提案する枠組みの基で解釈を行う。さらに、その枠組みを用い、従来のリアリティ向上とは異なる新たな研究方向を提案する(表1)。すなわち、「人間の認知特性の枠組みを用い、仮想世界の人間の解釈・理解過程を推定し、それに基き、仮想世界の情報の提示方法を改良し、リアリティの高い情報提示手法を構築する」という新原理である。疑似立体映像提示方法を題材にして、新原理の適用方法について述べる。

2、VR(バーチャルリアリティ)における実在感とは

2、1 現実世界における冗長性

そもそも人間は、現実世界から多種多様な情報を受け取り、個々人毎に多種多様な方法でその情報を加工し、取捨選択して世界を認識している。しかし、多くの人々が同じ環境から同じ情報を受け取っているように見える。それは、現実世界から得られる多種多様な情報に冗長性があるためである。そのため取捨選択された様々な方法に依らず、同一の結論が導かれる。つまり現実世界から得られる多種多様な情報は、元々一つの実体をいろいろな角度から観察し知覚した情報であるから、そこに冗長性があるのは当然である。

さらに人間は、入手できなかった情報に対し、他の情報によってそれを補完して解釈する能力にも長けている。言い換えれば、人が外界を知覚する場合の多くは、認識しているというよりむしろ、再認していると言った方が適切である。

2、2 VRにおける限定された情報呈示の問題

一方、人工物では、その人工物が伝えたい内容・実体の極く一部の情報しか人間に提示していない。そのため、人工物の設計時に想定した通りの情報が利用者により取捨選択されるのであれば、問題はない。しかし、人工物が発するその他の情報からは、人工物が伝えたい内容とは異なる、意図していない情報が利用者に伝わってしまう事になる。すると人間は、人工物が意図した情報と意図していない情報の双方を受け取る事となり、これが人工物提示のリアリティ低下を招く結果になる。すなわちリアリティとは、人間の情報取捨選択の多様性に対する解釈内容の安定度である、と言える側面がある。

とすると、リアリティを向上させる為には、利用者が取捨選択する範囲で、意図した情報が人工物から利用者に伝わるようにする事が一つの解決策である。天野ら(天野 1998)の例では、利用者の

移動による音の変化を再現することにより、提示情報を増やし、目的を達成している。

2、3 解決策（新原理）

しかし、本章で提案する解決策（新原理）は、これとは全く異なる。人工物が意図した情報ではない情報（例えば頭の移動による音の変化等）を加工するのではなく、人間がそのリアリティを減少させている情報を使わない様に誘導する、あるいは使ったとしても効果が薄れるように誘導することにより、リアリティを向上させるという方法である（表1）。「現実」という手本があって、それに近づけるという従来のアプローチとは根本的に異なる。

本章で提案する新しいリアリティ創設のための新原理の適用には、まず人間がどのような情報処理を行っているかを推定する必要がある（第3節、第4節）。そして、その推定した人間の情報処理を用いて、人工物の提示内容を変動させた場合の人間の感覚を予測（第5節）し、リアリティの高い提示方法を設計（第6節）する。

3、人間の認知特性

3、1 情報の取捨選択行為

仮想世界の人間の解釈・理解過程を推定するために、まず人間の認知特性を考える枠組みを考える。なお、考える枠組みというのは、興味対象である現象を簡潔に説明し、観測結果を満たし、しかも未観測状況での興味対象の振る舞いを予想する為の一手法である。ここで扱う枠組みは定性的な性質を予測するために用いるのであって、定量的な具体的な値を予測するものではない。解の存在を確認するための道具であって、具体的にどのような入力群を設定すれば望んだ解に到達するかを教えてくれるものでもない。

人間は五感を用いて多くの情報を常に取得しながら活動している。それらは意識的に利用しているばかりでなく、無意識的にも利用している。そして、各感覚器官から得た各種情報を並列的に処理し、ある程度処理がまとまった時点で、過去の経験や知識を組合わせて安定性のある適切な解釈を得ている。さらに人間の各種の情報処理能力にはそれぞれ限界がある（森川 1995）。

すなわち、言葉を変えれば、我々が事物を理解してある解釈を選択する場合、その解釈を肯定する情報だけではなく、それ以外の解釈を否定するような情報も、有効に使用していると考えられる。

3、2 情報の統合処理

一方、Thagard (Thagard 1998) は、我々が矛盾を含む多くの情報をどのように処理して、そこから首尾一貫した結論を導くかについて定式化し、その首尾一貫性を求める手法について5種類のアル

表1、従来の原理と提案する新原理の対比

★従来のリアリティ向上のためのシステム開発原理

step 1: リアリティ欠如

step 2: 現実世界との差異の検出

step 3: その差異を軽減する情報の提示方法を設計

★提案するリアリティ向上のためのシステム開発原理

step 1: リアリティ欠如

step 2: リアリティ欠如を生み出す人間の情報処理プロセスを推定

step 3: リアリティ欠如を生み出す情報の無活性化を模索

step 4: リアリティを感じる脳内状態を設定

step 5: 設定した脳内状態になる情報の提示方法を設計

注) 「リアリティを感じる脳内状態」には、「現実世界に接したときの脳内状態」が含まれる。

ゴリズムを提案し比較検討している。本章ではその中の一つであるコネクショニスト・アルゴリズムを用いて、人間の情報処理特性について論じる。これは、各種概念（解釈）に対応するユニットを用意し、各ユニット間には概念間の関係に応じたリンクを用意したニューラル・ネットワークである。人間の首尾一貫した結論を導く様を、このニューラル・ネットワーク上の各ユニットの活動量の相互作用による推移過程として捕らえる。

具体的な動きは以下の通りである。まず初期状態として各概念の信憑性を、対応する各ユニットの活動量として与える。各ユニットの活動量は、それに接続されているリンクを介して、他のユニットの活動量に影響を与える。このような活動量の相互作用を繰り返すことにより、ある安定状態に至るとする。この安定状態が、その初期状態（矛盾を多く含む情報）に置かれた場合、我々人間が思考して到達する「首尾一貫した結論」に対応する思考状態（各ユニットの活動量に対応する概念の信憑性の強弱の状態）であるとする。

なお本章では、このコネクショニスト・アルゴリズムを適用するために、人間の情報処理を次のように単純化する。人間の情報処理の内容は、生理神経レベルというハードウェアで高速に独立に処理をする部分と、それらの処理結果を取捨選択して総合判断を下す部分の、2段階からなるとする。総合判断処理部は意志の影響を受ける部分とし、この部分での処理をコネクショニスト・アルゴリズムを用いて記述する。

4、距離感・立体感の知覚

本節では、立体映像提示方法を題材にリアリティ向上の新原理を説明する。そこで、まず立体映像認識に関するニューラル・ネットワークにおける、総合判断処理部の入力系（ニューラル・ネットワーク内の各ユニットの初期状態を決定する入力系）の決定を行う。

我々は、奥行きや物体の3次元の形状を知覚するとき、典型的な立体表示装置で用いられている両眼視差情報だけを利用しているわけではない。表2に述べるような多種の視覚的情報のほか、対象事物の形状やそれまでの距離という既有知識も使用している（泉 1995）。

これらの情報には、それぞれ精度や得意とする距離範囲があり、それらを適切に組み合わせて、距離感や立体感を得ている。例えば、水晶体の焦点調節では、おおむね10m以内の事物までの距離に対して知覚することができるが、遠方のビルや山までの距離の知覚には寄与しない。一方、遠方の区別に有効な大気遠近法（遠方物体の彩度・明度の低下具合から距離を知覚）は、近傍には無力であるといった具合である。かといって、すべてが排他的に適正領域を分割しているわけでもなく、30cm程度の手元距離の場合、水晶体の焦点調節、両眼視差、輻輳、いずれもが距離感の知覚に有効に利用されている。ここでは、表2にあげた9種の情報と、既有知識を入力系として定義する。

表2、3次元知覚に利用する手がかり情報

単眼の手がかり情報：

- 1:比較対象事物との相対的な大きさ、重なり合い
- 2:網膜像の大きさと対象事物の元の大きさ
- 3:大気遠近法(遠方物体の彩度・明度の低下)
- 4:陰影、陽影
- 5:テクスチャのきめの細かさ
- 6:運動視差
- 7:水晶体の焦点調節

両眼の手がかり情報：

- 8:両眼視差
- 9:輻輳

5、人間の解釈・理解過程の推定例

総合判断処理部として、ここでは単純に、立体知覚と平面知覚の2つの解釈の二者択一の処理を行うものとする。ここでの具体的な解釈（ニューラル・ネットワークのユニット）は、事物の各点の存在位置（観察者からの距離）および、各点の位置関係から導かれる上位概念（平面知覚、立体知覚等）である。以下の事例により、ニューラル・ネットワーク上での発火パターンの推移と人間の思考活動との対応を述べる。なお、ニューラル・ネットワークの全ユニットを記述すると煩雑になるので、以下の事例では一部のユニットだけを用いて説明する。

事例1（予想）：観察距離と提示内容の意味的距離の葛藤

風景画等の写真を提示する。写真までの観察距離が知覚されると、その知覚距離と、メディアが提示しようとしている本来の距離との間で葛藤が生じる。この葛藤の様子は提案した考え方の枠組みでは以下の様に記述される。

水晶体の焦点調節からは、写真までの観察距離が知覚され、「観察距離に相当するユニット」を活性化する。また、両眼視差からは、写真上のすべての事物の映像が同一距離にあることから、「平面に相当するユニット」を活性化する。その結果、それらユニットとリンクがつながっている具体的解釈例のユニットが活性化される（図1）。一方、比較対象事物との相対的な大きさと重なり合いの情報からは、写真が提示しようとしている立体構造や、本来の大きさが知覚され、さらにその撮影事物の大きさと視野角からは、別の距離（これを「距離1」と呼ぼう）が知覚される。すなわち「距離1に相当するユニット」が活性化される。当然、1つの事物に対し複数の距離が感じられるというのは不自然であることから両者の概念は排他的関係にあるはずである。ニューラル・ネットワーク上では、「距離1に相当するユニット」と「観察距離に相当するユニット」間に抑制的リンクを張ることにより表現している。同様に、写真上の別の事物に注目した場合を考える。この新たな対象事物本来の大きさ、およびその映像の占める網膜上の視野角の比較により、距離1や観察距離とは別の、新たな距離（これを「距離2」と呼ぼう）が知覚される。これも、「観察距離に相当するユニット」とは抑制的リンクで結合されることになる。

さて、この枠組みによって人間が写真を見る場合の認知的行動の予測を試みる。残念ながら、認知的行動は人間の頭の中で行われる行動であるため一般に観測は困難である。したがって、何らかの観測可能な行動に結びつく事例から、その行動を引き起こしている認知的行動を推測し、それが提案した枠組みでの認知行動と矛盾しないことを示す事によってのみ、予測の正当性、厳密には観測事象と枠組みからの予想との間の無矛盾性が示される。ここでは、人間が写真に描かれている内容を一旦理解した後、再度、距離1の事物に注目した場合を考える。

注目しようとした時点では、対象事物の意味距離の予備知識により「距離1に相当するユニット」が活性化される。それにあわせた物理的行動（この場合は水晶体の焦点調節と両眼の輻輳角の調整）が行われながら対象事物の映像を視野に入れる。すると、当然な事ながら焦点のボケた映像が知覚されることになる。焦点調節と輻輳角の調節をして対象事物の映像が正しく見えるように調整する。と同時に我々は、写真までの観察距離を知覚してしまい、それに対応して「観察距離に相当するユニット」を活性化させる。その後、最終的に、どちらのユニットが勝ち残るかは不明であるが、この直後に活性化された2つのユニットの間で葛藤が起る。

一方、武田（武田 1994）によれば、水晶体の焦点距離を3次元オプトメータを用いて計測したところ、絵画に描かれている遠景部と近景部を交互に注目して鑑賞する課題において、ニューラル・ネットワークで予想した通りの現象が観測されたという報告がある。すなわち、被験者は遠景部を注目しようとすると同時に、焦点距離を遠景に調節し、遠景部を注視中に焦点距離を、観察距離に再調整している事が確認されている。

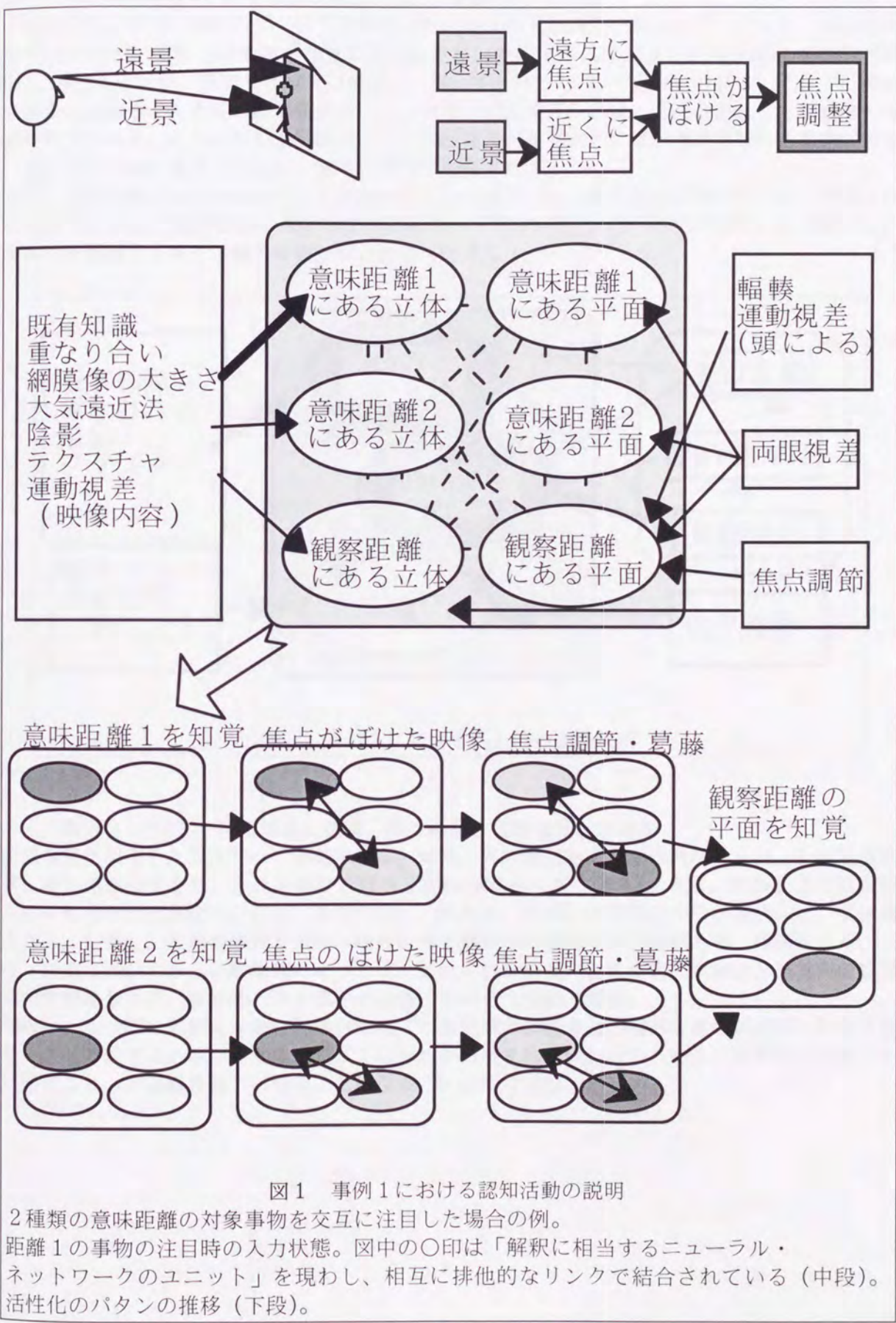


図1 事例1における認知活動の説明

2種類の意味距離の対象事物を交互に注目した場合の例。
 距離1の事物の注目時の入力状態。図中の○印は「解釈に相当するニューラル・ネットワークのユニット」を現わし、相互に排他的なリンクで結合されている（中段）。
 活性化のパタンの推移（下段）。

事例2（予想）：両眼視差と既有知識との葛藤

人物像など、既知の事物のステレオ写真の左右の画像を入れ換えて提示する。すると、両眼視差からは凹凸の完全に反転した事物を知覚するはずだが、そのようには知覚されない場合がある（佐藤1997）。事例1と同様、ステレオ写真の映像は、奥行きを持った3次元事物である。そして、陰影等の手がかり情報も、3次元の解釈を支持する。一方、両眼視差からは、凹凸の逆転した距離感・奥行き感が知覚される。この矛盾した解釈のうち、両眼視差が優先されれば、凹凸逆転した事物が知覚され、逆に既有知識が優先されれば、通常の事物が知覚される。

なお、両眼視差の知覚が無視され正像が知覚される場合でも、両眼視差の情報が完全に無視されるという訳ではない。両眼視差から得られる情報を、「凹凸の程度」と「凹凸の方向」に分離すると、後者だけを無視する事で正像の解釈が導かれる（図2）。

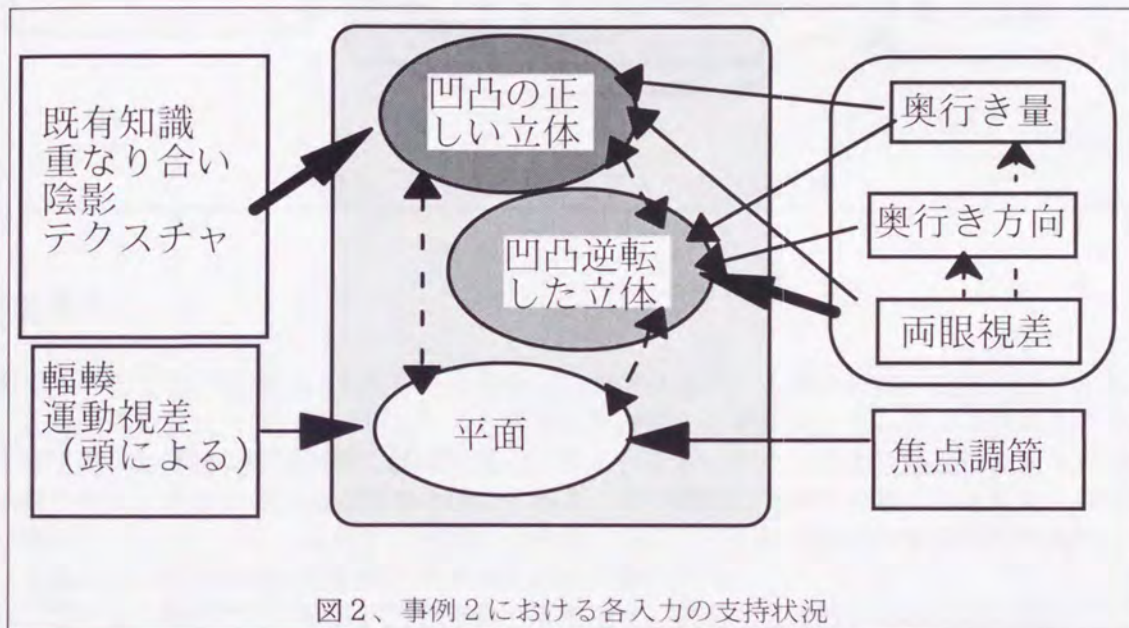


図2、事例2における各入力 の支持状況

事例3（予想）：両眼視差と輻輳、焦点調節、運動視差との葛藤

両眼視差を利用した立体テレビを提示する。輻輳、両眼視差および映像内容からは、3次元事物の形状、奥行きが知覚され、焦点距離からは表示面が知覚される（図3）。もし、輻輳および両眼視差から得られる3次元事物の形状が、映像内容と一致する、あるいは誤差が少ない場合には、立体感が得られる。しかし、写真の事例と同様、焦点距離の調整が無意識下で行われる為、疲労を伴うこともある（前迫1992）。さらに輻輳角によっては、認識された映像内容の事物の大きさと視覚系の認識結果の間で葛藤が生じ、疲労感、不自然さの原因にもなる（前迫1990）。

同様に、実空間で観察者が動いた場合には、対象物体と観察者との相対位置関係の変化に伴う運動視差が生じるはずであるが、立体テレビではそれが再現されない。このために、対象物の位置が不安定に感じたり、実在感を低下させることになる（Nagata 1992）。

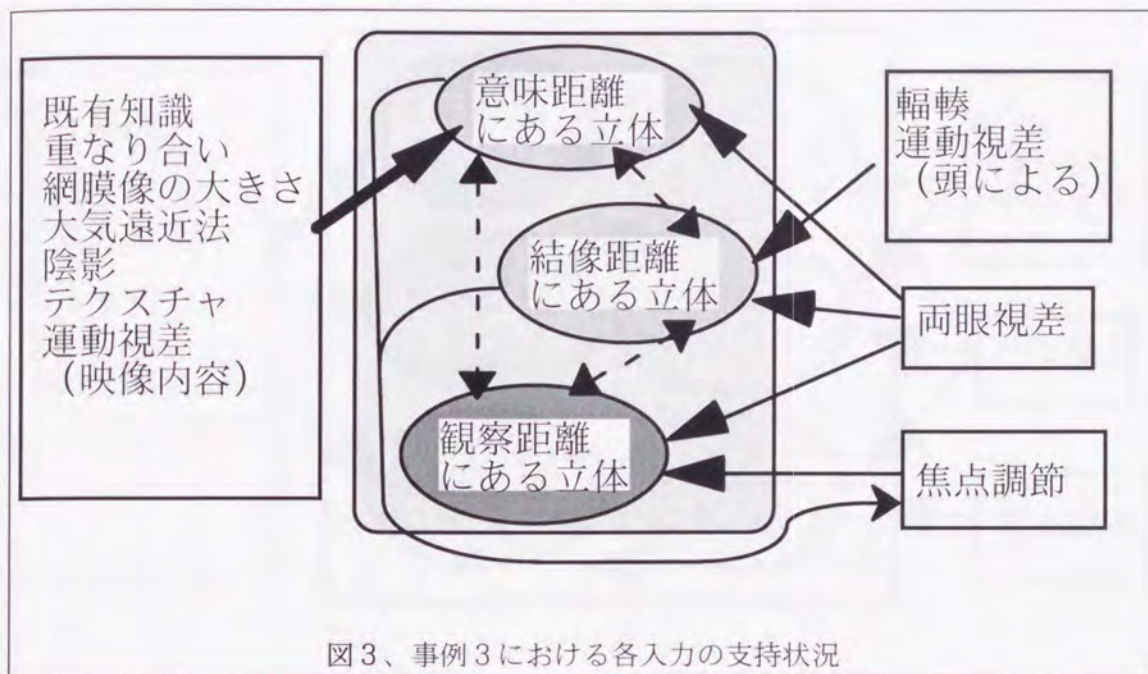


図3、事例3における各入力/support状況

6、適用事例

前節で述べた3つの事例は、それぞれ心理学や生理学により、人間の反応が確認されている現象である。このコネクショニスト・アルゴリズムを用いた提案した枠組みから、ネットワークの入力として表1で定義した9種の知覚情報と既存知識の変化と、それに伴う人間の理解過程の変化との対応付けが予測できる。すなわち、ある環境を想定すると、その環境においての具体的な入力に対し、どのような経緯をたどってどのような安定状態に落ち着くかといった決定論的な解は得られないが、実現可能な経緯および安定状態を含む集合を知ることは可能である。

本章で提案する新原理の情報提示方法発見への応用は、まさに具体的な環境を想定して、その環境で実現可能な経緯および安定状態の集合を求め、その中から、工学的に望ましい状態を発見し、その状態を目標に具体的な入力を設計することである。

6、1 環境の設計

ここでは、仮想空間表示への応用を考え、立体表示について考える。事例1で述べたように、写真や絵画のような平面映像であっても、その意味内容である立体をも知覚している。しかし、最終的に平面であると結論つけて認識しているということは、言葉を変えれば、写真というメディアが、我々人間の情報取捨選択行為を、平面であると結論付ける様な情報の取捨選択方向に誘導していると言える。幸いなことに、事例1に対する傍証となる報告(武田 1994)では、遠景の映像を見ようとした時点では遠景の意味距離が写真までの観察距離よりも勝っている。しかし、両眼視差および焦点調節からの入力により観察距離に軍配が上がってしまう。そして、最終的にすべての事物が観察距離にあるという認識に落ち着いてしまっている。すなわち、この誘導を阻止し、立体知覚を安定状態とするような具体的環境を設計できれば、立体表示が可能になる。

そこで、輻輳と焦点調節による観察距離知覚の葛藤を生むような具体的環境を想定してみた。この環境設定のアイデアは、平面知覚対立体知覚が例えば「6 : 4」で平面知覚が優勢になる状況を、平面知覚を排他的関係にある複数の平面知覚に分散し、「3 : 3 : 4」として立体知覚に軍配を上げさせようというものである。「毒を以って毒を制す」方式とも言える。

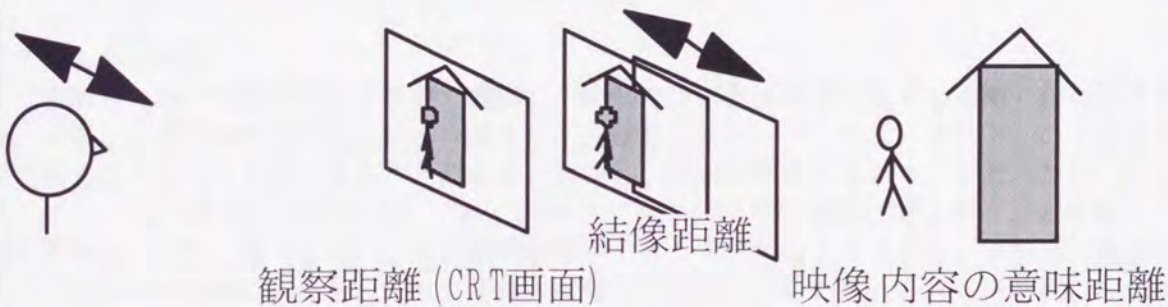
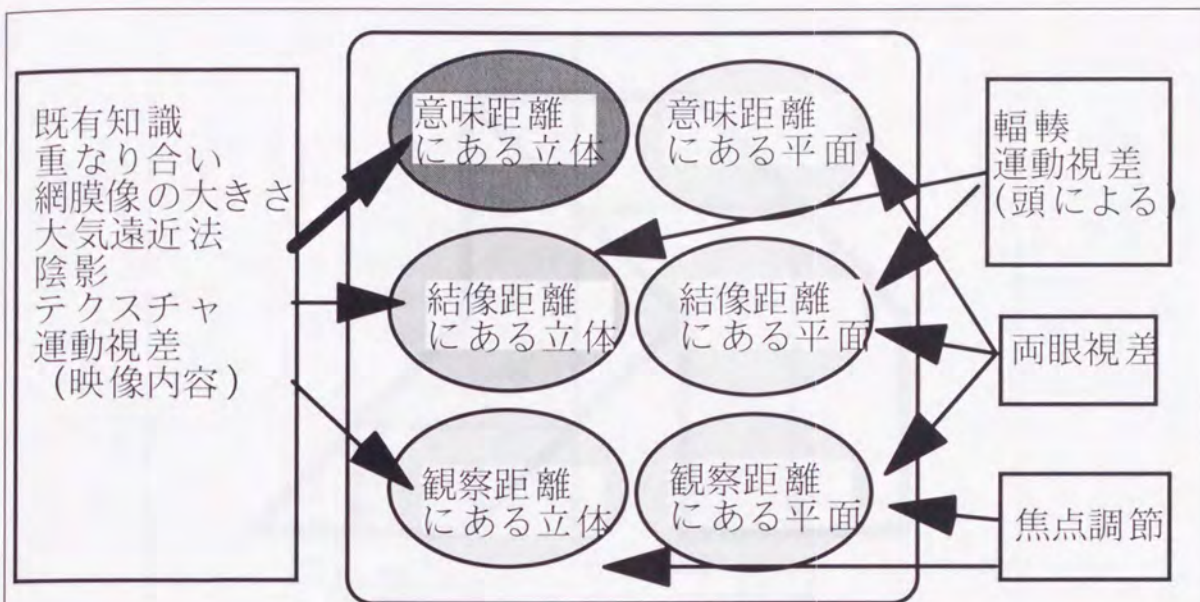
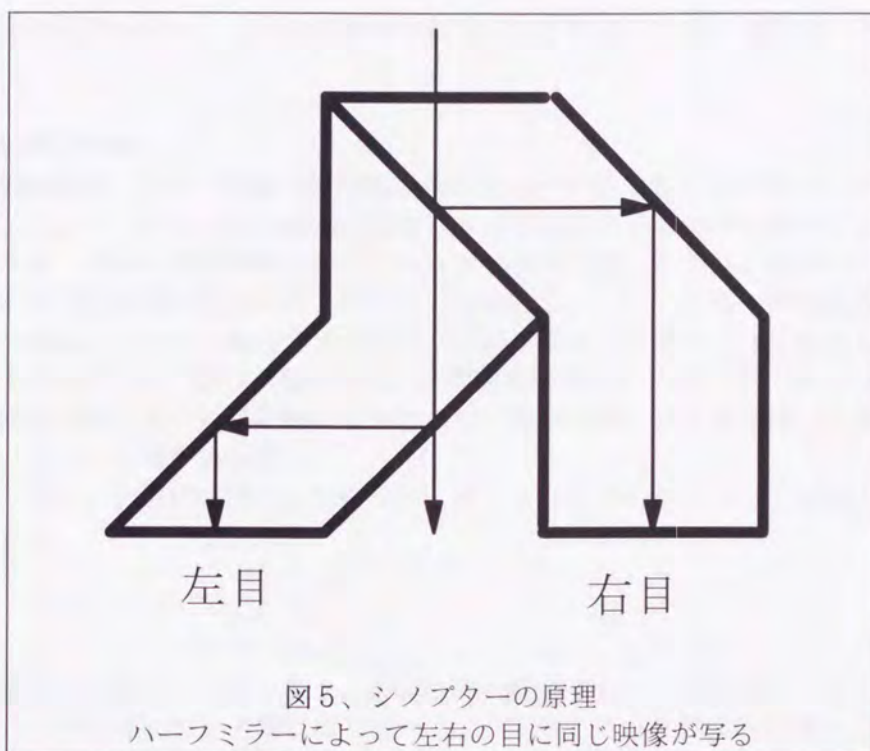


図4 事例4における各入力の支持状況(上図)と3種類の距離(下図): 観察者の顔の動きにより結像距離が変化する

事例4 (予想): 輻輳と焦点調節による観察距離知覚の葛藤

同一映像の表示位置を左右にずらすことにより、輻輳角を変化させ観察距離とは異なる位置に像を提示する。焦点調節からは観察距離が、輻輳角からは設定された別の距離が知覚される(図4)。同時に、両眼視差からは平面映像が、映像内容からは、既知の距離、形状が知覚される。さらに、顔を動かすことにより、結像位置も移動する。このように、平面映像を導く知覚が互いに葛藤し、確固たる位置にある平面を知覚しにくくなる。逆に、複数の奥行き感があるという事が、既有知識の形状を否定しなくなる。そのため、写真と同程度の情報であるにも関わらず、立体的に感じる。

実際この現象を利用した立体視のビューアーが Carl Zeiss(1907)によって発明され、特許がとられている。またこの原理に基いて作成されたシノプター(図5)を使用した静止画の立体感の計測が Koenderink ら (Koenderink 1994) によって行われ、両眼立体視と同程度の復元能力があることが示されている。



6、2 入力の設定

さて事例4を満たす環境では「単眼で撮影した映像だけで立体感を知覚する状態」が存在する可能性を、提案した認知特性を考える為の枠組みにより確認できた。そこで、いよいよ、この状態が安定状態となるような入力を設定することになる。しかし、初期状態が「6：4」であったとしても分散が「1：5：4」のような場合には、「5」に相当する平面知覚に安定してしまうことになり、立体知覚を勝利させることはできない。また初期状態が「6：4」でなく「8：2」であった場合には、いくら平面知覚の分散の工夫をしても立体知覚は得られない。すなわち、これら各解釈に相当するユニットの発火強度のバランスを予測しながら、具体的な入力を設計する必要がある。もちろん、ここでの「6：4」や「8：2」というのは説明の為の数値であって、測定値ではない。

そこで先ず、初期状態として立体知覚が平面知覚を分散させることにより勝ち残ることのできる程度に十分な強度がある（「6：4」に相当する）入力環境として、我々は、「自然風景の動画像」を入力映像として選択した。次に、立体知覚が勝利するように平面知覚を分散させる環境（「3：3：4」の分散に相当する）として、「液晶シャッタ付き眼鏡を使用したビデオディスプレイ装置で、画面奥に結像する条件」を選択した。ここで設定した入力環境が、設計した脳内状態（ニューラル・ネットワーク内のユニットの発火パターン）を生み出す事を確認するために、以下の心理実験を行った。

6、3 実証実験

使用したビデオディスプレイ装置は、120HzでNTSCレベルの映像が表示できるもので、液晶シャッタ付眼鏡を装着することにより、左右の目に60Hzで異なる映像を提示することができるものである。

約1分間の同一内容のビデオ映像を、輻輳角を与えディスプレイ奥に像を提示させる条件（輻輳加工条件）と、ディスプレイ上に像を提示させる条件（テレビ条件）の2条件で提示する。その後、立体視の心理要因である立体感・奥行き感・実在感・圧力感・一体感・自然らしさの7項目に、乗り物酔いに似た感じがあるかどうかを加えた8項目について、4段階（非常に強く感じられる、強く感じられる、やや感じられる、感じられない）で評価させる。

被験者は、視覚や立体感覚に病的障害を持たない健常成人20名である。ビデオ映像は、市販の野草や自然の風景を遠景、近景で撮影したものを利用した。これらは画面内部でオブジェクトが高速で

動き回るような映像ではない。どちらの条件の映像を先に見せるかは、被験者ごとにランダムに設定した。

6、4 実験結果と考察

4段階の評価結果を、3点（非常に強く感じられる）～0点（感じられない）で得点化した結果は、表3の通りである。平均得点の立体提示法間の差を、対応ありのt検定で調べた。立体感、実在感、一体感については、有意な差は認められなかったが、奥行き感、圧力感、自然らしさ、好ましきについては、10%水準で有意差が認められ、酔うかどうかについては、5%水準で有意差が認められた。奥行き感、圧力感については、輻輳加工条件の方が強く感じ、自然らしさ、好ましきなどでは、テレビ条件の方がまさっていた。奥行き感を感じ、立体感を感じないということから、輻輳加工条件では、「映像内の対象物の厚みはそれほど感じないものの、映像全体に奥行きを持った感じがする」という特性を持っていることが確かめられた。

この結果は、設計した脳内状態（ニューラル・ネットワーク内のユニットの発火パターン）を支持する内容である。

7、考察

人間の理解過程を推定することにより、人間の潜在能力を生かした効果的なリアリティ向上の手法を発見するという新原理について第6節で述べた。「現実」という具体的目標があって、それに人工物の提示情報を近付けるというのではなく、人間の情報処理特性を説明する枠組みを用いて「リアリティを感じる脳内状態」を設定し、その状態を目標にして人工物の提示情報を設計する。そして、疑似立体映像提示方法を題材にして、両眼視差を用いない擬似3次元映像提示方式の存在と、その応用の可能性を心理実験により確認した。

提案の枠組みにおける理解過程の推定では、あえて考慮しなかったが、テレビ電話における受話器の影響（原田 1994）受話器を与えると、映像を対話に利用しなくなる現象）のように、人間は状況を把握して、その状況・場面にふさわしい情報を取捨選択する能力・特性を持っている。また今回の心理実験では、この「場の影響」が比較した2つの表示方式間で差が出ないように配慮して実験を行った。しかし、実用の場面では、逆に、場の影響を積極的に活用して、「平面映像では無い」という事を演出することも可能である。

表3、評価結果

	テレビ条件		輻輳加工条件		有意差
	平均	標準偏差	平均	標準偏差	
立体感	1.250	.786	1.400	1.188	
奥行き感	1.400	.883	1.750	1.070	*
実在感	1.200	.696	1.400	1.095	
圧力感	.350	.587	.700	1.031	*
一体感	.600	.681	.800	.894	
自然らしさ	1.350	.933	.950	.945	*
好ましき	1.300	.657	.950	.945	*
酔うかどうか	.100	.308	.700	.923	**

* 10%水準で有意差あり、 ** 5%水準で有意差あり

当然の事ながら、実証実験で述べた事例が有効なのは、対象事物の立体構造が利用者に既知である場合に限る。さらに、その知識が事例1のように意味距離への焦点調節が行われる程度の強度が必要である(6章の説明での「6:4」の比に相当)。そして、この方式で得られる立体感は、利用者知識の中にある立体感である。利用者がその映像を認識して立体感を得ているというより、再認により立体感を得ていると言える。言葉を変えれば「平面である」という「立体を否定する情報」の欠落によるものであり、その瞬間瞬間の映像からは、正確な距離感は得られるものではない。我々の別の実験(持丸1998)では、Koenderinkら(Koenderink1994)とは異なり物理的な立体視性能に関しては、単眼視の映像との有意差は検出されず、両眼視差を用いた方式に及ばないことが示された。従って、「立体感が得られる」という事を、「物理的な立体視性能が向上した」事と誤解しない自覚、あるいは誤解は悪影響を与えない利用形態を考慮する必要がある。

8、おわりに

本章では、第1章の実験においての高得点者の成績向上のメカニズムを説明する為の枠組みについて論じた。人工物に接した場合の人間の反応のいくつかの事例を挙げ、心理学などで報告されている結果を、その反応に対応した脳内状態の発火パターンの推移により説明を試みた。さらにその枠組みを用い、従来のリアリティ向上とは異なる新たな研究方向を提案し、疑似立体映像提示方法を題材にして、新原理の適用方法について述べた。

本章の参考文献

- 天野克巳他 1998 「マルチスピーカ方式による2音源立体音像制御」日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 3-1, 1-12
- 原田悦子 1994 「認知工学から見た通信メディア:対話という認知的課題」情報処理学会情報メディア研究会資料16-2,9-16
- 廣瀬通孝他 1998 「多面全天周ディスプレイ(CABIN)の開発とその特性評価」電子情報通信学会論文誌D-II,Vol.J81-D-II, 5, 888-896
- 泉武博 1995 「3次元映像の基礎」NHK放送技術研究所編集、オーム社
- Koenderink,J.J., Doorn,A.J.van. & Kappers, 1994 A.M.L., "On so-called paradoxical monocular stereoscopy." Perception, 23, 583-594
- 前迫孝憲、岩崎敏也、清水康敬 1990 「2眼式立体テレビ用視差可変付加装置を用いた誘像範囲の測定に関する一検討」テレビジョン学会誌 44-3, 329-330
- 前迫孝憲、小池敏英、中村次郎、永塚守、清水康敬 1992 「視覚誘発電位からみた立体テレビ」日本教育工学第8回大会論文集
- 森川治 1995 「対話へのメディアの影響説明用の人間情報処理モデル」情報処理学会 HI 研究会資料 HI60-6, 41-47
- 持丸正明 他 1998 「BiVIS式立体内視鏡および2D, 3D内視鏡の立体視特性比較」日本バーチャルリアリティ学会論文誌,3-4, 207-212

Nagata, S. 1992 "Visual effects in multidimensional stereoscopic images" Proc. Int. Symp. 3D Image and Arts, 6-3, 137-145

蔡奕、福井幸男、山下樹里、下条誠 1998 「広範囲操作対応型力覚インタフェース：6DFMシステム」日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 3-3, 65-74

佐藤隆夫、大久保隆史、繁樹博昭 1997 「人間の顔はなぜでっばってみえるのか？—反転視差錯視の実験的検討—」Human Interface News and Report, 12, 231-238

武田常広 1994 「3次元オプトメータ」第35回日本人間工学会, 82-83

Thagard, P. & Verbeurgt, K. 1998 "Coherence as constraint satisfaction" Cognitive Science, 22: 1-24.

第3章：自己像を表示する対話システム

1、はじめに

本章では、自己像を表示するビデオ映像を使った対話を、新しい遠隔視覚対話環境として捉え、その対話環境について論じる。

我々が対話する目的には、大きく分けると、情報の伝達あるいは交換が重要な場合と、対話という場を共有するということが重要な場合がある。従来のテレビ電話、ビデオ会議システムの開発・改善は前者の視点からのアプローチが主であった。しかし、日常生活にこれらの情報機器が浸透して広く使われるためには、仲間との雑談や家族団らんでの会話のように、対話自体を楽しむという視点も重要である。電話という情報メディアの普及の過程を考えた場合、開発は前者だが、利用者が後者の利用価値を見いだした事により普及した。

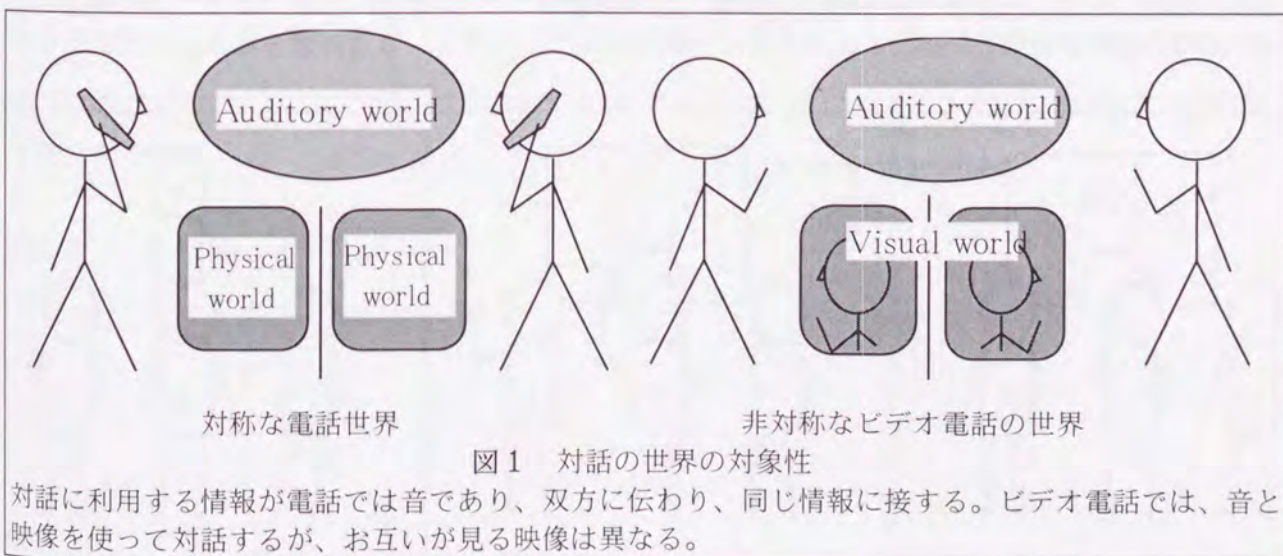
一方、テレビ電話、ビデオ会議システムは、実用化されて一部で使われてはいるが、まだまだ普及せず伸び悩んでいる。その理由として、設備が大きすぎる、高価である、場所を取る、オフィスの机上で使用すると声がうるさい等、いろんな問題点が指摘されている。しかし、電話が普及した事や、携帯電話がまたたく間に普及したことを考えると、テレビ電話、ビデオ会議システムには、前述した問題点とは別の、人々に受け入れられない何らかの問題点を持っているはずである。そこで、本章では、後者の利用目的でテレビ電話、ビデオ会議システムを使う場合の問題点を考察する。

2、人間にとっての対話システム

2、1 電話の長所と短所

吉田ら(吉田 1992)の調査によると、関西近郊の大学生(有効回答549名)にとって、電話の長所として「はやい」「どんな時間でも利用できる」「場所を選ばない」「相手の顔や姿が見えない」「普通では言えないことが言える」があげられ、短所としては「相手の顔や姿が見えない」「微妙な感情が伝わらない」があげられている。興味深いのは、「相手の顔や姿が見えない」というのが長所としても、短所としてもあげられている点である。

このことは、電話は対面対話の代用手段ではなく、対面対話とは別の、対面対話では実現できない対話の世界を構成していることを意味している。すなわち、我々人間は、音声しか伝わらないという電話の特性を理解し、それにふさわしい対話方法を獲得したと考えられる(図1)。



2、2 人々に受け入れられる対話システムの条件

一般に対話システムを使う場合、システムで出来ることへの理解から始まり、出来そうなことを推定し、やりたいことを願望し、実際のシステムを使ってみて、それらを修正する。その繰り返しでシステムに適した対話方式を習得する。そして多くの場合、システムの理解および対話方式の習得が不完全の状態でも対話が行われる。つまり、対話システムが人々に受け入れられ、使われ続けるには、多くの人々が使用する「不完全なレベル」の対話方式でも、対話を営むのに十分なだけの機能をシステムが提供していることが必要である。逆にシステムが提供する機能が対話に十分であったとしても、その機能を使いこなすのが困難で、多くの学習が必要なシステムは人々に受け入れられにくいことになる。

対話時にシステムの提供している機能だけを使い、提供していない機能を人々が使わずに済む仕組み、さらには使いたくならない、あるいは、使えないことが容易に理解できる仕組みが必要である。そして、使えないということによって欲求不満を生じさせるのではなく、別の解決法が容易に見出せる環境であることも望まれる。厳密な定義は難しいが、言わば「中途半端な機能提供」は対話システムに有害であるということである。

この使いたくならない仕組みというのは、単にシステムの機能的な側面を考慮するだけでは不十分である。例えば、受話器の代わりにマイクとスピーカを使った電話を考える。これらの差は入出力の形態の変化に過ぎず、電話システムの機能の本質的な変化ではない。しかし、受話器を使わない電話では、話しにくくなることもある。これは、受話器を持つという行為が、「音だけが伝わる」という電話機能の理解を補助し、電話に適した対話方式の適用を促している為である。原田（原田 1994）によれば、電話に映像を加えたテレビ電話において、受話器を持つと映像情報を使わなくなるという報告もある。これらは、人間が電話の機能を「完全に」理解していないために生じる現象であるといえる。にも関わらず、多くの人々が電話を有効に利用しているのも事実である。

2、3 テレビ電話の問題点

テレビ電話やビデオ会議システムでは、音と映像が使える。当然、対話相手の顔を見たいくなる。しかし、対話相手の顔画面を表示することにより、新たな問題が発生する。顔映像は対面対話と酷似した形で我々に提示されるが、いくつかの情報が誤って対話相手に伝わってしまう点である。その一つが視線情報である。

テレビ電話では、カメラ位置と話し手との位置関係により映像が決まる。その映像は聞き手の位置とは無関係に同じように解釈される（図2）。つまり、写真や絵画における「モナリザ視線効果」（モナリザの前を歩いた場合、彼女の目が観察者を見続けているように感じる効果）と同様な傾向が実験より観察されている（森川 1997b）。この実験結果は、複数いる聞き手の中の一人だけに視線を送る事が不可能である事を意味する。つまり、ビデオ会議システムのように同一の画面を複数の対話者が

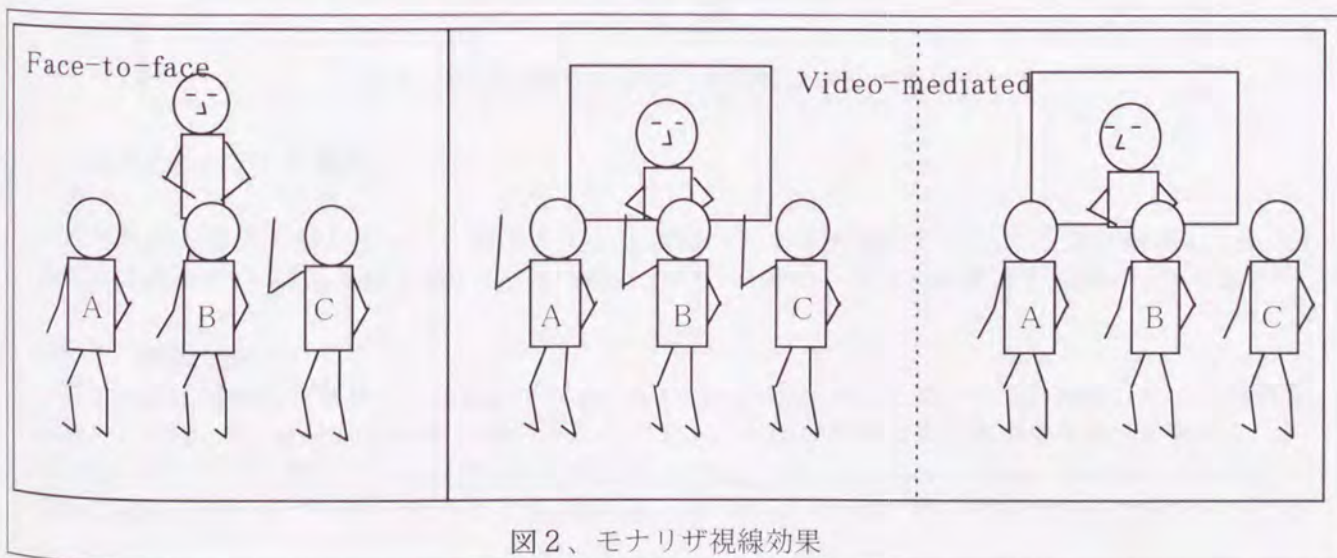


図2、モナリザ視線効果

見る限り、参加者全員の「対面対話と同等の」正しい視線理解は不可能である。Gaver(Gaver 1993),Sellen (Sellen 1992)らにより、音声チャンネルに映像を追加した単純な遠隔視覚対話システムでは、視線情報が対話に有効に利用されていない事が報告されている。

対話に利用する情報は顔だけでなく、身振り・手振りも重要である(Krauss 1991)。そこで、撮影範囲を拡大してジェスチャーも伝えられるようにする。すると、また新たな問題が発生する。ジェスチャーは、手話のようにそれだけで意味がある場合は希で、一般には周囲の状況との関わりで意味をなす。そのため、身体動作だけの映像を見ても、受け手は対面対話と同様な解釈ができない。Heath (Heath 1991) (Heath 1992)らによれば、ビデオを介すことにより、相手の話を聞く準備ができていたり、相手の行動が理解できたことを示すジェスチャーが伝わりにくくなり、人々は大袈裟なジェスチャーをする傾向が見られる(図3)。それにも関わらず、多くのジェスチャーは対話に有効に機能していないと報告されている。

対話を行う場合に、事物を指差す事がある。しかしテレビ電話では、相手の空間の事物は見えていても指差せない。これは、テレビ電話の映像情報が前述の「中途半端な機能提供」に相当することを意味する。当然の事だが、この不満は、電話では生じない。

対面対話であれば、周囲にある事物は共通に使用できる。たとえば、紙に書いたメモを別の人が見たり、書き込みを追加したりできる。しかし、テレビ電話ではそのメモを見せる事は出来ても、主体的に見に行くことはできない。書き込みもできない。同様にテレビ電話では、興味がある方向に身体を向けてそこを見るというジェスチャーが伝わらないことになる。

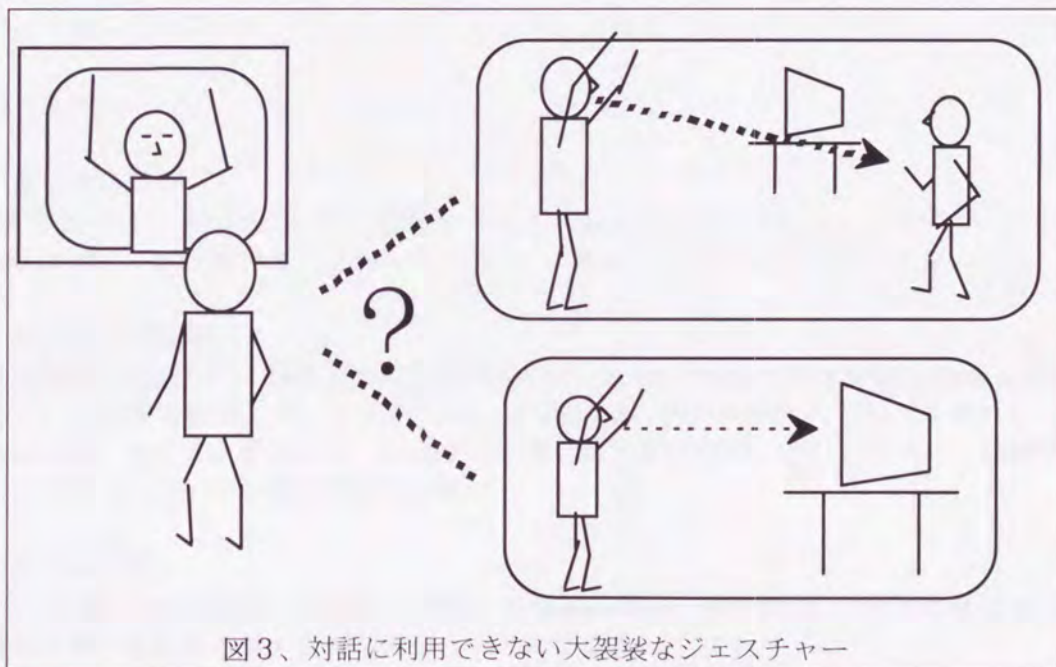


図3、対話に利用できない大袈裟なジェスチャー

3、改良されたテレビ電話

利用者側の要求を満たすべく、従来のテレビ電話・ビデオ対話システムの不備を指摘し (Sellen 1992) (Ishii 1993) (Kuzuoka 1994) (岡田 1995) (宮里 1996)、それらを改造する報告は多くある。

3、1 視線情報

たとえば視線情報を重視した Sellen らの Hydra Unit (Sellen 1992) や、さらに同席している感覚を重視した岡田らの MAJIC (岡田 1995) がある。一方、対話における共有資源の重要性に着目し、描画するキャンパスと描いている両者の手を共有する Tang らの VideoDraw (Tang 1991a)、白板とその白板に書き込みをしている人を写す VideoWhireBoard (Tang 1991b) や、その白板を透明にした石井

の ClearBoard (Ishii 1993) がある。しかし何れの対話方式でも、対話相手は、両者を物理的に分割する Hydra unit の中、MAJIC スクリーン、VideoWhiteBoard、ClearBoard の向こうに存在する。お互いの位置は固定されたままであり、作業内容もスクリーンの近傍に限られる。共有できる空間は、作業対象の 2 次元のキャンバスである。

3、2 視点の制御

葛岡らの GestureCom (Kuzuoka 1994) では、カメラの制御権を、映像を見る側に持たせることにより、視点が固定されているという問題点を解消している。さらに、撮影される側では、カメラの向いている方向により、どこが見られているのかを知ることができ、顔画像に代わる視線の効果を生み出している。

3、3 配置

対面对話における、対話相手との相対位置が重要と考え、電子的な仮想空間内に自分の分身を表すアイコンであるアバタを置き、マウスなどを用いてそれを動かし、仮想空間内という同一空間内で他の人と対話をするものもある (InterSpace (Sugawara 1994), MASSIVE (Greenhalgh 1995), GreenSpace (Mandeville 1995) など)。しかしこれらのシステムで得られる同室にいる感覚は、人間同士では無く、人間の分身同士が同一空間にいるという感覚であるため、対面对話での同室の感覚と大きく異なる。アイコンとして対話者の全身や手のシルエットを用い、ジェスチャーにより、それらを利用して対話をする Krueger の VideoPlace (Krueger 1991) もある。対話相手と同一の空間にいるという感覚は前例と比べ高いと推察されるが、シルエットのため表情などを対話に利用することができない。

4、超鏡システム

4、1 自己像の表示

自己像を表示する対話システム超鏡を考える (HyperMirror) (Morikawa 1997) (森川 1997a) (Morikawa 1998)。自己像が表示されることから、これは、対面对話の模倣ではない。

4、2 単一の合成画像

超鏡は対話者全員が同一の画像を用いて対話を行う。すなわち、WISIWYS (What I see is what you see: 自分の見ている映像を相手も見ている) である。超鏡画面に何が表示されるか、すなわち、相手に何が伝わるかが良く分かる。そのため、電話では「音しか伝わらない」というように、超鏡では「何がどのように伝わるのか」が容易に理解できる。

4、3 多地点対話

対話は、原理的には 2 地点に限らず、何地点でも構わない。利用者はシステムの前に立つだけで、装置の装着や操作を必要とせずに対話を行うことができる。

4、4 同室にいるような画像

対話に利用する画像は、各地にいる対話者全員が、あたかも同室にいる様な様子を、鏡に映した内容である。対話者が物理的に同室にいるか否かに係わらず、画面上では等質となって表示される。すなわち、超鏡映像は対話仲間が同一空間に存在する感覚を提供する。ここには対話者間を分断する壁は存在しない。超鏡対話では WISIWYS のために、対話相手に伝わる映像を常にモニタでき、伝えたい映像を作り出すことができる。手元の資料の提示、対話相手の資料の指差し、共有空間内の事物の指示が容易に行える (図 4)。

4、5 同一の視点

対話者全員が同一の映像を見るということは、事物の指示行為が容易になるというメリットもある。対面对話では、対象物を見る位置が対話者毎に異なるため、視覚情報は厳密には同一ではない。

例えば遠くの山のような手の届かない範囲の事物を指差すときには、この差異が顕在化する。

4、6 鏡像表示

自己の姿を日常生活で見る機会は、鏡以外では一般にあまり無い。その為、画面上の自己像の動きの制御は、見慣れた鏡像の方が、左右反転しないビデオ映像（正像）の場合より容易である。例えば、自分の直ぐ横の相手の肩を叩こうとした場合の手足の動きが、日常生活における鏡に映った世界での動きと同じになるため、思い通りの動きができることになる。さらに、自己像を正像、鏡像の2種類を見せた場合の恥ずかしさや違和感等の心理的な主観評価を行ったところ、鏡像表示のほうが好ましい事も判った（森川 1999）。



図4、超鏡対話における指示行為

5、超鏡システムのハードウェア

5、1 撮影範囲

超鏡システムを具現化するには、いろいろなパラメタの決定が必要である。まず、人物の撮影範囲とそれの表示サイズ、画像の分解能等である。全画面の分解能が一定であれば、撮影範囲を大きくすると、相対的に人物の画像部分の分解能が低下するので、どの程度の値にこれらを決定するのは、システム全体の性能を左右する重要項目である。

予備実験では、従来のテレビ電話等のような顔だけでは不十分で、軽く肘を曲げて胸元とするジェスチャーが映る範囲が必要であった（図5上段）。表示サイズは、等身大表示が好ましいが、縮小表示でも、実用になった。なお、人物の絶対サイズの精度より、参加者毎の表示サイズ、上下方向の表示位置や色再現性の方が重要な事が判った。

基本的には、全画面いずれの位置も全ての対話者が表示可能であるが、動き回れる範囲を限定した版でも実用になった。なお、予備実験によれば、複数地点からの映像が重ね合わせて表示される領域が無いと、見えない窓枠による分断が生じ、超鏡の特徴が生かせない為、少なくとも、隣りあった両者の肩と肩の間は重ね合わせの領域として必要な事が判った（図5中段）。

5、2 合成画像の作成方法

合成画像の作成方法には、電子的に行う方法と光学的に行う方法がある。光学的に行う場合には、2重写しが原則であるが、光学的なトリックにより、一方の地点の映像を他方より優先順位をあげて表示させることができる。電子的におこなう場合には、光学的なトリックだけでなく、より高度な画像処理によって、合成画像を得ることができる。例えば、位置センサや距離センサ等を用いることにより、重なり部分の前後関係を判別して優先順位を決定することで、より自然な映像を得ることも原理的には可能である（図5下段）。

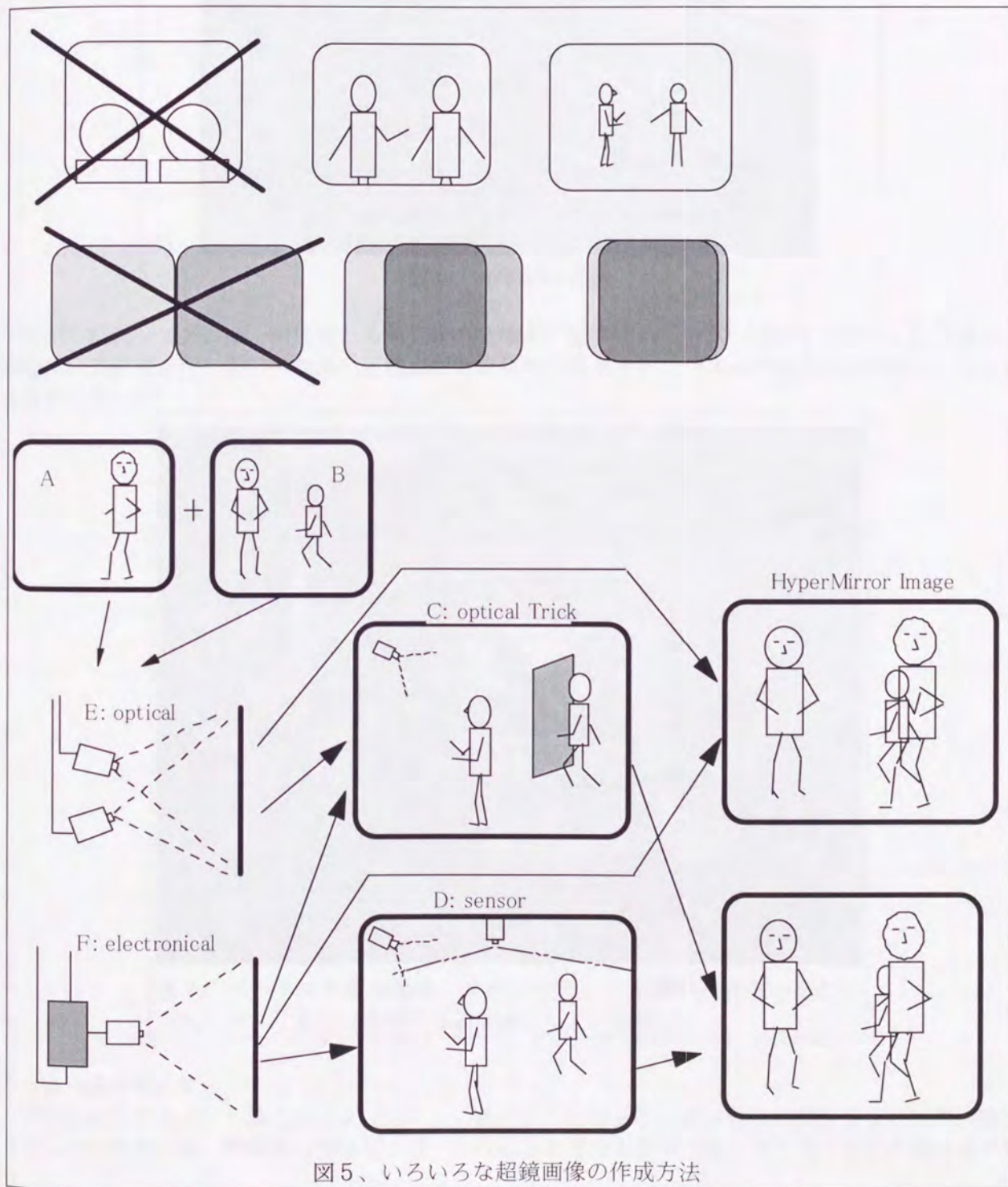


図5、いろいろな超鏡画像の作成方法

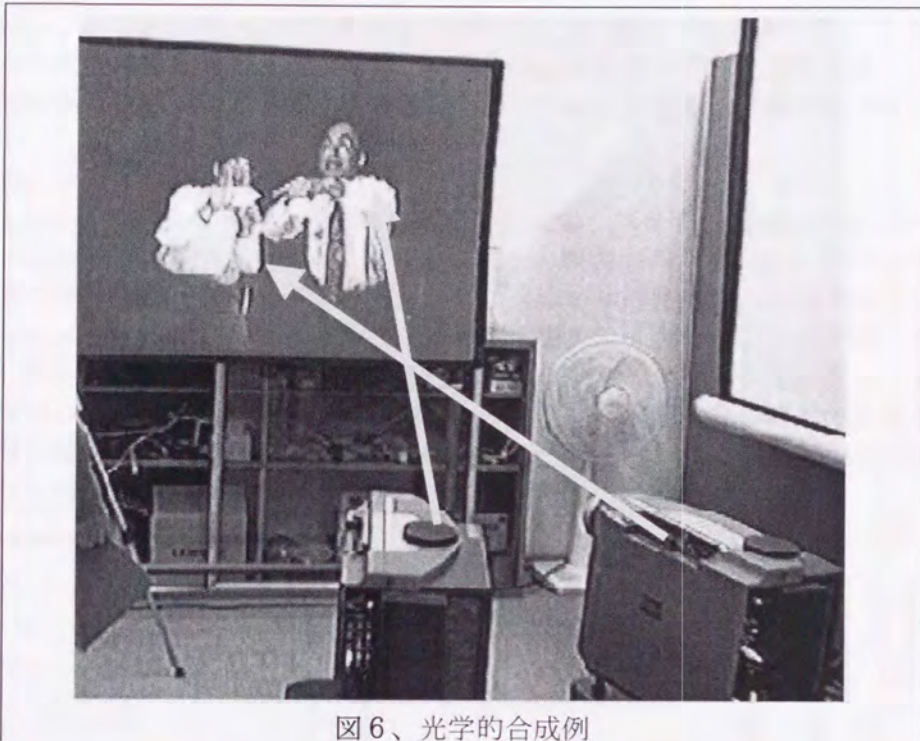


図6、光学的合成例

初期の超鏡システムは、両地点とも黒背景の2地点・光学的合成方式（図6）であり、これを約1年間用いて研究を行った。その後、1地点が青背景の2地点・クロマキー合成方法を採用し、2年以上経過している。

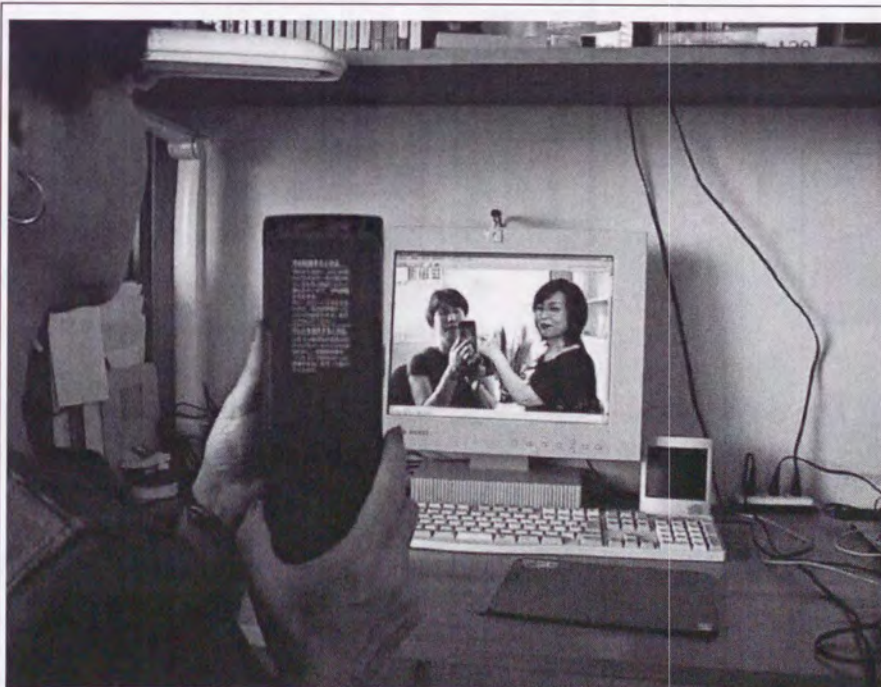


図7、ポータブル型の超鏡システムの例。14型の液晶モニタと小型カメラ。リモコンの操作方法を教示している様子。

5、3 表示サイズ

表示方法は14インチ液晶モニタ（図7）に縮小表示の場合と、縦90cm横120cmの大型スクリーンに作業内容、被験者の身体サイズ、人数により等身大表示から50%表示までの間に表示し

た場合がある。スピーカは、プロジェクタおよび液晶モニタ内蔵の物を使用した。マイクロフォンは、ワイヤレスマイクを使用した場合と、カメラに内蔵されたものを使用した場合があり、さらに動きが少ない課題作業の場合には、課題作業机に設置した卓上マイクを使用した場合もあった。

5、4 2地点・クロマキー合成版

図8に、1998年の研究所一般公開の時に使用した超鏡システムの詳細を示す。これは、2地点・クロマキー合成版でビデオ信号は NTSC レベルである。映像は両地点共に、床から70cmの高さに配置した大型スクリーン(90×120cm)に180cmの距離から液晶プロジェクタにより投影した。ビデオカメラは、オートフォーカス・モードで撮影し、大型スクリーン横の高さ140cmの位置に設置した。音声は両地点にそれぞれ2台ずつのワイヤレスマイクを用意し、モノラル音声で伝送し、液晶プロジェクタ内蔵のスピーカを使い、ハウリングが起きない範囲の音量で使用した。映像信号および音声信号はケーブルにより両地点を接続した。なお、このハードウェアは、すべて既製品の組み合わせで構成しており、特殊な機器は一つも使用していない。

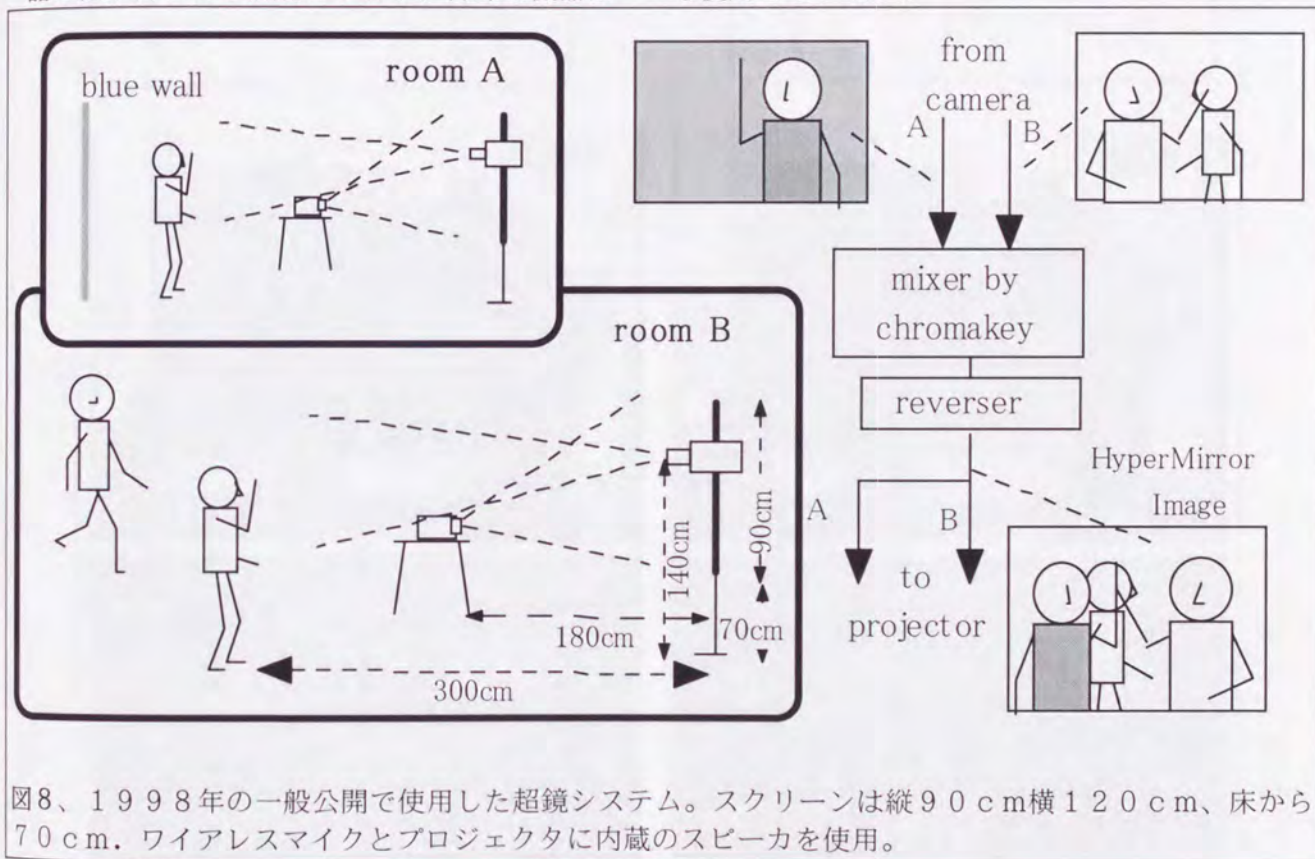


図8、1998年の一般公開で使用した超鏡システム。スクリーンは縦90cm横120cm、床から70cm、ワイヤレスマイクとプロジェクタに内蔵のスピーカを使用。

6、利用観察

利用観察は約3年間に渡ったもので、観察に利用した具体的な超鏡システムには、合成映像の作り方や撮影範囲により多くのバリエーションが存在する(森川 1997a)(Morikawa 1998)。利用観察時に課題を与えて心理実験を行ったものは、引用文献(Morikawa 1997)の5名、(森川 1997a)の14名、1998年の研究所一般公開での公開実験で56名、その他の実験で約80名であった。また、課題を課さない自由対話での観察事例は1997年の研究所一般公開で約300名、1998年の一般公開で約150名、研究所見学等での約100名程度であった。

対話時間は、一般公開では3分以内が最多で、長くても10分程度であった。研究所の見学時では20分程度の自由対話、課題作業の場合は5分程度から30分程度であった。

6、1 観察された現象

●身体による視線行動：超鏡システムでもモナリザ視線効果は解消されていない。しかしこれが問題になることは皆無であった。対面対話におけるアイコンタクトに相当する場面で、彼らは身体を画面上で話し手の方に向けることで代用し対話した（図9）。

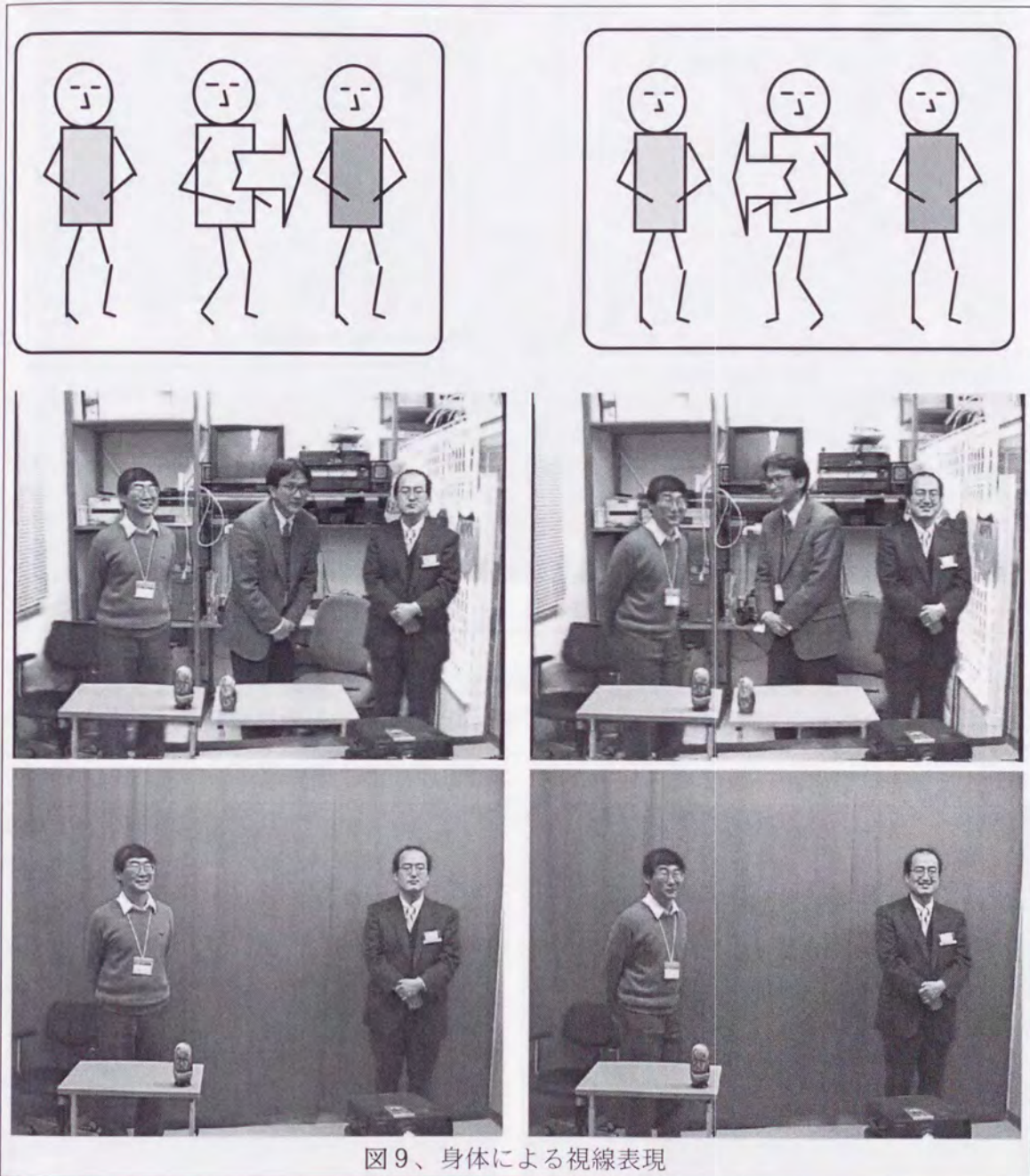


図9、身体による視線表現



図10 カメラに近づいて拡大表示

●カメラに近づき拡大表示：画面の空間分解能が低い為、対話対象の細部が相手に伝わらない事例があった。この場合、情報提示側は、相手からの要求を待たずに対象事物をカメラの前に差し出して、拡大表示をした（図10）。



図11 指示語の変化。スクリーンを指差すときは「あれ (that)」だが、画面上での指差しでは「これ(this)」を使う。

●「あれ」から「これ」へ：超鏡システムでは、WISIWYS のため、指示行為が容易である事は先に述べたとおりである。興味深いのは、事物を指差すときの言葉が、近くの物でも、遠くの物でも、すべて「これ」に変化した点である。この事は、画面上に見えている物はすべて手で触れることができる身近な存在に（少なくとも心理的には）変化したことを意味する。



図12 社会性の発現。前を失礼と言いながら腰をかがめて横切る男性

●同室にいるという社会性の発現：画面上で対話相手の前を横切りお互いの位置を入れ替える場合、「前を失礼」といいながら、少し足早に、腰をかがめながら移動する事例が観察された（図12）。

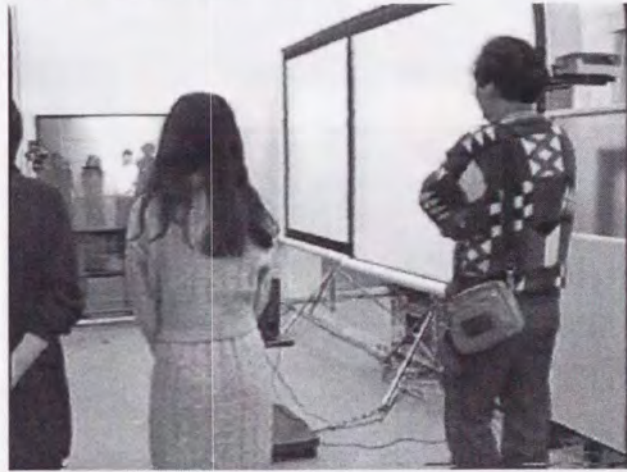


図13 身体行動の引き込み現象。写真では分からないが、身体を左右に振動させる身体行動にも両者の間に同期が観察された。

●身体動作の引きこみ現象：対面対話では、言葉による情報交換だけでなく、うなずきや身振りなどの身体動作のリズムを共有して、相互に引き込むことにより、対話をしている。このリズムの共有が対話者の一体感を生み、(渡辺 1998、1999)。超鏡対話でも、対話者の身体行動が類似する現象が観察された（図13）。図13からは読み取れないが、一方が画面右側に重心をずらすと、他方も同じように画面右側に重心をずらし、左右にゆらゆらと身体を揺らせることでも同期する身体行動が観察された。



対話者4人が超鏡画面上で並んで対話している。画面右端の女性は遠隔地。



遠隔地の女性が移動して画面左から2人目の女性と3人目の男性の間に立つ。



遠隔地の女性のために空間を確保した2名が空間を見る。

図14 超鏡対話におけるパーソナルスペースの確保

●パーソナルスペース：人間には他人の侵入によって不快感を感じる領域が存在し、それは侵入者との人間的な間柄によって変化する（Hall 1970）。超鏡画面上でも適度な間隔を保とうとする現象が観察された（森川 1998）。

図14にその様子の一例を示す。画面上で4人の対話者が並んで立っている（上段左）。画面右端

に映っている遠隔地の女性が画面隣の男性の前を通り、画面左から2人目の女性と3人目の男性の間に立つ（上段右）。この直後、画面左から2人目の女性と3人目の男性が、遠隔地の女性のために間隔を空ける。そして、思わず空白を見る（中段右）。



図15 超鏡対話を楽しむ利用者達。

● 触力覚の欠如による行動の変化：超鏡では、画面上で事物に触れるが、当然の事ながら触ったという感触は得られない。これを逆に利用した一部利用者に、仮想的な殴り合いなどをして対話を楽しむ行為が観察された（図15）。

6、2 利用者の感想

この他、実用化に向けて示唆を受けるような利用者からの感想がいくつかあった。

●自己像の表示に対する嫌悪感：一般公開では、超鏡システムの前を意図せずに通るかかった人が、自己像が画面に表示されていることに驚き、足早に通り返る場面も多数観察された。対話を経験した利用者の中にも、自己像の表示に消極的意見の人も多くいた。

●観客から出演者へ：自己像が映ると、自分も一緒になって超鏡画面を作っているという実感がわいてきて、少し緊張する。

●カメラ撮影の嫌悪感の低減：カメラを向けられて、ビデオを撮られると緊張してしまうが、超鏡画面では、自分がカメラで撮られていることが苦にならない。ちゃんと映っているかどうかを確認できて安心する。

●触力覚の欠如の代替行為：壁を触りながら指差す利用者が観察された。彼らによれば、宙に浮かせて指差すより、壁を触りながらの指差しの方が、指差しをしているという実感が高まるという感想が得られた。

●自宅に設置はしたくない：間違い電話や、親しい人でも自宅に他人が簡単に入ってくるのは困る。公衆電話のように近所であって、出かけて行って使うというのが良い。

●疲労感：超鏡画面に常に注意を向けていなければならないので、長時間（20分程度）、連続して使っていると疲れてくる。画面を見るのがおそろかになると、とたんに対話相手が遠くの存在になってしまう。何か、気を抜いても対話が継続できる安心感が得られる仕組みが欲しい。

●音像が移動する錯覚：実際は、プロジェクタのスピーカからモノラルで出ているのに、相手が画面上で移動すると、声の聞こえてくる方向も画像といっしょに移動する気がする。

●背景画像の変換希望：青背景側の方は、相手の世界に出向いて行ったような気がする。この感覚を積極的に利用して、背景画像を制御することで、全く別の場所にいっしょに出向く感じが得られるとおもしろい。

●鏡映像の不満：お互いに鏡の映像なので、地図や文字が対話に利用できない。

前述の通り、受話器を使用して電話する場合とマイクとスピーカを使用する場合には、対話しやすさに影響が出る恐れがある。今回の利用観察で得られた結果には、利用観察で使用した設定が大きく影響していることも否定できない。しかし少なくともこれらの結果は、超鏡システムが新しい対話システムとして人々に受け入れられる可能性を示唆する内容である。なお、最後の利用者の不満に対しては、対話地点を2地点に限定し、自己像は鏡像、対話相手は正像で画像合成をする超鏡IIも考案している（Morikawa 1998）。

7、考察

7、1 W I S I W Y S

超鏡システムが対話に有効なのは、このメディアがわかりやすい点である。電話の時に述べたように、超鏡システムでは、自分に見えるものは相手にも同じように見える（W I S I W Y S）。逆に、自分にしか見えない事象は対話に含めないという対話のルールが自然発生的に芽生えてくる。対話に含める必要がある場合には、説明したり、拡大表示したり、という行為が相手からの要求なしに行う

ことができる。

我々が、事物を理解する場合、その事物単独で理解することはまれで、既知の事物との関連で理解することが多い。自己像は最も慣れ親しんだ既知の情報である。画面上に自己像が表示されることにより、対話に関連する事物がすべて自己との関わりの枠組みで理解される。さらに、自己像が表示されることにより、超鏡画面に参加意識が生まれ、責任感が生じてくる。また自己像の表示が撮影に対する嫌悪感の低減にも役立っている（南部 2000）。

7、2 分かりやすさ

一方、超鏡映像を作り出すために、超鏡システムは画像処理を行っている。出来上がった映像は現実には存在しない映像である。しかし、その映像と実世界の対応付けは非常に単純で、多くの人々に理解可能である。現在のCGの技術を駆使すれば、この世にはありえない、もっとすばらしい、感動的な映像を作り出す事が可能である。また例えば、スクリーンを見ている顔画像をカメラ視線の映像に変換するのも夢ではない。しかし、このような加工を一切行わない事が、本システムを使いこなしてゆく上では重要な約束事になると思う。

なぜなら、本システム的设计理念は、ありのままのメディアの特性を人間が熟知して、それを使いこなす点だからである。もし、少しでも自明でない加工を施すと、その映像情報の信頼性・価値は劇的に低下し、対話が成立しなくなる恐れもある。始めの話に戻るが、電話において映像が送れないということは長所でもある。分かりやすさを犠牲にして高機能化するよりも、多少の不都合が残ったとしても分かりやすさを優先させる事が、超鏡システムの長所であると考えたい。

8、おわりに

本章では、自己像を追加表示する新しい遠隔視覚対話環境における、対話行動の観察結果について述べた。スクリーン上にいる対話相手と握手をしたり、ビデオ映像による視線伝達の不備を身体への向きによる視線行動で代替することにより、対話環境に適した行動を多くの利用者が取ることが観察された。

本章の参考文献

- Gaver, W., Sellen, A., Heath, C. and Luff P. 1993 "One is not enough: Multiple views in a media space." Proc. INTERCHI'93, 335-341
- Greenhalgh, C. and Benford, S. 1995 "Massive: A collaborative virtual environment for teleconferencing." ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 2.3, September 1995, 239-261.
- 原田悦子 1994 「認知工学から見た通信メディア：対話という認知的課題」情報処理学会情報メディア研究会資料 16-2, 9-16
- Hall, E.T. 1970 「かくれた次元」、日高敏隆、佐藤信行訳、pp.160-181 みすず書房
- Heath, C. & Luff, P. 1991 "Disembodied Conduct: Communication through video in a multi-media environment," Proc. CHI'91, 99-103
- Heath, C. & Luff, P. 1992 "Media Space and Communicative Asymmetries: Preliminary Observations of Video-Mediated Interaction", Human-Computer Interaction, 7(3), 315-346, .
- Ishii, H. Kobayashi, M. & Grudin, J. 1993 "Integration of Interpersonal Space and Shared

- Workspace:ClearBoard Design and Experiments," ACM Transactions on information Systems(TOIS), ACM, 11-4, 349-375
- Krauss, R.M. & Fussell,R.M. 1991 "Constructing shared communicative environments" In L.B. Resnick, J.M. Levine and S.P.Teasley(Eds.) Perspectives on Socially Shared Cognition, Washington, DC: American Psychological Association. 172-199
- Krueger, M. 1991 "Artificial Reality II," Addison-Wesley Pub.
- Kuzuoka, H. & Kosuge, T. 1994 "GestureCam:A video Communication System for Sympathetic Remote Collaboration." Proc. CSCW'94. 35-43
- Mandeville, J. et al. 1995 "GreenSpace: Creating a Distributed Virtual Environment for Global Applications," In Proceedings of IEEE Networked Virtual Reality Workshop
- 宮里勉、岸野文郎、寺島信義 1996 「臨場感通信会議における参加者の対面状況の保持特性の評価」電子情報通信学会論文誌, Vol.79-A, 2, 518-526
- Morikawa, O. & Maesako, T. 1997 "HyperMirror: a Video-Mediated communication system," CHI97 extended abstracts, 317-318
- 森川治、前迫孝憲 1997a 「「超鏡」: 自己像を表示するビデオ対話方式」情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会資料 HI72-5, 25-30
- 森川治 1997b 「対話における視線認知特性の対面対話とビデオ対話の違い」Progress in Human Interface, 6, 13-20
- Morikawa, O. & Maesako, T. 1998 "HyperMirror: Toward Pleasant-to-use Video Mediated Communication System," Proc. CSCW'98, 149-158
- 森川治 1998 「超鏡対話における対話相手との距離感」計測自動制御学会第14回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集, 117-120
- 森川治 1999 「ビデオ対話における自己像の表示による対話相手の存在感への影響」ヒューマンインタフェース学会論文誌、1-1, 61-68
- 南部美砂子、原田悦子、河野明子、森川治 2000「ビデオ対話における身体-視覚空間の共有-HyperMirrorシステムにおける視覚チャンネル利用と主観的評価」日本認知科学会第17回大会、82-83
- 岡田謙一、松下温 1995「臨場感のある多地点テレビ会議システム:MAJIC」情報処理学会論文誌、Vol.36、no.3, pp775-783
- Sellen, A. 1992 "Speech patterns in video-mediated conversations." Proc. CHI'92, 49-59.
- Sugawara, S., et al. 1994 "InterSpace: Networked Virtual World for Visual Communication," IEICE transactions on Information and Systems, E77-D(12), 1344-1349
- Tang, J. & Minneman, S. 1991a "VideoWhilteBoard: Video Shadow to Support Remote Collaboration",

Proc. CHI'91, 315-322

Tang, J. & Minneman, S. 1991b "VideoDraw: A Video Interface for Collaborative Drawing", ACM Transactions on information Systems(TOIS), ACM, 9-2, 170-184

渡辺富雄、大久保雅史 1998 「コミュニケーションにおける引き込み現象の生理的側面からの分析評価」情報処理学会論文誌、39-5, 1225-1231

渡辺富雄 1999 「コミュニケーションにおける身体性」ヒューマンインタフェース学会誌、1-2, 14-18

吉田敦也、角田潤 1992 「大学生の電話利用とライフスタイル」第8回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集、643-650

第4章：自己像追加表示による影響の測定

1、はじめに

本章では、対話者自身の自己像を鏡のように追加表示する超鏡を用いて、遠隔視覚対話における対話相手の存在感について論じる。

人間には環境の特性を知覚し、理解し、その環境に適した行動を創造する能力に長けている。混沌とした情報の意味を理解する能力、与えられた情報のレベル以上を理解できる能力、道理にあった筋の通った解釈を生み出す能力を持っている。

電話では音しか伝わらないということを人間は理解し、電話に適した対話を行うことができる。ビデオ映像に自己像を表示するという新しい環境における影響を心理実験により測定する。

2、遠隔視覚対話の視線情報

遠隔視覚対話システムでは、カメラ位置と話し手との位置関係により映像が決まる。その映像は聞き手の位置とは無関係に同じように解釈される。つまり、写真や絵画における「モナリザ効果」(Kendon 1967)と同様な傾向が多くの実験により観測されている (Masame 1990) (真覚 1992、1993) (森川 1997c)。これらの実験結果は、複数いる聞き手の中の一人だけに視線を送る事が不可能である事を意味する (図1)。つまり、従来のビデオ会議システムのように同一の画面を複数の対話者が見る限り、参加者全員の「対面対話と同等の」正しい視線理解は不可能であるという結論が、これらの実験から導かれる。これは、Gaver (Gaver 1993), Sellen (Sellen 1992) の観察結果を裏付ける内容でもある。彼らの報告では、音声チャンネルに映像を追加した単純な遠隔視覚対話システムでは、視線情報が対話に有効に利用されていない事が述べられている。

しかし、第1章で述べたように、自分以外のところを見ていると感じる視線を、種々の状況判断から、実は自分へ向けられた視線であると、「対話時の情報としては」正しく理解できる利用者也、極く一部ではあるが観察された (森川 1997c)。これは、適切な環境を与えれば、その環境にふさわしい処理方略を人間が創作することを暗示する事例である。類似現象が Dourish et.al (Dourish 1994) の報告にもある。彼らの観察によれば、遠隔視覚対話において聞き手がカメラを覗き込む行為をする事がある。これは話し手に対し、自分が注意して聞いている事を示すフィードバックとして機能している。また話し手は、聞き手がモニタ画面を見ている視線を理解することにより、聞き手が自分の話に注意を払っている事を理解できるようになる。そして、遠隔視覚対話を有効に利用する熟練利用者は「アイコンタクトをしている」を「相手が私を見ている」に置き換えて理解できるようになる。

なおこの事から、音声チャンネルに映像を追加した単純な遠隔視覚対話システムのままでも問題が無いと結論付けることにはならない。このような適応行動が観察されたのは、あくまでも一部の利用者であり、Dourishらの観察 (Dourish 1994) は長期利用者のものだからである。

適応行動に至っていない多くの人々にとって、遠隔視覚対話システム利用時の問題点は次のようになる。遠隔視覚対話の場合には、視覚情報には有効な情報と、視線方向のような不正確な (対面対話時とは異なる解釈を強いられる) 情報が混在して受信される。有効な情報だけを取捨選択することは、意識的にしたとしても現在のところ困難である。またそれらの大部分は、各処理段階で他の情報と無矛盾なため、最終判断である解釈可能な解を導いてしまう。そしてその解釈可能な解は、対話相手に対して誤った情報を与える。つまり、確信に満ちた「誤った解釈」を導いてしまう所に遠隔視覚対話の問題点がある。

この問題点を軽減する一つの解決策として、遠隔視覚対話が対面対話と全く異なる対話環境であることを明示する方法がある。すると自然に利用者は、対面対話とは異なる理解の仕方でも遠隔視覚対話に接し、その遠隔視覚対話環境にふさわしい方法でメディア経由の対話相手の情報を理解することが期待できる。

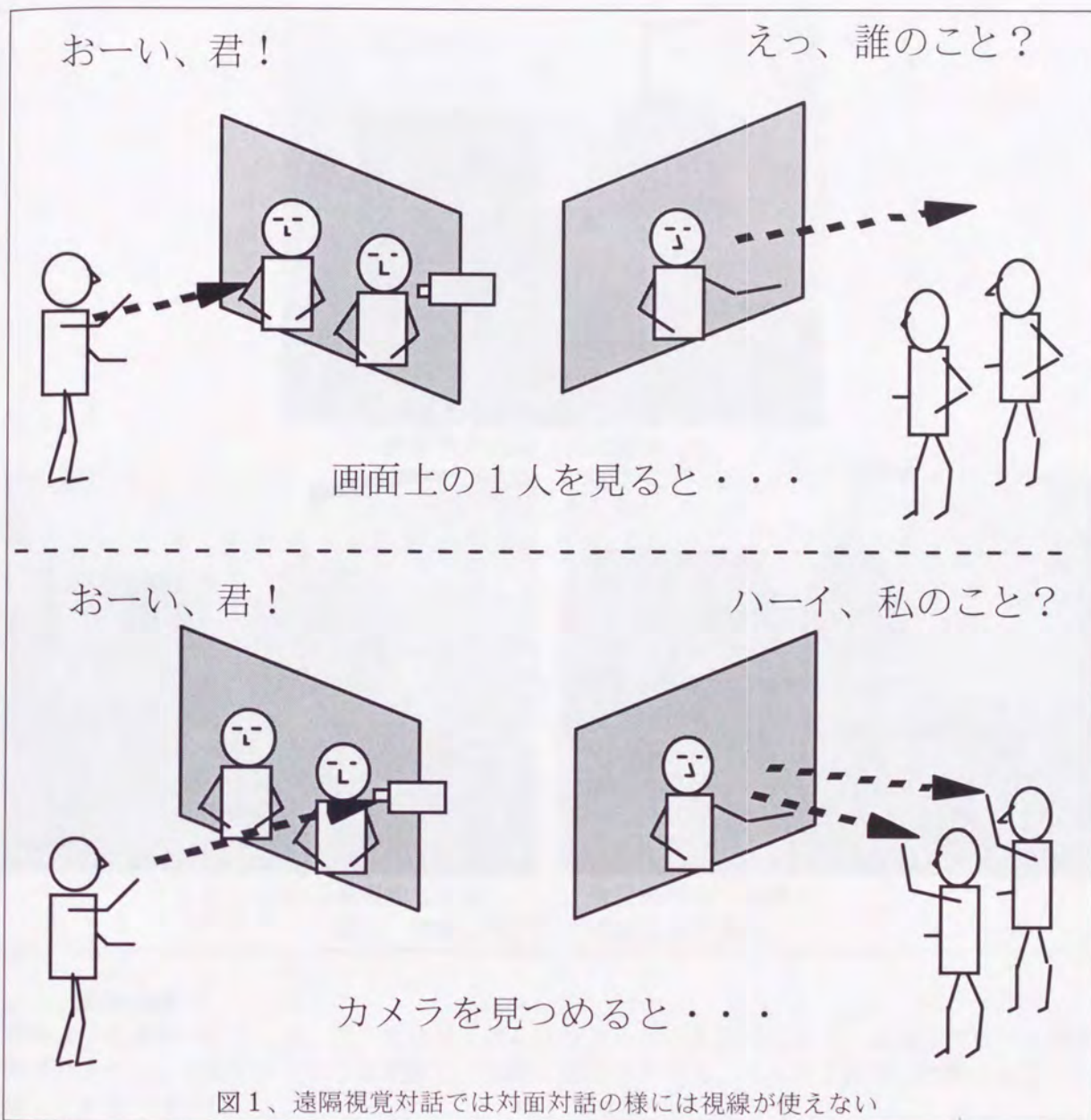
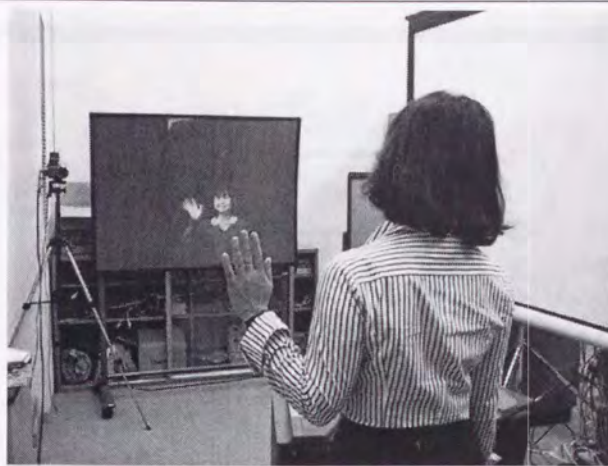


図1、遠隔視覚対話では対面対話の様には視線が使えない

3、実験

本章では、遠隔視覚対話画面上に、対話者自身の自己像を表示する事を考える。すると、対話に利用する映像は明らかに対面対話と異なる映像となる。そのため、対面対話と異なる理解の仕方での画像を理解し、その結果、遠隔視覚対話にふさわしい理解の仕方が創作されると思われる。これを、超鏡対話 (HyperMirror) と呼ぶ (Morikawa 1997) (森川 1997a) (森川 1997b)。さらにその結果、対話の仕方自体が変化し、対面対話とは異なる新しい対話環境として、この超鏡対話が発展する可能性が出てくる。

超鏡対話でも対話相手の映像は、遠隔視覚対話の場合と全く同じである。対話画面の理解の仕方が変化した事を調べるために、対話相手の存在感という主観評価値を3種類の表示条件で計測することとした (図2)。被験者は10歳代から50歳代までの男女25名 (内女性12名) である。実験は3ないし4名一組で行い、グループ内ではお互いに顔見知りの間柄である。



対話相手のみ（自己像無し）



自己像追加（正像）



自己像追加（超鏡）

図2 実験に用いた3種類の表示条件

3、1 実験装置

実験は2室を用いて行った。第1室には1枚のスクリーン、1台のモニタ、2台のプロジェクタ、3台のカメラおよび黒いカーテンを配置し、別室にはカメラ1台、モニタ1台および黒いカーテンを配置してある（図3）。

被験者の立つ位置の前方にはプロジェクタ1、2とスクリーン、カメラ1が設置してある。スクリーンは縦90cm、横120cmの大きさで、床面から90cmの高さに垂直に設置した。また、被験者の後方にはカメラ2が設置してあり、このカメラ2によりスクリーンの映像を撮影し、それを同室・別室の対話相手のモニタ1、2の上に表示した。

2人の対話相手役のそれぞれ前方にカメラ3、4を設置し、その映像はプロジェクタ1に入力し、プロジェクタの入力切り替えにより選択された映像が被験者の見るスクリーン上に投影された。カメラ3、4とプロジェクタ1を調整することにより、どちらの対話相手も等身大、そこにいるのと同じ高さでスクリーン右半分に表示されるようにした。

被験者を撮影するカメラ1はスクリーン上の対話相手の表示位置と被験者を結ぶ直線上に配置し、その映像信号はプロジェクタ2およびモニタ1、2に入力した。このカメラ1とプロジェクタ2を、被験者の姿が等身大、そこにいるのと同じ高さでスクリーン左半分に表示されるように調整した。

なお、被験者とスクリーンの距離は300cmとした。カメラおよびスクリーンの精度はNTSCのテレビ信号レベルである。スクリーンの中央部分は2台のプロジェクタ1、2により投影されている為、被験者および対話相手の黒カーテンが二重写しになっている。そのため、画面上でお互いの映像を重ねあわせて表示する事になり、握手をしている様な映像を生み出すことも可能である（図2下左）。

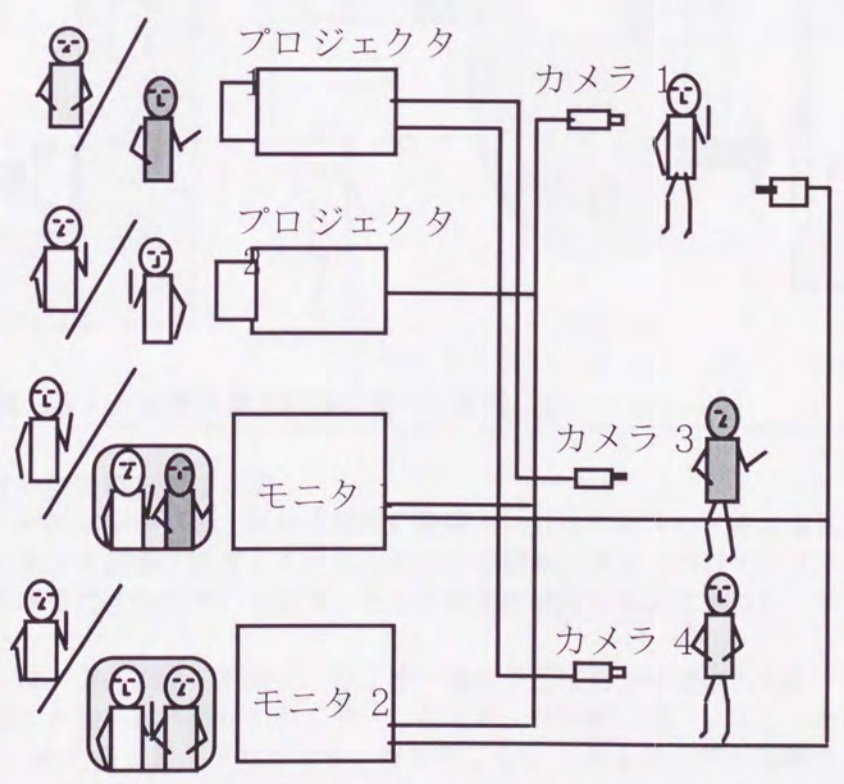
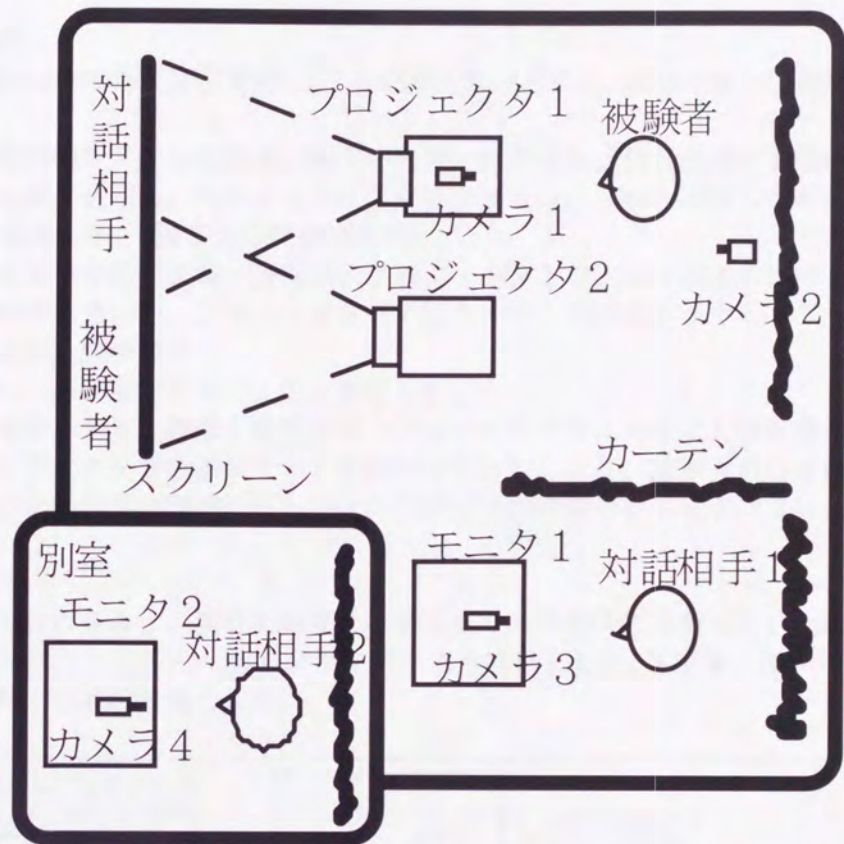


図3、実験室のレイアウト（上）と結線図（下）

3、2 表示条件

表示条件は対話相手のみ（自己像無し）、自己像追加（正像）、鏡像の自己像追加（超鏡）の3種類を用意した。

従来の遠隔視覚対話システムと同様、相手の映像だけが写る「自己像無し」条件は、モニタ1、2にはカメラ1の映像を表示し、プロジェクタ1にはカメラ3、4から選択した対話相手の映像を表示することにより実現した。（図3下の結線図参考）

自己像の正像を表示する「正像」条件は、プロジェクタ1では同上のようにカメラ3、4から選択した対話相手の映像を表示し、プロジェクタ2ではカメラ1の映像を表示し、スクリーン上で合成するようにした。この合成映像をカメラ2で撮影し、それをモニタ1、2に表示した。

自己像の鏡像を表示する「超鏡」条件では、プロジェクタ1、2の入力は正像表示条件の場合と同じであるが、プロジェクタ2の表示モードを逆転にする事により、被験者だけを鏡像表示にした合成映像を作成した。正像条件と同様に話し手は、カメラ2の映像がモニタ1、2によって表示される。

3、3 対話条件

身体の動きの少ない条件と、視覚的相互作用する条件の2条件を用意した。なお「自己像無し・相互作用」条件では、じゃんけん、および手を振り合う挨拶とした。「正像」と「超鏡」条件では、握手と肩をたたく動作を対話課題とした。

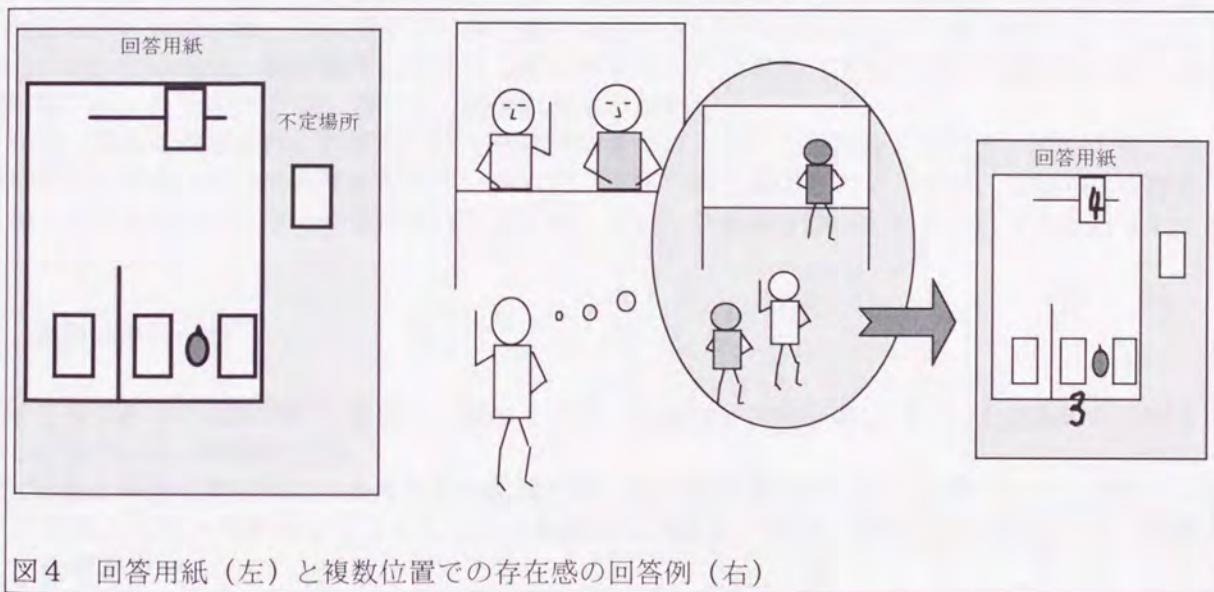


図4 回答用紙（左）と複数位置での存在感の回答例（右）

3、4 対話相手の存在感の回答方法

予備実験では、対話相手がいると感じる場所に被験者に立ってもらい、その位置の計測をし、その位置での存在感の強さを言葉で表現してもらった。その結果、大きく分けて、スクリーン近傍、被験者自身の近傍、実際に対話相手のいる位置、そして特定の場所を限定できないという回答に分類できることが分かった。

存在感については、存在の不自然さと、存在感の強弱の2種類が予想されたが、被験者の記述を分析すると「不自然だが強い存在感がある」や「自然だが、存在感は弱い」といった評価は全く検出されず、「自然で強い存在感」と「不自然で弱い存在感」といった1次元的な評価で十分な感じを受けた。さらに、強弱については、5段階程度で十分であることが分かった。そこで、記入しやすさ、処理しやすさを考慮し、「自然であり、本当にそこにいる感じがする」というレベルを5、「不自然だが、とにかくいる感じがする」というレベルを1とした5段階評価とした。

これら予備実験の結果を基に、回答用紙を作成した(図4)。被験者は、回答用紙に描かれている実験室の見取り図中の、対話相手の存在を感じた場所に相当する位置に、その場所での存在感を数字により記述する。回答用紙には被験者、スクリーン、カーテンの位置が描かれており、目印としてスクリーン上での対話相手の表示位置、被験者の左右真横の位置、カーテン越しにいる対話相手の位置を示す四角を設けた。なお、回答はこの四角にとらわれる必要はなく、回答用紙の任意の位置への記入を許した。さらに、どこかにはいるのだが、対話相手の存在場所は不明であるという「不定場所」も設けた。例えば、左後方と前方のスクリーン上にいると感じる場合、回答用紙には、被験者左の四角の後方とスクリーン上の四角にそれぞれの存在感を数字で記入することになる(図4右)。

3、5 実験手順

1回の実験はグループの中の3人で行う。一人が被験者となり、残り2名は対話相手の役を行う。対話相手役の1名はカーテン越しのすぐ横のモニタ1、カメラ3の前に立つ。他方の相手役は被験者の知らない別室へ案内し、モニタ2とカメラ4の前に立つ。

動きの少ない条件と、画面上で握手等の相互作用を行う相互作用のある条件の2種類、「自己像無し」、「正像」、「超鏡」の3種類、対話相手のいる場所2種類の計 $3 * 2 * 2 = 12$ 条件を用意した。なお、対話相手のいる場所の2条件は、対話相手の実際の存在位置が分かっている「既知条件」と、別室で不明な「未知条件」である。

この12種類をあらかじめ設定した順序に従って、実験者が表示方式を切り替える。1回の実験は練習2試行を含む26試行により構成し、表示方式の順序は各条件の出現頻度、前後関係が均等になるように配慮して決定した。被験者は設定された条件で対話をして、その直後にその対話条件における対話相手の存在位置とその場所での存在感の強弱を5段階の主観評価で回答用紙に記入するよう求められる。この場合、複数箇所が存在する感じがすることは異常ではないという教示をした。また、実験終了後、自由記述で話し易さ等、感想の記入を求めた。

なお、実験は被験者役、対話相手役を実験参加者がローテーションをして行う。そのため、始めに別室の対話相手役を行った被験者のデータの内、別室の対話相手とのデータは、対話相手の存在位置を知っていることになり未知条件に当たらない。そこでこれらを除いたデータにより解析をおこなった。

4、実験結果の予想

第2章で述べた認知特性の枠組み(森川 1995)(Thagard 1998)(森川 1999)で対話時の人間を捉えようと、以下の2つが導かれる。

- (A) 複数の情報処理経路により導かれる結論が同一の内容の場合は、それを導いている情報の一部が欠如しても、信頼性が低下するだけで結論内容は変わらない。場合によっては、全く結論への影響が無い。
- (B) 複数の経路により導かれる結論が互いに矛盾する場合には、用いる処理方略により、その扱いに多様性が見られる。多様性は、一方を無視する、両方の解釈の間を揺れ動く、矛盾を解消する新たな処理方略を創作する等である。

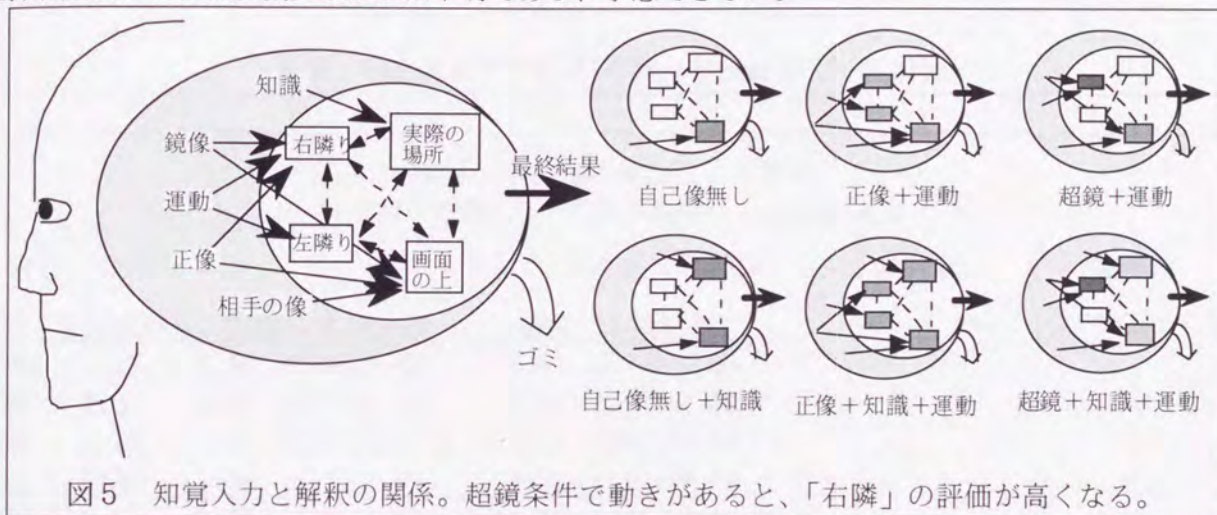
対話相手の存在位置の認識には、視覚情報、既有知識、各種フィードバック等が組み合わされて行われていると考える(図5)。「自己像無し」条件では、視覚情報としてスクリーン表面、既有知識として明示されている対話相手の所在位置が優位となると考えられる(図5上下左)。一人の人間が2カ所に存在するというのは矛盾する結論なので上記(B)が起動されるが、教示により、早期に中断される。従って、これら2カ所それぞれに評価が集まると予測できる。

一方、「正像」と「超鏡」条件では、これらに加え自己像を見るというフィードバックが加わり、さらにそれらが同一スクリーン上である為、自己の周囲(今回の実験条件では右隣り)に対話相手の存在を知覚する。さらに、画面上での相互作用課題では、自己の動きがすぐに表示され、自己の運動にフィードバックがかかる。そして、画面上での相互作用が成功する様な位置に対話相手の存在を知覚する。これは「正像」条件では左隣り、「超鏡」条件では右隣りとなる(図5上下中央・右)。その

ため、「正像+知識+運動」条件では、4つの解釈全てが活性化される。一方、「超鏡+運動」および「超鏡+知識+運動」条件では、右隣りが画面上の自己像と運動双方から支持されるため、高得点が予想される。この両方の情報が同じ「右隣り」を支持するという超鏡条件は、「鏡の世界を見ている」と解釈すると上手く説明できる。すなわち、もし被験者が、鏡の世界を想定しながらスクリーンを理解したと仮定すると、「超鏡」条件における画面理解がスムーズに行え、対話相手が自分のすぐ真横にいる感じがして、その結果「右隣り」の存在感の評価値が高くなると予想される。

また、実際の対話相手のいる位置を教えていない条件（未知条件）では、スクリーン表面、および、自己の近傍の存在感は視覚情報、各種フィードバック情報と競合しない。その為、これらの位置の評価値は所在位置明示条件より高くなると予想される。

なお今回の実験では、教示により複数の解釈の回答を誘導したが、それにより上記（B）による相互抑制処理がどの程度減少したかは不明であり、予想できない。



5、結果

全ての条件で、ほぼ予想通りの傾向が認められた。すなわち全条件で、スクリーン表面位置での評価が高く、明示した相手の所在位置が次いで高評価であった。予備実験と同じように、スクリーン上、被験者の左右、カーテン越しの対話相手位置、所在地不明の回答がほとんどであり、左後方、右後方、スクリーン手前、スクリーン奥といった前後のゆれは、それぞれ左、右、スクリーン上の1割以下であった。

記入されていない地点（相手がいるとは感じなかった地点）の評価値を0とし、回答の大部分をしめるスクリーン上、左、右、カーテン越しの対話相手位置、所在地不明の5個所に分類して統計処理をおこなった。前後のゆれの回答に対しては、それぞれ最寄りの位置の回答として扱い、同一領域に複数回答がある被験者のデータ（例えば、スクリーン奥で評価1、スクリーン上で評価3）の場合、その領域内での最高の評価値（この例では3）を採用した。

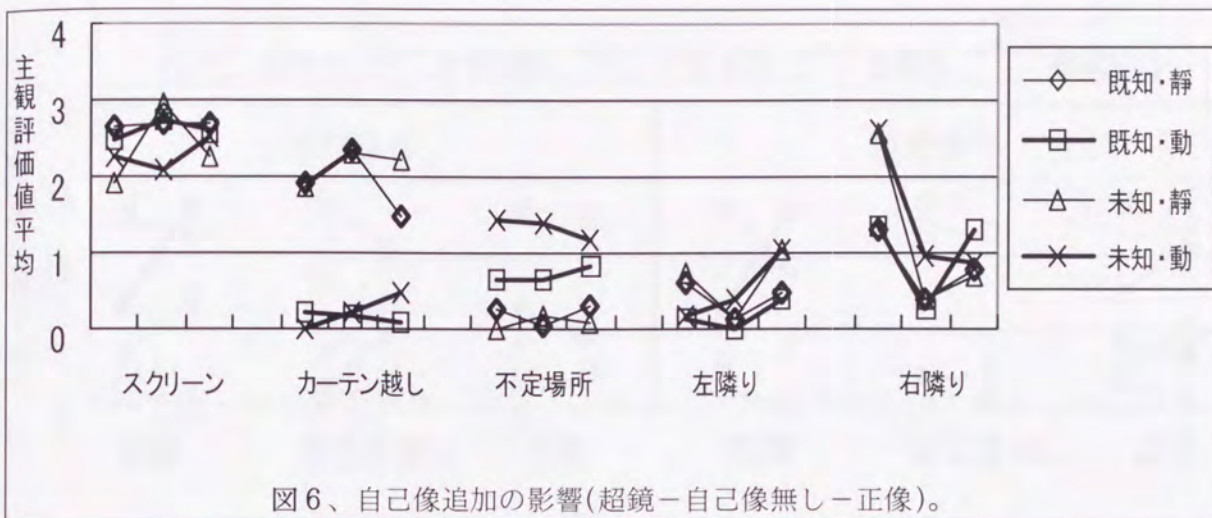


図6、自己像追加の影響(超鏡-自己像無し-正像)。

表1、自己像の追加による影響
(上段「左隣り」、下段「右隣り」の評価値)。

条件	自己像無し	正像	t検定値	超鏡	t検定値
既・静	0.13	0.46	t(24)=1.78	0.62	t(24)=1.63
未・静	0.00	0.38	t(17)=1.64	0.13	t(17)=1.38
既・動	0.13	1.04	t(24)=2.47 *	0.75	t(24)=1.84
未・動	0.38	1.04	t(17)=1.94	0.17	t(17)=0.82
既・静	0.38	0.79	t(24)=1.85	1.29	t(24)=3.17 **
未・静	0.25	1.29	t(17)=3.66 **	1.33	t(17)=2.98 **
既・動	0.38	0.71	t(24)=1.69	2.58	t(24)=5.42 **
未・動	0.96	0.88	t(17)=0.33	2.63	t(17)=4.20 **

注) * 5%水準で有意差あり、 ** 1%水準で有意差あり

5、1 自己像の追加による影響

被験者の左右近傍の評価値は、自己像の表示を追加することにより、上昇する傾向が見られる(図6)。特に、右位置の評価は4条件全てにおいて、鏡像追加により増加することが、危険率1%以下で有意差が認められた(スチューデントのt検定、表1。)

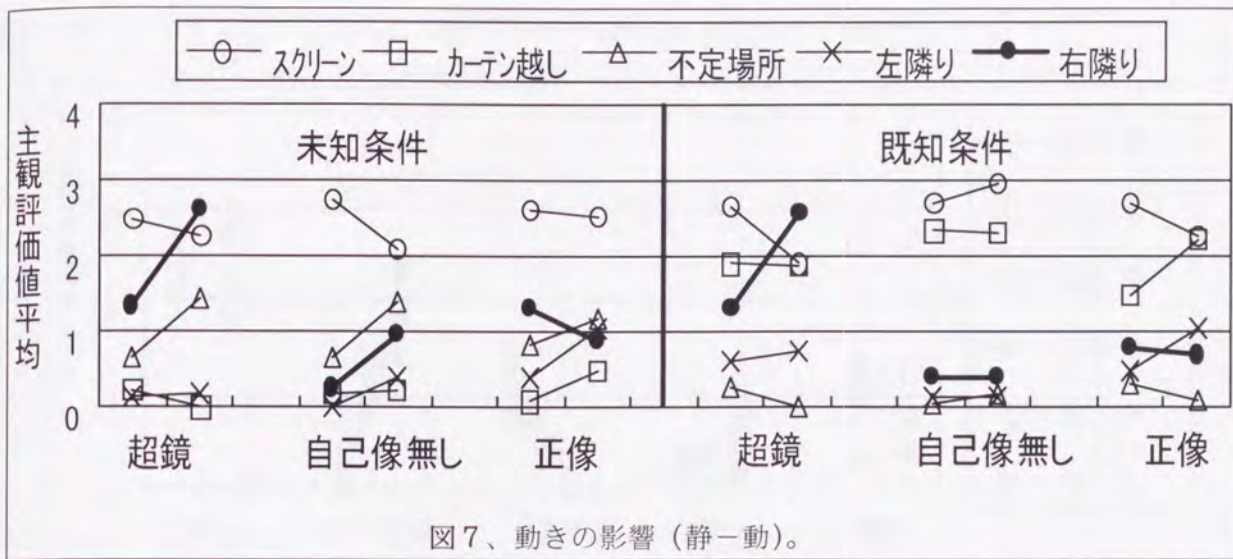


図7、動きの影響（静-動）。

表2、動きによる影響
（上段「左隣り」、下段「右隣り」の評価値）。

条件	既知条件			未知条件		
	静	動	t検定値	静	動	t検定値
自己像無し	0.13	0.13	t(24)=0.00	0.00	0.38	t(17)=1.84
正像	0.46	1.04	t(24)=2.59 *	0.38	1.04	t(17)=2.44
超鏡	0.63	0.75	t(24)=0.35	0.13	0.17	t(17)=0.33
自己像無し	0.38	0.38	t(24)=0.00	0.25	0.96	t(17)=2.60 *
正像	0.79	0.71	t(24)=0.28	1.29	0.88	t(17)=1.26
超鏡	1.29	2.58	t(24)=3.86 **	1.33	2.63	t(17)=4.26 **

注) * 5%水準で有意差あり、 ** 1%水準で有意差あり

5、2 動きによる影響、特に画面上での相互作用

動きがある場合、正像表示において左位置の評価の増加、鏡像表示において右位置の評価の増加が、動きが少ない場合より大きいことが図7から読み取れる。検定の結果、左位置は5%の危険率、右位置は1%の危険率で有意差が認められた（表2）。これは、対話相手の存在位置を我々は、自己との相対位置関係により理解している事を示唆している。「自分の肩の先にいる」よりも「自分が手を伸ばして握手をした場所にいる」という感覚の方が強く印象に残る。そしてこの相互の位置関係は、正像では被験者の左側に、鏡像では右側で成立することになる。すなわち、動きが少ない場合より、動くことにより画面上で対話相手と握手などの相互作用を経験することにより、画面に表現されている世界をより深く認識する。特に「超鏡」条件における右側の存在位置に関しては、動きによる評価値の増大は著しく、対話相手の存在位置が既知・未知を問わず、それぞれの環境での最高評価値であった。

一方、従来の遠隔視覚対話の様な、「自己像無し」条件では、どの存在位置に関しても動きの有無による有意な差は認められなかった。

5、3 相手の存在位置に関する既有知識の影響

カーテン越しの対話相手の場所と不定場所の評価が影響を受けているが、他の評価は殆ど影響を受けていない。予想では、スクリーン上、被験者左隣り、右隣りの存在感とも、未知条件のほうが高い

評価を受けると考えたが、それを支持する結果は得られなかった (図8)。

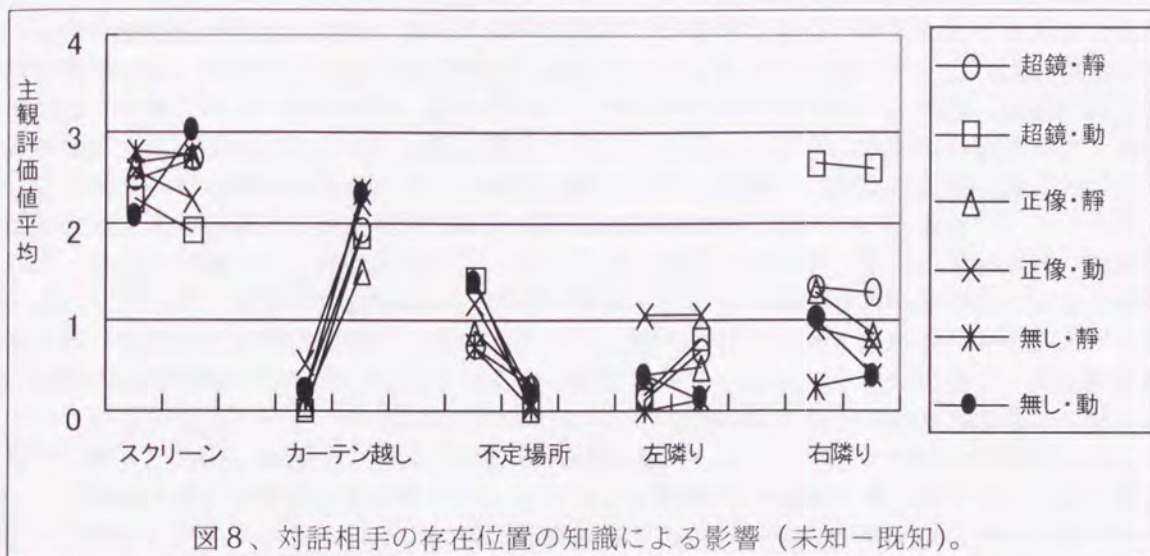


図8、対話相手の存在位置の知識による影響 (未知-既知)。

なお、左隣りの評価は「超鏡・動」条件 ($t(17)=2.67, p<0.05$)を除いて有意差は認められていないが、全般的に既知条件の方が高くなっている。これは、今回の実験環境が、カーテン越しの対話相手の物理的配置が被験者の左側に位置しているためかもしれない。

興味深い点は、鏡像表示の場合、右隣りの評価がスクリーン上の評価を「超鏡・未知・動」だけでなく「超鏡・既知・動」でも上回っていることである。この事は、対話相手がカーテン越しにいる事を、たとえ知っている状態であっても、そのカーテン越しにいるという存在感や、スクリーン上で感じる存在感より、自分の右隣りにいるという感じの方が勝っている事を意味している。

6、考察

自由記述のなかで、「握手しやすい場合と、すごくしにくい場合がある。」と回答した被験者がいた。実験終了後、鏡像と正像の違いを説明し、再度握手をしてもらったところ、「握手をしやすいのは鏡像で、動かしたい方向に思わず手が伸びる」という感想が述べられた。このことから、少なくとも、この被験者は画面を認識するとき、鏡のメタファを利用したと推測される。

「自己像無し」条件では、スクリーン上あるいはスクリーンの向こう側に対話相手の存在感があり、自己の映像を表示することにより、相手を同室にいるように感じ、その存在感も「超鏡」条件が最も高い評価であった。しかし自由記述の中に、対話のしやすさという観点からは、画面上の自分の映像に対して、否定的な回答もあった。

今回の実験では、光学的に2重写しをすることにより対話相手と自己像を合成した同一空間にあるような映像を作った。そのため、お互いの映像のバックは共に黒いカーテンであり、人物だけが切り出された様な感じも受ける。2重写しのため、お互いの映像は半透明の様な感じを受ける。そのことが、自己像を見る心理的抵抗を軽減させて良かったという意見と、対話相手が透明人間の様で嫌であったという両論の感想があった。

これらの感想は、本研究での遠隔視覚対話の問題点軽減策として、対面対話模倣の否定に対する率直な感想と受け止めたい。なお、どのような提示方法が人々に受け入れられやすいのかは、今後の研究課題としたい。

自己の動きが画面上に瞬時に現れ、対話相手と同格に扱われる事が、実在感を強化したという回答もあった。これも実験データで示したように、単に自己像の追加表示だけが対話相手の存在感が十分に得られる訳ではない事を指示する内容である。存在感を生み出すためには、相互作用のある動きが必要であり、その時に限り、スクリーン上の評価値を上回る高い評価値が得られている。

さらにこの意見は、時間遅れについても示唆している。つまり、存在感を強化するには、今回の実験のように時間遅れのほとんど無い環境が重要であって、現存するテレビ電話やビデオ会議システム程度の時間分解能や時間遅れでは、必ずしも存在感向上が期待できない事を示唆する内容でもある。

今回の実験では、同室の対話相手は被験者左側のカーテン越しに設置した。これは、鏡像の自己映像追加時の存在感の向上の原因から、既有知識の影響を排除する為である。実際、既有知識が左隣りの存在感の評価値に影響を与えている事は前述の通りである。つまり、今回の実験結果は、既有知識によって左隣りの存在感が補強されている状況であっても、右隣り、すなわち鏡映像における身体的相互作用が成立する位置に、対話相手の存在感を被験者達は強く感じている事を示している。

さらに、今回の実験では、対話相手が少しでもいると感じる場所を、全て記入する様に被験者に求めている。そのため、通常の対話時には、首尾一貫性を求める人間の情報処理特性によって無意識的に否定され、無視される様な位置の存在感もデータに現れていると考えられる。実際、スクリーン上の対話相手の表示内容は物理的には全ての条件で同等である。それにもかかわらず、対話条件によって多少なりとも変化している。断定はできないが、この変動はスクリーン上の存在感と対立する解釈の影響とも考えられる。画面上で相互作用できる超鏡条件でのスクリーンの評価が最低になっているのも、この首尾一貫性の影響かも知れない。とすると、実際の対話時では、スクリーン上の存在感の評価値が実験データよりさらに低下し、逆に超鏡条件での身体的相互作用の成立する位置での存在感が実験データより増加すると考えられる。

つまり、お互いに矛盾する様な複数の解釈が入り交じるような環境では、個々の解釈の正当性（評価値）の絶対値が重要というより、むしろ対立する解釈との強弱関係のほうが重要である。いったん最高の評価を受ければ、後は人間の首尾一貫性の処理特性により、その解釈を強化するフィードバックが生まれ、その解釈に安定するからである。

7、おわりに

本章では、ビデオ映像に自己像を追加表示することにより、遠隔視覚対話画面を対面対話と異なる理解の仕方でも理解するかどうかを、対話相手の存在感の主観評価により計測した。

実験の結果、対話相手を等身大表示している状況で、自己像の鏡像映像も同一画面上に等身大表示する場合、その画面上で握手などの相互作用を行うと、対話相手が自分のすぐ横にいる感じがすることが確かめられた。興味深いことに、この存在感は、たとえ対話相手が同一実験室のカーテン越しのすぐ横にいることが分かっている場合でも、カーテン越しにいると感じる存在感より強かった。

本章の参考文献

- Dourish, P., Adler, A., Bellotti, V. and Henderson, A., 1994 "Your Place or Mine? Learning from Long-Term Use of Video Communication," Technical Report EPC-1994-105
- Gaver, W., Sellen, A., Heath, C. and Luff P., One is not enough 1993 "Multiple views in a media space." Proc. INTERCHI'93, 335-341
- Kendon, A 1967 "Some functions of gaze direction in social interaction." Acta psychologica, 26, 22-63
- Masame K. 1990 "Perception of where a person is looking: Overestimation and underestimation of gaze direction." Tohoku Psychologica Folia, 49,33-41
- 真覚健 1992 「視線方向判断における顔向きの影響」1992年度心理学会論文集、706
- 真覚健 1993 「視線方向判断における顔向きの影響(2)」1993年度心理学会論文集、780

- 森川治 1995 「対話へのメディアの影響説明用の人間情報処理モデル」情報処理学会ヒューマン・インタフェース研究会資料 HI60-6,41-47
- Morikawa,O. Maesako,T. 1997 "HyperMirror: a Video-Mediated communication system," CHI'97 extended abstracts,317-318
- 森川治、前迫孝憲 1997a 「「超鏡」:自己像を表示するビデオ対話方式」情報処理学会ヒューマン・インタフェース研究会資料 HI72-5,25-30
- 森川治 1997b 人間の認知特性を考慮したビデオ対話方式の提案、第13回ヒューマン・インタフェース・シンポジウム論文集,653-658
- 森川治 1997c 「対話における視線認知特性の対面対話とビデオ対話の違い」Progress in Human Interface,6,13-20
- 森川治、福井幸男、山下樹里、持丸正明、山内康司、1999「認知モデルに基づいた情報提示方法発見の新原理---擬似立体視への応用---」、日本バーチャルリアリティ学会論文誌、4-1、339-346
- Sellen, A., 1992 "Speech patterns in video-mediated conversations." Proc. CHI'92, 49-59.
- Thagard, P., & Verbeurgt, K. 1998 "Coherence as constraint satisfaction." Cognitive Science, 22, 1-24

第5章：空間分離によるジェスチャーへの影響

1、はじめに

第4章では、自己像を追加表示する新しい遠隔視覚対話環境における、対話行動の観察結果について述べた。そこには、従来の遠隔視覚対話環境では原理的に不可能な、身体性を伴う対話行動がいくつか観察された。本章ではその中の一つである。対話相手の空間の事物の指差し行動に注目し、論じる。

日常生活において、我々は、指示行為を伴う対話をする機会が多い。例えば、友人のアクセサリを指差しながら「これ、かわいい！どこで買ったの」といった会話や、職場で「今朝、私が見ていた書類、誰か知らない？」という問いに対し、同僚が本棚のファイルを指差しながら「それなら、課長がそこにファイルして、しまったはずだけど」と応答する場面などである。これらは、指差した事物が対話相手に正しく伝わって初めて意味をなす会話である。

しかし、従来の遠隔視覚対話システムでは、お互いの世界が分離されている、ビデオ映像が平面のため奥行き情報が欠落している、画面の詳細さも実物より劣る、等の理由により、これらの指差は正しく伝わらないことが多い。

勿論これらの会話は、指差無しで行うことも可能である。始めの例では、指差ながら「これ」という代わりに「あなたが胸に付けているアクセサリ」と言えば会話が成立する。後者の例でも、指差ながら「そこに」と言う代わりに、「あなたの右後ろ2.7mにあるページの本棚の上から3段目、右端から75cm辺りのところにあるファイル」と言えば、同じ情報が伝わり会話が成立する。しかし、普通、このような表現をしてまで、これらの会話をすることは少ない。その結果遠隔視覚対話では、このような会話を避ける事になり、身体性を伴う会話が制約を受ける（原田 1997）。

指差が正しく伝わる為には、触って指差している場合は問題ないが、離れている場合には、指差している人と、対象事物の位置関係が明らかである必要がある。

2、遠隔視覚対話における指差

遠隔視覚対話において相手の空間の事物を指差する場合、指差している手の映像と指し示されている事物の両方が一緒に見える必要がある。

2、1 遠隔描画における指差

Tang らは、テレビ電話の映像とは別に、描画するキャンパスと描いている両者の手のビデオ映像を加えた VideoDraw (Tang 1991a) システムを開発した。しかし相手の身体は上半身と手が分離し、相手の手だけが自分の側から生えているような構図になっている。Tang らの VideoWhiteBoard (Tang 1991b) では、顔画像の表示をあきらめる代わりに、書き込みをしている人の姿のシルエットをそこにダブらせて表示する。これにより、人物と描画内容の整合性をとり、1つのディスプレイだけでの対話を実現している。さらに、石井の ClearBoard (Ishii 1992, 1993) は、この WhiteBoard を透明にして、書き手の表情なども読みとれるように工夫してある。

2、2 共有機にある事物の指差

Wellner らの Double DigitalDesk (Wellner 1993) では、机上の3次元の事物を対話の共有資源とし、机の上には相手方の机上の映像とコンピュータ画面の合成映像が上面より投影される。これにより、遠隔地の机上の書類や、それを操作する対話相手の手振りが伝わる。しかし、表情等は伝わらない。葛岡らの Agora (Kuzuoka 1999) では、DigitalDesk を囲む2面に対話相手の上半身を表示するディスプレイを追加配置することにより、人物の上半身と手の映像の整合性を保ちつつ、表情等も伝えている。これは、机を囲んで対話するという実空間を模倣したシステムである。

しかしいずれの対話方式でも、お互いの位置は固定されており、指差できる領域は作業対象の2次

元のキャンパス、あるいは両者の間にある机に限られる。

2、3 実作業空間にある事物の指差

一方 GestureCam (Kuzuoka 1994) では、カメラの先端につけたレーザーポインタで対象事物に直接レーザを照射することにより、実空間の事物一般を指示対象にしている。しかし指示者はマウスなどを操作する必要がある。

3、同室感覚のある超鏡システム

第4章で提案した自己像を追加表示する遠隔視覚対話システム「超鏡」(Morikawa 1997,1998) (森川 1999,2000) では、対話者全員が同一の画像を用いて対話を行う(図1)。すなわち、WISIWYS(What I see is what you see)を満たしている。対話は2地点に限らず、何地点でも構わない。利用者はシステムの前に立つだけで、装置の装着や操作を必要とせずに対話を行うことができる。対話に利用する映像は、あたかも各地にいる対話者全員が同室にいるような様子を鏡に写した内容である。

3、1 画面上での相互作用

対話者間を分断する壁は存在しない。全利用者はシステムの前を自由に動くことができ、対話相手との位置関係を自由に変えることができる。例えば画面上で、各地にいる任意の対話者のすぐ横に並ぶことができる。前述の通り、画面上で手を指示対象事物に重ねることで指差ができる。画面上でその人の肩をたたいたり、握手をする事もできる。そのため、対話者全員が同じ場所にいるような感じが得られる。



図1、超鏡対話例

3、2 対話時の2種類の自己

超鏡対話には、映像の中で対話をしている「演者の自己」と、その映像を見ている「観客の自己」が共存する。対話は、同じ映像を見ている観客兼演者の対話相手と行う。このように超鏡は、対面対話および従来の遠隔視覚対話とは全く異なる対話形式である。

3、3 話し手の視点と聞き手の視点の違い

実空間では話し手と聞き手は同じ事物を見て対話できる。しかし、お互いの視点が異なる為、厳密には、同じ対象物を見ている同じ視覚情報に接している訳ではない。そこには、「自分の見ている事物を、相手も別の視点から見ている：図2上」状態と「相手の見ている事物を、自分も別の視点から見ている：図2下」状態があり、これらに対話進行状況に合わせて随時、切り替えている。

前者の場合、話し手は自分の視点で発話する。話し手を中心に事物は配置される。聞き手は傍観者になる。一方、後者の場合、聞き手の視点で事物が配置される。聞き手がメインになり、話し手は聞き手の立場に立った行動を強いられる。すなわち、聞き手の視点を推定し、その推定に基づいて発話する必要がある。自分が見ている映像情報を、相手の受け取る映像情報に翻訳して理解する必要がある。さらに従来のビデオ対話の場合には、翻訳する前の材料となる映像情報自身を推測する必要がある。

超鏡対話では、全員が同じ映像情報で対話するため、常に「観客の自己」の視点で対話を進められる。「観客の自己」に分かり易いように行動すれば、結果的に対話相手にも分かり易い行動となる。すなわち、超鏡対話空間を「相手の見ている事物を自分も見ている (WYSIWIS: What you see is what I see)」を満たす空間と解釈するより、むしろ「自分の見ている事物を相手も見ている (WISIWYS: What I see is what you see)」を満たしていると考えた方がふさわしい。



図2、実空間における事物配置の相違点。左では、本が話し手の視点で配置され、右では、聞き手の視点で本が配置されている。

4、実験

超鏡対話では、従来の遠隔視覚対話では困難であった対話相手の空間の事物を指差すことができる。合成画面上で手と対象事物を重ねる指示行為（以下これを「超鏡指差」と呼ぶ）を用いることにより、対面対話と同等に身体性を伴う対話が可能になる。しかし、その身体性を伴う対話の形式は、対面対話とは異なると予想される。

そこで、対話相手の空間の事物に焦点が当たった対話における利用者行動を観察することにより、超鏡指差の利用形態を検討する。

4、1 課題

超鏡指差の利用形態を観察する為には、指差しなくても達成できる課題が望ましい。本実験では、別室の壁と机上に配置してある3次元事物の移動を課題として選択した。1課題として4つの事物の移動を指定した(図3)。

4、2 装置

実験に使用した超鏡システムは、2地点、クロマキー合成法のシステムである(図4)。ビデオ信号はNTSCである。クロマキー合成をするために、一方の地点の壁1面をブルーバックにした。各地にはビデオカメラ、スピーカ、液晶プロジェクタ、床上70cm、高さ90cm横120cmのスクリーンがある。立って対話をする状況を想定し、利用者はスクリーン、カメラから3m離れた位置に立った場合、ひざから上が撮影範囲になるように調整してある。

4、3 被験者

実験は、1998年度研究所一般公開の会場で行った。時間帯を区切り、超鏡対話の自由体験の時間帯と本実験の時間帯を、交互に設けた。被験者らは、実験時間帯に訪問した見学者のうち実験協力を希望した人々、年齢は10才代から50才代までの28組56名である。

4、4 手順

実験は2名1組で各組1課題、1回のみとする。被験者らは指示役と実作業役を決める。指示役になった被験者はブルーバック側に移動し、紙に書かれた別室の事物の配置換えの指示書(図3)を受け取る。その内容に従って配置換えの指示を超鏡画面越しに、別室の実作業役の相手に伝え、課題を遂行する。実験の様子を記録として、超鏡合成画像をビデオテープに録画する。

4、5 教示

超鏡対話での自由体験の時間帯に超鏡対話で対話している人の様子を観察したり、他の被験者の指示行為を観察したりすることを許した。制限時間は特に設けないが、正確に、できるだけ速く課題を終了するように求めた。指示方法については、言葉だけでも良く、ジェスチャーは使っても使わなくても良く、指示は一方通行ではなく、実作業役の被験者からの質問なども構わない事を教示した。指示方法だけでなく、4つの事物の移動順序も被験者に任せた。



図3、配置換え指示書の例

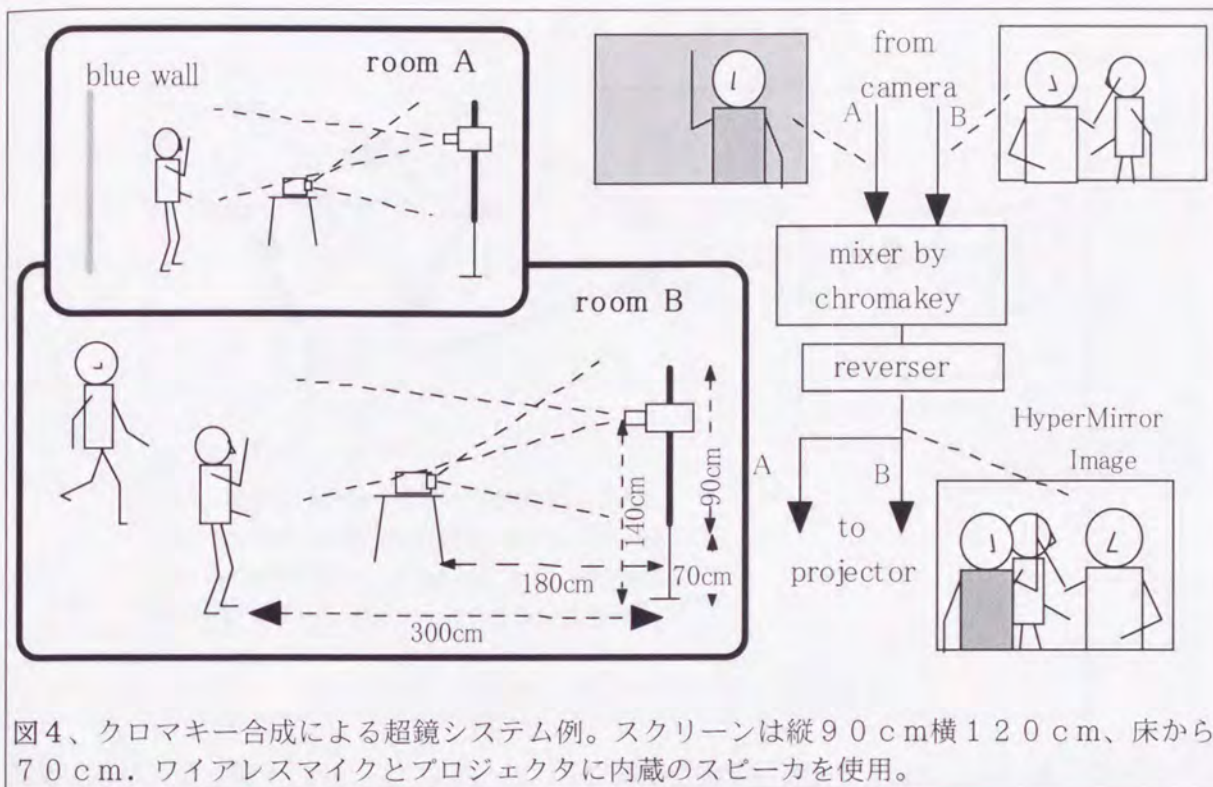


図4、クロマキー合成による超鏡システム例。スクリーンは縦90cm横120cm、床から70cm。ワイアレスマイクとプロジェクタに内蔵のスピーカを使用。

5、観察結果

被験者達の課題遂行時間は1分から4分程度であった。ほとんどの被験者が超鏡指差を使って課題を遂行した。しかし当然の事ながら、被験者が初めから超鏡指差を使ったわけではない。また、超鏡指差を使わずに言葉だけの指示で課題を遂行する被験者もいた。付録に超鏡指差を用いた指示行為の2事例と言語だけの指示行為1事例のトランスクリプトを示す。

5、1 観察された指示行為の種類

記録テープを2名で観察し、被験者の行動を記述するために、指示行為の分類を議論した。その結果、次の5種類に分類し、その推移過程によって記述することで合意ができた(図5)。

V(Verbal only): 言葉だけで指示する場合

VF(Verbal with Face-to-face pointing): 言葉が主で、対面対話用の指差を伴う場合 (図6上段右)

VH(Verbal with HyperMirror pointing): 言葉が主で、超鏡指差を伴う場合 (図6下段右)

HV(HyperMirror pointing with Verbal): 超鏡指差が主で、言葉が伴う場合

FV(Face-to-face pointing with Verbal): 対面対話用の指差が主で、言葉が伴う場合

指示行為の推移過程のコード化は、他の2名が、記録テープを基に行った。2名のコーダーの結果を照らし合わせ、異なるコードが割り振られた部分についてだけ、第3のコーダーがコード化し、多数決によりその部分のコードを決定した。分割の細かさの違いに対しては、細かい分割に合わせ、第3のコーダーには、分割位置を示した上で各部分のコード化を依頼した。しかし多数決の結果、連続して同じコードが振られ、しかも一方のコーダーがそれらを分割せずに一つのコードを割り当てた部分に対しては、分割しないコード化を採用した。

その結果、これらの指示行為間には図5に示すような推移関係があり、1回の指示行為の中にも推移が見られた。代表的な推移過程は以下の通りである。

言葉だけの指示(V)からは、指示しているうちに、思わず手が動いてしまい、対面対話用の指差(VF)に移行する。そして、うまく指示が伝われば、再び手は下ろされて言葉だけの指示(V)に戻る。このときにうまく指示が伝わらないと、ある人は、(対面対話用の)指差が主になって、説明を続ける(FV)。

しかし、(FV)では指示がうまく伝わらずに、再び (V)に移行する。

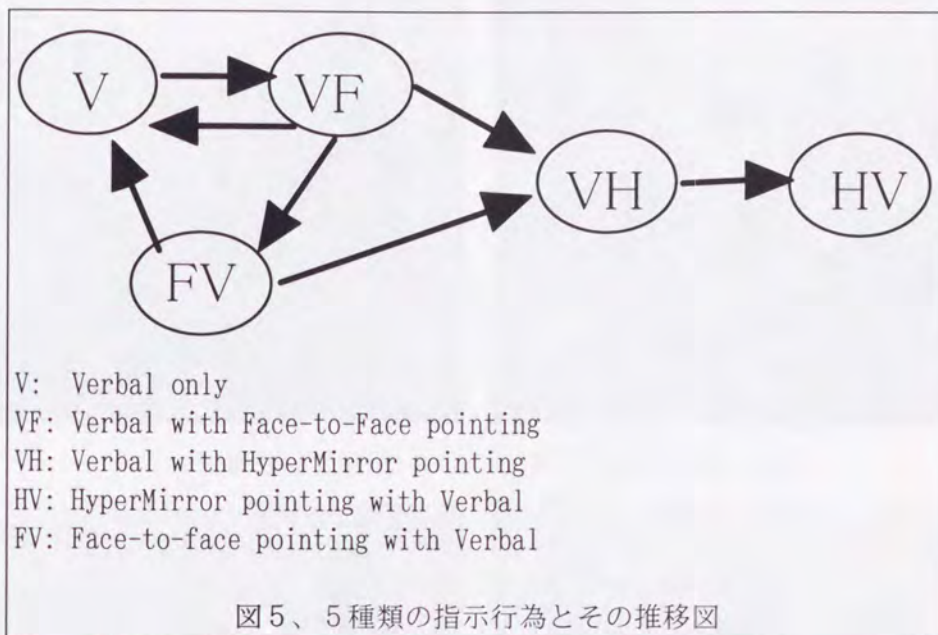


図5、5種類の指示行為とその推移図

また、ある人は、指示 (VF、FV)において、指差が超鏡対話で正しく伝わらない事に気が付くと、超鏡指差に変更する(VH)。超鏡指差が成功すると、次第に言葉が「あれ」、「これ」といった指示代名詞が主になってきて超鏡指差が主になってくる (HV)。

1課題内の4回の事物移動により、指示行為がどのように変化したかを図7に示す。なお、1回の指示行為を開始時と完了時のコードによって分類すると、VF-VH, VH-VH, VH-HV, HV-VH, V-VH, V-VF, V-Vの7種類に分類できたが、瞬時に指差が成功する場合のVHとHVの区別は困難であり、この場合は区別する意味も無いと考え、VH-VH, VH-HV, HV-VHの3種類を図7ではVHという分類にひとまとめにして集計した。これによれば、1つ目の事物移動では被験者の約30%が、言葉による指示を行っていたことになる。4つ目の事物移動では、被験者の93%が超鏡指差を習得し、それにより指示を行っているが、被験者の7%は言葉による指示に留まっていることが分かる。

5、2 指示方法と所要時間

課題中の4つの事物の移動順序も被験者に任せただけなので、事物毎の比較は順序効果もあるので無意味とは言えないが余り有効とは言えない。そこで、4つの事物移動の総合時間での比較を行った。4回の事物移動全て言葉だけによる指示(V)で遂行した組7%の平均99.5秒、言葉だけによる指示(V)と超鏡指差(H)が混在している組14%の平均は、97.5秒、途中言葉による指示があるが最終的に超鏡指差を学習して超鏡指差で課題遂行した組39%の平均は111.3秒、初めから終わりまで全て超鏡指差で遂行した組39%の平均が93.6秒であった(図7)。傾向としては、課題遂行中に超鏡指差を学習した組39%が、他の組より時間が若干長めであったが、これらの所要時間の平均を検定したが、どの組の間でも比較においても有意差は認められなかった(スチューデントのt検定)。



V: 言葉だけで指示



VF: 対面対話用の指差



超鏡指差の学習途中



超鏡指差の学習途中



超鏡指差学習完了



VH: 超鏡指差で指示

図6、超鏡指差の習得過程

6、指示過程の分析

6、1 超鏡指差利用の例-1

付録のトランスクリプト1は、課題遂行中に超鏡指差を習得し、利用する1例である。

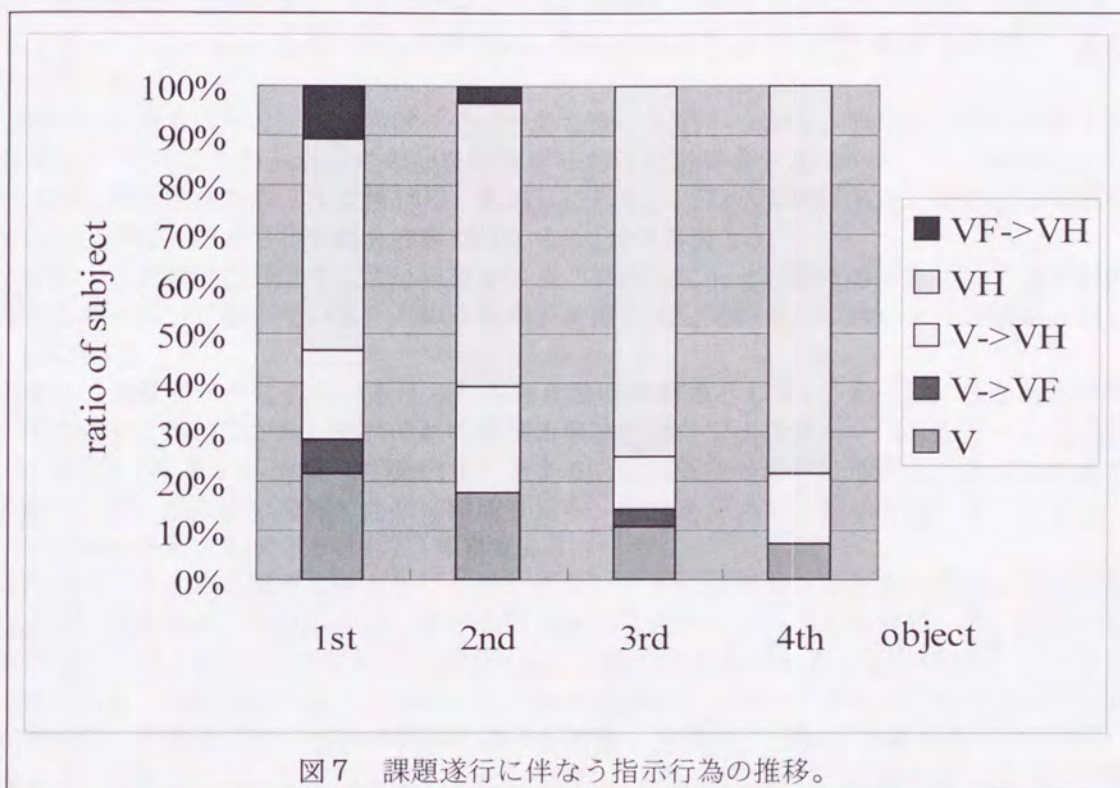
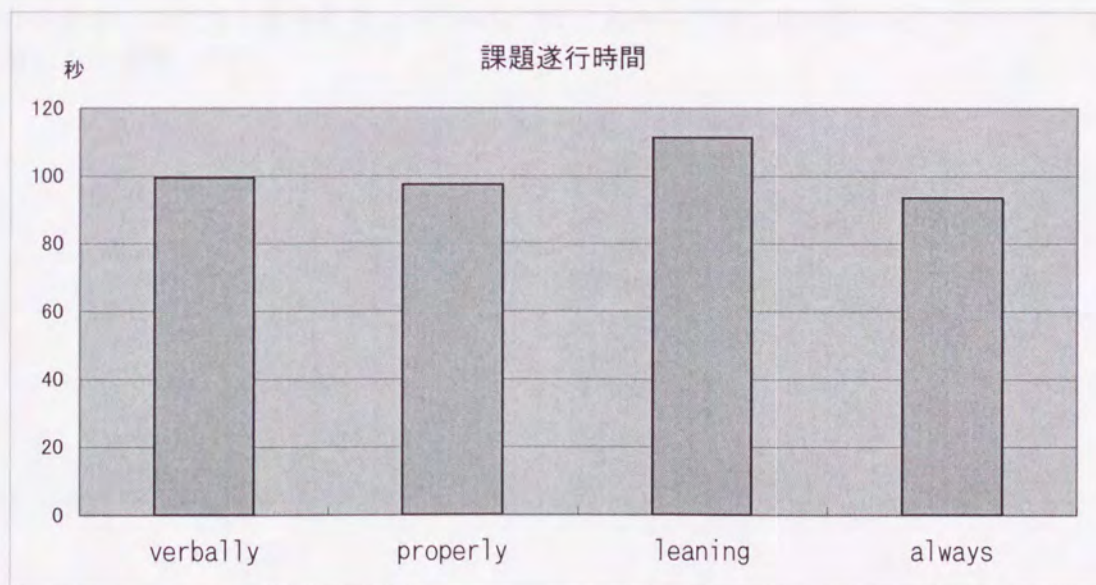


図7 課題遂行に伴う指示行為の推移。



verbally: 言葉だけを使って課題遂行
 properly: 言葉が主だが、適宜、超鏡指差を使う
 leaning: 実験中に超鏡指差しを学習し、超鏡指差しを主に使う。
 always: 実験開始時から超鏡指差しを主に使う。

図8 指示方法毎の課題遂行時間の平均値

指示者は、始めの発話「えーと、うちわ」直後に、うちわが複数あることに気付き、スクリーンを指差しながら「えーと、左上のそのうちわを」という発話を行っている（4秒目、図9、写真1）。このとき、自分が指差した映像を見ることになる。しかし、作業者は正しく指定されたうちわを取るため、この指示は成功する。観衆からの「後ろ指してもかまいませんよ」の声に「あっ、」というと同時に、指示者は、自分の像で対象物であるうちわを隠していることに気が付き、画面左側に移動する（10秒目）。この様子を見ていた作業者は、超鏡対話画面上での身体交差を体験し、直後に笑い出す（写真2）。

笑い続ける作業者に対し、指示者は「そのうちわを」と言いながら、画面上で作業者側を指差す。この指差は、「そのうちわ」の「その」を強調するだけの意味のジェスチャーで、事物を指差す指差行為ではないと解釈される（12秒目）。「裏返しにして」と指示を続けるが、そのとき作業者は笑い続けており、手にしたうちわで自分を扇ぐ（14秒目）（写真3）。

指示者は、作業者と同じように手で自分を扇ぎ「裏返して」と発話する。この手で自分を扇ぐ動作は「あなたが今持って扇いでいる、そのうちわ」を指し示しているジェスチャーと解釈される（14秒目）（写真4）。

指示者は、作業者が手にしているうちわの置き場所の指示として、「えっと、3つあるパネルの、その一番左の」と言いながら、それぞれの言葉の意味を補うジェスチャー（スクリーンの3箇所の指差（23秒目）（写真5）、左側に手を出す）をする。この指示の最中に作業者は指定された左端のパネルの所に行き、次の指示を聞くために画面を見る。それを受けて、指示者は「下」と言って下を指差すジェスチャーをする（28秒目）（写真6）。

この時点で、うちわの置き場所が正しく伝わらないことに指示者が気付き、画面上での指差を模索しはじめる。作業者も、自分の身体で置き場所を隠しているらしいことを察知して、観客からの「直接指差でもいいですよ」「壁ですよ」に助けられ、身体の向きを変える（32秒目）。34秒目に超鏡指差に気がつき、指示者は「あ」と発話する。超鏡指差をするため、ブルーバックカーテンを触りながら移動中に、作業者の身体を触る格好になった瞬間、作業者が回転して逃げる（写真7）。指示者は、観衆の「空中じゃなくって壁を指す」という声に「壁」と発話し、超鏡指差が完了した時点で、「はい、ここです」と発話する（写真8）。

直後、指示者の発話「これ、うちわ」に対し、作業者が「ここかな？」という応答をしている。これは、作業者が、指示者と自分が重なった映像では、自分の行為が指示者に伝わらないことを理解して、発話したと解釈できる。



対話開始時の画面指差し



位置交替



作業者がうちわで扇ぐ



手で扇ぐことでうちわを指す



画面を指差し「3つあるパネルの、その一番左」と発話



図9 (写真1-6)課題遂行中に超鏡指差を習得し、利用する1例である。



超鏡指差し位置が身体と重なって、作業者が移動



超鏡指差しが成功。



直後の指示は超鏡指差で始める

図9 つづき。(写真7-10)

観衆からの「向こう側に行けば」という声を聞いて、指示者は「あっ、すみません」と発話し、画面左側に移動する。これにより、対話の注目位置であるうちの置き場所を、指示者と作業者が囲む形になるような身体配置を作り出している（44秒目）（写真9）。この発話は、観客に対するお礼の挨拶なのか、身体交差時の作業者に対する挨拶なのか、不適切な身体配置に対する作業者への謝罪なのかは不明である。

以上で超鏡指差が学習され、以下は超鏡指差を用いた対話が進行する。47秒目に、再度、超鏡指差ながら、置き場所を指示し、位置の微調整をして53秒目で移動を完了する。

2つ目の事物の移動では、超鏡指差ながら「これ。これこれこれ」という発話（58秒目）、超鏡指差ながら誘導し、「こ、このへん」という発話（69秒目）で完了している。この間、作業者は「お天気おじさんみたい」と発話して笑いながら作業をこなしている。約13秒で移動が完了している。

3つ目の事物移動は、ガムテープのパネルから机への移動である。77秒目に指示者は「で、今度、ガムテープ」と発話し、作業者に対象事物を特定し、79秒目に超鏡指差をする。すると、作業者は、ガムテープを、指示者の指先に追従するように動かす。指示者の「テーブルの上の」という発話と共に、ガムテープの置き場所に誘導する。

表示画面は2次元平面のため、前後関係は伝わらない。しかし、「テーブルの上」という発話の有効に作用した為、トラブルは生じていない。この間、約12秒である。

4つ目の事物移動は、机の上の紙袋をパネルに移動するものだが、これも超鏡指差による誘導により約11秒で完了している。



事物の特定が済むと、指示者の指先に追従させて、対象物（ガムテープ）を移動させる。



指示者の「テーブルの上」という発話で、作業者は前後関係を判断



課題終了で拍手する作業者

図9 つづき（写真 11-15） 作業者は、対象物（ガムテープ）を、指示者の指先に追従するように動かす。

6、2 超鏡指差利用の例ー2

付録のトランスクリプト2は、実験前に他の利用者の超鏡指差を観察し、学習した利用者の課題遂行の1例である。

指示者は手で4を示すジェスチャーをしながら、課題の説明する(16秒まで)(図10、写真1)。このジェスチャーは、単独で意味のあるジェスチャーである。

移動事物である机の上の紙袋を超鏡指差しながら、「この紙袋を」と発話する(16秒目)。その時、作業者が紙袋に注目している事を確認する(写真2)。確認直後、指示者は次の指示の為に手元のメモに目を移す(19秒目)(写真3)。

指示者が移動先である網の壁のフックを超鏡指差しながら説明しようとするが、手が届かずに超鏡指差は失敗する(22秒目)。手を伸ばした状態で壁のフックに近づきながら、「△△ちゃんの後ろかな」と発話し、言葉による説明を加える。このとき作業者はスクリーンは見ずに網の壁を見続け、言葉による説明を頼りにフックを探す(25秒目)。指示者は作業者の後ろ姿を見ながら、フックのある辺りを超鏡指差して、「そこの一番左」と発話する(26秒目)(写真4)。作業者は、声を頼りにフックに紙袋をかけようとする。作業者が振り向き、スクリーンを見ると、その時「右下のフックにかけてください」と指示者が発話し、その発話を作業者は確認に利用する(29秒目)。



「動かすものは全部で4つ」と言いながら指を4本立てる。
「テーブルの上にあるこの紙袋」と言いながら超鏡指差しをする。



作業者が紙袋をつかむ前に、指示者は指示書に目を移す。
移動先を説明すると、作業者は声だけで行動する。



指示者が説明した事物に作業者の手が行った瞬間、「そう、△△ちゃんの持っているやつね」という発話。

図10 (写真1-5) 実験開始時から超鏡指差しを利用した事例



指示者が移動先を言葉で指示するが、作業者に正しく伝わらない。
超鏡指差しを試みる為、画面を見ながら目的地を探索。



目的地の探索途中。
して作業者に伝える。

目的地に到着し、「これこれ、お父さんの指、指先」と発話

図10 (写真6-9)

2つ目の事物移動も、1つ目と同様に、先ず言葉による説明がある(35~40秒目)。説明の途中で、作業者が説明した移動事物であるケーブルに手が行った時、「そう、△△ちゃんの持っているやつね」という作業者の行為を肯定する発話をしている(40秒目)(写真5)。移動先の説明をすると、作業者が別の場所を指差す(44秒目)(写真6)。作業者の誤りを正す「えーと、それに一番近い左上」と発話する(45秒目)。作業者は、指示者の言葉の説明に従い、正しいフックを探す。その間指示者は、ブルーバックの壁を触りながら、手を動かして超鏡指差しを完成させる(写真7~9)。指示者の超鏡指差しが完成(49秒目)すると、「えーと、この辺」と発話して注意喚起し、作業者がスクリーンを見ると、「これこれ、お父さんの指、指先」と発話する(50秒目)。作業者が目的のフックを発見し、ケーブルを掛けようと手を動かすと、指示者は「それぞれそれ」と発話し、それを聞いて作業者がケーブルをかける(54秒目)。

3つ目の事物移動では、言葉による指示だけで完了している(54~80秒目)。途中76秒目に「その網の壁の左」と発話しながら、指差すが超鏡指差しになっていない。

4つ目の事物移動でも、言葉による指示だけで完了している(82~108秒目)。途中98秒目に「テーブルが」と発話しながら、超鏡指差そうとするが、指差しが完了する前に、作業者が移動事物のケーブルをテーブルの上に置いたの、超鏡指差しを中断する。

6、3 超鏡指差を用いない課題遂行の例

表1のトランスクリプト3は、超鏡指差を全く使用せずに課題を遂行した1事例である。

指示者の「あ、あの、その、一番左にある、」「箱あるでしょ」といった発話に対し、作業者は、手元にある机の上のファイルに手を置く(4秒目)。指示者は、作業者に指示が正しく伝わらないので、「カラーのやつ」と発話する(6秒目)。それでも伝わらないので、スクリーンを指差しながら「いや、貼ってあるやつ」と発話する(図11)。作業者が正しい事物を指差したので、「それを、とって」「で、机の、一番左前、に置いて」「ガム・・・」「そう」といった発話で事物移動を完了させる。作業者が正しい行動を起こすと、指示者は発話途中であっても、その発話を中断し、次の指示の発話に切り替えている。



図11 言葉だけで課題遂行の例。スクリーンを指差している場面

1つめの事物移動には0～17秒目まで、2つ目では21～38秒目まで、3つ目では43～66秒目まで、4つ目の事物移動では66～81秒目までで完了している。置き場所の指示に関しては、「机の、一番左前」「一番右の下」「左の一番上」「左から3番目の上」で伝わっている。これだけの発話では、もちろん正しい位置情報は伝わらないが、作業者の行為を見ながら、正しくなければ訂正の発話を指示者はするので問題になっていない。作業者が正しい場所を指差せば、「そう」(17秒目)、「ああ、そうそう」(29秒目)、「かけて」(53秒目)といった発話で先に進む。指示者と作業者の息が会い、作業者が指示者の断片的な言葉から、想像を働かせて候補の事物や位置を指差すことにより、課題が達成されている。この事例では、言葉だけで課題が達成されたが、作業者に正しく伝わらない場面が出てくれば、超鏡指差し等、新たな伝達方法を彼らも模索したと思われる。

6、4 同期移動

遠隔地にいる対話者双方が協力して1つの事物を持って移動する様な映像が観察された(図9)。トランスクリプト1の被験者達の例で説明すると、66秒目の発話「それを」から70秒目までと、81秒目の発話「これを」から86秒目まで、94秒目の「これを」から100秒目の「あ、これです、これこれ」までの事物移動の3件である。以下、81秒目からの同期移動を使って説明する。

指示者が、超鏡指差による移動対象の事物を特定する。作業側側がその事物をつかむ(図9、写真11)。この時、超鏡画面上では、指示者の指先と作業者の持っている事物が重なっている。この状態を維持しながら、対象事物を指定位置まで移動させる(図9、写真12～14)。

これは、指示者役の被験者が対象事物の移動先だけでなく、移動経路を含めて指示していると解釈できる。あるいは、超鏡画面が2次元、実際の移動経路は3次元であることから、指示者役と作業者

役の被験者双方が協力しあって移動経路を決定して作業を進めているとも解釈できる。

作業側側の被験者は、超鏡画面上で適切な状態（遠隔地の指示者の指が移動事物と重なる状態）を保持するように行動している。これは、彼女が「観客の自己」の視点で行動している事を意味する。同時に、指示者側は超鏡指差により指示しているのだから、「観客の自己」の視点で行動しているのは明かである。従って、この時の被験者達は、完全に「観客の自己」の視点で行動している。同じ移動方法は今回の実験以外でも観察されている。

6、5 「あれ」から「これ」へ

超鏡指差が成功すると、事物を指すときの言葉が、近くの物でも、遠くの物でも、すべて「これ」に変化した。例えば、トランスクリプト1の超鏡指差を学習する前の23秒目では、画面を指差しながら「その一番左の」という発話であるが、学習後では、「はい、ここです」(41秒目)、「これ、うちわ」(42秒目)、「これ。これこれこれ。」(58秒目)に変化している。

トランスクリプト2では、基本的には言葉による指示で、言葉での説明を補足する様に超鏡指差しを用いている。しかし超鏡指差を伴わない場合は、「そう、△△ちゃんの持っているやつね。それを左上の、フックに、かけてください。」(40秒目)に対し、超鏡指差を伴うと「えーと、この辺。これこれ、お父さんの指、指先」(49秒目)になっている。

トランスクリプト3では、超鏡指差は全く使われてなく、指示語は全て「それ」であった。具体的には、「それを、とって」(11秒目)、「ああ、そうそう、それ」(29秒目)、「それを、」(32秒目)、「そう、それを、表にひっくり返して」(47秒目)、「そう、それを」(69秒目)である。

この他の被験者のデータからも同じ傾向が観察された。この事は、画面上に見えている物はすべて手で触れることができる身近な存在に（少なくとも心理的には）変化したことを意味する。

6、6 「言葉による指示」から「指差」へ

言葉で説明した方が、誤解が少なく、簡便な場合と、直接指す方が簡便な場合があり、これらの境目は、利用者によって異なる。一般に、大人と子供を比較すると、大人の方が事物を指定する場合、言葉による指示が多く使われた。また、事物の特徴が曖昧になり捕らえにくくなるに従って、言葉より超鏡画面上での指示行為に移行する傾向があった。

個別に例外は有るものの、概して10才代の被験者は、超鏡指差がメインで「これ」「ここ」「違う」「そうそう」という単語レベルでの発話で課題が遂行されていた。トランスクリプト3の被験者は10才代であり、超鏡指差しは行わなかったが、発話の傾向は10才代の典型例である。

20才代の被験者も、超鏡指差がメインで、「この赤いもの」「この帽子」という様に、指差を補助する言葉をつかうことが多かった。トランスクリプト1の被験者は20才代であり、この典型例である。

30才、40才台と年齢が上がるに従って、「この帽子を移動させてください」といいながら超鏡指差をするように、言葉での情報量の割合が増えてきた。トランスクリプト2の被験者は40才代であり、この典型例となっている。

7、考察

多くの被験者が、超鏡指差を自主的に習得し、利用することが観察された。また、言葉だけで課題遂行する被験者の存在から、実験に使用した課題が、課題遂行に指差が必要不可欠ではないことも示された。すなわち、被験者は選択肢の一つとして超鏡指差を自主的に選んだと言える。ここでは、超鏡指差の習得過程について考察する。

7、1 他人の行為の観察による学習と発見

超鏡指差の習得は他人の対話を観察することによっても引き起こされる。実際、被験者の40%は、課題開始直後から超鏡指差だけで課題を遂行した。彼らは、自分達の実験前に他の人の超鏡指差を観

察し、学習したものと思われる。

残りの被験者の観察から、被験者の53%は対面の指差を伴う指示(VF、FV)において、指差が失敗することにより、超鏡指差を学習することが判った。失敗は新しい方法を学ぶ強い動機付け状況であるが、この状況でどのようにして超鏡指差が、被験者に「発見」されて学習されたかは興味ある現象である。

7、2 聞き手の視点

前述の通り超鏡は、自己像を表示した対話システムであり、対話者全員が同じ映像を見て(WISIWYS)対話を行う。失敗した時点で超鏡のWISIWYSという性質により、失敗の原因、すなわち、なぜ相手が自分の指差が理解できないのかを知ることができる。そして、聞き手の視点に立った指差、すなわち超鏡指差を試行錯誤しながら習得する。図10にその様子を示す。観察によれば、この学習には2、3秒しか費やしていない。すなわち、学習の容易性が示されたといえる。

7、3 再学習

一方、苦勞せずに簡単に学習した新しい知識は簡単に忘れ去られて使われないことも多い。実際、ある指示で超鏡指差が学習・習得されたはずの被験者が、その後の指示の時に再度、言葉だけの指示や対面対話用の指差を伴った指示で課題を遂行しようとする場面が多く観察された。しかし、そのような場合でも、不都合が表面化するとたんに、WISIWYSにより、超鏡指差が再学習され、課題遂行されていった。すなわち、超鏡対話環境には、被験者に超鏡指差を自主的に学習させる力を持っているといえる。

なお前述の通り、被験者の7%は、VおよびFVで失敗をしなかった為、最後まで言葉だけの指示で課題を遂行した。彼らは言葉による説明がうまく、言葉だけでも問題無く課題を遂行する事ができた。そこで実験終了後、彼らに対し、超鏡指差を教示し、超鏡指差の難易について質問をした。その結果、全員が問題なく超鏡指差を使うことができ、「言葉で指示するより簡単そうだ」という感想も得た。

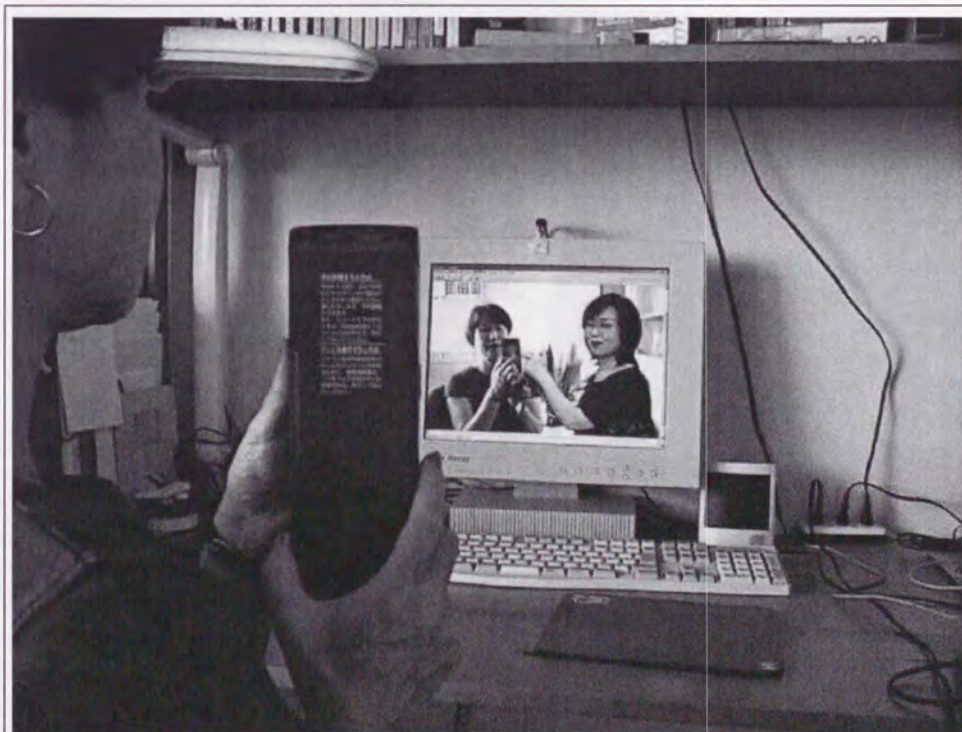


図12、机上型超鏡システムの例。14型の液晶モニターと小型カメラ。リモコンの操作方法を教示している様子。

8、応用例

この結果は、超鏡の応用として、機器操作（例えばビデオデッキ）のわからない人に対し、家電メーカーの専門家が、消費者の所有している実際の対象機器を指差ながら、具体的な操作方法を教える（図12）といった新サービスの可能性を示唆している。また、室内装飾の工事現場（図13）とデザイナーや顧客とを超鏡システムで結ぶことにより、現場の事物を使いながらデザイナーや顧客の希望を現場に伝えるという応用例も夢ではない。さらに、事故現場、宇宙ロケット、医療現場など時間的・物理的に専門家の同席が困難な場所での、事物を対象とした対話にも超鏡対話が有効利用できると思われる。

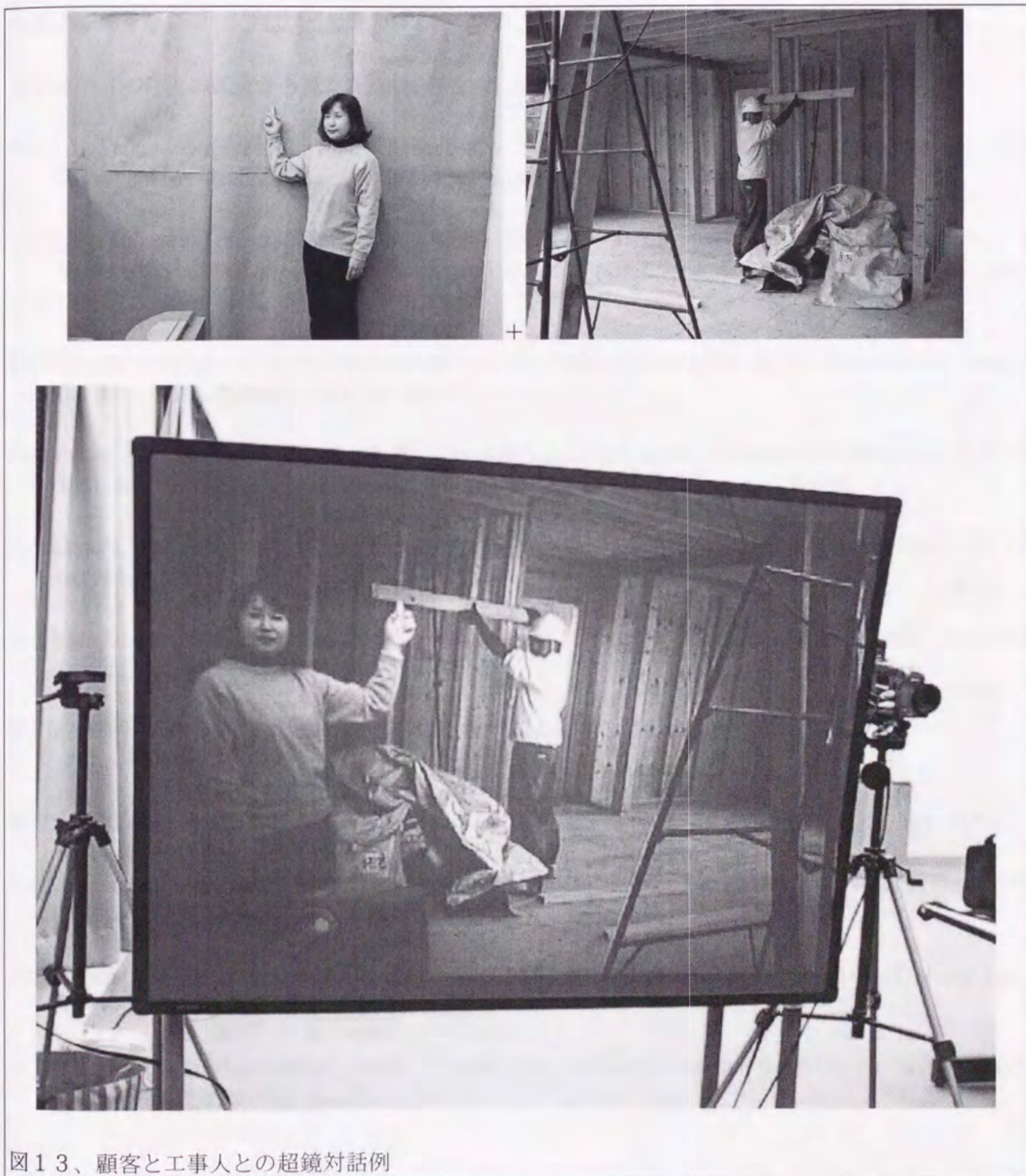


図13、顧客と工事人との超鏡対話例

また教育場面においては、習字や図工の遠隔授業に応用することにより、生徒の作品を指差ながらの指導が可能になる。逆に地理の遠隔授業では、教師側の地図を生徒が指差す事で、生徒の理解の得ながらの指導が可能になる。

9、おわりに

本章では、自己像を表示する新しい遠隔視覚対話環境「超鏡」における指差行為について述べた。自己像が対話画面に表示される為、遠隔地の事物に画像上で指を重ねあわせることによる指差が可能になる。実験により、約8割の被験者が自主的にこの指差を習得して使用した事が確認された。

本章の参考文献

原田悦子 1997 人の視点から見た人工物研究、共立出版

Ishii,H. and Kobayashi,M. 1992 "Clearboard : A Seamless Medium for Shared Drawing and Conversation with Eye Contact, CHI'92 Conference Proceedings, ACM, 525-532

Ishii,H. Kobayashi,M. and Grudin,J., 1993 "Integration of Interpersonal Space and Shared Workspace: ClearBoard Design and Experiments," ACM Transactions on information Systems (TOIS), ACM, 11-4, 349-375

Kuzuoka, H., Kosuge, T. 1994 "GestureCam:A video Communication System for Sympathetic Remote Collaboration." Proc. CSCW'94, 35-43

Kuzuoka,H., Yamashita,J., Yamazaki, K., Yamazaki, A. 1999 "Agora: A Remote Collaboration System that Enables Mutual Monitoring," in CHI'99 Extended Abstracts, 190-191

Morikawa,O. and Maesako,T. 1997 "HyperMirror: a Video-Mediated communication system," CHI'97 extended abstracts, 317-318

Morikawa,O. and Maesako,T. 1998 "HyperMirror: Toward Pleasant-to-use Video Mediated Communication System," CSCW'98, 149-158

森川治 1999 「ビデオ対話における自己像の表示による対話相手の存在感への影響」ヒューマンインタフェース学会誌、1-1, 61-68,

森川治 2000 「超鏡：魅力あるビデオ対話方式をめざして」情報処理学会論文誌、41-3, 815-822

Tang,J. and Minneman,S., 1991a "VideoDraw: A Video Interface for Collaborative Drawing," ACM Transactions on information Systems (TOIS), ACM, 9-2, 170-184

Tang,J. and Minneman,S., 1991b "VideoWhiteBoard Video Shadow to Support Remote Collaboration," Proc. CHI'91, 315-322

Wellner,,P. The DigitalDesk 1993 "Supporting Computer-based Interaction with Paper Documents," Proc. of Imagina, 100-119

付録

トランスクリプト1 課題遂行中に超鏡指差を習得し、利用する例：1分43秒

注) 行頭の数字は作業開始からの経過時間(秒)をあらわす。続いて、行為者(I:指示者、O:作業者)、指示の種類、発話・動作の順で記述してある。発話・動作の欄の[]内は観衆の発話を、()内は行為や状況を表す。// は、直前の発話と同時進行を、... は、一呼吸の間を表す。

0	I	V	(画面左側に立って) えーと、うちわ。
4	I	VF	えーと、左上のそのうちわを(スクリーンに向かって指差)、
	O		(うちわを取る)
9	I		[後ろ指してもかまいませんよ] あっ、
10	I		(画面右側へ移動して、作業者の背後側に立つ)
	O		(画面を見て、笑い・・・)
12	I	VF	(作業者の背後から、作業者に向かって指差) そのうちわを、
14	I	V	//裏返しにして、
	O		// (うちわで自分を扇ぐ)
16	I	V	(手で自分を扇ぐ) 裏返しにして、
22	I		(手元のファイルを見ながら) えっと、
23	I	VF	(顔を上げ) えっと、3つあるパネルの(スクリーンの3箇所を指指す)
	I	VF	その一番左の(左側に手を出す)
	O		(後を向いて、指定されたパネルに移動。スクリーンを見るため振返る。)
28	I	VF	下(下向きの指差)。
30	I		[直接指差でもいいですよ] えっ。
31	I		(スクリーンに近づいていく)
32	I		[壁ですよ] 壁ですか(うちわから離れた場所を指差す)。
34	I		あ。(うちわの場所を指差す)
35	I		(ブルーバックカーテンを触りながら移動)
35	O		// (画面上で身体を触られ、逃げる。笑う)
	I		//・・・えへへ。
38	I		[空中じゃなくて壁を指す] 壁。
41	I	VH	はい、ここです(超鏡指差)。
42	I	VH	これ、うちわ。
43	O		ここかな。
44	I		[向こう側に行けば]
44	I		(画面を横切って反対側に移動しながら) あっ、すみません。
47	I	VH	あっ、そうです、そこ。
	I	VH	// (指差)
	O		// (うちわを指示された隣のフックに掛ける)
51	I	V	あっ、その隣。
52	I	VH	(超鏡指差で誘導) もっとこっちです。
53	O		(うちわをフックに掛ける)
	I		はい。
55	I		(手元のファイルを見ながら) で、えっと、
58	I	HV	(顔を上げて指差) //これ。これこれこれ。
	O		// (笑い出す)
61	I		それを、//・・・(笑い出す。)
	O		//お天気おじさんみたい。

66 I それを、
 68 I (超鏡指差で誘導)
 69 I HV (超鏡指差) こ、このへん。
 70 O (ケーブルをフックに掛ける)
 71 I V おー、イエス。// (笑い出す)
 O //・・・(笑いながら) おー、イエス。

77 I V で、今度、ガムテープ、
 78 I HV あっ、(ガムテープの位置に移動)
 79 I VH (超鏡指差) そうだ、そのガムテープを、
 80 O (ガムテープを手にする)
 81 I (手元のファイルを見ながら) これを、
 83 I HV // (顔を上げて超鏡指差で誘導しながら) テーブルの上の、
 O // (指示者の指先に合わせてガムテープを移動させる)
 86 I HV (手元のファイルと画面を見比べて) ん、そ、そのへんに、
 87 O (ガムテープを置く)
 89 I V (手元のファイルと画面を見比べて) はい、その角度で。

92 I VH で、あと、紙袋 (超鏡指差隣の紙袋を指す)、
 I HV (白い紙袋を指し超鏡指差) 白い紙袋、
 I HV //はい。
 O // (紙袋をつかむ)
 94 I VH これを、(手元のファイルに目を移す)
 96 I (顔を上げて超鏡指差で誘導)
 O (指示者の指先に合わせて紙袋を移動させる)
 97 I (手元のファイルに目を移して) えっと、
 I (指示書を読み、顔を上げ、移動先を超鏡指差しながら探す)
 I VH (移動先が見つかり、そこを超鏡指差して) 帽子の下のこの辺
 100 I HV (超鏡指差) あ、これです、これこれ。
 101 O (紙袋をフックに掛ける)
 103 I V // (手元のファイルと画面を見比べる) 終わりました。
 O // (拍手)

トランスクリプト 2 実験前に他の利用者の超鏡指差を観察し、学習した利用者の課題遂行例：1 分 48 秒

0 I V えーと、動かすものは全部で4つあります。(手で「4」を示す)
10 I V えーと、壁にかかっているものが3つあって、その3つを、動かすのと、
テーブルの上にある紙袋を一つ、あ、テーブルにあるものを一つ動かすこと。
16 I VH まずテーブルの上にある、(超鏡指差)この紙袋、を、
19 O (紙袋を取る)
I (手元のファイルを確認して) えー、
22 I V あっ、網の壁の(スクリーンを指差すがうまくいかない)、左下。
25 I HV (超鏡指差してフックに近づきながら) △△ちゃんの後ろかな。
26 I HV (超鏡指差。しかし作業者の陰になる。) その一番左。
O (フックに掛けようとする)
29 I VH 右下のフックにかけてください。

35 I V で、2個目は、えー、ケーブルが網の真中位に一つかかっていると思うけ
ど、
38 I V それを、
O (ケーブルをつかむ)
40 I V そう、△△ちゃんの手持っているやつね。
43 I V それを左上の、フックに、かけてください。
44 O (別の離れたところを指差す)
45 I V えーと、それに一番近い左上。
46 I (隣のフックに指差をしながら近づく)
49 I HV えーと、(超鏡指差)この辺。
50 I VH (超鏡指差したまま) これこれ、お父さんの指、指先、
53 I HV それそれぞれ。
54 O ……(フックに掛ける)

54 I V (手元のファイルを見ながら) えー次は、えー3つめだけでも、
60 I V えー、一番下のところにうちわが掛かっていると思うんですけども、
63 O (ボクシングのまねをしてからうちわを取りに行く)
67 I V そのうちわを裏返しにまずして、
70 O (うちわを裏返す)
71 I V 裏返しにした？
72 O (裏返したうちわを指示者に見せる)
72 I V したら、えー、それを、
76 I VF その網の壁の左(指差するが、宙を舞って指差になってない)、
79 O (うちわをフックに掛けようとする)
80 I V (手元のファイルに目を移して) はい、そうです。

82 I V えーと次に、えーその、今かけたうちわのすぐ右隣に、えー、
83 I V //コードの、
O //(コードをつかむ)
89 I V 箱があると思うけれども、
90 O (箱を指差す)
91 I //あ、それ、その箱、そうそう、△△ちゃんの手持っているやつね。
O //(箱をつかむ)

- 93 I V えー、それを、えー、テーブルの、えー、上においてください。
- 98 I VH (超鏡指差を試みるが、) テーブルが、
- 99 0 (テーブルの上に置く)
- 100 I V (超鏡指差未完了で中止) そこそこ、そこでオーケーだな。
- 103 I V 向きが逆かな。
- 106 I V 頭とお尻を逆にして。
- 0 (ケースを半回転させる)
- 108 I V はい、オッケーです。

トランスクリプト3 超鏡指差を全く使用せずに、言葉だけを用いた指示の例：1分21秒

0	I	V	あ、あの、その、一番左にある、
4	I	V	箱あるでしょ
	0		(手元にある机の上のファイルに手を置く)
6	I	V	カラーのやつ。
	0		(別の白い箱を指差す)
7	I	VF	いや、(スクリーンを指差す) 貼ってあるやつ (指差を止める)。
11	0		(壁に掛けてある箱を指差す)
	I	V	それを、とって、
12	0		(箱を取る)
14	I	V	で、机の、一番左前、に置いて。
17	I	V	//ガム..
	0		//・・・(箱を置こうとする)
	I	V	そう。
21	I	V	そのあと、(手元のファイルを見る・・・)
26	I		(スクリーンを指差しようとして止める) ああ、
27	I	V	机の上においてある、猫の箱、みたいな、
29	0		(袋に手をのばす)
	I	V	ああ、そうそう、それ、
31	0		(袋を取る)
32	I	V	それを、(スクリーンを指差しようとして止める) 裏の、
35	I	V	一番右の、下。
	0		(袋を持って移動)
38	0		(フックを指差す)
	I	V	いや、反対、右。
	0		(右側のフックに袋を掛ける)
43	I	V	えーと、斜めに引っかかっている、
46	I	V	うちわ。
	0		(うちわをつかむ)
47	I	V	そう、それを、表にひっくり返して、
48	0		(うちわをひっくり返す)
49	I	V	左の一番上。
52	0		(うちわをフックにかけようとする)
53	I	V	かけて
	I		// (手元のファイルと画面を見比べる)
	0		//・・・(うちわを掛け終わる)
60	I	V	あ、ちがう。(スクリーンを指差しようとして止める)
61	I	V	かけ方がちがう。特定のところにある、小さな穴あるでしょ。
66	0		(掛け直す)
	I	V	そう。
66	I	V	その後、ホースみたいのがあるでしょ。
69	0		(コードをつかむ)
	I	V	そう、それを、
71	I	V	えーと、左から3番目の、

	0		(数を数える)
	I	V	上
	0		・・・(フックに掛ける)
81	I	V	(手元のファイルを確認) できた。

第6章：超鏡画面での人物配置の話しやすさへの影響

1、はじめに

実空間では、話しやすい対話者間の位置関係（ソシオペタル）、話しにくい位置関係（ソシオフィーガル）がある。約4年間にわたる遠隔視覚対話システムの利用観察の結果、全員が同じ対話空間に入る超鏡対話にも、話しやすい配置と話しにくい配置があるらしいことが見えてきた。対話者のアンケートの中に「自分に向かって話しているのは分かるが、そっぽを向いて話しているようで、自分だけに話している気がしない」「まじめに話す気が無いように感じる」、3人で話している場合「自分だけが話の輪から外れている気がする」といった内観報告があった。それは対面对話における視線一致に相当する感覚らしいことが分かってきた。

本章では、超鏡対話において対話者が話しやすいと感じる配置について、カメラと立ち位置の関係を変えて実験したデータを基に考察する。

2、遠隔視覚対話における視線

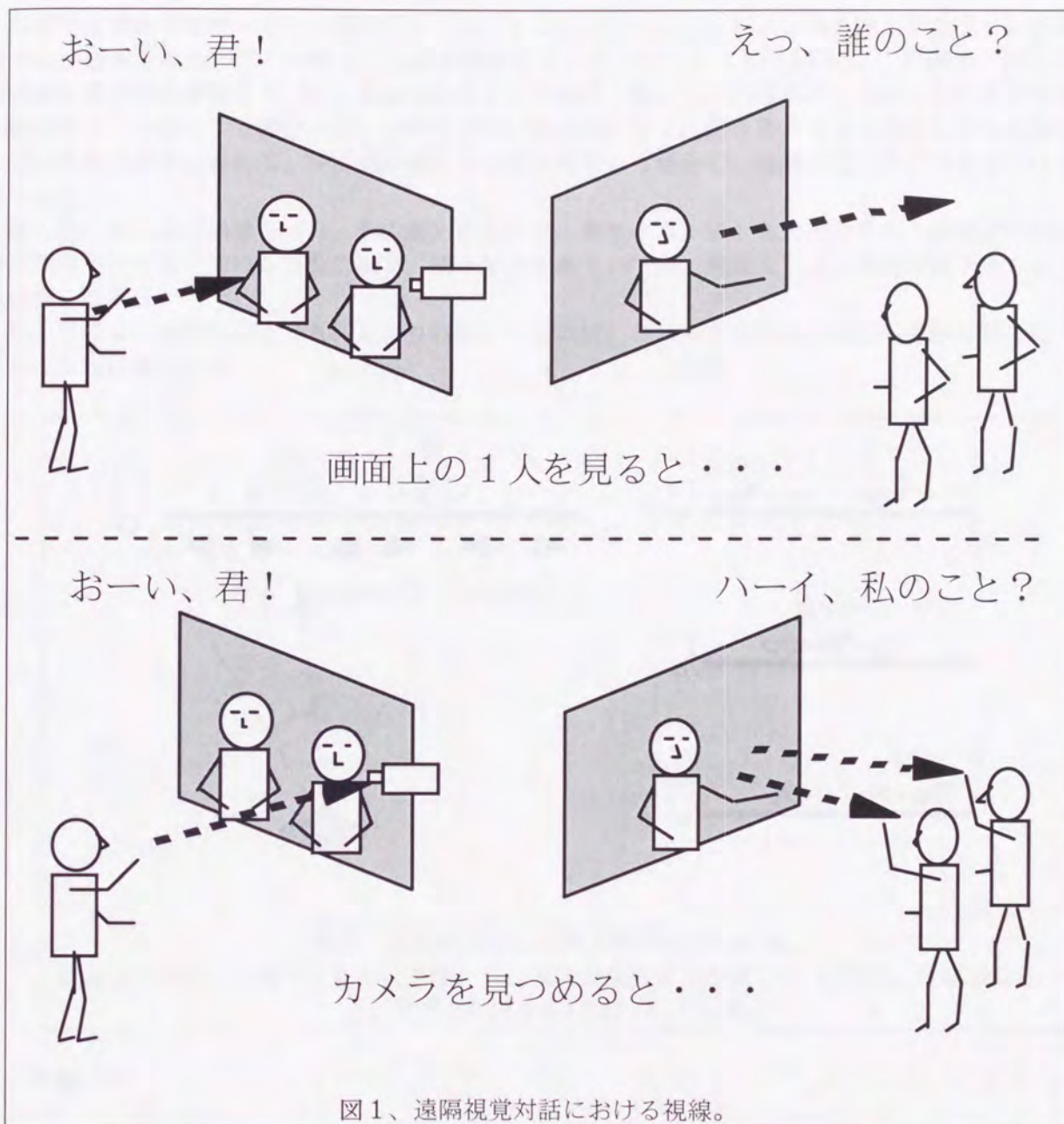
2、1 モナリザ視線効果

遠隔視覚対話システムでは、カメラ位置と話し手との位置関係により映像が決まる。前述の通り、その映像は聞き手の位置とは無関係に、どこにいても同じように解釈される。つまり、写真や絵画における「モナリザ視線効果」（モナリザの前を歩いた場合、観察者がどこに立っても同じ視線を感じ取ってしまう効果）と同様な傾向が実験により観測されている（Masame 1990）（真覚 1992、1993）（森川 1997）。このため、従来の遠隔視覚対話システムでは、話し手がディスプレイ上の聞き手を見ると、聞き手は、話し手が自分を見ていないと解釈してしまう（図1）。逆にカメラ目線で話をする、聞き手全員が、話し手が自分を見ていないと解釈してしまう。その結果、一般の遠隔視覚対話において、画面上にいる複数の対話相手の内で特定の人物とだけ視線一致を取ることはできない。

2、2 身体動作による視線の代用

自己像が表示される超鏡対話でも対話相手の映像は、一般の遠隔視覚対話の場合と全く同じである。話し手が画面の聞き手を見ても、それはカメラ目線ではないので、この映像だけでは、聞き手は見られた気がしない。しかし超鏡画面上には話し手だけでなく、聞き手の自己像も表示されている。そこには超鏡画面独自の世界があり、話し手も聞き手も、その超鏡空間の構成員として認識される。この両者が超鏡空間の要素であるという認識が、見られている相手を同定する場合の知的スキーマとなって働く。利用観察によれば、対面对話におけるアイコンタクトに相当する場面で、彼らは身体を画面上で聞き手の方を向けることで知的スキーマを制御して対話した（morikawa 1998）（森川 2000a）。特定の人物に視線を送る場面では、アイコンタクトと同様に、身体を送る相手に向けてスキーマを制御した。さらに、それだけでは特定できない場合には、手を振って身体同期をとる、画面上で肩を叩く、対話相手を指差す、近寄るなど、いろいろな知的スキーマをごく自然に活用して対話した。そのため、超鏡では話し手が画面上の聞き手を見ると、聞き手は見られている事が分かる。

このように超鏡対話では、対面对話における視線の果たす多くの役割を、超鏡画面上での相対位置関係を有効に利用した知的スキーマを制御することで対応できる。そのため、超鏡対話において視線が直接、対話進行上で問題になる事は無かった。言い換えれば、伝えたい視線が伝わらずに困ることは（無いわけではないが）、少なかった。しかし、対話進行に表面上は問題にならなくても、前述のような実空間の視線一致に相当する感覚の差異が話しにくい原因になっていることも事実である。



すなわち、対話システムにおける種々の問題には、対話に必要な情報がシステムでは伝えられないといったレベルから、伝わるが使いにくくて使えないレベル、使いにくいが使えるレベル、快適に使えるが副作用が問題になるレベル、副作用なしに快適に使えるレベル等々、多くのレベルがある。本章では、これらのレベルのうち「快適に使えるが副作用が問題になる」レベルの視線問題について論じる。

そこで、超鏡画面上での表示位置と顔の向きとの関係を調べ、それにより話しやすさがどのような影響を受けるかを心理実験により主観評価による計測を行うことにした。

3、立ち位置と撮影される顔の向きとの関係

一般に遠隔視覚対話では画面上の対話相手を見ながら対話する。その為、相手がスクリーン上でカメラに近い位置に表示されていると、自分は正面顔に近い顔で写ることになる。逆に、相手がカメラから離れれば離れる程、自分の映像は正面顔からずれて横顔に近くなる。

超鏡では聞き手の映っている画面上に、話し手の自己像も表示される。例えば、スクリーン左端にカメラが設置されていて、画面上に2名の聞き手A、Bがいるとする(図2)。この場合、話し手の自己像の表示位置が領域1(A、Bより左側)であれば、話し手が聞き手A、Bのどちらを見ても、超鏡画面上では話し手が聞き手A、Bの方を向いた映像になる。聞き手Aを見る場合とBを見る場合の違いは顔の向きに表れる。正面顔に近い方がAを見ている場合で、横顔に近い方がBを見ている場合である。

話し手の自己像が領域2(A、Bの間)にあれば、聞き手A、Bどちらを見ても、画面上では話し手が聞き手Bの方を向いた映像になる。聞き手Aを見ている場合でも、画面上ではAの反対側を見たような自己像になる。

話し手の自己像が領域3(A、Bより右側)であれば、どちらの映像も対話相手の反対側を見ているような自己像となる。

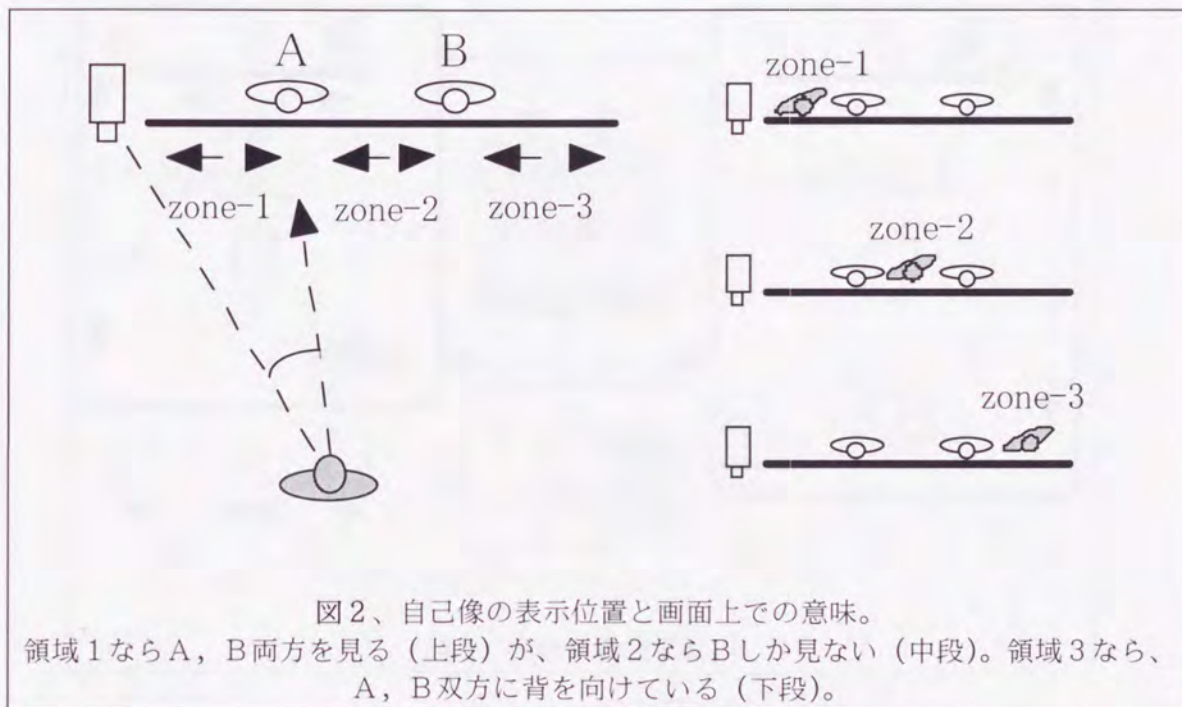


図2、自己像の表示位置と画面上での意味。
領域1ならA、B両方を見る(上段)が、領域2ならBしか見ない(中段)。領域3なら、A、B双方に背を向けている(下段)。

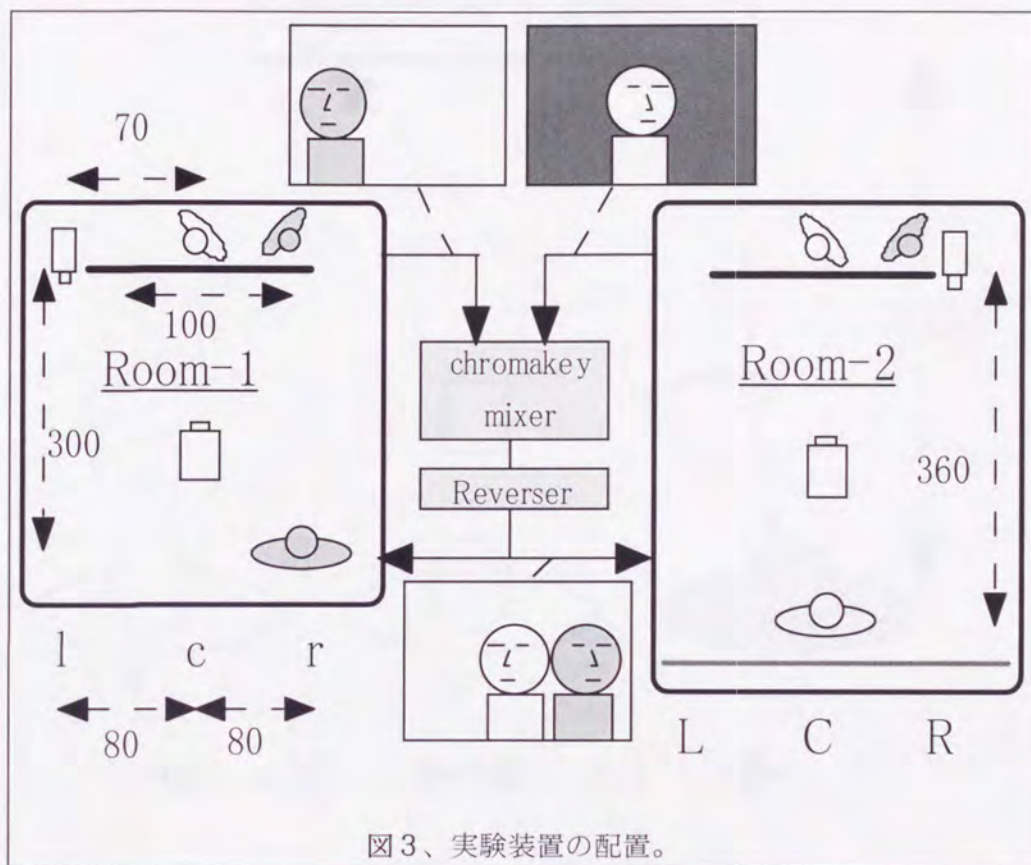
4、実験 - 1

超鏡では同一画面上に自己像も表示されるため、画面上の自己像の表示位置によって、顔の向きの持つ意味が異なってくると考えられる。そこで、対話相手の表示位置、自己像の表示位置それぞれを変化させた場合の話しやすさの主観評価実験を行った。被験者は10歳代から50歳代までの男女36名(内女性18名)である。実験は顔見知り2名一組で行った。

4、1 装置

実験装置は2地点一クロマキー合成型の超鏡対話システムを構成している。各部屋の前方に、プロジェクタとスクリーン、カメラを設置する。クロマキー合成の為に、第2室の後方は青いカーテンを設置する。スクリーンは縦90cm、横120cmの大きさと、床面から90cmの高さに垂直に設置する。カメラはスクリーン脇(第1室は左側、第2室は右側)の高さ150cmの位置に配置する。カメラとスクリーン中央との距離は70cmである。被験者の立つ位置は、スクリーン中央から第1室は300cm、第2室は360cmの位置と、その左右80cmの各3箇所ずつとする。本論文では以降、この3箇所の立ち位置、左、中央、右を第1室をl、c、rで、第2室をL、C、Rと表記する(図3)。

カメラと被験者の距離が第1室と第2室では異なるが、画面上では同じ大きさ、同じ位置に表示されるようにカメラの拡大率を調整する。具体的には、カメラを調節して撮影範囲が、被験者の3個所の立ち位置を含む、左右210cmの領域になる様に設定する。この時、画面上にはそれぞれ50cm間隔で表示される。カメラおよびスクリーンの精度はNTSCのテレビ信号レベルである。2部屋のカメラで撮影されたビデオ信号はクロマキー合成装置により合成され、各部屋のプロジェクタに送られ、左右反転されてスクリーンに表示される。



4、2 顔の向き

第2室の右端の位置 (R) の被験者が左端 (l あるいは L) に立っている対話相手の超鏡映像を見る場合を考える (図4)。この時のカメラ視線との差は、カメラの方向と画面上の l あるいは L の方向の成す角度である。第2室では、カメラ位置は R 位置の被験者の前方 360cm、左 10cm (= 360 - 350) なので、カメラ目線は正面より 1.59 度左寄りとして計算される (表1、第2室、立ち位置 R のカメラ目線の項)。同様に左端の立ち位置にいる対話相手の超鏡映像は、前方 360cm、左 130cm (= 360 + 50) なので、19.86 度左寄りとして計算される。従って、超鏡画面上の被験者の自己像は正面より 18.27 (= 19.86 - 1.59) 度左向きの横顔が表示される (表1、第2室、立ち位置 R l の項)。同様に、被験者と対話相手の立つ位置 (見つめる位置) によって自己像の顔の向き具合がすべての場合について計算できる (表1)。この表を用いることにより、例えば、第1室の r、第2室の C に被験者達が立ってお互いの顔を見合わせている場合、第1室の被験者の顔は右に 11.63 度、第2室の被験者の顔は左に 3.10 度向いた映像になっていることが分かる。そして、それぞれが自己像を見る瞬間は、第1室が 20.85 度右、第2室は 11.00 度左に向いた自己像の鏡映像を見ることになる。

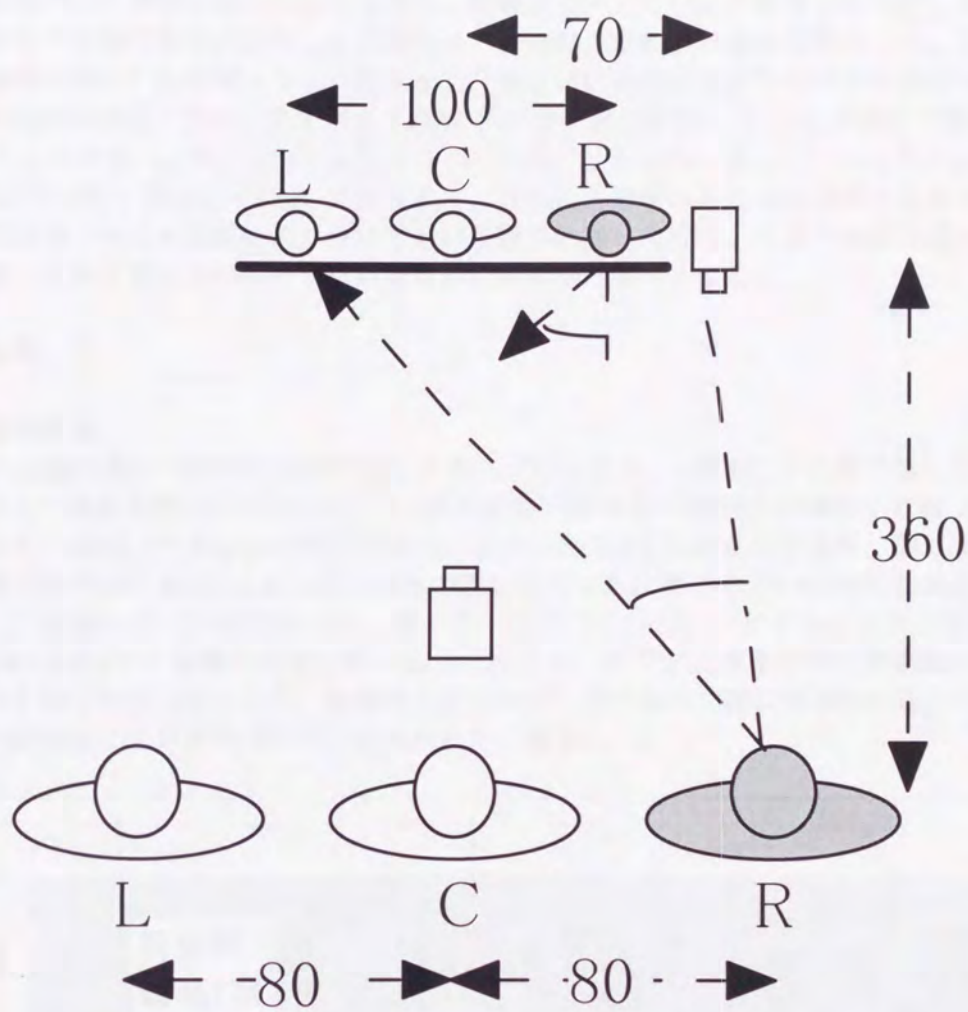


図4、第2室における顔の向き。

いずれの組み合わせで有っても、第1室ではカメラがスクリーンの左端に設置されている為、表示される自己像は全てカメラの反対側の右側を向いている。逆に第2室の被験者は、すべて画面の左側を向いている自己像の鏡映像を見る。

表1、立ち位置・注視位置による正面顔からのずれの角度一覧

	第1室 (左カメラ、300cm) 顔は右を向く			第2室 (右カメラ、360cm) 顔は左を向く				
		l	c	r		L	C	R
立ち位置								
カメラ視線		1.91	-13.13	-26.57		-22.62	-11.00	1.59
画面上の相手を見たときのずれ	L	3.80	3.67	3.14	l	17.86	18.91	18.27
	C	13.02	13.13	11.63	c	10.09	11.00	10.94
	R	21.52	22.60	20.85	r	2.76	3.10	3.17

4、3 実験手順

実験では始めに、環境に慣れてもらう為に、超鏡システムについて簡単な説明をした後、画面上での握手、相互の空間の事物の指差しを体験させ、5分程、自由な対話を体験させる。その後、被験者達は、実験者の指示した位置に立ち、握手をし、お互いに相手に挨拶や呼びかけを行ってから、その場所での映像の自然さ、話のしやすさを7段階（「非常に自然で話しやすい」「自然で話しやすい」「すこし自然で話しやすい」「どちらとも言えない」「すこし不自然で話しにくい」「不自然で話しにくい」「非常に不自然で話しにくい」）で評価する。立ち位置の組み合わせは全部で6通りあるので、これらの評価はあらかじめ乱数により決めておいた順序に従って行う。6通り全部の立ち位置の評価が終了した後、全体を通しての感想や意見を自由記述の形で述べさせる。

5、実験結果-1

5、1 全体評価

7段階の主観評価を「非常に自然で話しやすい」を+3点、「非常に不自然で話しにくい」を-3点に得点化して統計処理を行った（図5）。その結果、第1室の被験者が画面上で第2室の被験者より左側に立ち、画面上でお互いの顔が向き合う場合{IR,cR,IC}には正の評価を、逆に右側に立ち、お互いに外側を向き合う場合{rL,rC,cL}には負の評価であった。特にお互いの映像が画面上で離れている場合{rL}には最も低い評価であった。図より、話しにくい{rL}、どちらとも言えない{rC,cL}、話しやすい{IR,cR,IC}の3種類の評価があるように読める。そこで、各条件間の評価値の差異をステューデントのt検定を行ったところ、危険率1%以下で、3グループ間に有意差が認められた。またグループ内の評価値には有意差は認められなかった（表2）。

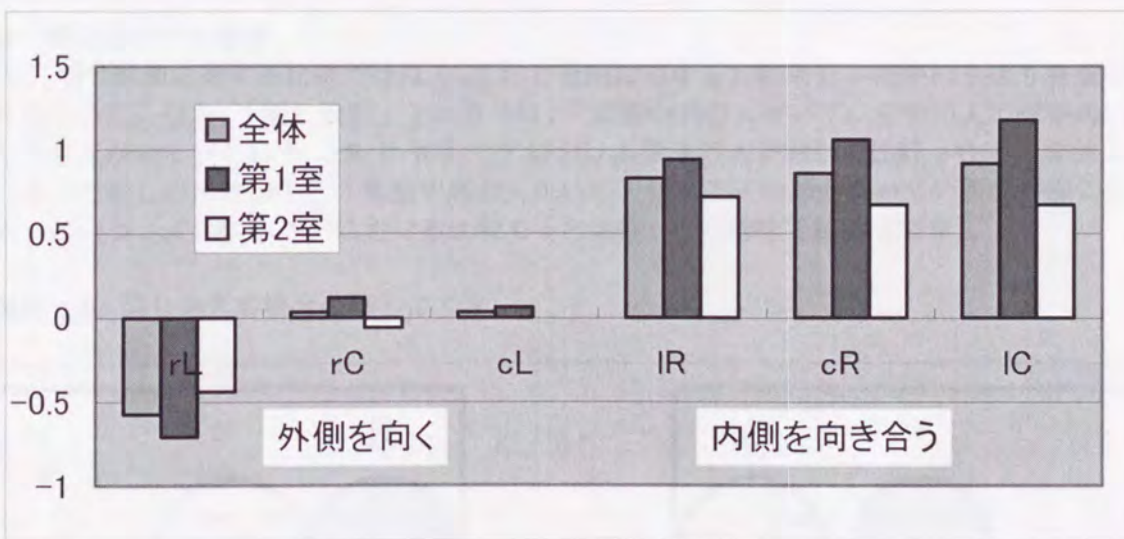


図5、実験結果。内側を向き合う条件で話しやすいという評価。

表2、実験1における「話しやすい配置」、「話しにくい配置」、「どちらとも言えない配置」の評価比較

話しやすい配置 {lR, cR, lC} と他の配置との平均値の比較

t 検定値(35)	rL(-0.56)	rC(0.00)	cL(0.03)
lR(0.81)	4.87 **	2.80 **	3.12 **
cR(0.86)	5.21 **	3.11 **	3.37 **
lC(0.91)	5.96 **	2.86 **	3.72 **

話しにくい配置 {rL} とどちらとも言えない配置 {rC, cL} との平均値の比較。

t 検定値(35)	rC(0.00)	cL(0.03)
rL(-0.56)	2.53 *	2.61 *

注) () 内は評価の平均値、

* 5%水準で有意差あり、 ** 1%水準で有意差あり

5、2 部屋別の評価

また、角度の違い(第1室対第2室)による評価値への影響を調べたところ、カメラとの距離が近く、角度の変化量が多い第1室の方が顕著であった。すなわち両者が画面両端にいて外側を向いていて話しにくいと評価された {rL} 条件では、より低い評価であり、話しやすいと評価された {lR, cR, lC} 条件では、より高い評価の傾向にあった。なお、第1室と第2室の評価値間(標本数は各18件ずつ)の差異を検定したが、有意な差は認められなかった。

5、3 同じ役割での比較

また、同じ映像に対する比較ではなく、「同じ役割に対する比較も行ったが、やはり有意な差は認められなかった。なお、「同じ役割」というのは、「画面中央の人がいて、中央の人の顔が向いている方にもう一人がいる」という {cR と lC} ペアにおける中央の人とおしの比較 c-C と、中央の人が向いている人とおしの比較 R-l と「画面中央の人がいて、中央の人の顔が向いている反対側にもう一人がいる」という {rC、cL} ペアにおける比較 C-c と比較 r-L の意味である(図6)。

6、実験-2: 同じ向きの場合の話しにくさ

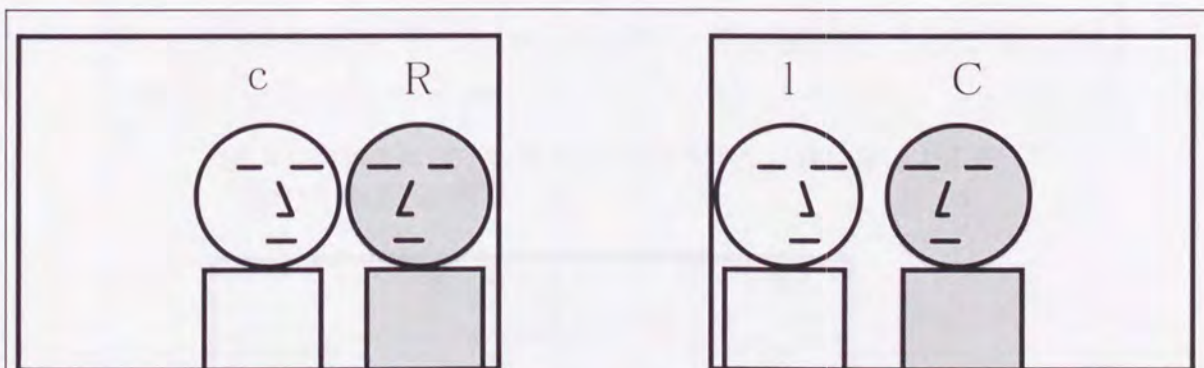


図6 同じ位置関係における評価値の比較。

画面中央の人がいて、中央の人の顔が向いている方にもう一人がいるという状況における、中央の人の評価値同士と比較(図左の中央:cRにおけるcの評価値と図右の中央:lCにおけるCの評価値を比較)と、中央の人の向いている人の評価値同士と比較(図左の右:cRにおけるRの評価値と図右の左:lCにおけるlの評価値を比較)。

前実験では、お互いの顔の向きが内側を向いている場合には高い評価を、お互いが外側を向いている場合には低い評価であった。そこで、お互いの顔の向きが同じ向きである場合について調べることにした。実験状況は、前実験と同じ部屋で行い、第2室のカメラをスクリーン右側に設定した(図7)。この条件ではどの位置に立っても、全員の顔は画面右側を向いている。従って、お互いの顔の向きが向かい合う状況は得られない。必ず画面左側の被験者が右側の被験者の方を向いていて、右側の被験者はさらに右を向いているような映像となっている。立ち位置と顔の向きとの関係は実験1と同様に計算できる。第1室は表1の通りであり、第2室は表3の通りになる。

実験手順、被験者も実験1と同じとした。

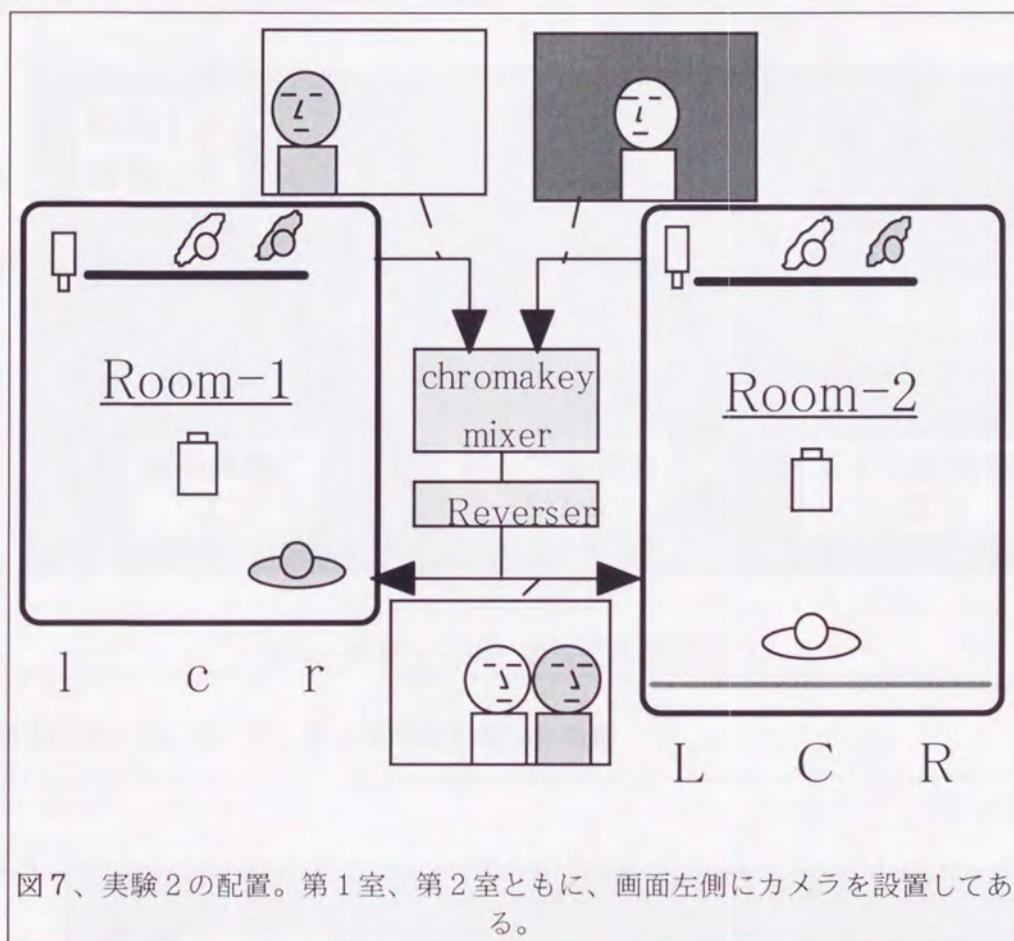


図7、実験2の配置。第1室、第2室ともに、画面左側にカメラを設置してある。

表3、実験2における第2室の立ち位置・注視位置による正面顔からのずれの角度一覧

第2室 (右カメラ、360cm) 顔は右を向く			
立ち位置	L	C	R
カメラ目線	1.59	-11.00	-22.62
画面上の相手を見たときのずれ	l	3.17	3.10
	c	10.94	11.00
	r	18.27	18.91

7、実験結果 - 2

7、1 全体評価

前実験と同様に、7段階の主観評価を得点化して統計処理を行った(図8)。図より明らかな様に、評価傾向は前実験と異なり、被験者の画面上での左右差は評価に余り影響していない。代わりに、両者の画面上での距離、及び表示位置の影響が大きかった。両者が左右に離れている場合 {rL,IR} が評価が低く、並んで立つ場合は、カメラに近い {cL,IC}、すなわち正面顔に近い方が、評価が高い傾向にあった。しかし、評価が高いといっても、実験1でのソシオペタルの3条件よりかなり低かった。しかし、平均値の比較では第2実験の評価値の分散が大きいため統計的には両者間に有意差は認められなかった。

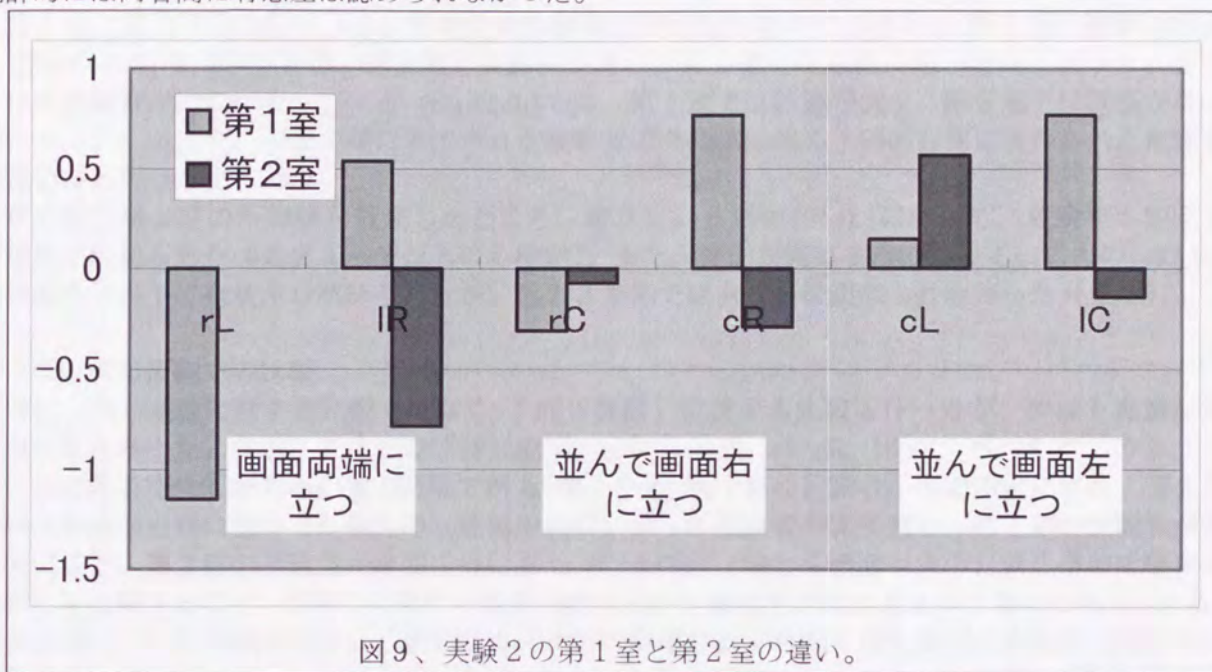


図9、実験2の第1室と第2室の違い。

表4、実験2における、第1室と第2室の評価値への影響

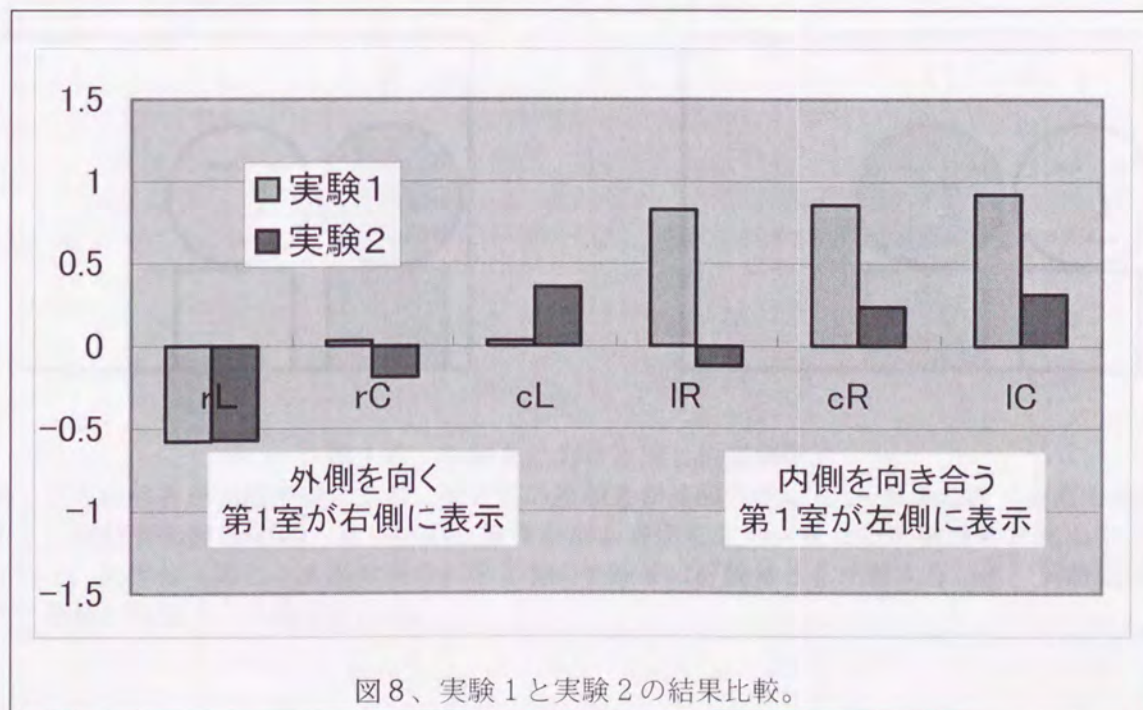


図8、実験1と実験2の結果比較。

条件	第1室	第2室	t 検定値(17)
rL	0.07	-1.00	2.83 *
lR	-0.86	0.46	4.29 **
rC	-0.07	-0.31	0.71
cR	-0.29	0.69	2.15 *
cL	0.57	0.15	1.03
lC	-0.14	0.77	2.01

注) * 5%水準で有意差あり、 ** 1%水準で有意差あり

7、2 部屋別の評価

第1室と第2室を比較すると、両者の間に顕著な差が読み取れる(図9)。第1室の被験者が左側に立っている{lR,cR,lC}場合、第1室では評価が高く、第2室では評価が低い傾向にあった。逆に第1室の被験者が右側に立っている{rL,rC,cL}では、第1室では評価が低く、第2室では評価が高い傾向にあった。つまり、画面左側に表示された被験者の表価値は高く、画面右側に表示された被験者の表価値は低かった。

第1室と第2室の平均値を検定したところ、離れている場合{lR,rL}において、危険率1%以下で有意差が認められた(スチューデントのt検定)。また、画面右側に並んで立っている内の{cR}では、危険率5%以下で有意差が認められたが、他の3条件では有意差は認められなかった(表4)。

7、3 同じ役割での比較

次に、同じ映像に対する比較ではなく、「同じ役割」に対する比較も行ったが、やはり有意な差は認められなかった。なお、ここでの「同じ役割」というのは、cR-rC、lC-cL、rL-lR ペアのようにお互いの位置を交代した立ち位置の意味である(図10)。第1室の被験者が画面中央に立ち、第2室の被験者が画面右側に立つ cR 条件の(画面中央の)第1の被験者の評価値と、第1室の被験者が画面右側に立ち、第2室の被験者が画面中央に立つ rC 条件の(同じく画面中央の)第2室の被験者の評価値とを比較すること、同時に両条件で画面右側同士の表価値を比較するという意味である。すると、両者は類似した評価傾向を示し、全般にカメラとの距離が近く角度の変化量が多い第1室の方が評価値の変化が顕著であった(図11)。両者の平均の差異を検定したところ、有意差は認められなかった。

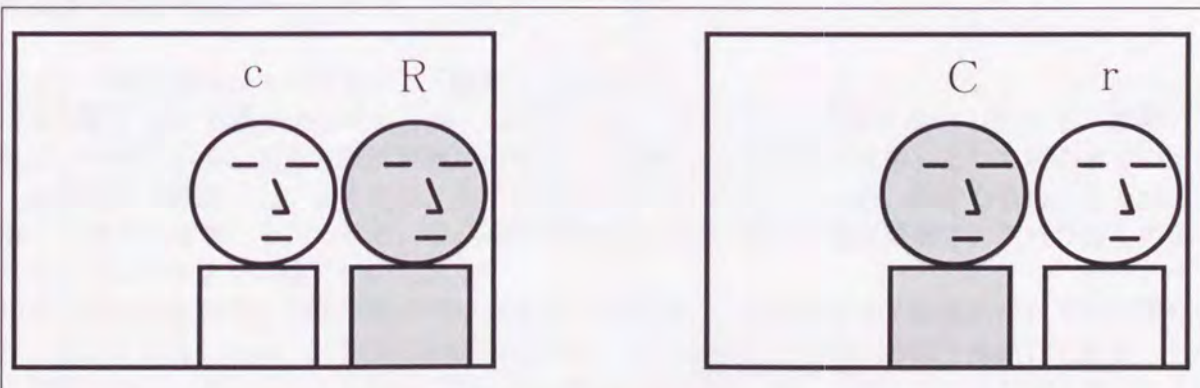


図10、実験2における同じ位置関係。

第1室の被験者が画面中央に立ち、第2室の被験者が画面右側に立つ cR 条件の(画面中央の)第1の被験者の評価値と、第1室の被験者が画面右側に立ち、第2室の被験者が画面中央に立つ rC 条件の(同じく画面中央の)第2室の被験者の評価値とを比較すること、同時に両条件で画面右側同士の表価値を比較。

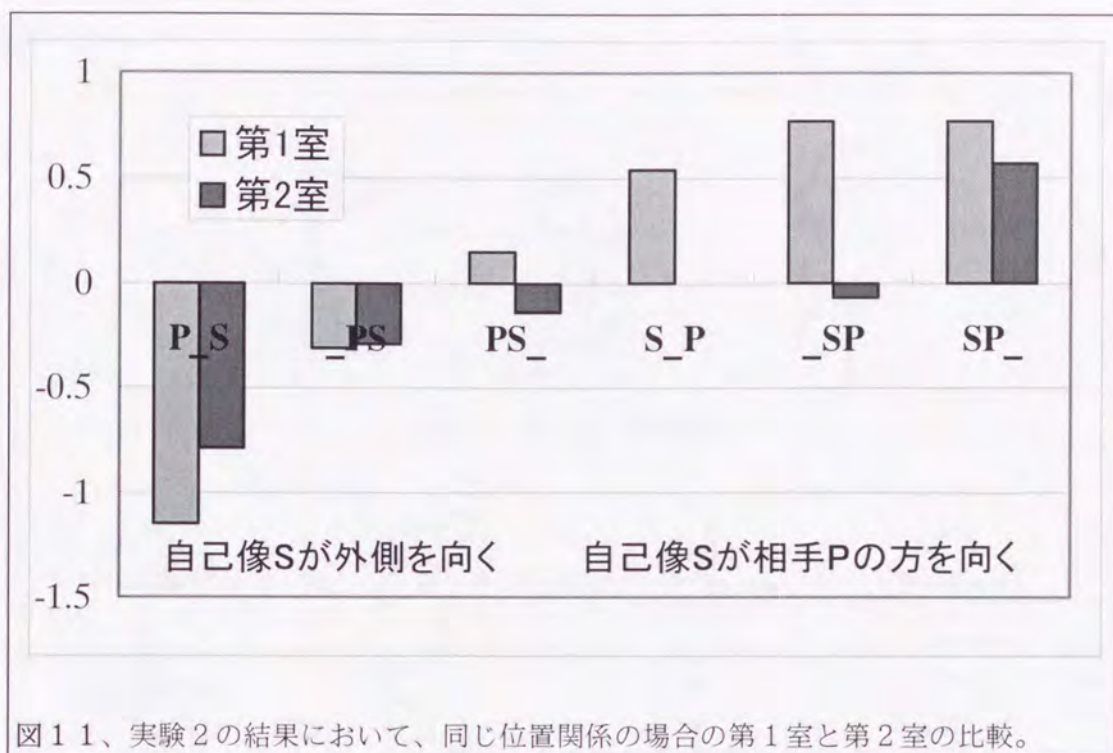


図 11、実験 2 の結果において、同じ位置関係の場合の第 1 室と第 2 室の比較。

8、考察

はじめの実験では、お互いの顔の向きが内側を向いていれば、話しやすいと感じる。両者の画面内での距離が隣り合う場合（実空間換算 80 cm）と、離れて立つ場合（実空間換算 160 cm）では差異は無い。一方、顔の向きが反対を向いている場合には、画面で隣り合う場合は、話しにくくはないが、離れると話しにくいと感じる。

第 2 実験では、必ず画面左側の被験者が右側の被験者の方を向いていて、右側の被験者はさらに右を向いているような映像となっている。各映像に対する評価は、画面左側の被験者の評価が高く、右側の被験者の評価が低い結果となった。また、「同じ位置関係」の映像に対する評価で比べると、両者は類似した評価傾向を示した。

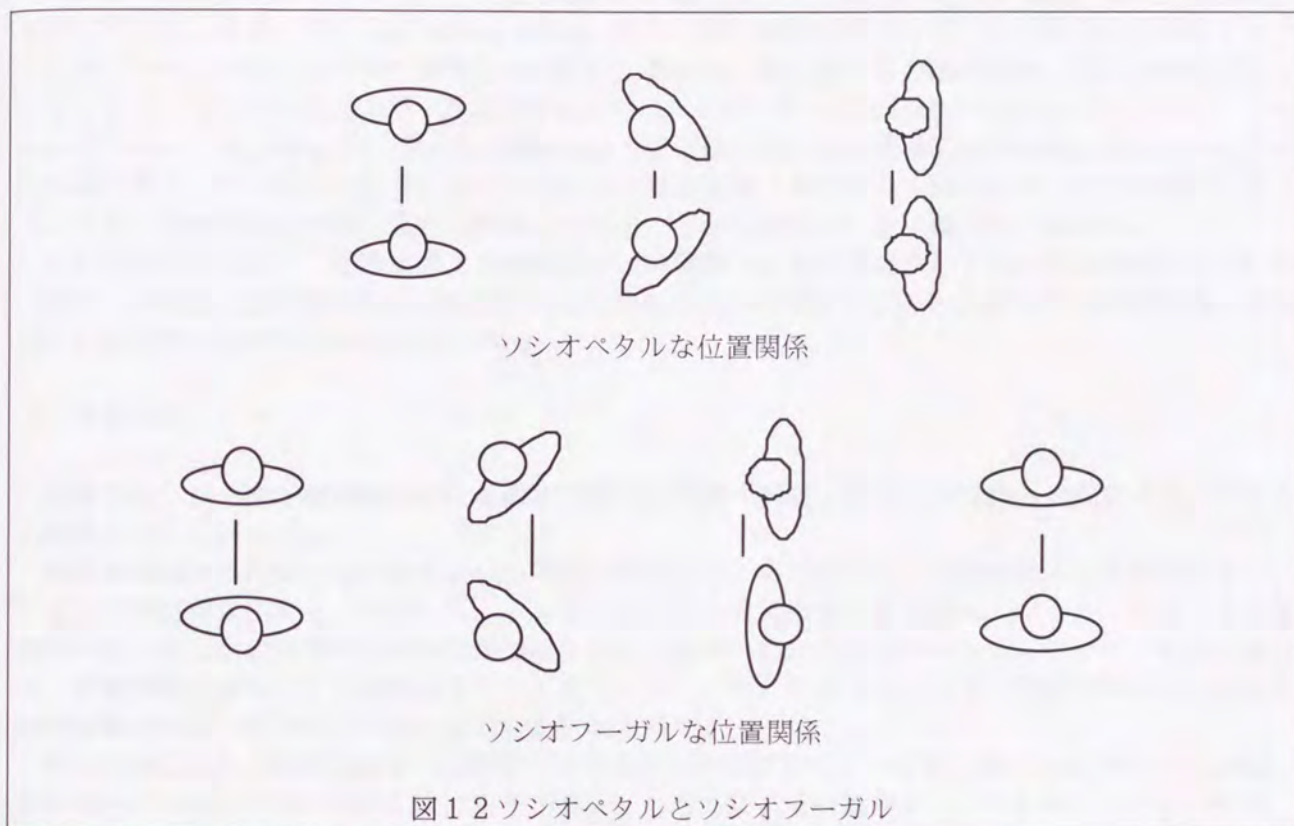
8、1 「対話者としての自己」と「観客としての自己」

超鏡対話では自己像が表示される為、「対話者としての自己」とそれを観察している「観客としての自己」が存在する。超鏡画面を評価する場合、客観的な第 3 者の「観客」として評価するのではなく、被験者は「観客としての自己」として自己像を中心に評価している。相手が自分の方を向いている事も大事であるが、それよりも、自己像が相手の方を向いている事が重要で、これが話しやすく感じるかどうか大きく影響している。

相手の映像であれば、相手が自分のほうを向いていないことは好ましくはないが、やむを得ない事として受け入れる。しかし、自分の映像であれば、自分は画面上の相手のほうを向いて話をしているが、画面上では、そのようには表示されない。画面上で相手に向かって話している映像となるように行動したい（Kendon 1967）（Exline 1963,1965）が、そのような映像では、画面を見ることができない。画面上で「観客としての自己」の望む姿を演じることができない。すなわち、演じることのできる身体表現と、演じたい身体表現との間に埋められない差があり、その点が不満となる。視線の代用として（Argyle 1976）、身体を相手の方に向けることが観察されているが、これも、今回観察された現象と基を同じくすると解釈できる。

さらに実験 1、2 を通して、カメラとの距離が近く角度の変化量が多い第 1 室の方が評価値の変化が顕著であった。この事も、話しやすさが相手の映像よりも、自己像から大きく影響を受けている

事を示している。



8、2 ソシオペタルとソシオフィーガル

これらは、実空間におけるソシオペタルとソシオフィーガル(Sommer 1972) (中島義明編 1996) に対応する反応と解釈できる (図 1 2)。実空間ではソシオフィーガルな立ち位置 (図 1 2 段) であれば、対話相手は視野外、あるいは視野内であっても周辺視に位置する。いずれにしても、双方が中心視で見合うことが困難である。その結果、ソシオフィーガルな位置関係では、相手の存在を知覚しつつも、双方共、無関係に振る舞い、対話しない事が自然である。

しかし超鏡対話では実空間とは異なり、画面上でソシオフィーガルに相当する位置関係であっても、超鏡画面上の対話相手を中心視で見ながらの対話が可能である。超鏡画面上でのソシオペタルな位置関係における視野と同じままである。つまり、実空間における位置関係から必然的に得られる

「ソシオペタルの位置関係になる → お互いに相手を中心視で見ることができる → 会話をしたくなる」

「ソシオフィーガルの位置関係になる → 相互に相手を中心視で見ることが困難になる → 会話をしたくなる」

という一連の因果関係が超鏡では成り立たない。それにも関わらず、対話者が話しにくいと評価したのは、お互いの位置関係がソシオフィーガルであるという認識が知的スキーマとして機能したと解釈できる。

くり返しになるが、この「話せるが、話しにくいとも感じる」不自然さが、前述の「快適に使えるが副作用が問題になる」レベルの視線問題であり、本章で焦点を当てているレベルである。

8、3 対話における視線

対話するとき、話し手は聞き手を常に見続けながら話す訳ではないが、要所要所では、聞き手を見ることにより、聞き手の状況を把握する(宮里 1996)。同様に、聞き手も話し手を常に見続けながら聞く訳ではないが、やはり要所要所で話し手を見たり、うなずいたりすることにより、自分が話をち

ちゃんと聞いている事を話し手に伝えている(福井 1984)(マジョリー 1987)。

これらの行為自身は当事者にとって意味を持つだけでなく、周囲の第3者に対し、話し手と聞き手を特定する役目も担っている(Goodwin 1981)。ある一瞬の映像だけでは話し手と聞き手を特定することは難しいにしても、しばらく観察していれば、周囲の人は、誰がその話に参加しているかを知ることができる。我々が3人以上で「対話をする」とは、実は「話し手か聞き手になる」だけでなく、「周囲の第3者になる」事も含んでいる。超鏡では、自己像が表示される為、自分が話し手であっても周囲の第3者としての視点を持つことになる。この周囲の第3者である「観客」としての視点で行動することが、超鏡対話の円滑な進行に貢献していることが示されている(森川他 2000b)。

この他の事例として、超鏡画面上で対話相手との距離を一定に保とうとする行為が観察されている(森川 1998)。これは実空間におけるパーソナルスペース(他人の侵入によって不快を感じる領域)に対応すると考えられる(Hall 1970)。

9、おわりに

本章では、自己像が追加表示される遠隔視覚対話環境「超鏡」における対話者の配置と話しやすさの関係について述べた。

超鏡対話は対面対話とは異なる新しい対話空間である。実空間では、対話者間の位置関係により、お互いの視野が変化する。そのため、ソシオベタルな位置関係では話が弾み、ソシオフーガルな位置関係では、お互いの視野に共通部分が少なくなり、結果的に対話が抑制される。しかし、超鏡対話では、位置関係が変化しても視野はほとんど変化しない。それにもかかわらず、超鏡空間での対話者の相対位置関係は、実空間のそれと類似した意味を持つ。

第1実験により、両者がお互いに画面上で内向きの時に話しやすいと感じることが分かった。また、顔の向きが内向きでない場合には、両者が画面上で近くにいる必要があることも分かった。これは、実空間におけるソシオベタルの位置関係に相当する。逆に画面上でお互いの顔の向きが反対を向いているとソシオフーガルに相当する配置となり、話しにくく感じる。さらに第2実験により、相手が自分の方を向いている事も大事であるが、それよりも、自己像が相手の方を向いている事が重要であることが分かった。それは、超鏡対話における「観客としての自己」の視点での評価と言える。

本章の参考文献

Argyle, M. & Cook, M. 1976 "Gaze and mutual gaze" Cambridge University Press

Exline, R.V. 1963 "Explorations in the process of person perception: Visual interaction in relation to competition, sex, and need for affiliation" Journal of Personality, 31, 1-20

Exline, R.V., Gray, D., and Schuette, D. 1965 "Visual behavior in a dyad as affected by interview content and sex of respondent" Journal of Personality & Social Psychology, 1, 201-209

福井康之 1984 「まなざしの心理学--視線と人間関係--」、156-191、創元社

Goodwin, C. 1981 "Conversational Organization: Interaction between speakers and hearers", Academic Press, New York.

Hall, E. T., 1970 「かくれた次元」、日高敏隆、佐藤信行訳、160-181 みすず書房

Kendon, A. 1967 "Some functions of gaze direction in social interaction" Acta psychologica, 26, 22-63

- Masame K. 1990 "Perception of where a person is looking: Overestimation and underestimation of gaze direction." *Tohoku Psychologica Folia*, 49, 33-41
- 真覚健 1992 「視線方向判断における顔向きの影響」1992年度心理学会論文集、706
- 真覚健 1993 「視線方向判断における顔向きの影響(2)」1993年度心理学会論文集、780
- マジョリー・F・ヴァーガス、石丸正 訳 1987 「非言語コミュニケーション」78-95、新潮選書
- 宮里勉、岸野文郎、寺島信義 1996 「臨場感通信会議における参加者の対面状況の保持特性の評価」
電子情報通信学会論文誌 A, 79-A, 2, 518-526
- 森川治 1997 「対話における視線認知特性の対面対話とビデオ対話の違い」 *Progress in Human Interface*, 6, 13-20
- Morikawa, O. & Maesako, T. 1998 "HyperMirror : Toward Pleasant-to-use Video Mediated Communication System," *CSCW'98*, 149-158
- 森川治 1998 「超鏡対話における対話相手との距離感」 *HIS98*, 117-120
- 森川治、山下樹里、福井幸男、佐藤滋 2000a 「人に優しい超鏡対話における指差し行為」
情報処理学会論文誌、41-5, 1290-1297
- 森川治、山下樹里、福井幸男、佐藤滋 2000b 「超鏡対話における指差し行為」 *インタラクション*
2000, 189-196
- 中島義明、大野隆造編 1996 「人間行動学講座3 「すまうー住行動の心理学」」 38-42、朝倉書店
- Sommer, R. 1972 「人間の空間」、穂山貞登訳、99-123 鹿島出版会

第7章：教育への応用

1、はじめに

遠隔教育といえば、従来は郵便やテレビ等を利用した非同期型遠隔教育だけであった。しかしインターネットや高速データ回線の普及により、実際の教室で講師と受講者が学習するような同期型の遠隔教育も可能になってきている。同期型の遠隔教育は、遠隔視覚対話を利用することでも可能であるが、遠隔視覚対話システムに対する要求も、会議をしたり雑談をする場合とは違った機能・特性が求められる。本章では、同期型のなかでも、講師と受講者が相互に参画する協力関係に重点を置いた協調型遠隔講義形式へ、自己像を表示する遠隔視覚対話「超鏡」の利用について検討する。

2、遠隔講義の形式

講義における情報の流れには、講師側から受講者側への情報の流れと、受講者側から講師側への情報の流れの2種類がある。この2種類の情報の流れの量・質は講義形式によって異なる。例えば、講義による知識の伝達が中心で、受講者側からの質問を全く受けない、あるいは受講者側から全く質問が出ない場合には、講師側からの情報の流れだけの一方通行の情報伝達となる。この様な講義形式であれば、遠隔地であっても放送による講義で可能であり、またビデオ記録した講義を再生することでも可能である。

受講者からの質問を受け付ける場合でも、講義とは別の時間枠であったり、質問により講義内容に変化をもたらさないならば、これも簡単な放送施設やビデオ記録装置などを用いることにより、遠隔講義や通信学習という形で実現されている。

しかし、受講者からの質問を実時間で受け、その質問内容によって講義の進行が影響を受けるような講義形式もある。この講義形式は、講師と受講者が同室にいる従来では通常の教室では、ごく自然に実行されているが、遠隔教育で実現するには多くの技術的な課題を克服する必要がある（竹本 1995）（若原 1996）（田村 1997）（前田 1997）。

2、1 板書

通常の教室では、講師側からの受講者側への情報は、講師の発話、表情、身体動作に加え、板書が重要な役割を担っている。従って、遠隔視覚対話システムを遠隔教育に利用する場合、板書の情報の取り扱い方が重要である。多くの遠隔視覚対話システムでは、カメラとモニタは各地に1台ずつあるのが一般である。従って、これらの遠隔視覚対話システムを利用した遠隔教育では、放送のように、講師側が入念な準備をし、モニタの表示精度に合わせた資料を用いて、講義することになる。例えば、AbowdらのClassroom 2000（Abowd 1996, 1998, 1999）、Ginsbergら（Ginsberg 1998）のPERSYSTシステム、片山ら（片山 1998）のVIEW Classroomでは、講義中に講師が板書する代わりに、講師は受講者のモニタの精度を考慮した教材を予め準備し講義を行う。

吉野ら（吉野 1998）の遠隔授業支援システムでは、板書をコンピュータ上の板書システムを用いて行う。板書内容は仮想的なカードで構成されており、講義前に受講者に配布される。板書はビデオ信号でなくデジタル信号になり、コンピュータで保存や検索が容易になるという利点がある。代わりに、講師の映像は、教室前面にあるスクリーンに常時表示する。

これに対し、講師側と受講者側の双方に複数台のカメラとモニタを用意し、双方の映像を交換する事により、遠隔講義の実現を目指した研究も多くある（末武 1980, 1982）（清水 1984, 1986, 1988）。これらのシステムでは、板書用のカメラを複数台用意し、それに対応するモニタを受講者側も複数用意し、広範囲の板書の利用を可能にしている。これにより、講師側は従来の教室での講義と全く同じではないにしろ、かなり類似した形式で、講義することが可能になる。

末武ら（末武 1980, 1982）は、板書内容は原則として講師の板書行動によって内容が更新されるという性質を巧みに利用することにより、カメラ1台分の回線で、複数台の板書カメラとそれに対応

するモニタの利用を可能にしている。つまり、講師が1つの板書カメラから別の板書カメラに移動するときに、通信回線の接続を切り替える。対応するモニタでは、講師が抜けて、通信回線が切断する直前の画面を記憶しておき、それを表示し続ける。これにより、見かけ上は複数台のモニタに最新の板書が表示されつつ、講師のいるモニタだけが動画で、リアルタイムで講義が伝えられる。

2、2 受講者の質問

板書と同様、遠隔視覚対話システムを用いて一般の教室におけるのと同様な講義を行なう場合問題になるのが、受講者の状態把握である。受講者の全体を撮影するカメラと講師側で撮影位置、撮影範囲の制御できるカメラを用意し、受講者の状態把握を行う(末武 1980、1982)。吉野ら(吉野 1998)のシステムでは、これらを切り替えて使用する。しかし、受講者が質問する場合、手を上げて講師が教室の全体像をそのとき見ているとは限らないので、レスポンスアナライザの併用も検討されている(丹羽 1998)。

また、講師側がカメラの操作をする代りに、質問者用の特別な場所を用意しておき、質問のある受講者がその場所に移動して質問に応じるシステムもある(清水 1986)。

2、3 受講者と講師との共同作業

多人数の講義ではあまり行われませんが、通常の教室では、これ以外にも、受講者と講師との共同作業がある。例えば、受講者が壇上に移動して板書したり、講師の提示した資料に手を加えるなどして意見を述べたりする場面である。しかし遠隔講義で、このような場面に関してはあまり考慮されていない。逆に、小人数講義やゼミ等では、共同作業の占める割合が大きくなるとも言える。

そこで本章では、受講者と講師との共同作業を行える遠隔講義形式の応用を視野にいれ、超鏡による遠隔講義の実験を行った。

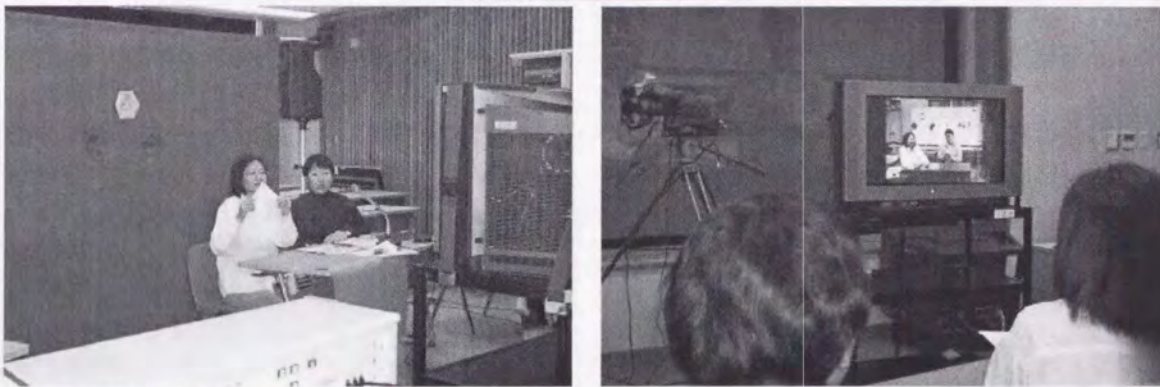
3、実験

協調型の教育では、問題の場に対して講師、受講者ともに容易に働きかけができることが重要である。そして、その働きかけが双方に即時に理解され、双方の次の行動に影響を与えることが重要である。その為には、「働きかけをした作業者の行為が参加者全員にわかること」だけでなく、「働きかけている瞬間に、その行為に他の参加者が注目していることが、行為者にわかること」、さらに「行為者が注目されていると理解していることが、他の参加者にも理解できること」も、学習体としての一体感を保つ意味で重要である(山崎 1998)。従って、何らかの問題の場に対する働きかけは、行為者だけの行為ではなく、講師を含めた協調型の学習者全員の行為であるという認識が重要になってくる。

実空間における行為であれば、行為者の顔の向き・視線、参加者の身体配置、身体の向きなどにより、これらの要件を参加者達が満たしているかどうかの判断ができる。自己像を表示する遠隔視覚対話「超鏡」では、画面上に表示された事物であれば、それが受講者側にあっても、講師側にあっても指差しすることができる。また両方に分散しているものを組み合わせて合体させた映像として利用することもできる。超鏡において、簡単な協調型の学習を行い、これらの要件について検討する。

3、1 環境

実験は遠隔2地点(大阪-富山)を広帯域専用回線で接続した環境で行った。回線容量は、25Mbpsである。画像合成は、クロマキー合成法である(図1)。超鏡ではお互いに自己像は鏡像で表示されるが、双方の映像をそのまま合成した場合には、講師側の板書が受講者側で読めないという不都合が生じる。そこで、大阪側ではカメラの前に鏡を配置し、この鏡越しに撮影した。これにより、左右反転した大阪側の映像と、正像の富山側の映像が合成されることになる。その合成映像をそのまま表示すると、大阪側では、鏡像の自己像と正像の相手側(富山側)の映像が表示され、富山側の地図や板書を正しく読むことができる。



大阪側の撮影範囲(左)、カメラとモニタ(右)の配置。

白い服の女性(大阪側)と青い服の男性(富山側)が対話している。黒い服の女性(写真左の右と写真右の左に頭の写っている)は、実験助手。



合成された超鏡映像。人物の後ろに映っている白板(富山)の上に、大阪側の作品の折り紙が張ってある。

図1 実験状況

一方、富山側では、送られてきた合成映像をプロジェクタで左右反転してスクリーンに表示することにより、自己像は鏡像、大阪側は正像の映像を得ることができる。なお、この場合、スクリーン上には自己像が鏡像のため地図や板書も左右反転された形で表示される。今までの対話実験では、地図や文字が左右反転する不都合より、自己像が鏡像であることによる動きやすさの方が重要であるという結果を得ているが、今回は講師側の正像表示、鏡像表示条件の2条件で実験を行う。

ビデオ信号はNTSCである。クロマキー合成をするために、一方の地点(大阪側)の壁1面をブルーバックにした。当初、各地点でそれぞれ画像合成することにより、自己像表示の時間遅れを軽減することを計画したが、画像合成装置の仕様の不一致により、合成映像に差異が認められたため、合成は大阪側だけで行う事とした。つまり富山側は、富山で撮影した映像が一旦大阪に送られ、そこで大阪側の映像と合成され、再度富山に送信され、スクリーンに投影されることになった。この為、自己像の動きにかなり時間遅れが生じ、その値は実測では0.5秒であった。従って大阪側には、ビデオカメラ、スピーカ、床上100cmの38インチのCRTモニタ、クロマキー合成装置を設置し、富山側には、ビデオカメラ、スピーカ、液晶プロジェクタ、床上70cm、高さ90cm横120cmのスクリ

ーンの設置となった。

双方が立って学習する状況を想定し、カメラから3m離れた位置で横3mの範囲が撮影範囲になるように調整した。

富山を講師側とし、教材である富山の地図を張った板書用のホワイトボードを用意した。大阪側では、富山のホワイトボードにマークできるように、マグネットのついたマーカー8つを用意した。そして、ホワイトボードを富山側と画面上で同じ位置になるように置き、その前にブルーバックのカーテンを配置した。

3、2 被験者

実験は講師1、受講者1の2名1組。講師側は20才代2名、30才代1名、計3名。受講者側は20才代2名、30才代2名、40才代1名の計5名。総計8名(内女性3名)で行なった。講師側の3名は正像と鏡像の2実験を行った。受講者側は1名だけ2実験に参加し、残り4名は1実験だけに参加した。

3、3 講義内容

先ず講師が富山県全般の気候や地形等の特徴を説明をし、県庁所在地等、数地点を地図上で指し示し、それらの地名を板書する。説明終了後、講師は板書した中から任意の地名を指定し、受講者にその地名に当たる位置を地図上で指し示すように教示する。講師は、受講者の差し示した地点が正解であるかを調べ、もし誤りであったなら、正解の位置に受講者の回答を誘導する。

3、4 手順

講義に先立ち、自己像の表示される遠隔視覚対話環境に双方が慣れるために、自由に対話を楽しむ時間を設けた。実験条件は富山(講師)側が正像表示、鏡像表示の2条件あるので、2名が鏡像-正像条件の順序で、1名が正像-鏡像条件の順序で実験した。説明する地点など講義内容の若干の変更は許したが、基本的に同じ講義内容を2種類の条件下で遠隔講義を行った。

実験の様子を記録として、超鏡合成画像をビデオテープに録画した。実験終了後、各被験者に実験の感想を自由に述べてもらった。



図2、受講者(男性)が講師(女性)の説明に注意を払っていることを、講師が確認している様子

4、結果

一つの課題は2分程度であった。時間遅れはあるものの、講師からの説明に対し、受講者が説明事物に注意を払っているかどうかを講師がモニタリングしながらの講義進行が確認された(図2)。



図3、受講者の質問(左)に対し、講師が応答している(右)様子。



図4、講師(女性)が受講者側の事物を指示し、受講者がその事物を確認している様子。



図5、受講者(画面中央の男性)の回答に講師が修正を加えている様子。

講師の説明中の受講者の質問に対し、即座に講師が応答するという、同期型講義ならではの場面も観察された(図3)。これは、講師が受講者に対し質問の時間を設けたのではなく、講師の説明の切れ目を受講者が感知し、受講者から自主的に発せられた質問である。

普通の教室で行われるように、受講者がホワイトボードのところに来て、講師が指定した事物を使って作業を行うことが、遠隔視覚対話で可能なことが確認された。図4では、富山にいる講師が、大阪にいる受講者の周囲にある事物を特定する場面である。受講者は、講師の指示した事物を指差し、講師に確認を取っている。

受講者が講師の指定した地名にポインタを置いたところで、受講者の回答の修正を言葉で行った講師の場合、「もう少し上の方」「もう少し左側、左右が反対になるので、そちらでは右側です」「いや反対です」「もう少し離れます」という表現があり、かなり混乱していた(鏡像条件)。しかし、同じ講師が直後に行った正像条件では、地図を指差しながら「そうですね、もう少し上のこの辺りです」の1回だけの発話で、受講者の回答の修正を行っていた(図5)。

実験終了後の感想に、講師側から次のような感想があった。

- ・鏡映像では、自分の書いた板書が裏返して読めない、地図を見ても今教えている地図とすぐには結びつかない。受講者が指し示した場所が、正解であるかを判断するのが難しかった。
- ・正像表示であれば、字も書いているとおりに表示され、地図も場所を指し示すことがすごく安心してできる。物の指示も、地図が正しく表示されていると、地図の延長で何処にあるかがすぐ分かるので指しやすかった。
- ・地図を見るときは正像が楽だが、大阪側の物を指差すときは鏡像が楽だった。

5、考察

これまでの対話実験では、自己像が鏡像の場合、画面を見たときの恥ずかしさが少なく(南部 2000)、思ったとおりに手足が動かせるという結果であった(森川 1997)が、板書を伴う地図の講義では正像表示が好まれる結果であった。

講師側の被験者3名に正像と鏡像の好みを聞いたところ、2名が正像の方に高い評価を与え、1名はどちらも長所短所があってどちらにも決め兼ねるとの評価であった。正像に高い評価を与えた講師役の被験者の一人は、板書するとき、鏡像条件ではホワイトボードを見ながら板書していたが、正像条件では画面を見ながらの板書を行っていた(図6)。これは、次のように解釈できる。

実空間の教室でホワイトボードを見ずに板書することがある。その場合、書いている手を見なくても、どのような文字がホワイトボード上に書かれているかは、書字行為の運動記憶により制御される。十分訓練した講師であれば、文字を書いている自分の手を見るよりも、その間、受講者を見て、受講者が講師に注目していることを確認するほうが教育上望ましいと考えて行動している。



図6、板書の様子。講師側が鏡の場合、板書中はホワイトボードを見ながら書くが、正像表示の場合は、画面を見ながら書くことがある。

遠隔教育であっても、受講者の様子はスクリーンを見ることによりモニタリングできる。しかし、講師側が鏡像表示条件のとき、画面上には講師が書こうとしているはずの字形の裏返しの映像がスクリーン上に表示される。そのため、受講者の反応をモニタリングするつもりで講師が画面を見ても、そこには裏返しの字を書いている自己像が目に入ってしまう、板書行動を妨害してしまう。その結果、スクリーンを見ずに板書することになる。

一方、正像表示の場合、書こうとしている字が正しく表示されるので、板書行動は妨害されず、画面上に映し出されている受講者の様子をモニタリングすることが可能になる。

もちろん、場を重ねることにより、逆像の書字行動を見ても、板書行動への影響が軽減することは十分考えられる。しかしこの現象が、超鏡対話に始めて接した利用者の、利用直後の反応であることを考えると、超鏡利用一般に対し考慮すべき点と言える。

6、おわりに

本章では、同期型の遠隔講義形式に自己像を表示する遠隔視覚対話システム「超鏡」の利用について検討した。

実験の結果、実空間の教室での講義と同様に、講師・受講者双方が相互の状態をモニタリングしながらの講義進行が可能であることが確認された。また、遠隔講義でありながら、双方の事物を組み合わせた作業（今回は地図へのマーカーの貼り付け）の可能性が示せた。講師側の表示に関しては、鏡像だけでなく、場合によっては正像表示が好まれることがわかり、実用化に向けては、画面の正像・鏡像の切り替え機能の装備が必要なことが示された。

本章の参考文献

Abowd, G.D., Atkeson, C.G., Feinstein, A., Hooper, R. S., Sawhney, N., Tani, M. 1996 "Teaching and Learning as Multimedia Authoring: The Classroom 2000 Project" Proceedings of ACM Multimedia'96, ACM, 187-198

Abowd, G.D., Atkeson, C.G., Brotherton, J., Enqvist, T., Gulley, P., LeMon, J. 1998 "Investigating the Capture, Integration and Access Problem of Ubiquitous Computing in an Educational Setting" Proceedings of CHI '98, 440-447

Abowd, G.D. 1999 "Classroom 2000: An experiment with the instrumentation of a living educational environment" IBM Systems Journal, 38-4, 508-530

Ginsberg, A., Hodge, P., Lindstrom, T., Sampieri, B., Shiau, D. 1998 "The Little Web Schoolhouse: Using Virtual Rooms to Create a Multimedia Distance Learning Environment" Proceedings of ACM Multimedia'98, ACM, 89-98

片山薫, 香川修見, 神谷康宏, 対馬秀樹, 吉広卓哉, 上林弥彦 1998 「遠隔教育のための柔軟な講義検索手法」情報処理学会論文誌, 39-10, 2837-2845

前田香織, 相原玲二, 川本佳代, 寺内睦博, 河野英太郎, 西村浩二 1997 「遠隔講義のためのマルチメディア通信環境」電子情報通信学会論文誌, J80-B-I, 6, 348-354

森川治, 前迫孝憲 1997 「「超鏡」: 自己像を表示するビデオ対話方式」情報処理学会ヒューマンインタフェース研究会資料 HI72-5, 25-30

南部美砂子, 原田悦子, 河野明子, 森川治 2000 「ビデオ対話システムにおける身体-視覚空間の共

- 有 - HyperMirror システムにおける視覚チャンネル利用と主観的評価」日本認知科学会第 17 回大会論文集、82-83
- 丹羽次郎、菊地孝浩、前迫孝憲 1998 「遠隔授業におけるレスポンスアナライザ」日本教育工学会第 14 回大会講演論文集、171-172
- 清水康敬、末武国弘 1984 「大学における遠隔講義の試み」日本教育工学雑誌 8-3, 21-27
- 清水康敬、前迫孝憲 1986 「キャンパス間を結ぶテレビ講義の評価」電子通信学会論文誌 J69-A,10, 1181-1188
- 清水康敬 1988 「遠隔テレビ講義」テレビジョン学会誌 42 [5], 426-429
- 末武国弘、清水康敬、園屋高志、厚谷厚一 1980 「テレビジョンによる遠隔講義」電子通信学会誌 63-3, 233-240
- 末武国弘、清水康敬、坂口千明 1982 「静止画伝送装置と手書き電送装置を併用した電話回線利用の授業情報伝達システム」テレビジョン学会誌 36-5, 447-450
- 竹本宜弘、田村武志、高田伸彦 1995 「分散型教育における講師操作環境とその検証」情報処理学会論文誌、36-9, 2215-2227
- 田村武志、小島篤博、畠中宏、佐藤文博 1997 「コミュニケーションを重視した遠隔教育システムの構築」電子情報通信学会技術報告、ET97-25, 77-83
- 若原俊彦、由比藤光弘、恒川健司、水澤純一、池田克夫、美濃導彦、藤川賢治 1996 「ATM ネットワークを用いた遠隔講義システム構成法の検討」電子情報通信学会技術報告、OFS96-31, 31-36
- 山崎敬一、三樹弘之、山崎晶子、鈴木栄幸、加藤浩、葛岡英明 1998 「指示・道具・相互性——遠隔共同作業システムの設計とそのシステムを用いた人々の共同作業の分析」認知科学、5-1, 51-63
- 吉野孝、井上讓、由井蘭隆也、宗森純、伊藤士郎、長澤庸二 1998 「インターネットを介したパーソナルコンピュータによる遠隔授業支援システムの開発と適用」情報処理学会論文誌、39-10, 2788-2801

まとめ

本論文では、遠隔対話環境における人間の特性を、新しい対話環境（対話システム）を開発しながら分析すると共に、遠隔教育への応用を検討した。

本研究は、ビデオ対話時にどの程度の精度で対話相手の視線を認識できるのかといった素朴な疑問から出発した。計測結果は、先行研究（Gibson 1963）（Anstis 1969）（真覚 1992, 1993）の結果を肯定する内容であったが、高得点者の内観報告に興味深いものがあった。それは、「自分の横に対話をしている自分が別において、その分身とビデオ映像の話し手が対話をしている気がする。だから、自分を見られているか、という質問に、どちらの自分に対する視線で答えてよいのか迷ってしまった」というものである。

この内観報告を基に、高得点者のデータに注目して視線認知特性を再評価したところ、遠隔視覚対話の話し手の経験を積むことにより、認識率が向上することがわかった。高得点者は、全年齢層、初対面でも顔見知り共に分布しており、認識率向上の内訳は、分身を作り出すという処理方略を獲得したことを内観報告は示唆した。

人間には、個体差はあるものの、環境の特性を知覚し、理解し、その環境に適した行動を創造する能力に長けている。混沌とした情報の意味を理解する能力、与えられた情報のレベル以上を理解できる能力、道理にあった筋の通った解釈を生み出す能力を持っている。ビデオ映像の表示方法を工夫することにより、実験時の高得点ではなかった多くの人々も、ビデオ対話に適応した視線認知方略、あるいはビデオ対話に適応した対話方略を創作する可能性がある。実際、電話では音しか伝わらないということを人間は理解し、電話に適した対話を行うことができる。

人間に適応行動、すなわち新しい処理方略の創作活動を起こさせる為には、その環境が従来環境とは異なる事を人間に認識させ、従来行動による不都合に気付かせる事が重要と考えた。そこで、高得点者が分身を作り出した事にヒントを得て、ビデオ対話の映像に自己像を追加表示する事を考えた。自己像を追加することにより、対面対話とは異なる事を明示的に表現すること、さらに、自己像を見るという行為から、鏡を見る時の処理方略が参照されることが期待された。実験では、画面上の対話相手の存在感を主観評価するもので、自己像を鏡像表示し、握手などの画面上での相互作用を行うことにより、対話相手の存在感が向上した。その評価値は、既知の存在位置（遠隔地）の評価を上回るものであった。

この実験により、この自己像追加表示の対話環境での人間の行動にも興味の対象が拡大した。そこで、自己像表示を基本とする新しい対話環境を「超鏡システム」として確立させた。自己像追加の影響観察の実験では、光学的画像合成のため、被験者の表示位置が固定され、背景も黒という制約があった。そこで、周辺事物の対話への利用形態の観察を想定して、電子的な合成方法の超鏡対話システムの製作を行った。

この超鏡対話環境では、対面対話における視線の役割の多くが、身体表現で代用されることが観察された。また、画面上での対話者の配置が話しやすさに影響を与えることが観察された。

一般に人間は、自己の行為が相手に正しく伝わることを望んで行動する。また、正しく伝わるように時には誇張した行動も取る。超鏡対話において、対話相手を同定する場面で、対話相手に視線を送っても、超鏡画面を見ることにより、自分の表現（視線）が正しく相手に伝わらないことを察知する。するとごく自然に、誇張して身体を向けて、正しく伝えるよう行動する。結果として、視線の不備に身体表現で代用した行動が観察されたと言える。

一方、聞き手の立場では、話を興味を持って聞いていることを表現する手法として、うなずいたり、相づちを打ったり、話し手に視線を送ったりする。超鏡画面を見ると、うなずき等の同期行為は正しく相手に伝わっていることを確認するが、視線は正しく伝わっていないことを察知する。この時、画面上で自己像が聞き手の方を向いている場合には問題にならないが、相手とは反対側を見たような映像になっている場合に、居心地の悪さを感じる。

なぜなら、うなずいて、結果的に話し手に自分が聞いていることが伝わったとしても、画面上で見ると、自己像が話し手の方を向いていない映像は、話を聞いていることを表現している自己像とは

言えない。画面上で相手の方を向いて話している映像となるように行動したいが、そのような映像(画面ではなく、実際には誰も居ない場所を見る)では、今度は画面を見るができない。その点が不満となり、居心地の悪さを引き起こす。この様な状況で、積極的にうなずいたり、相づちを打ったりして、対話に参加していることを誇張して表現することにより、視線の不備を代用する事例も観察された。

この他にも、遠隔視覚対話であるにもかかわらず、対話相手の空間の事物の指示行為も超鏡対話に利用される事が観察された。また、同じ映像を共有するということから、遠隔視覚対話における不安の一つである撮影されていることに対する嫌悪感の低減も心理実験により得られた(南部 2000)。

Bellcore 社の Fish らは、インフォーマルコミュニケーションの重要性に注目し、大型のスクリーンに遠隔地の様子を等身大で表示することにより、偶発的な対話の支援を実現しようとしたシステム VideoWindow を作成した(Fish 1990)。しかし利用してみると、実空間の場合に比べて40%程度しか会話が成立しなかった(Fish 1992)。この結果は、システムが提供する視聴覚情報は、実空間とに大きな差があり、対話開始には不十分であること、あるいは、視聴覚以外の情報を我々は対話開始に利用していることを示唆している。例えば対話における視線に限定してみても、対話中であれば、ビデオ画像からは正確な視線方向が読み取れなくても、話の内容や経緯、その他の情報により、対話に支障がでないのかも知れない。しかし、対話開始のために視線情報を利用するとすると、周囲に該当者がいないなどの条件がそろわないと、ビデオ画像の視線から自己への視線を知覚することは困難であると言える。このように、対話時に人間が対話相手や対話環境から受け取る情報は、対話内容や対話の状態(対話をこれから開始しようとしているのか、話し手と聞き手が確定され話し手が対話の主導権を持って話している最中なのか、また話者交替の真っ最中かなのか等)により変化しつづけている。Fish らの VideoWindow は、人間の対話時の情報処理特性のこの様な複雑さを示唆したといえる。

本研究も、新しい対話環境(対話システム)を開発し、その新しい環境での利用者の行動観察を通して、人間特性を論じるという点で、パロアルトとポートランド間でのゼロックスの研究事例(Tang 1990,1991)(Heath 1991,1997)(Harrison 1997)(Sellen 1997)(Bellotti 1997)、カナダの OTP プロジェクト(Sellen 1992)(Moore 1997)(Buxton 1997a,1997b)、Bellcore 社の VideoWindow の研究事例に通じるものがある。しかし、実験規模では彼らに及ぶものではない。教育への応用も視野に入れた、利用実験を通して、更なる人間特性の解明とシステムの改良を行って行きたい。

本章の参考文献

- Anstis, S.M., Mayhew, J.W., Morley, T. 1969 "The perception of where a face or television 'portrait' is looking" *American J. Psychology*, 82, 474-489
- Bellotti, V., Dourish, P. 1997 "Rand and RAVE: Experimental and Experiential Accounts of Media Space" *'Video-Mediated Communication'*, Lawrence Erlbaum Associates, 245-272
- Buxton, W. 1997a "Living in Augmented Reality: Ubiquitous Media and Reactive Environments", *'Video-Mediated Communication'*, Lawrence Erlbaum Associates, 363-384
- Buxton, W., Sellen, A., Sheasby, M. 1997b "Interfaces for Multiparty Videoconferences", *'Video-Mediated Communication'*, Lawrence Erlbaum Associates, 385-400
- Fish, R., Kraut, R., Chalfonte, B. 1990 "The VideoWindow System in Informal Communications" *Proc. CSCW'90*, 1-11
- Fish, R., Kraut, R., & Root, W. 1992 "Evaluating Video as Technology for Informal Communication" *CHI'92 Conference Proceedings, ACM*, 37-48

- Gibson, J.J. Pick A.D. 1963 "Perception of another person's looking behavior" American J. Psychology, 76, 386-394
- Harrison, S., Bly, S., Anderson, S. & Minneman, S. 1997 "The Media Space", Finn, Sellen & Wilbur 'Video-Mediated Communication', Lawrence Erlbaum Associates, 273-300
- Heath, C. & Luff, P., 1991 "Disembodied Conduct: Communication through video in a multi-media environment", Proc. CHI'91, 99-103
- Heath, C. & Sellen, A. 1997 "Reconfiguring Media Space: Supporting Collaborative Work", 'Video-Mediated Communication', Lawrence Erlbaum Associates, 323-347
- 真覚健 1992 「視線方向判断における顔向きの影響」1992年度心理学会論文集、706
- 真覚健 1993 「視線方向判断における顔向きの影響(2)」1993年度心理学会論文集、780
- Moore, G. 1997 "Sharing Faces, Places, and Spaces: The Ontario Telepresence Project Field Studies", 'Video-Mediated Communication', Lawrence Erlbaum Associates, 301-321
- 南部美砂子、原田悦子、河野明子、森川治 2000 「ビデオ対話システムにおける身体 - 視覚空間の共有 - HyperMirror システムにおける視覚チャンネル利用と主観的評価 - 」日本認知科学会第17回大会論文集、82-83
- Sellen, A. 1992 "Speech patterns in video-mediated conversations" Proc. CHI'92, 49-59
- Sellen, A. 1997 "Assessing Video-Mediated Conduct: A Discussion of Different Analytic Approaches", 'Video-Mediated Communication', Lawrence Erlbaum Associates, 95-106
- Tang, J. & Minneman, S., 1990 "VideoDraw: A Video Interface for Collaborative Drawing", Proc. CHI'90, 313-320
- Tang, J. & Minneman, S., 1991 "VideoWhiteBoard Video Shadow to Support Remote Collaboration," Proc. CHI'91, 315-322

謝辞

本研究は多くの方々の御援助・御協力のもとに行うことができました。

特に、初期段階から実験に御協力下さり、貴重なコメントや本論文執筆のきっかけを与えて下さった大阪大学 前迫孝憲教授に深く感謝いたします。また、本論文を執筆するに当たり、有益な御教示・御助言を下された大阪大学 中島義明教授、さらに第7章の実験にも御協力下さった大阪大学 菅井勝雄教授に深謝申し上げます。

第4章の利用観察においては、初期の光学合成方式における対話実験で、自ら被験者として貴重な内観報告をして下さり、長期にわたり色々とお助言して下さいました中京大学 木村泉教授に感謝致します。クロマキー合成方式においては、多岐にわたる貴重な内観報告やコメントを下された、中央大学 加藤俊一教授および同研究室の皆様、法政大学 原田悦子教授および同研究室の皆様、筑波大学 葛岡英明助教授および同研究室の皆様、筑波大学 福井幸男教授および同研究室の皆様、黒須正明さん（静岡大学教授）を代表とする研究グループ Crossfire のメンバーの方々に深くお礼を申し上げます。さらに、超鏡対話に興味を持たれ、電子メールにより活発な議論をして下さった安部美緒子さん（ソニー）に感謝致します。

第4章、第5章の実験に関しては、生命工学工業技術研究所一般公開（1997年および1998年）の場を利用して行いましたが、このような機会を与えてくださった研究所の皆様感謝致します。

第7章の実験に際し、大阪大学 前迫孝憲教授、西端律子助手、富山大学 黒田卓講師および両研究室の皆様のご多大なる御協力に深くお礼を申し上げます。

始終適切な御助言と御協力下さった生命工学工業技術研究所 人間環境システム部 福井幸男主任研究官（筑波大学教授併任）、山下樹里主任研究官、佐藤滋主任研究官の各氏に感謝を捧げます。

また生命工学工業技術研究所 京才好子臨時研究補助員には、本研究において、実験準備から実験助手、データ集計、ビデオ解析、論文校正等多種多様な御協力を頂き、感謝の言葉もありません。

