

柔らかい呼びかけをサポートする超鏡-III

森川 治、山下樹里、福井幸男、佐藤 滋

生命工学工業技術研究所 {morikawa,juli,fukui,sato}@nibh.go.jp

概要 実空間での対話時には、相手の発話や表情だけでなく、相手との距離、各人と事物の相対位置関係、微妙な空気の動きなどを感じながら対話を進めている。そこには対話開始のきっかけとなる情報（それを「柔らかい呼びかけ」と呼ぼう）が含まれている。本報告では、実空間において足音を聞く事のように、仮想空間での変化を画面を見ずに、利用者に通知する機能の追加を提案する。仮想空間は、利用者全員が同室にいるような映像を使うビデオ対話システム「超鏡」を用いる。これにより、常に画面に注意を払い続ける事なしに、超鏡対話の継続が可能になる。

HyperMirror-III that supports a soft initiation

Osamu Morikawa, Juli Yamashita, Yukio Fukui, Sigeru Sato
National Institute of Bioscience and Human-Technology,

ABSTRACT: In real space, distance between individuals, relative positions of items, and other factors are all useful to a conversation. They contain a kind of information (we call it soft initiation of conversation) which makes a chance of the conversation. In this report we discussed adding a new sensor which allows the user to perceive changes in virtual space like footsteps in real space. The virtual space uses a video conversation system "HyperMirror" which uses the reflection that all users are in a same room. The users can easily ignore the signal similar to footsteps. It will be possible for them to have the HyperMirror conversation without paying attention to the screen constantly.

1、はじめに

我々が実空間で同室にいる場合、同室者の状態は、特に意識することなしに把握できる。これらは、周辺情報として知覚される。職場において、相手がキーボードを叩く手を休めた時とか、椅子から立ち上がるタイミングを見計らって、会釈したり、一言声をかけて労をねぎらったり、いわゆる無駄口を言い合って職場の雰囲気リラックスさせることがある[1]。また、そのような機会を活用して、議論を交わすこともよくある。周辺情報は知覚はできるが無視しても構わない呼びかけ「柔らかい呼びかけ」である。無駄口の口火を切った人は、この周辺情報の柔らかい呼びかけに応答したと解釈できる。柔らかい呼びかけとは、相手に呼びかけても良いと思わせる情報提供である。

従来のビデオ対話システムでは、情報交換をする、議論をする、共同作業をするといった目的での対話は可能であるが、これらは実空間における

対話の極く一部でしかない。つまり、対話するという明確な目的があって従来のビデオ対話システムは使用されることが暗黙に仮定されている。当然、その前提条件を満たさないような対話には適さない。

前述の通り、実空間における対話の多くは、仕事の合間に交わすような何気ない会話であり、本研究ではそれが対話において重要な意味を担っていると考える。本報告では、実空間の同室での会話開始のきっかけと同質の新機構を、超鏡システムに追加することについて述べる。

2、同室感

同室にいる仲間は、同じ環境・同じ情報に触れる。同室で起こった出来事に対して、共通の体験をする。お互いの存在を知覚し、お互いの行動を相互に意識し合う。お互いの状態が自動的に伝わるため、相手の都合を考慮した行動が促進され、



図1、超鏡システムの利用例

そこに社会性が発現する。

「コミュニケーションを成立させるためのコミュニケーション」をメタコミュニケーションと言う[2]が、非言語メッセージは、対話中のメタコミュニケーションにおいて、重要な役割を担っていると言われている[3]。さらに、非言語メッセージは対話開始のメタコミュニケーションにも重要な役割を担っている。

すなわち、同室感が得られるような仮想空間の創造には、メタコミュニケーションに利用できる情報の伝達が必要と言える。しかし多くの対話システムは、対話中のメタコミュニケーションには考慮されているが、対話開始に関するメタコミュニケーションはあまり考慮されていない。

同室者の存在を意識しながら、お互いの行動を微調整し、双方にとって快適な空間を作り出していく。これが、同室感の魅力の一要素と考える。

3、超鏡システム

超鏡システムは対面対話を模倣しない、しかし同室感が得られる、新しいタイプのビデオ対話システムである[4][5][6][7]。全員が同室に居るような映像（これを超鏡映像と呼ぶ）を使って対話をする。全員が1つの超鏡映像を見て対話する。すなわち、自分の見ている映像と全く同じ映像を



図2、自己の視点(What I See) (左)と相手の視点(What You See) (右)での対話例

他の対話者も見ていることになる。これをWISIWYS(What I See Is What You See)と呼ぶ。同じ映像を見るという物理的な性質だけからすると、WYSIWIS(What You See Is What I See)と呼んでも間違いではないが、我々はあえて前者の呼び方をする。なぜなら、超鏡対話の場合、自分にとってどのように見えるのか (What I See)が重要であるからである。実空間におけるように、相手の視点 (What You See)を考慮して対話する必要がない(図2)。

WISIWYS を満たし、かつ、対話相手の表情等が伝わる為には、必然的に超鏡映像に自己像を表示する必要がある。自己像の表示には、左右を反転させ鏡のように表示する方法と、反転させない正像表示が考えられるが、実験の結果、鏡像表示が好まれた[8]。

超鏡対話では、画面上の全ての事物と自己像との相対的位置関係が生じ、対話に利用できる。例えば、超鏡画面上で、対象事物と指を重ね合わせることにより、指差しを行うこともできる。超鏡対話空間には、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、対話開始のきっかけにも利用できる。

多くの利用者が、画面上での相対的位置関係を、ごく自然に対話に有効利用している事例[9]やパーソナルスペースの存在を暗示する行動も観察されている[10]。

4、長時間利用により表面化した問題点

しかし超鏡対話を長時間、例えば20分間以上続けると、対面対話と比べて疲れる事が(多くの超鏡対話の観察により)分かってきた。これは、超鏡空間を、対話の為だけの対話空間としてではなく、実空間の一部屋(例えば会議室、娯楽室、共同作業室)と同等な「同室感の得られる仮想空間」として利用する場合の問題点でもある。

それは、超鏡対話空間が提供する対話仲間との同室感、一体感が、すべて超鏡画面を通してしか知覚できない点である。確かに画面に利用者の注意が向いている限り、対話相手の動きも実空間での動きと同様に理解でき、実空間と同様に対話に有効利用できる。しかし、画面への注意が低下

し、周辺視で超鏡画面を見る状態になると、実空間と異なり、仲間の動きを知覚する能力が極端に低下する。

同様な現象は、Heath らも報告している[11][12]。彼らの報告によれば、ビデオ経由では「明らかに聞く準備が出来ていること」や「理解したこと」のジェスチャーが伝わらない。彼らの報告はさらに、「会話開始の準備を示すジェスチャー」はたとえビデオ画面が仲間の視野に入っていたとしても、彼・彼女は、そのジェスチャーに気が付かない事が多い。そのような時、呼びかけ側の多くは、ジェスチャーを使って対話開始の合図を送ることをあきらめ、電話をかけて会話を開始すると報告している。

しかし電話で呼ぶという行為は呼びかけとしてはかなり強烈である。呼ばれた人には応答するか拒否するか自由度は確かにあるが、拒否するには大きな心理的なエネルギーが必要である。

5、柔らかな呼びかけ

実空間では、特に自分が見られている場合の視線の認識には敏感で、周辺視であっても、かなりの精度で知覚できる。誰かが手を振ったり、近

づいて行くと、実空間での仲間は、周辺視や空気の動き、影の動きといった周辺情報を知覚し、これにより容易に、その誰かに気がつく。すなわち、人間には生得的な基本的な能力として、周囲の変化（他者の動き、風の音、など）に対し、十分な察知能力を有している。察知する為に特別に訓練したり、注意を向ける必要はない。この能力のおかげで、主作業に不要な情報は、意識上に上ってくることもなく、自動的に処理される。さらに応答しなくても失礼に当たらないため、気が付きが必ずしも対話開始に対応しない「柔らかな呼びかけ」として機能する（図3）。

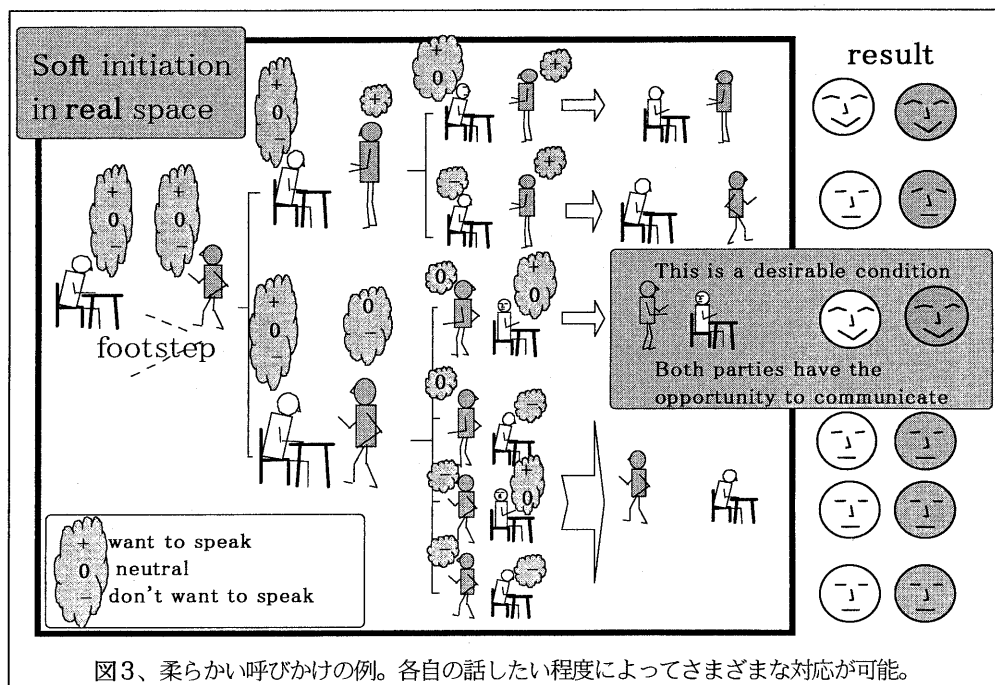
柔らかな呼びかけに利用可能な信号を仮想空間に追加する場合、次の性質を満たす事が重要である。

（1）柔らかに伝わる。積極的に情報を取得せずに、受け身の態度であっても、自然に知覚される必要がある。無意識でも認識できる。

（2）主作業の妨害にならない。意識の周辺で理解できる。

（3）柔らかに扱える。無視しても、対話相手に失礼にならない。

対話空間の変化を示す信号の送り方には、送り



手が意図的に送る方式と、文脈に依存しない、ある物理的条件が整えば、その変化に付随して送る方式とがある。前者の場合、条件（３）を満たさない恐れがある。後者の場合、信号を送る物理的条件の設定によっては、頻繁に信号が送られてしまい、条件（２）を満たさない恐れがある。

これらの条件を考慮して、超鏡画面上で身体同士が交差するときに交差した両者に触力覚刺激を与えるという、物理的条件に付随する型の信号を考えた。

6、身体交差感覚呈示の動作原理

利用者は、小型の触力覚ディスプレイを身体に装着する。システムは、超鏡画面上の人物映像を認識する。認識した人物の映像が重なったと判断した瞬間に、双方の人物の触力覚ディスプレイに信号を送る。

例えば、利用者Cが利用者AとBの後方を横切り、振り向いてBの肩をたたくとしよう（図4）。このとき、CがAと交差した時点でAとCが装着している触力覚ディスプレイに信号が送られる。さらにCがBと交差した時点では、BとCが装着している触力覚ディスプレイに信号が送られる。そしてCがBの肩をたたくとき、Bの肩にCの腕が画面上で重なる瞬間にBとC双方に信号が送られる。図では、2回肩をたたいた様子を示している。

この例で明らかなように、触力覚ディスプレイに信号が送られるのは、偶発的に身体が交差したために信号が発生する場合（前半の2回）と意図的に身体を交差した為に信号が発生する場合（後

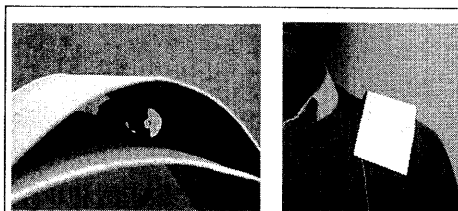
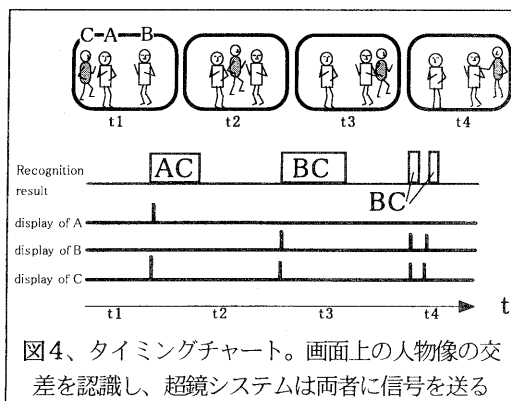


図5、実験に使用した触力覚表示器 (tapping device)

半の2回) が混在している。

7、触力覚による環境変化の呈示

対話空間での身体の交差を触力覚で知覚するというのは、現実には存在しない新しい感覚である。どこの部位に触力覚ディスプレイを装着し、どのような触力覚信号を与えるのがふさわしいかについての知見はまったく存在しない。

手始めに筆者らは、触力覚ディスプレイとして、超小型の振動子を用意した（以下、これを tapping device と呼ぶ）。この tapping device を用い、装着部位の探索の為に心理実験を行った。

7.1 ディスプレー装着部位の探索実験

超鏡画面を見ながらの触力覚刺激に対する、「身体交差と触力覚刺激の対応つけの自然さ」、「無視のし易さ」と、超鏡画面を見ないで何か作業をしている状況下における触力覚刺激に対し、「気づき易さ」「主作業への妨害度」、「画面上での身体交差であることの想起のし易さ」を主観評価により計測した。

装着部位は、8ヶ所（胸ポケット、ズボンのポケット、ネクタイ、脇の下、肩、背中、腕、上腕）を用意した。その他、装着にふさわしいと思う場所があるか尋ね、あると答えた被験者には、その部位にも装着した評価も依頼した。

手順

超鏡画面上で他人と身体が交差すると、tapping device が一定時間作動して、触力覚刺激が与えられる事を、被験者に教示する。被験者の部位に tapping device を装着する。装着部位毎に、提示強度、提示時間を調節し、利用目的に最適と感じる値を被験者を選択させる。1回の装着部位毎に、触力覚刺激と超鏡画面上での身体交差の対応を10回、体験させる。身体交差との対

応付けの自然さ、無視のし易さを7段階で主観評価させる。

文書構成作業を依頼し、その作業中に触力覚刺激を与える。作業中は画面を見ないように教示する。実験中および終了後に、気が付いた事や感じた事を自由に述べてもらう。作業中の触力覚刺激に気が付いた回数を報告させる。さらに、主作業への妨害度、作業中の触力覚刺激に気が付いた場合の身体交差の想起のしやすさを7段階に主観評価させる。

実験：

実験に使用した tapping device は超小型のモータにより作成した超小型の振動子である。1回の刺激に対応するモータの作動時間は、0.1秒、0.2秒、0.4秒、0.8秒の4レベルを用意した。呈示強度として、モータ駆動電圧を1.5Vと3.0Vの2レベルを用意した。ビデオ記録した人物の往来する映像と、被験者の映像を合成して超鏡画面を作り、実験アシスタントが画面上で被験者と人物が交差するタイミングに合わせて、tapping device に信号を送った。被験者は14名（内女性7名、20代4名、30代3名、40代3名、50代4名）である。

7.2 実験結果

実験者が想定した8ヶ所以外に4名の被験者が頭を、3名が首への装着を申し出た。しかし、これらの部位は実験に使用した tapping device では最も弱い設定を選んでも無視するには強過ぎるため不適であると全員が申告した。

結果は図6の通りである。

*呈示強度と呈示時間

いずれの部位でも、呈示強度は弱が好まれ選択された。駆動電圧3.0Vを選択したのは、ズボンのポケットの部位で2名だけであった。呈示時間でも、0.1秒がほとんどで、その他は0.2秒を選択した。0.4秒と0.8秒は調整時に体験するだけで誰も選択しなかった。

* 気付き易さ

すべての条件で、被験者自身が設定したレベルにおいて、触力覚刺激の全刺激に気が付いた。

* 無視しやすさ

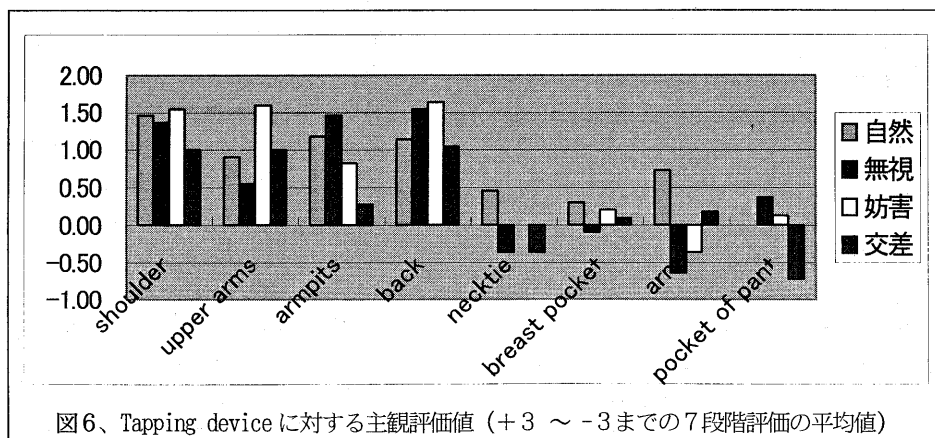
背中、脇の下、肩が好まれることが判った。内観報告により、腕はかなり敏感なので、信号を無視するのが困難になり、主作業を妨害する傾向が高いことが示された。

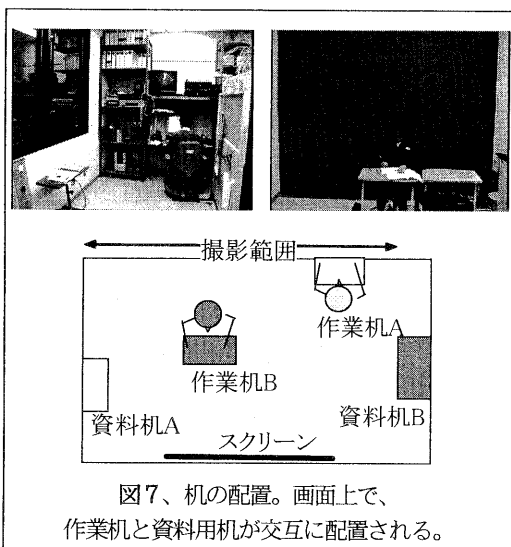
* 因果関係の自然さ

肩、脇の下、背中、上腕が良い評価である。

何人かの被験者の内観報告によれば、胸ポケット、ネクタイの各条件は、被験者の前方を対話相手が通過する条件では高い評価であったが、被験者の後方を対話相手が通過する条件では低い評価であった。逆に、背中に装着する条件は、対話相手が後方を通過する場合には高い評価で、前方を通過する場合には低い評価であった。胸ポケット、ネクタイ、背中は、身体の中心部なので、画面上で交差するという概念との関連に無理を感じるという内観報告もあった。

逆に、肩、上腕、脇の下条件では、装着した位置と交差した人物の接近方向が異なる場合に違和感を覚えるという内観報告もいくつかあった。





そのような感想を述べた被験者に、左右2組の tapping device を同じ部位に装着した追実験を行った。追実験の感想を聞いたところ、対話相手との交差方向、交差速度等が判り、好ましいという意見と、装着が面倒になるというデメリットとのバランスを考えると、接近方向と装着位置の不一致を我慢する方が良いという消極的意見の双方が得られた。

*主作業の妨害度

被験者が調整した状態の tapping device では、妨害を受けるという否定的な評価は少なかった。主作業への妨害度は、触力覚刺激の無視しやすさと想起のしやすさの双方に影響があるらしい。双方が良い評価でないと、主作業を妨害するという内観報告もいくつかあった。残念ながら、課題作業の成績は、主観評価結果を裏付ける結果になっていない。

*身体交差の想起のしやすさ

画面を見ながらの「対応つけの自然さ」が高い程、身体交差を想起しやすい傾向がある。肩、脇の下、背中の評価が高い。ある内観報告によれば、肩、上腕、背中では容易に想起できるのに対し、その他の5箇所では、毎回、震動を感じる毎に不自然さを感じた。

この実験結果は、実験に使用した tapping device に対する結果に過ぎない。呈示時間や呈示強度の最適値は、使用する tapping device の

性能に大きく影響を受ける。その他の性質、例えば触刺激を無視するし易さも、この実験結果と同じになる保証はない。しかし、柔らかい呼びかけに必要な3条件を満たす触力覚刺激が呈示可能である事を実証した点では、意味のある結果と考える。

8、身体交差感覚の対話への応用

装着部位及び刺激強度の実験結果を参考に、肩に装着する条件での小規模の利用観察を行った。

実験環境：

2 地点クロマキー版の超鏡システムを使用し、利用者は赤外線を利用した tapping device を肩に装着する。各部屋の天井付近に赤外線送信機があり、利用者毎の tapping device に信号を送る。tapping device の動作設定は、駆動電圧 1.5V、呈示時間 0.1 秒に設定する。身体交差の画面からの検出は、本来は自動化すべきであるが、別室にいる人間が行う。

手順：

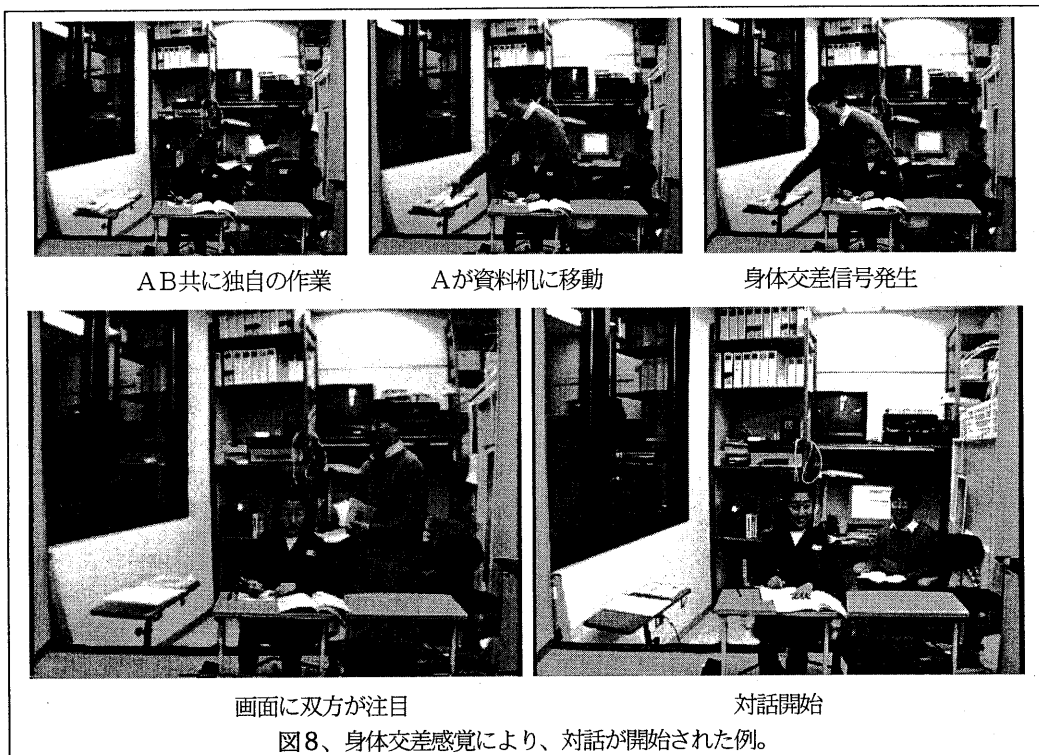
被験者には、辞書やマニュアルといった参考資料を必要とする自分のデスクワークを持参しての実験参加を求める。被験者の座った小型の作業機から離れた場所に、持参した参考資料を置く。作業機が小型な為、参考資料を2冊以上置くと狭くて作業がやり難い大きさである。作業機と参考資料用機の間に、超鏡画面上で対話相手の映像が来るように双方の機を配置する(図7)。

超鏡画面上で他人と身体が交差すると、tapping device が一定時間作動して、触力覚刺激が与えられる事を、被験者に教示し、肩に装着して振動を体験させる。続いて、触力覚刺激と超鏡画面上での身体交差の対応を10回、体験させる。

被験者には、開始の合図で、持参した自分の作業に専念するよう求める。超鏡画面上の仲間とは自由に過ごすように伝え、対話には何ら指示は与えない。実験終了後に、気が付いた事や感じた事を自由に述べてもらう。

実験

2人一組(A:10才代とB:40才代)で1時間の実験を3セッション(A-B、a-b、A-B:大文字は振動子を装着、小文字は未装着を意味する)、3人一組(C、D:10才代2名と



E：40才代1名）で1時間の実験を2セッション（Cd-E、cD-E）行った。被験者は、お互いに知り合いである。

持参したデスクワークはそれぞれ、A：数学の宿題、B：プログラミング、C：理科の宿題、D：数学の宿題、E：文書校正作業であった。

8、1 観察結果

tapping device 装着者は触力覚刺激を受けると、多くの場合、超鏡画面に目を向ける行動が観察された。もちろん、画面に目を向けずに作業を継続する行動も観察された。移動者よりも、静止者の方が画面に目を向ける傾向があった。双方が画面に目を向ける場合、対話に発展しなくても、お互いにすれ違った相手と挨拶を交わす行動も観察された。言葉を交わさず、お互いに顔を合わせて笑顔を交わす場面も見られた。これらの様子は、実空間におけるアイコンタクトが成立した場合の行動と非常に似ていた。内観報告に、対話が無くても、同室にいる安心感が感じられたというのがあった。また、身体交差直後は、移動者から声をかける方が静止者から声をかけるより、声を

かけやすいと感じるという報告もあった。

双方が未装着の条件（a-b）では、作業の合間に超鏡画面に視線を向けることは有ったが、双方が同時に超鏡画面に注意を向けていることが無く、一度も会話が無いまま1時間の実験を終了した。内観報告で双方が、超鏡画面で一緒にいるので同室で作業をしている感じはするが、声をかけるきっかけが無いまま、実験が終了したと報告した。

3名一組の条件の未装着の被験者ら（Cd-Eのd、cD-Eのc）は、超鏡画面をしばらく見て、再び自分の作業に戻る行動が何回か観察された。また、手を上げ声をかけて対話相手Eを呼ぶ行為が1回観察された。

この観察結果は、tapping device による触力覚刺激が、超鏡対話空間における柔らかい呼びかけとして機能している事を示していると、筆者は考える。

9、関連研究

Braveの InTouch[13]、FoggらのHandJive[14]は、人間同士の対話に触力覚を利用するという意

味で、本研究と関連は強い。人間同士の対話において、従来のビデオ対話システムで利用できる視聴覚情報では伝えられない何かを伝える試みは共通である。しかし、InTouch, HandJive 共に、利用者が直接的、操作的、意図的に呈示する「硬い」情報触力覚情報を対話に利用するという点に焦点が当てられているのに対し、我々のシステムは優しい情報伝送に焦点を当てている。この視点の差異は大きい。

葛岡らの Digital but Physical Surrogates [15]と石井らの ambientROOM[16]も、対話空間の変化を対話システムが提供する視聴覚以外のメディアで表示する点で、類似している。葛岡らは、対話相手の状態（テレビ電話の近くにいるか否か）という状態を、実空間の人形の向きで呈示するので、利用者は画面を見ずに、周辺視で知覚できる。存在感の表示はメディア空間の対話能力を向上させる。石井らは、遠隔地の出来事を水面の波紋と表示し、利用者は意識の周辺でこれを把握できるようになる。

これらの研究と本論文は共に、意識の周辺の情報を有効利用するという点、実世界とは異なる表現に置き換える点で共通点がある。しかし、本研究では、同一空間を共有する感覚・一体感・他者との調和を補強し、対話開始前の交渉を支援することを目指している点でこれらと異なる。

10. おわりに

今回追加した触力覚は注意喚起の機能を持つが、押し付けがましく無い。触力覚は画面上で身体を触られたり、交差した時に生成される。利用者はこの信号に常に応答する必要は無い。この信号を受容するために注意を向けておく必要は無い。もし、自分の仕事に熱中しているならば、この信号は簡単に無視できる。これにより、常に画面に注意を払い続ける事なしに、超鏡対話空間での同室感を維持できる。対話者が仲間の動きを感知するという目的には、この信号は十分機能する。

今回の実験では、tapping device はまだまだ大きく、装着にも制限が多く、しかも、身体交差事象の画像認識による機械化も未完成であり、技術的に改良すべき点が多く残っている。しかし、超鏡対話空間での交差感覚器の有用性については、

実験により確かめられたと考える。

参考文献

- [1] Birdwhistell R.L.; Kinesics and Context: Essays on Body Motion Communication, Univ. of Pennsylvania Press (1970)
- [2] 黒川, ノンバーバルインタフェース, オーム社, ヒューマンコミュニケーション工学シリーズ, 1994.
- [3] バーカス, 非言語コミュニケーション, 新潮選書, 1987.
- [4] Morikawa, O. and Maesako, T.; HyperMirror: a Video-Mediated communication system, CHI97 extended abstracts, 317-318 (1997)
- [5] 森川, 前迫: 「超鏡」: 自己像を表示するビデオ対話方式、情処 HI 研究会資料 HI72-5, 25-30 (1997)
- [6] Morikawa, O. and Maesako, T.; HyperMirror: Toward Pleasant-to-use Video Mediated Communication System, CSCW98, 149-158 (1998)
- [7] 森川治; 超鏡: 魅力あるビデオ対話方式をめざして、情処論、Vol.41-3, pp.815-822, (2000)
- [8] 森川治; 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、HIS 学会誌、Vol.1-1, 61-68, (1999)
- [9] Osamu Morikawa, Juli Yamashita, Yukio Fukui, Sigeru Sato, Pointing on HyperMirror video mediated communication, インタラクシオン 2000, pp.21-28 (2000)
- [10] 森川 治; 「超鏡対話における対話相手との距離感」 HIS98 論文集, pp.117-120 (1998)
- [11] Heath, C. and Luff, P., Disembodied Conduct: Interactional Asymmetries in Video-Mediated Communication, Technical Report EPC-1992-119, (1992)
- [12] Heath, C. and Luff, P., Media Space and Communicative Asymmetries: Preliminary Observations of Video-Mediated Interaction, Human-Computer Interaction, 7(3), pp.315-346, (1992).
- [13] Brave, S. and Dahley, A.; inTouch: A Medium for Haptic Interpersonal Communication, CHI97 Extended Abstract, pp.363-367 (1997)
- [14] Fogg, B., Culter, L., Arnold, P. and Eisbach, C.: HandJive: A device for interpersonal haptic entertainment. Proc ACM CHI98, pp.57-64, (1998)
- [15] Kuzuoka, H. and Greenberg, S.: Mediating Awareness and Communication through Digital but Physical Surrogates, CHI99 Extended Abstract, pp.190-191 (1999)
- [16] Ishii, H. et al.; ambientROOM: Integrating Ambient Media with Architectural Space (video), In Summary of CHI 98, pp.173-174, (1998)