



## メンタルモデルに基づく遠隔対話行動の説明

島田 英昭<sup>\*1</sup> 森川 治<sup>\*1</sup> 北島 宗雄<sup>\*1</sup>

### How do people use remote communication systems? A cognitive account based on users' mental models

Hideaki Shimada<sup>\*1</sup>, Osamu Morikawa<sup>\*1</sup> and Muneo Kitajima<sup>\*1</sup>

**Abstract** – This paper proposes a cognitive model that describes how users of remote-communication systems adapt their knowledge used for face-to-face communication in real space to that useful in the virtual space that remote-communication systems provide. The model represents users' knowledge hierarchically and consists of Scripts, Goals, and Actions. It assumes that, when conducting virtual communication, the users retrieve an appropriate Script, which is then expanded by the other Scripts and Goals, terminating with Actions that the users intend to carry out in virtual space. The users then map the Actions in virtual space onto those in real space using their experience and knowledge about remote systems in general. We argue that neither of the Script-Goal-Action knowledge nor the set of mappings are initially optimal to fully utilize the system's functionality, but that they are learned while using the system. We report some evidence that supports our claim using the “shake-hand” example in the HyperMirror remote-communication system. We conclude by suggesting that the model is useful not only for evaluating existing remote-communication systems but also for designing future systems in terms of ease of use from the viewpoint of knowledge necessary to use the system's full functionality.

**Keywords:** remote-communication system, mental model, HyperMirror

#### 1. はじめに

テレビ電話やビデオ会議を利用して遠隔対話を行うとき、ユーザはどのような知識を活用しているのだろうか。新しい遠隔対話環境におかれたとき、ユーザは過去の遠隔対話経験や、対面対話に関連する知識を活用して、新しい事態に対処しているはずである。

情報・通信技術の発達に伴い、遠隔対話が様々な形で実現可能となっている。その中で、情報・通信のインフラを有効に活用し、我々の生活をより快適にするためには、遠隔対話の要求事項を吟味することが不可欠となる。その際に、新しい遠隔対話システムをユーザがどのように利用し、学習・習熟していくかを解明する知識レベルの解析は一つの指針を与えることができるだろう。

本論文では、ユーザが遠隔対話環境にさらされた時に活用する知識に基づいて、ユーザの遠隔対話環境における行動を記述する方法（モデル）を提案する。そして、同じ対話環境においても活用される知識が異なると、質的に異なった対話様式が発現することを示す。ここで活用される知識は、ユーザの過去の経験や、当該遠隔対話メディアの初期導入のしかたに依存する。本論文では、開発メディアのポテンシャルを最大限に引き出すためには、本論文で提案する知識レベルのモデルに基づいた分析が極めて有効であることを、具体的な例を用いて示す。

#### 2. 遠隔コミュニケーション行動のモデル

はじめにモデルの構造、次にモデルの処理プロセスを

述べ、具体的な行動記述のための準備とする。

##### 2.1 モデルの構造

本論文の提案するモデルでは、ある遠隔対話システムにおける対話者の行動を、スクリプト—目的—行為の樹状図によって表現する。図1に、後述する握手行動についての樹状図を、例として示す。以下に、その詳細を述べる。

##### 2.1.1 2種の対話空間

遠隔対話を行う対話者は、(a)自己が現実存在している現実空間、(b)メディアによって仮想的に構築され、対話の場となる仮想空間の2種の空間を認知していると仮定する。

##### 2.1.2 行為(Action)

「右を向く」のような、行動の最小単位を行為と呼び、行動  $a$  をフレーム表現的に  $\text{Action}(\text{Isa}=a)$  と表現する。ここで、 $\text{Isa}$  は  $\text{Action}$  の slot、 $a$  は value である。行為は、現実空間と仮想空間における行為に分けられ、それぞれ  $\text{Action}(\text{Isa}=a_1, \text{Space}=\text{real})$ 、 $\text{Action}(\text{Isa}=a_2, \text{Space}=\text{virtual})$  と表現する。なお、以下では、混乱しそうな場合を除き、slot 名を省略することがある。

##### 2.1.3 行為写像とメンタルモデル

現実空間において何らかの行為を行う際には、仮想空間においても何らかの行為が起こる。これは、メディアの物理的な性質によって規定される。この対応を、

$$f(\text{Action}(a_1, \text{real})) = \text{Action}(a_2, \text{virtual})$$

あるいは

$$f^{-1}(\text{Action}(a_2, \text{virtual})) = \text{Action}(a_1, \text{real})$$

と表現する。ここで、 $f$  を現実空間から仮想空間への物理

\*1: 独立行政法人 産業技術総合研究所

\*1: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology.

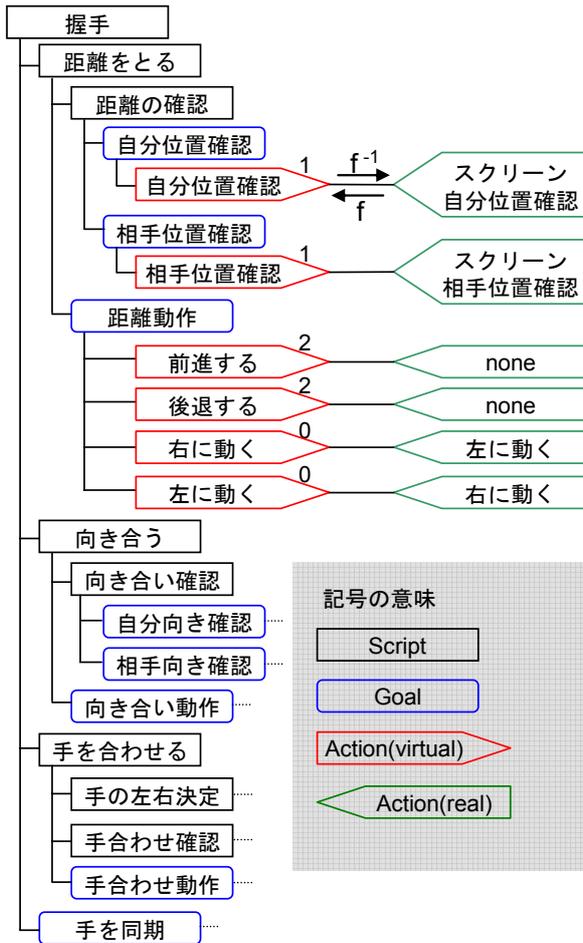


図1 握手行動の表現

Fig. 1 Representation of shake-hands behavior

的行為写像,  $f^{-1}$  を仮想空間から現実空間への物理的行為写像と呼び, 両者を区別しない場合には単純に物理的行為写像と呼ぶ. 図1では, いくつかの行為の例を示している.

物理的行為写像は, 対話に用いられるメディアによって物理的に決定されるという点は重要である. すなわち, 現実空間における行為が意図的に行われた場合でも, それに対応して生じる仮想空間における行為が対話者に認知されていないこともあるということである. なお, メディアによっては現実空間のある行為に対応する仮想空間の行為が存在しない場合, あるいはその逆の場合がある. このような場合には, 対応のない行為を  $Action(none, \{virtual | real\})$  と表現する. また, 物理的行為写像が単純な1対1対応にならない場合もある. その場合もここで導入した表記法を拡張して表現することができる.

物理的行為写像に対応して, 対話者は行為の写像に関する知識を持つ. この知識を心的行為写像と呼び,  $f$  および  $f^{-1}$  と表現する. メディアを利用し始めたとき, あるいは, メディアの特性を十分に理解していないときは, 心的行為写像は物理的行為写像と異なっている. メディアを理解するにつれて, 2者の構造は一致してくる.

本論文の言うユーザのメンタルモデルとは, ここで導

入した心的行為写像の構造を指す. 心的行為写像はユーザの過去の経験やメディアに関する知識を反映している. そのことにより, 物理的に同じメディアであっても対話者によって異なった形式の対話が行われることを説明することができる.

#### 2.1.4 目的(Goal)

行為の集合を目的と呼び, 目的で表される具体的な行動  $g$  を  $Goal(Isa=g)$  と表現する. つまり,  $Goal(g) = \{Action(a_1), \dots, Action(a_n)\}$  である. 目的  $Goal(g)$  を実行する際には,  $Goal(g)$  に含まれる行為の部分集合を選択し, 実行する. ここでは,  $Goal(g)$  に含まれるすべての行為を選択, 実行する必要はなく, その一部でもよい. どの行為を選択するかは, おかれた状況により変化する. すべての行為を選択する必要があることもあれば, 一つのみ選択すれば  $Goal(g)$  の達成に十分であることもある.

#### 2.1.5 スクリプト(Script)

目的の組み合わせによって表現される行動をスクリプトと呼び, スクリプトで表される具体的な行動  $s$  を  $Script(Isa=s)$  と表現する. さらに, スクリプトは目的のみならず, そこに含まれる下位スクリプトも持つとする. つまり, スクリプトは, 目的と下位スクリプトの集合として表現され,  $Script(s) = \{Goal(g_1), \dots, Goal(g_n), Script(s_1), \dots, Script(s_m)\}$  である. スクリプト  $Script(s)$  を実行する際には, そこに含まれる下位スクリプトあるいは目的の部分集合を選択し, 実行する. ここにおいても目的と同様に, 一部のみを選択するだけでもスクリプトが達成されることがある.

### 2.2 モデルの処理プロセス

本節では, 対話者の行動のプロセスに関する仮定を, 前節で導入した知識構造のもとに記述する.

#### 2.2.1 スクリプト・目的・行為の選択

ある行動  $s$  を起こす際に, 対話者は  $s$  に対応するスクリプト (場合によっては目的) を長期記憶に蓄えられた知識から検索する. 次に,  $Script(s)$  を実現するのに必要と考えられる下位スクリプトあるいは目的の集合を,  $Script(s)$  に含まれるものの中から選択する.  $Script(s)$  の表現には, そのスクリプトを実行したときの成功の程度に関する期待値も含まれると仮定し, 期待値  $ex$  を得ている状態を  $Script(Isa=s, Exp=ex)$  と表現する ( $Exp$  は Expectation の略). 期待値は一般的に, そのスクリプトの内容が成功か不成功か, あるいは適切か不適切かといった値をとる. 期待値は経験や先行知識に基づいて推定されるが, 本論文では知識表現に注目するので, その具体的な決定メカニズムには立ち入らない. この期待値と, 現在の状態を勘案して,  $Script(s)$  に含まれる全要素の中から適切なものを, それぞれの期待値を含めて選択する. そして, 選択した下位スクリプトあるいは目的を順次実行に移す.

選択したものがスクリプトである場合は上記に準じて処理を実行する. また, 目的  $Goal(g, Exp=ex)$  を選択した

場合は、それを実現するのに適当と考えられる行為の集合を選択、実行する。なお、行為もスクリプトや目的と同様に、期待値を含めて選択される。

遠隔対話システムにおける対話を自然に行っている状況においては、対話者は、仮想空間において生成しようと思う行為を生成するために、現実空間における行為を実行すると考えていだろう。前節で述べたように、行為の中には仮想空間におけるものと現実空間におけるものがある。このことは、対話者がある目的を達成しようとする際には、対話者はまず最初に仮想空間における行為を選択することを意味している。仮想空間の行為  $Action(a_1, virtual)$  を実行に移す段階では、心的行為写像を利用して  $Action(a_1, virtual)$  に対応する現実空間における行為  $f^{-1}(Action(a_1, virtual)) = Action(a_2, real)$  を実行する。

しかしながら、心的行為写像  $f^{-1}$  と物理的行為写像  $f^{-1}$  とが異なっている場合がある。そのような場合には、期待通りの結果が得られない可能性がある。また、 $f^{-1}(Action(a_1, virtual)) = Action(none, real)$  の場合、すなわち仮想空間で行う行為に対応する現実空間の行為がわからない状況がある。その場合には、その時点で 2.2.3 にて述べる評価について当該の行為が未達成であるとする、あるいは、当該の行為に  $Isa$  の値が一致する現実空間の行為  $Action(a_1, real)$  を選択、実行する。

### 2.2.2 行為達成の評価

具体的に行為を実行したあとは、その行為の評価を行う。行為に対する評価の評価値として  $ev$  が得られたとき、 $Exp$  を  $Eval$  と置き換え、 $Action(Isa=a, Space=virtual, Eval=ev)$  と表現する ( $Eval$  は  $Evaluation$  の略)。目的を実行する際に選択した行為がすべて期待した評価値を得られれば、その目的を達成したと判定する。

### 2.2.3 目的未達成時の処置

一方、期待された評価値を得ることができなかった場合は、次に挙げる 2 つのうちいずれかを行う。

(1) 心的行為写像の変更: 選択した  $Action(a_1, virtual)$  に対応する現実空間における行為を、仮想空間から現実空間への心的行為写像  $f^{-1}$  の修正により変更する。そして、あらためて  $f^{-1}(Action(a_1, virtual)) = Action(a_3, real)$  を実行し、評価する。

(2) 実行する行為集合の変更: 現在選択している行為の集合を満たすことをあきらめ、あらためて行為を選択しなおす。目的成立のためにもっとも期待される行為の集合ではないが、それに準じて目的が成立したとみなせるような行為の集合を選択しなおす。そして、あらたに選択された行為の集合により目的の達成を試みる。

### 2.2.4 目的とスクリプトの評価

行為の処理が完了した際には、目的の評価が行われる。目的  $Goal(g)$  に対して、評価が得られた状態を  $Goal(Isa=g, Eval=ev)$  と表現する。以下、もっとも下位にある行為の評価が定まることで目的の評価が定まり、その上位にある

スクリプトの評価も順次定まる。選択したスクリプトにおいて、期待した評価が得られなかった場合には、目的における行為集合の変更(2.2.3(2))と同様、ある程度そのスクリプトを満足するような目的あるいは下位スクリプトの集合を選択、実行し、あらためて評価する。スクリプト  $Script(s)$  に対して、評価が得られた状態を  $Script(Isa=s, Eval=ev)$  と表現する。このスクリプトの評価を用いて、さらに上位のスクリプトの評価が定まる。以上の手続きにより、最終的にもっとも上位にあるスクリプトの評価が定まることになり、処理は終了する。

## 3. ハイパーミラーにおける握手の事例

上記の知識構造による遠隔対話行動の表現の一例として、対話者がどのように握手を仮想空間で実行するかを述べる。握手は、対面対話では、運動、視覚、触覚が協調して成立する。一方、仮想空間においては、通常、それら全ての感覚を提供できない。本節では、メディアとしてハイパーミラーを想定し、そこにおける対話行動を本論文で提案しているモデルに基づいて分析する。そして、これまでに収集した行動観察データに見出されている対話行動の質的な違いが、本モデルによってよく理解できる事を示す。

### 3.1 ハイパーミラーとは

ハイパーミラーは、各地で撮影された映像を合成して全員が同じ場所にいるような映像を利用する遠隔対話システムである<sup>[1]</sup>。対話者は、対話者の正面に設置されたスクリーン上に相手画像とともに鏡映反転されて映され、お互いが同一の画像を見ながら対話を行う(図 3, 5, 7 は対話中に表示される映像)。従来のテレビ電話と比較した場合のハイパーミラーの特長は、対話者がスクリーン上の範囲を自由に動くことが可能なことである。この特長によって、対話者は、握手のような対話者同士のオーバーラップが必要な行動を擬似的に行うことができる。また、画面上で適切なパーソナルスペースを確保するといった空間を共有している場合にのみ発現する行動が起こる。

### 3.2 ハイパーミラーにおける握手行動

本節では、ハイパーミラーを介した握手行動を本論文で提案するモデルにより説明する。図 1 に握手に関する知識構造を示した。以下では、最初の  $Script$ (距離をとる)の完了までを詳しく説明する(図 2)。

#### 3.2.1 スクリプトの実行

握手を行うように動機付けられた対話者は、 $Script(Isa=握手)$  を呼び出し、期待値を得て、処理を開始する。この段階を図 2 では ' $\rightarrow Script(Isa=握手, Exp=成功)$ ' と記述している。ここで、' $\rightarrow$ ' は、当該知識単位 ( $Script, Goal$ , あるいは  $Action$ ) が現在処理中であることを示している。

次に、下位スクリプトあるいは目的といった下位要素を選択する。下位要素の選択にあたっては、上位の期待を満たすような要素の部分集合を、現在の状態を考慮し

```

1 →Script(握手, Exp=成功)
2 +Script(距離をとる, Exp=成功)
3 +Script(向き合う, Exp=成功)
4 +Script(手を合わせる, Exp=成功)
5 +Script(手を同期, Exp=成功)
6 →Script(距離をとる, Exp=成功)
7 +Script(距離の確認, Exp=適切)
8 →Script(距離の確認, Exp=適切)
9 +Goal(自分位置確認, Exp=成功)
10 +Goal(相手位置確認, Exp=成功)
11 →Goal(自分位置確認, Exp=成功)
12 +Action(自分位置確認, virtual, Exp=成功)
13 →Action(自分位置確認, virtual, Exp=成功)
14  $f^{-1}$ (Action(自分位置確認, virtual, Exp=成功))
15 =Action(スクリーン自分位置確認, real, Exp=成功)
16 Action(スクリーン自分位置確認, real, Eval=成功)
17 ←Action(自分位置確認, virtual, Eval=成功)
18 ←Goal(自分位置確認, Eval=成功)
19 →Goal(相手位置確認, Exp=成功)
20 +Action(相手位置確認, virtual, Exp=成功)
21 →Action(相手位置確認, virtual, Exp=成功)
22  $f^{-1}$ (Action(相手位置確認, virtual, Exp=成功))
23 =Action(スクリーン相手位置確認, real, Exp=成功)
24 Action(スクリーン相手位置確認, real, Eval=成功)
25 ←Action(相手位置確認, virtual, Eval=成功)
26 ←Goal(相手位置確認, Eval=成功)
27 ←Script(距離の確認, Eval=適切)
28 ←Script(距離をとる, Eval=成功)
29 →Script(向き合う, Exp=成功)

```

図2 握手のプロセス

Fig. 2 Process of shake-hands behavior.

て選択する。図2では、1:Script(Isa=握手, Exp=成功)において、図1に示した4つの下位要素が選択されたことを示している(2~5)。ここで‘+’記号は、上位の SCRIPT あるいは目的が選択した下位要素を示す。モデルは、選択した下位要素を逐次的に実行する。したがって、距離をとる、向き合う、手を合わせる、手を同期させるという順に実行する。

ここでは、最初に行われる Script(距離をとる)を詳しく見ていく。図2では、6:Script(Isa=距離をとる, Exp=成功)を成立させるための条件として、7:Script(Isa=距離の確認, Exp=適切)を選択したことを示している。図1に示したように Script(距離をとる)の下位要素には、Script(距離の確認)と Goal(距離動作)が含まれている。しかし、相手との距離を適正なものにするための動作はそれが実現できていない場合のみ実行が必要になるのであるから、距離の確認の結果を見て判断するのが適当である(経験的に知っている)。それを反映して、最初の選択では、距離の確認だけが選択されている。実際、図2の例では、27:Script(Isa=距離の確認, Eval=適切)を得ているので、Goal(距離動作)の選択はなされない。‘Eval=不適切’を得た場合には、2.2.4で述べたように再選択を行ってやり直す。Goal(距離動作)の実行がなされるケースは、具体的エピソードの節で述べる。

### 3.2.2 目的・行為の実行と評価

Script(距離をとる)に含まれる Script(距離の確認)の処

理を詳しくみていく。この SCRIPT を実行するために、2つの下位目的が選択される(9,10)。ここでは、最初の目的である Goal(自分位置確認)を、目的の実行例として見ていく(11~17)。

この目的は 9:Goal(Isa=自分位置確認, Exp=成功)として選択される。Goal(自分位置確認)は、Action(自分位置確認)を下位要素として持ち、通常は仮想空間の行為、すなわち 12:Action(自分位置確認, virtual)を選択する(11,12)。この行為は、仮想空間におけるものなので、対応する現実空間の行為を特定する必要がある。これは、 $f^{-1}$ により行われる。この場合には、 $f^{-1}$ (Action(自分位置確認, virtual))=Action(スクリーン自分位置確認, real)を用いる必要がある(14,15)。この行為が実行されることで評価が行われ、17:Action(自分位置確認, virtual, Eval=成功)を得る。

この際、確認された自分の位置は、ある座標系に基づく数値として得られる。この情報は Action(スクリーン自分位置確認, real)の処理時に取得され、バッファ上に保存されると考える。この例において重要なのは、自分がスクリーン上のどの位置にいるのかである。この位置は、たとえば‘自分の位置=(virtual, 2, 0)’といった形で保存されている。virtual の部分は仮想空間であることを意味し、2, 1 の部分はスクリーン上の2次元平面の座標位置を示す。この数値は、必要とされるときに参照され、この例では Script(距離の確認)を評価する際に用いられる。

### 3.2.3 スクリプトの評価

以上から、上位にある目的の評価が 18:Goal(Isa=自分位置確認, Eval=成功)と定まる。相手位置確認も同様に処理され 26:Goal(Isa=相手位置確認, Eval=成功)を得る。次に、Script(距離の確認)の評価が行われる。ここでは、先に述べたバッファ上にある自分と相手の位置を参照する。図2では、距離が適切であると判断され、27:Script(Isa=距離の確認, Eval=適切)を得た場合を示している。

## 3.3 いくつかの具体的エピソード

対話者がハイパーミラーを用いた対話を行っている際のビデオ分析では、上記のようにスムーズに握手が進まなかった例がみられている。その中で見られた具体的な行動をいくつか抽出し、本論文の提案するモデルにより説明する。

### 3.3.1 心的行為写像の修正

2.2.3で述べたように、モデルでは SCRIPT や目的で選択された要素に期待した評価が得られなかった際のふ



図3 左手を出す対話者(右側男性)

Fig. 3 User holding out his left hand (right man).

- 1 →Goal(手を合わせる, Exp=成功)
- 2 +Action(左手を右に動かす, virtual, Exp=成功)
- 3 →Action(左手を右に動かす, virtual, Exp=成功)
- 4  $f^{-1}$ (Action(左手を右に動かす, virtual, Exp=成功))
- 5 =Action(左手を左に動かす, real, Exp=成功)
- 6 Action(左手を左に動かす, real, Eval=成功)
- 7 ←Action(左手を右に動かす, virtual, Eval=失敗)
- 8 →Action(左手を右に動かす, virtual, Exp=成功)
- 9  $f^{-1}$ (Action(左手を右に動かす, virtual, Exp=成功))
- 10 =Action(右手を左に動かす, real, Exp=成功)
- 11 Action(左手を右に動かす, real Eval=成功)
- 12 ←Action(左手を右に動かす virtual, Eval=成功)

図4 左手を出す対話者の認知プロセス

Fig. 4 Cognitive process of user holding out left hand.

るまいの一つとして、2.2.3(1)に述べた心的行為写像の修正が起こる。これを典型的に表す事例をここで提供する。

ハイパーミラーは鏡映反転を用いているため、相手が右手を出している際には、対話者からは左手を出しているように見える。図3は、左側の人物が右側の人物に握手を求めて手を出し、それに右側の人物が応じている場面である。その際に2人の対話者が実際にスクリーン上にて見ている画面を示している。左側で手を出している人物は、実際には右手を出している。

このような鏡映反転は、 $f^{-1}$ (Action(左に動く, virtual))=Action(右に動く, real)を自然に認知させる仕掛けとなっており、スムーズな対話を支援している。その一方で、図3の右側の人物のように、右手を出すべき場面で左手を出してしまう原因にもなる。このときの認知プロセスを図4に示す。図4における4, 5の部分で示しているのは、自分が対話空間上で左手を出すことを、現実空間上でも左手を出すことが対応するとしていることである。

ビデオ分析の結果、左手を出すことで行動の失敗が明らかになると、すぐに右手を出しなおすことが多いことがわかった。これは、心的行為写像の修正が行われることを意味している。図4における8~11に、このプロセスを示す。以上の例は、本論文のモデルにおける心的行為写像の修正を典型的に表していると考えられる。

### 3.3.2 下位スクリプトの再選択

評価において期待した結果が得られなかった場合の処理には、先に述べた心的行為写像の修正の他に、目的やスクリプトについてそれぞれ2.2.3(1)および2.2.4に述べたような下位要素の再選択がある。その例をここで示す。



図5 スクリーンに近づく対話者(右側男性)  
Fig. 5 User getting toward screen (right man).

対話のビデオ分析を行ったところ、握手実行時において、はじめから距離が適切であった場合にはそのまま次の行動に移行し、距離が適切でない場合には適切な距離をとろうとする行動がみられた。これは、図2における7:Script(Isa=距離の確認, Exp=適切)を実行した結果、Script(Isa=距離の確認, Eval=不適切)のように、期待に反した結果を得ている場合であると説明できる。

この場合には、Script(距離をとる)の下位要素があらためて選択される。このときは、Script(Isa=距離確認, Eval=不適切)を前提として、Script(Isa=距離をとる, Exp=成功)を成立させる要素の組み合わせとして、{Script(Isa=距離確認, Eval=不適切), Goal(Isa=距離動作, Exp=成功)}を選択し、評価が定まっていないGoal(距離動作)を実行することになる。図1では、4つのActionが示されているが、状況に応じていくつかを選択し実行に移す。その結果、Goal(Isa=距離動作, Eval=成功)が得られた場合には、Script(Isa=距離をとる, Eval=成功)となりScript(距離をとる)は完了する。Goal(Isa=距離動作, Eval=失敗)が得られた場合には、もはやScript(Isa=距離をとる, Exp=成功)を満たすことはできない。この場合には、図1に示した「距離をとる」を除いた3要素、「向き合う」「手を合わせる」「手を同期させる」で「握手を行う」が達成できるかどうかを評価することになる。

### 3.3.3 メディアの認識に基づく行動の違い

本論文のモデル構成の目的の一つは、同じ対話環境において異なった行動を示す事例について、メディアの認識を背景要因とした情報処理プロセスを表現することである。ここでは、典型的な2つの事例を示し、本モデルによる説明を試みる。

第一の事例は、握手の際にスクリーン上の相手像に近づく行動である。多くの対話者は握手を求められると、画面上の自己像と相手像の位置関係が適切になるように行動を起こす。しかし、握手を求められた際に、画面の中にいる相手像に物理的に近づこうとする対話者もみられる(図5; 右側の人物)。スクリーンに近づく対話者は、握手が成功する場合の図2とは異なり、図6に示すプロセスを経ていると考えられる。その詳細を以下に述べる。

まず、ここに述べた対話者は、仮想空間において自分の位置を確認する行為Action(自分位置確認, virtual)に対応する現実空間の行為が存在しない、つまり $f^{-1}$ (Action(自分位置確認, virtual))=Action(none, real)と認

- 1 →Goal(自分位置確認, Exp=成功)
- 2 +Action(自分位置確認, real, Exp=成功)
- 3 →Action(自分位置確認, real, Exp=成功)
- 4 ←Action(自分位置確認, real, Eval=成功)
- 5 ←Goal(自分位置確認, Eval=成功)
- 6 . . . . .略. . . . .
- 7 ←Goal(相手位置確認, Eval=成功)
- 8 ←Script(距離の確認, Eval=不適切)

図6 スクリーンに近づく対話者の認知プロセス  
Fig. 6 Cognitive process of user getting toward screen

識していると考えられる。図2に示した対話者とは、スクリーン上の自己像を利用するという心的行為写像を持つかどうかという点で異なる。この対話者の場合には、従来のテレビ電話に自己像が存在しないことと同様、対話者に画面上の自己像を利用する認識がなく、したがって仮想空間の自己像の位置を特定できない、それでもなお、Goal(自分位置確認)を実行するために、Action(自分位置確認, virtual)に類似する現実空間における行為Action(自分位置確認, real)を選択、実行してしまう(1~5)。このようにして現実空間における位置確認が行われた際にその結果としてバッファに保存されるのは、たとえば‘自分の位置=(real, 0, 0)’のような、現実空間を意味するrealと、自己の位置を原点とした3次元位置を示す座標である。これと同様、相手も現実空間における存在であり、相手はスクリーンの存在する座標位置にいると認識することから、Action(相手位置確認, real)を実行する。そして、バッファには‘相手の位置=(real, 2, 1, 0)’が保存され、この数値を参照して距離の確認がなされる。これらのバッファから、握手をするには遠すぎると判定され、8:Script(Isa=距離の確認, Eval=不適切)をもたらすことになる。これによって、Script(距離をとる動作)が誘発される。相手の位置はスクリーン方向にあると認知されているため、そちらに近づくことになる。

第二の事例は、手を奥行き方向に動かす行動である。図7は、握手を行う際に、奥行き方向に手を動かしている状況である。本論文のモデルでは、Goal(手を合わせる動作)を行う際に、Action(左手を後ろに動かす, virtual)を用いるということで説明ができる。スクリーン上の仮想空間で左手を後ろに動かすことは、物理的制約上不可能である。したがって、Action(左手を後ろに動かす, virtual)に対応する物理的行為写像は存在しないので、この行為は実際には実現できない。しかし、 $f^{-1}(\text{Action}(\text{左手を後ろに動かす, virtual}))=\text{Action}(\text{右手を後ろに動かす, real})$ を認識することで、仮想的にAction(左手を後ろに動かす, virtual)を実行可能と認識していると考えられることができる。

この行動は、ハイパーミラーの作り出す仮想空間が、対面対話に近い状態で解釈されていると考えられる点で興味深い。物理的制約によって実際には利用できない行動を、あたかも利用できるように認識することで、対面対話に近い状態で遠隔対話ができるようになる。

以上2つの事例、およびハイパーミラーにおけるさまざまな事例を分析した研究<sup>[2]</sup>から、ハイパーミラーの対話空間の理解には、次の3種の認識があることが示唆される。第一に、スクリーン上の自己像を利用しようとしない認識であり、スクリーン上の相手像に近づく対話者の認識である。この状態はモード0と呼ばれる<sup>[2]</sup>。第二は、スクリーン上の自己像の認識はできるが、手を奥行き方向に動かすといった仮想空間における3次元的な動きを想定しない認識である(モード1)。これは、図2に示



図7 手を奥行き方向に動かす対話者(右側女性)  
Fig. 7 User holding out her hand backward (right woman).

したようなスムーズな握手の例があてはまる。第三は、スクリーン上の仮想空間をあたかも対面対話空間のように認識するものであり(モード2)、奥行き方向に手を動かす行動を起こす対話者の認識である。

上記のような認識は、本論文のモデルにおいて、制限される行為の違いという観点から統一的に説明できる。図1にある仮想空間の行為の右上に示した数値は、モードによって制限される行為を意味する。示した数値以降のモードでなければ、それに対応する現実空間の行為が存在しないと認識され、その行為は仮想空間の行為としては実行されないことを示す。たとえばモード0の認識では、Action(自分位置確認, virtual)は実行されない。利用可能な行為の認識という観点から、これらの異なった行動が統一的に説明できるのは、本論文の提案するモデルの有効性を示している。

#### 4. おわりに

本論文では、遠隔対話環境における対話者の認知モデルを提案した。そして、このモデルによって、遠隔対話を行う際に生じる物理的な環境との認識のズレを修正する心的過程や、同じ環境であっても異なった行動が発現する原因を説明することが可能であることを示してきた。本論文では、具体的な事例としてハイパーミラーを用いたが、これ以外のメディアについても適用が可能である。すなわち、仮想空間における行動と現実空間における行動を相互に変換しなければならない状況の分析を行える枠組みになっている。

多様なシステム開発が可能となっている現在、ユーザの活動を支援する真に有用なシステム開発には、ユーザのメディアに対する学習・習熟過程を考慮することが不可欠である。本論文の提案するモデルがそれらのシステムの仕様を決定する際に重要な役割を果たすだろう。

#### 参考文献

- [1] Morikawa, O. & Maesako, T.: HyperMirror: Toward Pleasant-to-use Video Mediated Communication System; CSCW98, pp.149-158(1998).
- [2] 森川, 橋本: 超鏡対話での共存感・一体感を説明する認知心理モード; インタラクション 2004, pp.271-248(2004)