

# 他者の属性提示のための映像上の身体変換システムの評価

今村 美聡<sup>1</sup> 吉野 孝<sup>2</sup>

**概要：**社会的な立場の変化や見た目の変化により、心理的な変化が起こることが知られている。我々は、このような見た目の変化による心理的な変化を観察するため、まず身長や体形といった身体のスケールに着目し、他者の身体感覚を体験するシステム「イマミラー」を開発した。本システムは、映像に写る他者の体が自分の動作と連動することで、鏡を見ているような表示を実現する。本システムの評価実験として、2人1組で自分の身体と相手の身体を入れ替えてタスクを行う実験を行った。実験の結果、以下の知見が得られた。(1) 利用者は、他者の身体形状モデルを動かすことに関心が高い。(2) 自分の身体形状モデルを提示された場合、自分の感覚と合っていると感じる。(3) 他者の身体形状モデルを提示された場合、モデルに違和感を感じる。

## Evaluation of Body Conversion System on Motion Picture for Presenting Other's Attribute

MISATO IMAMURA<sup>1</sup> TAKASHI YOSHINO<sup>2</sup>

### 1. はじめに

社会的な立場の変化や見た目の変化により、心理的な変化が起こることが知られている。社会的な立場を与えられることで行動が変わる例として、「スタンフォード監獄実験」[1]という心理学の実験がある。これは、刑務所に見立てた環境で、被験者が看守役と受刑者役に分かれ、役を演じるという内容で行われた。実験の結果、被験者はよりその役らしい行動をとるようになることが証明された。我々は、このような見た目の変化による心理的な変化を観察するため、まず身長や体形といった身体のスケールに着目し、他者の身体感覚を体験するシステム「イマミラー」\*<sup>1</sup>を開発した。

他者の感覚を理解することを目的として、さまざまな研究が行われている。芝田らによる「ヘッドマウントディスプレイを用いた視覚変化体験システム」[2]は、他者の視界を体験するシステムである。これは、視力、年齢、身長のパラメータから視界モデルを生成し、ヘッドマウントディスプレイを用いて見ることで、視界がどのように変化する

かを体験できる。特に、本来は感覚的にしか理解できない視力や年齢による視界の違いが視覚情報に反映される。また、西田らによる“CHILDHOOD”[3]は、装着することで子供の知覚系を再現するデバイスである。利用者の視界や手の感覚を子供のものに変換することで、利用者の子供になったかのような感覚をもたらす。これらの研究は、ヘッドマウントディスプレイなどを用いるため、利用者は一人称視点で他者の身体感覚を体験できる。

しかし、一人称視点のシステムでは、体験している人自身が、自分の姿を見ることができない。利用者に見えるように他者の身体を表示することで、身長や体形を把握しやすくなる。さらに、服装や髪型といった外見の特徴から、他者の社会的な属性を提示することができ、利用者心理的な変化をもたらすことが考えられる。そこで本システムは、映像に写る他者の体が自分の動作と連動することで、他者の身体感覚を体験する。本論文で用いる身体感覚とは、物理的な身体の大きさや体型による、周囲の環境や他者との相互作用の感じ方を意味する。本システムは、まず人手で任意の人物の身体形状から操作可能なモデルを作成する。そして本システムにより利用者の動作を他者のモデルに反映し、鏡像で提示する。本論文では、システムの実現方法と評価実験について述べる。

<sup>1</sup> 和歌山大学大学院システム工学研究科

<sup>2</sup> 和歌山大学システム工学部

\*<sup>1</sup> システムの名称は、「仮想の鏡」“imaginary mirror”をもとに名付けた。

## 2. 関連研究

本章では、鏡像表示のインタフェースに関する研究、一人称視点の感覚体験に関する研究、アバタの位置関係に関する研究、身体属性に着目した体験型作品について述べ、本研究の位置づけを明らかにする。

### 2.1 身体をインタフェースとした鏡像表示に関する研究

吉田らは、自分の身体動作と、別の場所、時間にいる他の鑑賞者の身体動作を、動画上で重畳表示するシステムを開発した [4]。中森らによる「ご近所知るえっと」 [5] は、利用者をシルエットとして表示することで、身近な他人への興味を促し、緩やかなつながりを支援する。森川による“HyperMirror” [6] は、対話者を同一の映像の中に映すことで、遠隔地でありながら同一の空間を共有しているように演出するビデオチャットシステムである。これらの研究は、自分と他人との属性情報が関わり合いを持つことで、他者を意識させたり、他者と自分との一体感を感じさせたりする。これらのシステムでは、操作対象は自分の属性情報であるが、本研究では、他者の属性情報が自分と連動する。

鏡像表示を使った研究として、Perttu Hämäläinen は利用者のパフォーマンスをビデオに記録することと、鏡を使ったトレーニングを組み合わせた研究を行った [7]。また、Martin Tomitsch らは、記事閲覧のための公共ディスプレイを開発した [8]。通行人を対象にした実験の結果、公共ディスプレイは利用者の一部に遊び心のある行動を促した。株式会社システムフレンドの「きゃらみらー」 [9] は、実際の映像にキャラクターの 3D モデルや静止画を重畳表示する。3D モデルであれば、利用者の身体の動きに合わせて重畳表示されたモデルが動く。これらのシステムは、本研究と同じく、画面上の映像が鏡像表示を用いて表現される。これらのシステムで画面に提示される身体は、自分の身体や、骨格のみを表した記号的な身体、架空のキャラクターであるが、本研究では実在の他者の身体が利用者の動きと連動する。

岡本らによる“Silhouettel” [10] は、人々の影とプロフィールや関心ごとなどをスクリーン上に投影し、利用者の会話を促進する。また、Mikhail Jacob らによる“Viewpoint AI” [11] は、人工知能をもった粒子を平面上に投影し、粒子が人型となって、人間と相互作用してダンスパフォーマンスをする。これらの研究は、利用者の影を利用者本人として表現する。または、利用者から派生した影を表現する。それらを大きな画面に投影し、等身大に近い大きさで表現する。これらの点は本研究と同じである。異なる点として本研究では、利用者の動作は他者の身体属性に反映される。

### 2.2 他者の感覚提示や動作提示に関する研究

Qiufeng Lin らによる HMD を用いた没入型仮想環境で

の人の振る舞いに関する実験がある [12]。人は没入型仮想環境で、現実世界と異なる距離の解釈をすることが知られているが、仮想環境内に自分と同じサイズのアバタが表示されると、仮想環境での振る舞いが現実世界での振る舞いと近いものになることが示された。八谷による「視聴覚交換マシン」 [13] は、2 人の利用者が HMD を装着し、お互いの視界を交換する装置である。この装置を使用すると、自分の視界が強制的に相手の視界に変わる。西田らによる“NEUROHack” [14] は、他者と筋活動状態を実時間で双方向に共有できる装着型デバイスである。これらの研究は、利用者が HMD や体に装着するデバイスを使い、一人称視点で自分の感覚の変化を体験する。高橋らは、人間である自分の動きを別のキャラクターの動きに置き換える手法を提案した [15]。この研究は、モーションキャプチャで取得したヒトの演技者の動きを、演技者とは異なる姿勢をしたキャラクターの動きに変換するが、本研究では、スクリーンに映像を映し出し、鏡に映したような映像によって、他者の身体感覚を提示する。これにより、一人称視点では実現できない、姿が変わった自分を見ることによる効果を狙う。

### 2.3 仮想空間でのアバタの位置関係に関する研究

石井らが開発したビデオコミュニケーションシステム [16] は、遠隔での身体的コミュニケーションにおいて、対話者の映像と自己のアバタの映像を合成することで、自己のアバタを通して対話者とのインタラクションを把握できる。また、宮津らは、コミュニケーションの場に参加する物理的な人々の姿勢や位置情報を端末から取得し、アバタに反映するシステムを開発した [17]。中井らは、コミュニケーションの場で、他者の存在をアバタを用いて可視化し、アバタ間に実世界と似た対人距離が生じるかを観察した [18]。これらの研究は、仮想空間上に利用者のアバタを配置し、その距離感や位置関係に着目している。本研究は、主にアバタと仮想空間上のものとの位置に着目しており、それらの大小関係が重要である。

### 2.4 身体属性情報を利用した体験型作品

細谷らによる“Outline to go” [19]、ユーフラテスによる「ふるまいに宿る属性」 [20]、緒方らによる“2048” [21] は、個人の属性を用いた作品である。“Outline to go” は自分の輪郭の長さを測定する。「ふるまいに宿る属性」は星形の一筆描きから個人を特定する。“2048” は、個人の虹彩パターンを視覚化した作品である。これらの作品は、普段意識することのない身体属性を可視化することで、これらの属性も自分の一部であることを示している。本研究は、これらの研究と異なり、普段見えているものの、自分に投影しにくい他人の身体属性である身体スケールを提示することが目的である。

### 3. イマミラーの開発

実在の人物の身体形状を用いた身体交換システム「イマミラー」を開発した。本章では、イマミラーの設計方針と実現方法について述べる。

#### 3.1 設計方針

##### (1) モデルの全身を提示

利用者に他者の体型や社会的特徴の印象を与えるために、画面に鏡映しのように利用者の動作に連動する他者の全身のモデルを提示する。なお、利用者が画面の中のモデルと向かい合ったときに、モデルが利用者と同じ方向に動くようにするため、鏡像の表示にする。

##### (2) 等身大に近い表示

画面を見ながら全身を動かしてシステムを体験することを可能にするために、モデルの表示を等身大に近い大きさにする。そのため本システムは、PC用の液晶ディスプレイではなく、プロジェクタとスクリーンで画面を表示する。

##### (3) 実在の人物の身体形状を使用

利用者に具体的な他者に変換された感覚や、社会的な立場の印象を与えるために、実在の人物の身体形状を提示する。実際の人物の身体形状を使用することで、既存のモデルにはない、体型や服装、姿勢といった個性をモデルに与えることができる。

#### 3.2 実現方法

図1に実現の流れを示す。イマミラーは、身体形状の取得(図1(1))、可動モデルの作成(図1(2))、利用者の身長から提示するモデルを選択(図1(3))、モデルへの利用者の姿勢反映(図1(4))の4つの手順により実現する。図2に実在の人物の身体形状を可動モデル化した実現例を示す。以下に各手順の詳細を述べる。

(1) 人物の身体形状を取得するために、KinectFusion\*2を用いる。図2(1)は取得した身体形状の一例である。この身体モデルのファイルフォーマットはOBJ形式またはPLY形式であり、データ削減のため、KinectFusionで取得した頂点データをモデリングソフトで間引く処理を施している。

(2) 取得した身体形状に人手により、モデリングソフトでボーンを挿入し、可動モデル化する。ボーンとは、人間の体の骨のように、モデルの動きの元となるものである。ボーンをモデルに関連付けることで、モデルの形状を容易に変形することを可能にする。図1(1)のように、モデルの全身の可動する箇所にはボーンをあてはめる。図2(2)にボーンを挿入した可動モデルの一例

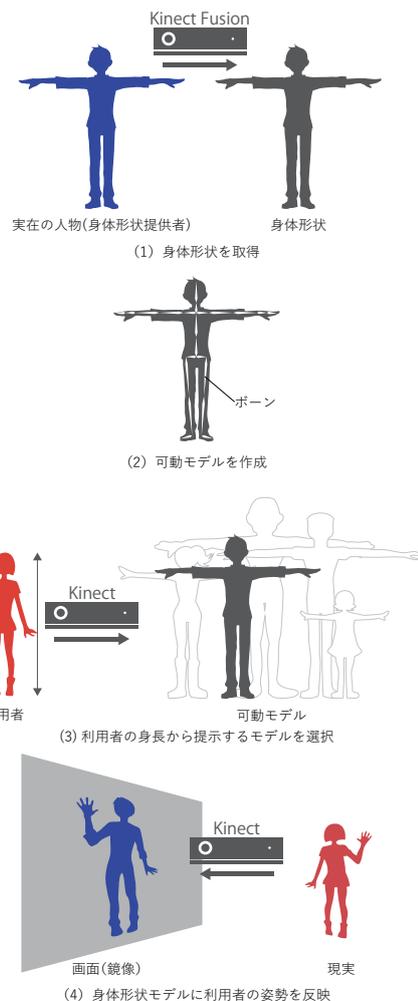


図1 イマミラーの概要

Fig. 1 Overview of Ima-mirror.

を示す。モデルの中にある三角型のものがボーンである。全身に22本挿入する。ボーンを挿入する位置は、Kinectの骨格認識機能で取得できる骨格に合わせる。

(3) Kinectで利用者の仮の身長を計測する。図3に仮の身長の取得方法を示す。Kinectで取得した骨格情報から、3次元上での利用者の両足の midpoint の位置と、頭の位置を取得し、その距離を仮の身長とする。Kinectの認識範囲内に入ってきた利用者が、必ずしも直立の姿勢であるとは限らず、直立の状態での身長を測定できない可能性がある。そこで、一定時間の測定値の中で最も距離が大きかった値を身長として採用する。次に、測定した利用者の身長をもとに、複数ある身体形状モデルの中から、提示するモデルを選択する。モデルを選択する方法のひとつとして、身長が閾値を超えた場合と超えなかった場合で判断する方法が考えられる。また、2者の身体を入れ替えたい場合は、2者間の身長を比較し、お互いのモデルを選択する方法が考えられる。

(4) Kinectの骨格認識機能から取得した他者の姿勢を、可

\*2 <https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/dn188670.aspx>



(a) 身体形状提供者 (b) 整形した身体形状

(1) 身体形状を取得



(2) 可動モデル



(a) 姿勢を適用した可動モデル



(b) 利用者の姿勢例

(3) 可動モデルに姿勢を適用

図 2 可動モデル作成例と利用者の姿勢反映例

Fig. 2 Example of creating a mobile model and reflecting the posture of the user.

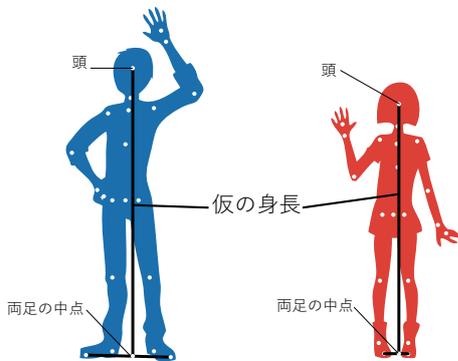


図 3 仮の身長取得

Fig. 3 Acquisition of temporary height.

動モデルのボーンに反映し、画面上の可動モデルを動かす。これには、Unity のアセットである Kinect v2 With MS-SDK<sup>\*3</sup> を使用する。図 1(4) のように、画面に向かい合った現実の利用者の姿勢を Kinect が認識し、モデルに反映する。モデルの動きは、利用者から見て鏡像になるように、左右反転する。これにより、利用者に自分と同じ動きをするモデルが提示される。図 2(3) に利用者の姿勢を反映した一例を示す。ボーンの動きに追従して身体形状が変形していることがわかる。

<sup>\*3</sup> <https://www.assetstore.unity3d.com/jp/#!/content/18708>

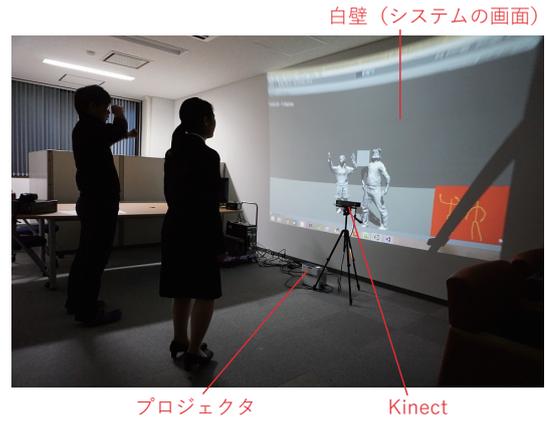


図 4 実験環境

Fig. 4 Experimental environment.

## 4. 評価実験

他者と身体が入れ替わる効果を検証するため、イマミラーを用いた評価実験を行った。本章では、実験について述べる。

### 4.1 評価実験概要

本実験は、以下の仮説を検証するために行った。

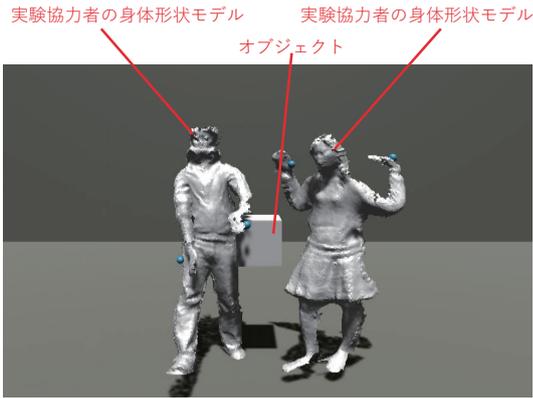
仮説 1 他者の身体形状より、自分の身体形状を提示された場合のほうが、タスクの難易度は低くなる。

仮説 2 利用者は、他者の身体形状を動かすことに関心が高い。

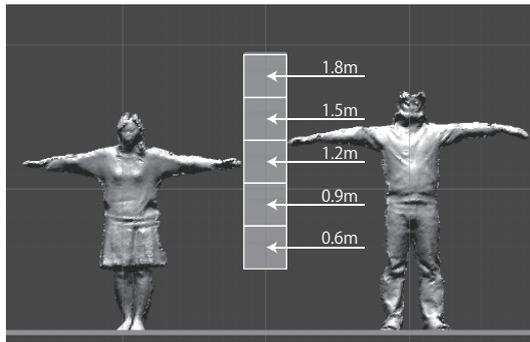
仮説 3 イマミラーを利用することで、他者の身体感覚が得られる。

2人ペアとなり、自分の身体形状モデルと、相手の身体形状モデルを入れ替えて、画面上で提示されるオブジェクトに触れるタスクを行った。以下に、実験の内容を示す。図 4 に実験環境を示す。実験環境の幅は約 3m、奥行きは約 3.5m である。図 4 のように、システムの画面は前面の白壁に映されており、実験協力者の前方に設置した Kinect で実験協力者の姿勢を認識する。実験協力者はスクリーンを見ながらタスクを実行する。本実験は、自分と相手の身体属性の違いに注目した。そこで、実験協力者に相手との身体属性の違いを提示するために、同じ対象に 2人で作用するタスクを設定した。タスクの内容は、画面上に出現するオブジェクトに、実験協力者 2人が同時に触れるというものである。オブジェクトは、実験協力者 2人が同時に触れた状態になると消える。前のオブジェクトが消えると、別の場所に新しいオブジェクトが現れる。オブジェクトは 5 回現れるので、オブジェクトをすべて触る。

図 5 にシステムの画面を示す。図 5(a) は実験協力者の身長からモデルが選択され、モデルが出現した直後の様子である。実験協力者 2人のモデルの間にオブジェクトがある。オブジェクトは一辺が 0.3m の立方体である。これは、



(a) モデルが選択された直後の画面



(b) オブジェクトが出現する位置

図 5 システムの画面

Fig. 5 Screenshot of Ima-mirror.

手で容易に触れられる大きさとして設定した。図 5(b) にオブジェクトが出現する位置を示す。オブジェクトが現れる位置は、画面中央で、高さは立方体の中央が 0.6m, 0.9m, 1.2m, 1.5m, 1.8m の 5 か所である。これは、実験協力者の身長を考慮し、身をかがめる、背伸びをするなどの行動で手が届く範囲として設定した。順序効果を考慮し、オブジェクトが出現する順番は均等になるようにあらかじめ決定した。オブジェクトは、実験協力者がオブジェクトに触れる条件によって色が変化する。触れる体の部位は、右手か左手である。実験協力者 2 人がどちらも触れていない場合は白色である。どちらかが触れている場合は赤色になる。2 人同時に触れた場合はその場から消え、別の位置に移動する。最後の出現位置にあるオブジェクトに 2 人同時に触ると、黄色になる。実験協力者のペアは 5 組で、身体特徴の違いが表れやすいように、すべて男女のペアとした。事前に実験協力者の身体形状を取得し、実験時には提示するモデルが参加者のものだと伝えていない。自分のモデルと相手のモデルを切り替えるのには、2 者の身長差からモデルを自動的に選択する機能を用いた。

## 4.2 実験結果

表 1 に各ペアのタスクにかかった時間を示す。表 1 より 5 ペア中 4 ペアで、自分のモデルのときのほうがタスクにかかる時間が長くなった。表 2 にタスクに関するアン

表 1 タスクにかかった時間

Table 1 Time taken for each task.

ペア	自分のモデル (秒)	相手のモデル (秒)
A	64	15
B	53	27
C	42	12
D	24	38
E	25	11
平均	41.6	20.6
標準偏差	15.6	10.4

ケートの結果、表 3 に両方のタスクに関するアンケートの結果、表 4 にモデルの印象に関するアンケートの結果を示す。表 2 に示すタスクに関するアンケートは、自分のモデルを提示されたときと相手のモデルを提示されたときそれぞれについて質問した。表 3 に示す両方のタスクに関するアンケートは、自分のモデルの実験と相手のモデルの実験に関して一対比較を行った。表 4 に示すモデルの印象に関するアンケートは、1 回目と 2 回目で提示されたモデルに関しての印象や感覚について質問した。

## 5. 考察

### 5.1 タスクの難易度

表 1 タスク実行時間から、自分のモデルを提示したときのほうがタスクの実行時間が長くなった。これは、1 回目は画面上のオブジェクトの位置と自分との位置関係をつかむのに時間がかかったことや、システムの動きに慣れていなかったことが理由と考えられる。また、タスク実行中、実験協力者は画面のみを見ており、現実の相手との位置関係を確認する行動は見られなかった。よって、今回の実験では、タスク実行時間によってタスクの難易度の変化は測定できなかった。

アンケート結果からは、表 2(1) より、自分のモデルを提示した場合と相手のモデルを提示した場合で難易度に差は見られなかった。表 3(1) では自分のモデルを提示した場合と相手のモデルを提示した場合で、差がない結果となった。表 3(1) で評価 4 (どちらかといえば 2 回目) を回答した実験協力者から、システムの動作への慣れを理由とする意見が得られた。一方、同じく評価 4 (どちらかといえば 2 回目) を回答した実験協力者から、体のスケールの違いで難易度に違いがあったという意見が得られた。この実験協力者は、同時に実験をした相手が自分より身長が高かったため、オブジェクトに触れるまでの身体の動きが小さくなったと考えられる。また、評価 1 (1 回目) と回答した実験協力者は、同時に実験をした相手が自分よりも身長が低かったため、相手のモデルを提示されたときは、オブジェクトに触れるために体を大きく動かす必要があったと考えられる。

したがって、今回の実験は、タスクへの慣れによって難

表 2 タスクに関するアンケート結果 (5段階評価)

Table 2 Results of questionnaire survey for each task (5-point Likert scale).

質問項目	モデル	評価の分布					中央値	最頻値	有意確率
		1	2	3	4	5			
(1) 実験は難しかった。	自分	4	2	1	3	0	2	1	0.895
	相手	2	5	1	2	0	2	2	
(2) 提示されたモデルを動かしたとき自分の普段の感覚とあっていた。	自分	0	0	1	6	3	4	4	0.0443*
	相手	0	4	1	4	1	3.5	2,4	
(3) 提示されたモデルに違和感があった。	自分	4	5	1	0	0	2	2	0.00152*
	相手	0	3	1	3	3	4	2,4,5	

評価項目 (1: 強く同意しない, 2: 同意しない, 3: どちらともいえない, 4: 同意する, 5: 強く同意する)

\* 有意差あり  $p < 0.05$

有意検定には Wilcoxon の符号付順位和検定を用いた。

表 3 両方のタスクに関するアンケート結果 (一対比較)

Table 3 Results of questionnaire survey for both tasks (pairwise comparison).

質問項目	評価の分布					中央値	最頻値	有意確率
	1	2	3	4	5			
(1) 1回目の実験と2回目の実験は、どちらが簡単でしたか。	1	1	3	5	0	3.5	4	0.257
(2) 1回目の実験で提示されたモデルと2回目の実験で提示されたモデルは、どちらがより自分の感覚とあっていましたか。	2	6	1	1	0	2	2	0.0196*
(3) 1回目の実験と2回目の実験は、どちらがよりおもしろいと感じましたか。	0	0	1	3	6	5	5	0.00270*

評価項目 (1: 1回目, 2: どちらかといえば1回目, 3: どちらともいえない, 4: どちらかといえば2回目, 5: 2回目)

\* 有意差あり  $p < 0.05$

有意検定には, 1,2の評価と 4,5の評価をまとめ, カイ2乗検定を用いた。

易度が変化したと考えられる。また, 提示されるモデルの身長が高いほうが, 難易度が低くなった可能性がある。以上の結果より, 仮説1「他者の身体形状より, 自分の身体形状を提示された場合のほうが, タスクの難易度は低くなる」は成立しなかった。

## 5.2 他者への関心

表 4(1),(4) より, 実験協力者は提示された身体形状モデルが, 自分と相手のものであると特定できることがわかった。さらに, 表 4(2),(5) より, 作成した身体形状は, 身体形状提供者の身体の特徴を表現できていると考えられる。表 4(1) で評価5 (強く同意する) と答えた実験協力者から, 「よく鏡などで見る自分の体と似ていたから」「体型的にそう感じた」「自分と同身長で, スカートをはいたモデルだったから」といった理由が得られた。また, 表 4(4) で評価5 (強く同意する) と答えた実験協力者から, 「少し髪がのびたように感じたため」「体型や服装が似ていた」「普段から見知った人だったので」といった理由が得られた。これらの結果から, 実験協力者は身体形状の変化に気づき, さらに身体形状モデルの体型や服装, 髪型といった特徴から, 自分や相手を特定できると考えられる。さらに, 表 3(3) より, 自分のモデルよりも相手のモデルを動かすほうがおもしろいという結果が得られた。

したがって, 実験協力者は他者の身体形状を動かすこと

への関心が高いといえる。以上の結果より, 仮説2「利用者は, 他者の身体形状を動かすことに関心が高い」は成立した。

## 5.3 他者の身体感覚提示

表 2(2) より, 提示されたモデルが自分の感覚と合っているかについて, 自分の身体形状モデルを提示した場合と, 相手の身体形状モデルを提示した場合で有意差がみられた。ある実験協力者は, 表 2(2) で自分のモデルで評価4 (同意する), 相手のモデルで評価2 (同意しない) と回答した。その理由として, 自分のモデルでは「自分が伸ばした距離にモデルの手も動いていた気がしたから」、相手のモデルでは「少し動かしただけで, いつもより腕が長い分遠い距離に手が動いたから」という意見が得られた。この実験協力者は, 自分のモデルと比較し, 相手のモデルは動きが大きくなったと感じ, それが違和感につながったと考えられる。一方, この実験協力者と同時に実験をした実験協力者は, 自分のモデルで評価5 (強く同意する), 相手のモデルで評価4 (同意する) と回答した。その理由として, 自分のモデルでは「こちらの動きに反映してモデルが動いたため」、相手のモデルでは「客観的に見ていたので, 自分が動いたとおりにモデルも動いてくれたので, さほど感覚のズレは生じなかった」という意見が得られた。この実験協力者は, 相手のモデルのときは自分の身体スケールを相

表 4 モデルの印象に関するアンケート結果 (5段階評価)

Table 4 Results of questionnaire survey on impressions of each model (5-point Likert scale).

質問項目	評価の分布					中央値	最頻値	有意確率
	1	2	3	4	5			
(1) 1回目の実験であなたに提示されたモデルは、あなたの身体形状であることに気が付いた。	0	0	1	2	7	5	5	0.00270*
(2) ((1)で4,5と回答した場合) モデルはあなたに似ていた。	0	0	2	4	3	4	4	0.00815*
(3) ((1)で4,5と回答した場合) 画面の中に自分がある感覚があった。	0	2	0	3	4	4	5	0.0956
(4) 2回目の実験であなたに提示されたモデルは、相手の身体形状であることに気が付いた。	0	1	0	3	6	5	5	0.0114*
(5) ((4)で4,5と回答した場合) モデルは相手に似ていた。	0	0	1	6	2	4	4	0.00468*
(6) ((4)で4,5と回答した場合) 画面の中で相手になった感覚があった。	0	3	2	3	1	3	2,4	0.706

評価項目 (1: 強く同意しない, 2: 同意しない, 3: どちらともいえない, 4: 同意する, 5: 強く同意する)

\* 有意差あり  $p < 0.05$

有意検定には、1,2の評価と4,5の評価をまとめ、カイ2乗検定を用いた。

(2), (3)と(5), (6)は、それぞれ(1)と(4)で4,5と回答した回答者のみが回答しているため、(1), (4)と回答数が異なる。

手の身体スケールに置き換えていたと考えられる。

表 3(2)より、自分のモデルと相手のモデルを比較した場合は、自分のモデルの方が自分の感覚とあっているという結果が得られた。評価2(どちらかといえば1回目)と回答した実験協力者の理由として、「自分と同身長、同体形だったため」「自分の身体感覚とあっていたため。しかし、2回目のモデルでも視覚的な違和感があっても動作的な違和感は少なかった」といった意見が得られた。また、表 2(3)より、相手の身体形状モデルを提示した場合は違和感を感じる結果となった。これより、身体スケールが一致したことで、自分のモデルは自分の感覚に合っていると感じる結果となったと考えられる。したがって、システムを利用することで、他者の身体感覚は違和感として提示できることがわかった。以上の結果より、仮説3「イマミラーを利用することで、他者の身体感覚が得られる」は成立した。

しかし、表 4(3)から、自分のモデルを提示した場合に、必ずしも画面の中に自分がある感覚にならない結果となった。また、表 4(6)から、相手のモデルを提示した場合も、必ずしも画面の中で相手になった感覚を得られないことがわかった。表 4(6)で評価2(同意しない)と回答した実験協力者の理由として、「相手になったというよりは、その空間中に新しい身体を得たという感覚に近かった」「動かしているモデルが自分ではないと思ったが、『相手になった』とまでは感じなかった。顔かわかれば感じたかもしれない」といった意見が得られた。また、評価3(どちらともいえない)と回答した実験協力者の理由として、「相手の人形を動かしている感覚だった」「手足の感覚はあまり変わらなくて画面上で相対的に大きくなったとは感じた」といった意見が得られた。したがって、画面中への没入感を高める必要があることがわかった。

## 6. おわりに

他者の身体属性をもったモデルに自分の動作を反映し、画面上に提示するシステム「イマミラー」を開発した。本システムは、人手で任意の人物の身体形状から操作可能なモデルを作成し、本システムにより利用者の動作をリアルタイムにモデルに反映し、画面上に鏡像で提示する。本システムの評価実験で得られた知見は、以下のとおりである。

- (1) 実験協力者は他者の身体形状を動かすことに関心が高い。
- (2) 自分の身体形状モデルを提示された場合、自分の感覚とあっていると感じる。
- (3) 他者の身体形状モデルを提示された場合、モデルに違和感を感じる。

本システムの課題点として、画面内への没入感が少ないことがわかった。今後の課題は、モデルや画面内の空間の現実性を向上することで、画面内への没入感を高め、他者になった感覚を提示する効果を向上させることである。さらに、身長や体形による身体感覚だけでなく、服装や髪形などの社会的な特徴が変化することで、利用者心理的な変化が生じるかについて調査する。

謝辞 研究に関しご助言を頂きました和歌山大学デザイン情報学科視覚メディア研究室の床井浩平先生に深謝いたします。本研究はJSPS 科研費 15K12085の助成を受けたものです。

## 参考文献

- [1] Philip G. Zimbardo: Stanford Prison Experiment(online), <http://www.prisonexp.org/> (参照 2016.1.25).
- [2] 芝田 圭佑, 濱川 礼: ヘッドマウントディスプレイを用いた視覚変化体験システム, 情報処理学会, インタラクシオン 2015, デモ展示 B52, pp.623-628 (2015).

- [3] Jun Nishida, Hikaru Takatori, Kosuke Sato, Kenji Suzuki: CHILDHOOD: Wearable Suit for Augmented Child Experience, ACM SIGGRAPH 2015 Posters, p.18 (2015).
- [4] 吉田有花, 宮下芳明: 身体動作の重畳表示による動画上での一体感共有, インタラクシオン 2012, 情報処理学会, pp.527-532 (2012).
- [5] 中森 玲奈, 青木 貴司, 椎尾 一郎: ご近所知るえっとー身近な他人との緩やかなコミュニケーション支援一, エンタテインメントコンピューティング 2010, デモ展示 B17, pp.1-4 (2010).
- [6] 森川 治: 「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, Vol.41, No.3, pp.815-822 (2000).
- [7] Perttu Hämäläinen: Interactive Video Mirrors for Sports Training, Proceedings of the third Nordic conference on Human-computer interaction, pp.199-202 (2004).
- [8] Martin Tomitsch, Christopher Ackad, Oliver Dawson, Luke Hespanhol, Judy Kay: Who cares about the Content? An Analysis of Playful Behaviour at a Public Display, Proceedings of The International Symposium on Pervasive Displays, pp.160-165 (2014).
- [9] 株式会社システムフレンド: きやらみらー (online), <http://www.systemfriend.co.jp/charamirror> (参照 2016.1.25).
- [10] 岡本昌之, 中西英之, 西村俊和, 石田亨: Silhouettell: 実空間での出会いにおけるアウェアネス支援, 情報処理学会, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO'98) シンポジウム論文集, pp.701-708 (1998).
- [11] Mikhail Jacob, Gaëtan Coisne, Akshay Gupta, Ivan Sysoev, Gaurav Gav Verma, Brian Magerko: Viewpoints AI, Proceedings of the Ninth AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment, pp.16-22 (2013).
- [12] Qiufeng Lin, John J Rieser, Bobby E Bodenheimer: Affordance Judgments in HMD-Based Virtual Environments: Stepping over a Pole and Stepping off a Ledge, ACM Transactions on Applied Perception (TAP), Volume 12, Issue 2, pp.6:1-6:21 (2015).
- [13] 八谷和彦: 視聴覚交換マシン (online), [http://www.petworks.co.jp/~hachiya/works/shi\\_ting\\_jue\\_jiao\\_huanmashin.html](http://www.petworks.co.jp/~hachiya/works/shi_ting_jue_jiao_huanmashin.html) (参照 2015.12.17).
- [14] Jun Nishida, Kanako Takahashi, Kenji Suzuki: A Wearable Stimulation Device for Sharing and Augmenting Kinesthetic Feedback, Augmented Human, Singapore, pp.211-212 (2015).
- [15] 高橋玲央, 金子徳秀, 藤代一成: キャラクタ固有の動作を反映したモーションリタールゲティング手法の提案, 情報処理学会第 77 回全国大会, 4Y-01, 第 4 分冊, pp.103-104 (2015).
- [16] 石井裕, 渡辺富夫: 自己アバタを対面合成した身体的ビデオコミュニケーションシステム, 可視化情報学会誌, 23 巻, 1 号, pp.357-360 (2003).
- [17] 宮津研士郎, 高井昌彰: 姿勢と位置情報の共有によるアバタベース AR コミュニケーションシステムの開発, 情報処理学会第 77 回全国大会, 1ZA-04, 第 4 冊分, pp.253-254 (2015).
- [18] 中井公, 竹内勇剛: 仮想空間におけるアバター間の距離と向きの相互認知による身体的インタラクシオンの反映, 電子情報通信学会技術研究報告 HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎 105(306), pp.43-48 (2005).
- [19] 細谷宏昌, 藤本直明: Outline to go, “これも自分と認めざるをえない”展 (2010).
- [20] ユーフラテス: ふるまいに宿る属性, “これも自分と認めざるをえない”展 (2010).
- [21] 緒方壽人, 佐藤雅彦: 2048, “これも自分と認めざるをえない”展 (2010).