

# 即時に身体交換可能な映像上の身体変換システムの提案

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。イマミラーを用いた評価実験の結果、他者の身体感覚を違和感として提示できることがわかった。しかしイマミラーは、人手で身体形状モデルの作成を行うため、事前に身体形状を取得した人の身体感覚しか体験できない問題がある。システムの展示場所に居合わせた人同士の身体を即時に交換することで、利用者は様々な人の身体感覚を体験できる。そこで本稿では、イマミラーにおいて利用者同士の身体を即時に交換する手法を提案する。

## Proposal of Body Conversion System on Motion Picture that can Exchange Bodies Instantly

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った。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。このシステムでは、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。これらの研究では、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、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、利用者に心理的な変化をもたらすことが考えられる。そこでイマミラーでは、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。イマミラーは、利用者の動作を他者の身体形状モデルに反映し、鏡像で提示する。実験の結果、他者の身体感覚を違和感として提示できた。しかしイマミラーは、人手でモデルの作成を行うため、事前に身体形状を取得した人の身体感覚しか体験できない。システムの展示場所に居合わせた人同士の身体を即時に交換することで、利用者は様々な人の身体感覚を体験できる。そこで本稿では、イマミラーにおいて利用者同士の身体を交換する手法を提案する。

<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> 「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と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物体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。

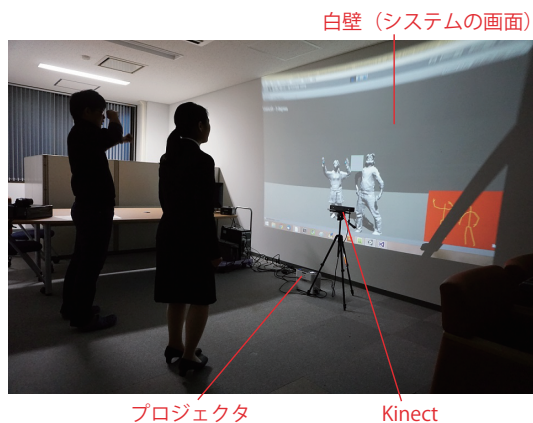


図 1 実験環境

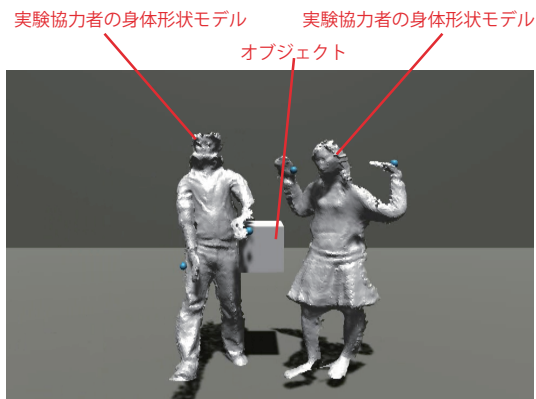


図 2 システムの画面

### 3. イマミラーの評価実験

#### 3.1 実験概要

他者と身体が入れ替わる効果を検証するため、即時に身体を入れ替える機能のないイマミラーを用いた評価実験を行った。評価実験は、自分と相手の身体属性の違いに注目した。そこで、同じ対象に2人で作用するタスクとして、画面上に出現するオブジェクトに、実験協力者2人が同時に触れるタスクを設定した。以下の仮説を立てて検証を行った。

**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。

図 1 に実験環境を示す。図 1 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。図 2 にシステムの画面を示す。図 2 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。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。タスクは2回行い、1回目は自分のモデルで、2回目は相手のモデルでタスクを行った。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実験協力者のものだと伝えていない。

#### 3.2 実験結果と考察

タスクにかかった時間とアンケート結果から、仮説について検証した。

##### 3.2.1 タスクの難易度

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、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も、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。したがって、タスクへの慣れによって難易度が変化したと考えられる。以上より、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。

##### 3.2.2 他者への関心

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、モデルは自分や相手に似ていたという回答が得られたことから、作成した身体形状は身体の特徴を表現していると考えられる。提示されたモデルが自分のモデルであることに気付いた実験協力者から、「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」といった理由が得られた。また、提示されたモデルが相手のモデルであることに気付いた実験協力者から、「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、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。

##### 3.2.3 他者の身体感覚提示

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、自分のモデルを提示した場合は合っており、相手のモデルを提示した場合は合っていないという結果が得られた。あ

る実験協力者は、提示されたモデルを動かしたときの感覚について、自分のモデルは普段の感覚と合っている、相手のモデルは合っていないと回答した。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「少し動かすだけで、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とから、自分のモデルと比較して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。また、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。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。

## 4. 提案手法

イマミラーを即時に利用者同士の身体交換なシステムとするための手法を提案する。以下では、従来の人手でモデルを作成するシステムを「イマミラー」、新しい手法を用いたシステムを「イマミラー2」と表記する。本章では、イマミラー2の設計方針と機器構成、実現方法について述べる。

### 4.1 設計方針

イマミラー2の設計方針を以下に示す。4つの設計方針のうち、(1)モデルの全身を提示、(2)等身大に近い表示、(3)実在の人物の身体形状を使用の3つはイマミラーの設計方針と同様であり、本研究の主軸となる設計方針である。イマミラー2では、(4)即時に身体交換を設計方針として加え、イマミラーの課題を解決する。

#### (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。

#### (4) 即時に身体交換

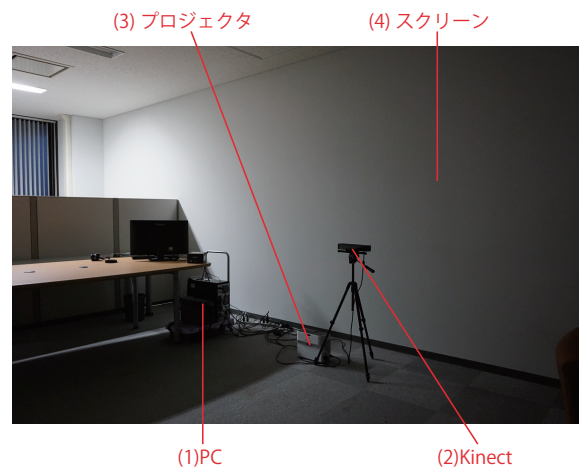


図3 システムの機器構成

利用者ひとりひとりで違う身体形状を再現するために、即時に身体を交換できるようにする。モデルを人手で作る場合、モデリングソフトを必要とし、時間もかかるため、事前に身体形状を取得した人の身体感覚しか体験できなかった。居合わせた人同士の身体を即時に交換することで、利用者は様々な人の身体感覚を体験できる。また、現実はその人物を見ることができると、具体的な個人をイメージしやすいと考えられる。

### 4.2 システムの機器構成

イマミラーに使用した機器構成を図3に示す。イマミラー2も同様の機器構成である。

(1)PC PC(図3(1))は、Kinectから利用者の姿勢の情報を受け取り、システムの映像を作成する。映像はプロジェクタに出力する。設置する場所は任意である。

(2)Kinect Kinect(図3(2))は、利用者の前方に配置し、利用者が画面と向き合ったときに利用者の身体を正面から捉え、姿勢を認識する。使用したKinectはKinect v2\*2である。

(3)プロジェクタ プロジェクタ(図3(3))は、PCから受け取った映像をスクリーンに投影する。プロジェクタは、Kinectや利用者の体の影が写り込まない任意の場所に設置する。図3(3)のプロジェクタは短焦点プロジェクタであるため、壁際の床に設置し、壁に映像を映し出す。

(4)スクリーン スクリーン(図3(4))には、プロジェクタによりシステムの映像が投影される。利用者には、スクリーンに投影されたシステムの画面が提示される。スクリーンの大きさは、利用者が移動できる空間の範囲に合わせる事が理想である。図3(4)では、室内の白い壁をスクリーンとして利用している。

\*2 <https://developer.microsoft.com/en-us/windows/kinect>



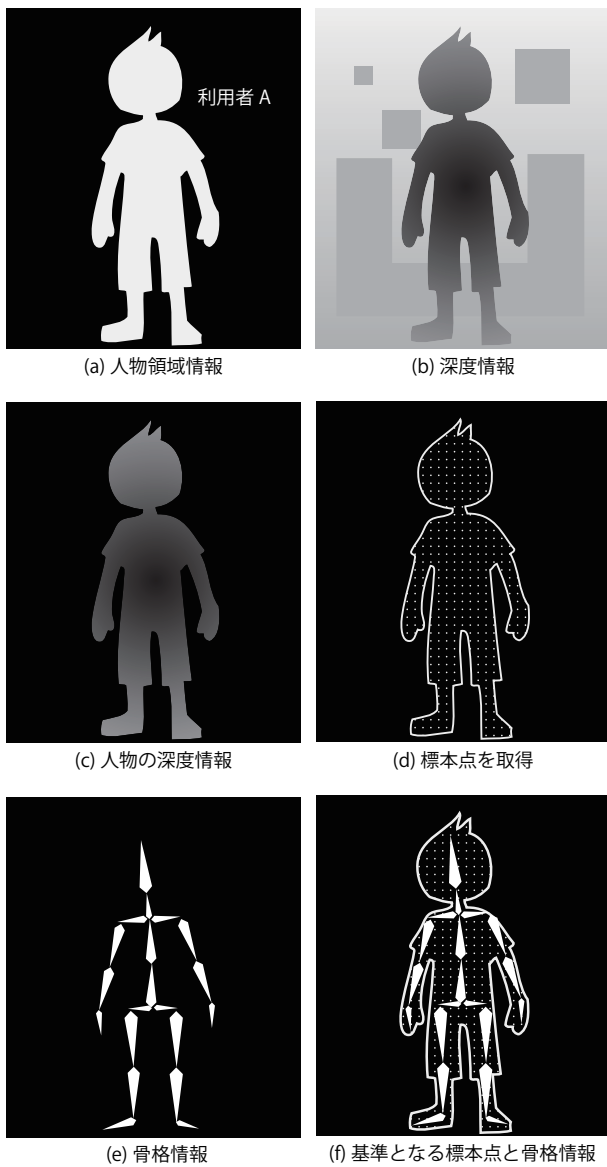


図 4 基準となる代表点と骨格情報を取得

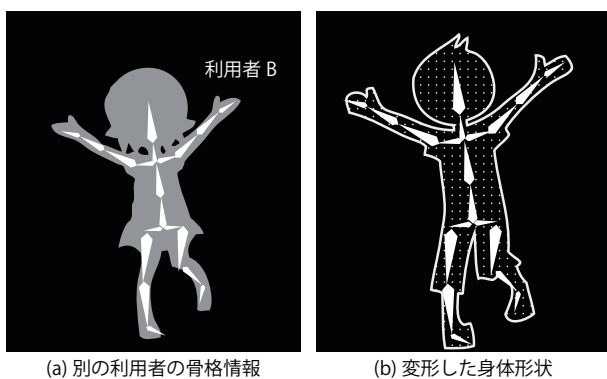


図 5 別の利用者の骨格情報から身体形状を变形

### 4.3 実現方法

図 4, 図 5 にイマミラー 2 の実現の流れを示す. イマミラー 2 は, 基準となる代表点と骨格情報を取得 (図 4), 別の利用者の骨格情報から身体形状を变形 (図 5) の 2 つの手順により実現する. 本システムで使用する人物領域情報,

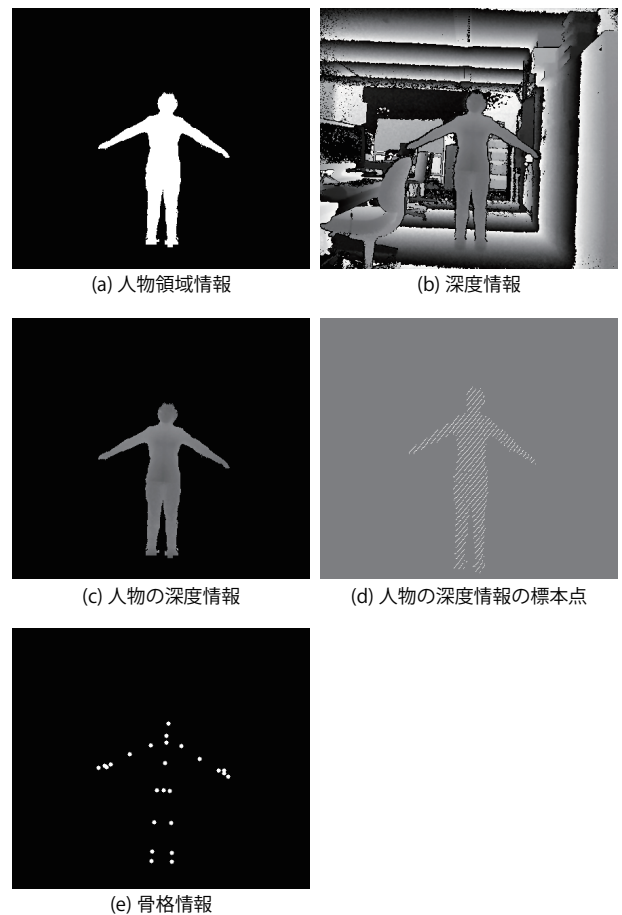


図 6 取得した情報例

深度情報, 骨格情報などは, Microsoft 社の Kinect を用いて取得する. 図 6 に実際に取得した各情報の例を示す. 以下に各手順の詳細を述べる.

#### 4.3.1 利用者の身体形状から操作可能なモデルを作成

利用者 A の身体形状を取得するために, 人物領域情報 (図 4(a)) と深度情報 (図 4(b)) とを利用する. 深度情報から, 人物領域の画素を抜き出し, 人物の深度情報のみを抽出する. 図 4(a) の白い部分が人物領域である. 図 6(a) に人物領域情報を, 図 6(b) に深度情報を, 図 6(c) に人物の深度情報を示す. 図 6(b) の深度情報から, 図 6(a) の人物領域部分のみ深度が切り出されている. 抽出した人物の深度情報からランダムに標本点をとる. 図 6(d) に, 図 6(c) の深度情報からランダムに標本点をとった図を示す. 人物の形状に沿って点が散布されている. この時点での標本点の位置と骨格情報 (図 4(f)) とが, 変換の基準となる. 図 6(e) に骨格情報の例を示す. 人物の形状に合わせて関節が取得されている.

#### 4.3.2 別の利用者の姿勢をモデルの骨格に反映

利用者 A の骨格情報 (図 4(f)) を別の利用者 (利用者 B) の骨格情報 (図 5(a)) に変換する. 標本点に対し各ボーンからの影響をもとに点の位置を変化させることで, 利用者 A の身体形状を变形する (図 5(b)).

## 5. 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」において、即時に身体入れ替えを行う手法を提案した。今後の課題は、この手法を用いて「イマミラー2」を実装し、即時の身体入れ替えを行うことにより、利用者にどのような心理的な変化が生じるかについて評価することである。

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.networks.co.jp/~hachiya/works/shi\\_ting\\_jue\\_jiao\\_huanmashin.html](http://www.networks.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ョンの反映, 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).