

# 着ぐるみ非装着環境における 着ぐるみポージング練習システムの評価

中山 遼<sup>1,a)</sup> 寺田 努<sup>1,2,b)</sup> 塚本 昌彦<sup>1,c)</sup>

**概要:** 着ぐるみにとって重要であるポージング練習では、演者は着ぐるみを装着せずに、鏡などを見ながら練習をすることが一般的である。しかし、着ぐるみの構造は人間と異なっているせいで、着ぐるみを装着せずに動作練習を行うことは難しい。この問題に対して、我々は先行研究で着ぐるみ非装着のユーザが効果的な着ぐるみの動作練習を行えるように、ユーザのポーズに応じて、着ぐるみの装着時のポーズを視覚的にフィードバックするシステムを提案してきた。本稿では、提案システム使用時の負担を軽減する骨格補正機能および、ユーザが着ぐるみ装着状態ではできない動作を学習できるように、着ぐるみの可動域から外れている部分を視覚的にフィードバックする機能を提案システムに追加実装した。そして、評価実験において、提案システムを用いてポージング練習を行うことで、被験者のポージングスキルが有意に向上したことから、提案システムの有用性を確認した。

## Evaluation on a System for Practicing Stuffed-Suits Posing without Suit

NAKAYAMA RYO<sup>1,a)</sup> TERADA TSUTOMU<sup>1,2,b)</sup> TSUKAMOTO MASAHIKO<sup>1,c)</sup>

**Abstract:** In the posing practice of the stuffed suits, it is common for a performer to practice while watching a mirror without wearing a stuffed suit. However, it is difficult to practice motion without wearing a stuffed suit because the structure of stuffed suits is different from that of human beings. In our previous research, we have proposed a system that visually feeds back pose at the time of wearing stuffed suits according to the pose of the user, so that a user without wearing stuffed suits can perform practices of stuffed suits performance effectively. In this paper, we implemented a skeleton correction function that reduces the burden on system use and a function to visually feed back a part out of the range of motion of the stuffed suits so that the user can learn what action can not be done with wearing stuffed suits. Then, in the evaluation experiments, posing practice using the proposed system significantly improved the posing skills of the subjects, confirming the usefulness of the proposed system.

### 1. はじめに

エンタテインメントにおいて、着ぐるみを用いたパフォーマンスは世代を問わず人気があり、昔から行われてきた。その例として、東京ディズニーランドでは、ミッキーマウスなどのキャラクターの着ぐるみを用いたパレードが行われていたり、近年のゆるキャラブームにより、日本のご当

地キャラであるくまモンやふなっしーのような、着ぐるみのキャラクターに注目が集まっている。また、日本銀行のレポート [1] によると、2011年11月から2013年10月までのくまモンの経済効果は1232億円にもなり、今後も着ぐるみを用いたビジネスやエンタテインメントは拡大すると考えられる。

発声や表情の変化ができない着ぐるみにとって、ポージング(一連の動きをさす)でキャラクターらしさを表現することは重要である。着ぐるみにはそのキャラクターらしいポージングがあるため、もし着ぐるみがそのキャラクターらしくないポージングや、不完全なポージングをすれば、着ぐるみのキャラクターらしさが損なわれてしまう。

<sup>1</sup> 神戸大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Kobe University

<sup>2</sup> 科学技術振興機構さきがけ  
PRESTO, Japan Science and Technology Agency

a) nakayamaryou@stu.kobe-u.ac.jp

b) tsutomu@eedept.kobe-u.ac.jp

c) tuka@kobe-u.ac.jp

着ぐるみを装着し、動きでキャラクターらしさを表現するためには十分な練習が必要であるが、実際に着ぐるみを装着してポージング練習を行える環境は少ない。よって、演者は着ぐるみを装着せずに鏡などを使って着ぐるみの姿をイメージしながら練習を行うことが一般的である。しかし、着ぐるみの身体構造は人間と異なるため、着ぐるみを装着しない状態では着ぐるみの動作をイメージすることは難しく、経験の少ない演者にとって着ぐるみなしでのポージング練習は難しい。

この問題に対して、我々は先行研究で着ぐるみ非装着のユーザが効果的な着ぐるみの動作練習を行えるように、ユーザのポーズに応じて、着ぐるみの装着時のポーズを視覚的にフィードバックするシステムを提案してきた [2]。提案システムはデータベース作成フェーズおよびポージング練習フェーズの 2 つのフェーズで構成される。データベース作成フェーズでは、着ぐるみ装着時の様々なポージングパターンの画像、およびそれに対応する演者の骨格データをモーションキャプチャシステムを用いて取得し、それらに関連付けてデータベースとして用意しておく。そしてポージング練習フェーズでは、着ぐるみ非装着時の着ぐるみのポージング練習において、Kinect から取得したユーザの骨格データをもとに、データベースと合致するポージングパターンの画像を、ディスプレイから視覚提示する。

本稿では、提案システムにおける、データベース作成の負担を軽減するための骨格補正機能および、ユーザが着ぐるみ装着状態ではできない動作を学習できるように、どの関節がどの方向に着ぐるみの可動域から外れているのかをフィードバックする機能を追加実装した。そして、実装したアプリケーションを使用したポージング練習による、着ぐるみのポージングスキルの推移を評価し、その有用性を検証した。

以下、2 章で関連研究について述べ、3 章ではシステム設計について述べる。4 章ではシステムの実装を行い、5 章では評価実験を行う。最後に 6 章で本論文をまとめる。

## 2. 関連研究

筆者らの研究グループではこれまで着ぐるみのパフォーマンスに注目した研究を行ってきた。岡崎ら [3] は着ぐるみのポージング支援システムと視界拡張システムを提案している。ポージング支援システムでは、着ぐるみ装着時に外部カメラを用いて自身が扮しているキャラクターの姿勢を認識し、現在の姿勢がキャラクターらしいポーズであるかを判定する。視界拡張システムでは着ぐるみの目の部分に取り付けたカメラで撮影したキャラクター目線の映像を HMD を使用して演者に視覚提示することにより、視界が広がり、周囲認識が可能になるだけでなく、自然な目線でのコミュニケーションを可能にしている。寺田ら [4] は着ぐるみ装着時に障害物を避ける際、着ぐるみの横幅と演者の横幅の

差の分だけ拡大した仮想の障害物を演者に視覚提示し、仮想の障害物を演者自身の身体感覚で直観的に回避できる障害物回避手法を提案している。丁ら [5] はユーザの周囲環境や演技などの状況に応じて HMD を用いた視覚情報に加え、スピーカを用いた聴覚情報や振動モータを用いた触覚情報をユーザに提示することで着ぐるみのパフォーマンスを支援するマルチモーダルインターフェースを提案している。

着ぐるみ自体のキャラクターらしさを向上させる研究として、吉池ら [6] はマスク型のオブジェクトに多点配置したフォトリフレクタとマイコンによって顔面の動きを計測し、アクチュエータで顔の各部が動く着ぐるみデバイスを作成している。岡ら [7] はカメラによる画像認識を用いて着ぐるみ装着者の表情を認識し、顔面部にディスプレイを用いた着ぐるみを使用して着ぐるみに表情を再現することで、着ぐるみパフォーマンスの表現力を高めている。slyper らは、着ぐるみが人々と会話できるシステム [8] を提案している。着ぐるみ装着者は舌で操作する装置を用いて、予め録音したキャラクターの音声を Dialog-tree 方式で選択し、状況に応じた音声を流すことで会話できる。これらの研究は、着ぐるみ装着時における着ぐるみのパフォーマンスおよびキャラクターらしさの向上を目的としており、着ぐるみ非装着状態で、着ぐるみのポージング練習を支援する研究は筆者らの知る限り行われていない。

身体動作の計測のため頻繁に用いられる技術の一つにモーションキャプチャシステムがある。モーションキャプチャシステムとは、人体部分の空間内における位置情報により動作を時系列にそって計測・記録するシステムである。白鳥ら [9] は光学式モーションキャプチャを用いて人の舞踊動作をデジタル化し、解析することにより舞踊の基本動作を抽出している。Jacky ら [10] のダンストレーニングシステムでは、モーションキャプチャシステムを用いて取得した習熟者のモーションデータを基に作成したアバターの動きを真似することでダンス技術の習得を支援している。Tommy ら [11] はモーションキャプチャシステムを用いて、南アフリカの伝統舞踊を異文化の人々に享受する試みをしている。このように人間の動作を抽出、記憶、継承させることにおいて、モーションキャプチャシステムは有効に利用されており、本研究においても用いる。

## 3. 提案システム

### 3.1 システム設計

着ぐるみ非装着状態で効果的なポージング練習を行うために必要なシステム設計について考える。図 1 は、着ぐるみ非装着状態、着ぐるみ A および着ぐるみ B において、見た目が同じようなポージングの画像および、モーションキャプチャシステムを用いて測定したそれぞれのポージングの骨格データを表している。見た目が同じポージングで

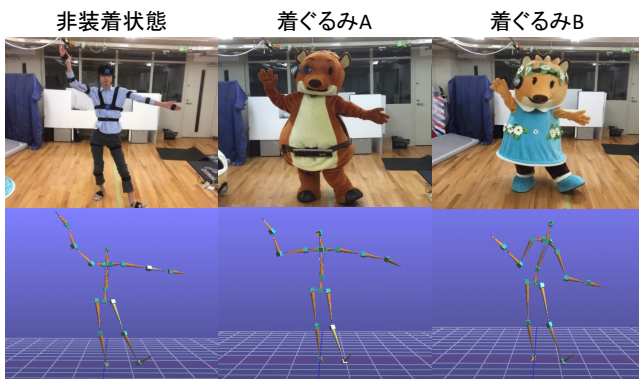


図 1 同じポーズを異なる着ぐるみでした際の着ぐるみ内部の演者のポーズの違い

あっても、それぞれの骨格データは異なっていることが分かる。具体的には、非装着状態では右肩が上がっているのに対し、着ぐるみ A では水平まで、着ぐるみ B ではほとんど肩を上げることができないことが分かる。このように、着ぐるみにはその構造上、内部の人間が動ける範囲に制限(以後、可動域の制限とよぶ)があり、この可動域の制限を着ぐるみの見た目から理解することは難しい。そこで、本研究では、着ぐるみを装着せずに効果的な着ぐるみのポーズ練習を行うためには以下の 2 点の設計要件を満たす必要があると考えた。

#### 要件 1. 着ぐるみの可動域の制限を把握できる

着ぐるみ非装着でのポーズ練習では、演者は、着ぐるみ装着状態ではできないポーズをしてしまうため、着ぐるみの可動域から外れたポーズを行えば、即座に演者にフィードバックする必要がある。例えば、図 1 の着ぐるみ非装着のポーズを着ぐるみ B 装着時に行うことは不可能であるため、ポーズができないことを演者にフィードバックすることで、演者は着ぐるみができるポーズを探し、試行錯誤していくうちに着ぐるみの可動域の制限を学習できると考えられる。

#### 要件 2. 着ぐるみのポーズをリアルタイムで確認できる

動作学習において、ユーザの練習データを、グラフやビデオなど、練習後にユーザにフィードバックする方法も多く見受けられる。しかし、着ぐるみのポーズ練習においては、リアルタイムで着ぐるみのポーズを確認しながら練習を行うことで、ユーザは自分の身体感覚に関連付けて着ぐるみのポーズを覚えることができ、効果的なポーズ練習が行えると考えられる。

これらのシステム設計を基に、着ぐるみ非装着時の着ぐるみのポーズ練習において、ユーザが行うポーズと同じポーズの着ぐるみの画像をユーザに視覚提示することで、着ぐるみ非装着で着ぐるみのポーズ練習を効果的に行えるシステムを設計する。

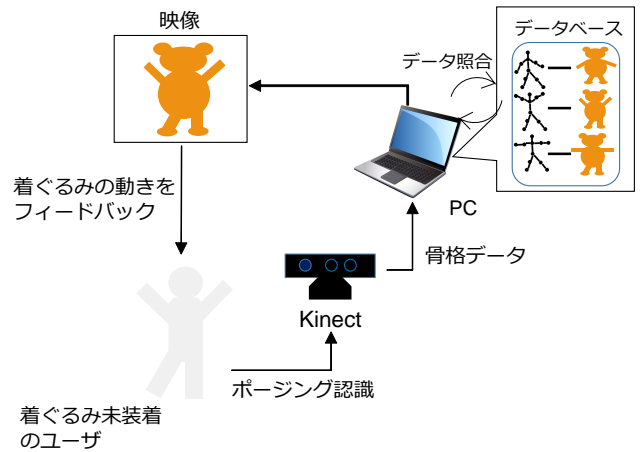


図 2 システム構成

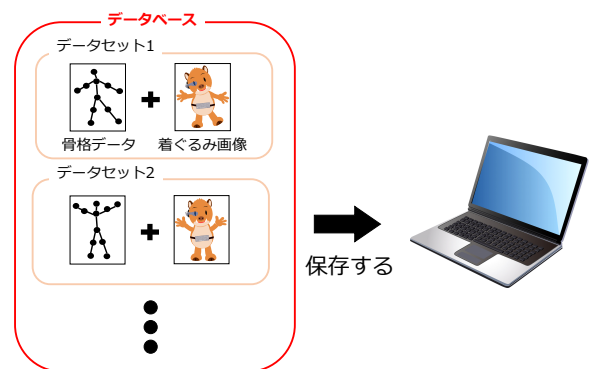


図 3 データベース作成フェーズ

### 3.2 システム構成

提案システムの構成を図 2 に示す。システムは Kinect、モーションキャプチャ、PC およびディスプレイで構成される。提案システムはデータベース作成フェーズとポーズ練習フェーズの 2 つのフェーズで構成される。システムを利用する際には、システム使用前に予めデータベース作成フェーズにおいて着ぐるみの客観画像と演者の骨格データを取得し、データベースを作成する。ポーズ練習フェーズでは、データベース作成フェーズで作成したデータベースを使用して提案システムを用いたポーズ練習を行う。

#### 3.2.1 データベース作成フェーズ

このフェーズでは、ユーザが着ぐるみを装着し、モーションキャプチャシステムを用いてユーザの骨格データを測定し、それと並行して着ぐるみの外観画像を取得し、図 3 に示すように関連付けてデータベースを作成し、PC に保存する。骨格データとは人体の関節点計 17 個の 3 次元座標、つまり  $17 \times 3$  の 51 次元データである。

- (1) ユーザがモーションキャプチャスーツと着ぐるみを装着し、練習するポーズを行う。
- (2) モーションキャプチャを使用し、骨格データを取得する。骨格データの取得はサンプリング数を 10Hz にし

て行い、連続的にデータを取得する。

- (3) 骨格データの取得と並行して、着ぐるみの姿をカメラを用いて静止画で記録する。
- (4) 取得した骨格データおよび着ぐるみの画像を関連付けて PC 上に保存する。

モーションキャプチャシステムは慣性センサ式を用いることで、着ぐるみを装着した状態でも内部の演者の骨格データを取得できる。

### 3.2.2 ポージング練習フェーズ

ポージング練習フェーズは、着ぐるみ非装着時の着ぐるみのポージング練習において、ユーザの骨格データをもとに、データベースと合致するポージングパターンの画像を、ディスプレイから視覚提示するフェーズである。以下にこのフェーズの手順を示す。

- (1) ユーザが着ぐるみを装着せずに着ぐるみのポージング練習を行う。
- (2) Kinect を用いてユーザの骨格データを取得する。
- (3) 取得した骨格データと、データベースに保存してある骨格データを照合する。
- (4) ユーザの骨格データに対応する着ぐるみの画像をディスプレイに表示する。

ポージング練習フェーズのユーザの骨格データ測定において、データベース作成フェーズで用いたモーションキャプチャシステムを使用しても良いが、本稿では Kinect を用いる。その理由としては、一般的に広く普及していること、そしてセンサを身体に装着する必要が無いため、着ぐるみのポージング練習を妨げないからである。

次にポージング練習フェーズにおける骨格データの照合方法について説明する。学習データをデータベース作成フェーズで取得したユーザの骨格データとし、テストデータをポージング練習フェーズで Kinect から取得した骨格データとして、最近傍方を用いてラベル判定を行う。ラベルとは、データベース作成フェーズで取得したユーザの骨格データと、着ぐるみの外観画像をセットとした 1 サンプルデータを 1 ラベルとし、サンプルデータの数だけラベルを割り振る。ラベル判定の際、各関節点において学習データとテストデータの距離を計算し、その距離の総和を 1 ラベル分のデータの総距離とする。この試行をデータベースの各ラベルについて行い、得られた全ての総距離から最近傍法により現在のラベルを判定し、そのラベルの着ぐるみの画像を表示する。また、各関節点において、関節間の距離が 20cm を超えたとき、そのラベルを無効にし、データベース内の全ラベルが無効になった場合には未知のポーズとして認識し、着ぐるみの画像は表示されない。

## 4. 実装

システム設計を基に、本研究で提案する着ぐるみ非装着時のポージング練習システムのプロトタイプを実装した。



図 4 アプリケーション画面

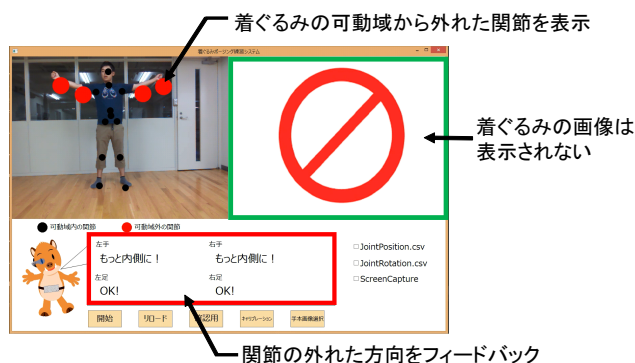


図 5 着ぐるみを装着してできないポージングへのフィードバック

データベース作成フェーズにおいて、モーションキャプチャは Xsens 社の MVN モーションキャプチャシステム [12] を用いた。このモーションキャプチャは、慣性センサにより身体のモーションデータを取得するモーションキャプチャである。被計測者が、17 個の慣性センサがついた専用のスーツ（以降はスーツとする）を着るだけで動作の計測が可能である。センサのサンプリング周波数は 10[Hz] とし、PC は Lenovo 社の ThinkPad X1 Carbon (CPU: COREi7-4600U 2.10GHz, 2.69GHz, メモリ:8GB) を使用した。着ぐるみの画像の取得に使用した Web カメラは logicool 社の HD PRO WEBCAM C920R を使用した。モーションキャプチャの PC 側のソフトウェア開発には、Microsoft 社の VisualC++2013 および OpenCV[13] を用いた。また、ポージング練習フェーズにおいて、使用するアプリケーションは Microsoft 社の Kinect および VisualC # 2013 を用いて開発した。

### 4.1 着ぐるみのポージング練習アプリ

アプリケーションでは、ユーザのポージングに最も近い着ぐるみのポージング画像をリアルタイムで表示するが、もしユーザが着ぐるみの可動域外のポージングを行った場合、そのポージングはできないということを即座にフィードバックする。

アプリケーションを使用するためにまず、骨格補正機能



図 6 手本ポーズ

を用いて骨格補正を行う。骨格補正では、ユーザの骨格データを線形補正し、データベースの骨格データに合わせている。データベース作成には、モーションキャプチャシステムや着ぐるみが必要であり、ユーザごとにデータベースを作成するのは手間が大きい。よって、予め他者が作成したデータベースを用いてポージング練習が行えるように骨格補正機能を実装した。

次に、アプリケーションの UI を説明する。アプリケーション使用画面を図 4 に示す。Kinect より取得した骨格データとデータベースに保存してある骨格データを最近傍法を用いて照合し、ユーザのポーズに最も近い着ぐるみの画像が提視覚される。もしユーザが着ぐるみの可動域から外れたポージングを行ったとき、もしくはデータベース作成の際に測定していないポージングを行った場合、図 5 に示すように、着ぐるみの画像は表示されず、可動域から外れている体の関節が赤丸で表示される。また、図 5 の赤枠で示す部分は、可動域から外れている体の関節が上下、内外のいずれの方向にずれているのかを認識し、可動域内のポージングに修正をするための指示を表示している。これにより、ユーザはどの方向にずれているのかを知ることができ、ポージング練習に役立てることができる。このように、このアプリケーションを利用することで、ユーザはリアルタイムで着ぐるみの姿を確認しながらポージング練習を行い、着ぐるみの可動域の制限を把握することができる。

## 5. 評価実験

### 5.1 実験内容

提案システムによってポージングスキルが向上するかどうかの評価実験を行った。この実験では、「実験群」は提案システムを用いて練習し、「対照群」は鏡を見て練習を行い、その前後でポージングが手本のポージングに近づくかどうかを評価した。

被験者は着ぐるみ装着経験のない 8 名で、提案システムを利用してポージング練習を行う「実験群」4 名と、従来の方法でポージング練習を行う「対照群」4 名にランダムに振り分け、両群において図 6 に示す 3 種類の手本のポージング画像を提示し、まず練習を行っていない状態で手本のポーズを真似してもらった。その 3 日後に、「実験群」の 4 人は提案システムを使用してポージング練習を行い、「対照群」の 4 人は提案システムを用いず、鏡を見てポージン

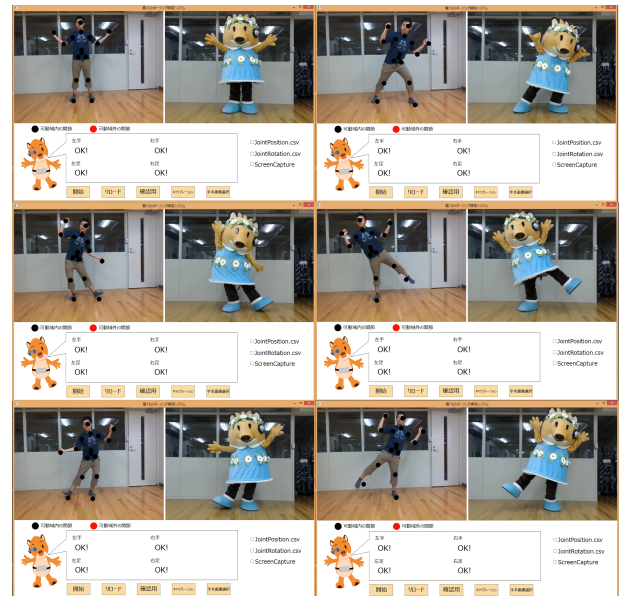


図 7 評価実験でのポージング練習の様子

グ練習を行った。このとき、実験群の被験者に対しては本アプリケーションの機能や使い方を説明し、被験者はアプリケーションについて理解した上で練習を行った。このアプリケーションを用いて練習している様子を図 7 に示す。被験者は着ぐるみ非装着状態で様々なポージングを行い、手本ポーズの画像をアプリケーション画面に出せるようにポージング練習を行った。練習は、被験者が納得できるまで行った。練習後、被験者はまず、着ぐるみ非装着状態で練習したポージングを行い、モーションキャプチャシステムを用いてポージングのデータを測定した。そして、実際に着ぐるみを装着し、練習したポージングを行い、モーションキャプチャシステムを用いてポージングのデータを測定し、カメラでポージング画像を撮影した。

次に評価について述べる。評価は、着ぐるみ非装着状態と、装着状態の 2 つに分けて行った。着ぐるみ非装着状態では、提案システムを用いてポージング練習を行うことで、被験者が着ぐるみの可動域の制限を理解・学習できるかどうかを評価した。具体的には、測定した被験者のポージングデータと、手本のポージングデータを比較し、提案システムを用いてポージング練習を行うことで、手本のポージングに近づくかどうかを定量評価した。データの比較方法は、データ測定した 17 点の関節において、手本のポージングの関節角度データと、被験者のポージングの関節角度データの差分を求め、それらの合計値を算出し、その数値の練習前後における推移で比較した。着ぐるみ装着状態では、提案システムを用いてポージング練習を行い、着ぐるみの可動域の制限を学習した結果、着ぐるみのポージングスキルが向上するかどうかを評価した。着ぐるみ装着状態では、着ぐるみ非装着時において行う定量評価に加え、評価者のアンケートによる主観評価を行った。主観評価で

表 1 ポージングにおける手本データとの関節角度の差分 [deg]

		被験者	非装着		装着	
			練習前	練習後	練習前	練習後
ポーズ 1	実験群	A	305	187	214	204
		B	376	270	345	226
		C	329	253	309	271
		D	306	251	289	281
	対照群	E	457	263	258	207
		F	375	372	263	252
		G	336	362	162	206
		H	339	389	419	369
ポーズ 2	実験群	A	276	252	365	290
		B	387	313	502	435
		C	308	243	309	303
		D	403	323	481	410
	対照群	E	490	315	332	251
		F	399	331	383	328
		G	318	257	407	282
		H	175	228	285	223
ポーズ 3	実験群	A	569	359	385	362
		B	554	376	464	367
		C	550	387	368	428
		D	678	457	440	459
	対照群	E	530	480	367	402
		F	768	583	522	611
		G	511	436	392	370
		H	553	581	570	484

は、提案システムを用いてポージング練習を行うことで、被験者がどれだけ手本のポージングに近いポージングができたかについて、アンケート調査を行い、7段階のリッカード尺度で主観的な評価を行った。被験者のポージングが手本のポージングに比べて、「かなり一致している」を7点、「全く一致していない」を1点とした。アンケートは被験者とは異なる評価者10人に対して行った。

評価実験に際し、提案システムを使用するために必要なデータベース作成フェーズは、実験者である筆者が予め行った。Xsens社のMVNモーションキャプチャシステムを使用して、着ぐるみのポージング画像および骨格データを30秒間測定し、ポージングの骨格データとそれに対応する着ぐるみのポージング画像のセットを約300種類用意し、アプリケーションに使用した。また、3種類の手本のポージング画像はデータベース内の画像から選び、実験に使用した。

## 5.2 実験結果

モーションキャプチャシステムを用いた定量的な評価の結果を表1に示す。値は、被験者のポージングの関節角度データと、手本のポージングの関節角度データとの差分の合計値であり、値が小さければ手本のポージングに近いポージングができていることを意味している。着ぐるみ非装着時における、手本データとの差分の推移を図8に、装着時における、手本データとの差分の推移を図9に示す。値は、ポーズ

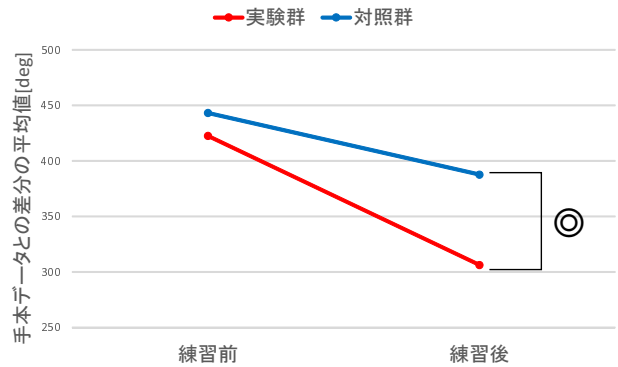


図 8 非装着時ポージングにおける手本データとの差分の推移

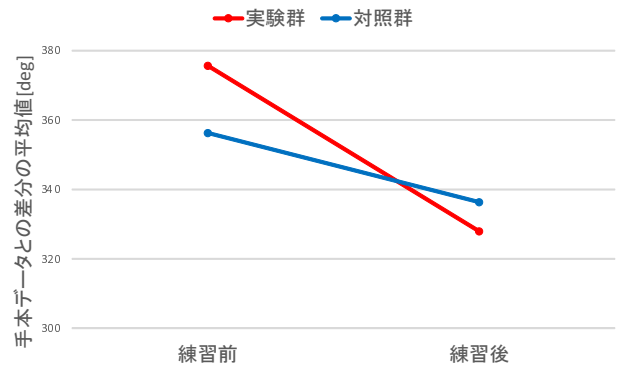


図 9 装着時ポージングにおける手本データとの差分の推移

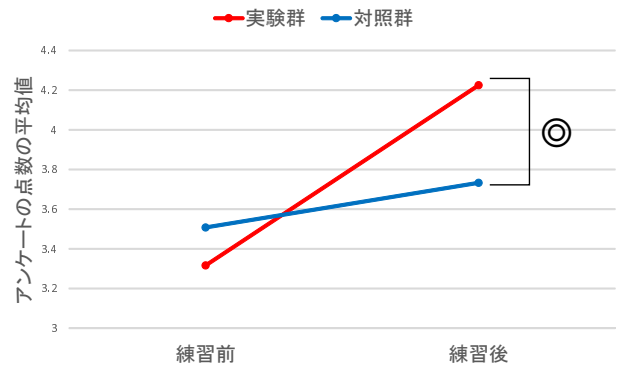


図 10 評価者の主観評価による点数の推移

ズング1~3をまとめて、練習前後における手本データとの差分の平均値を表し、図中の◎は $p < .05$ を表している。2要因分散分析の結果、着ぐるみ非装着時において、練習の主効果が有意であり( $F_{(1,22)} = 34.51, p < .01$ )、交互作用が有意であった( $F_{(1,22)} = 4.32, p < .05$ )。着ぐるみ装着時において、練習の主効果が有意であり( $F_{(1,22)} = 11.70, p < .01$ )、交互作用は有意差は現れなかった。

次に、評価者からの着ぐるみ装着時のポージングへの主観評価の結果を表2に示す。値はポーズごとの、各被験者の練習前のポージングの点数の平均値、練習後のポージングの点数の平均値である。被験者のポージングが手本のポージングに比べて、「かなり一致している」を7点、「全く

表 2 評価者の主観評価の結果

		被験者	点数	
			練習前	練習後
実験群	ポーズ 1	A	3.9	5.4
		B	2.1	3.6
		C	3.7	4.8
		D	3	4.1
	ポーズ 2	A	2.9	3.8
		B	2.9	4.1
		C	3.6	4.2
		D	3.3	3.3
	ポーズ 3	A	3.5	3.8
		B	4.3	5.4
		C	2.8	4.1
		D	3.8	4.1
対照群	ポーズ 1	E	5.9	4.8
		F	5.1	4.4
		G	1.9	2.2
		H	3.2	3.1
	ポーズ 2	E	2.3	3.7
		F	4.1	4
		G	5.2	5.2
		H	2.4	4.3
	ポーズ 3	E	4.1	4
		F	2.6	2.7
		G	2.8	3.1
		H	2.5	3.3

一致していない」を1点としている。また、実験群、対照群の練習前後でのアンケートの点数の推移を図10に示す。値は、ポーズ1～3をまとめて、練習前後におけるアンケートの点数の平均値を表している。2要因分散分析の結果、練習の主効果が有意であり ( $F_{(1,6)} = 17.71, p < .01$ )、交互作用が有意であった ( $F(1,6) = 7.17, p < .05$ )。

### 5.3 考察

図8の着ぐるみ非装着時の結果から、実験群は対照群に比べて、練習の前後で手本データとの差分が有意に減少していることが分かる。この結果から、実験群の被験者は提案システムを用いてポーズ練習を行うことで、着ぐるみの可動域を学習し、手本のポーズに近いポーズを行うことができたといえる。このことは、着ぐるみを装着した時に、ポーズ練習時と同じ身体感覚でパフォーマンスができることを示しており、着ぐるみ非装着状態において効果的なポーズ練習ができていることを示している。またこの結果から、提案システムを用いて着ぐるみの可動域の制限を学習し・理解することで、もし、システムを使用できない状況においても、実際に着ぐるみを装着した時と近い動きでポーズ練習が行えると考えられる。初めて装着する着ぐるみのポーズ練習を行う場合では、着ぐるみの可動域の制限を理解することで、着ぐるみの大まかな構造を把握することができ、本番で実際に着

ぐるみを装着した時にイメージに近いポーズを行うことができると考えられる。

着ぐるみ装着時においては、図9の定量評価では有意差が現れなかったが、図10の評価者による主観評価の結果から、実験群は対照群と比べ、着ぐるみのポーズスキルが向上したことが分かる。この結果から、提案システムを用いてポーズ練習を行い、着ぐるみの可動域の制限を学習し、手本のポーズに近いポーズを行うことができたといえる。このことは、提案システムを用いてポーズ練習を行うことで、着ぐるみ装着時においても適切なポーズができるようになることを示している。着ぐるみ装着時のポーズスキルが向上した理由は、提案システムを用いてポーズ練習を行うことで、着ぐるみの動作感覚が身につき、着ぐるみ装着時に、被験者のイメージに近いポーズが行えたからだと考えられる。また、着ぐるみは人に見られるものであり、評価者による主観評価において有意差があるということは重要であり、提案システムを用いてポーズ練習を行うことで、実験群のポーズスキルが有意に向上したと判断できると考えている。

以上から、提案システムは着ぐるみ非装着環境における着ぐるみのポーズ練習に有用であることを確認した。

## 6. まとめ

本稿ではユーザが着ぐるみ装着状態ではできない動作を学習できるように、どの関節がどの方向に着ぐるみの可動域から外れているのかをフィードバックする機能を実装し、提案システムの有用性を検証する評価実験を行った。そして、評価実験の結果、システムを用いてポーズ練習を行った被験者は、システムを用いずにトレーニングを行った被験者と比較して、着ぐるみのポーズスキルが有意に向上しており、提案システムの有用性を確認した。今後の課題としては、被験者を増やすこと、また、システムを用いた長期的なポーズ練習を行うことにより、着ぐるみのポーズスキルがどのように推移していくのかを調査していくことを考えている。また、実際に着ぐるみのパフォーマンスの方にも提案システムを使用してもらい、評価してもらい必要があると考えている。

謝辞 本研究の一部は、JST CREST(JPMJCR16E1)およびJST さきがけ(JPMJPR15D4)の支援によるものである。ここに記して謝意を表す。

### 参考文献

- [1] くまモンの経済効果-日本銀行:  
[http://www3.boj.or.jp/kumamoto/tokubetsu\\_chosa20131226kumamon.pdf](http://www3.boj.or.jp/kumamoto/tokubetsu_chosa20131226kumamon.pdf)
- [2] 中山 遼, 寺田 努, 塚本昌彦: 着ぐるみ非装着時の着ぐるみポーズ練習システム, インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (WISS 2016), pp.

63–68 (December, 2016).

- [3] T. Okazaki, T. Terada and M. Tsukamoto: A System for Supporting Performers in Stuffed Suits, *Proc. of the International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology 2012 (ACE 2012)*, pp. 85–100 (Nov. 2012).
- [4] 寺田 努, 岡崎辰彦, 塚本昌彦: 着ぐるみ装着者のための拡張現実感を用いたオブジェクト拡大提示に基づく障害物回避手法, マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2014 論文集, pp. 1386–1393 (July. 2014).
- [5] Y. Tei, T. Terada, and M. Tsukamoto: A Multi-modal Information Presentation Method for Performers in Stuffed Suits, *Proc. of the 12th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia (MoMM 2014)*, pp. 77–84 (Nov. 2014).
- [6] 吉池俊貴, 庄司りか, 西川忠宏, 對月沙織, 助友文香, 王丹青, 菊川裕也, 馬場哲晃, 串山久美子: 着ぐるみ演者の表情表出を支援する顔面入力インタフェース, インタラクシオン 2012 論文集, pp. 677–682 (2012).
- [7] 岡 芳樹, 山本正信: 表情が変化する着ぐるみ頭部システム, 映像情報メディア学会誌 vol. 68, No. 2, pp. J72–J77 (Jan. 2014).
- [8] R. Slyper, J. Lehman, J. Forlizzi and J. Hodgins: A tongue input device for creating conversations, *Proc. of ACM Symposium on User Interface Software and Technology (UIST2011)*, pp. 117–126 (2011).
- [9] 白鳥貴亮, 中澤篤志, 池内克史: モーションキャプチャと音楽情報を用いた舞踊動作解析手法, 電子情報通信学会論文誌 Vol. J88-D2 No. 8, pp. 1662–1671 (2005).
- [10] J. C. P. Chan, H. Leung, J. K. T. Tang and T. Komura :A virtual reality dance training system using motion capture technology, *IEEE Transactions on Learning Technologies 4.2*, pp. 187–195 (2011).
- [11] H. Tommi and Marc R. Thompson: Learning and synchronising dance movements in South African songs: Cross-cultural motion-capture study, *Dance Research 29.2*, pp. 303–326 (2011).
- [12] Xsens モーションキャプチャシステム: <https://www.xsens.com/>.
- [13] OpenCV: <http://opencv.jp/>.