

# 身体性を考慮した着ぐるみ装着者支援システム

## A System for Supporting Performers in Stuffed Suits Considering Embodiment

岡崎 辰彦    寺田 努    塚本 昌彦\*

**Summary.** 現在、着ぐるみはテーマパークや様々なイベントで頻繁に利用されている。着ぐるみは仮想キャラクタを現実世界に登場させる役割をもつため、着ぐるみ装着者は扮したキャラクタらしく振る舞うことが重要となる。しかし、着ぐるみは体の大きさや形が人間と異なっているものが多く、装着者が客観的にキャラクタの姿勢を正しく認識することは難しい。さらに、着ぐるみ装着者の視界は極端に制限されることが多いため、周囲の人々の存在を感知しづらく、人々とスムーズにコミュニケーションを行うことも難しい。加えて、視界を得るための穴は、口や鼻などキャラクタの目の部分以外であることが多く、装着者はキャラクタの目線で周囲を見ることができないため、自然な目線でのコミュニケーションを行うことも難しい。このため、着ぐるみ装着者が扮したキャラクタらしく振る舞うためには高度な技術や十分な修練が必要となる。そこで、本研究では、着ぐるみ装着者が着ぐるみのキャラクタらしく振る舞うための支援を行う着ぐるみ装着者支援システムを提案する。評価実験の結果から提案システムが着ぐるみ装着者を支援することにおいて有効であることを確認した。

### 1 はじめに

現在、着ぐるみはテーマパークや様々なイベントで頻繁に利用されている。着ぐるみは仮想キャラクタを現実世界に登場させる役割をもつため、着ぐるみ装着者はキャラクタらしい動作を状況に合わせて演じる必要がある[1]。着ぐるみのキャラクタらしさを決める重要な要素としては、姿勢や周囲とのコミュニケーションが挙げられる。しかし、着ぐるみの体の大きさや形は人間と異なっているものが多く、装着者が扮しているキャラクタの姿勢や動作を正しく認識することは難しい。さらに、装着者が視界を得るために設けられている穴は最小限に止められており、装着時の視界は極端に制限される。これにより、着ぐるみ装着者は周囲の人々の存在を感知しづらく、人々とスムーズなコミュニケーションを行うことも難しい。加えて、視界を得るための穴は、口や鼻などキャラクタの目以外の部分であることが多く、着ぐるみ装着者はキャラクタの目線で周囲を見ることができない。したがって、相手と目を合わせて手を振るなど、自然な目線でのコミュニケーションを行うことも難しい。このため、着ぐるみ装着者が扮したキャラクタらしく振る舞うためには高度な技術や十分な修練が必要となる。

そこで本研究では、着ぐるみ装着者が着ぐるみのキャラクタらしく振る舞うための支援を行う着ぐるみ装着者支援システムを提案する。上記の問題点は、着ぐるみ装着者が着ぐるみを自分の体のように扱え

ていないことが原因であるため、提案システムは、装着者が着ぐるみの身体性を得られるようにポージング支援機能と視界拡張機能の2つの機能をもつ。

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について述べ、5章で評価と考察を行う。6章で実運用について説明し、7章で本論文をまとめる。

### 2 関連研究

演技の動作解析の分野では、映画やビデオ映像などの動画から得られた人間の動作解析の結果をデータベース化し、それを用いてCGアニメーションを構成する試み[2]や赤外線追跡装置で取得した日本舞踊動作の3次元時系列のデータを解析して、舞踊家の上達度を評価する試み[3]などがあるが、着ぐるみ装着時に生じる体の大きさの違いを考慮した動作支援の試みは著者らの知る限り行われていない。また、カメラを用いてユーザの視界を補助する取り組みとしては、高速道路に設置された道路監視カメラの映像を用いて、鳥瞰映像を生成して提示することで、運転者の状況把握を視覚的に支援する試みが行われている[4]。しかし、着ぐるみ装着時における視界の問題を考慮した視界支援の試みは行われていない。ウェアラブルコンピューティング技術を用いたユーザ支援として、HMDを利用した試みがいくつかなされている。HMDを用いたスポーツスキルの学習方法の提案[5]ではHMDに身体の様子を提示して、ゴルフスイングの上達を支援する取り組みを行っている。このようなHMDを利用したユーザ支援の取り組みは多数あり、それぞれにおいて有用性が確認されているが、着ぐるみ装着者を対象とし

Copyright is held by the author(s).

\* Tatsuhiko Okazaki and Masahiko Tsukamoto, 神戸大学大学院工学研究科, Tsutomu Terada, 神戸大学大学院工学研究科 / 科学技術振興機構さきがけ

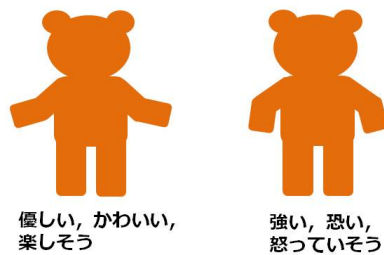


図 1. ポーズによるキャラクタの印象の違い

た支援は行われていない。

### 3 システム設計

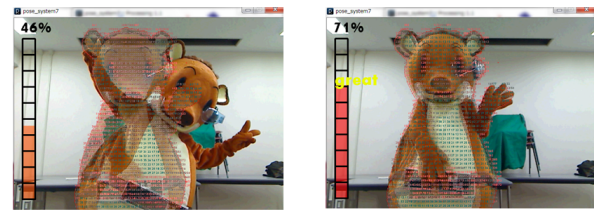
#### 3.1 要求仕様

提案システムは着ぐるみ装着者が扮したキャラクタらしい演技を行えるように支援する。キャラクタらしい演技を構成する要素として、本研究では姿勢や手足の位置（ポージング）と周囲の人々とのコミュニケーションに着目する。同じキャラクタであっても、直立時のポーズによってキャラクタの印象が変化する例を図 1 に示した。図 1 左のシルエットは、一般的には優しい、楽しんでいるといった印象を与える。しかし、図 1 右のシルエットは強い、怒っているといった印象を与える。もし、着ぐるみ装着者がかわいいイメージのキャラクタに扮しているにも関わらず、図 1 右のようなポーズをとってしまうと、聴衆がもつ着ぐるみの印象を大きく変えてしまう。また、周囲の人々とのコミュニケーションは着ぐるみのキャラクタらしさを表現する重要な機会となるため、握手をする際に視線を相手の顔と異なる方向に向けるなどの不自然な行動をとった場合、キャラクタらしさは低下してしまう。

このように、着ぐるみ装着者は多くの点に注意して演技を行う必要がある。しかし、着ぐるみ装着の制約により、以下の 3 つの問題点が生じる。

1. 着ぐるみの大きさや形が人間と異なっていることが多いため、着ぐるみ装着者は自分の姿勢を正しく認識することが難しい。
2. 視界が極端に制限されるため、周囲の状況を認識しづらく、スムーズなコミュニケーションが難しい。
3. 着ぐるみの目以外の部分から視界を得ることが多いため、自然な視線でのコミュニケーションが難しい。

問題点 1 により、着ぐるみのキャラクタらしいポーズをとることが難しくなる。問題点 2, 3 により、周囲の人々とスムーズにコミュニケーションをとることが難しくなる。提案システムでは、これらの問題を解決し、キャラクタらしく振る舞う際の着ぐるみ



ポーズが正確でない場合

ポーズが正確な場合

図 2. ポージング支援機能使用時の HMD 上の映像

装着者の負担を軽減することを目的とする。提案システムは以下に挙げる 2 つの機能により構成される。問題点 1 を解決するために自分の姿勢を確認でき、かつ、その姿勢がどのくらい着ぐるみらしいかを認識できるポージング支援機能、問題点 2, 3 を解決するために着ぐるみの目の部分と顔の周りに取り付けられたカメラの映像を確認できる視界拡張機能である。

#### 3.2 ポージング支援機能

ポージング支援機能は客観的に現在のポーズを認識し、着ぐるみ装着者が目標ポーズに合わせることを支援する。

着ぐるみ装着者の頭部装着型ディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) 上には、目標となるポーズの画像と外部に設置したカメラで撮影した着ぐるみの現在の姿を重ね合わせて表示できる。以下では、目標となるポーズの画像を正解画像と呼ぶ。システムは正解画像の着ぐるみが映っている部分についてカメラ映像との差分を計算し、ポーズが合っている部分は緑色に、合っていない部分は赤色で表示する。さらに、ポーズが合っている割合を合致率として左端のゲージに表示する。着ぐるみ装着者は緑色の部分が多くなるように正解画像のポーズに自分の姿勢を合わせることで、容易に着ぐるみのキャラクタらしいポーズをとれる。図 2 左では、直立して右手を腰に取り付けたキーボード上に置き、左手を上げているような目標となるポーズに対して、着ぐるみがとっているポーズは体の角度が異なり右手も上げているため、合致率は低く、46 %となっている。一方、図 2 右では、体の角度と右手の位置が修正されており、合致率は 71 %と高くなっている。

この機能を使用することで、着ぐるみ装着者は自分のポーズが着ぐるみらしいポーズかどうかを判定できるため、装着者が初心者であっても着ぐるみらしいポーズをとることが可能になる。

合致率を計算するために、事前に目標とするポーズの正解データを作成しておき、機能使用時には、正解画像における着ぐるみが表示されている領域について現在の画像と正解画像の各ピクセル毎の色相、彩度、明度の差分を求め、次式で表される差分スコアを計算する。



図 3. 着ぐるみ頭部のカメラ

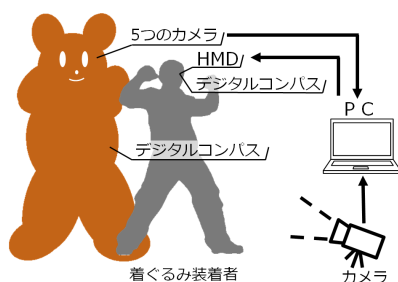


図 4. システム構成図

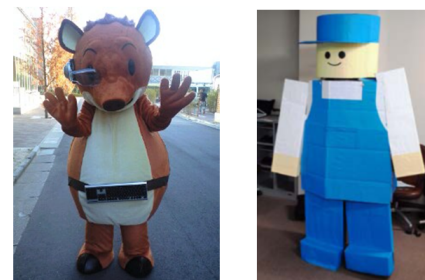


図 5. 制作した着ぐるみ

$$\text{差分スコア} = \sqrt{10 \times (\text{色相})^2 + (\text{彩度})^2 + (\text{明度})^2}$$

色合いの違いを重視するため、色相差のみ 10 倍してある。計算した各ピクセルの差分スコアを  $10 \times 10$  ピクセル毎の領域毎に平均し、この値とあらかじめ設定した閾値を比較することで各領域毎に正解/不正解を決定する。合致率は (正解領域数)/(正解画像における着ぐるみ部分の領域数) となる。

### 3.3 視界拡張機能

着ぐるみ装着者の視界は極端に制限されるため、周囲の人々の存在を感知しづらく、人々とスムーズなコミュニケーションを行うことは難しい。特に、頭部と胴体が一体となった着ぐるみを装着した際、着ぐるみ頭部のみを動かすことができないため、着ぐるみ装着者は周囲の状況を確認しようとするたびに体全体を動かさなければならない。しかし、着ぐるみは大きいため、体全体を動かすのに時間がかかり、周囲にたくさんの人がいる状況において体全体を動かすことは難しい。加えて、視界を得るための穴は、口や鼻などキャラクタの目以外の部分であることが多く、着ぐるみ装着者はキャラクタの目線で周囲を見ることができない。したがって、自然な目線でのコミュニケーションを行うことも難しくなる。このような問題を解決するために視界拡張機能を提案する。

視界拡張機能は着ぐるみの目の部分と目の高さの位置で顔の周りに取り付けられた合計 5 つのカメラの映像を HMD 上で確認できる機能である。2 つのデジタルコンパスがそれぞれ装着者の頭と着ぐるみの胴体に装着され、図 3 に示すように内側から 5 つのカメラが着ぐるみの顔に固定される。2 つのデジタルコンパスの値の差により、着ぐるみ胴体の向きに対する装着者の顔の方向を判断し、顔が向けられた方向に取り付けられたカメラの映像を HMD 上に表示する。

この機能を使用することで、機能未使用時に比べて周囲状況の把握が容易になり、より多くの人々の

行動に素早く反応できる。また、基本的には目の位置に配置されたカメラからの映像を閲覧しているため、着ぐるみの目線で周囲を見られるようになり、自然な目線でのコミュニケーションが可能になる。加えて、着ぐるみの顔の周囲に配置されたカメラの映像を装着者の顔の方向に連動して切り替えることで、装着者自身の顔の大きさが着ぐるみの顔の大きさになったという感覚を得られるのではないかと考えている。このような感覚に関する評価は今後の課題である。

### 3.4 システム構成

提案システムの構成を図 4 に示す。提案システムは、HMD、PC、カメラ、デジタルコンパスから構成される。HMD とデジタルコンパスを着ぐるみ装着者の頭部に固定し、PC を背面に装着する。また、着ぐるみの頭部に 5 つのカメラ、胴体にデジタルコンパスを装着する。別のカメラを外部に 1 台設置する。着ぐるみに装着したカメラは視界拡張機能、外部に設置したカメラはポージング支援機能にそれぞれ用いる。

## 4 システムの実装

本研究で提案する着ぐるみ装着者支援システムのプロトタイプを実装した。システムの実装にあたって、まず、図 5 に示す 2 種類の着ぐるみを制作した。図 5(a) に示す着ぐるみの頭部の主な素材は発砲スチロール、頭部以外はウレタンである。また、着ぐるみの頭部の内側には HMD が装着されたヘルメットが取り付けられている。着ぐるみの左目の部分には内側からカメラが埋め込まれている。頭の横幅は約 56cm、胴体の横幅は約 71cm、足の長さは約 57cm であり、装着時の身長は約 210cm となる。装着者は着ぐるみの鼻の部分から視界を得ることができる。鼻の横幅は約 15cm、縦幅は約 8cm で形は楕円型である。装着者が得られる視界は狭く、鼻の部分の外側がメッシュで覆われているために暗く、視認性が低い。図 5(b) に示す着ぐるみの主な素材は紙であ



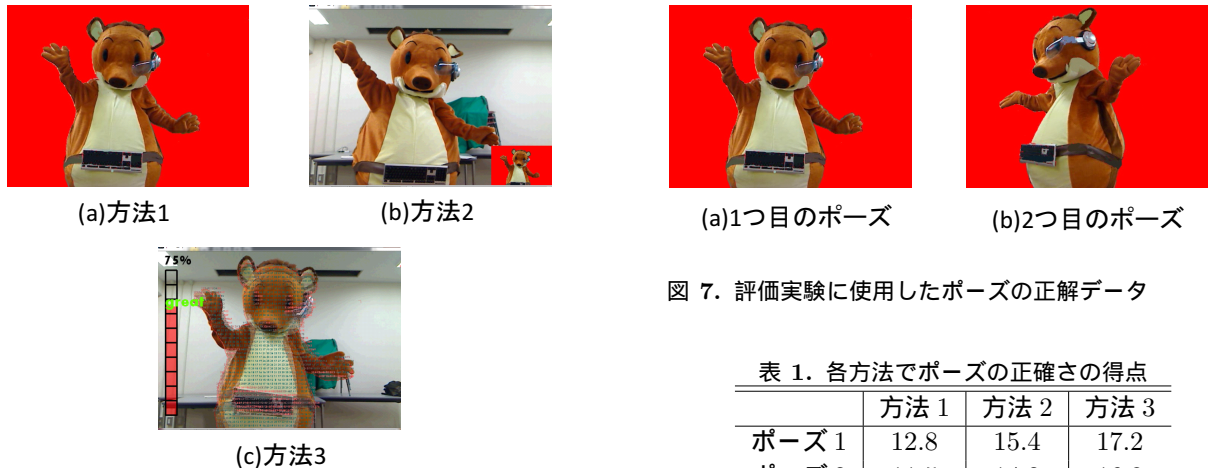


図 6. 各方法を使用した際の HMD 上の画面

る．着ぐるみの頭部は内側から 5 つのカメラが取り付けられている．頭の横幅は約 47cm，胴体の横幅は約 64cm，腕の長さは約 78cm，足の長さは約 54cm であり，装着時の身長は約 190cm となる．着ぐるみの口の部分から視界を得ることができる．口の横幅は約 10cm，縦幅は約 0.7cm で形は弧型であり，装着者が得られる視界はとても狭い．また，頭部と胴体は繋がっており，頭部のみを動かすことはできない．

視界拡張機能に使用するデバイスは 2 つのデジタルコンパス，5 つのカメラ，制御のための Arduino からなる．着ぐるみ装着者の頭部と着ぐるみの胴体に取り付けた 2 個のデジタルコンパスの値の差が Arduino に送られる．送られた値に対応したリレーが Arduino によって開かれ，リレーに接続されたカメラの信号が PC へ入力される．ソフトウェア部分は Processing で実装した．

## 5 評価実験

実装したシステムの有用性を評価するため，ポージング支援機能と視界拡張機能についてそれぞれ評価を行った．ポージング支援機能については，ポーズの正確さを評価し，視界拡張機能については，視界の広さや視線移動が重要となる動作を行った際の動作のやりやすさと自然さを評価した．

### 5.1 ポージング支援機能の評価実験

ポージング支援機能の評価するため，10 名の被験者に図 5(a) に示す着ぐるみを装着させ，次の 3 つの方法でポーズを行わせた．

方法 1：HMD 上で図 6(a) に示すような正解画像を見てポーズをとる．

方法 2：図 6(b) に示すように，HMD 上で目標となるポーズの正解画像と外部に設置したカメラから

撮影した着ぐるみ装着者の客観的な映像を別々に見てポーズをとる．

方法 3：図 6(c) に示すように，ポージング支援機能を使用してポーズをとる．

被験者が行うポーズは，図 7(a) に示した体の方向がカメラに対して真正面に向いているポーズと，図 7(b) に示した体の方向がカメラに対して斜め左に向いているポーズを用意した．また，提案機能に慣れさせるため，被験者には実験前に上記の 2 ポーズ以外の正解画像を用いて練習させた．

実験では 3 方法それぞれを用いて各ポーズを 1 回ずつ行わせ，その正確さを評価した．正確さは，目標ポーズに対して右手，左手，頭部，体の向きについて，どのくらい再現できているかを各項目毎に 5 段階で目視で評価した．評価は全く違えば 1 点，同じならば 5 点とし，4 項目の合計得点を記録した．

各方法における 2 種類のポーズの評価結果を表 1 に示す．ポーズの正確さに関して，どちらのポーズにおいてもポージング支援機能を使用した方法 3 が最も得点が高かった．各方法によるポーズ 1，2 の正確さに対して一元配置分散分析を行った結果，有意差がみられた（ポーズ 1:  $f$  値=16.93,  $p < 0.01$ ，ポーズ 2:  $f$  値=24.41,  $p < 0.01$ ）．Tukey 法により多重比較を行った結果，ポーズ 1 において方法 3 は方法 1 に対して有意差があった（ $t$  値=-5.80,  $p < 0.05$ ）が方法 2 に対しては有意差がなかった（ $t$  値=-2.43,  $p > 0.05$ ）．ポーズ 2 において方法 3 は方法 1，2 の両方に対して有意差があった（方法 1，3:  $t$  値=-6.70,  $p < 0.05$ ，方法 2，3:  $t$  値=-3.43,  $p < 0.05$ ）．これにより，ポージング支援機能は有効であると考えられる．また，方法 3 では，ポーズの違いによるスコアの差は小さいが，方法 1，2 ではポーズ 1 の場合に比べてポーズ 2 での得点が低くなったことから，ポーズが難しくなるほど提案手法の有効性は増すと考えられる．

図 7. 評価実験に使用したポーズの正解データ

表 1. 各方法でポーズの正確さの得点

	方法 1	方法 2	方法 3
ポーズ 1	12.8	15.4	17.2
ポーズ 2	11.5	14.2	16.8

表 2. 動作 1 の結果

	機能使用	未使用
相手の動作の分かりやすさ	4.4	1.8
自分の動作の伝えやすさ	3.8	2.6

表 3. 動作 2 の結果

	機能使用		未使用
	顔周囲	目のみ	
周囲確認のしやすさ	4.4	3.6	1.6



図 8. ステージの様子

## 5.2 視界拡張機能の評価実験

視界拡張機能の評価するため、5名の被験者に着ぐるみを装着させて以下の2つの動作を行わせた。  
 動作1：前に立ったコミュニケーションの相手が指で指した方向に向く。その後、被験者も相手に対して指を指す。この際、被験者と相手が交互に3回ずつ指を指す。指を指す際の手の位置は、互いに相手の目の位置とした。この動作について、相手の動作の分かりやすさと自分の動作の伝えやすさについてアンケート評価を行った。相手の動作の分かりやすさは、相手の指を探すなどの不自然な動作をせずに相手の動作がわかるなら5点、全く相手の動作が分からなければ1点とした。自分の動作の伝えやすさは、着ぐるみを装着していないときのように自然に相手の目の位置に手を動かして指を指せば5点、どこに手を動かせばよいか全く分からなければ1点とした。

動作2：着ぐるみから半径5m以内で、着ぐるみの周囲360度にランダムに配置した5つの物を探す。この動作について、頭部と胴体が一体型の着ぐるみにおいて、周囲状況の把握のしやすさについてアンケート評価を行った。物を探すのがとても容易であれば5点、とても困難であれば1点とした。

この際、動作1の実験には図5(a)に示す着ぐるみ、動作2の実験には図5(b)に示す着ぐるみをそれぞれ用いた。動作1の実験では、機能使用時は両目に装着したカメラの映像をもとに動作を行い、動作2の実験では、機能使用時は目に装着したカメラのみ、顔の周囲に装着した5つのカメラの2通りの映像をもとに動作を行う。どちらの動作においても、機能未使用時は着ぐるみに設けられた穴からの視界をもとに動作を行う。被験者に対して、それぞれの動作について演技終了後にアンケート評価を行った。

動作1の評価結果を表2に示す。相手の動作の分かりやすさの得点に対してt検定を行った結果、有意差があった( $t$ 値=-0.55,  $p < 0.01$ )。これにより、視界拡張機能を使用することで目の位置で行われる動作に対応しやすくなることが確認できた。

自分の動作の伝えやすさについて、機能使用時の得点は未使用時の得点より高くなったが有意差はみられなかった( $t$ 値=-1.17,  $p > 0.05$ )。この理由として、機能使用時の場合であっても、十分な視界を得られないため、腕全体の位置を認識できなかったことが挙げられる。有意差はみられなかったが、機能未使用時は相手の顔に鼻を向けるなどの不自然な動作があったため、視界拡張機能を使用することで、そのような不自然な動作なしに自分の動作を伝えることが可能であることが分かった。

動作2の評価結果を表3に示す。周囲認識のしやすさの得点に関して、顔の周囲のカメラを用いた際の得点が最も高かった。各方法による周囲認識のしやすさの得点に対して一元配置分散分析を行った結果、有意差がみられた( $f$ 値=34.67,  $p < 0.01$ )。Tukey法により多重比較を行った結果、顔の周囲のカメラを用いた際の得点は機能未使用時の得点に対して有意差があった( $t$ 値=-8.08,  $p < 0.05$ )。目に装着したカメラのみの得点に対して有意差がなかった( $t$ 値=-2.31,  $p > 0.05$ )。機能使用時の2手法について有意差がでなかった理由として、今回の評価実験では着ぐるみの周辺に障害物がなく、目に装着したカメラのみを用いた場合に被験者は周囲の状況を気にせず、容易に体を動かすことができたためであると考え。

## 6 実運用

2010年12月19日に神戸市民の芸術発表の場として兵庫県立美術館で開催されたイルミネ神戸2010ステージにおいて、図5(a)に示す着ぐるみを装着して司会者とジェスチャによって掛け合いをするパフォーマンスを行った(図8)。視界拡張機能を使用することで司会者の顔に向けて自然な目線でのコミュニケーションができることが確認できた。問題点として、ステージはそれほど明るくなかったため、カメラの映像が暗く、視認性が悪いことがあった。今後は、暗い場所であっても見やすい視界を確保するため、赤外線カメラなどの使用を検討する必要がある。

## 7 おわりに

本研究では、着ぐるみ装着者支援システムを提案し、ポージング支援機能と視界拡張機能を実装した。評価実験により、2つの機能について、それぞれの有用性が確認できた。

しかし、現在のポージング支援機能は据え置き型カメラを用いるため、ステージで使用する事ができるがアミューズメントスポットなどで使用するためには他の方法を採用する必要がある。この問題を解決するため、装着型センサの値から自分の姿を予測し、提示する機能の実現などを考えている。また、視界拡張機能は微小距離のトレイグジスタンス技術ともいえるため、これまでにトレイグジスタンスにおいて実現されてきた様々な臨場感の再現機能に関しても今後、積極的に取り組んでいきたい。他にも、空調服の技術を取り入れるなどして着ぐるみ装着時の環境を快適にする方法を実現したいと考えている。

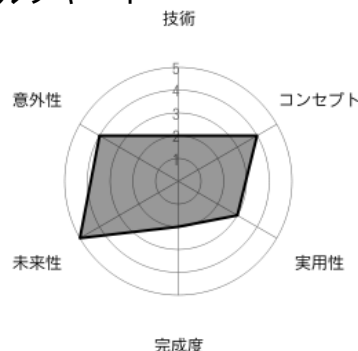
## 謝辞

本研究の一部は、科学技術振興機構戦略的創造研究推進事業(さがけ)および文部科学省科学研究費補助金基盤研究(A)(20240009)によるものである。ここに記して謝意を表す。

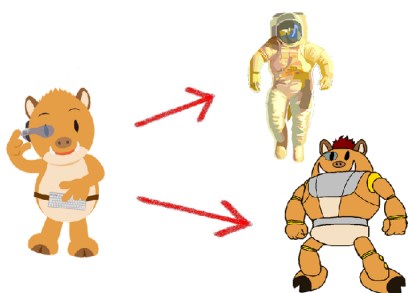
## 参考文献

- [1] くるくるねっとまつもと: 着ぐるみの心得, 松本市ホームページ. <http://www.city.matsumoto.nagano.jp/aramasi/sisei/100syunen/kigurumikasidasaiyouko/index.html>.
- [2] 八木下勝利, 古山隆志, 大久保直人, 山中 一, 山本正信. 映画からの俳優の演技と測定とCGによる再現, 情報処理学会研究報告(グラフィックスとCAD研究会報告), Vol. 98, No. 112, pp. 13-18, 1998.
- [3] 吉村ミツ, 村里英樹, 甲斐民子. 赤外線追跡装置による日本舞踊動作の解析, 電子情報通信学会論文誌, Vol. 87, No. 3, pp. 779-788, 2004.
- [4] 市原栄太郎, 高尾広行, 大田友一. NaviView: 仮想車載カメラ映像による運転者の視覚支援, 電子情報通信学会論文誌, Vol. 82, No. 10, pp. 1816-1825, 1999.
- [5] 本荘直樹, 伊坂忠夫, 満田 隆, 川村貞夫. HMDを用いたスポーツスキルの学習方法の提案, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 10, No. 1, pp. 63-70, 2005.

## アピールチャート



## 未来ビジョン



宇宙や戦場などの極限状態では、予期せぬ事態が身の周りで起こるため、常に周囲の状況を把握することが重要になる。しかし、無重力である宇宙空間で、形状の大きな宇宙服を装着した宇宙飛行士の身体は極端に制限されるため、周囲の状況を認識することは極めて困難である。そこで、体の数か所に取り付けたカメラの映像を簡単な操作で確認できるシステムが開発されれば、船外活動を行う宇宙飛行士の恐怖感を和らげることができるかも

しれない。また、戦場において、このシステムを使用することで、迫り来る敵を容易に見つけられ、難を逃れられるかもしれない。加えて、軍用全身装着型パワードスーツが戦場などで使用されるためには、このシステム以外に、体の大きさが容易に感知できるシステムなどが開発される必要がある。

将来的に、人間の動作に付随して動く巨大人型ロボットが開発された場合、視界を拡張するシステムや身体性の拡張を得られるシステムの重要性はより高まるだろう。

さらに、容易に身体性が得られるシステムが開発されれば、人々が日常的に着ぐるみを装着して街に繰り出す社会がやってくるかもしれない。そのような社会になれば、装着した着ぐるみのキャラクタになりきった生活を送ることができ、人間として送る生活より楽しい一面を感じることができるかもしれない。

今回の提案システムは上記したことを実現する第一歩となり、未来につながるシステムであると考えている。