

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

寺田 努^{1,2,a)} 岡崎 辰彦^{1,b)} 塚本 昌彦^{1,c)}

概要：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ー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ー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が人間と異なっていることが多いため、着ぐるみ装着者が周囲にある障害物を避ける際に装着者自身と着ぐるみの大きさの違いを意識しなければならず、直観的に障害物を避けることが困難である。そこで本研究では、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を提案する。この手法を用いることで、装着者は装着者自身と着ぐるみの大きさの違いを意識せずに周囲にある障害物を自然に回避できる。評価実験の結果から着ぐるみ装着者が障害物を避ける際に提案システムは有効であると確認できた。

1. はじめに

エンタテインメントは日々多様化している。多様なエンタテインメントの中でも着ぐるみを用いたパフォーマンスは世代を問わずに人気があるため、テーマパークや様々なイベントで数多く披露されている。着ぐるみは仮想キャラクター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ーらしく自然に振る舞うことが重要となる。しかし、着ぐるみの体の大きさは人間と異なっているものが多いため、着ぐるみを装着した状態で自然に振る舞うことは難しい。特に、着ぐるみ装着者が障害物を避ける際には常に着ぐるみと装着者自身の大きさの違いを意識しなければならず、直観的に障害物を避けられない。そのため、咄嗟に障害物を避ける際に大きさの違いを意識できず、障害物に当たってしまったり、また、障害物を確実に避けようとして障害物を大きく避けるなど不自然な動作をしてしまう場合がある。また、着ぐるみが大きければ大きいほど、着ぐるみと装着者自身の大きさの違いを正確に認識することが難しくなり、大きさの違いを意識しても障害物に当たる可能性が高くなる。加えて、観客の行動に対してリアクションするなど周囲の状況を気にしなければ

ならない中で、常に着ぐるみの大きさを意識しておくことは、着ぐるみ装着者にとって大きな負担となる。したがって、着ぐるみ装着者が扮したキャラクターらしく自然に振る舞うためには十分な経験を積む必要があるが、初心者が着ぐるみを装着する機会は多く、不自然な動作をする着ぐるみがたくさん存在しているのが現状である。

一方、近年では拡張現実感 (Augmented Reality) と呼ばれる技術が注目され、様々な分野に応用されている。拡張現実とは仮想的な物体をあたかも現実空間に存在するように重ね合わせて表示する技術である。AR技術を用いることで、現実空間を見ているだけでは得られない情報を得ることができる。

そこで本研究では、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を提案する。提案システムでは、障害物を避ける際に着ぐるみと着ぐるみ装着者の横幅の差の分だけ拡大した仮想の障害物を装着者に提示する。装着者は、仮想の障害物を装着者自身の身体感覚で直観的に避けることで、着ぐるみの大きさを意識せず障害物を回避することが可能となるため、装着者の負担が低減し、より簡単に自然な振る舞いができるようになる。

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章で提案システムの評価と考察を行い、6章で本論文をまとめる。

¹ 神戸大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kobe University, Kobe,
657-8501, Japan

² 科学技術振興機構さきかけ
PRESTO, Japan Science and Technology Agency

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

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

c) tuka@kobe-u.ac.jp

2. 関連研究

着ぐるみ装着者を支援する取り組みとして、筆者らは、着ぐるみ装着者支援システム [1] を提案している。このシステムを使用することで、着ぐるみの姿勢を認識しづらいという問題や視界が狭いため周囲の状況を認識しづらいという問題を解決できる。Slyper らは、着ぐるみが人と会話できるシステム [2] 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、あらかじめ録音したキャラクターの音声 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。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 [3] では、表情による入力インタフェースを提案している。フォトフレクタにより、着ぐるみ装着者の表情を検出し、着ぐるみの顔に取り付けられたアクチュエータを制御することで、装着者の表情に合わせて着ぐるみの表情を操作する試みを行っている。

AR 技術を用いた研究としては、拡張現実表示技術を用いたギターの演奏支援システム [4] がある。このシステムでは、演奏支援情報をディスプレイを通してギター上に重ね合わせることで演奏者のギター演奏を支援している。また、鳴海らは、リアルタイムに食品の見目のサイズを変化させることで、意識や努力を必要とすることなくユーザの食事摂取量をコントロールする研究を行っている [5]。萌え木 [6] では、植物を表現する役割を担うエージェントを仮想的に存在させることで、植物を育てる際の魅力を増幅させるシステムを提案している。

このように、着ぐるみ装着者を支援する取り組みや AR 技術を用いてユーザを支援したり、ユーザの感覚を操作する試みは行われているが、本研究のように着ぐるみ装着時における身体の大きさの違いにより生じる問題を解決する研究は、筆者らの研究以外に行われていない。

頭部装着型ディスプレイ (HMD: Head Mounted Display) を用いたユーザ支援の試みはいくつか行われている。映像と連動したインタラクティブパフォーマンスのための演者支援システム [7] では、HMD 上に映像情報を提示し、映像と連動したパフォーマンスを行う演者を支援することの有用性を評価している。HMD を使用することで、演者は向きや姿勢を制限されずに、常に映像情報を確認しながら映像と連動したパフォーマンスができる。Stochasticks[8] では、HMD の画面上に情報を表示し、競技の支援を行っている。この研究では、ビリヤードの球と台の位置を画像認識し、透過型の両眼 HMD に補助線を表示するなどの手法で、ユーザにショットの選択を推薦して狙いをつける補助を行っている。また、イベントなどの司会者を支援するシステム [9] では、司会者は HMD 通して、決められたセリフやディレクタからの指示を確認しながら司会を進行できる。これにより、司会者はステージ上でもディレクタから

話す内容や時間などの指示を得ることができ、円滑な司会進行が可能となる。しかし、本研究のように、HMD を用いて着ぐるみ装着者を支援する試みは行われていない。

障害物回避支援の取り組みとして、細田らは、人間共生ロボットの衝突回避制御システム [10] を提案している。ロボットに取り付けたレーザスキャナにより、動的障害物の位置と移動速度を検出し、これらの情報に基づき、将来の障害物との衝突を回避することが可能な経路を導くことができる。また、井上らは、個人用知的移動体が自動走行を行うために重要となる障害物の自動回避を効率的に行えるシステム [11] を提案している。焦電センサを用いることで、静止障害物か移動障害物かを判別し、それぞれの障害物を避けるのに適した移動経路を推定できる。これらの研究のように、障害物回避についての研究はロボットを対象としたものが多く、着ぐるみと人間の大きさの違いを考慮した障害物回避支援の研究は行われていない。

3. システム設計

3.1 予備検討

着ぐるみ装着者が自然な演技や行動を行うためには、装着者が着ぐるみの大きさを理解する必要がある。今回の手法を提案する以前、目と目の間隔が顔の大きさを認識するために重要となる可能性があり、下記の装置を使えば着ぐるみの顔の大きさを実感できるのではないかと考えた。

実験: 着ぐるみの両目に取り付けた2つのカメラの映像を両眼 HMD によってサイドバイサイド方式で見る。

この実験で用いた着ぐるみの目と目の間隔は約 20cm であった。着ぐるみの両目に取り付けたカメラの映像を上記の方法により約 30 分間見たが、顔が大きくなったという感覚は得られなかった。この結果より、単純にカメラを着ぐるみの目に配置することでは着ぐるみの身体感覚を得ることは難しいと判断した。

そこで本研究では、周辺環境を操作することで、装着者自身が人間としての身体感覚で障害物を自然に避けることを可能とする障害物回避手法を提案する。

3.2 障害物回避手法

着ぐるみ装着者は、障害物を避ける際、当たらないようにするために常に着ぐるみの大きさを意識しなければならない。しかし、観客の行動に対してリアクションをするなど周囲の状況を気にしなければならない中で、常に着ぐるみの大きさを意識しておくことは、着ぐるみ装着者にとって大きな負担となる。そこで、着ぐるみの大きさを意識せずとも、障害物を回避できるようになるオブジェクト拡大提示に基づく障害物回避手法を提案する。提案システムでは、障害物を避ける際に着ぐるみと着ぐるみ装着者の横幅の差の分だけ拡大した仮想の障害物を装着者に提示する。

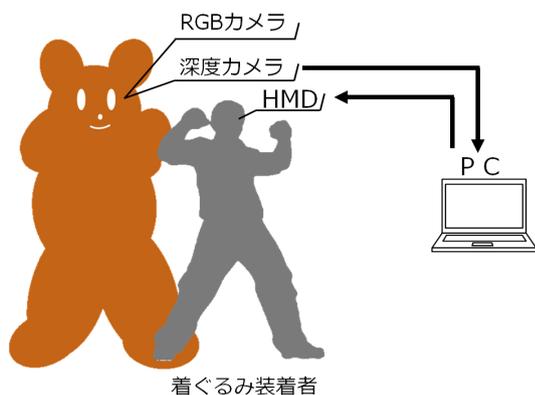


図 1 システム構成
Fig. 1 System structure

装着者は、仮想の障害物を装着者自身の身体感覚で直観的に避けることで、着ぐるみの大きさを意識せず障害物を回避できるようになる。

着ぐるみ装着者は HMD と PC を装着し、着ぐるみの顔に RGB カメラと深度カメラを取り付ける (図 1)。装着者の HMD 上には、着ぐるみの顔に取り付けたカメラで撮影した映像を表示する。システムにより、着ぐるみから一定の距離内に存在する物体は装着者と着ぐるみの横幅の分だけ拡大されてカメラ映像中に表示される。物体を拡大して提示する処理の流れを図 2 に示す。まず、深度センサにより、着ぐるみ前方に存在する物体の距離を測り、あらかじめ定めた距離内に存在するカメラ映像中の物体を画像として抽出し、重心座標を求める。次に、重心を中心として物体を装着者と着ぐるみの横幅の差の分だけ拡大する。拡大率の詳しい計算方法は次節で説明する。その後、拡大した画像を再びカメラ映像に重ね合わせて表示する。カメラ映像中に複数の物体が存在する場合でも、深度カメラの映像において、連結している画素毎でラベルを与えることによって、物体を分類し、それぞれの物体を個別に拡大する (図 3)。

提案システム使用時における障害物の避け方が未使用時に比べ、どのように変化するかを筆者自ら障害物を避けることにより調べた。提案システムを使用時と未使用時における障害物を避ける際の移動軌跡の概略を図 4 に示す。この際、どちらの場合においても、筆者自身の身体感覚を基に障害物を避けた。図 4 に示すように、提案システム使用時は未使用時に比べ、障害物を避ける幅が大きくなり、また、避け始める位置も手前になっている。図中の点線の円は仮想的な着ぐるみの大きさを表している。このような大きさの着ぐるみを装着していると考えた際、着ぐるみ装着者が自身の身体感覚で障害物を避けると障害物に当たってしまうが、提案システムを使用すれば、装着者が自身の身体感覚で障害物を避けても障害物に当たらないことがわかる。これにより、提案システムを使用すれば、着ぐるみ装着者は装着者自身の身体感覚で障害物を避けることが可能

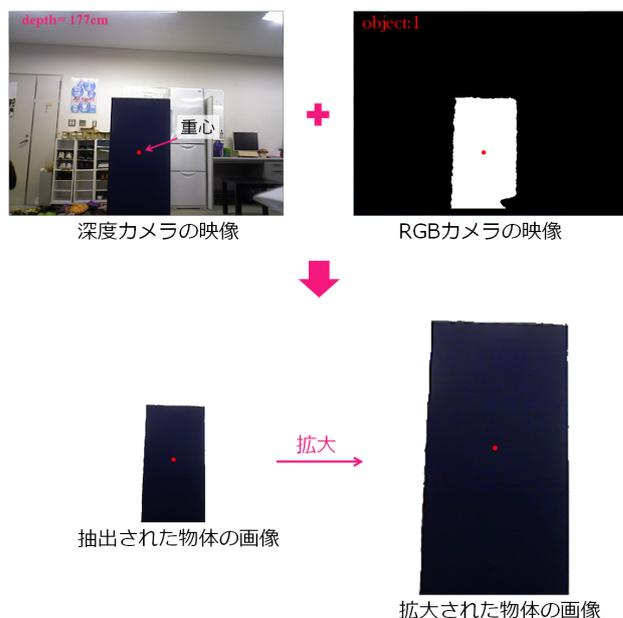


図 2 拡大処理の流れ
Fig. 2 Process of expanding objects

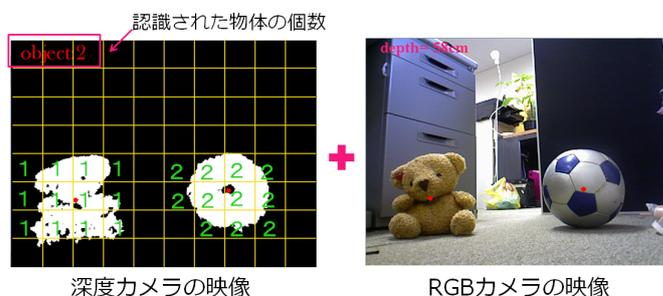


図 3 複数の物体が拡大される様子
Fig. 3 Expanded multiple objects

になり、常に着ぐるみの大きさを意識しなければならないという煩わしさを解消できると考えられる。

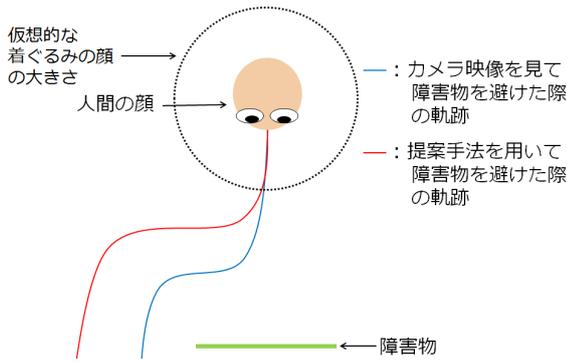


図 4 障害物を避ける際の移動軌跡
Fig. 4 Trajectory to avoid a obstacle

3.3 拡大率の計算手法

まず、横幅 $A(\text{cm})$ の物体を $d_{const}(\text{cm})$ 離れた位置から撮影した際のカメラ映像中の物体の横幅 $a_{const}(\text{pixel})$ を記録する。このとき、物体の横幅 $A(\text{cm})$ 、物体とカメラの距離 $d_{const}(\text{cm})$ も記録しておく。記録した値を用いると、物体と着ぐるみの距離が $d(\text{cm})$ になった際のカメラ映像中の 1 ピクセルあたりの長さ $n(\text{cm}/\text{pixel})$ は次式で求まる。

$$n = \frac{A}{a_{const}} \times \frac{d}{d_{const}}$$

ここで、着ぐるみと着ぐるみ装着者の横幅の差が片側ずつ $B(\text{cm})$ であるとき、カメラ映像中の物体の横幅を片側ずつ $B/n(\text{pixel})$ 大きくすればよい。これより、物体と着ぐるみの距離が $d(\text{cm})$ でカメラ映像中の物体の横幅が $a(\text{pixel})$ である場合の拡大率は次のように求まる。

$$\text{拡大率} = 1 + 2 \times \frac{B}{A} \times \frac{d_{const}}{d} \times \frac{a_{const}}{a}$$

4. システムの実装

本研究で提案する障害物回避手法のプロトタイプを実装した。用いるデバイスとして、PC は、富士通社の FMV-BIBLO MG/G73(CPU: Corei3-330M 2.13GHz × 2, メモリ: 4GB) を使用し、HMD は両眼タイプである Vuzix 社の Wrap 920 を使用した。また、カメラは RGB カメラと深度カメラが一体となっている ASUS 社の Xtion PRO LIVE を使用した。ソフトウェア部分は processing[12] 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に提案システムについて評価を行った。12 名の被験者に障害物を避ける実験と障害物の隙間を通れるかを判断する実験の 2 種類を行わせた。今回の実験では、着ぐるみの頭部付近に存在する障害物を避けることを想定したため、実験を行う際、被験者には図 5 に示す横幅の直径 65cm の着ぐるみの頭を想定した被り物を装着させた。実験に用いる障害物としては、図 6 に示す 25cm 四方の板を用意した。提案システムにおける拡大率については、被験者の顔の横幅の直径を 25cm

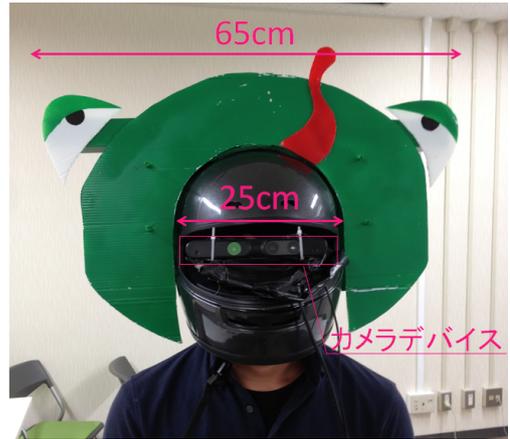


図 5 実験に用いる着ぐるみの頭を想定した被り物
Fig. 5 A Headdress used in the experiment that assumes the head of stuffed suit

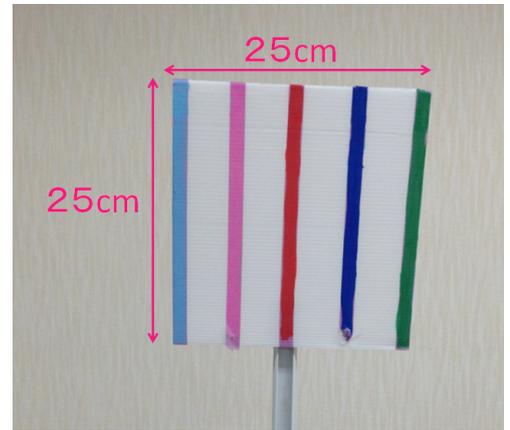


図 6 実験で使用した障害物
Fig. 6 A obstacle used for the experiment

と定めたため、システム使用時は障害物の横幅が片側ずつ 20cm 拡大されるように拡大率を設定した。また、拡大する障害物の拡大の基準点を変えることで、ユーザの動作が変化するかを調べるために 12 名中の 8 名には、拡大した障害物と通常の障害物の重心が一致するように重ね合わせた映像を提示し、他の 4 名にはそれぞれの障害物の底辺の中心が一致するように重ね合わせた映像を提示した。被験者には、あらかじめ被り物の大きさを確認させてから実験を行わせた。以下、障害物を避ける実験と障害物の隙間を通れるかを判断する実験についてそれぞれ述べる。

5.1 障害物を避ける実験

5.1.1 実験内容

障害物を避ける実験により、提案システムを用いることで、着ぐるみ装着者自身の身体感覚で直観的に障害物を避けられるようになるかを確かめた。被験者は、システム使用時と未使用時で図 7 に示すように配置された障害物を図上の赤線で示されるように左右交互に避ける。この際、システム使用時は、拡大された障害物を被験者自身の身体感

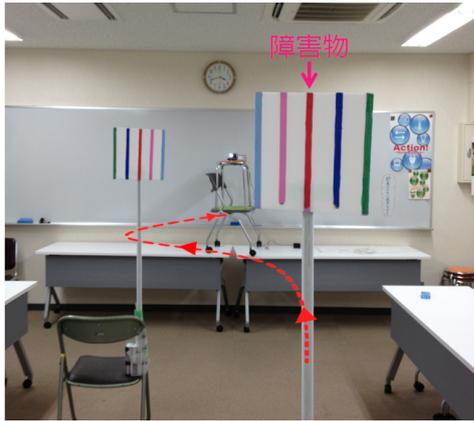


図 7 障害物の避け方

Fig. 7 Way to avoid the obstacles

覚に基づいて避け、未使用時は、着ぐるみの大きさを考慮して障害物を避ける。システム未使用時であっても、被験者はカメラの映像を見ながら動作を行う。システム未使用時に被験者に提示される映像を図 8(a)、システム使用時に被験者に提示される映像を図 8(b) に示す。画面左上には、被験者と障害物との距離が表示されている。この動作について、システム使用時と未使用時で、障害物を避ける際の避け幅を測定した。また、実験終了後に、被験者に以下の 3 つの質問についてアンケート評価を行った。

質問 1 着ぐるみの顔の大きさを意識せずに障害物を避けられたか?

質問 2 提案システムを使用しなかった場合に比べ、システムを使用した場合には障害物を避け易くなったか?

質問 3 障害物を避ける際、提案システムを使用した方が良かったか?

質問 2 に関しては、5 段階でアンケート評価を行った。避け難くなったならば 1 点、少し避け難くなったならば 2 点、変わらないならば 3 点、少し避け易くなったならば 4 点、避け易くなったならば 5 点とした。

5.1.2 実験結果

提案システムにおける障害物拡大の基準位置の違いによるユーザ動作の変化は見られなかったため、12 名の結果をまとめて考察する。障害物を避ける際の避け幅の測定結果の平均値を表 1 に示す。障害物を左側に避けた際の避け幅は提案システム使用時の方が小さくなり、右側に避けた際の避け幅は、未使用時の方が小さくなった。しかし、左右どちらにおいても、システム使用時、未使用時ではほぼ同じ値となった。これより、システムの有無に関わらず、同程度の避け幅で障害物を避けられると分かった。右側の避け幅の値が左側の避け幅の値より大きくなった理由について、正確な原因はわからないが、本研究で使用したカメラデバイスにおいて、RGB カメラがデバイスの中心より左側に設置されていたことが関係しているのではないかと考えられる。アンケート評価における質問 1 の結果を表 2(a)



(a)システム未使用時の画面



(b)システム使用時の画面

図 8 HMD に表示される映像

Fig. 8 The images on HMD

に示す。システムを使用しなかった場合において、11 名の被験者が着ぐるみの大きさを意識したと回答した。また、システムを使用した場合には、11 名の被験者が着ぐるみの大きさを意識しなかったと回答した。これより、提案システムを用いることで、着ぐるみ装着者自身の感覚で障害物を避けれると確認できた。アンケート評価における質問 2 の結果を表 2(b)、質問 3 の結果を表 2(c)、被験者のコメントを表 3 に示す。4 名の被験者がシステムを使用すると障害物を避け易くなる、5 名の被験者が少し避け易くなると回答したが、3 名の被験者は変わらないと回答した。また、質問 4 については、質問 3 で 4 点以上を付けた 9 名がシステムがあった方がよいと回答し、3 点を付けた 3 名がシステムはなくてもよいと回答した。2 点以下を付けた被験者はいなかったため、着ぐるみ装着者が障害物を避ける際に提案システムは有効であると考えられる。また、被験者のコメントより、システムを使用することで、着ぐるみの大きさを意識する必要がなくなるため、当たるかもしれないという不安を抱かずに障害物を楽に避けられると分かった。一方で、着ぐるみの大きさを意識して障害物を避けることに抵抗がなかったり、着ぐるみを装着しているのに、着ぐるみ装着者自身の感覚で障害物を避けることに違和感を感じたりする人には、あまり効果的でない確認できた。

結果をまとめて考察すると、提案システムを使用することで、障害物を避ける際に常に着ぐるみの大きさを意識しなければならないという煩わさを解消でき、また、障害物を咄嗟に避けるなど、着ぐるみ装着者自身の身体感覚で直

表 1 障害物の避け幅

Table 1 Width of the obstacle avoiding

障害物の避け幅 (cm)	左側	右側
支援なし	16.3	25.8
支援あり	10.5	27.1

表 2 質問の結果

Table 2 The result of question

(a) 質問 1 の結果

	意識した	意識していない
支援なし	11 人	1 人
支援あり	1 人	11 人

(b) 質問 2 の結果

得点	1	2	3	4	5
人数	0 人	0 人	3 人	5 人	4 人

(c) 質問 3 の結果

	はい	いいえ
回答	9 人	3 人

表 3 被験者のコメント

Table 3 Comments of the subjects

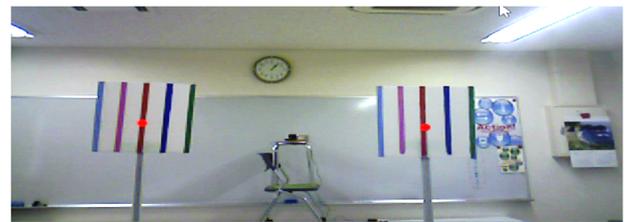
避け易くなると回答した被験者のコメント
<ul style="list-style-type: none"> 提案システムを使用した場合は着ぐるみの大きさを考えなくてよいので楽に避けられる。 何も考えずに自然に避けられるので、他のことに集中できそう。 自分自身の感覚で避けられるので安心感がある。 支援がない場合は、必要以上に距離をとらないと当たるのではないかと不安だった。
変わらないと回答した被験者のコメント
<ul style="list-style-type: none"> 提案システムを使用しなくても、着ぐるみの大きさを意識して動けると思う。 提案システムを使用する場合において、着ぐるみの装着感があるのに、着ぐるみ装着者自身の身体感覚で障害物を避けることに違和感を感じる。

観的に行動してしまう場面において提案システムは有用に働くと考えられる。

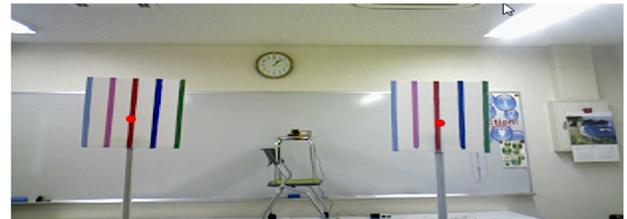
5.2 障害物の隙間を通れるかを判断する実験

5.2.1 実験内容

障害物の隙間を通れるかを判断する実験により、提案システムを使用することで、着ぐるみが通れる隙間を判断し易くなるかを確かめた。被験者はシステム使用時と未使用時で障害物の隙間を通れるかを判断する。この際、システム使用時は、拡大された障害物の隙間を被験者自身の頭が通れるかを判断し、未使用時は、通常の大きさの障害物の隙間を着ぐるみの頭が通れるかを判断する。隙間の幅は着ぐる



50cm



60cm



70cm



80cm

図 9 支援なしの際に HMD に表示される映像

Fig. 9 The images on HMD without proposed system

るみを装着した状態では通れない幅 (50cm, 60cm) と通れる幅 (70cm, 80cm) の 4 種類を用意した。システム未使用時に被験者に提示される映像を図 9、システム使用時に被験者に提示される映像を図 10 に示す。実験では、障害物から 150cm 離れた位置から 2 つの障害物を見せ、隙間を通れるか通れないかを答えさせた。この際、4 パターンの幅を提示する順番はランダムとし、幅を変える際には、被験者に目を閉じさせ、幅をどのように変化させたかを認識させないようにした。また、障害物間の幅が 50cm, 60cm のときは通れないという回答を正答とし、幅が 70cm, 80cm のときは通れるという回答を正答とした。実験終了後に、“提案システムがある場合とない場合でどちらが判断し易かったか?” という質問についてアンケート評価を行った。

5.2.2 実験結果

提案システムにおける障害物拡大の基準位置の違いによるユーザ動作の変化は見られなかったため、12 名の結果をまとめて考察する。4 パターンの幅について、被験者の回答結果を表 4 に示す。まず、提案システムを使用しな

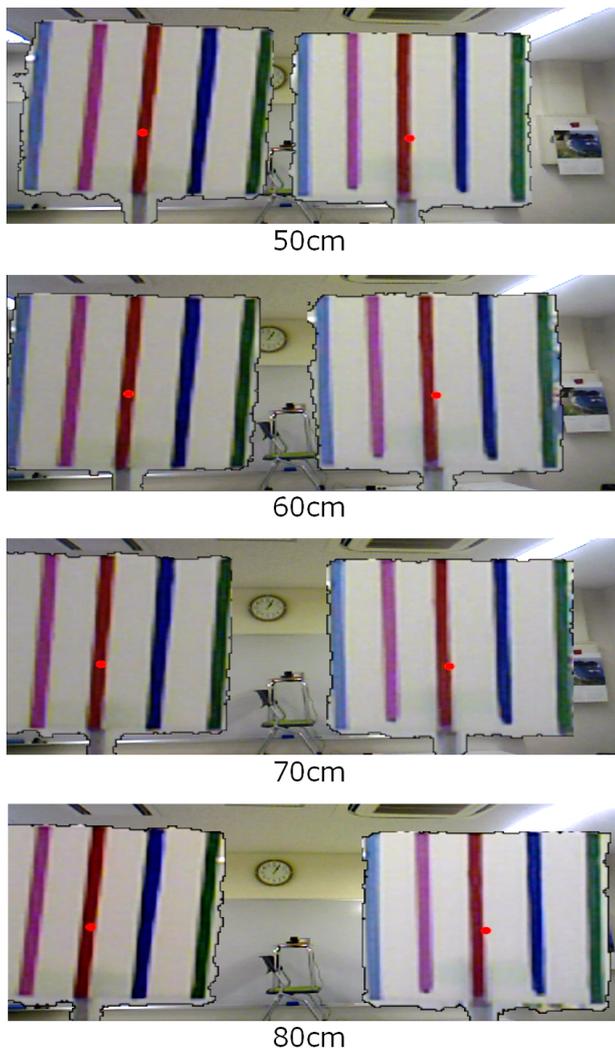


図 10 支援ありの際に HMD に表示される映像
 Fig. 10 The images on HMD with proposed system

い場合では、隙間の幅が 50cm のとき、正答したのは 1 人しかおらず、幅が 60cm においては、1 人も正答しなかった。それに反して、幅が 70cm, 80cm では、ほぼ全員が正答した。すべて正答した被験者の数は 0 人であった。システムを使用しない場合、着ぐるみの大きさを正確に覚えていなかったために隙間の幅が 50cm, 60cm でも通れると答えた被験者が多かったと考えられる。これより、着ぐるみの大きさを正確に認識することは困難であり、着ぐるみ装着者が提案システムを使用しないで障害物の隙間を通れるか通れないかを判断することは難しいと分かった。次に、システムを使用した場合では、隙間の幅が 50cm, 60cm において、すべての被験者が正答した。しかし、70cm のときは 4 人、80cm のときは 6 人しか正答しなかった。すべて正答した被験者の数は 4 人であった。これより、提案システムを使用することで、障害物の隙間を通れるか通れないかを判断し易くなると確認できた。隙間の幅が 70cm, 80cm で通れないと回答した被験者が多かった理由としては、システム使用時では、障害物が拡大され、通常の障害物に比

べてとても大きくなることで相対的に隙間の幅が狭く感じられるためではないかと考えられる。アンケート評価における質問の回答結果を表 5、被験者のコメントを表 6 に示す。9 名の被験者は提案システムを使用する場合の方が判断し易いと回答し、3 名の被験者がシステムを使用しない場合の方が判断し易いと回答した。また、被験者のコメントより、提案システムを使用すれば、通れない幅を判断することが容易になるが、通れる幅においては、幅が明らかに広くない限り、確実に通れると判断するのは容易ではないと分かった。結果をまとめて考察すると、提案システムを使用することで、障害物の隙間を通れるかを判断し易くなる可能性があること確認できた。また、提案システムを用いれば、着ぐるみの大きさを正確に覚えておく必要がなくなるため、様々な種類の着ぐるみを付け替えるような場合に装着者の負担を減らせると考えられる。

6. おわりに

本研究では、AR 技術を用いて周辺環境を操作することで、着ぐるみ装着者自身の身体感覚で障害物を避けることを可能とする着ぐるみ装着者のためのオブジェクト拡大提示に基づく障害物回避手法を提案した。評価実験により、提案システムを用いることで、着ぐるみの大きさを意識せずとも障害物を回避できるだけでなく、着ぐるみ装着者自身の感覚で障害物の隙間を通れるかを判断できる可能性があること確認できた。これにより、提案システムを用いれば、常に着ぐるみの大きさを意識する必要がなくなるため、着ぐるみ装着者の負担を軽減できると考えられる。一方で、提案システムを用いた場合、障害物がもとの位置より前方にあるように感じられたり、速く動く処理が追い付かず障害物が消えるという問題が生じた。1 つ目の問題を解決する方法としては、提案システム使用時においても、通常の障害物を見えるようにするなどして障害物の正しい存在位置をユーザに知らせるようになる必要がある。2 つ目の問題を解決するためには、アルゴリズムを改良して、処理速度を速くする必要がある。また、現段階では、あらかじめ定めた距離に存在するすべて物体を拡大してしまうため、観客と交流する際などに問題が生じる恐れがある。実用的に使うためには、障害物として扱う物体とそうでない物体を区別する仕組みをシステムに組み込まなければならないなど多くの課題が残っている。そして、このような課題を解決すれば、着ぐるみ装着者と同じように大きさの違いを考慮して障害物を避けるなどの行動をしなければならない自動車の運転手や飛行機、船などの操縦士にも応用できるのではないかと考えている。

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(さきがけ)および文部科学省科学研究費補助金基盤研究(A)(20240009, 23240010)によるものである。ここに記して謝意を表す。

表 4 回答の正答者数

Table 4 The number of correct answers

	50cm	60cm	70cm	80cm
正答した人数 (支援なし)	1 人	0 人	11 人	11 人
正答した人数 (支援あり)	12 人	12 人	4 人	6 人

表 5 質問の結果

Table 5 The result of question

	支援なし	支援あり
回答	3 人	9 人

表 6 被験者のコメント

Table 6 Comments of the subjects

支援ありの方が判断し易いと回答した被験者のコメント
<ul style="list-style-type: none"> ・自分の顔の大きさはだいたい分かっているので判断し易い. ・着ぐるみの大きさが途中で分からなくなった. ・支援ありのとき、通れるかを迷うことが多かったが、通れないと判断したときは明らかに幅が狭いと感じた. ・提案手法を使用しない場合は着ぐるみの頭のサイズを考慮するから迷う.
支援なしのほうが判断し易いと回答した被験者のコメント
<ul style="list-style-type: none"> ・提案システムを使用しない場合は明らかに通れると感じたものばかりだったが、提案システムを使用する場合は通れるか通れないか迷うことが多かった. ・システム使用時では、すぐ前に障害物があるように見えるため、通れる幅でも通れないと感じた. 拡大した障害物がもう少し後ろにあるように見えれば、同じ幅の隙間でも通れると感じるかもしれない.

参考文献

- [1] 岡崎 辰彦, 寺田 努, 塚本 昌彦: 身体性を考慮した着ぐるみ装着者支援システム, 日本ソフトウェア科学会第 19 回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 (WISS2011) 論文集, pp. 108-113 (2011).
- [2] 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).
- [3] 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).
- [4] 元川 洋一, 斎藤 英雄: 拡張現実表示技術を用いたギターの演奏支援システム, 映像情報メディア学会誌, Vol. 61, No. 6, pp. 789-796 (2007).
- [5] 鳴海 拓志, 伴 祐樹, 梶波 崇, 谷川 智洋, 廣瀬 通孝: 拡張満腹感: 拡張現実感を利用した食品の見た目の操作による満腹感のコントロール, インタラクシオン 2012 論文集, pp. 25-32 (2012).
- [6] 西田 健志, 大和田 茂: 萌え木: 拡張現実による植物育成支援, 日本ソフトウェア科学会第 14 回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 (WISS2006) 論文集, pp. 23-26 (2006).
- [7] J, Ikeda., Y, Takegawa., T, Terada., and M, Tsukamoto.: Evaluation on Performer Support Methods for Interactive Performances Using Projector, *iiWAS/MoMM2009 Special issue in Journal of Mobile Multimedia (JMM)*, Vol. 6, No. 3, pp. 207-226 (2010).
- [8] T, Jebara., C, Eyster., J, Weaver., T, Starner., and A, Pentland.: Stochastics: Augmenting the Billiards Experience with Probabilistic Vision and Wearable Computers, *Proc. of International Symposium on Wearable Computers (ISWC1997)*, pp. 138-145 (1997).
- [9] 岡田智成, 山本哲也, 寺田 努, 塚本昌彦: ウェアラブル MC システム: 司会進行を支援するウェアラブルシステムの設計と実装, コンピュータソフトウェア (日本ソフトウェア科学会論文誌) インタラクティブソフトウェア特集, Vol. 28, No. 2, pp. 162-171 (2011).
- [10] 細田 祐司, 山本 健次郎, 一野瀬 亮子, 柄川 素, 玉本 淳一, 坪内 孝司: 人間共生ロボットの衝突回避制御, 日本機械学会論文集 C 編, Vol. 77, No. 775, pp. 1051-1061 (2011).
- [11] 井上 泰佑, 尾崎 宏樹, 安田 知加, 森 直史, 長尾 確: 3V-5 個人用知的移動体による自動走行と障害物回避, 全国大会論文集, Vol. 71 No. 3, pp. "3-219"- "3-220" (2009).
- [12] Fry, B. and Reas, C.: Processing, Processing.org, <http://processing.org/>.