

複合現実を用いたアバター操縦技能訓練システムの構築

～リアルタイム振る舞い可視化機能による上達過程の記述的分析～

八木 悠介*¹, 米谷 雄介*¹, 後藤田 中*¹, 八重樫 理人*¹, 林 敏浩*¹

*¹ 香川大学創造工学部

Development of an Avatar Control Skill Training System Using Mixed Reality: Descriptive Analysis of Improvement Process Using Real-time Behavioral Visualization Function

Yusuke Yagi*¹, Yusuke Kometani*¹, Naka Gotoda*¹,
Rihito Yaegashi*¹, Toshihiro Hayashi*¹

*¹ Faculty of Engineering and Design, Kagawa University

アバターを使った新たなオンラインコミュニケーションの形態が10年20年後の未来で主流になることを仮定し、アバター操縦者がアバターの身体構造を視覚的に把握しながら振る舞い訓練を実施可能なシステム構築する。姿勢推定技術を用いたアバター操縦機能、複合現実によるアバターの可視化、アバターのサイズ・向き変更機能を組み込んだ訓練システムを開発した。本システムの実践協力者から収集した姿勢推定データのログおよび映像に基づき上達過程を記述し、訓練効果を明らかにした。

キーワード: VR, AR, MR, HMD, アバター, 動作トレーニング, カメラセンサー, 姿勢推定 AI, 可視化

1. はじめに

2019年12月から世界的に流行した新型コロナウイルス感染症(COVID-19)が契機となり、我が国でもWeb会議システムを利用したテレワークやオンライン授業のようなオンラインコミュニケーションの機会が増えている。オンラインコミュニケーションは、相手と直接会うことなくパソコンや携帯電話などの端末を使い「文章」、「音声」、「映像」などの電子情報を介して自分の意思を簡単に相手に伝えることが可能な手段として利用されている身近なコミュニケーション形態の1つであると言える。

星ら⁽¹⁾の試みとして、Web会議システムとSNSを活用したオンライン研修会のアンケートでは、「受講者の反応が分からない」、「誰が参加しているのかわからない」といった回答が上がっている。Web会議システムを使ったオンラインコミュニケーションで発生する課題に対して、バーチャルアバター(以降、アバター

と呼称)を用いることでバーチャル空間を通じてコミュニケーションをおこなうことによってオンラインでのスムーズなコミュニケーションの実現が期待できる。さらに、アバターには見た目に対する制限がなく自分自身が好きな見目で自由な表現を楽しむことが可能である。これらのメリットから10年20年後の未来では一人一人がアバターを使った新たなオンラインコミュニケーションの形態が主流になっていくのではないかと考えられる。

本研究では、アバターを使ったコミュニケーションの際に生じる課題の解決を目指す。アバターを使ったコミュニケーションの際にアバターの身体構造を意識せず操縦者が普段おこなっている振る舞いをアバター越しにおこなってしまうと、アバターに反映される振る舞いが不自然になりオンラインコミュニケーションの質が下がってしまうという課題がある。アバターによる自然なオンラインコミュニケーションをおこなうためにはこの問題を解決する必要がある。

コミュニケーションの質として、石丸ら^②は人がコミュニケーションを取る際に相手の印象を決定づける要因となる「視覚情報」、「聴覚情報」、「言語情報」が関係していることを示した。石丸らは、これらの3つの要因を構成する要素として、没入感や一体感などといった人と人がコミュニケーションをおこなう際、得られる情報の量によってコミュニケーションの質は変化するものであると定めた。

本研究では、3つの要因の中から「視覚情報」に着目し、アバターを使用したコミュニケーションで自分の意思を適切に相手に伝えることを目指す。アバター操縦者がアバターの身体の食い込み等の問題を改善するためには、アバター操縦者に対してアバターの動きを視覚的にフィードバックし、身体構造を把握しつつ操縦可能な環境が必要である。中山らの着ぐるみのポージング（一連の動きの中で周囲からの見た目を意識した身体制御のことをさす）を対象とした研究^③では、着ぐるみを装着していない状態の演者が着ぐるみの身体構造を意識した着ぐるみらしいポージングの練習を支援する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いる。このことから、アバターに対しても振る舞いの視覚的なフィードバックは有効だと考えられる。オンラインコミュニケーションにおいて相手からどのように見えているか、アバターがどのように動いているかを把握するためには三人称視点からの把握が有効であると考えられる。本研究では、アバター操作の経験が少ない操縦者が、アバターらしい振る舞いをするための、三人称視点による身体構造の把握を可能にした訓練システムの開発をおこなう。そしてシステムを使うことでアバターを通じた振る舞いに改善がみられるかどうかを確認し、本システムの有用性の検証をおこなう。

2. 先行研究・関連研究

2.1 Web システムを利用したオンライン研修会の試み

星ら^④は、Web 会議システムとソーシャル・ネットワークキング・サービスを活用したオンライン研修会を2020年3月～5月に計3回開催し、参加者に対してアンケート調査をおこなった。「会場に行かなく

てもよい」、「デモンストレーションが見やすい」、「自宅で視聴できる」などのメリットが挙げられた一方で「音声の問題」、「受講生の反応が分からない」、「誰が参加しているのか分からない」などのデメリットも挙げられた。

2.2 日常生活のバーチャル化によるコミュニケーションの質が低下する要因

石丸ら^②と人とのコミュニケーションが現実からオンライン上に変化したことで、オンライン（バーチャル空間）とオフライン（リアル空間）の間に存在するギャップが要因となり、コミュニケーションの質が下がるという問題に着目し、それらの要因を調査した。その結果、人とコミュニケーションを取る際、相手の印象を決定するための様々な要因として「視覚情報」、「聴覚情報」、「言語情報」が関係しており、それらの要因がコミュニケーションのオンライン化に際し、肉眼とカメラの違いがもたらす「立体感」の喪失等の情報の欠損がバーチャルとリアルのギャップに起因し、情報を効率的に伝えられないことによってコミュニケーションの質が低くなっている可能性を示した。

2.3 着ぐるみのポージングを視覚的にフィードバックするシステム

中山ら^③は、効率的・効果的に着ぐるみの動作練習をおこなえる訓練システムの提案をおこなった。着ぐるみらしさを表現するポージングを習得するためには（1）着ぐるみを装着しておこなう練習環境の不足、（2）着ぐるみと人間との身体構造の違いに起因する着ぐるみを装着しない状態での訓練の困難さといった問題がある。これらの問題を解決すべく、着ぐるみ非装着の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機能を提案した。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の技術を用いて取得し、それらを関連付けてデータベースとして用意した。ポージング練習では、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をおこなった。

3. アバター振る舞い訓練システムの設計

3.1 アバター操作をおこなう際の課題点

本研究におけるアバター振る舞い訓練とは、姿勢推定 AI を用いて取得された自身の身体動作データから視覚的に可視化されたアバターを参考にして、自身とは異なる身体構造をもつアバターを意識した振る舞いをおこなうための訓練のことである。アバター操縦には 1.1 節で述べたように、アバターの身体構造を意識せず操縦者が普段通りの振る舞いをアバター越しにおこなってしまうことで、腕が頭に食い込んだり、動きが小さく何をしているかわからないといった不自然な動きになってしまうという課題がある。この課題を解決するためには、アバターと自身の身体構造の違いを意識し、それを確認しながら訓練できる環境が必要である。

3.2 複合現実の利用

本システムでは、アバターの動きを三人称視点から確認するための方法として複合現実を用いる。複合現実 (Mixed Reality, 以下 MR) とは、現実世界と仮想世界を融合させ、双方の入り混じった新たな空間表現を実現する映像技術の総称である。本システムでは、Microsoft 社によって開発された Windows10 を搭載した MR ヘッドセットである Hololens2⁴⁾ を使用する。現実世界の空間を認識し、装着者のいる周りの形状・装着者の視線の向き・姿勢・移動をリアルタイムで把握することができる。それにより装着者が視線・姿勢・位置を変えても、3DCG を現実空間の同じ位置に配置させているように見せたり、3DCG を周囲から確認したりすることが可能である。装着後はハンドトラッキング機能によってコントローラー等の機器を持つことなく操作が可能で、仮想空間上に配置した 3DCG や仮想映像を掴んだり、動かしたりすることができる。

3.3 アバター振る舞い訓練システムの概要

本システムの概要図を図 1 に示す。まず、Web カメラの映像から姿勢推定 AI を利用しリアルタイムにモーションキャプチャをおこない、アバターを操作する。操作されているアバターの動きを Hololens2 に送信・

表示させることでリアルタイムにアバターの動きを三人称視点から確認しつつ、アバターの振る舞い訓練をおこなう。本システムを利用することで、アバターに反映される動きを意識して動き、腕などの各部位が他の部位に食い込まないように動けることが期待される。アバター操作時の操縦者とアバターの動作を映像・数値データとして記録し、それらのデータ組み合わせで上達過程を現象として記述することによって訓練効果を示す。



図 1 システムの概要図

4. アバター振る舞い訓練システムの開発

4.1 姿勢推定機能

4.1.1 Vision Pose

本システムでは、アバター操縦者の動作ログデータを取得するための手段として Vision Pose⁵⁾ を使用する。Vision Pose はネクストシステム社によって開発された、マーカーや深度センサなどを使わずに Web カメラを使用し骨格の検出する高精度の AI 姿勢推定エンジンである。Vision Pose によって取得されるログデータには骨格の座標データを可視化した映像ログと、各ポイントの X, Y 座標を時系列ごとにまとめた行動ログデータがある。

4.1.2 ThreeDPoseTracker

アバター操縦者の動きをアバターに適用するためにデジタル・スタンダード社で開発されている ThreeD PoseTracker (以下 TDPT) を使用する⁶⁾。TDPT は、Web カメラの映像や任意の動画から全身の関節の三次元座標を AI 技術によって検出し、その値を基にアバター (VRM モデル) を動かすためのソフトウェアである。TDPT は VMC Protocol (バーチャルモーションキャプチャプロトコル) というモーションデータ送信機能を搭載している。そのためアプリケーションに E VMC4U (Easy Virtual Motion Capture For Unity) というモーションデータを受信する機能を開発アプ

リケーション組み込むことで、アバターモーションの送受信が可能となる。

4.2 システムの構成とデータの流れ

図 2 に本システムの構成とデータの流れを示す。本システムでは 4.2.2 節で述べたように TDPT で推定したアバターモーションデータを受信するために、3D エンジンの Unity を使い Hololens2・PC 向けのアプリケーションを開発する。PC と Hololens2 間でのアバターの同期するために、ネットワーク同期を「Photon Unity Networking 2」によりおこなう。Photon Unity Networking 2 とは Unity を用いた開発において、ネットワーク通信を容易に実装することができるサービスである。このサービスを利用することで、TDPT によってモーションキャプチャしたアバターの Hololens2 への同期を実現している。

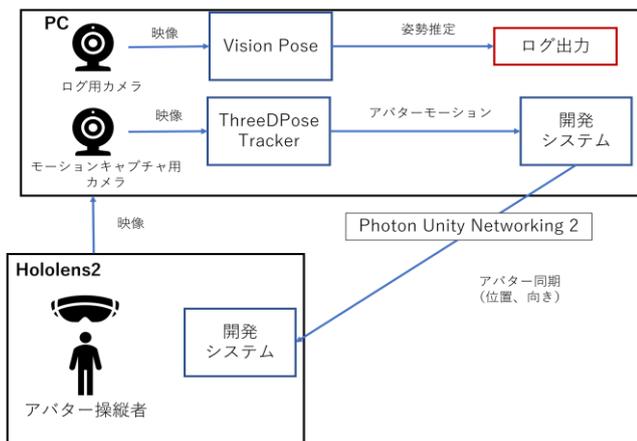


図 2 システムの全体構成とデータの流れ

4.3 アバターサイズ・向き変更機能

MR を使うことでアバターを様々な位置・方向から見ることができるが、本システムでは姿勢推定用のカメラを固定しているため、アバター操縦者の立ち位置も基本的には固定する必要がある。定位置からでもアバターを様々な向きから見えるようにするために、Hololens2 でアバターを仮想空間に配置したときにアバターの位置・向き・サイズを変更する機能を組み込む。図 3 のようにアバターの周りに表示されている青い線を指でつまむことで、アバターの位置・向きの変更、アバターの拡大縮小ができる。



図 3 アバター位置・向き・サイズ変更機能

5. 本システムの試行

5.1 試行の概要

システムのプロトタイプを作成し、これを用いてシステムを試行した。訓練をおこなっていく中でアバター操作の仕方が変化しているか、アバターの振る舞い訓練の効果が見られるかを、行動ログの数値の変化や実験協力者自身におこなってもらった自己採点、アバター・操縦者の録画映像をもとに確認する。また、システムに対する改善点を実験協力者へのインタビューから抽出し、今後の研究のアプローチ及びシステム開発に反映する。

実験協力者は香川大学 3 年生 3 名（男性 1 名 A、女性 2 名 B、C）である。実験協力者はいずれも Hololens2 の使用経験を持たない学生たちである。実験時間は、馴染みのない機器を使ってもらうため、40～60 分と長めの時間を設定した。オンラインコミュニケーション環境を想定するために Microsoft Teams で参加しアバターの動きを見て振る舞いに対するフィードバックをおこなう「評価者」1 名、アバター操縦者に実験の流れを指示する者 1 名、アバター操縦者 1 名による対話形式でおこなう。

5.2 試行の方法

本研究では図 4 のようなアバターを使用する。このアバターを選んだ主な理由は、着ぐるみのような体型でアバター操作者と異なる身体構造をしているためである。本アバターは Vroid Hub⁽⁷⁾で公開されており、無償利用が可能である。



図 4 使用するアバター

試行の流れは、実験協力者に実験趣旨や Hololens2 の装着時の注意点を説明をおこない、事前説明終了後、試行の実施へと移行する。実施では、指定した動作を実験協力者におこなってもらい、その様子とアバターを録画する。1つの動作を20秒間繰り返しおこなうことを1セットとし、アバターの向きを変更しながら各動作につき6セットおこなう。3セットごとにアバターの動きの見え方に自己採点をおこなってもらった。また、その際評価者からのフィードバックをおこなう。評価者は、大学生にお願いし、アバターらしさがあるか、不自然なところがあればそれを指摘するように依頼した。なお、本研究では、リアルタイムの振る舞い可視化機能を使用中の上達過程に着目しており、本フィードバックの妥当性については議論の対象とはしない。

実験協力者におこなってもらった動作は以下に列挙する3つである。

- ・ 手を振る
- ・ 相槌
- ・ 拍手

実験協力者には図5に示すような状態で本システムを利用してもらった。実験協力者からの視点を図6に示す。



図 5 試行の様子



図 6 実験協力者の視点

5.3 行動ログの収集とデータ分析

訓練における上達過程をデータに基づいて記述的に表現し、訓練の効果を明らかにする。使用するデータは、指定した動作をおこなってもらった際の実験協力者と操作されたアバターの録画、行動ログデータ、実験協力者の自己採点である。行動ログの分析は訓練を開始した1回目と終了時点の6回目のデータを比較する。細かな立ち位置の差で数値に変化が出てしまうため、動作に関連するポイントの X, Y 座標の振幅や波の数をもとに比較する。実験協力者の各動作に対するフィードバック前後の自己採点の結果を図7、図8、図9示す。実験協力者 A, C はすべての動作の自己採点が上がった。B は「手を振る」は変化がなかったが、他の動作は点数が上がった。以下では試行内で見られた変化を、一部例を挙げながら説明する。

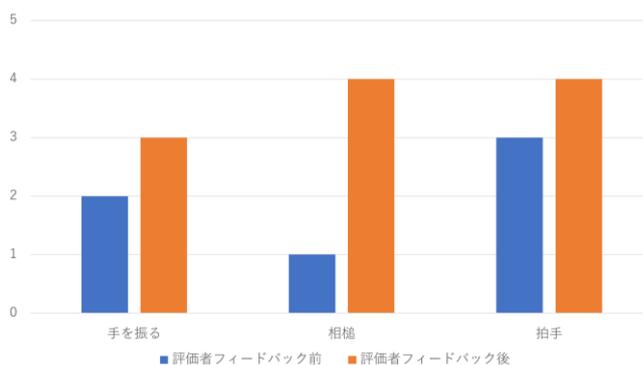


図 7 実験協力者 A の自己採点結果

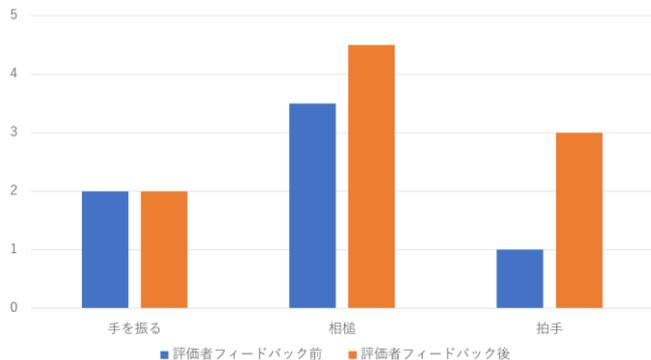


図 8 実験協力者 B の自己採点結果

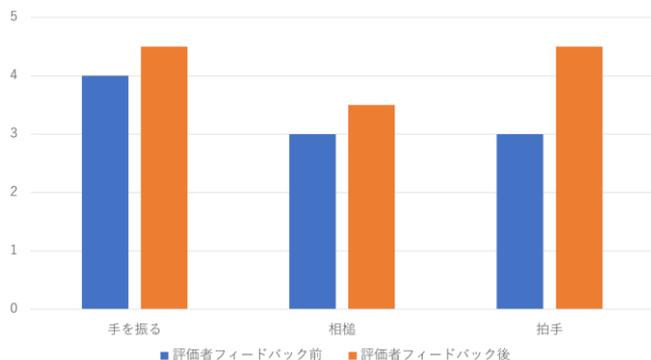


図 9 実験協力者 C の自己採点結果

5.3.1 手を振る

実験協力者 A の 1 回目と 6 回目の座標データ(右手の X, Y 座標), 該当するアバターを図 10, 図 11, 図 12 に示す. 1 回目と 6 回目のアバターを比較すると手が顔に食い込んでいたものが食い込まなくなり, 身体構造を意識した振る舞いが確認できた. 座標データから X 方向の変化量が小さくなり, Y 方向の変化量が大きくなったことがわかる.

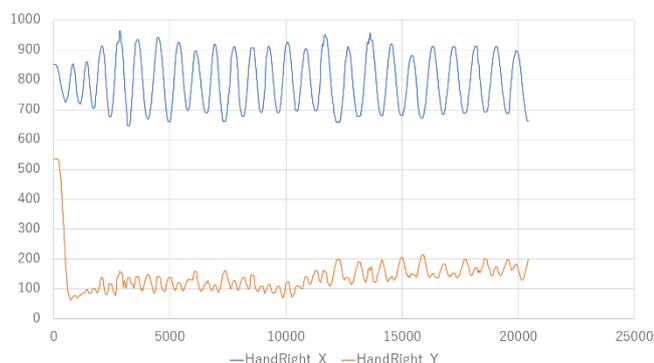


図 10 実験協力者 A, 「手を振る」, 1 回目, 右手の座標データ

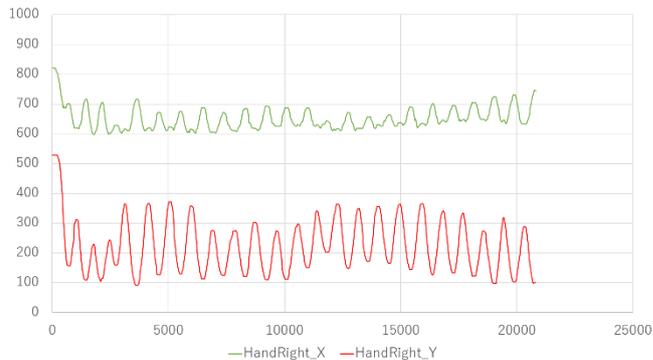


図 11 実験協力者 A, 「手を振る」, 6 回目, 右手の座標データ

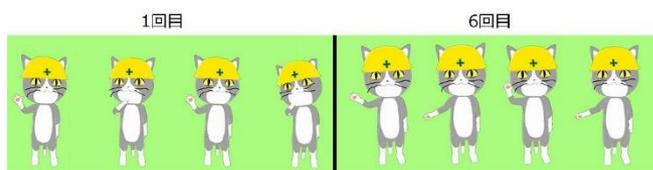


図 12 実験協力者 A, 「手を振る」, 1 回目と 6 回目のアバター比較

5.3.2 拍手

実験協力者 C の 1 回目と 6 回目の座標データ(両手の X, Y 座標), 該当するアバターを図 13, 図 14, 図 15 に示す. 1 回目では X 方向の変化量が 200 より小さかったが, 6 回目では 200 を超えるほど動いており, 両手を大きく広げて拍手をしていることがわかる. 1 回目では X 座標が交差しておらず Y 座標の波は同位相で同じように動いていることがわかるが, 6 回目では X 座標が交差しており, Y 座標の波には逆位相が見られた. また, 6 回目では波の数が少なくなっているためゆっくり拍手をしていることがわかる.

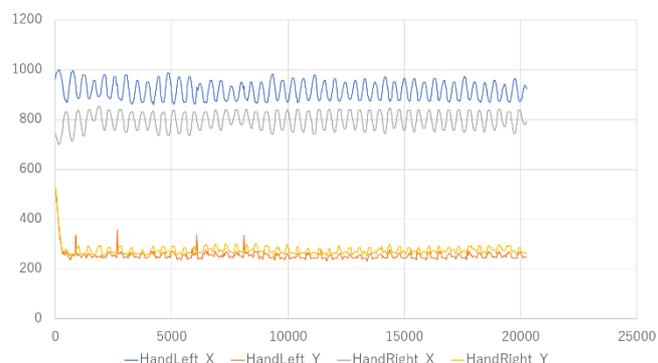


図 13 実験協力者 C, 「拍手」, 1 回目, 両手の座標データ

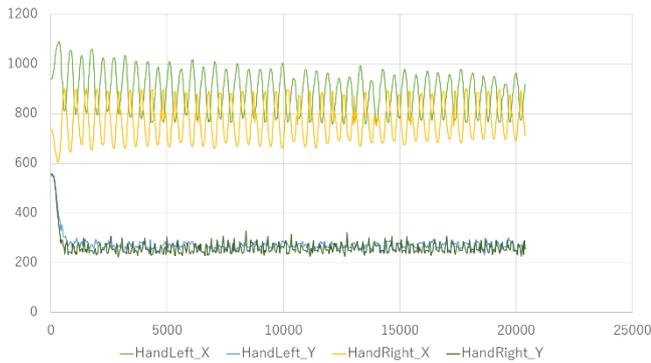


図 14 実験協力者 C, 「拍手」, 6 回目, 両手の座標データ



図 15 実験協力者 C, 「拍手」, 1 回目と 6 回目のアバター比較

5.4 システム試行後のインタビュー調査の結果

試行後, 実験協力者へのインタビューを実施し改善点等の抽出をおこなったところ, 以下のような意見が得られた。

- ① 自己採点が増えた理由について
 - ・ アバターを確認しつつ動きの修正ができたから
 - ・ フィードバックによって修正できたから
- ② アバターの向きを変えながらの訓練について
 - ・ アバターを後ろから見ると分かりにくかった
 - ・ アバターを前から見る方が訓練しやすかった
- ③ 評価者からのフィードバックについて
 - ・ 細かい部分の修正ができた
 - ・ 食い込みに関しての指摘が役に立った
- ④ アバターを見ながらの動作の修正について
 - ・ 自分の動きが修正されているか確認できた
 - ・ 自然にアバターを動かせたことが実感できた
- ⑤ システムのユーザインタフェース (以下, UI と呼称) は使いやすかったか
 - ・ 慣れるまでが難しかった
 - ・ 最初は難しかったが, 慣れれば使いやすかった
- ⑥ Hololens2 について
 - ・ 視野が少し見えにくかった
 - ・ 動きにくいことはなかった
 - ・ 周りが見えていて動く際に安全だった

- ・ 大きな動きをする際には頭への固定が大切

三人称視点からアバターを見ながら振る舞い訓練をおこなうことに関して, 自分の動作が変わっているかを確認でき役に立ったという意見や, 自然に動かせたことが実感できたなど肯定的な意見を得ることができた。しかしその一方で, アバターの後ろ姿を見ながらの訓練は分かりにくかった, アバターの向き変更機能の UI が使いにくかった, Hololens2・本システムの UI 操作に慣れるまでが難しかったなどの意見が得られた。

5.5 考察

システムの試行を通して, 実験協力者の 3 人がアバター操作をおこなう際にアバターの身体構造を意識した動作をおこなえていることがわかった。アバターに反映される動きを三人称視点から見ながら訓練をおこなうことで, 腕や手が頭に食い込まないように意識して動けていることが確認できた。

インタビューから得られた意見から, UI の見直し, チュートリアル機能の実装という改善点, 機能実装が考えられる。UI の操作が難しい, 慣れるまでが難しい等の意見があったため, アプリケーション内の UI の見直しは必要だと考えられる。加えて Hololens2 及びアプリケーションの操作チュートリアルを設けることで操作に慣れることができると考えている。

本システムの利用を通して, 実験協力者全員の自己採点が上がったことや, 実験協力者全員のアバター操作に変化・改善が見られたことから本システムには一定の有用性があると考えられる。

6. まとめ

本研究では, 近未来のオンラインアバターコミュニケーションの普及を想定し, アバターの身体構造を意識した操作を可能とするための振る舞い訓練システムの開発とその評価について論じてきた。コミュニケーションを取る際に相手の印象を決定づける要因となる「視覚情報」, 「聴覚情報」, 「言語情報」が関係しており, 本研究では「視覚情報」に着目し研究をおこなった。バーチャル空間のアバターを使用したコミュニケーションで自分の意思を適切に相手に伝えるためには, 不自然な動作によりコミュニケーションの質を下げないことが重要である。この課題を解決するために, 姿

勢推定 AI によるアバター操作, 複合現実を用いた三人称視点からアバターを確認, アバターの向き・サイズ変更機能を組みこんだシステムを開発した. 本システムを評価するために実験協力者 3 名に協力してもらい試行を実施した. 実験協力者の方々からは訓練を通してアバターを意識した振る舞いができるようになった, アバターを見ながらの訓練はやりやすかったなどの肯定的な意見を得ることができた. 改善点としては, Hololens2 アプリケーション内の UI の見直しやシステムの操作チュートリアルの実装などが考えられる. また, 座標ログを利用する定量的フィードバック機能の実装により一人でもアバターの振る舞い訓練をおこなうことができるシステムも考慮に入れたい. 今後はシステムの試行で得られた改善点を解決, 機能の実装をすることでより汎用的なアバター訓練システムを開発したいと考えている.

謝辞

本研究の一部は令和 2 年度科学研究費補助金若手研究 (課題番号: 20K14084), 令和元年度科学研究費補助金基盤研究(C) (課題番号: 19K12270), 令和 2 年度科学研究費補助金基盤研究(C) (課題番号: 20K12109) の補助によるものである.

参 考 文 献

- (1) 星紫織, 堀内寿志, 橋本賢勇, 松尾龍志, 池田光泰, 荻原真二: "Web システムを利用したオンライン研修会の試み", 医学検査, Vol.70, No.1, pp.123-127 (2021)
- (2) 石丸大稀, 中村優吾, 藤本まなと, 諏訪博彦, 安本慶一: "リアル/バーチャル空間でのコミュニケーションの違いとその差を埋める AR 技術の検討", 2021 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集 (2021)
- (3) 中山遼, 寺田 努, 塚本昌彦: "着ぐるみ非装着環境における着ぐるみボウリング練習システムの評価", エンタテインメントコンピューティング (EC), No.21, pp.123-130 (2021)
- (4) Microsoft: "Microsoft Hololens", <https://www.microsoft.com/ja-jp/hololens> (2022 年 2 月 1 日確認)
- (5) Vision Pose: "測定箇所について", <https://www.next-system.com/visionpose/feature/born> (2022 年 2 月 1 日確認)
- (6) 株式会社デジタル・スタンダード: "TDPT (Windows 版)", <https://digital-standard.com/tdpt/> (2022 年 2 月 01 日確認)
- (7) VRoid Hub: "現場猫", <https://hub.vroid.com/characters/2862141307949914192/models/6259376098295917222> (2022 年 2 月 1 日確認)