



# メタバース型災害看護教材のための被災者アバターの動作制御

Motion Control of Disaster Victim Avatars for Metaverse Disaster Nursing Teaching Materials

竹内 聡一<sup>1)</sup>, 西口 敏司<sup>2)</sup>, 水谷 泰治<sup>2)</sup>, 橋本 渉<sup>2)</sup>, 亀井 緑<sup>3)</sup>, 松下 由美子<sup>4)</sup>

Souichi TAKEUCHI, Satoshi NISHIGUCHI, Yasuharu MIZUTANI, Wataru HASHIMOTO, Yukari KAMEI,  
and Yumiko MATSUSHITA

1) 大阪工業大学 大学院情報科学研究科 (〒 573-0196 大阪府枚方市北山 1 丁目 7 9 - 1, m1m24a25@oit.ac.jp)

2) 大阪工業大学 情報科学部 (〒 573-0196 大阪府枚方市北山 1 丁目 7 9 - 1,  
{satoshi.nishiguchi,yasuharu.mizutani,wataru.hashimoto}@oit.ac.jp)

3) 四天王寺大学 看護学部 (〒 583-0868 大阪府羽曳野市学園前 3 丁目 2 - 1, y-kamei@shitennoji.ac.jp)

4) 甲南女子大学 看護リハビリテーション学部 (〒 658-0001 兵庫県神戸市東灘区森北町 6 - 2 - 2 3,  
matsushita@konan-wu.ac.jp)

## 概要:

本稿では、メタバース空間を活用した災害看護教材における被災者アバターの制御について、装着型モーションキャプチャ装置による制御に加え、アニメーション表示を併用することで、自然な動作を実現する手法を提案する。これまで、メタバース空間を活用した多様な分野の実習や訓練シミュレータが開発されているが、メタバース空間上での人物モデルの動作に対する自然さや再現度が不足している。そこで、装着型モーションキャプチャ装置を活用しながらアニメーションによってモーションキャプチャ装置の苦手な部分を補うプロトタイプシステムを構築し、印象評価を行った。

**キーワード:** メタバース, 看護教材, モーションキャプチャ

## 1. はじめに

地震などの災害が発生した際に、住まいを失った被災者のために、仮設住宅が建設され、提供されることが多い。仮設住宅には、様々な状況の被災者が暮らすことになるが、特に、独居高齢者については、日ごろから状況を観察する同居人がいないことから、生活習慣病の悪化や慢性疾患の増悪から震災関連死につながることもあり、このような状況の悪化を未然に防ぐことを目指し、保健師等が仮設住宅で暮らす独居高齢者を訪問して会話することで状況を把握し、他の機関につなげることなどで、被災後の災害関連死の発生を防ぐ活動が行われている。一方、このような、仮設住宅を訪問し、被災者の観察や会話によって、支援に必要な情報を効果的に収集することが可能な保健師等は不足しており、育成のための実践が行われている。

従来の実践では、仮設住宅を模した空間を再現し、教員が被災者役となり、学習者としての保健師が教員が演じる被災者に対して対話を試みるという方法がとられることが多い。しかしながら、被災者の日頃の生活の様子を把握するのに重要な、観察対象としての仮設住宅の再現が不十分であったり、被災者役の教員の見た目が実際の被災者の見た目とは大きく異なることから、実際の仮設住宅の雰囲気や被災者の状況の観察技術を身につけることは困難である。

そこで我々は、実際の仮設住宅および被災者について、メ

タバース空間上にできるだけ忠実に仮設住宅の様子を再現し、また被災者については教員の動作を再現し、かつ、見た目も実際の被災者にできるだけ忠実に再現した被災者アバターの登場させることで、より、現実に近い環境で実習が可能なメタバースシステムを提案している [1]。

これまでにも、非言語コミュニケーションを重視したメタバースシステム (VR シミュレータ) が研究されており、アイトラッキングやリップトラッキング機器を用いたものなどが存在する [2] が、本研究では、仮設住宅に暮らす被災者を再現するアバターによる自然な着座動作を実現するために、装着型モーションキャプチャ装置に基づく制御にアニメーション再生を組み合わせた手法を提案する。

## 2. メタバース型災害看護教材

災害看護についての教育はその実習内容の幅広さや被災状況再現に必要な実習環境の構築の困難さから、これまであまり行われてきていない。また、実際の避難所や仮設住宅およびそこに暮らす被災者の状況を再現するために、大掛かりな準備が必要である。そこで、我々は、メタバース空間内での実習が可能な環境を構築することで、人材の移動や実習環境の構築など現実空間で実習を行うにあたっての問題点の解決を目指している [1]。

一方、特に、提案する教材において利用するリアルな見



図 1: 主な対話場所（仮設住宅の玄関付近）

た目を持つ被災者アバターの挙動については、看護実習のような非言語コミュニケーションが重要である訓練において、被災者アバターの挙動に違和感が発生することは実習の臨場感を損なってしまう大きな原因の一つとなる。例えば、メタバース型災害看護教材を構築するにあたって、実際の災害看護の経験者から得られた被災者を観察する際の被災者の行動について、観察は主に仮設住宅の玄関付近(図 1)で実施し、独居高齢者としての被災者は玄関にあぐらをかいて座ることが多い、という知見が得られている。

しかしながら、メタバース空間に入る際に使用される没入型ヘッドマウントディスプレイ (HMD) と両手のコントローラを利用したアバターの制御では、アバターの頭部と両手の動きは正確に制御できるものの、両足を制御するための情報が存在しないため、一般に Inverse Kinematics (IK) を用いて両脚の動作を制御するが、この方式ではアバターにうまくあぐらをかかせることができない。また、両足首にセンサの装着が可能なモーションキャプチャ装置を利用した場合でも、実際に試したところ、光学式、慣性式どちらの方式でもアバターにうまくあぐらをかかせることができないことが分かった。

そこで本研究では、装着型モーションキャプチャ装置から得られる情報と、アニメーションを組み合わせることで、被災者アバターにあぐらによる着座を含む自然な動作を再現することを目指す。

### 3. 提案手法

アバターの制御する演者の動作に影響を与えにくい小型の慣性式のモーションキャプチャ装置を利用し、しゃがみ込む、あるいは起立する状況を推定し、しゃがみ込むときにアニメーションによる姿勢制御に遷移することで、座った状態でも人の動きに合わせた自然な動作が可能なアバターとして振る舞うことが可能な仕組みを導入する。本章では、モーションキャプチャ装置のみを使用して被災者アバターの各動作を制御する際の問題と、その対応方法について説明する。

#### 3.1 歩行中の動作

装着型モーションキャプチャ装置では、キャリブレーション後、アバターの歩行時に、しばらく時間が経過すると、利用者の衣服のずれや長時間の使用による誤差が蓄積され、地

面に接地した足が滑るような挙動をしてしまうという現象が生じる。被災者アバターでは、あぐらの姿勢で話し終わり、立ち上がって元の場所に戻ろうとする動作を行う際に、足元が滑るように見える現象が生じた。

そこで提案手法では、Inverse Kinematics (IK) に基づく両脚の動きの制御において、歩行中は地面に足を着いた場合はその場で IK の位置を固定することで足が滑らないようにすることとした。

#### 3.2 しゃがみ込み時の動作

アニメーションが遷移するにあたって、座り方や手の付き方など様々なバリエーションのあるしゃがみ込むという動作からあぐら中の動作へ遷移する際に不自然な挙動が発生した。

そこで、起立時の状態から腰をかがめて地面を確認するという際にしゃがみ込む動作に対して、被災者アバターの頭の高さが 1メートル以下になったときに、あぐらをかきアニメーションに切り替えることとした。

#### 3.3 あぐら中の動作

あぐらの姿勢を維持しようとする、アバターの姿勢が徐々に崩れてしまうという問題が生じた。慣性式モーションキャプチャ装置によっては、座っている姿勢のまましばらく時間が経つと、立っている姿勢に戻ろうとする挙動や両腕の姿勢が徐々にずれていく挙動が見受けられた。

そこで本研究では、床にあぐらをかいて座っている状態であれば、足元の IK を無効とし、アニメーションを適用することで、床に長時間座り続ける動作の実現を試みた。また、手腕のずれについてはあぐら中は、没入型 HMD のコントローラの位置を IK の位置に合わせることで解決を試みた。

#### 3.4 起立時の動作

床から立ち上がろうとする際に、手を床につき、腰を大きく動かすという動作に対して、誤差の蓄積された状態から新しい位置情報に基づいて現在の利用者の姿勢推定を始めるという性質上、アバターの腰が浮いたり、床から手が離れてしまったりというような不自然な挙動をすることが多い。

この問題に対しては、立ち上がる際に不自然な動作が発生する部分を立ち上がる動作のアニメーションに置き換えることで、違和感を減少させることを試みた。

#### 3.5 アバター制御方法

前節で説明した制御方法を、3種類のアバターの制御方法にまとめたものを、表 1 に示す。アバター A、アバター C はどのような状況でも同じ方法でアバターの制御する。アバター B は、状況によって制御方法を変更する。表 1 における B-1 は歩行時、B-2 はしゃがみ込み時および起立時、B-3 はあぐら中の制御方法である。なお、B-2 において、しゃがみ込みの検出は頭部の高さ、起立の検出は床に手をついた左手の高さを利用する。

表 1: アバターの制御方法

アバター		入力			制御		
		HMD <sup>1</sup>	Cont <sup>2</sup>	mocap <sup>3</sup>	IK <sup>4</sup>	Ani <sup>5</sup>	Direct <sup>6</sup>
A	頭	✓			✓		
	両腕		✓		✓		
	腰				✓		
	両脚				✓		
B-1 <sup>7</sup>	頭			✓	✓		
	両腕		✓		✓		
	腰			✓	✓		
	両脚			✓	✓		
B-2 <sup>8</sup>	頭		✓			✓	
	両腕			✓		✓	
	腰			✓		✓	
	両脚					✓	
B-3 <sup>9</sup>	頭			✓	✓		
	両腕		✓		✓		
	腰					✓	
	両脚					✓	
C	頭			✓			✓
	両腕			✓			✓
	腰			✓			✓
	両脚			✓			✓

<sup>1</sup> VR 用ヘッドマウントディスプレイ  
<sup>2</sup> VR 用コントローラ  
<sup>3</sup> 装着型モーションキャプチャ装置  
<sup>4</sup> Inverse Kinematics による制御  
<sup>5</sup> アニメーション再生  
<sup>6</sup> 関節位置の直接制御  
<sup>7</sup> 歩行時  
<sup>8</sup> シャガみ込み時/起立時  
<sup>9</sup> あぐら中

4. 実験

アバターの制御方法について、アニメーション再生を併用することでアバターの動作を自然と感ずることが出来るか、また、メタバース空間において演者の動作に対するアバターの動作の再現度が判断できるかを評価するための印象評価を行った。

4.1 実験方法

評価のためのシステムの構築には Unity 2022.3.7f1 を使用した。没入型 HMD として Meta 社の Meta Quest Pro と附属のコントローラを使用し、慣性型モーションキャプチャ装置として SONY 社の mocopi を使用した。なお、mocopi は使用時間が長くなるほど誤差が蓄積するため、使用推奨時間は 15 分程度とされている。また、提案手法で述べた IK を実現するために Unity アセットの Final IK に含まれる VRIK を使用した。

実験では、一人の演者が装着した HMD とモーションキャプチャ装置から情報を入力として受け取り、IK のみで制御されるアバター（アバター A、以下 A）、モーションキャプチャのみで制御されるアバター（アバター C、以下 C）、今回提案した方法で制御されるアバター（アバター B、以下 B）の 3 体が、歩行前進、あぐらをかいて 5 分待機、起立した後歩行後進、という一連の動作をする様子を録画した動画を 19 名の大学生に見てもらい、どのアバターにどの制御方法が割り当てられているかを知らせずに、自然さおよび再現度の観点からアンケートを実施した。

動作の自然さに関しては、図 2 に示すような、3 種類のアバターのみを提示した動画を視聴後にアンケートに回答してもらい、動作の再現度に関しては、図 3 に示すような、3 種類のアバターに加え、動作している人の映像を時間同期し

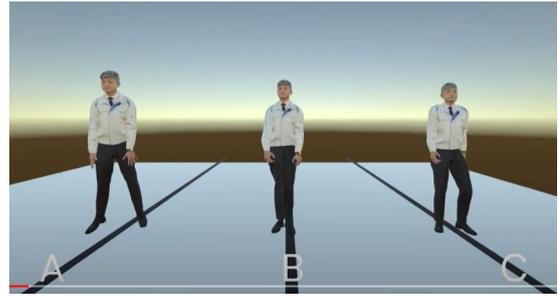


図 2: 被災者アバター (3 種類) の様子: 左から A, B, C

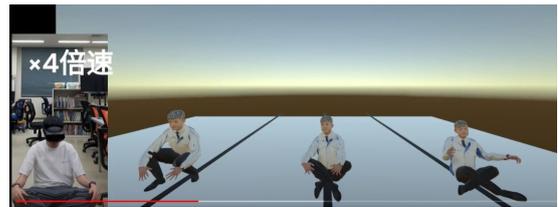


図 3: アバターの演者の様子 (左) を表示した様子

て提示した動画を視聴後にアンケートに回答してもらった。

アンケートの項目を表 2 に示す。Q1~Q4 は「とても自然・再現度が高い」を 7, 「とても不自然・再現度が低い」を 1 とする 7 段階のリッカート尺度で回答してもらい、Q5 は A~C のアバターについて 1 位~3 位までの順位を付けてもらった。また、それぞれのアバターの気になった点について自由記述で回答してもらった。

4.2 結果

自然さおよび再現度について、フリードマン検定を実施した結果、質問項目 Q1 から Q5 のいずれについても、有意水準 5% で統計的に有意な差が検出された。そこで、Q1 から Q5 についてスティーブドゥワース法で多重比較を行った結果を表 3 に、自然さと再現度に関する各質問項目の箱ひげ図をそれぞれ図 4 と図 5 に示す。ただし、Q1~Q4 は 7 段階 (7 が最も良い) のリッカート尺度、Q5 は 1 位~3 位の順位である。

4.3 考察

4.3.1 歩行動作の評価

歩行動作に対する Q1 について、表 3 で示した有意差の結果および図 4 から、歩行動作については A よりも、B と C の方が自然さ、再現度の両面で高い評価が得られた。この結果から、モーションキャプチャによる制御が全体的な

表 2: アンケート項目 (自然さ・再現度)

質問	質問内容
Q1	歩行中の動作について
Q2	しゃがみ込む動作について
Q3	あぐら中の動作について
Q4	起立時の動作について
Q5	全体的な動作について

表 3: スティール=ドゥワス法の結果 (有意差があれば○)

質問	自然さ			再現度		
	A-B	A-C	B-C	A-B	A-C	B-C
Q1	○	○	○	○	○	○
Q2	○	○	×	○	○	×
Q3	○	×	○	○	×	○
Q4	○	×	×	○	○	×
Q5	○	○	○	○	○	×

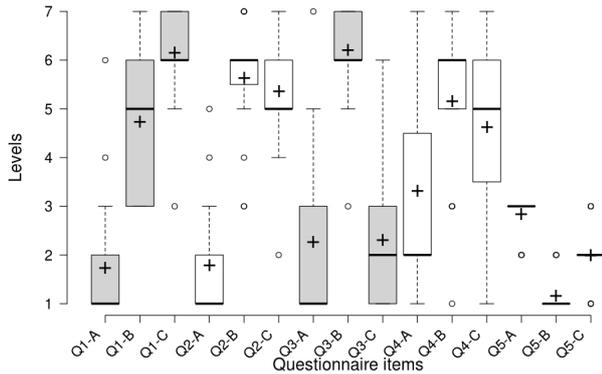


図 4: 自然さについての箱ひげ図

動きの自然さを向上させる一方で、IKのみを用いた制御が違和感を生じさせる可能性があることが示唆された。

4.3.2 シャガみ込み・起立動作の評価

シャガみ込み動作に対する Q2 について、表 3 で示した A-B, A-C の有意差の結果および図 4 から、A が C と B のどちらに対しても劣っていることが示された。また、起立動作に対する Q4 について、自然さに関しては、表 3 で示したように A-B のみに有意差が認められ、A-C, B-C には有意差がみとめられなかった。図 4 から、C の自然さに関する評価が分散したことが挙げられる。この理由として、あぐら中の状態から立ち上がる動作をアニメーションが与えられるにしたがってモーションキャプチャの補正が機能したことなどが考えられる。この結果から、アバターの挙動をアニメーションで補正するにあたって、モーションキャプチャの挙動を遮るような補正は自然さ、再現度について違和感を生じさせる可能性が示唆された。

4.3.3 あぐら中の動作の評価

あぐら中の動作に対する Q3 について、表 3 および図 4 に示した結果から、B が A と C に対して自然さ、再現度の両面の観点から高い評価を得た。この結果から、慣性式モーションキャプチャの弱点である長時間の使用によるドリフトによって発生する違和感を低減できることが示唆された。

4.3.4 全体の動作についての評価

全体的な動作に対する Q5 について、表 3 で示した有意差の結果および図 4 から、自然さについては A-B, A-C, B-C について有意差が認められ、B, C, A の順に自然に見えるという結果となった。また、再現度については A-B, A-C

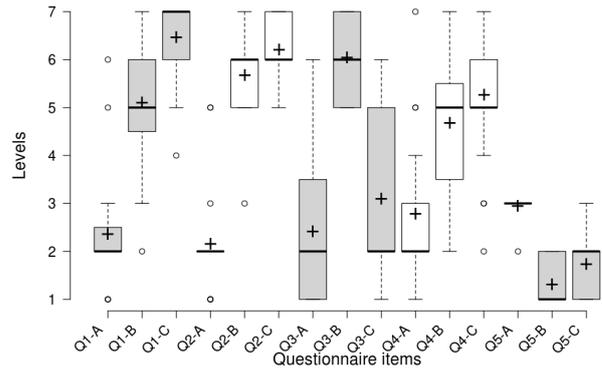


図 5: 再現度についての箱ひげ図

について有意差が認められたが、B-C には有意差は認められなかった。これらの結果から、日常の動作を行う人型アバターに対して、自然さの向上には必ずしも演者の動作を忠実に再現する必要はなく、アニメーションを併用した制御で十分である可能性が示唆された。

5. むすび

本稿では、メタバース空間を活用した災害看護教材における被災者アバターの動作制御について、モーションキャプチャ装置を活用しながらアニメーションによってモーションキャプチャ装置の苦手な部分を補う手法を提案し、プロトタイプシステムを構築して印象評価を行った。

実験の結果、長時間の慣性式モーションキャプチャによるドリフトが発生する場合に対してモーションキャプチャ装置から得られる入力に、アニメーションの再生を組み合わせた制御方法は有効であることがわかった。今後の課題としては、モーションキャプチャ装置とアニメーション制御の違和感のない遷移の実装や、動作に応じた制御方法の切り替えなどが挙げられる。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP22K19699, JP21K12184 の助成を受けた。

参考文献

[1] 竹内 聡一, 奥田 光, 西口 敏司, 水谷 泰治, 橋本 渉, 亀井 緑, 松下 由美子, 保健師のための遠隔型災害看護教材の開発 ~ 没入型 VR 仮設住宅環境 ~, 2024 年電子情報通信学会総合大会, H-3-06, 2024.  
 [2] 小柳 陽光, 青山 一真, 大村 簾, 谷川 智洋, 廣瀬 通孝, バーチャルリアリティ環境を利用したサービス業のための業務訓練シミュレータの構築, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2020, 25 巻, 1 号, p. 78-85.