

3人称視点VRアプリケーションにおけるアバターの大きさとユーザ動作の関係の調査

齊藤 翼^{1,a)} 井尻 敬¹

概要: Virtual Reality (VR) 環境にて3人称視点でアバターを操作するアプリケーションを考える。この時、操作対象のアバターの大きさが変化すると、ユーザの視線が高く(または低く)なることや、大きな(または小さな)アバターに身体的所有感を感じることで、ユーザ自身の動きの大きさが変化する可能性が考えられる。そこで本研究では、3人称視点でアバターを操作するVRアプリケーションにおいて、アバターの大きさがユーザの動きの大きさに与える影響を調査する。具体的には、実験参加者に、異なる大きさのアバターを利用して、絵を描くタスクと、ポーズを真似するタスクを実施してもらい、その際の動作の大きさを評価した。結果、両タスクともに大きさの異なるアバター間でユーザの動きの大きさに有意な差は観察されなかった。また、アンケートの結果、壁に絵を描くタスクにおいて小さなアバターを操作する際に身体の動きが小さく感じ、大きなアバターを操作する際に小さなアバターと比べて身体の動きが大きく感じる傾向が観察された。また、異なる大きさのアバターを用いたVRアプリケーションの例として、街にある異なる大きさのオブジェクトに落書きをするアプリケーションを作成した。

1. はじめに

Virtual Reality (VR) アプリケーションの多くは1人称視点でアバターを操作しVR空間とインタラクションを行うものである。一方、VR環境にて3人称視点でアバターをするアプリケーションも少なからず存在し、また、3人称視点を活用したインタラクション手法も発表されている。3人称視点のアバター操作では、1人称視点と比較して、アバターの全身を観察しやすいという特徴がある。この時、操作対象のアバターの大きさを大きく(または小さく)変化させると、ユーザの視線が高く(または低く)なり、また、大きい(または小さい)アバターに対して身体所有感を感じることで、操作者の動きの大きさが変化すると考えられる。本研究では、VR環境における3人称視点アバター操作に着目し、アバターの大きさがユーザの操作に与える影響について調査する。

操作するアバターの見た目が、操作者の身体所有感や操作者の行動に影響を与えるという報告がある。身体所有感とは仮想的な身体が自分の身体であるかのように感じる感覚であり、仮想的な身体と操作者の動きを同期させることで身体所有感を得られることが知られている[1]。3人称視点アバター操作において、アバターの見た目が身体所有感



図1 本研究で使用する大きさの異なる3種類のアバター。左から順に、ユーザの身長 $\frac{1}{4}$ の大きさのアバター、ユーザの身長と同じ大きさのアバター、ユーザの身長 4 倍の大きさのアバター。

やスケール感に影響を与えるという報告がある[2],[3]。また、1人称視点アバター操作時の、ユーザの視点の高さや瞳孔間距離を変化させることで、スケール感が変化するという報告もある[4]。しかし、これらの研究では、3人称視点アバター操作時のアバターのサイズを大きく変化した際の影響については調査されていない。

そこで本研究では、VR環境にて3人称視点でアバターを操作する際に、アバターの大きさが操作者に与える影響

¹ 芝浦工業大学
^{a)} ma22066@shibaura-it.ac.jp

について調査する。具体的に、我々は次の3件の仮説を立てる、『アバターの大きさが操作者の身体所有感やスケール感に影響を与え操作者の動きの大きさが変化する』、『小さいアバターを操作する際には操作時の動きが小さくなる』、『大きなアバターを操作する際には操作時の動きが大きくなる』。仮説の検証のため、大きさの異なる3つのアバター(図1)を用いて、指定の絵を描くタスク(ペイントタスク)と指定のポーズをとるタスク(ポーズタスク)に関するユーザスタディを実施する。

ユーザスタディの結果、ペイントタスク、ポーズタスクともに、大きさの異なるアバター間で操作者の動きの大きさには有意な差は観察されなかった。実験参加者のアンケートより、ペイントタスクでは小さなアバターの操作時に身体の動きが小さくなっていると感じ、大きなアバターの操作時には小さなアバターと比べて身体の動きが大きくなっていると感じることがわかった。

本研究では、異なる大きさのアバターを用いた3人称視点VRアプリケーションの例として、街のオブジェクトに落書きをするアプリケーションを作成した。本アプリケーションでは、大中小のアバターを用いて街にある空き缶や看板、ビルなどの大きさの異なるオブジェクトに対して絵を描くことができる。

2. 関連研究

操作するアバターの見た目が、ユーザの身体所有感や行動に影響を与えることが知られており、実際様々な調査がなされている。Banakouら[3]は、子供のアバターと大人のアバターを使用して視線の高さを変化させた際の、ユーザのスケール感の変化について調査した。その結果、子供のアバターでは大人のアバターと比べて有意にスケールを大きく感じる事がわかった。Danielら[5]は、1人称視点と3人称視点で立方体で構成された抽象的なアバター、男性のアバター、ユーザの映像をレンダリングしたアバターを使用した際の、ナビゲーションタスクのタスク効率について調査した。その結果、1人称視点は3人称視点と比べて有意にタスク効率が高いことがわかった。また、3人称視点の中ではユーザの映像をレンダリングしたアバターがその他のアバターと比べて有意にタスク効率が高いことがわかった。他にも、筋肉量の異なるアバターを用いて3人称視点でサイクリングを行った際の疲労感の変化に関する調査[2]や、黒人とサラリーマンのアバターを用いてドラム演奏を行った際の演奏能力の変化に関する調査[6]が報告されている。

上記の研究では、アバターの見た目や大きさが、操作者の感じるスケール感や身体所有感に与える影響のみならず、タスク効率に与える影響についても論じられている。しかし、操作するアバターの大きさが、ユーザの操作時の動きの大きさに与える影響については論じられていない。

身体能力が向上する感覚の取得を目的として、VR空間にてユーザの動きを拡張する研究が行われている。Anttiらは[7]、VR空間でユーザの動きと同期したアバターを操作する際に、アバターのキック動作を現実のキックよりも誇張するシステムを提案した。Lauriらは[8]、ユーザがジャンプするとゲーム内のアバターがユーザの何倍もの高さでジャンプすることでジャンプ動作を拡張するゲームである「Super Stomp」を提案した。これらの研究の目的と同様に、本研究が想定する極端に大きな・小さなアバターを操作する環境においても、ユーザは、身体能力が変化した感覚が得られると考えられる。

3. ユーザスタディ

3.1 仮説

VR環境にて3人称視点でアバターを操作する際に、アバターの大きさがユーザの動きに与える影響を調査する。特に本研究では、次の仮説を立てる。(1)操作対象のアバターの大きさは、操作するユーザの動きの大きさに影響を与える。3人称視点でアバターを操作する際、操作対象のアバターの大きさが変化すると、ユーザの視線が高くあるいは低くなることや、アバターと自身の大きさが同様であると感じることで、ユーザの動きの大きさが変化すると考えられる。(2)操作対象のアバターが大きい場合操作するユーザの動きも大きくなり、アバターが小さい場合ユーザの動きも小さくなる。小さい(または大きい)アバターを操作する際、そのアバターに身体所有感を感じ、アバターの大きさに合わせて操作時の動作も小さく(または大きく)なると考えられる。

3.2 3人称視点によるアバター操作

ユーザスタディではVR環境にて3人称視点で大きさの異なるアバターを操作する。本研究では、スタンドアロン型Head Mounted DisplayであるMeta Quest 2によりVR環境を提供する。ユーザスタディにて利用する大きさの異なる3種類のアバターを図1に示す。小サイズのアバター(小アバター)はユーザの身長 h の $1/4$ の大きさ、中サイズのアバター(中アバター)はユーザの身長と同じ大きさ、大サイズのアバター(大アバター)はユーザの身長 4 の大きさとする。各アバターの基準となるユーザの身長はタスク開始前に計測する。アバターの見た目が操作者の行動に影響を及ぼす可能性があるため[9]、本研究では、見た目に特徴的でないアバターを使用する。

アバターの頭と両手は、ユーザの装着したHMDとコントローラに同期しており、その他の部位はInverse Kinematicsにより補完される。本研究では、VRIK[10]を使用する。アバターへの没入感を高めるため、アバターの操作中はVR空間内のコントローラは非表示とする。ただし、タスク前やタスクとタスクのインターバルの間は、GUI操作の

ため VR 空間内にてコントローラを表示する。

3.3 ユーザスタディの流れ

ユーザスタディにおいて、実験参加者は、ペイントタスク練習、ペイントタスク本番、ポーズタスク練習、ポーズタスク本番、アンケートへの回答を、この順に実施する。各タスクでは、大中小3種類のアバターを利用する。アバターの使用順は、大中小を並べ替えた6パターンの中から、ユーザごとに1つの順序パターンをランダムに割り当てる。練習タスクと本番タスクでは、同じ順序パターンを使用する。アンケートでは、二つのタスクに関する質問に対して、1から5の5段階のリッカート尺度で回答し、回答内容の理由を自由に記述する。

3.4 ペイントタスク

ペイントタスクは、指定されたイラストと同じイラストを描画するタスクである。アバターは、利き手と逆側に描くべきイラストを持ち、かつ、利き手にスプレーを持っており、このスプレーで正面の白いキャンバスにイラストを描く(図2)。指定されるイラストの種類を図3に示す。スプレーから出るインクの色は自動で決まり、ユーザがコントローラのトリガーボタン押ししている間インクが出る。コントローラのボタン操作により、イラストをすべて消して書き直すことができる。

ユーザはまず練習タスクを実施する。練習タスクでは、大中小3種類のアバターそれぞれを利用し四角のイラスト(図3(a))を描く。アバターの順序は、その実験参加者に割り当てられた順序パターンに従う。練習タスク終了後、操作について疑問点がないか確認し本番タスクを開始する。本番タスクでは、円、魚、星の3種類のイラスト(図3(b-d))を、大中小3種類のアバターを利用して計9回描く。

このペイントタスクでは、インクを出している間の利き手側のコントローラの移動距離を記録する。イラストの書き直しがあった場合は、書き直しを始めてからのコントローラの移動距離のみを記録する。

3.5 ポーズタスク

ポーズタスクは、ピクトグラムにより指定されたポーズをとるタスクである(図4)。タスク中はアバターの正面にピクトグラムが表示され、ユーザはアバターが同じポーズをとるように操作する。指定されるピクトグラムの種類を図5に示す。

このポーズタスクも、ユーザはまず練習タスクを実施する。練習タスクでは、アバターの目の前に右手を挙手するピクトグラムが表示され、大中小3種類のアバターそれぞれを利用して同じポーズをとる。その後、操作について疑問点がないかを確認し本番タスクにすすむ。本番タスクでは、大中小3種類のアバターそれぞれを利用して、図5に



図2 ペイントタスク。ユーザが、大アバターを操作して円を描いている様子。

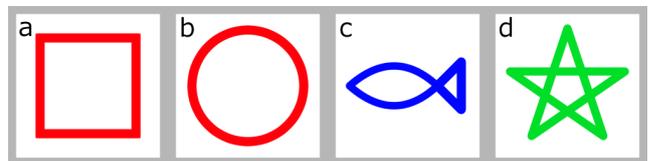


図3 ペイントタスクで利用する4種類のイラスト。練習タスクのイラスト(a)と本番タスクのイラスト(b-d)。

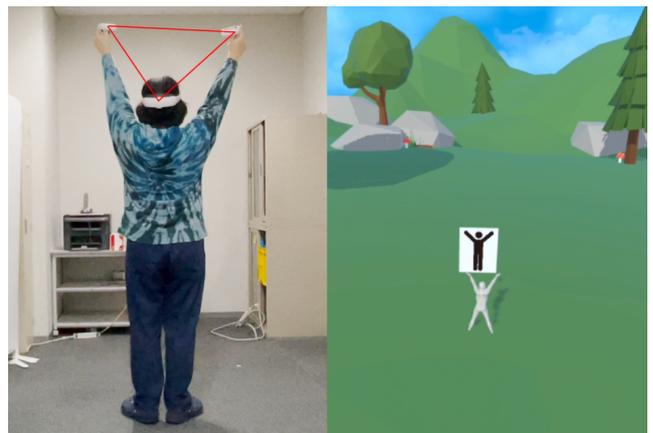


図4 ポーズタスク。小アバターを操作してバンザイして喜ぶポーズをしている様子。このタスクでは、HMDと両手のコントローラを結んだ三角形(赤線)の周囲長を記録する。

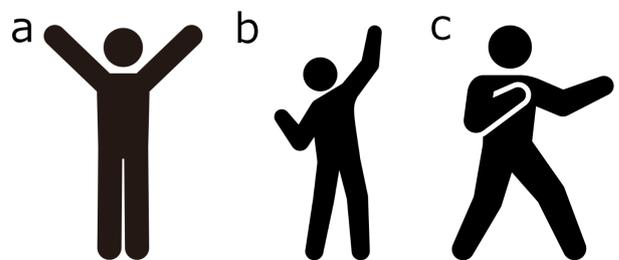


図5 ポーズタスクで使用する3種類のピクトグラム。

示す3種類ポーズをとる。このポーズタスクでは、ポーズをとった際のHMDと両手のコントローラを結んだ三角形の外周の長さを計測する(図4, 赤線)。

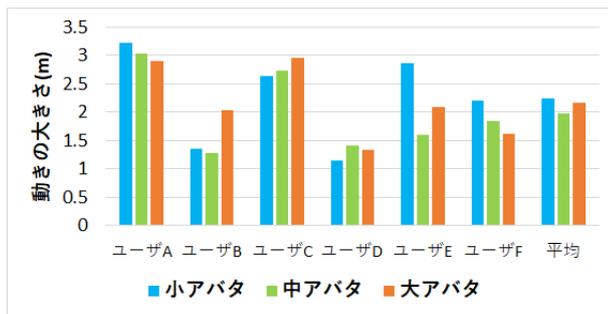


図 6 ペイントタスクにおけるユーザの動きの大きさ.

4. 結果と考察

前述のユーザスタディを大学生 6 名の協力のもと実施した。実験参加者のうち 1 名が HMD を使用した経験がなく、残りの協力者は過去に数回から数十回の使用経験があった。

4.1 ペイントタスク

4.1.1 動きの大きさの比較

ペイントタスクにおける全実験参加者の 3 種類のアバターを利用した際の動きの大きさを図 6 に示す。ボンフェローニ法による補正を用いた t 検定の結果、大中小のアバターについて、ユーザの動きの大きさには有意な差は観察されなかった。実験参加者はアバターの大きさに関わらずキャンパスの大きさに対して同程度の大きさのイラストを描く傾向があったためアバター間に差が出なかったと考えられる。また、スプレーのポインタの方に視線が集中しアバターに意識が向かなかったとの意見があり、イラスト描画に集中したことでアバターの大きさの影響が減少した可能性も考えられる。

4.1.2 アンケート結果

実験後に実施したペイントタスクに関するアンケート結果を図 7 に示す。また、アンケートの各項目について、代表的なコメントと考察を以下に示す。

自分の身体の動きが小さくなっていると感じたか。 この質問への回答より、小アバターを利用した場合は、中アバターや大アバターを利用した場合と比べて自分の動きが小さくなっていると感じていることがわかった。小アバターに関するコメントとして『体が小さいと大きく動きすぎではないかと思い、動きを加減してしまう』との意見が得られた。以上より、小さいアバターを利用すると、自身の身体の動きが小さくなったと感じやすい傾向が示唆された。

自分の身体の動きが大きくなっていると感じたか。 この質問への回答より、大アバターを利用した場合は、小アバターを利用した場合と比べて、自分の動きが大きくなっていると感じていることがわかった。大アバターに関するコメントとしては、『下から見上げるような感じだったせいか他 2 つよりも腕を上にあげて描いていたような気がする。』

との意見が得られた。この意見から、視線が高くなることで身体を大きく動かす感覚が得られる可能性が示唆された。

アバターの大きさを意識したか。 この項目については、大中小のアバターについて、有意な差は観察されなかった。大アバターについては平均が 4 を超えているため、大アバターを利用した際にその大きさを意識する傾向があったと考えられる。大アバターに関するコメントとしては、『ほぼ見上げる形なので、意識せざる負えない』との意見が得られた。視線が高くなることで大きなアバターを使っているという意識が高まるのがわかる。

ペイントタスク全体のコメントとして、アバターの大きさではなくキャンパスの大きさの変化に影響を受けたとの意見が多数得られた。これにより、アバターの大きさだけでなく周辺オブジェクトの大きさもユーザの動きの大きさに影響を与えた可能性が示唆された。周囲オブジェクトの影響を極力排除したユーザスタディは、将来課題である。

4.2 ポーズタスクの結果

4.2.1 動きの大きさの比較

ポーズタスクにおける全実験参加者の 3 種類のアバターを利用した際の動きの大きさを図 9 に示す。結果、異なるサイズのアバターを利用してポーズタスクを実施した際のユーザの動きの大きさには有意な差は観察されなかった。ポーズタスクでは、表示されたピクトグラムと同じポーズを、大中小異なるサイズのアバターで計 9 回実施する。大中小アバターの利用順序は、参加者によって異なる。このタスクでは、1 回目のタスクでポーズを学習し、2 回目以降はアバターの大きさに関わらず同じポーズを繰り返すだけであったため、動きの大きさには変化が見られなかったと考えられる。

4.2.2 アンケート結果

実験後に実施したポーズタスクに関するアンケート結果を図 8 に示す。また、アンケートの各項目について、代表的なコメントと考察を以下に示す。

自分の身体の動きが小さくなっていると感じたか。自分の身体の動きが大きくなっていると感じたか。 この 2 つの項目については、大中小のアバターについて、有意な差は観察されなかった。2 項目に関するコメントとしては『アバター小とアバター中と同様に、ポーズだったので、同じ動きをしなければと思ったため動きの大きさに変化があったとは思わなかった。』との意見が得られた。今回の実験は、アバターのサイズを変化させて同じポーズをとってもらおうという設定であったため、アバターのサイズをあまり気にせず同じ姿勢を繰り返した参加者も多かったと考えられる。

アバターの大きさを意識したか。 この項目については、大中小のアバターについて、観察されなかった。小アバターと大アバターについては平均が 3 を超えているため、

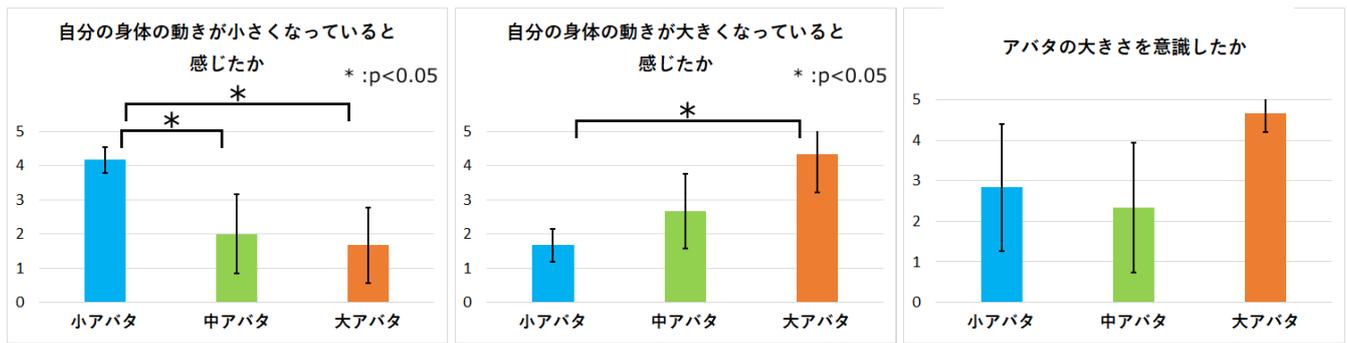


図 7 ペイントタスクにおけるアンケート結果.

両アバターを利用した際にその大きさを意識する傾向があったと考えられる。小アバターに関するコメントとしては、『アバターが見えやすかったためアバターのとるポーズとお手本の確認がやりやすかったと感じた。』との意見が得られた。この意見から、アバターの操作を目的としている場合は、アバター全体が見えている方がアバターの大きさを意識しやすい可能性が示唆された。

本タスク全体に関して『中大のアバターは画面が見えなくて、そっちの方に意識が向いていた気がする。これが半透明なアバターだったら結果が変わると思った。』や『アバターについては、自分自身の動きが転写されているというよりも、人形を操作しているように感じた。』といったコメントが得られた。このコメントより、中アバターや大アバターを利用すると視界が塞がれてしまいアバターの隙間から前を見ることに意識が向いてしまった可能性が示唆された。また、アバターに自分の動きが転写されているというよりも人形を操作しているように感じた参加者がいたこともわかる。加えて、上述したように、アバターのサイズを気にせず同じ姿勢を繰り返した参加者も多かった可能性がある。今後、アバターのサイズを意識し身体所有感を感じてからタスクを行えるように設定を見直し、より詳細な実験を行うことが今後の課題である。

5. 大きさの異なるアバターを用いた VR アプリケーション例

様々な大きさのアバターを 3 人称視点から操作する VR アプリケーションの例として、3 次元お絵描きアプリケーションを作成した。このアプリケーションでは、大中小のアバターを切り替えながら、街にある、空き缶・看板・ビルなど、大きさの異なるオブジェクトに対して絵を描くことが可能である (図 10)。このアプリケーションでは、絵を描く対象のオブジェクトと近いサイズのアバターになり、絵を描く体験ができる。

6. まとめと展望

本研究では、3 人称視点でアバターを操作する VR アプリケーションに着目し、アバターの大きさがユーザの動き

の大きさに与える影響の調査を実施した。具体的には、大中小異なるサイズのアバターを利用してペイントタスクとポーズタスクの 2 種類のタスクを行うユーザスタディを実施した。結果、ペイントタスク・ポーズタスクともに、アバターの大きさを変化させた場合でも、操作者の動きの大きさに有意な差は観察されなかった。両タスクに関するアンケートの結果、ペイントタスクでは小さな (または大きな) アバターを操作する際に自身の動きが小さくなっている (または大きくなっている) と感じた参加者が多く観察された。

今回のポーズタスクの設定では、アバターによって視界が塞がれる、短時間で同じポーズを繰り返す課題設定のためアバターの变化にあまり意識がいかない、といった問題があった。そのため、アバターの大きさを意識しやすく、かつ、アバターへの身体所有感を感じやすいようにタスクを設定しなおし、より詳細な実験を行いたい。また、現状、アバターと同期させているのは頭と両手のみでありこれが没入感や身体所有感を損ねている可能性がある。そのため足をトラッキングした状態での評価実験も重要な将来課題である。

参考文献

- [1] Mel Slater, Daniel Pérez Marcos, Henrik Ehrsson, and Maria V Sanchez-Vives. Inducing illusory ownership of a virtual body. *Front. Neurosci.*, pp. 214–220, 2009.
- [2] Martin Kocur, Florian Habler, Valentin Schwind, Paweł W. Woźniak, Christian Wolff, and Niels Henze. Physiological and perceptual responses to athletic avatars while cycling in virtual reality. In *Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, CHI '21, New York, NY, USA, 2021. Association for Computing Machinery.
- [3] Domna Banakou, Raphaëla Groten, and Mel Slater. Illusory ownership of a virtual child body causes overestimation of object sizes and implicit attitude changes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 110, No. 31, pp. 12846–12851, 2013.
- [4] Jangyoon Kim and Victoria Interrante. Dwarf or giant: The influence of interpupillary distance and eye height on size perception in virtual environments. In Robert W. Lindeman, Gerd Bruder, and Daisuke Iwai, editors, *International Conference on Artificial Reality and Telex-*

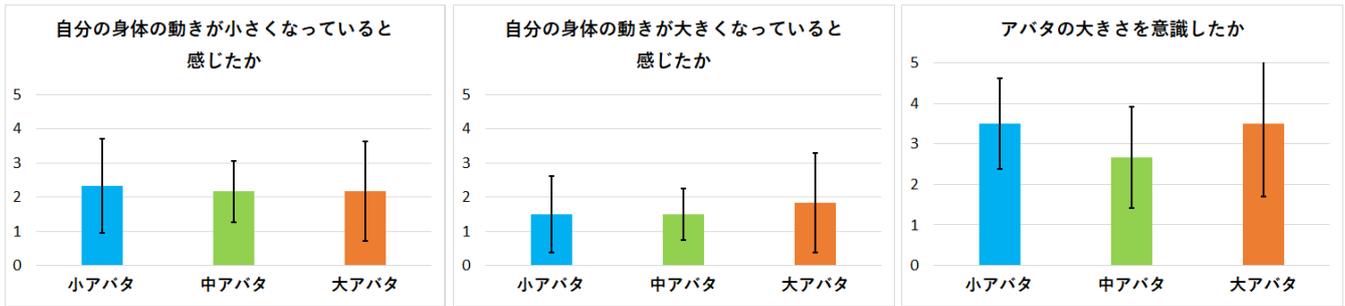


図 8 ポーズタスクにおけるアンケート結果.

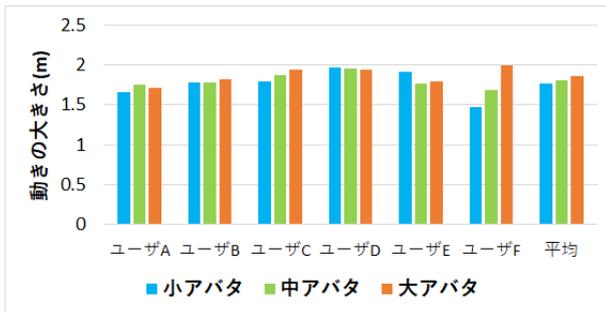


図 9 ポーズタスクにおける実験参加者の動きの大きさ.



図 10 アプリケーションを遊んでいる様子. ユーザは, 小サイズのアバター (a), 中サイズのアバター (b), 大サイズのアバター (c) になり, シーン内の異なるサイズのオブジェクトに落書きを描ける.

istence and Eurographics Symposium on Virtual Environments, ICAT-EGVE 2017, International Conference on Artificial Reality and Telexistence and Eurographics Symposium on Virtual Environments, ICAT-EGVE 2017, pp. 153–160. Eurographics Association, 2017.

- [5] Daniel Medeiros, Rafael K. dos Anjos, Daniel Mendes, João Madeiras Pereira, Alberto Raposo, and Joaquim Jorge. Keep my head on my shoulders! why third-person is bad for navigation in vr. VRST '18, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [6] Konstantina Kilteni, Ilias Bergstrom, and Mel Slater. Drumming in immersive virtual reality: the body shapes the way we play. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, Vol. 19, No. 4, pp. 597–605, 2013.

- [7] Antti Granqvist, Tapio Takala, Jari Takatalo, and Perttu Hämäläinen. Exaggeration of avatar flexibility in virtual reality. In *Proceedings of the 2018 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, CHI PLAY '18*, p. 201–209, New York, NY, USA, 2018. Association for Computing Machinery.
- [8] Lauri Lehtonen, Maximus D. Kaos, Raine Kajastila, Leo Holsti, Janne Karsisto, Sami Pekkola, Joni Vähämäki, Lassi Vapaakallio, and Perttu Hämäläinen. Movement empowerment in a multiplayer mixed-reality trampoline game. In *Proceedings of the Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play, CHI PLAY '19*, p. 19–29, New York, NY, USA, 2019. Association for Computing Machinery.
- [9] Nick Yee and Jeremy Bailenson. The Proteus Effect: The Effect of Transformed Self-Representation on Behavior. *Human Communication Research*, Vol. 33, No. 3, pp. 271–290, 2007.
- [10] "FinalIK". [https://assetstore.unity.com/packages/tools/animation/final-ik-14290\(12/01/2022\)](https://assetstore.unity.com/packages/tools/animation/final-ik-14290(12/01/2022)).