踏む/踏まれるを体感する HMD 空間の構成

情報環境デザイン学科　学籍番号 195020
濵田　健吾
指導教員　小鷹研理

1.　背景

近年 VR 技術や映像技術の進歩により，現実ではありえない場所や空間，行為を体験することが可能となっている．現実ではありえない体験の事例として,VR 上での動物のアバターへの仮想身体所有の錯覚について Duisburg-Essen 大学での研究がある[1].研究では、コウモリ,クモ,トラ,ヒトのそれぞれの仮想身体にマッピングされ被験者自身の身体の動きと VR 上の動物の身体の動きが連動している状態にて仮想空間上で滞在した被験者へのアンケートが行われた.その結果から，仮想身体所有の錯覚は人間でないアバターでも適応することができることが研究で示されている.

そうした中で,自らを巨人や小人から眺める体験は可能だろうか.スケールの異なる生物やモノの視点を体感することは,日常生活では体感できない事象や問題への気付きが得られる可能性がある.例えば,近年ヒグマなどの野生動物が人の居住地域に出没する問題があるが，人が野外に出した生ゴミなどの食料がある場所を覚えることが要因とされる[2]．このようなスケールの異なる人間と動物の行動の関係を,両者の目線で体感する VR システムが存在すれば，人と野生動物の関係を守るための行動と目的の理解を深めることが可能と考えられ，異なる動植物と共生する社会のための教育的なプラットフォームとして有用となることが期待できる.

日常世界で巨人や小人になる感覚が得られる体験として，「不思議の国のアリス症候群」が挙げられる．この病態では，身体のスケールの変化以外にも視覚やボディスキーマ，時間感覚の変容が観測されている[3]が，こうした事例は，視覚表現の世界では馴染みの深いものである．こうした事例を踏まえると，一般の健常者にも，身体のスケールの変化を積極的に体感できる錯覚や VR は可能であると考える.

実験科学においては，巨人や小人になる感覚を感受する試みとしてバービードール錯覚がある．被験者は，図１のように自身より小さいまたは大きい人形の寝る姿勢での目線の映像を見ることになる.その際に人形の足と自身の足を同時に刺激することで，映身体の所有感が遷移し，人形の足から触覚を感じるようになる．小さい人形へ所有感が遷移している状態で箱を見ることで，被験者は実際の箱よりも大きいと感じるように，錯覚後に空間やモノに対する大きさの感覚に劇的な変化が起こる[4]．他方で，バービードール錯覚においては，もともとの自身と，巨人・小人となった自身が同じ空間に存在することが考慮されていない．加えて，実験では被験者の所有感が人形に移ったが,受動的な体験に限られており，異なるスケールの複数の自身のアバターが同時に存在するような空間の体験としては不足している.

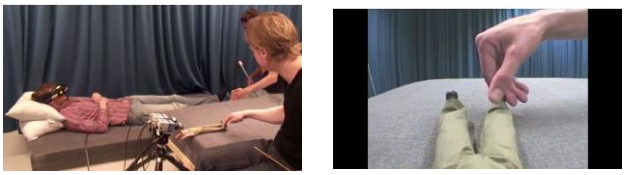

図1 バービードール錯覚の実験の様子(図版引用)

異なる視点から自分自身を見る体験として幽体離脱が挙げられる．小鷹研究室の幽体離脱を扱った過去の制作として「SELF　UMBRELLING」(2018)がある[5]．体験では傘を開く動作を介して，傘を保持している仰向けの体験者の頭部を起点とする一人称視点から，傘のさらに上方から寝転んでいる自分自身（アバター）を見下ろす三人称視点へと切り替わる.本制作での自らを巨人や小人の視点から見ることができるかという問題に対し，特定の動作を介して異なる視点を行き来ができる点で重なる．一方で２つの視点が入れ替わる際にそれぞれの視点のスケールは共通であり，本制作ではどのように異なるスケールでの視点の行き来を行うかについて研究を行う.

2. 目的

本研究では，スケールの異なる２体の自身のアバターが一つの空間に同居する VR システムの構築を目的とする．一つの空間に同居するとは，　1）スケ

ールの異なるアバターが互いの近傍に位置して，お互いが接触しあえる位置にあること，2）くわえて，いずれのアバターに対しても，体験者に対して「自己感」（それが自分であると感じられる感覚）や「身体所有感」が得られるようなインタラクションが可能であることを指す．本研究では，この VR システムを「GIANT KILLING」とする．

3. アプローチ

主に４つのアプローチを導入し，目的に沿うシステムを実装する．

１　三人称フルボディ錯覚

体験者が VR システム上の自分自身のアバターに対して「自己感」や「身体所有感」が得られるように，三人称フルボディ錯覚を導入する．Salmon et al.,(2013)による三人称フルボディ錯覚とは，　自分の身体を背面から眺め，アバターと体験者との間で感覚間同期を与えることで，アバターの身体に対する所有感の感覚が生まれる現象である[6]．本研究では、体験者の動きのセンシングを行い，アバターへの反映で感覚間同期を与える．この錯覚の中では，自分の対応が下がることがある．

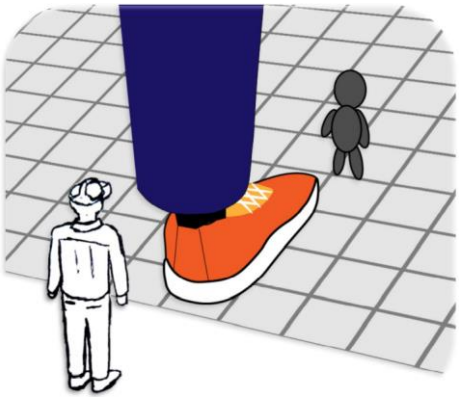

図2　本制作での三人称フルボディ錯覚のイメージ

２ 中動態的なインタラクションの導入

本研究では，三人称視点で体験者の運動と同期する２体のアバターを眼前に呈示する．どちらのアバターに対しても「自己感」を得ることを目指すために，中動態的なインタラクションを導入する．体験者による「ものを踏む」行為を媒介として，２つのアバターの間で「踏む・踏まれる」という相互作用を導入する．「踏む」という能動的な行為と、「踏まれる」という客態的な行為が交差する運動を行うことにより，主体と客体に対する注意が複眼的に生じることが期待される．これにより踏む主体としての「巨人の感覚」と踏まれる主体としての「小人の感覚」を往復することができるのではと考える．

図3　踏む感覚と踏まれる感覚の往復のイメージ図

３ 擬態のための積極的な身体拘束

踏まれる対象のアバターに関して，身体自由度の圧縮を目的としてエリンギを模したものとする．対象のアバターは VR 空間内の床に根本が固定されている状態とする．センシングにより体験者の位置・傾きの変化に応じて伸び縮みの動作，傾く動作は可能とする．身体に対して一定の拘束を与え，身体イメージを抽象化により体験者の運動と視覚イメージとの齟齬を減らし，より「踏まれる身体」への没入感を高めることを目的としている．

４ 巨人の足の感覚について

「自己感」が得られ，踏む行為ができる巨人のアバターについて検討した中で，正確に現実の足の動きがリアルタイムで連動するアバターを実装することが適しているという考えに至った．そのためトラッカーで扱いやすい両足分のスニーカーの 3D モデルを巨人のアバターとする．巨人の足の感覚を得るために，スケールを拡大したスニーカーの 3D モデルを後ろから地面近くの足元の視点より見る配置とする．これにより自身より巨大なスニーカーが目の前にあり，見上げるような感覚が得られるという，三人称フルボディ錯覚とバービードール錯覚の条件を取り入れる．

4. 実装

本制作の VR システムの構成や体験の実装について説明する．VR システムは 3 段階のフェーズに分かれており，体験者は順に体験する．本制作では，Unity2019.4.29 上で Vive Pro というＨＭＤを使用した．位置・向きのセンシングのためにトラッカーを 3 個使用する．体験者の後ろの位置のモニターに VR 上で見える映像がミラーリングされている．

フェーズ１　エリンギ

VR システムで体験者が最初に体験するフェーズ（場面）であり，体験者自身の運動と VR 上でのエ

リンギのアバターが連動しているため，自身の身体がエリンギのようになる感覚を得られるフェーズである．体験者はまずトラッカー付きのシューズを両足に履き，HMD を装着する．次に体験者は図１の１のような位置でトラッカーが取り付けられた板を両手で持ち，準備は完了する．VR 上では，図１の１のようにエリンギのアバターが見える．開始直後は体験者に直立で待機するように指示し，その間に VR の管理者はキャリブレーション作業をする．体験者は図のように板を持った状態で体を自由に動かし，体験者が両手で保持する板の位置・傾きに対応したエリンギのアバターの動きを体感できる．下図のようにエリンギは伸びたり縮んだり傾く変形をする．一通り体験を終えた際は，体験者に両手で持っていた板を下ろしてもらう．

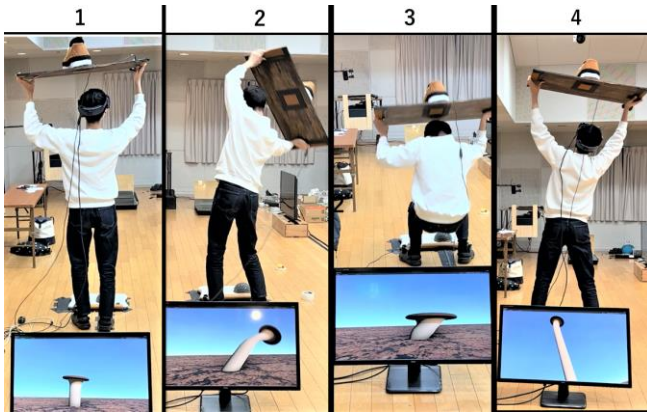

図4 フェーズ１の体験中の様子

フェーズ２　巨人の足

VR システムで体験者が２番目に体験するフェーズであり，VR 内での足元から体験者自身の動きと連動する現実以上のスケールのスニーカーを見る・見上げる体験により，巨人の足のスケール感を得ることを狙ったフェーズである．足踏みや後ろ向きに歩くこと，片足を高く上げること，つま先立ち，かかと立ちなど体験者に自身の足を自由に動かしてもらう．体験者が両足に履いたシューズのトラッカーの位置・向きは図のように反映される．

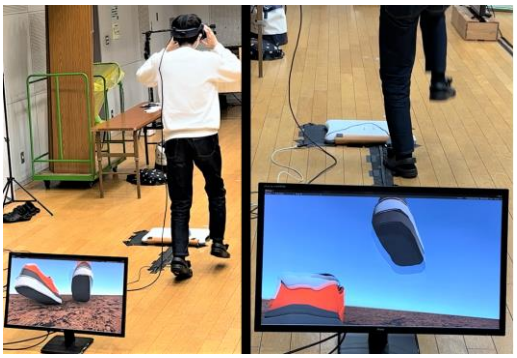

図5 フェーズ２の体験中の様子

フェーズ３　踏む・踏まれる

VR システムで最後に体験するフェーズであり，内容はエリンギのアバターを，スニーカーのアバターで踏む体験である．まず体験者は図３の１のように板を両手で持つ．フェーズ３開始時点で HMD には,図３の１のようにアバターが表示される．次に体験者は Wii バランスボード上のバランスボールを右足で踏むことができる位置まで移動する．図３の２のように，体験者がバランスボールを踏むことで，VR 上にて「踏む・踏まれる」状態のモードに切り替わる．「踏む・踏まれる」状態は Wii バランスボード上のバランスボールから足を離すまで継続され，踏む際に掛ける体重が大きいほど，エリンギのアバターはつぶれるように縦に縮み，右足のスニーカーのアバターがエリンギのアバターの傘部分を踏む位置に表示され，左足スニーカーのアバターは非表示となる．踏んでいた右足を離すと，「踏む・踏まれる」状態が解除され,左足のスニーカーが再度表示され，エリンギが上に跳ね返すような動きになり，図３の３のように踏んでいた右足のスニーカーは上に吹き飛ばされる.右足スニーカーは高い所から 2 秒ほど時間を掛け地面に落ちていく．右足スニーカーが地面に戻ると，再度エリンギアバターを右足で踏む体験ができる．

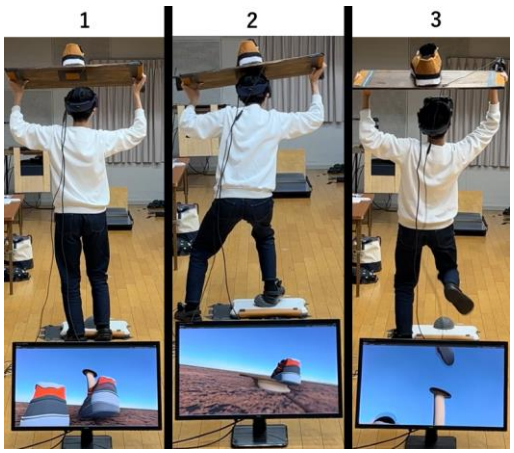

図6 フェーズ３の体験中の様子

5. アンケート結果

本制作の VR システムの展示及び体験を行った際に，体験者に会場内でアンケート調査を行った．アンケートは三つの質問項目から成り，-3～3 までの 7 段階から１つ選び回答する内容であり，53 名からの回答が得られた．

質問項目１「自分がエリンギの身体のようにかんじた」では，表１の結果が得られた．

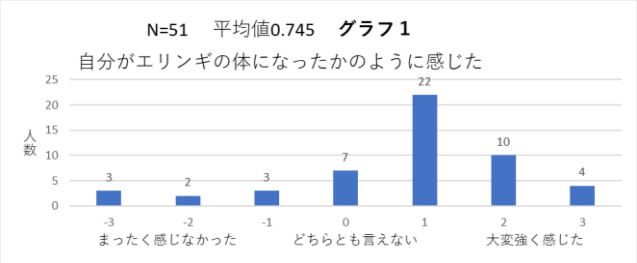

図7　質問項目1のアンケート結果であるグラフ１

質問項目２「自分が足元にいるかのように感じた」では，図の結果が得られた．

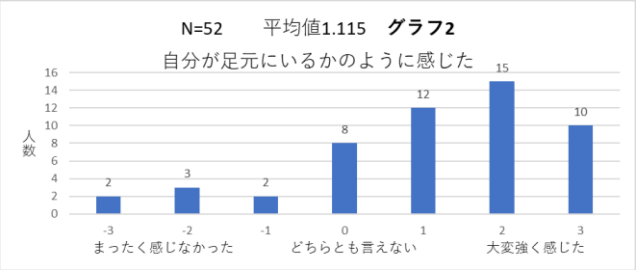

図8　質問項目2のアンケート結果であるグラフ２

質問項目３「自分が自分自身を踏んでいるかのように感じた」では，図の結果が得られた．

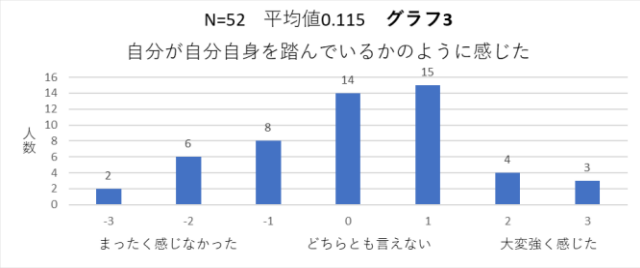

図9　質問項目3のアンケート結果であるグラフ３

アンケートの結果から，本 VR システムの「エリンギ」および「巨人の足であるスニーカー」のアバターの体験に関して，感じたという回答が多い結果となり，アバターの身体感覚を得るための体験に，三人称フルボディ錯覚及びバービードール錯覚を取り入れた効果を示していると考える．一方質問項目３の「自分が自分自身を踏んでいるかのように感じた」では，明確に感じたと答える体験者が少ない結果となり，フェーズ３の体験では十分に巨人と小人の感覚の行き来の感覚を得ることが難しかったと考える．そのためフェーズ３の改良を行った．

改良として，実際に体験者が自身の踏んでいる状態の右足を離した際に，右足スニーカーの 3D モデルを回転させながら斜め上向きの力を加えて後ろへ吹き飛ぶように実装を行った．カメラ位置は吹き飛ぶ右足スニーカーの後ろを追従し，右足スニーカーは地面に着地するとその場で静止する．また体験者が踏む動作の最中でも左足スニーカーの 3D モデルを表示するように変更を行った。

6. 結び

同じ空間上に存在する 2 体のスケールの異なるアバターどちらに対しても自己感を得られる VR システムの設計および改良を進めてきた．本制作でのアバターは 自分自身の身体であるような奇妙さなどを提供し，不気味かつ新しい感覚を体験者に提供することができたと考えている．一方，本制作の結果から，スケールの異なる自身の 2 体のアバター同士のインタラクションから教育的な気づきを得られる体験が可能である VR システム作成には，今後解決すべき課題があると考える．

参考文献

[1] Andrey Krekhov & Sebastian Cmentowski & Jens Kruger. The Illusion of Animal Body Ownership and Its Potential for Virtual Reality Games. 2019, 1-9 .[https://arxiv.org/pdf/1907.05220.pdf]

[2] 公 益 財 団 法 人 知床財団 .” 知床で暮らす方へ ”. 知床のひぐま SHIRETOKO BRONWNBEAR. 発行年不明. https://brownbear.shiretoko.or.jp/shiretoko/, (参照 2022-10-20)

[3] Jan Dirk Blom. Alice in Wonderland syndrome A systematic review. Neurol Clin Pract June 2016. 2016, 259-270 . [https://cp.neurology.org/content/neurclinpract/6/3/259.full.pdf]

[4] van der Hoort, B., Guterstam, A., & Ehrsson, H. H. (2011). Being Barbie: the size of one’s own body determines the perceived size of the world. PloS One, 6(5), e20195. [https://doi.org/10.1371/journal.pone.0020195]

[5]小鷹研理 .” SELF UMBRELLING (2018)” .注文の多いからだの錯覚の研究室 . https://lab.kenrikodaka.com/works/2018_selfumbrelling/ .(参照 2023-1-13).

[6] Salomon, R., Lim, M., Pfeiffer, C., Gassert, R., & Blanke, O. (2013). Full body illusion is associated with widespread skin temperature reduction. Frontiers in Behavioral Neuroscience, 7, 65. [https://doi.org/10.3389/fnbeh.2013.00065]

図版引用

図１ van der Hoort, B., Guterstam, A., & Ehrsson, H. H. (2011). Being Barbie: the size of one’s own body determines the perceived size of the world. PloS One, 6(5), e20195.

濵田　健吾

GIANT KILLING

VRインタラクション　展示空間　2.0m×2.0m×2.0m

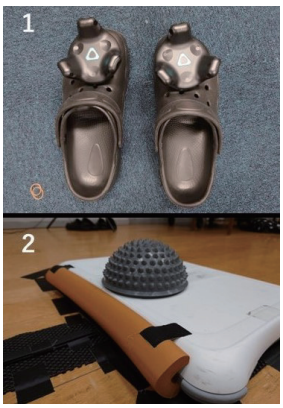

図1　画像上は体験で使用するシューズ
画像下は体験で使用する踏む装置
(Wiiバランスボードとクッション)

図2 体験で使用する板

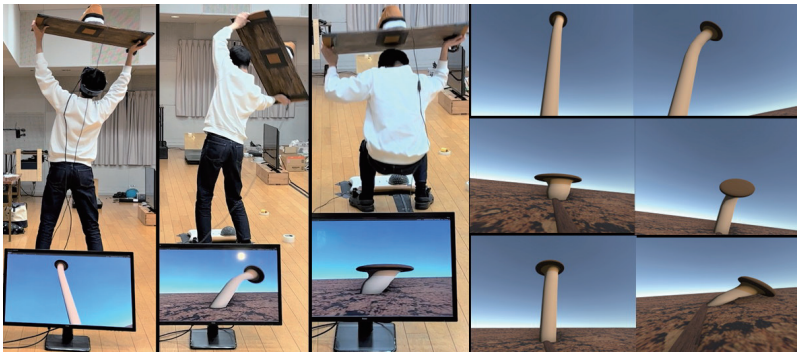

図3 フェーズ1の体験内容

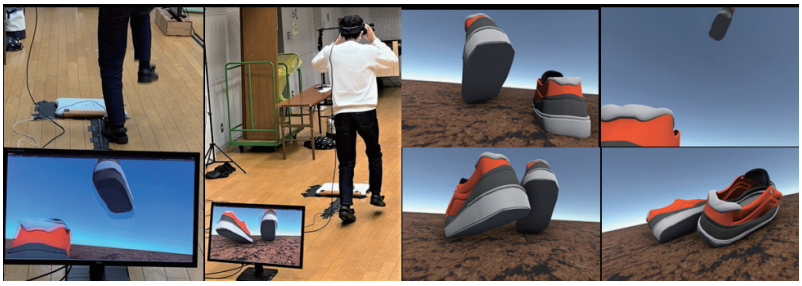

図4 フェーズ2の体験内容

図5 フェーズ3の体験内容

本制作「GIANT　KILLIMG」は、VR空間で自らを巨人や小人から眺める体験ができるのかという疑問から、スケールの異なる２体の自身のアバターが同じ一つの空間に同居するVRシステム構築を目指し制作した。

「GIANT KILLING」はHMDとしてHTC VIVE Proを使用し、Unity上で制作され、体験は３段階のフェーズに分かれている。

図1のシューズおよび図2の板には、VIVEトラッカー2018が取り付けられており、これにより体験者の運動をVR空間上に反映する。

まず体験者はフェーズ１で踏まれる側(小人)であるエリンギのアバター、フェーズ2で踏む側である巨人の足(スニーカー)のアバターのそれぞれの身体感覚を得る。フェーズ3ではそれぞれのアバターへの感覚を持った状態で、体験者が実際に図１の踏む装置を「踏む」という行為を介して、踏む側と踏まれる側のスケールの異なる２体のアバター間の視点・感覚の往復ができる体験を目的として実装されている。

本制作のVRシステム体験では、まず図１のシューズとHMD本体を装着し、図2の板を頭の上の位置で両手に持つ。

フェーズ1では図３のような姿勢で、歩かない状態で体ごと板を動かし、VR空間上の体験者の動きと連動するエリンギのアバターの身体感覚を体験する。

フェーズ2では、図２の板を使用せず、図4のように体験者が自身の足を動かし、足の動きと連動する巨人の足(スニーカー)のアバターの身体感覚を体験する。

フェーズ3では、図2の板を持ち、図1の踏む装置を図5のように踏むことで、VR空間上のエリンギのアバターを巨人の足(スニーカー)のアバターで踏むことができる。踏む装置から足を離すと、エリンギのアバターのカサ部分を踏む状態であった右足のスニーカーのアバターが、図5のように斜め上向きの力で後ろに吹き飛ばされる体験ができる。