



仰臥位での VR 体験における身体不一致感に関する基礎検証

Basic verification of body discrepancy in VR experience in supine position

横井紀卓¹⁾, 森嶋理沙¹⁾, 矢本雄大¹⁾, 目黒淳一¹⁾

Noritaka YOKOI, Risa MORISHIMA, Yudai YAMOTO and Junichi MEGURO

1) 名城大学理工学研究科メカトロニクス工学専攻

(〒468-0073 愛知県名古屋市長区塩釜口 1-501, 233432033@ccmail.meijo-u.ac.jp)

概要：近年，VR 技術の発展に伴い立位や座位など様々な姿勢での VR 体験の開発が進んでいる。同様に長時間の VR 体験が可能な仰臥位での VR 体験の開発が期待されているが，仰臥位での VR 体験には現実空間と VR 空間での視線方向の違いによる身体不一致により VR 酔いが発生しやすいという課題がある。そこで本研究では，ピッチ角方向の姿勢変化が可能な装置を用いて仰臥位での VR 体験における身体不一致感を減少させる手法の検討を行う。

キーワード：感覚・知覚，HMD，移動感覚，仰臥位

1. はじめに

近年，バーチャルリアリティ(VR: Virtual Reality)技術やヘッドマウントディスプレイ(HMD: Head Mounted Display)の発展に伴い，VR 空間への没入感を向上させるため，映像と連動して動く乗り物(MP: Motion Platform)[1]など様々な VR システムの開発が進んでいる。ただし，MP を利用した VR システムは基本的に立位，もしくは，座位を想定したものが多く，一方，人間が最もリラックスした姿勢で，長時間の VR 体験が可能な仰臥位（寝ころんでいる状態）での VR 体験も検討されている。しかし，仰臥位での VR 体験では現実空間と VR 空間での身体不一致により，VR 酔いが発生しやすいという課題があり[2]，検証例は限定されている。しかし，仰臥位での VR 体験における身体不一致感を減少させることが出来れば，仰臥位で長時間の VR 体験が可能になることが期待される。

そこで本研究では，姿勢変化が可能な装置を用いて仰臥位での VR 体験における身体不一致感を減少させる手法の検討を行い，仰臥位における VR 体験の実現可能性を拡大させることを目指す。

2. 従来研究

VR 体験における姿勢の違いが体感に与える影響に関して，様々な研究が行われている。まず，仰臥位でのシミュレーション酔いに関する研究[2]では，座位の被験者と仰臥位の被験者の 2 パターンを用意し，酔いの指標である SSQ スコアの変化について検証が行われている。その結果，VR 空間と実空間の姿勢の違いや仰臥位での VR 経

験の不足により，仰臥位は座位に比べ VR 酔いをしやすいたことが確認されている。

また，仰臥位での体験についての聞き取り調査[3]では，VR 経験が豊富な被験者が実空間において仰臥位で VR 体験を実施したところ，一部の被験者から実空間と VR 空間内の姿勢が異なっているにもかかわらず，VR 空間と同様に立っているような錯覚が発生したということが報告されている。このことから仰臥位での VR 体験においても錯覚を発生させることにより身体不一致感が減少する可能性が示唆されている。しかし，すべての被験者に立っている錯覚が発生しておらず，錯覚が発生する条件は明確になっていないと言える。

一方，MP を用いることにより意図的に錯覚を発生させ，身体不一致による違和感の減少を実現している事例が報告されている。電動車椅子を MP として用いた錯覚に関する研究[4]では，映像と異なる動きを被験者に与えた際の体感に関する検証が行われている。この研究では 3 軸方向の回転を行う VR 映像の運動変化タイミングに合わせて MP を前後移動させながら無関係な一方向の回転をすることにより，映像とは一致していない動きにもかかわらず違和感が減少し，かつ，迫真性が向上することが確認されている。

そこで本研究では，従来研究[3]において一部の被験者が仰臥位でも立っている状態と錯覚していたことに注目し，仰臥位でも VR 映像の運動変化に合わせて実空間上の被験者に対して何かしらの動きを与えることで錯覚を生じさせることが可能か検証を実施する。

具体的には、姿勢変化が可能な装置を用いて意図的に錯覚を発生させ、身体不一致感が減少する実空間上での動作条件を明確化することを目指す。

3. 研究の概要

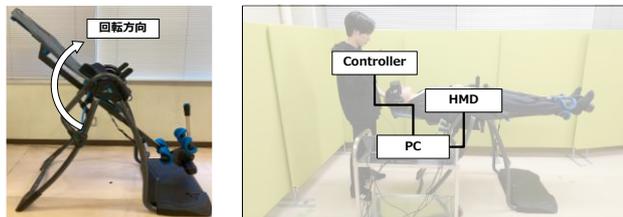
3.1 検証の概要

本研究では、ピッチ方向の回転が可能な装置を用いて仰臥位での VR 体験について検証を行う。ここでピッチ角方向の回転とは、被験者の正面方向に対する回転とする。本論文では、まず、仰臥位の VR 体験においてピッチ角方向の姿勢変化が身体不一致感の減少に有用かの確認をするために基礎検証として、“ピッチ角変化が体感に及ぼす影響の検証”を実施する。そして、その結果からピッチ角方向の変化で身体方向の錯覚が発生する可能性が示唆されたため、次に“映像の違いが体感に及ぼす影響の検証”を実施する。

なお本概要における各実験では、実験の概要、アンケート内容を実験前に被験者に説明した後に実施する。各実験の条件はランダムな順番で実施し、被験者は 8 人実施する。また、各アンケートでは、5:評価の最大値、1:評価の最小値する。

3.2 装置の概要

検証ではピッチ方向の姿勢変化が可能な装置と、M5StickCplus を活用してピッチ方向の運動に合わせて VR 空間の視点を切り替えることが可能な検証装置を作成する。図 1、表 1 に本研究で使用する装置の概要を示す。また、VR 空間の構築には Unity を用いる。



a) 検証装置の外観

b) 検証装置の構成

図 1: 検証装置の概要

表 1: 検証装置の構成

名称	型番
PC	LEVEL-15FR103-i7-TOZX (LEVEL)
HMD	Oculus Rift (Oculus)
Controller	M5Stick C Plus(M5Stack Technology)

4. ピッチ角変化が体感に及ぼす影響の検証

4.1 検証概要

仰臥位の VR 体験においてピッチ角方向の姿勢変化が身体不一致感の減少に有用かを確認するため、映像に合わせてピッチ角を変化させる実験を行う。なお、実験では起き上がってから 5[m/s]で直進する映像を使用し、それに合わせて実空間の姿勢を 3 条件用意する。

条件①：ピッチ角変化なし。

条件②：VR 空間の起き上がりと同時にピッチ角方向へ 45[deg]変化させる。

条件③：条件②と同様に 45[deg]変化させた後、VR 空間の動き出しと同時に元の位置へ戻す。

ここで、条件①は従来研究[2][3]と同様の条件として設定している。また、条件②は起き上がる角度が実空間と VR 空間で異なっている際の体感について確認するために設定している。しかし、VR 空間の移動中に実空間の姿勢が 45[deg]に固定されているため、仰臥位での VR 体験を実現しているとは言えない。そこで、条件③では VR 空間上での動き出しと同時に実空間の体を倒すことで、最終的な姿勢が仰臥位になるように設定している。条件③の条件①と同様に最終的な姿勢が VR 空間と実空間で異なるが、VR 映像の運動変化に合わせて動きを与えているため、身体不一致感が低下することを期待している。だが VR 空間と実空間で異なる動きをしているという問題点がある。

また、この時の装置の最大角速度は 10[deg/s]になるように調整している。図 2 に使用した映像を、図 3 に VR 空間と実空間の動きを示す。

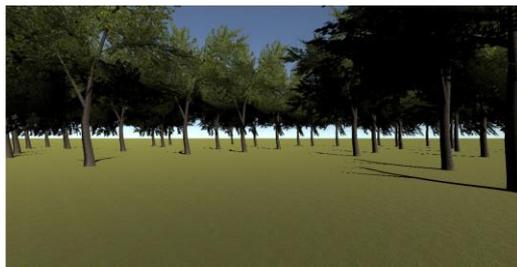


図 2: VR 空間の様子

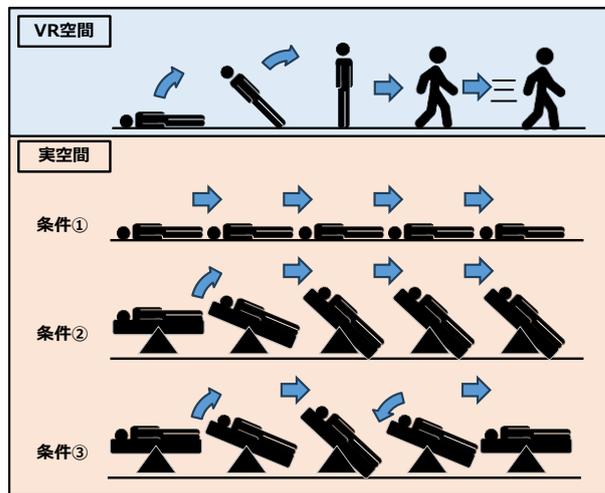


図 3: VR 空間の動きと実空間の動き

4.2 検証結果

図 4 a), 図 4 b)に身体不一致感、移動感のアンケート結果を示す。グラフの縦軸はそれぞれの項目に対する 5 段階リッカート尺度評価の回答結果を、横軸は条件を表している。図 4 a), 図 4 b)より、仰臥位の状態を維持した条件①において発生していた身体不一致感が条件②では減少し、被験者に移動感を提示できていることが確認でき

る。これは映像の起き上がる動きに合わせて似た動きを被験者に与えたことにより、被験者が直立していると錯覚したことが要因であると考えられる。また、条件③では条件①、②と比較すると移動感をより提示することが可能だが、身体不一致感については評価値のばらつきが大きくなることを確認できる。この結果は、VR空間と実空間で異なる動きをしているが、この姿勢を水平状態に戻す動きが加速時の慣性力による身体感覚に似ており、それを好意的に受け入れるかの違いであると考えられる。

以上の結果から、ピッチ角方向の姿勢変化は身体不一致感の減少に有用である可能性を確認できた。ただし、条件③については身体不一致感の結果にばらつきがあり、移動中の姿勢について仰臥位を維持しているVR体験を実現するには別条件が必要であると考えられる。そこで、今回発生することが確認された移動感に注目し、この移動感をより強く被験者に提示することで条件③で発生していた身体不一致感のばらつきを抑えることが可能かを次の節で検証する。

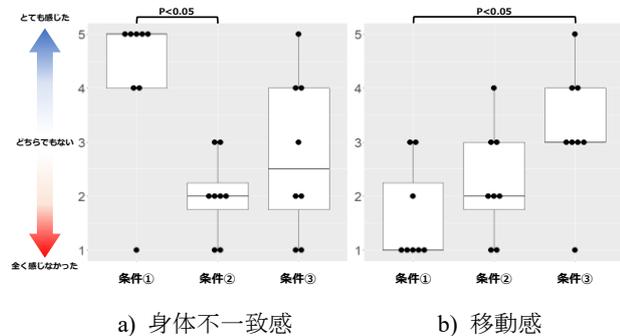


図4: 検証項目 4.1 の結果

5. 移動速度の違いが体感に及ぼす影響の検証

5.1 検証概要

本節では、4章の検証で確認された移動感に注目し、この移動感をより強く被験者に提示することで、身体不一致感を低減することが可能か、検証を行う。検証では、移動速度を 5[m/s]から 30[m/s]の間の 5[m/s]刻みの計 6 条件用意する。また、本検証における実空間側の動きは図3の条件③とし、最大角速度も4章の検証と同様に 20[deg/s]とする。また、本検証での体感の基準は図3の条件①とする。

5.2 検証結果

図 5a), 図 5 b)に不一致感, 移動感のアンケート結果を示す。図 5 より移動感が増加に伴い、4章で確認されていた不一致感のばらつきが収束し、減少する傾向が確認できる。また、有意差検定により、15[m/s]以上の速度を与えることで被験者は実空間で仰臥位であるにもかかわらず、VR空間で立っているような感覚を得ていることが確認できる。

以上の結果から、ピッチ角変化を用いた錯覚の発生を利用し、15[m/s]以上の速度を提示することで仰臥位でのVR体験を実現できる可能性を確認することが出来た。

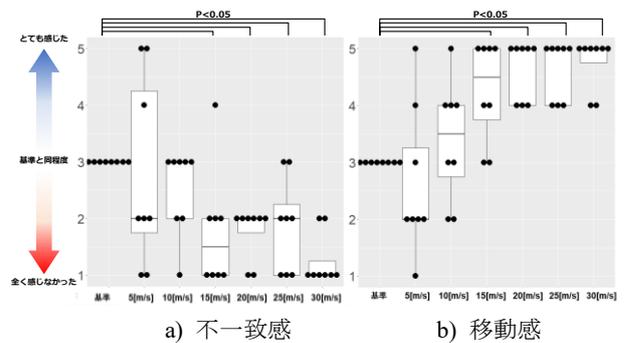


図5: 検証項目 5.1 の結果

6. 結言

近年、VR技術やHMDの発展に伴い、VR空間への没入感を向上させるため、様々なVRシステムの開発が進んでいる。ただし、既存のVRシステムは基本的に立位、もしくは、座位を想定したものが多く、一方、人間が最もリラックスした姿勢で、長時間のVR体験が可能な仰臥位は身体不一致によりVR酔いが発生しやすいという課題があり、検証例は限定されている問題がある。

そこで本研究では、姿勢変化が可能な装置を用いて仰臥位でのVR体験における身体不一致感を減少させる手法の検討を行った。

検証では、VR空間で動きの変化タイミングに合わせて実空間でピッチ角方向に姿勢を変化させることで身体不一致感が減少する可能性を確認した。また、VR空間の動き出しに合わせてピッチ角を変化させることで移動感についても被験者に提示できることを確認した。さらにVR空間内での移動速度を上げることにより、移動感がより増加し、身体不一致感がさらに減少する傾向があることを確認した。

以上の結果から、ピッチ角変化を用いた錯覚の発生を利用することにより仰臥位でのVR体験で発生していた不一致感を減少させることができ、仰臥位でのVR体験を実現できる可能性を確認することが出来た。

謝辞 本研究を実施するにあたり助言を頂いた豊田中央研究所小玉氏に感謝する。

参考文献

- [1] 小玉亮, 高下昌裕, 田口峻, 藤枝延維, 梶本裕之“小型電気自動車とヘッドマウントディスプレイを用いた体感型エンタテインメントシステムの体感向上効果検証”, TVRSJ, vol. 24, No. 1, pp.103-112, 2019.
- [2] Julien Marengo et al., “On the Influence of the Supine Posture on Simulation Sickness in Virtual Reality”, 2019 IEEE Conference on Games, 2019
- [3] Thomas van Gemert et al., “Towards a Bedder Future: A Study of Using Virtual Reality while Lying Down”, CHI '23, 2023
- [4] 武村健矢, 他:“小型モビリティを用いた空間の錯覚に関する研究 —並進移動と回転による知覚の検証—”, ロボット学会, 2020