

2019 年度 卒 業 論 文

HMD を用いた VR ゲームの高所の落下防止支援の研究

指導教員：渡辺大地 准教授

メディア学部 ゲームサイエンス

学籍番号 M0116007

麻生 楓

2020 年 2 月

2019年度 卒業論文概要

論文題目

HMD を用いた VR ゲームの高所の落下防止支援の研究

メディア学部

学籍番号：M0116007

氏名

麻生 楓

指導
教員

渡辺大地 准教授

キーワード

HMD、VR、落下、高所、一人称視点

本研究では HMD を用いたバーチャルリアリティー（以下、VR）ゲームでの高所におけるプレイヤーの落下に着目した。コンピュータゲームには現実を模倣した地形が作られている。地形はレベルデザインによって様々だが、その多くは高所が存在する。高所からの落下にはペナルティがあるものとなないものがあるペナルティのあるものはゲームオーバーあるいはプレイヤーのヒットポイント（以下、HP）の減少といったプレイヤーに対して不利益がある。よってプレイヤーは高所からの落下という現象に恐怖し、緊張感をもってプレイを行う。このハラハラドキドキといった恐怖心や緊張感はコンピュータゲームを楽しむ要素の一つとなっており、HMD を用いた VR ゲームでも同様である。しかし VR ゲームには問題がある。非 VR ゲームと立体視映像による奥行き知覚の誤認識や操作性の違い、臨場感といった非 VR とは異なる要素があり、正確性と快適性を欠いてしまう要因が多い。それらを考慮せず、非 VR ゲームにある既存の落下防止支援をそのまま適用してしまうのは問題であると考え。本研究で行う調査は、既存の落下防止支援では VR ゲームに合わないことを明らかにし、VR ゲームにおいて細道であっても高い正確性と快適性を伴うことのできる落下防止支援となる要素を明らかにすることを目的とした。高所における既存の処置を調査する。調査の結果、既存の処置は 5 つに分類できることがわかった。そこから落下防止支援として選択肢型、透明壁型、触覚型の 4 つを抽出し、独自手法とする触覚型+緩徐を正確性と快適性を考慮した落下防止支援として検証を行った。実装したゲームを 12 名の被験者にプレイしてもらい、落下防止支援に対するアンケートに答えてもらった。被験者には 5 を基準値とし、0 から 10 の間で評価してもらった。平均値としては透明壁型と触覚型+緩徐が非 VR よりも評価が低いことがわかった。しかし、t 検定を行うと有意差は生じておらず、どの落下防止支援も評価としては差がないことが明らかになった。

目次

第 1 章	はじめに	1
1.1	研究背景と目的	1
1.2	論文構成	4
第 2 章	高所における落下に関する既存の処置	5
第 3 章	実験内容	7
3.1	実装内容	7
3.2	独自手法	9
3.3	実装したゲーム	10
3.4	検証方法と結果	11
3.4.1	A グループの HMD 無と HMD 有アンケート結果比較	11
3.4.2	B グループの HMD 無と HMD 有アンケート結果比較	18
3.5	t 検定を用いた結果比較	25
3.5.1	HMD なしの A グループと B グループの有意差	26
3.5.2	HMD ありの A グループと B グループの有意差	27
3.5.3	HMD なしとありの A、B グループの評価の平均と有意差	27
第 4 章	考察	28
第 5 章	まとめ	29
	謝辞	30
	参考文献	31

目次

3.1	選択型	8
3.2	透明壁型	9
3.3	触覚型	9
3.4	触覚型+緩徐	10
3.5	プレイを行うステージ	10
3.6	A グループ・HMD 無・選択肢型	12
3.7	A グループ・HMD 有・選択肢型	12
3.8	A グループ・HMD 無・透明壁型	13
3.9	A グループ・HMD 有・透明壁型	13
3.10	A グループ・HMD 無・触覚型	14
3.11	A グループ・HMD 有・触覚型	14
3.12	A グループ・HMD 無・触覚型+緩徐	15
3.13	A グループ・HMD 有・触覚型+緩徐	15
3.14	A グループ・HMD 無・落下防止なし	16
3.15	A グループ・HMD 有・落下防止なし	16
3.16	A グループ・HMD 無・選択肢型	16
3.17	A グループ・HMD 有・選択肢型	16
3.18	A グループ・HMD 無・透明壁型	17
3.19	A グループ・HMD 有・透明壁型	17
3.20	A グループ・HMD 無・触覚型	17
3.21	A グループ・HMD 有・触覚型	17
3.22	A グループ・HMD 無・触覚型+緩徐	18
3.23	A グループ・HMD 有・触覚型+緩徐	18
3.24	B グループ・HMD 無・選択肢型	19
3.25	B グループ・HMD 有・選択肢型	19

3.26 B グループ・HMD 無・透明壁型	20
3.27 B グループ・HMD 有・透明壁型	20
3.28 B グループ・HMD 無・触覚型	21
3.29 B グループ・HMD 有・触覚型	21
3.30 B グループ・HMD 無・触覚+緩徐型	22
3.31 B グループ・HMD 有・触覚型+緩徐型	22
3.32 B グループ・HMD 無・落下防止なし型	23
3.33 B グループ・HMD 有・落下防止なし型	23
3.34 B グループ・HMD 無・選択肢型	23
3.35 B グループ・HMD 有・選択肢型	23
3.36 B グループ・HMD 無・透明壁型	24
3.37 B グループ・HMD 有・透明壁型	24
3.38 B グループ・HMD 無・触覚型	24
3.39 B グループ・HMD 有・触覚型	24
3.40 B グループ・HMD 無・触覚型+緩徐	25
3.41 B グループ・HMD 有・触覚型+緩徐	25
3.42 HMD の有無と各グループの平均値	26

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景と目的

バーチャルリアリティ（以下、VR）には、ゴーグル型ディスプレイいわゆるヘッドマウントディスプレイ（以下、HMD）を装着してゲームをプレイするものがある。VR 対応ゲームや HMD が続々と登場した VR 元年 [1] とも呼ばれる 2016 年から今まで、VR 技術が革新していることが注目を浴びるきっかけともなった。1995 年に任天堂より販売された HMD であるバーチャルボーイ [2] が世界出荷台数約 77 万に対し、2016 年に SONY から販売された HMD である PlayStationVR が世界で約 420 万台販売している [3]。そこから、世間からの関心が VR ゲームに対して以前よりも高まったことがわかる。HMD を用いた VR ゲームは立体視映像を HMD のディスプレイに表示することで、まるでプレイヤーに仮想空間にいるかのような臨場感を与える。VR ゲームにおいて、プレイヤーのボタン操作によって行動するキャラクターが存在する作品では、現実世界の模倣がある。例えば、Sony が提供する Farpoint[4] には崖といった高低差のある地形がある。地形はレベルデザインによって多様な形になっている。その中でも高所は、高いほど恐怖や不安を煽る要素になっている。ゲーム内での高所からの落下にはペナルティがあるものがないものがある。落下にはペナルティがある作品も存在する。ペナルティにはゲームオーバーで

あったり、ヒットポイント（以下、HP）と呼ばれるプレイヤーが操作するキャラクターの生命を司る値を減少させたりするものがある。よってプレイヤーは高所において、それらを避けようとする。私はペナルティの存在が、プレイヤーがゲームに対して楽しさを感じる繋がりを生む要素となると考える。Microsoft 社が提供するマインクラフト [5] や EpicGames が提供する FORTNITE[6] には HP が存在する。これは落下して地面に衝突することで減少し高さによっては HP が尽きマインクラフトではゲームオーバーになり、FORTNITE ではダウンと言われる瀕死状態になる。すると、所持しているアイテムを全て喪失してしまう不利益をプレイヤーは被る。なので、ゲームオーバーを避けようと強く意識するようになる。特に高所において足場が少なければ少ないほど、プレイヤーは不安や恐怖から緊張感をもって、落下せず目的地まで安全に進めるように集中する。目的地まで無事到達することで達成感を得られる。こうした集中と達成感は山下ら [7] の研究でコンピュータゲームにおいて楽しさを感じる要因として、高い数値が出ている。よって、楽しさに繋がる要素となると考える。

しかし、HMD を用いた VR ゲームではその楽しさを妨げてしまう問題がある。立体視映像は焦点調整と輻輳の乖離によって、奥行き知覚に誤差が出ることが内海ら [8] によって明らかになっている。ここから、プレイヤーにとって想定していた距離と実際の距離にズレが生じ、奥行き知覚のご認識による落下があるのではと考える。こうした現象はプレイヤーにとってプレイに支障をもたらし、理不尽と感ずることで、ペナルティがストレスの要因となる。こういった現象は、プレイヤー目線でプレイするいわゆる一人称視点の作品である Farpoint[4] などの作品だけでなく、Sony が提供する ASTROBOT:RESCUE MISSION[9] といった三人称視点と言われる操作可能キャラの動作を見ることのできる作品であっても HMD を用いるゲームで起こると考える。他にも Oculus Rift S[10] を例に HMD や体の向きをゲームに反映するといった非 VR ゲームとの操作性の違いや VR 酔いといった問題が指摘されている [11][12][13]。そういった様々な問題を考慮せず、非 VR ゲームで行われていた高所における既存の落下処置をそのまま VR ゲームに転用す

るのは問題である考える。コンピュータゲームにおける高所からの落下の研究はあまり見られず、ナビゲーションメッシュを用いて AI が地形解析を行い、高低差のあるフィールドで敵 NPC が行動するといった研究を三宅ら [14] が行った事例はあるが、非 VR ゲームでのプレイヤー目線での落下についての研究事例はない。また VR 研究においても鶴飼ら [15]、湯川ら [16] や田中ら [17] による VR 酔いへのアプローチや三輪ら [18] による VR 環境下での重力影響といった研究は存在するが、ゲームに関連するものの多くは酔いについてであり、ゲーム内での落下に関連するものはない。なので、まず本研究では非 VR と VR のプレイヤーが操作するキャラクターが存在するゲームを対象に、足場の少ない場所ではどういった処置が行われているかの調査を行った。調査の結果から落下処置は 5 つに分類できることがわかった。非 VR で行われていた既存の処置が HMD を用いた VR ゲームで適用した際に適切であるかの検証を行う。手法としては分類したものを基に処置を実装し、そこに正確性と快適性を考慮した独自の処置を加えて、被験者に VR と非 VR 状態を体験してもらおう。ゲームは足場の少ない高所で落下せずにゴールまで向かうというシンプルなものとし、非 VR 版と VR を作成した。落下処置のうち、落下を防止するシステムを落下防止支援と呼ぶ。落下防止支援なしと分類から抽出した落下防止支援が 3 つ、独自の手法が 1 つ計 5 パターンを 1 セットとし、非 VR 版と VR 版でプレイしてもらおう。順番学習を考慮し、非 VR 版から VR 版の順に行った被験者群を A グループ、VR から非 VR の順に行った被験者群を B グループに分け、落下防止支援の効果とストレス度合をアンケートで回答してもらおう。その評価を比較することで既存の落下防止支援と独自の手法が HMD を用いた VR ゲームで正確性と快適性ができているかを検証した。検証の結果、HMD を用いた VR で実験を行った時の落下防止支援効果の評価平均は透明型と触覚型+緩徐が、HMD なしの非 VR の落下防止支援効果の評価平均よりも低いことがわかった。しかし、t 検定を用いたところ格落下防止支援の間に有意差はないことが明らかになった。

1.2 論文構成

本論文は5つに章立てし、構成している。2章ではゲームにおける落下の扱いを分類方法と分類結果を述べる。3章では検証実験内容を説明する。4章では検証実験の結果の考察を述べる。5章ではまとめを述べる。

第 2 章

高所における落下に関する既存の処置

本章では、高所における落下に関する既存の処置の調査と明らかになった事柄を述べる。

調査した結果、高所における落下に関する既存の処置は落下防止なし型、選択肢型、不可視壁型、可視壁型、触覚型の 5 つに分類できることがわかった。落下防止なし型は足場のない場所へ移る際に、阻害するものがなにもないもののことである。選択肢型は落下をする際に、選択肢を表示する。不可視型とは崖に見えない壁を配置することで落下を阻止するもののことである。触覚型はコントローラーをバイブレーションさせるもののことである。

本論文ではゲーム画面が置き型のディスプレイで表示されているものを FPD、ゲーム画面が頭部に装着する HMD に内蔵されたディスプレイに表示されているものを VR と呼称する。

表 2.1 に FPD での分類を、表 2.2 で VR での分類を示す。

表 2.1 FPD での高所における処置

ディスプレイ	型	ゲームタイトル
FPD	選択肢型	ドラゴンクエスト ソード
	落下防止なし型	Call of Duty4
		Apex Legends
		Fortnite
		ミラーズエッジ
		Desitiny2
		フォークライ 5
		レインボー シックス シーズ
		Dead by Daylight
		ゴーストリコン ブレイクポイント
		レインボー シックス シーズ
		ディビジョン 2
		ダイイングライト
		7Days to Die
	ボーダーランズ	
透明壁	ドラゴンクエスト ソード	

表 2.2 VR における高所における処置

ディスプレイ	型	ゲームタイトル
VR	選択肢型	Skyrim
		ark survival evolved
		Arizona Sunshine
	落下防止なし型	BONEWORKS
		ライアン・マークス リベンジミッション
		Fallout4 VR
	可視壁型	Bravo Team
		Farpoint

第 3 章

実験内容

3 章では実験内容について述べる。3.1 節では実験で扱うゲームに実装内容、3.2 節では独自手法、3.3 節ではゲーム内容、3.4 節では検証方法と実験結果、3.5 節ではアンケート結果に t 検定を行った内容を述べる。

本研究では高所において FPD でプレイする非 VR ゲームで行われていた既存の落下を防止する支援を、HMD を用いる VR ゲームに適用した際にプレイの快適性と正確性があるかの検証を行った。既存の落下防止支援に加えて、VR ゲームにおいて正確性と快適性のあるものとして触覚型+緩徐を取り入れた。本研究では、これを独自手法とする。FPD で行う HMD なしの非 VR ゲームと HMD を用いた VR ゲームに既存の落下防止支援と独自手法を適用し、同内容のゲームをプレイする。プレイ終了後、被験者に対してアンケートを行う。その結果を比較する。比較結果から、VR ゲームにおいて足場の少ない高所でプレイを行ううえでの正確性と快適性のある落下防止支援を明らかにする。

3.1 実装内容

落下防止支援は 4 つの型に分類することができた。これを基に、落下防止支援と落下防止支援の効果を確認するためのゲームの実装を行った。HMD は Oculus Rift[19] を使用した。開発環境

は Unity[20] を使用した。アセットは Oculus Integration を使用した。

本実験では、落下防止支援なしと既存の落下防止支援に独自手法を加えた 5 パターンで同内容のゲームをプレイする。

選択型は崖に判定領域を設け、プレイヤーが領域に入った際にプレイヤーの動きを止め、落下を回避するかを問う選択肢が表示される。プレイヤーは、はいを選択することで再度動くことができ、いいえを押すと落ちるシステムとなっている。透明型は崖に見えない透明の壁を配置し、特定の場所以外は落下できないようになっている。触覚型は選択肢と同様に崖に判定領域があり、領域内にプレイヤーが侵入するとコントローラーが振動し、落下の危険性を知らせるようになっている。図 3.1 は選択型の落下防止支援の様子を表す図である。図 3.2 は透明壁型の落下防止支援の様子を表す図である。図 3.3 は触覚型の落下防止支援の様子を表す図である。



図 3.1 選択型

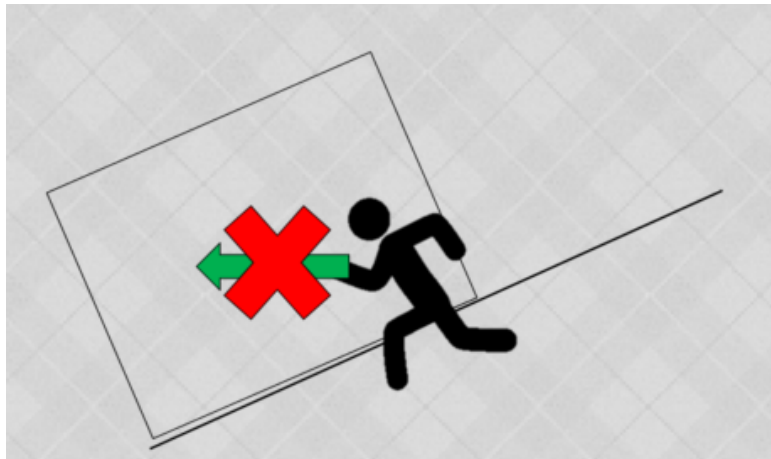


図 3.2 透明壁型

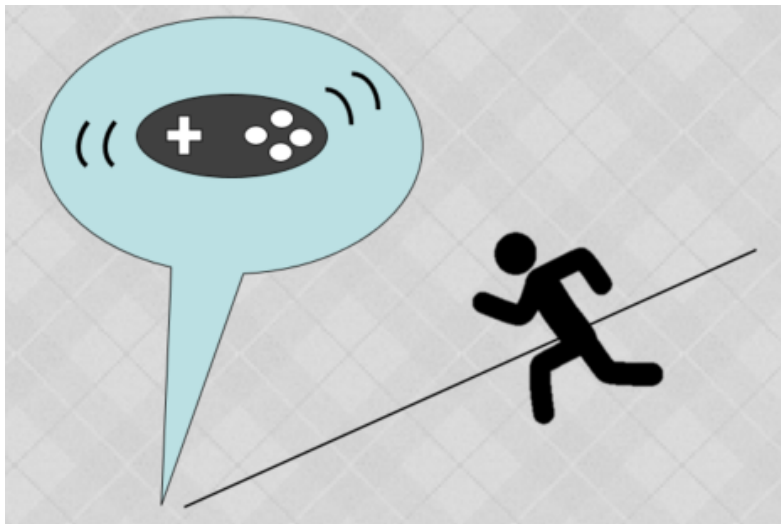


図 3.3 触覚型

3.2 独自手法

本研究を進めるにあたり、VR ゲームにおける正確性と快適性を考慮した落下防止支援となる要素を明らかにすることを目的とした。触覚型は選択型と違い動きを止めるわけでもなく拘束性も弱く、透明壁型とは異なり自由度を保持したままのため一番正確性と快適性を欠くことのないと判断した。奥行き知覚誤差による落下が危惧される落下防止支援なし型と比較するために、触覚型にプレイヤーの移動速度を2分の1にする緩徐なる要素を付け加えた。こうすることで、正確

性を高めることにした。よって、独自手法はどの処置よりも正確性と快適性が高い落下防止支援とし、支援の掛け合わせの効果と緩徐の効果を同時に測ることにした。図 3.4 は例の図である。



図 3.4 触覚型+緩徐

3.3 実装したゲーム

本研究で実装を行ったゲームについて説明する。落下といった要素が生じる高所を想定して作成した。ゲーム内容として、高所から落ちないようにゴールと定められた地点に向かうというものにした。図 3.5 は実装したステージの図である。今回の実験は一人称視点では三人称視点よりも視野が狭く、プレイヤーの操作するキャラが落下しやすいと考えた。そのため、落下防止支援の効果が顕著になることで比較しやすいと考え、VR 時、非 VR 時どちらも一人称視点で行うことにした。



図 3.5 プレイを行うステージ

落下防止支援が出現する機会を増やすことで効果とプレイヤーに対するプレイの正確性と快適性を測るため、ステージを足場の少ない細道で構築した。さらに、プレイヤーの快適性を損ねると考

えた奥行の知覚誤差による問題を確認できるよう、間隔をあけて足場を配置も行った。

3.4 検証方法と結果

非 VR 版、VR 版の 2 つのゲームを被験者にプレイしてもらおう。非 VR 版は HMD 無の状態では FPD を見てゲームのプレイを行う。VR 版は HMD 有の状態では HMD 内蔵のディスプレイを見てゲームのプレイを行う。本研究で実装したゲームには落下防止支援なしと 4 つの落下防止支援を合わせた 5 つのパターンが存在する。非 VR 版と VR 版を連続してプレイするため、慣れによって正確な結果が得られない順番学習効果を考慮し、実験を行う。ここでは非 VR 版から VR 版という順番でやるグループを A グループ、VR 版から非 VR 版という順番でやるグループを B グループと呼ぶ。A グループ 6 名、B グループ 6 名の合計被験者数 12 名を対象に「足場の少ない高所において落下防止支援が効果的であったか」、「足場の少ない高所でキャラクタを操作するうえで、操作のしづらさといったストレスを感じなかったか」の 2 項目でアンケートを行った。

3.4.1 A グループの HMD 無と HMD 有アンケート結果比較

足場の少ない高所において落下防止支援が効果的であったかについてアンケートを採った。

本アンケートでは、0 から 10 の間で評価するものとした。落下防止なし型を基準値 5 とし、0 を全く効果的でない、10 をとても効果的であるとした。

HMD 無の選択肢型は 7 が 2 名、8 が 2 名、9 名が 1 名、10 が 1 名であった。HMD 有の選択肢型は 3 が 1 名、6 が 2 名、8 名が 1 名、9 が 1 名、10 が 1 名であった。図 3.6 は HMD 無での選択肢型の効果の評価アンケート結果を、図 3.7 は HMD 有での選択肢型の効果のアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 無での落下防止支援効果の評価平均値は 8.16 であった。HMD 有での落下防止支援効果の評価平均値は 5.3 であった。

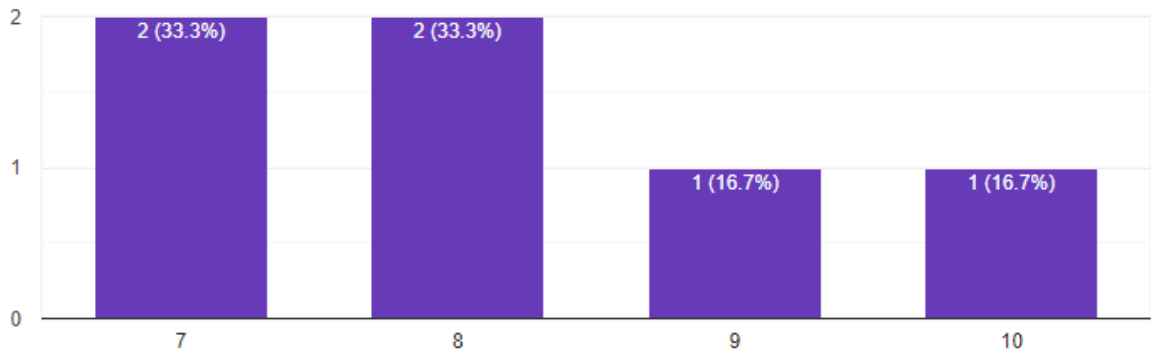


図 3.6 A グループ・HMD 無・選択肢型

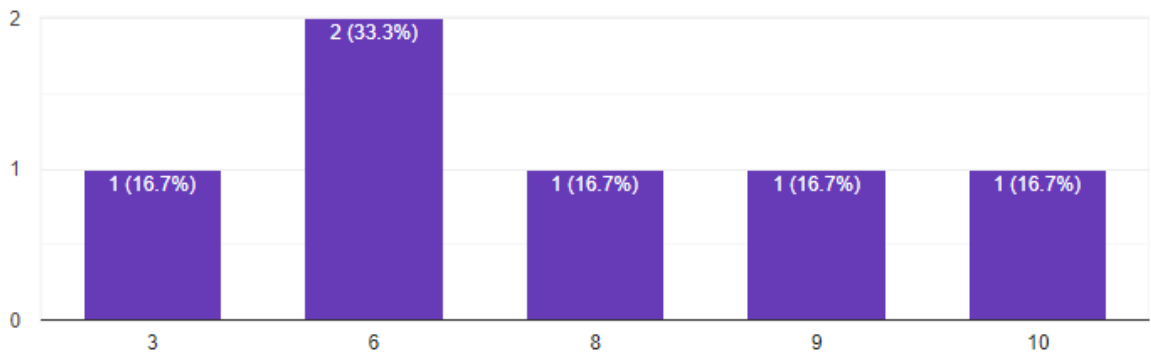


図 3.7 A グループ・HMD 有・選択肢型

HMD 無の透明壁型は 5 が 2 名、7 が 3 名、8 が 1 名であった。HMD 有の透明壁型は 5 が 4 名、7 が 1 名、9 が 1 名であった。図 3.8 は HMD 無での透明型の効果の評価アンケート結果を、図 3.9 は HMD 有での透明型の効果のアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 無での落下防止支援効果の評価平均値は 6.5 であった。HMD 有での落下防止支援効果の評価平均値は 6 であった。

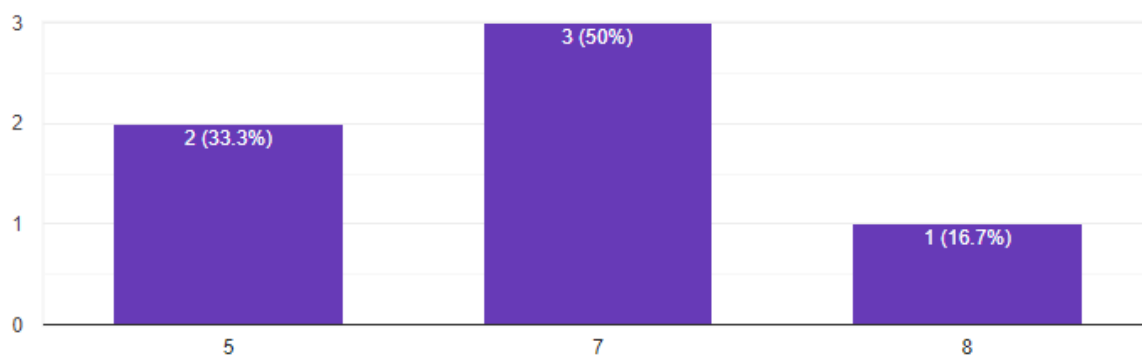


図 3.8 A グループ・HMD 無・透明壁型

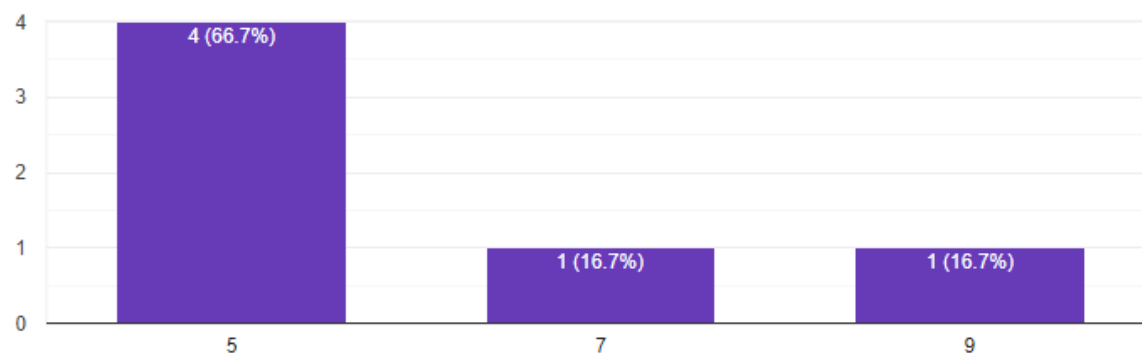


図 3.9 A グループ・HMD 有・透明壁型

HMD 無の触覚型が 5 が 1 名、7 が 3 名、8 が 2 名であった。HMD 有の触覚型は 4 が 1 名、6 が 3 名、7 が 2 名であった。図 3.10 は HMD 無での触覚型の効果の評価アンケート結果を、図 3.11 は HMD 有での触覚型の効果のアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 無での落下防止支援効果の評価平均値は 7 であった。HMD 有での落下防止支援効果の評価平均値は 6 であった。

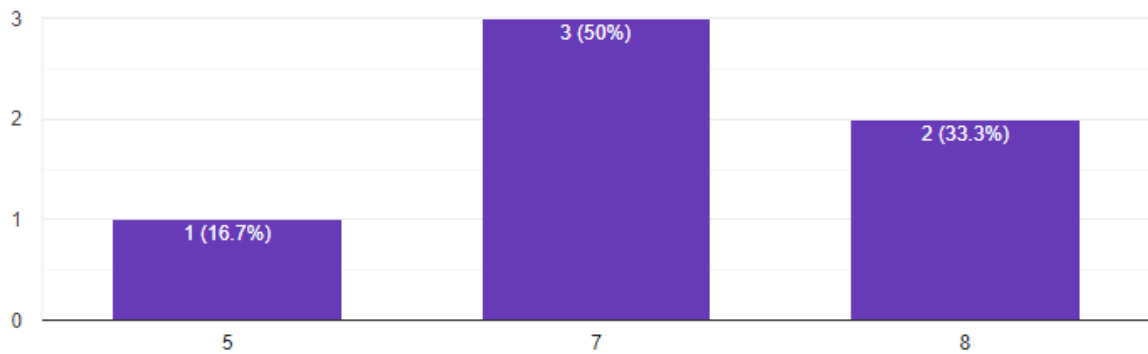


図 3.10 A グループ・HMD 無・触覚型

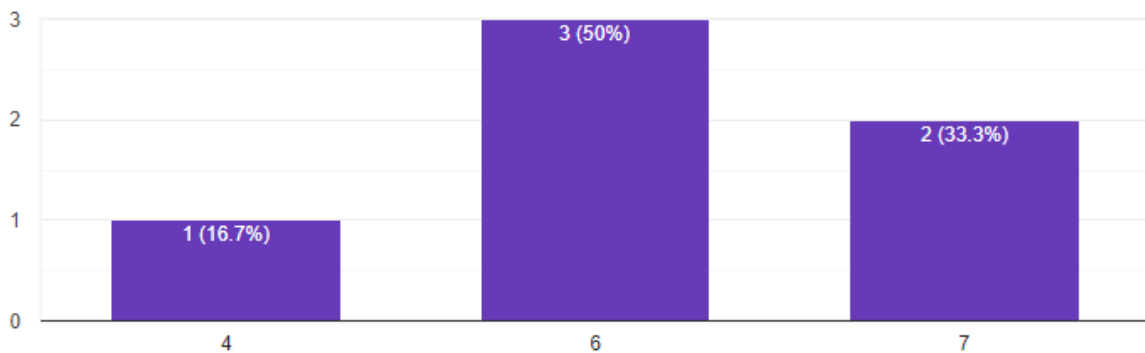


図 3.11 A グループ・HMD 有・触覚型

HMD 無の触覚型+緩徐は 4、6、7、8、9、10 がそれぞれ 1 名となった。HMD 有の触覚型+緩徐は 3 が 1 名、6 が 1 名、8 が 3 名、9 が 1 名であった。図 3.12 は HMD 無での触覚型+緩徐の効果の評価アンケート結果を、図 3.13 は HMD 有での触覚型+緩徐の効果のアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 無での落下防止支援効果の評価平均値は 7.3 であった。HMD 有での落下防止支援効果の評価平均値は 6 であった。

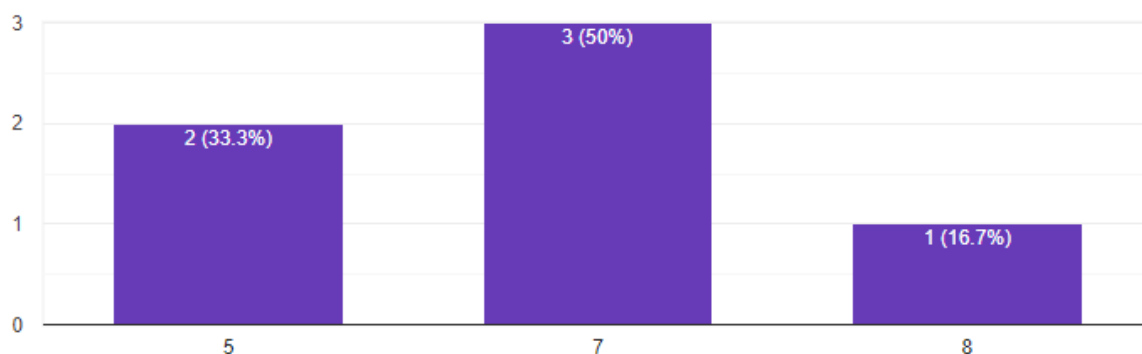


図 3.12 A グループ・HMD 無・触覚型+緩徐

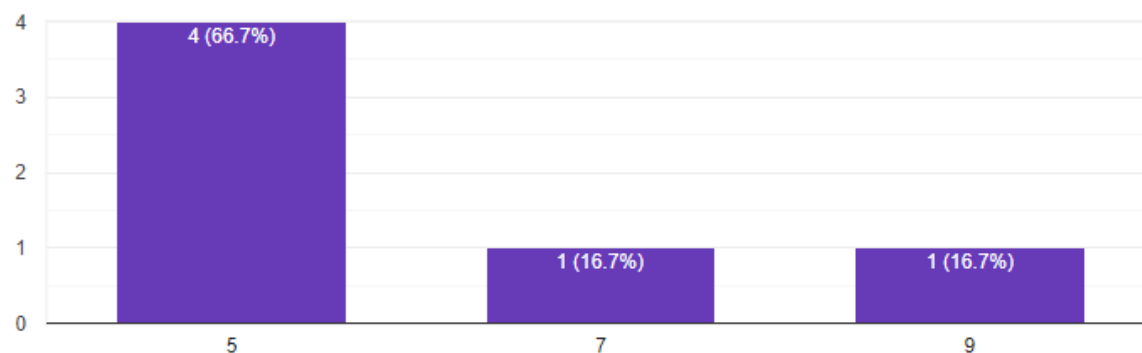


図 3.13 A グループ・HMD 有・触覚型+緩徐

足場の少ない高所でキャラクタを操作するうえで、操作のしづらさといったストレスを感じなかったかのアンケートを A グループを対象に行った。本アンケートではとても感じた、少し感じた、感じなかったの 3 項目を回答項目とした。

HMD 無の落下防止なしはとても感じたが 1 名、少し感じたが 2 名、感じなかったが 3 名であった。HMD 有の落下防止なしは少し感じたが 2 名、感じなかったが 4 名であった。図 3.14 は HMD 無での落下防止なしのストレスアンケート結果、図 3.15 は HMD 有での落下防止なしのストレスアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 有よりも HMD 無の状態はストレスを感じた人が多いことがわかった。

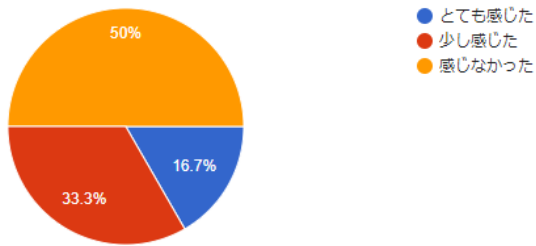


図 3.14 A グループ・HMD 無・落下防止なし

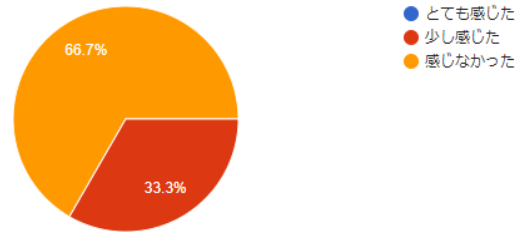


図 3.15 A グループ・HMD 有・落下防止なし

HMD 無の選択肢型はとても感じたが 5 名、少し感じたが 1 名であった。HMD 有の選択肢型はとても感じたが 3 名、少し感じたが 3 名であった。図 3.16 は HMD 無での選択肢型のストレスアンケート結果、図 3.17 は HMD 有での選択肢型のストレスアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 無は HMD 有よりもストレスを感じる人が多い。しかし、どちらを見ても A グループは選択肢型に対してストレスを感じる人が非常に多く、基準とする落下防止なしよりもストレスを感じる割合が高いことがわかった。

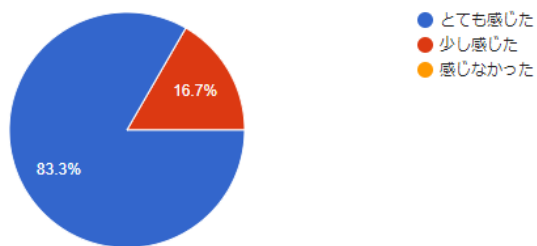


図 3.16 A グループ・HMD 無・選択肢型

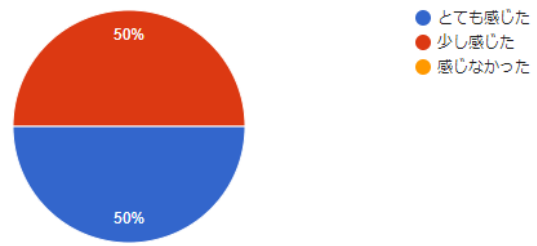


図 3.17 A グループ・HMD 有・選択肢型

HMD 無の透明壁型はとても感じたが 1 名、少し感じたが 1 名、感じなかったが 4 名であった。HMD 有の透明壁型は少し感じたが 2 名、感じなかったが 4 名であった。図 3.18 は HMD 無での透明型のストレスアンケート結果、図 3.19 は HMD 有での透明型のストレスアンケート結果をグラフ化したものである。ストレスを感じなかった人数が HMD 有と HMD 無で同数であり、スト

レスを感じなかった割合が高いことがわかった。

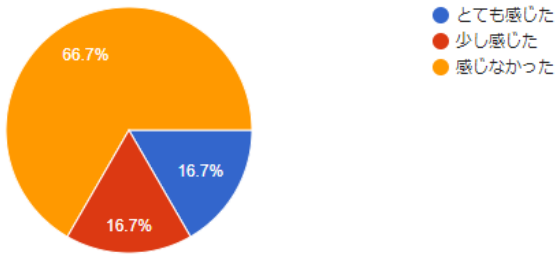


図 3.18 A グループ・HMD 無・透明壁型

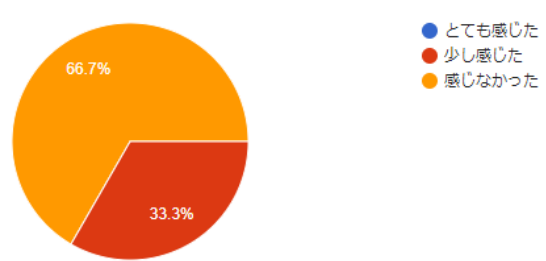


図 3.19 A グループ・HMD 有・透明壁型

HMD 無の触覚型はとても感じたが 0 名、少し感じたが 2 名、感じなかったが 4 名であった。HMD 有の触覚型は少し感じたが 4 名、感じなかったが 2 名であった。図 3.20 は HMD 無での触覚型のストレスアンケート結果、図 3.21 は HMD 有での触覚型のストレスアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 無よりも HMD 有のほうがストレスを感じた割合が高いことがわかった。

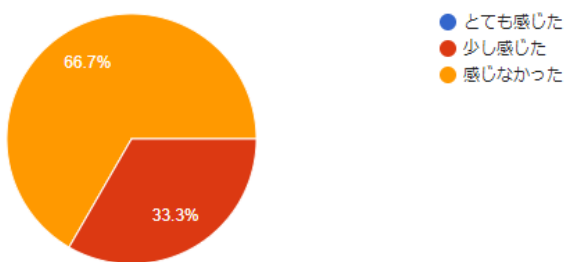


図 3.20 A グループ・HMD 無・触覚型

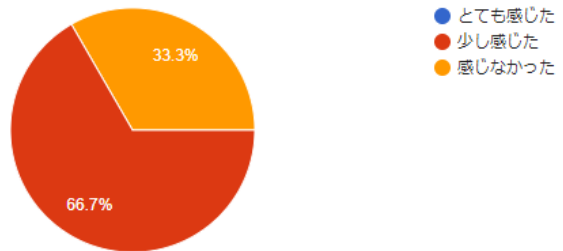


図 3.21 A グループ・HMD 有・触覚型

HMD 無の触覚型+緩徐はとても感じたが 2 名、少し感じたが 3 名、感じなかったが 1 名であった。HMD 有の触覚型+緩徐は少し感じたが 5 名、とても感じたが 1 名であった。図 3.22 は HMD 無での触覚型+緩徐のストレスアンケート結果、図 3.23 は HMD 有での触覚型+緩徐のストレスアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 有は HMD 無と比べてストレスを感じ

た割合が高いことがわかった。

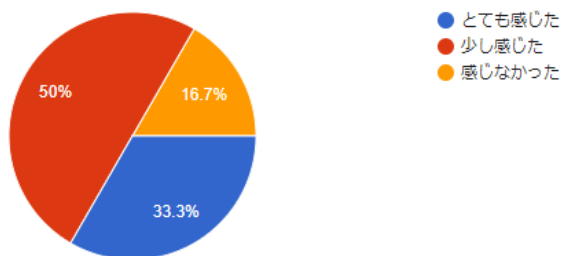


図 3.22 A グループ・HMD 無・触覚型+緩徐

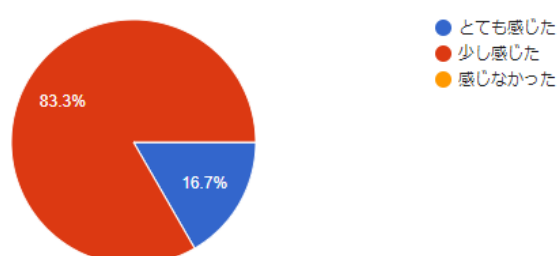


図 3.23 A グループ・HMD 有・触覚型+緩徐

3.4.2 B グループの HMD 無と HMD 有アンケート結果比較

足場の少ない高所において落下防止支援が効果的であったかについてアンケートを採った。

HMD 無の選択肢型は 3 が 1 名、5 が 2 名、7 名が 2 名、8 が 1 名であった。HMD 有の選択肢型は 5 が 2 名、6 が 1 名、7 名が 2 名、8 が 1 名であった。図 3.24 は HMD 無での選択型の効果の評価アンケート結果を、図 3.25 は HMD 有での選択型の効果のアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 無での落下防止支援効果の評価平均値は 5.83 であった。HMD 有での落下防止支援効果の評価平均値は 6.3 であった。

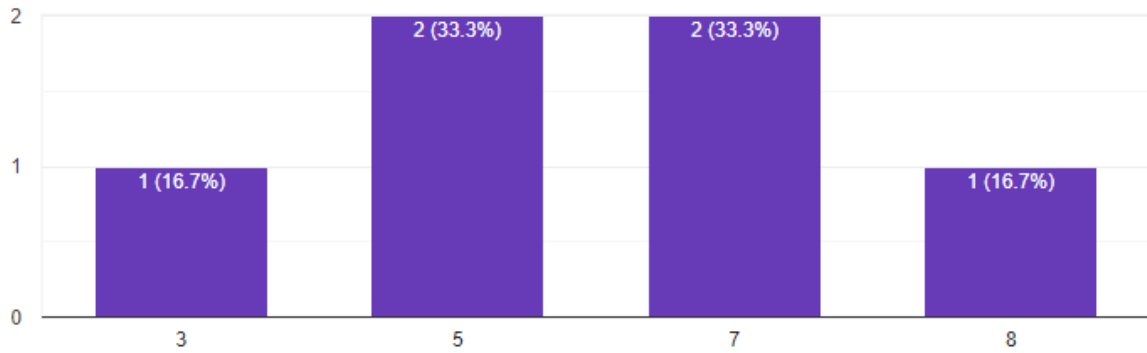


図 3.24 B グループ・HMD 無・選択肢型

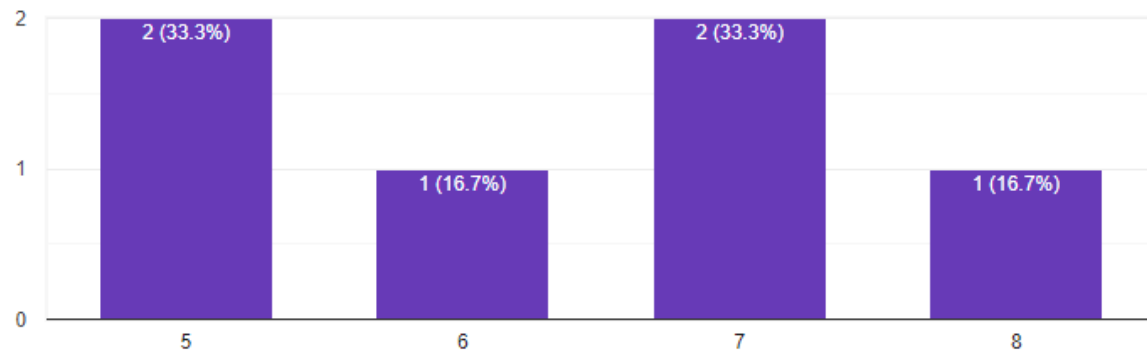


図 3.25 B グループ・HMD 有・選択肢型

HMD 無の透明壁型は 5 が 1 名、7 が 3 名、8 が 2 名であった。HMD 有の透明壁型は 3 が 1 名、7 が 3 名、8 が 2 名であった。図 3.26 は HMD 無での透明壁型の効果の評価アンケート結果を、図 3.27 は HMD 有での透明型の効果のアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 無での落下防止支援効果の評価平均値は 7 であった。HMD 有での落下防止支援効果の評価平均値は 6.6 であった。

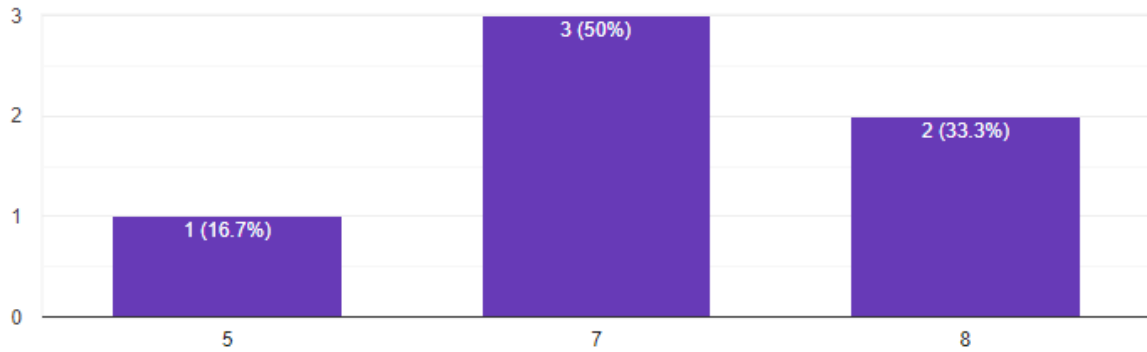


図 3.26 B グループ・HMD 無・透明壁型

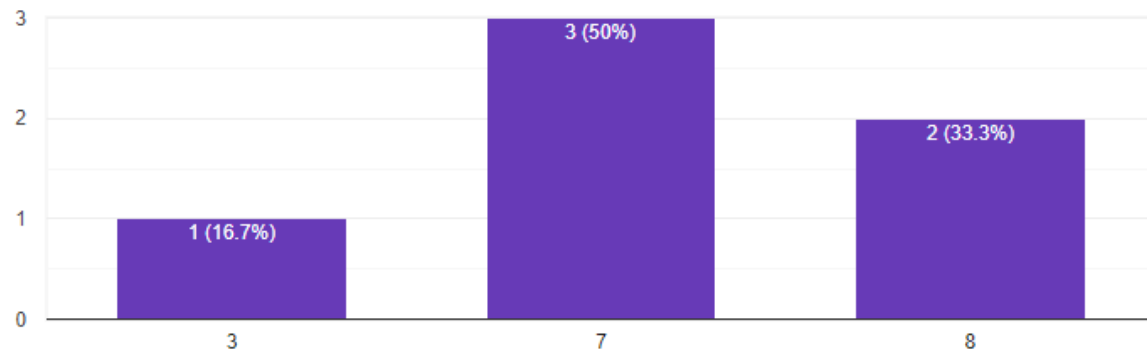


図 3.27 B グループ・HMD 有・透明壁型

HMD 無の触覚型が 6 が 3 名、7 が 3 名であった。HMD 有の触覚型は 6 が 3 名、7 が 1 名、8 が 1 名、10 が 1 名であった。図 3.28 は HMD 無での触覚型の効果の評価アンケート結果を、図 3.29 は HMD 有での触覚型の効果のアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 無での落下防止支援効果の評価平均値は 6.5 であった。HMD 有での落下防止支援効果の評価平均値は 7.16 であった。



図 3.28 B グループ・HMD 無・触覚型

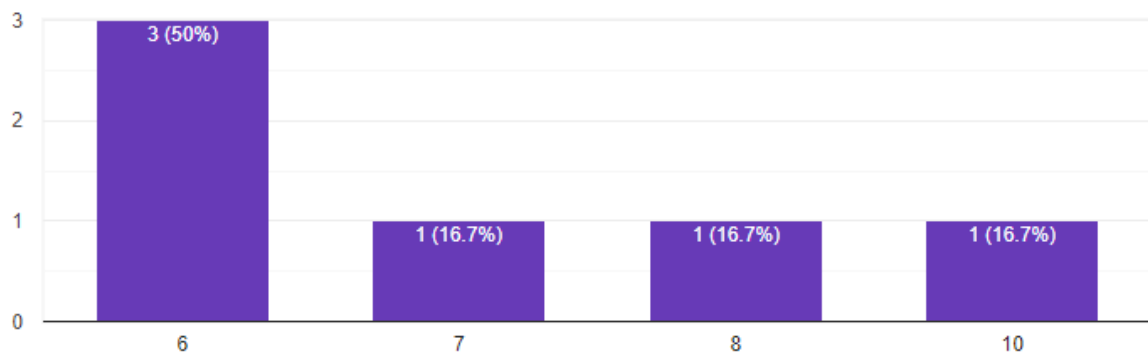


図 3.29 B グループ・HMD 有・触覚型

HMD 無の触覚型+緩徐は 3 が 1 名、6 が 1 名、8 が 3 名、9 が 1 名であった。HMD 有の触覚型+緩徐は 3 が 2 名、6 が 1 名、8 が 2 名、9 が 1 名であった。図 3.30 は HMD 無での触覚型+緩徐の効果の評価アンケート結果を、図 3.31 は HMD 有での触覚型+緩徐の効果のアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 無での落下防止支援効果の評価平均値は 7 であった。HMD 有での落下防止支援効果の評価平均値は 6.16 であった。

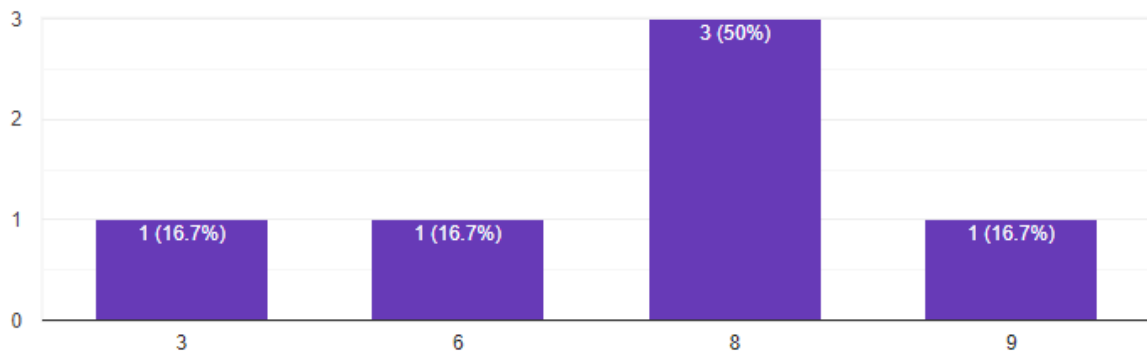


図 3.30 B グループ・HMD 無・触覚+緩徐型

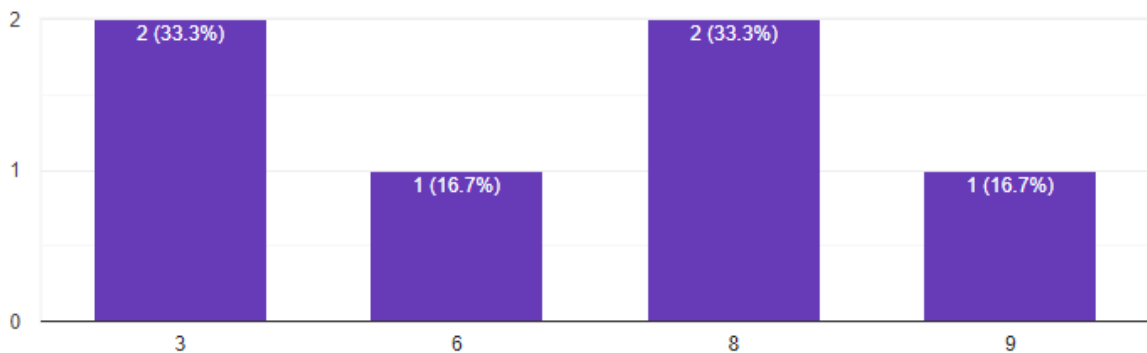


図 3.31 B グループ・HMD 有・触覚型+緩徐型

足場の少ない高所でキャラクタを操作するうえで、操作のしづらさといったストレスを感じなかったかのアンケートを B グループを対象に行った。本アンケートではとても感じた、少し感じた、感じなかったの 3 項目を回答項目とした。

HMD 無の落下防止なしはとても感じたが 3 名、少し感じたが 3 名であった。HMD 有の落下防止なしは少し感じたが 3 名、感じなかったが 3 名であった。。図 3.32 は HMD 無での落下防止なしのストレスアンケート結果、図 3.33 は HMD 有での落下防止なしのストレスアンケート結果をグラフ化したものである。B グループではやや HMD 有よりも無のほうがストレスを強く感じている人が多いことがわかった。

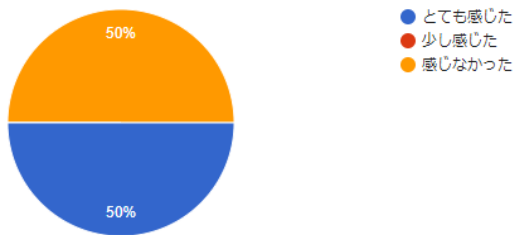


図 3.32 B グループ・HMD 無・落下防止なし型

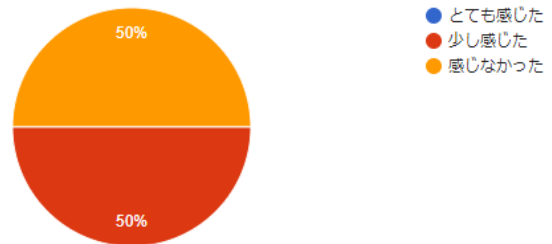


図 3.33 B グループ・HMD 有・落下防止なし型

HMD 無の選択肢型はとても感じたが 1 名、少し感じたが 5 名であった。HMD 有の選択肢型はとても感じたが 2 名、少し感じたが 3 名、感じなかったが 1 名であった。図 3.34 は HMD 無での触覚型のストレスアンケート結果、図 3.35 は HMD 有での触覚型のストレスアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 無ではストレスを感じた人が多く、HMD 有でもストレスを強く感じた人の割合が HMD 無よりも高いことがわかった。

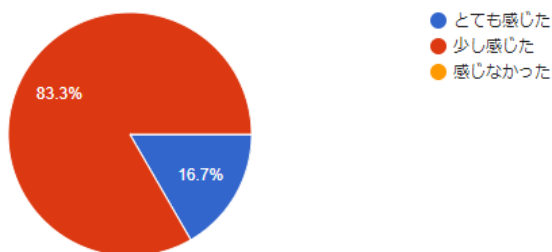


図 3.34 B グループ・HMD 無・選択肢型

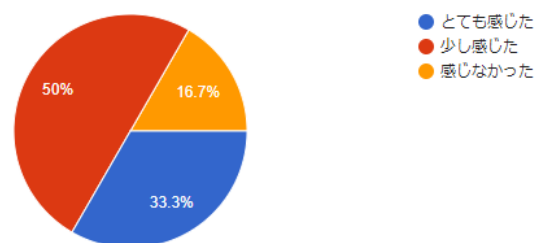


図 3.35 B グループ・HMD 有・選択肢型

HMD 無の透明壁型は少し感じたが 1 名、感じなかったが 5 名であった。HMD 有の透明壁型は少し感じたが 1 名、感じなかったが 5 名であった。図 3.36 は HMD 無での透明型のストレスアンケート結果、図 3.37 は HMD 有での透明型のストレスアンケート結果をグラフ化したものである。ストレス度合はどちらも同じであることがわかった。

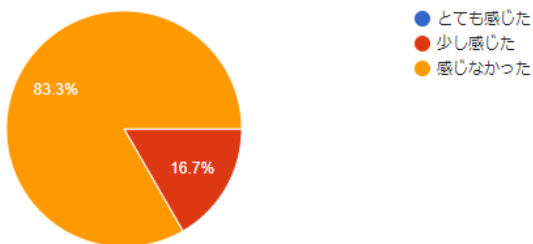


図 3.36 B グループ・HMD 無・透明壁型

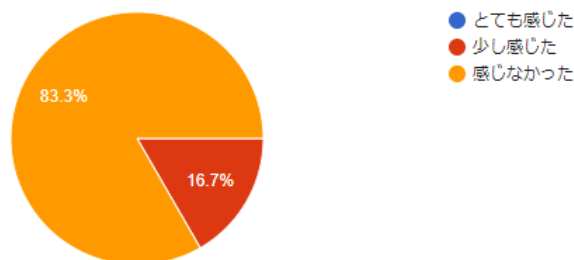


図 3.37 B グループ・HMD 有・透明壁型

HMD 無のバイブレーションは少し感じたが 4 名、感じなかったが 2 名であった。HMD 有のバイブレーションは少し感じたが 3 名、感じなかったが 3 名であった。図 3.38 は HMD 無での触覚型のストレスアンケート結果、図 3.39 は HMD 有での触覚型のストレスアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 無よりも HMD 有のほうがストレス度合は低いことがわかった。

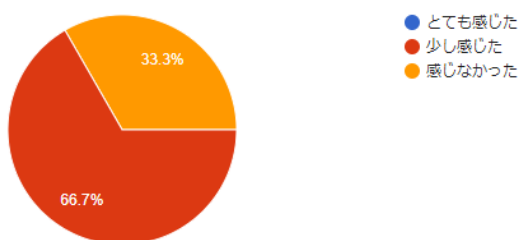


図 3.38 B グループ・HMD 無・触覚型

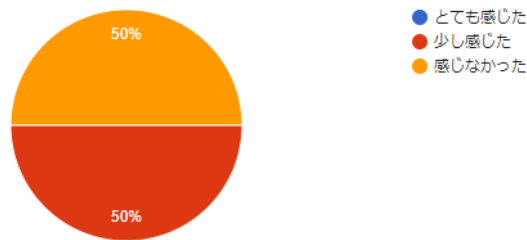


図 3.39 B グループ・HMD 有・触覚型

HMD 無の触覚型+緩徐はとでも感じたが 1 名、少し感じたが 2 名、感じなかったが 3 名であった。HMD 有の触覚型+緩徐はとでも感じたが 1 名、少し感じたが 3 名、感じなかったが 2 名であった。図 3.40 は HMD 無での触覚型+緩徐のストレスアンケート結果、図 3.41 は HMD 有での触覚型+緩徐のストレスアンケート結果をグラフ化したものである。HMD 有よりも HMD 無のほうがストレス度合は低いことがわかった。

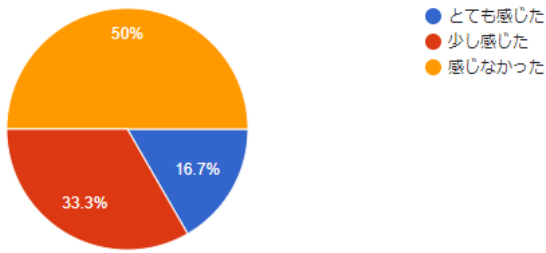


図 3.40 B グループ・HMD 無・触覚型+緩徐

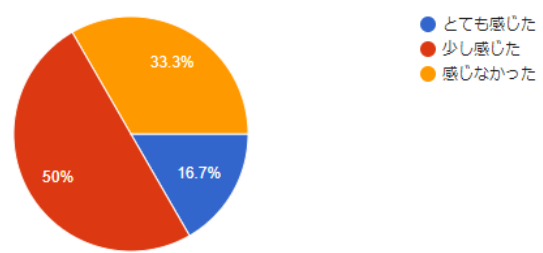


図 3.41 B グループ・HMD 有・触覚型+緩徐

3.5 t 検定を用いた結果比較

本項ではアンケート結果に平均値の算出と t 検定を行い、その結果について述べる。非 VR 時は HMD 非装着状態のゲームプレイのことで、VR 時は HMD 装着状態のゲームプレイのことである。非 VR から VR の順でプレイを行ったグループを A グループ、VR から非 VR の順で行ったグループを B グループとして分けた。A グループ、B グループ共に 6 人同数計 12 名にアンケートを行い、落下防止支援としての効果を問うアンケートの結果の平均値を算出した。図 3.42 にその結果を示す。特筆すべきは透明壁型と触覚型+緩徐で、この 2 つは基準値 5 よりも上回っているものの、非 VR と比べると VR における効果に対する評価が落ちており、VR ではそれら 2 つの落下防止支援が非 VR よりも適していないと考えることができる。しかし、荒瀬ら [21] によると平均値は極端な数値が存在している場合には影響を受けてしまうため、これだけで判断することはできない。よって t 検定を行うことで有意差の有無を調べることで、平均値を比較した際の差が効果の有無の判断として正しいかを明らかにする。

本研究では行った t 検定を行ううえで、有意水準 5 %とした。4 つの落下防止支援ンに対しての非 VR 時の A グループと B グループの評価と VR 時の A グループと B グループ評価を行う t 検定での帰無仮説は A グループと B グループ間の評価に差はないとした。表 3.1 では非 VR 時の A グループと B グループの評価に対して行った t 検定の結果を示す。表 3.2 では VR 時の A グ

グループと B グループの評価に対して行った t 検定の結果を示す。非 VR 時の A グループと B グループと VR 時の A グループと B グループの評価を合算し、それに対し落下防止支援の評価に非 VR 時と VR 時で差があるとする帰無仮説を立てた t 検定を行った。その結果を表 3.3 に示す。 $P(T \leq t)$ が有意水準よりも下回ること。t 値が t 境界値よりも大きいことの 2 つの条件を満たした時、帰無仮説は棄却されるとした。

	A (VR)	B (VR)	A (非VR)	B (非VR)
選択肢型	5.3	6.3	8.16	5.83
透明壁型	6	6.6	6.5	7
触覚型 (振動)	6	7.16	7	6.5
触覚型 (振動) + 緩徐	6	6.16	7.3	7

図 3.42 HMD の有無と各グループの平均値

3.5.1 HMD なしの A グループと B グループの有意差

棄却域が 5 % であることから $P(T \leq t)$ が有意水準を下回るのは 0.03 である選択型のみであった。また、t 値が t 境界値を上回ったものも選択型のみであった。よって帰無仮説が棄却された選択型は有意差があり、それ以外には有意差がなく A グループと B グループで評価が同じであることがわかった。表 3.1 にその結果を示す。

表 3.1 非 VR 時の A グループと B グループの検定結果

落下防止支援	選択型	透明壁型	触覚型	触覚型 + 緩徐
t 値	2.627053188	-0.745355992	1	0.265372446
$P(T \leq t)$ 両側	0.030316578	0.473211552	0.350616663	0.796112856
t 境界値 両側	2.306004135	2.228138852	2.364624252	2.228138852

3.5.2 HMD ありの A グループと B グループの有意差

どれも有意水準を下回ることもなく、 t 値が t 境界値よりも大きい条件を満たす落下防止支援はない。よって有意差はなく、どれも各々の落下防止支援に対する評価の傾向は同じであることがわかった。表 3.2 にその結果を示す。

表 3.2 VR 時の A グループと B グループの検定結果

落下防止支援	選択型	透明壁型	触覚型	触覚型+緩徐
t 値	0.58222251	-0.652328073	-1.472461067	0.595069449
$P(T \leq t)$ 両側	0.578678464	0.528898413	0.174983551	0.565018901
t 境界値 両側	2.364624252	2.228138852	2.262157163	2.228138852

3.5.3 HMD なしとありの A、B グループの評価の平均と有意差

A グループと B グループの同落下防止支援の評価をまとめ、HMD ありの A・B グループと HMD なしの A・B グループの間で t 検定を行った。結果、帰無仮説を棄却できるものはなく、どの落下防止支援も有意差の無いことがわかった。表 3.3 にその結果を示す。

表 3.3 VR 時と非 VR 時の検定結果

落下防止支援	選択型	透明壁型	触覚型	触覚型+緩徐
t 値	0.426401433	0.698895348	0.34299717	0.643164662
$P(T \leq t)$ 片側	0.336979332	0.246542342	0.367786915	0.263382452
t 境界値 片側	1.717144374	1.729132812	1.734063607	1.717144374

第 4 章

考察

t 検定を行った結果、有意差が生じたのは非 VR での選択肢型のみだった。平均値だけを取った場合には透明型と触覚型+緩徐が非 VR よりも VR に適していないという結果になったが、t 検定を行ったことで、どの落下防止支援も有意差はないことがわかった。しかし、平均値においては 4 つの中では 2 つが差が出ているため、有意差が出なかったのは被験者数が 12 名と少数であったからと考える。被験者数を増やすことで結果が変わる可能性もある。またストレス度合は落下防止支援の中では透明壁が A グループと B グループどちらも非 VR 時よりも VR 時のほうが低いことから高所におけるプレイの快適さでは有効な手にはなると考える。

第 5 章

まとめ

本章ではまとめを述べる。様々な問題を抱える VR ゲームにおいて非 VR ゲームの既存の落下防止支援をそのまま適用することは正確性と快適性を欠き、問題であるとした。実験では既存の落下防止支援は VR ゲームでは不適切であることを明らかにした。さらに、正確性と快適性を考慮した独自手法を並べて提示することで、VR ゲームにおいて適切である落下防止支援の要素を明らかにすることを狙った。12名の被験者に対して行ったアンケート結果の平均値を算出したことで、透明型と独自手法が VR に適していなかったことがわかった。しかし、t 検定を行ったところ HMD なしの選択型を除いて有意差は生じなかったことから本研究で実装した落下防止支援間での評価の差はないと考える。本研究では落下防止支援の掛け合わせを独自手法でしか行っておらず、掛け合わせを行うことでの効果は未知数である。今後は、掛け合わせを視野に入れ、VR ゲームにおける正確性と快適性を考慮した落下防止支援の要素の特定を行っていきたい。

謝辞

本研究を進めるうえで、ご指導を頂いた渡辺大地先生と阿部先生そして本研究で実装したゲームの開発に助力してくれた友人に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] ferret. ”VR 元年”と言われた 2016 年発売の注目 VR 製品 17 選. <https://ferret-plus.com/4353.2020/02/18> 参照.
- [2] Nintendo. VIRTUAL BOY バーチャルボーイ 公式サイト. <https://www.nintendo.co.jp/n09/vue/index.html>.
- [3] Sid Shuman. Five nights at freddy’ s, no man’ s sky, and a whole lot more — ps vr owners have a lot to get excited about. <https://blog.us.playstation.com/2019/03/25/playstation-vr-the-next-wave-of-games-coming-in-spring-and-summer-2019/>.
- [4] Sony Interactive Entertainment. Farpoint 公式サイト. <https://www.jp.playstation.com/games/farpoint-ps4/>.
- [5] Mojang Synergies AB. MINECRAFT 公式サイト. <https://www.minecraft.net/ja-jp>.
- [6] EpicGames. FORTNITE. <https://www.epicgames.com/fortnite/ja/home>.
- [7] 利之山下. コンピュータゲームの特性と楽しさの分析. 日本教育工学会論文誌, Vol. 28, No. 4, pp. 349–355, aip 2004.
- [8] 内海章. 仮想空間表示における奥行き知覚誤差の要因について. 信学技報, pp. 63–70, 1994.
- [9] Sony Interactive Entertainment. ASTROBOT:RESCUE MISSION. <https://www.jp.playstation.com/blog/detail/6953/20180523-astrobot.html>.

- [10] LLC Facebook Technologies. Oculus RiftS. https://www.oculus.com/rift-s/features/?locale=ja_JP.
- [11] 弘裕氏家, 洋渡邊. 一人称視点で移動を伴う 3d 映像での三軸の回転運動の生体影響 (立体映像における人間工学的研究, 及び立体映像技術一般). 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 39, pp. 1–2, 2015.
- [12] Chizuru NAKAGAWA and Mieko OHSUGA. The present situation of the studies in ve-sickness and its close field. *Transactions of the Virtual Reality Society of Japan*, Vol. 3, No. 2, pp. 31–39, 1998.
- [13] 大野さちこ, 鵜飼一彦. Head mounted display をゲームに使用して生じる動揺病の自覚評価. 映像情報メディア学会誌, Vol. 54, No. 6, pp. 887–891, 2000.
- [14] 陽一郎三宅. デジタルゲームにおける人工知能技術の応用の現在 (特集:エンターテインメントにおける ai). 人工知能, Vol. 30, No. 1, pp. 45–64, jan 2015.
- [15] 鵜飼一彦, 鵜飼祐三子, 久世淳子. Tv ゲームによる眼精疲労と映像酔いの主観評価: ゲーム後安静の影響. *VISION*, Vol. 15, No. 4, pp. 263–266, 2003.
- [16] 湯川智浩, 林篤司, 岩下志乃. Hmd アクションゲームにおける視点切り替えによる酔い軽減手法. ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 17, No. 4, pp. 441–444, 2015.
- [17] 田中信壽, 高木英行. 臨場感と vr 酔いを考慮した人工現実感環境設計システム. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 11, No. 2, pp. 301–311, 2006.
- [18] 三輪拓馬, 金子寛彦. 奥行き方向の運動知覚における重力方向の影響. 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 22, No. 4, pp. 545–552, 2017.
- [19] LLC Facebook Technologies. Oculus Rift. https://www.oculus.com/rift/?locale=ja_JP#oui-csl-rift-games=star-trek.
- [20] Unity Technologies. Unity. <https://unity.com/ja>.

- [21] 荒瀬康司. 論文投稿に際しての統計学的記述の留意点. 人間ドック (Ningen Dock), Vol. 33, No. 4, pp. 557–570, 2018.