

ライド型 VR コンテンツを用いた視覚刺激の変化による 体験への影響に関する研究

沼崎優介^{†1} 兼松祥央^{†1} 遠藤雅伸^{†2} 近藤邦雄^{†1} 三上浩司^{†1}

エンターテインメントコンテンツにおいて安全が確保されていることは重要である。VR コンテンツにおいても VR 酔い対策や機器設置範囲の安全確保が必要である。本研究では体験者に違和感を与えずに、体性感覚刺激を視覚からの情報によって変化させられるという仮説を立てた。体験中に視覚提示する傾き量を実際の傾きよりも増減できる舟型システムを用いて実験を行った。結果として視覚から与える傾き量を増減させても違和感なく感じる事が示唆された。これらの知見を活用することで、安全を担保しつつ実際よりも小さい傾きを与えても楽しめるエンターテインメントコンテンツの開発に寄与できると考えられる。

A Study on the Influence on Sense of Autonomy by Change of Visual Stimulus Using Ride Type VR Content

YUSUKE NUMAZAKI^{†1} YOSHIHISA KANEMATSU^{†1}
MASANOBU ENDOH^{†2} KUNIO KONDO^{†1} KOJI MIKAMI^{†1}

When enjoying entertainment content, one important aspect to consider is users' safety. In addition, when it comes to VR content it's also necessary to prevent motion sickness and to create a safe environment for users. Our hypothesis before starting this study was to alter somatosensory stimuli through sight without causing discomfort to users while modifying the inclination of the VR device. We designed a system that was capable of increasing and decreasing the inclination presented to the user while performing experiments. Results show that we were able to change the inclination through vision, without causing discomfort to users. Our contribution lies in the fact that we could alter the inclination of the VR device and users still enjoyed the content in a safe environment free of motion sickness.

1. はじめに

バーチャルリアリティ(VR)とは現前していないにもかかわらず、観察する者にそこにあると感じさせる技術である [1]. 近年ではモーションセンサー付き両眼視差立体視ヘッドマウントディスプレイ(HMD)が一般家庭向けに多数発売され、VR とそれを利用したエンターテインメントコンテンツは、より一般的となった。

VR の重要な要素のひとつに「プレゼンス」(Sense of Presence)がある [2][3][4][5]. VR ゲーム等におけるプレゼンスとは実際にそこに「居る」と感じられる体験を提供することを目指している。

ゲームにおいて物理的に安全であることは重要な性質であるとクリス・クロフォードは定義している [6]. この定義は現代においてもヘッドマウントディスプレイを用いたゲームのガイドライン [7]が出されていることから重要であることが推察できる。また、HMD を利用した VR 体験によって気分が悪くなる症状(VR 酔い)がある [8][9]. VR 酔いによってプレゼンスが損なわれると同時に体験者に不快感が生じてしまう。ここから、VR 体験において現実を誇張した表現を行う際に現実とそぐわないことによって VR 酔

いが懸念される。

我々は体験者に実際より増幅した情報を違和感なく与えられるようになれば、体験者の身体的安全を確保しながら、体験の質を上げることができ、VR を利用したエンターテインメントコンテンツに寄与できると考えた。

筆者らはライド型 VR において視覚から与える傾き量を変化させることで、体験者が違和感を抱くかを明らかにすることを目的とした。

2. 既存研究

本研究と類似した研究に Redirected Walking¹がある。また、本研究では筆者らが行った体験者の体性感覚を利用したプレゼンス向上手法を使用した。

2.1 Redirected Walking

ルームスケール VR と呼ばれる VR 空間を視覚シミュレートし、VR 空間内を体験者の実際の移動と同期させることで、体験者にあたかも眼前にある空間を自由に動いているような体験を与えるコンテンツがある。ルームスケール VR は広い空間が必要である。Redirected Walking は体験者の移動に対して視覚シミュレートを実際よりずらすことにより、実際の空間よりも広い空間を移動していると錯覚さ

^{†1} 東京工科大学
Tokyo University of Technology

^{†2} 東京工芸大学
Faculty of Arts, Tokyo Polytechnic University

せる手法である [10][11].

本研究では体験者が自由に空間を動くことができないライド型 VR コンテンツにおいて、体験者の自己主体感に伴う体性感覚刺激に対しても同様の錯覚が起こせると考えた。

2.2 ライド型 VR コンテンツのための筐体の触覚と座面の不安定性を利用したプレゼンス向上手法

筆者らが行った研究にライド型 VR コンテンツにおいて触覚と自己主体感の伴った体性感覚刺激を用いたプレゼンスの向上に関する研究がある[12]. 結果として触覚と体性感覚への刺激はプレゼンス向上に有効であることが示されている。

本研究では自己主体感の伴う体性感覚への刺激に加え視覚から与える傾き量を変化させることで、体験者のプレゼンスを低下させることなく体験を変化させることができるのではないかと考え、調査を行った。

3. 視覚提示する傾き量の変化実験

本研究ではプレゼンスを考慮した体性感覚に自己主体感に伴う刺激を与えるライド型 VR システムにおいて、視覚から得られる傾きを体験中に増減させた。そのとき、体験者の回答が視覚提示した情報によってどのように変化するのかに着目し、提示した傾きに気づくか調査した。

被験者に自作した VR システムに搭乗してもらい、体勢を傾けてもらった。その際に視覚から得られる傾きを実際の傾きの 0.2 倍~1.8 倍の間を 0.2 ずつ合計 9 段階に変化させ、傾きを変化させる度に 2 件法にて回答を得た。

3.1 制作した VR システム

エアマット上に専用の木製装置を置き、そこに体験者が搭乗して、HTC Vive で出力されたコンテンツを提供する VR システムを実験用に作成した。

3.1.1 ハードウェア

Unreal Engine を用いて、HTC Vive から体験者の視覚に映像出力している。体験者は HMD とヘッドホンを着用し、インタラクション用に VIVE コントローラ 1 台を持つ。舟ユニットには VIVE トラッカーを装着した。これにより舟ユニットの位置角度情報を取得し、体験者の視覚からの映像に反映した。

装置全体は位置検出用のベースステーションの設定が必要なため、3m 四方程度となった。また搭乗時は体験者が HMD を装着しているため、プレイテストでは安全確保のために補助員が誘導した。VR システムの全景を図 1 に、VIVE トラッカーを装着した様子を図 2 に示す。



図 1 VR システムの全景



図 2 VIVE トラッカー装着

3.1.2 コンテンツ

夜の川を小舟でゆっくりと下っていくシーンをシミュレートした約 5 分のコンテンツ『Ideal Vacation』を実装した。コンテンツ内には体験者が体勢を傾け、コントローラを下方向に動かすことで水面に触れることができるものを用意した。実際のコンテンツによる視覚シミュレーション画面を図 3 に、体験者が水面に触れている様子とその時の視覚シミュレーションを図 4 に示す。



図 3 「Ideal Vacation」の視覚シミュレーション画像

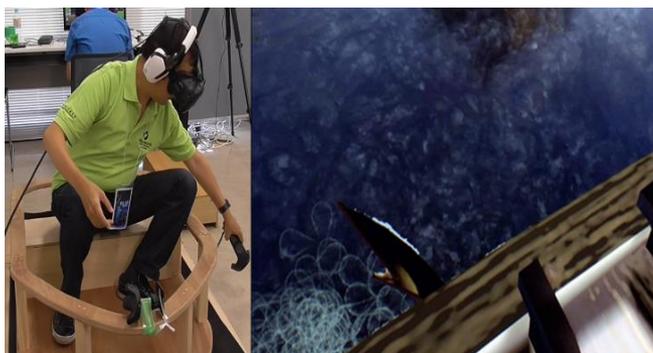


図 4 水面に触れる体験者とシミュレーション画像

3.2 実験方法

本研究は体験中に視覚から得られる傾きを増減させ、体験者にコンテンツ内の水面を触ってもらうことで体勢を傾けてもらい、実際の傾きより視覚から与えられる傾きが増幅されているか減少されているかを体験者に回答してもらった。

視覚から得られる傾きは実際の傾きを 1.0 とし、0.2 倍から 1.8 倍までの間を 0.2 刻みの 9 段階に設定した。これらをランダムな順序で傾きをすべて体験させ、変化させた都度回答を得た。

次に実験手順を示す。

(1) 実験、コンテンツの遊び方の説明

体験者に本実験で使用するコンテンツの遊び方と、本実験の説明、回答の方法をした。

(2) VR システムへの搭乗、HMD の装着

ソフトウェアを起動した後、体験者に HMD を装着し、舟型ユニットに搭乗してもらった。

このとき、体験者の安全確保のため、手引をし、搭乗の補佐を行った。

(3) 傾きの設定

事前に用意したランダムな順序の傾きを設定した。

(4) 体勢を傾けてもらう

このとき傾きが一定になるようにコンテンツ内の水面に触れてもらうことで傾ける指示をした。

(5) 回答

体勢を戻してもらい、実際の傾きと比べて視覚からの傾きは増加させたものか減少させたものかを答えてもらった。

このときに体験者が前の体験に比べた傾きを回答すると混同しないよう、実際の傾きと比べて増加させたものか減少させたものかを都度聞いた。

(6) (3)～(5)を合計 9 回行う

9 種類の傾きすべてを体験してもらうため(3)～(5)までを合計で 9 回行った。なお体験する傾きの順序は被験者ごとにランダムに設定した。

体験者の体験した順番毎の傾きを表 1 に示す。

表 1 体験者の体験した傾き順

		体験した順番								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
体験者	1	1.0	0.8	1.8	0.6	1.2	1.4	0.2	1.6	0.4
	2	1.2	0.2	0.8	1.6	0.4	1.4	0.6	1.0	1.8
	3	1.2	1.0	0.4	1.4	0.2	1.8	0.6	1.6	0.8
	4	1.4	0.8	0.6	1.2	0.2	1.6	0.4	1.8	1.0
	5	0.6	0.2	1.0	1.6	0.8	1.4	0.4	1.2	1.8
	6	0.2	0.4	0.8	1.4	1.6	1.8	1.0	0.6	1.2
	7	1.8	0.6	1.6	1.4	0.2	1.0	0.8	0.4	1.2
	8	0.8	1.4	1.0	0.4	0.6	1.8	0.2	1.6	1.2
	9	1.0	1.4	0.8	0.2	1.8	1.6	1.2	0.4	0.6
	10	1.2	0.2	1.4	0.8	1.8	0.6	1.0	1.6	0.4
	11	1.6	0.6	1.4	1.8	0.8	0.2	1.0	0.4	1.2

4. 結果

東京工科大学の生徒、教員 11 名より実験を行った。体験者の回答の前後の変化を比較した。体験者の正誤を表 2 に示す。

表 2 体験者の正誤表

	傾き								
	0.2	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8
1	○	×	×	×	-	○	○	×	×
2	×	×	×	○	-	○	○	○	×
3	×	×	○	○	-	○	○	○	×
4	○	○	○	×	-	×	×	○	○
5	×	○	×	×	-	○	○	×	○
6	○	×	×	×	-	○	○	○	×
7	○	○	○	○	-	×	×	○	×
8	×	×	×	○	-	×	×	×	×
9	×	×	×	×	-	○	○	○	×
10	○	○	×	○	-	×	○	○	○
11	×	×	○	○	-	○	○	×	○
正 答 数	5	4	4	6	-	7	8	7	4

筆者らは一定の倍率のときから体験者に気づかれ、そこから正答数が増えると想定していた。想定に近い結果として体験者 4 や体験者 10 が近い結果が得られた。しかし、得られた結果として特定の倍率で上がる傾向は見られなかった。

実際の傾きよりも小さい視覚提示(0.2~0.8)を行った場合の正答数が 19 件、大きい視覚提示(1.2~1.8)を行った場合の正答数が 26 件だった。

5. 考察

全体の正誤表から実際よりも小さい視覚提示をした場合に体験者に気づかれづらく、大きい視覚提示を行うと体験者に気づかれやすいことが示唆された。しかし、実際より大きい傾きを提示しても小さくなったと感じた被験者や、実際より小さい傾きを提示しても大きくなったと感じた被験者がいた。ここから HMD を使用した条件下では実際と異なる傾きを与えたとき、体験者の傾きに対して必ずしも視覚と一致した傾き量でなくても不自然さは感じないことが示唆された。実験では被験者に対して実際の傾きと比較した回答をしてもらう旨を解答してもらう度に説明を行ったが、特定の傾き量で正答数が大きく増えることがないことから、1 回の体験だけでは不自然さを感じず、気づく大きさも個人差が影響すると考えられる。また、無意識に一つ前の体験と比較し回答しているのではないかと考えられ、体性感覚に対しての絶対的な評価ではないことが推察できる。

そこで、我々は次の点について考察を行った。

- 体験者に提示した傾きの差
- 提示した傾き料の増減と体験者の回答の前後関係

5.1 体験者に提示した傾きの差

提示した傾きが実際の傾きより大きい傾き(1.2~1.8)を「大」、小さい傾き(0.2~0.8)を「小」とし、提示した傾きが連続して小さい傾きだった場合を「小小」、連続して大きい傾きだった場合を「大大」、小さい傾きの後に大きい傾きだった場合を「小大」、大きい傾きの後に小さい傾きだった場合を「大小」とした。また、体験者の回答も同様に、連続して小さい傾きだった回答を「小小」、連続して大きい傾きだった回答を「大大」、小さい傾きの後に大きい傾きだった回答を「小大」、大きい傾きの後に小さい傾きだった回答を「大小」とした。

提示した傾きの大小関係と体験者の回答の大小関係、その該当数を表 2 に示す。

表 3 提示した傾きの前後と該当件数

		体験者の回答				合計
		小小	小大	大小	大大	
提示した傾き	小小	1	2	2	5	10
	小大	5	8	5	7	25
	大小	6	6	7	6	25
	大大	1	1	2	5	9
合計		13	17	16	23	88

体験者の回答の内、前の傾きと後の傾き両方に正答したのは 88 件中 21 件であり、その内の 15 件が前後の傾きの

変化量が異なる場合だった。ここから体験の前後で実際と異なる傾きを 2 種類与える場合、体験者は実際と異なることに気づきやすいことが示唆された。

5.2 提示した傾き料の増減と体験者の回答の前後関係

次に、体験者に提示した傾きの差について考察する。

前の傾きと後の傾きの提示差と該当件数、その正答数を表 3 に示す。

表 3 傾きの提示差とその正答率

提示差	提示差数	後一致数	正答率(%)
-1.6	1	0	0.00%
-1.4	0	0	-
-1.2	11	6	54.55%
-1	6	5	83.33%
-0.8	6	1	16.67%
-0.6	8	1	12.50%
-0.4	6	2	33.33%
-0.2	6	3	50.00%
0.2	6	2	33.33%
0.4	5	2	40.00%
0.6	10	7	70.00%
0.8	9	4	44.44%
1	6	4	66.67%
1.2	2	1	50.00%
1.4	4	2	50.00%
1.6	2	0	0.00%

ある傾きの体験の後にその傾きより減少率の高い(増加率の低い)傾きの提示をした 44 件(提示差-1.6~-0.2)のうち、後の変化させた傾きに正答したのは 18 件だった。正答した 18 件の内 15 件が実際の傾きより小さい提示をしたものだった。ここから VR 体験の後にその傾きより小さな傾きを与えるとその差に気づきやすいと考えられる。

体験の後に増加率の高い(減少率の低い)傾きを提示した 44 件(0.2~1.6)のうち、後の変化させた傾きに正答したのは 22 件だった。

正答した 22 件の内 19 件が実際の傾きより大きい提示をしたものだった。一方、不正解だった 22 件の内、15 件が前の体験で実際よりも大きい傾きを提示されていた。

ここから VR 体験で視覚から与える傾きが実際よりも大きい傾きの場合だけでは気づかれるが、体験の前に実際よりも大きい傾きを与えることで気づかれづらくなることが示唆された。

6. まとめ

本研究では体性感覚刺激を視覚からの情報によって変

化させられるという仮説を立て、自作した体験中に視覚提示する傾き量を実際の傾きよりも増減できる舟型 VR システムを用いて体験中に傾きを変化させ実験を行った。実際の傾きと比較した回答を得た後、体験者の解答の前後の傾きの増減や回答の正誤を比較し調査した。結果として、HMD を使用した条件下では体験者の傾きに対しての評価は体性感覚を用いた絶対的な評価ではないことが示唆された。また、VR 体験の後にその傾きより小さな傾きを与えるとその差に気づきやすく、大きい体験を与えると気づきづらいことが示唆された。

本研究の結果から、VR を利用したゲームコンテンツにおいて実際よりも大きい傾きを体験者に提示したい場合、事前に実際よりも小さな傾きを与えることで VR 酔いに考慮し、少ない動きによって同等の体験が提供できると筆者は考えている。

本研究の課題として被験者の個人差に左右されている点が挙げられる。これは被験者の数を増やすことでより正確な体験の前後の関係性を示せるのではないかと考えられ、筆者の今後の課題として行いたいと考えている。

また、今後は実際には小さな傾きにもかかわらず、映像提示により大きな傾きの体験を与えることに着目し、ユーザに気づかれない提示方法や映像の誇張度合いについてもさらに検討していく。

参考文献

- 1) 舘暲, 佐藤誠, 廣瀬通孝, 日本バーチャルリアリティ学会: バーチャルリアリティ学, コロナ社(2001).
- 2) IJsselstein, Wijnand A., et al. Presence: Concept, determinants and measurement. *Human vision and electronic imaging*. Vol. 3959. 2000.
- 3) Bystrom, Karl-Erik, Woodrow Barfield, and Claudia Hendrix. A conceptual model of the sense of presence in virtual environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 8.2 (1999): 241-244.
- 4) Herbelin, Bruno, Frederic Vexo, and Daniel Thalmann. Sense of presence in virtual reality exposures therapy. *Proceedings of the 1st International Workshop on Virtual Reality Rehabilitation, Lausanne, Switzerland*. Citeseer, 2002.
- 5) Tanaka, Nobuhisa, and Hideyuki Takagi. Virtual reality environment design of managing both presence and virtual reality sickness. *Journal of physiological anthropology and applied human science* 23.6 (2004): 313-317.
- 6) Chris Crawford. *Chris Crawford on game design*. New Riders, (2003).
- 7) 一般社団法人ロケーションベース VR 協会 / 運営上の注意事項ワーキンググループ検討成果
<https://lva.or.jp/pdf/guidelines.pdf>
- 8) The occurrence of virtual simulation sickness symptoms when an HMD was used as a personal viewing system. *Displays*, Vol.18, pp.107-116 (1997).
- 9) Ashutosh Singla, Stephan Fremerey, Werner Robitza, and Alexander Raake.: Measuring and Comparing QoE and Simulator Sickness of Omnidirectional Videos in Different Head Mounted Displays. *Ninth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)*, pp.1-6 (2017).
- 10) Sharif Razzaque, Zachariah Kohn, and Mary C. Whitton.: Redirected walking. *EUROGRAPHICS*, vol.9, pp.4914 (2001).

11) Keigo Matsumoto, Yuki Ban, Takuji Narumi, Yohei Yanase, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose.: Unlimited corridor: redirected walking techniques using visuo haptic interaction, *ACM SIGGRAPH 2016 Emerging Technologies*, pp.20 (2016).

12) 沼崎優介, 中垣孝太, 川島優暉, 鳴海拓志, 遠藤雅伸: ライド型 VR コンテンツのための筐体の触覚と座面の不安定性を利用したプレゼンス向上手法, *EC2017*, pp. 23-28(2017).