



VR 酔いの発生を遅延させる振動の効果についての 実験的検討

Experimental study on the effect of vibration to delay the VR sickness

齋藤真里¹⁾, 原田竜彦²⁾³⁾, 前田佑輔⁴⁾

Mari SAITO, Tatsuhiko HARADA, and Yusuke MAEDA

- 1) ソニー株式会社 R&D センター (〒141-8610 東京都品川区大崎 2-10-1 ソニーシティ大崎, Mari.Saito@sony.com)
- 2) 国際医療福祉大学熱海病院耳鼻咽喉科 (〒413-0012 静岡県熱海市東海岸町 13-1, t-harada@iuhw.ac.jp)
- 3) 国際医療福祉大学医学部 (〒295-8686 千葉県成田市公津の杜 4-3, t-harada@iuhw.ac.jp)
- 4) 国際医療福祉大学小田原保健医療学部理学療法学科 (〒250-8588 神奈川県小田原市城山 1-2-25, y.maeda@iuhw.ac.jp)

概要: 振動刺激による VR 酔い低減効果を検証した。ジェットコースターの映像視聴中に、座面と後頭部に対して周期的な振動を与え、SSQ と周回ごとの酔いの主観評価を振動なし条件と比較した。SSQ では差が見られなかったものの、酔わない状態での周回数は、後頭部に振動を与えた条件の方がその他の条件より有意に多かった。映像と連動しない振動であっても、後頭部への振動であれば、酔いの発生を遅らせる効果があることが示された。

キーワード: VR 酔い 振動 HMD 指標

1. 背景と研究動向

近年、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) 型の機器だけでなく、スマートフォンを用いたアプリケーションなどが普及し、VR (Virtual Reality) を楽しめる機会は急速に広まりつつある。一方で、VR コンテンツを体験する時の酔い (VR 酔い) [1]については、低減が求められている。

VR 酔いに関しては、酔いやすい刺激の特徴や環境要因、効果測定のための指標など多くの研究がなされている[2]。

VR 酔いは映像酔いやシミュレータ酔いの一種と考えられ、乗り物酔いと似た症状が生じる現象として知られる。その機序については明らかにされていないが、最も有力な説として、感覚不一致説がある[3]。視覚からの情報と体性感覚の不一致など、生体に対して入力される刺激のミスマッチが酔いの原因であるとされる説である。これに基づき、より臨場感を高めることで酔いを低減させる取り組みが行われている。具体的には、映像に連動した音響や振動など複数のモーダルを与えるなどがある[4][5]。本稿では、振動刺激に着目し、効果的な刺激部位を検討する。

酔いの低減効果を検証する上で重要なのは、どのような指標で計測を行うかという点である。主に、心理的な計測と生体的な計測が行われることが多く、心理的な計測では SSQ (Simulator sickness questionnaire) [6]が最も有名である。また、簡易的な評価方法としては FMS が知られている[7]。一方で生体的な計測は、ストレスとの関連から、呼吸や発汗、心拍変動などが用いられることがあるが、酔いそのものを客観的に測定するには信頼性が得られていないとの

見解もある[8]。ここでは、心理的計測を用いるが、酔いの程度で効果を比較するのではなく、酔いの段階が進行する過程に着目し、酔いの進行に対して振動がどのように働くのかを分析する。

2. 実験方法

被験者は、振動の有無と振動部位が異なる 3 つの条件で、VR のコンテンツを体験し、実験前後と実験中に酔いの程度を評価した。尚、実験はソニー株式会社と国際医療福祉大学の生命倫理委員会による承認を得て実施された。

2.1 提示装置・提示刺激

VR 映像提示装置: PlayStation®と接続した HMD 型の VR 提示デバイス PlayStation®VR を被験者に装着した (図 1)。被験者は椅子に座り、HMD で受動的に映像を視聴し、特に操作は行わなかった。刺激コンテンツの提示開始終了は実験者が行った。

振動刺激: 座面と後頭部分に振動を与えた (図 2)。

座面への振動: 被験者が座る椅子の座面に、アクチュエータを内蔵したクッションを置き、クッションに接続したアンプを介し、PC から 60Hz の周期的振動を送出すること、被験者の臀部へ振動を与えた。

後頭部振動条件: 被験者が装着する HMD の後ろのバンド部分にアクチュエータを取り付け、接続した PC から 12Hz の振動を送出することで後頭部に振動を与えた。

尚、座面の振動と後頭への振動の強度に関しては、複数

人による予備実験を行い、同等になるように調整した。

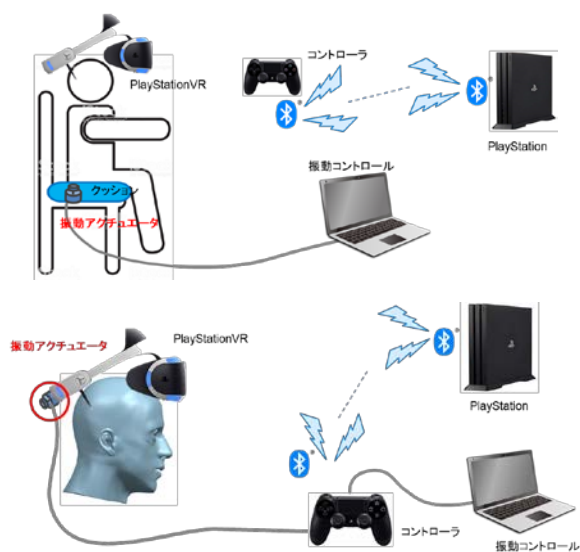


図 1: 刺激提示装置（上: 座面への振動 下: 後頭への振動）



図 2: 後頭への振動（左）と座面への振動（右）

VR 映像刺激: 市販の VR ゲーム「Roller Coaster Dreams」から選択した特定コースを周回する（図 3）。

一周が 90 秒のコースを周回し、最大 7 周（10 分 30 秒）を実施した。



図 3: 被験者が体験した VR コンテンツ

2.2 実験条件

酔いについては個人差が大きいという研究もあり[9]、被験者内要因による実験配置とした。したがって、すべての被験者が以下の 3 条件すべてを実施した。

また、振動なし条件を含め、すべての条件で同じ椅子とクッション・HMD を用いた。

- ・振動なし条件: 振動自体は付加されない
- ・座面振動条件: 座面の振動のみ付加される
- ・後頭部振動条件: HMD の後頭への振動のみ付加される

また、酔いには「状況への慣れ」があるとの研究[10]もあることから、3 条件は被験者ごとにランダムな順序で行い、1 日にひとり 1 条件に限定したうえで、実施時間はおおむね午後の同じ時間帯になるように設定した。

2.3 被験者

被験者は、視力に問題のない大学生男女 26 名

前日の睡眠と飲酒に関して実験上不都合がないか確認を行った。

2.4 測定

実験前後で SSQ を測定した。また、1 周するごとに簡易的な酔いの評価を行った。簡易的な評価では、以下のようなレーティングを用い、実験者のトリガーにより、被験者は口頭で数値を報告した。

- 0: 全く酔っていない
- 1: 軽い酔いを感じる／少し酔っている
- 2: しっかり酔いを感じるがまだ耐えられる
- 3: かなり酔っていて、続行不可

実験は、最大 7 周であったが、それ以前でも被験者が 3 を報告した時点で実験を終了した。またすべての被験者に対し、振動への不快感を 5 段階評定で確認した。

2.5 分析方法

実験中の簡易な酔いの評価を用いて、評価 0～3 の各段階でそれぞれ何回コースを回ったかを分析対象とする。また実験前後の SSQ の変化量も合わせて分析する。

データについては、正規性の検定を行ったうえで、正規分布の場合は一元配置分散分析後、多重比較（Turkeyb）、正規性が確認できない場合は、Friedman 検定後、Wilcoxon 符号化順位検定を行った。

3. 実験結果

3.1 酔いの段階ごとの周回数

全く酔っていない状態（評価 0）での周回数を条件間で比較した結果を図 4 に示す。振動なし条件、座面振動条件より後頭への振動を付加した条件は有意に周回数が多くなった。

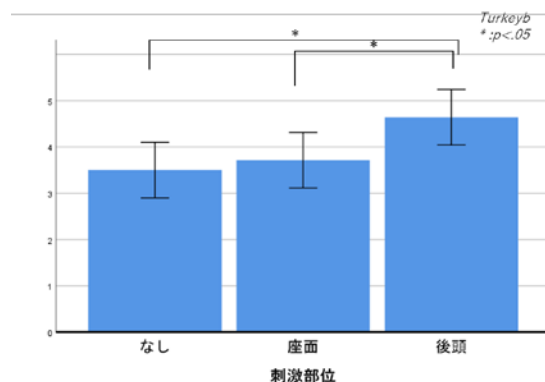


図 4: 評価 0 での周回数

評価 1 以下での周回数、評価 2 以下での周回数も同様に条件間の比較を行ったが、条件間で有意な差は得られな

った（表 1）。

表 1：評価ごとの条件差比較結果

評価0での周回数	(振動なし<後頭) (座面<後頭)
評価1以下での周回数	有意差なし
評価2以下での周回数	有意差なし

3.2 課題完遂者における酔いの段階ごとの周回数

本実験では、被験者が評価 3 を報告した時点で、その回の実験は終了となるため、被験者ごと条件ごとに周回数が異なる。そこで、最後まで完遂した被験者に絞り、条件の比較を行った。すべての条件で最後まで完遂した被験者は、15 名であった。図 5 に評価 0 での周回数について、条件間で比較した結果を示す。

結果は、評価 0 での周回数において、後頭への振動刺激を与えた条件で振動なし条件より有意に周回数が多くなった。後頭への振動条件と座面への振動条件の間に有意な差は見られなかった。また、評価 1 以下での周回数、評価 2 以下での周回数では、条件間の有意差は見られなかった（表 2）。

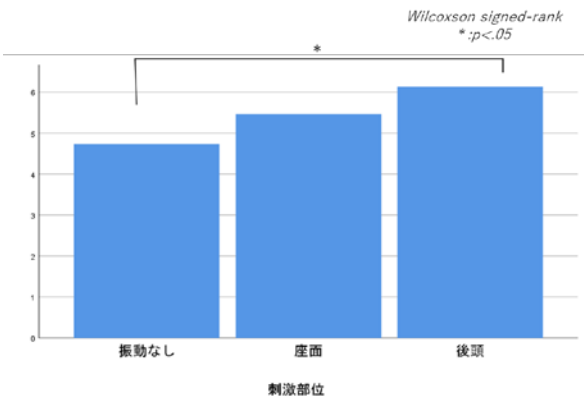


図 5：課題完遂者のみの評価 0 での周回数

表 2：完遂者のみの評価ごとの条件比較結果

評価0での周回数	(振動なし<後頭)
評価1以下での周回数	有意差なし
評価2以下での周回数	有意差なし

3.3 酔わない人を除いた酔いの段階ごとの周回数

酔わない人に対しては、本来酔い対策は必要ない。酔い低減が必要な酔う人に絞り、同様の分析を行った。その結果、評価 0 での周回数において、後頭への振動条件が振動なし条件や座面への振動条件より有意に多いことが示された。また、評価 1 以下の周回数、評価 2 以下での周回数では、上述の 2 つの分析同様、有意差はなかった（表 3）。

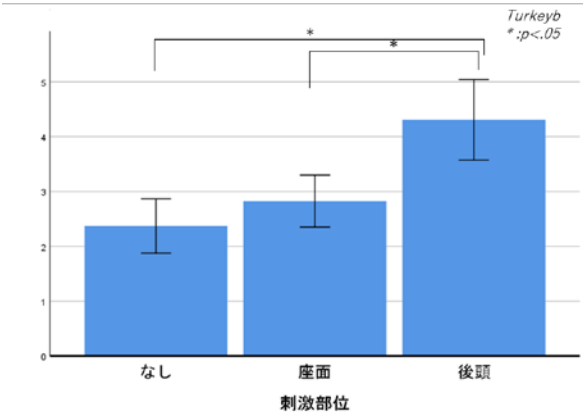


図 6：酔わない人を除いた人の評価 0 での周回数

表 3：酔わない人を除いた評価事の条件比較結果

評価0での周回数	(振動なし<後頭) (座面<後頭)
評価1以下での周回数	有意差なし
評価2以下での周回数	有意差なし

3.4 主観評価（SSQ）

SSQ について実験実施前後での変化量を求め、条件間の比較を行った。その結果、条件間に有意な差は得られなかった。

3.5 不快感

各条件実施後に行った振動自体への不快感評価について、条件間の比較を行った。評価は 5 段階評定で行われ、「1：かなり心地よい」～「5：かなり不快」の 5 段階であった。その結果、座面への振動条件と後頭への振動条件の間に有意な差は得られなかった。また、不快感の平均値は、座面への振動条件で 2.38、後頭への振動条件で 2.79 でありどちらかという心地よく感じられていた。

4. 考察

4.1 酔いを遅延させる効果

実験結果によると、有意差が得られているのは、いずれも評価 0 での周回数である。評価 0 は全く酔っていない状態であり、その状態での周回数が有意に多くなっているということは、振動により、酔い始めるタイミングを遅らせる効果があるということである。一方で、評価 1 以下や評価 2 以下での周回数に関してはいずれの分析でも有意差が得られていない。つまり、酔い始めてしまうと、振動を与えても酔いを低減する効果はなかった。酔い始めてから酔いの程度は徐々に上昇しつづけると仮定した場合、ある時点の酔いの程度を低減させるためには、酔いの程度自体を下げるか、酔い始めるまでの時間を遅延させればよい。今回の実験では、振動により、酔い始めるまでの時間を遅延させる効果があることが示された。

4.2 効果のある振動部位

実験結果 3.1～3.3 によると、部位による有意差が見られるのは、評価 0 での周回数であり、いずれも振動なし条件

よりも後頭への振動の方が有意に周回数は多くなっている。また、3.1、3.3の結果では、座面への振動よりも評価0での周回数が有意に多くなった。したがって、座面への振動よりも後頭への振動の方が、酔わない状態をより長く保つことができる。

振動による酔い低減の効果は部位によって差があり、より効果的な部位を特定することは、酔いのメカニズム解明にアプローチする上でも重要ではないだろうか。

4.3 振動の性質

既存研究では、VR酔いを低減させるためには、映像との連動が必要という結果が報告されている。この点について、本実験と比較することで、酔い低減に効果的な振動の性質について考察する。

本実験では、座面の振動条件、後頭への振動条件どちらにおいても、映像には連動しない周期的振動刺激を用いた。

座面への振動の効果を検証した研究[3]によると、ランダム振動では座面への振動は、酔い低減の効果がなく、映像との連動が必要であることを示している。映像連動していない振動刺激を用いている本実験でも座面については同様の結果となっている。

頭部への振動刺激についても、映像と連動することによる効果が報告されている[4]。この研究では、側頭部（耳の後ろ）への振動付与であり、本実験と厳密には部位は一致していない。しかし、今回の実験では映像に連動していない振動にも一定の効果があることが示された。同じ頭部への振動でも部位によって差が出る可能性がある。また、振動の種類も異なるため、映像に連動するか否かだけでなく、異なる種類の振動について検証することで、より効果的な方法にアプローチできる可能性がある。

4.4 酔いの心理指標

多くの研究では心理指標としてSSQやFMSなどを用いることが多い。本稿では、酔い低減効果の条件間の大小だけでなく、酔い始めのタイミングや酔い始めてからの酔いの進行度合いの変化について考察した。酔いはじめのタイミングに差が出ても、酔いが感じられてから以降に差がみられなければ、酔いの程度自体への効果ではなく、発生タイミングへの効果であることがわかる。一定の刺激を与え続け、刺激提示が低下しない状態では、酔いの状態変化に着目することで、酔いのメカニズムをより詳細にとらえられるのではないだろうか。一方で、酔いの度合いの変化だけでなく、酔い症状やその変化にも着目する必要があると思われるが、今後の課題としたい。

5. まとめと今後の課題

VRコンテンツ体験中に、座面と後頭部に振動を与える実験を行った。その結果、映像に連動していない振動であっても、後頭への振動付加がVR酔いの発生を遅延させる効果があることが示された。

今後、VR酔いのメカニズムにアプローチし、酔いを低減する方法を開発するために、頭部の中でもより効果的な部位や振動の種類の検討を行うとともに、指標の改善も行っていく予定である。

参考文献

- [1] Tayler D.B. & Bard P.: Motion sickness, *Physiol. Rev.*, 29, pp 311-369, 1949
- [2] ISO/TR 9241-393:2020 Ergonomics of human-system interaction-Part393: Structured literature review of visually induced motion sickness during watching electronic images, 2020
- [3] Reason, J. T. & Brand J. J.: Motion Sickness, Academic Press, London, 1975
- [4] Sawada Y. et al.: Effects of synchronised engine sound and vibration presentation on visually induced motion sickness. *Scientific Reports*, 2020 May;10(1), 2020
- [5] Peng Y. et al.: WalkingVibe: Reducing Virtual Reality Sickness and Improving Realism while Walking in VR using Unobtrusive Head-mounted Vibrotactile Feedback, *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 2020
- [6] R.S. Kennedy et al: Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness, *The International Journal of Aviation Psychology*, Vol. 3, No. 3, pp 203-220, 1993.
- [7] Behrang K. & Heiko H.: Validating an Efficient Method to Quantify Motion Sickness. *Human factors*. 53-4, pp 415-426, 2011
- [8] Yates B. J. et al.: Physiological basis and pharmacology of motion sickness: An update, *Brain Res. Bull.*, 47: pp 395-406, 1998.
- [9] 平柳要: 乗り物酔い(動揺病)研究の現状と今後の展望, *人間工学*, pp 200-211, 2006
- [10] Hill, K. J. & Howarth P. A. : Habituation to the Side Effects of Immersion in a Virtual Environment, *Displays* Vol.21 No. 1, pp 25-30, 2000