



VR 体験中の疲労感軽減に関する研究

Research on reducing fatigue during VR experiences

松下祥久¹⁾, 西川翔¹⁾, 藤村真生²⁾

Yoshihisa MATSUSHITA, Sho NISHIKAWA, and Masao FUJIMURA

- 1) 大阪工業大学大学院 工学研究科 (〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1, {m1m23328,m1m23321}@st.oit.ac.jp)
2) 大阪工業大学 (〒535-8585 大阪府大阪市旭区大宮 5-16-1, masao.fujimura@oit.ac.jp)

概要: VR 体験は VR 酔いだけでなく, HMD の装着による不快感, 重さ, 画面が近すぎることにより被験者の疲労感を高める可能性がある. これまでの研究では, VR 酔いの抑制や HMD の視聴による視覚疲労の研究を行うことが多く, 映像体験中に身体の昇温や降温を行った研究や, 複数の条件を組み合わせて, 比較した研究が少ない. 本研究では複数の条件で比較を行い, どの条件が疲労感軽減につながるか調査する. 非侵襲的な計測のため, 疲労感による自律神経系の乱れに着目し, 瞳孔反応や脈波の変化から被験者の疲労感を比較する. また 2D ディスプレイとの比較も実施する.

キーワード: HMD, 疲労感, 自律神経, VR 酔い

1. はじめに

ヘッドマウントディスプレイ (HMD) は, 没入感が高まることからバーチャルリアリティ (VR) 体験において, 高い効果を発揮する. 近年では, HMD が普及し, 企業だけでなく一般の家庭に利用されることもあり, 幅広く活用されている.

一方で HMD を装着した状態での VR 体験は, VR 酔いだけでなく, HMD 自体の重さや利用者の眼と画面が近すぎることにより, 疲労感を高める可能性がある. HMD が一般の家庭でも利用されることを考慮し, 安全に使用するためには, この問題の解決が求められる.

VR 酔いは, 乗り物酔いに似た症状であり, 吐き気や方向感覚の喪失などの症状を引き起こす. 酔いの要因として, 機器の問題や VR 空間内の状態や作業内容, ユーザー個人の体質や VR 空間への慣れが挙げられる. 映像の解像度や明るさ, 視野の広さなどが酔いに影響し, 揺れや回転があると強い吐き気を催す可能性がある. VR 体験中に, 体を動かしたときに起こる, 映像との感覚の不一致による違和感や長時間視聴による影響など様々ある [1].

人の自律神経は, 活動時に働く交感神経と安静時に働く副交感神経がある. 交感神経が活発に働き, 2つのバランスが乱れることで, 疲労として伝わることもある. VR 体験においては, VR 環境や HMD による違和感や眼精疲労により, 交感神経が優位になりやすい. これにより血管が収縮し, 血流が悪くなる. よって身体を温めることで, 副交感神経が優位になるよう働きかけ, 血流を良くするという

手法がよく用いられる. また川村ら [2] は, VR 酔いが発生した場合に, 首元の皮膚表面を冷却すると VR 酔い症状の緩和の効果が見られたと報告している.

これまでの研究では, VR 酔いの抑制や HMD の視聴による視覚疲労の研究を行うことが多く, 疲労感軽減という広範な視点で行うことが少ない. また, VR 体験中もしくは体験後に他のデバイスを用いて, 身体の部位の昇温や降温を行った疲労に関する研究は少ない. VR 体験だけでなく, 2D ディスプレイ視聴中の身体の昇温, 降温を行っている研究もほとんどない. そして, これらや異なる映像を用いた実験などを, 複数組み合わせた条件での比較も少ない. そのため本研究では, これらの条件を複数用いて比較し, どのような条件が疲労感軽減につながるか調査することを目的とする.

2. 関連研究

2.1 自然曝露による疲労回復

これまでの研究で, 仮想自然環境にさらされることで, ポジティブな感情が誘発されることがわかっている. Fariba Mostajeran ら [3] は, 認知能力への影響に関する研究として, 同程度の量の仮想オブジェクトがある対照環境と比較した, 仮想自然への曝露の効果について, 検討されていなかったため, このような曝露の心理的効果を調べる実験を行った. 仮想自然環境は森林の 3D モデルで構成され, 対照環境は仮想自然環境を抽象的に再現したものであった. 両環境について, 認知能力, 知覚的回復力, 気分,

ストレス、臨場感、シミュレーター酔いへの影響を比較した。その結果、対照環境と比較して、仮想自然への曝露は有意に高い認知能力、知覚的回復性、肯定的感情、臨場感、有意に低い知覚的ストレス、シミュレーター酔いをもたらした。

2.2 HMD 使用時の視覚疲労と、2D ディスプレイとの比較

Masakazu Hirota ら [4] は、HMD および 2D ディスプレイを使用しながら、視覚課題を行う前後に客観的、主観的な視覚疲労を評価することを目的とした。被験者は両眼融像維持 (BFM) を行い、乗り物酔いを誘発する視覚課題を行う前後に、自覚症状に関するアンケートに回答した。BFM および自覚症状のスコアは、両群間で有意差はなかったが、これらの値は、両群内で視覚課題前よりも課題後に有意に低かった。HMD 使用後の視覚疲労は、少しの乗り物酔いがある VR コンテンツの場合、2D ディスプレイ使用後の視覚疲労と有意差がないことが示唆された。

Sang Hyeok Lee ら [5] の研究においても、視覚疲労の客観的評価と主観的評価は、HMD と 2D ディスプレイの使用で有意差はなかった。

3. 実験方法

3.1 使用機器

本研究では、HMD、2D ディスプレイ用アイトラッカー、昇温用ウェアラブルデバイス、降温用ウェアラブルデバイス、脈波用ウェアラブルデバイスを用いることとした。

3.2 計測対象・方法

疲労感の計測については、疲労感による自律神経系の乱れに着目し、非侵襲的な計測である瞳孔反応と脈波を用いる。この 2 つの変化から客観的評価を得る。

瞳孔については、VR では HMD に備わっている機能を使用し、2D ディスプレイではスクリーンベースのアイトラッカーを用いて計測する。脈波については、疲労に影響が少ないと思われる、腕用のウェアラブルデバイスを用いて計測する。これらで得たデータを比較することとした。

また主観的評価を得るため、Simulator Sickness Questionnaire (SSQ) を用いる。

3.3 実験内容

視聴させる映像は、図 1 のような VR コンテンツを作成した。図 1 は自然の 3D モデルとマテリアルで構成されており、複数の大きさや形がある木や草がある。比較対象として、同程度の量の仮想オブジェクトを用いた VR 環境を用意した。映像の長さは 15 分とした。

被験者には、初回視聴時の取得データに差異が出ないよう慣れさせるため、事前に実験で扱う機器の使用と映像の視聴を行わせる。また各実験において、疲労感の蓄積を考慮し、1 人あたり、1 日に 1 回の実験を限度とする。

実験手順は、最初に被験者の体温が正常であり、室内が快適であることを確認させる。次に、椅子に座り、実験内容について説明した後、それぞれの条件により機器を装着させ、映像視聴前にアイトラッキングのキャリブレーション



図 1: 視聴させる VR 環境

を行わせる。VR 映像視聴の場合は少しの間、VR 環境を視聴させた後に実験映像を視聴させる。映像視聴中は私語と大きく首を振ることや、手足を動かすなど疲労感に影響が出ることを禁止し、中断したい場合は片手を上げ申告することとした。また、条件により視聴中に首への昇温と降温を行う。視聴後、SSQ によるアンケートに回答し、実験終了となる。

4. おわりに

本研究は、映像体験中に身体の昇温や降温、異なった映像の視聴など、複数の条件を組み合わせた実験から比較し、どのような条件が疲労感軽減につながるか調査することを目的とした。今後は、構築した VR 環境を用いて実験を行い、その結果から条件ごとに比較し評価する。

参考文献

- [1] 板東武彦：映像視聴による生体影響と自律神経機能、自律神経、Vol. 58, No. 4, pp. 247-259, 2021.
- [2] 川村大樹, 酒田信親：皮膚表面冷却による VR 酔い症状緩和の研究, インタラクシオン 2024 論文集, pp. 60-67, 1996.
- [3] Fariba Mostajeran, Marvin Fischer, Frank Steinicke, Simone Kühn: Effects of exposure to immersive computer-generated virtual nature and control environments on affect and cognition, Scientific Reports, Vol. 13, No. 1, pp. 220, 2023.
- [4] Masakazu Hirota, Hiroyuki Kanda, Takao Endo, Tomomitsu Miyoshi, Suguru Miyagawa, Yoko Hirohara, Tatsuo Yamaguchi, Makoto Saika, Takeshi Morimoto, Takashi Fujikado: Comparison of visual fatigue caused by head-mounted display for virtual reality and two-dimensional display using objective and subjective evaluation, Ergonomics, Vol. 62, No. 6, pp. 759-766, 2019.
- [5] Sang Hyeok Lee, Martha Kim, Hyosun Kim, Choul Yong Park: Visual fatigue induced by watching virtual reality device and the effect of anisometropia, Ergonomics, Vol. 64, No. 12, pp. 1522-1531, 2021.