

快適・安全な VR 視聴に向けた VR 酔いの身体影響と 発生機序の解明

Developmental Mechanism of VR Sickness and Physical Influence of VR Viewing on Human Body

2171024



研究代表者	岐阜市立女子短期大学 国際文化学科	講師	松浦康之
共同研究者	福井大学学術研究院 工学系部門	教授	高田宗樹

[研究の目的]

近年、VR（仮想現実(Virtual Reality)）視聴は、その利便性から様々な領域で活用されつつある。しかし、酔いなどの不快な症状を引き起こす場合がある。特に、ゴーグル型端末(Head Mounted Display, (HMD))によるVR視聴が生体に与える影響に関する検討が不十分である。

頭痛や嘔吐などの症状は、映像酔いによるものであると考えられ、その症状は乗り物酔いなどの動揺病と共通している。また、前庭系に障害のある人は、映像酔いにも乗り物酔いにもならない。よって、映像酔いは、乗り物酔いと同様に、その発生原因が体平衡系に関わるものであると考えられる。また、前庭系と自律神経系は解剖学的にも電気生理学的にも密接な関係があることが知られている。

先行研究においては、立体映像視認時の照度環境や背景条件の違いに注目されている。映像の背景が体平衡系に影響を及ぼすことが示された[1]。しかし、視標の速度の違いが生体に影響を与えるかについての研究は行われていない。

また、周辺視領域が視覚誘導性自己運動感覚に与える影響は殆ど検討されていない。一方、申請者らが3D映像視聴時に周囲視領域に関する研究を行った結果、視領域の違いによって酔いの症状の違いがみられた[2]。

そこで、本研究ではHMDを用いたVR視聴において、視野領域のサイズの違いが生体を与える影響について詳細に研究を行うことで、VR酔いの発生機序を解明することを目的とする。これによって、快適・安全なVR視聴に関する基礎的研究の蓄積を行う。

[研究の内容, 成果]

本研究の目的を達成するために、以下の実験1および、実験2を行った。

実験1

先行研究において、立体映像視認時の照度環境や背景条件の違いに注目されている。映像の背景が体平衡系に影響を及ぼすことが示された。しかし、視標の速度の違いが生体に影響を与えるかについての研究は行われていない。そこで本実験では、投影される映像の視標の速度の違いが生体に及ぼす影響を調査するために、映像視認時において、心電図および脳血流量の計測を行い、評価を行った。

健全な若年男性11名(平均±標準偏差: 22.6±1.0歳)を対象として実験を行った。被験者には事前に実験の説明を十分に行い同意を得た。ヘッドマウントディスプレイとしてDlodlo glass V1 (dlodlo)を用いて、視標が近位と遠位を準周期的に往復運動する映像を映像

1, 映像1に対して視標の速度の大きさを10倍にした映像を映像2とし、周辺視にて視認させた。実験姿勢は立位ロンベルグ姿勢として、映像1と映像2を各60秒間視認させ、その後30秒間の閉眼安静をとった。このプロトコルを5回繰り返した。

心電図によって得られた波形から、拍動間隔(R-R間隔)時系列を求め、そこから周波数帯域0.04-0.15 [Hz]のパワースペクトル密度(Power Spectral Density: PSD)積分値をLF(Low Frequency), 周波数帯域0.15-0.40 [Hz]のPSD積分値をHF(High Frequency), LF/HFを算出し、解析指標ごとにWilcoxonの符号付順位和検定にて比較を行った。なお、有意水準を0.05とする。

脳血流量はOxy-Hb, Deoxy-Hbの濃度変化の加算平均を求め、0.15 Hzのローパスフィルタで平滑化し、その積分値を求め、映像1視認時60秒間と映像2視認時60秒間の積分値を算出した。各チャンネルの映像1, 映像2で視認した際の酸素化ヘモグロビン濃度の積分値を、Wilcoxonの符号付順位和検定にて比較を行った。なお、有意水準を0.05とする。

心拍変動の映像間比較の結果(LF, HF, LF/HF)を図1に示す。その結果、LFは視認映像間で有意な差はみられなかった。一方、HFは映像1視認時に比べ、映像2視認時で3回目に有意に減少し($p < 0.05$), 4回目, 5回目で減少傾向がみられた($p < 0.1$)。また、LF/HFは映像1視認時に比べ映像2視認時で4回目, 5回目に増加傾向がみられた($p < 0.1$)。

脳血流量の解析から、映像1と比較して、映像2では前頭葉の5個のチャンネルで酸素化ヘモグロビン濃度の有意な増加がみられた($p < 0.05$)。また、後頭葉において4個のチャンネルで酸素化ヘモグロビン濃度の有意な減少がみられた($p < 0.05$)。

心拍変動の解析結果から、映像間比較では映像1視認時に対して映像2視認時のほうがHF成分については減少する傾向がみられ、

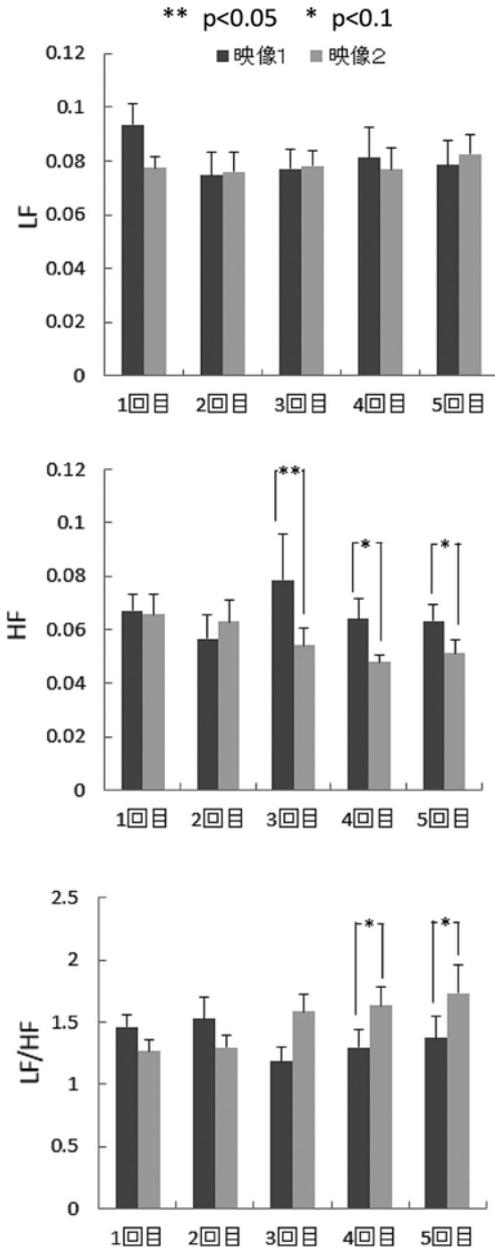


図1 LF, HF, LF/HFの映像間比較

LF/HFについては増加する傾向がみられた。このことから、視標の速度の大きさが低い映像に比べ、視標の速度の大きさが高い映像視認時に交感神経が亢進したといえる。これは、視標が速く運動することで視標の認識を困難にし、視標の把握のために集中力が増し、交感神経が賦活化した可能性が示唆される。

脳血流量の解析結果から、映像1視認時と比較して、映像2視認時で、前頭葉の酸素化ヘモグロビン濃度の増加がみられた。前頭葉には集

中・判断といった機能を有している。そのため、視標が速く運動することで視標の認識を困難にし、視標の把握のために集中力が増し、前頭葉の脳血流量が増加したのではないかと考えられる。また、後頭葉で脳血流量の減少がみられた。これは、指標の速度が速くなった影響で、視覚対象物の精密な視覚処理が出来なかった可能性が考えられる。

実験 2

次に、背景映像の視野狭窄の有無が、立体映像視聴時の生体に与える影響について検討を行った。

健常若年者男性 13 名（平均±標準偏差：22.85±0.99 歳）を対象に、重心動揺、心電図、脳血流量の測定を行った。被験者には事前に実験の説明を十分に行い同意を得た。映像機器は透過型ヘッドマウントディスプレイ MOVERIO BT-200 (EPSON) を用い、被験者は周辺視による立体映像視認を行った。実験は暗室で行い、実験中の姿勢は立位ロンベルグ姿勢である。実験映像は、Sky Crystal (オリンパスメモリーワークス) をもとに同社の許可を得て構成しなおしたものを使用した。実験プロトコルは、実験開始後最初の 60 秒間は背景映像に狭窄がない映像を視認し、次の 60 秒間は背景映像に狭窄がある映像を視認し、最後の 30 秒間は開眼で安静をとった。それぞれの映像視認時において、以下の計測項目について記録を行った。このプロトコルを 5 回繰り返し行った。

重心動揺によって得られた動揺図から、総軌跡長、外周面積、単位面積軌跡長および疎密度を算出した。

心電図によって得られた波形から、拍動間隔 (R-R 間隔) 時系列を求め、そこから周波数帯域 0.04-0.15 [Hz] の PSD 積分値を LF、周波数帯域 0.15-0.40 [Hz] の PSD 積分値を HF、LF/HF を算出した。

脳血流量は Oxy-Hb、Deoxy-Hb の濃度変化

の加算平均を求め、0.15 Hz のローパスフィルタで平滑化し、その積分値を算出した。

これらの値の被験者 13 名の平均値を求め、視野狭窄の有無の間で Wilcoxon の符号順位和検定により統計的な比較を行った。なお、有意水準を $p < 0.05$ とした。

図 2 は、1 回目および 5 回目における重心動

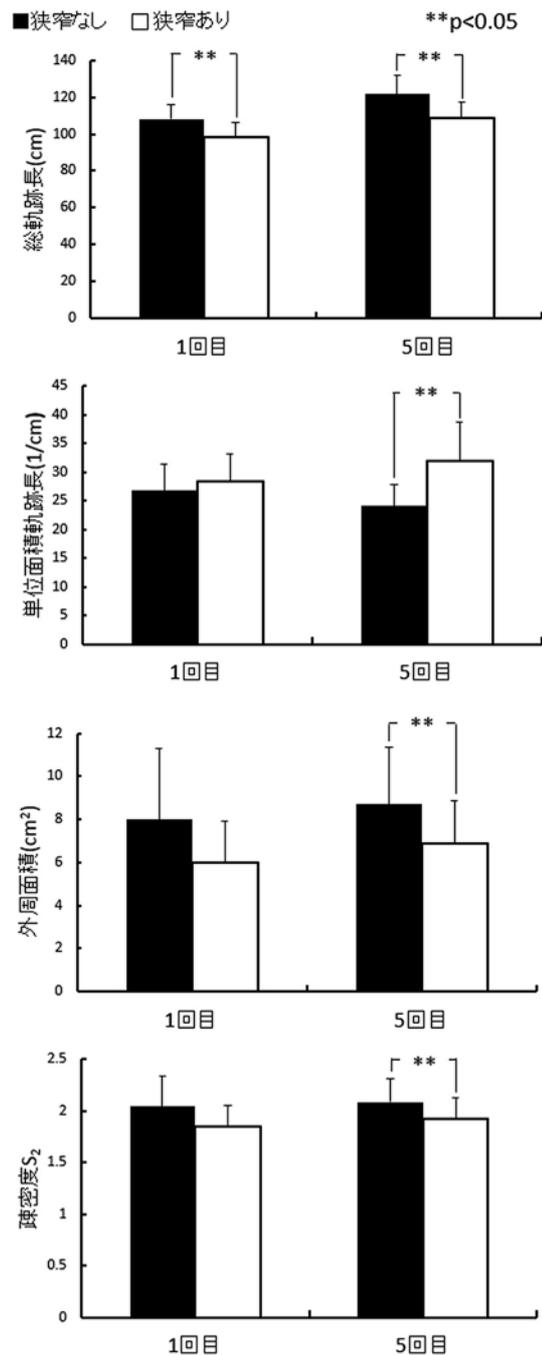


図 2 実験 1 回目、5 回目における総軌跡長、外周面積、単位面積軌跡長および疎密度

揺の算出結果である。視野狭窄の影響により、総軌跡長、外周面積および疎密度は減少する傾向にあり、単位面積軌跡長は増加する傾向にある。特に、1回目における総軌跡長と5回目におけるすべての動揺量は、有意に変化した ($p < 0.05$)。しかし、2回目から4回目では、すべての動揺量において有意差がみられなかった。これらの結果から、視野狭窄がある映像の方が姿勢は安定し、動揺量が低下することがわかる。また、1回目では有意差が確認でき、2-4回目では有意差が確認できなかったのは、体平衡系が過渡期に入ったためであり、それを経て、5回目である種の定常状態になり、再び有意差を確認できるようになったと考えられる。

心電図解析を行った結果、LFは視野狭窄による増減が実験回数によって異なり、5回目に有意に減少した ($p < 0.05$)。HFは視野狭窄により減少する傾向にあり、特に2回目において有意に減少した ($p < 0.05$)。一方、LF/HFは視野狭窄による増減が実験回数によって異なり、2回目に有意に増加した ($p < 0.05$)。これらの結果から、実験回数により、LF/HFの増減にばらつきがあるため、視野狭窄はストレス指標に影響を与えないと考えられる。

脳血流量解析を行った結果、前頭葉で有意に増加し、側頭葉の一部で有意に減少した。これらの結果から、視野狭窄に伴い腹側視覚路が賦活化して脳血流量が増加したと考えられる。また、前頭葉で脳血流量が増加したのは、視野狭窄によって、より集中して映像視認を行ったためであると考えられる。

[今後の研究の方向, 課題]

視野領域のサイズの違いが生体に与える影響

について詳細に研究を行った結果、脳内の伝達経路あるいは、活性部位の変化などが見られた。視野狭窄時の映像視聴が生体に与える影響は殆ど検討されておらず、今回得られた結果は、今後研究を発展する上で、重要な方向性を得ることが出来た。

今後、今回の実験で得られたデータの更なる詳細な検討をしていくと同時に、映像提示時の背景や背景の変化についても、検討を行う。これにより、3D映像視聴やVR視聴に関する新たな知見や視座を取得し、当該分野と産業の発展に貢献する。

[参考文献]

- [1] Takada, H., et al., "Effect of background viewing on equilibrium systems", In Antona, M., Stephanid is C. (Eds.): UAHCI/HCI 2015, Part II, LNCS 9176, 255-263, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015.
- [2] 立体映像刺激による映像酔いの生体影響, 松浦康之, 高田宗樹, 日本衛生学雑誌, 査読有, 71(1), 2-11, 2016.

[成果の発表, 論文等]

- [1] Y. Matsuura, T. Tanimura, D. Iida, H. Takada: Local Cerebral Blood Flow during Biofeedback Training, Journal of Sports Medicine & Doping Studies, 8, 3, 1-6, 2018
- [2] Y. Matsuura, H. Takada: Comparison of Electrogastrograms in a Seated Posture with those in a Supine Posture using Wayland Algorithm — For the Evaluation of Motion Sickness induced by Stereoscopic Movies —, Proceedings of IEEE ICCSE 2018, 808-811, 2018
- [3] 寺田亮太, 松浦康之, 平田隆幸, 高田宗樹: 拡張現実下の立体映像視認が生体に及ぼす影響, 2018年度日本物理学会北陸支部定例学術講演会, 2018
- [4] 市川敬太, 高田宗樹, 松浦康之: 概日リズムが自律神経系および体平衡系に与える影響, 平成30年度日本生体医工学会北陸支部大会, 2018