

自律神経系指標を用いた映像視聴中の酔い検出手法の検討

谷中俊介^{†1} 小坂崇之^{†2}

本研究では、自律神経系の生理指標として鼻部皮膚温度を用いた、映像酔いの検出を検討する。映像酔いを誘発することを目的とした映像刺激を、ディスプレイと HMD での両環境で視聴させた。映像刺激視聴前後における SSQ の得点と、視聴中の鼻部皮膚温度から、HMD 装着時による酔いの傾向や特徴を調査した。

Detection of Visually Induced Motion Sickness while Watching a Video Using Variation in Autonomic Nervous Activity

SHUNSUKE YANAKA^{†1} TAKAYUKI KOSAKA^{†2}

In this paper, we tried to find some visually induced motion sickness(VIMS) correlates out of the temperature of the nasal skin. We investigated VIMS while viewing a moving image presented on the display or Head-Mount-Display by the temperature of the nasal skin and Simulator Sickness Questionnaire.

1. はじめに

映像視聴や、人工現実感 (Virtual Reality: VR) 環境によって、動揺病と呼ばれる乗物酔いのような酔いや吐き気を招く健康被害がある。私的な日常生活の場や、大衆的アミューズメントなどの娯楽だけでなく、教育現場や労働環境においても、これらの有用性と用いられる機会が多い[1]。しかし、それに伴い健康的被害も報告されている[2]。

乗物酔いは、主に受動的な運動によって前庭覚が刺激を受けることで生じると言われている。これに対し、映像酔いは、視覚刺激によってのみ生じる動揺病である[3][4]。

VR 環境における VR 酔いは、視覚、前庭覚、固有覚の各空間情報間に物理的な矛盾により、発症するものと言われている。乗物酔いにおいては、自然環境下でおきる現象であり、物理的な矛盾は含まれず、各空間情報を上手く統合できないことで発症する。これに対し、VR 酔いは、技術的問題等の理由により、提供される各空間情報間に物理的な矛盾が含まれ、空間情報の統合が不可能である、もしくは困難であることから発症するものである[5]。

われわれは、ユーザの健康状態と生理指標の変化に応じて、VR 環境を動的に変化させ、VR 酔いの軽減や防止する手法の提案を最終的に目指している。

しかし、ヘッドマウントディスプレイ (以下、HMD と略す) 等において、その視覚情報や VR 環境の提示方法は、ディスプレイとは異なることから、HMD の装着自体が精神的な負荷刺激として働き、各生理指標へ影響を及ぼす可能性があげられる。また、HMD による VR 環境下においても、物理法則の矛盾によって発症する VR 酔いだけでなく、

視覚刺激としての映像酔いによって、酔いを引き起こすことも考えられる。

そこで我々は、まず、映像酔いを誘発することを目的とした映像刺激を、ディスプレイと HMD での両環境で視聴させることにした。本稿にて、ディスプレイと HMD での映像酔いを検証することにより、HMD 装着時による酔いの傾向や特徴を調査する。

2. 関連研究

VR 環境における臨場感と VR 酔いはトレードオフの関係にあると言われている。VR 酔いは、発症要因や症状の程度に個人差の大きく、ユーザの多様性を無視し、環境条件を一律に同一とする対策では、VR 酔いの軽減や予防として効果をなさない場合が考えられる。また、軽減や予防は可能でも、必要以上に臨場感を損なってしまう場合が考えられる。これに対し、田中ら[6][7]は、ユーザごとに最適化された VR 環境を提示するシステムを提案している。VR 酔いを誘発するコンテンツを用いて、ユーザごとの VR 酔い特性を導出し、求めたユーザごとの VR 酔い特性から、ユーザごとに臨場感と VR 酔いのバランスを最適化した、VR 環境を提示する手法を提案している。

われわれはこれまでに、乗物酔いを引き起こす原因の一つにストレスがあげられることと、ストレスによる自律神経系への影響から、ストレスによって鼻部皮膚温度が低下することに着目し、鼻部皮膚温度の変化から乗物酔いを検出することに取り組んできた[8]。乗用車を用いた実験において、被験者が乗物酔いを申告する約 13 分前の時点で、すでに鼻部皮膚温度が低下する結果が見られた。この一例から、生理指標の変化を観察することにより、酔いの軽減対策や、ユーザが酔いを自覚する前に、酔いを未然に防ぐこ

^{†1} 神奈川工科大学大学院工学研究科
Graduate School of Engineering, Kanagawa Institute of Technology

^{†2} 神奈川工科大学
Kanagawa Institute of Technology

とが期待できる。そこでわれわれは、鼻部皮膚温度を自律神経系の生理指標とし、酔いの検出を行う。

3. 自律神経系指標を用いた酔い検出の検討

本実験は、ディスプレイと HMD での映像酔いを検証することにより、HMD 装着時による酔いの傾向や特徴を調査する目的で行った。酔いを誘発することを目的とした映像刺激に対し、ディスプレイと HMD による各条件での視聴における、鼻部皮膚温度の計測を行った。

本実験は、男女 10 名（年齢 22.7 ± 1.3 歳， $\text{mean} \pm \text{S.D.}$ ）を被験者とした。被験者には、本研究の目的、実験方法、実験に参加しなくても不利益を受けないこと、一端実験が開始しても途中の実験協力の中断も含めて自由意志であること、個人を特定した形での検討を行わず、プライバシーは確保されることを口頭と文面で説明し同意を得た。

本研究は、神奈川工科大学のヒトを対象とした研究にかかわる倫理審査を受けた。

3.1 実験環境

本実験は、人の出入りがなく、空調設備のある部屋を使用した。映像刺激の提示には、55 インチのディスプレイ（SHARP 製 LC-55W30）、および HMD（Oculus VR 製 Oculus Rift CV1）を用いた。各被験者には、ディスプレイでの映像刺激の視聴、および HMD での視聴の、2 つの条件を両方とも体験してもらった。ディスプレイによる映像刺激の視聴時には、画面から 78cm 離れた位置から視聴させた。

特に HMD による映像刺激の視聴において、被験者ごとの頭部や首の動きによる、VR 環境下での頭部の向きや傾き、得られる映像の差異を排除する目的で、顔面固定器（HANDAYA 製 HE-284）を用いて被験者の頭部を固定した。ディスプレイによる視聴、および HMD による視聴の両条件で、顔面固定器を用いた（図 1）。

各被験者に 2 つの条件の実験を実施するにあたり、日を分けて行った。日内実験とし連続して実験を実施する場合、1 つ目の条件で映像酔いなど体調不良を起こした際に、2 つ目の条件での実施に対する影響が考えられる。また、体調の回復に要する時間には個人差が大きく影響することが予想される。2 つの条件での実験に対し、全被験者に画一的な時間間隔を設け統制することは、困難である。そのため、2 つの条件での実験に対し、日を分けて行った。日を分けて 2 つの条件の実験を実施するにあたり、各被験者における実験実施時刻は、それぞれ同一時刻に統一して行った。

2 つの条件の体験順序による順序効果に対し、無作為に割り振り行うことで、カウンターバランスとした。

3.2 評価指標

本実験では、心理学的な指標と生理学的な指標を用いた。心理学的な指標として、Simulator Sickness Questionnaire（以

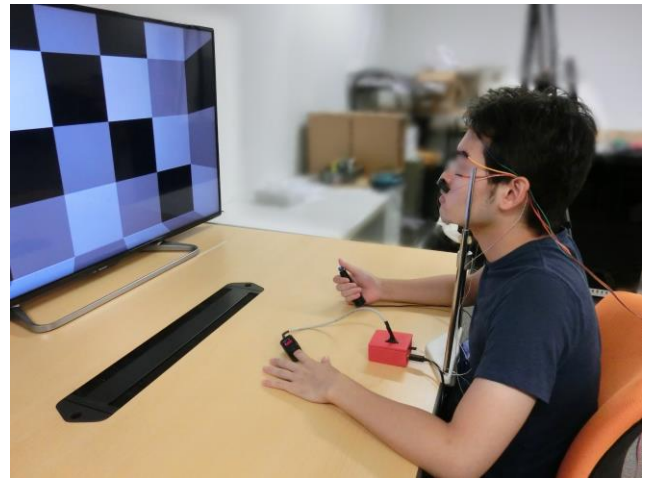


図 1 実験の様子

Figure 1 Experimental environment.

下、SSQ と略す）[9]を用いた。SSQ は 16 の設問に対し、各 4 段階で回答することで、主観的な酔いを評価する。気持ち悪さ（Nausea）、眼精疲労（Oculomotor）、ふらつき（Disorientation）、総得点（Total Score）から、主観的な酔いの程度を、多面的に評価する。得点が高いほど酔っていることを表す。

生理学的な指標として、鼻部皮膚温度を用いた。酔いの指標として鼻部に、体幹温度の計測として前額部に、室温の計測として椅子に、サーミスタ温度計（村田製作所製 NXFT15XH103FA2B）をそれぞれ取り付け、各温度を計測した。各温度は、1 秒間に 30 回の精度で計測した。

各温度の計測部位は、久住ら[10]の実験結果に基づいている。特別な温度調節をしない場合、低い環境温度から短時間で室温を上昇させた場合、室温を 15°C で固定した場合における、鼻部皮膚温度と前額部皮膚温度を計測している。その実験から、鼻部皮膚温度は、環境温度が 24°C から 25°C の範囲のとき、安定していたことが報告されている。また、前額部皮膚温度は、どの環境温度のレベルにおいても、安定していたことが報告されている。これらのことから、酔いの指標としての温度計測を鼻部で行うとともに、体幹温度の計測を前額部で行うこととした。

3.3 映像刺激

本実験で用いる映像刺激は、田中ら[6][7]の実験で用いられている映像に基づき作成した。映像は、 $3.0 \times 3.0 \times 3.0\text{m}$ の立方体閉空間に対し、中心位置から、視線が大地面と並行となる場合に得られる映像とした。水平画角を 75 度とし、移動表限は、角速度 90 度で、反時計回りに、YAW 軸-等角速度回転をさせた。被験者が、映像の回転状態を認識しやすくする目的で、壁面には白、黒、灰の 3 色からなる市松模様を、 5×5 で施した（図 2）。映像刺激のフレームレートは、ディスプレイのリフレッシュレートが 60Hz であることから、 60fps とした。

3.4 実験手順

実験手順を、図3に示す。本実験では、被験者に対する統制として、まず実験環境下で椅子に座り、目をつぶりリラックスした状態で5分間安静にさせた。次にSSQの回答をさせた。SSQの回答後、映像刺激の視聴前に、5分間安静にさせた。HMDを用いて映像刺激を視聴させる場合は、SSQの回答後にHMDを装着させ、装着した状態で、5分間安静にさせた。その後、映像刺激を3分間視聴させた。映像刺激の視聴後、5分間安静にさせた。最後に、SSQの回答をさせた。HMDを用いて映像刺激を視聴させた場合は、2回目のSSQ回答直前にHMDを取り外し、回答させた。

映像刺激の直前直後にSSQの回答を設けた場合、鼻部皮膚温度の計測に対し、回答行為による影響やノイズの混入が考えられる。映像刺激の視聴による、直前直後の鼻部皮膚温度の推移も観察するため、映像刺激の直前直後には安静期間を設けた。

鼻部皮膚温度の計測と、それに伴うセンサの取り付けは、実験開始時に行い、実験終了時に取り外した。

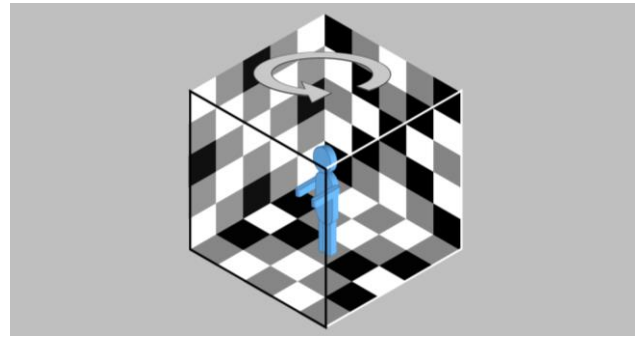


図2 映像刺激の環境

Figure 2 Experimental content.

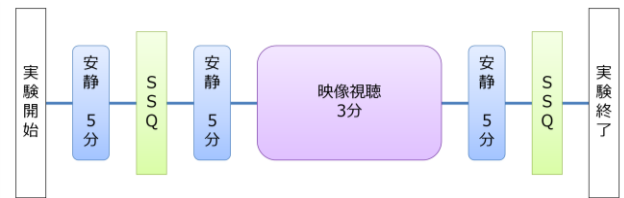


図3 実験手順

Figure 3 Experimental protocol.

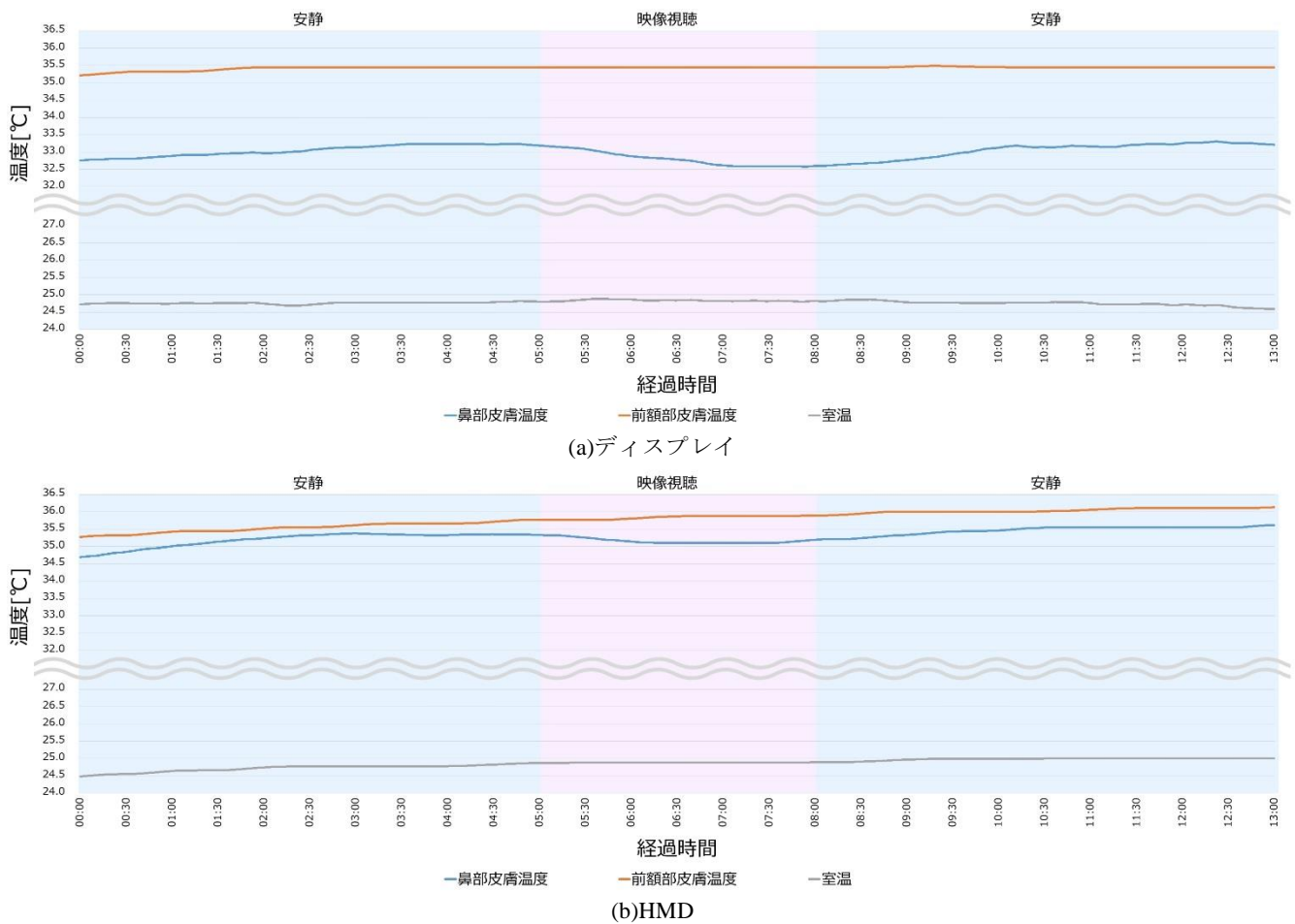


図4 実験結果

Figure 4 Experimental results.

3.5 結果と考察

ディスプレイでの視聴および HMD の視聴における、鼻部皮膚温度、前額部皮膚温度、室温に対し、10名の被験者のうち、1名の結果を代表として図4に示す。図4に示す被験者は、映像視聴前後のSSQにおいて、ディスプレイおよびHMDの両条件で、視聴後の得点の方が高く、酔いを感じていた。

映像視聴時の鼻部皮膚温度は、ディスプレイおよびHMDの両条件で、全額部皮膚温度が一定であるにも拘わらず減少した。さらに、下がった鼻部皮膚温度は映像視聴後の安静期間にて、映像視聴前と同じ温度まで回復した。これらのことから、鼻部皮膚温度は、即時的な酔いの指標として使用できる可能性がある。

今後の展望として、ユーザごとの健康状態と生理指標の変化に応じて、VR環境を動的に変化させ、VR酔いの軽減や防止する手法の提案を目指す。

4. おわりに

われわれは、ユーザの生理指標の変化に応じて、VR環境を動的に変化させ、VR酔いの軽減や防止する手法の提案を最終的に目指している。本稿では、映像酔いを誘発することを目的とした映像刺激を用いて、ディスプレイとHMDでの映像酔いを検証することにより、HMD装着時による酔いの傾向や特徴を調査した。

実験において、映像視聴時の鼻部皮膚温度は、ディスプレイおよびHMDの両条件で、全額部皮膚温度が一定であるにも拘わらず減少した。さらに、下がった鼻部皮膚温度は映像視聴後の安静期間にて、映像視聴前と同じ温度まで回復した。これらのことから、鼻部皮膚温度は、即時的な酔いの指標として使用できる可能性がある。

謝辞 本研究は、中山隼雄科学技術文化財団、および科学技術融合振興財団の支援によって行われた。

参考文献

- 1) 小山博史, バーチャルリアリティの医療応用, 医科器械学, Vol.73, No.2, pp.50-57(2003).
- 2) 総務省 「コンテンツの生体への影響に関する調査・研究」報告書, http://warp.da.ndl.go.jp/info:ndljp/pid/235321/www.soumu.go.jp/s-news/2004/040318_1.html
- 3) 椿郁子, 齋藤隆弘, 森田寿哉: 映像が生体を与える影響の防止方法, 神奈川大学工学研究所所報, Vol.28, pp.10-16(2005).
- 4) 森田寿哉: 映像が生体を与える影響を防止する技術, 電子情報通信学会技術研究報告. EID, 電子ディスプレイ, Vol.106, No.338, pp.11-16(2006).
- 5) 田中信壽: VR酔い対策の設計に求められる知見の現状, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.10, No.1, pp.129-138(2005).
- 6) 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).

7) 田中信壽: VR酔い対策のための利用者のVR酔い特性の推定指標と推定システムの検討, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.8, No.4, pp.579-590(2006).

8) 石原夏華, 谷中俊介, 小坂崇之: 鼻部表面温度を用いた乗り物酔い検出デバイスの提案, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2015 論文集, pp.274-277(2015).

9) Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G.; Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness, The International journal of aviation psychology, Vol.3, No.3, pp.203-220(1993).

10) 久住武, 石井香志恵, 久住真理ら: サーモグラフィによる顔面皮膚温の観察—環境温との関係について—, 昭和医学会雑誌, Vol.49, No.5 pp.480-487(1989).