



皮膚表面冷却による VR 酔いの緩和

Alleviation of VR Sickness with Cooling the Skin Surface

川村大樹¹⁾, 酒田信親¹⁾

Taiki KAWAMURA, and Nobuchika SAKATA

1)龍谷大学 理工学研究科(〒520-2194 滋賀県大津市瀬田大江町横谷 1-5)

概要: VR 利用時に乗り物酔いと似た症状を持つ VR 酔いが発生する場合がある。VR 酔いの発生には個人差があり、酔いの強さや症状も様々であるが、発生すると VR 活動に支障をきたしてしまう。そのため、快適な VR 活動を行うには VR 酔いの解消が必要となる。本研究では VR 酔いが発生した際、VR 酔い緩和のために皮膚表面の特定部位を冷却する手法を提案する。実験の結果、皮膚表面冷却は VR 酔い緩和に効果的であることが示唆された。

キーワード: VR 酔い、皮膚表面冷却、SSQ

1. はじめに

近年、VR (Virtual Reality) 技術が発展し、一般向けの家庭用 VR が登場したりと、VR が身近に体験可能になっている。しかし、VR を利用していると VR 酔いと呼ばれるものが発生する場合がある。VR 酔いとは、映像酔いやシミュレータ酔いとも呼ばれ、VR を利用していると吐き気や疲れ目、平衡感覚の喪失などの不快感を引き起こすものである[1-6]。この症状には個人差があり、全く症状が見られない人から重度の体調不良に陥る人まで様々である[7]。VR 酔いが発生すると回復のために VR の利用を中断する必要があり、ある程度回復するまでは VR 活動の再開が難しい。一度でも VR 酔いを感じると今後も酔いを意識するようになり、継続的に VR 環境で快適に活動するうえで支障が生じる恐れもある。

これを解消するために、VR 酔い緩和のための様々な研究が行われている。VR 酔いの原因はいくつかあり、主な要因としては、感覚の不一致、ディスプレイの解像度不足、レイテンシ、不適切な瞳孔間距離設定、視野角といったものが挙げられる[7]。VR 酔いを解消しようとする研究では、これらの要因を取り除くことや軽減することで対処しているものが多い。また、前述の要因に直接対処しないものとして、VR 映像に仮想の鼻を表示する[8]、VR 酔いが発生しやすい歩行時に周囲の視界を制限する[9]といったものや、視覚以外の感覚に刺激を与えることで酔いを緩和させる[10]といった研究も行われている。

しかし、本研究では遅延の解消や臨場感の向上といった方法ではなく、他の視点から解決策を探ろうと考えた。

VR 酔いの改善法について大きく分類すると、VR 酔いの発生を極力抑える、VR 酔いからの回復を素早く行う、VR 酔いをなくすといった方法が考えられていた。今回は VR 酔いが発生したとき素早く VR 酔いを抑えるという方法を考える。具体的には、VR 酔いが発生したときに首や頭の皮膚表面に対し冷却を行うことで VR 酔いは緩和されるのではないかと、という手法を提案する。この提案手法は、乗り物酔いの解決方法や自身の VR 体験を参考にして経験則に基づいて考案した。

2. 皮膚表面冷却による VR 酔い緩和の評価実験

本研究では VR 酔いの発生を抑えたり、VR 酔いが発生した際に素早い回復を目指し、経験則に基づき皮膚表面冷却を行う手法の有効性を検証する。VR 酔いの評価には、定量評価としてゲームのクリア時間を、定性評価として SSQ を用いた。

本実験では被験者に VR 酔いを誘発する VR ゲームを体験してもらい、被験者が酔いを感じた場合に被験者の皮膚表面を冷却することで酔いが緩和されるかの実験を行った。

2.1 実験タスク

本実験では VR 空間上で首の運動による操作のみで、ある領域をポインティングし続けるタスクを設定した。このタスクを設定した理由として、酔っていると、首を振ると気持ち悪くなるために首の動きが小さくなり、結果としてタスク完了時間が長くなると考えたためである。一方で、酔っていない人ほど首をしっかり動かして周囲を広く見渡すことができると想定している。

HMDには教室をイメージした部屋が映し出されており、装着者は複雑な模様や文字の描かれた壁や床、天井に囲まれたVR環境に身を置く。このVR環境の部屋の中では0.1秒間隔で青い球が、3秒間隔で赤い球が天井から降ってくる。HMDの画面中心には緑円が表示されており(図1)、首を上下左右に動かすと緑円が遅延なく画面に追従する。また、緑円を除く周囲のオブジェクトは頭の動きに対して1秒遅延して画面に追従する仕様とした。首を動かすと、その動きに合わせて周囲の映像は1秒間隔で遅れて表示されるが、上下左右どこを向いても最終的には目前に同じ壁が来るようになっている。これは、VR酔いの要因であるHMD内映像の遅延を人工的に発生させているのと、首の動きに対してVR世界が自分の想定通りの位置関係にならないという感覚の不一致を引き起こすための設定である。緑円と赤い球を重ね合わせることで赤い球の獲得が可能となっている。今回の実験では10個の赤い球を獲得するとタスクが完了するように設定した。また、視界の動きを分かりやすくするため、壁のマテリアルはUnity標準のものとSteamVRアセットに含まれるものの中から特に複雑な模様を壁ごとに設定した。



図1. VR酔いを誘発させるゲームの様子



図2. 実験の様子

2.2 実験環境

VR酔いを誘発させるVRゲームの作成にはUnity(2019.4.31f)を、HMDとしてVIVE Pro2を使用した。電

源としてKungber可変直流安定化電源SPS3010(出力範囲0-30V 0-60V, 出力電流範囲0-10A 0-5A)を、冷却時の皮膚表面温度を測定するため、Kタイプ熱電対温度計AD-5601Aを、冷却装置として、市販のネッククーラー(Neo TK-NECK2-BK: 重量150g)を改造したもの(図3)(以下、冷却装置)を用いた。冷却装置にはペルチェ素子が組み込まれており、印加電圧によって温度を調節できる。本来は3Vもしくは5Vしか電圧を印加できなかったが、改造により印加電圧を操作できるようにし、今回の印加電圧は8Vに設定した。冷却装置の改造時に基盤がむき出しになっており、感電の恐れがあったためグルーガンを用いて基盤部分を覆った。

2.3 実験の順序

実験では、連続でVRゲームを行った後に冷却する場合と最初から冷却を行う場合との差を比較するために2通りの実験パターンを用意した。VRゲームを行う→冷却を行うという順で行うものを体験1回目後冷却実験条件とし、また、VRゲームを行う→SSQに答える→VRゲームを行う→冷却を行う→SSQに答えるという順で行うものを体験2回目後冷却実験条件とする(図3)。体験1回目後冷却実験を用意した理由は、1回目の体験で蓄積されたVR酔いによって、2回目の体験はよりVR酔いが過剰に誘発され、さらにVR酔いを蓄積することで、冷却によるVR酔い解消効果を明確に観測するためである。実験の評価方法には、定量データとしてVRゲームのクリアに要した時間を、定性データとしてSSQを用いたアンケートを利用した。また、SSQとは別に定性評価として7段階のリッカート尺度のアンケートを行った。

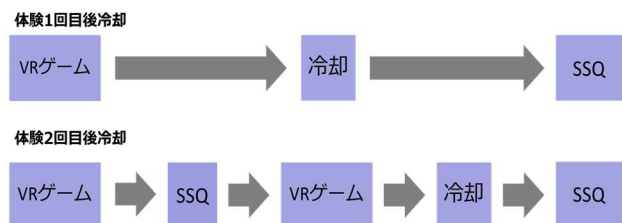


図3. 実験条件ごとの流れ

2.4 被験者

本実験には19~24歳の16名(男性11名, 女性5名)が参加した。このうち体験2回目後冷却実験を行ったのは8名(女性3名)、体験1回目後冷却実験を行ったのは8名(女性2名)であった。また、各被験者にはこの実験では酔いが発生すること、気分が悪いと感じたらいつでも実験を中断できるという点をあらかじめ説明し、実験は各人からの了承の上で行った。

2.5 実験

まずは被験者に練習タスクとして赤い球を3個獲得するように指示した。その後、図4のようにこめかみ付近もしくは首回りをそれぞれ冷却装置で冷却してもらい、

どちらの方が効果を感じられそうかを質問した。本実験での冷却部位は、この質問への回答に合わせて被験者ごとに決定した。なお、冷却部位をこめかみ付近と首元に限定したのは、事前に数人に対し冷却部位の確認をしたところ、こめかみ付近と首元で効果を感じやすいという共通の意見が寄せられたためであり、最も効果的な部位であるという科学的根拠によって選んだものではない。その後、被験者が体験2回目後実験条件と体験1回目後実験条件のどちらを行うかを無作為に選択し、実験を行った。今回はこめかみ付近の冷却を選択したのが10名、首回りの冷却を選択したのが7名であった。また、実験を行う際、熱電対温度計を冷却予定部位に張り付け、VRを行う前後と冷却を行う前後それぞれの体温を測定した。



図4. 冷却の様子

2.6 実験結果

今回の実験では酔いの緩和を評価するために、アンケートの「実験で酔いを感じた」という項目で4以上の評価をつけた7名(体験2回目後冷却4人、体験1回目後冷却3人)に着目した。7名についてのタスク完了時間の結果を図5、SSQの結果を図6に、皮膚表面温度変化の結果を図7に示す。

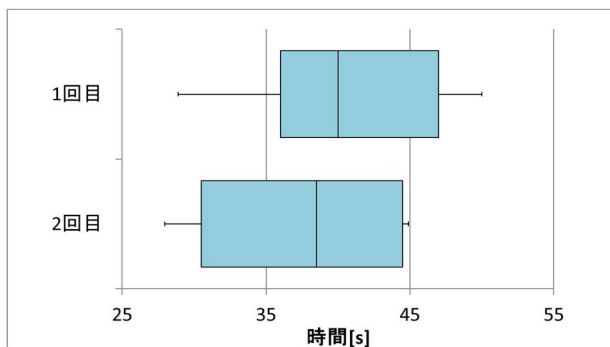


図5. VR ゲームタスク完了時間比較

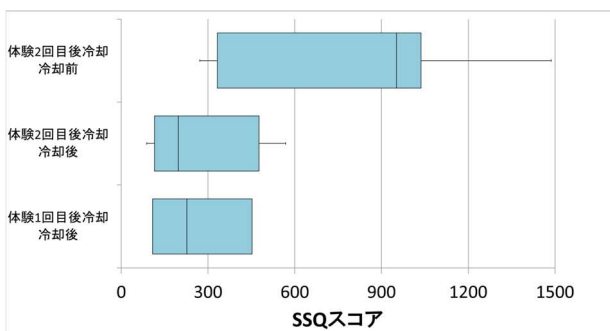


図6. 非冷却状態と冷却後のSSQ総合評価値比較

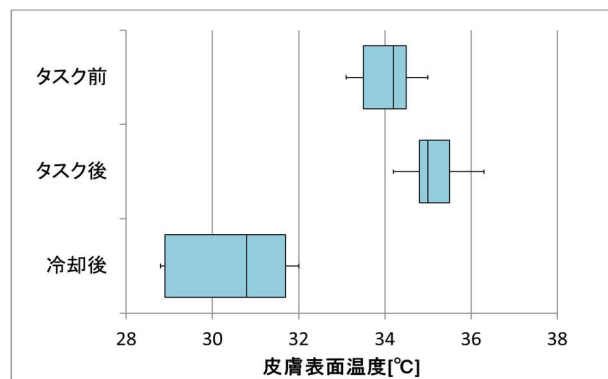


図7. 実験中の皮膚表面温度変化

3. 考察

体験2回目後冷却実験被験者のタスク完了時間について、1回目のタスク完了時間は標本平均40.833秒、標準偏差7.324であった。一方、2回目のタスク完了時間は標本平均37.939秒、標準偏差6.560であった。1回目と2回目のタスク完了時間で対応のある片側t検定を行った結果、サンプル数7ではあるが5%有意水準でタスク完了時間には統計的な差があることが確認できた。この結果より、1回目より2回目のタスク完了時間の方が短くなる傾向があることが示唆される。原因としては、タスクとして行ったVRゲームに慣れたということが挙げられる。想定では蓄積された酔いによって2回目のタスク完了時間が遅くなるはずであった。しかし、想定とは異なるこの結果から、この条件では定量的な酔いの評価ができていないと考えられる。原因としては、ゲームの単純さとタスク時間の短さ、タスクへの学習を考慮していなかった点があげられる。

スコアが低い方が酔っていないという指標となるSSQについて、体験2回目後冷却での冷却前の総合評価値は標本平均1037.004、標準偏差453.739であり、冷却後の総合評価値は標本平均262.791、標準偏差182.105であった。また、体験1回目後冷却後での総合評価値は、標本平均227.292、標準偏差159.243であった。体験2回目後冷却で冷却前の総合評価値と、それぞれの実験条件における冷却後の総合評価値について両側t検定を行った結果、体験2回目後冷却では5%の有意水準で差があることが、体験1回目後冷却では1%の有意水準で差があることが確認された。この検定結果から、皮膚表面の冷却によってVR酔いが緩和されていることが示唆された。

実験中の皮膚表面温度について、タスク終了時に皮膚表面温度が通常時から平均0.83°C上昇していたのに対し、冷却によって皮膚表面温度は通常時から平均3.41°C低下していた。また、図7よりHMD装着前と比べてタスク完了時に体温が上昇傾向にあることが分かる。この皮膚表面温度差について片側t検定を行った結果、5%水準で統計的有意差が認められた。この検定結果からVRゲーム中は皮膚表面温度が上昇している可能性が示唆された。これらのことからでは、VR酔いが発生すると体温が上昇するのか、もしくはVRゲーム中に体温が上昇し、その結果、酔いやす

くなるのかという因果関係の順序はわからない。もし、体温が上昇することで酔いやすくなるのであれば、皮膚表面冷却によって体温の上昇を抑えることで、VR 酔い事態の発生を抑えることが可能かもしれないという新たな仮説は考えられる。

4. おわりに

本研究ではVR 利用時に引き起こされる酔いの緩和に皮膚表面冷却を用いるという手法を提案し、実験を行った。実験には市販の首回り冷却器を改造したものと酔いを誘発させるVR ゲームを利用した。今回はアンケートで「酔いを感じた」という回答をした7名について検証を行った。定量データとして選んだタスク完了時間について、1回目と2回目でかかった時間を比較すると5%の有意水準で統計的な差があることがわかり、その結果2回目のタスク完了時間の方が短い傾向にあることがわかった。これはVR ゲームに慣れたためだと考えられ、想定していた結果とは異なるものであった。しかし、SSQ のスコアを評価すると1%の有意水準で冷却前後に統計的な差が生じていたことが確認できた。この結果から冷却によってSSQ のスコアは減少することが示唆され、皮膚表面冷却によるVR 酔い緩和の効果が得られたことがわかった。また、皮膚表面温度の変化について、タスク終了時に通常時よりも皮膚表面温度が平均0.83℃上昇したことが確認された。

今後の課題として、この温度上昇とVR 酔いの関係について調査する必要があると考えられる。また、今回の実験から今後はVR 酔いを誘発しつつ定量的な酔いのデータを取得できるVR ゲームの開発、冷却温度によるVR 酔いの緩和度合いの調査、VR 利用中に並行して冷却した際も同様にVR 酔いが緩和されるかといった課題に取り組む予定である。そのために、今後は冷却器をHMDに取り付け、VR 作業中にも冷却が行えるようなシステム(図8)を開発し利用することを想定している。また、今回の実験で得られた知見を活かしてよりVR 酔いを緩和させる手法を考案していく所存である。

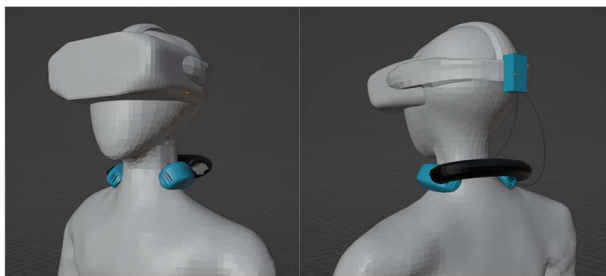


図8. 冷却装置を有するHMDのイメージ図

謝辞

本研究の一部は、JSPS 研究費(課題番号21H03483)の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] Syed Ali Arsalan Naqvi, Nasreen Badruddin, Aamir Saeed Malik, Wan Hazabbah, Baharudin Abdu(2013), “Does 3D Produce More Symptoms of Visually Induced Motion Sickness?” , 35th Annual Internat
- [2] Eunhee Chang, Hyun Taek Kim, Byoungyun Yoo(2020), “Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements”, INTERNATIONAL JOURNAL OF HUMAN-COMPUTER INTERACTION. Vol.36. No.17, pp.1658-1682
- [3] Majed Al Zayer, Isayas B. Adhanom, Paul MacNeilage, Eelke Folmer(2019), “The Effect of Field-of-View Restriction on Sex Bias in VR Sickness and Spatial Navigation Performance”, CHI, Glasgow, Scotland, UK, paper354
- [4] Umer Asghar Chattha, Uzair Iqbal Janjua, Fozia Anwar, Tahir, Mustafa Madni, Muhammad Faisal Cheema, Sana Iqbal Janjua(2020), ”Motion Sickness in Virtual Reality : An Empirical Evaluation”, IEEE Access, pp.130486-130499
- [5] Shi-Hong Liu, Neng-Hao Yu, Liwei Chan, Yi-Hao Peng, Wei-Zen Sun, Mike Y. Chen(2019), ” PhantomLegs: Reducing Virtual Reality Sickness using Head-Worn Haptic Devices “, IEEE, pp.817-826
- [6] Jean-Rémy Chardonnet, Mohammad Ali Mirzaei, Frédéric Mérienne(2017), “Features of the Postural Sway Signal as Indicators to Estimate and Predict Visually Induced Motion Sickness in Virtual Reality”, International Journal of Human-Computer Interaction , pp.771-785
- [7] Steve Aukstakalnis, AR の実践教科書, マイナビ出版, ISBN-13-978-4839967888, 第21章, pp.348-358, 2020
- [8] David Matthew Whittinghill, Bradley Ziegler, T Case, B Moore(2015), “Nasum virtualis: A simple technique for reducing simulator sickness”, Games developers conference(GDC), vol.74
- [9] Zekun Cao, Jason Jerald, Regis Kopper(2018), “Visually-Induced Motion Sickness Reduction via Static and Dynamic Rest Frames”, IEEE, pp.105-112
- [10] Behrang Keshavarz, Daniela Stelzmann, Aurore Paillard, Heiko Hecht(2015), “Visually induced motion sickness can be alleviated by pleasant odors”, Exp Brain Res, pp.1353-1364