

VR動画のHMDとスクリーンによる 視聴体験の比較：生理的側面からの分析

和田 将幸^{1,a)} 徳永 悠介¹ 浅野 裕俊^{1,b)} 市野 順子²

概要：本研究では、反射光と透過光によって生理・心理へどのような影響を及ぼすかを検討する。近年では360度を視聴可能とするコンテンツが多く普及している。それに伴い、視聴媒体がどのような効果的な役割を示すかを検討することによりHMDや空間投影型スクリーンの発展への知見を確立する。

Comparison of the viewing experience by HMD and the screen of the VR video : analysis from the physiological aspects

WADA MASAYUKI^{1,a)} TOKUNAGA YUSUKE¹ ASANO HIROTOSHI^{1,b)} ICHINO JUNKO²

1. はじめに

近年、最先端の情報技術を用いて仮想現実 (Virtual Reality : VR)、拡張現実 (Augmented Reality : AR) などの様々なリアリティ技術に関する研究が盛んであり、実用化され続けている [1], [2], [3]。2016年よりVR・ARに関する市場は年々拡大しており、ゴールドマンサックス社は2025年において現在と比べ12倍以上の市場へと発展すると発表している。関連研究では、マーシャル・マクルーハン氏によるメディア論で掲載されている研究がある [4]。この研究では被験者に対し書籍を静観することとTVにてCMを視聴してもらうことを繰り返している。透過光媒体である書籍と反射光媒体であるTVによって生理・心理への影響を調べたものである。その結果、読書をしている際には物事を客観的に見聞き、脳波では β 波を検知した。TV視聴時では主観的に見聞き、脳波では α 波を検知した。また、アンドリュー・マッククワイヤー氏による研究では使用するデバイスの違いで心理への影響を検証した [5]。この研究は

被験者に対しHMDとPCディスプレイ、ディスプレイと空間投影スクリーンを組み合わせさせたSV+の3種によって行われた。4種類の動画を被験者に視聴させ空間認知テストと心理アンケートを行った。その結果、空間認知においてHMDが優位であることが分かった。また、ホラー映像においてもHMDが恐怖を助長させる結果も得られた。これまでの研究報告では心理的な差異を報告しているものは多く存在するが、生理的側面から差異を報告したものは少ない。そこで、我々は透過光媒体と反射光媒体によって生体的な違いが表れるのかを検証する必要があると考えた。本実験より、360度動画コンテンツの視聴媒体の違いによる生体への影響の理解を深めることが可能となる。本実験では、透過光の媒体であるHMDと反射光の媒体である空間投影型スクリーンによる没入感を導き出すシステムを構築し、透過光と反射光による生体・心理にどのような違いをもたらすかを検討する。そのために交感神経系活動を表す鼻部皮膚温度を計測することにより集中状態の推移を時系列的に観測する。その結果、得られた差異を本論文にて報告する。

2. 実験方法

2.1 実験システム

今回行った実験では被験者がリラックスした状態で実験を行う。空間投影型スクリーン視聴時を図1に、HMD視

¹ 香川大学
2217-20, Hayashimati, Takamatushi, Kagawa 761-0301, Japan

² 東京都市大学
1-28-1, Tamadutumi, Setagayaku, Tokyo 158-8557, Japan

a) s16g476@stu.kagawa-u.ac.jp

b) asano@eng.kagawa-u.ac.jp

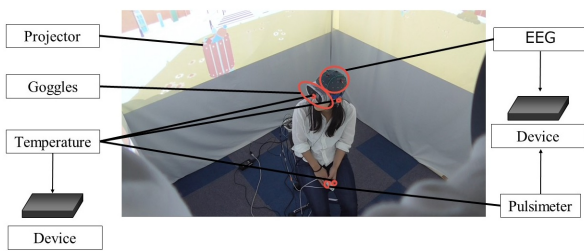


図 1 スクリーン媒体による視聴実験システムの簡略図

Fig. 1 Simplified diagram of viewing experimental system by the screen



図 2 HMD 媒体による視聴実験システムの簡略図

Fig. 2 Simplified diagram of viewing experimental system by the HMD

聴時を図 2 に実験概要を示す。図 1, 2 で示すように動画を視聴する方法は 4 方向に設置した空間投影型スクリーンに投影する方法と HMD に投影する方法で行う。図 1 で示す空間投影型スクリーン内で視野を狭めるゴーグルの装着の有無を含め計 3 通りの媒体を用いて行う。動画を投影するスクリーンは被験者を中心として 1.15m 離れるように設置する。スクリーンは底面 2.3m 四方の正方形を形成し、高さ 2m の直方体の形状をする。HMD は市販の Vive (HTC 社製) を使用する。

実験で使用する動画に関して記述する。実写動画ではドキュメンタリーの内容で、各被験者の認知の差異をなるべく少ない物とする。この動画は世界で起きている問題を説明したドキュメンタリーで被験者自身が追体験出来るような内容である。アニメーション動画では主人公となるキャラクターがおり被験者には俯瞰的に視聴する様な内容を利用する。このように、実写とアニメーション、追体験的か俯瞰的、主人公がいないものとするものの様に全くの対称となる動画を選定した。実験では 3 種類の媒体、2 種類の動画の計 6 通りを行い、被験者の生理・心理状態の検証を行う。実験中、被験者は着座状態を指定した以外は自由な視聴を提言する。室温は 23 ± 1 °C で、無風の状態である。

2.2 評価方法

本実験では生理指標と心理指標の 2 項目での検証を行う。生理指標では鼻部・耳部・額部温度変化、脳波、脈拍を用いる。心理指標では IPQ (Igroup Presence Questionnaire) を用いる。生理指標の計測箇所については、右手人差し指に脈拍計

(g.tec medical engineering GmbH 製 g.USBamp)、頭部に脳波計 (g.tec medical engineering GmbH 製 g.USBamp)、鼻部・額部・耳部に温度計 (グラム製 LT-USB1) を装着する。脈拍計のサンプリング周波数は 1000Hz、脳波計のサンプリング周波数は 100Hz、皮膚温度計のサンプリング周波数は 0.5Hz である。本研究では皮膚温度、脳波は Task 開始時を 0 基準として時系列で評価を行う。また、脈拍計は task 開始後 10 秒後を 0 基準として時系列で評価を行う。心理アンケートは実験前後に被験者へ執り行い、前後での差分で評価を行う。心理アンケートとして用いる IPQ とは臨場感を測定する心理アンケートの一種である [6]。

本研究では透過光と反射光による生体の変化を確認するため 254 秒～308 秒の動画をアニメーション・実写の各 3 種類を用意し、VR・空間投影型スクリーンに順不同に行う。そのため、被験者は事前アンケートを行った後、60 秒間の視聴媒体の慣れるための時間を設け、20 秒の安静開眼状態を維持し、その後 254 秒～308 秒間の動画視聴を行う。実験終了後、心理アンケートへの回答を行う。

実験結果評価は皮膚温度は対応、脳波、脈拍は非対応にて評価を行い、それぞれ動画最短時間である 254 秒内の 250 秒にそろえて評価を行う。

生理指標項目として鼻部皮膚温度を用いる理由は、一般的に交感神経系活動の指標として用いられる点と、皮膚温度での計測では脳波や脈拍の計測に比べ身体を動かした時に発生する動作ノイズが発生しづらい点があるためである。交感神経系活動の指標として用いられる原理は鼻部周辺には動静脈吻合血管 (Arteriovenous Anastomoses: AVA) と呼ばれる血管が他の体部位と比較して多く分布している点がある [7]。AVA は一般的に交感神経系活動を表すといわれている。鼻部皮膚温度の先行研究では眠気と鼻部皮膚温度の関連を調査している [8], [9], [10], [11], [12], [13]。

また、脳波に関しては国際 10-20 法に規定される Cz 地点で計測を行い、Oz 地点をグラウンドを、左耳たぶに基準電圧を設置した。Cz 地点での脳波を観測し、10 秒ごとのデータ群にしたのちそれぞれを周波数解析を行うことで各時間での α 波成分と β 波成分を抽出した。一般的に α 波成分はリラクセス状態を、 β 波成分は緊張状態を示すといわれている [14]。各時間ごとの α 波成分と β 波成分を合わせたものを 100% とし、そのうち α 波成分が占める割合を含有率として評価を行う。

脈拍に関しては心拍の R 波成分にあたる成分同士の RRI を計測し、RRI の長さの変動を用いて評価を行う。RRI は一般的に長くなると副交感神経系活動が優位であるといわれている [15], [16]。この変動を見ることで自律神経系活動の評価を行う。

2.3 被験者条件

被験者条件について説明を行う。被験者情報、禁止事項、

被験者状態を一括して被験者条件として扱う。被験者情報では、被験者の人数・性別・年齢について記述する。禁止事項では、当日の禁止事項を記述する。被験者状態では、実験中の被験者の状態を記述する。以下は実験での被験者条件について述べる。

- 被験者情報： 健常成人 男女 15名
 (平均年齢 23.1 歳, 標準偏差 1.481 歳)
- 禁止事項： 当日の過度な運動
 ・ 実験 2 時間前からの飲食喫煙
- 状態： 座位

3. 実験結果・考察

3.1 鼻部皮膚温度

アニメーション動画視聴時の鼻部皮膚温度の時系列変化を図 3 に示し、実写動画視聴時の鼻部皮膚温度の時系列変化を図 4 に示す。アニメーション動画を視聴した際、HMD 使用実験では実験終了時まで温度は低下する傾向が見られ、実験前後では 0.14°C 温度が低下した。スクリーン内でゴーグルを使用した実験では実験終了時まで温度は低下する傾向が見られ、実験前後では 0.37°C 温度が低下した。また、ゴーグルを使用しなかった実験でも実験終了時まで温度は低下する傾向が見られ、実験前後では 0.44°C 温度が低下した。実写動画を視聴した際、HMD 使用実験では実験終了時まで温度の緩やかな低下傾向が見られ、実験前後では 0.08°C 温度が低下した。スクリーン内でゴーグルを使用した実験では実験終了時まで温度は低下する傾向が見られ、実験前後では 0.31°C 温度が低下した。また、ゴーグルを使用しなかった実験でも実験終了時まで温度は低下する傾向が見られ、実験前後では 0.53°C 温度が低下した。

鼻部皮膚温度についての考察を図 3, 4 より述べる。HMD, スクリーン内でゴーグル装着の有無にかかわらず温度が下降傾向にあることから交感神経系活動は亢進状態であると考えられる。各媒体で検証すると HMD 使用時は他の装置装着時に比べ下降度合いが緩やかなことが分かる。このことから、スクリーンでの視聴時のほうが HMD 使用時と比べると交感神経系活動が亢進状態へと誘導しやすいと考えられる。以上のことから、本実験で行った HMD 視聴実験, スクリーン内でゴーグル装着実験, 装着なし実験の中でゴーグル装着なしが最も集中状態へと移行させやすいものだと考えられる。

3.2 深部体温

アニメーション動画視聴時の深部体温の時系列変化を図 5 に示し、実写動画視聴時の深部体温の時系列変化を図 6 に示す。アニメーション動画を視聴した際、HMD 使用実験では実験終了時まで温度は上昇する傾向が見られ、実験前後では 0.10 度温度が上昇した。スクリーン内でゴーグルを使用した実験では実験終了時まで温度は上昇する傾向が見られ、実験前後では 0.10 度温度が上昇した。また、ゴーグルを使用しなかった実験でも実験終了時まで温度は上昇する傾向が見られ、実験前後では 0.09 度温度が上昇した。

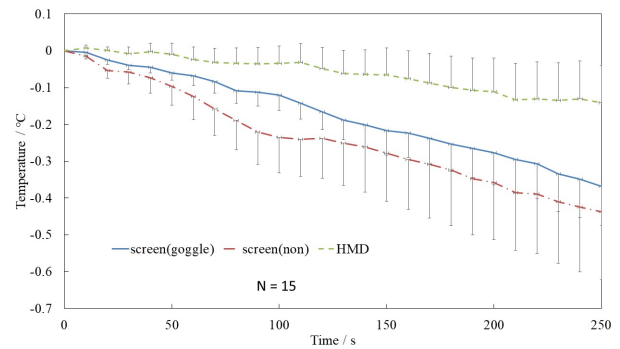


図 3 アニメーション視聴時の鼻部皮膚温度の時系列データ
Fig. 3 Time series data of nasal skin temperature during animation viewing

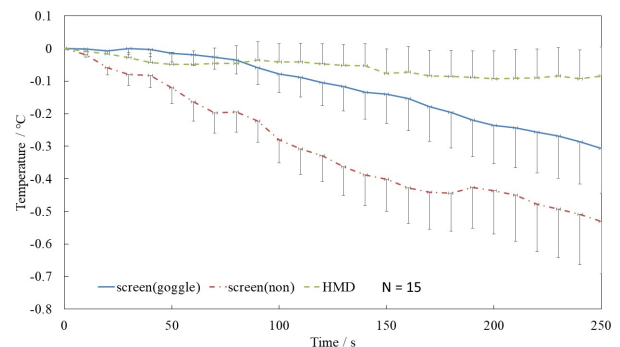


図 4 実写視聴時の鼻部皮膚温度の時系列データ
Fig. 4 Time series data of nasal skin temperature during real life viewing

見られ、実験前後では 0.10 度温度が上昇した。また、ゴーグルを使用しなかった実験でも実験終了時まで温度は上昇する傾向が見られ、実験前後では 0.05 度温度が上昇した。実写動画を視聴した際、HMD 使用実験では実験終了時まで温度は上昇する傾向が見られ、実験前後では 0.09 度温度が上昇した。スクリーン内でゴーグルを使用した実験では実験終了時まで温度は上昇する傾向が見られ、実験前後では 0.08 度温度が上昇した。また、ゴーグルを使用しなかった実験でも実験終了時まで温度は上昇する傾向が見られ、実験前後では 0.09 度温度が上昇した。

深部体温についての考察を図 5, 6 より述べる。アニメーション動画視聴時, HMD, スクリーン内でゴーグル装着の有無にかかわらず温度が上昇傾向にあることから眠気は喚起していないと考えられる。また、実写動画視聴時においてもすべての媒体において温度が上昇傾向にあることから眠気は喚起していないと考えられる。以上の結果は、鼻部皮膚温度の考察で述べたように交感神経系活動が亢進状態であることの裏付けであると考えられる。

3.3 脳波

アニメーション動画視聴時の α 波の含有率の時系列変化

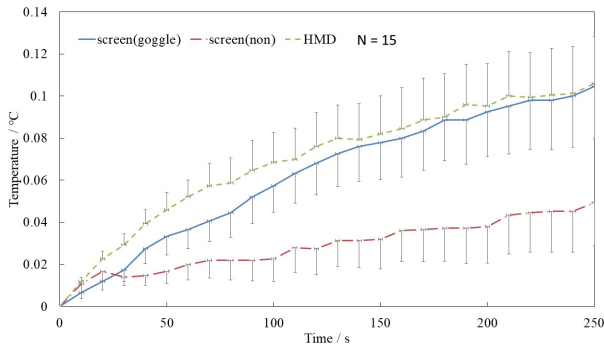


図 5 アニメーション視聴時の深部体温の時系列データ
Fig. 5 Time series data of core temperature during animation viewing

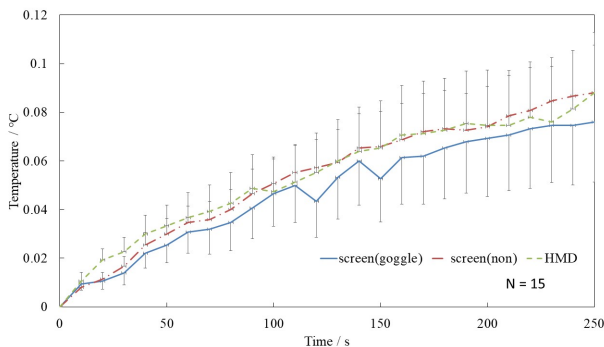


図 6 実写視聴時の深部体温の時系列データ
Fig. 6 Time series data of core temperature during real life viewing

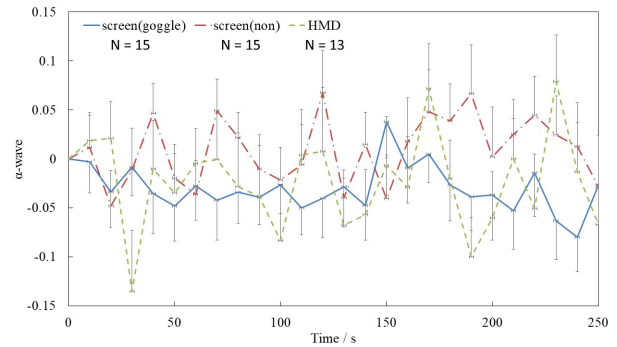


図 7 アニメーション視聴時のα波の時系列データ
Fig. 7 Time series data of α-waves during animation viewing

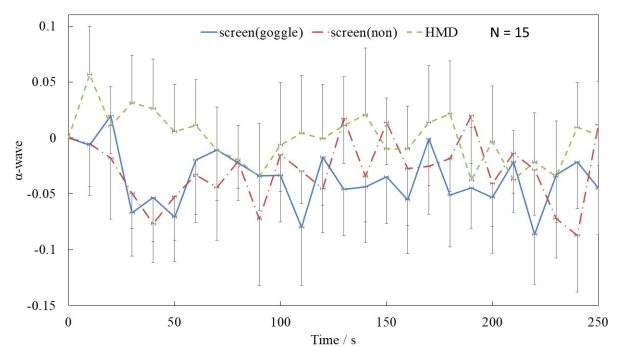


図 8 実写視聴時のα波の時系列データ
Fig. 8 Time series data of α-waves during real life viewing

を図 7 に示し、実写動画視聴時の α 波の含有率の時系列変化を図 8 に示す。アニメーション動画を視聴した際、HMD 使用実験では α 波の含有率が最初に減少したのち、実験終了時まで減少と増加を繰り返す傾向が見られた。スクリーン内でゴーグルを使用した実験では実験終了時まで緩やかに減少する傾向が見られた。また、ゴーグルを使用しなかった実験では最初増加したのち、実験終了時まで緩やかに減少する傾向が見られた。実写動画を視聴した際、HMD 使用実験では最初増加したのち、実験終了時まで一定化する傾向が見られた。スクリーン内でゴーグルを使用した実験では最初減少したのち、実験終了時まで一定化する傾向が見られた。また、ゴーグルを使用しなかった実験では最初に減少したのち、緩やかに増加傾向が見られ、実験終了時までまた減少する傾向が見られた。

脳波についての考察を図 7, 8 より述べる。アニメーション動画視聴時、HMD 使用時は一時的に α 波の活動量が大きくなる時はあったが全体を通して活動量は減少傾向にあることから集中した状態にあったと考えられる。しかし、 α 波の活動量が増えたことからリラックスした状態にも近かったと考えられる。スクリーン内でゴーグル装着した時は実験中終始 α 波の活動量が減少傾向にあることから集中した状態を維持していたと考えられる。また、ゴーグ

ル装着なしの時は実験初めに α 波の活動量が緩やかに増加したが、その後減少傾向に転じたことから集中した状態であったと考えられる。実写動画視聴時、HMD 使用時は実験中ほぼ一定化しており、リラックスした状態で視聴していたと考えられる。スクリーン内でゴーグル装着した時は実験開始後減少し、その後一定化したことから集中した状態を維持していたと考えられる。また、ゴーグル装着なしの時は実験開始後減少し、その後緩やかに上昇した。そして、また低下したことから、実験中には集中した状態であったと考えられる。以上のことから、本実験で行った実験では HMD 使用時にはリラックスした状態へと移行しやすいものであると考えられる。

3.4 脈拍

アニメーション動画視聴時の RRI の時系列変化を図 7 に示し、実写動画視聴時の RRI の時系列変化を図 8 に示す。アニメーション動画を視聴した際、HMD 使用実験では RRI の長さが増加したのち、一定化する傾向が見られた。スクリーン内でゴーグルを使用した実験では最初緩やかに増加傾向が見られたのち、実験終了時まで減少する傾向が見られた。また、ゴーグルを使用しなかった実験でも最初緩やかに増加傾向が見られたのち、実験終了時まで減

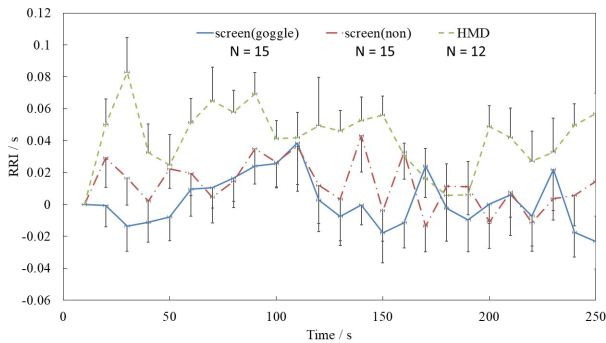


図 9 アニメーション視聴時の RRI の時系列データ

Fig. 9 Time series data of RRI during animation viewing

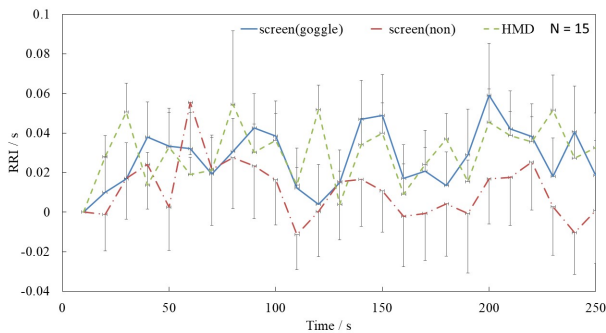


図 10 実写視聴時の RRI の時系列データ

Fig. 10 Time series data of RRI during real life viewing

少する傾向が見られた。実写動画を視聴した際、HMD 使用実験では実験終了時まで緩やかに増加する傾向が見られた。スクリーン内でゴーグルを使用した実験では最初緩やかに増加したのち、実験終了時まで減少する傾向が見られた。また、ゴーグルを使用しなかった実験では最初増加する傾向が見られたのち、実験終了時まで減少する傾向が見られた。

RRI についての考察を図 9, 10 より述べる。アニメーション動画視聴時、HMD 使用時では RRI の長さが実験中増加する傾向であることから副交感神経系活動が亢進状態であったと考えられる。スクリーン内でゴーグル装着した時、装着なしの時ともに実験開始後緩やかな増加をしたのち、減少したことから映像視聴にリラックスした状態から集中した状態へと移行したものと考えられる。実写動画視聴時、HMD 使用時では実験開始後増加を続けたことからリラックスした状態へと移行したと考えられる。スクリーン内でゴーグル装着した時は実験開始後増加し、その後緩やかな減少傾向が見られたことからリラックスした状態から集中した状態へと移行したと移行したと考えられる。また、ゴーグル装着なしの場合でも装着した時と同様、実験開始後増加し、その後減少傾向が見られたことから一時的なリラックスした状態から集中した状態へと移行したと考えられる。以上のことから、HMD 使用時にはリラックスした状態へと移行しやすいと考えられる。

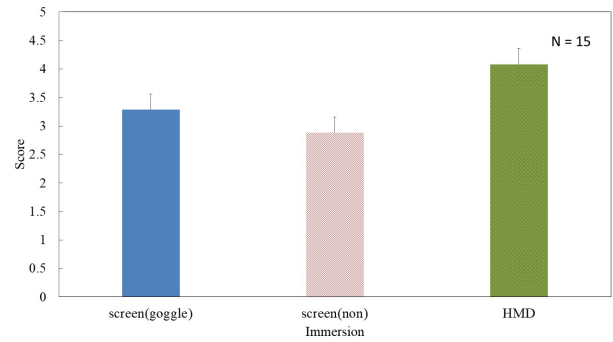


図 11 アニメーション視聴時の没入感

Fig. 11 Immersive feeling during animation viewing

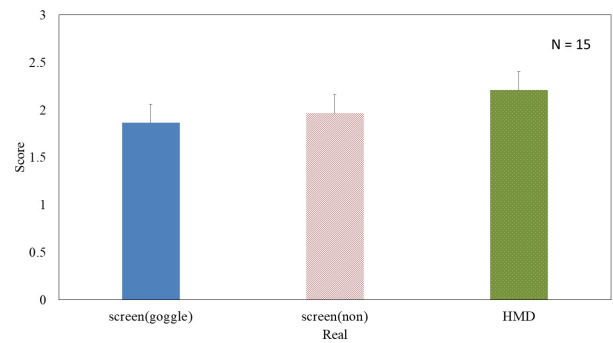


図 12 アニメーション視聴時の現実感

Fig. 12 Reality during animation viewing

3.5 IPQ

アニメーション動画視聴時の没入感を図 11 に示し、現実感を図 12 に示す。実写動画視聴時の没入感を図 13 に示し、現実感を図 14 に示す。アニメーション動画視聴時、没入感において HMD が 4.1 と一番高い数値が検出した。また、現実感においても HMD が 2.21 と一番高い値が検出した。実写動画視聴時、没入感において HMD が 3.5 と一番高い数値が検出した。また、現実感においても 2.1 と一番高い値を検出した。

IPQ 心理アンケートについての考察を図 11, 12, 13, 14 より述べる。IPQ 心理アンケートではアニメーション動画視聴時、実写動画視聴時共に HMD 使用時において没入感、現実感両方が高い値を出す結果となった。このことから、HMD で動画を視聴した時のほうが現実感を持ち自身がそこにいるような没入感を感じているものだと考えられる。

4. まとめ

以上の考察より、透過光媒体である HMD 使用時には動画の内容にかかわらず、リラックスした状態で動画内の内容へと没入しやすいものだと考えられる。逆に、反射光媒

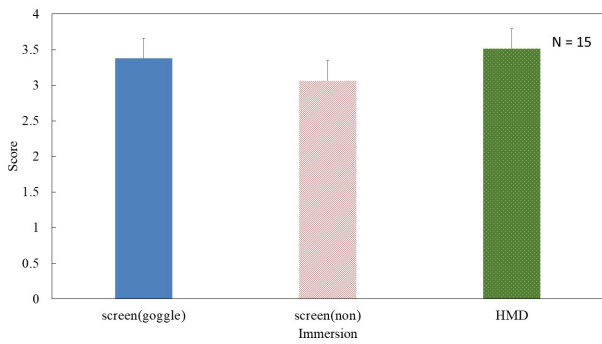


図 13 実写視聴時の没入感

Fig. 13 Immersive feeling during real life viewing

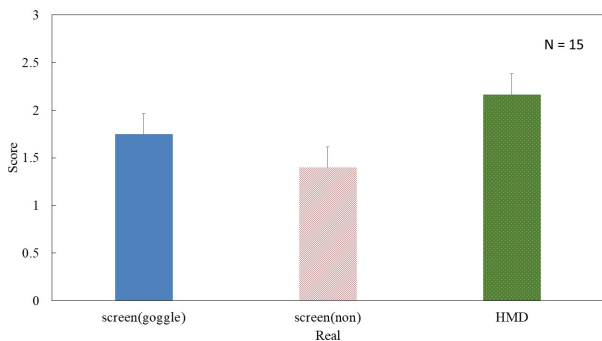


図 14 実写視聴時の現実感

Fig. 14 Reality during real life viewing

体であるスクリーンでゴーグルを装着せずに視聴した場合には俯瞰的に動画内容を見る傾向が見られ、集中して内容を把握しようという傾向が見られた。HMD とスクリーンでの視聴の間を取り持つように設置したスクリーン内でゴーグルを装着する実験では HMD とゴーグル装着なし実験の中間値を出すことが多く、両方の傾向を読み取れた。

本研究は次世代の動画視聴媒体として注目される透過光媒体の HMD と従来方法である反射光媒体のスクリーンへの投影媒体とでどのような生体的・心理的な違いが表れるかの知見を獲得する目的で行った。研究の結果、HMD 使用時においてリラックスし、従来方法より没入感を獲得しやすいという結果を得られた。この知見を利用し、今後の VR 研究への発展促進を検討する。

参考文献

[1] MRI 株式会社 三菱総合研究所：
http://www.mri.co.jp/opinion/column/tech/tech_20160520.html

[2] “「仮想現実 (AR・VR・SR・MR)・3D 投影」市場とは?”，
astavision <http://astavision.com/contents/news/728>

[3] Goldman Sachs：“EXCERTEED FROM THE ORIGINAL: See inside cover for details”，EQUITY RESEARCH, 2016

[4] H.M.Mcluhan：“Understanding Media: the Extensions of Man”，Mcgraw-Hill, 1964

[5] A.MacQuarrie, A.Steed：“Cinematic virtual reality：Evaluating theeffect of displaytype on the viewing experiencefor panoramic video”，IEEE Virtual Reality (VR),

45-54, 2017

[6] igroup.org：<http://www.igroup.org/pq/ipq/data.php>

[7] 平田耕造：“動静脈吻合 (AVA) 血流と四肢からの熱放散調整”，日生氣誌, Vol53(1), pp3-12, 2016

[8] 坂本直樹, 野澤昭雄, 田中久弥, 水野統太, 井出英人：“顔面熱画像によるドライバーの覚醒評価-周辺温度と風量の影響-”，電気学会誌 C, Vol.126, No.7, pp804-809, 2006

[9] 大見拓寛：“運転手の居眠り状態評価の画像センサ”，人工臓器, Vol.42, No.1, pp99-103, 2013

[10] 柳雅雅俊, 安土光男：“運転状態推定技術の開発-心拍解析による眠気状態の検出-”，PIONEER R&D, Vol.14, No.3, pp17-27, 2003

[11] 水野統太, 野澤昭雄, 井出英人：“放射温度計による鼻部表面温度の微分補正フィルタリングによるノイズ成分の除去”，電気学会誌 C, pp1251-1252, 2008

[12] 浅野裕俊, 坂本直樹, 野澤昭雄, 井出英人：“顔面熱画像によるドライバーの一過性覚醒度の推定”，電気学会誌 C, pp428-432, 2010

[13] Y.Kajiwara, H.Asano, S.Bando, S.Nomura, T.Mizuno, S.Ogose, A.Nozaawa：“Driver’s drowsiness inhibition by subcutaneous stimulation based on SNS activity”，Artificial Life and Robotics, Vol.20, No.4, pp341-346, 2015

[14] 高島明彦：“面白いほどよくわかる脳のしくみ”，日本文芸社, 2006

[15] 波多野忠, 成波, 谷口哲夫：“心拍電位による運転者の緊張度評価法の検討”，交通安全環境研究所研究発表会, 2002

[16] 日本生理人類学会計測研究部：“人間科学計測ハンドブック”，技報堂出版, 1996