

同一映像複数回視聴による3D映像の生体影響評価

Biological Assessment of Three-Dimensional Scenography by Repetitive Viewing of the Same Video Picture

○新沼大樹*, 杉田典大*, 吉澤誠**, 阿部誠†, 本間経康**, 山家智之***, 仁田新一†

Daiki Niinuma*, Norihiro Sugita*, Makoto Yoshizawa**, Makoto Abe†, Noriyasu Homma**,
Tomoyuki Yambe***, Shin-ichi Nitta†

*東北大学大学院工学研究科, **東北大学サイバーサイエンスセンター,

***東北大学加齢医学研究所, †東北大学名誉教授

*Graduate School of Engineering, Tohoku University,

**Cyberscience Center, Tohoku University,

***Institute of Development, Aging and Cancer, Tohoku University,

† Emeritus professor, Tohoku University

キーワード: 3D映像(Three-dimensional scenography), 生体影響(Biological assessment),
自律神経活動(Autonomic nervous activity), 同一映像複数回視聴(Repetitive viewing of the same video picture)

連絡先: 〒980-8578 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3,

東北大学サイバーサイエンスセンター 先端情報技術研究部 吉澤・本間研究室

新沼大樹, Tel: (022)795-7130, Fax: (022)795-7129, E-mail: niinuma@yoshizawa.ecei.tohoku.ac.jp

1. はじめに

近年、電子映像技術の進展により、広視野・高精細ディスプレイによる3D映像を家庭でも手軽に視聴することができるようになった。また3D映画製作も本格化するなど、一般市民が3D映像に触れる機会がますます増加している。3D映像は、2D映像に比べて没入感や臨場感が高いことが特徴となっているが、いわゆる3D酔いや眼精疲労等の問題が報告されており、3D映像の生体影響を改めて検討する必要がある。

3D映像を含む映像刺激の生体影響を評価する指標として、アンケートに基づく主観的指標や、心拍数変動などから求められる生理的指標がある¹⁻⁶⁾。生理的指標は、定量的・客観的であり、時間的に連続的な評価が可能となるため有用であるとされる一方、3D酔いや眼精疲労とは直接関係のない心理的影響、す

なわち映像内容に対する興味・関心あるいはこれまで経験したことのない実験に対する不安・緊張などの外乱を受ける可能性がある。従来の研究では、生理的指標に含まれるこのような心理的影響が十分考慮されていなかった^{1, 2)}。

そこで本研究では、心理的影響が順応により減衰する可能性があることを利用し、被験者に同一映像を複数回視聴させる実験により映像内容および実験自体に順応させ、これにより生理的指標に含まれる心理的影響を低減できるかどうかについて検討した。

2. 3D映像に関する生体反応の評価

2.1 従来のアプローチと問題点

3D映像の生体影響を評価する研究では、主として、アンケートやレバー押しなどによる主観評価による指標、視機能に関する生理的

指標, 循環系に関する生理的指標による評価, これら3つの指標に基づくアプローチがなされてきた。主観評価指標に基づく研究^{1, 2)}では, 評価方法が容易であり, 最も頻繁に用いられている。視機能に関する生理的指標に基づく研究^{3, 4)}では, 瞳孔径, 水晶体・輻輳の調節反応などの生理的指標に基づいた評価を行っている。循環系に関する生理的指標に基づく研究^{5, 6)}では, 心拍数・呼吸数・血圧などの生理的なパラメータから LF/HF, HF, ρ_{\max} などの生理的指標を算出して評価している。

3D 映像が生体に与える影響として, 「眼精疲労」や「3D 酔い」の問題が懸念されている。眼精疲労は, 頭痛や肩こりなどの症状を引き起こすが, これは実世界を肉眼で立体視することと人工的な 3D 映像を立体視することの違い, すなわち「輻輳と焦点調節の矛盾」が原因ではないかと考えられている。一方, 3D 酔いは, 眩暈や吐き気, 冷や汗といった映像酔いに似た症状を引き起こすが, これは視覚と平衡感覚の不一致が原因であると考えられている。

このように, 3D 映像の影響が視聴者の自覚症状として現れることから, 多くの研究ではアンケートに基づく主観評価が行われてきた。しかし, 主観評価に基づく研究では, 客観性や再現性が低く, 被験者の映像に対する先入観が混入する恐れがあり, 的確に評価できない可能性がある。さらに, 映像の生体影響を連続的な時系列として検出することが困難である。そこで, できる限り定量的で客観的かつ時間分解能が高い指標として, 視機能または循環系に関する生理的指標が用いられるようになった。

2.2 生理的指標と心理的影響の関連性

しかしながら, 生理的指標から眼精疲労や 3D 酔いなどの生理的影響を評価する際, 生理的指標は心理的影響を受けるといった問題点がある。堀口ら⁷⁾によると, 手術中の執刀医と助手の生理的指標の時間変化を検証した結果, 手術前に比べて, 血管の剥離, 気管支の剥離といった場面において, 生理的指標として用いた心拍数と LF/HF が上昇し, 「緊張」という情動反応が自律神経活動に変化を与えると報告されている。この研究において, 執刀医の回答から「血管剥離と気管支周辺の処置時が最も緊張する作業である」という回答があ

り, 生理的指標と心理的影響の関連が示されている。

また, 生理的指標と心理的影響は実験の試行回数とともに変化することも問題点として指摘されている。ここで, 永岑ら⁸⁾によると, 繰返し暗算課題における生理的指標と心理的影響が関連しているという報告がある。永岑らは, 被験者に安静状態と暗算課題を1セットとして, 連続して5セット行う実験を1回目の実験とした。この1回目の実験の1か月半後に, 再度同様の内容の実験を同一被験者に行い, 生理的指標と主観評価値の変化について検証を行った。その結果, 実験1回目と比べて2回目では, 生理的指標として用いた心拍数が低下し, 主観評価として用いたアンケートの中で「緊張」の項目が低下した。この2つの指標の変化に高い相関関係が認められたことから, 心理的影響である「緊張」が生理的指標に影響を与え, 被験者が感じる緊張の程度が, 1度試行することにより, 1回目と比べて2回目に低下することが報告されている。

以上のことから, 映像刺激による生体影響を評価する際, 生体影響を「生理的影響」と「心理的・精神的影響」の2つに分けて, 心理的・精神的影響を考慮する必要がある。このため, 生理的指標によつて的確に 3D 酔いや眼精疲労といった生理的影響を評価する上で, 映像内容に対する視聴者の興味・関心, 実験環境への不安・緊張など, 生理的指標に影響する可能性のある心理的影響を除去することが必要である。

2.3 心理的影響の減衰

従来の研究では, 対象とする映像を1度だけ視聴して得られたデータから, 各アプローチによって結果を議論しており, 同一映像を複数回視聴する実験を行っている例はほとんどない。

そこで本研究では, 同一映像を複数回提示することで, それに順応させ, 提示方法(2D か 3D か)や映像内容に対する視聴者の興味・関心, および実験環境に対する不安・緊張に関連する心理的反応を減衰させることにより, 主として 3D 酔いや眼精疲労に関わる生理的反応を評価できるという仮説を立てる。

ここで, 気温・湿度のような実験環境要因はできるだけ統一する。一方, 視聴者の体調

は日により変化するため統一はできないが、複数回試行することによりその影響を軽減できると思われる。

3. 複数回視聴実験

3.1 実験プロトコル

同一映像を複数回提示する実験として、20分間の映像を2Dか3D映像のどちらか一方の提示方法で1人6回視聴する実験を行った。実験プロトコルは、安静3分→映像視聴20分の計23分間である。視聴前後に主観評価値を得るために主観評価のためのアンケート(Simulator Sickness Questionnaire; SSQ)を実施した^{9, 10)}。また、SSQに加えて映像・実験環境に関するアンケートを実施した。SSQは、映像酔いや眼精疲労の程度を反映するアンケートとして広く用いられている。16の質問に0から3の4段階で回答する。3に向かうにつれて症状の程度が重くなる。回答を点数化し、素点に対し重み付けをすることでNausea (N, 気持ち悪さ), Oculomotor (O, 目の疲れ), Disorientation (D, ふらつき感), Total Score (TS, 合計)の4項目を算出し評価する。

3.2 使用機器

Fig. 1のように、映像は3DTV (CINEMA3D 47LW5700, 47インチ, LG Electronics) に出力され、被験者は偏光方式のメガネを使用する。提示映像には、市販されている映像 (Deep Sea 3D, IMAX, 2010) の一部を用いた。視聴場所は暗幕で囲み、視聴距離は175cmに固定した。

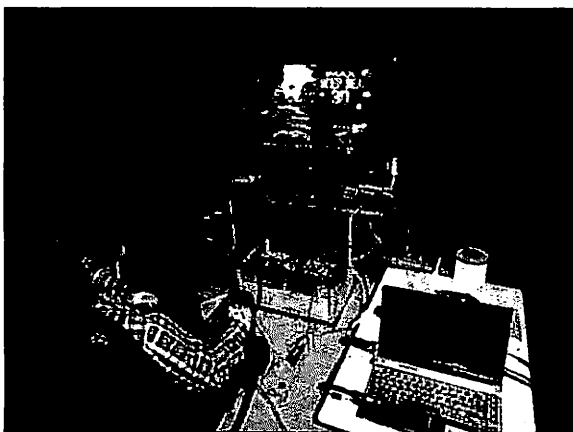


Fig. 1 実験の様子

3.3 計測項目

心電図、連続血圧、指尖容積脈波、呼吸を計測した。計測された信号は16-bit A/DコンバーターMP100(BIOPAC System)によってサンプリングした。サンプリング周波数は1kHzである。

3.4 被験者

被験者はいずれも20代の健常成人20名である(男性14名, 女性6名, 23 ± 1.1 歳)。実験内容について十分説明し、同意を得た。提示方法により被験者を2つのグループに分けた。各グループ10名ずつである。

3.5 データ解析

心電図からR波とR波の間隔(R-R間隔)を検出し、心拍数(HR)を算出した。算出したHRに対しスプライン補間したデータをもとにフーリエ変換により周波数解析を行った。得られたパワースペクトル密度における高周波成分HF(0.15~0.4Hz)は呼吸性変動を反映し、副交感神経の影響を受けている。低周波成分LF(0.1Hz付近)は交感神経・副交感神経両方の影響を受けているため、これをHF成分で除することにより交感神経活動を反映する指標になると考えられている^{11, 12)}。映像刺激実験において、長時間の映像視聴による生体へのストレス負荷が、LF/HFの上昇として表れていることが報告されている¹¹⁾。LF/HFは多くの先行研究で用いられている指標のため、本研究においても、このLF/HFを評価指標として用いる。

3.6 結果と考察

映像提示20分間の各被験者のLF/HFの変化に対し、視聴回数間と提示方法間の比較を行った結果をFig. 2に示す。視聴回数間の比較を行った結果、2D映像、3D映像どちらにおいても視聴1回目に対して2回目以降において有意な低下が認められた。

SSQの結果においては、視聴回数間の比較でいずれの項目にも有意差は認められなかった。SSQの各項目のスコアは、視聴回数を経ることで低下、または値がほぼ変わらないことが分かった。このようなスコアの変化は、

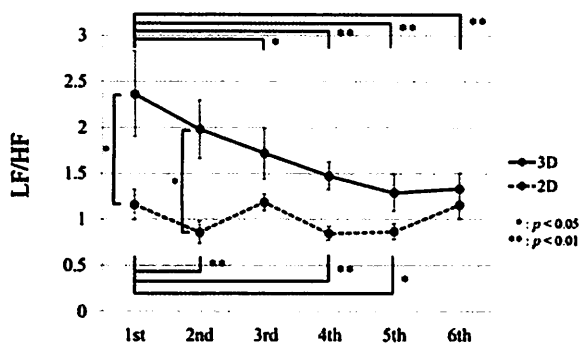


Fig. 2 Steel 法および Mann-Whitney の U 検定を用いたときの回数間および提示方法による比較の結果(LF/HF). * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

SSQ を用いて、バーチャルリアリティの環境における複数回の実験を施行した Regan の研究¹³⁾で報告されており、順応の効果によるものと結論づけられている。そのため、SSQ の結果から、LF/HF の有意な低下は生理的影響よりも心理的影響が大きいと推測することができる。

さらに、映像・実験環境に関するアンケートの結果から、3D 映像提示時の映像への「興味」と 2D 映像提示時の「集中」に関する評価項目において有意な低下が認められた。「興味」の低下が、興奮しない状態となり 3D 映像提示時における LF/HF の低下につながった可能性が考えられ、「集中」の低下が、ストレスを感じない状態となり 2D 映像提示時における LF/HF の低下につながった可能性が考えられる。

以上のことから、同一の被験者に対して提示する映像の提示方法をどちらか一方とすることで、順応の効果をよりの確に評価できた。また、映像・実験環境に関するアンケートにより、LF/HF の変化に影響する心理的影響を分析できる可能性が示された。

4. おわりに

本研究では、映像の生体影響を評価するためによく用いられる生理的指標には生理的影響ばかりではなく心理的影響も含まれることを指摘し、これを抑制するための方法として、同一映像の複数回視聴を行う方法を提案した。これは、映像から受ける心理的影響が順応の効果によって減衰する可能性を利用するものであり、生理的指標を用いた従来の研究における問題点を明らかにするものである。

2D 映像と 3D 映像のどちらか一方の提示方法で映像を提示する実験を行うことで、生理的指標に視聴回数間および提示方法間の有意差が認められ、順応の効果を的確に評価可能であることが分かった。実験の結果から、生理的指標は視聴 1 回目と 2 回目以降の視聴回で反応が異なっていることが分かり、1 度の視聴で映像の生体影響を評価する方法では、心理的影響が除去されず、生理的影響を的確に評価できない可能性が示唆された。

今後は、特定要素の強調による視聴時間の短縮、提示映像の検証、心理状態を問うアンケートの評価項目を追加、細分化し、因子分析など解析方法の検討を行うことで、3D 映像の生体影響に対するよりの確な評価が可能になるとと思われる。

参考文献

- 1) 渡邊洋, 氏家弘裕: 実写立体映像内に含まれる両眼映像差要因等が生体を与える影響, ITE Technical Report, 35-15, 17/20 (2011)
- 2) 氏家弘裕, 渡邊洋: 立体映像における両眼網膜像差が映像酔いに与える影響, ITE Technical Report, 35-15, 1/4 (2011)
- 3) Ukai K, Kato Y: The use of video refraction to measure the dynamic properties of the near triad in observers of a 3-D display, *Ophthalmic and Physiological Optics*, 22, 385/388 (2002)
- 4) 塩見 勇樹, 堀 弘樹, 長谷川 聡, 高田 宗樹, 大森 正子, 松浦 康之, 石尾 広武, 長谷川 旭, 神田 哲也, 宮尾 克: 実物体と 2D 映像, 3D 映像を用いた水晶体調節反応と輻輳運動の長時間同時測定- 若年者と中高齢者の立体視機構の違い-, *The Virtual Reality Society of Japan*, 16-2, 139/148 (2011)
- 5) 杉田 典大, 吉澤 誠, 田中 明, 阿部 健一, 山家 智之, 仁田 新一: 血圧-心拍数間の最大相互相関係数を用いた映像刺激の生体影響評価, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, 4-4, 227/234 (2002)
- 6) 恩田 能成, 鈴木 康夫, 井野 秀一, 奈良博之, 松尾 力, 永井 謙芝, 伊福部 達: 直視型立体ディスプレイを用いた動的画像刺激の生体影響評価に関する研究, *IEICE Technical Report-MVE-マルチメディア*

- ア 仮想環境基礎, 99-723, 81/86 (2000)
- 7) 堀口 寛子, 鈴木 一也, 沖田 善光, 長谷川 敏彦, 平田 寿, 木村 元彦, 数井 輝久, 杉浦 敏文: 手術中における外科医のストレス評価の試み, 自律神経活動と血圧変化, IEICE Technical Report, **105-46**, 9/12 (2005)
 - 8) 永岑 光恵, 室田 真男, 石井 源信, 清水 康敬: 繰り返しの暗算課題遂行における緊張感と心拍数の変化, 日本教育工学雑誌, **25-4**, 237/246 (2002)
 - 9) Kennedy RS, Lane NE, Berbaum KS, Lilienthal MG: Simulation Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness, *Int. J. Aviat. Psychol.*, **3-3**, 203/220 (1993)
 - 10) 森田寿哉: 映像が生体に与える影響を防止する技術, IEICE Technical Report-EID-電子ディスプレイ, **106-338**, 11/16 (2006)
 - 11) 館暲, 佐藤誠, 廣瀬道孝: バーチャルリアリティ学, コロナ社, 323/326 (2011)
 - 12) B. Pomeranz, R. J. B. Macaulay, M. A. Caudill, I. Kutz, D. Adam, D. Gordon, K. M. Kilborn, A. C. Barger, D. C. Shannon, R. J. Cohen, H. Benson: Assessment of autonomic function in humans by heart rate spectral analysis, *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, **248-1**, 151/153 (1985)
 - 13) Regan EC: Some evidence of adaptation to immersion in virtual reality, *Displays*, **16-3**, 135/139 (1995)