

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 5 月 20 日現在

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24300042

研究課題名(和文)「3D酔い」の発症条件探索と立体映像のリスク判定システムの開発

研究課題名(英文) Risk Determination of Artificial Stereoscopic Vision Based on Searching for Onset Condition of 3D Sickness

研究代表者

吉澤 誠 (Yoshizawa, Makoto)

東北大学・サイバーサイエンスセンター・教授

研究者番号：60166931

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：映画・テレビジョン・テレビゲームの3D化が急速に進んでいる。しかし、人工的な立体視が人間に与える生理的・心理的影響やその効果については未だ十分明らかにされていない。本研究では、人工的な立体視によって生じる3D酔いの発症条件および3D酔いと眼精疲労の関係の解明を目的として、以下の結果を得た。1) 評価に使われている生理的指標には心理的外乱を受ける可能性があり、これが順応により低減できること。2) 人工的な立体視による眼精疲労の原因が輻輳調節と焦点調節の間の矛盾を使って説明できる可能性があること。3) 3D酔いを防ぐには、頭部の傾きによって生じる垂直視差を約0.6度以内に抑えるべきであること。

研究成果の概要(英文)：Three dimensional visualization in movies, televisions and video games has been advancing rapidly. However, physiological and psychological effects of artificial stereoscopic vision on humans have not sufficiently been clarified. This study aimed at elucidation of the onset condition of so-called 3D sickness which is caused by artificial stereoscopic vision and the relationship between 3D sickness and visual fatigues. The experimental results have shown the followings: 1) Physiological indices for evaluation of 3D sickness may include psychological disturbance but it can be suppressed by adaptation. 2) It is possible that the cause of visual fatigue in stereoscopic vision can be explained using the contradiction between convergence and accommodation mechanisms. 3) Vertical disparity caused by the tilt of the head should be less than about 0.6 degree to avoid 3D sickness.

研究分野：生体医工学

キーワード：3D酔い 立体視 眼精疲労 臨場感 生体影響 自律神経 映像酔い

## 1. 研究開始当初の背景

近年、映画・テレビジョン・テレビゲームの3D化が急速に進んでいる。しかし、Webコンテンツやデジタルサイネージなども含む映像デジタルコンテンツは、光過敏性発作・映像酔い・眼精疲労などのような生理的影響や、過激な内容による心理的・精神的影響を生体に与える潜在的可能性がある。

光過敏性発作についてはその原因が光点滅刺激であることが明らかになり、これを防止するためのテレビ放送に関する国際的ガイドラインが既に作成されているばかりでなく、その自動判別装置が開発されている。

一方、急速に普及しつつある大画面ディスプレイで動く映像を見たときなどに誘発される映像酔いや、バーチャルリアリティのような特殊環境に限らず、家庭での3Dディスプレイの使用に伴う眼精疲労に関しては、これらを誘発する原因がかなり複雑であり、その発症機序に未解明な部分が多い。特に、いわゆる「3D酔い」は映像酔いと眼精疲労が複合・相乗して生じる可能性がある。

3D映像の場合、映像自体の視差や運動に関する構成要素の情報ばかりでなく提示環境条件や個人の特性によっても影響が大きく異なるため、定量的で再現性のある研究結果が得られにくい。このため現在までのところ、3D酔いを予測することができるモデルなどは確立されておらず、その危険度を定量的に算出する方法や3D映像のリスク要因を自動的に判別できるようなシステムは得られていない。生体安全性を担保するための国際的ガイドラインも策定途上にある。

## 2. 研究の目的

本研究では、主観的評価や自律神経系指標などの客観的評価の両方に基づき、主に「3D酔い」を対象として、人工的な立体視によって生じる3D酔いの発症条件の解明、および、3D酔いの原因が映像酔いと不自然な立体視による眼精疲労の相乗効果に関係するという仮説の検証を目的とする。

## 3. 研究の方法

### (1)実験1【生理指標への心理的影響の排除】

映像刺激の生体影響を定量的・客観的に評価するためによく使用される生理的指標の妥当性を検討した。すなわち、生理的指標は、3D酔いや眼精疲労とは直接関係のない興味・関心あるいは不安・緊張のような心理的外乱を受ける可能性がある。

実験では、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)実験2【輻輳調節と焦点調節の矛盾】

映像刺激の生体影響を正しく評価するための基礎として、人工的な立体視によって生じる眼精疲労の原因が輻輳調節と焦点調節の間の矛盾にあるという仮説の検証を行った。すなわち、通常の立体視では輻輳距離と焦点距離に矛盾がないが、人工的な立体視では両者に矛盾が生じるため、この矛盾を解消するように眼球の輻輳調節系と水晶体の焦点調節系を独立に動作させなければならない。これがストレスとなり眼精疲労が生じるといふ仮説がこの仮説である。

実験では、被験者からの距離が異なる位置に、見かけの大きさが等しくなるような大きさの異なる2枚のディスプレイを設置し、人工的な立体視に基づく矛盾がある視標とない視標を提示したときに、視標を凝視して行うタスクを被験者に課した。

### (3)実験3【垂直視差の影響】

人工的な立体視による眼精疲労や3D酔いは、眼の焦点調節系と輻輳系との間に生じる矛盾以外に、視聴者の頭部が垂直面に対して傾いていることにより生じる垂直視差がその原因となる可能性がある。

偏光メガネなどを用いて人工的な立体映像を見る場合、頭部に傾きが存在しなければ、両眼視差は両眼方向に対して水平な視差（水平視差）のみが存在する。しかし、家庭で寝ころびながら立体視コンテンツを視聴しようとする場合や、テーマパークの体感型アトラクションなどの揺れが発生する状況下で立体視を行おうとする場合、ディスプレイの垂直方向に対して頭部の軸が傾く状態になり、図1のように、水平視差の他に両眼方向に垂直な視差（垂直視差）が生じる。

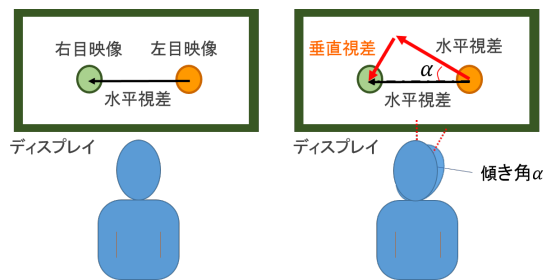


図1 通常的人工的立体視（左）と垂直視差が生じる人工的立体視（右）

本研究では、この垂直視差の影響を調べるために、垂直視差量を任意に設定することができる実験系を構築した。実験映像としてランダムドットステレオグラムを使用し、被験者に対して片目のみでなく正しい立体視を行わなければ達成できないようなタスクを課した。このタスクを実施した前後の状態を映像視聴による自覚症状を評価できるシミュレータ酔いアンケート (simulator sickness questionnaire: SSQ) および、精神

的疲労の把握に有効であるとされているフリッカー値を使用することで評価した。

#### 4. 研究成果

##### (1)実験 1【生理指標への心理的影響の排除】

2D 映像と 3D 映像のどちらか一方の映像を提示する実験を 20 名の被験者に行った結果、生理的指標である LF/HF の視聴回数に対する変化が図 2 のように得られた。生理的指標には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わかった。また、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。

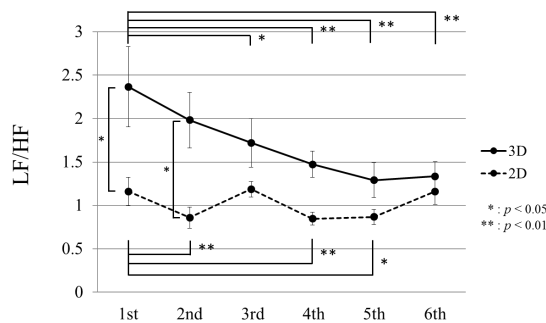


図 2 視聴回毎の映像提示時における LF/HF の変化。\* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$

##### (2)実験 2【輻輳調節と焦点調節の矛盾】

実験においてフリッカーテストを行ったところ、図 3 のように、焦点調節系と輻輳調節系に矛盾がある映像の方が、矛盾がない映像より有意にフリッカー値が低下した。これは、自然な立体視にはない人工的な立体視が持つ焦点調節系と輻輳調節系の矛盾により疲労の影響がより強く現れたことを意味しており、上記の仮説を支持する結果である。

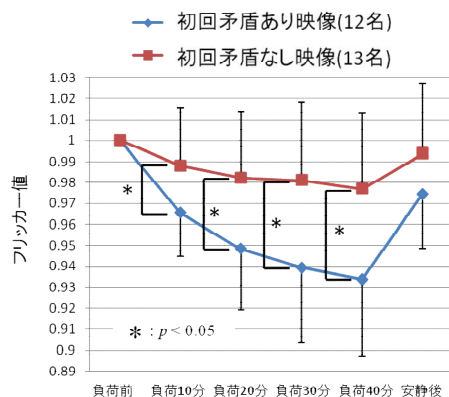


図 3 輻輳調節と焦点調節に矛盾がある映像となし映像を提示した場合のフリッカー値 (Welch の t 検定)。

##### (3)実験 3【垂直視差の影響】

15 人の被験者を対象として実験を行った結果、垂直視差量が 0.6 度を超える映像でタスクを行った場合、それ以下の垂直視差量の場合と比べてタスク前後でのフリッカー値の変化量が有意に上昇する結果が得られた。一方、主観的評価指標である SSQ では有意な結果は得られなかったが、垂直視差量が大きくなるにつれ、目の疲れ、ふらつき感などのスコア増加量が大きくなる傾向がみられ、人工的立体視時における垂直視差に起因する生体影響の存在が示唆される結果となった。

#### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 6 件)

Norihiro Sugita, Narumi Matsuoka, Makoto Yoshizawa, Makoto Abe, Noriyasu Homma, Hideharu Otake, Junghyun Kim, Yukio Ohtaki: Estimation of heart rate variability using a compact radiofrequency motion sensor, Medical Engineering and Physics, Vol. 37, No. 12, pp. 1146-1151, (2015). 【査読有】

Makoto Abe, Makoto Yoshizawa, Kazuma Obara, Norihiro Sugita, Noriyasu Homma, Tomoyuki Yambe: Evaluation of Baroreflex Function Using Green Light Photoplethysmogram in Consideration of Resistance to Artifacts, Advanced Biomedical Engineering, Vol. 4, pp.1-6 (2015) 【査読有】

Makoto Abe, Makoto Yoshizawa, Telma Keiko Sugai, Noriyasu Homma, Norihiro Sugita, Kazuo Shimizu, Moe Goto, Masashi Inagaki, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa: Verification of a Method of Detecting Life-threatening Arrhythmias from Human Data for Use in Implantable Cardioverter-Defibrillator, Advanced Biomedical Engineering, Vol.3, pp. 59-64, (2014) 【査読有】

Makoto Abe, Makoto Yoshizawa, Norihiro Sugita, Akira Tanaka, Noriyasu Homma, Tomoyuki Yambe, Shin-ichi Nitta : Physiological Evaluation of Visually Induced Motion Sickness Using Independent Component Analysis of Photoplethysmogram, Advanced Biomedical Engineering, Vol.2, pp.25-31 (2013) 【査読有】

Makoto Abe, Makoto Yoshizawa, Telma Keiko Sugai, Noriyasu Homma, Norihiro Sugita, Kazuo Shimizu, Moe Goto, Masashi Inagaki, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa: Improving the Detection Algorithm for Life-Threatening Arrhythmias: Implementation in Implantable Cardioverter-Defibrillator, Electronics and Communications in Japan, Vol.96, No.12, pp.1-8 (2013) 【査読有】

Makoto YOSHIKAWA, Tomoyuki YAMBE, Norihiro SUGITA, Satoshi KONNO, Makoto ABE, Noriyasu HOMMA, Futoshi TAKEI, Katsuhiko YOKOTA, Yoshifumi SAIJO, Shin-ichi NITTA: Application of a Telemedical Tool in an Isolated Island and a Disaster Area of the Great East Japan Earthquake, IEICE TRANSACTIONS on Communications, Volume E95-B No.10, pp.3067-3073 (2012)  
【査読有】

〔学会発表〕(計4件)

Katsuhiro Sasaki, Makoto Yoshizawa, Norihiro Sugita, Makoto Abe: Evaluation of visual fatigue while watching artificial three-dimensional image with vertical parallax, IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics, Oct. 27-30, 2015, Osaka, Japan.

Y. Kano, M. Yoshizawa, N. Sugita, M. Abe, N. Homma, A. Tanaka, T. Yamauchi, H. Miura, Y. Shiraishi, T. Yambe: Discrimination ability and reproducibility of a new index reflecting autonomic nervous function based on pulsatile amplitude of photoplethysmography, 36th Annual Conference of IEEE Engineering in Medicine Biology Society 2014, Sep. 26-30, 2014, Chicago, U.S.A.

Yoshizawa M, Sugita N, Abe M, Homma N, Konno S, Yambe T, Nitta S: Evaluation of autonomic nervous function for elderly people using electrocardiogram and plethysmogram, SICE Annual Conference 2012, Aug. 20-23, 2012, Akita University, Akita, Japan.

Sugita N, Yoshizawa M, Kawata H, Yambe T, Konno S, Saijo Y, Abe M, Homma N, Nitta S: Telemedicine System Necessary in Disaster Areas, SICE Annual Conference 2012, Aug. 20-23, 2012, Akita University, Akita, Japan

〔図書〕(計4件)

Remi Ishikawa, Norihiro Sugita, Makoto Abe, Makoto Yoshizawa, Kazunori Seki, Yasunobu Handa, "Assessment of motor function in hemiplegic patients using a virtual cycling wheel chair," Recent Advances on Using Virtual Reality Technologies for Rehabilitation. Nova Science Publishers, pp. 71-78, [http://www.icdvrat.org/2014/papers/ICDVR-AT2014\\_SP08\\_Ishikawa\\_etal.pdf](http://www.icdvrat.org/2014/papers/ICDVR-AT2014_SP08_Ishikawa_etal.pdf) (2015)

吉澤 誠: 電磁波を用いた瞬時心拍数の非接触推定技術, 次世代ヘルスケア機器の新製品開発, pp. 240-248, 技術情報協会 (2014)

Makoto Abe, Telma Keiko Sugai, Makoto

Yoshizawa, Kazuo Shimizu, Moe Goto, Masashi Inagaki, Masaru Sugimachi, Kenji Sunagawa: Detection of Life-Threatening Arrhythmias Using Multiple regression Model, Takami Yamaguchi(Eds.), Nano-Biomedical Engineering 2012, Imperial College Press, London, pp.577-586 (2012)

Makoto Yoshizawa, Norihiro Sugita, Tomoyuki Yambe, Satoshi Konno, Telma Keiko Sugai, Makoto Abe, Noriyasu Homma, Shin-ichi Nitta: Methods for Estimating a Cross-Correlation Index of the Baroreflex System by Using a Plethysmogram, Takami Yamaguchi (Eds.), Nano-Biomedical Engineering 2012, Imperial College Press, London, pp.566-576 (2012)

〔産業財産権〕

出願状況 (計4件)

名称: Pulse wave velocity measurement method

発明者: Tetsuya Takamori, Makoto Yoshizawa, Noriyasu Homma, Norihiro Sugita, Makoto Abe, Akira Tanaka

権利者: 富士フイルム, 東北大学

種類: 特許

番号: 米国 ( 14/840,656 ), ドイツ ( 112012006788.9 ), 中国 ( 201380074359.7 )

出願年月日: 2015年9月14日

国内外の別: 国外

名称: 生体情報計測装置及び生体情報計測方法

発明者: 吉澤 誠, 杉田典大, 阿部誠, 山家智之, 本間経康, 小原一誠

権利者: 東北大学

種類: 特許

番号: 特願 2015-070270 号

出願年月日: 2015年3月30日

国内外の別: 国内

名称: 情報処理プログラムを記録した記録媒体および情報処理装置

発明者: 古田律克, 吉澤 誠, 杉田典大, 山家智之

権利者: 任天堂, 東北大学

種類: 特許

番号: 13/861,599

出願年月日: 2013年4月12日

国内外の別: 米国

名称: 脈波伝搬速度の測定方法およびシステム並びに撮像装置

発明者: 高森哲弥, 吉澤 誠, 本間経康, 杉田典大, 阿部 誠, 田中 明

権利者: 富士フイルム, 東北大学

種類: 特許

番号: 特願 2013-47014 号

出願年月日: 2013年3月8日

国内外の別：国内

〔その他〕  
ホームページ等  
(該当なし)

6. 研究組織

(1)研究代表者

吉澤 誠 (YOSHIZAWA, Makoto)  
東北大学・サイバーサイエンスセンター・  
教授  
研究者番号：60166931

(2)研究分担者

(なし)

(3)連携研究者

本間 経康 (HOMMA, Noriyasu)  
東北大学・大学院医学系研究科・教授  
研究者番号：30282023  
杉田 典大 (SUGITA, Norihiro)  
東北大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号：90396458  
山家 智之 (YAMBE, Tomoyuki)  
東北大学・加齢医学研究所・教授  
研究者番号：70241578  
田中 明 (TANAKA, Akira)  
福島大学・共生システム理工学類・教  
授  
研究者番号：10323057