

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 21 日現在

機関番号：32682

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2016

課題番号：26870490

研究課題名(和文) 視聴環境の違いによる長時間立体映像視聴時に生じる酔いの機序解明と予防に関する研究

研究課題名(英文) A Study of Mechanism and Effect of Motion Sickness Induced by Viewing a Long Stereoscopic Film on Equilibrium Function and Autonomic Nervous System

研究代表者

松浦 康之 (MATSUURA, Yasuyuki)

明治大学・研究・知財戦略機構・研究推進員

研究者番号：30551212

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：近年、3D映像視聴は一般的なものとなっている。しかし、3D映像視聴によって起こる酔い(3D酔い)や眼疲労の問題は未解決のまま残っている。本研究では、視聴環境の違いに着目し、3D映像視聴時の「輻輳と調節の同時計測」と、「自律神経系」、「体平衡系」、「心理指標」を同時に計測し複合的に解析・評価することで、3D酔いの発生機序の解明と3D酔いの軽減を行うことを目的に研究を行った。3D映像視聴が生体に及ぼす影響について重心動揺検査と胃電図検査を同時計測した結果、体平衡系の応答速度が消化管運動の応答速度に比べ遅延があることが確認された。

研究成果の概要(英文)：The influence of stereoscopic vision on human body has been insufficiently understood although studies of stereoscopic vision has been conducted on three-dimensional (3D) displays. Symptoms such as eye fatigue and 3D sickness have been apprehensive when/after viewing 3D films for a prolonged period, which is conditioned by our surroundings. In this research, the aim of this study is to investigate the effects of viewing 2D/3D video clips on human body, which depends on the surroundings of displays. Based on the stabilometry, electrogastrigraphy(EGG), subjective assessments, and these composite analysis and evaluation, the autonomic nervous system is affected first by long-term viewing of stereoscopic films, and the equilibrium function deteriorates gradually over the course of the exposure.

研究分野：生体医工学

キーワード：3D映像 人間工学 衛生学 情報学 生体工学 生体信号

1. 研究開始当初の背景

近年、3D 映像表示技術の向上に伴い、3D 映画など、3D 映像視聴は一般的になりつつある。一方、3D 映像視聴による健康上の影響が懸念されている。3D 映像は、その視聴画像や視聴環境により、頭痛や眼疲労などの不快な症状を引き起こすことが報告されている。また、3D 特有の眼疲労や生体への影響については、知見が十分ではなく、さらなる研究・検討が必要であると指摘されており、今後の研究が期待されているのが現状である(総務省、3D テレビに関する検討会 最終報告書、2012)。

そのため、3D 映像視聴による人体への影響を早急に明らかにし、その影響を軽減させることは喫緊の課題である。しかし、調節と輻輳の同時計測が困難なこと、視機能と自律神経系の関係や、視聴環境の影響について論じられなかったことから 3D 映像の生体への影響について客観的な評価や詳細な検討がされてこなかったのが現状である。

自然視では輻輳と調節が一致しているが、3D 映像視認時では調節が画像を表示している画面の位置に固定されるのに対し、輻輳は立体の位置で交叉しているというのが一般的な理解である。このようにして生じた輻輳と調節の不一致が、立体視による眼疲労や映像酔いの主な原因であるとされてきた(Cruz-Neira et al., Proceedings of SIGGRAPH '93, 1993)。しかし、申請者らが作成した調節と輻輳の同時計測システムを用いて測定し、詳細に検討した結果、日常生活に近い照度環境下では 3D 映像視聴時も調節は画面に固定されず、輻輳と調節が一致していることが確認された。(Hori et al., Forma, 2013, Kojima et al., Biochemistry and Bioinformatics, 2013)。

3D 映像視聴時の視聴環境による違いが、眼疲労や酔いに及ぼす影響については、3D メガネ(フィルター)の有無や視聴位置によって主観評価による疲労感に差が出るとの報告がある(森田ら、映情学技報、2012)。

また、若年者を対象に行った研究例では、立体映像視聴時においても、輻輳と調節の不一致が起きず、自然視と同様に、輻輳と調節が同期しているという報告例もある(Shiomi et al., Journal of the Society for Information Display, 2013)。しかし、この報告例は、中照度下における実験であり、先行研究における低照度下の実験とは異なる。また、立体映像作成手法が異なることや統計的な比較を行っていないため、先行研究の実験結果と単純な比較はできない。

「映像酔い」が生体に及ぼす影響に関する計測手法には 1) 自律神経活動に関する計測などの生理的計測手法(Holmes SR et al., J Psychophysiol, 2001) と、2) 主観的評価などの心理的計測手法(Kennedy RS et al., Int J Aviat Psychol., 1993)が試みられているものの、3D 映像視聴と自律神経系・体平衡系の関係

について、詳細に検討された研究はないのが現状である。また、長時間(1~2 時間)の 3D 映像視聴が視機能、前庭・自律神経系に与える影響について研究された例はなかった。

また、3D テレビに関する検討会最終報告書では、「違和感や不快感を生じさせるような立体映像を長時間視聴すると、視覚疲労につながる可能性が高いと一般的には想定されるが、現状では、関連性が明確に示されている研究はない」としている。さらに、3D テレビ視聴時の疲労に関する評価実験報告書 改訂版では、3DC ガイドライン(3D コンソール安全ガイドライン部会、3DC 安全ガイドライン、2011)を参照して作成した(視差±1.0 度を超えるシーンが、番組全体の長さの 1%程度)の立体映像番組を用いて、2D テレビや 3D テレビの比較、視聴距離、視聴位置などの実験条件を変え、年齢層や斜位といった個人差も含め、多面的に評価を行っている(超臨場感コミュニケーション産学官フォーラム 超体験デザイン・評価部会 3D 映像評価 WG 3D テレビ視聴時の疲労に関する評価実験報告書 改訂版、2013)。しかし、この報告書では、被験者の実験後の体調に関する主観評価は行っているものの、実験前日・当日の体調(疲労度や睡眠時間など)については、主観評価を行っていないため、立体映像視聴と体調との関連性については、今後検討すべき課題であると考えられる。さらに、この最終報告書でも、「立体映像の疲労の要因の一つとして考えられている「輻輳と調節の不一致」における調節機能は、この絶対的な視聴距離で変化するため、画面サイズが異なる場合、他の実験条件が同一であっても、異なる実験結果になる可能性がある。特に小さいディスプレイを用いる際は、注意が必要である。」としているなど、輻輳・調節の不一致と眼疲労・酔いの関係は、現時点においても、不明な点が多い。

2. 研究の目的

近年、3D 映像視聴は一般的なものとなっている。しかし、3D 映像視聴によって起こる酔い(3D 酔い)や眼疲労の問題は未解決のまま残っている。これは、3D 映像視聴時の輻輳と調節の同時計測が困難なことや、視機能と自律神経系の関係について論じられなかったことなどに起因する。申請者は 3D 映像視聴時の視機能評価や自律神経評価指標の開発を行ってきた。

また、申請者のこれまでの研究によって、従来の仮説(輻輳と調節の不一致説)と異なり、3D 映像視認時においても輻輳と調節が一致する可能性があることや、視聴環境や視聴方法の違い(周辺視または、中心視など)によって、疲労感が変化する可能性もあることが分かっている。これらの研究結果より、3D 映像視聴時の輻輳・調節と自律神経・体平衡系の関係、視聴環境(環境因子)による

影響を明らかにすることで、3D 映像視聴による生体への影響の原因を解明し、影響を軽減できる可能性が高いと推定した。

そこで、本研究では、3D 映像視聴時の「輻輳と調節の同時計測」と、「自律神経系」、「体平衡系」、「心理指標」を同時に計測し、複合的に解析・評価することで、3D 酔いの発生機序の解明と、3D 酔いの軽減を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、耳・神経系疾患既往歴のない男性を対象に実験・計測を行った。被験者には事前に実験の説明十分に行い、了承を得た。

まず、立体映像視認時における両眼の輻輳と水晶体の焦点調節の関係を明らかにするために、水晶体屈折率と両眼の輻輳焦点距離を同時計測する装置(以下、視機能同時計測システム)を開発した。ここでは、両眼を開放したまま調節を測定することができるグランド精工社製の両眼開放オートレフケラトメーターWAM-5500 及び、同機と併用可能で輻輳距離を測定することができるナックイメージテクノロジー社製のアイマークレコーダ-EMR -9 を組み合わせて使用した。前者は調節距離と瞳孔径を測定することができ、後者は輻輳距離を測定することができる。トリガー信号の入力を工夫し、水晶体屈折率と両眼の輻輳焦点距離の同時計測を行った。

「自律神経系」、「体平衡系」、「心理指標」の実験では、背もたれのない高さ 60 cm の台の上に厚さ 1 cm の板を置き、その上に重心動揺計を地面と水平に設置した。被験者には重心動揺計上で背筋を伸ばした座位をとらせ、両足非接地にて拳を軽く握り膝上に置くよう指示を行った。実験は、20 分間の安静の後、60 分間の映像視聴を行った。胃電図検査は 20 分間の安静および映像視聴開始後 60 分間を連続して記録した。重心動揺検査は 20 分間の安静の後、映像視聴前の記録を行い、映像視聴開始後 20 分ごとに計 3 回記録した。重心動揺検査は開眼検査、閉眼検査を実施し、開眼検査では映像を視聴したまま測定を行い、測定時間はそれぞれ 1 分とした。本実験では重心動揺計として Wii Balance Board (Nintendo) を使用した。このシステムの測定点の座標は cm 単位で、時間分解能は 0.01 sec である。胃電図検査は単極誘導で測定を行い、生体アンプ MT11 (NEC メディカル) にて得られた胃電図のアナログデータを増幅し、データレコーダ PC216Ax (ソニー・プレジジョンテクノロジー) に記録した。

映像は被験者から 2 m の距離に目の高さが中心になるよう設置された 40 インチディスプレイ KDL 40HX80R (SONY) 上に市販の両眼立体視映像およびその片眼視用の 2D 映像を提示した。映像は円偏光方式を用いた表示方式を採用し、映像の提示順はランダムとした。なお、実験は各被験者で別日に行った。

各重心動揺検査の測定後、被験者には SSQ 用紙に記入させ、映像酔いに関する主観的評価を行った。日内変動の影響を考慮し、全被験者平日の午後 2 時 - 午後 3 時の間に測定を開始し、食事は測定開始 2 時間前までに摂取するように指示を行った。

重心動揺検査による検査事項

開眼検査および閉眼検査で各サンプリング時間における x-y 座標を記録し、各指標の算出を行った。得られたデータは、開眼検査および閉眼検査ごとに x 方向(右方向を正)、y 方向(前方方向を正)とする重心位置の時系列に変換し、外周面積、総軌跡長、単位面積軌跡長、疎密度について評価を行った。外周面積、総軌跡長、単位面積軌跡長は既往の研究において用いられている動揺図の解析指標であり、本論文でも日本めまい平衡医学会の定義式に基づいた。また、疎密度とは高田らによって提案された平面上に散布した複数点の密度を示す指標であり、この密度が立位姿勢の安定性に関与すると考えられている。各指標の定義については以下の通りである。

- ・ 外周面積：x-y 座標における動揺の外周の囲む線で包まれる面積であり、値の増加は動揺の不安定性を示す。
- ・ 総軌跡長：計測時間内の重心点の移動した総延長距離であり、値の増加は動揺の不安定性を示す。
- ・ 単位面積軌跡長：総軌跡長を外周面積で除した値のことであり、値の減少は動揺の不安定性を示す。
- ・ 疎密度：動揺図を正方形で分割し、各分割で足圧中心が通過した回数を求める。動揺が少なければ、つまり局所的に密度が高い場所に存在するほど値は 1 に近づく。逆に、動揺が疎らになれば値は大きくなる。

胃電図の解析方法

本研究では記録した胃電図を 1 kHz で A/D 変換を行い、時系列データを得た。本研究では、抽出した時系列データを 1024 秒(約 17 分)の時間窓を 300 秒(5 分)間隔で移動させて分割し解析を行った。時系列を 1024 秒で分割した理由として、本研究では周波数解析において高速フーリエ変換を用いており、データ数が 2 の累乗である必要があるためである。そこで、複雑系解析において 2 の累乗を満たすような最適なデータ長を算出した。

4. 研究成果

輻輳調節

3D 映像視聴時の輻輳・調整同時計測の結果、10 分間にわたり 3D 映像を注視し続けても、輻輳と調節は共に飛び出し物体(仮想球体)の位置に非常によく追従しており、調節が画面に固定されることはなかった。

体平衡系・自律神経系

本実験では重心動揺検査、胃電図検査、SSQにより長時間の立体映像視聴が生体に及ぼす影響について検討した。その結果、重心動揺検査では映像視聴開始後 60 分時点で視聴映像による差異が多くみられ、胃電図検査および SSQ では映像視聴開始後 20 分時から視聴映像による差異がみられた。

重心動揺の計測は、ロンベルグ姿勢やマン姿勢などの立位による計測が一般的であり、座位に着目した重心動揺を用いた研究は数が少ない。しかし、映像酔いや自動車や電車、船舶などの振れによって起こる乗り物酔いは、座位時に発生する例が多い。そこで、本研究では長時間の立体映像曝露が体平衡系に及ぼす影響について、座位による重心動揺検査の記録を試みた。

本実験で行った座位による重心動揺検査では開眼検査と閉眼検査の各解析指標を比較した結果、すべての指標で有意差はみられなかった。これは、座位による重心動揺検査では身体を支持するための支持基底面が立位に比べ広く、重心位置も立位に比べ低い位置にあることや、座位計測による疲労の減少が影響したと考えられる。

一方、開眼検査において、2D 映像視聴時では開始前に比べ各解析指標の値が安定になる傾向がみられたのに対し、3D 映像視聴時では開始前に比べ各解析指標の値が不安定になる傾向がみられた。特に、2D 映像視聴時と 3D 映像視聴時では映像視聴開始後 60 分時点で最も多く各解析指標の値に有意差がみられ、SSQ を用いた主観的評価からも映像視聴開始後 60 分時点で視聴映像による差異が最も大きくみられた。先行研究による長時間の 3D 映像視聴の視機能と眼疲労に関する研究では、2D 映像視聴時の主な視機能（屈折度、瞳孔径、眼位等）は開始前と比較しても有意差がみられなかったのに対し、3D 映像視聴時では開始後 60 分時点で調節近点の値で開始前に比べ有意な延長および眼疲労を訴える割合の増加がみられている。長時間の 3D 映像視聴は、瞳孔筋や毛様体筋といった瞳孔括約筋の運動が長時間にわたり繰り返されることで、筋疲労による視覚疲労が蓄積され、前庭神経核を介した平衡機能に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

消化管運動活動における自律神経活動の指標として用いた胃電図検査では、2D,3D 映像の差異に関わらず、映像視聴開始後 20 分時にはピーク周波数が低下した。胃腸活動は副交感神経活動の亢進によりその活動が活発になることから、映像視聴開始直後では副交感神経活動が抑制される可能性がある。また、2D 映像視聴時ではピーク周波数の低下は開始後 20 分時点のみみられたのに対し、3D 映像視聴時ではすべての時刻でピーク周波数の低下がみられた。さらに、正常周期でのパワースペクトルでは、2D 映像視聴時では視聴前後で変化がみられなかったのに対し、立体映像視聴時では開始前に比べすべて

の時刻で増加傾向がみられた。また、胃電図から推定される並進誤差は、2D 映像視聴時に比べ立体映像視聴時では胃の電気活動が不規則になる傾向がみられた。

胃電図検査の結果から、映像視聴開始直後では映像の差異に関わらず、副交感神経活動は抑制され、映像の視聴時間が長くなることで映像の差異による副交感神経活動の抑制継続時間に影響がみられた。また、映像視聴が胃腸の自律神経活動に及ぼす影響の応答速度は体平衡系のそれに比べ速く応答することが確認された。自律神経活動が体平衡系における運動出力に関与することからも、3D 映像を長時間視聴することで自律神経系に及ぼす影響が大きくなり、映像の差異による重心動揺検査の結果に影響を及ぼした可能性が示唆された。

考察・まとめ

本研究では、3D 映像視聴が生体に及ぼす影響について重心動揺検査と胃電図検査を同時計測することで、体平衡系の応答速度が消化管運動の応答速度に比べ遅延があることが確認された。

視聴機器の進化は早く、4K/8K テレビが登場するなど、画面の高精細化による生体への影響も指摘されている（江本、電子情報通信学会誌、2012）（工藤ら、電子情報通信学会技術研究報告、2015）。また、小嶋らによる先行研究（小嶋ら、電子情報通信学会技術研究報告、2012）（Kojima et al., International Workshop on Advanced Image Technology, 2013）においては、画面輝度が低い映像の場合、鮮明度やコントラスト等の奥行き手がかりが減少し、輻輳が低下した可能性が示唆されている。さらに、画面輝度の変化にともなう調節の値の変化については、被写界深度の影響が考えられると指摘されている。

立体映像が生体に及ぼす影響についての知見は未だ十分でなく、そのメカニズムも解明されていない。3D 映像の安全な視聴には、実証研究の更なる蓄積に加え、その影響を定量的に評価していくことが必要である。

5. 主な発表論文等 (研究代表者には下線)

〔雑誌論文〕(計 4 件)

- [1] Takada M., Fukui Y., Matsuura Y., Sato M., Takada H., Peripheral Viewing during Exposure to a 2D/3D Video Clip: Effects on the Human Body, Environmental Health and Preventive Medicine, 20(2), 79-89, 2015. 査読有
- [2] 松浦康之、高田宗樹、立体映像刺激による映像酔いの生体影響、日本衛生学雑誌、査読有、71(1), 2-11, 2016. 査読有
- [3] 木下史也、森柚樹、杉浦明弘、山川達也、松浦康之、高田宗樹、宮尾克、長時間の立体映像視聴が体平衡系および自律神経系

に及ぼす影響、日本衛生学会誌、71(1), 30-36、2016. 査読有

- [4] 木下史也、森柚樹、松浦康之、高田宗樹、宮尾克、若年者胃電図の数値解析とその数理モデル化に関する研究、電気学会論文誌C、査読有、136(9), 1261-1267、2016. 査読有

〔学会発表〕(計 7 件)

- [1] 松浦康之(2014.07.05.) サイバネティクスの視点からみた予防医学の現状と課題、日本政治学会分野別研究会「政策・制度研究会」(招待講演) 明治大学駿河台キャンパス
- [2] M. Takada, T. Sakai, Y. Matsuura, M. Miyao, T. Hirata, H. Takada, Stability of Systems to Control Upright Postures of Young People, (2014.08.05.), World Automation Congress 2014, Waikoloa Hilton Village, Kona, Hawaii, USA
- [3] 松浦康之(2014.12.26.) ウェアラブル機器を用いた生体信号計測と健康管理への応用、講演会「健康増進・ヘルスプロモーションに関する数学ニーズの発掘」(招待講演) 福井大学文京キャンパス
- [4] Y. Matsuura. (2015.11.10) Health Situation and Future Task of ASEAN: Following the Announcement of ASEAN-Japan Health Initiative, Intercultural Learning and Community Engagement 2015 (招待講演), Oita Prefectural College of Arts and Culture, Oita, Japan
- [5] 松浦康之(2015.12.21)、ウェアラブル機器を用いた健康管理の現状と今後の展望、ワークショップ「ウェアラブル機器によって得られた医療ビッグデータを活用するための数理モデルの開発」(招待講演) まつや千千、福井
- [6] F. Kinoshita, K. Iwata, Y. Matsuura, M. Miyao, H. Takada (2016.07.20.) Changes of Potential Functions while Maintaining Upright Postures after Exposure to Stereoscopic Video Clips, 18th International Conference on Human-Computer Interaction, The Westin Harbour Castle Hotel, Toronto, Canada.
- [7] 松浦康之(2016.12.24)、VRによる地域医療および地域包括ケアシステム、ソーシャルキャピタルに関するワークショップ(招待講演) 明治大学駿河台キャンパス

〔図書〕(計 1 件)

- [1] Eds: M. Antona, C. Stephanidis, Universal Access in Human-Computer Interaction. Interaction Techniques and Environments, Springer International Publishing, Gewerbestrasse, Switzerland, 2016 年; F. Kinoshita, K. Iwata, Y. Matsuura, M. Miyao, H. Takada: Changes of Potential Functions while Maintaining Upright Postures after Exposure to Stereoscopic Video Clips,

pp.279-286 (分担執筆)

〔産業財産権〕
○出願状況(計 0 件)
○取得状況(計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

松浦 康之(MATSUURA Yasuyuki)

明治大学・研究・知財戦略機構・研究推進員

研究者番号: 30551212

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし