

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和元年6月26日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K01279

研究課題名(和文) 超高精細映像がヒトに高臨場感をもたらす仕組みの視覚神経生理学的検討

研究課題名(英文) Does high presence induced by high definition movies affect eye movements, the autonomic system, and sensation of depth?

研究代表者

飯島 淳彦 (IIJIMA, Atsuhiko)

新潟大学・自然科学系・教授

研究者番号：00377186

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：高精細映像がもたらす臨場感が生体に与える効果・影響を、輻輳開散眼球運動(vergence)と自律神経機能の計測から検証した。高精細映像の視聴では、映像酔いに容易に陥りやすいことが予測されるため、映像酔いと高精細映像との関係を調査した。また、高精細映像では3D映像でなくても立体感を惹起する可能性があり、その立体感の有無をvergenceを指標として定量的に調査した。その結果、高精細映像では、予想に反して他の低解像度映像に比べて映像酔いを示す傾向が低かった。また、高精細映像では2次元画像からも奥行き感覚を惹起していた可能性が示された。高精細映像による高臨場感が自然な生体反応に寄与したと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年広まりつつある高精細映像の生体影響について、視覚系、自律神経系の観点から調査した。これにより、快適で安全に迫力と臨場感のある映像を視聴するために必要な配慮や注意点を示すことが出来た。特に、映像製作者に対しては、迫力を追求するが余り過度な映像表現を使用するのではなく、視覚的な要素を抑えても迫力や臨場感、立体感をも伴って映像を表現できる可能性を提案できる。学術的には、映像酔いの発症を抑えるための方法と、両眼視差以外の絵画的要素による奥行き感覚の誘発について、先導的な結果を示すことが出来た。

研究成果の概要(英文)：Biological responses to high definition movies were investigated in focusing on vergence eye movements and the autonomic nervous system. The questions of this study were (1) could high definition movies induce visually induced motion sickness (VIMS) and, (2) could those images elicit depth perceptions in subjects from 2D image objects. Subjects viewed test movies with 3 types of controlled visual resolution and recorded vergence eye movements and ECG and EGG simultaneously. Contrary to our expectations, the results of the experiments showed the high definition movie might have low risk to induce VIMS. Sensation of depth might arise from high resolution images without binocular parallax. These results indicate that high definition images could evoke natural sensation and presence to viewers. Therefore, high definition moves could be effectively for generating exciting emotion without excessive image contents.

研究分野：生体医工学

キーワード：輻輳眼球運動 映像酔い 自律神経 生体影響 立体感 奥行き感覚

1. 研究開始当初の背景

時代は超高精細映像へ・・・IEEE GCCE2014 (幕張)にて、3D映像の生体安全に関する講演[1]を終え、併催のシーテックに行くと高精細テレビの展示で賑わっていた。地デジの後、2016年に4Kテレビの放送を、そして2020年の東京五輪に合わせた8Kスーパーハイビジョン放送に向けて映像は急速に高精細化へ進んでいる最中であった。

8Kは従来のハイビジョンの16倍の解像度を持つ。8Kの映像を体験すると、3D映像でないにも関わらず画面に吸い込まれる感覚と、強い立体感を得た。静止画でもクラクラする感覚すら生まれた。これがいわゆる高臨場感というものなのだろうか。

臨場感とは、「その場にいるような感覚」と説明されるが、それらを生み出す要素は生理・心理・物理分野の多岐に渡り、簡単に定量できない[2]。臨場感を高める研究は映像機器の開発と相まって行なわれてきており、スピーカや音場の再現方法など音響について研究されている[3]。また映像の解像度と臨場感の関連に注目した研究[4]や3D映像の効果により臨場感を高めようとする研究もある[2]が、過度の3D映像は「映像酔い」を引き起こしやすい[5]。

研究代表者はこれまでに、視覚系や自律神経系を中心に計測し映像が生体に与える効果・影響を評価してきた。3Dと2D映像の視聴実験を比較すると、2Dでも研究対象者は十分に立体感を感じ、輻輳開散眼球運動が観察された。つまり、両眼視差以外の要素が研究対象者に立体感と輻輳開散眼球運動をもたらした[6]。そもそも3D映像自体に苦手意識があり、3D映像を感じることができないという研究対象者も一定数いる。臨場感を得るために3D映像を用いるのではなく、高精細映像を活用して、2Dでも高臨場感を得られる可能性を検討する必要があった。

2. 研究の目的

本研究では、「高臨場感=3D映像」とは違う視点に立ち、2D映像でも立体感を感じるメカニズムを視覚系の実験から明らかにし、3Dが苦手だという人でも安心して楽しめる映像環境を科学的に検証することを目的とした。また、映像酔いを誘発する要因に解像度がどの程度寄与するかなど、臨場感と映像酔いの関係も調査した。

最終目標：安全な映像環境を視覚神経生理学的な分析から提案する

上記の目的を果たすために、視覚系(眼球運動計測)、自律神経系(瞳孔反応や心電図等)、の計測を用いて人を用いた実験を行い、以下の課題に取り組んだ。

- ・高解像度だと映像酔いになりやすいか？
- ・高精細2D映像が生み出す立体感や奥行き感覚の源は何か？

3. 研究の方法

3.1 全体に共通する事項

研究対象者に対して視覚刺激を与え、その際の眼球運動・瞳孔反応、心電図等の循環系指標の測定を行った。視覚刺激は、高精細映像の呈示可能な4K液晶テレビと比較の実験ではハイビジョン対応の液晶ディスプレイを用いた。なお、本研究は新潟大学の研究倫理委員会の承認を得て実施した。

3.2 動画を用いた画質の違いと映像酔いの関係

4Kビデオカメラで撮影したバイク走行中の車載映像を、4K画質(以下、4K)、ハイビジョン画質(以下、HD)、アナログ画質(以下、SD)の3種類の解像度に編集し、研究対象者に呈示した。研究対象者は同じ内容の実験映像を4K、HD、SDで視聴するため、解像度ごとに1日以上の日を空け、ランダムな順序で呈示することにより、慣れの効果、順序効果を排除した。これらの映像視聴に対する研究対象者の反応を測定した。主観評価として、映像酔いの主観評価アンケートSSQ[7]を実施した。客観評価として、心電図[8]、胃電図[9]を計測した。これらの計測項目を解像度ごとに比較した。

3.3 静止画を用いた画質と奥行きに関する実験

4K、HD、SDのそれぞれの解像度に編集した静止画像を使用し、画面中の指定した注視点(近景(画像内の比較的近い被写体領域)と遠景(画像内の比較的遠い被写体領域))を研究対象者に注視させた。刺激画像を注視しているときの研究対象者の輻輳眼球運動を計測した。

3.4 静止画を用いた奥行きに関する実験

3Dテレビを用いて、画面に呈示した図形の奥行き感に関する判定実験とその際の輻輳眼球運動を計測した。研究対象者の頭部には、円偏向フィルタを付けたゴーグル型の眼球運動計測装置

(NEWOPTO ET-60-L) を装着し、暗室で実験を行った。刺激画像には、黒で塗りつぶした正方形と菱形を左右に並べ、それぞれの図形に3段階の視差量(0.3 deg, 0.6 deg, 0.9 deg)を与えて、画面より手前側に飛び出した画像を用いた。正方形と菱形の配置関係を、正方形と比べて、菱形に近い(Near 刺激)、同じ距離(Equal 刺激)、遠い(Far 刺激)の3つに設定した(図1)。研究対象者は、正方形と菱形について、より近くに感じた方を選択し、設定された正しい奥行きを回答した場合を正解とした。

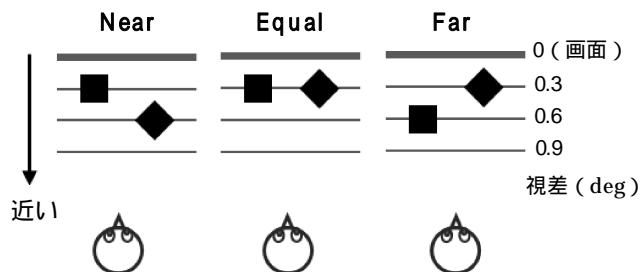


図1 正方形と菱形図形の奥行き判定実験

4. 研究成果

4.1 高精細映像と映像酔いの関係

図2はSSQの結果である。「総合点」、「気持ち悪さ」の項目でHD, SDに比べ、4Kはスコアが小さくなる傾向があり、主観評価では4KはHD, SDに比べ、酔い症状が小さいことが示唆された。交感神経の活性度の指標となる心拍数のLF/HFの平均値では(図3), HD, SDに比べ、4Kは小さな値を示した。さらに、図4は映像酔いの指標になるとされる胃電図の4~9cpm成分の平均振幅であり、こちらも4KではHD, SDに比べ、小さな値を示した。以上より、主観評価、客観評価ともに、4KはHD, SDと比べ、酔い症状が小さいことが示唆された。

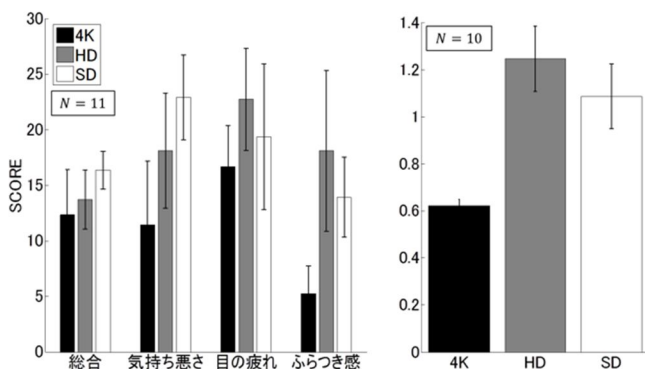


図2 SSQ

図3 LF/HF

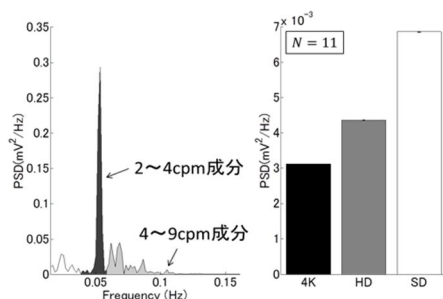


図4 胃電図

4.2 静止画を用いた画質と奥行きに関する実験

使用した刺激画像は、広い視野と狭い視野のそれぞれ自然画像であった。どちらにも、その画像内における近景点と遠景点を指定し、その点を注視中の輻輳眼球運動を記録した。各刺激画像は、4K, HD, SDの3種類の画質を用意して実験を行った。その結果、狭い視野を描画した画像の近景点の注視では4Kにおいて輻輳が、広い視野の遠景点の注視では4Kに置いて開散が観察された(図5)。これらは、2D画像にも関わらず、撮影された風景内の奥行きを注視している

ような眼球運動を示しており、その現象は4K画像で顕著であった。一方、解像度の低い画像では、実際の奥行きとは異なる点を注視しているような眼球運動となり、奥行きに対する輻輳眼球運動が不正確であった。

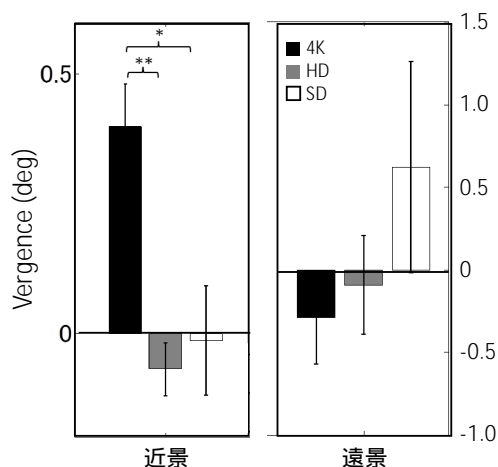


図5 2D画像に対する輻輳眼球運動

4.3 静止画を用いた奥行きに関する実験

奥行き判定実験の正答率の結果を図6に示した。正方形と菱形の配置関係ごとに比較すると、Near 刺激と Equal 刺激 ($p < 0.01$)、Near 刺激と Far 刺激 ($p < 0.05$) で有意な差があり、Equal 刺激と Far 刺激の正答率は、Near 刺激よりも低くなった。

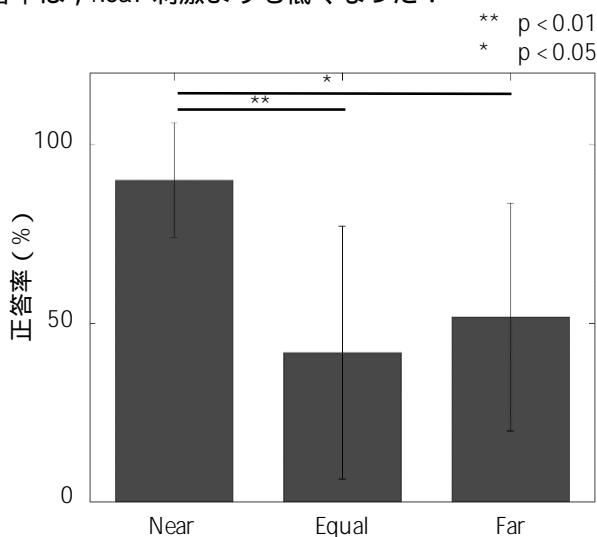


図6 各条件における奥行き判定実験の正答率

Equal 刺激における輻輳角の結果を図7に示した。輻輳角は、どの視差においても、正方形よりも菱形で僅かに大きくなる傾向があった。

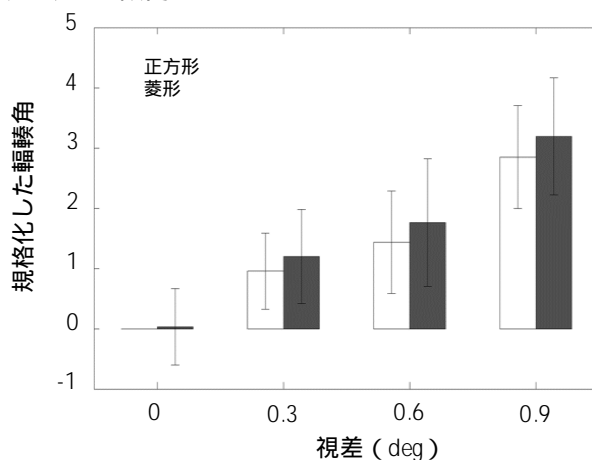


図7 Equal 条件での正方形と菱形図形を注視中の輻輳角の比較

4.4 まとめ

本実験で用いたような車載カメラで撮影した走行風景の映像では、高精細映像は他の画質に比べて映像酔いの症状が見られなかった。酔い症状以外にも眼の疲労感についても 4K 映像の視聴では、他に比べて値が小さかった。映像酔いの誘因と考えられる視覚と他の感覚のミスマッチが、高精細映像では少なくなる可能性が示唆される。解像度が高いと、画面に映し出される視対象の動きを正確に表現できるため、過度の眼球運動が制限されたのではないかと推察される。

静止画についても、高解像度画像が生体にとって効果的であった。高解像度画像では、2次元画像にも関わらず、視対象が実世界にて奥行きに対して輻輳を示した。これは、2次元画像から立体的感覚を想起した結果と推察される。

以上より、高精細映像は視対象や視空間を正確に表現できるため、それらを視聴するヒトにとっては自然な反応を誘発する可能性が示唆された。

また、錯視を応用した実験により、2次元画像の奥行き感覚についても検証した結果、研究対象者が感じた知覚を優先する形で空間的認知が誘導され、また眼球運動もそれを示唆する結果であった。

これらを総合すると、高精細映像を上手に活用すれば、映像酔いの発症を抑え、両眼視差に頼らなくとも臨場感や奥行き感覚の高い映像表現ができる可能性がある。

参考文献

- [1] Iijima A, et al., Vergence eye movements affected by 3D and 2D visual stimuli, IEEE GCCE 2014.
- [2] 安藤広志ら, 臨場感の知覚認知メカニズムと評価技術, 情報通信研究機構季報, 2010.
- [3] K. Hamasaki, et al., A 22.2 multichannel sound system for ultrahigh-definition TV, SMPTE Motion Imaging J., 2008.
- [4] 究極の高臨場感システムのための基盤技術研究, NHK 技研研究年報, 2007.
- [5] Naqvi SA, et al., Badruddin N, Malik AS, Hazabbah W, Abdullah B. Does 3D produce more symptoms of visually induced motion sickness? Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.2013.
- [6] Iijima A, et al., Vergence eye movements signifying 3D depth perception from 2D movies, Displays, 33, 91-97, 2012.
- [7] Kennedy, N.E., et al., Simulator sickness questionnaire, An enhanced method for quantifying simulator sickness. The International Journal of Aviation Psychology, 3, 203-220, 1993.
- [8] 中川千鶴ら, VE 酔い評価手法の開発に向けての基礎的検討, 映像情報メディア学会, 1998.
- [9] David Z., et al., Clinieal Applications of Electrogastrography, The Amerjcan Journal of Gastroenterioigy, 88(9), 1324-1336, 1993.

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

1. 板東武彦, 田中明, 飯島淳彦, 杉田典大, 氏家弘裕, 仮想環境と自律神経活動 健康安全を守る取り組みと自律神経活動を用いた評価, 自律神経, 55(4), 262-268, 2019.
2. Yamazaki T., Yamamoto R., Iijima A., Study of Relationship between Physiological Index and Quality of Experience for Video Streaming Service, IEICE Communications Express, 7(6), 218-223, 2018.
3. Kodera R., Tanahashi S., Iijima A., Maeda Y., Measurement of Eye Movement in Visual Search for a Target Symbol and Simulation to Construct a Small-World Network, Advanced Biomedical Engineering, 6, 129-133, 2017.

〔学会発表〕(計 4 件)

1. 山田哲也, 飯島淳彦, 立体画像における図形の回転角度が奥行き知覚に与える影響, 第 38 回日本生体医工学会甲信越支部大会, 新潟, 2018.
2. 井田彰信, 板東武彦, 飯島淳彦, 4K 高精細ディスプレイを用いた解像度の違いと映像酔いの関係, 第 37 回日本生体医工学会甲信越支部大会, 甲府, 2017.
3. 山本椋平, 飯島淳彦, 山崎達也, ビデオストリーミングサービス視聴時の生理指標とユーザ体感品質の関係性の検討, 信学技報, 117(304), CQ2017-78, 45-20, 香川, 2017.

4. 山本椋平, 飯島淳彦, 山崎達也: 映像ストリーミングサービスに対する生理指標を用いた映像品質評価の検討, 電子情報通信学会信越支部大会, 長野, 2017.

〔その他〕
ホームページ等

<http://npbme.eng.niigata-u.ac.jp/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名: 長谷川 功

ローマ字氏名: Isao Hasegawa

所属研究機関名: 新潟大学

部局名: 医歯学系

職名: 教授

研究者番号(8桁): 60282620

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。