

令和 2 年 7 月 14 日現在

機関番号：34106

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K16105

研究課題名(和文)4K・HDRディスプレイに表示された周辺視をとまなう立体映像が生体に与える影響

研究課題名(英文)Effect of low/high-definition stereoscopic video clips on the physical function

研究代表者

高田 真澄(Takada, Masumi)

四日市看護医療大学・看護学部・講師

研究者番号：50760998

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): 本研究の目的は、1.高精細映像視聴時における立体映像視認時における周囲像が生体に与える影響を特に脳血流動態変化から検討すること、2.立体映像を追従視、周辺視することによる脳血流動態から「眼疲労」や「映像酔い」が生じる機序を明らかにすることである。

結果、高精細画像と比較して低精細画像では脳血流動態のOxy-Hb濃度が増加した。また、ターゲットを追視しない周辺視においてOxy-Hb濃度の上昇が顕著であった。これらの結果を腹側視覚路システムで考えると、低精細画像の視認、周辺視の視認は脳活動の亢進を生じ、「眼疲労」や「映像酔い」の原因になることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

VR(Virtual Reality)技術が近年、教育、産業分野等への活用が期待されている。特に、VRの特性である臨場感が教育効果を促していることが期待されている。一方で、「眼疲労」や「映像酔い」に関する課題にも取り組む必要があり、臨場感を損なわずして、快適に視聴できるコンテンツの開発だけでなく、快適・安全な視聴方法を提唱していくことが望まれる。

本研究では、ヘッドマウントディスプレイ(VR)を用いた高精細/低精細映像および立体映像をさまざまなコンテンツを用いて視聴させ、視聴時の脳血流動態から「眼疲労」、「映像酔い」を評価し、安全・快適な映像視聴に関する基礎データを得ることができた。

研究成果の概要(英文): The aim of this study is to investigate the effect of low-definition stereoscopic visual field narrowing on the cerebral hemodynamics. Based on the cerebral blood flow dynamics observed in this study, we also clarify a part of the mechanism that causes "Eye fatigue" and "Visual sickness" during stereoscopic vision and peripheral vision, respectively.

The Oxy-Hb concentration in cerebral hemodynamics increased while viewing low-definition images compared to high-definition images. In addition, the Oxy-Hb concentration increased while viewing a video clip without surrounding elements, and the Oxy-Hb concentration increased significantly in peripheral vision without tracking the target. According to these results, we can consider that the ventral visual tract system is enhanced during the visual recognition of low-definition images and the peripheral vision. It was also suggested that "Eye fatigue" and "Visual sickness" might be caused by the increase of the brain activity.

研究分野：生体医工学

キーワード：デザイン評価分析 生体医工学 パーチャルリアリティ 衛生学 脳科学

## 1. 研究開始当初の背景

近年、さまざまな立体映像表示システムが開発された。立体視用の眼鏡を必要とするものが一般的であるが、2視点および多視点の裸眼式立体映像ディスプレイも普及しつつある。しかし、これらのいずれにおいても、「頭痛、嘔吐、眼疲労などの不快な症状惹起」、「臨場感、実在感の欠如」といった問題が指摘されている。特に、日本製の立体テレビの場合には、両眼視差が1度以内になるよう設定されているため、ダイナミックな動きを表現しきれていない。これらは、いずれも立体映像視認に伴う眼疲労惹起の原因が不明であるため、立体映像およびその表示システムに関する的確な製作基準が設定されずに、過剰な「映像酔い」の予防策が講じられている。

### a. 立体映像視認に伴う眼疲労惹起の通説

自然視では、水晶体調節と輻輳調節が一致している。しかし、立体映像視認時においては水晶体調節が画像を表示しているディスプレイ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調節と輻輳の不整合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いる(Toates, Doc. Ophthal. 1974; Cruz-Neira *et al.*, Proceedings of SIGGRAPH '93, 1993; Hoffman *et al.*, J. Vis., 2008; Shibata *et al.*, Proceedings of the SPIE, 2011)。

**b. 被写界深度** Patterson (J. SID, 2009) によれば、視認条件が十分に明るい場合、視標の被写界深度の幅は平均で 1.0 D (ジオプトリー)のオーダーとしている。彼は、a 項で述べた調節と輻輳の不整合は近接ディスプレイ特有の問題であると考察している。被写界深度に影響する要因は、瞳孔径と解像度であり、映像の視認条件は瞳孔径に影響する。例えば、a 項で述べた Shibata ら(2011)は高い空間周波数の視刺激を用いているものの、画像の平均輝度は 0.13 cd/m<sup>2</sup> と視認条件は暗く、被験者の瞳孔径は拡大して被写界深度は浅くなっていたと考えられる。

**c. 融合立体視限界** 立体画像の輻輳性融合立体視限界に関する人口分布が求められている(長田, TVRSJ, 2002)。全被験者の 84% が両眼視差 2 度の 2 平面像を立体視できている。このときの視標は周囲像のない単一視標である。他の視差像がない場合は、2 重像から 1 つの像にするという輻輳調節過程が正帰還系として機能しやすいと考察している(Nagata, Ergonomics, 1996)。

任意に視点を動かすことを許すと、視距離の異なる対象を次々と被験者は視認することになる。その都度、時間変動を伴いながら水晶体調節と輻輳調節の 2 つの制御系に相互作用が生じるようになる。この非平衡状態こそが生体制御系に負担を加えており、脳内における視覚情報処理に過負荷であることが考えられる。間欠的な水晶体調節と輻輳調節の不一致も生み出しており、そのことが視覚情報と感覚情報とのアンバランスにつながり映像酔いを引き起こしていると考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究の全体構想は、1. 高精細画像に表示された立体映像視認時における周囲像が生体を与える影響、特に脳血流量の変化から「脳内における立体的な周囲像に関する視覚情報処理が過負荷になっている」ことを検討し、2. 遠近感の手がかりになる周囲映像がない立体映像を追従視、周辺視することによる脳血流動態変化の評価をし、「眼疲労」や「映像酔い」が生じる機序を明らかにすることで安全かつ快適な映像視聴に役立つエビデンスの構築を目的とした。

## 3. 研究の方法

立体映像視認時によって生じる「眼疲労」や「映像酔い」の機序を解明する事を目的とし、1. 解像度の異なる映像視認における脳血流動態変化について調査・検討を行った。申請時では、4K ディスプレイでの視聴時の生体影響の評価であった。実験の特性上、ディスプレイ以外の視覚情報を除去するためには、ヘッドマウントディスプレイで実験する必要があった。ヘッドマウントディスプレイには 4k 表示が技術上適応されておらずヘッドマウントディスプレイでは最高精細度の 2K と低精細度の 360p で行うこととなった。

2. 周辺視が脳血流の変化に与える影響を実験的に明らかにするために、(1) 周辺視が伴わない背景なしの立体映像コンテンツおよび、(2) 周辺視することによって遠近感がえられる背景映像をとまなう立体映像コンテンツ(2D/3D)の視聴評価を行った。

先行研究において、長時間立位映像暴露の影響を実証的に調査する際、酔いに関係する重心動揺検査の指標として用いた視覚刺激用 2D 映像を( )、これに通常の 2D/3D 変換を行なって得られた立体映像を( )とする。この映像をもとに、周囲像をなくすことで周辺視が伴わない立体映像コンテンツ( )および周辺視することにより遠近感の手がかりのある立体映像コンテンツ( )を用いた。

<脳血流動態>

Near infrared spectroscopy (NIRS)は、ヘモグロビンが近赤外光を吸収する性質を利用したものであり、生体における血液量を非侵襲的に計測することが可能である。大脳皮質の賦活反応性時間経過を、照射光と検出光の値からヘモグロビンの濃度変化を算出することによって非侵襲的かつ全体的に捉えることができる。測定チャンネル ch1-ch48 を用いて頭部表面全体に配置

し、脳血流変化を 55Hz で計測し、酸化ヘモグロビン濃度の高周波成分を平滑化し、積分値を算出した。その後、酸化ヘモグロビン濃度の積分値を、Wilcoxon の符号付順位和検定にてチャンネル毎の比較を行った。(有意水準 0.05)

#### 4. 研究成果

4.1 画像精細度の異なる映像の視認評価では、高精細画像に対し、低精細画像視認では前頭葉の全てのチャンネル、側頭葉上部の一部、後頭葉上部の一部で oxy-Hb 濃度が増加した (Fig.1)。画像の精度が低下したことによって視覚対象の認識や把握が困難になり、視覚情報処理過程に作業負荷が加わったためであると考えられる。また、腹側視覚経路の活動を示す側頭葉 ch19 と背側視覚経路の活動を示す後頭葉 ch37 の振幅二乗コヒーレンスから相関があることが示された。

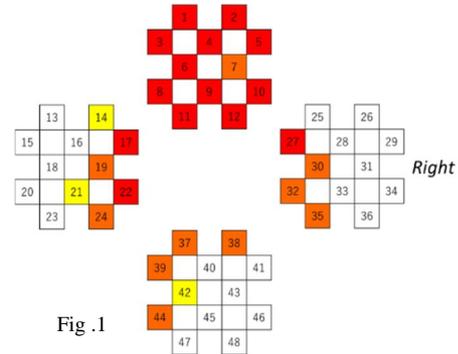


Fig. 1

腹側視覚システムに前頭葉への経路を加えたモデルが提唱されている<sup>1)</sup>。腹側経路を構成する神経細胞は空間分解能が高く、物体の形状や色、局所的な運動野奥行情報に選択性をもっている。ここでは、腹側視覚路は側頭葉から海馬、扁桃体を経て前頭眼窩野に達するとされる。加えて、前頭連合野における血流の亢進もみられることから、周辺視の指示があるものの指標への眼球運動制御がはたらいっていることが窺える結果となった。

4.2 視認映像が背景なしの場合、Pre と比較すると追従視時より周辺視時の酸素化ヘモグロビン濃度の値の方がより大きく変動した (Fig.2)。しかし、視認映像が背景ありの場合では顕著な変動はみられなかった。これは、背景あり映像では画面の情報量が増え、視標以外へ注意散漫となすためと考えられる。背景の有無にかかわらず、Pre と比較すると追従視時より周辺視時の方が後頭葉上部に酸素化ヘモグロビン濃度の増大がみられた。NVC (Neuro-Vascular-Coupling) を仮定すると、周辺視時において後頭葉上部の脳活動が亢進したといえる。これは、背側視覚路における脳活動が亢進したためと考えられ、立体映像酔いの機序を考えるうえで手がかりとなり得る。また、Pre と比較して前頭葉における酸素化ヘモグロビン濃度の増大がみられたのは、背景なし映像の周辺視認時のみであった。前頭葉には思考するはたらきがある。この映像には視標の運動以外、遠近感の手がかりとなる情報は存在しないため、特に周辺視時に空間認知に関わる思考を要したと考えられる。一方、追従視時には視標の運動により、遠近感に関する情報が腹側視覚路を介して前頭葉に入力されたことが考えられる。上述したように周辺視時においては空間認知を司る背側視覚路における脳活動が亢進しているものの、背景の遠近感に係る情報欠損が生じたことから、前頭葉にて空間認知を補完する思考がはたらき、前頭葉における酸素化ヘモグロビン濃度の増大がみられたと考えられる。

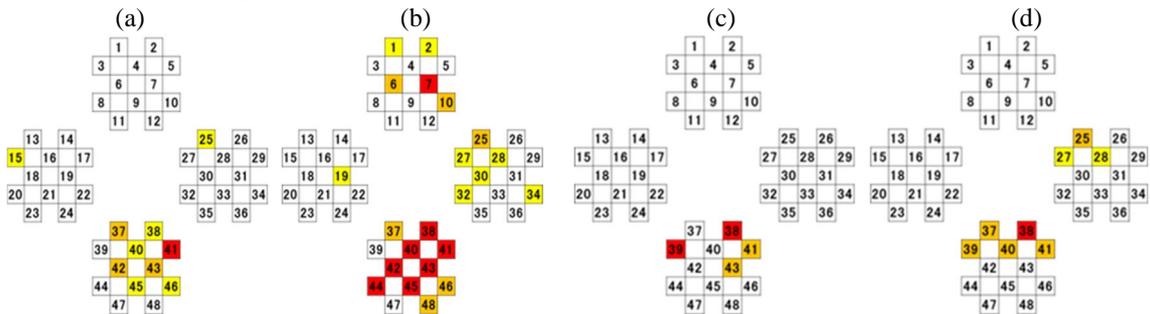


Fig. 2 映像視認時における酸素化ヘモグロビン濃度の増大が統計的にみられた ch; 背景なし映像の追従視(a), 背景なし映像の周辺視(b), 背景あり映像の追従視(c), 背景あり映像の追従視(d).

(■:p<0.01、■:p<0.05、■:p<0.10)

#### 5.参考文献

[1] Ungerleiser, L.G. & Mishkin, M. "Two cortical visual systems", In Analysis of visual behavior (ed. Ingle, D.J. et al), Cambridge, MA, USA: MIT Press, 1982

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Tanimura T, Iida D, Jono Y, Takada M, Matsuura Y, Takada H.	4. 巻 28巻
2. 論文標題 Nonlinear Analysis Using Multiple Cutoff Frequencies for Local Cerebral Blood Flow during Biofeedback Training	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 J. Adv. Med. Res.	6. 最初と最後の頁 1-23
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 木下史也, 高田宗樹, 藤掛和広, 杉浦明弘, 高田真澄	4. 巻 39
2. 論文標題 運動負荷が胃腸活動および胃電図に及ぼす影響に関する研究	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 デサントスポーツ科学	6. 最初と最後の頁 103-113
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kinoshita F., Fujita K., Miyanaga K., Touyama H., Takada M., Takada H.	4. 巻 8
2. 論文標題 Nonlinear Analysis of Electrogastrograms During Acute Exercise Loads	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Sports Medicine & Doping Studies	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4172/2161-0673.1000201	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 5件/うち国際学会 6件）

1. 発表者名 Amano N, Takada H, Jono Y, Tanimura T, Kinoshita F, Miyao M, Takada M
2. 発表標題 Analysis of the body sway while/after viewing visual target movement synchronized with background motion
3. 学会等名 HCI12018（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takada M, Ito K, Tanimura T, Tahara H, Sugiura A, Takada H.
2. 発表標題 The Impact of 3D Games on Brain Blood Flow Dynamics and its Utilization
3. 学会等名 ICCSE2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kinoshita F., Fujita K., Miyanaga K., Touyama H., Takada M., Takada H.
2. 発表標題 Analysis of Electrogastrograms during Exercise Loads
3. 学会等名 HCI12018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yasuyuki Matsuura, Toshitake Miyakoshi, Fumiya Kinoshita, Masumi Takada, Akihiro Sugiura, Hiroki Takada
2. 発表標題 Metamorphism of Potential Functions while peripheral Viewing 2D/3D Video Clips with/without Backgrounds
3. 学会等名 HCI2016 INTERNATIONAL (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Masumi Takada, Shota Yamamoto, Masaru Miyao, Hiroki Takada
2. 発表標題 Effect of Low/High definition Stereo Scopic Video Clips on the Equilibrium Function
3. 学会等名 Human-Computer Interaction 2019 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masaeru Miyao, Masumi Takada, Hiroki Takada
2. 発表標題 Visual Issue on Augmented Reality Using Smart Glass with 3DStereoscopic Images
3. 学会等名 Human-computer Interaction 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Masumi Takada, Hiroki Takada, Masaru Miyao, Kouki Nagamune, Yosuke Uozumi, Shu Matsuura, Fumiya Kinoshita, Kazuhiro Fujikake, Yasuyuki Matsuura	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 135
3. 書名 Stereopsis and Hygiene	

1. 著者名 Masumi Takada	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 143
3. 書名 Stereopsis and Hygiene	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------	---------------------------	-----------------------	----