

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：34104

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420399

研究課題名(和文) 2眼および多眼3D映像の生体応答による評価

研究課題名(英文) Evaluation of Binocular and Multi-view 3D image with Biological Response

研究代表者

奥山 文雄 (OKUYAMA, FUMIO)

鈴鹿医療科学大学・医用工学部・教授

研究者番号：70134690

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)：2眼および多眼3D映像の特徴は主に視差による奥行き感呈示にあるが、奥行き感を生体応答から客観的な測定で評価する。そこで、眼球の水平輻湊運動を測定して奥行き感を評価することが目的である。3D映像鑑賞中の水平輻湊眼球運動を、瞳孔径のテレビ映像処理から精度0.2度で計測するシステムを利用して測定することができた。結果は一般的な自然な3D映像鑑賞中の輻湊は頻繁な大きな衝動性眼球運動にもかかわらず、輻湊は小さく急激な変動は測定できなかった。3D映像内の呈示視差量と視差分布は奥行き感には大きな影響を与えると考えられるが、視差と輻湊の関係の解明は今後の課題である。

研究成果の概要(英文)：The characteristics of binocular and multi-view 3D images are primarily in the sense of depth perception due to parallax, so we evaluated the sense of depth from the objective biological response. Therefore, the purpose is to evaluate the depth perception by measuring the horizontal vergence eye movement of the human eye. We were able to measure horizontal vergence eye movement during 3D image viewing, using the system measuring the pupil TV image processing with accuracy of 0.2 degrees. We found saccade and pursuit eye movements frequently with large magnitude during general natural 3D image viewing, but we found a small vergence without sudden fluctuations. It is suggested that presented parallax amount and distribution in 3D video image have a large influence on depth perception, but elucidation of the relation between parallax and vergence is a future task.

研究分野：視覚光学

キーワード：3D映像 輻湊 調節 両眼視差 奥行き感

1. 研究開始当初の背景

(1) 3D 映像のメリットと現状

3D 映像ディスプレイは、人間に与える影響が少なく、三次元の視覚空間を自然視と同じような視環境で呈示することで、臨場感や奥行き情報を提供できることが理想的である。光学的な方法にはこの条件を満足するものもあるが、現代の一般的な3D ディスプレイには、画質である色彩、動的な動きの表現、遠隔通信やコンピュータ制御、物理的な大きさ、環境などの多くの要求や制約がある。そこで、一般に実用的に利用するためには、その構造は平面あるいは平面に近い構造が求められ、3D 映像は主に人間の立体視機能を利用して、奥行き感を表示する。水平立体視機能のみを利用した2眼式または多眼式3D ディスプレイは、主に水平視差で奥行き感を表現・呈示でき、少なくとも2画面で構成することができるので、現状の地上波やネットワークなどの通信量の少ない通信手段を利用できるメリットがある。

(2) 原理的限界

両眼で注視物体を観察した場合には、左右眼の網膜上に水平視差の違う映像が投射され、ある視差の範囲で両眼視の融像によって1つの視覚映像として知覚される。両眼の網膜像が1つに融像される範囲はパナム融像範囲(Panum's fusion Area)と呼ばれている。両眼は視差の違った映像を受容して、この両眼網膜像の視覚情報から脳の高次機能で左右眼の映像が融合され奥行き感が知覚される。

しかし、原理的な限界は調節と輻湊にあり、2眼式3D 映像では注視物体への調節点と輻湊点が一致しないため、約 $\pm 0.3D$ の調節深度と15~30分の視差の範囲で、調節と輻湊が一致して両眼の網膜像が融像して見える単一両眼視範囲(Zone of clear single binocular vision)を満足できないことがある。この範囲内では人間の眼の光学特性から生じたボケを一定範囲にすれば、少ない不快感や疲労で鑑賞することができる。

(3) 3D 映像の品質向上

現状の2眼および多眼3D 映像では、映像の品質を向上させ、より不快感や疲労の少ない、鑑賞しやすい映像が求められている。

2. 研究の目的

本研究では一般の3D 映像を鑑賞する条件で奥行き感と輻湊の関係を求め、3D 映像の品質を向上させることを目的とする。視差と奥行き感を心理学的方法で求める方法もあるが、動的な立体画像で解析するのは難しいので、輻湊を時間的に連続的に測定することで、人間の奥行き感を推定する。

3D 映像の特徴である奥行き感は、主に両眼視差に

よって得られることがわかっている。一般の3D 映像では広い視野範囲に視差分布があり、中心窩からの視差と網膜周辺からの視差が影響していると考えられ、直接、その効果を調べることは困難である。そこで、奥行き感によって生じる輻湊を測定して、奥行き感を求める。

3. 研究の方法

(1) 3D 映像の呈示

3D テレビには、55インチ裸眼3D テレビ(55X3 東芝製)を用いた。このテレビの画面サイズは121.0cm幅 \times 68.0cm高、対角線138.8cm(54.6インチ)で、解像度は4K2K(3840 \times 2160ドット)である。これを視距離200cmの位置に呈示した。視環境は約300lxの室内光である。

(2) 輻湊の精密測定

水平輻湊の測定には(株)ニューオプト社の立体視度計測システムET-3D10を用いた。

測定原理は前眼部を赤外線LEDで照射し、両眼の瞳孔を赤外線カメラで撮影して瞳孔径と瞳孔中心位置を画像処理で求める。光源は近赤外LED 850nm、解像度水平300TV、サンプリング周波数30Hzである。瞳孔径と瞳孔位置から瞳孔間距離、輻湊角、視差角をサンプリング周波数30Hzで求めることができる。光学的な測定精度は大人の標準眼から眼軸長24mm、回旋点を角膜後面から約13mmとすれば、カメラの解像度から $10\text{mm}/238\text{画素} = 0.042\text{mm}$ 、測定精度 $= \tan^{-1}(0.042/13) = 0.1851$ 度である。図1、2に装置のモニタ画面と装着を示す。

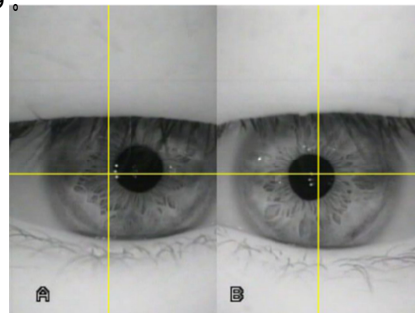


図1 赤外線カメラのモニター画面

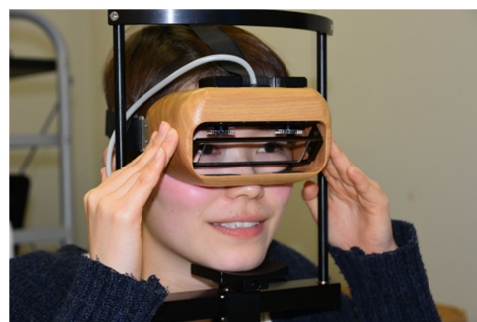


図2 頭部の固定

頭部の動きによる誤差を少なくするため、被験者の頭部はあご台で固定する。

(3) 実験手順

(3)- 微小輻湊

輻湊測定 of 精度を確認するため、微小輻湊運動を測定する。

(3)- 単純視標

テニスボールを2眼式3D ディスプレイで前後に往復する映像を観察した時の輻湊を測定する。

(3)- 遠方固視

眼から前方 5m に固視点を固定して、被験者にこの固視点を凝視するように指示して輻湊測定 of 平均値と分散から、輻湊測定 of 正確さと揺らぎを求める

(3)- 3D 映像鑑賞時の輻湊

55 インチ裸眼3D テレビを眼前 2.0m に設置して、室内光下で3D 映像 of 鑑賞時の輻湊を測定する。計測手順は、約 5 秒間画面上 of 実固視点注視後、約 50 秒間 映像を映像鑑賞する。鑑賞後は再び約 5 秒間実固視点を注視する。固視点は、頭部をあご台で固定しているが、鑑賞中に動くことを考慮して、動き量を参考値としてデータに信頼性を確認する。3D 映像を鑑賞中は、視線の移動、注視する場所は自由として自然な鑑賞状態とする。被験者の覚醒状態は鑑賞中に数字、文字などを呈示して回答することで確認できるが、鑑賞時間が短いので省略する。鑑賞するコンテンツは(株)ユースタッフ作成の「GO AHEAD」を使用した。このコンテンツは富士山の遠景や人物の歩行などからなる。

(3)- 2D 映像鑑賞と3D 映像鑑賞時

同じコンテンツを2D 映像表示した場合と3D 映像表示した場合で、視聴した際の輻湊を比較する。図 3.4 に映像を示す。



図 3 歩行者



図4 富士山

(4) 被験者

この研究はヘルシンキ宣言に基づいており、鈴鹿医療科学大学臨床研究倫理審査委員会承認を受けて 2016 年 6 月から 2017 年 3 月までの期間に実施しました。被験者には事前に文章で説明をして承諾を得ました。

被験者は2名です。被験者 O.M.(22 歳、女性)は軽度近視であるがテレビ画面が鮮明に見える。被検者 U.T.(22 歳、男性)はコンタクト着用時で軽度近視であるが、テレビ画面が鮮明に見える。したがって、2名はこの研究に参加して実験をできました。

4. 研究成果

(1) 微小輻湊

視標を眼前 110cm と 100cm に置き、約 5 秒間隔で交互に固視してもらい、約 0.17 度の輻湊刺激には応答することが認められた。図 5 のように衝動眼球運動は明確に認められたが、輻湊は運動閾値に近いようでやや不鮮明である。

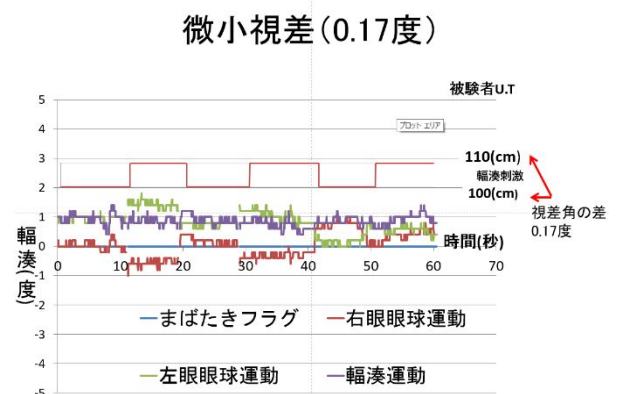


図 5 微小輻湊

(2) 単純視標

テニスボールを2眼式3D ディスプレイで前後に往復する映像を観察した時の輻湊を測定した。ボールは視差 3.72 度と視差 7.41 度の間を往復するので、被検者にはボールを視線で早く追うように指示した。

ボールの前後往復運動に対応する輻湊が測定された。図6、図7

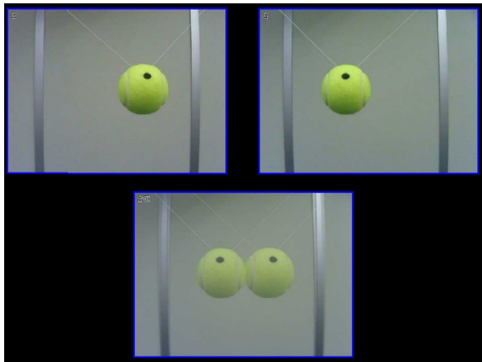


図6 単純視標の呈示

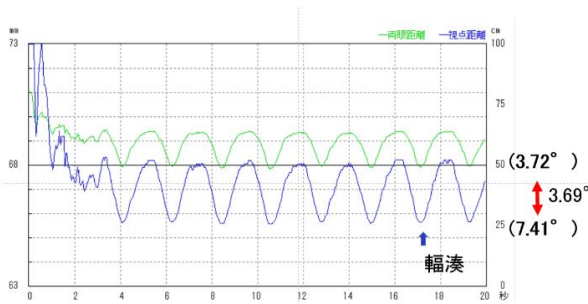


図7 輻湊

(3) 遠方固視

固視点を固視した場合は、輻湊のゆらぎが少なく安定していることがわかる。図8のように揺らぎが少ないため、標準偏差は0.14度でした。これから、輻湊の安定性は0.14度ほどであることがわかった。

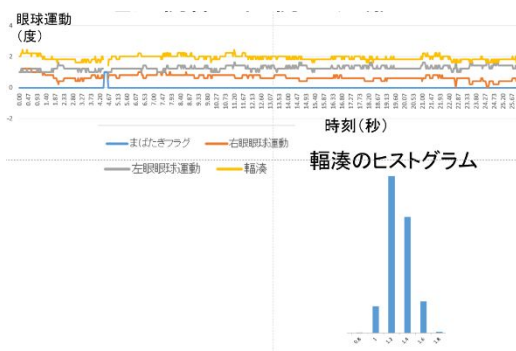


図8 遠方固視の輻湊

(4) 3D映像鑑賞時の輻湊

振幅10度以上の衝動性眼球運動が頻繁に観察できるが、輻湊振幅は約2度である。

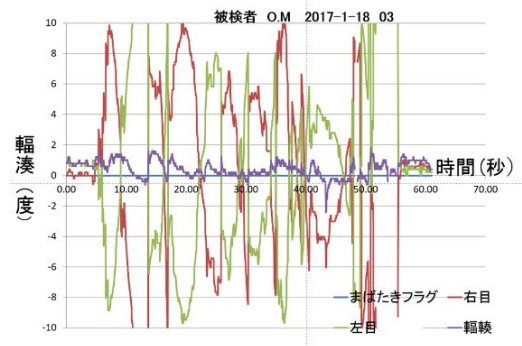


図9 3D映像鑑賞時の輻湊

(5) 2D映像鑑賞と3D映像鑑賞

2D映像鑑賞時の輻湊と3D映像鑑賞時の輻湊の分布を図10に示す。3D映像鑑賞時の方が輻湊分布の幅が広いことがわかる。原因は映像の視差刺激ではないかと考える。

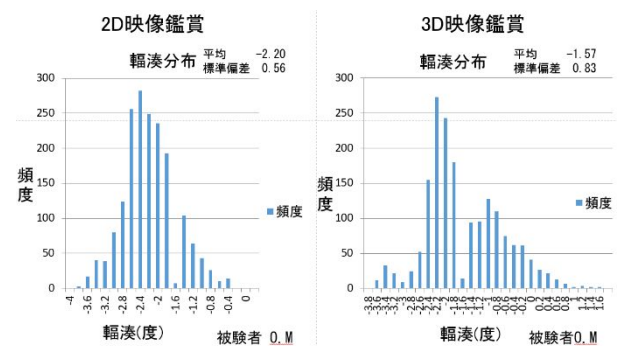


図10 2D映像と3D映像鑑賞時の輻湊頻度

3D映像鑑賞時の輻湊を毎回50秒間、4回、測定した結果を図11に示す。各輻湊分布の中心位置が変化している。例図11では約1.2度、変化している。

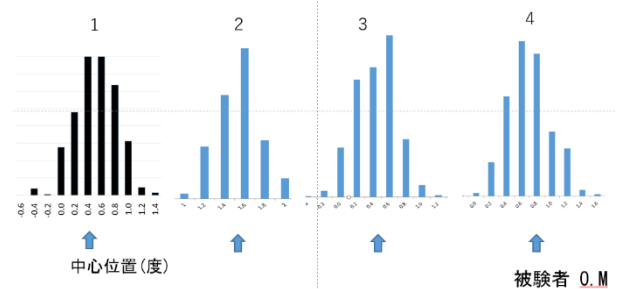


図11 輻湊の変動

(6) 考察

ボールのような単純視標の3D映像では視差変化に対応して明確な輻湊が生じたが、一般3D映像のような視差分布が複雑な3D画面では輻湊振幅が小さかった。単純視標の場合は視標を中心窩でとらえ、視差変化に応じた輻湊運動が生じたと考えられる。し

かし、複雑な3D映像の場合は、中心窩で捉えられた視差変化と周辺視で捉えた視差変化が複合されて輻湊が生じると考えられる。そこで、3D映像の視差分布の変化による輻湊運動を予測するために、視差分布の分析が有効で、視差分析ができる3Dアシストボックス(LT 7030A リーダー電子)などによる視差分析は必要と考えられる。

< 引用文献 >

Hoffman DM1, Girshick AR, Akeley K, Banks MS. Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue. J Vis. 2008 Mar 28;8(3):33.1-30. doi: 10.1167/8.3.33.

椿 郁子, 岩内謙一, 繁樹博昭, “対象内部の視差を強調する視差調整手法と評価”, 映像情報メディア学会誌, Vol.70, No.5, pp J98 ~ J104, 2016
Mahto, R. S., “Eye strain from convergence insufficiency,” British Medical Journal, 2, 546-65 (1972).

Takashi Shibata, Joohwan Kim, David M. Hoffman and Martin S. Banks, The zone of comfort: Predicting visual discomfort with stereo displays, (2011). Journal of Vision, 11(8):11, 1-29, <http://www.journalofvision.org/content/11/8/11>, doi:10.1167 /11.8.11

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 4 件)

大原龍一, 米山拓応, 栗田正伸, 坂本雄児, 奥山文雄, 電子ホログラフィの再生像の奥行きに対する静的輻湊・調節応答の測定, 映像情報メディア学会誌, 査読有, Vol.68, No.4, pp.J144-J151, 2014年, DOI:10.3169/itej.68.J144

R. Ohara, T. Yoneyama, M. Kurita, Y. Sakamoto and F. Okuyama, Response of accommodation and vergence to electro-holographic images, Applied Optics, 査読有, Vol. 54, Iss. 4, pp. 615-621, Jan. 2015. DOI:10.1364/AO.54.000615

Aya Nozaki, Masaya Mitobe, Fumio Okuyama, and Yuji Sakamoto, Dynamic visual responses of accommodation and vergence to electro-holographic images, Optics Express, 査読有, Vol. 25, Issue 4, pp. 4542-4551, 2017. DOI:10.1364/OE.25.004542

奥山文雄, 3D映像の生体への影響 ~ 両眼視差と輻湊眼球運動~, 3D映像, 査読無, Vol31, No.1, p9-37, 2017

[学会発表](計 6 件)

R. Ohara, Y. Sakamoto and F. Okuyama, Dynamic

of Accommodation and Vergence to Electro-holographic Images, 2015 Joint Conference of IWAIT and IFMIA, 122, Jan. 2015.1.11-1.13, Tainan, Taiwan

Aya Nozaki, Fumio Okuyama, Yuji Sakamoto, “Simultaneous Measurement of Dynamic Vergence and Accommodation Responses to Reconstructed Images of Electro-holography”, International Workshop on Holography and related technologies, 12, 1-3, 2015, Ginowan, Okinawa

野崎亜弥, 大原龍一, 奥山文雄, 坂本雄児, 電子ホログラフィの再生像に対する調節・輻湊応答の測定, 三次元画像コンファレンス 2015, 2015年7月1~3日, 横浜市

奥山文雄, 須網優太, 2眼式3D映像を視聴するときの輻湊測定, 日本人間工学会誌 第52号特別号(日本人間工学会第57回大会講演集) p452~453, 6月26日, 津市, 2016

奥山文雄, 野崎亜弥, 坂本雄児, 「3D映像を視聴時の目の輻湊運動」, 映像情報メディア学会2016年年次大会, 9月2日, 津市, 2016

奥山文雄, 野崎亜弥, 坂本雄児, 2眼式3D映像を視聴している時の輻湊運動, 第52回日本眼光学学会, 東京, 9.4, 2016

[図書](計 0 件)

(産業財権)

出願状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況(計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内 外の別:

{その他}

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

奥山 文雄(OKUYAMA, Fumio)

鈴鹿医療科学大学医用工学部・教授

研究者番号：70134690

(2) 研究分担者

窪田 英明 (Kubota, Hideaki)

鈴鹿医療科学大学医用工学部・教授

研究者番号：30234496

(3) 連携研究者

坂本 雄児 (Sakamoto, Yuji)

北海道大学情報科学研究科・教授

研究者番号 40225826