

背景画像の差異による調節筋弛緩への影響

塩見 友樹[†] 上本 啓太[‡] 堀 弘樹[‡] 宮尾 克[‡][†]名古屋大学情報科学研究科 〒464-8601 名古屋市千種区不老町E-mail: [†] shiomi.tomoki@a.mbox.nagoya-u.ac.jp

あらまし

立体映像視聴時では、調節筋を顕著に働かせることがわかっており、また調節筋の運動には目のストレッチング効果があることが一般的に知られている。このことから、より調節筋を働かせることで高いストレッチング効果が期待できることが考えられるが、どのような映像が高い効果が得られるのかは明らかにされていない。そこで視差量や空間周波数など様々な条件の映像において、水晶体調節の測定を行うことで、映像視聴時に調節筋弛緩の状態を達成しやすい映像の模索を行った。その結果、空間周波数の異なる映像では有意な差は得られなかったものの、背景視差量が大きい映像では、背景視差量が小さいものよりも統計的に有意に調節筋の弛緩が達成しやすいという結果を得た。

キーワード 調節筋弛緩, ストレッチアイ, 立体映像, 調節測定

Influence of background images on accommodative muscle relaxation

Tomoki SHIOMI[†] Keita UEMOTO[‡] Hiroki HORI[‡] and Masaru MIYAO[‡][†] Graduate School of Information Sciences, Nagoya University furocho, chikusaku, Nagoya 464-8601, JapanE-mail: [†] shiomi.tomoki@a.mbox.nagoya-u.ac.jp

Abstract

When viewing stereoscopic images, there is a point of view that human being moves significantly accommodative muscles. It is also commonly said that this movement of muscles affects on "eye stretch". Therefore, it can be expected that more active movement has higher effects, but it has not been investigated what kind of images have higher effects. So we investigated what kind of images was easier to achieve accommodative muscle relaxation about various conditions by measurement of lens accommodation when viewing stereoscopic images. As a result, it could not be seen the significant difference about spatial frequency, but the images of large binocular disparity was significantly easier to achieve accommodative relaxation than those of small binocular disparity.

Keyword accommodative relaxation, eye stretch, stereoscopic image, accommodative measurement

1. はじめに

近年になり立体映像を利用したメディアやコンテンツが増えている。例を挙げるならば、3Dテレビや3D携帯など各種メーカーが熱心に開発を進めており、自分で立体映像を撮影できるカメラ、さらには一般向けの携帯ゲーム機といったものも登場している。また2010年の中頃からは3D映画の作品も急増してきており、映画「アバター」は記録的な大ヒットを博した。

これほどまでに一般に浸透している立体映像技術だが、その視聴には個人によって差はあるものの、眼精疲労や吐き気、3D酔いといった症状を伴うことがある。なぜこのような悪影響が出るのかということだが、動揺病と共通事項が多いことから感覚の不一致説や、姿勢不安定説が原因ではないかといわれるが、はつき

りとは解明されていない[1,2,3]。このほかにも3Dコンソールのガイドラインにも記載されているが、立体映像注視時には水晶体調節と輻輳運動が不整合を起すということがよく言われる[4,5]。

これに対して我々は先行研究において立体映像を見ている際には水晶体調節、輻輳運動ともに映像の運動に同期して焦点位置が変化しており、若年者ではこのような不整合は起きていないということを述べている[6,7]。

立体映像技術は現代社会において普及が進んでいる技術であり、前述のようにその特性、方式など様々な研究がおこなわれているが、更なる発展と普及のためにはこの問題を解決し、疲労のない、または少ない映像を作成することが必要不可欠である。

立体映像に限らず、通常の映像を見ている時にも、

眼疲労等は現れるが、これは常に一定の視距離を保持するために、眼の毛様体筋を緊張させていなければならないためである。これは長時間の VDT 作業などにおいても大きな問題点として挙げられている[8]。この問題に関して、立体映像には目のストレッチング効果があるといわれるが、それは通常の映像に比べ、立体映像の視聴時には目の毛様体筋を著しく運動させるためである。このような運動が立体映像の視聴には伴うが、人は常に飛び出す、または引っ込む映像のみを見ていくわけではなく、それ以外の背景画像にも視線を移すことがあるのは自然なことである。このような背景画像の視聴時に、調節筋を働かせていない、つまり調節筋の弛緩が達成できるような映像があるならば、その映像が視聴者への負担が少ないということは十分にあり得る話である。

今回、本研究ではそのような調節筋の弛緩を達成し易い背景映像がどのようなものであるのかということ、映像の背景画像の視差や、空間周波数を変化させ、それを注視している際の水晶体調節の測定を行うことで模索した。

2. 実験方法

被験者には事前に十分にインフォームドコンセントを行い、名古屋大学情報科学研究科の倫理審査委員会の承認を得ている。

被験者は、矯正を行う際にはソフトコンタクトレンズを装着させ、調節遠点での屈折率を±0.25diopter(「diopter」は、レンズの屈折率、つまり調節力の指標であり、メートルの逆数を取り、Dで表す。0は無限遠、0.25Dは4m、0.5Dは2m、1Dは1m、1.5Dは67cm、2Dは50cmである)以下になるように矯正した。



図 1: オートレフ/ケラトメーター WAM-5500

本実験で使用した映像はオリンパスビジュアルコミュニケーションズ(株)の商標(Power3D)であり、球体の遠近に合わせてカメラの輻輳角も変化させ、奥行き方向の距離に応じた輻輳で撮影した複数の映像を組み合わせて作られた、極めて自然視に近い立体映像となっている。

2.1. 実験機器

WAM-5500(図 1): オートレフ/ケラトメーター。水晶体の屈折率を測定できる調節測定装置。両眼開放式になっており、従来までの測定機器が正面を固視した状態でなければ計測を行うことができなかったことに対して、ある程度視線が周辺にずれることがあっても計測を行うことができ、被験者にとってより自然な状態での計測が可能となっている[9]。

提示ディスプレイ: 映像の提示にはシャープ製 AQUOS(52 インチ、クアトロン 3D)を使用した。立体映像の提示方式は液晶シャッター方式である。

2.2. 実験手順

実験は 21 歳から 29 歳の若年健常者 7 名を対象に行った。被験者は全員ソフトコンタクトレンズによる矯正を行い、矯正後の状態でのみ計測を行った。

提示映像は二種類あり、背景+ボール(Sky Crystal 以下 SC)(図 2)と背景+イルカ(Under the Sea 以下 US)(図 3)を使用した。これらの映像をそれぞれ①背景視差量中(5cm)、②背景視差量大(8cm)、③背景明瞭、④背景不明瞭(Blur32)の 4 条件、計 8 つの映像を用いて実験を行った。映像はすべて背景+ボール(イルカ)を 4 秒表示、4 秒非表示を 5 シーン繰り返す計 40 秒で

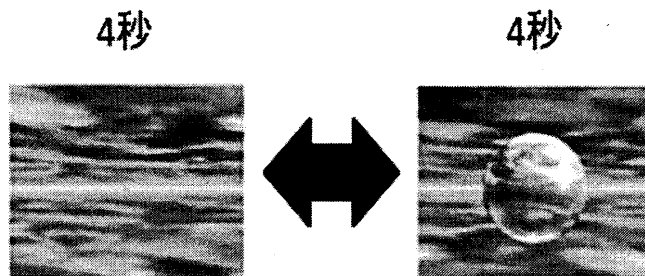


図 2: Sky Crystal (SC)

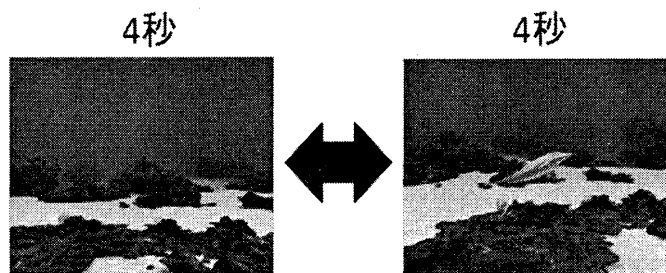


図 3: Under the Sea (US)

構成されており、被験者には4秒ごとにボール(イルカ)注視⇄背景注視を繰り返すよう教示した。ボール、またはイルカは、瞳孔間距離が60mmの時、被験者の眼前約0.67mまで飛び出す。

そして提示映像の順序による影響のないよう、被験者ごとにこれら8つの映像を無作為な順序で提示し、その時の被験者の水晶体調節の測定を行った。

また本実験は完全な暗室下の実験環境で行い、被験者からディスプレイまでの視距離はテレビ視聴の3H基準である194.4cmで行った。

3. 実験結果

全ての被験者はおおむね同様の傾向を示した。いかにある被験者1名(22歳男性)の実験結果を典型例として示す。(図4~11)

図は調節の焦点距離を時間変化でプロットしたものである。横軸は被験者が映像を注視している時の経過時間、縦軸はdiopterを表している。

その値の変化を見てみると、全て時間に対して矩形波に似た変化をしている。また図8や9、図10では被験者が遠望視の対象である背景を注視している際に、調節の焦点が0D、無限遠に一致している場合がある。

またボールやイルカを注視している近方視の場合では1~1.5Dつまり1mから0.67mあたりを被験者は注視していた。

図12はそれぞれの条件での、遠望時の調節値の平均値を示したものである。SC、USそれぞれで背景の視差量中と大、背景明瞭とぼやけの組に対しペアのt検定を行ったところ、 $p < 0.05$ でSC、USそれぞれの背景視差量中と大の間でのみ有意差が認められた。

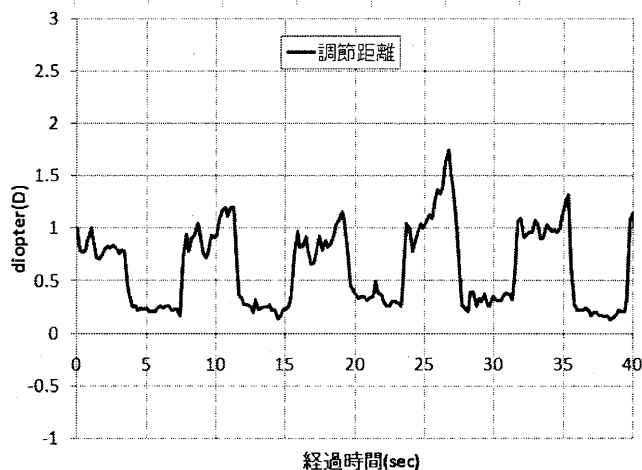


図 6 : SC・背景明瞭(SC③)

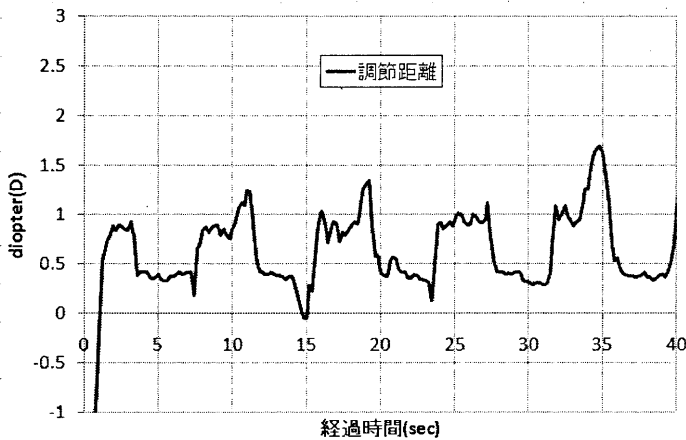


図 4 : SC・背景視差量中(SC①)

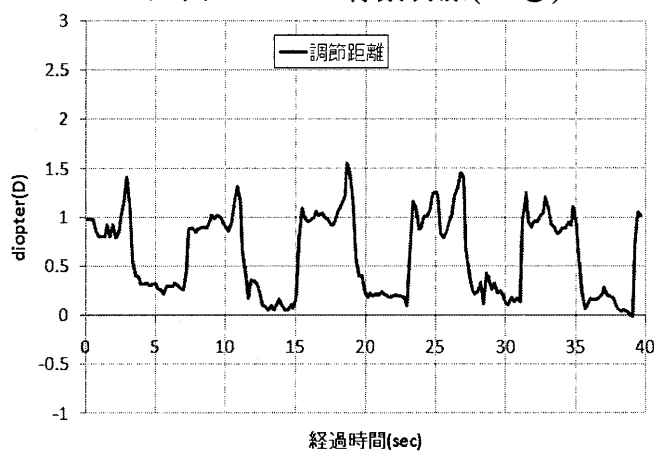


図 7 : SC・背景不明瞭(SC④)

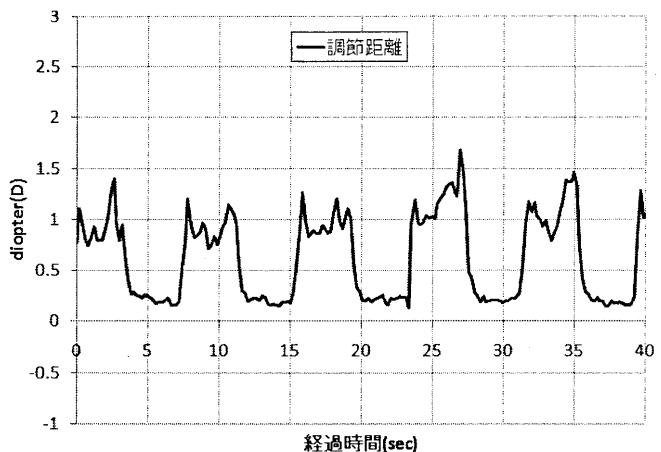


図 5 : SC・背景視差量大(SC②)

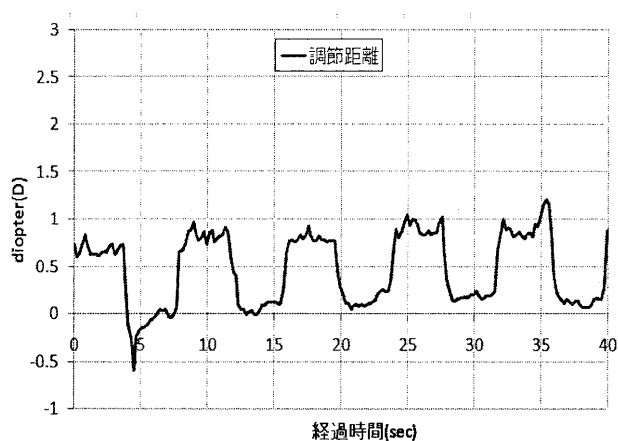


図 8 : US・背景視差量中(US①)

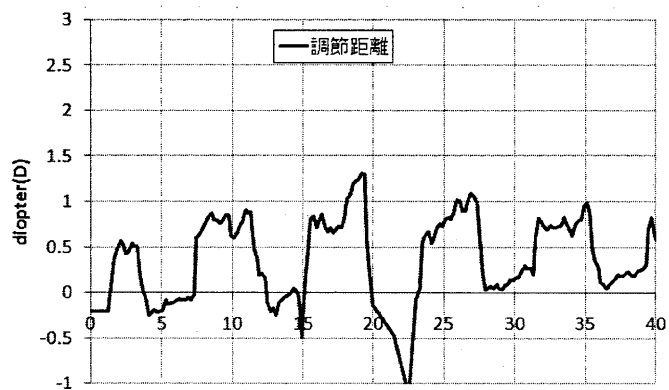


図 9 : US・背景視差量大(US②)

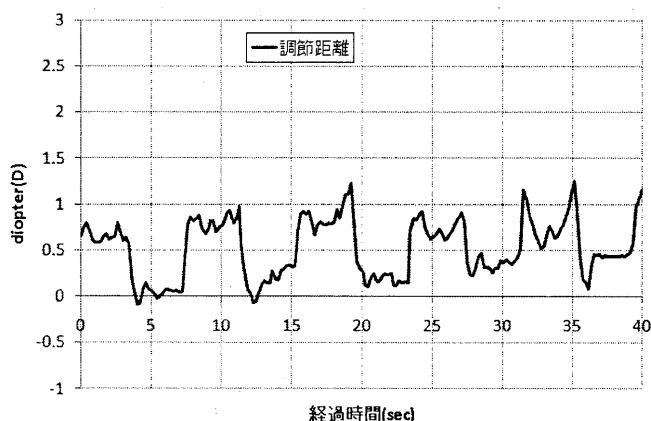


図 10 : US・背景明瞭(US③)

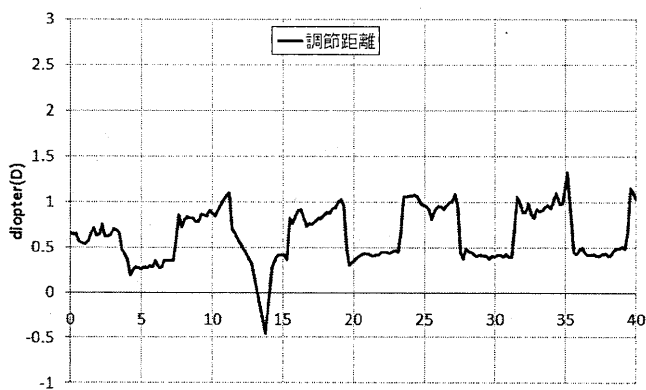


図 11 : US・背景不明瞭(US④)

4. 考察

本研究は SC、US それぞれの映像において、背景画像の視差と空間周波数の差異により調節筋弛緩に影響があるのかを検証することを目的として行った。

まず近方視の際の調節の焦点位置に関してだが、映像のボール (SC) とイルカ (US) は、被験者の眼前 0.7m ほどの位置まで飛び出していると認識されるよう視差を設定されている。本実験の結果を見ると、その近方視時の焦点位置は 0.7m~1m の位置となっていた。我々は先行研究において水晶体調節は対象に厳密に合わせられるのではなく、ある程度後方に合わせられることがあり、そのときの範囲は 0.4D ほどである

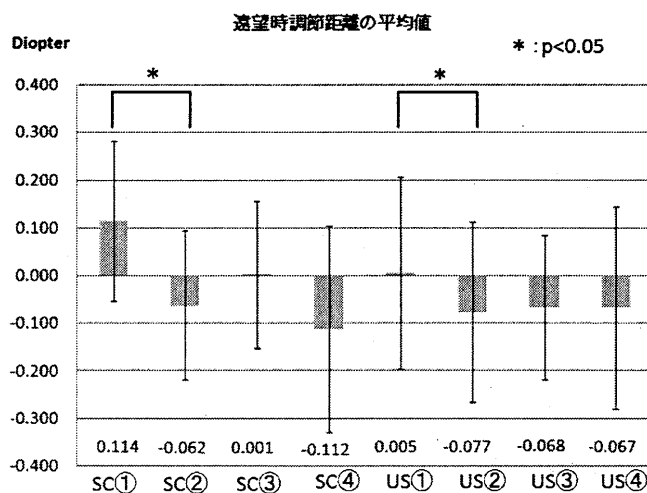


図 12 : 遠望時調節距離の平均値

ことを述べている[6,7]。今回の実験結果をそれに当てはめるとその範囲内に収まることが分かり、被験者の注視距離を正しく計測できていることが分かる。

次に遠望時について、図 4 と 8 は背景の視差量が 5cm のもの、図 5 と 9 は背景の視差量が 8cm のものである。Lambooji ら[10]はパナムの融合限界を超える過度の視差は眼疲労や不快感の原因であると述べており、またこれに影響を与える要因として映像、または画像の空間周波数や視差量の変化の度合いなどを挙げているが、この場合の過度の視差とは融合限界を超える視差であり、今回の実験においては、視差量の大きい映像であっても、融像ができないと述べた被験者は存在しなかったもので、本実験の視差量が大きい映像は、この過度の視差には当たらないことになる。

このことから本実験の視差量の差異は適切な範囲における視差量の差異により調節の値に影響があるのかどうか調査していることが分かり、その上で遠望時の調節の値を見てみると、図 12 にあるようにそれぞれ図 4 と図 5、図 8 と図 9 の間では遠望時の調節の値に有意な差が認められ、背景視差量が大きい映像のほうがより遠方に焦点が合っている、つまり調節筋の弛緩を達成し易いことが示唆される。

空間周波数に関しては、図 6 と 10 は背景が明瞭なもの、図 7 と 11 は背景がぼやけて見える解像度の低いものである。これらを比較すると、図 10 のほうが図 11 に比べ、無限遠に調節が合っている部分もあったことから、一見、遠望時にやや遠方に焦点が合っているように見える。しかしながら図 12 にもあるようにこれらの間に統計的に有意な差はない。

ただ Johnson [11]は水晶体調節の精度と画像の解像度には密接な関係があるということを述べており、今回の実験では有意な差は見られなかったものの、より例数を増やす、またはより解像度に差のある映像で実

験を行うなど、本当に空間周波数がこのような調節の弛緩に影響を与えないのか、もし影響があるとすればそれはどのようなものなのかは、今後明らかにしていく必要がある。

5. まとめ

本研究では水晶体調節の弛緩の達成し易い立体映像の背景画像とはどのようなものなのかということ、背景画像の視差量や空間周波数を変化させ、それを注視している時の調節の焦点距離の測定を行った。その結果視差量に関しては、より背景画像の視差量が大きいほうが、それを見ている時、調節が無限度に容易に合わせることができるという結果を得た。しかしながら空間周波数に関しては有意な差を得ることができなかったため、さらに詳細な分析を行うことでそれを明らかにすることを今後の課題としたい。

文 献

- [1] 氏家 弘裕: 知っておきたいキーワード, 映像酔い, 映像情報メディア学会 61, 8, pp.1122-1124 (2007)
- [2] 齋田真也: 人にやさしい映像～その評価と国際基準～, 映像情報メディア学会 58, 10, pp.1356-1359(2004)
- [3] 矢野, 江本, 三橋: 両眼融合立体画像での二つの視覚疲労要因, 映像メディア学会誌, 57, 9, pp. 1187-1193 (2003).
- [4] David M. Hoffman, Martin S. Banks, et.al.: Vergence-accommodation conflicts hinder visual performance and cause visual fatigue; Journal of Vision 8(3):33, pp1-30 (2008)
- [5] Kazuhiko Ukai, Peter A. Howarth: Visual fatigue caused by viewing stereoscopic motion images: Background, theories, and observations; Displays, Vol.29, pp106-116 (2008)
- [6] 長谷川聡, 宮尾克ら: ヘッドマウントディスプレイ上の立体像への水晶体調節反応; シンポジウム「モバイル'10」, pp121-124 (2010)
- [7] 塩見友樹, 宮尾克ら: 水晶体調節反応と輻輳運動の同時測定-実物体と2D映像、3D映像-, ヒューマンインフォメーション研究会, March, 2011
- [8] “わかりやすいVDT健康診断”宮尾克, 山口恭平, 原直人(編), pp84-89, 社団法人全国労働衛生団体連合会, 東京, 2007
- [9] Amy L. Sheppard and Leon N. Davies, “Clinical evaluation of the Grand Seiko Auto Ref/Keratometer WAM-5500” Ophthalm. Physiol. Opt, Vol.30, pp143-151, 2010
- [10] Marc T.M. Lambooi, Wijnand A. IJsselstein, Ingrid Heynderickx, “Visual Discomfort in Stereoscopic Displays”, Proceedings of SPIE-IS&T Electronic Imaging, SPIE Vol.6490 649001-1-13, 2007.
- [11] Chris A. Johnson, “Effects of luminance and stimulus distance on accommodation and visual resolution”, J. Opt. Soc. Am., Vol. 66, No. 2, 1976