

色順次方式で提示された映像を見ることに起因する 先天眼振の眼精疲労

尾形 真樹 ***・鶴飼 一彦*・梅澤 恵美 ***・河合 隆史 ***

*早稲田大学 理工学部

〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

**東京ライトハウス

〒167-0035 東京都杉並区今川 4-25-8

***早稲田大学大学院 国際情報通信研究科

〒367-0035 埼玉県本庄市西富田大久保山 1011

Asthenopia in Congenital Nystagmus Caused by Color Sequential Projectors

Masaki OGATA***, Kazuhiko UKAI*, Emi UMEZAWA*** and Takashi KAWAI***

* School of Science and Engineering, Waseda University

** Nonprofit Organization Tokyo Lighthouse

*** Graduate School of Global Information and Telecommunications Studies, Waseda University

1. はじめに

色順次方式を採用して作られたプロジェクタやディスプレイを使用して映像を見ると、カラーブレイクアップ (CBU: color break up) 現象が生じる¹⁾。映像コンテンツによってはこの現象が頻繁に生じ、目が疲れるなどの影響がすでに報告されている²⁾。CBUは、眼球を動かしたときに生じる現象である。では、眼球が常に動いている先天眼振を有する者では、この現象はどのように生じ、どのように見えるのだろうか。また、CBUが生じることにより眼精疲労など、健康に対する影響が生じるだろうか。

眼振とは、リズム的な繰り返しの往復眼球運動のことをいう。先天眼振を有しない者であっても、条件によっては眼振が生じる。たとえば、視野全体が流れるように見える対象を注視している場合には、視対象の動きを追いか

るように眼球が動き、その逆方向に急速に眼球を戻すことを繰り返す (鋸歯状波) 視運動性眼振 (いわゆる鉄道眼振) が生じる。頭部を左右に振った場合には、反射的に頭部運動を補償する目の動き (前庭動眼反射) が生じるが、これも頭部運動が高速あるいは大振幅の場合には眼振波形を示す。また、このような生理的なものとは別に、眼振は病的にも起こりうる。病的な眼振は、先天的な眼振と後天的な眼振に分かれる³⁾。後天的な眼振は脳などの疾患によって起こる。先天眼振は、その多くが軽微な視力低下以外に症状はなく、症状の変化も少ないため、日常生活に困難を抱えていることは少ない。先天眼振の頻度は1,000人に一人ないし3,000人に一人といわれている⁴⁾ (現在、英国レスターでは、先天眼振を有する者の正確な頻度を調べるプロジェクトが行われている)。眼位 (目の向いている方向) により眼振は強さを変化させる。先天眼振を有する者には個人の好みの眼位があり、最も眼振が弱くなる眼位 (中和点) で

視対象を見る習慣がある。そのために、頭部は視対象の方向とは異なる方向を向き、目だけを視対象の方向に向けて視対象を見ることがある。また、先天性振は注視により増強、近方視により低減し、その眼球運動の波形は複雑である。一般的に周波数は2-5Hz、振幅は数度程度以内である。一方向にサッカード（高速な跳躍眼球運動）が混入していることも多い。

本研究では、このような先天性振を有する者に、さまざまな機種のプロジェクタにより映像を視聴してもらい、そのときの眼症状の変化を自覚的に測定することにより、身体への影響を評価した。

2. 方 法

2.1 被験者

先天性振を有する者3名（MO：29歳，HA：27歳，KN：31歳）を被験者とした。3名とも、両眼矯正視力は0.8であった。

2.2 装置

映像投影用に使用したプロジェクタは、RGB 3板式の液晶プロジェクタ（以下、3板液晶と記す）3機種、色順次方式単板 DLP プロジェクタ（以下、単板 DLP と記す）5機種、合計8機種であった。被験者 MO に対しては、全8機種（3板液晶3機種：LCDA，LCD-B，LCD-C，2倍速単板 DLP3 機種：DLP2x-A，DLP2x-B，DLP2x-C，4倍速単板 DLP1 機種：DLP4x，

5倍速単板 DLP1 機種：DLP5x）を使用し、映像を視聴してもらった。被験者 HA および KN に対しては、3板液晶（LCD-B），2倍速単板 DLP 1 機種（DLP2x-B），4倍速単板 DLP1 機種（DLP4x）の合計3機種を使用した。

なお、DLP は、digital light projector の略で、数百万の微小なミラーを集めた素子を利用して映像を投影するプロジェクターを指す。各ピクセルに相当するミラーからの光はオン・オフ2値化され、中間調はそれぞれのミラーのオン時間を調整することにより得られる。RGB それぞれに微小ミラー素子を使用した3板式 DLP は、そのコントラストが高く色も鮮やかで、高速応答性であるために、視覚刺激装置⁵⁾や劇場での映画上映にも使用されている。しかしながら3板 DLP は、現在はまだ高価であり、家庭用プロジェクタなどでは RGB を時分割して順次提示する1枚の微小ミラー素子を使用した単板 DLP が使用される。 n 倍速とは1/60秒間という基準時間内に RGB を組にした呈示を n 度行う方式のことである。

2.3 手続き

リンバストラッカーを用いて、各被験者の眼球運動を測定した。その後被験者は、各プロジェクタによって投影された映像を視聴した。

被験者は、視距離1.5mで90インチスクリーンをほぼ満たすように投影された映像（各被験者が選択した字幕付き映画の冒頭から15分間）

表1 眼精疲労に伴う症状（鈴木，1981⁶⁾より）

1：目が疲れる	13：まぶしい	25：頭を振ると痛い
2：充血する	14：チカチカする	26：頭がぼんやりする
3：めやにが出る	15：かゆい	27：のぼせる
4：目の圧迫感	16：まぶたがピクピクする	28：見つめていると気持ち悪くなる
5：目の奥が痛い	17：見つめているとぼける	29：はきけがする
6：目が重い	18：チラチラする	30：イライラする
7：目の芯が痛い	19：二重に見える	31：フラフラする
8：目を押さえると痛い が気持ちいい	20：かすむ	32：めまいがする
9：目を開けているのが辛い	21：焦点が合わない	33：眠くなる
10：涙が出る	22：頭痛がする (片頭痛，前頭部痛含む)	34：肩が凝る
11：目が熱い	23：眉間の部分が痛い	35：胃の部分がだるい
12：目が乾く	24：頭が重い	36：全身がだるい
		37：目がコロコロする

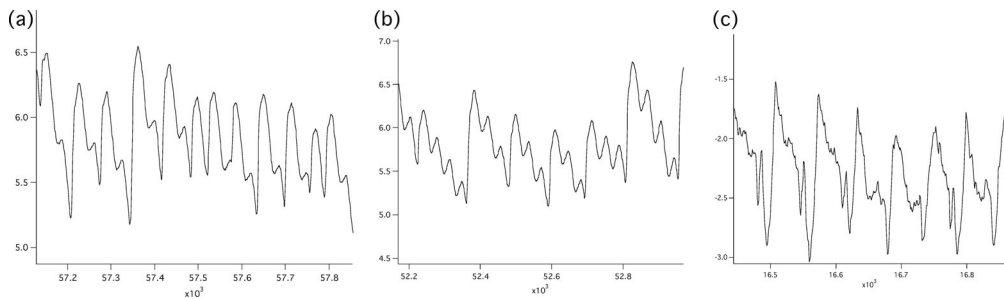


図1 被験者MOの眼振波形。横軸は時間（1目盛りが2秒），縦軸は眼球位置（1目盛り0.5度）．時間とともに様々な波形が現れる．(a) 振子様，(b) 3-4個の振子様の波が1組になっている，(c) 複雑な波形．

を視聴した．映像投影はプロジェクタをランダムに選択して行い，映像は全プロジェクタとも同一のものが投影された．

被験者は，表1に示した鈴木により，眼精疲労に付随してあげられた症状⁶⁾を主観評価項目としたアンケート（37項目5件法）に映像視聴前後に答え，映像視聴前後のスコアの差を眼精疲労の変化として求めた．

3. 結果と考察

3.1 眼球運動測定

眼球運動を測定した結果，各被験者の眼振の特徴を把握することができた．

被験者MOは，自覚的には中和点があるが，記録された波形上ではさほど明確ではなかった．図1に示すように，波形は非常に複雑で，継時的変化も激しかった．また，大きなサッカード成分は見られなかった．これに対し，被験者HAの眼振は，中和点が明確なペンデュラー型に近かった．眼球運動測定時，実験時，どちらにおいても眼位を中和点にして視対象を見ていた．また，日常生活においても，眼位を中和点に向けて視対象を見ているとの報告もあった．被験者KNの眼振は振幅が小さく，その速度は遅かった．左方視をしたときなど，何かをきっかけにして大きな振幅の眼振が出現した．

3.2 眼精疲労評価

自覚的な眼精疲労評価結果を，図2，3に示した．

図2には，被験者MOのプロジェクタ8機種

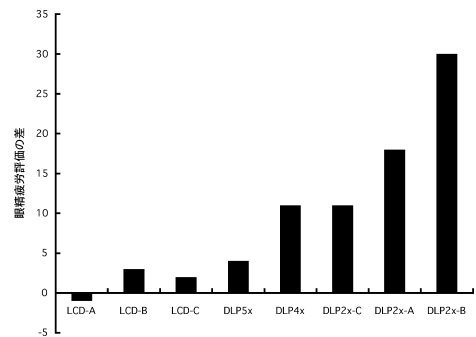


図2 被験者MOの映像視聴前後の眼精疲労評価結果の差．

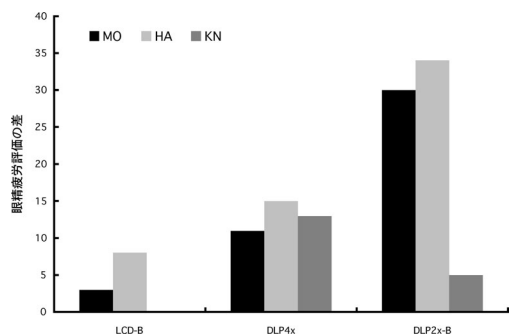


図3 被験者3名の映像視聴前後の眼精疲労評価結果の差．

における，映像視聴前後の眼精疲労評価の差を37項目の合計として示した．その結果，3板液晶よりも単板DLPにおいて眼精疲労の症状悪化が強く見られた．また，単板DLPの結果においては，回転数の少ない機種において，悪化がより強く見られた．

図3には，3名の被験者のプロジェクタ3機

種における、映像視聴前後の眼精疲労評価の差を図2と同じように示した。図3に示したように、2名の被験者(MOとHA)では同様の傾向が見られた。すなわち、自覚症状の悪化は、3板液晶で最も少なく、単板DLP2倍速機で最も強かった。単板DLP4倍速機は、この中間の結果となった。被験者KNにおいては、単板DLP2倍速機での映像視聴による眼精疲労の自覚的悪化は少なかった。これは、単板DLP2倍速機を使用して映像を視聴していた際、眼振が小さくなっていったためと考えられた。しかし、それ以外の機種においては、被験者MO, HAと同様の症状悪化の傾向が見られた。

また、主観評価項目において悪化を示した主な項目は、被験者MOでは、4:目の圧迫感, 5:目の奥が痛い, 9:目を開けているのがつらい, 12:目が乾く, 33:眠くなる, であった。HAでは1:目が疲れる, 5:目の奥が痛い, 7:目が重い, 8:目を押さえると痛い, 気持ち良い, であった。KNでは、目立って大きく症状の悪化を示した項目はなかった。

さらに、各被験者から以下のような報告があった。

被験者MOは、単板DLP2倍速機ではCBUが原因で15分の視聴が困難なほどの疲労を訴えた。これまでに、プロジェクタを使用して投影された映像を見て、その映像に妙なノイズが発生しているのを感じていた。自分の眼球運動のせいでCBUが見えていたとは思わず、機械の調子が悪いせいだと考えたが、周囲の人にノイズのことを聞いても、ノイズなんて見えないといわれて悩んでいたそうである。被験者HAは、単板DLPでCBUではなく1秒間に数回の明るさのちらつきを感じ、強い疲労を訴えた。これに対してKNは、単板DLP2倍速機で自覚的に大きな問題点を訴えなかったが、単板DLP4倍速機で明るさのちらつきとCBUの両方を感じ、疲労を訴えた。被験者HA, KNが感じたような明るさのちらつきが液晶プロジェクタではほとんど生じず、色順次方式プロジェクタで生

じた原因については不明である。

4. 結 論

本研究では、3板液晶3機種、単板DLP5機種の合計8機種のプロジェクタを使用し、投影された映像を先天眼振を有する者3名に視聴してもらい、眼精疲労の症状リストを用いてその前後の眼精疲労を主観的に評価した。その結果、先天眼振を有する者が色順次方式の単板DLPを使用して映像を視聴する場合、たとえ短時間の視聴であっても強い疲労感を感じることがわかった。そのため、色順次方式の単板DLPの利用には注意が必要となる。

また、先天眼振を有する者は1,000人に一人いるといわれている⁴⁾。このことから、教育機関など、不特定多数の人を対象に映像などを視聴させる場合には、色順次方式の単板DLPの使用を避けることが望ましいと考えられた。

文 献

- 1) 和田 修, 中村旬一: 色順次駆動プロジェクションディスプレイに関するカラーブレイクアップの解析. ディスプレイ アンド イメージング, **9**, 129-137, 2001.
- 2) 梅澤恵美, 柴田隆史, 河合隆史, 鶴飼一彦: カラーシーケンシャル表示方式を用いたプロジェクタの人間工学的評価. 人間工学, **40** (特別号), 428-429, 2004.
- 3) 藤野 貞: 神経眼科, 臨床のために (第2版). 医学書院, 2001.
- 4) Nystagmus Network UK: Research (Update April 2004)—Current UK projects—, Leicester. <http://www.nystagmusnet.org/ResearchHeader.htm#Leicester>, 2004.
- 5) O. Packer, L. C. Diller, J. Verweij, B. B. Lee, J. Pokorny, D. R. Williams, D. M. Dacey and D. H. Brainard: Characterization and use of a digital light projector for vision research. *Vision Research*, **41**, 427-439, 2001.
- 6) 鈴木昭弘: 眼疲労. 眼科, **23**, 799-804, 1981.