

色順次方式映像を見ることに起因する先天眼振の眼精疲労

早稲田大学理工学部応用物理学科 鵜飼一彦

1. はじめに

色順次方式のプロジェクタ／ディスプレイにより映像を見ているとカラーブレイクアップ現象が生じる。映像コンテンツによってはこの現象が頻繁に起き、目が疲れるなどの影響がすでに報告されている。カラーブレイクアップ現象は、眼球運動が生じる時に見える。では、眼球運動が常に生じている先天眼振を有する者ではこの現象はどのように見えるであろうか。また、それによって眼精疲労などの健康に対する影響が生じるのであろうか。

眼振は、リズム的な繰り返し往復眼球運動のことをいい、健常者でも条件によって起こる。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時には、視対象を追いかけて見て、急速に眼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。頭を左右に振った場合には、反射的に頭部運動を補償する眼の動き（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時には眼振波形を示す。また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、後天的な眼振は脳などの疾患による。先天眼振は、ほとんどの場合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的には普通の生活をしていることが多い。その頻度は1000人に一人といわれている。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ため、もっとも眼振が弱い眼位（中和点）で見る習慣ができており、そのため頭を対象物からずらした方向に合わせて物を見ることがある。また、先天眼振は、注視により増強、近方視により低減し、波形は複雑である。一般的に周波数は2-5 Hz、振幅は数度程度以内である。一方向にはサッカード（高速な跳躍眼球運動）が混入していることも多い。

今回の研究では、このような先天眼振を有する者に、さまざまな機種のプロジェクタにより映像を見てもらい、そのときの体調／眼症状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

対象は、3名の先天眼振を有する被験者で、MO (29M), HA (27F), KN (31M) である。3名とも両眼矯正視力は、0.8である。

使用したプロジェクタは、3板式の液晶プロジェクタ（以下、3板液晶と記す）とRGB 3原色の色順次切り替え方式のプロジェクタ（以下、単板DLPと記す）であり、被験者MO に対しては、3板液晶3機種、2倍速単板DLP 3機種、4、5倍速の単板DLP 各1機種、計8機種、被験者HA, KN に対しては3番液晶、2倍速単板DLP、4倍速単板DLP 各1機種、計3機種である。視聴環境は、スクリーンサイズ90インチ、視距離1.5 m。各人が選んだ映画（字幕つき、すべての機種で同一の映画）の冒頭から15分を視聴した。評価は鈴木式眼精疲労評価（37項目5件法のアンケート）を視聴前後に行い、その差を求めた。

3. 結果

眼球運動の測定の結果、MOは自覚的にニュートラルゾーンがあるが、波形上はさほどはっきりしない。波形は非常に複雑で、継時的変化も激しい。大きなサッカード成分はない。これに対し、HAはニュートラルゾーンのはっきりしたペンデュラー型に近い眼振で、日常生活においても、今回の実験でもニュートラルゾーンにおいて見ていることが多い。KNは、眼振は小さく遅い。時に左方視などをきっかけに大きな振幅の揺れが出現する。

自覚的な疲労評価の結果を図に示す。図1は被験者MOの8機種における項目ごとの悪化である。主な悪化項目は、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、である。HAでの主な悪化項目は 1: 目が疲れる、5: 目の奥が痛い、7: 眼が重い、8: 目を押さえると痛いが気持ち良い、であった。KNでは目立って大きな悪化項目はない。図2はMOの8機種における症状悪化の総計を、図3は3名の被験者における3機種での症状悪化の総計を示す。

MOは単板DLP 2倍速機ではカラーブレイクアップが原因で15分の視聴が困難であるほどの疲労を訴えた。もともと、定期的な勉強会でプロジェクタを使うことがあり、ときに画像に妙なノイズが発生する機械があると感じていた。自分の眼球運動のせいとは思わず機械の調子が悪いと考えたが周囲の人に聞いて見てもそのようなものは見えないと言われて悩んでいたそうである。HAでは、単板DLPで、カラーブレイクアップでなく1秒間に数回の明るさのちらつきを感じやはり強い疲労を訴えた。これに対し、KNは単板DLP 2倍速機では影響は小さく自覚的に大きな問題点を訴えなかったが、単板DLP 4倍速機で明るさのちらつきとカラーブレイクアップの両方を感じ、疲労を訴えた。

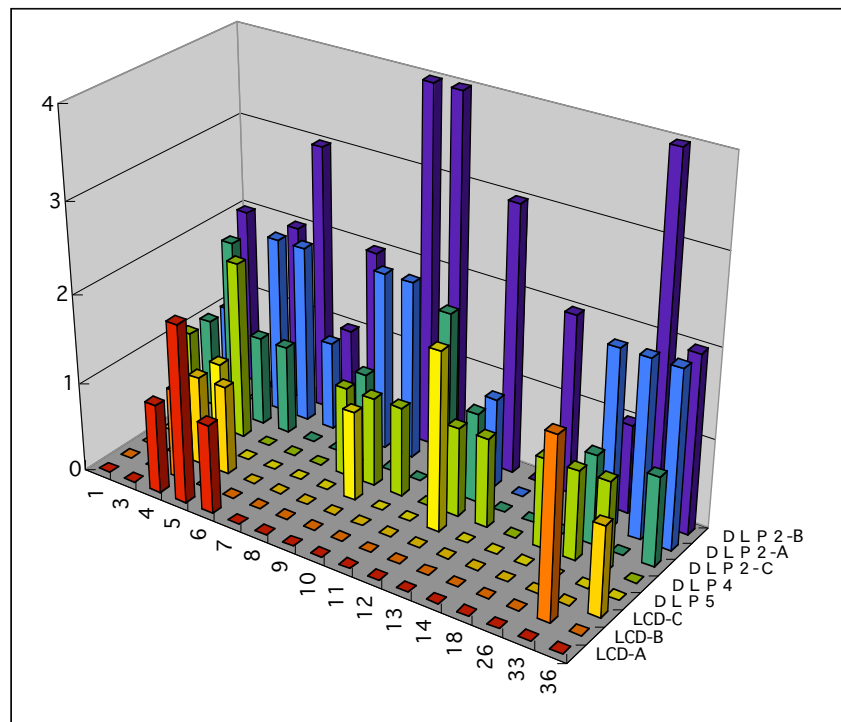


図1 被験者 MO の8機種による症状悪化（項目ごと）

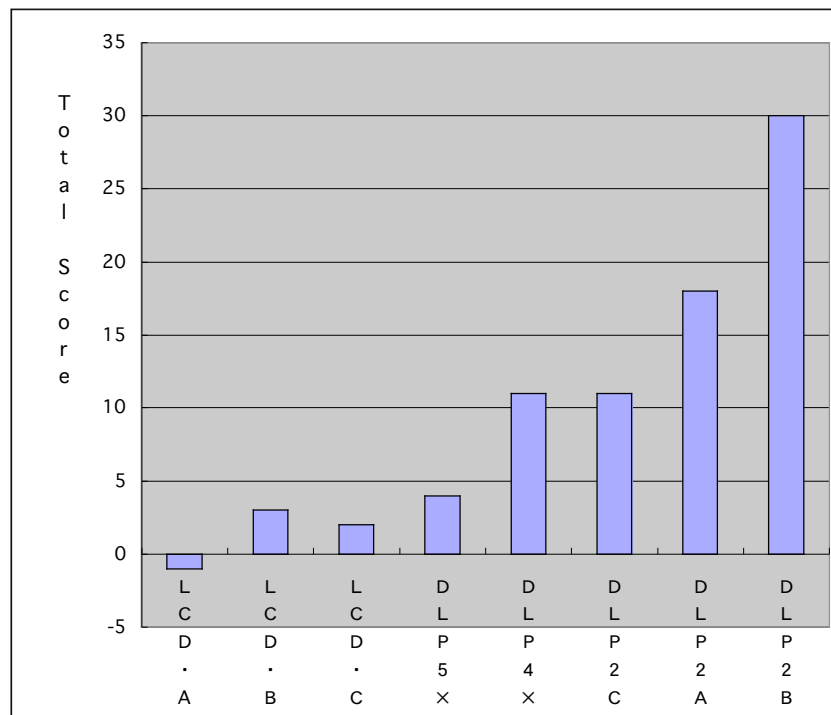


図2 被験者 MO の8機種による症状悪化（総スコア）

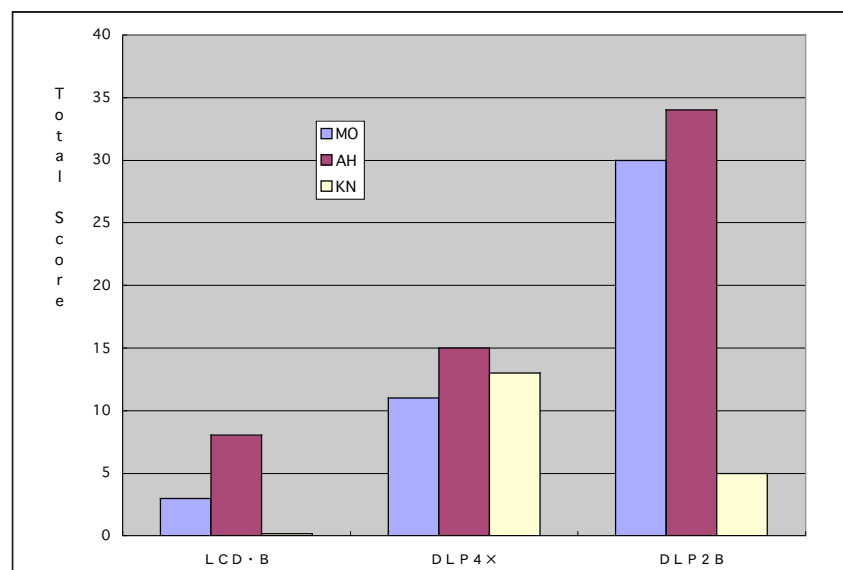


図3 3名の被験者の3機種による症状悪化（総スコア）

4. 考察と結論

図3に示すように、2名では同様の傾向がみられた。すなわち、自覚症状の悪化は3板液晶機でもっとも少なく、単板DLP2倍速機でもっとも強い。単板DLP4倍機ではこの中間である。もう一名の被験者は単板DLP2倍機において眼振が小さくなっていたため、自覚症状の悪化は小さかったが、それ以外では他の被験者と同様であった、

眼振による眼球運動が速いときにはカラーブレイクアップが、遅いときには眼振周期と一致していると思われる明るさのちらつきを感じ、それが疲労の原因となっている。ちらつきが液晶ではほとんど生じず色順次方式で生じる理由は不明である。

以上のことより、眼振を有する者が色順次提示方式によるディスプレイを見る場合に

は、短時間で強い疲労を感じることもあり、利用には注意を要する。また、教育機関など不特定多数を対象にする場合には、低倍速単板DLP方式のディスプレイの使用を避けることが望ましい。

色順次方式DLPプロジェクタ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^{***}

(早稲田大学理工学総合研究センター^{*}， 早稲田大学理工学部応用物理学科^{**}， 早稲田大学大学院国際情報通信研究科^{***})

色順次方式のプロジェクタ／ディスプレイにより映像を見ているとカラーブレイクアップ現象（C B U）が生じる．映像コンテンツによってはこの現象が頻繁に起き，目が疲れるなどの影響がすでに報告されている．C B Uは健常者では眼球運動によって生じる．では，眼球運動が絶え間なく生じている先天眼振を有する者（眼の揺れと軽微な視力低下のみが症状であり，日常的には大きな不便のないことが多く，その頻度は1000人に一人といわれている）ではこの現象はどのように見え，どのような健康への影響を受けるであろうか．先天眼振3名に，液晶・DLPのプロジェクタ（3～8機種）により15分間の映像（映画の一部）を見てもらい，前後の体調／眼症状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．その結果，色順次方式DLPプロジェクタでは，見えは眼振の型により異なったが，非常に強い眼精疲労と不快感を訴え，普通の映画でも15分が限界であった．