ハイビジョン立体画像観察時の瞬目に関する分析

正会員 石 山 邦 彦[†], 正会員 山 田 光 穂[†], 正会員 磯 野 春 雄[†]

Analysis on Blinks while Viewing 3D-HDTV

Kunihiko Ishiyama[†], Mitsuho Yamada[†] and Haruo Isono[†]

Abstract Blinking was studied as a physiological index to objectively evaluate the psychological influence of 3D-HDTV images on viewers. Variance of blinking frequency, which indicates the localization of blinks occurring for each cut quantitatively, was used as the method of evaluation. When compared to the variance of blinking frequency while viewing 2D-HDTV images, the results showed that the variance for 3D-HDTV was larger than that for 2D-HDTV. This suggests that the occurrence of blinking depends more on the content of each cut for 3D-HDTV than it does for 2D-HDTV. To examine why, cuts that caused frequent blinking are discussed from the viewpoint of interest or concentration. The number of blinks per minute, measured over several cuts, is also investigated. When the viewing time is about 18 minutes, the number of blinks was greater while viewing 3D images than while viewing 2D images for one subject tested. For four other subjects tested, however, there was no significant difference in the number of blinks.

1. ま え が き

映像技術の発達により高精細画像が実用化され、将来の画像システムの候補として高臨場感画像の研究開発が行われている。その一例として、2眼式のハイビジョン立体画像がある。2眼式立体画像は、奥行き情報の再現に両眼視差のみを用いているため、輻輳眼球運動と水晶体の調節の不一致が生じる場合があり、眼精疲労のひとつの原因であると考えられている¹⁾²⁾。また、2眼式立体画像の撮影条件によっては、箱庭効果³⁾、書き割効果⁴⁾など、現実とは異なる印象を受ける画像になることがある。これらの問題が存在する一方で、観察者に与える立体感、従来の2次元画像と

比較して大きく、観察者が受ける臨場感や画像内容に対する興味度、集中度などの心理的影響も増すことが予想される。そこで我々は、2眼式立体画像に存在する問題を補いつつ、より効果的な立体画像を実現するために、立体画像観察時の観察者の興味度、集中度等の心理的影響を主観的ではなく、生理的指標を用いて客観的に評価することを試みる。

心理的影響を客観的に評価するための生理的指標として、脳波、心電図、筋電図、皮膚抵抗の変化、呼吸、眼球運動、瞳孔の運動、瞬目等、さまざまな生体情報が考えられるが⁵⁾⁶⁾、決定的なものではなく、最近では、近赤外線酸素消費モニタ⁷⁾、MRI、PET⁸⁾が有効な手段として検討されているが、前者はまだ検証段階

キーワード：ハイビジョン立体画像、瞬目、瞬目率、興味度、集中度

1994年7月29日、1994年テレビジョン学会年次大会で発表

1994年12月20日受付、1995年5月12日最終受付

[†] NHK放送技術研究所 (〒157 東京都世田谷区砧1-10-11, TEL 03-5494-2278)

[†] NHK Science and Technical Research Laboratories (1-10-11, Kinuta, Setagaya-ku, Tokyo 157, Japan)

であり、後者は医師の立会のもとでしか使用できないのが現状である。このような状況の中で、生理的指標を選択する条件として、(1)興味度、集中度と対応していること、(2)非接触で計測できるようになる可能性が高い生体情報であることが挙げられる。この2条件を考慮して、本研究では瞬目を生理的指標として選択する。

瞬目を生起要因により分類すると3種類に分類することができる⁹⁾。ひとつは突発的な外的刺激に対して生じる反射性瞬目であり、ひとつは意志が関与して生じる随意性瞬目である。また、ひとつは明確な誘発刺激もなく、随意的でもなく生じる自発性瞬目である。自発性瞬目の生起要因として、温度、湿度等が原因となる目の乾燥等の生理的要因が考えられるが、近年、生理的要因だけでなく、集中度、興味度、緊張等の心理的要因も大きな要因であることが報告されている¹⁰⁾¹¹⁾。本稿では、前者の要因で生じた自発性瞬目を生理的瞬目と呼び、後者の要因で生じた瞬目を心理的瞬目と呼ぶ。

心理的瞬目についての過去の研究として、塚原が行ったテレビ番組に対する興味度と瞬目率との関係についての研究がある⁵⁾¹²⁾。この研究では、興味度が高いほど瞬目率が小さくなることを示唆している。また、Tada が行った速度見越し課題と瞬目の関係についての研究では、認知過程における精神集中時の瞬目数が通常の瞬目数と比較して減少し、認知過程終了時に瞬目数が増加することを明らかにしている¹³⁾。これらの報告から、瞬目が興味度、集中度に対応する生理的指標であることがわかる。

瞬目の測定で最も眼瞼の動きを忠実に表現する測定方法として EOG (Electro-OculoGraphy) 法が挙げられる¹⁴⁾。しかし、この測定方法は観察者に電極を装着する必要があり、心理実験では観察者に与える負担や瞬目測定を意識させる意味で、最適な測定法とはいえない。そのため、非接触での測定を可能にするための研究開発が行われており¹⁵⁾、この技術の進歩により非接触、実時間での瞬目測定が可能になると期待されている。したがって、瞬目を心理的影響の生理的指標として選択することは、今後の瞬目をを用いた画像評価あるいは番組評価における基礎的知見を得る意味でも有効である。

過去の研究では、番組内容あるいは画像内容に対する興味度と瞬目との関係について調べた報告はあるが⁵⁾¹²⁾、同じ番組内容の立体画像と2次元画像に対する興味度・集中度等の心理的影響を比較した報告はない。そこで本研究では、ハイビジョン立体画像番組観

察時に個々のカット内容から受ける心理的影響の大きさについて、瞬目を分析することにより同じ番組内容のハイビジョン2次元画像番組と比較する。心理的影響の大きさを評価するために、我々は生理的瞬目と心理的瞬目の性質の違いに着目する。生理的瞬目は時間的变化の少ない温度・湿度等による目の乾き等から生じるので、カット内容には依存せず時間的にほぼ均等に生じると考えられる¹⁶⁾。逆に、カット内容からの心理的影響が大きい瞬目はカット毎に偏在して生じると考えられる。したがって、瞬目がカット毎に偏在して生じる割合を定量的に表すことにより、カット内容からの心理的影響の大きさを評価できると考えられる。今回は、その瞬目の偏在量を定量的に表すためにカット毎の瞬目率の分散を用いる。また、瞬目率が大きいカットを選択し、瞬目が偏在して生じる要因を興味度・集中度等の観点から考察する。さらに、1分間毎の瞬目数により、カット内容とは関係なく数カットを含む単位時間で見た場合の総合的な影響について、立体画像と2次元画像を比較検討する。

2. 実験方法

2.1 実験装置

ハイビジョン立体画像は、2台のハイビジョン前面投射型液晶プロジェクタにより、偏光フィルタを通して110インチのスクリーンに表示される。2次元画像は、立体画像と画面輝度を同じにするために左画像を2台のプロジェクタで同時に表示した。立体画像と2次元画像の番組は全く同じ番組を用いた。番組時間は約18分である。観察距離はハイビジョン画像の最適視距離である3H(画面高の3倍)、すなわち約4mとした。また、立体画像の番組におけるスクリーン上の左右像のずれの量は、主題が大きく飛び出すカットで5cmから40cmである。このようなカットは全65カットのうち7カットあり、その他のカットは、自然な立体画像である。

瞬目の測定には、目に弱い赤外光を照射し、強膜(白目)と角膜(黒目)の反射率の違いから眼球運動を検出する強膜反射法による両眼眼球運動測定装置¹⁷⁾を使用した。1回の瞬目に必要な時間は300msから400msであることより¹⁸⁾、サンプリング周波数は60Hzで眼球運動を測定した。

2.2 瞬目検出アルゴリズム

眼球運動測定装置により測定した両眼の水平および垂直方向の眼球運動の波形と、それらの波形から眼球運動の速度を求めた波形を図1に示す。これらの波形から瞬目を検出するアルゴリズムについて説明する。

図 1 眼球運動のデータ例
Typical data of eye movements.

図 2 瞬目検出方法
Method of detecting blinks.

瞬目が生じるとフォトセンサに受光される光量が大きく変化し、眼球運動の速度の増大と大きな方向変化として現れる。瞬目ではなく、眼球が高速に方向変化する場合、方向変化点で眼球運動の速度が固視微動の範囲内まで低下し、ほぼ停止する¹⁹⁾。この点を注視点として $5^\circ/\text{s}$ 以下の速度閾値をもとに定義する²⁰⁾。瞬目によって得られる出力信号は、眼球運動とは異なり、図 2 に示すように方向変化点で注視点が存在しない。したがって、眼球運動として検出された出力信号が高速で方向変化が大きく、方向変化点で注視点が存在しないとき瞬目とみなす。ここでは高速な眼球運動速度を $80^\circ/\text{s}$ 以上、大きな方向変化を 90° 以上で定義し、眼球運動の波形から瞬目を検出した²¹⁾。この定義によると、図 1 で A と C は瞬目であり、B は通常の眼球運動である。

2.3 実験手順

実験の順序は、2 次元画像の番組を最初に表示し、15 分間の休憩後、立体画像を表示する。実験は正常な視機能を有する 21 才の学生 5 名の観察者に対して行った。観察者には、提示画像をリラックスして自由に観察するように指示し、瞬目数を測定していることを悟られないように、目の動きを分析する実験である

と説明した。この説明により、実験終了後、瞬目を測定したという実験の目的について観察者のいずれからも悟られていないことを確認した。また、意識して目を動かしたという報告も受けていない。

3. 分析方法

3.1 カット内容からの心理的影響の評価法

各カットの時間の長さはそれぞれ異なり、単にそのカットで生じた瞬目数を用いて分析すると、時間的にほぼ均等に生じる生理的瞬目の数がカットの長さに比例して多くなる。したがって、各カットで生じた瞬目数は用いず、そのカットで生じた瞬目数をカットの時間 (秒) で割った値、すなわち 1 秒間の瞬目率を用いる。

瞬目が時間的にほぼ均等に生じた場合、瞬目率はカットに依存せずほぼ一定の値となる。時間的にほぼ均等に生じる瞬目は、変化の少ない温度・湿度等の物理的な原因による目の乾き等の生理的な要因で生じる瞬目であると考えられる¹⁶⁾、逆に、瞬目がカット毎に偏在して生じた場合、瞬目率の値は各カットによって異なる。カット毎に偏在して生じる瞬目は、時間的変化の小さい物理的要因による生理的影響よりも、カット内容からの心理的影響が大きいと考えられる。したがって、カット毎の瞬目率の値が散らばる度合により、カット内容からの心理的影響の大きさを評価できると考えられる。本稿では、カット毎の瞬目率の値が散らばる度合を分散により定量的に表す。

3.2 瞬目率が大きいカットの選択法

本節では、立体画像観察時と 2 次元画像観察時でカット内容から受ける心理的影響の大きさが異なる原因について考察するために、瞬目率が大きいカットを選択するための方法について述べる。単純に瞬目率の大きいカットを選択することは、誤ってカット内容に関連した心理的瞬目ではなく、生理的瞬目を多く含むカットを選択する可能性があるため、心理的瞬目と生理的瞬目を分離する必要がある。しかし、心理的瞬目と生理的瞬目とを分離することは現在の瞬目についての知見では困難である。したがって、次の方法により瞬目率の大きいカットを選択する。

まず、瞬目間間隔が 8 秒以上である瞬目を生理的瞬目とみなし²⁵⁾、この瞬目を除いたカット毎の瞬目率を求める。さらに、求めた各観察者の瞬目率を加算する。カット内容からの心理的影響により生じる瞬目に比べ、生理的瞬目は各観察者の目の乾き等に依存して発生するため、複数の観察者を対象にした場合、一種のランダムノイズと考えられる。したがって、各観察

者の瞬目率を加算することにより、観察者数が多いほど生理的瞬目による瞬目率は一様分布に近くなり、一方、カット内容からの影響による心理的瞬目が共通のカット内容に依存していると仮定すると、瞬目率が加算され、大きい値となる。

4. 実験結果

4.1 カット毎の瞬目率の分散

各カットでの瞬目率を観察者別に求めた結果を図3に示す。図3の横軸に各カットが開始する時間をと

図3 各観察者のカット毎の瞬目率
Blinking frequency for each cut for each viewer.

表 1 カット毎の瞬目率の平均と分散
Mean and variance of blinking frequency for each cut.

		mean (T 検定)	variance (F 検定)
2 次元画像	観察者 KT	0.19 差がある	0.025 差がある
立体画像	観察者 KT	0.42	0.054
2 次元画像	観察者 KM	0.13 差があると	0.01 差がある
立体画像	観察者 KM	0.12 はいえない	0.021
2 次元画像	観察者 SZK	0.07 差があると	0.006 差があると
立体画像	観察者 SZK	0.06 はいえない	0.008 はいえない
2 次元画像	観察者 MR	0.07 差があると	0.006 差があると
立体画像	観察者 MR	0.07 はいえない	0.006 はいえない
2 次元画像	観察者 YSD	0.05 差があると	0.004 差がある
立体画像	観察者 YSD	0.07 はいえない	0.009

(a) 2 次元画像

(b) 立体画像

図 4 生理的瞬目を除いた瞬目率の観察者 4 名についての加算

Summation of four viewers' blinking frequency calculated minus blinks caused by physiological factors.

り、縦軸はそのカットでの瞬目率を表している。

カット毎の瞬目率の分散を求めた結果を表 1 に示す。この際、実験開始後 2 分間のデータを除いた 53 カットについて求めた。参考のため平均値も記した。立体画像と 2 次元画像の有意差検定では、平均には T 検定を用い、分散には F 検定を用いた。表 1 の分散の結果において、観察者 MR は立体画像観察時と 2 次元画像観察時では同じ値であるが、立体画像観察時の瞬目数が 2 次元画像観察時に比べ極度に大きい観察者 KT を含め、観察者 MR 以外の 4 名は立体画像

(a) 観察者 KT

(b) 観察者 KM

(c) 観察者 SZK

(d) 観察者 MR

(e) 観察者 YSD

図 5 1 分間毎の瞬目数 (黒丸●: 2 次元画像, 白丸○: 立体画像)

The number of blinks every minute. (black circle ●: 2D-HDTV, white circle ○: 3D-HDTV)

観察時の方が分散が大きい。F 検定の結果、観察者 5 名のうち観察者 KT, KM, YSD の 3 名について、立体画像観察時と 2 次元画像観察時の分散に有意差が認められ、観察者 SZK, MR の 2 名には有意差が認められなかった。

4.2 瞬目率の大きいカット

3.2 節の方法で算出したカット毎の瞬目率の結果を図 4 に示す。図 4 の立体画像観察時の結果において、比較的瞬目率の大きいカットにはカット名を記した。この際、実験開始後 2 分間のデータは除いた。瞬目率の大きいカットのうち、2 次元画像観察時にも比較的瞬目率の大きいカットと、2 次元画像観察時では瞬目

率が小さいカットとに分類する。前者のカットとして、「女の子」「町」「風船」「宇宙船」があり、図4ではカット名を四角で囲んだ。また、後者のカットとして、「走り出す」「広場」、そして、おりの中にいるぬいぐるみを人々がのぞき込む絵柄で、比較的近景の「おりのぞく」がある。ここで選択したカット名を参考のため、観察者KTを除いて、図3の瞬目率の結果にも記す。

4.3 1分間毎の瞬目数

図5に、各観察者の立体画像観察時と2次元画像観察時の1分間毎の瞬目数を示す。図5において、観察者KTは2次元画像観察時より立体画像観察時の瞬目率が明らかに増加している。他の4名の観察者は2次元画像観察時と立体画像観察時では明らかな違いは生じなかった。また、観察者KTは、時間経過に伴う瞬目率の増加が見られたが、他の観察者4名では見られなかった。

5. 考 察

5.1 カット内容から受ける心理的影響の定量的評価

図3の観察者KMおよびMRの2次元画像観察開始の約2分間の瞬目率が比較的高く、観察者YSDの2次元画像観察開始の約2分間は瞬目率が低い。これらは、実験に慣れていないため緊張等の心的負荷の影響があると考えられ^{10)22)~24)}、観察者が平常の心理状態ではない場合もある。したがって、カット毎の瞬目率の分散を算出する際、実験開始後2分間のデータを除いて瞬目率の分散を算出した。

表1に示すように、比較的瞬目数の多い観察者KTを含め観察者5名のうち3名は立体画像観察時の分散が大きく、2次元画像観察時の分散と比較して有意差が認められた。また、有意差は認められなかったが、観察者SZKは立体画像観察時の分散が大きい傾向がある。瞬目が時間的にほぼ均等に生じて、瞬目率がほぼ一定値を示すときは分散が小さく、逆に、カット毎に瞬目が偏在して生じているときは分散が大きくなる。分散が小さく瞬目が時間的に均等に生起しているということは、時間的に変化の少ない温度、湿度等による目の乾き等の生理的影響が強いことを意味し¹⁶⁾、立体画像で分散が大きいということは、カット内容に関与した瞬目が多いことを示唆している。したがって、観察者MRを除く4名に関しては、立体画像からの心理的影響が2次元画像より大きいことが示唆された。

観察者MRの場合、立体画像観察時と2次元画像

観察時の分散にほとんど差がなかった。したがって、観察者MRが受ける心理的影響について、立体画像と2次元画像とではほとんど差がないことが示唆された。

5.2 カットによる心理的影響の要因

3.2節の方法で瞬目率が大きいカットを取り上げる際、観察者KTを除いて、観察者4名の瞬目率を加算した。観察者KTのように、2次元画像と立体画像観察時に瞬目数が大きく異なる場合、カット内容からの心理的影響だけでなく、接触型の測定装置による心的負荷²³⁾²⁴⁾、覚醒水準の低下²⁶⁾、あるいは、視覚疲労²⁷⁾等、様々な要因が考えられ、カット内容に関しての考察は困難である。したがって、観察者KTを除いて算出した。

図4から瞬目率が大きいカットを選択し、立体画像観察時と2次元画像観察時の両方で瞬目率が大きいカットと、立体画像でのみ瞬目率が大きいカットに分類した。立体画像と2次元画像の両方で瞬目率の大きいカットは立体感が加わった影響より、番組内容、カットの色彩、輝度等の他の要素による影響によると仮定でき、また、立体画像のみ瞬目率が大きいカットは、立体感の影響が大きいと考えられる。この点を考慮して、カット内容が観察者に与える心理的影響を興味度・集中度の観点から考察する。

図4(b)において、まず、立体画像観察時にのみ瞬目率が大きいカットである「走り出す」「広場」「おりのぞく」について考察する。

(1) カット「走り出す」

カット「走り出す」の特徴として、近景のパンニングが多いことである。図6(b)(c)に示すように、人が走り出す速度程度のパンニングがあり、さらに、撮影対象の周辺をパンニングしている。このカットをさらに詳しくみると、図7の(a)~(b)、(b)~(c)の間は、パンニングの前にカメラの静止部分があり、その部分での瞬目数は少なく、パンニング開始とともに瞬目が発生したり(図7(b))、増加している(図7(c)~(d))。パンニング中など動画像では、視覚系の解像度が低下し²⁸⁾、視覚系に負担がかかったことがその一因として考えられる²⁷⁾。このカットは、立体画像観察時にのみ瞬目率が大きい。したがって、この現象は立体画像の場合に影響が大きいと推察される。

(2) カット「広場」

この直前のカットは、両眼視差が徐々に大きくなることにより、被写体がスクリーンから徐々に前方へ飛び出してくる立体画像特有のサービスカットである。観察者4名について、この画像を観察する際に共通し

図 6 パンニングシーンのイラスト
Illustration of the panning scene.

図 7 パンニングシーンにおける瞬目生起タイミング
図中(a)～(d)は図6(a)～(d)のイラストに対応

The timing of blinks occurring at the panning scene. (a)～(d) in Fig. 7 correspond to (a)～(d) in Fig. 6.

ていることは、徐々に飛び出してくる部分を凝視しており、瞬目も抑制されていることである。この場面を図8と図9の瞬目生起タイミングにより説明する。図8の(a)～(f)は4秒単位の連続画像で、図9の図中の(a)～(f)と対応している。まず図8、9(b)の付近では、観察者はぬいぐるみに注目し、瞬目も抑制さ

れている。次に、ぬいぐるみが画面から消えた後(図8、9(c)の付近)で瞬目が生じる。続いて、被写体である爪が徐々に前方に飛び出してくる場面(図8、9(d)の前～(f)の前)では、この被写体を凝視し、瞬目が抑制されている。このカットが終了し、次のカット、すなわち、「広場」(図8、9(f))に切り替わった後、瞬目が生じている。すなわち観察者は、まずぬいぐるみに興味を持ち⁵⁾¹²⁾、次に、飛び出してくる部分に集中したと考えられる¹³⁾。その反動として、遠景である「広場」にカットが切り替わった直後に瞬目が生じたと推察できる²⁹⁾。このカットは立体画像観察時のみ瞬目率が高い。したがって、この現象は立体感による効果であると推察される。

(3) カット「おりのぞく」

このカットの内容は、近景で視差が大きく、縦の棒で構成されるおりの中のぬいぐるみをのぞく場面である。自然視では、縦棒で構成されている「おり」により、頭を左右に動かすと、おりの中に存在する物体が異なる方向から見える。特に近景になると縦棒により見える部分が頭の位置によって明確に異なる。しかし、2眼式立体画像の場合、頭を左右に動かしても見える方向が変わらないという状態となり、大きな視覚系への負担があったため、このカットで瞬目率が増加したと推察される²⁷⁾。

図 8 爪が出てくるシーンのイラスト
Illustration of the fingernail coming out from the screen.

図 9 爪が出てくるシーンにおける瞬目生起タイミング

図中(a)～(f)は図8(a)～(f)のイラストに対応

The timing of blinks occurring at the scene where the fingernail comes out from the screen.

(a)～(f) in Fig.9 correspond to (a)～(f) in Fig.8.

次に、立体画像観察時および2次元画像観察時の両方において瞬目率が高いカットである「女の子」「町」「風船」「宇宙船」について考察する。

(4) カット「女の子」

このカットの直前のカット内容がアクロバットの映像であり、観察者MRが非常に興味を持ち集中して観察したために瞬目は少なく、その反動でカット「女の子」で瞬目が増加したと推察される⁵⁾¹²⁾¹³⁾²⁹⁾。2次元画像観察時でも瞬目率が高いことより、この例で

も立体感よりアクロバットのなカット内容が興味を与えたと思われる。

(5) カット「町」

このカットの直前の数カットは近景の画像が続いており、立体感も大きく、「町」は遠景の画像であった。また、2次元画像観察時にも瞬目率が高いことは、立体画像、2次元画像によらず、観察者は近景の画像に対して集中度が増しやすく、遠景の画像に対しては低下しやすいと推察される¹³⁾。

(6) カット「風船」

このカットの直前の数カットの画像がアニメーションと実写の合成であり、原色を多用していた。また、それ以前のカットにおいても、多数の原色で小さい物体が比較的速い動きをしている画像が続いた。さらに、番組内容の点でも、この一連の場面は最も重要な場面であった。そのため、興味度も高く集中して観察したため瞬目率が少ない結果になったと推察される⁵⁾¹²⁾¹³⁾。これに対して、カット「風船」は、動きもなく比較的情報量が少ないカットであり、集中して観察した後で視覚系を休養させる動きがあったと推察できる¹³⁾²⁹⁾。2次元画像観察時でもカット「風船」で比較的瞬目率が高く、直前のカットで瞬目率が低いことは、これらのカットでは立体感よりむしろ番組内容の影響が大きく現れていると思われる。

(7) カット「宇宙船」

このカットの内容は、比較的暗く単調な内容であることから、観察者の興味度や集中度が低下したと推察される^{8)～10)}。

これらの考察から、心理的影響は、そのカットだけ

でなく、そのカット以前のカット内容にも関連していることが推察される。

5.3 総合的考察

1分間毎の瞬目数に着目することにより、カット内容が観察者に直接的に与える心理的影響ではなく、様々な要因を含んだ総合的な心理的影響を調べることができる。図5の結果から、観察者KTの場合、立体画像観察時の瞬目率が2次元画像観察時より明らかに増加した。これは、興味度・集中度が低下したと考えられる。しかし、一般に日常生活時の瞬目数は20回/min前後といわれ³⁰⁾、観察者KTの瞬目数はそれほど多い数ではない。むしろ観察者KTの方が日常生活と同様にリラックスして観察し、他の観察者は集中して観察したため瞬目率が低下したとも考えられる¹³⁾。観察者KTを除く4名に関しては、立体画像観察時と2次元画像観察時では、1分間毎の瞬目数に明らかな違いはなかった。これは、提示した番組を制作するときに、大きく前面に飛び出してくるいわゆるサービスカットの回数を数回に抑えて制作してあることや、立体画像のカット切り替え時に大きな視差変化をつけていないこと等、目に負担をかけないように立体カメラで撮影していることによるものと考えられる。また、各カットの持続時間は平均して約16秒であり、これまで見てきた通り各カット毎には瞬目率に変化が見られたが、数カット分の集計である1分毎でそれほど変化がない。このことについて考察する。

目の乾きを防ぐ等、必ずしなければならない生理的瞬目が、カット内容に集中することにより抑制され、集中していたカットが終り、次のカットに切り替わったとき、抑制されていた生理的瞬目が生じる可能性がある¹³⁾。この瞬目は生理的瞬目であるが、心理的な要因も含まれている。生理的瞬目の数は1分間でそれほど変化しないと考えられるので、1分間の瞬目数の変化が少ないのは、このような生理的瞬目がカット内容からの心理的影響で抑制された後、まとめて生じたと推察される。しかし、今回の実験ではカットの長さは最長でも57秒であり、非常に興味のあるカットが1分以上持続した場合どのようなようになるかは、興味深い問題であるが、個人ごとに興味は異なり、興味が1分以上持続するカットを作ることはそう容易なことではない。また、約18分間の番組では、明らかな差は見られなかったが、より長時間観察することにより、差が生じる可能性はある。

6. む す び

本稿では、ハイビジョン立体画像観察時に観察者が

受ける心理的影響について、瞬目を分析することにより調べた。その結果、立体画像観察時の方が2次元画像観察時に比べ、カット内容からの心理的影響が大きいことが示唆された。

これらの知見は、立体感を出す場面と観察者に与える視覚的負担を考慮して立体画像を制作する際、参考になると思われる。例えば、立体感が強調されたカットの後には、比較的動きの少ない遠景のカットを入れる、あるいは、立体感のある場面でのパンニングの速度を小さくする等が挙げられる。また、一般画像においても、瞬目が生じやすいカットと大事なカットを交互に提示することにより、大事なカットを瞬目で見落とすことなく、かつ瞬目もしやすく、目の乾燥、疲労も防げるようにすることが可能になると考えられる。

考察では、カット内容からの心理的影響を定性的に分析したが、一般画像であるため、カット内容の特徴づけるパラメータを抽出して、それにより分類することは困難であり、瞬目とカット内容の特徴づけるパラメータとの関係は明確にならなかった。したがって、視差、パンニングの速度、輝度等のパラメータと瞬目の関係を明らかにする基礎実験を行うべきである。これは今後の課題である。

また、立体画像からの心理的影響をカット毎の瞬目率の分散のみにより定量的に評価した。しかし、カット内容がどの程度瞬目の生起に関与しているかを評価するためには、瞬目率の分散のみでは不十分であり、生理的要因の依存度とカット内容の依存度を定量的に評価する必要がある。そのひとつの手法として、瞬目間間隔のマルコフ性を調べることが挙げられる⁹⁾。さらに、今回の実験では、約18分間の番組について分析したが、より長時間観察した場合について調べること、瞬目率だけでなく瞬目間間隔、瞬目群発率、微小瞬目等に着目することが今後の課題として挙げられる。

本研究を行うにあたり、御指導頂いた本研究部 三宅誠部長に感謝致します。また、実験に御協力頂いた本研究部 蓼沼眞研究員、山之上裕一研究員、実験データの整理にあたって御助言頂いた森田寿哉研究員に感謝致します。

【参 考 文 献】

- 1) 比留間, 福田: “調節応答から見た両眼融合式立体画像の観視条件”, 信学論, **J73-D-II**, 12, pp. 2047-2054 (Dec. 1990)
- 2) 畑田, 斎田: “奥行き知覚の要因とメカニズム”, テレビ誌, **43**, 8, pp. 755-762 (Oct. 1989)
- 3) 山之上, 湯山: “立体画像における大きさの歪みと撮像条件”, テレビ誌, **48**, 10, pp. 1284-1292 (Oct. 1994)
- 4) 安達, 宮原, 大和: “2眼視式立体画像における箱庭, 書き割

- り現象の解析”, テレビ学技報, 8, 40 (1985)
- 5) 塚原, 斎藤, 多田: “視聴反応の客観的測定法の開発”, 昭和51年度 NHK 放送文化基金研究報告, pp. 193-200
 - 6) 星野: “自発性瞬目の反応間隔のマルコフ性”, テレビ誌, 48, 3, pp. 317-322 (1994)
 - 7) 田村, 星: “光を用いた脳活動の無侵襲計測”, 応用物理, 63, 3, pp. 232-239 (1994)
 - 8) 伊藤正男監修: “驚異の小宇宙・人体2・ビジュアル・脳と心のデータブック”, pp. 76-81, NHK 出版 (1994)
 - 9) R. E. Records: “Physiology of Human Eye and Visual System”, pp. 1-24, Harper and Row (1979)
 - 10) E. Ponder and W. P. Kennedy: “On the Act of Blinking”, Quarterly J. Exp. Physiology, 18, pp. 89-110 (1928)
 - 11) J. A. Stern, L. C. Walrath and R. Goldstein: “The Endogenous Eyeblick”, Psychophysiology, 21, pp. 22-33 (1984)
 - 12) H. Tada: “Eyeblick Rates as a Function of the Interest Value of Video Stimuli”, Tohoku Psychologica Folia, 45, pp. 107-113 (1986)
 - 13) H. Tada and S. Tsukahara: “Eye Movement and Anticipation Time in an Aptitude Test for Motor Drivers”, Tohoku Psychologica Folia, 37, pp. 11-15 (1978)
 - 14) F. Yamada, K. Yamasaki, M. Nakayama, Y. Miyata: “Distribution of Eyeblick Amplitude Recorded by an Electrode Hookup—Re-Examination—”, Perceptual and Motor Skills, 51, pp. 1283-1287 (1980)
 - 15) 田辺, 杉山: “心理実験のための瞬目の自動抽出法”, 信学論, J66-D-II, 5, pp. 959-966 (May 1993)
 - 16) W. K. McEwen and E. K. Goodner: “The Eye, vol. 3”, pp. 341-374, New York Academic Press (1969)
 - 17) 魚森, 山田: “時分割立体画像融合時の方眼運動刺激に対する両眼眼球運動測定”, テレビ誌, 46, 8, pp. 1025-1035 (1992)
 - 18) 岡崎, 小川: “新生理科学体系9, 感覚の生理学”, pp. 280-282, 医学書院 (1989)
 - 19) L. R. Young, L. Stark: “Variable Feedback Experiments Testing a Sampled Data Model for Eye Tracking Movements”, IEEE Trans., Human Factor in Electron., HFE-4, 9, pp. 38-51 (1963)
 - 20) 山田, 福田: “画像における注視点の定義と画像分析への応用”, 信学論, J69-D, 9, pp. 1335-1342 (Sep. 1986)
 - 21) 特許: 特第 1,704,830 (1992)
 - 22) 八重沢, 吉田: “他者接近に対する生理・認知反応—生理指標・心理評定の多次元解析—”, 心理学研究, 52, pp. 166-172 (1981)
 - 23) J. Wood, J. Hassett: “Eyeblicking During Problem Solving. The Effect of Problem Difficulty and Internally vs.

Externally Directed Attention”, Psychophysiology, 20, pp. 18-20 (1983)

- 24) M. K. Holland, G. Tarlow: “Blinking and Mental Load”, Psychological Reports, 31, pp. 119-127 (1972)
- 25) 山田, 宮田: “自発性瞬目のワイブル分布による検討”, 日本心理学会第48回大会発表論文集, 50 (1984)
- 26) J. A. Stern, L. C. Walrath, R. Goldstein: “The Endogenous Eyeblick”, Psychophysiology, 21, pp. 22-33 (1984)
- 27) 山田, 三戸, 宮田: “視覚疲労の他覚的指標としての瞬目活動”, 関西鍼灸短期大学年報, 5, pp. 86-95 (1989)
- 28) A. Watanabe, T. Mori, S. Nagata, and K. Hiwatashi: “Spatial Sine-Wave Responses of the Human Visual System”, Vision Res., 8, pp. 1245-1268 (1968)
- 29) K. Fukuda, K. Matsunaga: “Changes in Blink Rate during Signal Discrimination Tasks”, Japanese Psychological Research, 25, pp. 140-146 (1983)
- 30) A. J. Hall: “The Origin and Purpose of Blinking”, British Journal of Ophthalmology, 29, pp. 445-467 (1945)

いしやま くにひこ
石山 邦彦 平成4年, 東京理科大学大学院電気工学専攻修士課程修了。同年, NHK に入局。同放送技術研究所ヒューマンサイエンス研究部に勤務。視覚心理, 立体テレビの基礎研究に従事。正会員。

やまだ みつほ
山田 光穂 昭和53年, 名古屋大学工学部電子学科卒業。昭和55年, 同大学院前期課程修了。同年, NHK に入局。岡山放送局を経て, 昭和58年より, 放送技術研究所に勤務。平成元年より, (株)ATR 視聴覚機構研究所に出向。平成5年より, NHK 放送技術研究所に復帰。現在, 同所ヒューマンサイエンス研究部主任研究員。視覚系の情報処理および眼球運動の制御機構の研究に従事。工学博士。正会員。

いその はるお
磯野 春雄 昭和45年, 電機大学工学部電気通信工学科卒業。現在, NHK 放送技術研究所ヒューマンサイエンス研究部主任研究員。放送用テレビカメラ, 視覚心理と画像工学, 立体視, 立体テレビの研究に従事。工学博士。正会員。