



映像が生体に与える影響の防止方法

椿 郁子* 齊藤 隆弘** 森田 寿哉***

Prevention methods for health effects caused by viewing video images

Ikuko TSUBAKI* Takahiro SAITO** Toshiya MORITA***

1. はじめに

生体に与える影響というと漠然とした表現ではあるが、人が映像から受ける影響は多岐にわたる。例えば、高精細な大画面映像から感じる臨場感や迫力、心地よい映像から感じるリラックスの効果などがある。しかし、映像は好ましくない影響を与える場合もある。例えば、長時間の視聴は眼精疲労を起しやす。また、子供の凶悪犯罪が起きると、暴力的コンテンツなどが子供の人格的成長へ与える影響がしばしば問われる。表1に、映像が生体に与える好ましくない影響の例を示す。

映像酔いとは、動きの激しい映像によって引き起こされる吐き気やめまいなどの症状である。症状は乗り物酔いと似ているが、体の揺れではなく、運動する視覚刺激が原因となって生じる。代表的な事例として、2002年カンヌ国際映画祭の招待作品であるフランス映画「アレックス (原題: Irreversible)」は、各上映館において、多数の観客が気分を悪くして途中退出したことが話題となった[1]。この作品は、観客の心理的動揺を誘発するために、画面の大きな揺れや回転を意図的に加える映像演出が多用されていた。

光感受性発作とは、点滅などの光刺激によって、光感受性を持つ人に誘発される痙攣などの症状である。1993年4月、英国で放送されたテレビコマーシャルによって、3人の視聴者に発作が生じた[2]。そのコマーシャルには、点滅する縞模様パターンが画面の背景に使用されていた。国内では、その後も、映像酔いや光感受性発作が多数

映像酔い、光感受性発作	短期的
眼精疲労	↑ ↓
生産性の低下	
視機能の低下	↓
人格的成長への影響	

に生じる事件が起きている。映像酔いについては、2003年7月、島根県の中学校で、授業中に講堂でビデオを上映した際、多数の生徒が気分を悪くし、その内36人が病院に搬送された[3]。この授業では、手持ちカメラで撮影された不規則な揺れが続く映像が、プロジェクタを用いて大型スクリーン上へ映写されていた。

光感受性発作については、1997年12月、テレビのアニメ番組「ポケットモンスター」の放送で、家庭で視聴していた多くの子供たちが発作を起し、全国で約700人が医療機関で受診した[2]。主症状は痙攣、意識障害などの光感受性発作によるものと、不快気分、頭痛などの自律神経症状であり、病院に運ばれた子供たちの大半は軽い症状であった。しかし、うち2例は1週間後も入院中と報道された。また、痙攣を起こした人の半分近くは、過去に痙攣を経験したことがなかった[2]。この番組は、赤と青の点滅が画面の大半を占めるシーンが約4秒間含まれ、このシーンが原因とされた。点滅の時間周波数は、[青色 (1/30秒) + 赤色 (1/20秒) = 1/12秒] の繰り返しからなる約12 Hzであった。

これらの事件によって、映像酔いと光感受性発作に対する関心が高まり、同様の事件の再発を防ぐための研究が国内で活発に行われてきた。2004年12月には、日本工業標準調査会と(独)産業技術総合研究所の主催により、ISO「映像の生体安全性国際ワークショップ」が開催された。また、筆者らは、総務省の「ネットワーク・ヒューマン・インターフェースの総合的な研究開発 (II-2 映

* ポスト・ドクター 電気電子情報工学科 ハイテク・リサーチ・センター

** 教授 電気電子情報工学科
Professor, Dept. of Electrical, Electronics and Information Engineering

*** (財) NHK エンジニアリングサービス
NHK Engineering Services, Inc.

像が生体に与える悪影響を防止する技術)」の研究委託を受け、光感受性発作と映像酔いの防止方法について研究を行っている。本稿では、筆者らの取り組みを交えながら、映像酔いと光感受性発作の防止方法に関する研究動向を紹介、解説する。

2. 映像酔い

2.1 映像酔いの要因

車酔い、船酔い、飛行機酔いなどの乗物酔いは動揺病と呼ばれ、主に前庭器が受ける刺激によって生じる。前庭器は、耳の奥にある平衡感覚を司る器官であり、三半規管と耳石器から成る。三半規管は体の動く方向、回転などを感知し、耳石器は体の傾きや重力、加速度などを感知する。しかし、視覚も動揺病に影響し、例えば、船酔いは水平線を見ていると酔いにくいと言われている。視覚情報によって酔いが軽減される場合もあるが、身体の動揺と視覚情報の不一致によって酔いが強くなる場合もある。

一方、映像酔いは、視覚刺激のみによって生じる動揺病である。VR (Virtual Reality) 酔い、VE (Virtual Environment) 酔い、シミュレータ酔いなども映像酔いに含まれる。VR などでは、振動する椅子に座って映像を見るような状況も考えられるが、ここでは、身体の運動を伴わず、前庭器への刺激が存在しない状況において生じる動揺病だけを映像酔いとして扱う。

動揺病の要因については諸説が提議されている^[4]。感覚配置変え学説では、視覚と前庭器への入力、あるいは前庭器内でも三半規管と耳石器の入力が互いに矛盾すると、感覚の混乱が起こるとしている。感覚の混乱が起こるのは、その入力パターンが記憶として貯えられていないためであり、脳内で感覚の配置変えが起こるまで、自虐的な不快症状が起こると説明される。また、外界空間の誤った知覚が平衡維持を脅かし、警報として不快症状が誘発されるという説もある。これらの説は、乗物酔いだけでなく映像酔いも考慮されている。

2.2 映像酔いの評価方法

2.2.1 映像酔いの主観評価手法

実験として映像酔いの程度を調べる場合は、SSQ (Simulator Sickness Questionnaire)^[5]を用いた主観評価が一般的である。主観評価実験では、被験者が、映像を視聴後に酔いの程度に関する質問に答える。SSQ はシミュレータ酔いの評価のために作成された質問紙とその評価方法であり、被験者は16の質問項目について、0 (いいえ) から3 (はい) の4段階で答える。それらに1

表2. SSQ 質問項目と加重値^[5]

質問項目	加重値		
	気持ち悪さ	目の疲れ	ふらつき感
全体的に気分がよくない	1	1	0
疲れた	0	1	0
頭痛がする	0	1	0
目が疲れた	0	1	0
目の焦点を合わせにくい	0	1	1
つばがよく出る	1	0	0
汗をかいている	1	0	0
吐き気がする	1	0	1
集中するのが難しい	1	1	0
頭がぼーっとする	0	0	1
ぼやけて見える	0	1	1
目を開けているとふらふらした感じがする	0	0	1
目を閉じているとふらふらした感じがする	0	0	1
ぐるぐるとしためまいがする	0	0	1
胃に違和感がある	1	0	0
げっぷが出る	1	0	0
加重和	a	b	c

か0の加重を掛けて加重和をとると、Nausea (気持ち悪さ)、Oculomotor (目の疲れ)、Disorientation (ふらつき感)を示す評価値が求まる。さらに、これらを集計すると、酔いの総合的な指標である Total sickness score (総合点) が得られる。日本語に訳した SSQ 質問項目と加重値を表2に示す。各評価値は次式で求められる。

$$\begin{cases}
 \text{気持ち悪さ (Nausea)} & = a \times 9.54 \\
 \text{目の疲れ (Oculomotor)} & = b \times 7.58 \\
 \text{ふらつき感 (Disorientation)} & = c \times 13.92 \\
 \text{総合点 (Total sickness score)} & = (a + b + c) \times 3.74
 \end{cases} \quad (1)$$

目の疲れに関する項目が含まれている点が、一般の動揺病の評価とは異なっている。

2.2.2 映像酔いの客観評価手法

主観評価だけではなく、映像酔いの客観的評価方法の確立を目指した研究も進められている。酔いの諸症状は自律神経に関するものが多いため、自律神経系の測定から得られる生理指標が用いられている。

文献^[6]では、心電図、呼吸、胃電図、重心動揺などを測定、解析した結果、心拍変動の0.1 Hz 付近の成分と呼吸周波数に、映像酔いの影響が出る可能性が示唆された。心拍変動のこの周波数帯域は、Mayer Wave の大きさを反映しやすいとされている。Mayer Wave とは、動脈血圧が示す約10秒周期の変動成分であり、交感神経活動によって生じる^[7]。

その後、Mayer Wave 帯域に注目した研究が進み、心電図、血圧、呼吸の0.3Hz 前後と0.1Hz 前後の振幅成分が映像酔いの指標とされた^[8]。映像酔いが現れると交感神経系活動が優位となり、0.1Hz 帯域成分の増大と0.3 Hz 帯域成分の減少が起こると考えられている。0.3Hz 帯域は、副交感神経活動を反映し、安静状態で顕著に現れる成分であると考えられている。

生理指標による評価は、個人差が大きく再現性を得ることが難しいため、複数の生理的パラメータの相互関係の解析によって、個人差の低減と再現性の向上が試みられた^[9]。その結果、Mayer Wave 成分に限定した血圧変動から心拍数変動までの相互相関係数の最大値も、映像酔いの指標として着目されている。

2.3 映像酔いを起こしやすい映像の特徴

映像酔いを起こしやすい運動の特徴に関して、酔いにくいVRやシミュレータの設計指針を与えることなどを目的とし、人間工学やVRの分野で広く研究が行われている。運動方向の違い、振動の有無、振動の周波数などが異なる映像を用いて、酔いの程度を比較した実験結果が多く報告されている。運動に関するパラメータの他にも、近年、ベクションや予測性と映像酔いの起こしやすさとの関連についても報告されている。

2.3.1 運動方向

映像の運動方向については、上下、左右、回転の3方向について、酔いやすさが比較されている。上下方向の運動は重力感覚の影響で酔いやすいと思われるが、都市の中を進んでいくVR映像に単調な振動を加え、ヘッドマウントディスプレイで視聴した実験の結果、3つの方向の振動は酔いやすさがほぼ同等であるとされた^[10]。

しかし、振動ではなく一方向の運動の場合は性質が異なる。スクリーンに映したVR映像を用いた実験では、

3方向にそれぞれ一定の周期で振動する映像と、それぞれの方向に等速運動し続ける映像の6通りの条件を比較した結果、等速で回転し続ける映像の場合に、最も強い酔いが生じやすいとされた^[11]。

2.3.2 振動周波数

乗物酔いでは、最も酔いを起こしやすい身体の上下運動の周波数は、およそ0.2Hzであるとされている^[12]。しかし、最近の研究では、映像酔いを起こしやすい映像の振動周波数は、乗物酔いを起こしやすい周波数とは異なると考えられている。液晶ディスプレイに表示した上下方向に振動する映像を用いた実験では、0.2Hzと1.0Hzの振動を比較すると、1.0Hzの方が不快感が大きいと報告された^[13]。また、スクリーンに文章を表示し、上下方向に振動させた文章を読む実験では、0.25、0.5、1、2、4Hzの5通りの周波数を比較した結果、0.5Hzで最も強い酔いが生じた^[14]。

2.3.3 ベクション

強いベクション（視覚誘導自己運動感覚）を感じる映像は、映像酔いを起こしやすいと考えられている。運動する視覚刺激を観察していると、自分の体が傾いたり移動したりする感覚をもつことがある。この感覚のことをベクションという。

映像酔いとベクションの相関を調べるために、回転ドラムを用いた実験が行われた^[15]。被験者は、内壁に白黒の縞模様を描いたドラム内に座る。ドラムを回転させると、ドラムではなく被験者自身が回転しているような感覚をもつことがある。これは回転ベクションと呼ばれるが、縞の細かさを変えた実験の結果、回転ベクションを強く感じる条件では、強い酔いが生じやすいことが示された。また、上下、左右、回転方向に等速運動する映像を用いた実験でも、ベクションを最も強く感じた条件で、酔いが最も強く生じたと報告された^[11]。これらのことから、ベクションは映像酔いの要因と関連があると考えられている。

一方、ベクションを感じなくても映像酔いを生じる場合がある。例えば、手ぶれのような細かい振動だけを運動成分として含む映像は、ベクションを感じさせない。この場合に生じる映像酔いは、ベクションと関連がないと考えられる。

2.3.4 予測性、受動性

乗物酔いの場合、運転手は酔いにくいと言われる。同様に、VR環境で乗り物を操縦するシミュレータの場合

も、自分で操縦する方が酔いが弱いと報告された^[6]。これらの理由として、自分で運転する場合には、自分の動きと視覚世界の動きが同期して受動感覚を感じないこと、また、視覚世界の動きを予測しやすいことなどが考えられる。

映像酔いについても似たような例として、ビデオ撮影をしながらファインダーや液晶画面を見る場合には映像酔いを起こさないが、撮影した映像を後に再生して見る場合には酔いを起こすことがある。これらは、見ている映像は同じであるが、撮影時にはビデオカメラを自分で持っているために映像の動きを予測できるのに対して、再生中には映像の動きを予測できないという違いがある。このような動きの予測性と映像酔いの関係を確認するために、被験者が自らビデオカメラを動かしながら映像を観察するアクティブ条件と、自分自身がアクティブ条件で撮影した映像を観察するだけのパッシブ条件との間で、映像酔いの程度を比較する実験が行われた^[7]。どちらの条件も、ヘッドマウントディスプレイで映像を観察し、両条件で観察した映像は同じであるが、パッシブ条件の方が酔いやすいという結果が得られた。アクティブ条件では動きが予測できたため、酔いが生じにくかったと考えられる。

2.4 映像酔いの軽減手法

映像酔いの軽減手法は、映像酔いを引き起こしやすい映像であっても、強く酔わずに視聴することを可能にするために検討されている。前節に示したような、酔いや酔いやすい映像の特徴に関する知見の全てが、映像酔いの軽減に役立つと考えられる。

手ぶれのような細かい振動を多く含む映像は、手ぶれ補正処理を施すことで映像酔いを軽減できる。しかし、一方向に運動し続ける映像など、直接的な補正が困難な運動パラメータをもつ映像もある。このため、映像に含まれる運動の補正を行わずに、酔いを軽減する手法も検討されている。

2.4.1 手ぶれ補正

手ぶれ補正機能は多くのビデオカメラに搭載され、この機能を用いると、細かい振動が少ない映像を撮影することができる。しかし、意図的に手ぶれを残して撮影し、不安感を表現するための映像効果として手ぶれを用いる場合もある。また、一般的な映像処理ソフトウェアにも、手ぶれ補正処理機能が含まれていることが多い。

手ぶれ補正では、まず、映像のグローバルモーションを検出し、それを用いて補正用パラメータを導出する。

グローバルモーションは、前のフレームと比較したアフィン変換パラメータによって表すことができる。手ぶれ補正には、4自由度に制限したアフィン変換が多く用いられる。

$$\begin{pmatrix} x_t \\ y_t \end{pmatrix} = r_t \begin{pmatrix} \cos \theta_t & -\sin \theta_t \\ \sin \theta_t & \cos \theta_t \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{t-1} \\ y_{t-1} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} p_t \\ q_t \end{pmatrix}, \quad (t \geq 1) \quad (2)$$

$(x_t, y_t)^T$ は、時刻 t の画像上の座標を示し、4つのパラメータは、それぞれ時刻 t における横方向、縦方向の平行移動 (p, q)、回転 (θ)、拡大縮小 (r) を表す。各フレームで得られたグローバルモーションパラメータを累積すると、開始フレームを基準とした変位に相当する変位パラメータ (P_t, Q_t, Θ_t, R_t) が求まる。

$$\begin{cases} R_t = R_{t-1} * r_t \\ \Theta_t = \Theta_{t-1} + \theta_t \\ P_t = r_t (P_{t-1} \cos \theta_t - Q_{t-1} \sin \theta_t) + p_t \\ Q_t = r_t (P_{t-1} \sin \theta_t + Q_{t-1} \cos \theta_t) + q_t \end{cases}, \quad (t \geq 2) \quad (3)$$

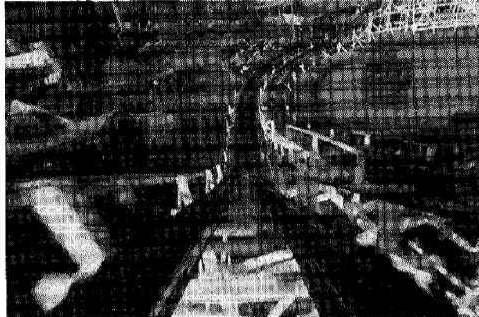
変位に対して時間方向にローパスフィルタをかけ、それを変位の目標値とし、各フレームに対して補正を行う。映像酔いの防止を目的とした手ぶれ補正は、酔いを生じさせる揺れだけを効率的に取り除き、元の映像の印象をなるべく変えない手法が望ましい。このため、手ぶれ以外の映像の動きを劣化させない手法として、選択的な手ぶれ補正が検討されている^[8]。これは、酔いや酔いやすい区間だけを選択して補正し、残りの区間は補正を行わない。また、ローパスフィルタの特性の調節によって、酔いや酔いやすい振動成分だけを選択的に除去する。実験では、映像を10秒間の区間に分割して振動回数の多い区間だけを選択し、主に0.5Hz以上の振動を除去するローパスフィルタが用いられた。実験の結果、映像酔いを軽減する効果が得られたと報告された。

2.4.2 付加的背景刺激

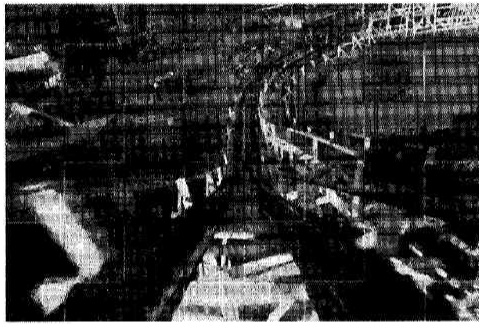
静止している背景画像を映像と同時に提示すると、酔いが軽減すると考えられている。これは、動いているのは映像ではなく自分自身であると間違えて知覚することで、映像酔いが生じるという想定に基づいている[19]。静止している背景の提示は、自身が静止していることを示すためであり、ヘッドマウントディスプレイを用いた実験では、透過モードにして外界の映像が見えるようにすると酔いが軽減された。

この性質を利用し、映像酔いの軽減のために、コントラストが低い模様を付加的背景刺激として映像に重畳す

る手法が検討された[20]。重畳する付加的背景刺激は、視聴の際になるべく違和感を感じない模様が好ましく、



(a) No overlay.



(b) Emboss.

図1 付加的背景刺激

チェッカーボード、グリッド、エンボスの3種類について実験された。図1に実験映像の例を示す。(a)は付加的背景刺激を重畳していない原画像であり、(b)はエンボス模様を重畳した画像である。模様の重畳によって若干の印象の変化はあるが、強い違和感を感じる映像ではないと思われる。実験の結果、3種類の背景刺激とも、重畳していない原画像より酔いにくく、付加的背景刺激によって映像酔いを軽減する効果が得られた。この手法は、直接的な運動パラメータの補正が困難な映像を含め、あらゆる種類の映像に適用できると考えられる。

3. 光感受性発作

3.1 要因となる光刺激

光感受性発作の発症に関わる光刺激の基本的要因として、点滅、色、規則的なパターン模様の3つが挙げられている。要因となる光刺激の種類は人によって異なるが、文献[2]によると、点滅については時間周波数が10~30Hzの場合に刺激性が強い。色については波長が620~710nmの深赤色が刺激性が強く、それに点滅が加わると刺激性は著しく増大する。縞模様などのコントラストが強い規則的なパターン模様に対して感受性の強い人もいる

が、パターン模様については空間周波数が1~4[cycle/deg]の場合に刺激性が強い。

また、点滅の周波数については特に詳しく調べられている。1~65(回/秒)のフラッシュ光と比較した結果、16(回/秒)の点滅に対して、光感受性を持つ人が最も多いと報告された[21]。

3.2 テレビ放送におけるガイドラインの策定

1993年の英国での事件の後、英国の民間テレビ放送を規制・ライセンスするITC (Independent Television Commission, 独立テレビ委員会) は、放送映像での点滅とパターンの使用を制限するガイダンスを1994年に導入した[22],[23]。ITCガイダンスでは、テレビはもともと明滅する媒体であるため、視聴者が発作を起こすリスクを完全に除去することはできないが、不要なリスクを軽減する措置を講じることは可能であると記された。そのうえで、1秒間に3回を超える速度の光の点滅や急速変化・明滅画像と、画面の大部分をきわだった一定のパターンの画像が占めることなどは避けるべきであると定めている。

国内では、1998年に、日本放送協会と(社)日本民間放送連盟によって、各テレビ放送局の共通ガイドラインとして「アニメーション等の映像手法に関するガイドライン」が導入された[24]。これは、ITCガイダンスに大まかに類似したものであったが、鮮やかな赤色の点滅を問題にしている点と、輝度変化を20%以下と規定している点が異なっていた[25]。

ITCガイダンスは、その後、数回の修正が行われ、赤色の明滅に関する記載が加えられた[22]。また、避けるべき点滅の輝度変化量、回数、面積などと、規則的パターン模様の細かさ、面積、輝度差などが記された。規則的パターンの方向変化、振動、点滅、反転があると、静止している場合より有害であることも記された。

最近では、国際的なガイダンスとして、2005年2月、ITU-R (International Telecommunication Union - Radiocommunication Sector, 国際電気通信連合無線通信部門) によって、ITU-R 勧告 BT.1702 が定められた[26]。これは、テレビによって引き起こされる光感受性発作の低減を目的とし、内容はITCガイダンスと類似している。主に、避けるべき点滅の種類について述べられ、規則的パターン模様はあまり触れられていない。また、付録には、避けるべき点滅の検出方法の例と、低減方法についても示されている。

3.3 避けるべき映像の検出方法

映像がガイドラインに適合していることを確認する作業は容易ではない。英国の Cambridge Research Systems 社は、映像が ITC ガイドラインに適合していることを確認するための測定器を市販している^[27]。この装置は、映像をキャプチャボードで PC に取り込み、解析する。輝度点滅、赤点滅、空間パターン、長時間の基準値以下点滅の4項目について解析結果が出力される^[1]。

国内でも、NHK・民放連のガイドラインに適合していることを確認するための測定器が、テレビ放送各局によって早くから開発された。NHK で開発された参考計測器は、映像中にガイドラインの規定を超過するフリッカや規則的なパターン模様が含まれていると、リアルタイムでガイドライン超過項目を表示し、その箇所をタイムコードとともに記録する^[25]。フリッカの検出は、空間解像度を落とした映像の輝度信号と色差信号について行われる。画素ごとに k フィールド ($k = 1 \sim 13$) 遅延した値との差の相互相関を求め、相関値が負の大きな値のときにフリッカであると検出される。規則的パターンの検出は、画像をブロック分割して2次元 DFT によって行われ、エネルギーが集中する空間周波数が存在すると、そのブロックに周期性があると判断される。縮小によって3種類の解像度の画像を用意し、各解像度において、周期性のあるブロック数の割合によって規則的パターンの存在が判定される。

テレビ東京で開発された映像フリッカ解析装置アニメチェッカーは、避けるべきフリッカが含まれていると、リアルタイムでアラームを出力し、その発生時刻、フリッカ周波数、継続時間などを出力する^[28]。RGB の各色成分について高速フーリエ変換を行い、その周波数分布からフリッカが検出される。

このように、避けるべき映像の検出方法は、測定器によって異なる。ITU-R 勧告 BT.1702 では、国際的にテレビ番組が交換されることを考慮すると検出方法が統一されることが望ましいと、付録中に記述されている^[26]。例として示されているフリッカ検出方法では、映像中に含まれる動きによる誤検出を防ぐために、動き補償が取り入れられている。

3.4 光感受性発作の防止方法

ガイドラインの策定によって、テレビ映像による光感受性発作の初発症例数が減少したと報告された^[29]。しかし、ガイドラインによって完全に防ぐことは難しく、また、テレビ放送以外にも映像の種類は多様である。家庭で視聴できるものだけでも、ゲーム、DVD での映画鑑

賞、Web で閲覧できる動画などがあるが、これらのコンテンツにはガイドラインが定められていない。そこで、光感受性をもつ人が、個人で行う光感受性発作の防止方法が検討されている。防止方法は2つに大別される。

一つは、避けるべき映像に補正を行う映像変換装置をテレビに取り付ける方法である。点滅する映像に対して時間的ローパスフィルタをかける方法について、有効性が確かめられた^[30]。この手法は、点滅の周波数、面積などから危険度を求め、危険度に応じてローパスフィルタの強さが調節される。また、危険度が低い映像には補正を行わないため、不要な映像の劣化が少ないと考えられる。

もう一つは、眼鏡のように、眼とディスプレイの間に光学フィルタを配置する方法である。減光フィルタと長波長赤色光遮断フィルタを複合して用いる方法について、有効性が確かめられた^[31]。2つのフィルタは、それぞれ単独でも有効な場合もあるが、複合することで抑制効果が著しく高くなると報告された。

4. おわりに

映像酔いと光感受性発作について、軽減、防止のための研究動向を紹介した。光感受性発作が光感受性をもつ人にだけ生じるのと比べ、映像酔いを引き起こす人は多い。一方で、映像酔いの症状はあまり重篤でない。これらの防止方法には、防止効果の有効性だけでなく、映像の不要な劣化が少ないことも望まれる。そのため、防止効果と劣化の程度とのバランスがとれた手法が望まれる。

映像酔い、光感受性発作ともに、生じやすさや、生じやすい映像の種類には個人差がある。また、視聴距離、ディスプレイサイズなどの視聴環境も影響する。これらの考慮によって、さらに安全で快適に視聴できる防止方法への改善が期待される。

謝辞

本研究は、総務省の「ネットワーク・ヒューマン・インターフェースの総合的な研究開発 (II-2 映像が生体を与える悪影響を防止する技術)」の助成を受けて行われた。謝意を表する。

参考文献

- [1] 総務省, “コンテンツの生体への影響に関する調査・研究報告書”, 2004. http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040318_1.html
- [2] 高橋剛夫, “テレビ映像と光感受性発作—その脳波診断と防止策—”, 新興医学出版社, 1999.

- [3] 山内俊雄ほか, “平成9年度厚生科学特別研究報告書 光感受性発作に関する臨床研究”, 1998.
- [4] 高橋正紘, “動揺病”, めまい・平衡障害(野村恭也, 小松崎篤, 本庄巖編), pp. 497-503, 中山書店, 1999.
- [5] R.S.Kennedy, N.E.Lane, K.S.Berbaum and M.G. Lilienthal, “Simulator sickness questionnaire: an enhanced method for quantifying simulator sickness”, *The International Journal of Aviation Psychology*, vol.3, no.3, pp.203-220, 1993.
- [6] 中川千鶴, 大須賀美恵子, 竹田仰, “VE酔い評価手法の開発に向けての基礎的検討”, *人間工学*, vol.36, no.3, pp.131-138, 2000.
- [7] 早野順一郎, 山田真己, 藤浪隆夫, 横山清子, 渡辺興作, 高田和之, “心拍変動と自律神経機能”, *生物物理*, vol.28, no.4, pp.198-202, 1988.
- [8] 木竜徹, 南保洋子, 野村恵里, 坂東武彦, 小林直樹, “自己運動感を伴う映像の動きベクトルによる生体影響評価法”, *バーチャルリアリティ学会論文誌*, vol.9, no.4, pp.361-368, 2004.
- [9] 杉田典夫, 吉澤誠, 田中明, 阿部健一, 山家智之, 仁田新一, “血圧-心拍数間の最大相互相関係数を用いた映像刺激の生体影響評価”, *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, vol.4, no.4, pp.227-234, 2002.
- [10] W.T.Lo and R.H.Y.So, “Cybersickness in the presence of scene rotational movements along different axes”, *Applied Ergonomics*, vol.32, no.1, pp.1-14, 2001.
- [11] 氏家弘裕, 鶴飼一彦, 斎田真也, “映像酔いに対する運動パターンと映像コンテンツの影響”, *バーチャルリアリティ学会論文誌*, vol.9, no.4, pp.377-385, 2004.
- [12] J.F.O'Hanlon and M.E.McCauley, “Motion sickness incidence as a function of the frequency and acceleration of vertical sinusoidal motion”, *Aerospace Medicine*, vol.45, pp.366-369, 1974.
- [13] 太田啓路, 河合隆史, 海老根吉満, 山口理恵, “TVゲームによって引き起こされる3D酔いの評価”, *バーチャルリアリティ学会論文誌*, vol.9, no.4, pp.343-351, 2004.
- [14] 原澤賢充, 椿郁子, 繁樹博昭, 松寄直幸, 森田寿哉, 伊藤崇之, 齊藤隆夫, 相澤清晴, “縦揺れ映像による酔い-背景の揺れと注視対象の揺れ”, 第1回デジタルコンテンツシンポジウム, 1-8, 2005.
- [15] S.Hu, M.S.Davis, A.H.Klose, E.M.Zabinsky, S.P.Meux, H.A.Jacobsen, J.M.Westfall, M.B.Gruber, “Effects of spatial frequency of a vertically striped rotating drum on vection-induced motion sickness”, *Aviation, Space and Environmental Medicine*, vol.68, no.4, pp.306-311, 1997.
- [16] A.Rolnik and R.E.Lubow, “Why is the driver rarely motion sick? The role of controllability in motion sickness”, *Ergonomics*, vol.34, no.7, pp.867-879, 1991.
- [17] 松寄直幸, 椿郁子, 原澤賢充, 繁樹博昭, 川島尊之, 森田寿哉, 伊藤崇之, 齊藤隆夫, 相澤清晴, “動きの予測しやすさによる映像酔いに関する映像の評価”, *電子情報通信学会総合大会*, DS-1-2, 2005.
- [18] I.Tsubaki, T.Morita, T.Saito and K.Aizawa, “An adaptive video stabilization method for reducing visually induced motion sickness”, *IEEE Intl. Conf. image processing*, 2005.
- [19] J.D.Prothero, M.H.Draper, T.A.Furness, D.A.Parker and M.J.Wells, “The use of an independent visual background to reduce simulator side-effects”, *Aviation, Space and Environmental Medicine*, vol.70, no.3, pp.277-283, 1999.
- [20] 繁樹博昭, 原澤賢充, 松寄直幸, 椿郁子, 川島尊之, 森田寿哉, 伊藤崇之, 齊藤隆夫, 相澤清晴, “映像酔いを低減する付加的背景刺激の効果の検討”, *映像情報メディア学会冬季大会*, 11-1, 2004.
- [21] G.F.A.Harding and P.F.Harding, “Televised material and photosensitive epilepsy”, *Epilepsia*, vol.40, suppl.4, pp.65-69, 1999.
- [22] Independent Television Commission, “ITC guidance note for licensees on flashing images and regular patterns in television”, 1994 (revised and re-issued 1999, 2001).
http://www.ofcom.org.uk/tv/ifi/guidance/legacy/vrs_code_notes/flsh_imgs/gn_flash.pdf
- [23] 郵政省, “放送と視聴覚機能に関する検討会報告書”, 1998.
http://www.soumu.go.jp/joho_tsusin/pressrelease/japanese/housou/980626j701_2.html
- [24] 日本放送協会, (社)民間放送連盟, “アニメーション等の映像手法に関するガイドライン”, 1998. <http://www.nab.or.jp/html/aud/anime.html>
- [25] 江本正喜, 大塚吉道, 山賀睦夫, 上原年博, 井口和久, 伊藤崇之, 藤井真人, “アニメ番組等ガイドライン対応「参考計測器」の開発”, *映像情報メディア学会技術報告*, vol.22, no.40, pp.1-6, Aug. 1998.
- [26] ITU-R Recommendation BT.1702, “Guidance for the reduction of photosensitive epileptic seizures caused by television”, 2005.
- [27] Cambridge Research Systems Ltd.
<http://www.hardingfpa.co.uk/>
- [28] 稲村俊雄, 山本修, “[映像フリッカ解析装置] アニメチェッカーの開発”, *放送技術*, vol.51, no.9, pp.960-962, 1998.
- [29] Y.Takahashi and T.Fujiwara, “Effectiveness of broadcasting guidelines for photosensitive seizure prevention”, *Neurology*, vol.62, pp. 990-993, 2004.
- [30] M.Nomura, T.Takahashi, K.Kamijo, and T.Yamazaki, “A new adaptive temporal filter: application to photosensitive seizure patients”, *Psychiatry and Clinical Neurosciences*, vol.54, pp.685-690, 2000.
- [31] Y.Takahashi, T.Sato, K.Goto, M.Fujino, T.Fujiwara, M.Yamaga, H.Isono and N.Kondo, “Optical filters inhibiting television-induced photosensitive seizures”, *Neurology*, vol. 57, pp. 1767-1773, 2001.