

実写映像と同じ動きベクトルを持つシミュレーション映像による 動きベクトル成分の映像酔いへの影響評価

内山 絵里[†] 木竜 徹[†] 飯島 淳彦[‡] 板東 武彦[‡]

[†]新潟大学大学院 自然科学研究科 [‡]新潟大学大学院 医歯学総合研究科

〒950-2181 新潟市五十嵐2の町 8050

E-mail: [†] minieri@bsp.bc.niigata-u.ac.jp

あらまし 近年、大画面・高画質な映像が一般に広く普及し、それらは娯楽の充実へとつながっている。一方、それらの映像は、映像酔いなどの生体への悪影響を与えることが分かってきた。これまでの研究で、映像から推定される動きベクトルが生体に悪影響を与えている可能性が示されている。これまで、実写映像の動きベクトル(ズーム・パン・チルト)からランダムドットボタン映像を制作し、生体影響のある動きベクトルを検討してきた。ここでは、動きベクトル成分毎に影響を探るため、合成の際に実際の成分とは異なる画面上の動きと入れ替えた映像を制作し、映像酔いを引き起こす映像の動きベクトル成分の特徴を検討した。その結果、パン成分の画面上の動きに映像酔いの原因がある可能性が示された。

キーワード 映像酔い、動きベクトル、時間周波数構造、画面上の動き

Evaluation of the Influence of Motion Vectors on Cybersickness by Synthesized Images with the same Motion Vectors of Real Images

Eri UCHIYAMA[†] Tohru KIRYU[†] Athuhiko IJIMA[‡] and Takehiko BANDO[‡]

[†] Graduate School of Science and Technology, Niigata University

[‡] Graduate School of Medical and Dental Sciences, Niigata University

〒8050 2-Ikarashi, Niigata 950-2181, Japan

E-mail: [†] minieri@bsp.bc.niigata-u.ac.jp

Abstract Recently, large-screen and high-quality TV sets are spreading widely and enlarging the effects of amusement. However, the risks due to video images are also recognized. For studying the camera work-related risks, we produced synthesized images that are composed of motion vectors estimated from real video images. Then, we evaluated the effects of each motion vector by replacing an original motion vector with another one. The results showed a horizontal motion in the screen might cause cybersickness.

Keyword cybersickness, motion vector, time-frequency representation, movement of screen

1. まえがき

近年、映像のデジタル化、高画質ディスプレイ技術の発展に伴い、大画面・高画質でより現実感・臨場感の高い映像が一般に普及しつつある。それらは娯楽やコミュニケーションツールとして我々の生活を充実させてくれる。一方で、映像酔いや光過敏症などの生体への悪影響を及ぼす危険性があることがわかってきた。しかし、映像の生体影響については未だ明確ではなく、早急な原因究明、対策、及び評価方法の確立が望まれている。

これまでの研究で、映像の動的情報が自律神経系に

影響を与えている可能性があり、映像の動きベクトルのズームやパンなど各々の成分の時間周波数構造が生体に影響を与える可能性を報告した[1],[2]。すなわちズーム・パン・チルトのすべての成分を含んだシミュレーション映像を制作し、その映像視聴時の生体影響が調べた。しかし、どの成分が生体に影響を与えているのか、成分ごとの特徴を捉えられているか判断しづらかった。また、生体に影響を与えているのは、動きベクトルの画面上の動きなのか、時間周波数構造なのかについては十分に検討できなかった。

そこで本研究では、生体に影響を与える動きベクト

ル成分の影響を評価することを目的に、動きベクトルのズーム、パン、チルトの内、ひとつの成分のみを含むシミュレーション映像と画面上の動きと動きベクトルの時間周波数構造を入れ替えたシミュレーション映像を制作した。その上で、主観的評価で不快感に違いがあるかを調べ、不快感の高かった動きベクトル成分について、不快感を誘発した原因が画面上の動きであるのか、その成分に含まれる特定の時間周波数構造であるのかを検討した。

2. 方法

2.1. 動きベクトルによる映像特性

映像の特徴を評価する指標として、MPEG-2等の画像圧縮の際に用いられる動きベクトル[3]に注目した。動きベクトルにはグローバルな動きベクトル(GMV: Global Motion Vector)とローカルな動きベクトル(LMV: Local Motion Vector)の2種類があるが、ここでは、GMVを主に用いた。GMVはカメラの動きと関係しており、特にズーム(焦点距離の移動)、パン(カメラの横振り)、チルト(カメラの縦振り)の3種類のパラメータに注目した。動きベクトルはカメラの動きやシーンの流れなどの動的特徴のみの情報からなり、映像コンテンツの影響を受けない。よって、動きベクトルは映像の動的特徴を定量化できる。

シミュレーション映像は、2次元の黒い背景上に配置されたランダムドットとして、奥行き感を出すための色と密度、そして動きを変えた2種類のドットを作成して重ねた。GMVのパン、チルトはそれぞれ水平、垂直方向に移動することで表現した。ズームは、ズームの中心を画面の中心と仮定し、ドットの大きさを拡大・縮小した。

ここでは、実写映像実験において不快感の強い実写映像のGMVを使用した。

2.2. 生体情報

計測した生体信号は心電図、血圧、呼吸、発汗である。心電図と血圧はカットオフ周波数30Hz、呼吸は1kHzで雑音を除去した。その後、心電図からRR間隔時系列を算出した。血圧はRR間隔の範囲内における最大・最小値から求めた平均血圧とした。さらにRR間隔と平均血圧時系列は不等間隔であるので、3次スプライン補間を施し、等間隔時系列とした。なお、ここでのサンプリング周波数は映像のフレームレート(30 frame/sec)に合わせるために30Hzとした。呼吸は1kHzで移動平均をとることで平滑化した後、同様に30Hzでリサンプルした。

また、自律神経系への影響をRR間隔時系列、呼吸、平均血圧時系列から推定するため、それらに対してGabor関数をMother Waveletとする連続Wavelet変換

を行った。その際に、血圧とRR間隔時系列から、交感神経と副交感神経の両者の活動を反映していると考えられるMayer波帯域、すなわちLF(0.04~0.15Hz)成分を推定し(LF_{BP}, LF_{RR})、また、呼吸とRR間隔時系列から呼吸性洞性不整脈(RSA)を反映するHF(0.15~0.45Hz)成分を推定した(HF_{RES}, HF_{RR})。

ひとつのトライアル全体にわたって各被験者の安静状態3分間でのLF、HF成分の平均値を基準とし、生体が影響を受けたと想定される区間(生体影響区間)をLFの平均値より120%以上の区間にHFの平均値より80%以下の時刻を含む区間と定義した。また、生体影響区間の直前のLF成分が極小点をとる時刻を、生体に影響を与え始めたと想定されるきっかけの時刻 t_g とした。

3. 実験

3.1. 計測条件

映像は70インチスクリーン上に液晶プロジェクタ(ELP-820, XGA対応, 1024×768, 2500ANSIルーメン, EPSON製)を用いて投影した。被験者はスクリーンから1.7m離れた位置で椅子に着席した状態で視聴してもらった。実験中の室内の明るさは10 luxとした。

心電図は胸部双極誘導により計測した。血圧はトノメトリ法による連続血圧計測装置(JENTOW7700, 日本コーリン製)を用い、左手橈骨動脈圧を計測した。また、呼吸はチューブ式呼吸ピックアップ(TR-775T, 日本光電製)を用いて腹部を、鼻孔用呼吸ピックアップ(サーミスタ呼吸ピックアップ TR-711T, 日本光電製)を左の鼻孔口に装着し、計測した。左手母指球表面から発汗計(SKA2000, スキノス製)を用いて発汗量をカプセル換気法により測定した。心電図と呼吸は生体用アンプ(AB-601G, 日本光電製)を用いて増幅度26dB、帯域0.5 Hz~1kHzで差動増幅し、AD変換PCカード(DAQCard-700, National Instruments製)を介して、サンプリング周波数1kHz、量子化ビット数12bitでノートブックPC(Libretto PAL20602L, 東芝製)に記録した。

3.2. アンケートによる評価実験

ランダムドットパタン映像を4種類(ZPT, Z, P, T)を使用した。ZPTは、ズーム、パン、チルト全ての成分を含んだ映像、Z,P,Tは、それぞれズーム成分、パン成分、チルト成分のひとつの成分のみを含んだ映像とした。この4種類の映像をそれぞれ2分間視聴してもらった(図1)。映像毎の影響を取り除くために、各映像視聴の間に1分間の安静(S)を入れた。また、安静中と4種類すべての映像視聴後にアンケートを行った。安静中に行ったアンケートは、その直前の映像の不快感を0-1-2-3-4(0:全く不快でない, 2:普通, 4:不快である)の5段階評価で答えてもらった。す

すべての映像視聴後に行ったアンケートは、何番目に見た映像が不快であったかを複数回答で答えてもらった。



図1 実験プロトコル

3.3. 動きベクトルと生体信号による評価実験

実験のプロトコルは安静 5 分、映像視聴 16 分、安静 5 分の約 26 分からなる。映像は、4 種類 (tasks 1-4) のランダムドットパターン映像を使用した。映像はそれぞれ画面上の動きと GMV の時間周波数構造を入れ替えて合成した。個々の映像を *motion in a screen* (original GMV) のように記す。task 1 は *pan* (pan), task2 は *tilt* (tilt), task3 は *pan*(tilt), task4 は *tilt*(pan) である。ひとりの被験者に対して、4 回実験を行った (図 2)。ここで使用したランダムドットパターン映像は 2 min であるため、映像を 8 回繰り返し、16 min の映像とした。

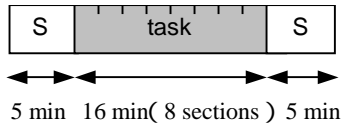


図 2 実験プロトコル

4. 結果

4.1. アンケートによる評価実験

映像ごとに 0~4 の 5 段階評価で不快感を表した評価値 (主観評価) を合計した (図 3)。ズーム・パン・チルトのすべての成分を含む映像より 1 成分のみの映像の方が主観評価の合計値が高い。パン成分のみの映像が最も高く、次いでチルト成分のみの映像が高くなった。すべての成分を含む映像とパン成分のみの映像では、平均値に有意差 (有意水準: $p < 0.05$) が認められた。

次に、それぞれの映像において不快な映像であったか不快な映像ではなかったかを表 1 に示す。パン成分のみの映像に不快感があったと答えた被験者が 10 人中 5 人、不快感が無かったと答えた被験者は 10 人中 2 人だった。次に不快感が高かったチルト成分のみの映像は、10 人中 3 人の被験者が、不快感があったと答え、不快感がなかったと答えた被験者は 10 人中 3 人だった。

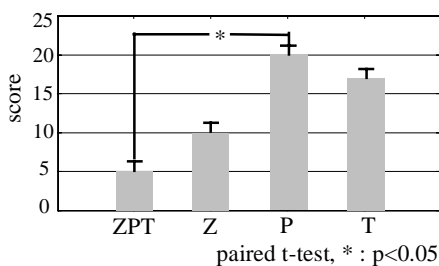


図 3 主観評価の合計値 (被験者10名)

表 1 不快感の有無 (被験者 10 名)

(:不快である x:不快でない -:どちらともいえない)

| subj. | ZPT | Z | P | T |
|-------|-----|---|---|---|
| a | x | | | |
| b | x | x | x | |
| c | x | x | | x |
| d | - | - | | - |
| e | x | x | | x |
| f | | - | - | x |
| g | x | x | - | |
| h | - | - | x | - |
| I | x | - | - | - |
| j | - | x | | - |

4.2. 動きベクトルと生体信号による評価実験

映像ごとに 0~4 の 5 段階評価で不快感を表した評価値 (主観評価) を合計した (図 4)。主観評価の合計値が高い映像は、*pan* (pan) と *pan* (tilt) であった。

次に、実験時に測定した生体信号から、きっかけの時刻 t_g の総数をそれぞれの映像ごとに求めた (図 5)。 t_g の総数 (図 5) と映像ごとに 0~4 の 5 段階評価で不快感を表した評価値 (主観評価) の合計値の多さ (図 4) との間には関係は認められなかった。

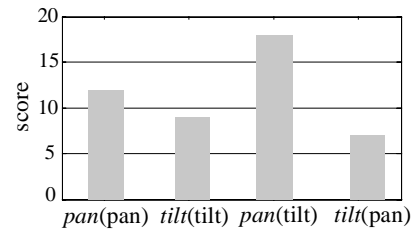


図 4 主観評価の合計値 (被験者 5 名)

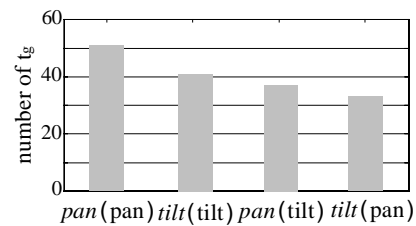


図 5 きっかけの時刻の数 (被験者 5 名)

次に、すべての映像について影響区間推定し、きっかけの時刻 t_g の出現頻度 (10sec 毎に出現数を算出) を比較した (図 6)。

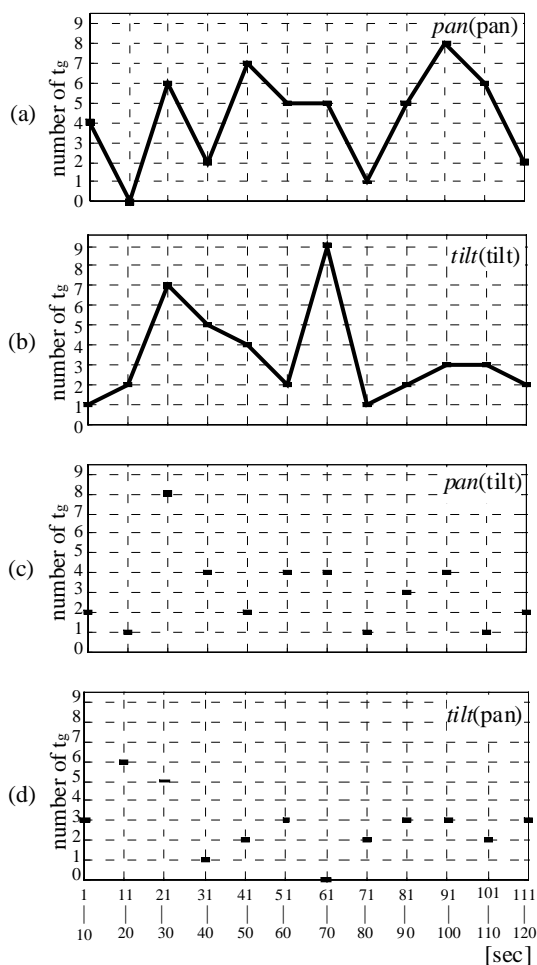


図 6 きっかけの時刻 t_g の出現分布

5. 考察

ズーム、パン、チルトのすべての成分が含まれている映像より、ひとつの成分のみから成る映像の方が不快感が高くなった(図3)。特に、パン成分のみの映像で主観評価の合計値が高く、また、不快感があったと答えた被験者が集中していた。次に、主観評価の合計値が高かったチルト成分のみの映像でも、不快感があったと答えた被験者が複数いた(表1)。これより、画面上の動きがパン成分または、チルト成分の時、また、映像合成時に使用した GMV の特定の時間周波数構造が生体に影響を与えていると考えられる。

画面上の動きがパン成分の映像は、不快感が高く(図4)、GMV の時間周波数構造がパン成分でもチルト成分でも t_g が多く求められた(図5)。実際、水平方向の揺れは動揺病を強めるとの報告がある[4]。よって、パン成分の画面上の動きは、生体に影響を与える可能性があると考えられる。

次に、すべての映像について t_g を算出し、出現分布を求めたところ(図7)、同じ時間周波数構造による特

徴は見られなかった。しかし、それぞれの時間周波数構造について画面上の動きを変えると、 t_g の出現分布が変化していた。したがって、時間周波数構造と画面上の動きには関係性があるのではないかと考えられる。今後、両者の関係性を検討していく必要がある。

また、主観評価の合計値(図4)と t_g の総数(図5)には関係性が認められなかった。このことから、 t_g は自律神経系の何らかの生体影響を示しているが、すべての t_g が酔いが誘発されるきっかけの時刻を示しているのではないと思われる。さらに、明確な自律神経系の評価指標の確立が必要である。

6. まとめ

生体に影響を与える映像の動きベクトル(GMV)の特徴を評価するために、GMV を成分ごとに、画面上の動きと時間周波数構造の観点から比較した。実写映像実験で不快感の高かった映像の GMV よりズーム、パン、チルトそれぞれ1成分のみを含む映像とパン、チルト成分の画面上の動きと時間周波数構造を入れ替えたシミュレーション映像を制作し、視聴実験を行った。その際に、主観評価アンケートによりそれぞれの映像の不快感を評価した。さらに、実験時に計測した生体信号を解析し、それらから求めた自律神経系の指標を用いて、生体影響区間、きっかけの時刻を求めた。

その結果、画面上の動きの観点では、パン成分の動き(水平方向の動き)が生体に影響を与えている可能性が示された。また、GMV の時間周波数構造と画面上の動きに関係性がある可能性が示された。

今後、さらに様々な実験を重ねていくことにより、映像の動きベクトルの特徴から生体への影響を推測することが可能になると考えられる。

文献

- [1] 木竜 徹, 南保洋子, 板東武彦, 小林直樹, “動きベクトルを用いた要素分解による自己運動感のある映像の生体影響評価”電子情報通信学会信学技報, MBE2003-9, pp.47-52, 2003.
- [2] 野村恵里, 木竜 徹, 飯島淳彦, 板東武彦, “生体に見られる Cybersickness の特徴ときっかけとなった動きベクトルとの関係”第19回生体生理シンポジウム論文集, pp.79-80, 2004.
- [3] 秦泉寺久美, 石橋 聡, 小林直樹, “カメラモーション抽出によるスプライト自動生成”電子情報通信学会論文誌, J82-D-2, No.6, pp.1018-1030, 1999.
- [4] J. F. Golding, M. I. Finch, and J. R. Stott: “Frequency effect of 0.35-1.0 Hz horizontal translation oscillation on motion sickness and the somatogravic illusion”, Aviat. Space Environ. Med., Vol. 68, No. 5, pp.396-402, 1997.