

映像酔いが生じている際の自己運動感のある映像の 動きベクトルの特徴

木竜 徹[†], 神保 昌弘[†], 山田 裕史^{††}, 板東 武彦^{†††}

[†]新潟大学大学院自然科学研究科, ^{††}新潟大学工学部福祉人間工学科,
^{†††}新潟大学大学院医歯学総合研究科

[†]〒950-2181 新潟県新潟市五十嵐2の町 8050

E-mail: kiryu@bc.niigata-u.ac.jp

あらまし ディスプレイ技術の発展や地上デジタル放送の開始に伴って、一般家庭においてもテレビの大画面、高画質化が進んでいる。そのおかげで多種多様な映像が、より高画質で簡単に鑑賞できる環境が普及しつつある。しかし、それらの映像の中には生体に映像酔い等の悪影響をもたらすものもある。これまでの研究で、その原因を解明するひとつの手段として映像の動きベクトルを提案した。ここでは、映像を視聴した際の生体信号に変化が観察された区間を特定する方法を提案し、その区間での映像の動的特徴である動きベクトルの時間周波数構造に注目した。その結果、動きベクトルのズーム成分にみられた特定の時間周波数構造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, 自律神経系評価指標

Features of Motion Vectors in Vection-Induced Images under Cybersickness

Tohru KIRYU[†], Masahiro JIMBO[†], Hiroshi YAMADA^{††}, Takehiko BANDO^{†††}

[†]Graduate School of Science and Technology, ^{††}Faculty of Engineering, Niigata University

^{†††}Graduate School of Medical and Dental Sciences, Niigata University

[†]8050 Ikarashi-2, Niigata 950-2181, Japan

E-mail: kiryu@bc.niigata-u.ac.jp

Abstract Digital imaging technology produces a variety of images that we have never seen or experienced. However, at the same time, it enlarges another problem called cybersickness. We have investigated the influences of vection-induced images on the autonomic regulation quantitatively. We used the motion vectors to quantify image scenes and measured electrocardiogram, blood pressure, and respiration for evaluating the autonomic regulation. In this article, a process for surveying the intervals under cybersickness is proposed and the time-frequency structure of the global motion vector is specified. That is, the results showed that the zoom component with a specific frequency band (0.1 – 3.0 Hz) would induce cybersickness.

Keyword Cybersickness, motion vector, time-frequency, autonomic nervous activity

1. はじめに

最近のディスプレイ技術の発展は目覚しく、家庭においても大画面、高画質のテレビの普及が進んでいる。それらの映像は臨場感・現実感を増大させる一方で、映像酔いや光過敏症などの悪影響を及ぼす可能性が従来の映像以上に懸念される。

これまでの研究によれば、自己運動感のある実写映像から抽出した動きベクトルの特定の帯域の振動周波数を持つズーム成分と自律神経系関連の生理的指標とに関係がありそうなのことがわかっている[1]、[2]。しかし、動きベクトルのどの要素が生体に影響を与えているかの基準は未だ不明確である。さらに、動きベクトルの他の成分にも同様な特徴があるのか否かは分かっていない。そこで、映像酔いが強く現われる映像から動きベクトルを求め、その時間周波数構造の特徴を自律神経系関連の指標の振る舞いから判断した。なお、自己運動感の強い乗り物感ビデオ（実写映像）と、実写映像の動きベクトルと同じ動きベクトルをもつランダムドットパターン（シミュレーション映像）に対して計測したデータを用いた。

2. 映像の定量化

映像の動的特徴を定量的に評価する方法として、MPEG-2 等の画像圧縮方法で用いられている動きベクトルに注目する。ここで、動きベクトルにはローカルな動きベクトル（LMV: Local Motion Vector と呼ぶ）とグローバルな動きベクトル（GMV: Global Motion Vector と呼ぶ）の 2 種類がある。LMV では、隣接するフレーム間で類似の特徴のマッチングをはかることで、上下左右方向のピクセル移動量を推定する。GMV は、LMV に共通に見られる動きであるためカメラモーションと関係しており、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 種類のパラメータからなる。このように、動きベクトルはカメラの動きやシーンの流れなどの時間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。なお、動きベクトルの算出方法については、参考文献を参照のこと[3]。

従来の実写映像による実験で不快感、気持ち悪さなどの強い情動反応が最も多く、精神性発汗の量が増えるなどの生理的反応が顕著であったマウンテンバイク、最もスピード感のあるボブスレー、体感度の高いパイ

クレース、以上、3 種類の映像の GMV と LMV の特徴を求めた。その上で GMV のズーム、パン、チルトに対して LMV の 5×5 の 25 領域それぞれにおける左右の動き（right/left）と上下の動き（up/down）との相関を求めた。さらに、相関係数の絶対値が 0.7 以上で持続時間が約 7~8sec 以上となった区間を調べた。その結果、マウンテンバイクではパンと right/left で正の相関が、チルトと up/down で負の相関がスクリーンのほぼ全域にわたって長い持続時間で出現していた（図 1）。また、ボブスレーではパンと right/left で正の相関がやや長い持続時間で出現していたが、相関の強い領域は時間によって違っていた。さらに、バイクレースではほとんど相関はなかった。

以上の結果から、マウンテンバイクの映像を使用した実写映像による実験を主に取り扱うこととした。

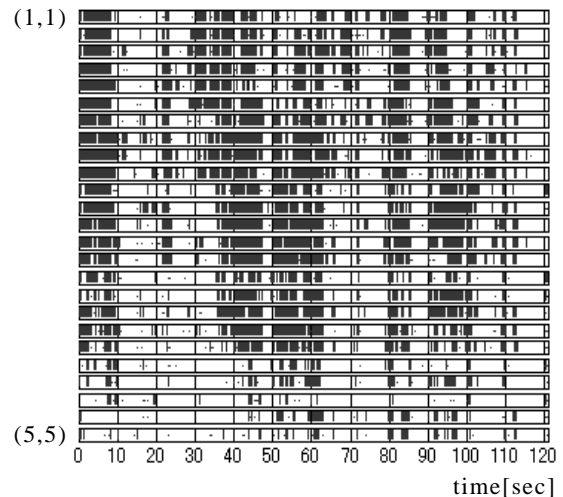


図 1 相関値が 0.7 以上となる持続時間

マウンテンバイクのパンと right/left

3. 自律神経活動関連情報の定量化

不快感、酔いなどの強い情動が発生すると思われる映像刺激を大画面で視聴した時の心電図、血圧、呼吸、発汗、指尖脈波を計測した。自律神経活動に関連する情報を定量的に評価する方法として、心電図から求めた RR 間隔時系列（心拍変動）の周波数解析を用いた。ここで、心拍変動の高周波（HF: High-Frequency）帯域成分は呼吸性の変動を示す呼吸性洞性不整脈（RSA: Respiratory Sinus Arrhythmia）と呼ばれる。一方、低周波（LF: Low-Frequency）帯域成分には血圧性の変動を示す MWSA（Mayer Wave related Sinus Arrhythmia）が

現れる .RSA は副交感神経活動を反映しているといわれ、安静時において増大し、緊張時・ストレス時には減少する。一方の MWSA は交感神経活動と副交感神経活動の両者を反映しているといわれ、ストレスによって増大する[4]。

4. 実験プロトコル

映像負荷実験の実験データの被験者は健康な男性 8 名、女性 2 名 (A~J) からなり、年齢は 22.5 ± 1.5 歳である。実写映像実験での映像刺激は乗り物感映像である。なお、実写映像実験においては 2 名(男 1 名、女 1 名)のデータに欠損があったので、そのデータは使用しなかった。シミュレーション映像実験での映像刺激はマウンテンバイクの GMV を使用したランダムドットパターン映像である。ランダムドットパターン映像は、静止映像 (Still) 視聴後、各 3[min] からなる 7 つのタスク (合計 21[min]) からなる。また、シミュレーション映像をランダムドットパターンで表現したことにより、マウンテンバイクとは認識できない映像となっている。

5. 計測条件

映像は 80 インチスクリーン上に液晶プロジェクタ (TH-L795J, XGA 対応, 1024×768 , 1400ANSI ルーメン, 松下電器) を用いて投影したものである。この際、被験者とスクリーンとの距離は 2[m], 室内の明るさを 10[lux] とした。心電図はディスプレイ電極を用い、胸部双極誘導により計測した。血圧は橈骨動脈圧をトノメトリ法による血圧計測装置 (Jentow7700, 日本コーリン) を用いて計測した。また、チューブ式センサ (TR-755T, 日本光電) を用いて胸部での呼吸を計測した。生体アンプで増幅度 26[db], 0.53 ~ 1000[Hz] の帯域で差動増幅し、サンプリング周波数 1000[Hz], 量子化ビット数 16[bit] で A/D 変換し、DAT に記録した。なお、被験者には事前に実験内容を説明した。

6. 解析条件

心電図と血圧はローパスフィルタを用いてカットオフ周波数 30[Hz] で高周波雑音を除去し、心電図からは RR 間隔時系列を、血圧からは血圧振幅のピーク間での平均値を平均血圧として求めた。呼吸は移動平均フィルタを用いて、1000 ポイントごとの平均を求めた。

以上の生体信号それぞれに対して映像のフレームレートに合わせるため、3 次スプライン補間の後、リサンプリング周波数 30[Hz] にて等間隔時系列とした。

求めた RR 間隔, 平均血圧, 呼吸の時系列に対して 0.03 ~ 2.0[Hz] の範囲で連続 Wavelet 変換 (Mother Wavelet には Gabor 関数) を施し、自律神経関連成分として心拍変動の HF (0.15 ~ 0.45[Hz]) 成分と LF (0.04 ~ 0.15[Hz]) 成分を推定した。なお、随時、これ以外に呼吸の HF 成分, 血圧の LF 成分も推定した。一方、動きベクトルの時間周波数構造に着目するため、GMV の各パラメータ (ズーム, パン, チルト) に対し、同様に連続 Wavelet 解析 (0.1-15[Hz], 分割数 22 または 0.1-3[Hz], 分割数 15) を施した。

7. 映像生体影響区間での動きベクトルの時間周波数構造

映像視聴時にほとんどの被験者が気持ち悪いと感じ発汗が増加したボブスレーとマウンテンバイク映像に着目した。ここで、生体が影響を受けた時刻を特定するため、心拍変動から求められる LF 成分と HF 成分のパワー変動に着目した。LF 成分が増大し、HF 成分が減少すると、交感神経系活動が優位と考えられる。この状態を映像生体影響があるとみて、最初にひとつのプロトコル全体にわたって各個人の LF 成分, HF 成分の平均値 (RR_{LF} と RR_{HF}) を求めた。その上で、 RR_{LF} の 120% より LF 成分が大きい区間、 RR_{HF} の 80% より HF 成分が小さな区間を自律神経系活動に影響があるとみなし、それらが同時に見られる区間を求めた (図 2)。これによって被験者 A, D, G, J に特徴的な区間を見いだすことができた。

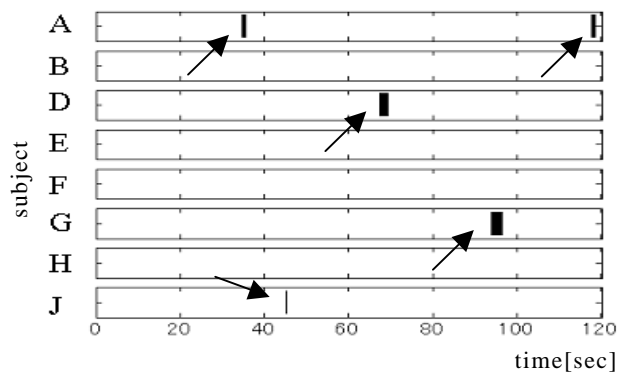


図 2 LF 成分と HF 成分の条件から求めたマウンテンバイクでの映像生体影響区間

さらに、映像の影響を受け始めて自律神経系に変化を引き起こす開始時刻を調べるために、ここではLF成分の変動に注目した(図3)。例えば、被験者A, D, G, J共にLF成分が増加した区間(RR_{LF} の120%よりLFが大きい区間)の前に、増加するきっかけとなる極小点が見受けられる。そこで、この極小値が RR_{LF} 以下であった時に、生体が映像による影響を受け始めた開始時刻とした。

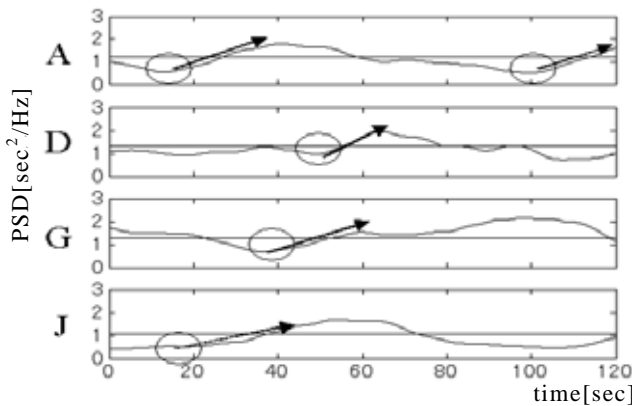


図3 LF成分増加のきっかけとなる極小点の特定

生体信号を評価した結果から得た影響を受け始めた開始時刻 ± 3 [sec]の区間で、動きベクトルの時間周波数構造を解析した。その結果、ボブスレーとマウンテンバイクの両方に共通する特徴として、GMVのズーム成分に3Hz以下のパワーが大きい区間が認められた。一方、マウンテンバイクの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を視聴した時間内の生体信号についても評価をした。その結果、影響を受け始めた開始時刻として選択された22エポックのうち、14エポックについては、その時刻において動きベクトルの特徴が確認できた。

8. 考察

マウンテンバイク映像は他の映像と比較して動きが激しく、自転車という日常的になじみのあるものから撮影された映像であるため、感覚の不一致も起こりやすい。さらに、マウンテンバイク映像はGMVとLMVの相関が強い区間がスクリーン全体に渡って連続して存在していた(図1)。今回の解析と評価の結果、映像の動きベクトル成分のうちGMVのズーム成分が0.1~3[Hz]の周波数帯域でパワーが大きいとき、自律神経系活動に影響を与えていた。自律神経系活動が影響を

受け始めた開始時刻として選択した中で、その時刻に対して動きベクトル映像生体影響区間が認められなかったものがあった。その要因として、映像の動きベクトル以外の要素(外乱要素など)の影響が考えられる。

提案する映像生体影響区間の評価方法は、自律神経系活動の関連指標に何らかの影響があると判断した時刻より以前の時刻を見るものである(図3)。すなわち、映像を知覚してから自律神経系活動に影響が現れるまでの時間の遅れを考慮してある。ここでは、生体が影響を受け始めた開始時刻はGMVに映像視覚刺激の特徴が現れた時刻とほぼ同時刻と考えている。この点に関しても、議論の余地があるだろう。

9. まとめ

自己運動感の強い乗り物感映像及び同じ様な振る舞いをするランダムドットパターン映像を視聴した際の映像酔いに関して、心拍変動から得られるRR間隔時系列から自律神経系活動を表すHF成分とLF成分のパワー変動を推定し、映像酔いの現れた区間を調べた。さらに、LF成分の特徴が現れる以前においてLF成分が増加するきっかけとなる極小点の時刻を、生体が影響を受け始めた開始時刻として特定する方法を提案した。その上で、その時刻における動きベクトルの時間周波数構造を調べた。その結果、カメラワークに近い情報を持つグローバルな動きベクトルのズーム成分に0.1~3[Hz]帯域のパワーの増加が見られた。今後、様々な階層における映像成分をターゲットにした計測データの解析を進めることで、さらなる映像生体影響の要因の特定を試みる予定である

文 献

- [1] 木竜徹, 南保洋子, 坂東武彦, 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] 南保洋子, 小林直樹, 伊藤尚人, 木竜徹, 坂東武彦, “動きベクトルと多変量生体信号との関係” 第17回生体・生理工学シンポジウム論文集, pp. 143-144, 2002.
- [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, Jun, 1999.
- [4] 早野順一郎, 安間文彦, “自律神経と心拍変動” 医学のあゆみ, vol. 198, no. 4, pp. 285-290, Jul. 2001.