

生体信号に見られる Cybersickness の特徴と きっかけとなった動きベクトルとの関係

Relationship between Features of Cybersickness in Biological Signals and Triggered Motion Vectors

野村 恵里¹, 木竜 徹¹, 飯島 淳彦², 板東 武彦², 千葉 滋³
Eri NOMURA¹, Tohru KIRYU¹, Atsuhiko IJIMA²,
Takehiko BANDO², Shigeru CHIBA³

¹新潟大学大学院 自然科学研究科, ²新潟大学大学院 医歯学総合研究科,

³シャープ株式会社 次世代商品開発センター

¹ Graduate School of Science and Technology, Niigata University,

² Graduate School of Medical and Dental Sciences, Niigata University, ³ Sharp Corporation

Abstract While IT and image technology are developing quickly, we are anxious about the influences of cybersickness. It is expected to discover the cause of cybersickness and establish evaluation process. In this study, the purpose is to quantitatively evaluate the influences of vection-induced images on autonomic nervous system by motion vectors. We estimated trigger points of sickness determined by biological signals, and investigated the time-frequency structure of motion vectors near the trigger points. Moreover, we developed random-dot pattern images using the same motion vectors, and investigated the difference between real and simulation images. The results showed that motion vectors, which contained the lower frequency component under 3 Hz and the higher frequency components between 3 and 15 Hz, caused cybersickness.

1. はじめに

IT化に伴い、一般の家庭でも容易に大画面・高画質の映像を見ることが可能となってきた。その一方で生体への影響が懸念されており、近年、映像の生体影響に関する研究が盛んに進められている。

映像酔い (Cybersickness[1]) の原因については、未だ明らかになっていない。実際、被験者の体調や映像のコンテンツ、手ぶれ等、様々な要因が考えられ、酔いに関与する要因を具体的に特定するのは容易ではない。主観的評価や客観的評価から映像の特徴を議論するものもあるが、生体と映像間の関係を議論するものは少ない。

そこで本研究では、生体信号と映像の動きベクトルとの関係から映像酔いを評価することを目的とする。ここでは、大画面の映像を視聴している際の心電図、血圧、発汗、呼吸を連続計測し、心電図から算出した RR 間隔や血圧、呼吸の各時系列データを時間周波数解析することにより自律神経系の指標を抽出した。さらに、それらの指標から、生体に不快を与えたと推測される時刻を求め、その時刻における映像の動きベクトルの時間周波数構造を調べた。シミュレーション映像視聴時のデータに対しても同様な解析を行い、実写映像との比較を行った。

2. 方法

2.1 動きベクトル

本研究では、映像の特徴を評価する指標として、MPEG-2 など画像圧縮の際に用いられている動きベクトル[2]を取り上げた。ここでは、グローバルな動きベクトル (GMV) を用いた。GMV は、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 成分からなる。

2.2 生体影響区間ときっかけの時刻

心電図の RR 間隔、血圧、呼吸からは自律神経系関連の情

報が得られる。そこで、呼吸と RR 間隔から 0.15-0.45Hz の高周波数帯域のパワー (HF_{RES} , HF_{RR}) を求め、血圧と RR 間隔から 0.04-0.15Hz の Mayer 波帯域のパワー (LF_{BP} , LF_{RR}) を求めた。その後、映像視聴前の安静時 3 分間の HF, LF の平均値と分散を用いて、HF, LF 時系列データの正規化を行った。

ここで、これらの時系列データから生体が不快を受けたと想定される区間 (生体影響区間 s_c) を以下の条件

$$(HF_{RES_80\%} \cap LF_{BP_120\%}) \subset LF_{BP_120\%} \quad (1)$$

$$(HF_{RR_80\%} \cap LF_{RR_120\%}) \subset LF_{RR_120\%} \quad (2)$$

で定義する。続いて、 s_c から時間軸を過去に戻り、LF の極小点をきっかけの時刻 t_g とする。このとき t_g は、(HF_{RES} , LF_{BP}) から算出した時刻 $t_{g,bp}$ と、(HF_{RR} , LF_{RR}) から算出した時刻 $t_{g,rr}$ の 2 種類あるが、今回は生理指標を総合的に評価するため、両者の時刻を t_g として用いた。

2.3 動きベクトルときっかけの時刻

GMV を 0.01-15Hz で Wavelet 変換により時間周波数解析した後、 t_g 付近における GMV の時間周波数構造を調べた。この際、単純類似度 S [3]

$$S = \cos^2 \left[\frac{v_0 \cdot v}{\|v_0\| \|v\|} \right] \quad (3)$$

を用いて t_g 付近における GMV の時間周波数構造を成分とするベクトル v_0 を基準とし、他の区間に類似した特徴があるか否かを調べた。

3. 実験

被験者は、健康な成人男性 11 名、女性 2 名 (22.5 歳 \pm 0.88) である。なお、被験者には事前に実験内容を説明し、承諾を得た上で実施した。被験者は 80 インチスクリーンから 2m 離れた位置に椅子に着座した状態で視聴してもらった。その際

の心電図, 血圧, 呼吸, 発汗を連続計測し, それらの計測データをサンプリング周波数 1kHz, 量子化ビット数 16bit で A/D 変換し, PC に取り込んだ。

3.1 実写映像

映像には, 自然を背景としたパラシュート, ポブスレー, マウンテンバイク, バイクレースなど 11 種類の動きの激しいスポーツを車搭載カメラから撮影したスポーツ体感ビデオを使用した。この映像では, 不快感や酔いなどの強い情動反応や生理的反応が誘発されることが報告されている[4]。映像の視聴時間は約 18 分であり, 視聴前後に 3 分間の安静と体調に関するアンケートを行った。

3.2 シミュレーション映像

視覚刺激システム VSG2/5 (Cambridge Research Systems) を用いて, シミュレーション映像を制作した[5]。映像パターンは, 2 次元の黒い背景上に配置されたランダムドットとした。ドットの動きは, 酔う被験者が最も多かったマウンテンバイク映像の GMV とした。視聴開始から 3 分間は静止映像を提示し, その後, 2 分間のランダムドットパターン映像, 1 分間の静止映像を繰り返すものとした。また, 視聴前後に 3 分間の安静と体調に関するアンケートを行った。

4. 結果

4.1 実写映像

被験者毎に生体影響区間 s_c からきっかけの時刻 t_g を求めた。その結果, t_g は 19 箇所あり, 特に 41~50sec (4 箇所) と 91~100sec (3 箇所) の区間に集中していた (Fig. 1(a))。そこで, t_g 付近 (38~41sec, 47~50sec, 89~92sec, 96~99sec) を基準とした類似度 S を求め, S が 0.8 以上となる時刻における GMV の時間周波数構造を調べたところ, ズーム, パン, チルトの内 2 つの成分, あるいは 1 つの成分において, 3-15Hz の高周波数帯域に強いパワーがあり, さらに 3Hz 以下の低周波数帯域に強いパワーが存在する構造であることがわかった。

4.2 シミュレーション映像

きっかけの時刻 t_g は 52 箇所となり, 特に 51~60sec (8 箇所) と 101~110sec (8 箇所) の区間に集中していた (Fig. 1(b))。実写映像と同様, t_g 付近 (47~50sec, 56~59sec, 100~103sec, 107~110sec) を基準とした類似度 S を求め, S が 0.8 以上の時刻における GMV の時間周波数構造を調べたところ, パンとチルトの成分において 3Hz 以下の低周波数帯域に強いパワーがある構造であることがわかった。

5. 考察

生体に影響が現われ始めるきっかけの時刻が最も集中していた区間での GMV の構造を調べた結果, 3Hz 以下の低周波数帯域と 3-15Hz の高周波数帯域に強いパワーが現われていた。さらに, きっかけの時刻の分布と単純類似度との変動が似ていることから, 単純類似度が生体への影響を評価する指標になりうる可能性が示唆された。しかし, 他の映像においても同様な構造が存在するか検証する必要がある。

また, 実写映像とシミュレーション映像では, きっかけの時刻が集中する区間に違いが見られた。映像の動きは同じであるが, コンテンツや経過時間等の影響によるものと考えられる。よって, 動きベクトルのみが生体に影響を与える要因ではなく, 他の要素も加えた評価が必要である。なお, 自律神経系の指標として用いた LF や HF は不適切だとする議論もあるため, 生体に影響が現われていると想定される区間やきっかけの時刻の特定には, 他の自律神経系の指標も加えて

検討する必要がある。

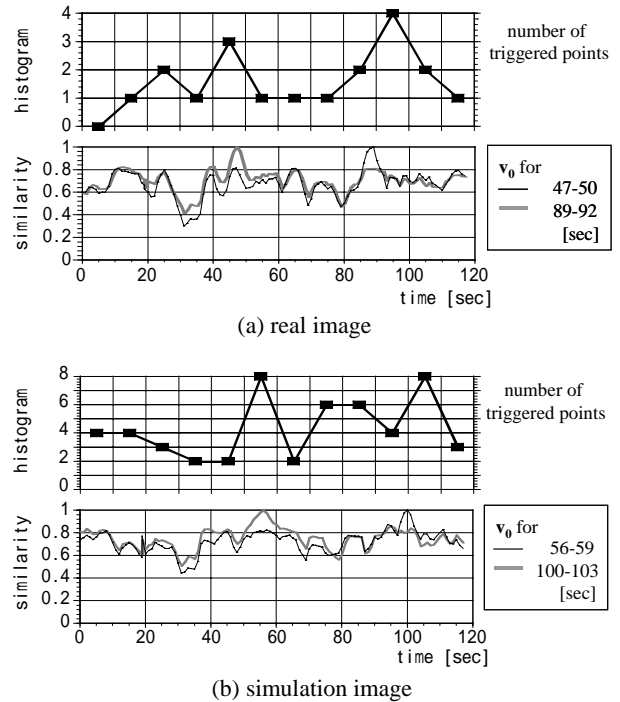


Fig.1 Time-series of the number of triggered points and the similarity of global motion vectors

6. まとめ

実写映像, シミュレーション映像視聴時に生体信号を計測し, それらの信号から生体に影響の現われ始めるきっかけの時刻を推定した。そして, きっかけの時刻付近における動きベクトルの時間周波数構造を調べ, 単純類似度を用いて映像の特徴を定量的に示した。その結果, きっかけの時刻の分布と単純類似度の変動が類似していたことから, 生体への影響を映像から推定した類似度により評価できる可能性が示唆された。

謝辞

本研究の一部は, 経済産業省・基準認証研究開発事業「映像の生体安全性評価法の標準化」の委託事業として実施したものである。

参考文献

[1] R. H. Y. So, A. Ho, and W. T. Lo: "A Metric to Quantify Virtual Scene Movement for the Study of Cybersickness: Definition, Implementation, and Verification", Presence, 10, 2, 193/215 (2001)
 [2] 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-6, 1018/1030 (1999)
 [3] 飯島泰蔵: "パターン認識理論", 111/119, 森北出版 (1989)
 [4] 南保洋子, 木竜 徹, 板東武彦, 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", 第 17 回生体・生理工学シンポジウム論文集, 143/144 (2002)
 [5] 野村恵里, 木竜 徹, 中村亨弥, 板東武彦: "動きベクトルのパラメータ変化による生体影響評価", 信学技報, 103, 327, 45/50 (2003)