映像と動きによる「酔い」評価における生理指標の検討

○中川千鶴（（財）鉄道総合技術研究所），大須賀美恵子（三菱電機（株）& 神戸大学），
竹田仰（長崎総合科学大学）

Study toward indices of autonomic nervous system for assessment of motion sickness caused by vision and motion

Chizuru NAKAGAWA (Railway Technical Research Institute), Mieko OHSUGA (Mitsubishi Electric Corp. & Kobe Univ.), Takashi TAKEDA (Nagasaki Institute of Applied Science)

1. はじめに

ここで用いる「酔い」は、外部から与えられる視覚情報と前庭情報に起因する不快感および広義の動揺病を指すものとする。

近年、仮想環境 (Virtual Environments) の技術は、様々な分野で普及しつつあるが、一方でシステムの利用時・利用後に生じる「酔い」の問題が顕在化し、その低減や防止策が強く望まれている¹⁾。同様に、旧来から存在する船舶、鉄道などの分野においても、より快適な輸送システムの実現に向けて、最も効率的かつ効果的な「酔い」低減策の検討は不可欠である。

そこで我々は、酔い誘発という観点でのシステム評価および酔い低減策の提案を目的とし、このための基礎研究として、酔い発症時における生理・心理量反応の研究を進めている^{2, 3)}。その結果、呼吸と酔い初期症状との関連など、いくつかの有用な知見を得、今回はこれまでの結果の再現性・信頼性の検討と、酔い発症時点での生理反応のより詳細な検証を行なった。

本発表では、この中から、生理量、特に心拍と呼吸データの解析結果について報告する。

2. 実験方法

2-1 実験システム

映像は、前面、床面、両側面の4面がスクリーンである2.5m³のCUBE型立体映像提示装置を用いた。この中に1人用6軸電動モーションを設置して被験者を搭乗させた。前方画面と被験者頭部との距離は1.5mであった。

2-2 酔い主観評価

実験中、被験者は、酔いの程度を5段階で評価した (1: 全くなんともない, 2: 少し不快, 3: かなり不快, 4: すごく不快, 5: 非常に不快で耐えられない)。この5段階評価結果を以後、「酔い主観評価」と表記する。評価は、酔いの程度が変化した時と、ヘッドホンから合図音 (1分ごと) が聞こえた時点の両方で行ない、手元のスイッチで回答するよう教示した。

2-3 実験内容および被験者

2セッションが30分の休憩を挟んで行なわれた。2つのセッションは、映像は全く同じで、一方ではモーション有り、他方は無しとした。順序効果を避けるため、モーション有無の順序は被験者間でカウンタバランスした。実験は食後2時間経過後に行なった。1セッションの構成は、最初の3分間が静止映像、続いて酔い主観評価が4となるか、15分経過するまで動画映像、その後3分間の静止映像の提示である。なお、酔い主観評価が5になった場合は、すぐに実験を中止し休憩とした。

刺激に用いた映像は、CGによる町の3次元モデルの中を、ヘリコプタと自動車をミックスしたような視点で移動するものである。モーションは、上下、roll、pitch方向の動きを映像に同期させて付加した。上下については加速度の、その他については仮想空間での軌道計算上の変位5%の動きとした。

被験者は19-23歳の健康成人30名 (女性15名) である。

3. 生理計測とデータ解析

心電図は胸部誘導で、呼吸は、胴体部周囲長の変化を伸縮性可変抵抗素子で測定した。

呼吸曲線の5秒ずつずらした30秒間のデータをFFTし、呼吸ピーク周波数 (PF)⁴⁾、呼吸重心周波数 (GF)⁴⁾、呼吸不安定性を示す指標として $|PF - GF|$ を求めた。

心電図からR波を検出して瞬時心拍を算出し、スプライン補間した。これから平均心拍数 (Heart Rate: HR) を求め、また、5秒ずつずらした30秒間データに対してFFTをかけ、振幅スペクトルから、心拍変動における呼吸性成分としてのHRRFと、血圧のMayer Waveに由来する成分としてのHRMFを求めた⁴⁾。また、HRの値で除したCV値も合わせて算出した (HRMF (CV), HRRF (CV))。

4. 結果と考察

モーションの有無による酔い発症の違いはみられなかったため、本発表では 30 名×2 の延べ 60 試行のデータを合わせて解析する。

解析対象区間は、Pre (動画開始直前の 2 分間)、Tr1 (動画開始直後の 2 分間)、Tr2 (動画終了直前の 2 分間) の 3 区間とし、その範囲の各生理指標の平均値を求めた。また、各指標と、酔い主観評価との関連を求めるため、発症程度により場合分け (G1~G3) を行なった。分類の基準は、G1: 主観評価が全て 1 (全く酔わなかった)、G2: 主観評価の最大値が 2 (わずかに酔った)、G3: 主観評価の最大値が 3 以上 (かなり、あるいは非常に酔った)、である。

G1-G3 ごとの各指標の平均値と標準偏差を求めた結果、G3 に HRMF と |GF-PF| で、上昇がみられた以外は、G1-G3 間での傾向の違いはあまりみられなかった (図 1 参照)。

これは、酔いが個人差の大きい反応で、平均値では個々の特徴が抽出しにくいとも考えられた。そこで、各々のデータの時系列変化を逐次検討した。その結果、いくつかの特徴を見出した。その特徴を以下に示す。

- (1) 酔いを発症しない場合では、①呼吸が常に安定し心拍上昇がない、②GF 低下 (pre 区間での平均値に対し 2/3 以下を低下とする) が単発的にみられ心拍 MF が不安定で変動が大きい、③呼吸が pre 区間も含め常に不安定である、の 3 つのパターンがみられた (G1 の 15 試行中 9 試行が該当)。
- (2) 軽度の酔いが発症した前後 1 分の範囲に、GF の低下がみられ、かつ HRMF が比較的安定している (G2 の 19 試行中 14 試行が該当)。
- (3) 比較的強い酔いを発症した G3 の場合では、酔い発症時点で GF 低下が、26 試行中 23 試行にみられた。また、酔いの程度が強い段階では、さらに次の 2 つの傾向が 13 試行でみられた。①心拍上昇と規則的な呼

吸 (一過性の大きな呼吸がみられない)、②呼吸が著しく不安定になり場合により心拍 MF, RF が上昇、である。

5. まとめ

大型映像を用いた酔い誘発実験を行ない、酔い発症時の生理反応の特徴を調べた。この結果、個人差が大きいため、酔いの程度の場合分けによる平均値では特徴が捉えられなかったが、個々のデータから、酔いの程度における、いくつかの特徴が見出された。これは、我々が過去に別のシステムで実施した実験の結果^{2,3)}と一致するものであり、酔い発症時の特徴の一部と考えてよいと思われる。しかし、実用的な評価指標としては推定精度が低いため、主観評価や他指標との併用などの検討が必要である。

謝 辞

実験と一緒に実施した長崎総科大の野藤龍一郎君・木村明大君・角谷俊介君、PPT 作成でお世話になった Ewe Chin Huat 君、そして本実験被験者の方々に心より感謝致します。

文献

- 1) 大須賀美恵子、他: 病床の患者のメンタルをめざした「ベッドサイド」ウェルネスシステムの開発、日本バーチャリアリティ学会論文集, Vol.3, 4, 213-220 (1998)
- 2) 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、ヒューマン・インタフェース N & R, Vol.13, 179-184 (1998)
- 3) 中川千鶴, 大須賀美恵子, 竹田仰: VE 酔い評価における生理指標の検討—4 面 CUBE 型立体映像提示装置と 6 軸モーションを用いた場合—、第 14 回生体・生理シンポジウム論文集, 377-380 (1999)
- 4) 大須賀美恵子, 寺下裕美, 下野太海: 心臓血管系モデルを用いた自律神経指標の解釈、BME, Vol.11, 1, 75-85 (1997)

G1: 酔わなかった場合 (n=15), G2: 少し酔った場合 (n=19), G3: かなり酔った場合 (n=26)

図 1 Pre, Tr1, Tr2 区間ごとの生理指標の平均値と標準偏差