

呼吸終末二酸化炭素分圧による 動揺病強度推定法を用いた車酔い低減技術の評価

Evaluation of reducing methods of car sickness severity
by using end-tidal CO₂ pressure as an index

日高教孝† 森本明宏†‡ 奥村友裕† 朴丹† 荒木祐介† 榎井文人† 河合敦夫† 井須尚紀†
Noritaka Hidaka Akihiro Morimoto Tomohiro Okumura Dan Piao Yusuke Araki Fumito Masui Atsuo Kawai Naoki Izu

1. はじめに

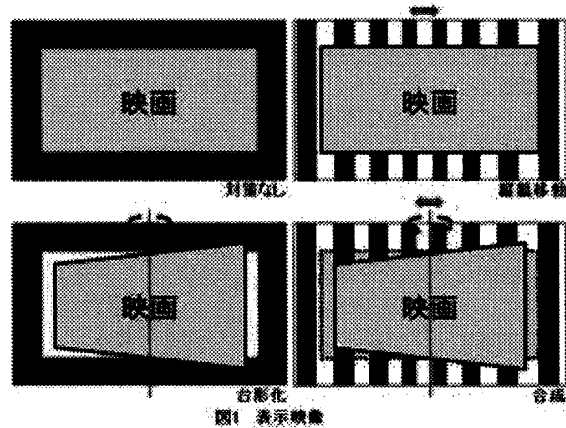
動揺病は平衡感覚、視覚、体性感覚で知覚した運動感覚情報の間に矛盾が生じるために起こるといわれている(感覚矛盾説)¹⁾。車走行時に本や映画を見たとき、車酔いを起こしやすいことも感覚矛盾説により説明できる。本や映画を見ているとき、視覚からは身体の移動や回転の運動感覚情報が得られない。しかし平衡感覚では身体の動きを知覚する。それぞれの感覚器で知覚した運動感覚情報の間で違いが生じるため、車酔いを起こしやすいと考えられる。我々は、車走行時に映画を視聴した場合、通常の乗車時と比べて車酔いの強度がおおよそ2倍増大することを報告した。これは本を読む場合に比べて約2割弱い車酔いであった²⁾。

近年車載ディスプレイの普及により利便性と趣向性は向上したが、TV視聴による車酔いの増大が問題となる。この車酔いの低減技術を開発するために実験研究を行ってきた。また同時に、動揺病の強度を客観的に評価するための手法を開発してきた。呼吸終末二酸化炭素分圧(End Tidal CO₂ Pressure, 以降 ETCO₂ という)は、動揺病の不快感強度と負の相関を示すことを報告した³⁾。本研究では、相対 ETCO₂ を測定して車酔い強度を評価し、考案手法の車酔い低減効果を示した。

2. 実験方法

車酔いを低減させるために車載TVに車両のYaw回転運動を付加した映像3種類を映し、この映像を視聴させることにより、視覚から平衡感覚に一致した回転運動の感覚情報を与えた。映像は中央の映画表示部と映画周りの背景部より構成した。「縦縞移動手法」は、背景部に縦縞を配置し、車両の回転に合わせて縞模様を左右に移動させた。より自然な回転運動感覚を誘起させるために、映像上の位置により縦縞の太さと縞通しの間隔を変えて曲感を出した。

「台形化手法」は、車両の回転に合わせて映画の中軸をもとに映画部を回転させた。映画の回転に伴い映画部の台形化を行うことで少量の回転で強い回転運動感覚を誘起させた。2つの対策手法を合わせた映像を「合成手法」とした。背景部を黒くし、映画をそのまま表示したものを「対策を施さない」映像とし、全4種類の映像を使用した(図1)。低減効果を評価するため、「映像を見ず通常に乗車」(普通乗車)の場合についても実験を行った。



実験場所には信号機がなくカーブの多い山道(Yaw回転の最大角速度: 10~35deg/s, 12箇所)を選んだ。このコースは1周がおおよそ3分間で、1実験で約7週の合計21分間走行した。実験には10人乗り(実験時: 運転手1名-1人を雇用, 実験者1~3名, 被験者1~5名-内2名から生体信号を計測)の車両を用いた。事前に実験について十分な説明を行い、書面による承諾を得たうえで実験を行った。また毎回実験前に手順・評価方法について教示を行った。呼吸中のCO₂濃度や脈波の生体信号と頭部の動きを計測するため、2名の被験者にセンサをつけた。呼吸測定器ネイザルアダプタのチューブを鼻孔に2~3mm程度差し込み、脈波計測器フィンガーカウを右手人差し指に装着させた。加速度計とジャイロを頭に固定するため、これらのセンサを取り付けたヘッドギアを被らせた。被験者全員に不快感を答えさせ、走行開始前に5分間の生体信号計測を行った。上記5条件内の1つで映画を視聴させ(条件が普通乗車の場合は映画を視聴しない)、走行中は1分間おきに不快感を答えさせた。不快感強度を答えるとき、評定値に0~10の整数を用い、「0」を一切不快でない状態、「10」を動揺病の受忍限界状態として、これらの数値の間ができるだけ等間隔になるように答えさせた。生体信号および頭部運動の計測は50Hzでサンプリングを行い、計測したデータの保存およびモニタリングを行った。10歳代後半、20歳代前半の男性39名と女性14名の計53名を被験者とした。生体計測を行った全試行回数は102回であった。右の表に各刺激条件の試行数を示す。

刺激条件と試行数

刺激条件	試行数
対策なし映像	26
縦縞	10
台形化	33
縦縞+台形化	12
普通乗車	21
全試行数	102

† 三重大学工学部情報工学科知能情報講座

‡ 松下電器産業(株) パナソニックオートモーティブシステムズ 社

3. 結果

受忍限界に至り途中で実験を中止した試行に関しては、中止以降の不快感強度を評定尺度値 10 とした。不快感強度を範疇判断の法則に基づき評定尺度値から距離尺度値に変換した。各刺激条件において車酔い感受性の偏りによる影響を補正するため、被験者を感受性の高さにより 3 つのクラスに分類した。各試行において回帰直線を求め、その傾きを被験者ごとに平均して、被験者の感受性とした。各クラスで試行数がほぼ等しくなるように被験者をクラス分けした。各刺激条件において、感受性クラス別の試行数比が等しくなるように不快感強度を補正した。各条件での動揺病強度の時間推移を図 2 に示す。

CO₂ 濃度変化の波形データより、波の頂点を取り出した。呼吸の乱れによる CO₂ 値の異常点を取り除いたあとで、各頂点を通るように 3 次のスプライン補間を行い、ETCO₂ の時間推移を 5 秒間隔でリサンプルした。走行中の ETCO₂ 値を走行前 (時間長: 10~300sec) の平均値で除し、相対 ETCO₂ の時間推移を求めた。各時刻 (1 分単位) において前後 30 秒間のデータを平均して代表値とした。各刺激条件において、感受性クラス (3 種) によって試行を分類し、各クラスで相対 ETCO₂ の時間推移の平均を求めた。各刺激条件で感受性クラス別の試行数比が等しくなるように補正を行った。各刺激条件の相対 ETCO₂ の時間推移を図 3 に示す。各条件で相対 ETCO₂ の推移を直線回帰し、その傾きを求めた。対策を施さない映像を視聴した場合と比べて普通乗車時の傾きまで相対 ETCO₂ 減少の抑制効果が得られた場合を 100% の改善率としたとき、縦縞移動手法では 65.2%、台形化手法では 87.0%、合成手法では 69.6% となり、それぞれの低減手法において相対 ETCO₂ 減少の抑制効果がみられた。

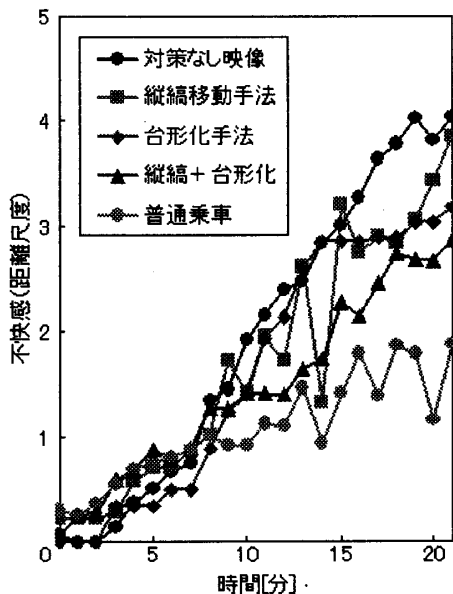


図2 不快感強度時間推移

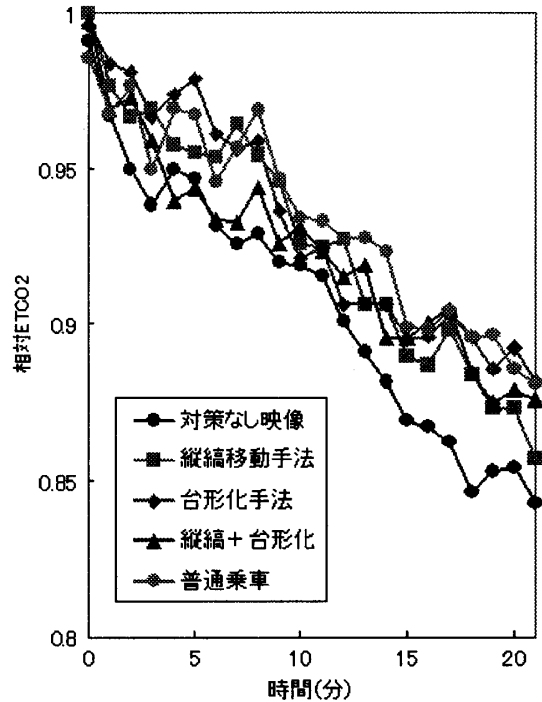


図3 相対ETCO2時間推移

4. 考察

対策手法を不快感強度によって評価した場合、それぞれの手法においておよそ 70% の低減効果が得られた⁴⁾。相対 ETCO₂ の低下は、台形化手法では 87%、縦縞移動手法と合成手法では 70% 弱で、不快感強度により評価した結果とほぼ等しかった。本研究で考案した映像提示法が不快感強度だけではなく、相対 ETCO₂ の測定によっても車酔い低減に有効であることが示された。

本実験においても動揺病強度の増大に伴って相対 ETCO₂ が減少した。一方不快感強度を 0 と答えているが、相対 ETCO₂ は減少した試行が全 102 試行中 32 試行あった。これらの試行では被験者に不快の意識はないが、車酔いによる生理変化が起こっているものと思われる。ETCO₂ 測定による動揺病強度評価は、被験者の口頭報告に関する傾向に依らずに行うことが可能であり、信頼性の高い評価を得るために応用できるものと思われる。

参考文献

- 1) Reason JT and Brand JJ : Motion Sickness, Academic Press, London 1975.
- 2) 森本明宏, 浅野仁志, 井奥大輔, 朴丹, 榊井文人, 河合敦夫, 井須尚紀: TV 視聴が乗り物酔いに及ぼす影響, 2005 ソサイエティ大会公演論文集, 基礎・境界 A-17-2
- 3) 朴丹, 井奥大輔, 浅野仁志, 森本明宏, 榊井文人, 河合敦夫, 井須尚紀: 呼気二酸化炭素分圧による動揺病強度の評価, 2005 ソサイエティ大会公演論文集, 基礎・境界 A-4-25
- 4) 森本明宏ほか: TV 視聴時の車酔い低減対策, FIT2006 第5回情報科学技術フォーラム