

J-016

## ドライビング・シミュレータ酔の抑制にモーション機能が与える効果 The inhibitory effect of a motion base installed in a driving simulator on occurrence of simulator sickness

王 星<sup>†</sup> 小澤 惇一<sup>†</sup> 奥田 翔<sup>†</sup> 椎名 司<sup>‡</sup> 増田 修<sup>†</sup> 河合 敦夫<sup>†</sup> 井須 尚紀<sup>†</sup>  
Wang Xing Jun-ichi Ozawa Sho Okuda Tsukasa Shiina Osamu Masuda Atsuo Kawai Naoki Izu

### 1. はじめに

近年、自動車のドライビング・シミュレータが普及し、自動車学校や運転者講習などで用いられている。しかし、シミュレータを操作すると乗物酔いが生じ、シミュレータ酔と呼ばれている。特に運転経験の豊富な人ほどシミュレータ酔を起こし易いため[1]、高齢者や違反者などを対象とした安全運転講習での弊害が大きい。ドライビング・シミュレータにはモーションベースを持たないものも多いが、若干のモーション機能を付加することによってシミュレータ酔いの抑制に効果を得ることが期待される。本研究では、自動車の加減速に応じて座席をピッチさせるモーション(揺動)及び走行中の車体振動を模擬した振動を付加し、「現実感」、「走行感」及び「快適さ」を測定して、揺動や振動がシミュレータ酔に与える効果を検討した。

### 2. 実験方法

#### 2.1 被験者

本研究における実験では、三重大学大学院工学研究科実験倫理委員会の承認の下に実施した。被験者には、自動車の運転経験豊富なプロドライバー6名(38~58歳の男性)を用いた。実験実施に先立って、実験方法、予期される影響、人権の保護に関することなどについて被験者に十分な説明を行った後、被験者から文書による同意を取得した。動揺病の主症状(Graybiel et al.[2]の診断基準におけるMII以上の状態)が見られた場合や被験者が中断を求めた場合には直ちに実験を中断するものとした。

#### 2.2 実験装置および刺激

ドライビング・シミュレータには、(株)日立ケーイーシステムズ製「アクセスマスターNew AM2330」を使用した。このシミュレータには、自動車の加減速に応じた座席のピッチモーション(揺動)と、車体振動を模擬した振動を付加する機能が備わっている。運転コースはカーブの多い山道で、トンネルが複数あり、一部に無舗装区間を有するものとした。日中晴天下に運転するものとし、自車の前後および対向車線に乗用車、トラック、バイクを走行させた。1回の運転時間が約3分となるようにコースの距離を設定した。揺動及び振動の各々を付加した場合としなかった場合の4種類の条件下で、上記のコースを運転させた。なお、安全運転講習など使用を想定しているため、スピードの出し過ぎや無理な追い越し等の危険行為を犯さないように注意した。

#### 2.3 計測法

ドライビング・シミュレータの運転時に感じる「現実感」、「走行感」および「快適さ」をSchefféの対比較法を用いて計測した。ここで、「現実感」とは実際に自動車に乗っているような感覚、「走行感」とは車で走って前方に進

んでいるような感覚、「快適さ」とはドライビング・シミュレータで運転している時の心地良さ・気持ち悪くなさのことと定義した。4条件下でドライビング・シミュレータを順次運転させ、1回目の運転と2回目の運転、2回目の運転と3回目の運転、というように連続する運転の間で上記3項目について比較させ、その差異を-2~+2の5段階の序数尺度で答えさせた。同一刺激で生じる各感覚が心理的連続体上で正規分布し、かつ任意の2刺激間での比較が同一の尺度(-2~+2)で評定されると仮定して、範疇判断の法則および比較判断の法則に基づいて「現実感」、「走行感」及び「快適さ」を距離尺度化した。

#### 2.4 実験手順

4種類の条件下での運転を各1回ずつ行わせて、これを1セッションとした。2回目以降の運転直後に、連続する2刺激間で「現実感」、「走行感」および「快適さ」の比較を口頭で答えさせた。セッション間に3~5分の休憩時間を取り、1回の実験で4セッションを実施して計12回の比較を行わせた。なお、4条件間の全ての組合せと順序(12通り)が1回ずつ比較されるように、運転条件の順序を配置した。実験総数22回を実施し、合計258比較を実施して各刺激対あたり20~23試行の比較を行った。

### 3. 結果

#### 3.1 シミュレータ酔の発生

6名の被験者で22回の実験を実施したが、その内4名6回の実験で被験者はシミュレータ酔による不快感を催した。3名の被験者は初回の実験でシミュレータ酔を生じ、実験回数を重ねると軽減したが、1名は3回目の実験で初めて不快感を催した。シミュレータ酔を生じた6回の実験の内、実験終了時点で4回は軽度の不快感、1回は中程度の不快感であったが、1回の実験では重度の不快感のために実験を中断した。

#### 3.2 現実感

距離尺度で表現した現実感を図1aに示す。モーションを与えない時に比べて、自動車の加減速に応じた揺動を加えると現実感が増し、車体振動を模擬した振動を加えると現実感はより高まった(いずれも $p<0.01$ )。揺動のみを加えた条件に比べ、振動も付加した条件ではさらに高い現実感が得られた( $p<0.05$ )。なお、揺動付加と振動付加、振動付加と両モーション付加との間には、統計的有意差が得られるには至らなかった( $p>0.05$ )。

#### 3.3 走行感

モーションを与えない時に比べて、揺動を加えると走行感が増す傾向が見られたが、統計的有意差は得られなかった( $p>0.05$ ) (図1b)。一方、振動を加えると走行感はより高まり、モーションなしに比べて有意に高い結果が得られた( $p<0.01$ )。振動に加えて揺動を付加すると走行感はさらに高い結果となったが( $p<0.01$ )、振動のみを加えた条件との間には統計的有意差は得られなかった( $p>0.05$ )。

<sup>†</sup> 三重大学工学部情報工学科 Faculty of Eng., Mie Univ.

<sup>‡</sup> (株)日立ケーイーシステムズ Hitachi Keiyo Engineering & systems, Ltd.

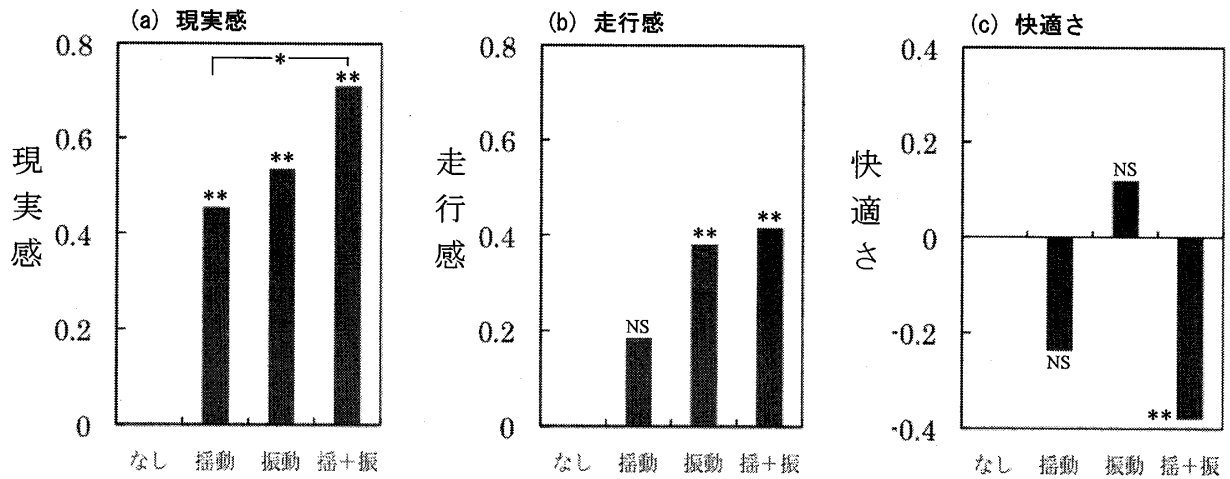


図1. ドライビング・シミュレータ運転時の現実感(a)、走行感(b) および快適さ(c)

### 3.4 快適さ

前述のように、多くの被験者がシミュレータ酔を起しており、不快感を「負の快適さ」として評価することになった。モーションを与えない時に比べて、揺動を与えると快適さが低下する傾向が見られ(ただし、 $p>0.05$ )、これに振動も加えると快適さはさらに低下した( $p<0.01$ ) (図1c)。一方、振動のみを加えると快適さが上昇する傾向が得られたが、統計的有意差が得られるには至らなかった( $p>0.05$ )。

### 3.5 現実感、走行感、および快適さの相関

「現実感」、「走行感」および「快適さ」の各々について Scheffé の一対比較で回答された序数を実験毎の順位(平均順位)に変換し順位相関係数を求めることによって、3者間の相関を調べた。被験者全体で求めた順位相関係数を表1の上段に、被験者別に求めた順位相関係数の平均と範囲を下段に示す。現実感と走行感には有意な正の相関が見られた( $p<0.01$ )。この結果は、4条件下での現実感と走行感が類似の量的関係を持っていることと一致する(図1a,b)。一方、走行感と快適さの間にも有意な正の相関が得られた( $p<0.01$ )。揺動の付加で走行感が高まる一方で快適さが低下するにも拘わらず、走行感が高い時には快適さが増す、あるいは気持ち悪くないことを示す結果であった。現実感と快適さの間にも小さな正の相関が見られたが( $p<0.01$ )、被験者別に順位相関係数を求めると、6名中2名は負の相関を示し、1名は小さな正の相関を示した。揺動や振動の付加によって現実感が高まり走行感も高まって快適さが増す一方で、現実感を強く感じるとシミュレータと実車の動きの相違のために違和感を感じて不快感を感じ易くなるものと思われる。

## 4. 考察

シミュレータ酔は模擬された刺激が実車で加わる刺激と異なることが原因であり、実車経験の豊富な人ほど両者の相違を知覚して酔い易いと考えられている[1]。本実験

で用いたドライビング・シミュレータでは、視覚刺激で得られる距離感が乏しく、右左折やカーブ時の運動感覚は与えられない。スピード感、ステアリング感覚、制動感覚などに実車との不一致が生じるために、ドライバーは違和感を感じるようになった。

仮想環境の中でドライビング・シミュレータを運転した時、「臨場感」が増すとVR酔が強まり、「楽しさ」が増すとVR酔が低減することが報告されている[3]。本研究で計測した「現実感」「走行感」はそれぞれ「臨場感」「楽しさ」と一致する概念ではないが、走行感と快適さを高め、現実感も必ずしも快適さを高めなかった。むしろ、現実感が高まると、走行感の増強によって得られた快適さの向上が違和感の増強のために抑えられたと考えられる。

本実験で与えた揺動は前後方向の加速度を正確に模擬するものではなかったが、現実感を高める効果が得られた。走行感も高まる傾向が見られたが、快適さは低下する結果となった。さらに振動も付加して現実感が一層高まると、快適さは有意に低下した。実車で感じる加速度感覚と相違するために違和感が発生し、シミュレータ酔を誘起することになったものと思われる。一方、車体振動を模擬した振動を加えると、揺動付加よりも顕著に現実感および走行感が向上した。また、揺動付加と異なり、快適さも向上する傾向が見られた。揺動が現実感を高める一方で違和感をもたらすのに対し、振動は違和感を感じさせることなく現実感や走行感を高めるためであろうと考えられる。

ドライビング・シミュレータの需要が高まり、よりリアルで快適なシミュレータが望まれるが、高度なシミュレーション機能を普及版シミュレータに装備することは价格的に困難である。最小限のモーション機能で現実感を高め、かつシミュレータ酔の発生を抑制することが必要である。本研究の結果は、車体振動を模擬した振動を加えることで、現実感や走行感を高めつつ快適さを増す、あるいは不快を軽減する効果が期待されることを示した。

## 参考文献

- [1] Crowley JS, Simulator sickness: a problem for army aviation, *Aviat Space Environ Med* 58: 355-357 (1987)
- [2] Graybiel A, et al, Diagnostic criteria for grading the severity of acute motion sickness, *Aerospace Med* 39: 453-455 (1968)
- [3] Lin JJW, et al, Effects of field of view on presence, enjoyment, Memory and simulator sickness in a virtual environment, *Proc of IEEE Virtual Reality 2002*, 164-171 (2002)

表1. 現実感、走行感、および快適さの間の順位相関係数

	現実感-走行感	走行感-快適さ	現実感-快適さ
全体	0.54	0.39	0.17
被験者別平均 [範囲]	0.52 [0.22 - 0.84]	0.44 [0.11 - 0.83]	0.19 [-0.62 - 0.62]