



# VR 船舶シミュレータにおける 順応による酔いの低減手法の検証

Testing the Adaptation-Based Method for Reducing Motion Sickness in a VR Ship Simulator

箕浦太陽<sup>1)</sup>, 加瀬川智皓<sup>1)</sup>, 宮崎真<sup>1,2)</sup>

Taiyo MINOURA, Chihiro KASEGAWA, and Makoto MIYAZAKI

1) 静岡大学 大学院総合科学技術研究科 情報学専攻 (〒432-8011 静岡県浜松市中央区城北 3-5-1, minoura.taiyo.21@shizuoka.ac.jp)

2) 静岡大学 学術院情報学領域 (〒432-8011 静岡県浜松市中央区城北 3-5-1, miyazaki-makoto@inf.shizuoka.ac.jp)

**概要**: 先行研究では, VR バイクシミュレータを体験した後に 1 時間の休憩を挟み, VR バイクシミュレータを再び体験すると, VR 酔いが低減した. 本研究では, この順応による VR 酔いの低減効果を VR 船舶シミュレータで検証した. その結果, シミュレータ体験中の吐き気の経時変化を評価する FMS では, 酔いの低減は有意ではなかった. 一方, シミュレータ体験後に眼球運動症状等も含めて酔いを総合的に評価する SSQ については, 吐き気の症状が有意に低減した. これは VR 船舶シミュレータにおいて, 1 時間の休憩による順応効果が限定的であることを示唆する.

**キーワード**: VR シミュレータ, 船酔い, 順応

## 1. はじめに

シミュレータ酔いを低減する手法の一つに順応の利用が挙げられる. 例えば, Kasegawa らは, VR バイクシミュレータを用いた実験において, 1 回目のシミュレータ体験後に 1 時間の休憩を設けると, 2 回目のシミュレータ体験での酔いが低減することを報告した [1]. 一方, 休憩を 6 分間とした場合には, 2 回目のシミュレータ体験で酔いは低減せず, むしろ増加した. このことから, この効果における休憩時間の長さが重要であることが示唆される.

Kasegawa らは, 運動学習における記憶の定着効果 [2] に基づき, 1 時間の休憩中に VR シミュレータの感覚環境に関する記憶が定着し, 順応効果が生じたと考察している.

本研究は, この順応を利用した酔いの低減効果が船酔いの低減に利用できる可能性を検証するために, VR 船舶シミュレータを用いた実験を行った.

## 2. 実験環境と方法

### 2.1 参加者

実験には, 20 名が参加した. 1 セット目のシミュレータ体験で, 酔いが生じなかった参加者は分析から除外した. 分析の対象者数は, 17 名 (男性: 15 名, 女性: 2 名) であった.

### 2.2 実験刺激

参加者は, ヘッドマウントディスプレイ (HMD) とヘッドホン装着し, 座席型モーションシミュレータに座った (図 1A). HMD から, 船上で波に揺られる一人称視点の映像が呈示され (図 1B), ヘッドホンから波の音が再生され, 座席型モーションシミュレータから船の動きと同期した動揺が呈示された.

参加者は, 上記の VR 船舶シミュレータを 6 分間体験し, 1 時間の休憩を取った. 休憩終了後, 再度 6 分間のシミュレータを体験し, 体験終了後 6 分の休憩を取った (図 2).

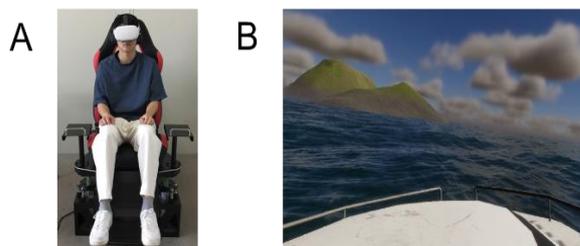


図 1: 実験風景および参加者に呈示された映像. A: 乗船映像体験中の参加者の様子. B: 船上で波に揺られる映像.

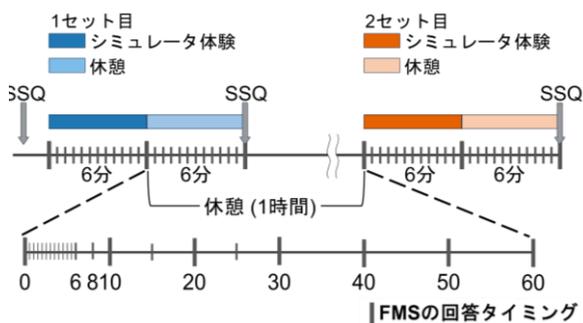


図 2: 実験手続き. FMS, SSQ 回答タイミング

### 2.3 酔いの計測

酔いの指標として Fast Motion Sickness (FMS) Scale [3] と Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)[4] を用いた。

FMS は 0 (全く酔っていない) から 20 (ひどい酔いで今にも吐く程度) の数値で現在の酔いの程度を評価する指標である。参加者は FMS を口頭で回答した。FMS での酔いとは吐き気、不快感、胃の不調を意味する。

SSQ は参加者が現在の酔いの状態を評価するための指標でありアンケートで回答した。SSQ では、16 項目からなる酔いに関する症状を 0 (なし) から 3 (重度) の 4 段階で評価する。質問に対する回答から 吐き気 (Nausea)、方向感覚の失調 (Disorientation)、眼球運動 (Oculomotor) の 3 つのスコアが算出される。また、総合スコアはこの 3 つのスコアをもとに計算され、全体的なシミュレータ酔いの傾向を示す指標となる。

FMS については、参加者は、シミュレータ体験中および体験した後の休憩中の 6 分間は 30 秒ごとに回答した。その後の休憩中の FMS は、図 2 のように間隔を空けて回答した。

SSQ については、実験開始前、1 セット目のシミュレータ体験の終了後 6 分経過時、および 2 セット目のシミュレータ体験の終了後 6 分経過時に回答した。

### 3. 結果

図 3A は、FMS スコアの参加者間平均の経時変化を示している。1 セット目のシミュレータ体験中に比べて、2 セット目のシミュレータ体験で、FMS スコアが低い傾向を示しているが、その効果は有意ではなかった。シミュレータ体験中および休憩中における FMS スコアの分散分析の結果、セットの主効果は有意ではなかった (シミュレータ体験中:  $F_{1,16} = 3.34, p = .086, \eta_p^2 = 0.172$ ; 休憩中:  $F_{1,16} = 0.081, p = .780, \eta_p^2 = 0.005$ )。また、セットと経過時間の交互作用も認められなかった (シミュレータ体験中:  $F_{12,192} = 0.345, p = .980, \eta_p^2 = 0.021$ ; 休憩中:  $F_{1,16} = 0.081, p = .780, \eta_p^2 = 0.005$ )。

図 3B は、 $\Delta$ SSQ (各セット後 SSQ-実験前 SSQ) の参加者間平均を示す。実験前の SSQ を差し引くことで、各参加者のベースラインを補正し、酔いの変化を評価できるようにしている。1 セット目に比べて 2 セット目の  $\Delta$ SSQ が低

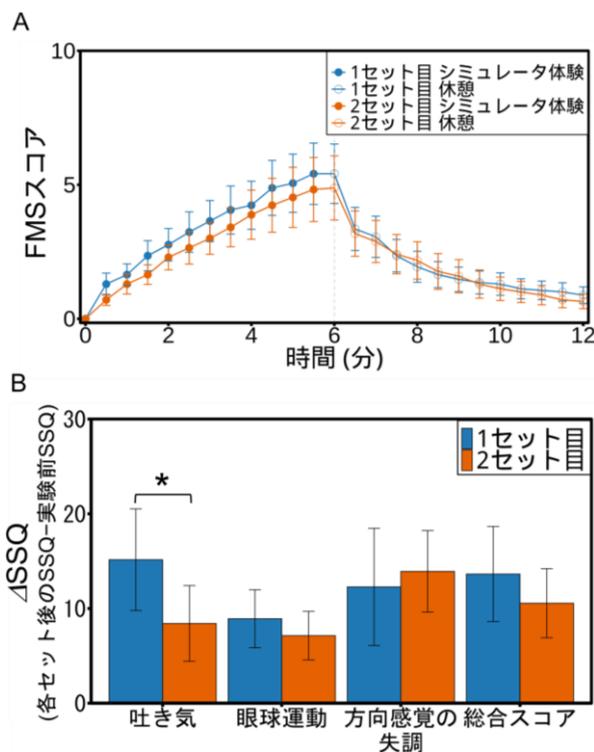


図 3: 実験 1 の結果. A: FMS スコアの参加者間平均の経時変化を、1 回目と 2 回目のセットの開始時点を変えて比較したグラフ。エラーバーは標準誤差を表す。B: 1 回目と 2 回目の体験後 SSQ スコア (各セット後 SSQ-実験前 SSQ) の比較。\* $p < .05$ 。

減したかを Wilcoxon 符号順位検定 (片側) を用いて検証した。SSQ の吐き気は 2 度目の体験で統計的に有意な差が認められた ( $p = .020$ )。その一方で、眼球運動、方向感覚の失調、SSQ の総合スコアについては、有意な差は認められなかった (眼球運動:  $p = .177$ ; 方向感覚の失調:  $p = .727$ ; 総合スコア:  $p = .148$ )。

### 4. 考察

本研究では、Kasegawa ら [1] が報告した 1 時間の休憩による順応効果が、VR 船舶シミュレータ環境下にも適用できるかを検証した。その結果、順応効果は SSQ の吐き気症状の低減に限定され、吐き気の経時変化を評価する FMS や SSQ の他の症状に低減は認められなかった。

VR 船舶シミュレータ環境下では、順応効果が限定的であった要因として、本研究に特有の刺激特性が 2 つ挙げられる。その一つがモーションシミュレータによる物理的動揺である。Dziuda ら [5] のドライブシミュレータを用いた実験により、物理的運動刺激が眼球運動症状などを誘発し、酔いの症状を長時間持続させることが報告されている。本研究で呈示した波揺れを模した動揺でも同様の効果が生じた可能性が考えられる。もう一つが、視覚刺激の予測不可能性である。感覚不一致説 [6] に従えば、実際の動きが予測できないことにより、酔いが生じる。実際、動きの予測が困難な環境では酔いが強まることが報告されてい

る [7]. Kasegawa ら [1] の実験では, HMD から, 一定のパターンで左右蛇行する走行風景が呈示され, 参加者はその動きを予測することは容易であった. 一方, 本研究で用いた船上風景は, 不規則な波の動きに伴って動揺し, 次に生じる揺れを予測することは困難であった. これより, 酔いの低減効果が限定された可能性が考えられる.

**謝辞** 株式会社ヤマハ発動機ならびに慶應義塾大学の板口典弘准教授の本研究への協力に感謝いたします.

#### 参考文献

- [1] Kasegawa et al.: Effects of within-day intervals on adaptation to visually induced motion sickness in a virtual-reality motorcycling simulator. *Sci. Rep*, 14(1), 21302, 2024.
- [2] Brashers-Krug et al.: Consolidation in human motor memory. *Nature*, 382(6588), 252-255, 1996.
- [3] Keshavarz, B., & Hecht, H.: Validating an Efficient Method to Quantify Motion Sickness. *Hum. Factors*, Vol. 53, No. 4, pp. 415-426, 2011.
- [4] Kennedy et al.: Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *Int. J. Aviat. Psychology*, 3(3), 203-220, 1993.
- [5] Dziuda et al.: The effects of simulated fog and motion on simulator sickness in a driving simulator and the duration of after-effects. *Appl. Ergon*, 45(3), 406-412, 2014.
- [6] Reason, J. T.: Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. *J. R. Soc. Med*, Vol. 71, No. 11, pp. 819-829, 1978.
- [7] Feenstra et al.: A visual display enhancing comfort by counteracting airsickness. *Displays*, 32(4), 194-200, 2011.