



# AR グラスによる車のハンドル操作情報の提示が 後部座席乗員の動揺病に与える影響に関する予備的研究

Preliminary Study on the Effect of Presenting Car Steering Information  
by AR Glasses on Motion Sickness of Rear Seat Passengers

佐藤勇起<sup>1)</sup>, 遠藤拓実<sup>2)</sup>  
Yuki SATO, and Takumi ENDO

- 1) 茨城大学 学術研究院応用理工学野 (〒316-0033 茨城県日立市中成沢町 4-12-1, yuki.sato.vx59@vc.ibaraki.ac.jp)  
2) 茨城大学 理工学研究科 (〒316-0033 茨城県日立市中成沢町 4-12-1, 24nm708x@vc.ibaraki.ac.jp)

**概要:** 車の乗客は自分で運転操作をしないため、運転手に比べて動揺病（乗り物酔い）が重症化することが知られている。動揺病の感覚矛盾説によると、脳が予測した感覚と実際の感覚の不一致により動揺病が悪化すると考えられている。本研究では、運転手のハンドル操作情報（角度、角速度）を AR グラスを装着した後部座席乗員に矢印として提示することで、車の運動が予測可能となり、動揺病の軽減が可能か調査することを目的とした。実験参加者 4 名による予備的研究の結果、AR グラスによるハンドル操作情報の提示により 2 名の動揺病が軽減した。

**キーワード:** 動揺病, 感覚矛盾説, 運動予測, ハンドル操作

## 1. はじめに

後部座席の乗員は運転手に比べて動揺病（乗り物酔い）が重症化しやすいことが知られている[1]。運転手は自ら運転し、車外の風景が見やすいため、車の将来の動きの予測や、現在の動きの把握が容易である。一方、後部座席の乗員は運転せず、座席の位置によって車外の風景が見えにくくなる。さらに、動画視聴や読書、ゲームなどの非運転タスクを行うことで、車外の風景がますます見えにくくなり、車の将来の動きの予測や、現在の動きの把握が困難である。

動揺病の原因として有力な感覚矛盾説によれば、自己の身体運動に関する実際の多感覚情報（前庭、視覚、体性感覚など）と、過去の経験に基づいて予測される多感覚情報との間に不一致があるときに動揺病が引き起こされる[2]。したがって、将来や現在の車の動きの手がかりを後部座席の乗員に提示することで、実際の感覚情報と予測との不一致を減らし、動揺病を軽減できる可能性がある[3]。

将来の車両の動きの手がかりを提示した先行研究[4]では、車が曲がる左右方向を数秒前に知らせる LED 信号を車載ディスプレイの両側に配置することで、乗客の動揺病が効果的に軽減されることが示された[5]。しかし、LED 信号を実験者が操作していたため、この手法を人が運転するあらかじめルートが決まっていない日常の状況に応用するには課題がある。また、LED が車載ディスプレイの左右

に固定されていたため、頭部姿勢の制限により動揺病が重症化する懸念がある点や、車の運動予測情報が右か左かの情報しかなく柔軟性に欠ける点も問題である。

拡張現実（Augmented Reality, AR）を活用することで、将来や現在の動きの手がかりを空間に自由に配置し、多様な形態で表現できる可能性がある。佐藤らは、ヨー方向に回転する座席を用いた室内実験において、座席の将来の動きの手がかり（回転方向や停止位置）を AR 空間の矢印で提示することで、動揺病が軽減することを示した[6]。しかし、あらかじめ動きが決まった座席の予測情報を提示していたため、この手法を人が運転するあらかじめルートが決まっていない状況に応用することはできない。また、回転椅子ではなく、車の動きによる動揺病を軽減可能かは不明である。

そこで、本研究では、人が運転するあらかじめルートが決まっていない日常の状況でも車の将来および現在の運動の手がかりを AR で提示するシステムを開発し、そのシステムの使用が後部座席乗員の非運転タスク時の動揺病に与える影響を検証することを目的とした。具体的には、ハンドル操作情報を矢印として AR グラスに提示するシステムを開発し、そのシステムの使用が、後部座席乗員が、運転席背面の広告を注視した際の動揺病に与える影響を検証する予備的研究を実施した。



図 1: AR グラスによるハンドル操作情報の提示



図 2: 走行コース (S→破線→破線→G)

## 2. 方法

### 2.1 参加者

茨城大学の学生 4 名 (男性 3 名, 女性 1 名) がこの研究に参加した。参加者の年齢は, 20 歳から 21 歳の範囲であり, 平均年齢は  $20.3 \pm 0.4$  歳であった。4 名の参加者の動揺病感受性質問紙 (MSSQ : Motion Sickness Susceptibility Questionnaire) の評価結果は, それぞれ, 16.7, 20.5, 69.7, 6.3 パーセントであった。MSSQ は, さまざまな交通手段での過去の動揺病経験の頻度に基づいて動揺病の感受性を評価する指標である[7]。

全ての参加者は, 研究の目的や仮説を知らされていない。参加前にインフォームドコンセントを取得し, Amazon ギフトカード (2000 円相当) を支給した。本研究は, 茨城大学生命倫理審査委員会によって承認され (許可番号: 230501), 関連するガイドラインと規制に従って実施された。

### 2.2 AR グラスによる車のハンドル操作情報の提示

AR グラス (Think Reality A3, Lenovo, 図 1 上段左) を用いて, 車の将来および現在の進行方向を提示するシステムを開発した。具体的には, 車のハンドル操作情報 (角速度, 角度) を後部座席乗員に矢印 (図 1 下段) として提示した。ハンドル操作情報を計測するために, ハンドルとダッシュボードの中央に慣性センサー (BWT901CL, WitMotion) を設置した (図 1 上段右)。

ハンドルの角速度が  $30^\circ / \text{s}$  以上で矢印の右側が光り (図 1 下段右),  $-30^\circ / \text{s}$  以下で矢印の左側が光り (図 1 下段左), それ以外の直進時, 矢印は光らなかった (図 1 下段中央)。角速度の絶対値が大きくなると, 矢印は強く光った。



図 3: 広告注視課題

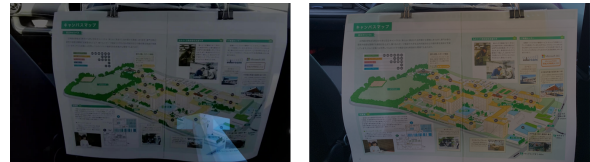


図 4: ハンドル操作情報を示す矢印あり条件 (左) となし条件 (右)

ハンドルに取り付けたセンサが示す角度と, 車に取り付けたセンサが示す角度の差から, ハンドルの角度を算出した。ハンドルの角度からタイヤの角度を推定して, 矢印の向きとした。つまり, 矢印の向きは現在の車の進行方向を表し, 左  $45^\circ$  ~ 右  $45^\circ$  で連続的に変化した。

この AR グラスを使用すると, ハンドルが右 or 左側に回転した瞬間, 矢印の右 or 左側が光るのが見えるため, 参加者は事前に車が右 or 左折することを認識できた。そして, 矢印の向きから参加者は車の現在の進行方向を認識できた。

### 2.3 走行コースと広告注視課題

走行場所は, 茨城大学日立キャンパスの駐車場で, 図 2 の青線が走行ルートであった。図 2 左の S から矢印の向きに走行し破線に至った。そして, 図 2 右の破線から, 矢印の向きに, 走行し, G (=S) に至った。この右左折を含む周回走行を 10 分間繰り返した。走行速度は最大  $20 \text{ km/h}$  で, 右左折時は  $15 \text{ km/h}$  程度であった。

参加者は車 (アクア, トヨタ自動車株式会社, 図 3 左) の運転席後方の座席に着座し, AR グラスを着用した (図 3 右)。走行中, 車外の風景は見ずに, 運転席背面の広告を注視する課題を行った。

### 2.4 実験要因

実験要因は, ハンドル操作情報を示す AR グラスに表示された矢印であり, 「矢印あり」と「矢印なし」の 2 水準であった。いずれの水準においても, 参加者は AR グラスを装着した。「矢印あり」条件では矢印が表示され (図 4 左), 「矢印なし」条件では矢印が表示されなかった (図 4 右)。

### 2.5 動揺病の評価指標

動揺病の重症度を評価するために, Misery Scale (MISC) [8], Total Symptom Score (TSS) [9], Simulation Sickness Questionnaire (SSQ) [10], Relative Evaluation Questionnaire (REQ) [11] の 4 つの指標を利用した。

### 2.5.1 Misery Scale (MISC)

MISCは動揺病の重症度を0から10までの11段階で評価する指標である。0は不快感がないことを意味し、1は明確な症状のない漠然とした不快感、2から5はめまいや温感などの吐き気以外の具体的な症状を表し、6から9は吐き気が重症化することを反映し、10は嘔吐に相当する。10分間の走行の間、参加者は1分毎にMISCスコアを口頭で回答した。スコアが6「吐き気のある程度感じる」の場合、直ちに走行を終了した。

### 2.5.2 Total Symptom Score (TSS)

TSSは、めまい、熱感、頭痛、発汗、胃腸の不調、唾液分泌の増加、吐き気、蒼白、および関連症状の9つの症状を分類し、動揺病の重症度を評価する包括的な指標である。各症状は、なし(0)、軽度(1)、中等度(2)、強度(3)の4段階で評価され、最大27で乗り物酔いの重症度を総合的に判断する。この評価は、10分間の走行終了直後に行った。

### 2.5.3 Simulation Sickness Questionnaire (SSQ)

SSQは、全般的な気分のわるさ、疲労感、頭痛、目の疲れ、吐き気など16種類の症状を分類し、映像酔いの重症度を評価する包括的な指標である。各症状は、なし(0)、軽度(1)、中等度(2)、強度(3)の4段階で評価され、採点方法に従い、悪心、眼精疲労、失見当識、総合スコアを算出した。この評価は、10分間の走行終了直後に行った。

### 2.5.4 Relative Evaluation Questionnaire (REQ)

REQは、課題中の矢印ありと矢印なしの条件下での動揺病の重症度を5段階で相対的に評価するための指標である。各段階の基準は以下の通りである。矢印なしの条件の方が重症化した場合は2、どちらかといえば矢印なしの条件の方が重症化した場合は1、両条件の重症度が同じ場合は0、どちらかといえば矢印ありの条件の方が重症化した場合は-1、矢印ありの条件の方が重症化した場合は-2。両方の実験条件を完了した後、参加者にはどちらの条件で動揺病の重症度がより重症化したかを評価するよう求められた。

## 2.6 手順

まず、参加者に実験の詳細を説明し、インフォームドコンセントを取得した。その後、参加者は車の運転席後方に座り、シートベルトを締め、ARグラスを装着し、広告注視課題を実施した。順序効果を緩和するため、1日目に2人の参加者は矢印のある条件を実施し、2人の参加者は矢印のない条件を実施した。課題の際、車は10分間走行し、参加者は1分毎にMISCスコアを口頭で回答した。走行終了直後に、参加者は、TSSとSSQに回答した。2日目に、矢印の有無の異なる条件で同じ手順を繰り返した。最後に、参加者はREQに回答した。

## 3. 結果

### 3.1 Misery Scale (MISC)

MISCの10分間平均の全参加者平均は、矢印がある条

件の方が矢印がない条件に比べて低かった(図5)。

### 3.2 Total Symptom Score (TSS)

TSSの全参加者平均は、矢印がある条件の方が矢印がない条件に比べて低かった(図6)。

### 3.3 Simulation Sickness Questionnaire (SSQ)

SSQ(総合スコア)の全参加者平均は、矢印がある条件の方が矢印がない条件に比べて低かった(図7)。

### 3.4 Relative Evaluation Questionnaire

REQの全参加者平均は0より大きく、矢印がない条件の方が矢印がある条件に比べて動揺病が重症化したと評価した(図8)。

### 3.5 各参加者の4つの動揺病評価指標値

各参加者の4つの動揺病指標値(MISC10分間平均、TSS、SSQ総合スコア、REQ)を図9に示す。

参加者1は、3つの動揺病評価指標で、矢印がある条件の方が矢印がない条件に比べて動揺病が重症化したと評価した。

参加者2は、1つの動揺病評価指標で、矢印がある条件の方が矢印がない条件に比べて動揺病が軽症化したと評価し、1つの動揺病評価指標で、矢印がある条件の方が矢印がない条件に比べて動揺病が重症化したと評価した。

参加者3,4は、4つの動揺病評価指標の全てで、矢印がある条件の方が矢印がない条件に比べて動揺病が軽症化したと評価した。

## 4. 議論

本研究では、ARグラスを用いてハンドル操作情報を矢印として後部座席乗員に提示することが、動揺病に与える影響を検証することを目的とした。

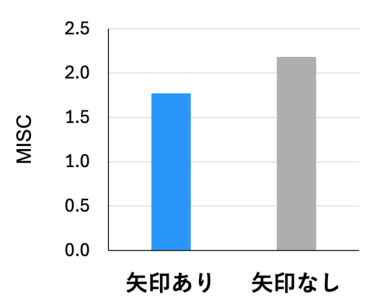


図5: MISC(10分間平均)の全参加者平均

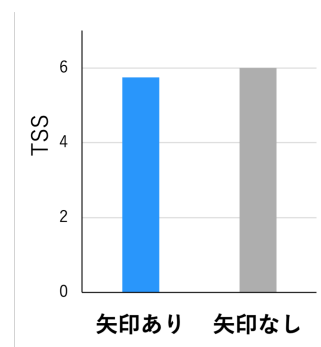


図6: TSSの全参加者平均



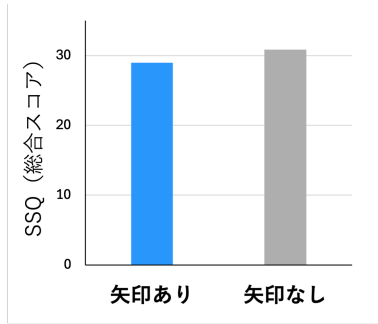


図 7: SSQ (総合スコア) の全参加者平均

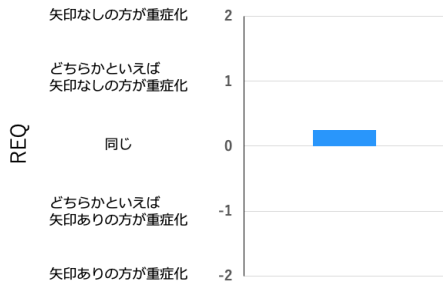


図 8: REQ の全参加者平均

参加者 4 名による予備的研究の結果、2 名の参加者は 4 つの動揺病指標値 (MISC, TSS, SSQ, REQ) 全てにおいて、矢印がある条件の方が矢印がない条件に比べて動揺病が軽症化したと評価し、動揺病の軽減効果を確認した。動揺病の感覚矛盾説の観点からは、矢印の提示により、カーブ時の運動予測精度が向上し、動揺病が軽減した可能性が考えられる。

他の 2 名の参加者は、4 つの動揺病評価指標の中に、矢印がある条件の方が矢印がない条件に比べて動揺病が重症化したと評価した指標があった。走行コースには、加減速・上下動・勾配が含まれ、カーブ以外の動揺病誘発要因が存在したことが一因と考えられる。

今後の研究では、動揺病軽減効果の一般性を検証するため、より大規模の参加者で実験する必要がある。また、加減速などの動揺病誘発要因を含めたシステムの改良が求められる。そして、異なる運転環境や走行条件下での効果を検証し、実際の運転シナリオでの適用可能性を確認する必要がある。

参考文献

[1] Rolnick, A., & Lubow, R. E. (1991). Why is the driver rarely motion sick? The role of controllability in motion sickness. *Ergonomics*, 34(7), 867-879.

[2] Reason, J. T. (1978). Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. *Journal of the royal society of medicine*, 71(11), 819-829.

[3] Xie, W., He, D., & Wu, G. (2023). Inducers of motion

参加者	1		2		3		4	
MSSQ	16.7		20.5		69.7		6.3	
矢印	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし
MISC	1.5	1.5	0.9	1.8	4.2	4.5	0.5	0.9
TSS	4	3	2	2	15	16	2	3
SSQ	18.7	15.0	11.2	11.2	74.8	78.5	11.2	18.7
REQ	-1		-1		2		1	
矢印ありの方が	重症化		変化なし		軽症化		軽症化	

図 9: 各参加者の 4 つの動揺病評価指標値

sickness in vehicles: A systematic review of experimental evidence and meta-analysis. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 99, 167-188.

[4] Diels, C., & Bos, J. (2021). Great expectations: on the design of predictive motion cues to alleviate carsickness. In *International Conference on Human-Computer Interaction* (pp. 240-251). Cham: Springer International Publishing.

[5] Karjanto, J., Yusof, N. M., Wang, C., Terken, J., Delbressine, F., & Rauterberg, M. (2018). The effect of peripheral visual feedforward system in enhancing situation awareness and mitigating motion sickness in fully automated driving. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 58, 678-692.

[6] Sato, Y., Ishikawa, T., & Wada, T., (2021). Effects of presenting motion prediction information using augmented reality on motion sickness. In the 50th Annual Meeting of the Society for Neuroscience.

[7] Golding, J. F., Markey, H. M., & Stott, J. R. (1995). The effects of motion direction, body axis, and posture on motion sickness induced by low frequency linear oscillation. *Aviation, space, and environmental medicine*, 66(11), 1046-1051.

[8] Bos, J. E., MacKinnon, S. N., & Patterson, A. (2005). Motion sickness symptoms in a ship motion simulator: effects of inside, outside, and no view. *Aviation, space, and environmental medicine*, 76(12), 1111-1118.

[9] Golding, J. F., Markey, H. M., & Stott, J. R. (1995). The effects of motion direction, body axis, and posture on motion sickness induced by low frequency linear oscillation. *Aviation, space, and environmental medicine*, 66(11), 1046-1051.

[10] Kennedy, R. S., Lane, N. E., Berbaum, K. S., & Lilienthal, M. G. (1993). Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness. *The international journal of aviation psychology*, 3(3), 203-220.

[11] Sato, H., Sato, Y., Takamatsu, A., Makita, M., & Wada, T. (2022). Earth-fixed books reduce motion sickness when reading with a head-mounted display. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 909005.