



# AR による将来および現在の車両進行方向提示手法 と動揺病軽減効果の検討

An Investigation of AR-Based Indication Methods for Future and Current Car Directions  
and Their Effects on Motion Sickness Reduction

遠藤拓実<sup>1)</sup>, 佐藤勇起<sup>2)</sup>, 和田隆広<sup>3)</sup>  
Takumi ENDO, Yuki SATO, and Takahiro WADA

- 1) 茨城大学 理工学研究科 (〒316-0033 茨城県日立市成沢町 4-12-1, 24nm708x@vc.ibaraki.ac.jp)  
2) 茨城大学 理工学研究科 (〒316-0033 茨城県日立市成沢町 4-12-1, yuki.sato.vx59@vc.ibaraki.ac.jp)  
3) 奈良先端科学技術大学院大学 (〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5, t.wada@is.naist.jp)

**概要**：車の後部座席乗員は運転手に比べ将来や現在の運動手がかりが不足するため、動揺病を発症しやすい。著者らは、ハンドルの角速度や角度に基づいて将来や現在の進行方向を AR グラスで後部座席乗員に提示する手法 1 を提案したが、角度に起因するズレから、動揺病軽減効果は限定的であった。そこで本研究では、角速度の累積値に基づいて将来の進行方向を提示する手法 2 を開発し、有効性を検証した。参加者 5 名による予備実験の結果、一部参加者に軽症化が見られたものの、提示遅延が効果を制限する要因と考えられた。今後は、角速度に基づいて将来の左右方向のみを提示する手法 3 を開発し、遅延の改善を図る。

**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]。動揺病の感覚矛盾説によれば、現在の多感覚情報（前庭感覚、視覚、体性感覚）と、過去の経験に基づく予測との間に矛盾が生じると、動揺病が重症化すると考えられている。この説に基づくと、後部座席乗員は運転手に比べて運転に関与せず、車外視覚情報も限定されるため、将来や現在の運動手がかりが不足し、感覚矛盾が生じやすく、結果として動揺病が重症化しやすいと考えられる。したがって、後部座席乗員に将来や現在の運動手がかりを提示することで、感覚矛盾が緩和され、動揺病の軽減につながる可能性がある。

将来の運動手がかりを提示した先行研究に関して、Karjanto らは、車載ディスプレイの左右に取り付けた LED を用い、右左折を事前に手で提示することで、動揺病の軽減効果を示した [2]。また、佐藤らは、プログラム制御による一軸回転装置を用いた室内実験において、回転方向と停止位置を AR 上の矢印で提示することで、動揺病の軽減効果を示した[3]。しかし、乗り物の運動が事前に定まっていない場合には、将来の運動手がかりも不確定となるため、その提示手法は明らかでない。

そのため著者らは、車のハンドルの角速度や角度に基づいて将来や現在の進行方向を AR 上の矢印で後部座席乗員に提示する手法 1 を開発した[4]。手法 1 では、角速度の正負により矢印の片側を発光させることで将来の進行方向を提示した。また、ハンドル角度から推定したタイヤ角度に矢印を向かせることで現在の進行方向を提示した。しかし、角度データに基づいて推定したタイヤ角度と、実際の進行方向との間にズレが生じたため、現在の運動手がかりとしての有効性は低く、動揺病軽減効果は限定的であった。また、矢印を常時表示したことで、参加者の注意が過度に矢印に向き、視覚的負荷が高まるという問題も確認された。

そこで本研究では、角度データを用いず、角速度の累積値に基づいて、将来の進行方向を車両旋回時に提示する新たな手法 2 を開発した。本研究の目的は、手法 2 の将来の運動手がかりとしての有効性を検証することである。

## 2. 方法

### 2.1 参加者

参加者は茨城大学の男性学生 5 名であり、平均年齢は 22.2 歳（標準偏差 0.4）であった。動揺病感受性を示す MSSQ[5]のスコアは、各参加者について順に 80, 21.8, 62.6,



図 1: AR グラスによるハンドル操作情報の提示

11.4, 83.2 パーセントイルであった。本実験は茨城大学生命倫理審査委員会の承認（許可番号：230501）を受けた。全ての参加者からインフォームドコンセントを取得し、謝礼として 2000 円分の Amazon ギフトカードを配布した。

## 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 (ThinkReality A3, Lenovo, 図 1 上段左) を用いて、ハンドル角速度の累積値に基づいて将来の進行方向を車両旋回時に提示する手法 2 を開発した。具体的には、車のハンドルとダッシュボードに設置した慣性センサー (BWT901CL, WitMotion, 図 1 上段右) から推定したハンドル角速度を時間積分し、算出されたハンドル角度にステアリングギア比を適用することでタイヤ角度を推定した。タイヤ角度に矢印を向かせることで、将来の進行方向を示す矢印 (図 1 下段左) を AR グラスに提示した。

角度ズレを防止するために、タイヤ角度が $\pm 2^\circ$ 未満である状態が 3 秒続いた場合、タイヤ角度を $0^\circ$ に初期化した。また、視覚的負荷を軽減させるために、車両旋回時 (タイヤ角度が $-2^\circ$ 以下または $2^\circ$ 以上の場合) のみ矢印を表示し、直進時や切り返し時には非表示とした。参加者はこの矢印を視認し、将来の進行方向を予測した。

## 2.3 走行コースと広告注視課題

茨城大学日立キャンパスの駐車場を走行コースとした (図 2)。参加者 1 および 2 は図 2 左の範囲を、参加者 3~5 は図 2 右の範囲を 10 分間、時速 15 km で走行した。

参加者は、車両 (アクア, トヨタ自動車株式会社) の運転席後方に着座し、運転席背面に掲示された広告を注視する課題を実施した (図 1 下段右)。

## 2.4 実験要因

実験要因は、AR グラスに提示される将来の進行方向を示す矢印であり、「矢印あり」と「矢印なし」の 2 水準であった。なお、いずれの実験条件においても、AR グラスを装着した。「矢印あり」条件では、AR グラスに矢印が表示され、「矢印なし」条件では矢印が表示されなかった。

## 2.5 動揺病の評価指標

動揺病の重症度を評価するため、Misery Scale (MISC)



図 2: 走行コース

[6], Total Symptom Score (TSS) [7], Simulation Sickness Questionnaire (SSQ) [8], Relative Evaluation Questionnaire (REQ) [9] の 4 つの指標を用いた。

### 2.5.1 Misery Scale (MISC)

動揺病の重症度を 0~10 の 11 段階で評価した。0 は不快感が全くない状態を示し、1 は明確な症状はないが、漠然とした不快感がある状態を示す。2 では、めまいや温感などの典型的な動揺病症状が現れ始め、6 に達すると吐き気を感じる。なお、評価が 6 に達した時点で走行を中止した。

### 2.5.2 Total Symptom Score (TSS)

めまい・ほてり・頭痛などの 9 項目の症状の重症度を、なし (0)、軽度 (1)、中等度 (2)、強度 (3) の 4 段階で評価した。合計スコア (0~27) により動揺病の重症度を評価した。

### 2.5.3 Simulation Sickness Questionnaire (SSQ)

映像酔いに伴うめまい、熱感、頭痛などの 9 つの症状の程度を、なし (0)、軽度 (1)、中等度 (2)、強度 (3) の 4 段階で評価した。採点方法に基づいて集計し、悪心、眼精疲労、失見当識、総合スコアを算出した。

### 2.5.4 Relative Evaluation Questionnaire (REQ)

「矢印あり」と「矢印なし」の動揺病重症度を相対的に評価するための質問票であり、5 段階 (-2, -1, 0, 1, 2) で評価した。評価尺度は、「矢印ありの方が重症化した」を -2, 「どちらかといえば矢印ありの方が重症化した」を -1, 「同程度」を 0, 「どちらかといえば矢印なしの方が重症化した」を 1, 「矢印なしの方が重症化した」を 2 と定めた。

## 2.6 手順

1 日目の最初に、参加者に実験内容を説明し、インフォームドコンセントを取得した。参加者は車両の運転席後方に着座し、AR グラスを装着した後、10 分間の広告注視課題を行い、1 分毎に MISC スコアを口頭で回答した。順序効果を緩和するため、参加者 1 および 2 は「矢印なし」を、参加者 3~5 は「矢印あり」を実施した。走行後には TSS と SSQ に回答した。2 日目は、1 日目と異なる条件で同様の手順を実施し、最後に REQ に回答した。

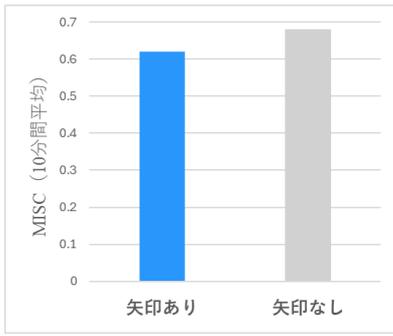


図 3: MISC (10 分間平均) の全参加者平均

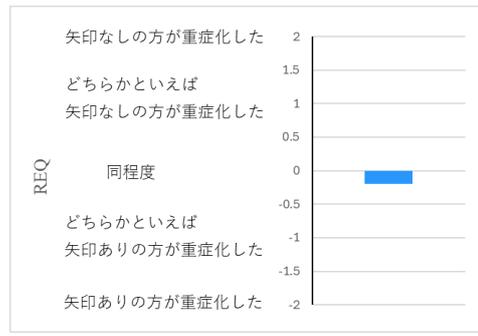


図 6: REQ の全参加者平均

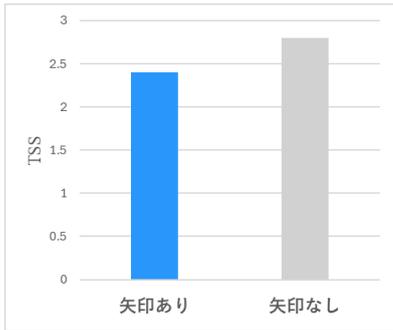


図 4: TSS の全参加者平均

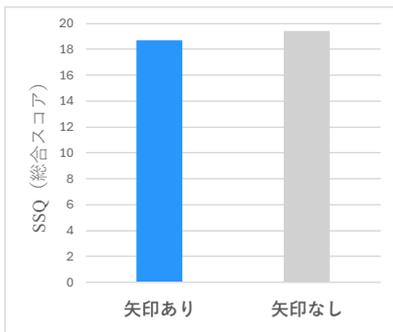


図 5: SSQ (総合スコア) の全参加者平均

3. 結果

3.1 Misery Scale (MISC)

MISC (10 分間平均) の全参加者平均は、「矢印なし」条件に比べて、「矢印あり」条件の方が低下した(図 3).

3.2 Total Symptom Score (TSS)

TSS の全参加者平均は、「矢印なし」条件に比べて、「矢印あり」条件の方が低下した(図 4).

3.3 Simulation Sickness Questionnaire (SSQ)

SSQ (総合スコア) の全参加者平均は、「矢印なし」条件に比べて、「矢印あり」条件の方が低下した(図 5).

3.4 Relative Evaluation Questionnaire (REQ)

REQ の全参加者平均が 0 より大きいことから、「矢印なし」条件に比べて「矢印あり」条件の方が、動揺病が重症化したと評価した(図 6).

3.5 各参加者の動揺病評価指標の傾向

各参加者の 4 つの動揺病評価指標値(MISC10 分間平均, TSS, SSQ 総合スコア, REQ) を表 1 に示す.

表 1: 各参加者の評価指標値

参加者	年齢	性別	MSSQ	実験要因 矢印	評価指標				動揺病
					MISC	TSS	SSQ	REQ	
1	22	男	80	あり	0.2	1	7.48	2	軽症化
				なし	0.4	1	7.48		
2	23	男	21.8	あり	0.6	1	11.22	-1	変化なし
				なし	0.6	1	11.22		
3	22	男	62.6	あり	0.7	2	7.48	1	軽症化
				なし	1.2	3	22.44		
4	22	男	11.4	あり	0.4	2	7.48	-2	重症化
				なし	0	0	0		
5	22	男	83.2	あり	1.2	9	59.84	-1	変化なし
				なし	1.2	9	56.1		

参加者 1, 3 は、低下した評価指標があり、増加した評価指標がないことから、動揺病が軽症化傾向であった。

参加者 2, 5 は、全ての評価指標値に大きな変化が見られなかった。

参加者 4 は、増加した評価指標があり、低下した評価指標がないことから、動揺病が重症化傾向であった。

4. 議論

本研究の目的は、ハンドル角速度の累積値に基づいて将来の進行方向を車両旋回時に AR 上の矢印で後部座席乗員に提示する手法 2 の、将来の運動手がかりとしての有効性を検証することであった。参加者 5 名による予備実験の結果、一部の参加者において手法 2 による動揺病軽減が確認されたものの、全体として効果が限定的であった。

動揺病軽減効果が限定的であった要因の一つとして、矢印提示の遅延が影響した可能性が考えられる。回転知覚の閾値を 10%/s と仮定した場合、矢印提示に平均 0.3 秒(n=10, 標準偏差 0.6) の遅延が生じていた。今回の走行方法では、カーブ時も直進時の時速 15 km を維持したため、提示遅延による影響が顕著となり、実際の車両旋回に対し矢印提示が遅れがちになる傾向がみられた可能性がある。そのため、矢印提示が将来の進行方向の予測に十分に活用されず、将来の運動手がかりとしての有効性は限定的であったと推察される。

今後の課題として、提示遅延の短縮が挙げられる。そのためには、通信遅延に加え、提示アプリにおける受信処理や描画処理による遅延の解消が必要である。さらに、遅延の影響を最小限に抑える新たな提示手法として、角速度を直接用いて将来の左右方向のみを提示する手法 3 を開発

をしている。手法3では、視野の左右に設置したバーのうち、角速度の正負に応じて左側または右側を発光させることで、将来の左右方向を提示する。この手法は、手法1における現在の進行方向の提示を省略し、手法2で用いていた角速度の累積処理も行わない構成である。

角速度を直接提示する手法3により、遅延の改善を図り、将来の運動手がかりとしての有効性を高めることで、動揺病のさらなる軽減が可能か検証する。さらに、より多様な参加者を対象に本実験を実施し、ハンドル操作に基づくARによる将来や現在の車両進行方向提示手法の有効性を統計的に検証することで、動揺病軽減に寄与する実用的な手法の確立を目指す。

#### 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] 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.
- [3] 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*.
- [4] Sato, Y., Endo, T. (2024). Preliminary Study on the Effect of Presenting Car Steering Information by AR Glasses on Motion Sickness of Rear Seat Passengers.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [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] 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.
- [9] 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.