



自動走行中の障害物回避時に AR 情報提示が信頼感に与える影響

Effect of AR Information Display on Trust During Obstacle Avoidance in Autonomous Driving

重藤 瞭介¹⁾, 澤邊 太志¹⁾, ブタスラック イシドロ¹⁾, 神原 誠之¹⁾²⁾, 加藤 博一¹⁾

Ryosuke SHIGETO, Taishi SAWABE, Butaslac ISIDRO, Masayuki KANBARA, Hirokazu KATO

1) 奈良先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科 インタラクティブメディア設計学研究室

(〒 630-0192 奈良県生駒市高山町 8916 番地-5, shigeto.ryosuke.so7@naist.ac.jp)

2) 甲南大学 知能情報学部 (〒 658-8501 兵庫県神戸市東灘区岡本 8-9-1)

概要:

近年、自動走行車の社会実装が進む一方で、搭乗者がシステムの挙動を予測・理解できないことに起因する不安や不信感から自動走行化することで発生する「自動走行ストレス」が普及の障壁となっている。その対策として、先行研究では自動走行車が認知・判断した情報を搭乗者に提示する手法が提案されており、特に AR（拡張現実感）を用いた直感的な提示手法が注目されている。本研究では、自動走行システムによる「認知」（障害物検知）および「判断」（予測経路）に基づく AR 情報提示が、搭乗者の信頼感や快適性に与える影響を実車両で検証した。自動運転レベル 3 を想定した実車両と HoloLens 2 を用いた AR 情報提示システムを構築し、6 名の被験者を対象に、AR 提示あり／なしの 2 条件で走行実験を実施し、主観評価によるアンケートによって評価を行った。その結果、提案手法は不安感の軽減、快適性の向上、および自動走行システムへの信頼感の増加を促す傾向が示された。

キーワード： 拡張現実感、自動走行ストレス、AR 情報提示、ストレス軽減、搭乗者の快適性

1. はじめに

自動走行技術の進展により、搭乗者が運転操作から解放される場面が増加している。一方で、搭乗者は車両の挙動の原因や意図を理解するすべを持たず、システムの挙動に対して不安や不快感を覚えることがある。こうした現象は「自動走行ストレス (Autonomous Vehicle Stress, AVS)」として知られ、自動走行車の社会的受容における重要な課題とされる [1]。従来の人による運転では、「認知、判断、操作」の繰り返しによって運転行動が構成されていることが知られている。ドライバは周囲の状況を注意深く把握し、自ら判断して車両を操作することで、複雑な環境下において適切な運転を実現してきた。しかし、レベル 3 以降の自動運転では、こうした運転の主体が人からシステムへと移行し、搭乗者はもはや自らの意思で運転行動を制御する立場にはない。このような構造的変化により、搭乗者は運転状況に対する理解が困難となり、車両挙動への納得感や制御感が低下しやすくなる。AVS の軽減手法として、搭乗者への情報提示が注目されている [2][3][4]。

本研究では、AVS 軽減手法として情報提示によるストレス軽減の中でも直感的な情報共有が可能となる、AR を使った自動走行システムの認知・判断に関する情報の提示手法を提案する。

2. 搭乗者への情報提示に関する研究

先行研究では、自動走行システムの認知や判断内容をユーザに提示する AR 情報提示手法が提案されてきたが、実環境における評価は限られている [5]。

Detjen らは、自動運転車における予測可能性と透明性の向上を目的として、車両の動作意図を提示する 2 種類の HUD (Head-Up Display) コンセプトを提案・比較した [6]。平面上のアイコン表示と、AR による接触アナログ表示の 2 手法をユーザ中心設計により開発し、異なる自動化レベル (SAE レベル 1~5) においてユーザ体験、信頼感、安全性への効果を評価した。実験の結果、いずれの手法も信頼感と UX を高める効果があり、特に AR 表示は介入判断の迅速性と正確性において優れていた。これにより、車両の意図を可視化することが搭乗者の安心感や自動運転システムへの受容性の向上に寄与することが示された。

Ma らは、AVS を軽減し、乗車体験の向上を目指す情報提示手法として、AR 情報提示システム「Explainer」を提案した [7]。Explainer は、自動走行システム内部の認識 (Perception) および計画 (Planning) モジュールから得られる情報を、「因果情報」(車両挙動の物理的要因) と「意図情報」(今後の行動計画) に分類し、音声と AR を用いて搭乗者に提示する構成となっている。このアプローチにより、搭乗者は車両の意思決定プロセスを理解しやすくなり、自動走行車への信頼感と安心感を向上させる可能性が示された。28

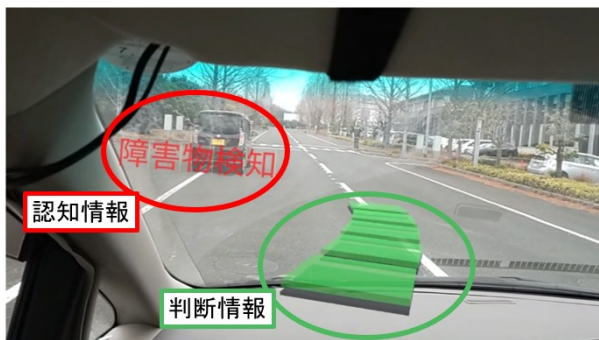


図 1: 自動走行車内での AR 情報提示システム

名を対象としたドライビングシミュレータを用いた実験では、AR を用いて因果・意図情報を提示した条件が、情報の明瞭性、理解度、満足度の各指標において最も高く評価され、ストレスレベルも有意に低下することが示された。これらの結果は、自動走行車における透明性の高い情報提示が、心理的負荷の軽減およびユーザビリティ向上に有効であることを実証している。

本研究では、AR（拡張現実感）を用いて車両の「認知」（障害物の存在）および「判断」（予測経路）に関する情報を搭乗者に提示し、これが AVS の軽減に与える影響を実車環境で検証することを目的とする。特に障害物回避を伴うシナリオに焦点を当て、提案手法の有効性を評価した。

3. 提案手法

自動走行車の認知・判断に関する情報を AR で可視化するシステムを構築した [8]。図 1 に示すように、障害物の位置に赤色のテキストで「障害物検知」を表示することで認知情報を提示し、緑色のオブジェクトによって走行予測経路を可視化することで判断情報を提示する。これらの情報は HoloLens 2 を用いて搭乗者の視界に重ねて表示される。

自動運転レベル 3 相当の機能を備えた実験車両を使用し、車両制御に Autoware.AI を実装した PC を介して、車両の位置情報および経路情報を取得する。これらの情報は、ROS（Robot Operating System）および PUN2（Photon Unity Networking 2）を通じて別の PC へ送信され、最終的に HoloLens 2 ヘリアルタイムで共有される。これにより、車両—HoloLens 2 間の情報同期が可能となり、走行中の AR 情報提示を実現している。

4. AR 情報提示システムの評価実験

4.1 実験目的

本実験は、障害物回避を含む自動走行シナリオにおいて、AR（拡張現実感）を用いた情報提示が搭乗者に与える心理的影響を評価することを目的とする。具体的には、AR を通じて提示される「認知情報（障害物の存在）」および「判断情報（予測経路）」が、搭乗者の不安感や自動走行システムへの信頼感、快適性にどのような影響を及ぼすかを検証する。

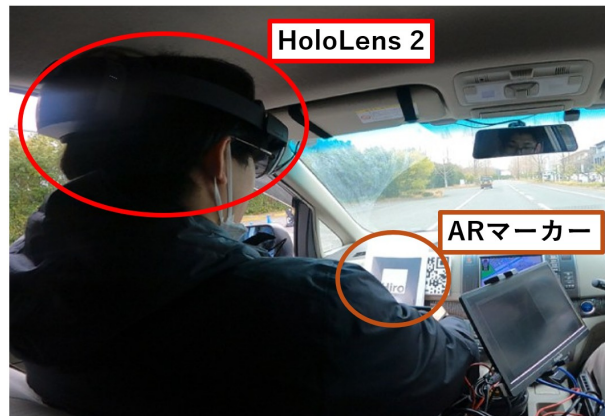


図 2: 実験中の車内の様子



図 3: 実験環境と走行経路（Google Map から引用）

4.2 実験概要

実験には本学の学生 6 名（男性 3 名、女性 3 名、平均年齢 25.83 歳）が参加した。被験者は HoloLens 2 を装着し、助手席に着座した状態で実験に臨んだ。参加者には実験の趣旨と安全管理体制を事前に説明し、同意を得た。走行中の車内の様子を図 2 に示す。

本実験では、AVS の軽減効果を検証するため、以下の 2 条件を設定し比較評価を行った。

条件 A： 情報提示なし

条件 B： AR 情報提示あり（提案手法）

実験シナリオは、自動走行車が発進後、直進走行を行い、道路脇に停車している他車両を回避したのち、再び元の走行車線に復帰するという一連の運転プロセスで構成されている。実験環境と走行経路を図 3 に示す。実験は、けいはんなオープンイノベーションセンター（KICK）の実験場で行われた。各被験者には両条件を実施してもらい、実施順序はランダムに設定した。各走行の所要時間は約 30 秒であった。この状況下において、AR による情報提示の有無が搭乗者の自動走行に対する信頼感や乗車中の快適性に与える影響を評価した。

4.3 実験手順

本実験は以下の手順に従って実施された。

1. **事前アンケートの実施：**被験者には乗車前にアンケートを実施し、年齢、性別、自動走行車の乗車経験、AR/VR デバイスの使用経験といった属性情報を収集した。

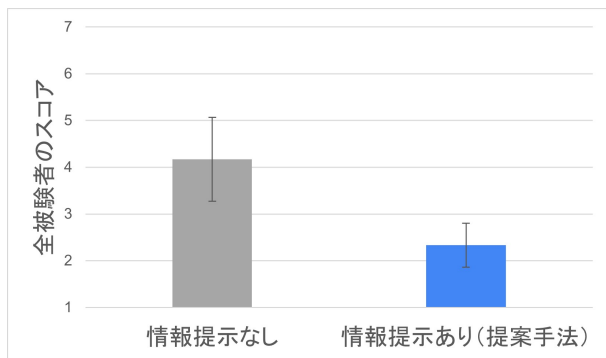


図 4: 「走行全体を通してどの程度不安を感じましたか？」の質問結果

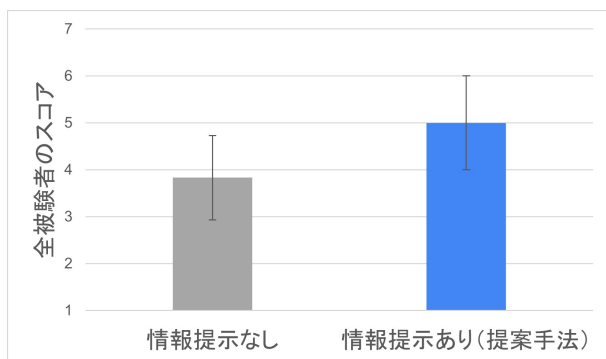


図 5: 「走行中自動走行車の運転をどの程度信頼していましたか？」の質問結果

2. **HoloLens 2 の装着と走行準備**: 被験者は自動走行車両の助手席に着席し、シートベルトを着用した上で HoloLens 2 を装着した。
3. **各条件の走行実施**: 被験者は、前述した 2 条件をそれぞれ 1 回ずつ体験した。走行順序は被験者ごとにランダムに設定した。
4. **主観評価アンケートの記入**: 各走行後、被験者は SD 法 (Semantic Differential 法) に基づいたアンケートに回答した。質問内容は以下の通りであり、7 段階尺度で評価した。

- 走行全体を通してどの程度不安を感じましたか？
- 走行中自動走行車の運転をどの程度信頼していましたか？
- 走行全体を通してどの程度快適でしたか？
- 車酔いを感じましたか？

5. **自由記述アンケートの実施**: 実験の最後に、各条件に対する印象や改善点について自由記述式のアンケートを実施した。

5. 結果

各 2 条件走行中の不安感に対する結果を図 4 に示す。灰色の棒グラフが情報提示なし、青色の棒グラフが AR 情報提示ありの全被験者のスコアの平均値を示している。エラーバーは、標準偏差を示している。スコアが低いほど不安感

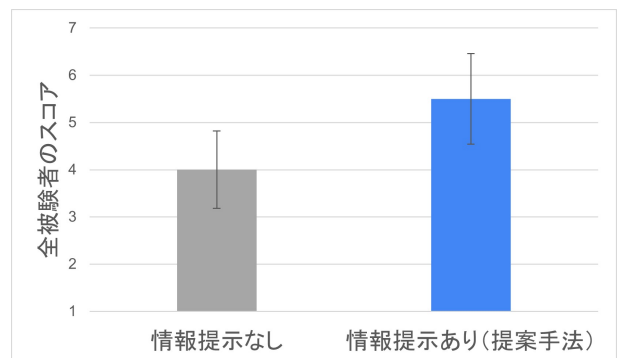


図 6: 「走行全体を通してどの程度快適でしたか？」の質問結果

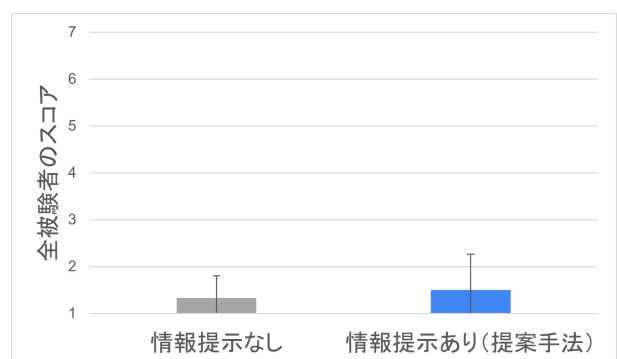


図 7: 「車酔いを感じましたか？」の質問結果

が少ないことを示すため、この結果は AR 情報提示が心理的な安心感に寄与した可能性を示している。被験者からは、「進行方向が視覚的に理解できたため、挙動の意図が読み取れた」というコメントが複数名から得られた。

次に、走行中の信頼感に対するアンケート結果を図 5 に示す。スコアが高いほど信頼感があることを示すため、この結果は AR 情報提示が自動走行車に対する信頼感の向上に寄与した可能性を示している。被験者からは、「障害物が検知されていると実感できたことが安心感と信頼感につながった」というコメントが複数名から得られた。

走行中の快適性に対するアンケート結果を図 6 に示す。スコアが高いほど快適であることを示すため、快適性に関しても、AR 情報提示ありの条件の方が高い評価を得た。

走行中の車酔いに対するアンケート結果を図 7 に示す。スコアが高いほど車酔いを感じたことを示す。提案手法を用いた場合に、わずかにスコアが高くなっているが、どちらの条件の場合でも、全被験者の平均のスコアが 2 未満という低い結果になった。

6. 考察

結果から、提案手法は不安感の軽減、快適性の向上、信頼感の促進に効果があることが示唆された。本節では、これらの結果を踏まえて、得られた知見の意義と課題について考察を行う。

6.1 AR 情報提示による心理的影響

まず、AR 情報提示により不安感が軽減された点については、視覚的に「車両が何を認識しているか」「次はどう動

くのか」を明確に把握できたことが要因と考えられる。特に、障害物の存在が視覚的に強調されることで、「車両が周囲を認識している」という安心感が生まれ、自動走行車への不信感が減少したと解釈できる。また、予測経路の表示は、車両の意図を示す判断情報として作用し、急な挙動変化に対する予測可能性を高め、信頼感の向上および快適性の向上に寄与したと考えられる。

6.2 仮想オブジェクトの表示方法に関する課題

AR による情報提示の内容や表現方法については、改善の余地があることも明らかとなった。被験者からは、「経路表示が短く、今後の進行方向が十分に把握できない」「障害物の表示位置が実際より手前に見える」といった指摘が寄せられた。これらは、AR 空間における正確な 3 次元配置や表示タイミングの制御が難しいことに起因すると考えられる。また、表示されたテキスト情報の視認性の低さや、AR オブジェクトとダッシュボードが視界内で重なってしまうといった問題も報告されている。これらの課題は、ユーザインタフェース設計の最適化が不十分であることを示しており、今後は提示する情報の量、タイミング、視認性を統合的に考慮した AR 情報提示法の設計が必要になると考えられる。

6.3 実験条件に関する限界

本実験は、1 種類の障害物回避シナリオに限定し、走行時間も約 30 秒と短時間であったため、実環境における複雑な状況に対して一般化するには慎重な解釈が求められる。しかし、一貫した傾向が確認された点は、提案手法の有効性を支持する初期的な根拠として有意義である。今後は、より複雑な運転シナリオや長時間にわたる走行環境を取り入れた実験設計を行う必要があると考えられる。

7. まとめ

本研究では、自動走行中の障害物回避場面において、AR による「障害物検知」と「走行予測経路」の情報提示が、搭乗者の心理的状態に与える影響を実環境下で検証した。HoloLens 2 を用いた AR 提示システムを構築し、情報提示の有無を条件とした比較実験を通じて、不安感、信頼感、快適性、車酔いの主観評価を取得した。その結果、AR による情報提示は不安感の軽減、信頼感の促進、ならびに自動走行車の快適性の向上に寄与する傾向が確認された。特に、搭乗者が「車両が何を認識し、どう動こうとしているか」を視覚的に把握できることが、心理的な安心感の形成に寄与したと考えられる。

一方で、AR オブジェクトの表示タイミングや空間配置の不正確さ、テキスト視認性の低さといった実装上の課題も明らかとなった。これらの課題は、今後の自動走行車内の AR 情報提示法の設計において、情報の種類・量・タイミング・視認性を含めた総合的な設計の最適化が必要であることを示している。また、本実験では走行シナリオを 1 種類に限定し、走行時間は約 30 秒程度と小規模であった。したがって、提案手法の一般性や長時間使用時の効果検証については、今後より多様な条件かつ複雑なシナリオによっ

て検証される必要がある。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 JP24K17238 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1] Taishi Sawabe, Masayuki Kanbara, and Norihiro Hagita. Comfort intelligence for autonomous vehicles. In *2018 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*, pp. 350–353, 2018.
- [2] Sebastiaan Petermeijer, Pavlo Bazilinskyy, Klaus Bengler, and Joost de Winter. Take-over again: Investigating multimodal and directional tors to get the driver back into the loop. *Applied Ergonomics*, Vol. 62, pp. 204–215, 2017.
- [3] Yucheng Yang, Burak Karakaya, Giancarlo Dominioni, Kyosuke Kawabe, and Klaus Bengler. An hmi concept to improve driver's visual behavior and situation awareness in automated vehicle. pp. 650–655, 11 2018.
- [4] Yaohan Ding, Lesong Jia, and Na Du. One size does not fit all: Designing and evaluating criticality-adaptive displays in highly automated vehicles. In *Proceedings of the 2024 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Vol. 92 of *CHI '24*, pp. 1–15, New York, NY, USA, 2024.
- [5] Choongwon Kang, Chungheon Lee, Xiangying Zhao, Daeho Lee, Jungwoo Shin, and Junmin Lee. Safety still matters: Unveiling the value propositions of augmented reality head-up displays in autonomous vehicles through conjoint analysis. *Travel Behaviour and Society*, Vol. 39, p. 100915, 2025.
- [6] Henrik Detjen, Maurizio Salini, Jan Kronenberger, Stefan Geisler, and Stefan Schneegass. Towards transparent behavior of automated vehicles: Design and evaluation of hud concepts to support system predictability through motion intent communication. In *Proceedings of the 23rd International Conference on Mobile Human-Computer Interaction*, MobileHCI '21, New York, NY, USA, 2021. Association for Computing Machinery.
- [7] Shanpeng Ma. Augmented reality-based explainer for reducing autonomous vehicle stress. 2024.
- [8] 重藤瞭介, Isidro Butaslac, 澤邊太志, 神原誠之, 加藤博一. 障害物回避における ar 情報提示による自動走行ストレス軽減手法の検討. In *IEICE-ITS / IEICE-IE Joint Technical Meeting on Image Processing, etc. (ME, AIT, MMS, SIP)*, 第 124 巻 of *IEICE Technical Report*, pp. 71–74. IEICE, February 2025.