

自動運転車における乗客の安心感・信頼感向上のための 視覚的フィードバック提示手法の検討

Preliminary Investigation of Visual Feedback Techniques for Fostering Passenger Comfort and Trust in Autonomous Vehicles

續木 太翔[†] 松田 裕貴[‡]
Taiga Tsuzuki Yuki Matsuda

1 はじめに

近年、自動運転技術の進展により、レベル2～3の自動運転機能を搭載した車両の実用化が進められている。その動きは日本でも進められており、2020年4月にはレベル3の自動運転車、2023年4月にはレベル4の自動運転車の走行に関して、道路交通法が改正・施行された[1]。特に、レベル3以上の自動運転では、道路条件が整った環境下において運転操作の大部分を車両に委託する形となり[2]、運転者は緊急時の対応時にのみ介入する「受け手」として運転に参加することになる。しかし、AIによる運転判断は車両の乗員からすればブラックボックスであり、車両の行動意図が乗員に適切に伝わらなかった場合、車両に対する乗員の安心感・信頼感の低下につながるおそれがある。また、社会全体の自動運転に対する受容性の低下にも繋がり得る。実際に、Kaurらは、自動運転車の導入に影響を与える主な要因の一つに信頼感があるということを示している[3]。つまり、自動運転車における意思決定・行動について運転者が理解・納得できるような「説明可能なAI(XAI)」の導入が極めて重要であるとされる。

そこで、本研究ではレベル3自動運転におけるHUD上への表示を通じた乗員への視覚的な情報提示方法に着目する。具体的には「テキストの表示」「アイコンの表示」「アバター+セリフ風テキストの表示」という異なる手法による情報提示を行う実験を通して、それぞれが乗員の安心感・信頼感に与える影響について検討する(図1)。実車を用いる実験は購入に係る費用や被験者の心身への危険性といった観点から困難であるため、本研究では独自にドライビングシミュレータを作成し、VR空間内での仮想実験を行う方法を提案する。

本稿の構成は以下の通りである。2章では、自動運転時の情報提示についての関連研究について述べる。3章では、実験内で想定するシナリオの内容、ならびに本研究に取り組むにあたり作成したドライビングシミュレータについて述べる。4章では、今後の実験計画について述べる。5章では、まとめと今後の展望について述べる。

2 関連研究

自動運転時の情報提示に関する研究について述べる。

2.1 テキストを中心とした情報提示

Kooらは、テキストによる乗員への自動運転車の行動根拠提示において、車両の動作内容を表す“Howメッセージ”と車両の動作理由を表す“Whyメッセージ”を、シナリオごとに組み合わせて表示することで運転者の心理や運転操作にどのような影響があるのかを検証している[4]。その中で、“Howメッセージ”と“Whyメッセージ”の双方を提示することが最も安全な運転パフォーマンスをもたらすが、認知負荷の増大によりネガティブな感情的反応を引き起こすという結果を得ている。また、緊急性の低い場面においては“Whyメッセージ”のみの提示が最適であると推測している。Shenらは、システムが表示するテキストの体裁と語り口が運転者の心理や行動に与える影響について検証している[5]。中村らは、アイコンと組み合わせてテキストを表示する際に、行動内容やその行動を行うべき地点までの距離というような、詳細な情報をどれほど表示するのが適しているのかを検討している[6]。その中で、距離情報の提示はHMIの注視時間や回数の増加を招き、周囲の状況確認をはじめとする運転操作が疎かになる可能性を明らかにしている。

2.2 アイコンを中心とした情報提示

アイコンによる情報提示に関しては、表示位置についての検討が多く行われている。針ヶ谷らは、顕著度マップモデルを利用したアイコンの表示位置について検討し、乗員の運転行動を阻害しない効果的な情報提示手法の構築可能性を示唆している[7]。Zhendongらは、アイコンのHUD上での表示位置として、運転者の視線位置、道路上、行動の要因となっている対象物上の3つを提案し、それぞれが運転者の行動に与える影響について検討している[8]。その中で、行動要因上に表示する、動的追跡型の警告アイコンが適していると結論づけている。和田らは、自動運転車から歩行者に向けた情報提示に着目している[9]。具体的には、歩行者が道路を横断しようとする際に、「アイコン」「歩行者からの視線に応じたアイコン」「大きめのブレーキランプ」の3つの手法を用いて「道

[†] 岡山大学, Okayama University

[‡] 理化学研究所革新知能統合研究センター, RIKEN AIP



図 1: 研究の概要

路を横断しても構わない」という情報提示を行い、歩行者の行動がどのように変化するかを検証している。古川らは、車両のボンネットに運転者の目を表示するディスプレイを設置し、周囲の交通参加者に対して運転意図を円滑に伝える方法を検討している [10]。

また、自動運転に関する研究ではないものの、Liu らは、HMI におけるアイコンの意味距離の違いが運転者の認知負荷に与える影響について調査し、意味距離が大きいアイコンほど、認識の正確性を低下させることを明らかにしている [11]。この結果は、自動運転車両がアイコンによる情報提示を行う際にも有用と考えられる。

2.3 その他の自動運転に関する研究

水田らは、権限委譲の可能性がある道路環境や交通状況を事前に提供することにより、運転者自身が運転引き継ぎを行わなければならない可能性を常に留意させることについて検討している [12]。Haspiel らは、自動運転車が乗員に対して行動根拠の説明を行うタイミングが、信頼形成に与える効果の重要性について、予備実験の結果をもとに検討している [13]。Ryvalob は、センタークラスタからセンターコンソールにかけての部分に、タッチパネルディスプレイを設置することを提案している [14]。ここで、センタークラスタとセンターコンソールとは、どちらも運転席と助手席の間に位置する部分のことである。一般に、センタークラスタはカーナビやエアコンの設定スイッチが配置されている場所であり、センターコンソールはシフトレバーやドリンクホルダが配置されている場所である^{*1}。そのディスプレイ上で、情報提示と行動許可などのユーザからの入力受け付けを行うことにより、直感的かつ容易に車両と運転者のコミュニケーション

ンを実現することを目的としている。Ren らは、自動運転タクシーが乗客に対して意図した乗車位置を提示する場面に着目し、情報の提示内容や提示位置が、乗客の選択時間やエラー率、判断の確信度といった要素にどのような影響を与えるのかを調査している [15]。

2.4 本研究の位置付け

上述の通り、自動運転車両の乗員や歩行者に対する情報提示に関連した研究は多数行われているが、単一の提示手法について検討したものや単一の発生済みイベントへの対応について検討したものが中心である。つまり、単純に提示手法の違いが運転行動にもたらす影響や、乗員の自動運転車に対する安心感・信頼感に与える影響についての検討は行われていない。そこで、本研究では視覚的な情報提示手法に着目し、異なる情報提示手法が乗員の安心感・信頼感に対してどのような影響を与えるのかを明らかにすることを目標とする。

3 情報提示シナリオと評価環境の構築

3.1 想定するシナリオ

本実験では、イベント発生前に車が事故を予防するための行動をとる、というシナリオに沿って車両が走行する場面を想定する。シナリオの内容は以下の通りである。

シナリオ

車両は、片側二車線の道路を直進中であり、道路の左側には建物によって見通しが悪くなっている脇道が存在する。車両はこの脇道に近づくと、左側から歩行者が飛び出してくる可能性があるかと判断し、停車可能な速度まで減速する。

シナリオ内での運転者の視界を再現したものを図 2 に示す。なお、減速動作後に実際に歩行者が飛び出してく

^{*1} <https://www.zurich.co.jp/carlife/cc-what-is-center-console/>

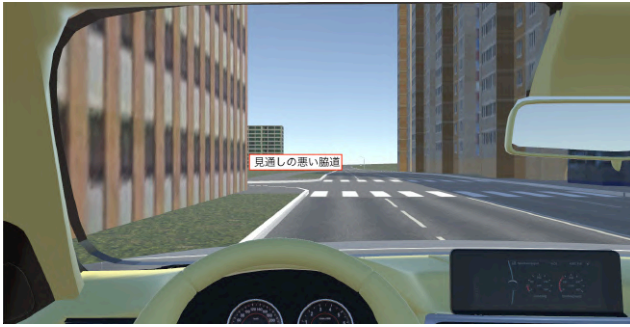


図 2: シナリオ内で想定する環境を再現したもの

ることはなく、危険は発生しない。このように、乗員にとっては「なぜ減速したのか」が即座に判断しにくい状況を設定することで、提示される情報による安心感・信頼感の差を測定可能な構成とした。

3.2 提示手法の候補

実験時に利用する提示手法としては、以下の3つを想定し、その効果を比較することを予定している。

1. テキスト
2. アイコン
3. アバター＋セリフ風テキスト

また、提示する内容については、車両の減速意図と実際に起こした行動を想定している。提示する位置については、行動の原因となるイベントの発生位置によって変更する。例として、歩行者の出現を予測した場合を考える。道路左方から歩行者が現れる場合は HUD の左下、右方から現れる場合は HUD 中央部分で提示する。

テキストによる提示 情報を最も直接的に伝える手法として設定した（図 3）。文字情報が持つ正確な伝達能力を評価することを目的としている。なお、後述するアバター＋セリフ風テキストとの差別化のために、文体は淡白かつ簡潔なものとする。

アイコンによる提示 抽象的な図形による直感的な理解を促す手法として設定した（図 4）。記号的表現による素早い理解と、誤解のリスクの双方を検証することを目的としている。

アバター＋セリフ風テキストによる提示 擬人化されたインターフェースにより、自動運転システムをより身近な存在とする手法として設定した（図 5）。乗員に対して語りかけるような文体での提示により、安心感や信頼感を高めることを目的としている。なお、提示に用いるアバターは、著作権上問題のないフリー素材を使用することを予定している。図 5 では、ChatGPT により生成した画像を仮に用いている。

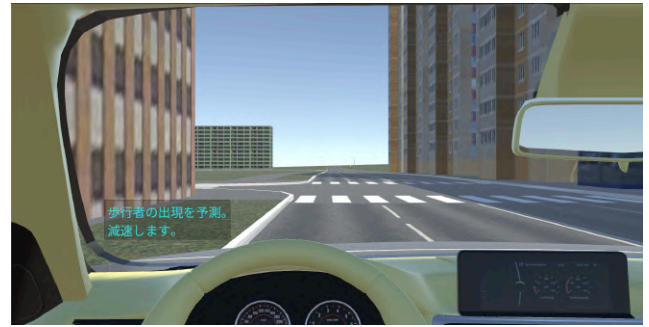


図 3: テキストによる提示



図 4: アイコンによる提示



図 5: アバター＋セリフ風テキストによる提示

3.3 ドライビングシミュレータの作成

本研究では、実際に事故が起きる可能性がある状況における自動運転制御時の情報提示を対象とするため、実際の車両を用いて実験を行うことは、被験者を身体的な危険に晒す可能性があることや、実車調達費用、シーン再現の多様性といった観点から容易ではない。そこで、本研究における実験環境として、3D プロジェクト開発プラットフォームである Unity を用いて独自の VR ドライビングシミュレータを作成した。その開発環境について表 1 に示す。

車両の操作については、ユーザからのキー入力に従わせる手動運転モードと、予め設定されたルートに沿って走行する自動運転モードがある。ただし、自動運転に用いる AI は学習機能を持たず、ユーザが設定した任意の Waypoint に沿って走行させる、あるいはスクリプトでモーターやステアリングへの入力値を計算するなどして

表 1: 開発環境

項目	仕様
PC	Mac Book Pro
OS	macOS Sequoia 15.5
チップ	Apple M1
コア数	8
メモリ	16GB
Unity Editor のバージョン	2022.3.50f1



図 6: 街並みのモデル



図 7: 車両のモデル

制御を行う仕様となっている。

また、走行する街並みのモデルについては、Sketchfab^{*2}で配布されている「Map Mod Example SCC Textured」^{*3}（図 6）を建物の配置等を一部改変して利用している。車両のモデルについては、Sketchfab で配布されている「2014 BMW 3 Series (F31)」^{*4}（図 7）を利用している。実際にドライビングシミュレータを起動した際の画面を図 8 として示す。画面上に表示されているピンクの立方体は、自動運転車が走行する Waypoint を可視化したものであり、実験時には表示しない。左上、中央上部に表示されているのは車両の速度や与えられた入力を可視化するための GUI であり、こちらについても実験時には表示しない。また、左下、右下に表示されている視点映像は運転者の左右視点を想定したものであ



図 8: ドライビングシミュレータ起動時の画面

り、実験時にはそれぞれ異なるディスプレイ上に表示される。提示手法の違い以外の要素による影響を排するために、走行時やブレーキ動作時に適当な効果音を再生することにより、実際の運転状況に極力近づけるようにしている。

また、実験中の車両の動きについては、3.1 節で示したシナリオ専用のスクリプトを作成し、制御する。以下にその概要を示す。

1. 曲がり角に至るまでの直進経路上に Waypoint を設置する。
2. その内、曲がり角に差し掛かる前の地点に位置する Waypoint に対して、タグ付けを行う。ここでは仮に「地点 1」とする。
3. 車両は Waypoint に沿って走行し、「地点 1」タグを持つ Waypoint を検出した場合、減速を開始する。
4. 曲がり角に差し掛かり、安全が確認されると車両は再び加速する。

本シナリオの環境を空中から見たものを図 9 に示す。

段階 4 に関しては、今回は歩行者は現れないという設定のため、車両が一定の位置に到達した時点で再加速するという形で実現している。具体的には、左方視界が図 10 のようになる地点に到達した時、安全を確認できたとみなし、再加速する。

なお、本シミュレータは視覚的提示手法の違いによる心理的効果の検証を目的として開発したため、当該シナリオ以外の場面において、物理的挙動や運転感覚のリアリティに欠けている部分がある。これらについては今後取り組んで行くべき課題点である。

4 実験計画

本章では、今後の研究で実施予定の被験者実験について述べる。

4.1 実験の目的

自動運転時における HUD 上への視覚的な情報の提示手法が、乗員の安心感・信頼感といった心理的評価に与

^{*2} <https://sketchfab.com/>

^{*3} <https://skfb.ly/prVIT>, YDEVASHISH (CC-BY 4.0)

^{*4} <https://skfb.ly/oYOWF>, DisneyCars (CC-BY 4.0)

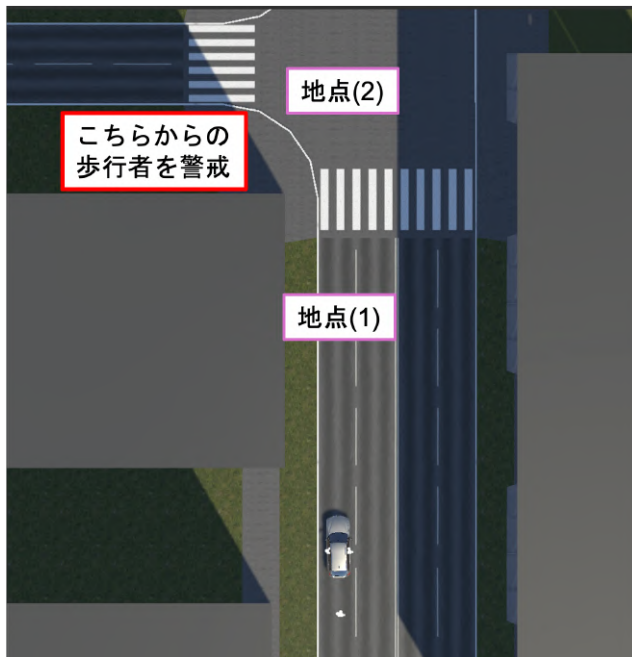


図 9: シナリオの俯瞰画像

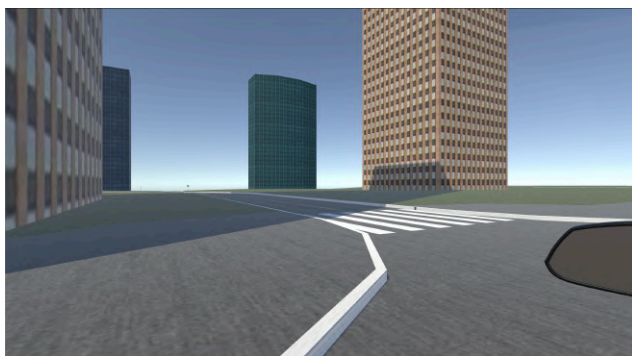


図 10: 車両が再加速する際の左方視界

える影響を分析することを目的とする。提示手法としては、3.2 節で示した「テキスト」「アイコン」「アバター＋セリフ風テキスト」の 3 つを設定する。3.1 節で示したシナリオをベースとした異なるシーンの映像視聴を通して、それぞれの手法における乗員の心理的評価を調査・比較する。

4.2 被験者と実験の手順

はじめに、実験の流れのイメージを図 11 に示す。

本実験の被験者は、普通自動車運転免許を有し、実際に運転経験がある 18 歳以上の大学生および一般成人を対象とする。なお、自動運転に対する関心や理解度の程度について制限をしないことを想定している。

まず、実験の開始前に研究の趣旨等の説明を行う。その中で、これから被験者が視聴する映像はレベル 3 自動運転車に乗車した際の運転風景を想定したものであることや、被験者による運転操作への介入は求められないことなど、基本的な情報を伝える。ただし、実際に体験す

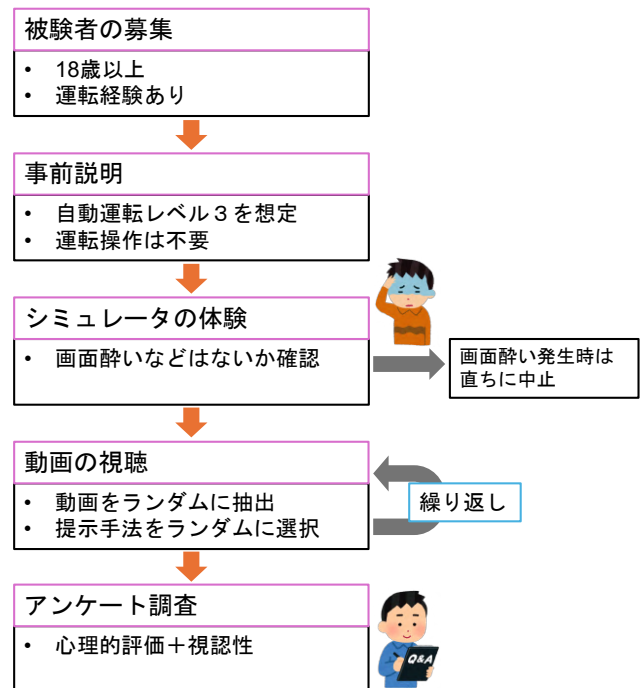


図 11: 実験の流れ



図 12: 実験のイメージ

るシナリオについては、バイアスが生じることを避けるために詳細には説明しない。

その後、シナリオ映像視聴の前に、シミュレータへの慣れを目的として、マップ内の適当なコースを走行している様子の映像を 2 分ほど視聴してもらう。その際、被験者に画面酔いのような体調不良の兆しがないことを確認し、本実験への参加合意を得られた場合、シナリオ映像の視聴へと移る。

シナリオ映像の視聴は、図 12 のように 3 台のスクリーンを用いて、それぞれに対応した視点の映像を表示して行うことを想定している。基本的な構成は 3.1 節で示したシナリオに従い、交通量や建物の配置、光源の位置等を変更するなどした複数の映像を用意する。その中から

ランダムに複数の映像を抽出し、ランダムに選択された情報提示手法と組み合わせてユーザに提示する。これにより、順序効果による回答への影響を避けつつ、多様な実験シーンに関するユーザのフィードバックを得る。

映像の視聴後は、各手法に対して心理的評価を行うアンケートに回答してもらう。アンケートによる評価方法については以下で詳しく述べる。

4.3 評価項目と評価手法

本研究では、「安心感・信頼感」「理解度」を主な評価指標として設定し、「視認性」などの項目も補助的な評価対象として同時に設定する。提示手法ごとの評価には、Likert 尺度に基づく主観評価アンケートを用いる。各手法によって提示された情報に対して、被験者に5段階評価を求めることにより、それぞれの提示手法が与える心理的影響を定量的に測定する。想定している質問の例を以下に示す。

- 情報提示を通して、このシステムに安心して自動運転を任せられると感じた（安心感・信頼感）
- 自動運転車両の行動の根拠を理解できた（理解度）
- 提示された情報は視認しやすかった（視認性）
- この車両の自動運転は信頼できると感じた（総合評価）

また、得られた回答に対して統計的解析を行う手法として、分散分析（ANOVA）を用いる予定である。Shengらは、自動運転車への信頼感に関する研究において、「警告の種類」「天候条件」「運転モード」などを独立変数として設定した分散分析を行うことにより、これらの要素が信頼感に及ぼす影響を調査している [16]。また、Duraも、自動運転車による行動説明の有無やタイミングが乗員の心理的評価（信頼、不安、認知負荷など）に与える影響を調査する手法の一つとして、分散分析を用いている [17]。本実験でもこれに倣い、各提示手法を独立変数、心理的評価を従属変数として設定して分散分析を行うこととする。これにより、提示手法の違いが、被験者の心理的評価に統計的に有意な差を与えているのかを確認することにより、提案手法の有効性を検証する。

5 おわりに

本稿では、自動運転中の安心感・信頼感の向上を目的として、HUD 上への視覚的情報提示手法に着目した。具体的には、テキスト、アイコン、アバター＋セリフ風テキストという3種類の提示手法を設計し、各手法に対する乗員の心理的評価を比較する実験の計画を立案した。

今後は、作成したドライビングシミュレータを用いた被験者実験を実施し、各提示手法が与える心理的影響を定量的に評価することを計画している。さらに、その結

果を踏まえた上で、提示タイミングや情報量の最適化といった拡張的なアプローチにも取り組むことで、より最適な提示手法の検討についても目指していく。また、実験精度向上のために、ドライビングシミュレータのリアリティ向上を目指した開発を行うことも取り組むべき課題の一つである。

本研究の成果は、自動運転車の説明可能性を高める HMI 設計や、乗員と自動運転車の円滑なコミュニケーション形成を実現するために活用され、自動運転車の社会受容性を向上させることが期待される。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費（24K20763）および JSPS 科研費（24K15227）の助成を受けて行われたものです。

参考文献

- [1] 警察庁. 自動運転—警察庁 Web サイト. <https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/selfdriving/index.html>. Accessed on 17/07/2025.
- [2] 国土交通省. 報告書資料編_自動運転に関する用語. https://www.mlit.go.jp/jidosha/anzen/01a/sv/report06/file/siryohen_4_jidountenyogo.pdf, 2020. Accessed on 08/07/2025.
- [3] Kanwaldeep Kaur and Giselle Rampersad. Trust in driverless cars: Investigating key factors influencing the adoption of driverless cars. *Journal of Engineering and Technology Management*, Vol. 48, pp. 87–96, 2018.
- [4] Jeamin Koo, Jungsuk Kwac, Wendy Ju, Martin Steinert, Larry Leifer, and Clifford Nass. Why did my car just do that? Explaining semi-autonomous driving actions to improve driver understanding, trust, and performance. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, Vol. 9, pp. 269–275, 2015.
- [5] Yuan Shen, Shanduojiang Jiang, Yanlin Chen, and Katie Driggs Campbell. To Explain or Not to Explain: A Study on the Necessity of Explanations for Autonomous Vehicles. *arXiv:2006.11684v4*, pp. 1–10, 2022.
- [6] 中村弘毅, 長谷川諒, 李柱衡, 安部原也, 内田信行. レベル3自動運転の安全な権限移譲に向けた視線分析による HMI 評価. 人間工学, Vol. 58, No. Supplement, pp. 2E1–06–2E1–06, 2022.

- [7] 針ヶ谷勇星, 白山晋. 人間の視覚特性に基づく運転支援情報の提示手法. 横幹連合コンファレンス予稿集, Vol. 2018, pp. A-1-1, 2018.
- [8] Wu Zhendong, Ying Liang, Guocui Liu, and Xiaoqun Ai. Comparative Analysis of AR-HUDs Crash Warning Icon Designs: An Eye-Tracking Study Using 360° Panoramic Driving Simulation. *Sustainability*, Vol. 16, No. 9167, pp. 1-20, 2024.
- [9] 和田駿一, 高橋翔, 萩原亨. 歩行者と自動運転車間の双方向コミュニケーションを考慮した自動運転車の e-HMI に関する研究. 交通工学論文集, Vol. 9, No. 2, pp. A-367-A-375, 2023.
- [10] 古川澄空, 高田峻介. 運転手の目を表示した自動車前部ディスプレイによる歩行者への運転者意図提示システム. 情報処理学会, インタクション 2025 論文集, No. 3A08, pp. 1034-1038, 2025.
- [11] Yanchi Liu, Wanrong Han, Dihui Chu, and Jianrun Zhang. A Study of the Effects of Different Semantic Distance Icons on Drivers' Cognitive Load in Automotive Human-Machine Interface. In *Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 14733, pp. 169-182, 2024.
- [12] 水田大雅, 角広志郎, 大門樹, 水野伸洋, 土井浩史, 吉澤顕. 自動運転から手動運転への運転引継ぎを支援する情報提示方法の検討. 自動車技術会論文集, Vol. 54, No. 2, pp. 436-442, 2023.
- [13] Jacob Haspiel, Na Du, Jill Meyerson, Lionel P. Robert Jr., Dawn Tilbury, X. Jessie Yang, and Anuj K. Pradhan. Explanations and Expectations: Trust Building in Automated Vehicles. In *Companion of the 2018 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, HRI '18*, pp. 119-120, 2018.
- [14] Ross Rybalov. Creating the Future of Autonomous Car Interfaces. <https://www.rossrybalov.com/autonomous-vehicle-interface-case-study>, 2018. Accessed on 08/07/2025.
- [15] Gang Ren, Zhihuang Huang, Yaning Zhu, Wenshuo Lin, Tianyang Huang, Gang Wang, and Jeehang Lee. Making Autonomous Taxis Understandable: A Comparative Study of eHMI Feedback Modes and Display Positions for Pickup Guidance. *Electronics*, Vol. 14, No. 12, 2025.
- [16] Shili Sheng, Erfan Pakdamanian, Kyungtae Han, BaekGyu Kim, Prashant Tiwari, Inki Kim, and Lu Feng. A Case Study of Trust on Autonomous Driving. *arXiv:1904.11007*, pp. 1-6, 2019.
- [17] Na Du, Jacob Haspiel, Qiaoning Zhang, Dawn Tilbury, Anuj K. Pradhan, X. Jessie Yang, and Lionel P. Robert Jr. Look Who's Talking Now: Implications of AV's Explanations on Driver's Trust, AV Preference, Anxiety and Mental Workload. *arXiv:1905.08878*, pp. 1-42, 2019.