

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

古川 澄空^{1,a)} 高田 峻介¹

概要：道路上において、歩行者は自動車の追い越しおよび道路横断時に脅威を感じることもある。これらの交通事故・トラブルは運転手と歩行者間のコミュニケーション不足が一因となっている。これは、既存の自動車のコミュニケーション手段としてウィンカー等の公式合図、装置合図やハンドジェスチャ、アイコンタクトによる非公式合図では不足しているためと考えられる。そこで、本研究では運転手の目を自動車前部のディスプレイに表示し、周囲に運転意図を知らせる手法を提案する。また、提案手法の社会的受容性や信頼性への影響を調査した。

1. はじめに

自動車-歩行者間や自動車間のコミュニケーション手段として日常的に用いられるホーンやウィンカー、ハンドジェスチャ、アイコンタクト等の非言語コミュニケーションでは情報の伝達が不十分であり、対人交通コミュニケーション不足による交通事故が多く発生している [1]。自動車-歩行者間に積極的なコミュニケーションが行われれば、自動車-歩行者間に協調行動が誘発される事が示されている [2]。対人交通コミュニケーション手段を更に拡張することで、交通事故を抑制することができる考える。

自動運転車ではデフォルメされた物理的な「目」を自動車に搭載することによる非言語コミュニケーションを図っており [3]、自動運転車の存在を示すという点で良いが、運転手がいる手動運転には検討されていない。

そこで運転手の目を切り取り、目の向きを自動車のフロントボディに表示することで、歩行者や他の運転手に自身の意思を効果的に伝えるアイコンタクトを実現し、円滑にコミュニケーションを取ることが可能なシステムを提案する。提案手法を図 1 に示す。本稿ではこのシステムを搭載した自動車を撮影し、その目の向きの映像を実験協力者がどのように感じるかをアンケートをもとに調査し、その結果を述べる。

2. 関連研究

提案手法は事故抑制のために運転手の目を自動車前部に表示し、歩行者へ運転手の意図を提示するシステムである。



図 1: 目の向き表示システム

関連研究として、運転手と歩行者間のコミュニケーション手法、自動車における運転手の目の向きや視線を用いた手法、自動運転車の意図を周囲に提示する研究を挙げる。

2.1 運転手と歩行者間のコミュニケーションによる事故抑制手法

田辺らの研究 [2] によると、歩行者が運転手に対してアイコンタクトや挙手、会釈をすることで車道の横断時に譲ってもらえるといった協調行動が発生することが示されている。また、Onkhar らの研究 [4] より、運転手と歩行者間のアイコンタクトにより両者間に信頼性が生まれ、運転手の運転意図理解に繋がることが示されている。一方で、実際の道路環境においては、距離や環境光により、運転手の表情や目線が歩行者から見えない場合がある。

この問題に対して提案手法は、運転手の目の向きを歩行者からよく見える自動車前部に表示し、運転意図を歩行者に伝えることで解決を図る。

¹ 神戸市立工業高等専門学校 電子工学科

^{a)} r120336@g.kobe-kosen.ac.jp

2.2 運転手の目の向き・視線を用いた手法

運転手の目の向きをインタフェースに用いる手法が開発されている [5][6][7]。SUBARU 社の Driver Monitoring System[5] は車両に設置したカメラで運転手の顔を監視し、視線が前方を向いていなければ警告を出す機能である。また、TOYOTA 社の Toyota Teammate Advanced Drive にも同様の機能が搭載されている [6]。Dohun らはカメラで撮影した運転手の顔から居眠りや脇見運転の検知をしている [7]。

これらの手法は、運転手を支援する手法であり、提案手法では、撮影した目を周囲の歩行者に提示し、歩行者に運転手の意図を提示する点で異なる。

2.3 自動運転車の意図を周囲に提示する手法

自動運転車向けにテキストやグラフィックス、プロジェクションを用いた周囲の歩行者や運転手向けのコミュニケーション拡張システムが研究されている [8][9]。これらは eHMI(external Human Machine Interface) と呼ばれ、国土交通省は自動運転車の社会的受容性の観点から重点項目としている [10]。

児玉らは、VR 空間上で車両の進行方向に合わせた移動軌跡を表示する手法を提案している [11]。また、Guo らは点滅表示やアイコン表示を自動車のフロントダッシュボードに搭載する手法を提案している [12]。

これらの手法に対して、提案手法は「運転手の目を外部に表示する」という点で異なる。

3. 提案手法

歩行者に運転手の見ている方向を提示するために、図 1 に示すように、自動車のフロントボディに搭載したディスプレイに運転手の目を表示する。提案手法はシステムが動的に運転手を撮影し、目周囲の画像を切り出してディスプレイ投影するため、運転手は追加の操作や意識することなく利用できる。

3.1 ハードウェア構成

自動車 (マツダ, LDA-KE2FW) のボンネット上に 2 台のモバイルディスプレイ (InnoView, 18.5 インチ, FHD, IPS 液晶) を養生テープで図 2(a) に示す位置・角度で固定した。取り付け位置については Gui らの研究 [3] を参考に、周囲から見えやすいヘッドライト周辺位置に配置した。また、運転席では図 2(b) に示すように、運転手の顔を正面から撮影できるダッシュボード上のハンドル背面に Web カメラ (Logicool, C920) を搭載した。



(a) 外部から見たシステム構成



(b) 運転席のシステム構成

図 2: 実際に自動車に搭載したシステム

3.2 ソフトウェア

撮影した運転手の顔の映像を Python の OpenCV ライブラリ*1および dlib ライブラリ*2を用いて図 3 に示すようにランドマークを検出し、目の周囲の映像のみを切り出した。切り出した左右の目を個別のウィンドウに表示させ、それぞれ 2 台のモバイルディスプレイにフルスクリーンで表示した。

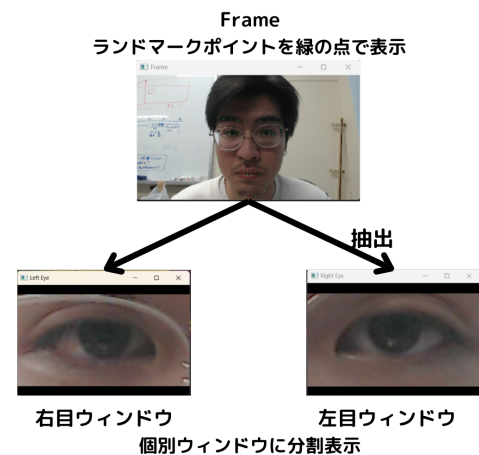


図 3: 画面二分割とランドマーク検出概要

4. 検証

提案手法の社会的受容性や安全性の向上への影響を調査した。安全性を考慮し、あらかじめ撮影した映像を実験協力者に見てもらい、アンケートによって調査した。

*1 <https://opencv.org>

*2 <http://dlib.net>

4.1 検証用動画

図4に示すように、提案手法を搭載した自動車を正面から撮影したもの(図4(a))、歩行者が横断しようとしている曲がり角を想定して撮影したもの(図4(b))において、運転手の目が前を向いている時、目が左右に振れている時(以下、キョロキョロ)、目が左側を向いている時(図4(b)において目が歩行者と逆を向いている時)、目が右側を向いている時(図4(b)において目が歩行者を向いている時)の4パターン、合計8パターン(2種類の角度×4種類の目の向き)を撮影した。

また、図4(b)の動画では、環境光の影響によりディスプレイが見にくくなってしまったため、動画編集により図4(a)の目の表示部を動画から切り出したものを整形して貼り付けた。

各パターンの一覧を表1に示す。



(a) 正面パターン

(b) 曲がり角パターン

図4: 検証用の動画のキャプチャ画像

表1: 検証動画のパターン概要

シチュエーション	前	キョロキョロ	左側	右側
正面	パターン A	パターン B	パターン C	パターン D
曲がり角想定	パターン E	パターン F	パターン G	パターン H

4.2 実験協力者

実験協力者は著者の友人やその紹介を介して集めた23名(平均年齢22.0歳、男性19名、女性4名)であった。アンケートはGoogle Formsを用い、オンラインかつ匿名で収集した。

4.3 検証方法

4.1章にて述べた8パターンの動画を順に実験協力者に視聴してもらった。

4.4 アンケート項目

- 目を搭載することによる印象・社会的受容性
- 運転手の運転意図理解・安全面への影響
- 目の向きによる信頼性への影響

上記3種類の項目を評価するために評価するために、アンケートを作成した。アンケート内容は5段階のリッカートスケールによる定量調査および記述形式による定性調査であった。検証に使用したアンケート内容を表2に示す。

表2: アンケート内容

アンケート項目		
1 正面から見た時の印象・社会的受容性の調査		
Q1	目の向きを搭載した自動車の見た目は気持ち悪く感じたか	5段階評価 + 任意記述
Q2	親しみやすさを感じたか	
Q3	個人のプライバシーを侵害する可能性があるか	
2 目の向きを搭載することによる安全面・信頼性への影響		
Q4	目の向きのパターンによってどれくらい横断しようと思うか	5段階評価
Q5	目の向きのパターンはどれくらい自分が認識されていると感じたか	
Q6	目の向き表示システムが自動車を信頼する手助けになると思うか	
Q7	目の向きを搭載することで運転手の運転意図を理解することに役立つか	
Q8	搭載した目の向きが安全性を向上させることに役立つか	
Q9	このような「自動車の目の向きを搭載するシステム」を自分でも使いたい	5段階評価 + 任意記述
Q10	周りの自動車がこのシステムを搭載してほしいと思うか	
Q11	このシステムは必要か、不要か	選択式 + 記述

5. 検証結果

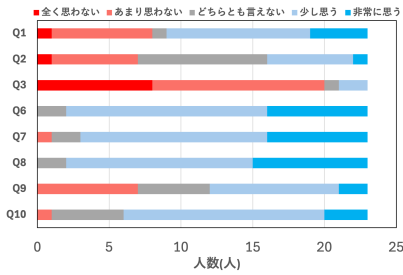
アンケート回答結果を図5に示し、その結果を「印象・社会的受容性」「運転意図理解・安全面への影響」「目の向きによる信頼性への影響」に分けて述べる。

5.1 印象・社会的受容性

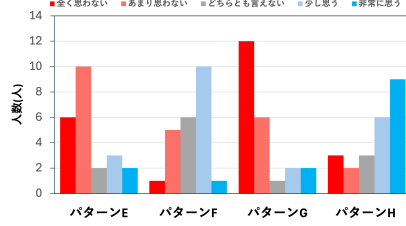
図5(a)のQ1より、目を搭載した自動車について「気持ち悪さを感じる」と回答した人が14人(60.9%)で、「あまり感じない・感じない」と回答した8人(34.7%)を上回り、気持ち悪さを感じた人の方が多いことが分かった。記述回答では「恐怖感を感じた」、「奇妙」といった否定的な意見が多く見られた。

また、図5(a)のQ2では、親しみやすさについて「どちらとも言えない」と回答した人が9人(39.1%)と最多で、この問いに対して肯定・否定の割合は1:1となった。記述回答では「認識されていることが分かり親しみやすさを感じた」という肯定的な意見と「不気味さを感じた・人の目は合わない」といった否定的意見も得られた。

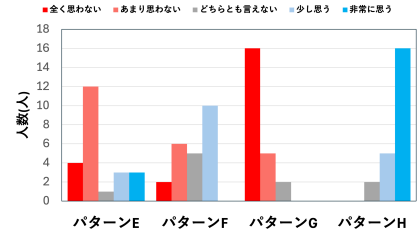
図5(a)のQ3では、プライバシー侵害のリスクについて、「全く思わない・あまり思わない」と回答した人が20人(87.0%)と大多数を占めたが、記述回答の中には「親しみやすさがある一方で赤の他人との意思疎通はしたくない」という回答も得られ、プライバシー侵害を懸念する意見も



(a) Q1-Q10(Q4, Q5 除く) の回答結果



(b) Q4 回答結果



(c) Q5 回答結果

図 5: アンケート回答結果

あった。

Q9 の記述回答では「歩行者に運転手の意図を伝えられるのは良い」という肯定的意見と、「目の表示のみでの意思伝達は難しい」といった指摘も見受けられ、意見が割れていた。一方で、Q10 の記述回答では「認識されていることが分かりやすい・より自動車のことを意識するようになる・自動車同士での認識が理解しやすくなる」という周りの自動車が搭載することに肯定的な意見が多く得られた。

5.2 運転意図理解・安全面への影響

図 5(b), 図 5(c) より、パターン H のときに歩行者は最も認識されていると感じ、道路を横断しようと考えることが分かった。続いてパターン F が、認識されているかどうかについて肯定的な回答している人が多く (43.4%), 目の向きが歩行者と逆を向いているときは歩行者が認識されていないと感じた人が合計 21 人 (91.3%) となり、横断可否についても 18 人 (78.2%) が横断しようとは思わないと回答しており、概ね同様の結果が得られた。この結果から、歩行者は「認識されているかどうか」が道路横断の意思決定に強く影響を及ぼしていることが分かった。

また、図 5(a) の Q7 より、目の向きを用いたことで運転手の運転意図理解に役立つと回答した人は計 20 人 (86.9%) であったことから、提案手法は運転手の意図理解に有効であることが分かった。

5.3 目の向きによる信頼性への影響

図 5(a) の Q6 から、自動車に目の向きを搭載することでその自動車を信頼することに非常に助けになる・少し助けになると回答した人は 21 人 (91.3%) であった。このことから提案手法を導入することで、歩行者は自動車に対しての信頼性を高めることが分かった。また、Q11 の回答結果より、このシステムが「必要」と感じた人は 19 人 (82.6%) であった。

6. 今後の課題と議論

提案手法の課題と議論を述べる。

6.1 屋外における視認性

ノイズ除去等の視認性向上の工夫を凝らしたが、4.1 節にて述べた通り、環境光の下では視認性が悪く、特に太陽光の明るさにより斜めから見ると非常に見えにくいという問題があった。これはディスプレイ輝度の問題だと考えられる。今後は、屋外用の LED ディスプレイなど輝度が高く、視野角が広いモニタを用いて検証を行なう。

6.2 居眠り運転の車外への周知

運転手が目を閉じた状態の外部からの見た様子を図 6 に示す。図 6 に示すように、提案手法を用いて周囲から運転手の居眠りなどを外部ディスプレイで周囲に気づかせることができる。従来の車内完結型の居眠り検知機能 [5] では、運転手への警告というアプローチであったが、こういった既存手法と組み合わせることで、より事故防止できる可能性がある。



図 6: 運転手が目を閉じている時の様子

6.3 運転手目線での受容性

5.2 節で述べた通り、運転手の目の向きを自動車の外部に表示することは運転手の意図理解に役立ち、安全性を向上させることが示唆された。

一方で、5.3 節にて述べた通り、このシステムが必要と回答した人は全体の 82.6% であるが、5.2 節で述べた通り「自分が搭載するかどうか」に関しては意見が割れた。また、周りの自動車には搭載して欲しいという質問の方が肯

定的意見が多く見られた。このことから、安全面において効果的であるが運転手目線では搭載に抵抗感があることが示された。

6.4 人の目を搭載することの社会的受容性

また、記述回答の中にはアニメ調のポップなデザイン等のデフォルメされた目のほうが親しみやすさを感じるという意見が見られたが、先行研究 [3] よりデフォルメされた目には機械的な印象を受け、生物的な目の動きを完全には再現できないことによる意思伝達の曖昧さが残ることが示されている。

逆に提案手法では生物的な目の動きを表示でき、運転意図が理解しやすく安全面へは効果的であるが、デフォルメされた目より不気味さを感じる。次研究ではこの安全性への効果と社会的受容性を両立したシステムを検討する必要がある。

7. まとめ

本稿にて、運転手の目線を外部ディスプレイに出力することによる対人交通コミュニケーション拡張手法を示した。プログラム制御による左目、右目のディスプレイ分割表示を提案し、自動車に実装。運転手の目線を外部に出力することは安全面において有効で、歩行者は運転手に認識されていると感じるほど横断する意思を持つことが分かった。

しかしながら、例えば人の目を用いた場合であったも、目の向きのみでの非言語コミュニケーションは曖昧で、意思が確実に伝わるわけではないという意見も得られた。また、運転手の目を用いたことによる応用例を示した。特に、目の開閉を認識することによる居眠り検知・外部周知システムを提案した。

今後は実装時の意見にもあった、デフォルメされた目との印象や安全面の比較を行う。

参考文献

- [1] 田中恭子ほか. 車同士のコミュニケーションに関する一研究. 実践女子大学 生活科学部紀要第 43 号, 2006. pp. 104-113.
- [2] 田辺太一ほか. ドライバーの協調行動促進に歩行者コミュニケーションが及ぼす影響. 土木学会, 2016. pp. 1241-1247.
- [3] Xinyue Gui, et al. A Field Study on Pedestrians' Thoughts toward a Car with Gazing Eyes. *Conference on Human Factors in Computing Systems EA*, 2023. pp.1-7.
- [4] Vishal Onkhar, et al. Towards the detection of driver-pedestrian eye contact. *ELSEVIER*, 2021. volume76.
- [5] SUBARU. ドライバーモニタリングシステム篇: 開発ストーリー. <https://www.subaru.jp/brand/technology/story/dms.html> (Accessed: 2024/12/24).
- [6] Toyota. トヨタの安全技術. <https://toyota.jp/safety/scene/highway/index5.html> (Accessed: 2024/12/24).
- [7] Dohun Kim, et al. Real-time driver monitoring system with facial landmark-based eye closure detection and head pose recognition. *Scientific Reports*, 2023. pp. 1-14.
- [8] 田端佑多, 内田敬. 自動運転車の ehmi 検討のための Unity 仮想空間の構築. 交通工学研究会, 2022. pp. 645-650.
- [9] Yan Feng, et al. Effect of eHMI on pedestrian road crossing behavior in shared space with Automated Vehicles – A Virtual Reality study. *IEEE*, 2023. pp.2038-2043.
- [10] 国土交通省. 交通事故のない社会を目指した今後の車両安全のあり方について (概要). <https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001411237.pdf> (Accessed: 2024/12/24).
- [11] 児玉拓郎, 矢野博明. 歩行者に車両の存在予測範囲を提示する eHMI. 日本バーチャルリアリティ学会, 2021. 2C1-7.
- [12] Fu Guo, et al. A video-based, Eye-tracking study to Investigate the Effect of eHMI Modalities and Locations on Pedestrian-Automated Vehicle Interaction. *MDPI*, 2022.