

[研究助成 (A)]

隠消現実感技術に基づく運転者支援システムの開発

2251016

研究代表者
(助成金受領者)

立命館大学 情報理工学部

教授

柴田 史久

[研究の目的]

現実世界と仮想世界の実時間での融合・表示をする拡張現実感 (Augmented Reality; AR) や複合現実感 (Mixed Reality; MR) の更なる発展形として、目の前の現実世界に実在する物体を視覚的に消し去る隠消現実感 (Diminished Reality; DR) 技術がある。DR 技術の要諦は、体験者の視点位置において除去対象物体によって隠された背景領域 (隠背景) の画像を、その物体に重畳描画することによって、対象物体を映像的に隠蔽・消去・透過するというものである。本研究ではその応用事例として、DR 技術を活用して自動車の運転者に周辺の不可視領域を可視化するシステムを開発する。

[研究の内容, 成果]

DR 技術を活用した運転者支援システムとして、他車両によって生じる不可視領域の可視化、および自車両によって生じる不可視領域の可視化、の研究に取り組んだ (研究成果 A) ~ C)。

1. 見通しの悪い交通状況での評価^{A)}

他車両によって生じる不可視領域を可視化するシステムでは、ユーザが乗車している車両 (自車両) と不可視領域を観測している車両 (他車両) との間で不可視領域の情報を共有し、運転を妨げる要因を視覚的に除去する (図 1)。先行研究では、視認性と安全性を考慮した可視化

表現である半隠消表示法が除去対象の視認性向上につながる事が確認された [1]。「路肩に存在する駐車車両の背後から歩行者が飛び出す」という危険事象に対し、運転シミュレータを用いた実験により、半隠消表示法が事故回避行動を促進する有効性が示された [2]。しかしながら、他の危険な交通状況への有効性の評価が不十分であったため、本研究では「片側 2 車線道路において右側に大型車両が路肩駐車している状況での右左折」 (以下、交通状況 (I) (図 2)) および「片側 2 車線道路において交差点で対向車が右折しようとしている状況下の右折」 (以下、交通状況 (II) (図 3)) という 2 つの交通状況に対し、運転シミュレータを用いて評価実験を行った。具体的には、右左折する際に運転の妨げとなる車両を透過することで運転

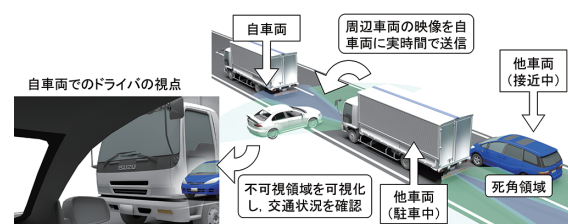


図 1 車車間における DR 技術の利用イメージ

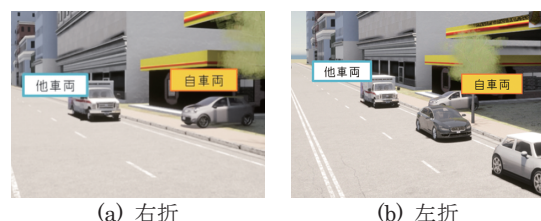


図 2 交通状況 (I) の様子



(a) 対向車が大型車 (b) 対向車が普通車

図3 交通状況 (II) の様子



(a) 半隠消表示法 (方式①) (b) システムなし (方式②)

図4 比較する2つの方式

者の負担軽減につながるのかを運転操作に基づいて分析した。

実験は、運転シミュレータ CARLA [3] を用いて3枚のモニタによる画面固定式的环境で実施し、次の2つの方式を参加者間で比較した(図4)。

- ・方式①：半隠消表示法（提案手法）
- ・方式②：システムなし（通常運転）

方式①は先行研究[1]の結果から、除去対象を完全に透過するのではなく、半隠消表示法を適用した。方式②は通常の運転状態である。

十分な説明の上で同意を得た男性16名（平均22.5歳）を2群に分け、各群に2方式のいずれかを割り当て、交通状況(I)(II)で運転させた。評価項目は「経過時間」「アクセルオン回数」「ブレーキオン回数」とし、右左折の判断時間および交通状況の確認行動を分析した。

交通状況(I)では、経過時間とブレーキオン回数に有意差は認められなかったが、平均経過時間は方式①のほうが短かった。一方、アクセルオン回数は右折・左折ともに有意差が認められた。交通状況(II)でも右折時間とブレーキオン回数に有意差はなかったが、平均右折時間は方式①のほうが短かった。さらに、アクセルオン回数は対向車が大型車と普通車のいずれの場合でも有意差が認められた。全体として、半隠消表示法により平均時間は短縮され、アクセルオン回数も減少した。これは不可視領域の確認が容易になり、判断が早まったためであり、運転者の負担軽減につながったと考えられる。

2. 動的カメラ選択に基づく不可視領域の可視化^{B)}

周辺車両に複数のカメラが搭載される状況を想定した場合、すべてのカメラ画像を常時処理することによる計算負荷の増大やリアルタイム性の低下が課題となる。そこで本研究では、先行研究のシステムを基盤に、周辺車両との位置関係に基づいて使用するカメラを動的に選択する手法を導入する。実車環境で動作確認を実施するとともに、AWSIM [4] によるシミュレータ環境にヘッドマウントディスプレイ(HMD)を導入し、提案手法の没入型提示の可能性についても検討した。

動的カメラ選択処理の概要は次の通りである。まず、自車両のカメラ画像から物体検出により周辺車両を抽出し、LiDAR点群を画像に投影して位置を推定する。バウンディングボックス中心付近の点群から最も近い点を車両位置とみなして、その絶対方位角に基づいて使用するカメラを選択する。さらに、画角の重複領域では複数カメラ画像を合成し、それ以外では単一画像を用いることで、処理負荷を抑えつつ安定した可視化を実現する。

提案手法の有効性を確認するため、実車を用いた実環境およびシミュレータ環境において動作確認を行った。

実環境では、台車上に機材を搭載した簡易的な実験車両(自車両)と、LiDARおよび2台のRGBカメラを搭載した周辺車両(ムーヴ)を用いて実験した(図5)。可視化結果の比較(図6)では、従来手法では対象領域の欠落が見られたのに対し、提案手法では車両位置に



図5 実車動作確認時の全体風景

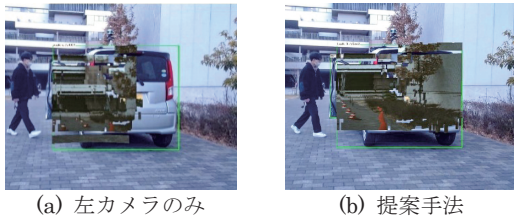


図6 実車環境における可視化結果の比較

じたカメラ選択により安定した可視化が確認された。

シミュレータ環境では、実環境と同様の処理をシミュレータ上で行い提案手法の動的カメラ選択の動作を確認した。さらにHMDを導入し、視点移動に追従した可視化提示が可能であることを確認した(図7)。以上より、本手法が実車およびシミュレータ環境の両方で有効に機能することを確認した。

3. 自車体透過システムの評価^{c)}

本研究では、自車体によって生じる不可視領域の可視化を目的とした「自車体透過システム」が、運転に不慣れたドライバーの運転感覚に与える影響を評価した。運転時には車体による遮蔽によって周囲の状況把握が困難となり、特に初心者にとって安全運転の妨げとなる。従来は



図7 シミュレータにおける可視化結果の比較

車載モニタを用いた間接提示が一般的であったが、視線移動や認知負荷の増大が課題であった。そこで本研究では、DR技術を用い、車体を透過して見せることで不可視領域を直接表示するシステムを開発した。

提案システムは、車両に搭載したカメラで取得した周辺画像を射影変換し、光学シースルー型HMD上に重畳表示することで車体を透明化する。これにより、ドライバーは自車体越しに路面や障害物を直接視認できる。実装では複数カメラを用いて広視野の情報を取得し、透過度の調整も可能とした。実車による動作確認では、ボンネットやピラーに隠れる領域が可視化され、不可視領域の解消が可能であることが示された。

評価では、運転シミュレータ(CARLA [3] およびDReyeVR [5])を用い、運転頻度の低い20名を対象に実験を実施した。透過条件は無透過、完全透過、半透過の3種類(図8)、走行環境は狭路直線、丁字路、曲線路の3種類(図9)とし、計9条件で走行させた。走行後には、「運転のしやすさ」「車幅感覚」「自信」などに関する主観評価を収集した。

実験結果より、完全透過および半透過条件は、多くの項目で無透過条件よりも有意に高い評価を示した。特に狭路やカーブにおいては、透過

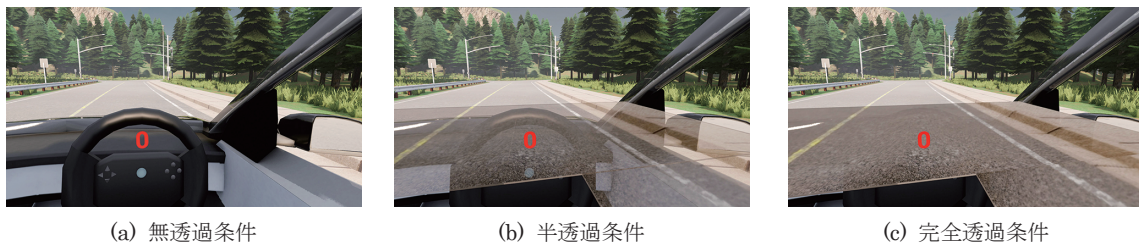


図8 自車体透過の透過条件

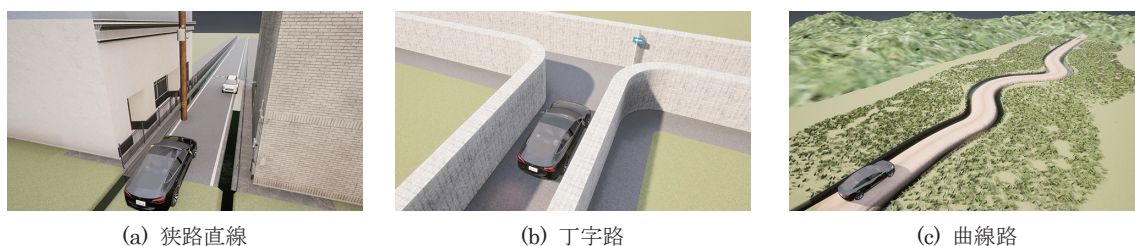


図9 走行シーン条件

表示により障害物や道路形状を直接把握できるため、操作の見通しが向上し、心理的負担が軽減されたと考えられる。車幅感覚についても、透過映像により道路端や障害物との距離が明確になり、位置把握が容易となった。また、自信の評価も同様に向上し、運転操作に対する安心感の増加が示唆された。

一方、丁字路では透過効果が限定的であり、射影変換に伴う画像歪みが影響した可能性が指摘された。また、透過映像に注意が集中することで周囲への注意が低下する「注意のトンネリング」や、映像遅延、車内インタフェースの視認性低下などの課題も明らかとなった。

以上より、自車体透過システムは、特に精密な操作が求められる状況において、運転のしやすさ、車幅感覚、自信といった運転感覚の向上に寄与する有効な手法であることが示された。今後は、動的障害物を含む環境での評価や歪み・遅延の低減、提示方法の改善などを進め、実用化に向けた開発を進める。

[成果の発表、論文など]

- A) 小林良偉, 中村文彦, 木村朝子, 柴田史久: 安全運転支援のための周辺車両の半隠消表示法 (6) 一右左折を伴う見通しの悪い交通状況での評価一, 情報処理学会

第 87 回全国大会発表論文集, 7Y-04, pp. 3-115 - 3-116 (2025 年)

- B) 今井蒼, 中村文彦, 木村朝子, 柴田史久: 安全運転支援のための周辺車両の半隠消表示法 (7) 一動的カメラ選択に基づく死角領域の可視化一, 情報処理学会第 88 回全国大会発表論文集, 5U-09, pp. 4-43 - 4-44 (2026 年)
- C) 長尾拓実, 中村文彦, 森田磨里絵, 木村朝子, 柴田史久: 自車体透過システムが運転に不慣れたドライバーの運転感覚に与える影響, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 31, No. 2, pp. 161 - 171 (2026 年)

[参考文献]

- [1] 藤重秀斗, 若林優, 松室美紀, 木村朝子, 柴田史久: 安全運転支援のための周辺車両の半隠消表示法 (4) 一半隠消表示法の拡張と評価一, 信学技法, Vol. 121, No. 436, ITS2021-63, pp. 1 - 6, 2022.
- [2] 藤重秀斗, 松室美紀, 木村朝子, 柴田史久: 歩行者飛び出し予測のための周辺車両の半隠消表示法, 日本 VR 学会論文誌, Vol. 28, No. 3, pp. 141 - 151, 2023.
- [3] A. Dosovitskiy, G. Ros, F. Codevilla, A. Lopez, and V. Koltun: CARLA: An open urban driving simulator, Proc. 1st Annual Conference on Robot Learning, PMLR 78, pp. 1 - 16 2017.
- [4] TIER IV: AWSIM: Autonomous Driving Simulator, <https://github.com/tier4/AWSIM> (2025-12-28)
- [5] G. Silvera, A. Biswas, and H. Admoni: DReyeVR: Democratizing virtual reality driving simulation for behavioural & interaction research, Proc. ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI '22), pp. 639 - 643, 2022.