

Camera-LiDAR Fusion による 遠隔運転支援 HMI の提案

SATテクノロジー・ショーケース2026

■ はじめに

近年、交通事故死者の約9割がヒューマンエラーに起因すると報告されており、自動運転技術の発展が強く求められている。自動運転は自動化の度合いによりレベル0～5に分類され、現在はレベル2の普及とともにレベル3・4の実用化研究が進められている。特にレベル4ではドライバーを必要としないため、過疎地交通などへの応用が期待されているが、センサ故障時には安全な運行継続が困難となるという課題がある。とりわけカメラ故障時には遠隔運転オペレータが状況を把握できず、二次事故を招く危険がある。

本研究ではこの問題に対し、LiDAR点群にカメラ由来の意味情報を統合するCamera-LiDAR Fusion型HMIを提案する。具体的には、セマンティック・セグメンテーションで得たラベル情報をLiDAR点群に付与するPointPainting手法を基盤とし、検出物体を用いて故障カメラ領域を仮想的に再構築することで、オペレータが直感的に状況を認識できる可視化を実現することを目的とする。

■ 活動内容

本研究では、提案するHMIの有効性を検証するため、シミュレーションソフトウェアCARLAを用いてシステムを構築した。カメラ故障時に生じる視覚情報の欠損を補うことを目的に、LiDARを基盤とした仮想カメラ型HMIの実装フローを以下の4段階で提案する。また図1に概要図を示す。

1. 周囲カメラ映像をセマンティック・セグメンテーションAI (U-Net) に入力し、「道路」「車両」「歩行者」などの意味情報を抽出する。
2. 抽出した意味情報を幾何的対応付けによりLiDAR点群へ付加し、意味情報を有するリッチな3次元データを生成する。
3. 得られた点群を3D物体検出AI (PointPillars) に入力し、物体の位置・形状・カテゴリを高精度に検出する。
4. 検出結果をカルマンフィルタ (AB3DMOT) で追跡・予測し、故障カメラの視点に対応する仮想映像をOpen3D上で描画する。

本手法により、カメラ故障時でもLiDARを中心としたセンサフュージョンによって視覚的補完を実現し、遠隔運転オペレータの状況認識を支援することが可能となる。

さらに、本研究では提案HMIの有効性を検証するため、被験者実験を計画している。評価指標には、車両の接触有無や走行時間に加え、認知負荷・操作性を評価するNASA-TLX、SA (Situational Awareness)、SUS (System Usability Scale)を採用する。実験シナリオとしては、カメラ故障により生じる死角の影響を確認するため、幅寄せ・左折・右折の3課題を設定する。これにより、提案HMIが視覚情報欠損下においても運転者の状況認識を補い、安全かつ円滑な遠隔操作を支援できるかを検証する。

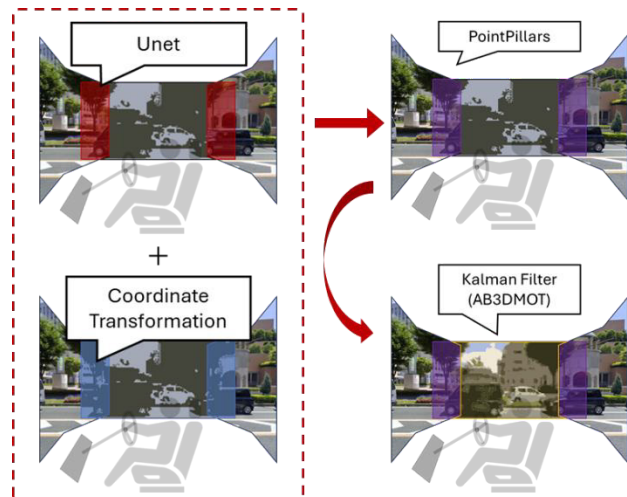


図1 提案HMIの処理プロセス

■ 関連情報等(特許関係、施設)

自動運転分野では、カメラとLiDARを統合して認識精度を高める研究が進んでおり、中でもW. Hengらが提案したPointPaintingが代表的である[1]。カメラ画像の意味情報をLiDAR点群に付与することで高精度な物体検出を実現し、KITTIやnuScenesなどのベンチマークで従来手法を上回る優れた結果を示している。

参考文献

S. Vora, A. H. Lang, B. Helou, and O. Beijbom, "PointPainting: Sequential Fusion for 3D Object Detection," in Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2020.

- キーワード: (1) HMI
(2) 遠隔運転
(3) センサフュージョン
(4) カメラ
(5) LiDAR
(6) CARLA

■ 共同研究者: 橋本尚久(産業技術総合研究所)

代表発表者 堀江 貴斗(ほりえ たかと)
所属 筑波大学大学院
知能機能システム学位プログラム
産業技術総合研究所 インテリジェントシステム研究部門 モビリティサービス研究室
問合せ先 〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1
中央事業所 2 群
TEL: 080-2304-3816
E-mail: t.horie@aist.go.jp