

課題名：Lv4自動運転トラックサービスのためのマルチモーダル3次元物体検出器の開発	実施時期：2025/02/01 - 2025/03/30 所属機関名：株式会社 T2 代表者氏名：辻勇氣
成果概要：本課題では、Lv4自動運転トラックサービスのためのマルチモーダル3次元物体検出器の開発を行い、LiDAR-radar-camera fusion による雨天や夜間などの様々な条件に対してロバストな3次元物体検出の実現に成功した。また物体のクラス、位置、サイズなどの全出力に対して不確実性の定量化を行うことで、不確実性が高いシーンにおける手動運転への切り替え、また Active Learning における不確実性が高いシーンの重点的サンプリングを実現した。またこれらはデータドリブンに各レイヤーのダイナミックレンジを学習する Quantization-Aware Training により、実際に数多くの公道実験でリアルタイムに動作している。	
成果のポイント： 1. <u>LiDAR-radar-camera fusion</u> によるロバストな物体検出 各センサーに対してセンシング環境に得手不得手があるが、Neural Network でエンコードした各センサーの特徴を 3D 空間で fusion することで、各センサーの欠点を補い合いながら、ロバストな物体検出が可能となった。具体的には LiDAR が苦手な雨や霧のシーン、LiDAR の検出距離限界よりも遠方の領域、そして LiDAR のみでは他の障害物との区別が困難な場合があるバイクなどの小物体に対して、LiDAR に加えて radar と camera を fusion することで検出性能が大幅に向上した。 2. <u>Evidential Deep Learning</u> による不確実性の定量化 自動運転中に想定外のシーンに遭遇し、モデルの認識精度が保証できない場合に、手動走行に切り替える機能を開発した。具体的には epistemic uncertainty と呼ばれる認識の不確実性を Bayesian Neural Network のように複数の forward pass を必要とすることなく、単一の forward pass で定量化できる Evidential Deep Learning と呼ばれる手法を3次元物体検出に応用し、物体のクラス、位置、サイズなどの全出力に対して epistemic/aleatoric uncertainty を推定することで、実際に LiDAR のリターンがほとんどない濃霧などの認識精度が大きく低下するシーンのみで高い不確実性を示すことが確認され、シーン単位の不確実性が一定の閾値を超えた場合に手動走行に切り替えることが可能になった。またインスタンス単位の epistemic uncertainty はモデルが苦手なシーンを重点的にアノテーションするという、Active Learning における効率的なサンプリング戦略として機能し、実際に特殊な車両などが重点的にサンプリングされることが確認された。 3. <u>Quantization-Aware Training</u> による高精度な INT8 推論 LiDAR-radar-camera fusion により従来よりも計算量の多いモデルをリアルタイムでデプロイ環境で動作させるために、INT8 推論による高速化を行った。point cloud などのダイナミックレンジが広い入力に対しても FP32 における精度を保つために、Quantization-Aware Training における各レイヤーの dynamic range を EMA で追跡しつつ、タスクの損失に基づいてデータドリブンに直接最適化することにより、FP32 と比較して精度劣化なしで INT8 推論することが可能になった。	
成果についてより詳細な情報を提供しているWebページ、発表論文などの情報：特に無し	