



Kanazawa University

無人自動運転等のCASE対応に向けた実証・支援事業
「自動運転技術(レベル3、4)に必要な認識技術等の研究」
令和5年度 AD-URBAN*の取組概要について

AD-URBAN

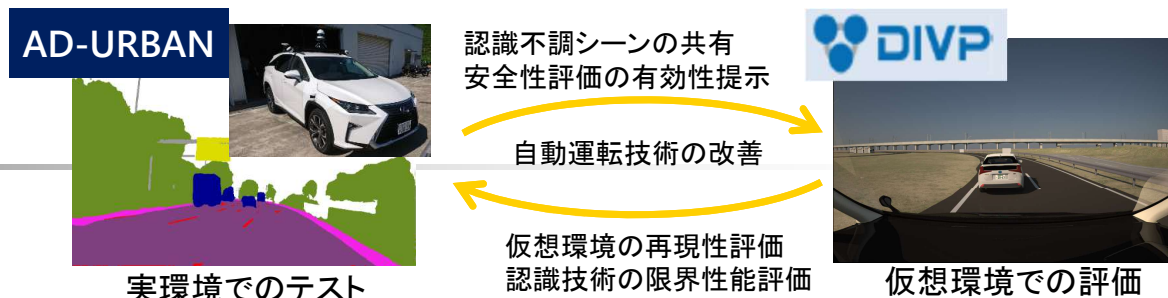
*FOT project of Automated Driving system under Real city environment based on Academic Researcher's Neutral knowledge.



金沢大学 高度モビリティ研究所 菅沼直樹

事業背景

- 自動運転サービスの普及
 - 社会受容性の向上に向けて、ADシステムの安全性の論証が重要
- 一般道には様々な交通環境が存在
 - 網羅的かつ効率的な安全性評価の必要性
 - 現実環境と仮想環境双方を用いた体系的な評価手法の確立が急務
- これまでの取組での取り組み
(SIP第2期 自動運転 AD-URBANプロジェクト)
 - 東京臨海部等における実証実験の実施
 - 認識技術の課題の把握
 - 認識限界性能の評価
 - DIVPと連携した仮想環境での評価環境構築
 - センサ弱点シナリオの評価



SIP 東京臨海部実証実験

実施目的とAD-URBANプロジェクトの位置付け

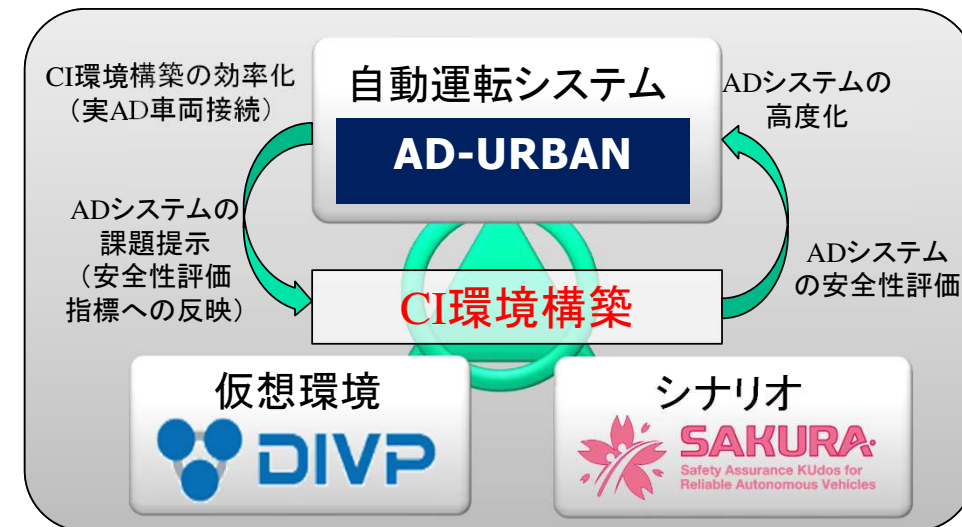
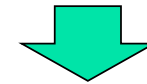
■ 事業の実施目的

- 一般道における安全性評価環境の構築に向けて
 - リアルとバーチャルを融合したADシステムの安全性の網羅的かつ効率的な評価手法の確立
- SAKURA, DIVPプロジェクトとの連携
 - センサ弱点シナリオ+交通流シナリオ

■ AD-URBANプロジェクトの位置付け

- SIP第2期 自動運転の研究成果を活用
 - 実証実験を通じたADシステムの課題の把握
- CI*環境構築の効率化
 - 実自動運転システムと接続
 - 安全性評価環境の効果的な展開
- ADシステムの高度化
 - 実環境におけるADシステムの課題の提示
 - 安全性評価指標への反映

*Continuous Integration



実施内容とスケジュール

2023年度の実施内容

実施内容		実施者	2023年度	2024年度	2025年度
テーマ1	(1) 死角を伴う環境下における安全性評価指標の検討	金沢大学 中部大学	マルチセンサ認識モデル構築 (イメージングレーダ追加等)	マルチセンサフュージョン モデル構築	死角を伴う交差点に おける安全性評価 指標の提案
	➢ マルチセンサフュージョンにより交差点接近車両の存在や死角の存在を認識する技術を構築する。 ➢ 死角が存在し交差点通過判断が難しくなる状況下において、適切な運転行動を行う判断手法を構築する。			死角認識技術構築	
テーマ2	(2) 歩行者、自転車が存在する交差点における安全性評価指標の検討	金沢大学 中部大学	2-Stage評価のCI環境の 構築(カメラ・LiDAR)	2-Stage評価のCI環境の拡張 (カメラ・LiDAR・ミリ波レーダ)	拡張交差点 シナリオにおける 安全性評価 指標の提言
	➢ CI環境を用いた交差点における効率的な安全性評価環境を構築する。 ➢ 交差点内へ侵入する車両に加え、歩行者、自転車が存在する拡張交差点シナリオにおける安全性評価指標を検討する。			車両・歩行者・自転車の Behaviorモデルを用いた安全性評価	
テーマ3	(3) 仮想環境を活用した効率的なADシステムの安全性評価手法の検討	金沢大学	ADシステム実証実験の実施		
	① 実証データを活用した効率的なADシステムの安全かつ効率的な評価手法の検討 ➢ 実証データを活用し、交通参加者の位置や遭遇タイミング、天候条件等のバリエーションを付加して仮想環境上に再現する環境を構築する。 ➢ 仮想環境上に再現した交通環境を用いて、ADシステムの安全性評価を行うことで、AD-FOT実施頻度を半減可能となることを実証する。		仮想環境を活用した ADシステムの効率的な 評価環境構築	仮想環境を活用した ADシステムの認識・判断 技術向上	仮想環境を活用した 効率的なADシステムの 安全性評価手法の提言
テーマ4	② 緊急車両認識モデルの構築	金沢大学 中部大学	走行データ収集とデータタグ付け		
	➢ 遭遇頻度が稀で実証データ収集が困難な緊急車両について、実環境と仮想環境センサデータを用いて高精度に認識するモデルを構築する。 ➢ 緊急車両接近時のADシステムの回避行動の適切さを仮想環境を用いて評価する。		緊急車両認識モデルの 認識精度向上	緊急車両回避行動 モデルの構築	仮想環境を用いた緊急 車両接近時の回避行動 モデル評価手法の提案

実施内容は**大別して4テーマが存在**、次ページ以降で2023年度の詳細な実施内容を説明

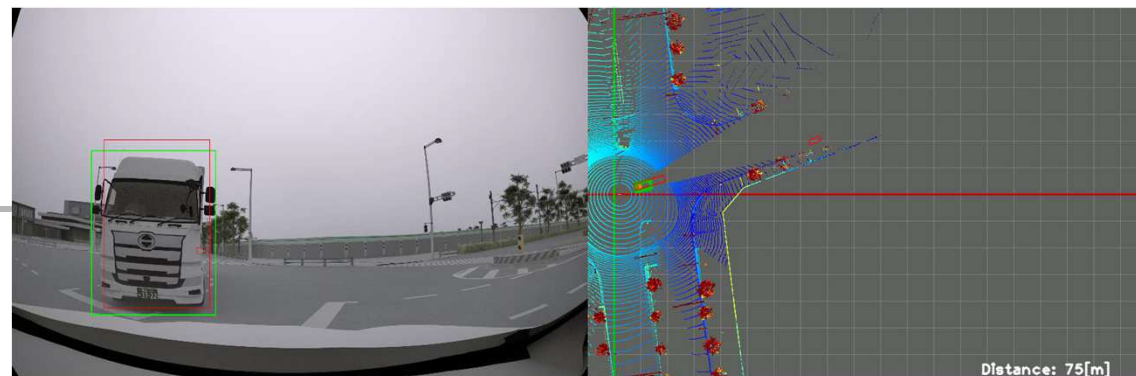
(1)死角を伴う環境下における 安全性評価指標の検討

■ 研究の位置付け

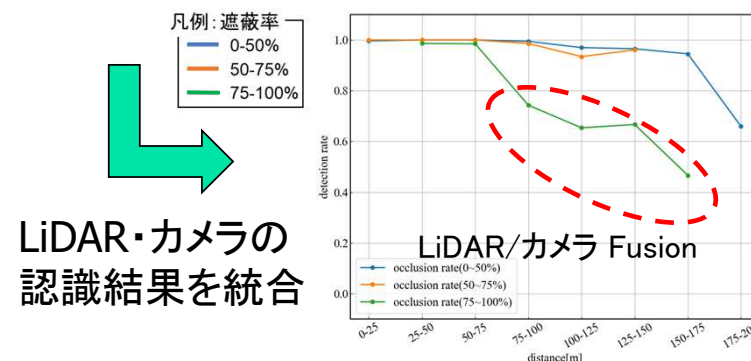
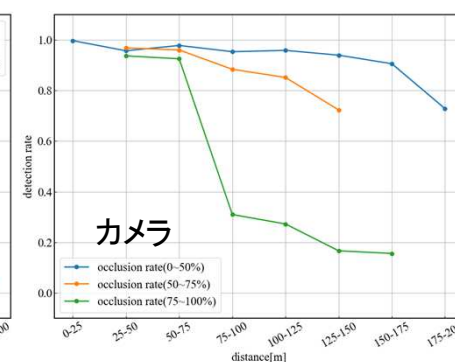
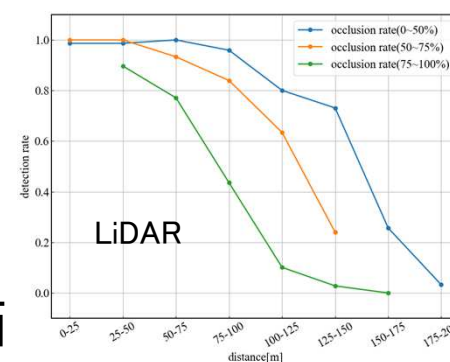
- 市街地における交通環境
 - 死角が頻繁に発生
 - 道路形状, 他車との位置関係などの要因
- 交差点右折時の対向車両認識
 - 判断ミスが事故に直結

■ これまでの取り組みと課題

- 交差点右折時の認識の観点での安全性評価
 - カメラ・LiDARのセンサフュージョンによる認識性能評価を実施
 - 遮蔽率に対する認識性能への影響評価(Lateフュージョン)
 - 定量的評価への仮想環境の有効性確認
- 死角を伴う環境における認知・判断の課題
 - マルチセンサフュージョンによる認識性能向上と,
死角領域の認識技術が必要



死角の影響評価(赤枠:正解枠, 緑枠:認識結果)



(1) 死角を伴う環境下における安全性評価指標の検討

■ 2023年度取り組み

■ A.マルチセンサを用いた死角を伴う環境における認識モデル構築

■ 4Dイメージングレーダ認識モデル構築

- 200m以内の物体の認識率 90%の達成, 認識不調要因の明確化
- 学習データセットの準備中

■ マルチセンサを用いた死角領域の認識技術の初期検討

- ソフトウェア構築中

■ B.深層学習を用いたLiDAR・カメラのセンサフュージョンによる物体認識

■ Earlyフュージョンモデルによる悪条件の性能向上

- LiDAR, カメラセンサフュージョンの認識精度向上

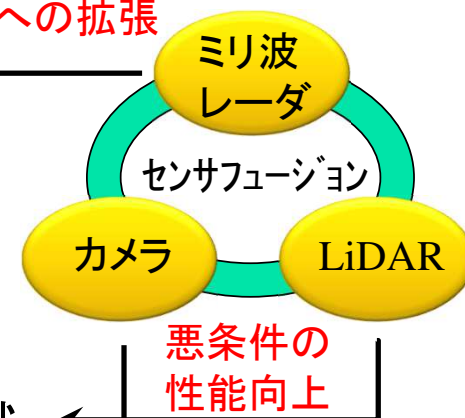
■ 仮想環境を加えた学習による認識モデルの精度向上

- 100m@雨天時の物体種別の識別精度90%
- 悪天候における認識不調要因の明確化

■ 2024年度以降の最終成果

■ 死角を伴う交差点における認識の観点での安全性評価指標の提案

マルチセンサ
評価への拡張



雨天の
影響評価

(2)歩行者、自転車が存在する交差点における安全性評価指標の検討

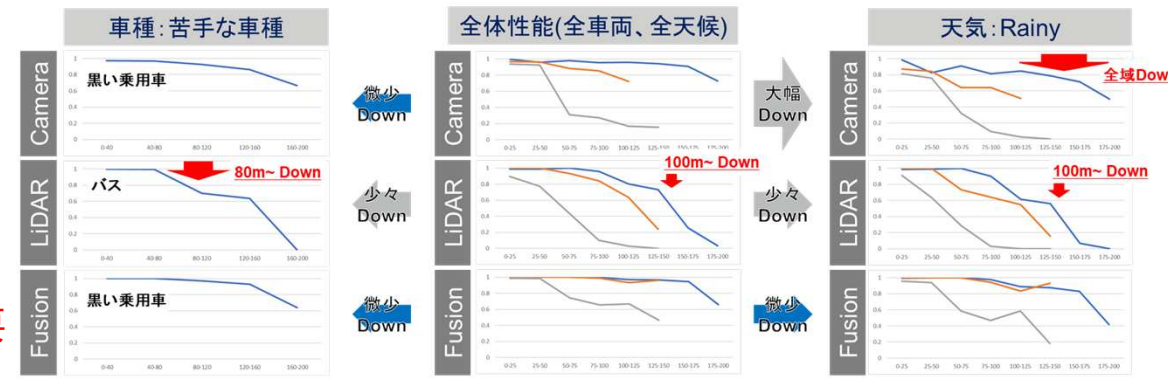
- これまでの取り組みと課題 
 - 交差点右折時の安全性評価指標の検討
 - 対向車両の認識精度を仮想環境で評価
 - 車間距離、ターゲット種類、天候、日照実験など
 - 人手で条件を振って性能評価
 - 交差点には歩行者、自転車等も存在
 - 多数のシナリオに対する網羅的な安全評価が必要

2023年度の取り組み

- A.安全性評価用のCI環境の構築 
 - 3プラットフォームの連携
 - SAKURA, DIVP, AD-URBAN
 - CI(Continuous Integration)環境を構築
 - 評価環境の他プロジェクトへの展開を検討
 - 1st-Stage評価環境構築に向けたSW準備中
- B.歩行者・自転車への安全性評価指標の検討
 - 拡張交差点シナリオでの認識性能評価項目検討
 - アセットの条件に加え、歩行者行動予測結果など

2024年度以降の最終成果

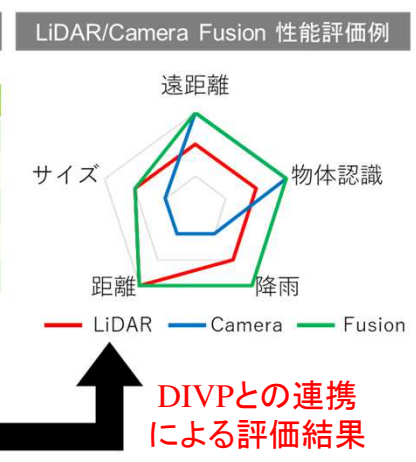
- 拡張交差点シナリオにおける安全性評価指標の提言



様々な苦手条件下における車両検出率の変化
(フレーム毎の認識率であり、時系列追跡により更なる能力向上も期待できる)

認識性能 シナリオパラメータと評価指標		
例) シナリオパラメータ		
評価軸	シナリオパラメータ	パラメータ範囲
遠距離	車間距離	~200m
物体識別	ターゲット種類	乗用車、トラック、バス、...
	ターゲット色	白、黒、赤、...
降雨	天候条件	晴天、曇天、雨天
夜間	日照条件	街灯あり、ヘッドライトのみ

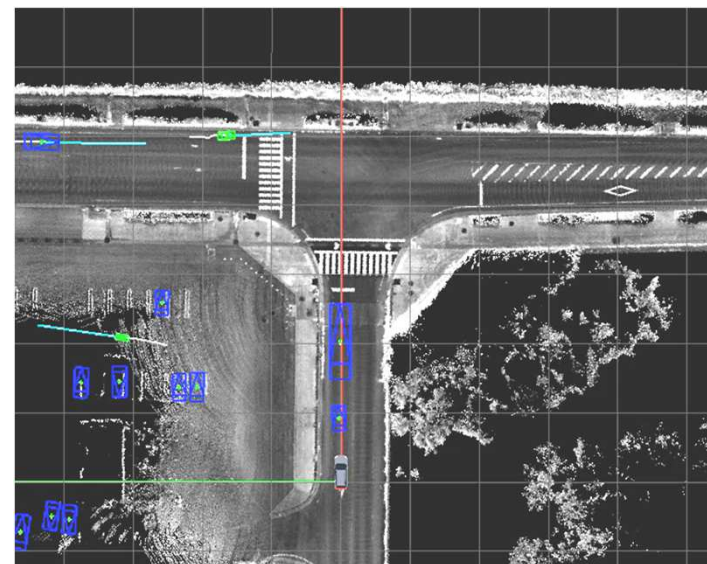
例) 評価指標	
評価軸	評価指標
物体識別	検出率、クラス誤り、IoU、...
距離精度	距離誤差
方位精度	方位誤差



(3) 仮想環境を活用した効率的な AD システムの安全性評価手法の確立

① 実証データを活用したADシステムの安全かつ効率的な評価手法の検討

- これまでの取り組みと課題 
 - SAKURAプロジェクトとの連携によるシナリオ評価
 - 事故・ヒヤリハット事例
 - 実交差点における車両の挙動の解析結果等
 - AD(自動運転)システム開発目線でのシナリオ評価も必要
 - 個別ADシステムの苦手シーン, 危険なシナリオ等のエッジケース
- 2023年度の取り組み
 - 仮想環境を活用したADシステム評価環境の構築
 - 自動運転時に課題のあった状況, 手動走行で収集した交通環境
 - 実証データを用いたシナリオ抽出ソフトウェアの構築中(動画)
 - ドライビングシミュレータで人為的に発生させた危険な走行シーン
 - ADシステムの安全かつ効率的な評価手法の検討
 - 交通参加者の位置や遭遇タイミング, 天候条件等のバリエーションを付加
 - 一般道で評価すべき課題シナリオへの反映
 - SAKURAプロジェクトとの情報共有とCI環境で評価すべきシナリオへの反映
- 2024年度以降の最終成果
 - 仮想環境を活用した安全かつ効率的なADシステムの安全性評価手法の提案



(3) 仮想環境を活用した効率的なADシステムの安全性評価手法の確立

② 緊急車両認識モデルの構築

- これまでの取り組みと課題 
 - 市街地におけるLv4以上のADシステム
 - 緊急車両の認識と回避行動が必要
 - これまで緊急車両認識技術について検討
 - 車載マイク・カメラによるサイレン音と画像認識
 - 緊急車両に対する遭遇頻度は稀
 - 公道, 模擬市街地等における走行データ収集
 - 人手でのタグ付け作業
 - 十分なAIモデルの学習を行うことが困難
- 2023年度の取り組み
 - A. 効率的な緊急車両データの抽出
 - FOTデータの活用
 - サイレン音認識技術を活用した効率的なデータ抽出
 - 次年度以降に評価する回避シナリオの収集
 - 定期的なデータ収集を実施し, 5件以上の遭遇シナリオ収集
 - B. 緊急車両の高精度認識モデルの構築
 - 仮想環境を併用した緊急車両認識モデルの学習
 - 緊急車両認識精度90%以上の達成@遮蔽率50%未満
- 2024年度以降の最終成果
 - 仮想環境を用いた緊急車両接近時の回避行動モデル評価手法の提案



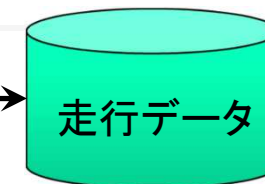
公道におけるデータ収集



模擬市街地におけるデータ収集

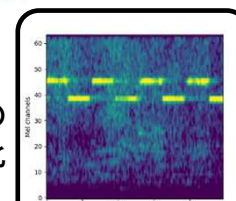


仮想環境での学習データ生成

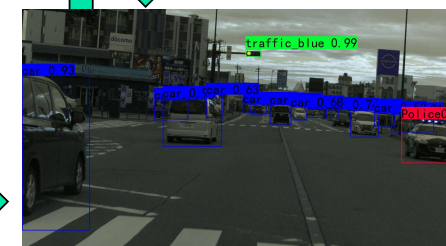


走行データ

シナリオ
抽出の
効率化



サイレン音認識



緊急車両認識AIモデルの学習



緊急車両回避シナリオの抽出

実施スケジュールとマイルストーン

実施内容	FY23											FY24	FY25
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3		
(1) 死角を伴う環境下における安全性評価指標の検討													
A. マルチセンサを用いた死角を伴う環境における認識モデルの構築		死角認識技術の初期検討				死角認識の性能評価				認識困難な不調要因の明確化		死角認識改善・マルチセンサの認識	
B. 深層学習を用いたLiDAR・カメラのセンサフュージョンによる物体認識モデルの精度向上						高分解能ミリ波レーダによる遠距離物体認識 (200m以内認識率90%)						認識モデルの精度改善	
						カメラ画像/LiDARフュージョンによる物体認識 (雨天時100m以内認識率90%)				仮想環境データの活用			
(2) 歩行者、自転車が存在する交差点における安全性評価指標の検討													
A. CI環境を用いた交差点における安全性評価に向けたADシステム評価手法の検討		1st-Stage: 評価環境構築				1st-Stage: 認識精度の統計モデル検討					1st-Stage: 認識モデル性能検証		
B. 歩行者、自転車が存在する交差点における安全性評価指標の検討						2nd-Stage: 評価環境構築					2nd-Stage: 安全性能評価指標検討		
						評価シナリオ・評価指標の作成				限界性能評価		行動予測による安全性評価	
						行動予測アルゴリズム調査							
(3) 仮想環境を活用した効率的なADシステムの安全性評価手法の確立													
① 実証データを活用したADシステムの安全かつ効率的な評価手法の検討		自動運転・手動運転時の特定シーンの仮想環境再現											
		ドライビングシミュレータ仕様検討				ドライビングシミュレータの構築				危険走行パターンの仮想環境再現		ADシステムの安全性評価・性能改善	
②A. 緊急車両認識モデル構築用データの収集						緊急車両シーンの効率的抽出のためのサイレン音認識モデルの構築・改善						緊急車両回避シナリオの仮想環境再現	
						市街地緊急車両データの計測・データ抽出 (5シーン以上の計測)							
②B. 緊急車両認識モデルの構築						仮想環境での再現				緊急車両認識モデル構築 (認識率90%)		認識モデルの安全性評価	

研究実施体制

