



令和6年度 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」  
AD-URBAN\*の進捗状況について

AD-URBAN

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

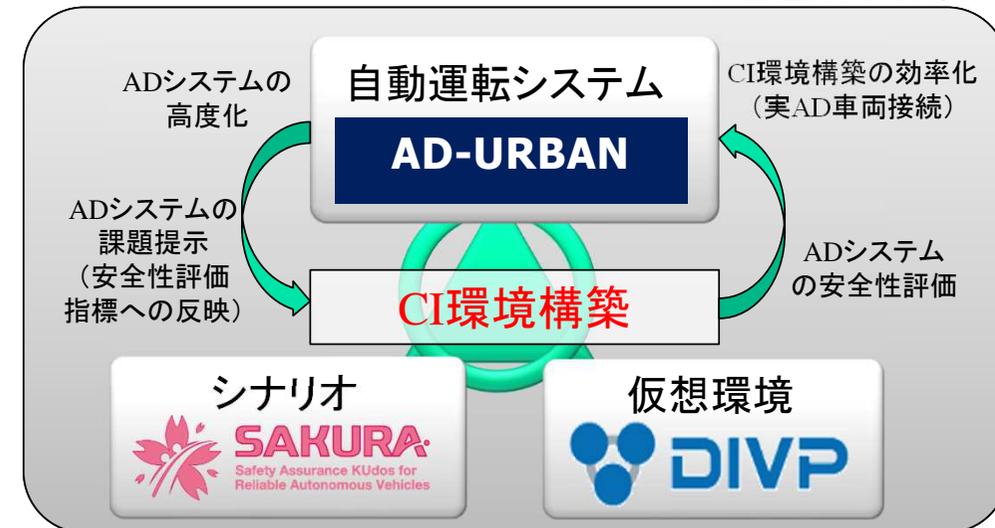


# 実施目的とAD-URBANプロジェクトの位置付け

- 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
  - DIVP, SAKURAプロジェクトとの連携
    - センサ弱点シナリオ+交通流シナリオ評価
  - 仮想環境での安全性評価環境構築の加速
    - 実ADシステムとの接続が必要
- AD-URBANプロジェクトの位置付け
  - 安全性評価環境の効果的な展開
    - CI\*環境構築を加速させる
      - SIP第2期 自動運転の研究成果を活用
      - ReferenceシステムとしてAD-URBANを接続
  - ADシステムの高度化
    - 安全性評価結果の妥当性を追求
  - ADシステムの課題提示
    - 安全性評価シナリオ・指標等への反映



仮想環境での  
安全性評価環境構築



\*Continuous Integration

# 2024年度の実施概要

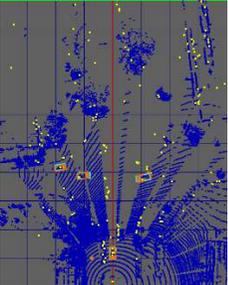
【本日の主な報告】  
赤字箇所のご報告

CI環境の構築と安全性評価環境の効果的な展開 **RoAD to the L4** など

実システム目線での知見  
を多方面にインプット

Team0,1,2の活動

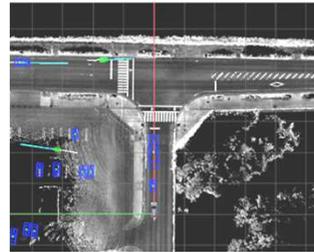
## AD-URBAN



**DIVP**  
認識技術  
の課題提示

AD-URBANプロジェクト  
実施内容

**SAKURA**  
Safety Assurance KUDos for  
Reliable Autonomous Vehicles  
判断技術  
の課題提示



(1)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

【目的】CI環境の構築とその加速化

- 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
- 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

(2)死角を伴う環境下における安全性評価指標の検討

【目的】認識技術の洗練化(1<sup>st</sup>-stage評価に貢献)

- 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
- 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

(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

【目的】判断技術の洗練化(2<sup>nd</sup>-stage評価に貢献)

- ・仮想環境を活用したADシステム評価環境の構築
- ・仮想環境および実環境における実証実験の実施

# 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

Team2と連携

\*Continuous Integration



- 2-stage評価による効率的な評価
  - 認識性能評価結果をモデル化し(1<sup>st</sup>-stage),
  - プランナ機能の実時間評価を可能とする(2<sup>nd</sup>-stage)

# (1) 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

## ■ 2024年度の取り組み

### ■ 仮想環境による2-stage安全性評価

- 1st-stage: 仮想環境を用いた認識性能モデルの開発
  - 任意の認識結果(確信度)の誤差モデル構築
- 2nd-stage: 認識性能モデルを用いたADシステムの安全性検証
  - 1st-stageで構築した認識性能モデルを活用

### ■ 2023年度の成果概要

- カメラ・LiDARの認識性能モデル初期検討
- 特定交差点通過シーンでの安全性評価検証

### ■ 2024年度の成果目標

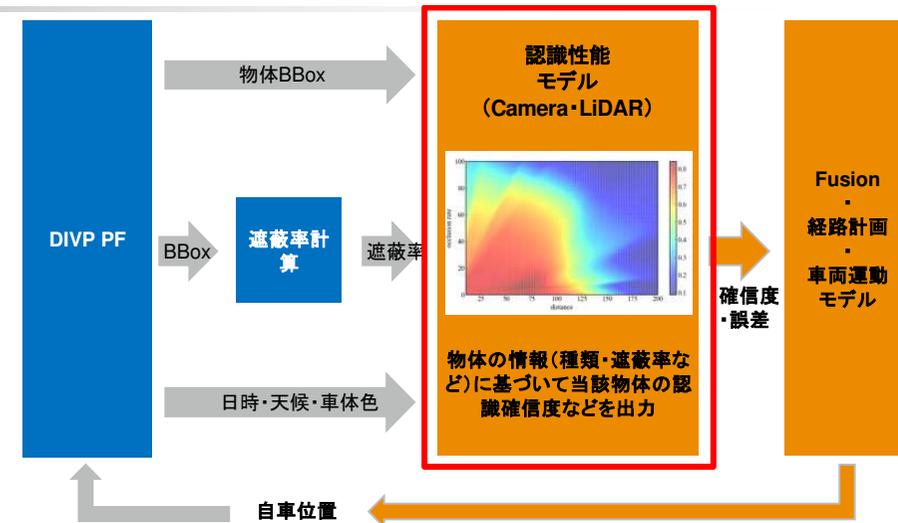
- 認識性能モデルの確信度誤差0.1以下の実現と課題抽出
- 安全性評価検証対象地域拡張と歩行者等混在環境での検証

### ■ 進捗状況

- 車両の物体認識における認識性能モデルの性能評価
- 歩行者等の認識性能モデル拡張に向けた仮想環境シナリオの検討・生成

## ■ 2025年度の最終成果

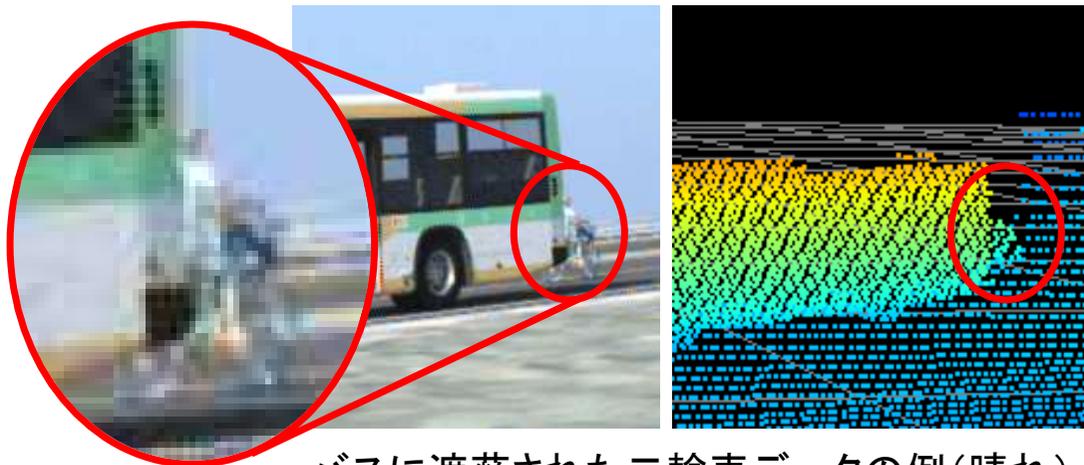
- 自動車・歩行者等が混在する拡張交差点シナリオにおける安全性評価指標の提案



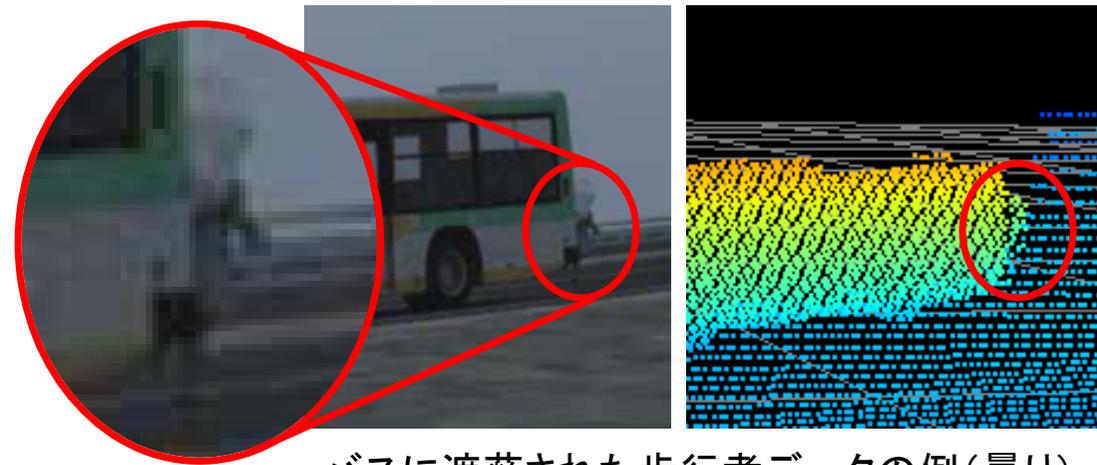
# (1) A.CI環境を用いた交差点における安全性評価に向けたADシステム評価手法の検討

## ■ 現在の取り組み

- 認識性能モデルの回帰性能の評価(前回報告済み)
  - 仮想環境のデータ生成時の環境条件(天候等)や位置関係・遮蔽状態などから対象とする認識アルゴリズムの出力結果を学習
  - 2<sup>nd</sup>-stageの検討にて構築した認識性能モデルを活用
- 歩行者等の認識性能モデル拡張に向けた仮想環境シナリオの検討・生成
  - 仮想環境にて歩行者・二輪車のセンサデータを作成して認識性能モデルの構築に活用
  - 異なる天候・遮蔽状態(例:車に隠れて飛び出す歩行者)におけるシナリオを想定



バスに遮蔽された二輪車データの例(晴れ)



バスに遮蔽された歩行者データの例(曇り)

## (2) 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

### ■ 2024年度の取り組み

#### ■ 交差点右折時の物体認識における課題と検討事項

- 200m程度遠方の対向車両のロバストな認識が重要
  - 死角を伴う環境でのマルチセンサを用いた認識技術の不調要因を明確化

#### ■ 2023年度の成果概要

- 死角領域の認識アルゴリズムの開発
- イメージングレーダの計測環境構築・物体認識アルゴリズムの検討
  - 開けた環境で200m以内の認識率90%を達成
  - 低速物体, 遮蔽物体の認識において課題を確認

#### ■ 2024年度の成果目標

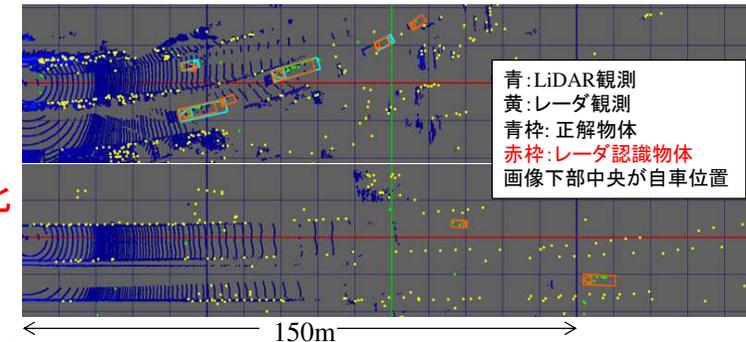
- マルチセンサを用いた物体認識モデルで200m以内の認識率90%の達成可能な条件の拡張

#### ■ 進捗状況

- イメージングレーダの物体認識アルゴリズムの検討
  - 深層学習による周辺物体の位置・サイズ・種別の認識
    - イメージングレーダの観測点群と事前情報(デジタル地図)を活用した認識アルゴリズムを開発 (IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2024でBest Paper Awardsを受賞)
- マルチセンサによる物体認識アルゴリズムを検討中

### ■ 2025年度の最終成果

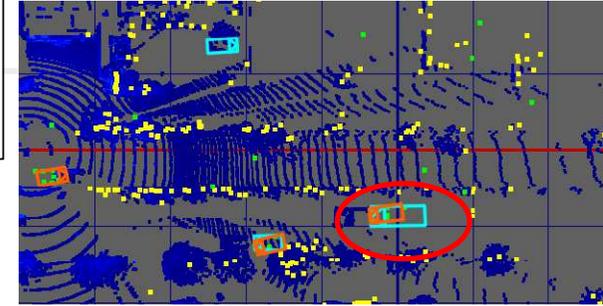
- 死角を伴う交差点における安全性評価指標の提案



遠距離車両の認識の様子  
(画像左端が自車両)

## (2) 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

青: LiDAR観測  
 黄・緑: レーダ観測  
 青枠: 正解物体  
 赤枠: レーダ認識物体  
 画像下部中央が自車位置



昨年度の課題例: 普通車両と大型車両の誤認識  
 (点群が疎なため形状の全体像が観測できていない)

### ■ 昨年度のレーダ物体認識における課題

- 移動中の車両は近距離から遠距離まで認識可能 (FMCWの速度情報を活用)
  - 点群が疎なため通常車両・大型車両の区別が困難 (右図)
  - 低速物体 (歩行者など)・駐車車両の認識に課題あり

### ■ レーダ・カメラのセンサフュージョンによる物体認識

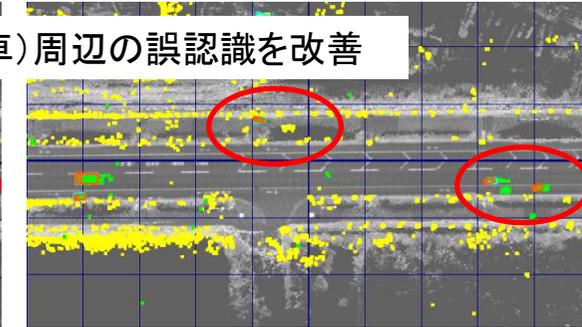
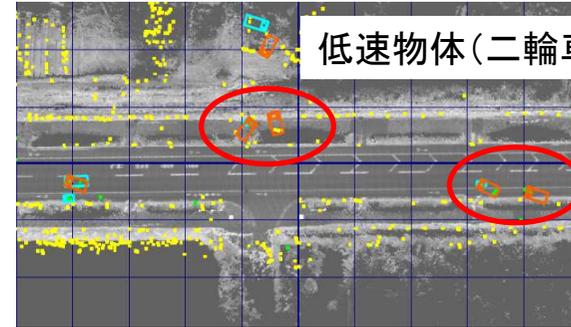
- 点群の特徴+特定の物体が存在し得るエリアを学習
  - 一般車・大型車・歩行者など物体の種別に応じて存在領域を設定可能

### ■ センサフュージョン・マルチフレームによる物体認識への貢献を評価

- マルチフレームの物体認識
  - 複数フレームのレーダ点群を用いて疎な観測点の課題を改善→低速物体の認識への貢献を検証
- センサフュージョンによる物体認識
  - 大型車両の認識や歩行者・二輪車の認識への貢献を検証



フレーム	センサフュージョン	自動車	大型車両	歩行者	二輪車
単一	レーダ	47.89	21.11	5.46	15.29
単一	レーダ・カメラ	50.79	22.83	13.33	39.83
複数	レーダ	61.35	30.99	8.40	19.39
複数	レーダ・カメラ	60.77	27.53	18.84	56.75



単一フレーム・レーダのみの認識例

マルチフレーム・センサフュージョンの認識例

モデル改善による認識性能の評価結果(車両については従来の課題である駐車車両も含まれるため、走行中の車両に限定するとさらに認識率は高くなる)

## (2) 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

### ■ 2024年度の取り組み

- 歩行者の安全性評価指標の検討(2023年度)
  - 歩行者までの距離と遮蔽率に対する限界性能評価を実施
  - 歩行者の服の色が道路と同色である場合, 検出率が低下
- 現状の課題: 有効性の確認
  - 検出アルゴリズムによる影響の評価が不可欠
- 今年度の目標
  - 3種類の代表的な物体検出アルゴリズムの限界性能評価
  - 安全性評価指標について検討

### ■ 2025年度の最終成果

- 認識モデル観点からの安全性評価指標の提案



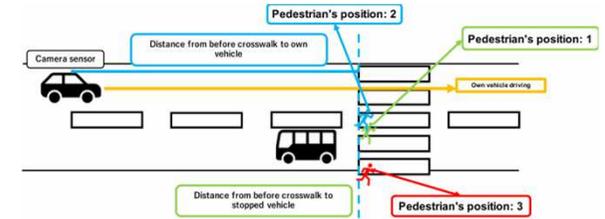
道路と同色の歩行者例

↑ 限界性能評価

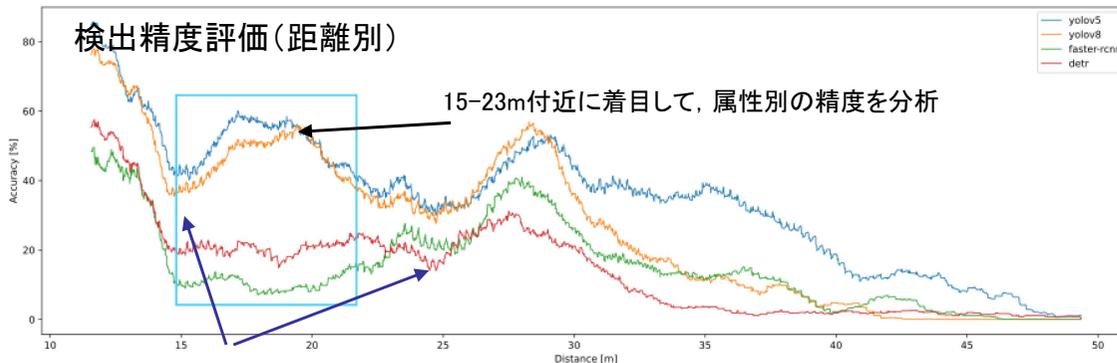
YOLO v5  
YOLO v8  
DETR  
Fast-RCNN

## (2)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

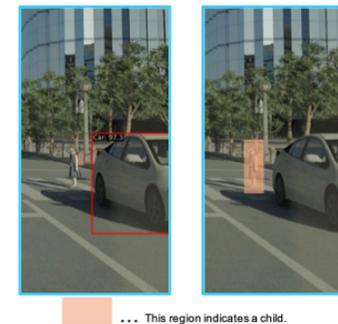
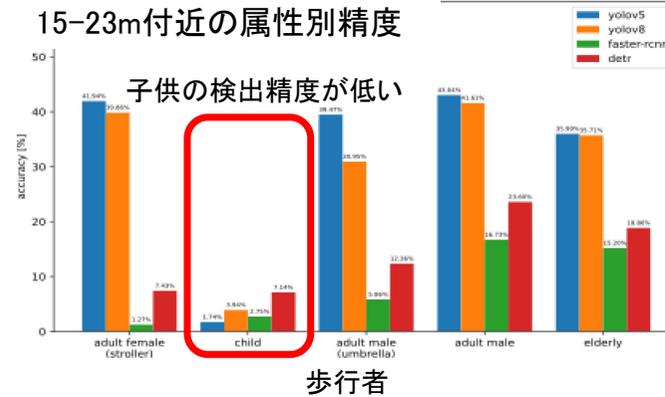
- 2024年度の取り組み:代表的な物体検出アルゴリズムの限界性能評価
  - アルゴリズム
    - アンカーモデル(YOLOv5, Faster R-CNN) \*検出サイズのテンプレートを用意
    - アンカーフリーモデル(YOLOv8) \*検出サイズのテンプレートを用意しない
    - Transformerモデル(DETR) \*生成AIにも利用される技術を物体検出に応用
  - シナリオ: 駐車車両の後ろから歩行者が飛び出すシーン
  - 条件: 天候、時間帯、停車車両、歩行者の種類を変更
    - 歩行者の種類(傘、ベビーカー)を追加してデータ収集を実施
  - 評価結果: 全体精度: YOLOv5とYOLOv8の検出精度が高い
    - しかし、矩形サイズの小さい子供に対するYOLOv5の検出精度が低い
    - 検出サイズのテンプレートをを用いるアンカーモデルのYOLOv5は検出が困難
- 今後の予定: 詳細な分析、異なるシナリオを用意



Conditions	Contents
Weather	Sunny, Cloudy, Rainy
Time	14:00, 16:00
Pedestrian	adult male, elderly, child, adult male (umbrella), adult female (stroller)
Clothing color of pedestrians (adult male)	Black, blue, gray
Stopped vehicles	Prius, Hiace



停止車両による遮蔽が生じるため検出率が低下



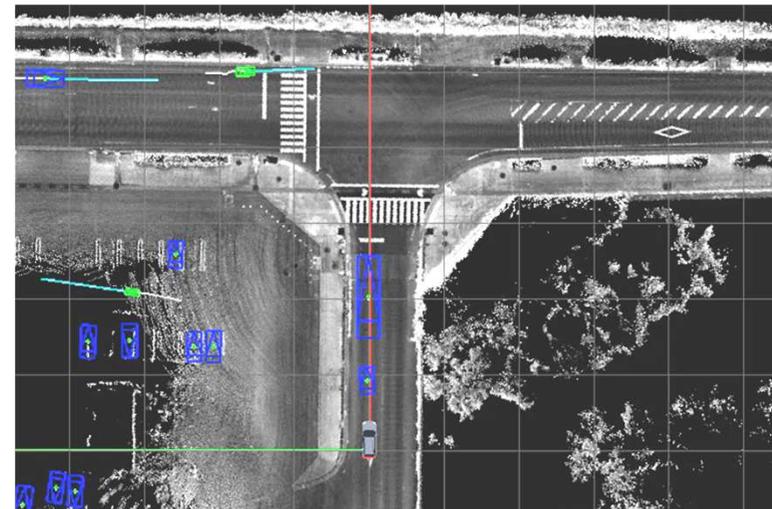
歩行者

# 生成AIの活用に関する検討

- 生成AI勉強会の実施について
  - 8/26(月) 11:00~12:00
    - 生成AIの今後の活用に向けた初期検討
    - AD-URBANの企画で3プロジェクトの幅広いメンバーが参加
      - 中部大学山下先生からのご講演
      - 生成AIの歴史, 最新動向, 仮想環境への活用例等について情報共有
- 次年度取り組みへの生成AIの活用について(案)
  - 交通シナリオの自然言語への変換
    - 自動抽出したシーンの説明ができるようにする  
(シーン検索等への応用)
  - 自然言語を用いた交通シナリオのアップデート
    - シナリオのバリエーションを付加
  - 交通シナリオフォトリアリスティックな画像生成
    - 最新の生成AI技術のキャッチアップ
    - バリエーションを付加したシナリオの可視化



生成AI勉強会資料



車載センサを用いたシナリオの自動抽出

# 2024年度の実施スケジュールとマイルストーン

実施内容	FY24												FY25
	4	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		高分解能ミリ波レーダによる物体認識アルゴリズムの車載実装											
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		マルチセンサフュージョンによる遠距離物体認識 (200m以内認識率90%)										認識困難な不調要因の明確化	マルチセンサの認識改善
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		交差点シナリオの作成		認識モデルの学習・評価 (200m以内認識率90%)					不調原因の明確化			認識モデルの精度改善	
(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		1st-Stage: 評価性能モデルの対象物・センサ等拡張 (確信度の平均絶対値誤差0.1以下の実現)											1st-Stage: 認識モデル性能検証
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		2nd-Stage: 複数エリアでの評価(自動車)					2nd-Stage: 複数エリアでの評価(自動車・歩行者混在)					2nd-Stage: 安全性能評価指標検討	
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		認識モデルの学習・評価					限界性能評価 (3種類以上の認識アルゴリズム)			安全性評価指標検討		行動予測による安全性評価	
(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	実環境での自動運転実証実験の実施		仮想環境および実環境双方での実証実験の実施 (平均持続可能距離が20km以上)									ADシステムの安全性評価性能改善	
	AD車の振り舞い評価環境の構築		複数プラットフォームの連携環境の構築										