



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.

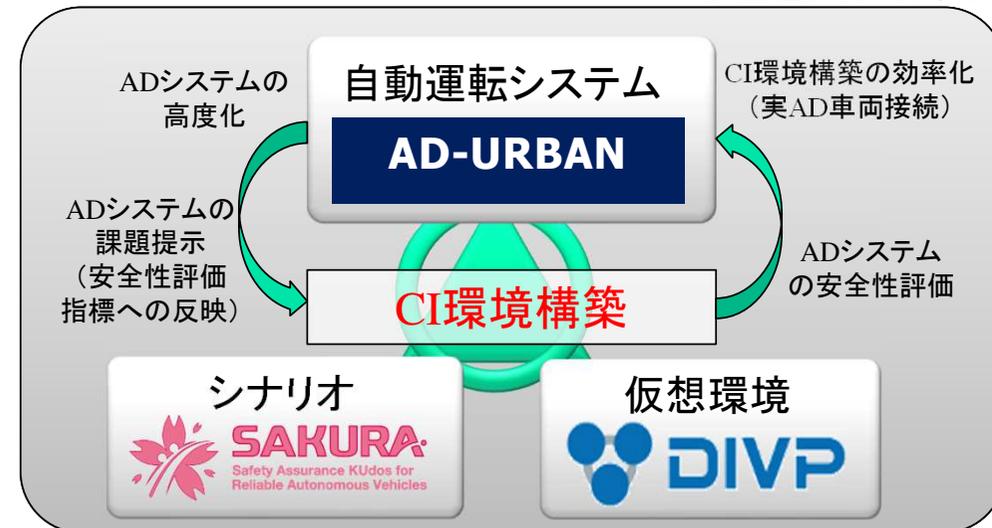


# 実施目的とAD-URBANプロジェクトの位置付け

- 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

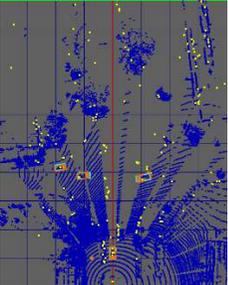
【本日の主な報告】  
赤字箇所のご報告

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

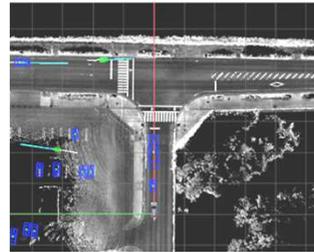
## AD-URBAN



**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

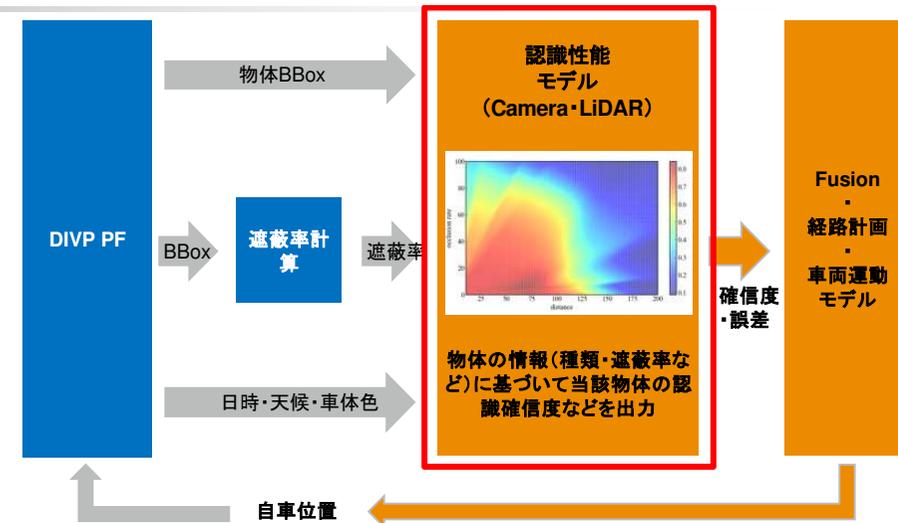
- 認識性能モデルの確信度誤差0.1以下の実現と課題抽出
- 安全性評価検証対象地域拡張と歩行者等混在環境での検証

## ■ 進捗状況

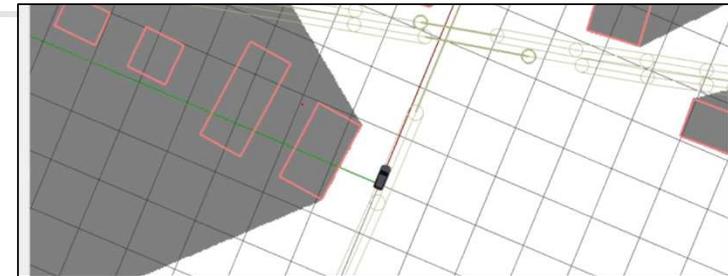
- 柏の葉交差点での歩行者横断シナリオの安全性評価環境の構築

## ■ 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

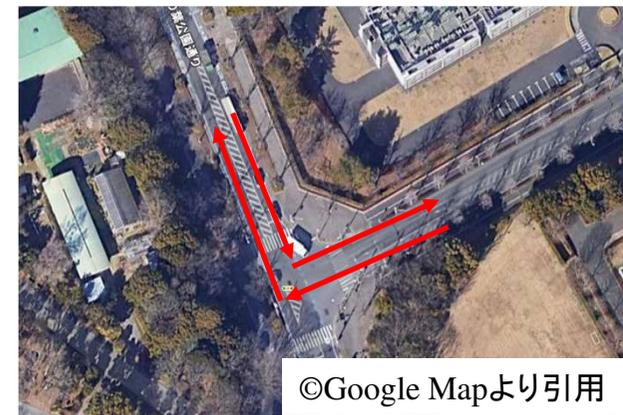
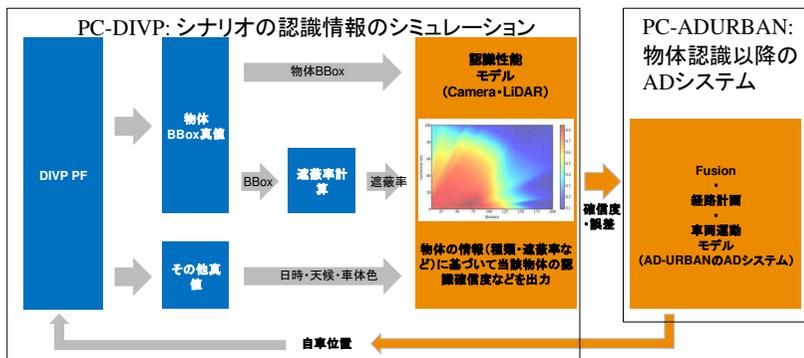


# (1) A.CI環境を用いた交差点における安全性評価に向けたADシステム評価手法の検討



昨年度実施した2nd-stageの安全性評価の様子(異なる走行条件での交差点通過時間を評価)

- 2023/2024年度の成果と今年度の残課題
  - 2023年度の成果概要
    - カメラ・LiDARの認識性能モデル初期検討
    - 2nd-stageの安全性評価の検証をローカルの計算機環境で構築(自動車)
  - 2024年度のこれまでの成果
    - 認識性能モデルの確信度誤差の定量評価
    - 認識性能モデルの歩行者モデルの構築に向けた仮想環境データの生成・モデル拡張
    - 柏の葉交差点(右下図)での2nd-stage評価のクラウド環境での実装(実施中, DIVP/SAKURAと連携)
- 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の実施
  - クラウド環境での任意のADシステムとの接続を想定したシミュレーション環境を構築
    - PC-DIVP: シナリオの周辺物体の挙動・認識性能モデルによる認識結果の出力
    - PC-ADURBAN: 認識結果を受信してADシステムにより走行軌道を出力
      - 昨年度ローカル環境で検証したADシステムをクラウド環境に移植した動作確認が概ね完了
      - PC-DIVP間の通信モジュールを開発してシミュレータ・ADシステムの2ノード間を接続



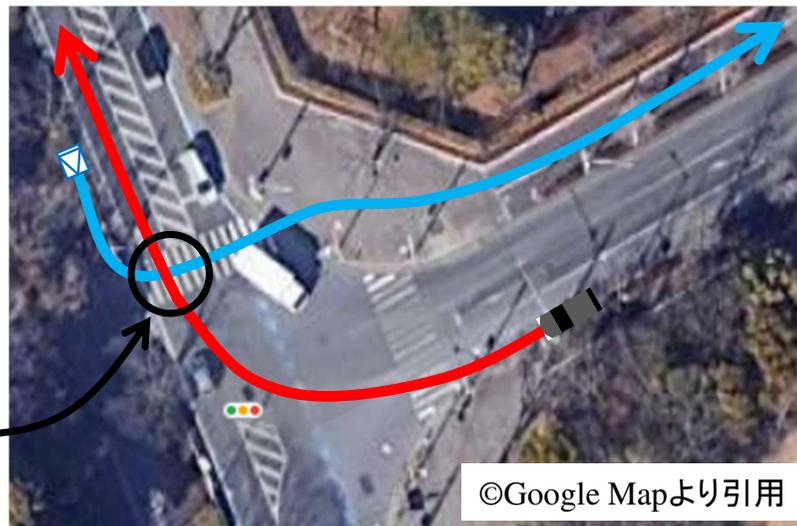
モデル化予定の交差点(千葉県柏市柏の葉6丁目のT字路)

# (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

- 柏の葉交差点での安全性評価のイメージ
  - 交差点右左折における横断歩行者・二輪車に関する安全性評価のテストシナリオ
    - 検証シナリオ例
      - 交差点右折時の横断歩行者の検知による一時停止のシナリオ
      - 横断歩道に接近する歩行者と自車の到達タイミングから一時停止を判断
    - Closed-LoopシミュレーションによりADシステムの交差点走行を検証
      - 交差点への到達タイミング等のパターンを変えた安全性検証を今後予定



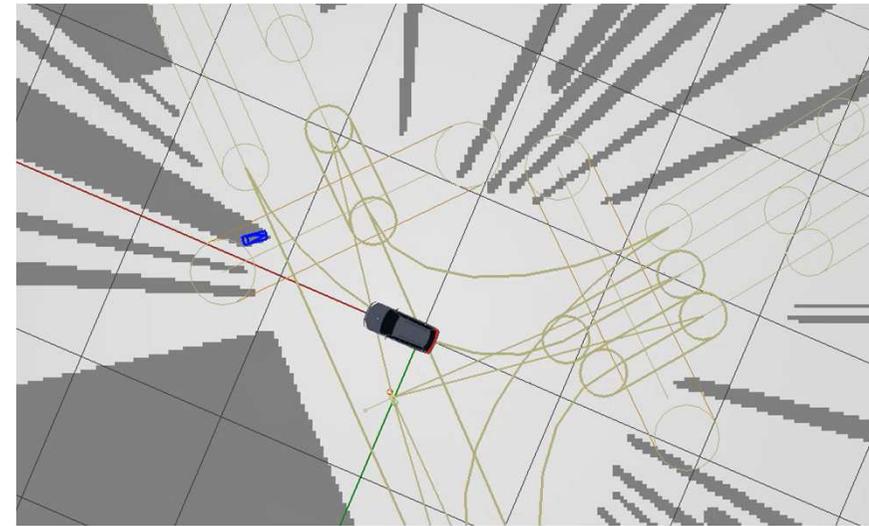
仮想環境のシナリオデータのイメージ  
(千葉県柏市柏の葉6丁目のT字路)



©Google Mapより引用

交差点走行シナリオ例

- |  |       |  |          |
|--|-------|--|----------|
|  | : 自転車 |  | : 自転車ルート |
|  | : 歩行者 |  | : 歩行者ルート |



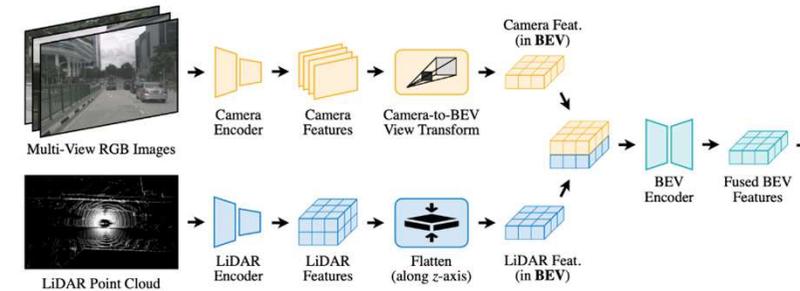
Closed-Loopによる安全性検証の様子

右折走行時に横断歩道へ接近する歩行者に対して一時停止が必要となる

## (2) 死角を伴う環境下における安全性評価指標の検討

### 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

- 2023年度に分かったこと
  - 150m遠方の対向車を検出可能
  - Late fusionおよびセンサ単体に対する優位性を確認
- 現状の課題
  - 青梅交差点以外のシナリオでの有効性の確認
- 今年度の目標
  - 200m遠方の物体に対して認識率90%の達成が可能か検証
- 進捗状況(次ページ以降で詳細を説明)
  - 東京臨海部・有明テニスの森: 200m遠方の対向車の検出率が90%以上
  - フェリーふ頭入口: 80m以上遠方の対向車の検出率が大きく低下
  - 認識困難な不調要因の明確化に向けて,  
 画像・点群のいずれを重視しているか, 注目箇所の分析手法の検討
- 今後の予定
  - 複数シナリオの評価結果分析



BEV fusionによるEarly fusionモデル

↓ 検出評価



青梅交差点 (昨年度設定した交差点)      フェリーふ頭入口 (見通しの悪い交差点)      有明テニスの森 (見通しの良い交差点)

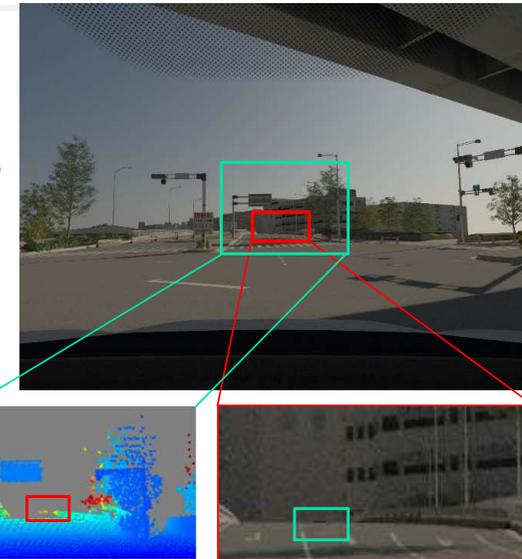
交差点	右折待機車	時刻・天候	枚数
青梅交差点	なし	14時	6000
	あり(トラック)	晴天・雨天	6000
フェリーふ頭入口	なし		6600
	あり(トラック)		6600
有明テニスの森	なし		4200
	あり(トラック)		4200

## (2)死角を伴う環境下における安全性評価指標の検討

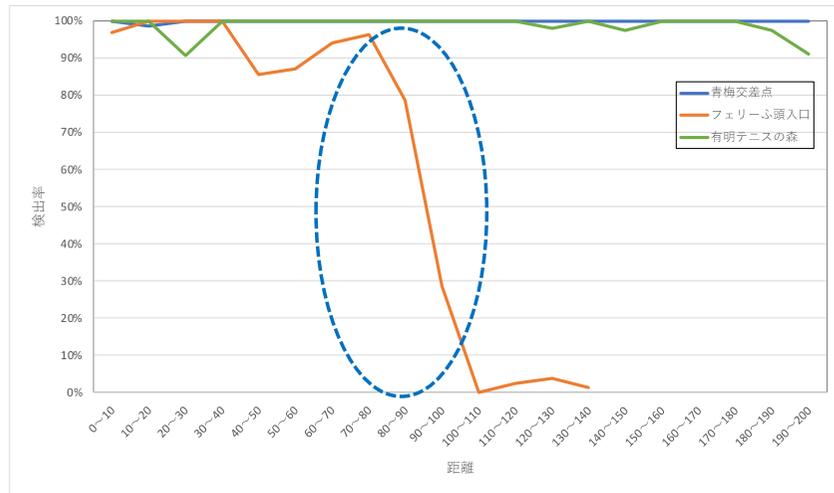
### B.深層学習を用いたLiDAR・カメラのセンサフュージョンによる物体認識モデルの精度向上

#### ■ Early fusionモデルによる各交差点での検出率の比較

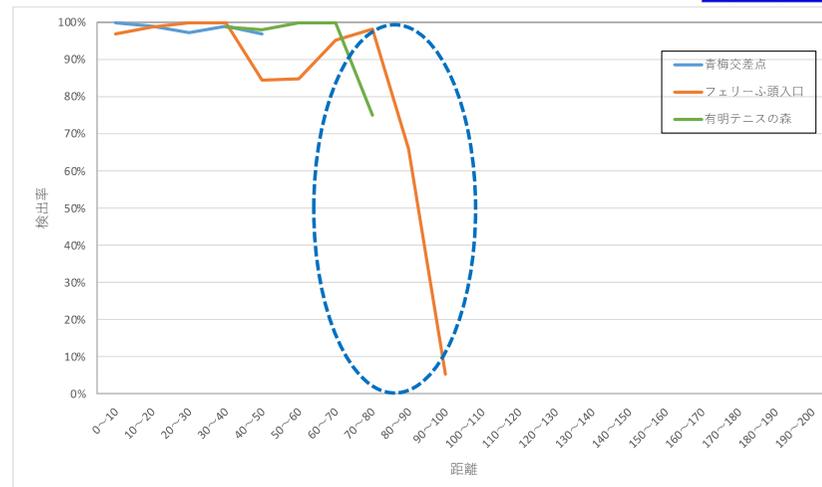
- 東京臨海部および有明テニスの森では、**200m遠方の対向車の検出率が90%以上**
  - 右折待機車なしの「見通しの良い」場合
- フェリーふ頭入口では**80m以上遠方**の対向車の検出率が大きく低下
  - やや上り坂かつカーブで車の一部しか見えないことが原因(視認できないケース)
  - 認識の観点での安全性評価には3次元的な死角の発生度合いも考慮すべき
- 今後の詳細な分析(遮蔽率との関係)に向けて分析手法を検討



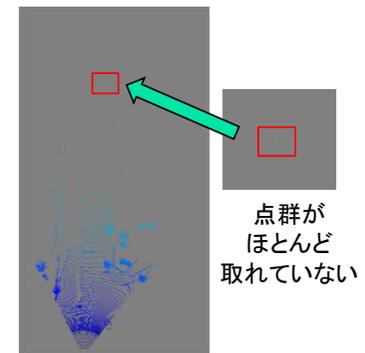
右折待機車なし



右折待機車あり



対向車の一部のみ視認可能  
(180m程度)



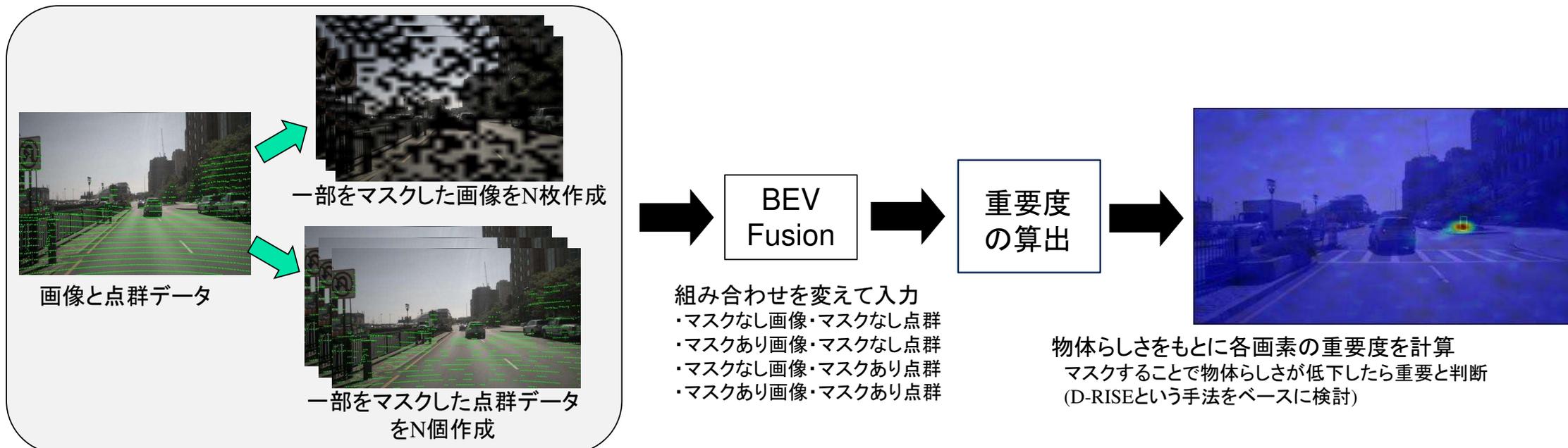
俯瞰視点

点群が  
ほとんど  
取れていない

## (2) 死角を伴う環境下における安全性評価指標の検討

### 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

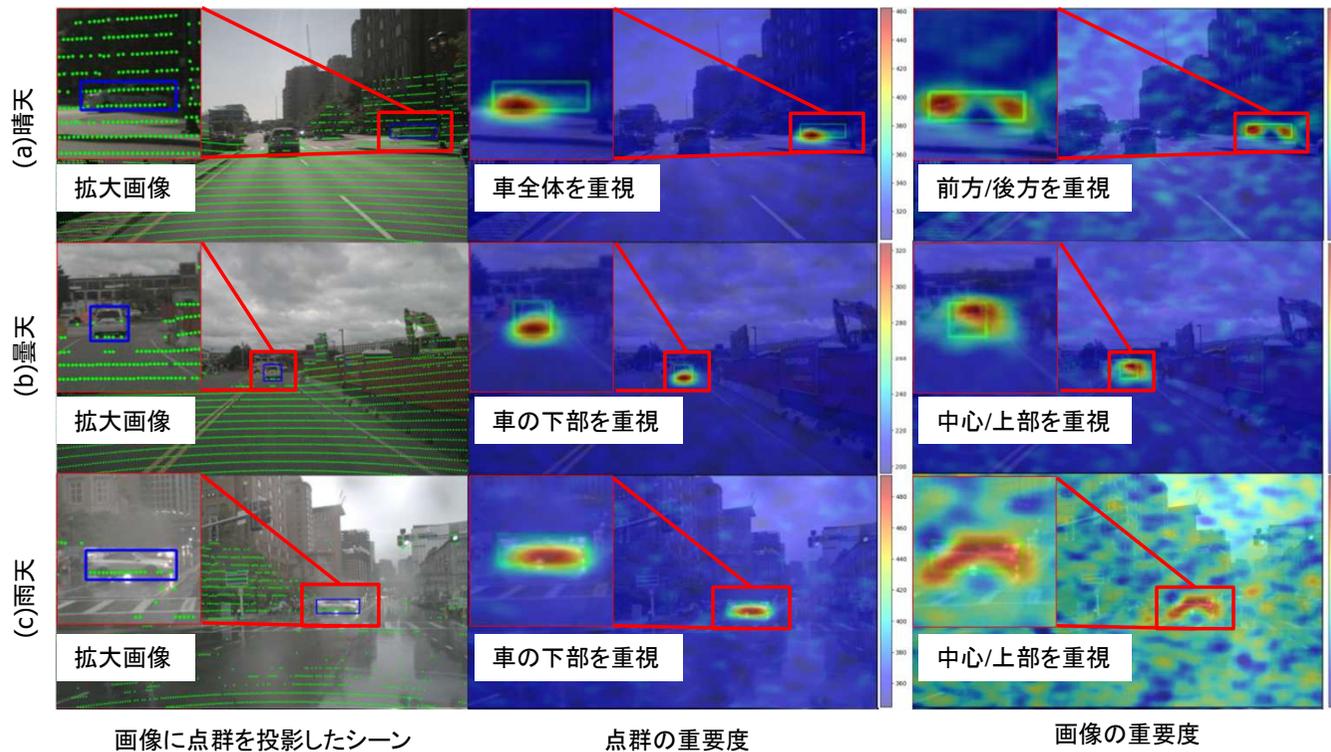
- 画像・点群のいずれを重視しているか、注目箇所の分析手法の検討
  - Late fusionを行うことで、見通しの良い場合、200m遠方の物体を90%以上検出できることがわかった
  - 一方で死角の発生状況によっては大幅な認識率の低下が起きる
    - 認識率がどの程度低下するのかを予め予測するための検討が必要(認識困難な不調要因の明確化)
- 検出時における物体の**注目箇所**を得ることで、**検出できる条件やできない条件を把握**できるか検討
  - 画像と点群のいずれを重視しているかを、各天候(晴天・雨天)や右折車の有無ごとに確認する



## (2) 死角を伴う環境下における安全性評価指標の検討

### 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

- 画像・点群のいずれを重視しているか、注目箇所の分析手法の検討
  - 一般的なデータセット(NuScenes)における検出した物体の注視領域



点群の重要度について  
 物体の点群が多い箇所を重視  
 晴天時：車両全体  
 曇天時，雨天時：車両の下部

画像の重要度について  
 物体の点群が少ない箇所を重視  
 晴天時：車両前方または後方  
 曇天時，雨天時：車両の中心から上部



点群が欠落している箇所を画像情報で補間

今後：DIVPシミュレータのデータで調査

# 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											