



令和5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.



0

金沢大学 高度モビリティ研究所 / 中部大学機械知覚&ロボティクスグループ

Confidential

# 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

# 2023年度実施内容の整理

\*Continuous Integration

【本日の主な報告】  
赤字箇所のご報告

安全性評価環境の効果的な展開

RoAD<sup>to the</sup>L4 など

## (i) CI\*環境の構築



- (a) クラウド環境への実ADシステム接続(金沢大)
- (b) 認識性能モデルの構築(金沢大)
- (c) 歩行者,自転車に対する安全性評価指標の検討(中部大)

AD-URBAN

ADシステムの高度化

## (ii) 認識モデルの構築

- (a) 死角認識技術の構築(金沢大)
- (b) イメージングレーダ認識技術の構築(金沢大)
- (c) Early Fusion認識モデルの構築(中部大)
- (d) 緊急車両認識モデルの構築(中部大)

AD-URBAN  
プロジェクト  
実施内容

ADシステムの課題提示

## (iii) 実証データ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

- (a) 実証データを用いた評価シナリオ作成(金沢大)
- (b) シミュレータを用いた危険シナリオの評価(金沢大)
- (c) 緊急車両遭遇シナリオの効率的な抽出(金沢大)



# (i) 「CI\*環境の構築」

Team2と連携

\*Continuous Integration

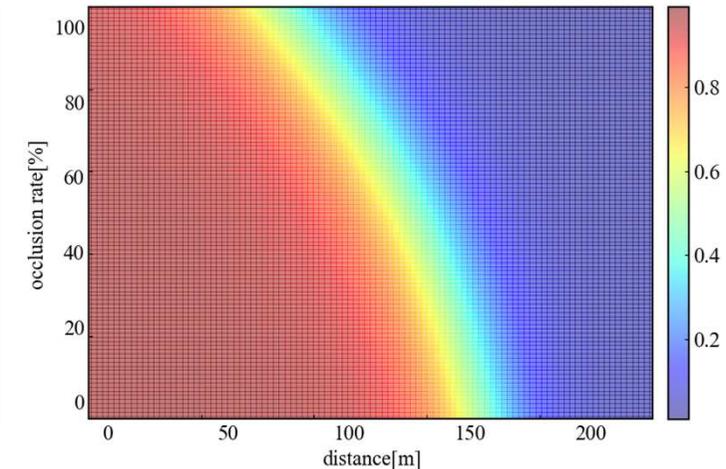
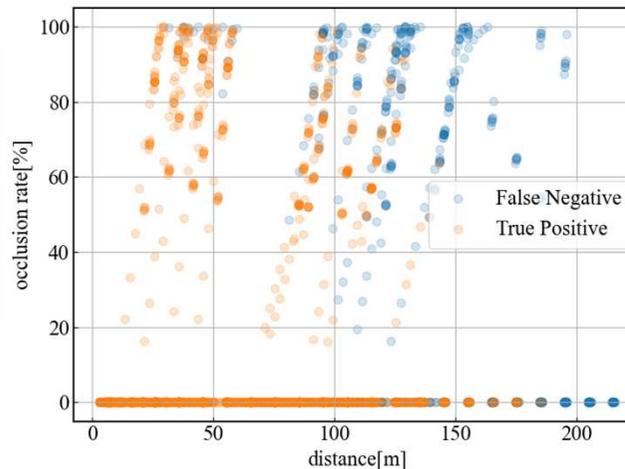
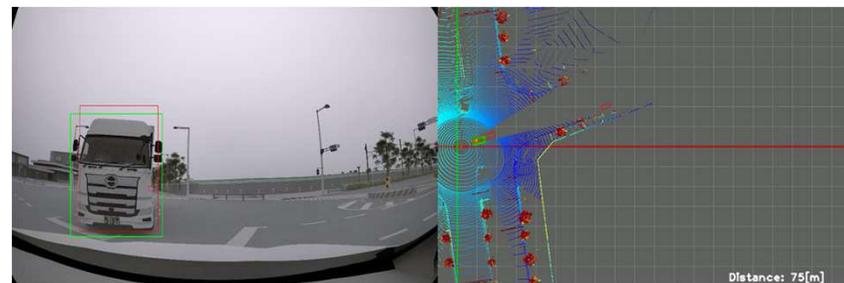


- 2-stage評価による効率的な評価
  - 認識性能評価結果をモデル化し(1<sup>st</sup>-stage),
  - プランナ機能の実時間評価を可能とする(2<sup>nd</sup>-stage)

# (i) 「CI環境の構築」の進捗状況

## (b) 認識性能モデルの構築(金沢大)

- 2<sup>nd</sup>-stage評価に向けた認識性能のモデル化手法について検討中
  - 基礎検討として、特定シナリオ下における周辺物体の認識状態をモデル化
  - 複数のモデル化手法(回帰分析, 深層学習)について検討中
- パターンを振りながらデータを生成して条件における認識状態をモデル化
  - 対象物体までの距離, 物体サイズ, 画像内でのサイズ, 点群数, 物体種類・色など
  - 天候(通常・夕方・降雨など)・遮蔽率など



昨年度の連携にて構築した交差点接近車両のシナリオにおけるLiDAR/カメラデータ

交差点接近シナリオにおけるLiDARの物体認識データ  
(縦軸: 隠れ率, 横軸: 距離) → 不足領域のデータ生成が必要

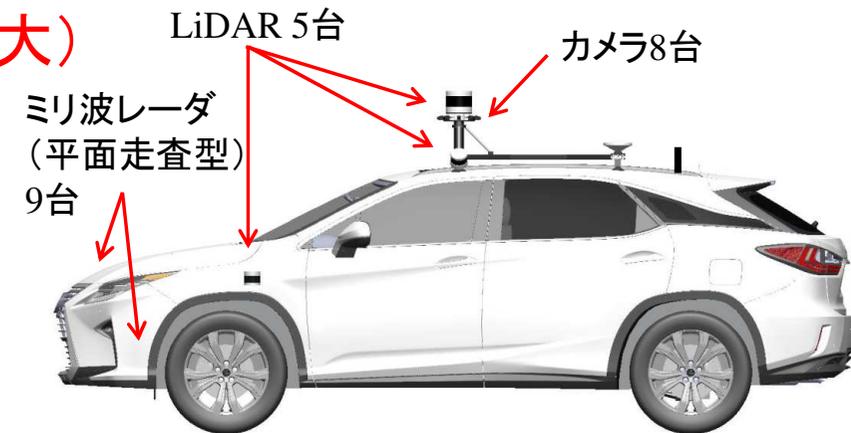
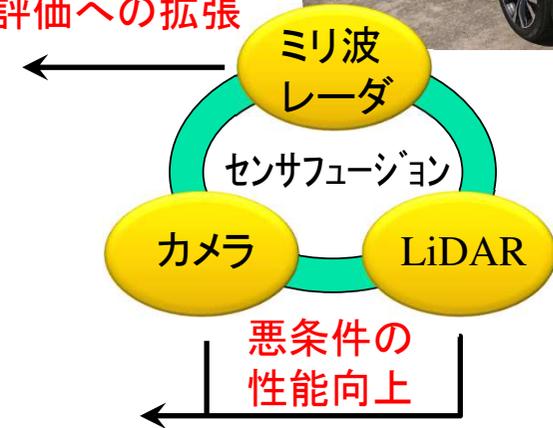
回帰分析により構築した距離・隠れ率によるLiDAR認識率モデル(検討段階)

## (ii) 「認識モデルの構築」

- これまでの取り組み 
  - LiDAR, カメラ, レーダを用いた物体認識技術
    - レーダ: 従来の平面走査型タイプを使用
  - 交差点右折時の安全性評価
    - Late Fusion技術による認識性能評価
- 本事業での取り組み
  - (a) 死角認識技術の構築(金沢大)
    - 見通しの悪い交差点の通過判断性能の向上に向けた検討
  - (b) イメージングレーダ認識技術の構築(金沢大)
    - 最新のレーダを用いた認識能力の向上
  - (c) Early Fusionモデルの構築(中部大)
    - 悪条件下における精度向上
  - (d) 緊急車両認識モデルの構築(中部大)
    - 仮想環境を活用した認識モデルの精度向上



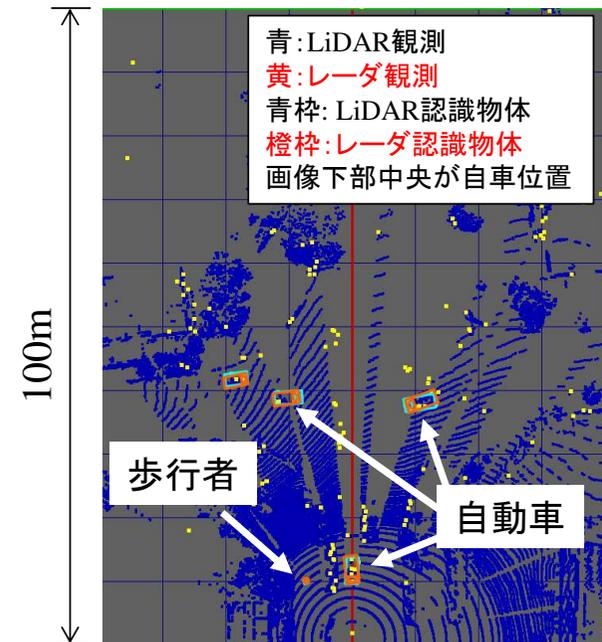
マルチセンサ  
評価への拡張



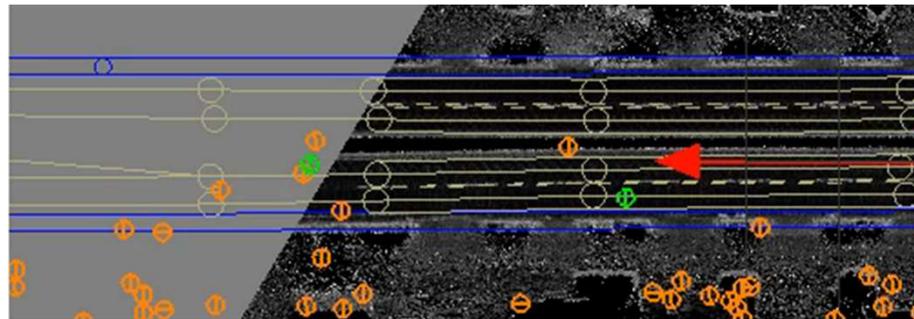
## (ii) 「認識モデルの構築」の進捗状況

### (b) イメージングレーダ認識技術の構築(金沢大)

- 複数のイメージングレーダを設置した全方位計測環境を構築
  - 遠距離物体を安定的に観測可能であることを確認
    - 300m先の物体も観測可能
- 物体認識アルゴリズムの基礎検討
  - 深層学習による周辺物体の位置・サイズ・種別の認識(前回報告)
    - 近距離では概ねLiDARと似た認識結果が得られそうであることを確認
    - 現在, LiDARの物体認識結果を教師データとするデータセットを構築中
  - 遠距離の移動物体の追跡処理の検討
    - 観測点群の時系列情報から移動物体の運動状態を推定
    - LiDARや平面走査型のレーダよりも早期検出を確認



6 遠距離対向車の追跡状態を検証



↑ 自車から200m先

橙: 追跡候補物体  
緑: 追跡物体

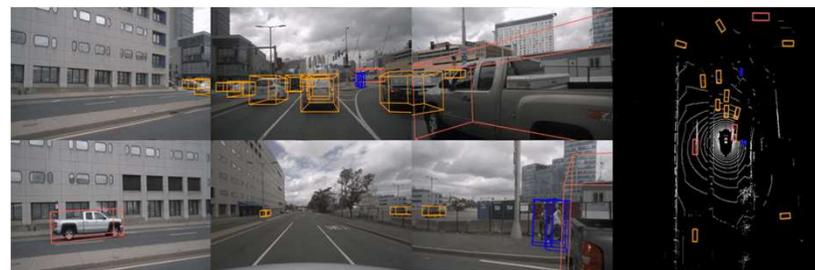
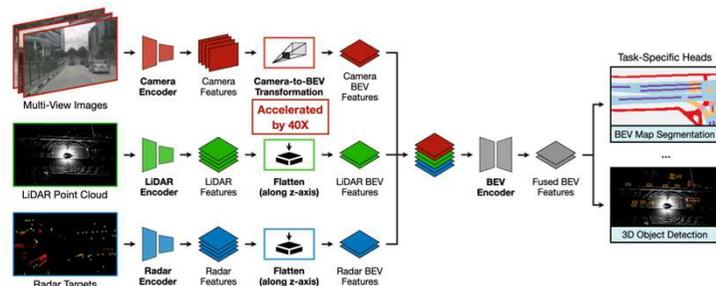
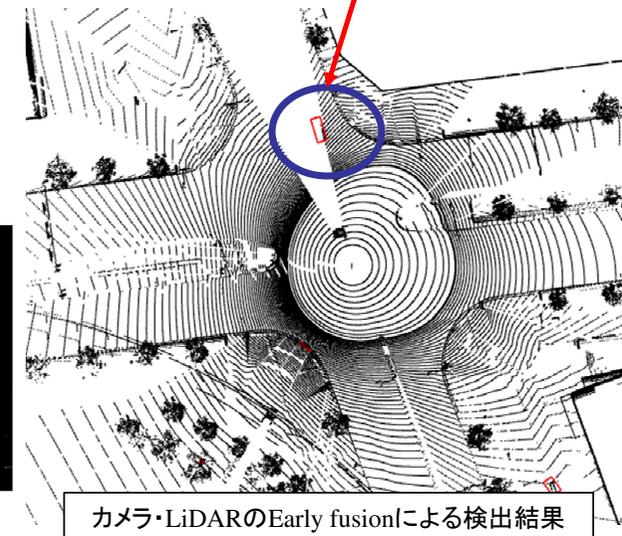
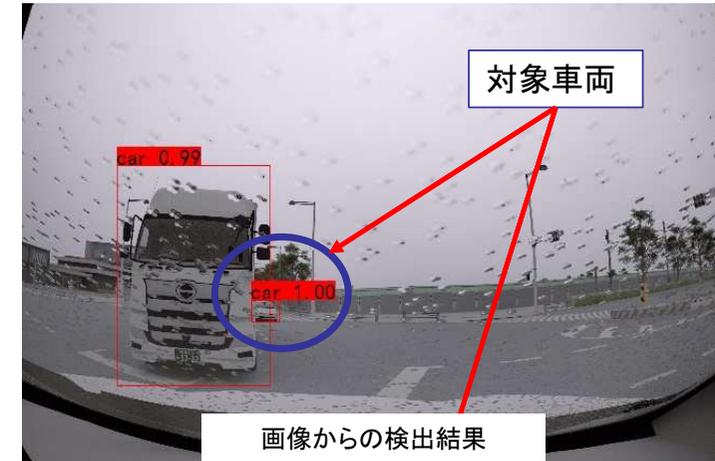
↑ 自車から100m先

深層学習による物体認識の例

# (ii) 「認識モデルの構築」の進捗状況

## (c) Early Fusionモデルの構築(中部大)

- Late fusionによるカメラ・LiDAR認識結果の融合
  - 死角を伴う環境下における対向車認識性能向上を確認
    - 悪天候(雨天など)時における認識性能の低下が課題
- カメラ・LiDARのEarly fusionモデルの検討
  - BEVfusion[Liu+, ICRA 2023]ベースの手法を検討
    - 俯瞰画像上でLiDARとカメラの特徴量を融合して認識
    - 特徴レベルでの融合により認識性能の向上が期待
  - Early fusionモデルの学習に向けたデータセット構築中
    - 複数のDIVPシミュレータを用いて効率的にデータセットを生成
    - 今後, Early fusionモデルの学習および評価を実施



BEVfusionのサイトより引用

## (iii) 「実証データ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」

### ■ これまでの取り組み

#### ■ 実環境での評価

##### ■ 東京臨海部等における実証実験の実施

- 様々な走行シーンの中で実際にAD車を走行させて評価
- ADシステム開発の効率化手法に関する検討が必要

#### ■ 仮想環境での評価

##### ■ DIVP/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システム「開発後」の安全性評価に特に重要

##### ■ ADシステム開発者目線でのシナリオ評価も必要

### ■ 本事業での取り組み

#### ■ (a) 実証データを用いた評価シナリオ作成(金沢大)

- 個別ADシステムが苦手とするシーンの再評価

#### ■ (b) シミュレータを用いた危険シナリオの評価(金沢大)

- 人為的に発生させた危険な走行シーン

#### ■ (c) 緊急車両遭遇シナリオの効率的な抽出(金沢大)

- 遭遇頻度が稀な緊急車両遭遇シナリオの抽出



実環境での評価



仮想実環境での評価



# (iii) 「実証データ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」 の進捗状況, (b) シミュレータを用いた危険シナリオの評価(金沢大)

Team1と連携

\* Head Mount Display \*\* Minimum Risk Maneuver

- AD開発者目線で評価したいシナリオ
  - 実環境で課題のあったシナリオ(前回報告)
  - 人為的に発生させた危険シナリオ
- 人為的な危険シナリオ発生シミュレーターの構築
  - 自動車の危険な挙動の再現
    - 「ぶつかろう」とする挙動, 急な割り込みなどの再現
    - モーションプラットフォームの活用
  - 歩行者・自転車の危険な挙動の再現
    - 急な飛び出し, 「よろけ」の挙動など
    - モーションキャプチャ・ジョイスティック・HMD\*の活用
- 仮想環境におけるAD評価環境の構築
  - 複数のプラットフォームの連携
    - モーションプラットフォーム, モーションキャプチャ, ジョイスティック
    - 自動運転システム, 実証データから収集したシナリオ
  - 現状:制作中, 1月下旬頃を目途に構築完了予定
- 安全かつ効率的なADシステムの評価環境の構築
  - Team1と連携し, 実証データを活用したシナリオ評価手法について継続検討中

