



Kanazawa University

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」
FY2024のAD-URBAN*の取り組み概要及び進捗状況について

AD-URBAN

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



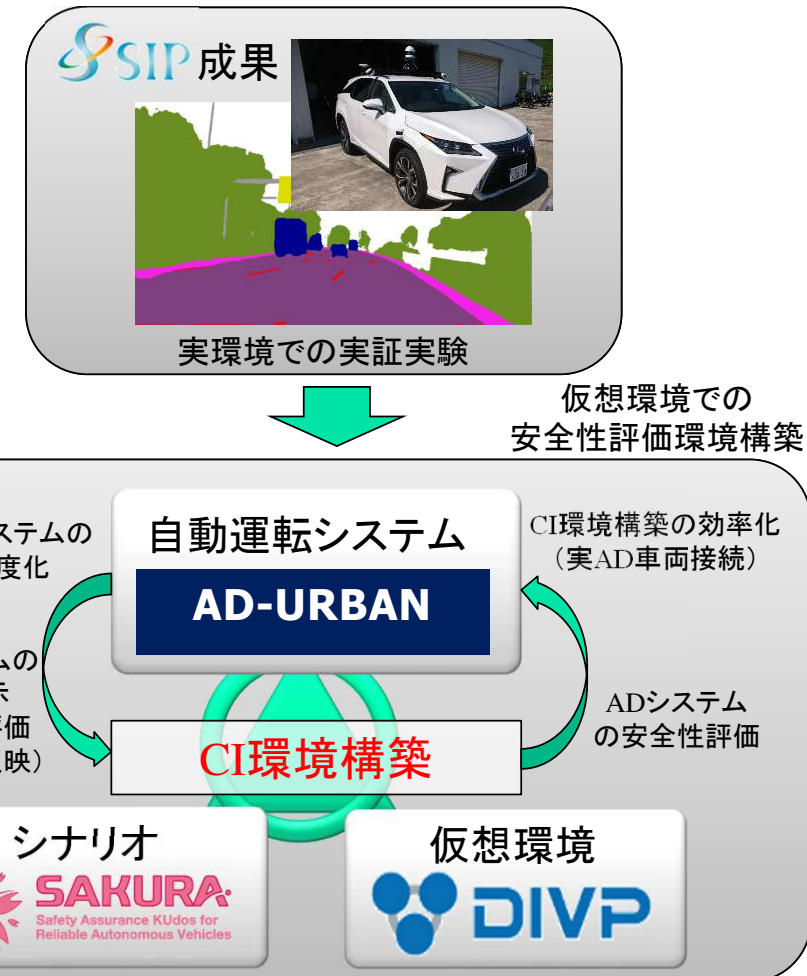
実施目的とAD-URBANプロジェクトの位置付け

■ 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



*Continuous Integration

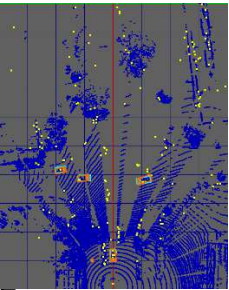
2024年度の実施概要

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

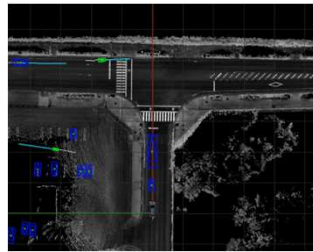
AD-URBAN



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



(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

【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

(1)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(1st-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(2nd-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

(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

■ 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

■ イメージングレーダの計測環境の構築・認識アルゴリズムの検討

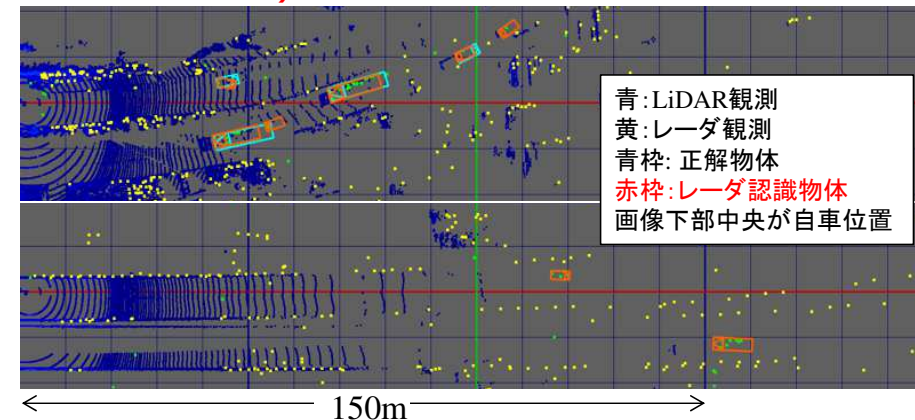
- 複数のイメージングレーダを設置した全方位計測環境を構築
- 物体認識アルゴリズムの基礎検討
 - 観測点群の時系列情報から遠距離移動物体の運動状態を推定
 - 深層学習による周辺物体の位置・サイズ・種別の認識
 - イメージングレーダの観測点群と事前情報(デジタル地図)を活用した認識アルゴリズムを開発
(IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2024でBest Paper Awardsを受賞)

■ 昨年度の成果概要

- 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物体認識の評価・課題整理
 - 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

■ 2025年度の最終成果目標

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



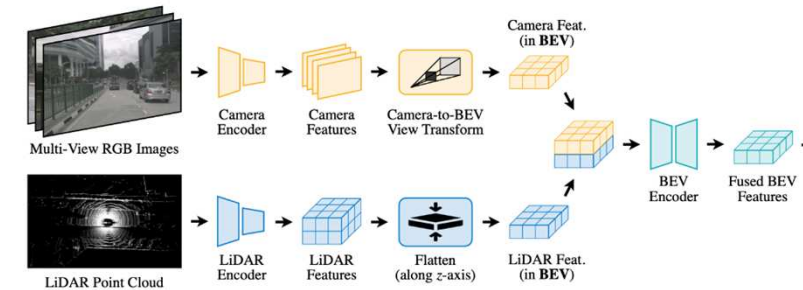
遠距離車両の認識の様子(画像左端が自車両)

(1)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

■ 2024年度取り組み

- カメラ・LiDARのEarly fusionによる成果(2023年度)
 - 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:有効性の確認
 - 青梅交差点以外のシナリオでの検証が不可欠
- 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
 - 複数のシナリオをDIVPシミュレータにて作成中
 - Early fusionモデルの精度向上に向けたアルゴリズムを検討中



BEV fusionによるEarly fusionモデル

↓ 検出評価



複数シナリオを作成

■ 2025年度の最終成果

- Early fusionモデルの社会実装に向けた課題を明確化
 - 環境に合わせてどのセンサを優先するか
 - センサの組み合わせによる限界

(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

■ 2024年度取り組み

■ 仮想環境による2-stage安全性評価

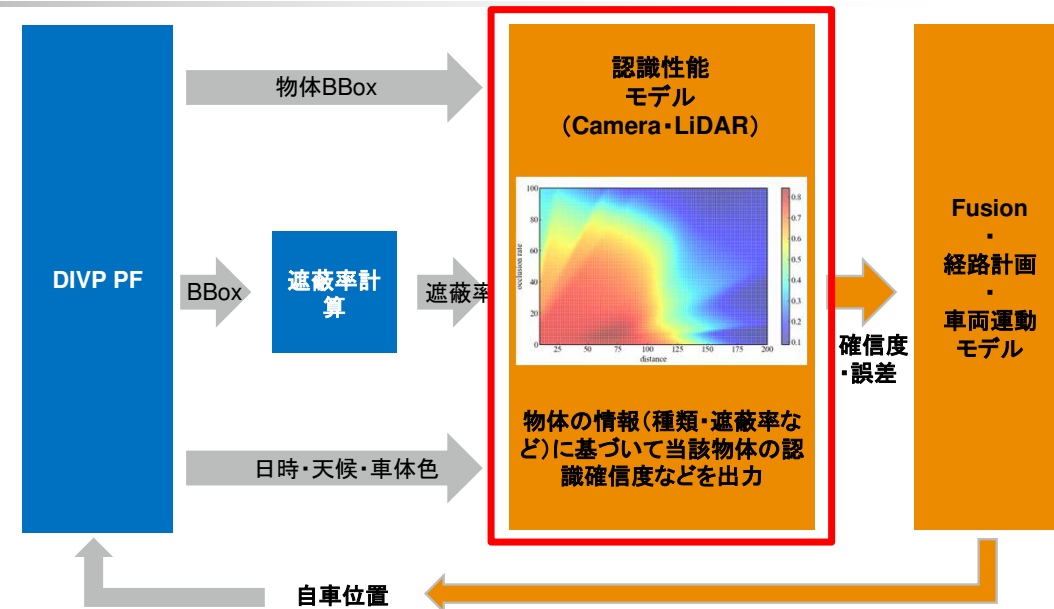
- 1st-stage: 仮想環境を用いた認識性能モデルの開発
 - 任意の認識結果(確信度)の誤差モデル構築
- 2nd-stage: 認識性能モデルを用いたADシステムの安全性検証
 - 1st-stageで構築した認識性能モデルを活用

■ 昨年度の成果概要

- 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

■ 2025年度の最終成果目標

- 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
- 安全性評価検証の対象地域拡張と歩行者混在環境での検証
 - 現在の取組状況については後述いたします



(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

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

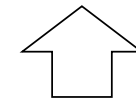
- 歩行者の安全性評価指標の検討(2023年度)
 - 歩行者までの距離と遮蔽率に対する限界性能評価を実施
 - 歩行者の服の色が道路と同色である場合, 検出率が低下
- 現状の課題: 有効性の確認
 - 検出アルゴリズムによる影響の評価が不可欠
- 今年度の目標
 - 3種類の代表的な物体検出アルゴリズムの限界性能評価
 - 安全性評価指標について検討
- 進捗状況
 - 物体検出アルゴリズムの環境構築
 - 属性の異なる歩行者の評価データを作成中

■ 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 v8
DETR
CenterNet

(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

■ 2024年度取り組み

- 目的
 - ADシステム開発者目線での仮想環境の有効活用
- 昨年度の成果概要
 - 自車周辺のコンクリートシナリオを自動抽出する技術を開発
 - 手動運転車が危険な走行を行う挙動を生成可能な環境の構築
- 今年度の目標
 - 昨年度開発したツールを有効活用し、仮想環境および実環境の双方を用いた実証実験を実施
 - 平均走行持続可能距離20kmの達成しつつ、ADシステムに発生しうる課題を共有

■ 2025年度の最終成果

- 仮想環境を活用した安全かつ効率的なADシステムの開発・安全性評価手法の提案





今年度の進捗状況等について

- 4月～6月の進捗状況について
 - (2)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」
 - 認識性能モデルの評価状況, 性能改善状況等について
- 研究成果の発信について
 - IEEE Intelligent Vehicles Symposium
 - 自動運転分野におけるトップカンファレンスでBest Paper Awardを受賞
 - 招待講演の予定
 - インドネシア情報通信省(KOMINFO)主催のASEAN関連会議での講演

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(1st-stage),
 - プランナ機能の実時間評価を可能とする(2nd-stage)

(2) 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(4月～6月の進捗)

■ CI環境を用いた昨年度の検証結果概要

■ 1st-stage評価

■ カメラ・LiDARの認識モデルを構築

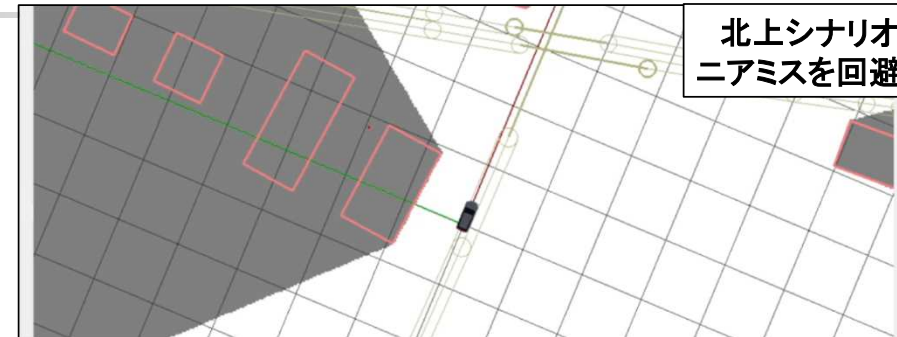
- 任意の認識アルゴリズムが出力する認識確信度などをモデル化
- 主に遮蔽率と距離(又は画像サイズ)から確信度を出力するモデルを構築

■ 2nd-stage評価

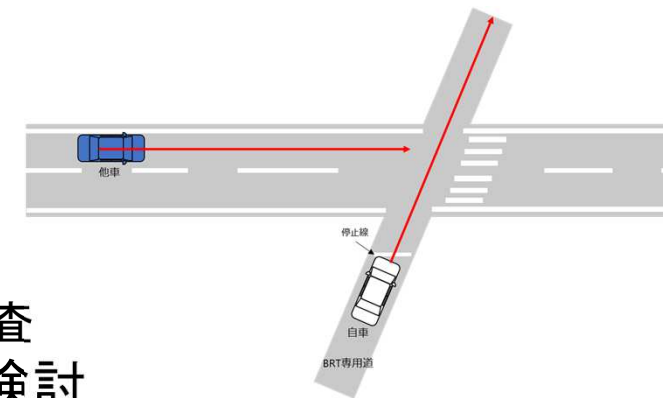
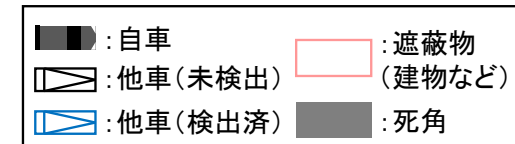
- 認識性能モデルによりシミュレーション環境内の物体の認識状態を近似的に再現
 - 出力された各物体の認識状態に応じて車両挙動をプランニング
- 特定の交差点通過シーンを対象として安全性を評価
 - 異なる走行条件でのPET(交差点通過時間差)を評価

■ 現在の取り組み

- 構築した認識性能モデルの性能改善・課題調査
 - モデルが出力する認識確信度の誤差の面で課題となるシーンを調査
- 歩行者などの認識性能モデル拡張に向けたデータ仕様の検討



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)



昨年度検証した交差点走行シナリオの例

(2) 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(4月～6月の進捗)

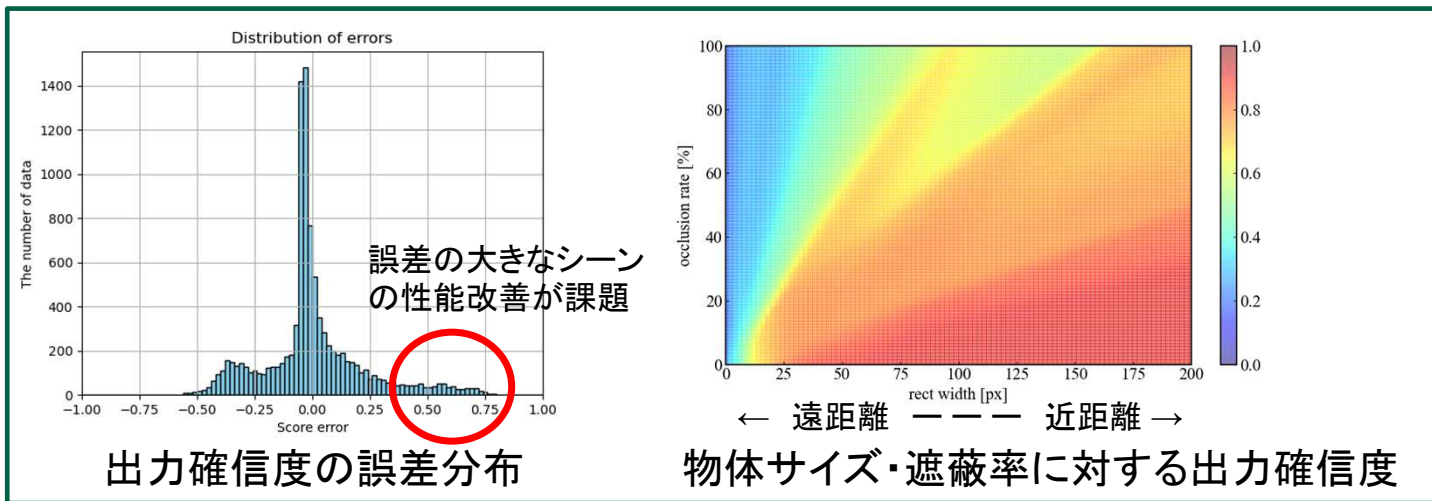
■ 現状の認識性能モデルの回帰性能の評価(カメラに関して報告)

■ 構築している認識性能モデル

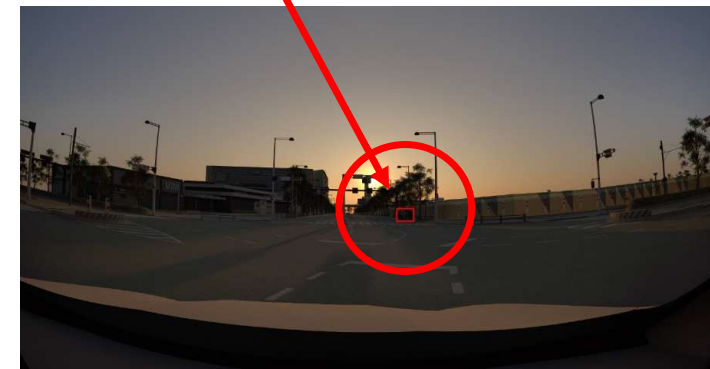
- 仮想環境のデータ生成時の環境条件(天候等)や位置関係・遮蔽状態などから対象とする認識アルゴリズムの出力結果を学習
- 入力情報: カメラ内での物体サイズ, 物体姿勢角, 遮蔽率, 天候
- 出力情報: 認識確信度, 画像内で認識した物体矩形枠の位置・サイズ誤差

■ 昨年度構築したデータでの評価結果

- 平均絶対値誤差0.149



代表的な課題例: 暗い領域の不鮮明な車など隠れ状態・位置関係だけでは考慮ができないシーンの性能には改善の余地がある



正解確信度: 0.135
出力確信度: 0.903

AD-URBANの取り組み, 研究成果の成果発進について

■ 研究成果の発表

- IEEE Intelligent Vehicles Symposium
(6/2~5に韓国, チェジュで開催)での研究発表
 - イメージングレーダの周辺物体認識の研究成果
 - Best Paper Awardsを受賞



■ 招待講演の予定

- インドネシア情報通信省 (KOMINFO) 主催のASEAN関連会議での講演
(7/4にインドネシア, ジョグジャカルタで開催)
 - Regional Workshop Regulatory Pilot Space (RPS) to Facilitate Cross-Border Digital Data Flows to Enabling Self-Driving Car in ASEAN
 - ASEAN地域での自動運転のデジタルデータフローの促進に関するワークショップ

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													
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		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 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													
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) 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)									1st-Stage: 認識モデル性能検証 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									