

# 安全性評価基盤検討TF

Team2 進捗状況

2023/12/18



AD-URBAN



Team2では、シミュレーションを用いた自動運転安全性評価環境である2-Stage評価を構築し、Team1から得たシナリオとAD-URBAN自動運転システムに対し安全性評価の実証検証を実施する。

## Team2の役割

目指す姿 ■ 自動運転技術導入に対する地域ニーズ ■ サービス向上にむけた一般道対応等のODD拡張 ■ オーナーカーの自動運転技術のレベルアップ



成果の発信



プロジェクト間の連携を通じた  
安全性評価基盤の構築



基盤開発を支える  
要素技術の開発

### Team0

- 各地域実証やOEMとの連携によるニーズ・UCの収集
- 研究成果に基づく地域実装者や技術開発者への発信

### Team1

- UCに基づくシナリオと評価指標の検討

SAKURA

シナリオ・評価指標



シナリオモデル生成

### Team2

- Virtual評価結果とシステムの結合による、2-stage評価の確立



Virtual評価結果

AD-URBAN

refシステム

SAKURA

- AD開発動向に応じたシナリオDB更新や安全性評価体制構築



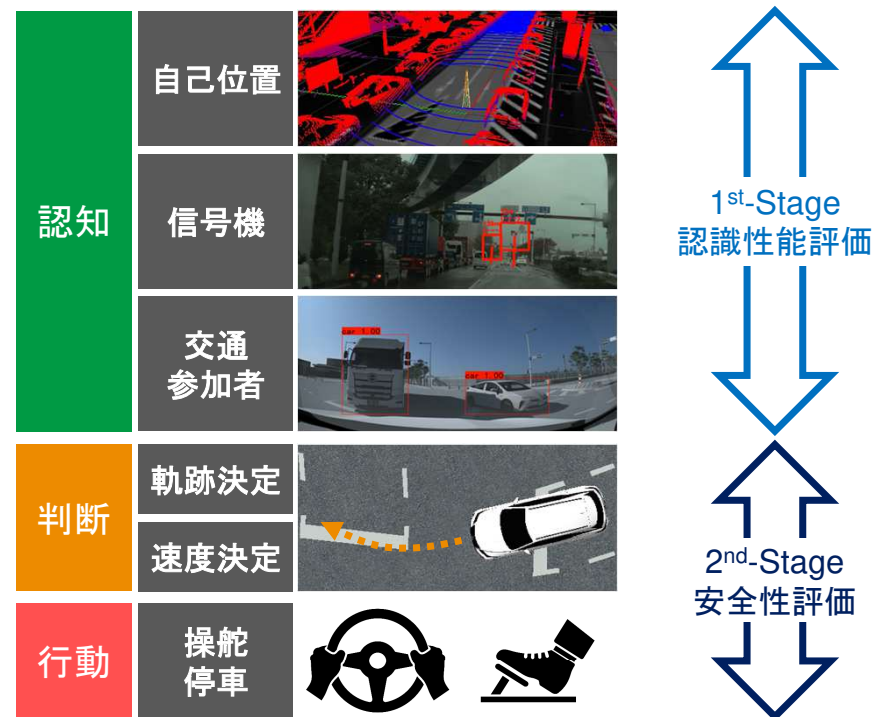
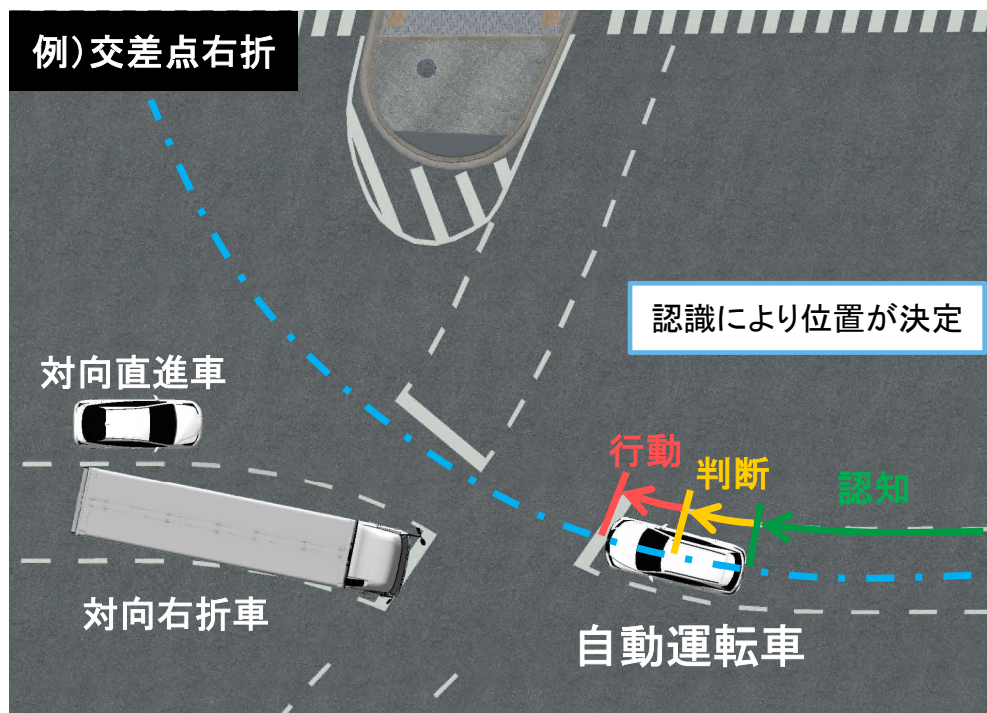
- 安全性評価Sim構築及び2ステージの安全性評価指標の構築

AD-URBAN

- 認識技術、システム制御の研究開発

FY22までに自動運転機能のうち認知機能評価を「1<sup>st</sup>-Stage認識性能評価」、判断・行動機能評価を「2<sup>nd</sup>-Stage安全性評価」と定義し、それらを連携して評価する重要性を示してきた。

## 2-Stage評価の重要性



どこで認知できたのか(認識性能評価)、どこで止まれたのか(安全性評価)を共に評価することが重要

FY23では、各Stageをつなげる重要なモデルとして「認識性能モデル」を定義し、真値Simも活用した2-Stage評価体系の確立を目指す。

## 2-Stage 評価体系と評価指標の確立



「危険なシーン・レアシーン」を含めた網羅的な安全性評価が効率的に実施可能

FY23では、各Stageをつなげる重要なモデルとして「認識性能モデル」を定義し、真値Simも活用した2-Stage評価体系の確立を目指す。

## 2-Stage 評価体系と評価指標の確立



「危険なシーン・レアシーン」を含めた網羅的な安全性評価が効率的に実施可能



# 10月からの認識性能評価に向けて、シミュレーション環境構築と1<sup>st</sup>-Stageシナリオの決定を実施 今回は1<sup>st</sup>-Stageシナリオ内容の詳細についてご報告

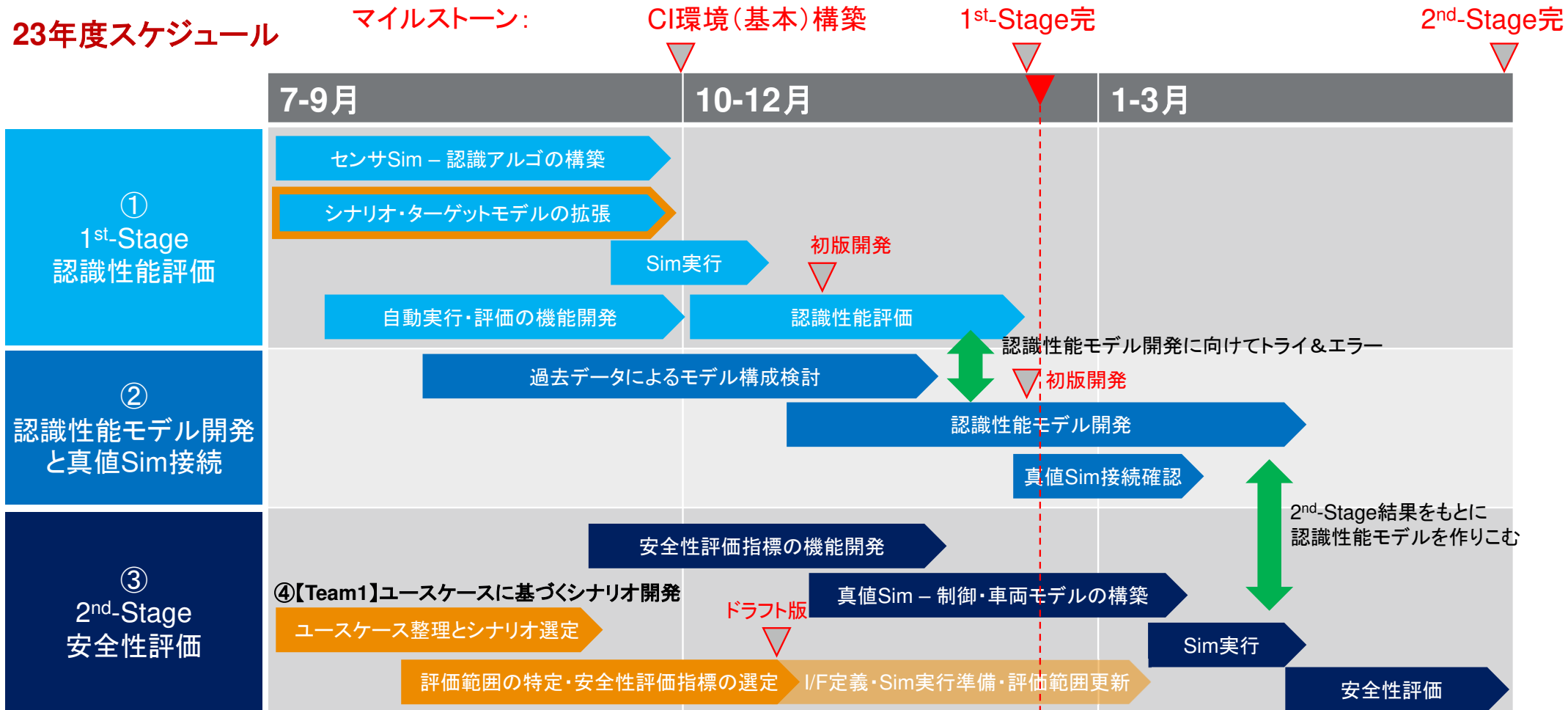
## 2-Stage 評価体系と評価指標の確立



「危険なシーン・レアシーン」を含めた網羅的な安全性評価が効率的に実施可能

## スケジュール通り進行中

### 23年度中に2-Stage評価によるADシステム安全性評価の実績を示す



FY23では、各Stageをつなげる重要なモデルとして「認識性能モデル」を定義し、真値Simも活用した2-Stage評価体系の確立を目指す。

## Team2実施項目

### 2-Stage 評価体系と評価指標の確立



国際標準でも議論が進む、仮想空間によるデジタルツイン検証を世界に先駆け確立



# 9月に定義したセンサ評価のための1st-Stageシナリオに基づき、認識性能を評価 認識アルゴリズムの振る舞いを網羅的に模した認識性能モデルの研究を進めた

## 報告概要

### 1st-Stage評価

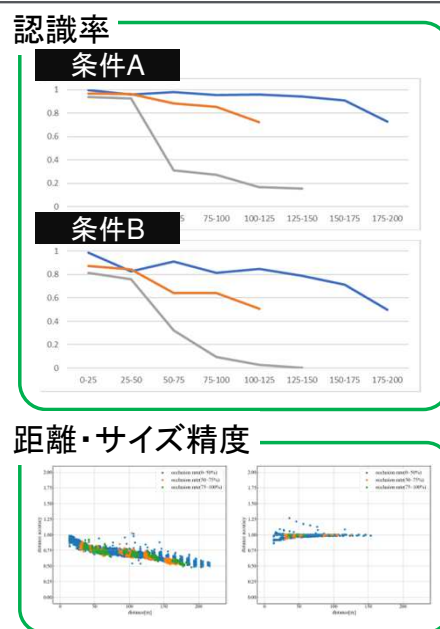
～9月 シナリオ



大項目	小項目	パラメータ範囲
地図	磯坪交差点	点群データを使用
車両	自車	車種 RX450h
	センサ位置	カメラ x8, LiDAR x1 (実車両のセンサ搭載位置)
	他車	タイプ トヨタ プリウス(1種)
	車体色	白・黒・青・黄緑・赤(5色)
日時	過去の 運行実績	12月: 10:30、13:00、15:40
天候	雲量・雨量	晴れ(雲:0%)、曇り(雲:50%)、 雨(雲:100%、雨量:~20mm/h)
配置	自車	停車位置 停止線～侵入(8水準)
	他車	位置 遮蔽率から決定(後述)

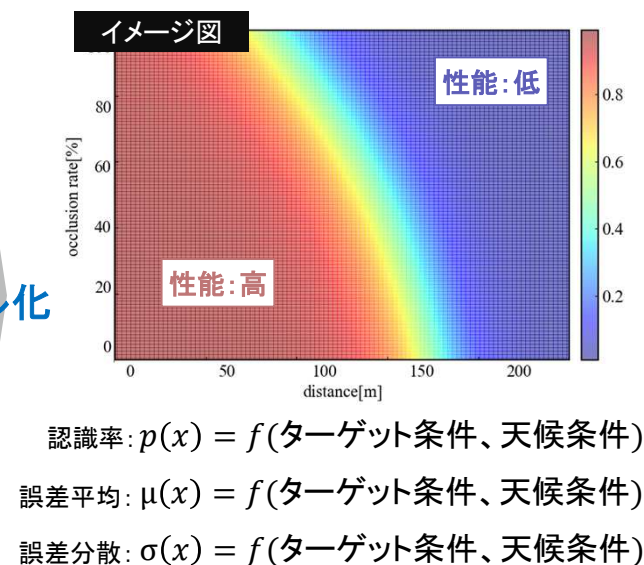
Sim  
実行

10～11月 Sim結果



モデル化

12～1月 認識性能モデル

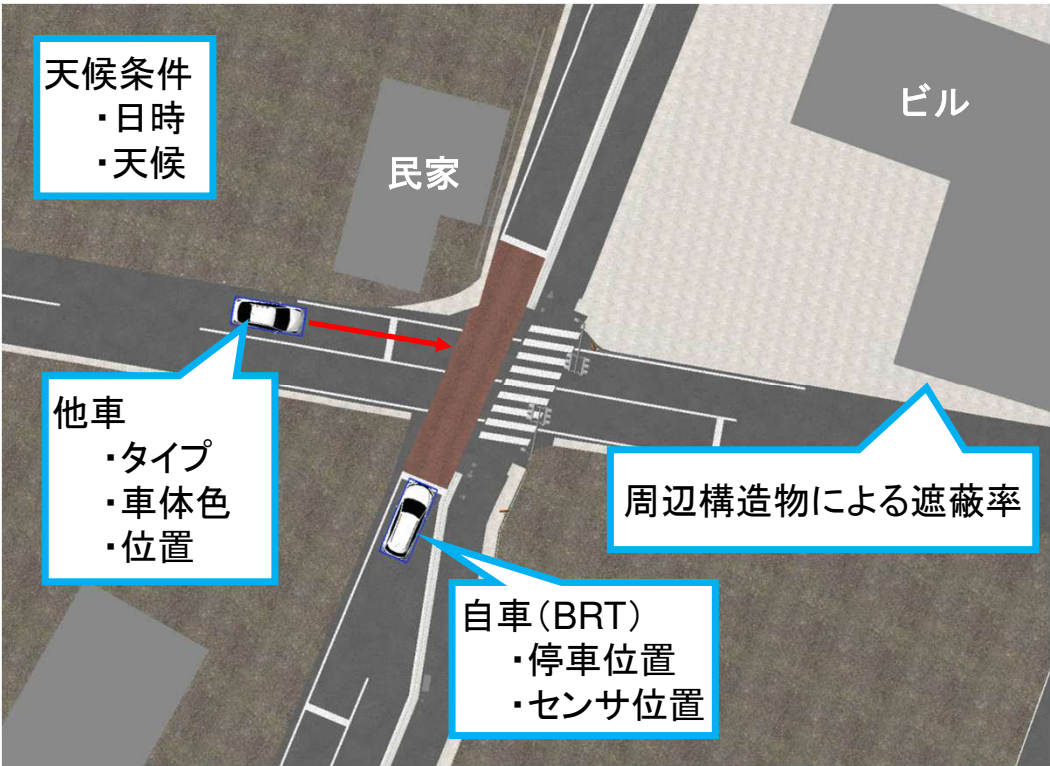


1月～  
2nd-Stage  
評価

## 1st-Stage評価結果を用いた認識性能モデル開発を報告する

交差点の交通状況やひたちBRTの運行時刻により環境条件や交通参加者の条件を決定  
ただし、これら要件だけでは交通参加者の位置について決定できない

1<sup>st</sup>-Stageシナリオの主なパラメータ



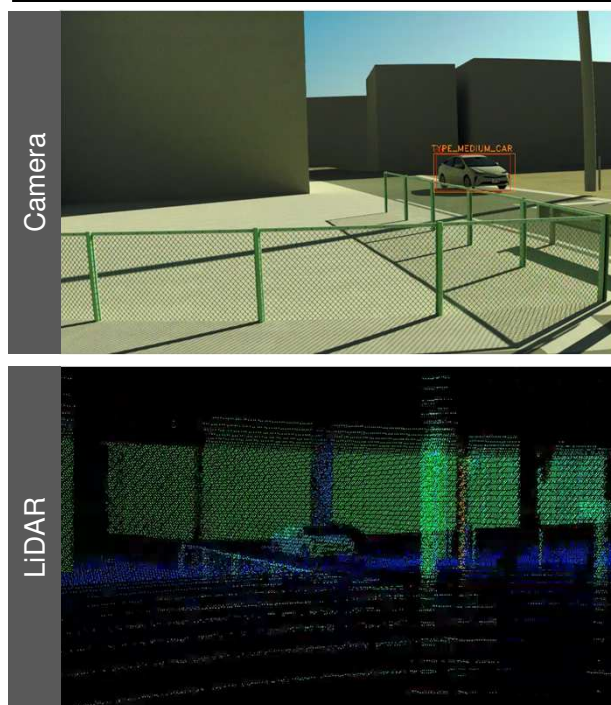
大項目		小項目	パラメータ範囲
地図		磯坪交差点	点群データを使用
車両	自車	車種	RX450h
		センサ位置	カメラ x8, LiDAR x1 (実車両のセンサ搭載位置)
	他車	タイプ	トヨタ プリウス(1種)
		車体色	白・黒・青・黄緑・赤(5色)
日時		過去の 運行実績	12月:10:30、13:00、15:40
天候		雲量・雨量	晴れ(雲:0%)、曇り(雲:50%)、 雨(雲:100%、雨量:20mm/h)
配置	自車	停車位置	遮蔽率0～100%を基準に相対位置 位置を定義(11種類)
	他車	位置	

遮蔽率 11種 x 時間帯 3種 x 天候 3種 x 車体色 5色 = 495シナリオを定義

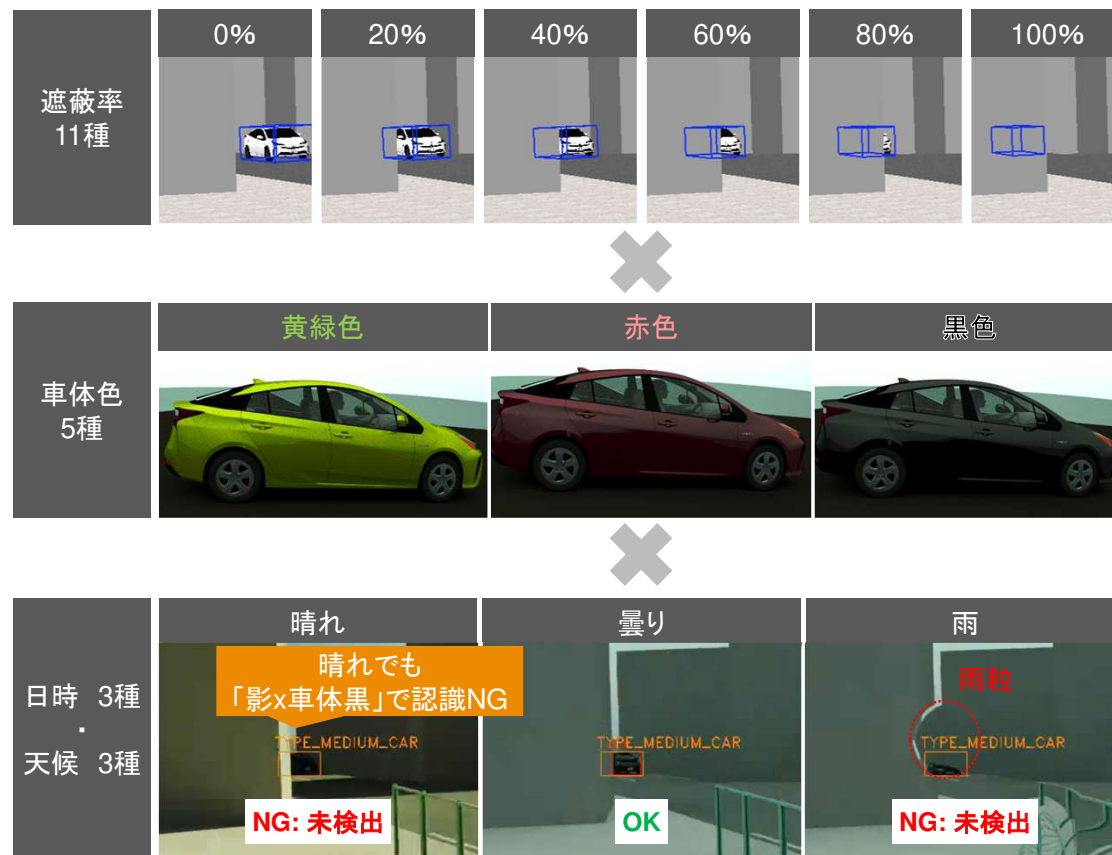
## カメラ・LiDAR・真値のシミュレーションを実行 シナリオ定義に基づき様々な条件のデータを作成

### シミュレーション結果サンプル

例) 遮蔽率:0%、10:30晴、白



495  
条件



※この事例は一般的な画像認識アルゴリズムを使用

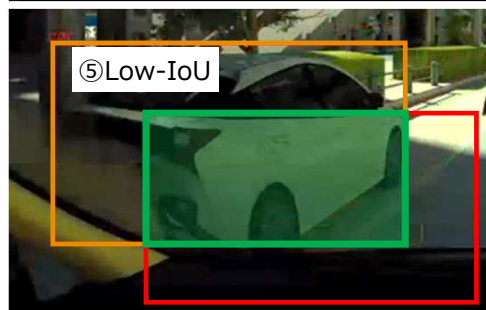
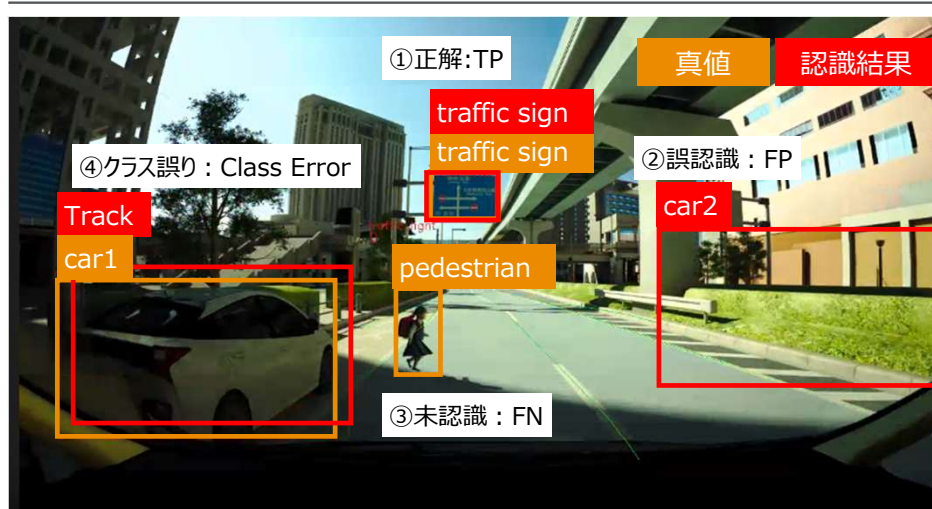
遮蔽率ごとに自車と他社の相対距離を変化させたセンサ出力を算出



# シミュレーション真値と認識結果を比較することで認識性能を評価 学習ネットワークで用いられる評価指標を参考に定量的な評価を行う

## 認識性能の評価指標

認識成否の算出イメージ



$$\text{IoU} = \frac{\text{Green Box}}{\text{Orange Box} + \text{Red Box}}$$

IoUが小さい場合、位置・サイズの誤差が大きい

認識性能の評価指標

評価指標	計算式
認識率 : Accuracy ≡ True Positive※	$Accuracy \equiv TP = \frac{\Sigma(TP_t)}{m}$
誤認識 : False Positive	$FP = \frac{\Sigma(FP_t)}{m}$
未認識 : False Negative	$FN = \frac{\Sigma(FN_t)}{m}$
適合率 : Precision	$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$
再現性 : Recall	$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$
F-measure	$F - measure = \frac{2Precision \times Recall}{Precision + Recall}$

※True Negativeの数が算出できないため同値となる

評価指標を用いて認識性能を定量値で示す



## 各シナリオ認識性能指標を集計することで、認識精度の傾向を解析する

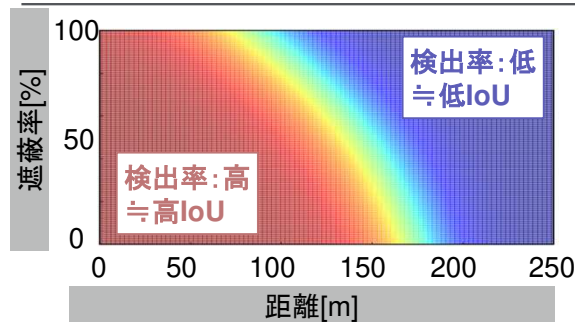
### センサシミュレーション&解析イメージ

遮蔽率:50%、AM、晴れ、白



集計

AM、晴れ、白 集計結果



集計

認識率の学習データセット



シナリオ条件ごとの認識結果を学習することで認識性能モデルを開発

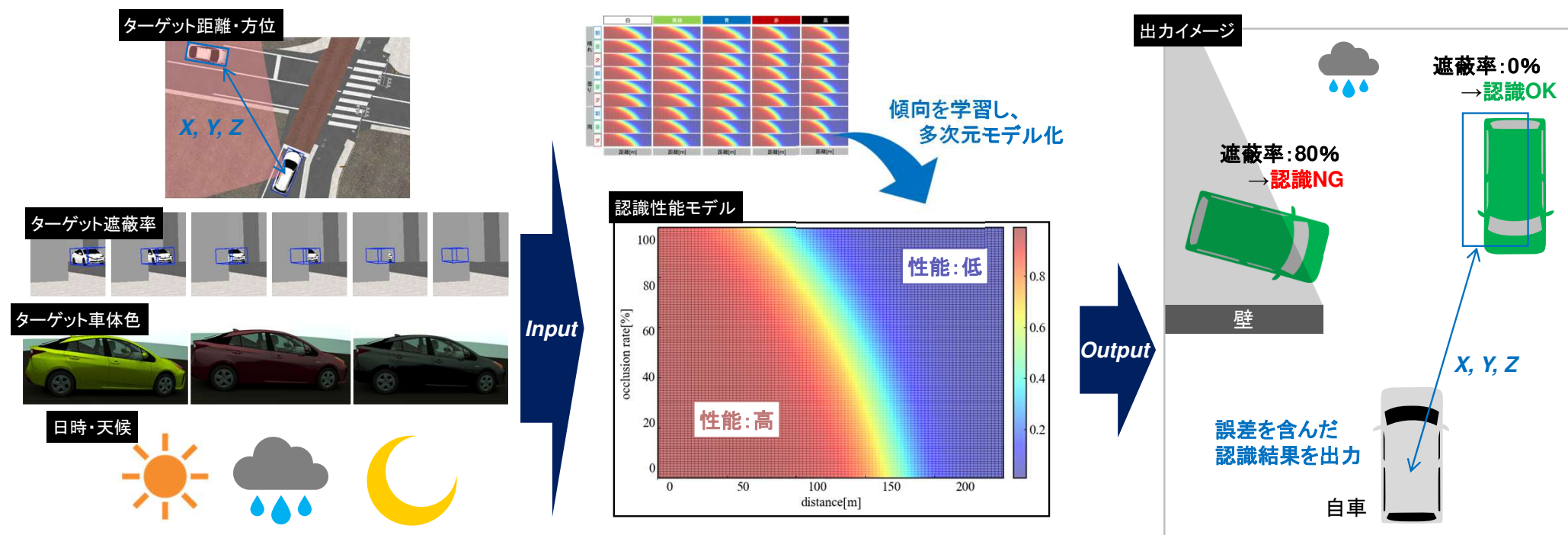
# 認識精度の傾向を学習することで認識性能モデルを開発 シナリオ条件を入力として、認識可否や認識誤差を含んだ認識結果を出力する

## 認識性能モデルの開発

Input: シナリオ条件

認識性能モデル

Output: 認識結果



認識可否を認識性能モデルに縮退することで高速に認識結果をシミュレート可能

今後、認識性能モデルを用いた真値シミュレーション環境を構築し、磯坪交差点シナリオと安全性評価指標に基づくADシステムの安全性評価を実施する

## 24年3月までの計画: 2<sup>nd</sup>-Stage安全性評価

### Team1

12~1月

#### シナリオ定義

交通シナリオ



### Team2

12~1月

#### 2<sup>nd</sup>-Stage構築

真値Sim

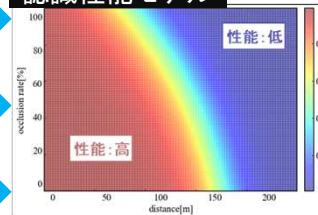


距離

車種・色

天候条件

認識性能モデル



認識結果

制御・車両モデル



1~3月

#### 安全性評価

安全性指標



衝突回避・衝突余裕など

集約

安全性評価結果



高速クローズドループシミュレーション

自車の移動

高速な認識性能モデルにより、認識性能を考慮したADシステムの安全性評価が実施できる



FY23はひたちBRTの具体的な交差点をAD-URBANシステムで評価し、2-Stage評価の確立を目指す  
FY24からはひたちBRTの他交差点など、ユースケースの展開実績を順次拡大していく

## ～25年度 ユースケース拡大スケジュール



24年度からは実証実験で活用できるように2-Stage評価環境の提供を進める

※ RoAD to the L4 Websiteより引用 <https://www.road-to-the-l4.go.jp/>



# END

*Tokyo Odaiba → Virtual Community Ground*

