

# 安全性評価基盤検討TF

Team2 活動成果報告

2024/03/01



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 ■ オナーカーの自動運転技術のレベルアップ



成果の発信

### 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



プロジェクト間の連携を通じた  
安全性評価基盤の構築

### 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

DIVP

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

DIVP

Virtual評価結果

AD-URBAN

refシステム



基盤開発を支える  
要素技術の開発

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

DIVP

- 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

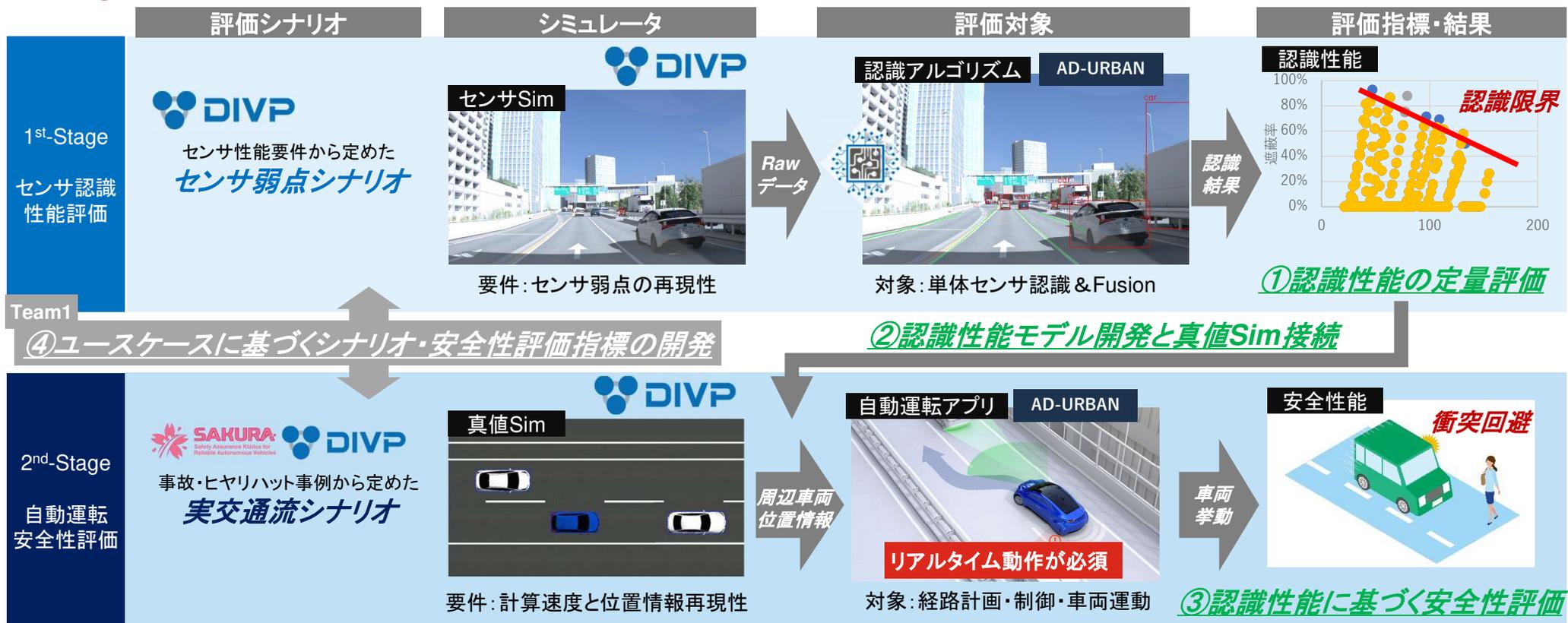
AD-URBAN

- 認識技術、システム制御の研究開発

# 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評価体系を確立

Team2実施項目

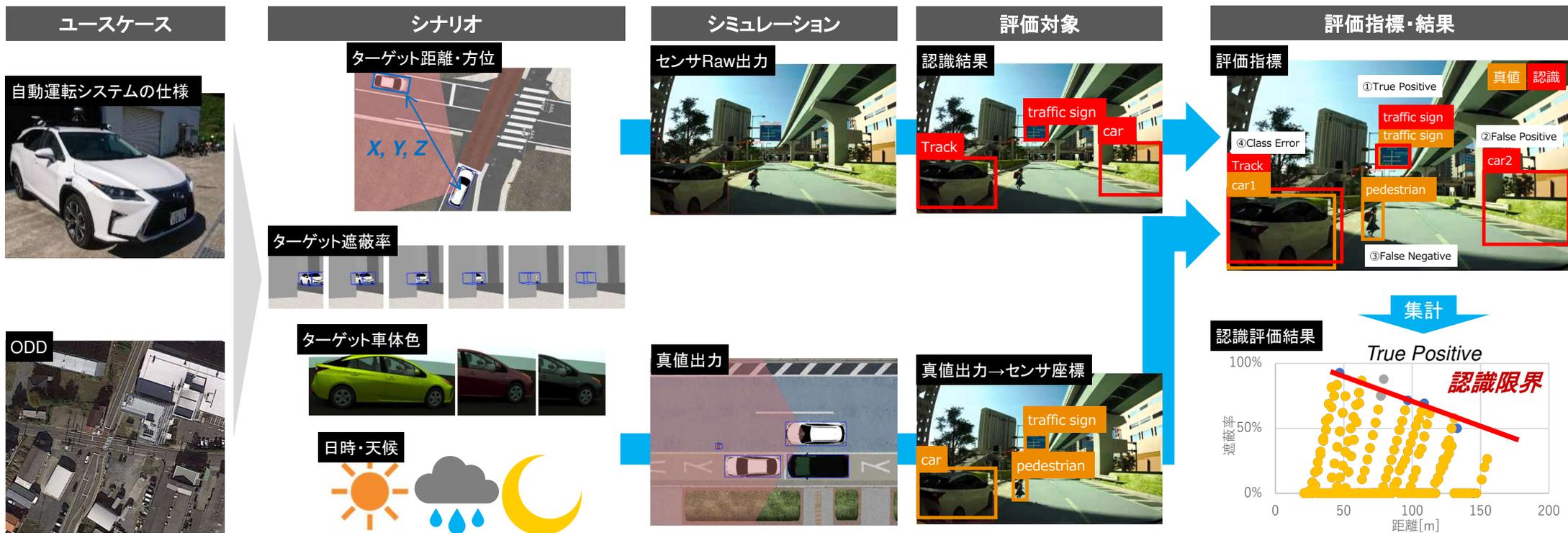
## 2-Stage 評価体系と評価指標の確立



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

# 1<sup>st</sup>-Stageでは、センサ認識機能を評価対象として自動運転システムの仕様とODDからシナリオを定義 IoU, TP/FN/FPなどAI性能を示す評価指標を用いて認識性能を定量評価を行う

## 1<sup>st</sup>-Stage: 認識性能評価

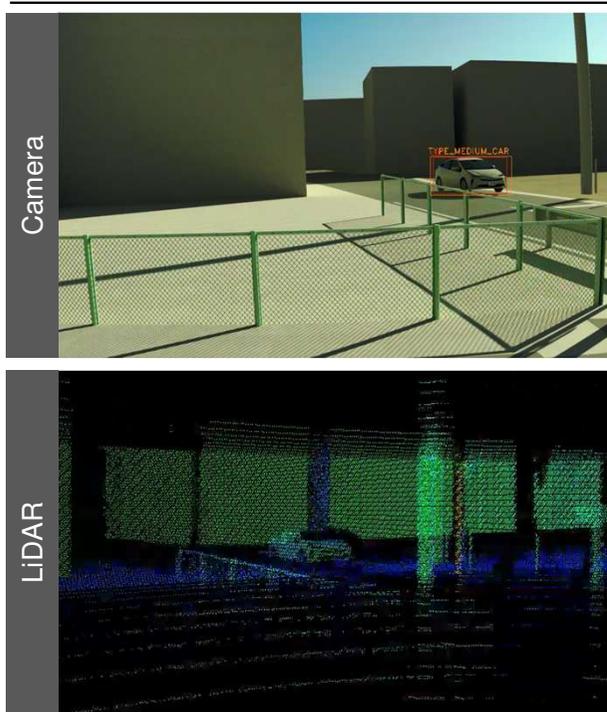


センサを評価対象としたADシステム仕様とODDに基づく性能評価を実施

# 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とシナリオ

例) 遮蔽率:0%、10:30晴、白



認識に重要な条件  
・  
BRT運行条件

計10,107データ

遮蔽率 11種 ・ 距離 12種~	0%	20%	40%	60%	80%	100%
車体色 5種	黄緑色		赤色		黒色	
日時 3種 ・ 天候 3種	晴れ 晴れでも 「影x車体黒」で認識NG		曇り		雨 雨粒	
	NG: 未検出		OK		NG: 未検出	

※この事例は一般的な画像認識アルゴリズムを使用

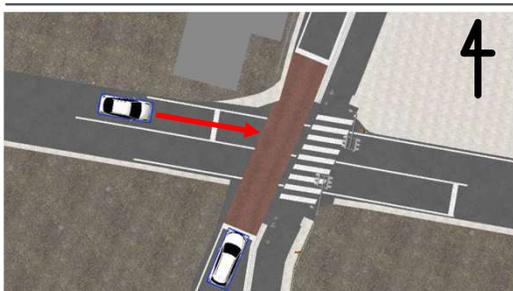
遮蔽率ごとに自車と他社の相対距離を変化させたセンサ出力を算出

# 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

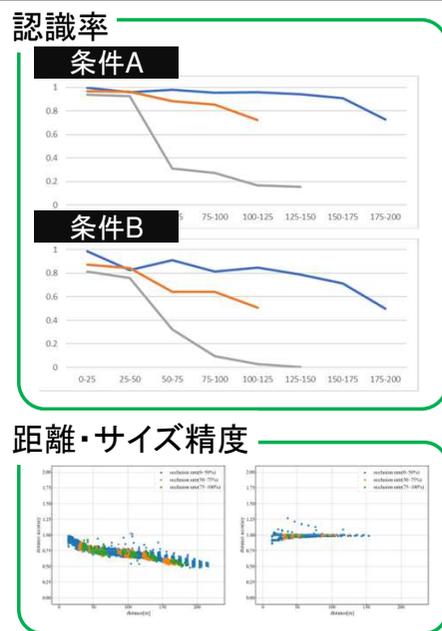
#### シナリオ



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)

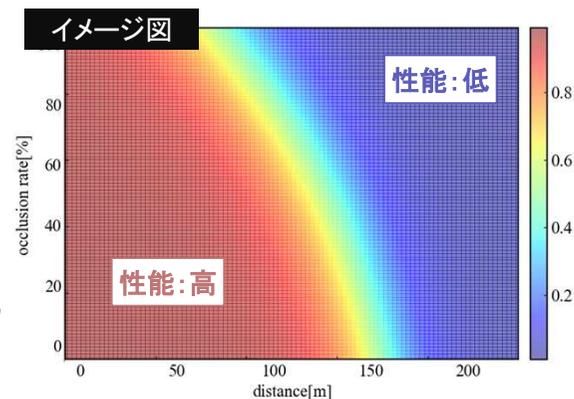
Sim  
実行

#### Sim結果



モデル化

#### 認識性能モデル



認識率:  $p(x) = f(\text{ターゲット条件、天候条件})$   
 誤差平均:  $\mu(x) = f(\text{ターゲット条件、天候条件})$   
 誤差分散:  $\sigma(x) = f(\text{ターゲット条件、天候条件})$

2nd-Stage  
評価

認識性能モデルによって、認識性能を考慮した安全性評価が可能となる

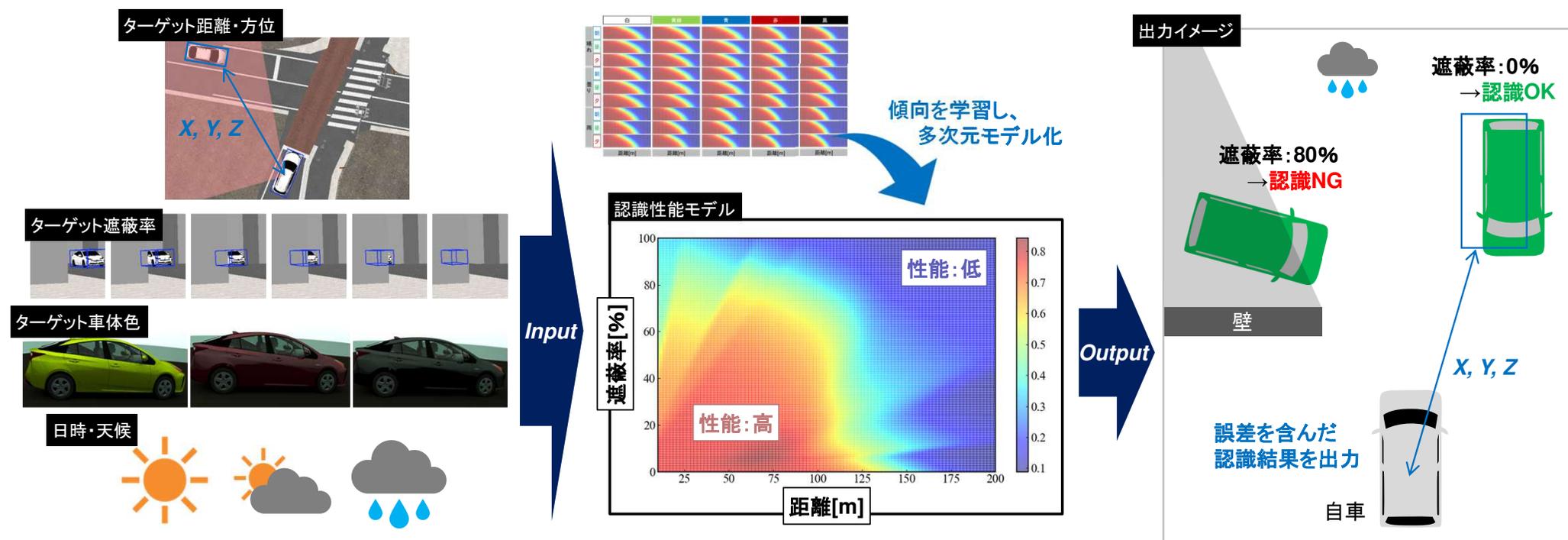
# 認識精度の傾向を学習することで認識性能モデルを開発 シナリオ条件を入力として、認識可否や認識誤差を含んだ認識結果を出力する

## 2<sup>nd</sup>-Stage: 認識性能モデル

Input: シナリオ条件

認識性能モデル

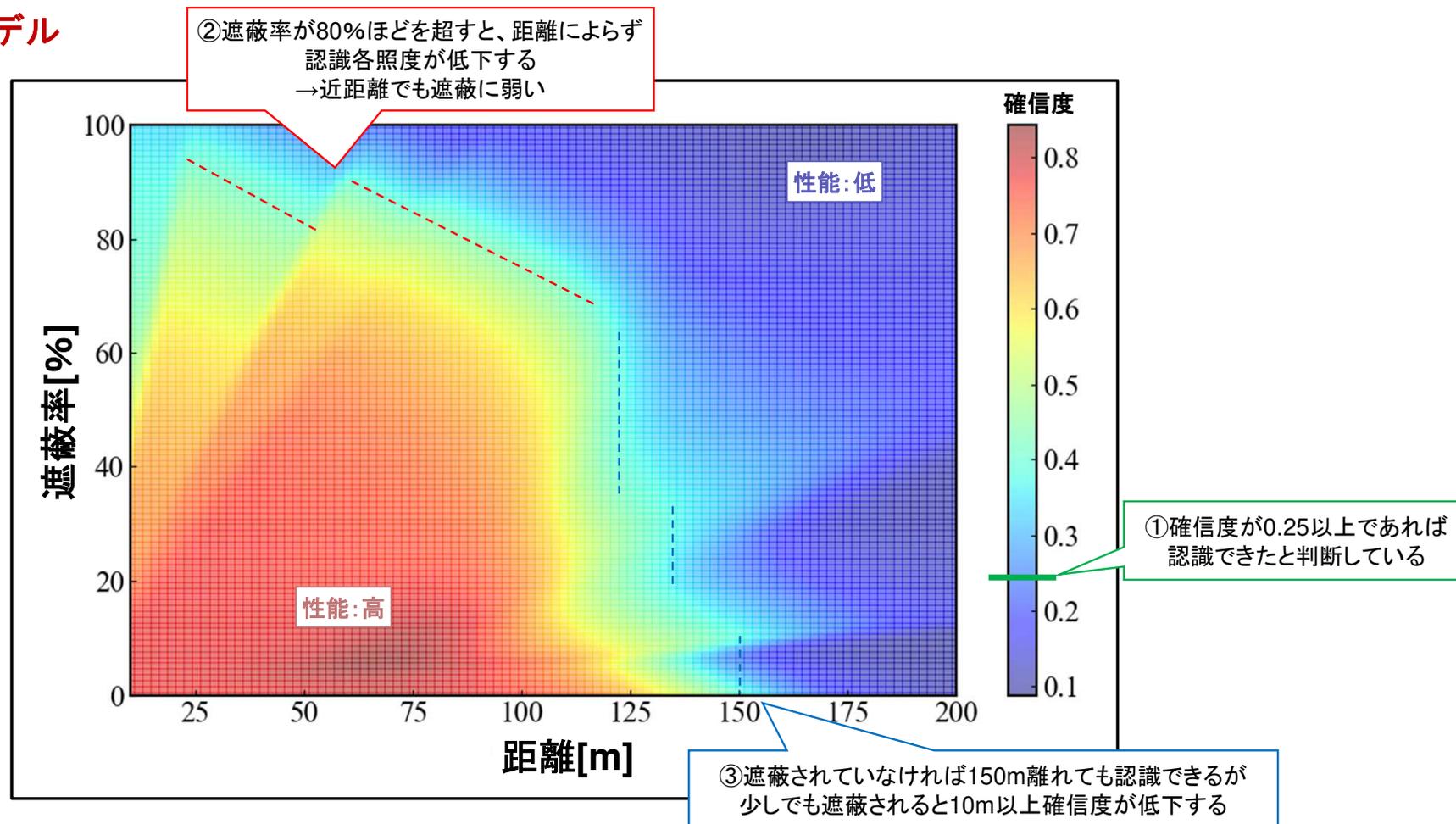
Output: 認識結果



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

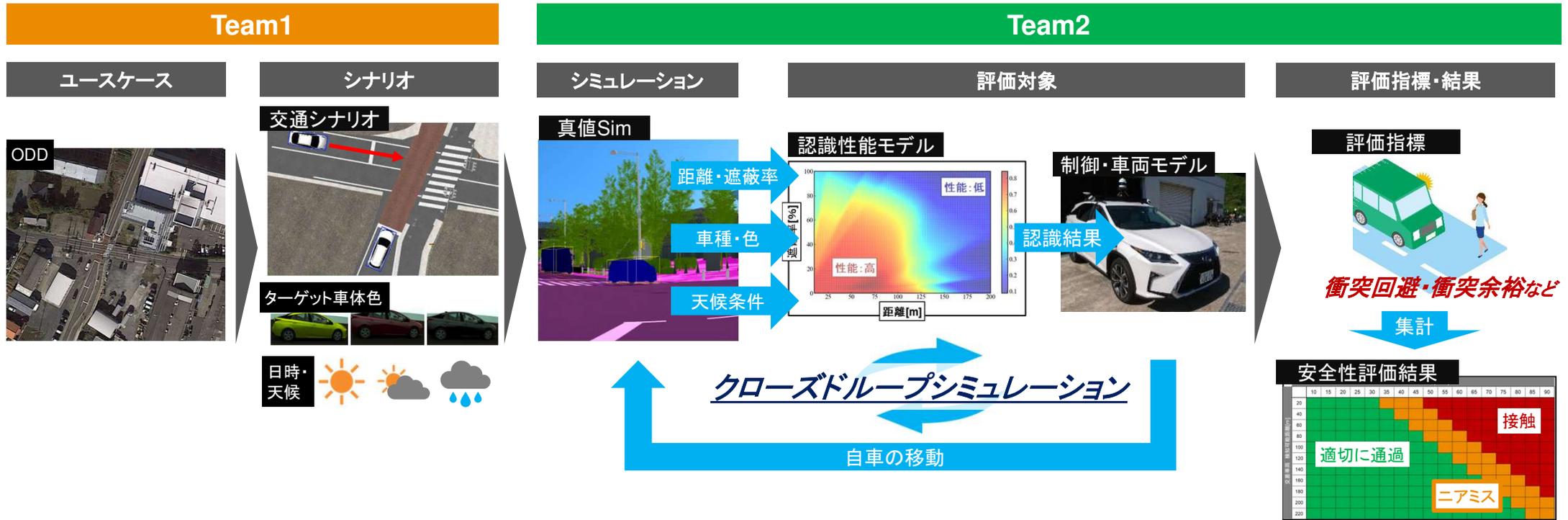
# 認識性能モデルを用いることで認識限界が容易に把握できる 様々な条件を評価できる物理センサシミュレーションならではの性能評価手法である

## LiDAR認識性能モデル



2<sup>nd</sup>-Stageでは、制御・車両モデルを評価対象として自動運転システムのODDからシナリオを定義  
センサ特性をモデル化した認識性能モデルを用いることで、センサ性能を加味した安全性評価を行う

2<sup>nd</sup>-Stage: 安全性評価



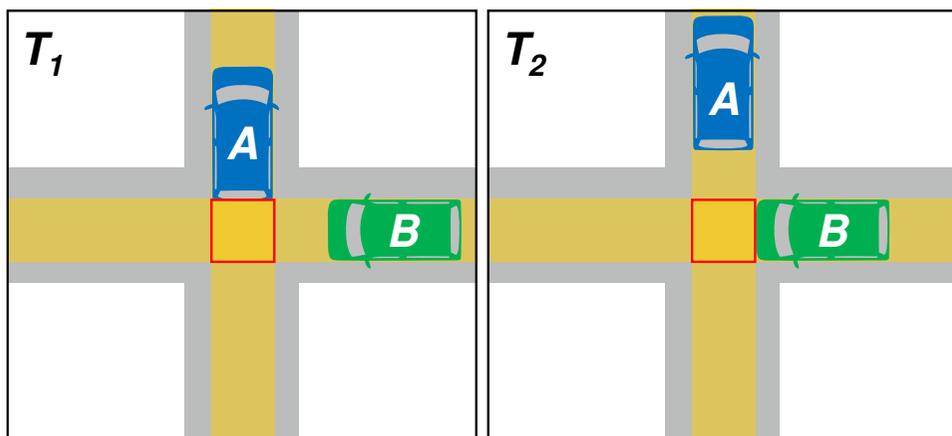
高速な認識性能モデルにより、認識性能を考慮したADシステムの安全性評価が実施できる

# 安全性指標の一つとしてニアミスの度合いを示すPETを採用 ADSの有無により「PETを安全な数値に改善できるか？」を解析することで安全性を評価する

## 2nd-Stage: 評価指標

### PETの定義

ニアミスの度合いを時間で表現



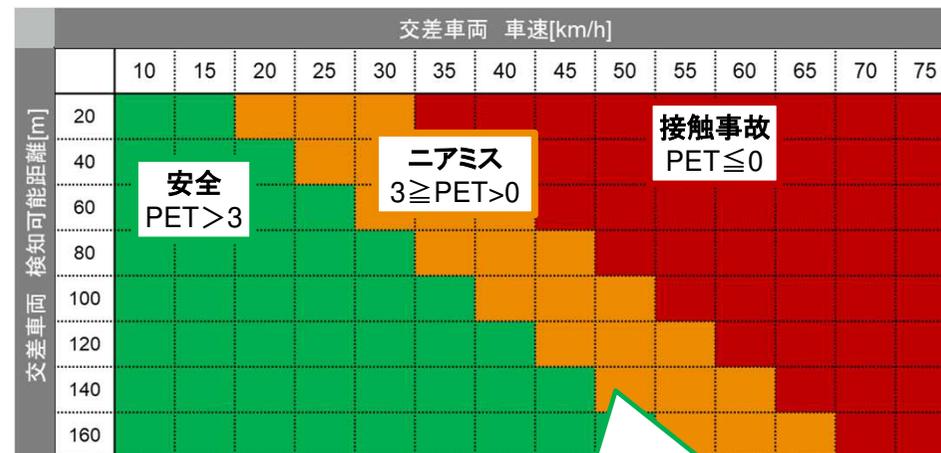
車両Aが通過して車両Bが差し掛かるまでの時間  
 $PET = T_2 - T_1$  (事後結果を示す指標)

今後: ニアミス発生過程を評価できる指標を検討する

### 安全性評価の方法

安全性が高い = 接触、ニアミスが起きない

回避行動をしない、AD制御がない場合のPET\*



安全性が高いADシステム = 全域を安全(緑色)にできる

# ひたちBRTの磯坪交差点に対し、車速とPETに基づく行動モデルを定義 現地の交通状況調査やBRTの運行環境から2nd-Stage評価シナリオのパラメータ範囲を決定した

## 2nd-Stage: 評価シナリオ

コンクリートシナリオ



事故/ニアミスが発生する交通条件とBRT環境条件から定義

シナリオパラメータ

分類	項目	値	設定数
自車	進行方向	北上、南下	2
	速度[km/h]	0(停車) → 10	1
他車	進行方向	自車基準で左から、右から	2
	速度[km/h]	40, 47, 64	3
	距離[m]	PETによって決定	-
	PET[s]	6.0 ~ -2.0 (0.5刻み)	17
	色	白、黒、青、黄緑、赤	5
環境	日時	12月 10:30、13:00、15:40	3
	天候	晴れ、曇り、雨	3

交通条件

交通条件に対する安全性指標(定速走行の場合)

速度[km/h]	シナリオ定義PET [sec]																
	6.0	5.5	5.0	4.5	4.0	3.5	3.0	2.5	2.0	1.5	1.0	0.5	0	-0.5	-1.0	-1.5	-2.0
40	安全						ニアミス					接触事故					
47	安全						ニアミス					接触事故					
64	安全						ニアミス					接触事故					

# ADSによってニアミスと衝突発生を回避可能なことを確認

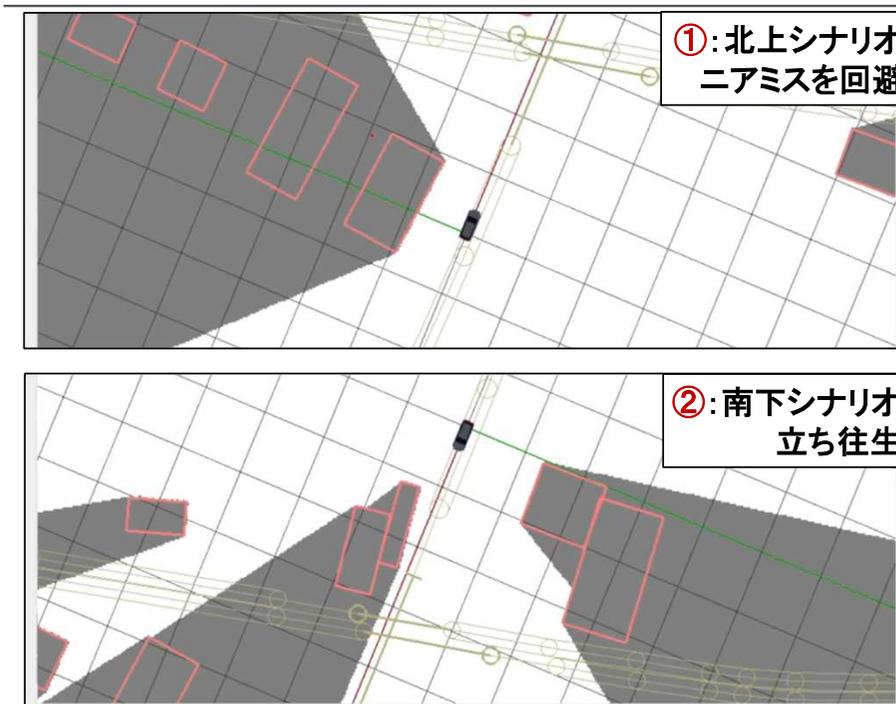
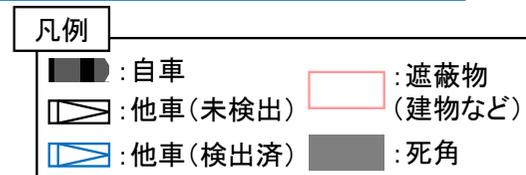
合わせて、改善が必要な交通・環境条件の解析によってADSの改良方針を立てることが可能となる

## 2nd-Stage: 評価結果

### 安全性評価の結果



### 走行軌跡の例

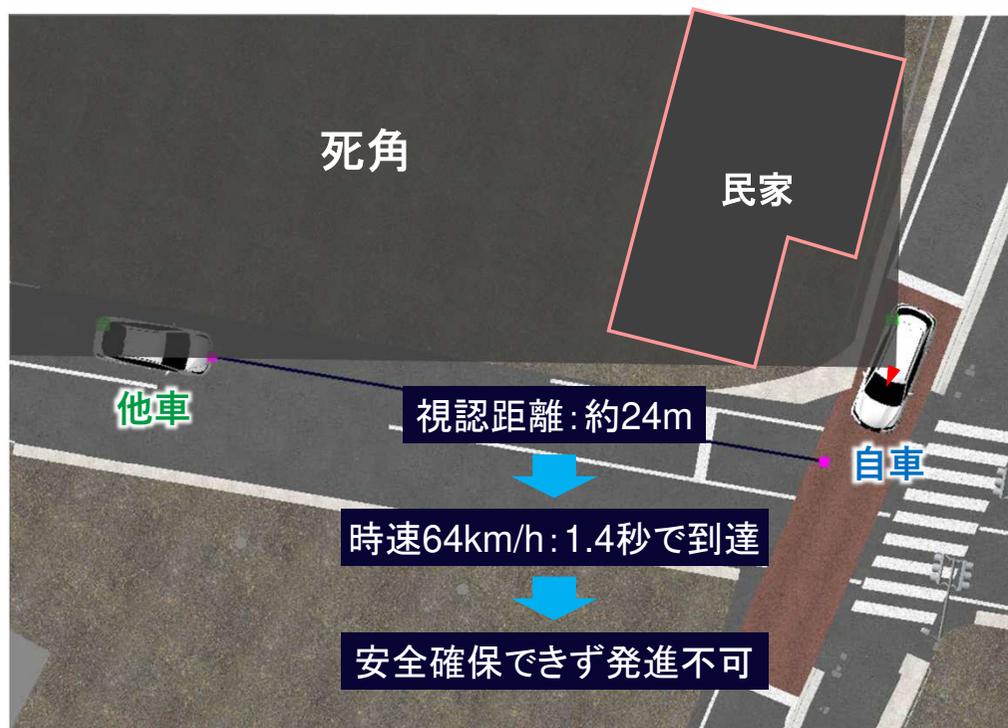


シミュレーションにより、現在のADS安全性能と改善点を解析可能なことを確認

死角により安全確保ができず、南下シナリオでは立ち往生となっている  
シミュレーションであれば、対策案に対する効果検証も迅速に実施することが可能となる

## 南下シナリオの考察

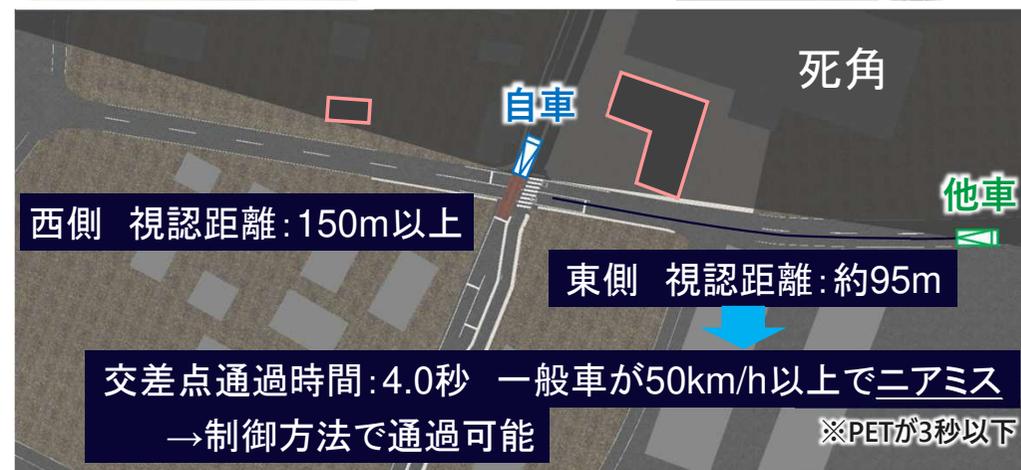
南下シナリオで立ち往生した理由



対策例: ノーズ先にセンサを設置



参考) ひたちBRTバスの設置位置



シミュレーションにより、現在のADS安全性能と改善点を分析可能なことを確認

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評価の確立を達成  
 FY24からはひたちBRTの他交差点など、具体的なユースケースに対する展開実績を順次拡大していく

## 2-Stage評価の展開



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*

