



Driving Intelligence Validation Platform

経済産業省

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(仮想
空間での自動運転安全性評価環境の構築)」_2024年度成果報告

Weather Forecast



AD safety Assurance*



2025/3月

For Validation & Verification Methodology

Agenda

■ 概要

■ 研究成果まとめ

■ 研究成果

■ 外部発信

概要

これまで、SIP-adus でのDIVP研究コンソーシアムは、自動運転の安全性評価のための、実現象と一致性の高いセンサシミュレーションとして成果をあげてきた。

DIVP® シミュレーションの特徴と成果

- 実現象と一致性の高い環境・空間・センサのシミュレーションモデル
- シナリオ生成～認識性能評価～車両制御検証を一貫して評価可能なプラットフォーム
- 既存シミュレーションとの結合性の充実



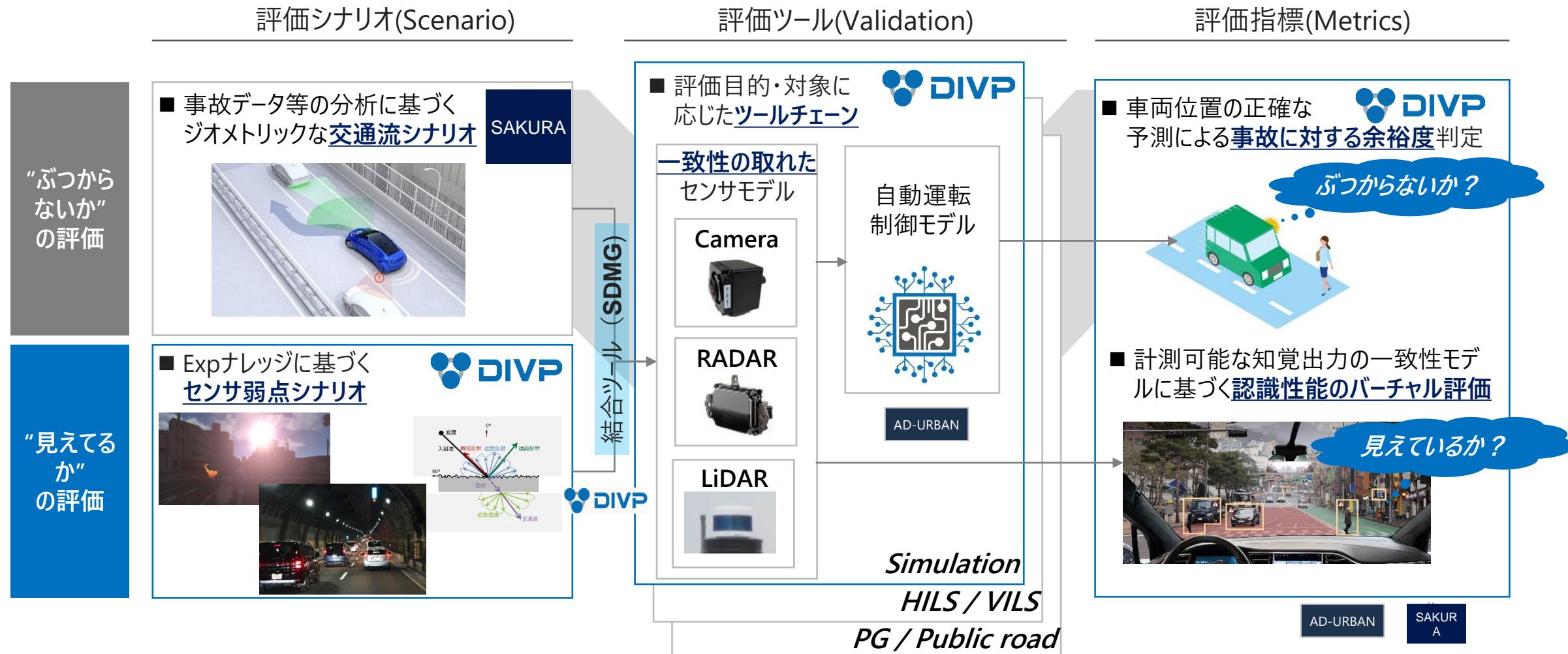
現実空間



センサ視界の仮想空間モデル、センサ内部モデルへ

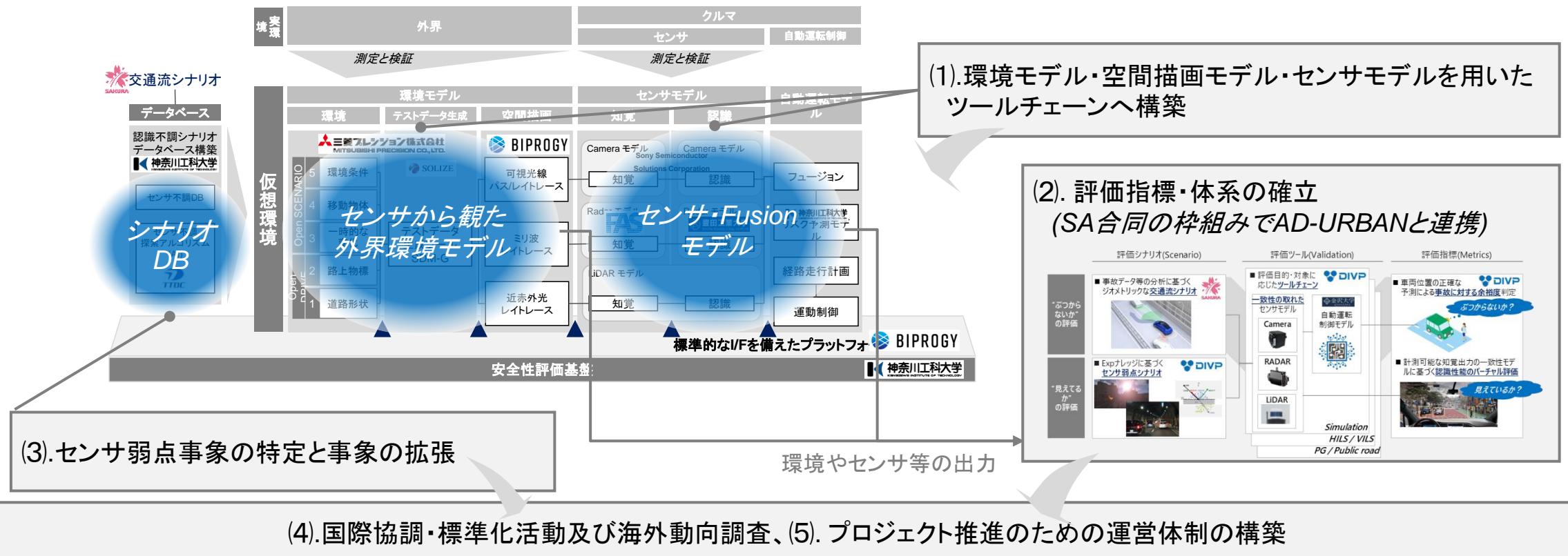
DIVPの2023年度目標；一般道 交差点シナリオでの、評価指標を含むバーチャル評価を達成する。 (→2024年度以降、各地域実証実験のバーチャル評価に展開)

2023年度の目的；自動運転車の仮想空間での安全性評価プラットフォームの構築



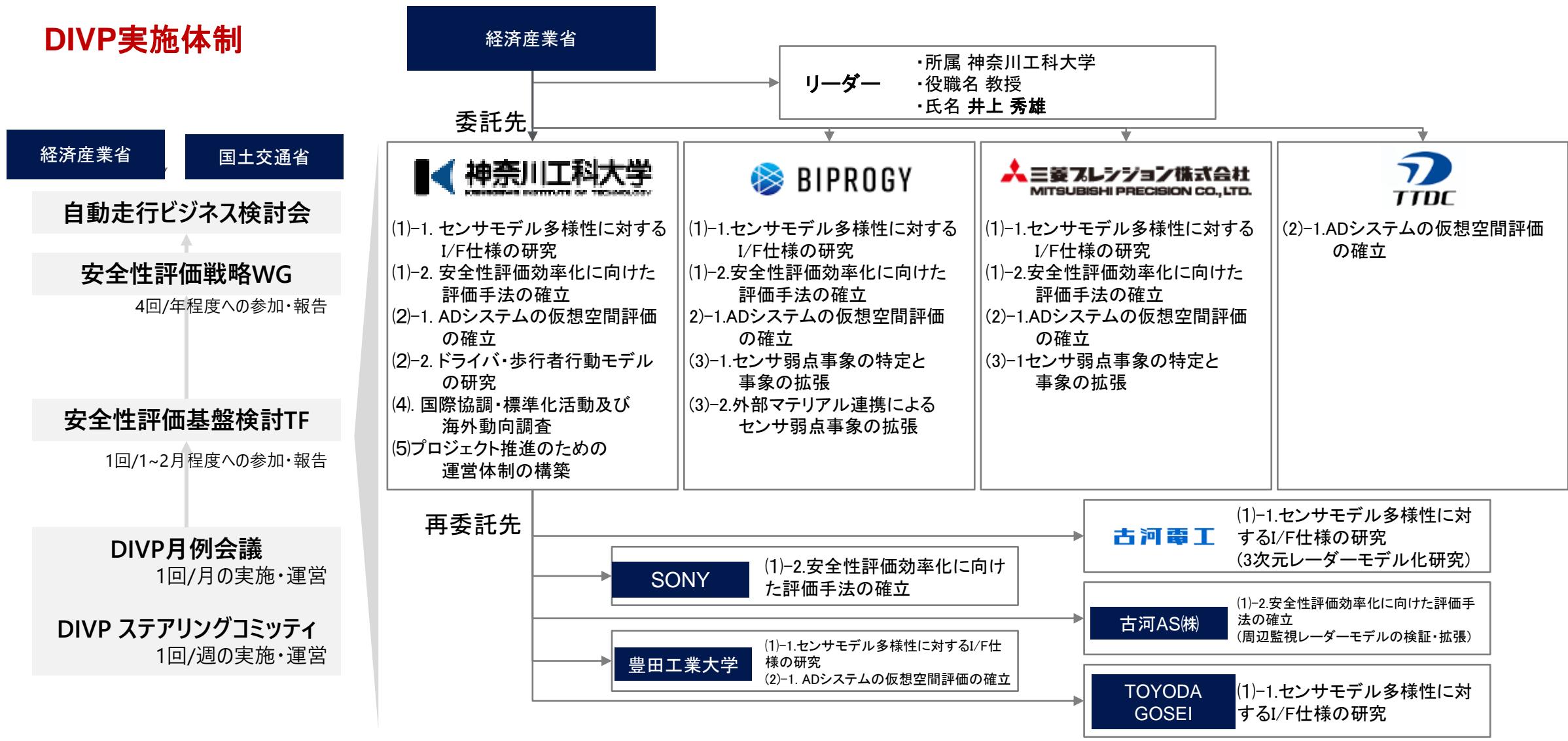
2023年度の DIVP研究テーマの考え方

- ① (2)の評価指標を含む仮想空間での安全性評価体系（基盤）を完成させる。
- ② 多様な走行環境の各地域実証実験に対応するために、(2)の構成要素となる「環境（降雪等）モデル」「センサモデル」を拡張する →(1)
- ③ リアルで再現性の高いDIVPシミュレーションを支える反射物性の検証データ（DIVP Material）を構造化し、また、環境3Dモデル作成の効率化を進める →(3)
- ④ これらの成果を国際連携・標準化活動を通じて仲間づくりを実施（日本の安全ブランド維持・向上） →(4)



本提案は、委託先・4機関、再委託先・5機関、計9機関によるDIVP研究コンソーシアムで研究を推進

DIVP実施体制



2023年度成果まとめ

2023年度のプロジェクト成果と課題を踏まえ、2024/2025年度の計画を見直した

実施項目の目標と安全性評価に対する各項目の役割

	2023年度	2024年度	2025年度
(1) 環境・空画像・センサモデルを用いたツールチェーンへの拡張	仮想空間での安全性評価フレームワーク (DIVP-SA)の開発 (評価指標、モデル拡充、ニーズ調査 等)	全国地域実証実験等での DIVP-SAの適合・改良	全国地域実証実験等へのDIVP-SA展開 国際標準化への反映
	(1)-1.a ■ 次期型Radar(4Dイメージングレーダ)モデルの開発&性能向上検証 完 ■ 各地域実証実験等でのRadar使用ニーズ調査 完	■ SAKURA一般道優先シナリオに基づく、地域実証実験等から得られる代表的なユースケースでの認識バーチャル評価 完	■ 全国実証実験等への、センサ認識評価法の展開
	(1)-1.b ■ Radar界面着氷の現象解析と(含水率での)減衰モデルの完成 ■ LiDAR, Radarにおける降雪現象解析と降雪空間モデルの完成	■ 雪氷路面のRadar,LiDAR,Cameraのモデル化	■ 実証実験のセンサ認識Virtual評価・適合へ展開
	(1)-1.c	■ マルチセンサ出力のシミュレーション作成完	■ 全国実証実験でのセンサシステム開発に展開
	(1)-2.a ■ Radar HILS実装でのI/F仕様 完	■ Stereo-camera HILS実装に向けたプロトタイプ構築 休止	■ Radar/Camera Fusion HILS実装
	(1)-2.b ■ 日独連携VIVIDプロジェクトでのJT3.1カメラモデル（レンズ等）交換検証 完 (SSS社担当)	■ 隨時結合検証 移管	■ 隨時結合検証 移管
	(2)-1.a ■ 2-Stage評価指標の確立	■ 一般道を優先シナリオとして、RoAD to the L4ユースケースでの2-stage評価実施・妥当性検証 完	■ 全国各地域実証実験への2-Stage評価の展開・適合実施
	(2)-1.b ■ 学習データセット作成基準と自動生成の実装	■ Fusionアルゴリズムの性能向上へ拡張適応	■ インフラセンサとV2Xまで含めた性能向上へ拡張適応
	(2)-1.c ■ 真値出力機能（BBox, Depth, インスタンスID等、白線・車線）の完成	■ V2X評価のための真値出力機能の完成 ■ リスク評価を可能とする評価指標の定義と妥当性検証	■ センサ弱点に対するロバスト性能が評価可能な真値出力機能の完成
	(2)-1.d ■ Virtual-PG, Virtual-Community Ground モデル作成時間の40%低減	■ 新手法のVirtual-NCAP評価での有効性検証の実施 休止	■ Virtual-NCAPの国際協調・標準化の達成
(2). 評価指標・体系の確立	(2)-2.a ■ SAKURAプロジェクトデータと連携した歩行者&自転車行動の調査・解析 ■ 歩行者&自転車行動モデルの開発	■ 地域実証実験等から得られる代表的なユースケースにおける、一般道シナリオでのバーチャル検証	■ SAKURA一般道シナリオへの展開
	(3)-1. ■ 各種一般道シナリオDB構造調査、結合検証 ■ データ変換機能、IF開発	■ 交通流シナリオのさらなる接続性強化 ■ マップ3Dモデル作成効率化とRttL4ニーズへの拡張	■ 全国各地域実証実験での適合へ展開
	(3)-2. ■ DIVP Material検証データ仕様作成・構造化	■ 全国各地域実証ニーズからのDIVP Materialの拡張 ■ DIVP Materialの標準化への反映と改良	■ DIVP Materialの確立とOpen Material ASAM標準活動へ反映

2024年度の目標達成状況

凡例 ◎ 目標以上の成果 ○ 目標達成 △ 一部積み残しあり

		2024年度の目標	2024年度の達成状況
(1) 環境・空間 描画・セン サー・モデルを 用いたツール チェーンへの 拡張	1.a	■高分解能Radar（4Dイメージングレーダ等）モデルの開発	△ ■ 4D Imaging Radarモデルを2種類開発。うち1種類は実験による 一致性検証を完了しモデル提供可 。
	1.b	■環境モデル拡張、霧/氷雪関係モデル検証とモデル改良	○ ■ 「霧」「雪」評価のための環境モデルを試作、今後実験を通じた検証を行う ■ 一致性検証カタログとして認可用ドキュメントを整備 （70%達成）
	1.c	■センサモデル拡張 「マルチセンサ（カメラ/LiDAR）モデルへの対応／外付けカメラ（表面水滴除去技術）へのモデル対応」	○ ■ マルチセンサ（10～30台）システムでの安全性検証に対応し、PFの高性能化を達成（新PF） ■ 降雨時の評価に必要な、車外カメラレンズへの水滴付着モデル要件解析完（追加テーマ）
(2) 評価指標・ 体系の確立	1.a	■2-Stage評価を実車検証プロジェクトに適応したAD安全性検証の実現	○ ■ 2-Stage評価の実効性を、AD-URBAN、RttL4との連携を通じて検証 。 ■ 2 nd Stage評価のため、 Closed-Loop によるアルゴリズム評価を完了。
	1.b	■Sim & データ分析技術によるセンサ認識の性能向上のプロセス確立	○ ■ AI学習用DIVP Simデータ を用いセンサ認識性能向上を検証。カメラ・LiDARでの運用環境の構築完了
	1.c	■ADS・V2Xの定量的な性能評価実現に向けた評価指標と真値Sim機能の開発	○ ■ リスク指標（Safety Cushion Time）を最終出力とした安全性評価への効果検証を完了 ■ V2X評価に向けたSim要件の調査完
	2.	■歩行者/自転車の行動モデル開発と交通シナリオへの実装	△ ■ ヒヤリハットデータ より歩行者行動のモデル要件定義完。 歩行者/自転車等 軌跡データが圧倒的に不足 。
(3) センサー弱 点事象の特 定と事象の 拡張	1.	■マップ3Dモデル作成効率化とRttL4ニーズへの拡張 (RttL4関係UseCaseニーズに対応する3D/環境モデル生成) ■交通流シナリオのさらなる接続性強化	○ ■ 路面標示生成、PLATEAU活用、真値出力などの各機能を含んだマップ3Dモデル作成SW開発 → マップ3Dモデル作成工数半減の効率化を達成 ■ マップ3DモデルのFOTへの拡張を実施 →柏の葉/高速道（RttL4 テーマ3,4）/Mcity等 ■ 外部データソースから多数のシナリオ生成SW開発（100シナリオあたり23h→3hに効率化）
	2.	■DIVP Material構造の実装の完成、及び、標準化展開 ■計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充	○ ■ DIVPプロダクトへDIVP Material構造の実装完了 ■ ASAM 標準規格(OpenMATERIAL 3D V1.0)へのDIVP仕様展開達成
	3.	■カメラ弱点事象の自動抽出アルゴリズムの精度向上と評価 ■生成AIを用いたカメラ弱点事象の検索システムの試作	○ ■ ディープラーニング手法(CNN)を用いたカメラ弱点事象(太陽などの高輝度光源による逆光)の 自動抽出機械学習モデルの開発と検証を完了 。 ■ 大規模言語モデルを用いた生成AI(Chat GPT)によるカメラ弱点事象の検索システムを試作
(4)(5) 戦略検討、国際標準化		■安全性評価TF(Team0)やL4等とのPrj連携推進	○ ■ Team0運営→3proj連携の安全性評価確立の戦略立案と、 他プロジェクト連携を実践
		■安全性評価体系の国際標準化対応 ■IAMTSやASAM等の海外Key prjとの連携対応	○ ■ 海外との連携を通じ、 ASAMやIAMTS等のデファクト標準活動における貢献が国際競争力の強化（ADS安全性プレゼンス向上）に直結 することを実感。

研究成果

(1) 環境・空画描画・センサモデルを用いたツールチェーンへの拡張

(2). 評価指標・体系の確立

(3).センサ弱点事象の特定と事象の拡張

(4).国際協調・標準化活動及び海外動向調査

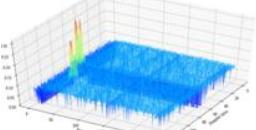
(5). プロジェクト推進のための運営体制の構築

【テーマ(1)-1.a 「4D Imaging Radar 開発」 (1).特定モデル】

特定機種の4Dレーダにて、シミュレーションと実測の一致性検証を行うべく、実機セットアップを実施。

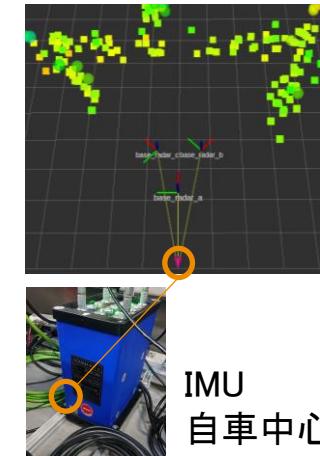
実機評価可能なレーダを選択。プロジェクト車両に搭載し、位置情報に紐付く点群を出力。

・レーダの選択

	Novtech製	古河電工製
形態	評価ボード	パッケージ
外観		
国内技術適合	未取得	取得
チャネル数	Tx12 x Rx16 SDKでは制限	チップ内全チャネル
チップ	4チップカスケード	1チップ
リアルタイム点群出力	未 (調査中)	可能
出力形態	dat	ROSメッセージ
出力イメージ		

・プロジェクト実験車両への搭載

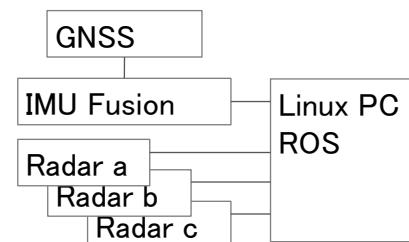
選択
搭載
x3



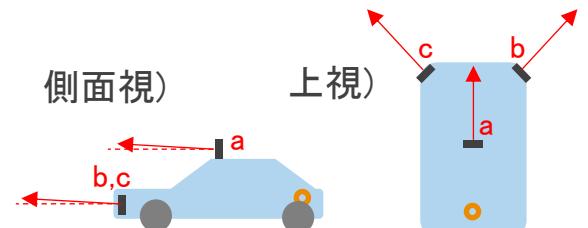
3レーダ
点群同時
出力

IMU
自車中心とする

・センサ接続



・レーダ設置条件



4Dレーダ3台を車両に搭載し、所定の点群出力を可能化

【テーマ(1)-1.a 「4D Imaging Radar 開発」(1).特定モデル】

お台場エリアにて実車走行評価を実施。

適切な走行エリアにて、走行路周辺構造の高さ情報含む点群マップ取得を実現。

・選択した走行エリア

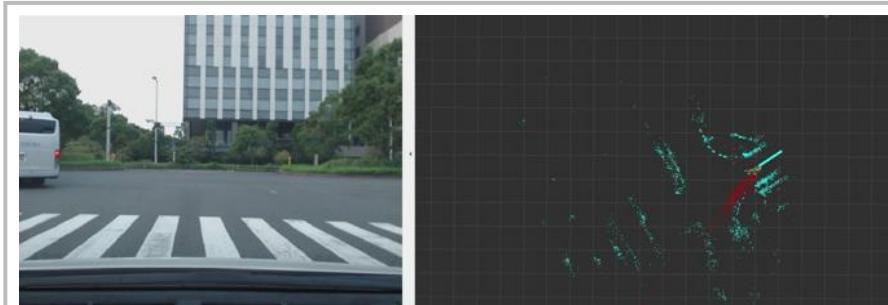
ID	適用性	コース	点群	GNSS精度	周辺車両	3Dマップ
1	★	台場北2 台場中央 往復	○	○→×	△	○
2		台場北2 台場中央 周回	△	×	×	
3	★	台場南1 産総研 周回	○	○→×	○→×	○
4		台場南1 テレコム 周回	△	×	○→×	
5		有明1 周回	△	○	○→×	△
6		台場北3 青海 海岸沿 帰路	△	○→△	×	



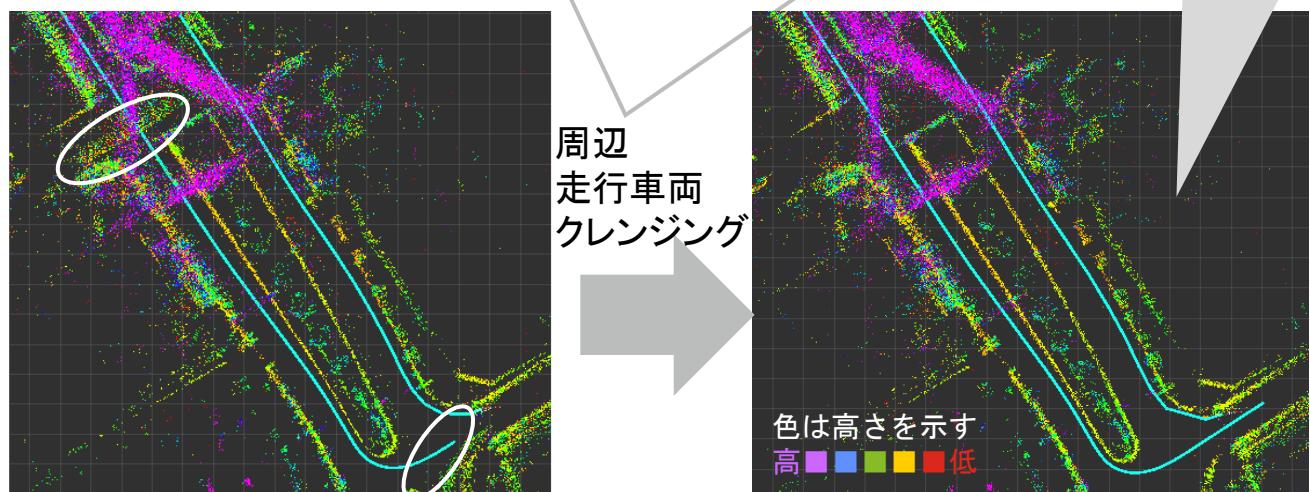
上図コース前半は位置精度良好にて選択

・取得した実測データ例

ヨースID1にて



自動走行向け
今後の
・フリースペース検知
・自己位置推定
等のアプリケーション
に資する点群マップ
を取得

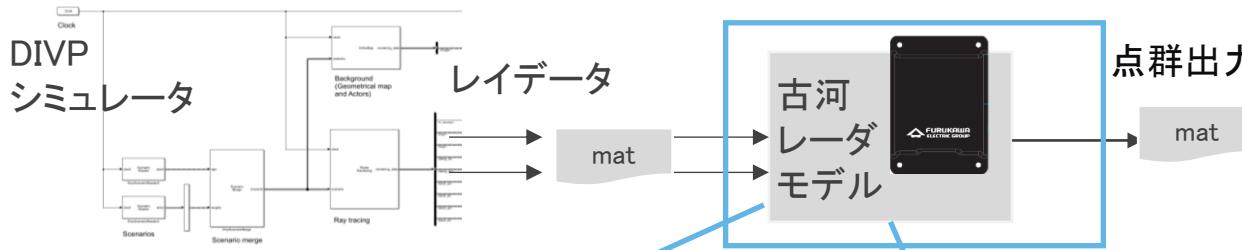


GNSS/IMUと4Dレーダにて、路側構造の点群マップ化を実現

【テーマ(1)-1.a 「4D Imaging Radar 開発」 (1).特定モデル】

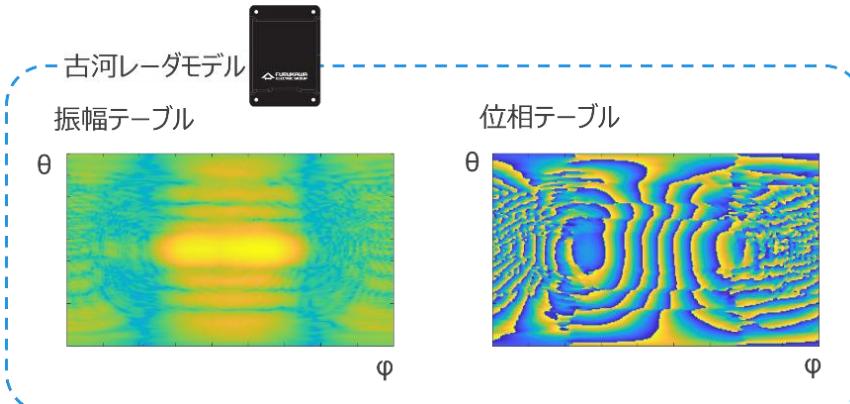
実車走行評価に相当する、シミュレーションを実施すべく、4Dレーダモデルの準備。

ユーザ使用状況に近い、スペシフィックな(特定の)レーダモデルを開発。



・ユーザ固有特性の割り当て

実機アンテナは必ずしも、理論通りの特性とならない
電磁界シミュレータが想定する振幅・位相特性をモデルに反映

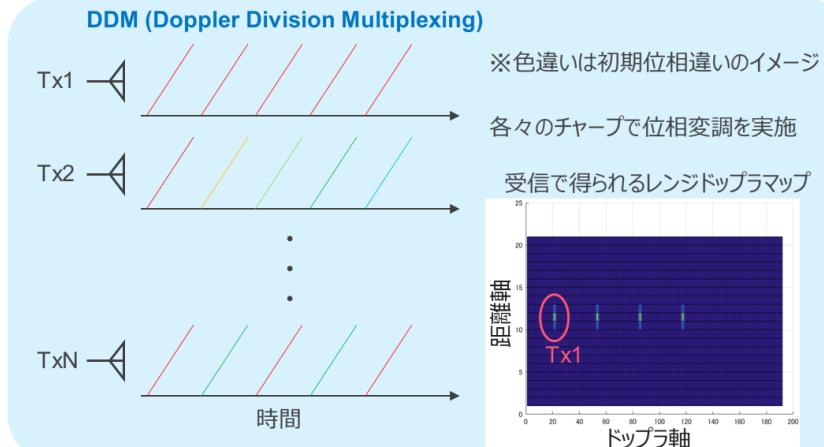


スペシフィックなデータの直接適用

・現行活用進む変調方式の導入

変調方式

DDM (Doppler Division Multiplexing) 方式

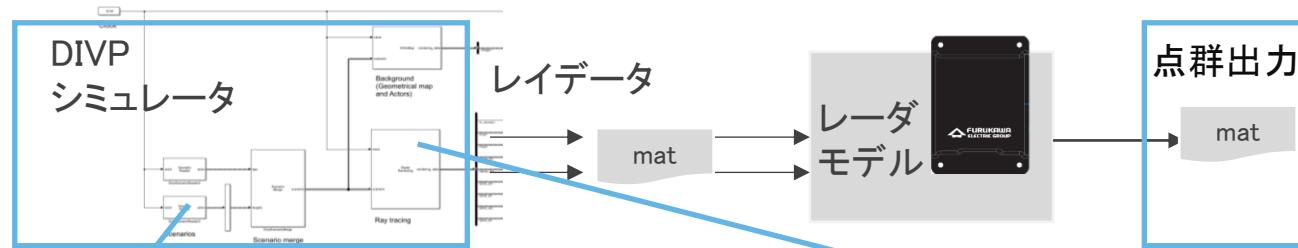


速度レンジの取得のためDDMを採用

【テーマ(1)-1.a 「4D Imaging Radar 開発」 (1).特定モデル】

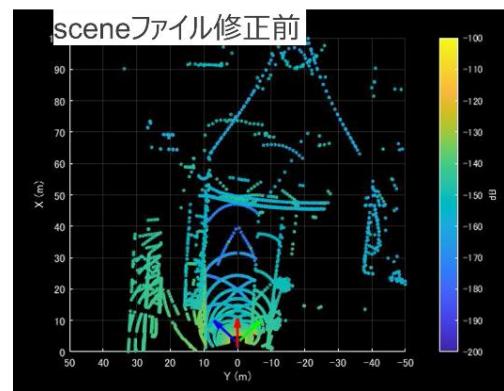
DIVPシミュレーションにて、4Dレーダにおける点群マップ出力を実現。

シナリオ準備、条件をブラッシュアップしながらレイトレース計算、レーダモデルを接続し、点群出力。



・実状にあわせた物性の調整

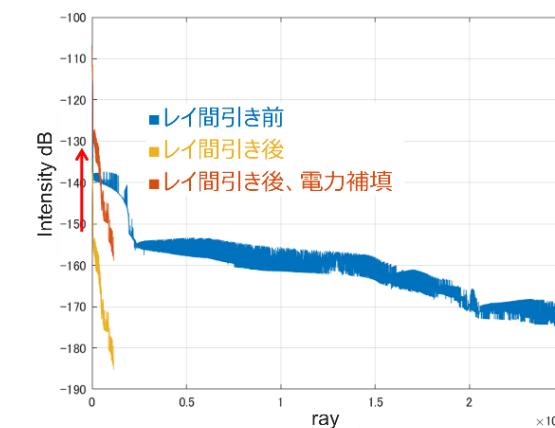
精緻な物性がデフォルトとして設定されているものの、箇所によってレイの過不足みられる 例)地面反射多い、縁石反射少ない等



無効化や反射率増加等、ユーザ側での調整により、正確性向上

・レイ本数の調整

市街地シナリオを対象とした場合
レイ数多大 → 計算時間が多大となる課題



レイ数を減らしつつ、電力補填し強度維持

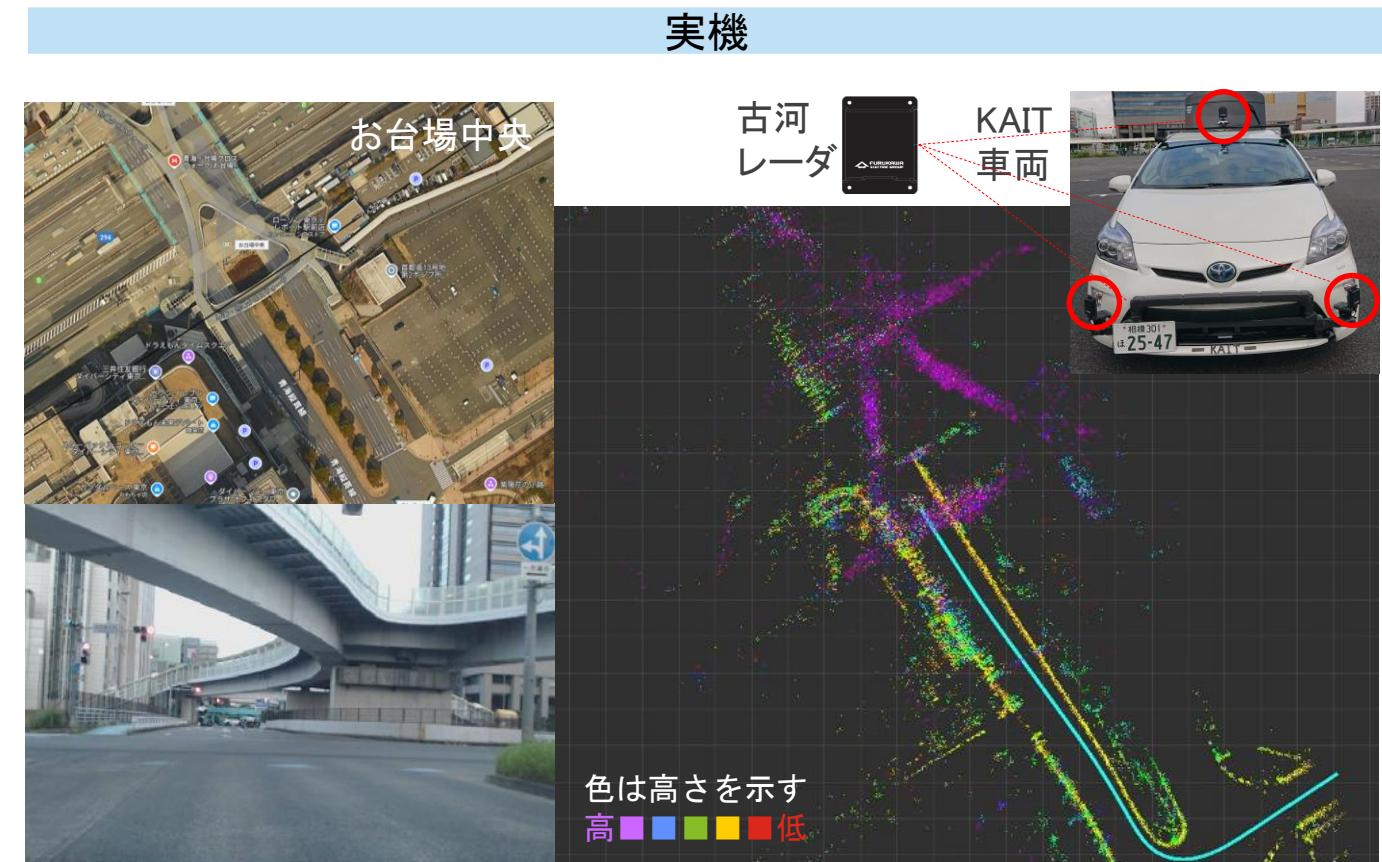
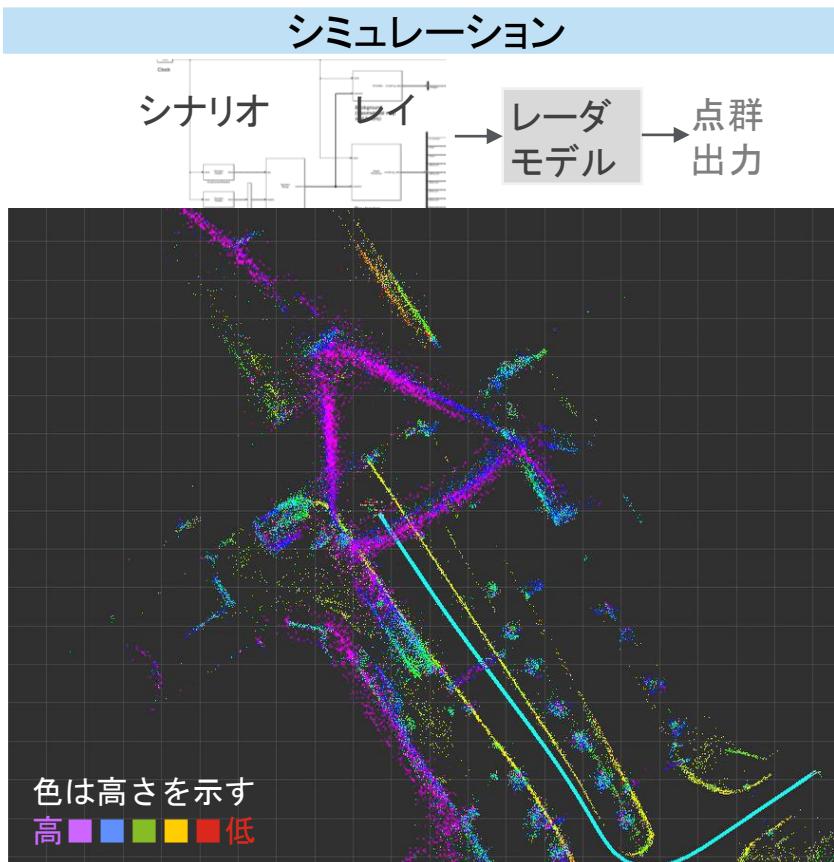
【テーマ(1)-1.a 「4D Imaging Radar 開発」 (1).特定モデル】

特定機種の4Dレーダにて、シミュレーションと実測の一致性検証を実施。

実測との一致性も確認し、高さ情報出力含む4Dレーダにおける、バーチャル評価の実現性を確認。

自動運転に向けたセンサの高度化、3D→4D→イメージングレーダという進化の中

周辺認識、SLAM、自己位置推定に向けた、4D点群による走行路周辺構造マップをレーダにて生成した。

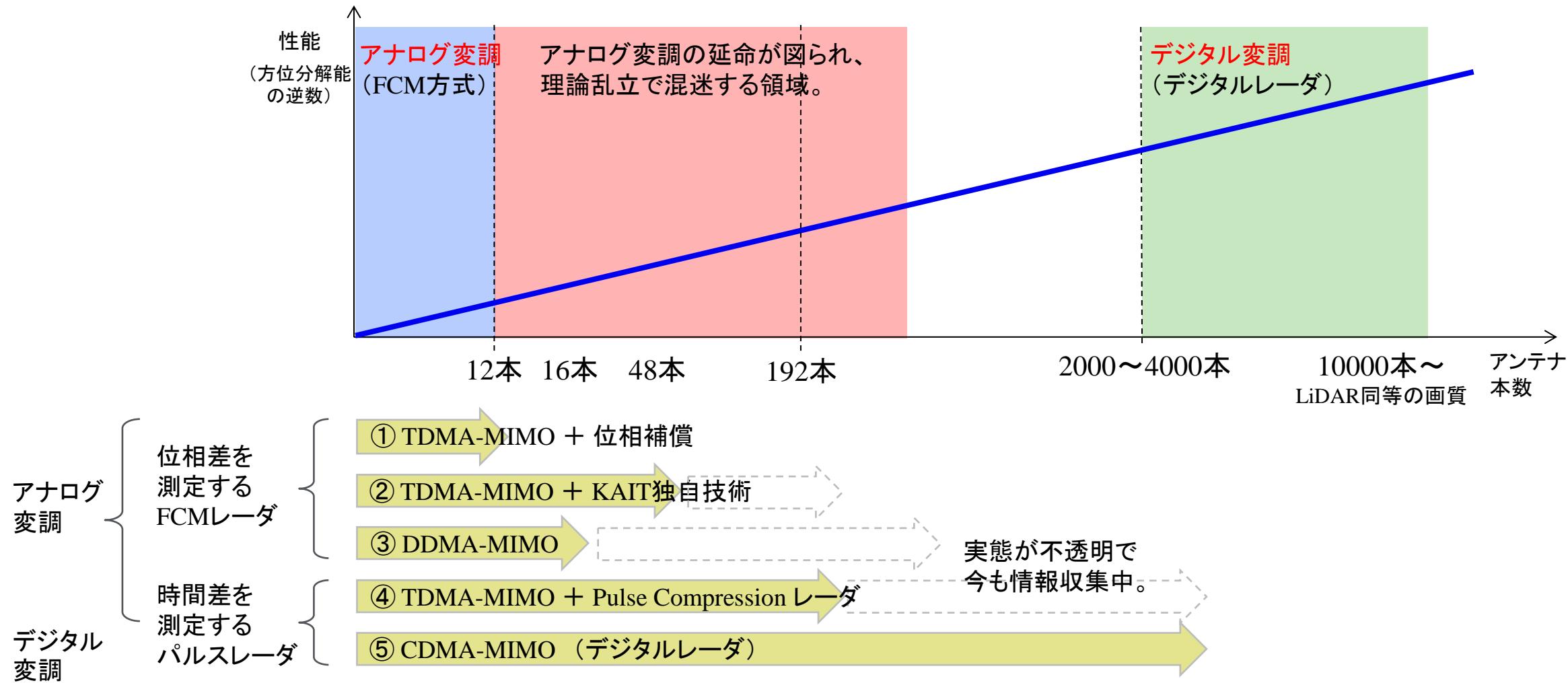


DIVPシミュレーション+古河電工レーダモデルにおける点群マップ化を実現し、4Dレーダの事前検証のイメージを示した。

【テーマ(1)-1.a 「4D Imaging Radar 開発」 (2).汎用モデル】

基本原理の業界動向

混迷状態が判明。やむ得ず①②③を全てモデル提供する方向へ方針変更。

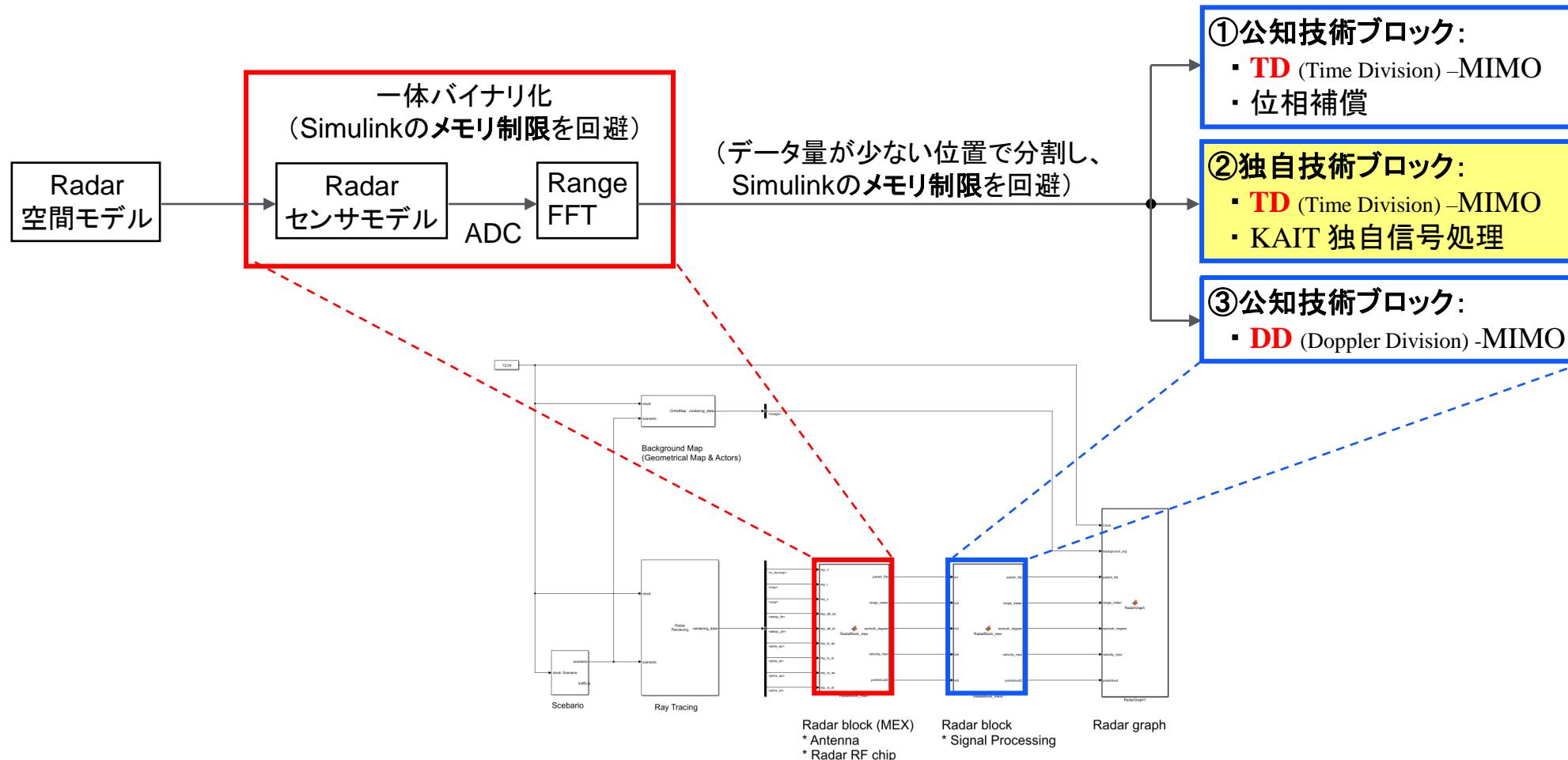


【テーマ(1)-1.a 「4D Imaging Radar 開発」 (2).汎用モデル】

前ページ混迷状態を受けて修正した、モデル開発方針

①②③を全てモデル提供する方向へ方針変更。

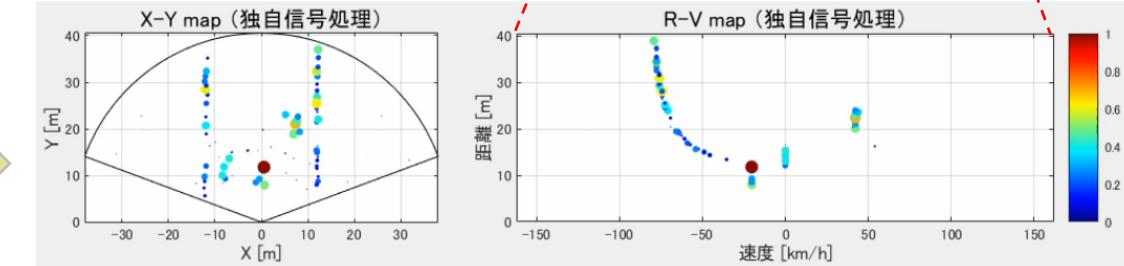
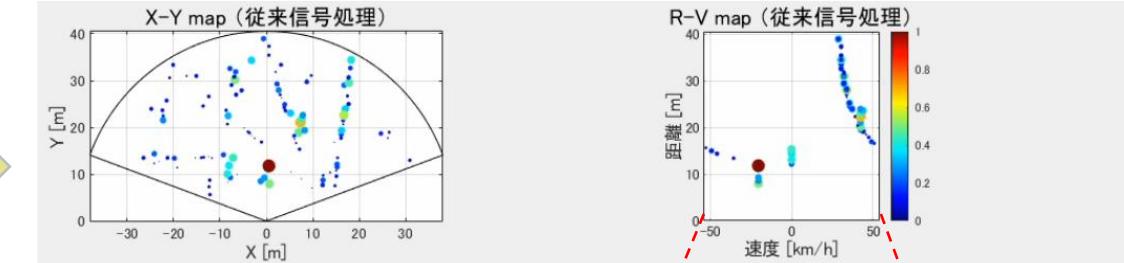
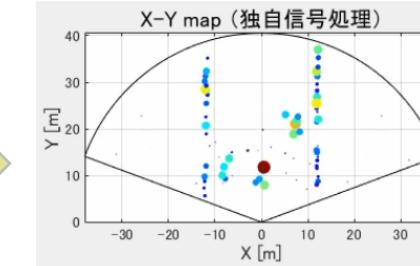
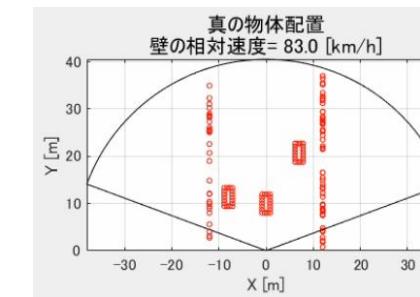
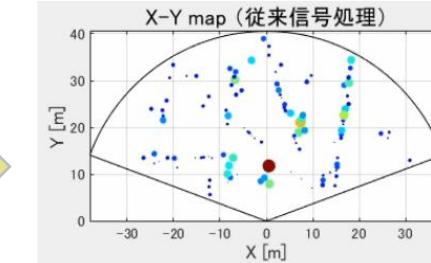
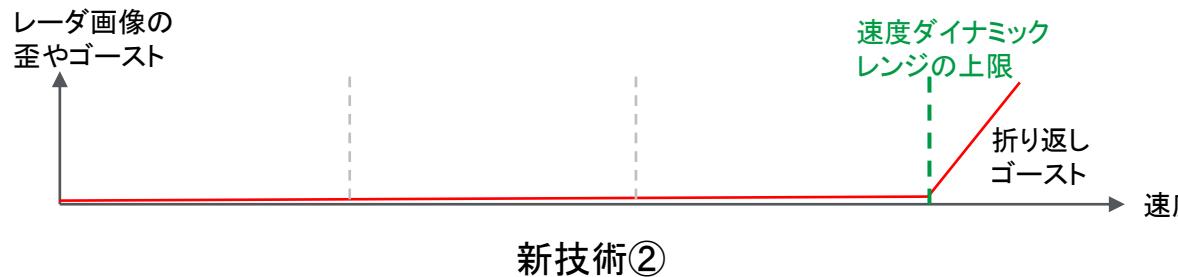
作業量が急増しリリースは来期へ。



【テーマ(1)-1.a 「4D Imaging Radar 開発」 (2).汎用モデル】

派生的に生まれた基礎研究成果

従来技術①③を超える、新技術②を発明した。
これもモデル提供する方向で開発中。



メリット1：
速度ダイナミックレンジ
が数倍に広がる。

メリット2：
レーダ画像に歪・ゴーストが無い。

【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (1). 雪の研究】

全体像

雪研究の全体像

《背景: 雪に注目する理由》

- ・日本は世界有数の雪国。
国土の1/3~1/4が降雪地帯。
- ・既にこれらで自動運転車の
冬季運行が試みられている。
(北海道上士幌町、新潟県弥彦村、
石川県小松市、等)

《Step1》

まず実際に雪国を走行し、
雪がセンサに与える不調現象を調査した。

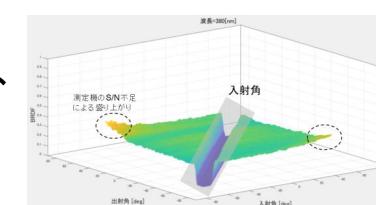


- ① カメラに、3つの不調現象を見つけた。
- ② LiDARに、3つの不調現象を見つけた。

《Step2》

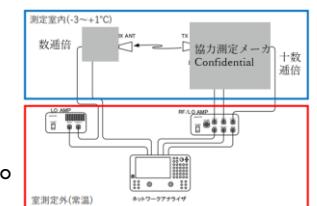
これら不調現象をシミュレータで再現すべく、
雪サンプルの反射・透過係数を測定した。

- ① 可視光～赤外線 (カメラ・LiDAR)
- ② ミリ波 (レーダ)



《研究の特徴》

特殊環境(0°C)
様の測定系の
構築から始めた。



《Step3》

測定した反射係数を用い、
シミュレータ上で雪景色の
再現モデルを開発中。



【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (1). 雪の研究】

《Step1》 まず実際に雪国を走行し、雪が自動運転車センサに与える不調現象を調査した。

カメラにおいて見付かった不調現象 ①



路側に積まれた雪山を、車と誤認識

路上の積雪を、車と誤認識

① 雪を車と誤認識

YOLO v8 公開サンプルを、追加の転移学習・強化学習無しで用いた。

引用: 学校法人幾徳学園神奈川工科大学

21 「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(仮想空間での自動運転安全性評価環境の構築)」

【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (1). 雪の研究】

《Step1》 まず実際に雪国を走行し、雪が自動運転車センサに与える不調現象を調査した。

カメラにおいて見付かった不調現象 ②③



背後の雪を、車体の一部と誤認識



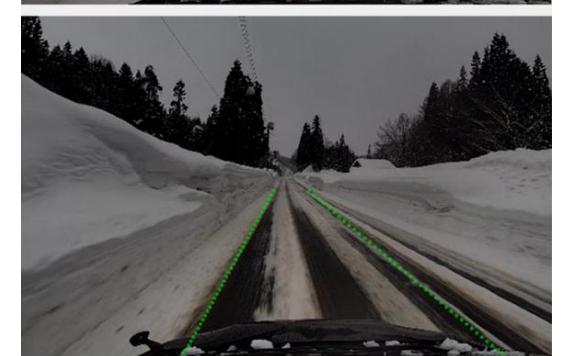
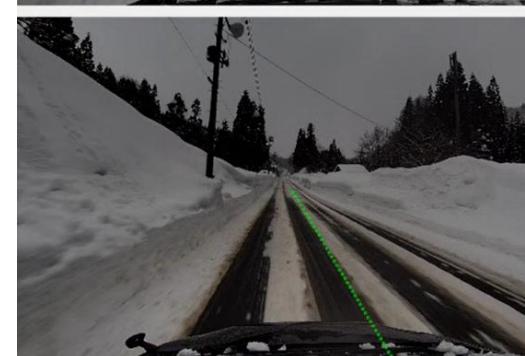
眼の前の車を検知できず。

② 白い車の背後に白い雪がある場合、検知能力が劣化

YOLO v8 公開サンプルを、追加の転移学習・強化学習無しで用いた。

引用: 学校法人幾徳学園神奈川工科大学、三菱プレシジョン株式会社

22 「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(仮想空間での自動運転安全性評価環境の構築)」



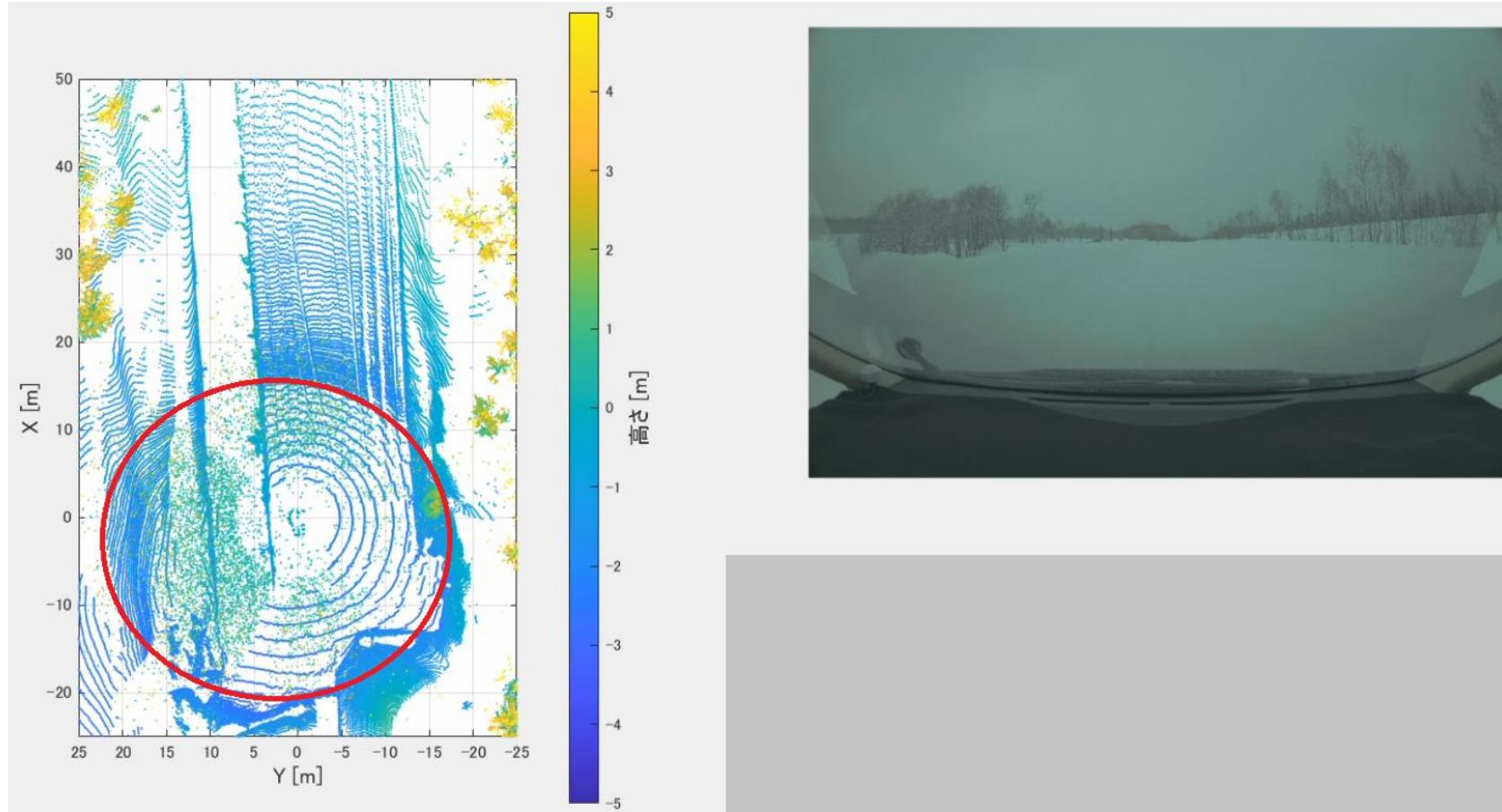
③ 多数の轍により、白線検知が精度劣化

白線認識アルゴリズムは深層学習型のもの(Matlab Automated Driving ToolboxのCLRNetModelParams_v1.mat)を、追加の転移学習・強化学習無しで用いた。

【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (1). 雪の研究】

《Step1》 まず実際に雪国を走行し、雪が自動運転車センサに与える不調現象を調査した。

LiDARにおいて見付かった不調現象 ①

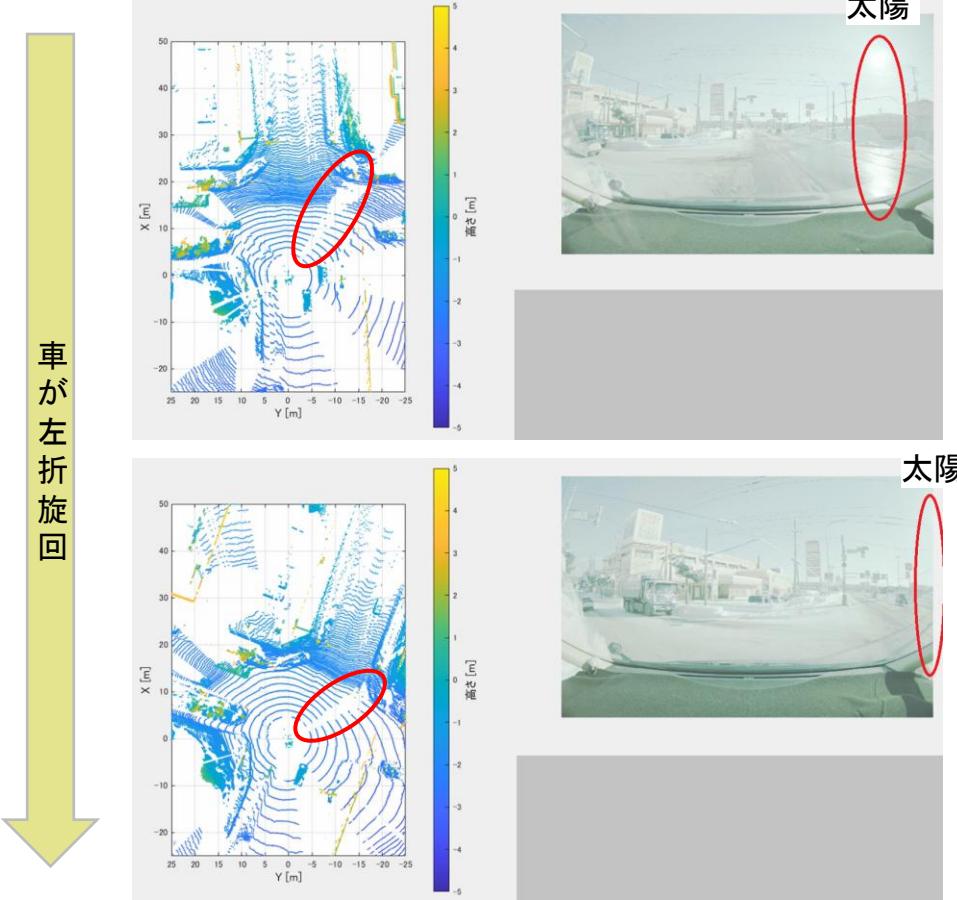


① 空中の雪片を、雲のような偽点としてしてしまう。

【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (1). 雪の研究】

《Step1》 まず実際に雪国を走行し、雪が自動運転車センサに与える不調現象を調査した。

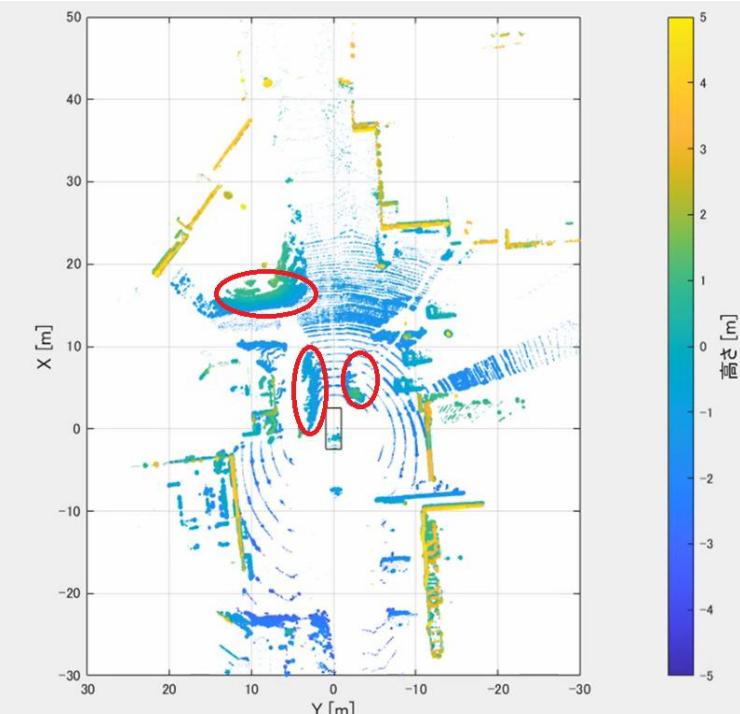
LiDARにおいて見付かった不調現象 ②③



② 太陽光が雪面で反射してLiDARに差し込むと、
その方向だけ検知不能。



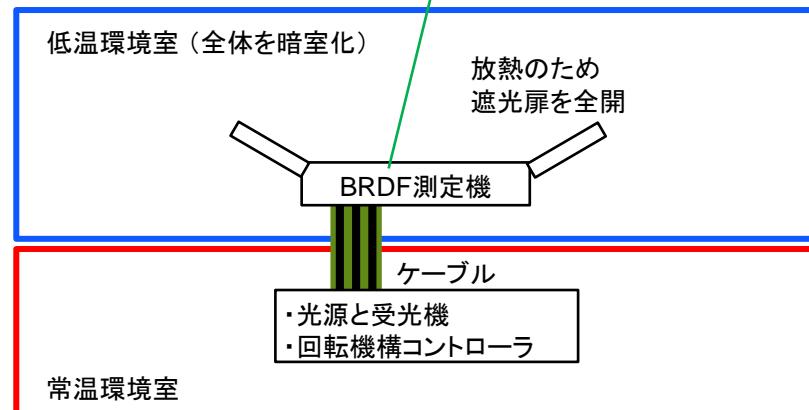
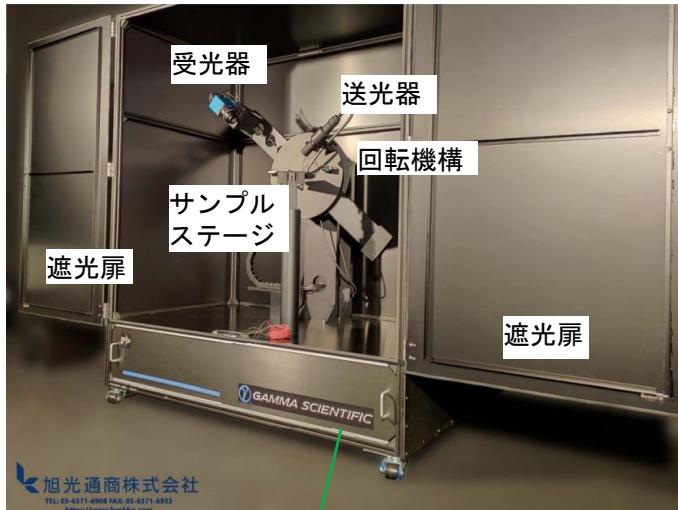
③ 路側の大量の雪のため地図の変化を観測。
LiDAR-SLAMに支障が予想される。



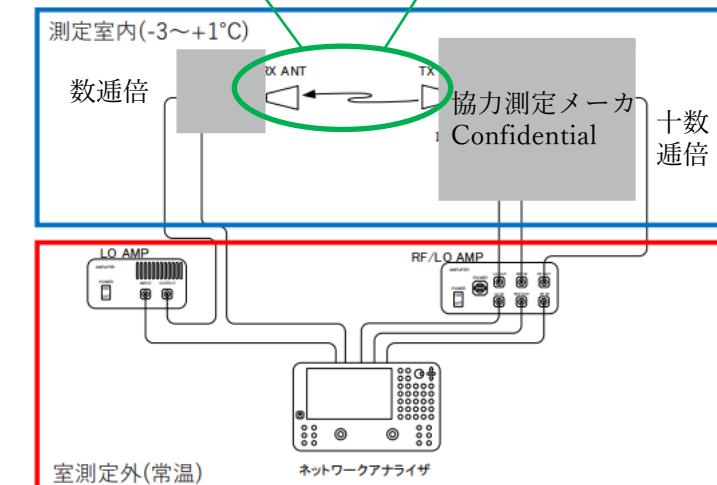
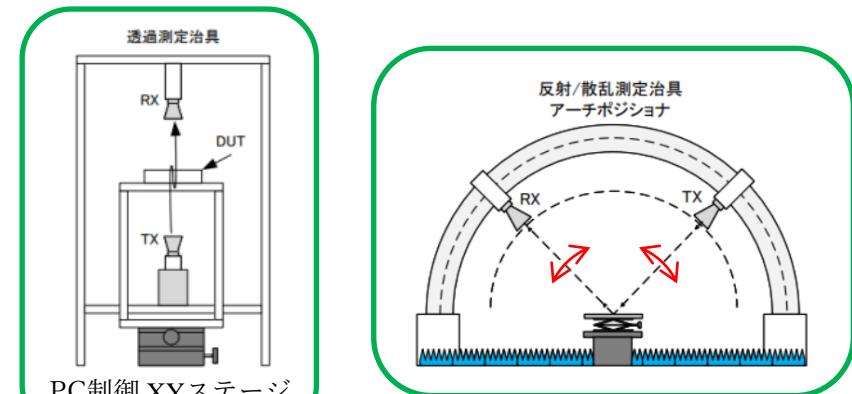
【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (1). 雪の研究】

《Step2》 雪の反射係数を測定するため、特殊環境(0°C)の測定系を構築した。

可視光 (カメラ) ~ 赤外線 (LiDAR) 帯の測定系



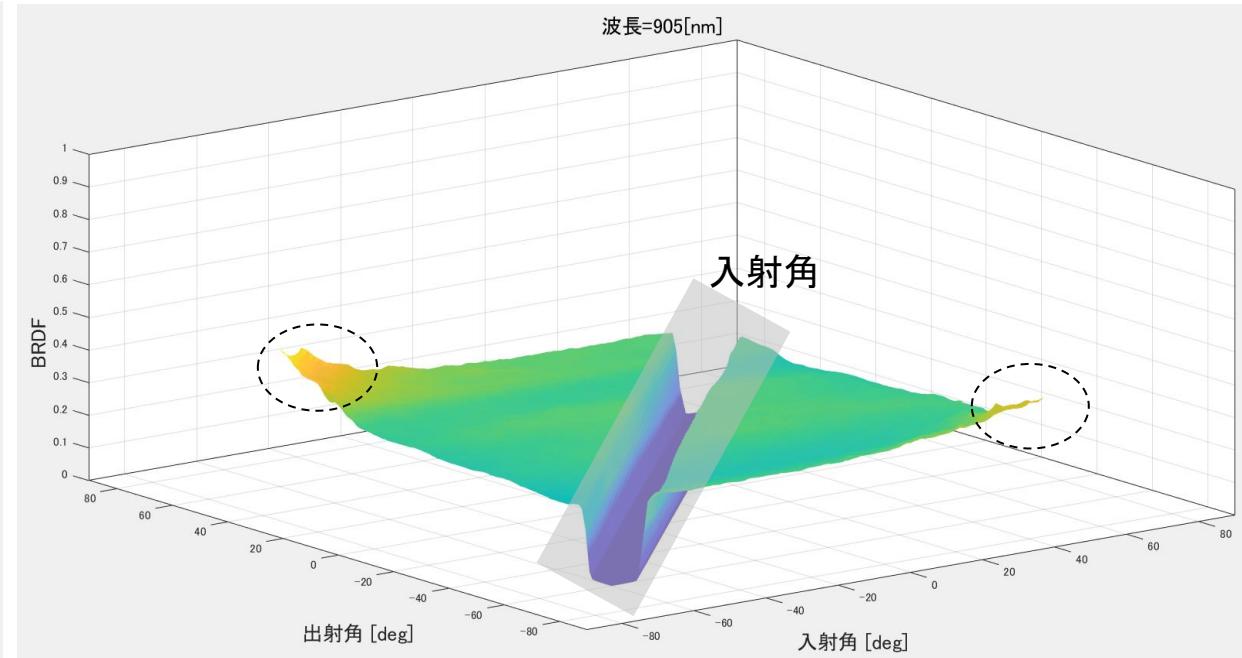
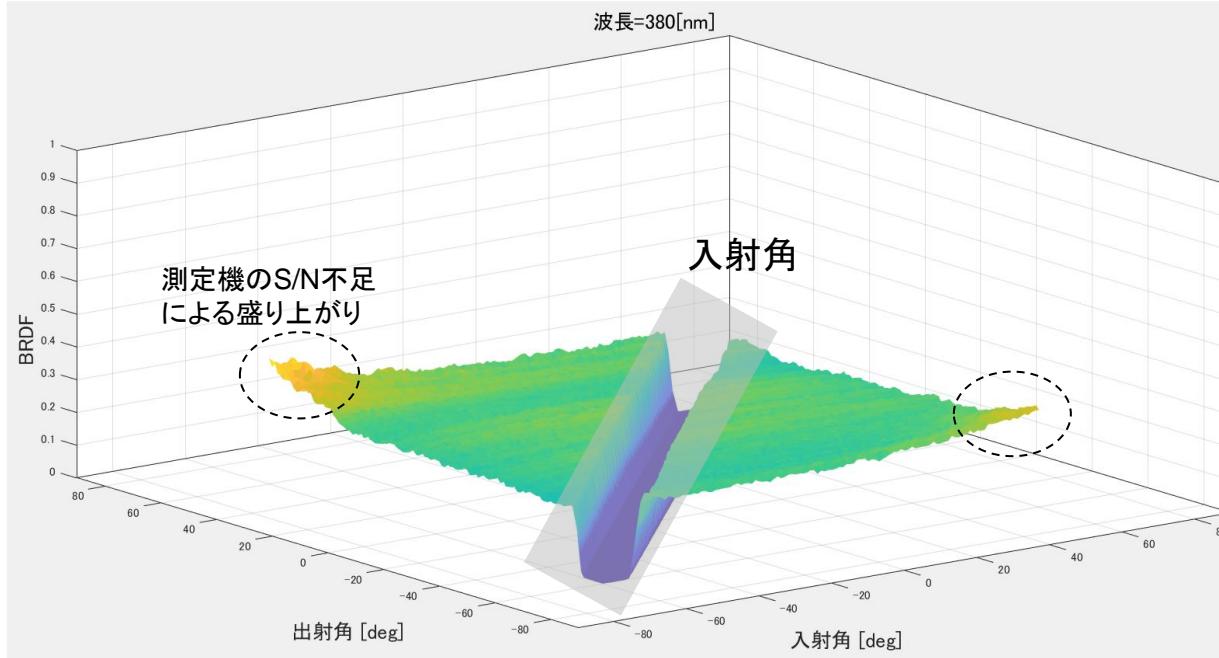
ミリ波 (レーダ) 帯の測定系



【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (1). 雪の研究】

《Step2》 雪の反射係数を測定した。(LiDAR と Camera)

DIVP-PFへMaterialデータとして組み込むため、広帯域な2次元BRDFを測定完。



360nm

可視光帶
(波長380~780nm)

広帯域で一括測定

LiDAR帶
(波長905nm)

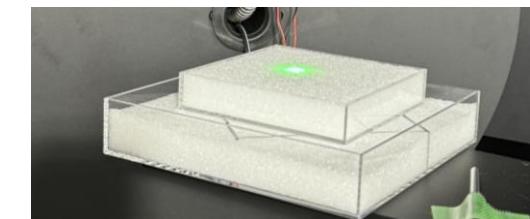
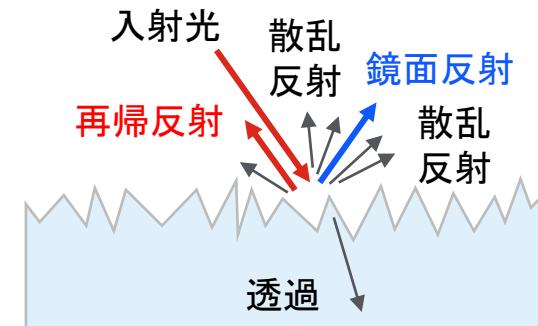
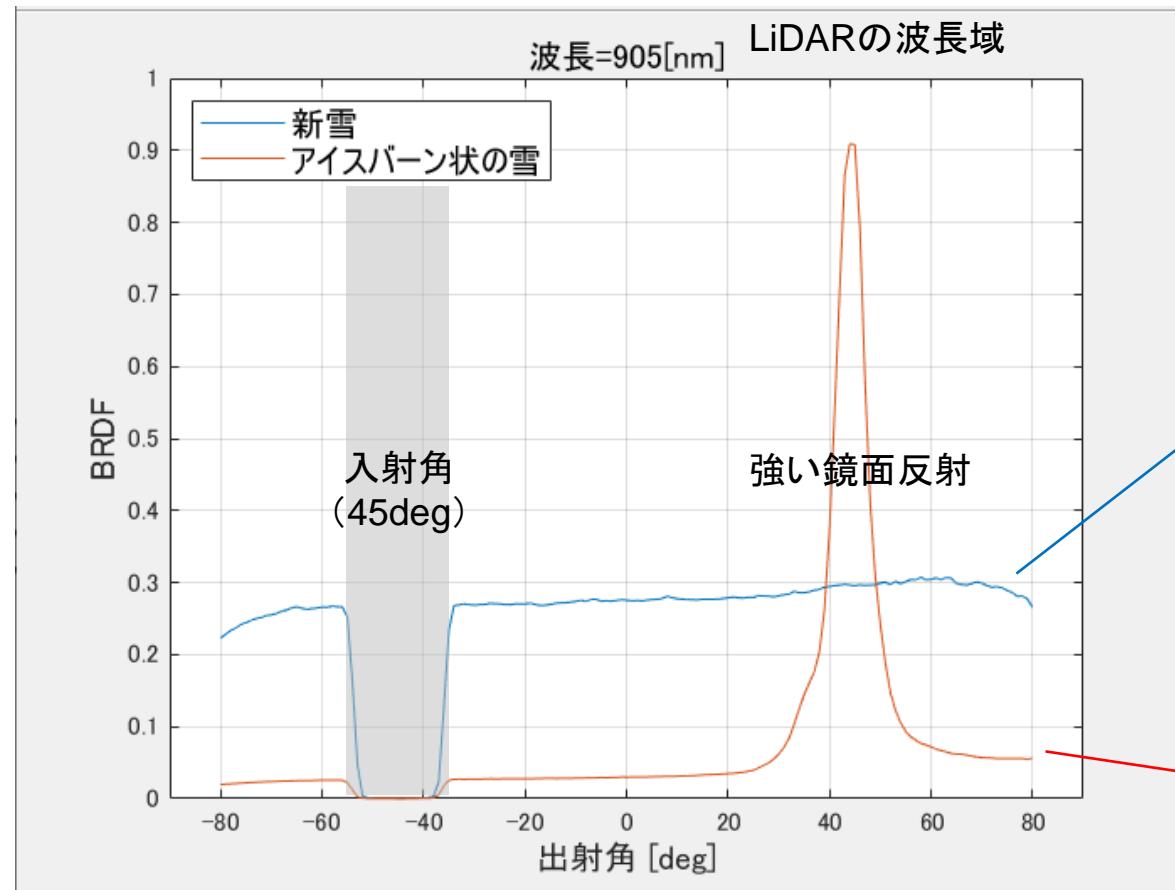
1100nm

【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (1). 雪の研究】

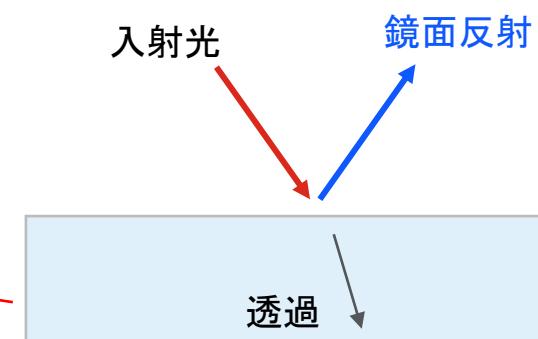
《Step2》 雪の反射係数を測定した。(LiDAR と Camera)

雪は、両極端の性質を示すと判明：

- ① 新雪は、ランバート反射体（当方性散乱体）。
- ② アイスバーン状の凍結した雪は、逆に強い鏡面反射体に成り得る。



新雪のサンプル例



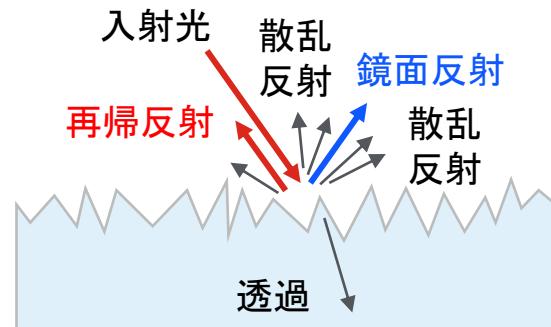
アイスバーン状雪のサンプル例

【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (1). 雪の研究】

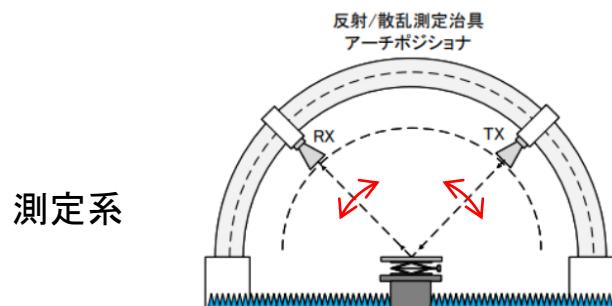
《Step2》 雪の反射係数を測定した。(ミリ波Radar)

優先課題

= ミリ波(波長4mm)から見た
雪の表面粗さの影響の把握

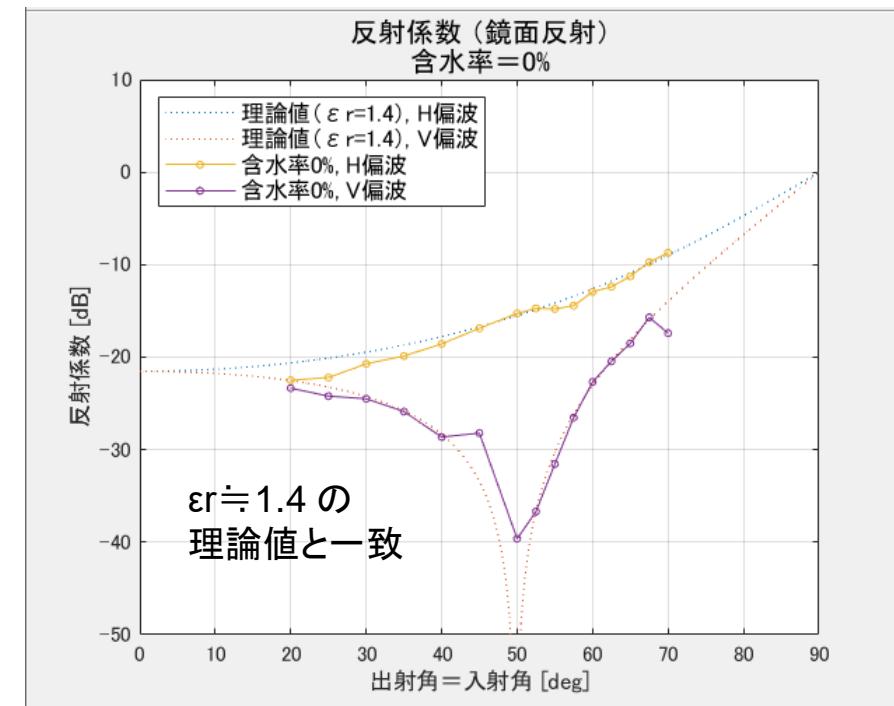


表面粗さを
直接測定は困難なので、
間接的に調査した。



測定系

実験結果・結論



【結果】

DIVPシミュレータにも既に組み込まれている、
「表面が滑らかで均一な誘電率 ϵ のバルク体」の理論式と、
実測値が一致することを確認した。

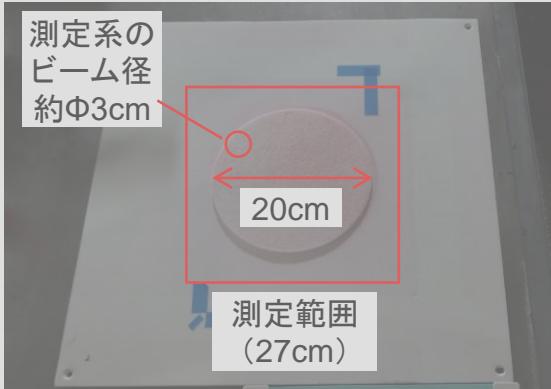
【結論】

- ・ミリ波帯では雪の表面粗さは主要なファクターではない。
- ・現有のシンプルなモデルで対応可能。

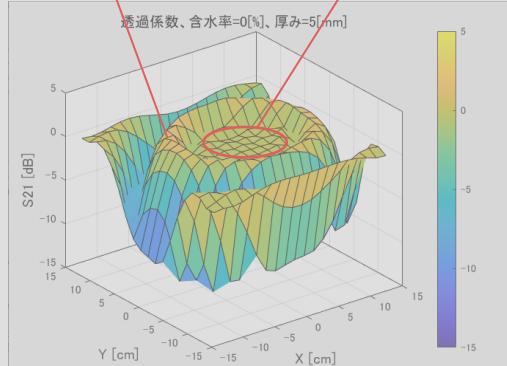
【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (1). 雪の研究】

《Step2》 雪の透過係数を測定した。(ミリ波Radar)

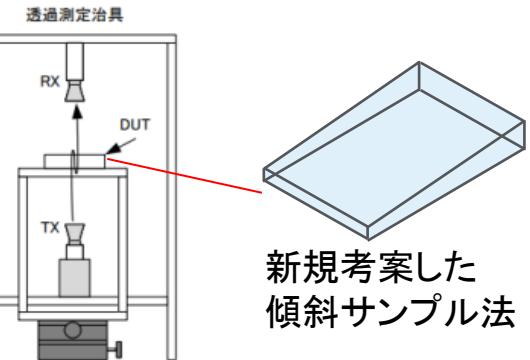
昨年度発見し、解決済の課題



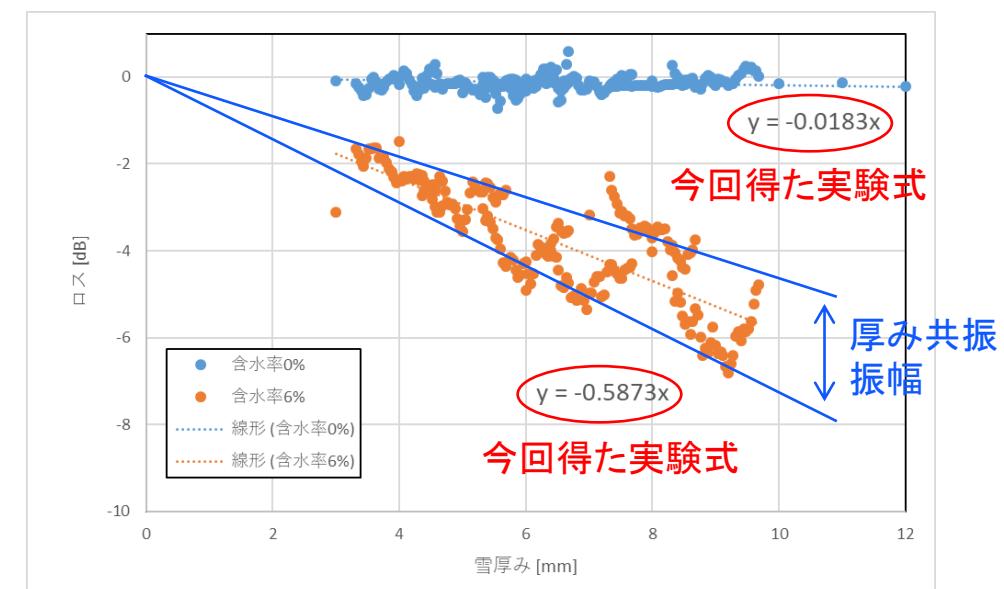
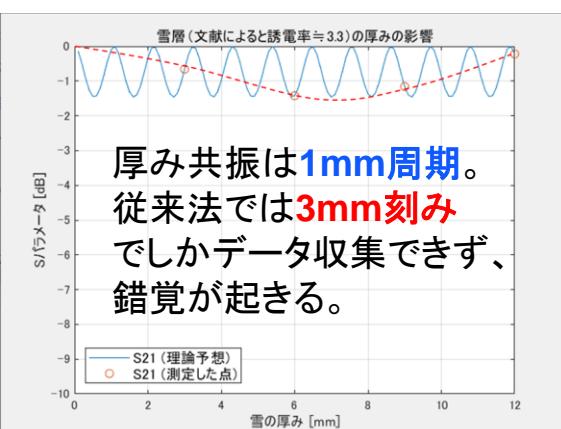
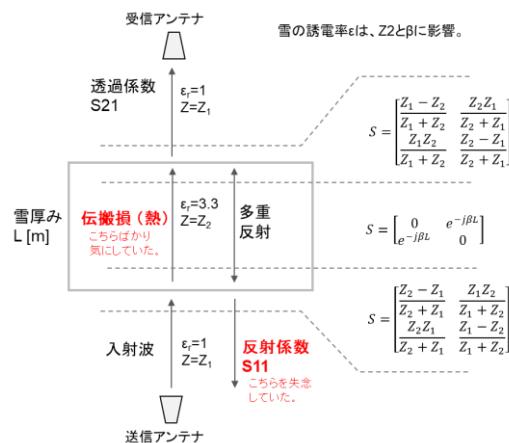
回折効果が起きた領域 雪サンプルのみを正しく測定できた領域



今年度解決した。



昨年度発見し、未解決だった残課題

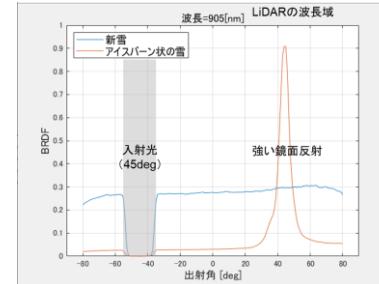
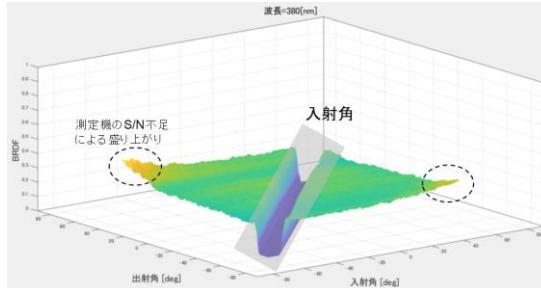


新規考案した「傾斜サンプル法」によって大量データ収集が可能になり、厚み共振の振幅を把握して、より正確な実験式化に成功した。

【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (1). 雪の研究】

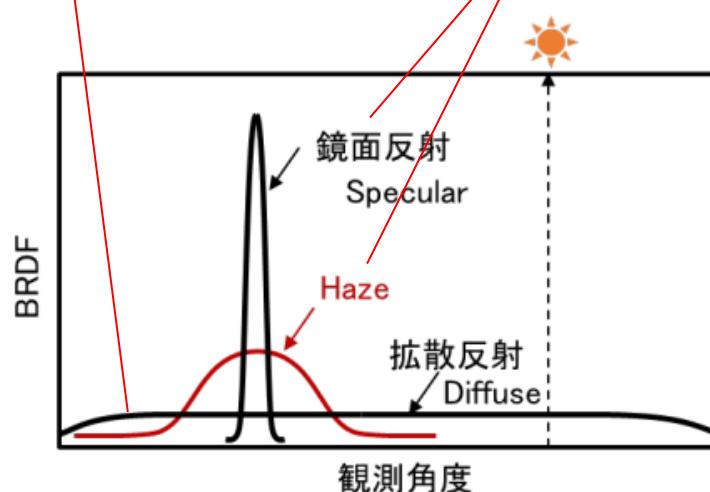
《Step3》 測定した反射係数を用い、雪景色の再現モデルを開発中。

積雪路面にまだらにアイスバーンを設けるよう、テクスチャベースの手法を検討中。

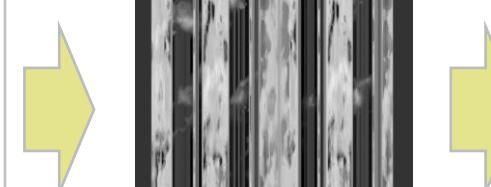


新雪は、拡散反射体
(ランバート反射体)と判明。

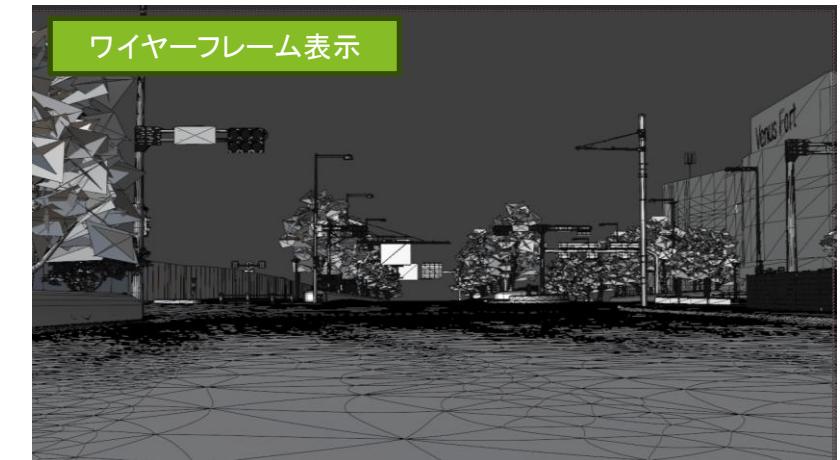
アイスバーン状の新雪は、
鏡面～Haze 反射体と判明。



出典：令和4年度 報告書 SOKEN Figure 1-111

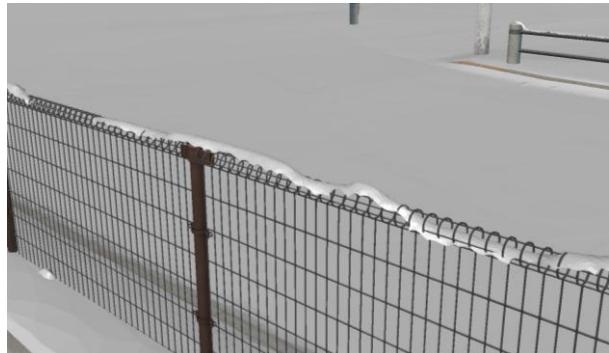


ラフネスマップ
ディスプレイスメントマップ

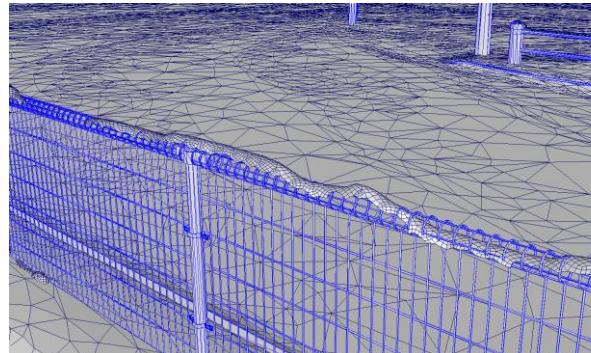


【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (1). 雪の研究】
《Step3》 測定した反射係数を用い、雪景色の再現を準備中。

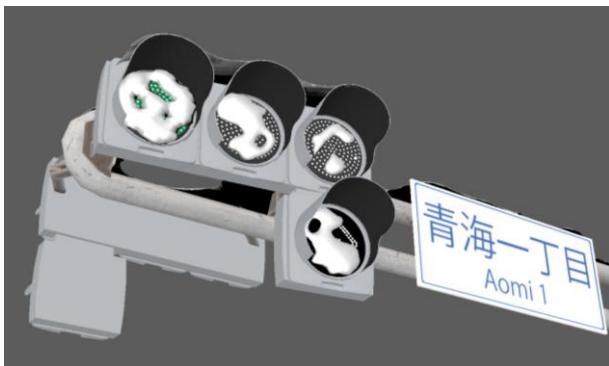
物標などに積雪したメッシュベースの雪景色の模擬



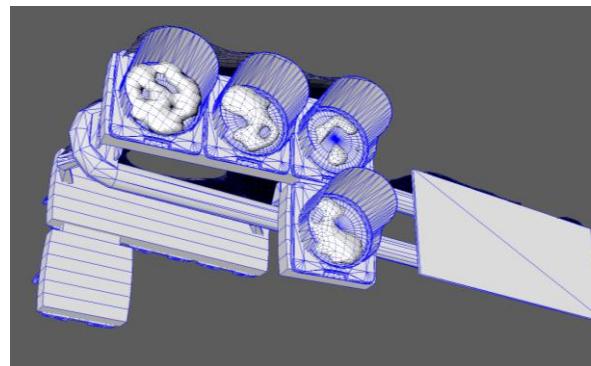
路面/柵 雪付着
[ソリッド表示]



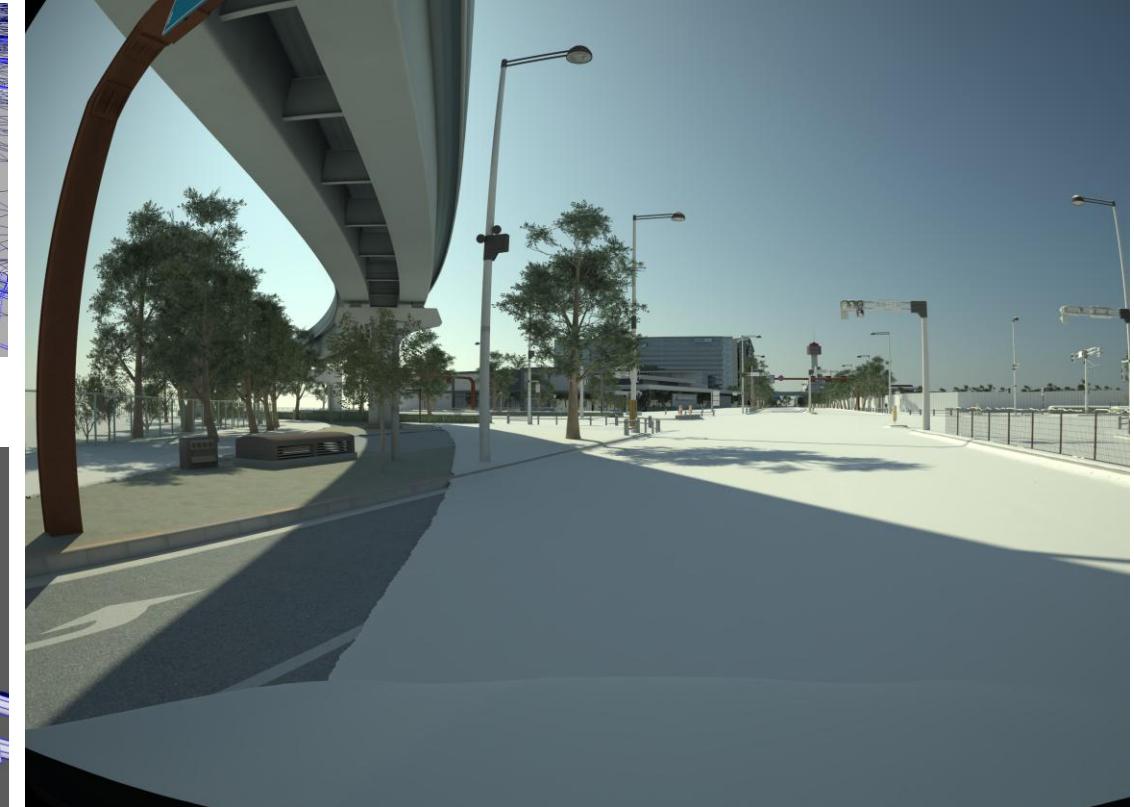
路面/柵 雪付着
[ワイヤーフレーム表示]



信号機 雪付着
[ソリッド表示]



信号機 雪付着
[ワイヤーフレーム表示]



臨海副都心 青海一丁目付近 積雪景況
[PFレンダリング]

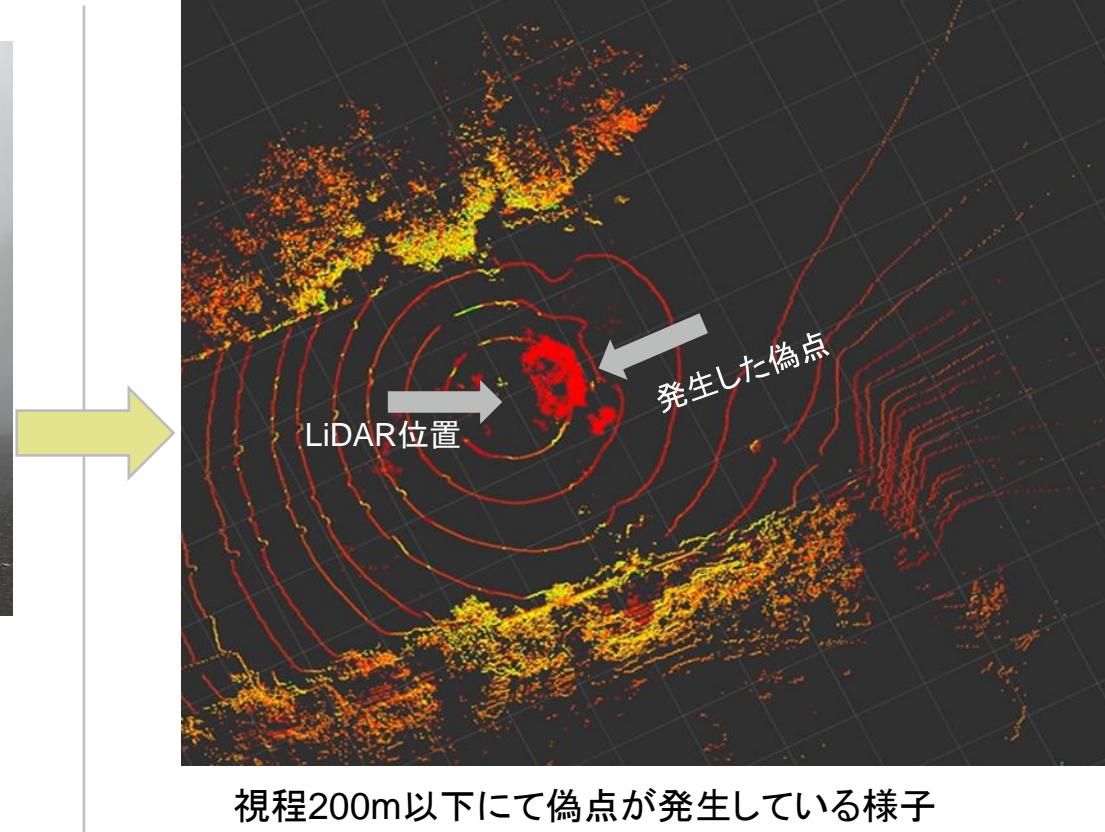
【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (2). 霧の研究】

霧による LiDAR 偽点の計測

自然に発生する霧の偽点計測



山間部で 霧が発生しやすい状況にて計測



視程200m以下にて偽点が発生している様子

自然界でのLiDAR偽点の計測を実施
定量的な評価が出来ないことからモデル環境での計測が必要

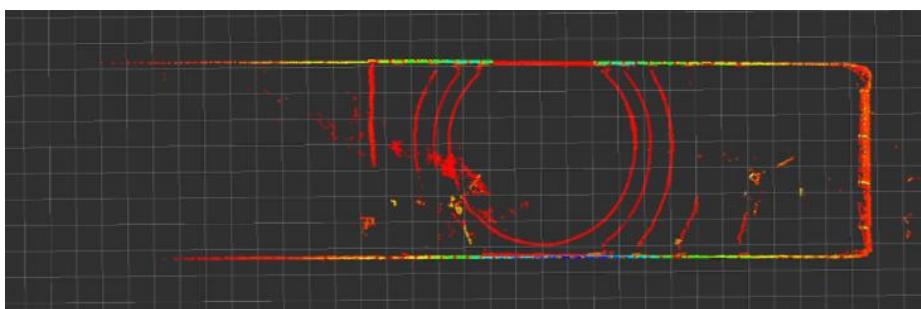
【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (2). 霧の研究】

霧による LiDAR 偽点の、一致性検証を進行中。

霧実験施設で LiDAR 一致性検証を実施。データ量不足のため、2025年2月に追加実験を実施(解析中)。



霧実験風景



LiDARでの測定結果

試験内容(1回目)

試験日: 2024年9月26日(木)

Case1: ターゲット位置3m, 6.5m, 15mで計測

視程: 霧のない状態から、目標視程で固定

#	目標視程	LIDAR計測開始時刻	LIDAR機種
1	90 [m]	13:55	PSSI
2	40 [m]	14:43	PSSI
3	200 [m]	15:34	PSSI

試験日: 2024年9月27日(金)

Case2: ターゲット位置3m, 4.5m, 6.5mで計測

(ターゲット15mでは霧による減衰が大きく、偽点発生が見られなかったため)

視程: 霧のない状態から、目標視程で固定

#	目標視程	LIDAR計測開始時刻	LIDAR機種
4	90 [m]	9:24	PSSI
5	40 [m]	10:08	PSSI
6	40 [m]	10:57	PSSI
7	90 [m]	13:21	PSSI
8	霧なし	10:52	PSSI

Case3: 低反射体の前を人が歩行する

視程: 目標視程で固定

#	目標視程	LIDAR計測開始時刻	LIDAR機種
9	40 [m]	11:28	PSSI
10	90 [m]	13:55	PSSI
11	霧なし	13:18	PSSI

Case4: ターゲット位置3m, 4.5m, 6.5mで計測

視程: 目標視程から噴霧停止し、霧を靖らす

#	目標視程	LIDAR計測開始時刻	LIDAR機種
12	10 [m]	11:38	PSSI

Case5: ターゲット位置3m, 4.5m, 6.5mで計測

視程: 霧のない状態から、目標視程で固定

#	目標視程	LIDAR計測開始時刻	LIDAR機種
13	霧なし	14:35	Velodyne
14	40 [m]	14:41	Velodyne

Case6: 低反射体の前を人が歩行する

視程: 目標視程で固定

#	目標視程	LIDAR計測開始時刻	LIDAR機種
15	霧なし	14:37	Velodyne
16	40 [m]	15:07	Velodyne

Case7: その他

#	目標視程	LIDAR計測開始時刻	LIDAR機種
15	40 [m]	15:11	Velodyne
16	実験室奥から噴霧	15:32	Velodyne

試験内容(2回目)

試験日: 2025年2月4日(火)

Case1: ターゲット位置3m, 6m, 9m, 12m, 15mと変えながら3種類のLiDARで計測

視程: 50 [m]

#	ターゲット位置	LIDAR計測開始時刻	LIDAR機種
1	3 [m]	13:36	VLP-16
2	3 [m]	14:16	VLP-32
3	3 [m]	14:28	Hesai
4	6 [m]	15:03	Hesai
5	6 [m]	15:35	VLP-32
6	6 [m]	16:00	VLP-16
7	9 [m]	16:13	VLP-16
8	9 [m]	16:27	VLP-32
9	9 [m]	16:44	Hesai
10	12 [m]	16:57	Hesai
11	12 [m]	17:08	VLP-32
12	12 [m]	17:22	VLP-16
13	15 [m]	17:33	VLP-16
14	15 [m]	17:40	VLP-32
15	15 [m]	17:50	Hesai

試験日: 2025年2月5日(水)

Case2: ターゲット位置9m固定で、3種類のLiDARで計測

視程: 20 [m]で5分維持し、その後、霧噴霧を停止(自然に晴らす)

#	LIDAR機種	LIDAR計測開始時刻
1	VLP-16	14:29
2	VLP-16	15:13
3	VLP-16	15:50
4	Hesai	16:22
5	Hesai	16:50
6	Hesai	17:18

試験日: 2025年2月6日(木)

※Case2の続き

#	LIDAR機種	LIDAR計測開始時刻
1	VLP-32	9:41
2	VLP-32	10:09
3	VLP-32	10:54
4	VLP-32	11:35

※記録データ破損

Case3: 霧環境における人の見え方確認

視程: 20 [m], 50 [m]

ターゲット位置: LiDAR前に、5, 10, 15, 20の位置にパイロンをおいて、人が歩く様子を計測

#	LIDAR機種	LIDAR計測開始時刻
5	Hesai	14:15
6	Hesai	14:17
7	Hesai	14:28
8	Hesai	14:30

【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (2). 霧の研究】

霧による LiDAR 偽点の、一致性検証を進行中。

実験結果を解析し、シミュレータへ特性を反映(解析済み部分のみ)

ターゲット反射強度の推定

実験結果

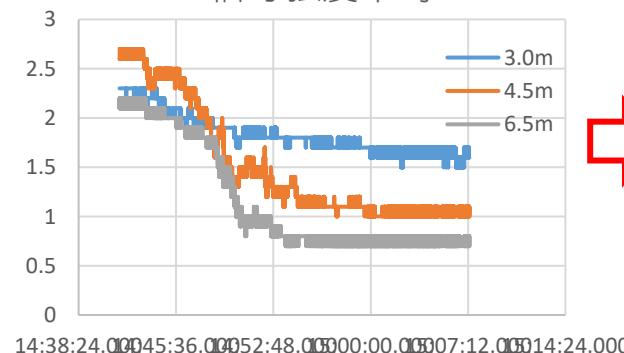
ターゲット距離	min intensity (Expt)	max intensity (Expt)
3	1222.032	1769.257
4.5	552.2788	749.7318
6.5	259.3093	363.5321

Sim結果(ターゲット反射率 0.035)

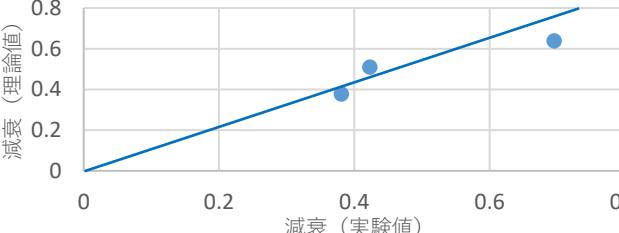
ターゲット距離	min intensity (Sim)	max intensity (Sim)
3	1282.2	1743.9
4.5	527.1	807.1
6.5	206.35	390

霧減衰の確認

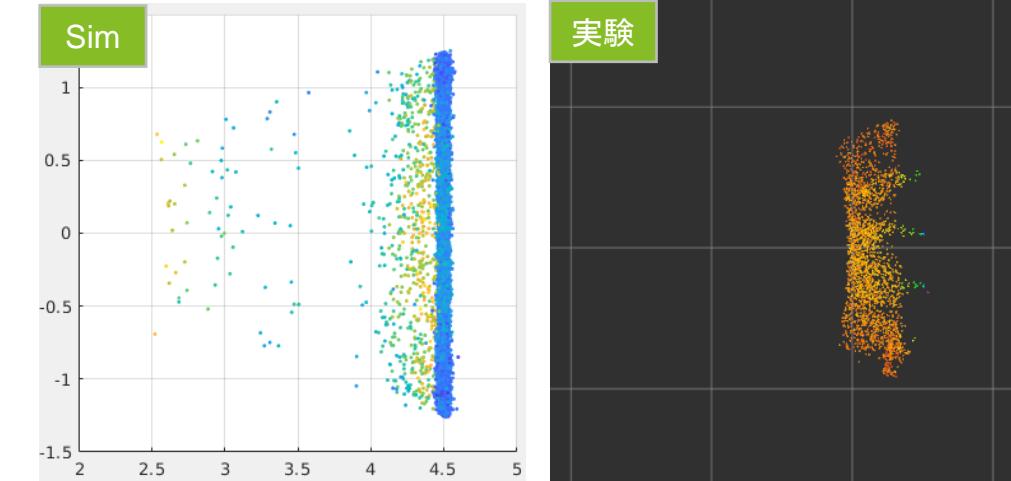
信号強度平均



距離	信号強度		減衰	
	霧なし	視程40m	実験値	理論値
3	2.3	1.6	0.6957	0.6380
4.5	2.6	1.1	0.4231	0.5096
6.5	2.1	0.8	0.3810	0.3777



粒径分布の実装確認(偽点発生の確認)



【テーマ(1)-1.b 「環境モデルの拡充」 (2). 霧の研究】

霧モデルの、ユーザビリティを向上。

霧の濃度の設定を視程を用いて行うことができるようになり、ユーザーの利便性が大きく向上。

【視程換算式】

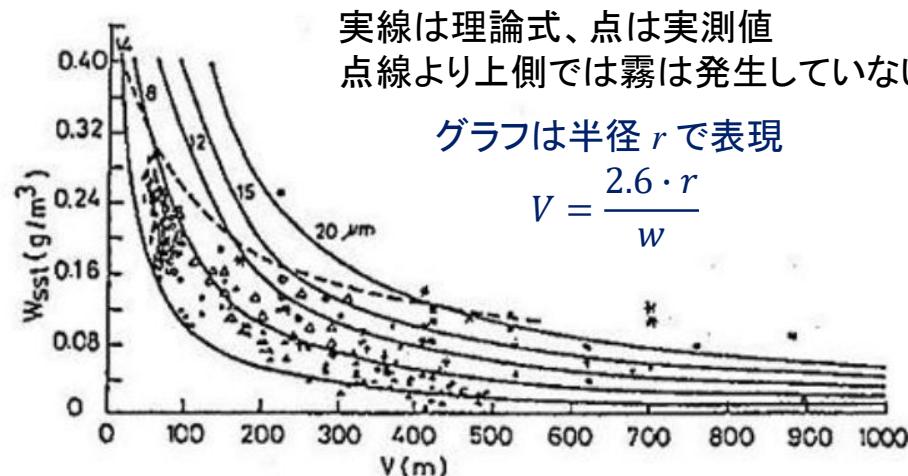
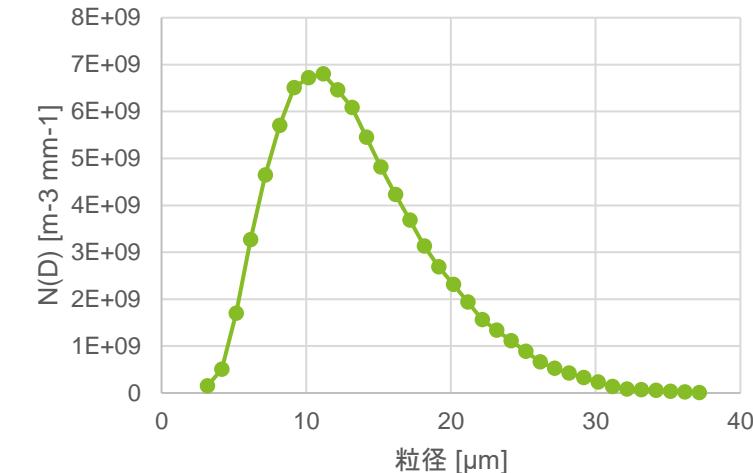
$$VIS = \frac{1.3D}{w}$$

VIS: 視程 (m)

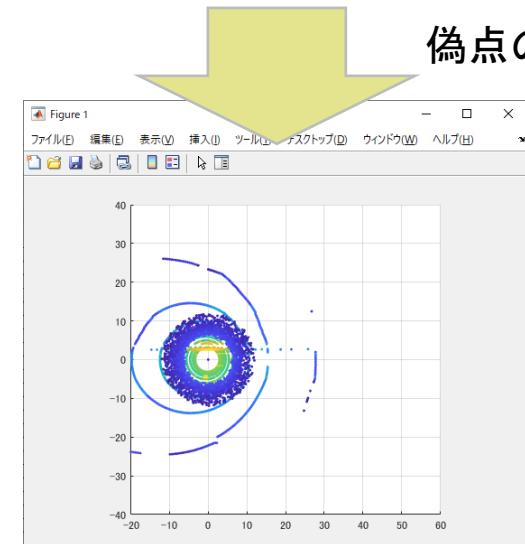
D: 霧粒の粒径 (μm)

w: 霧水量 (g/m^3)

粒径分布に変換



偽点の再現



【テーマ(1)-1.c 「マルチセンサへの対応】

マルチセンサの、具体的な目標台数を決定した。

Waymo の最新車両に合せて、センサ23台とした。



	第5世代 (2020年3月)	第6世代 (2024年8月)
カメラ	29個	13個 コストダウン
Lidar	5個	4個
レーダ	6個	6個



【テーマ(1)-1.c 「マルチセンサへの対応】

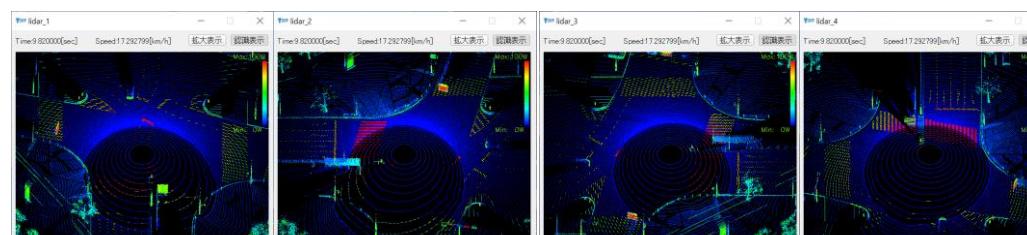
その目標台数のセンサを同時にシミュレーションできるよう、DIVP-PFを機能拡張した。

センサ23台を同時シミュレーションできることを確認した。来年度、連携プロジェクトに展開予定。

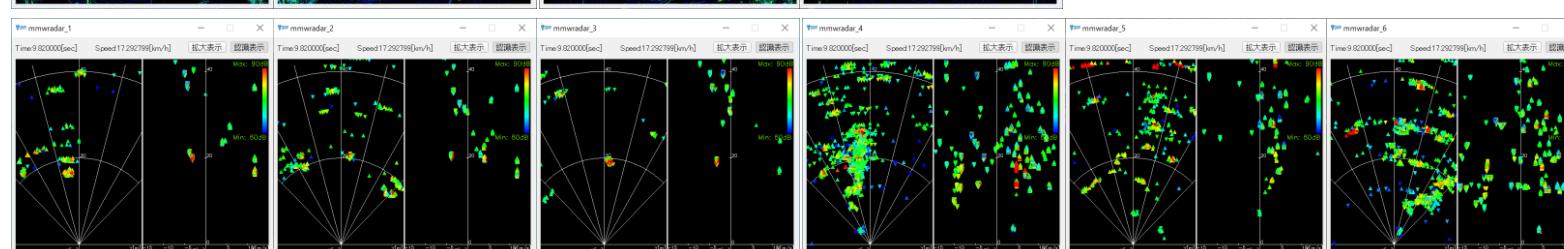
カメラ 13台



LiDAR 4台



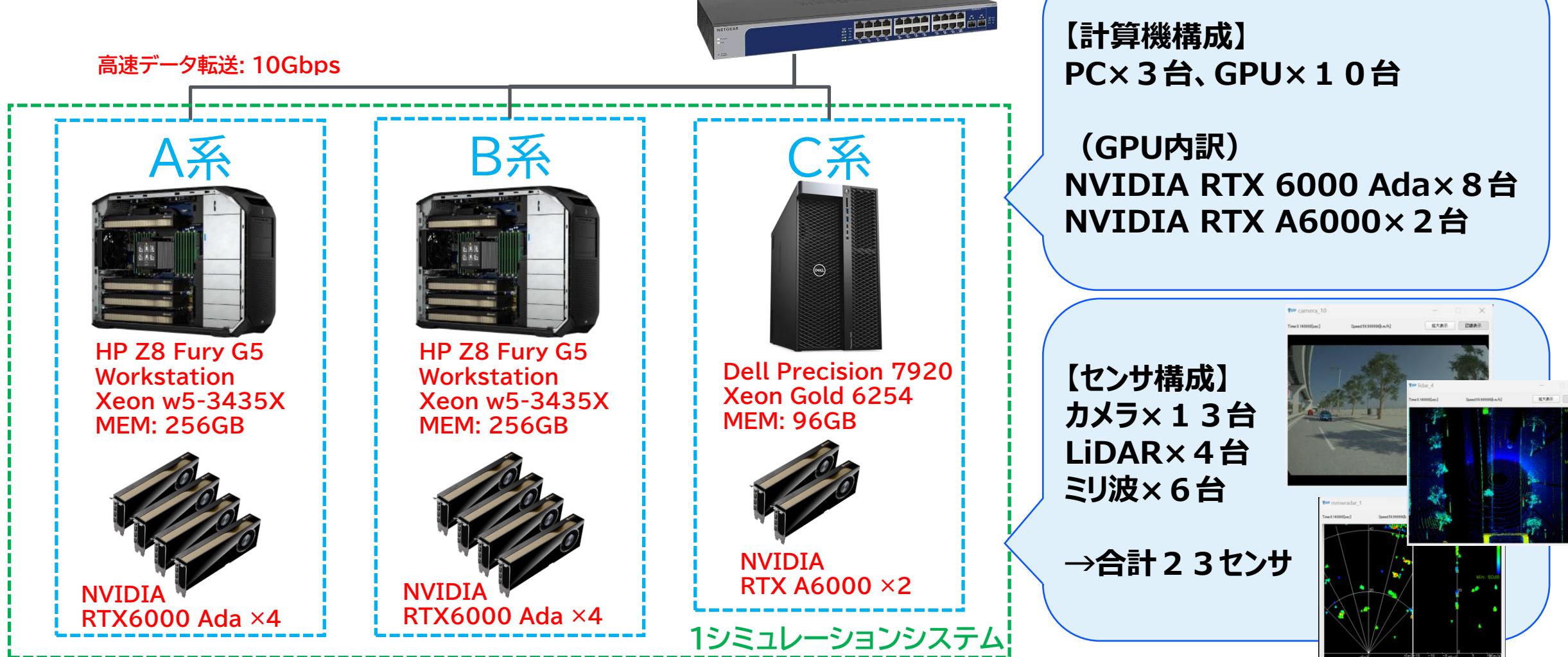
レーダー 6台



【テーマ(1)-1.c「マルチセンサへの対応」】

高性能ワークステーションで、合計23センサ(カメラ×13台、LiDAR×4台、ミリ波×6台)のマルチセンサシミュレーション環境を構築し、評価を実施した

マルチセンサシミュレーション環境の概要



【テーマ(1)-1.c「マルチセンサへの対応】

SIM時間30秒のテストシナリオを用いてマルチセンサシミュレーションを実施した
合計23センサのマルチセンサシミュレーションは約21時間で実行することができた

マルチセンサシミュレーション環境でのテストシナリオ実行



マルチセンサシミュレーションの実行例図

合計23センサのマルチセンサシミュレーションが
約21時間でシミュレーション実行できた

各種センサのGPU割振り表

センサ種別	センサ番号	PC 1				PC 2				PC 3	
		GPU 0	GPU 1	GPU 2	GPU 3	GPU 0	GPU 1	GPU 2	GPU 3	GPU 0	GPU 1
カメラ	1	○									
	2		○								
	3			○							
	4				○						
	5					○					
	6						○				
	7							○			
	8								○		
	9									○	
	10										○
	11	○									
	12		○								
	13			○							
ミリ波	1					○					
	2						○				
	3							○			
	4								○		
	5									○	
	6										○
LiDAR	1										○
	2						○				
	3							○			
	4								○		

【テーマ(1)-1.c 「マルチセンサへの対応】

マルチセンサの代表例の全周カメラについて、レンズへの水滴付着モデルを開発した。

背景・目的

既存のフロントガラスの雨滴付着モデルとは異なる外付けカメラの雨滴付着のモデル生成と検証を目的に

1. 実際の雨滴付着状況の観測
 2. 外付けカメラ雨滴モデルの生成と検証
 3. 雨滴除去技術と認識性能の評価
- を実施しする

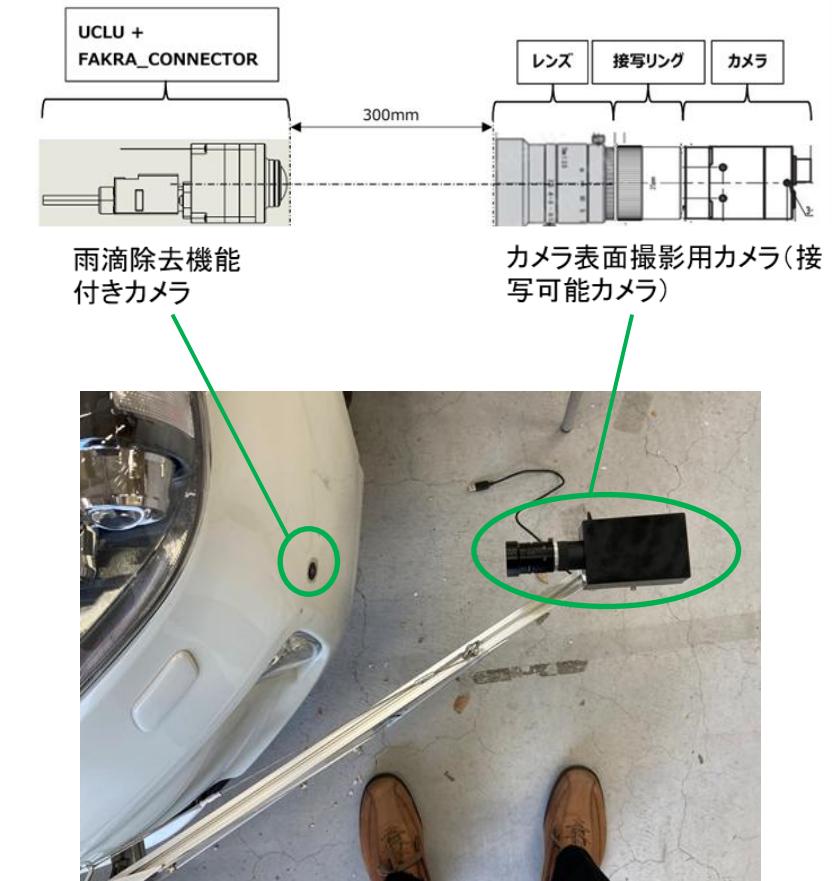
雨滴の観測

雨滴観測のためカメラ内部からの画像と外からレンズ面に雨滴が付着する様子の観測を行う

実際に使用されることの多い車両フロント側面への装着を想定して観測

- ・雨滴除去機能(村田製作製)の装着されたカメラシステムを装着
- ・外部からの観測のため、観測用カメラを設定

－ 現在の超音波センサが搭載されている位置を想定



【テーマ(1)-1.c 「マルチセンサへの対応】

マルチセンサの代表例の全周カメラについて、レンズへの水滴付着モデルを開発した。

雨天時の雨滴付着の観測

雨天時に観測システムを搭載した車両を走行して、雨滴の付着状況の観測を実施(雨量はディスドロメータで計測)

場所:神奈川工科大学構内

最大走行速度:20km/h

雨量計測:神奈川工科大学内ディスドロメータ

5mm/h時の外付けカメラ雨滴付着の観測結果 例1



カメラ内部からの雨滴による影響撮影



外からのレンズ表面撮影

5mm/h時の外付けカメラ雨滴付着の観測結果 例2



カメラ内部からの雨滴による影響撮影



外からのレンズ表面撮影

【観測結果】

実雨量 5mm/h時の外付けカメラの雨滴付着状況(内・外)の観測ができた。

雨滴は直径1mm程度と非常に小さいが画像の歪みなどの影響が発生することが分かった



- 霧雨 (DZ)
- 着氷性の霧雨 (FZDZ)
- 雨 (RA)
- 着氷性の雨 (FZRA)
- ひょう (GR)
- 雪 (SN)
- 霧雪 (SG)
- ソフトヘイブル (GS)
- 凍雨 (PL)

【テーマ(1)-1.c 「マルチセンサへの対応】

マルチセンサの代表例の全周カメラについて、レンズへの水滴付着モデルを開発した。

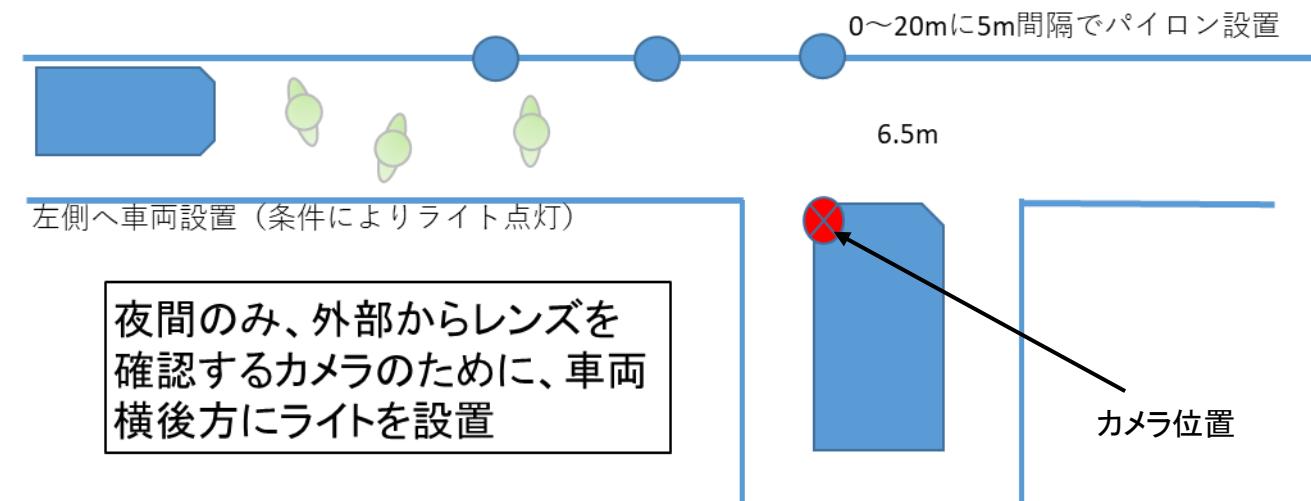
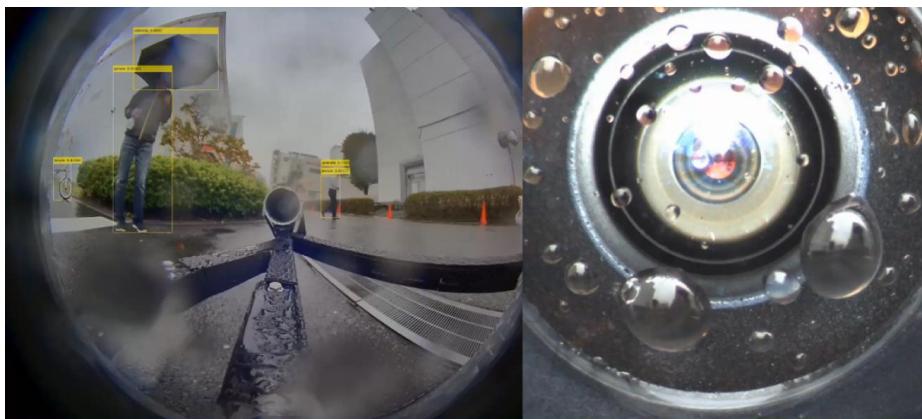
雨滴付着の影響の調査

雨滴付着の影響の調査のため、昼夜での実験で影響の明確化を検討

雨天時だけ映像を撮ることだけでは不十分なため、人工的な水滴付着を検討し、実際の雨滴と同等な雨滴の付着を人工的に作成することができたため、雨天時以外での観測を実施。

昼夜での観測を実施した

雨滴付着を模擬した水滴付着方法の確立



【観測結果】

弱点事象の計測は出来た

夜間は周辺光による影響が大きいことが観測された(次ページ)

定量的に評価することが非常に難しいこともわかった

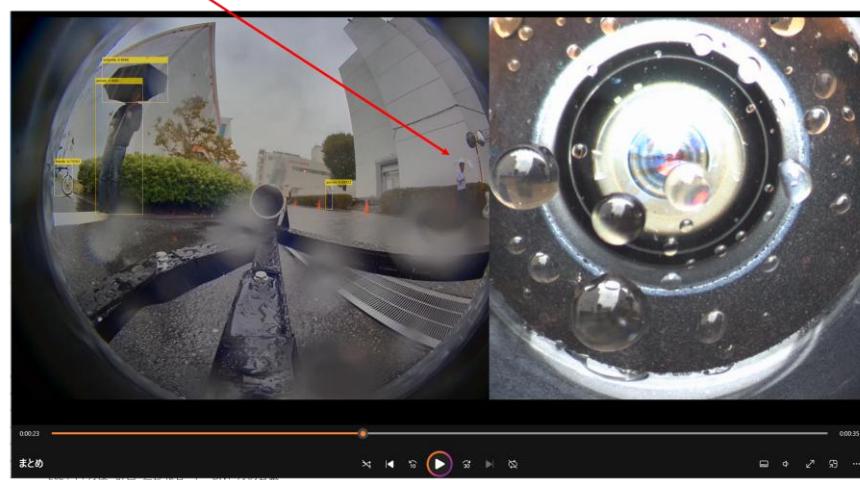
雨滴付着結果の画像

昼間の観測結果

雨滴によって歩行者が半分になっているが検出

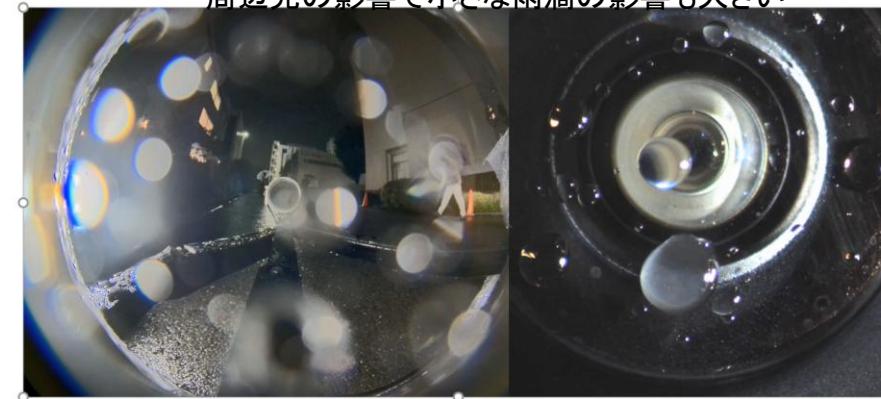


歩行者が未検出

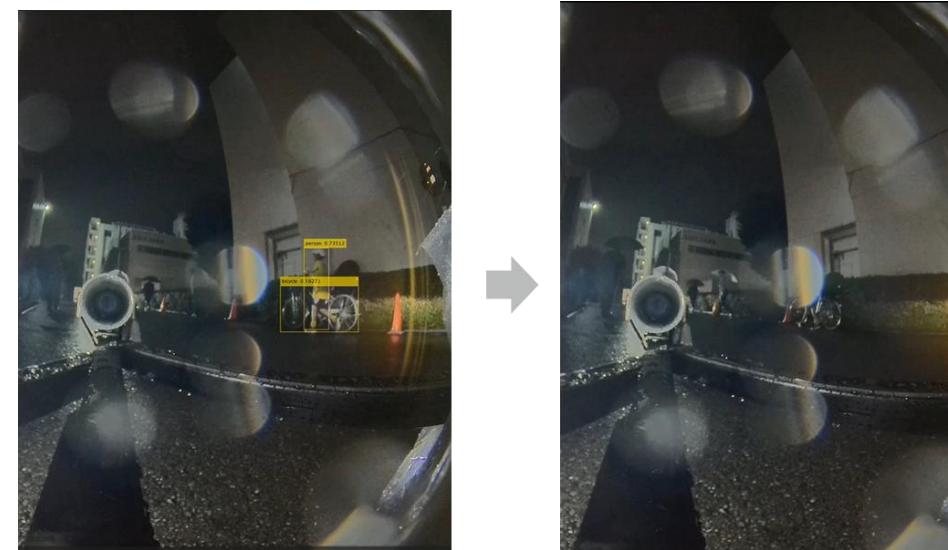


夜間の観測結果

周辺光の影響で小さな雨滴の影響も大きい



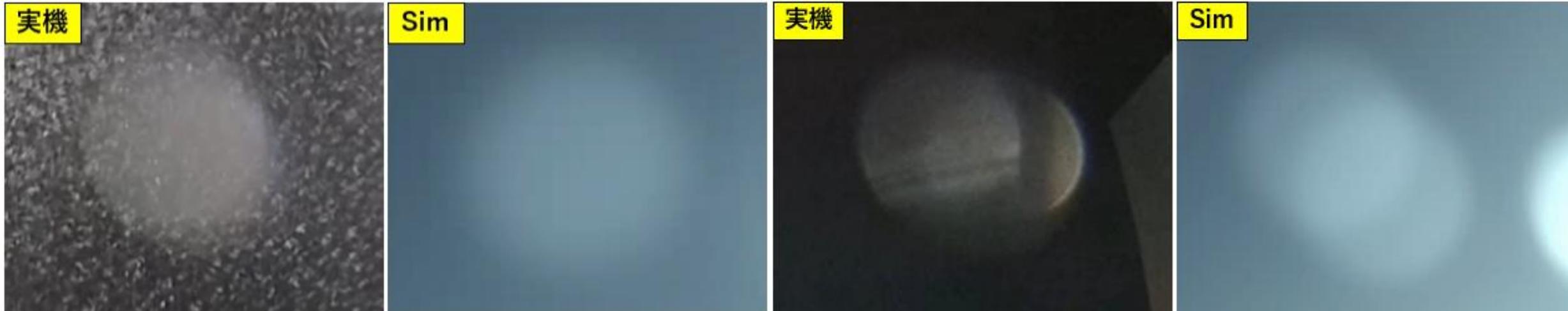
自転車に乗った子供が認識出来なくなる現象



【テーマ(1)-1.c 「マルチセンサへの対応】

マルチセンサの代表例の全周カメラについて、レンズへの水滴付着モデルを開発した。

レンズへの水滴付着処理



レンズスペックを入手できなかったため、物理的に正しいモデルの実装は困難なため、実機の振る舞いに似せたモデルの開発を実施。

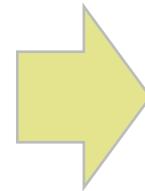
水滴がボケて表示される現象を、ガウシアンブラーの処理を流用した新規処理を用いて再現した。

光の入射の関係で、水滴が二重に表示される現象が、実機では観察されるが、Simでもこの現象の再現を行った。

【テーマ(1)-1.c 「マルチセンサへの対応】

マルチセンサの代表例の全周カメラについて、レンズへの水滴付着モデルを開発した。

DIVP-PFへ、「レンズへの水滴付着モデル」を拡張



Step1:

DIVP内の研究用に、
現実世界の任意の写真に対して、
水滴を付着するソフトを開発した。



Step2:

仮想世界 (DIVP-PF) のカメラ映像に対して、
水滴を付着するソフトを開発した。

【今後】

1. 一致性の確認: 実環境データを取得し、モデルとの比較
2. 認識性能評価:
3. 上記を昼夜環境で実施し、モデルを完成

研究成果

(1) 環境・空画描画・センサモデルを用いたツールチェーンへの拡張

(2). 評価指標・体系の確立

(3).センサ弱点事象の特定と事象の拡張

(4).国際協調・標準化活動及び海外動向調査

(5). プロジェクト推進のための運営体制の構築

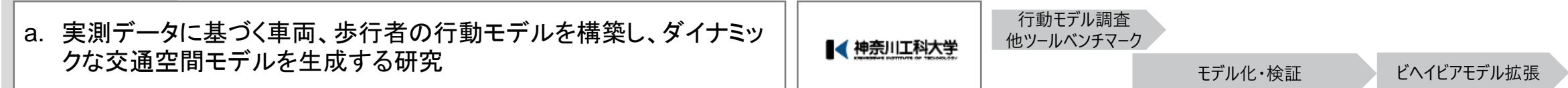
テーマ(2)では事業者による研究開発のためのツールチェーン構築の他、自動運転の認可取得を想定した、実車・実機との接続等、具体的な安全性評価の体制づくりを加速

(2). 評価指標・体系の確立

(2)-1. ADシステムの仮想空間評価の確立(環境再現性テスト、認識限界評価)



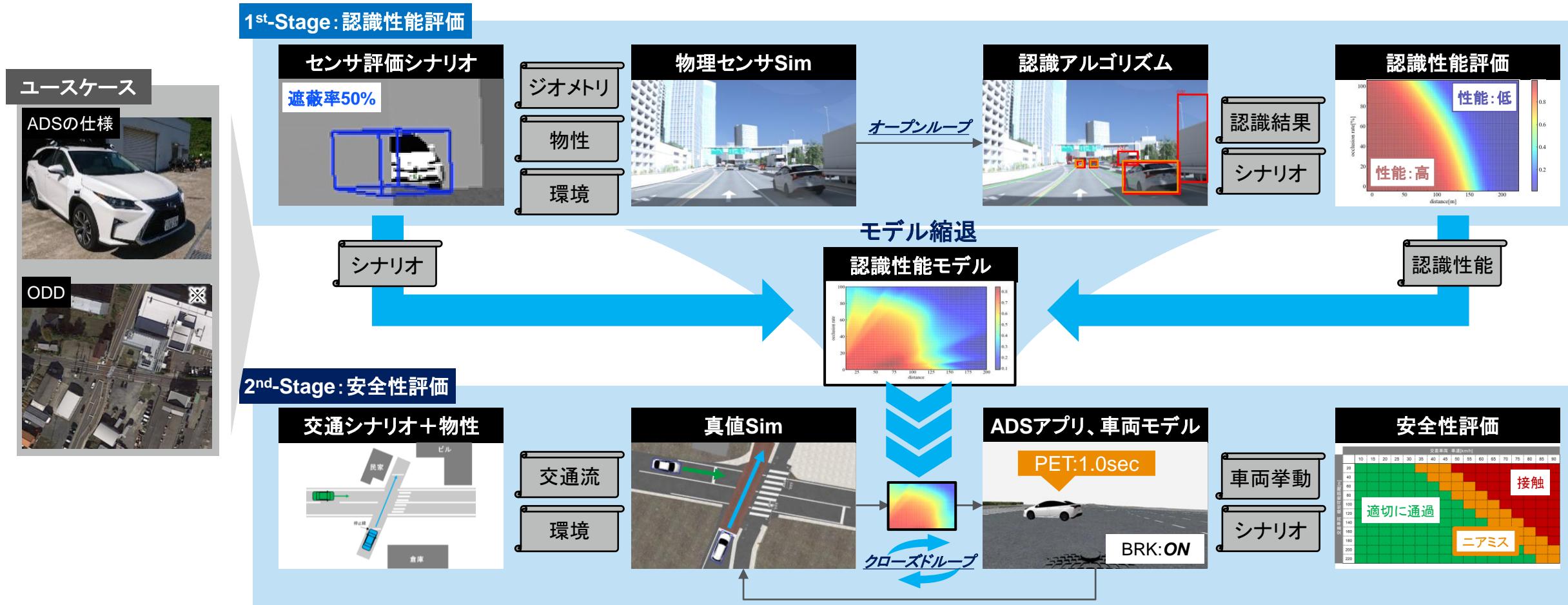
(2)-2. ドライバ・歩行者行動モデルの研究



* AD-URBANプロジェクト、RoAD to the L4 テーマ4との連携部分が存在

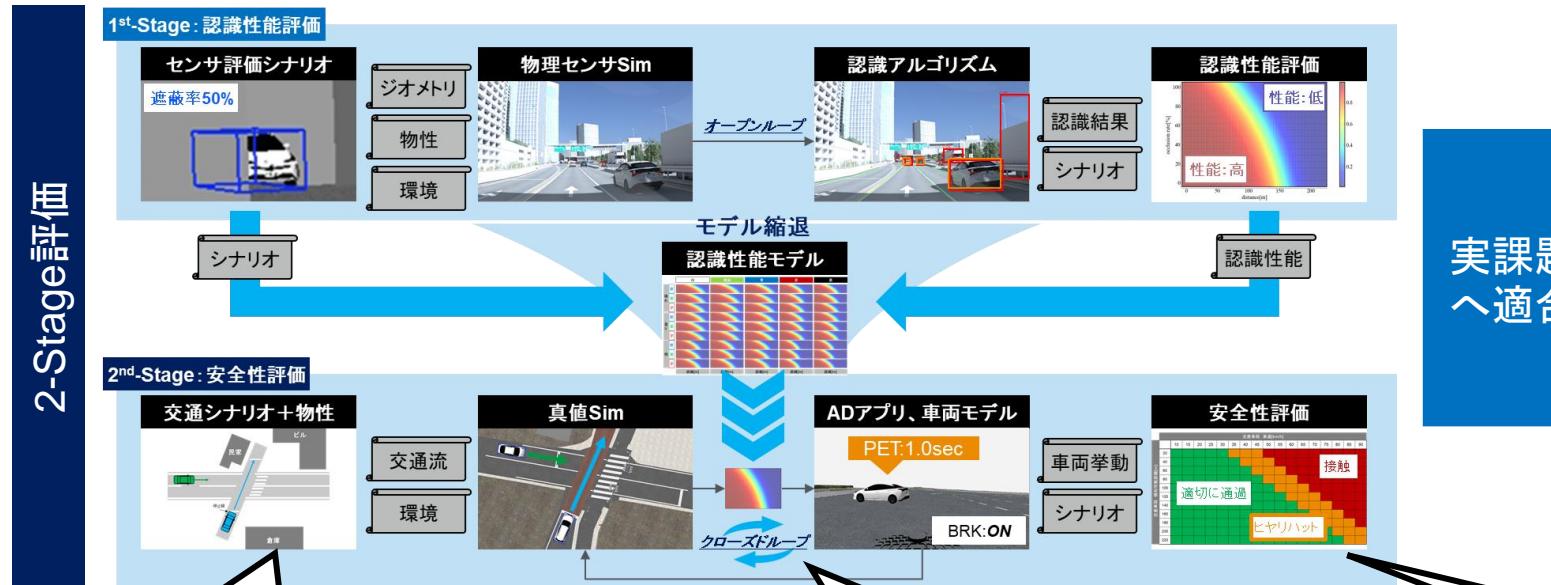
自動運転の性能評価を「認識性能」と「安全性評価」で段階的に評価する2-Stage評価体系を提案
テストユースケースに対して、評価体系の構築と有効性の検証を実施した

(2). 2-Stage 評価体系の確立



多くのユースケースに対応すべく、2-Stage評価(シナリオ・評価対象・評価指標)の拡張を実施 実課題への適合として、RoAD to the L4のシミュレーションを用いた安全性評価に貢献していく

(2)-1. 2024年度実施内容:2-Stage評価の拡張と実課題への適合



RoAD to the L4 ユースケース

テーマ4: 柏の葉自動運転バス

柏の葉 走行ルート

自動運転バス

※2

※1



重要シーン例

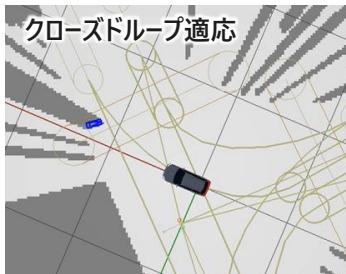


2-Stage評価拡張

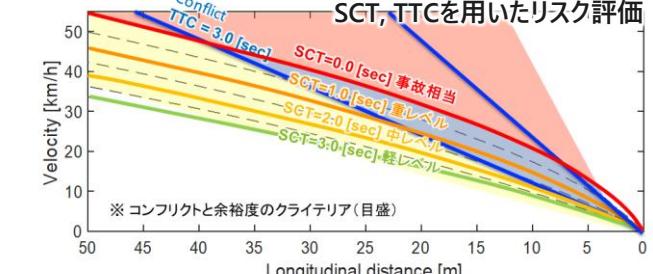
実課題のシナリオ・マップに拡張



自動運転バスのモデル化、クローズドループ適応



評価指標の検証と拡張



(2)-1.a. 2-stage評価体系と評価指標の確立

研究と実用化を並行するため、RoAD to the L4(テーマ4)とAD-URBANの2プロジェクトと連携を実施

RttL4連携とAD-URBAN連携の位置づけ

RoAD to the L4 テーマ4

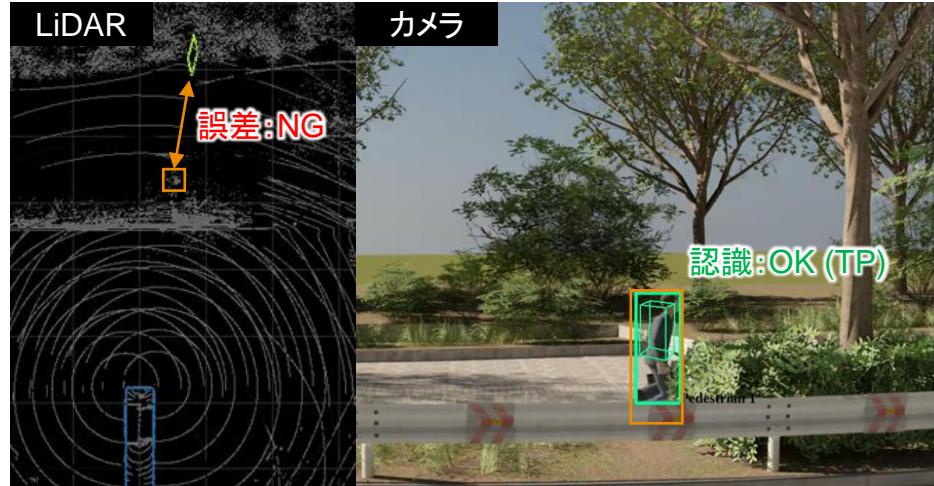
目的

実証実験を対象に1st-Stageセンサ認識評価を実施

ユース
ケース

柏の葉 ユースケース & ADSバスのモデル化と
現地特性に基づくセンサ認識性能の検証

成果

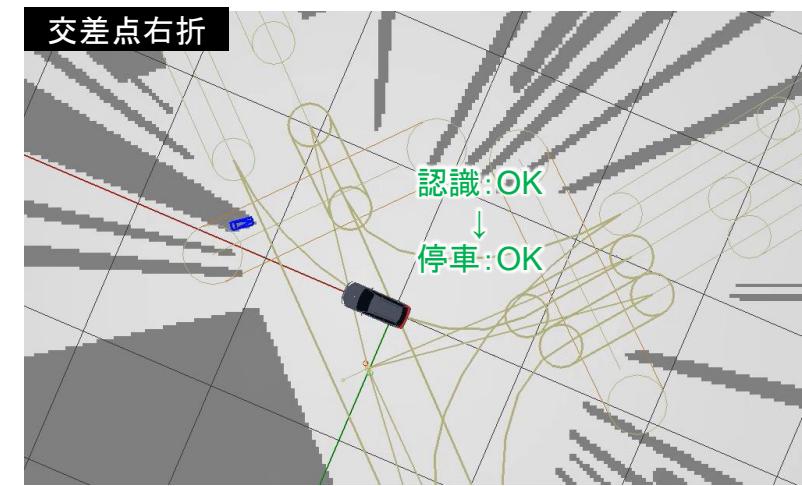


AD-URBAN

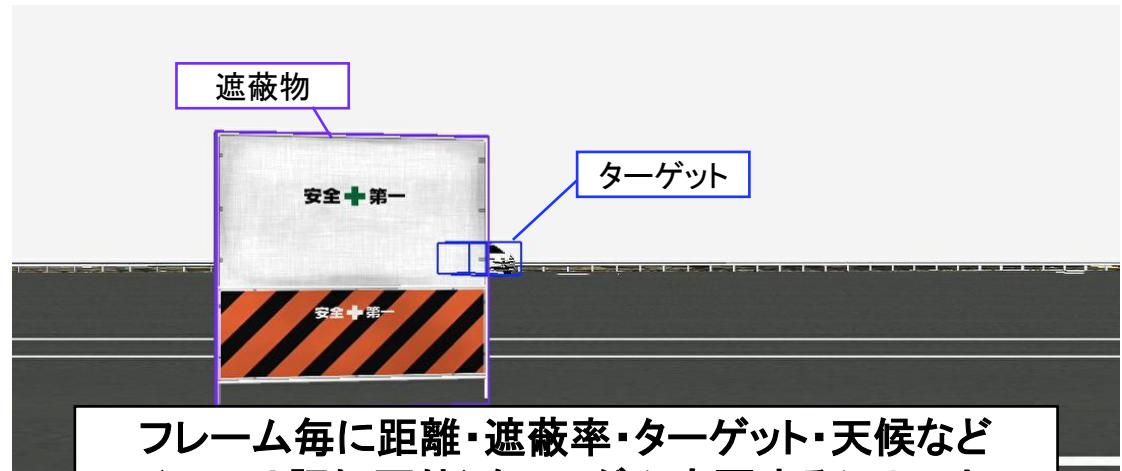
新規研究の効果検証

柏の葉 科警研交差点の右左折

Closed-Loop Simulation構築と
自動運転制御アルゴリズムの性能評価

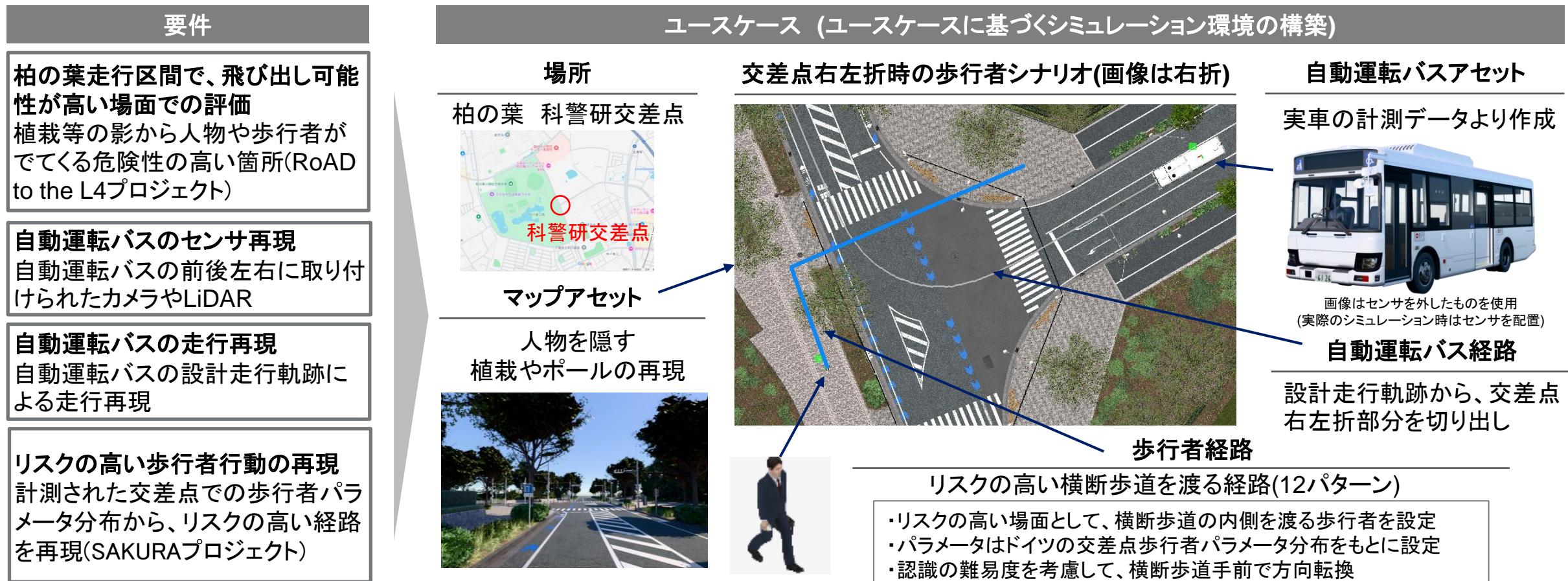


センサ認識評価の種別

	走行状況の評価	センサ要件の評価
目的	走行状態・道路環境下での認識評価	センサ要件に基づく網羅的な認識評価
シナリオイメージ		
特徴	実際の走行状態に近い性能が評価できる 欠点 1つの条件の評価が長時間	センサに重要な条件を網羅的に評価できる
補う		それぞれの評価の特徴を活かし、ODD範囲での性能評価を効率的に実施する

RoAD to the L4 具体的なユースケース(科警研交差点)と自動運転バスセンサ仕様に基づいた評価シナリオの検討、作成を実施

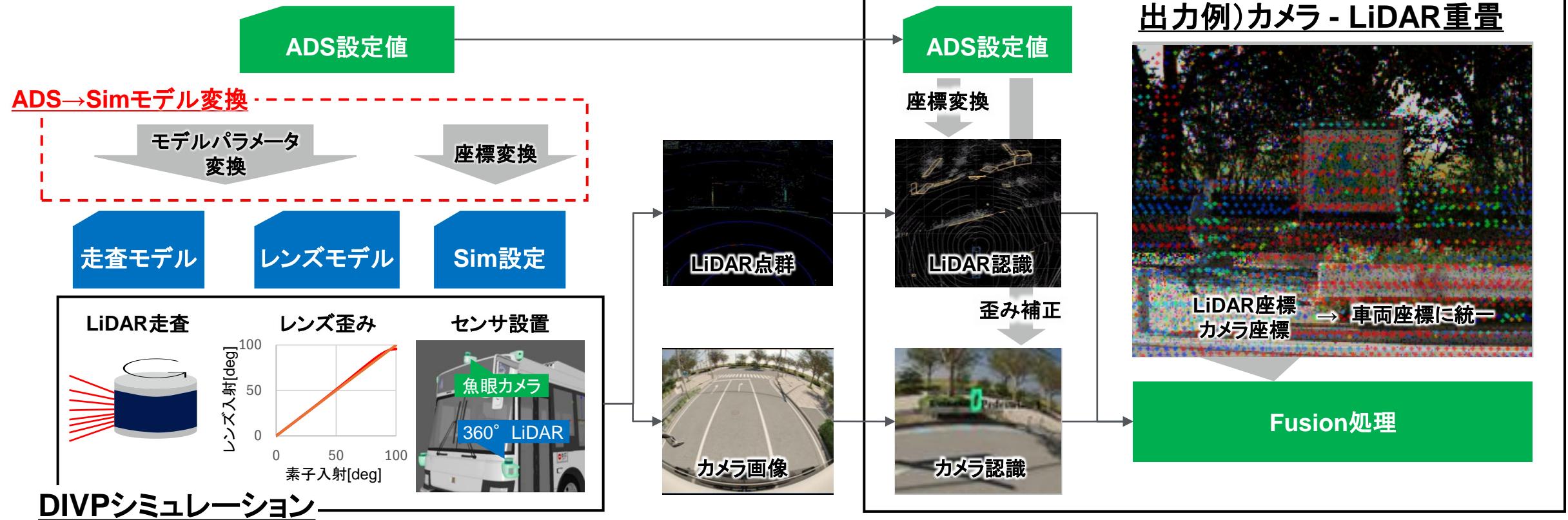
評価シナリオ、マップアセット



自動運転バスの評価要件に合わせたユースケースを作成、シミュレーション環境を構築した

RoAD to the L4 センサ仕様や設置条件をシミュレーションモデルに変換する技術を開発 実車両のADS設置値を基にFusion処理可能なカメラ画像とLiDAR点群をシミュレーションで算出可能

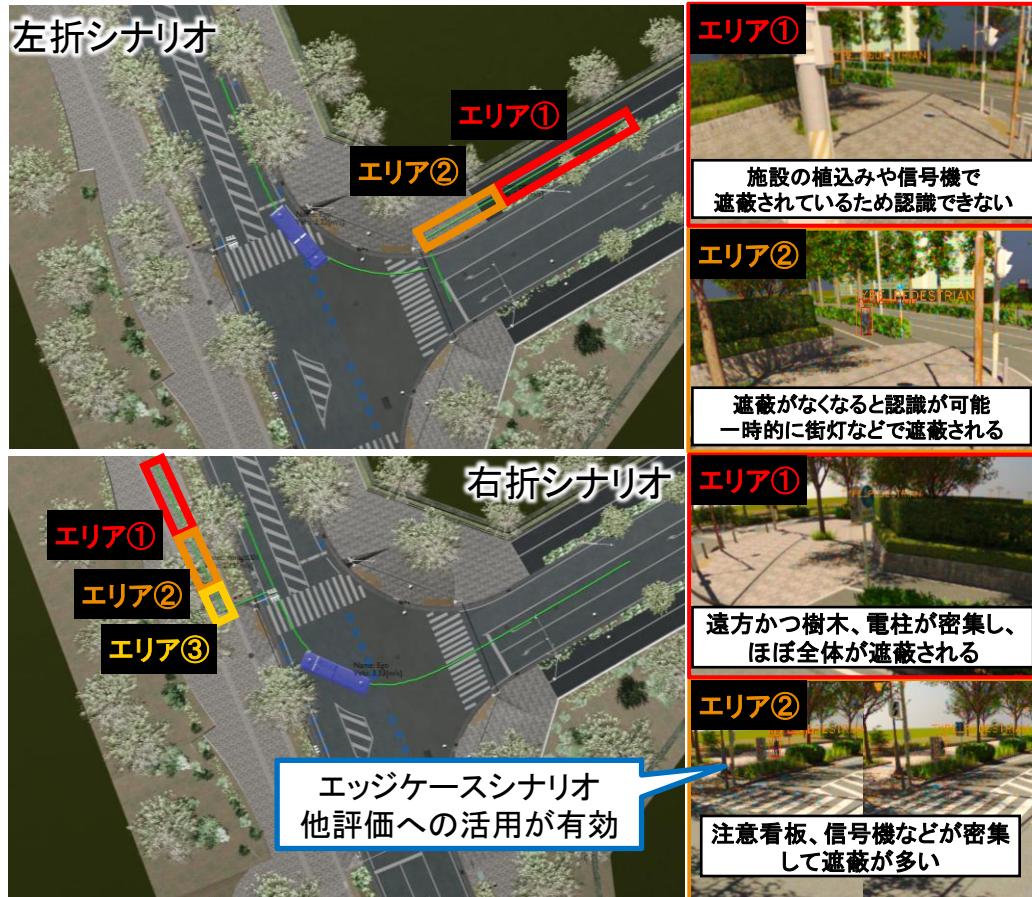
シミュレーション結果例



シミュレーションにおけるセンサのキャリブレーションと配置手法を確立させた

RoAD to the L4 2種類の評価方法に合わせてセンサシステムの認識性能評価を実施 遮蔽物や木陰などに認識エッジケースシナリオを抽出し、センサ認識評価を実施した

走行状況の評価



センサ要件の評価

・周辺監視カメラによる認識評価の事例



認識率が低いシーンを洗い出し、認識課題を明確化

・周辺監視カメラの認識性能評価の例

天候	ターゲット	ターゲットまでの距離[m]			【凡例】 ○:認識できた ×:認識できていない △:○と×が混在
		短距離	中距離	長距離	
晴れ	歩行者(男性)	○	○	○	認識性能として 晴れ>曇り の傾向・ 子供の認識性能が低い傾向を確認
	歩行者(子供)	△	△	×	
	自転車	○	○	○	
曇り	歩行者(男性)	○	○	×	認識性能として 晴れ>曇り の傾向・ 子供の認識性能が低い傾向を確認
	歩行者(子供)	△	×	×	
	自転車	○	△	×	

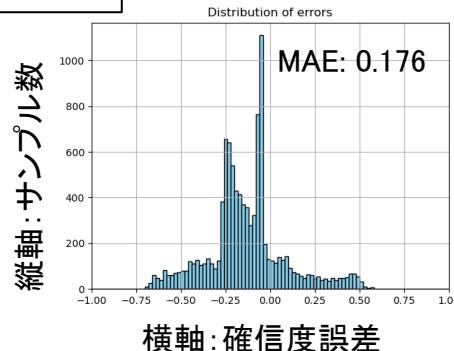
エッジケースシナリオの他プロジェクト共有を図り、認識性能評価の標準議論を進める

AD-URBAN 昨年度開発したカメラ・LiDARの認識性能モデルの課題確認を実施 また、歩行者・自転車の認識を目的とする認識性能モデル拡張用の学習データを作成

認識性能モデルの回帰性能を評価・課題シーンの確認

Camera

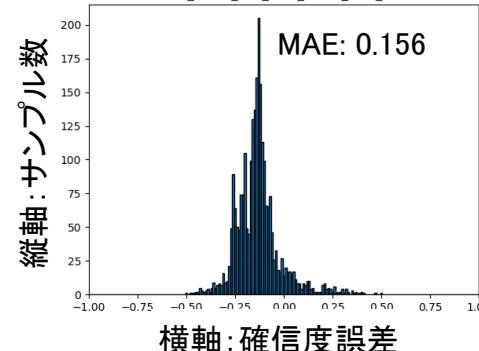
- 遮蔽率・矩形枠幅から確信度を出力 緑数字:学習データとその確信度
赤数字:出力結果の確信度



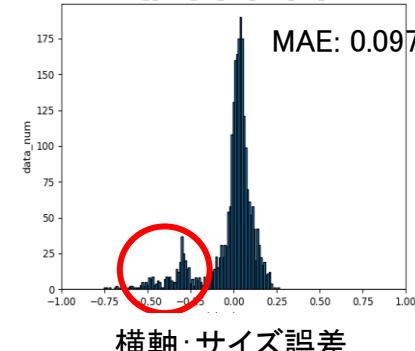
- 特定の車種による認識結果のばらつきによる影響で誤差の大きなシーンが発生

LiDAR

- 遮蔽率・距離から確信度・サイズ誤差を出力
(score_error_hist_mae_0.156_mse_0.031)



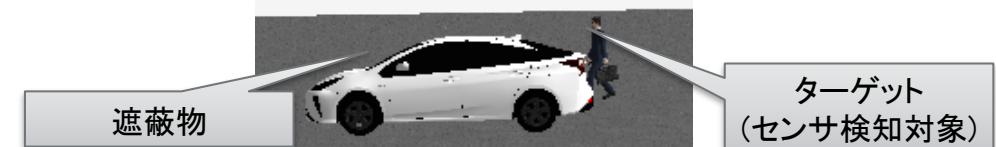
(delta_l_error_hist_mae_0.097_mse_0.023)



- バス・トラック等の大型車両のサイズ誤差が拡大
- 学習データ内に大型車両が含まれていなかったことが要因

学習データの作成

遮蔽率や遮蔽物等、シナリオ条件をランダムに組み合わせた
10000パターン以上のシナリオパターンを生成

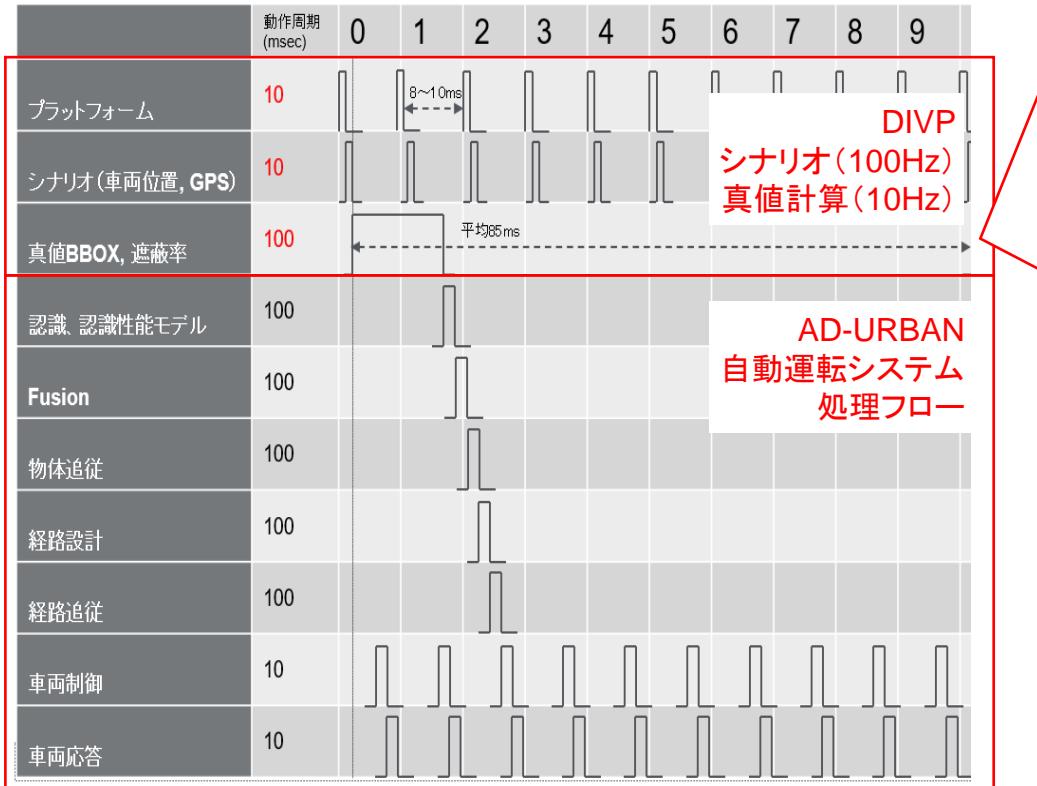


項目	条件
日時	2024/8/15 09:00 12:00 15:00 18:30 2025/1/25 09:00 12:00 15:00 17:00
天候	晴れ、曇り、雨 (雨量:10mm/h)
距離	10 - 150[m]
自車方位角	0 - 360[deg]
ターゲット	大人、子供、自転車、二輪車
ターゲットYaw角	0 - 360[deg]
遮蔽物	車両、街路樹、植込み、信号機、標識
遮蔽部位	左 or 右 or 中
遮蔽率	0 - 100[%]

センサ認識要件による性能評価シナリオの効率的な自動生成が可能

自動運転システムのリアルタイム要件対応

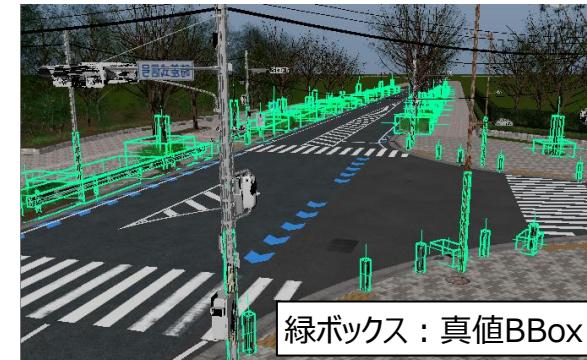
認識以降の処理に固定周期でデータ出力する機能を構築



真値BBOX, 遮蔽率の処理最適化

シミュレーションの処理負荷が真値BBox数に比例

⇒ 昨年度PFが10msで動作したひたちBRTマップ (BBox数約100)を参考に
柏の葉マップのBBox数を低減



歩行者の遮蔽に影響しない

- 歩道より外側の物標のBBox
 - バスの高さ以上のBBox
- を削除

BBox数：約740→約150

遮蔽率計算をすべての物標に対して、実施すると計算負荷が高くなるため、
重要ターゲットに絞って、遮蔽率を計算

⇒ 真値シミュレーション(※)性能を、カメラ1.3倍、Lidar50倍程度UP



平均処理時間(ms)/frame

	遮蔽率計算対象	全ての物標対象	歩行者のみ	柏の葉マップシナリオ
Camera	1 4 . 2	1 0 . 7		・BBOX数：150
Lidar	9 0 3 . 9	1 7 . 1		・重要ターゲット：歩行者x1

※真値シミュレーション：真値BBOX／遮蔽率計算のみ(空間描画／知覚は実行せず)

リアルタイムで動作する自動運転システムの安全性評価が可能

AD-URBAN SCT*指標の用いた自動運転安全性評価を目的に、自動運転車の接近に合わせ歩行者の見えるタイミングを動的制御するシナリオの作成方法を考案した

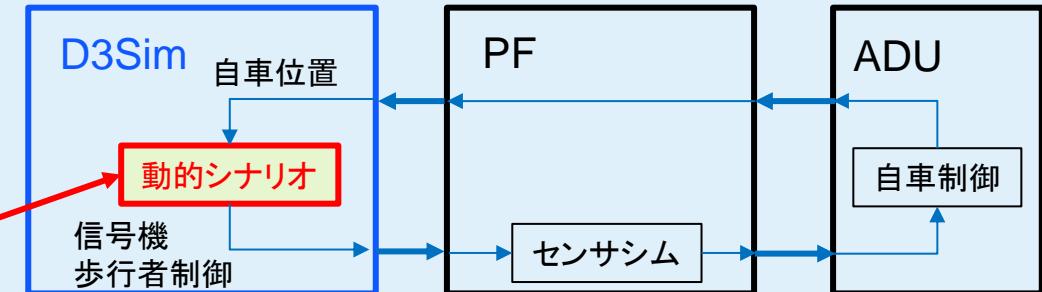
自車以外の交通参加者制御、信号制御

制御条件:

- 自車の進行方向(右左折)と信号機の現示を一致
- 自車制御による横断歩道の通過タイミングに歩行者を対応
- 安全性評価のために、自車と歩行者の接触／ニアミスの程度を調節

動的シナリオの導入
交通参加者および信号機を自車位置に同期して制御

クローズドループシミュレーション



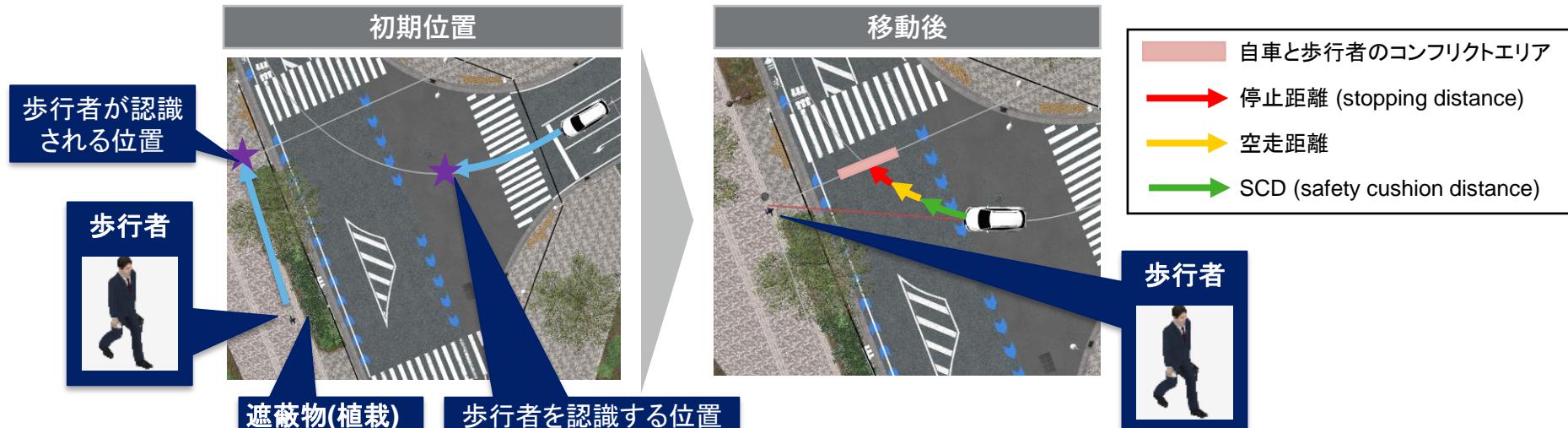
制御機能の適用

SCT指標によるシナリオ

SCT(0,1,2,3[秒])となる位置で自車が歩行者を認識するシナリオ

【シナリオ作成方法概要】

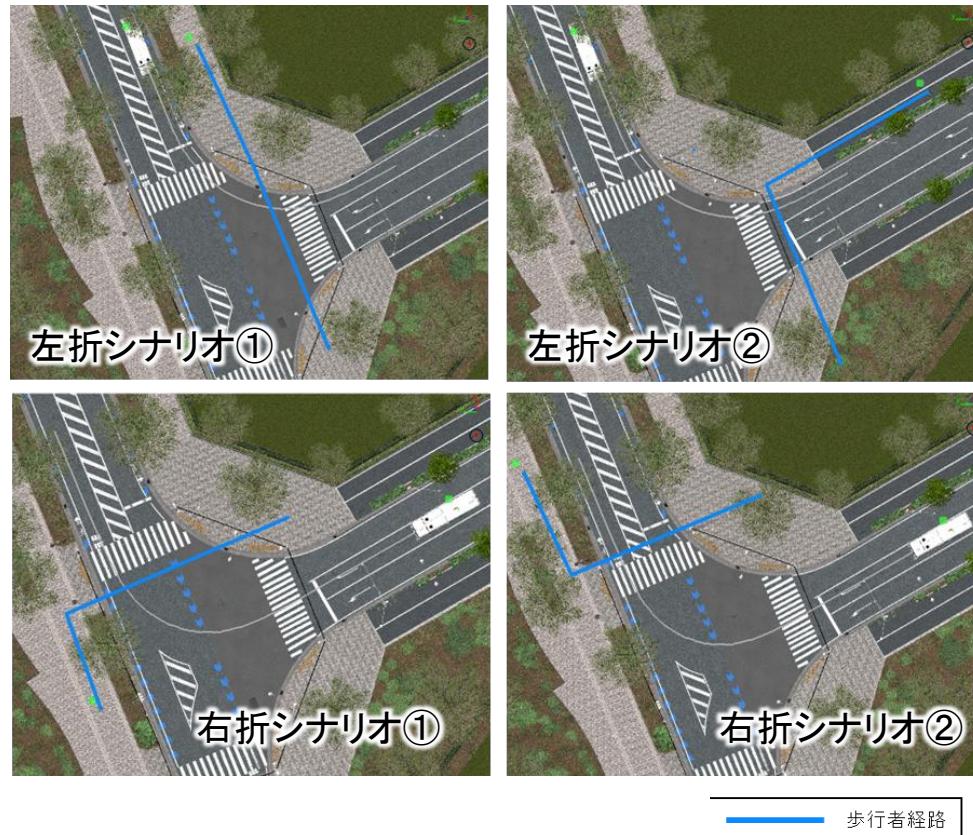
- SCTより自車が歩行者を認識する位置を計算
- 自車位置から歩行者位置を決定
- 自車と歩行者を初期位置へ配置
- 歩行者に自車に対する相対速度を指定(制御により、自車速度に歩行者速度を連動する)



特定条件下での自車制御を含む自動運転システムの交通参加者に対する安全性評価が可能

AD-URBAN 自車の右左折に対して歩行者経路がそれぞれ2パターン、SCT設定が4種類の計16シナリオをシミュレーション実施

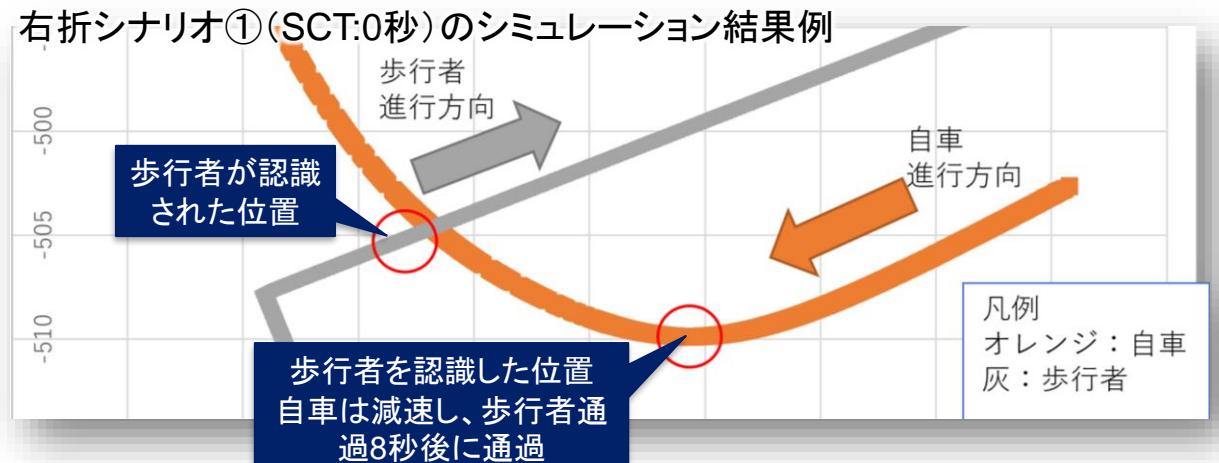
評価シナリオ



評価結果

【凡例】
○：認識できた
×：認識できていない

シナリオ	歩行者認識				自車動作	衝突
	SCT:0秒	SCT:1秒	SCT:2秒	SCT:3秒		
左折シナリオ①	○	○	○	○	減速	なし
左折シナリオ②	○	○	○	○	減速	なし
右折シナリオ①	○	○	○	○	減速	なし
右折シナリオ②	○	○	○	○	減速	なし

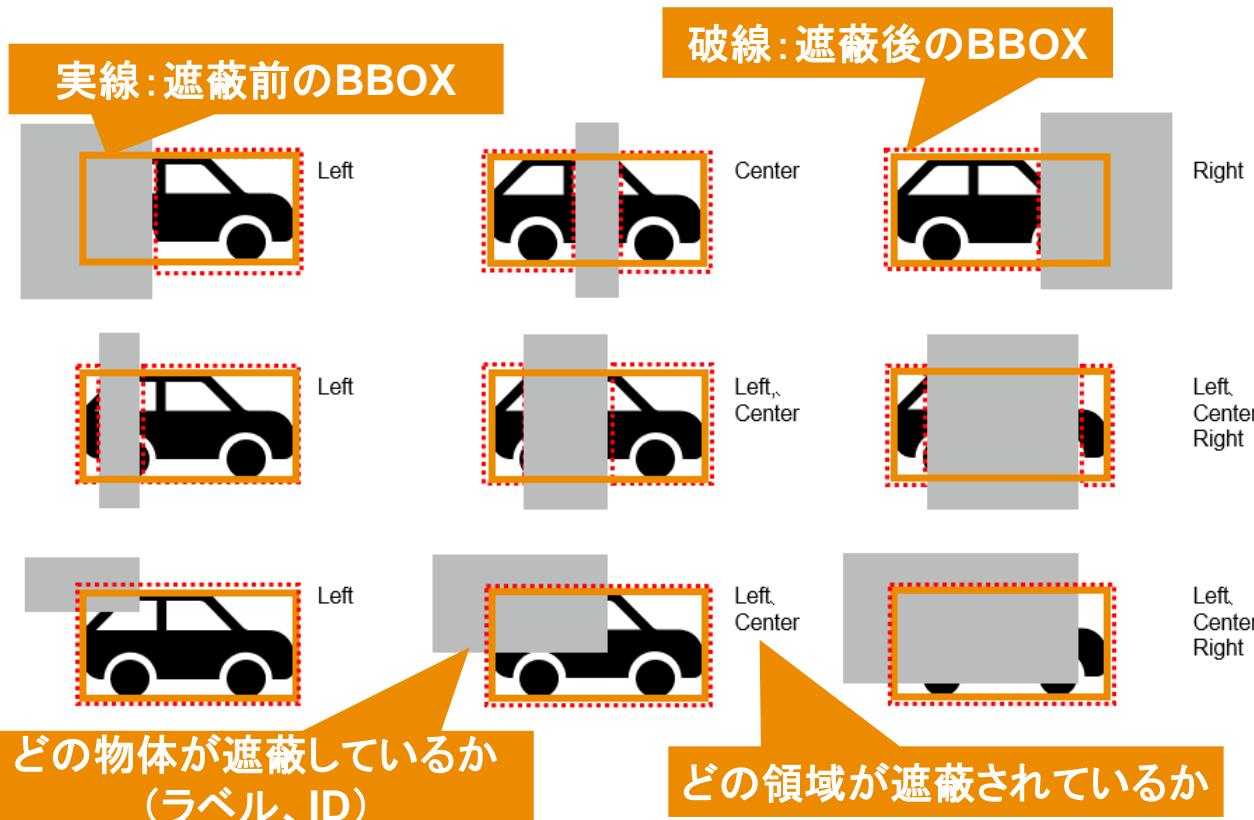


SCT指標によるシナリオでクローズドループSimによる自動運転システムの安全性評価を実施

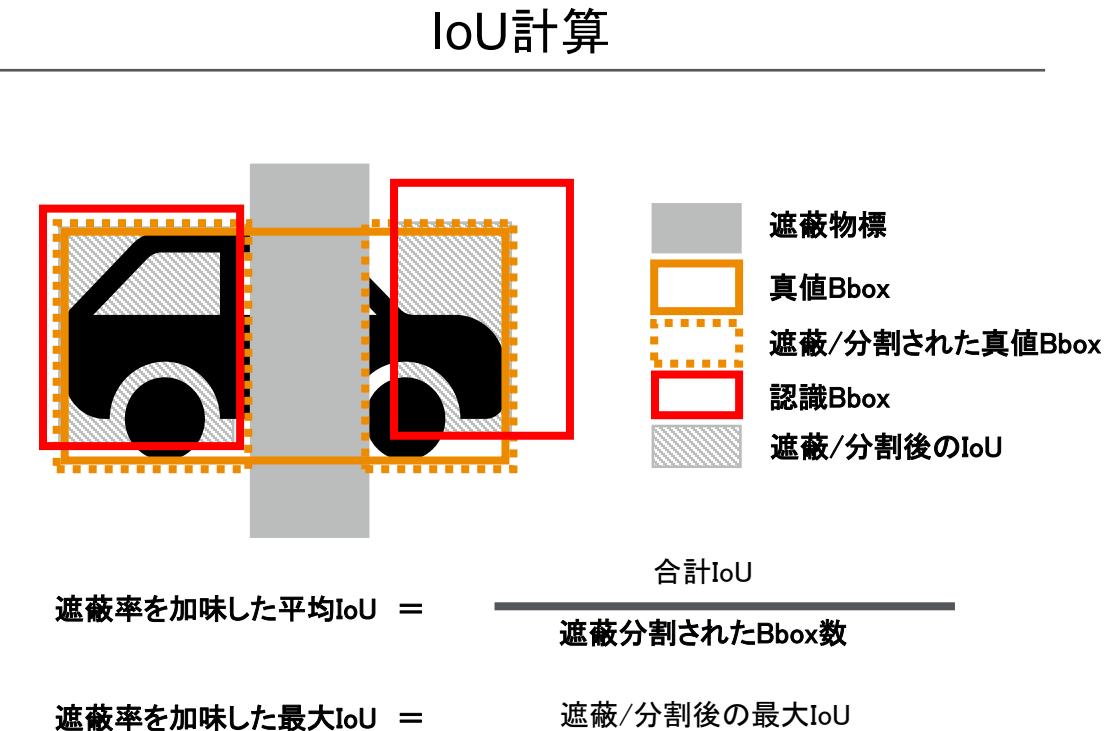
機能強化 認識対象の遮蔽される部位による認識性能への影響を考慮し、ASAMより先行的にGroundTruthへ遮蔽部位に関する定義を追加。合わせて、IoUの計算機能も更新

遮蔽率情報とIoU計算機能の追加

遮蔽率情報の追加



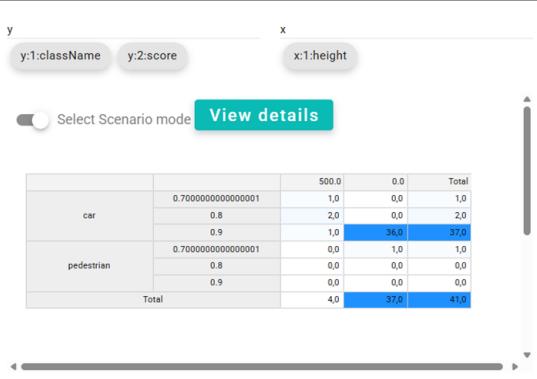
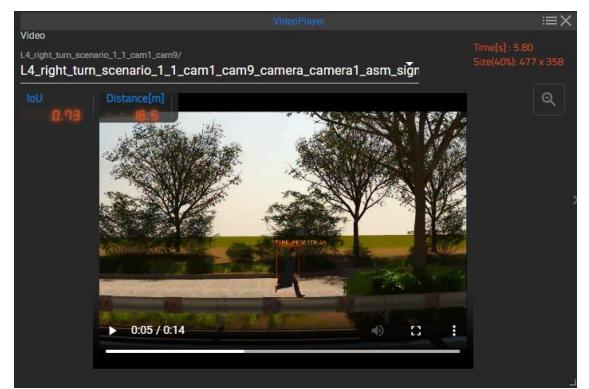
IoU計算



遮蔽部位による認識性能の評価が可能

機能強化 認識結果IoUと制御結果SCTを統合して分析できるように真値Sim結果Viewerを追加 同期分析により安全性能の課題要因を切り分け可能

効率化が必要な評価フローを定義し、真値Sim結果を鳥観図で表示するチャートを追加

対象	2 nd -Stage評価結果	真値Sim結果	センサSim結果
Sim結果	真値Sim + 認識性能モデル	センサ知覚+認識モデル	
画面イメージ			
解析目的	<ul style="list-style-type: none">マクロ的に車両全体として目標通りの動作が可能か確認新旧アルゴリズムでの性能変化	<ul style="list-style-type: none">時系列データとして、各ポイントでの車両動作が想定通りか確認どのターゲットでNGが出たのか要因切り分けを行う	<ul style="list-style-type: none">時系列データとして、認識結果が想定通りか確認認識結果の誤差などターゲットごとの詳細を把握する
遷移条件(完了条件)	<ul style="list-style-type: none">NG条件を把握OK/NGの変化点、アルゴリズムでの結果変化点を把握上記該当データの選択	<ul style="list-style-type: none">NGにつながるポイント(例: 制動開始位置など)を把握上記該当時間の前後数秒を選択	<ul style="list-style-type: none">認識に課題があるターゲット、条件を把握認識性能モデルとセンサモデルの挙動が同じ

認識性能に基づいた安全性評価が可能

Road to the L4連携における対応ユースケースの拡大、およびオープン自動運転ソフトとの接続によるクローズドループ構築と横展を目指す

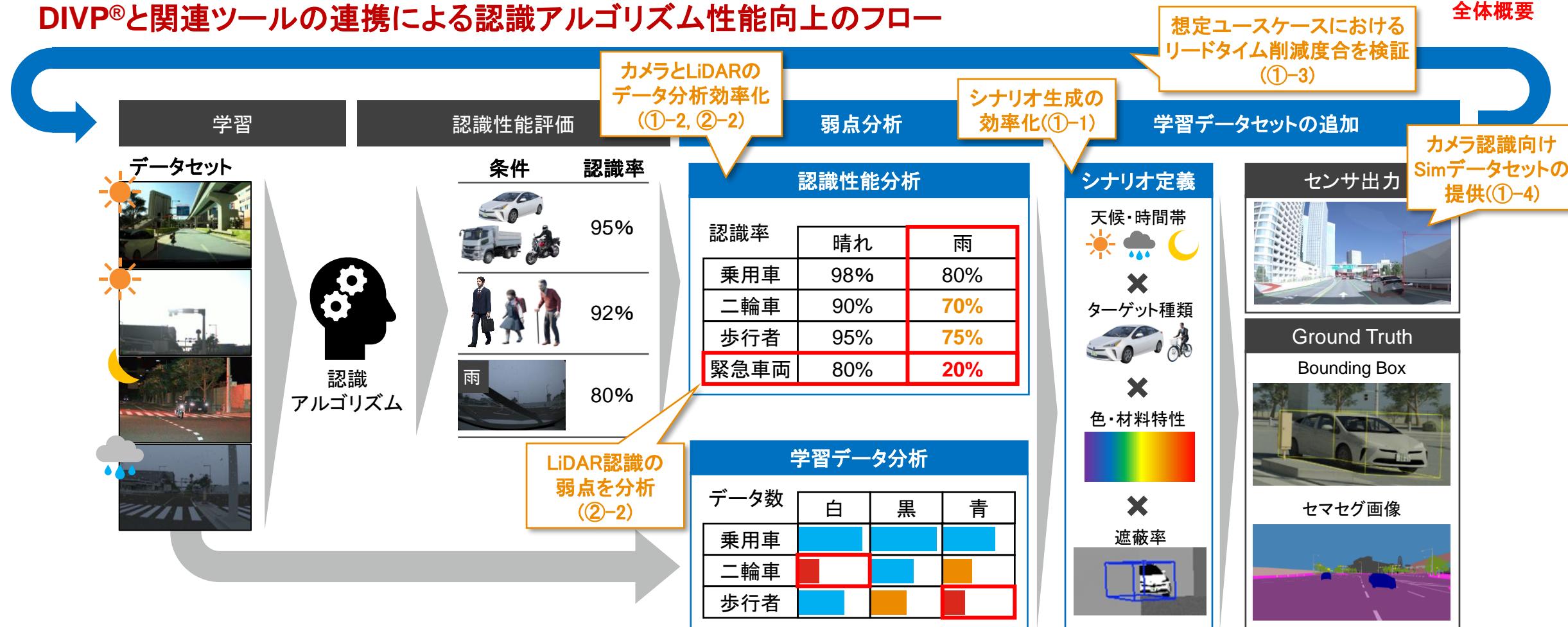
課題と来年度計画

カテゴリー	課題	来年度計画
ユースケース	Road to the L4テーマ4の残シチュエーション対応(バス停発進、路上駐車、etc.)	←
シナリオ	効率的シナリオ生成の有効性が未検証	生成されたシナリオのシミュレーション結果を用いて認識性能モデルの学習を実施し効果検証する
その他課題	秘匿性の高いシステムの使った事例でシミュレーションの有用性を示すことはできたが、詳細公開はできない	オープン自動運転ソフト(Autoware)との接続確認を実施し、横展に向けて詳細を公開していく

(2)-1.b.物理センサSim.を用いた認識アルゴリズム性能向上

シナリオ生成とデータ分析を効率化する拡張機能を開発し、認識性能向上フローの実用化をめど付け。またLiDAR認識アルゴリズムにおける弱点分析と性能向上の手法を研究

DIVP®と関連ツールの連携による認識アルゴリズム性能向上のフロー



シナリオ生成とデータ分析の拡張機能開発, Simデータセットの提供によりFusion開発の効率化に寄与

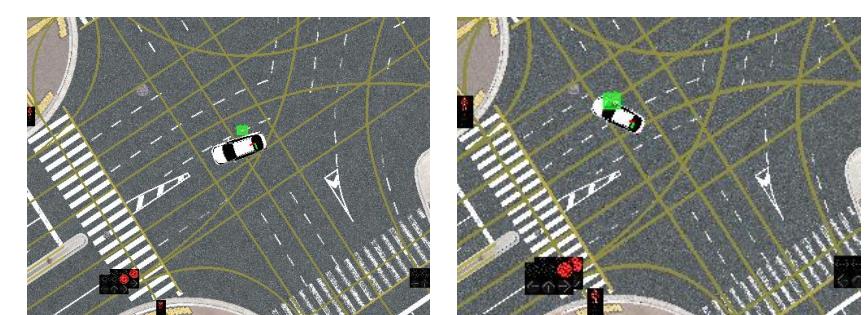
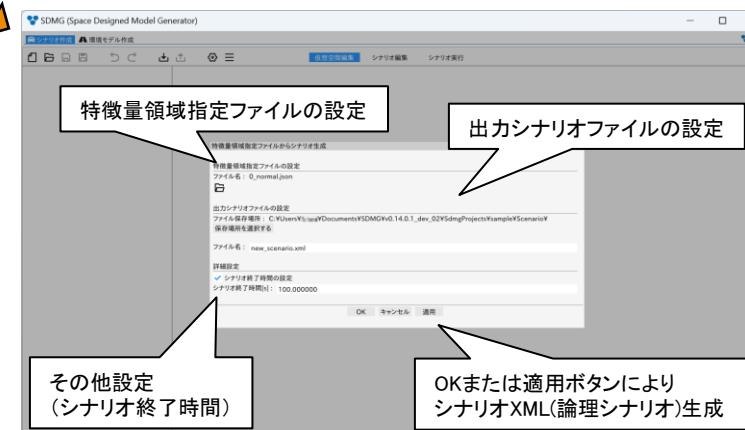
カメラ認識性能向上フロー実用化技術の研究(①-1):シナリオ生成の効率化 指定された特徴量と値の範囲(領域)から指定された数のパラメータとシナリオをSDMG®で自動生成

弱点分析結果(特徴量領域指定ファイル)からのシナリオ自動生成



特徴量の範囲と生成・抽出方式の指定

項目	説明
値の範囲	区間ないし選択肢を1次元ないし2次元の配列形式で指定
範囲の種別	・区間(連続値) ・選択肢(離散値)
生成・抽出の方式	・ランダム(正規分布) ・ランダム(一様分布) ・総当たり

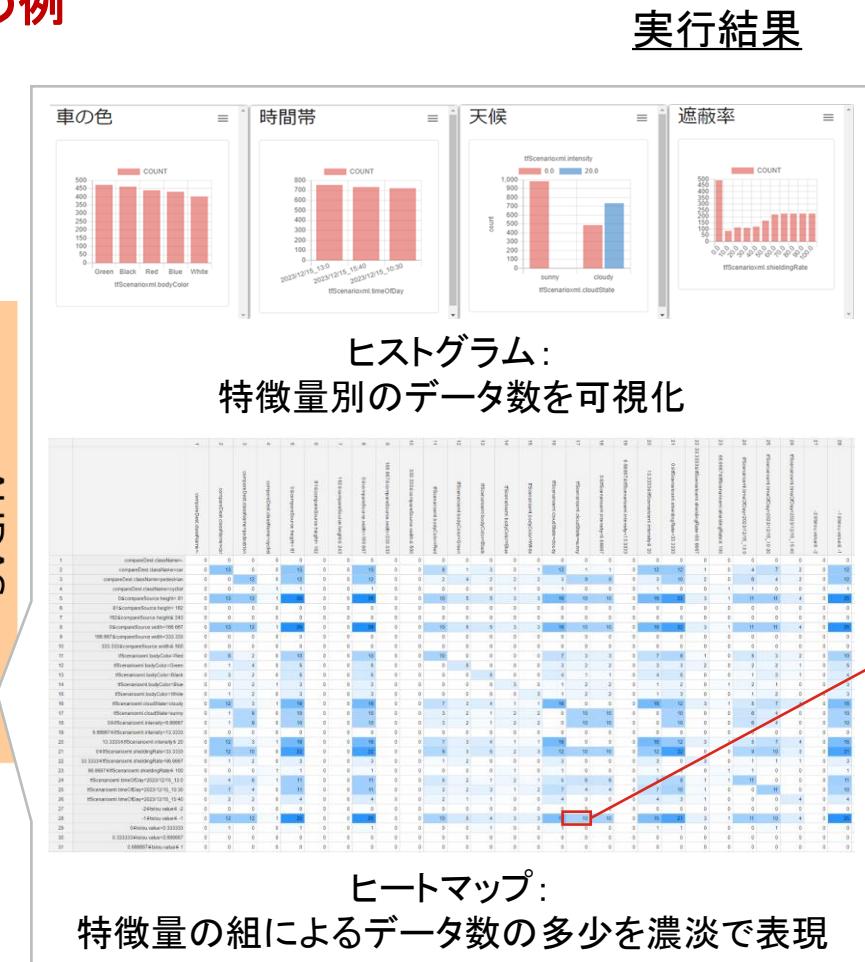
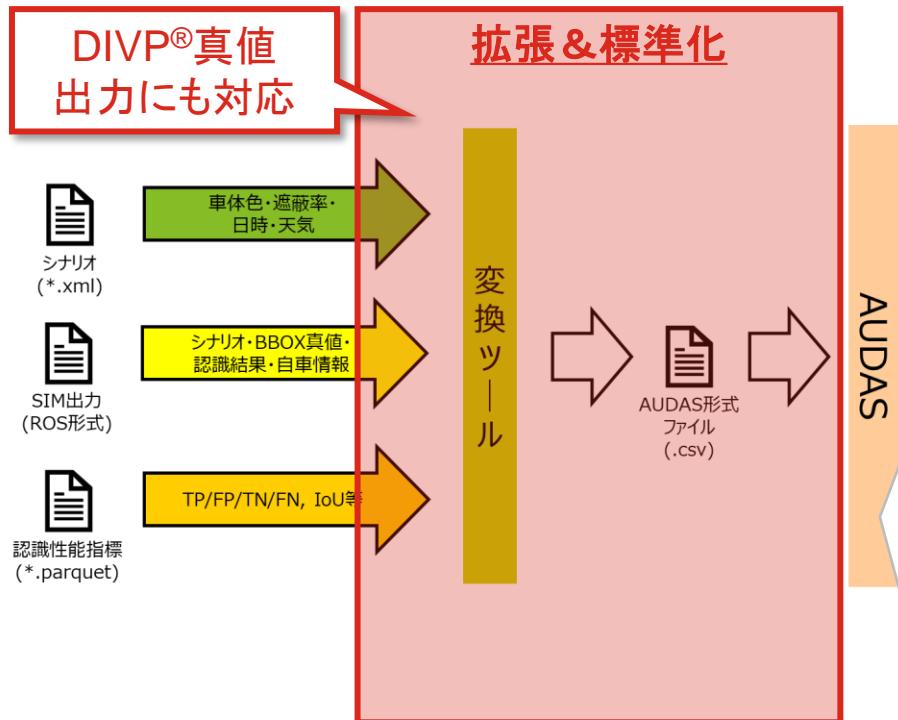


シナリオ生成例: 位置・姿勢のランダム指定による生成

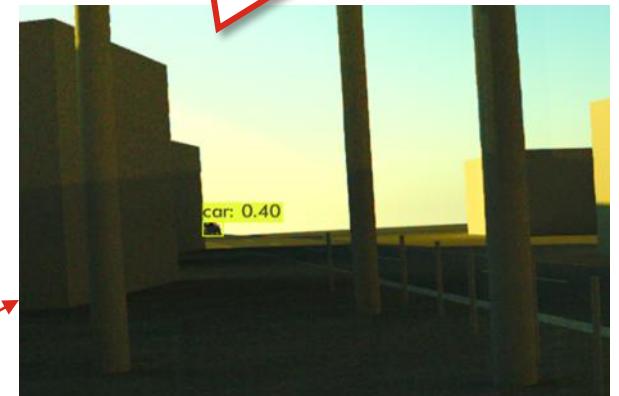
分析結果からのシナリオ自動生成により、分析～追加学習で発生するルーチンを効率化

AUDAS®によるカメラ認識データ分析の例

処理方法



サンプル
IoU:-1(未検出)
天候: 晴れ
のケースを可視化



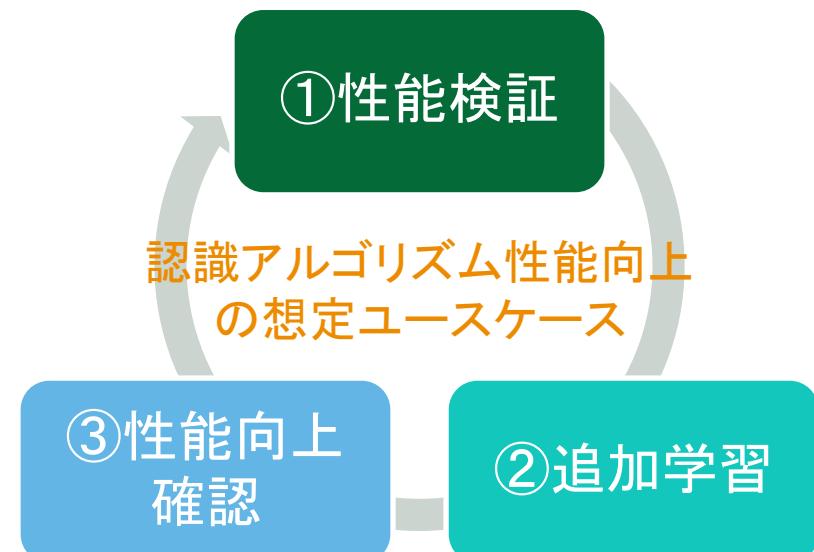
実験データの前処理と分析 & 可視化の自動化によりユーザは認識性能の評価に注力可

カメラ認識性能向上フロー実用化技術の研究(①-3):認識アルゴリズム性能向上の想定ユースケースにおいて発生する作業のリードタイムを試算し、その削減度合を検証

想定ユースケースにおけるリードタイム削減度合の試算値

フェーズ	工程	リードタイム(h)	
		効率化前	効率化後
①性能検証	計画とシナリオ作成	20	4
	実行と計測	16	16
	データ分析	32	4
②性能向上	計画とシナリオ作成	8	1
	実行と計測	8	8
	認識の追加学習*	8	8
③性能向上確認	実行と計測	16	16
	データ分析	32	4
計		140	61

フェーズ	シナリオ条件
①, ③	車種(10) x 天候+時間帯(4) 計: 40シナリオ, 10,000シーン
②	車種(1): セダン(黒) 計: 10シナリオ, 2,500シーン



シナリオ生成・データ分析効率化によりリードタイム全体を約60%圧縮。実行時間は全体的課題

カメラ認識性能向上フロー実用化技術の研究(①-4) : 一般的なKitti形式のラベル表現を用いてカメラ認識用データセットを開発 *今年度はカメラ画像とラベルの一部を提供

データセットの概要(左:フォルダ構成, 中央:ラベル定義, 右:サンプル画像)

フォルダ	フォルダ	説明	キー	補足	
training		学習用データ	クラス	‘Car’, ‘Truck’, ‘Pedestrian’, ‘Cyclist’, ‘DontCare’(対象外) ...	エッジケース(遮蔽, 逆光など)を中心したデータ構成
	image_2	ステレオカメラの片側画像(.png)	見切れ度合	0 or 1	
	velodyne	3D点群データ(.bin)	遮蔽度合	0: 遮蔽なし, 1: 一部遮蔽, 2: 大部分または完全に遮蔽	
	calib	カメラ→LiDARを重畳して可視化するための補正データ(.txt)	観測角(α)	自車から見た物標の存在する方角	
	label_2	ラベルデータ(.txt), 空白区切り	2D-BBOX 頂点座標	スクリーン座標, 左上が原点からなるピクセル値	
testing		検証用データ	3D-BBOX中心座標	センサ座標系, 単位はm	
	image_2	ステレオカメラの片側画像(.png)	3D-BBOX寸法	単位はm	
	Velodyne	3D点群データ(.bin)	3D-BBOXの水平角(rotation_y)	右手系, Y軸を0°として時計回りが正の向き	
	calib	カメラ→LiDAR変換用補正データ(.txt)			

エッジケース(遮蔽, 逆光など)を中心したデータ構成

カメラ画像サンプル(.png):



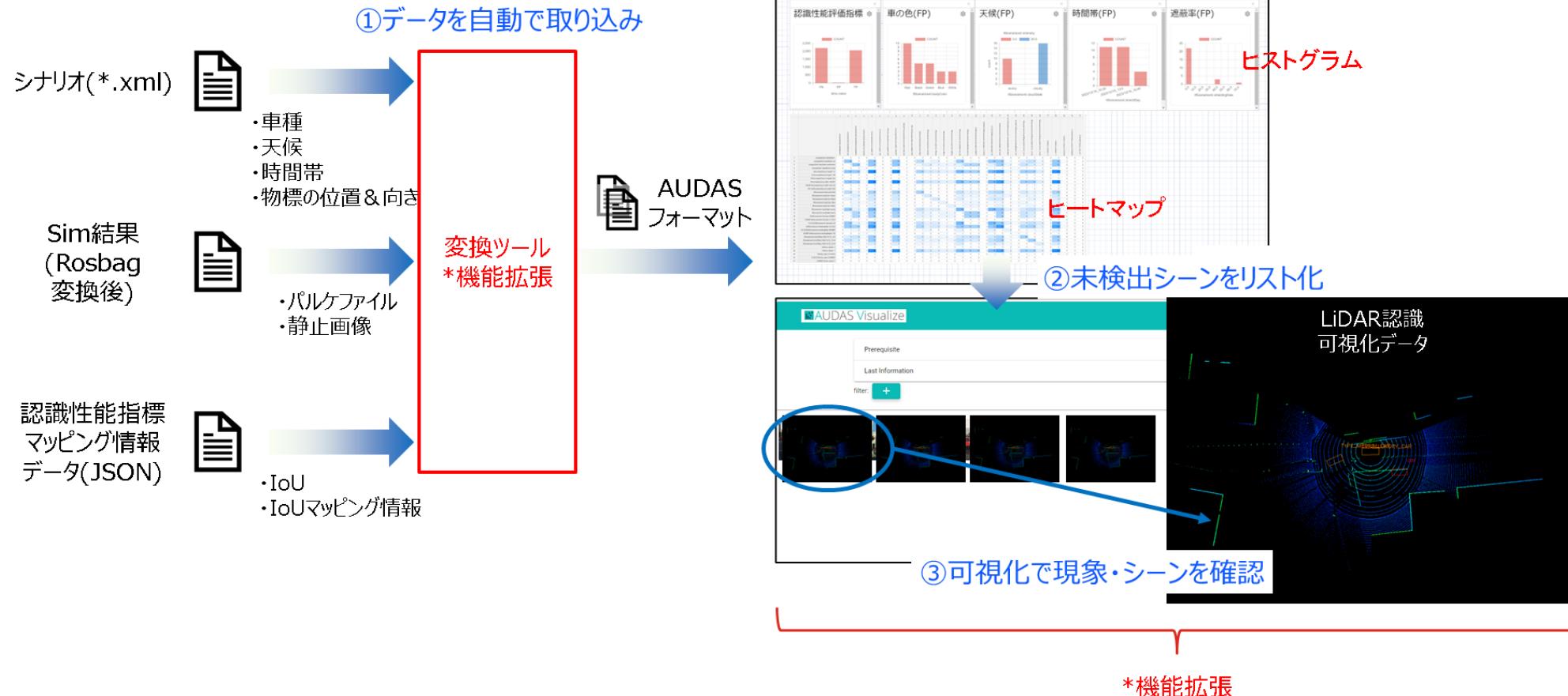
ラベルサンプル(.txt):

Car 0 2 0.3 800 400 850 430 ...
53.4 12.3 24.9 3.8 1.5 2.1 -0.2

実機での再現が難しいケースを標準形式(Kitti)で提供することによりカメラ認識に幅広く活用可

LiDAR認識性能向上フローの実現性研究(②-1):分析ツールAUDASに真値を含めたDIVP®出力結果の自動取り込み機能を付与し、弱点分析を効率化

AUDAS®によるLiDARデータ分析の例



仮想空間においてLiDARデータの「前処理→データ分析」のプロセスを自動化&効率化

LiDAR認識性能向上フローの実現性研究(②-2): LiDAR認識アルゴリズムとしてPointPillarsの学習済みモデルを活用。SimベースのDIVP®データに対する性能検証とアルゴリズムの弱点を分析

PointPillarsの学習済みモデルを用いたDIVP®データに対する性能とデータ分析結果

シナリオの概要

項目	値
シーン数	2,543
車種	10車種
天候+時間帯	日中+晴れ
遮蔽率	0-100%で任意
他車の位置	遮蔽物の外側で任意

DIVP®データに対する学習済みモデルの認識性能 ← 同データに対する予測性能は高くない

指標	値
正解率	0.021
適合率	0.363
再現率	0.022
F値	0.041

$$\text{正解率(correctness)} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN},$$
$$\text{適合率(precision)} = \frac{TP}{TP + FP},$$
$$\text{再現率(recall)} = \frac{TP}{TP + FN},$$
$$F\text{値}(F\text{-value}) = \frac{2 \times precision \times recall}{precision + recall}$$

真値	予測値	
	物標あり	物標なし
物標あり	TP(真陽性)	FN(偽陰性)
物標なし	FP(偽陽性)	TN(真陰性)

距離 x 車種別の認識率 *データなし

距離(m)	車種				
	中型		小型		
距離(m)	セダン (黒)	SUV (赤)	パトカー (白)	軽ワゴン (黄)	ハッチバック (青)
(0, 10)	0.33	0.33	0.00	0.33	0.00*
[10, 20)	0.88	0.38	0.50	0.63	0.67
[20, 30)	0.27	0.00	0.27	0.27	0.32
[30, 40)	0.00	0.00	0.06	0.07	0.18

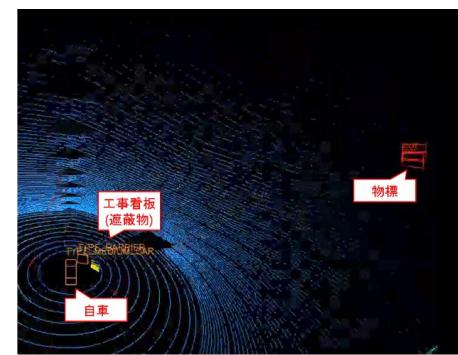
10~20mの距離よりも10m未満の方が認識率は低い

車の形状または色により認識限界に差異がある

シナリオのサンプル(左:カメラ画像, 右:3D点群)



カメラ画像



LiDAR(Optiの映像出力)

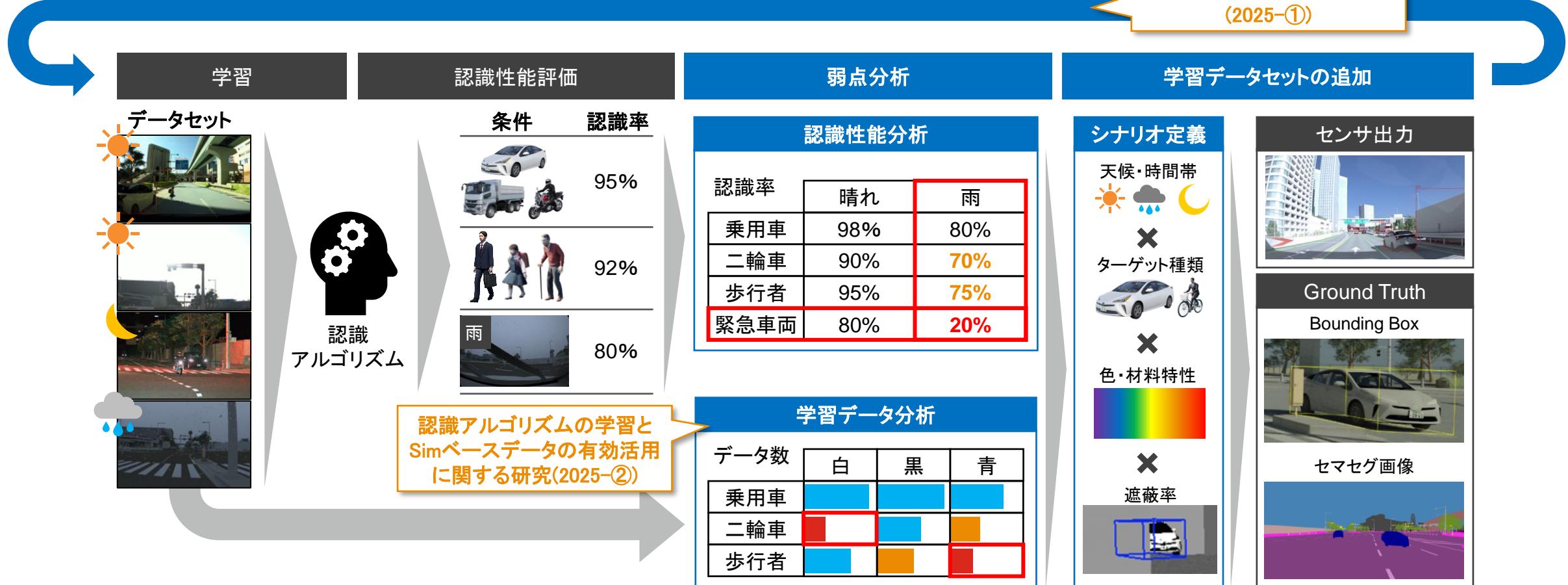
現状の学習済みモデルはDIVP®データに対する予測性能は高くなく、車両の形状・色は認識限界に影響

2025年度は「トラッキングアルゴリズム性能向上フローの実現性技術研究」と「認識アルゴリズムの学習とSimベースデータの有効活用に関する研究」を行う

DIVP®と関連ツールの連携による認識アルゴリズム性能向上のフロー

トラッキングアルゴリズム性能
向上フローの実現性研究
(2025-①)

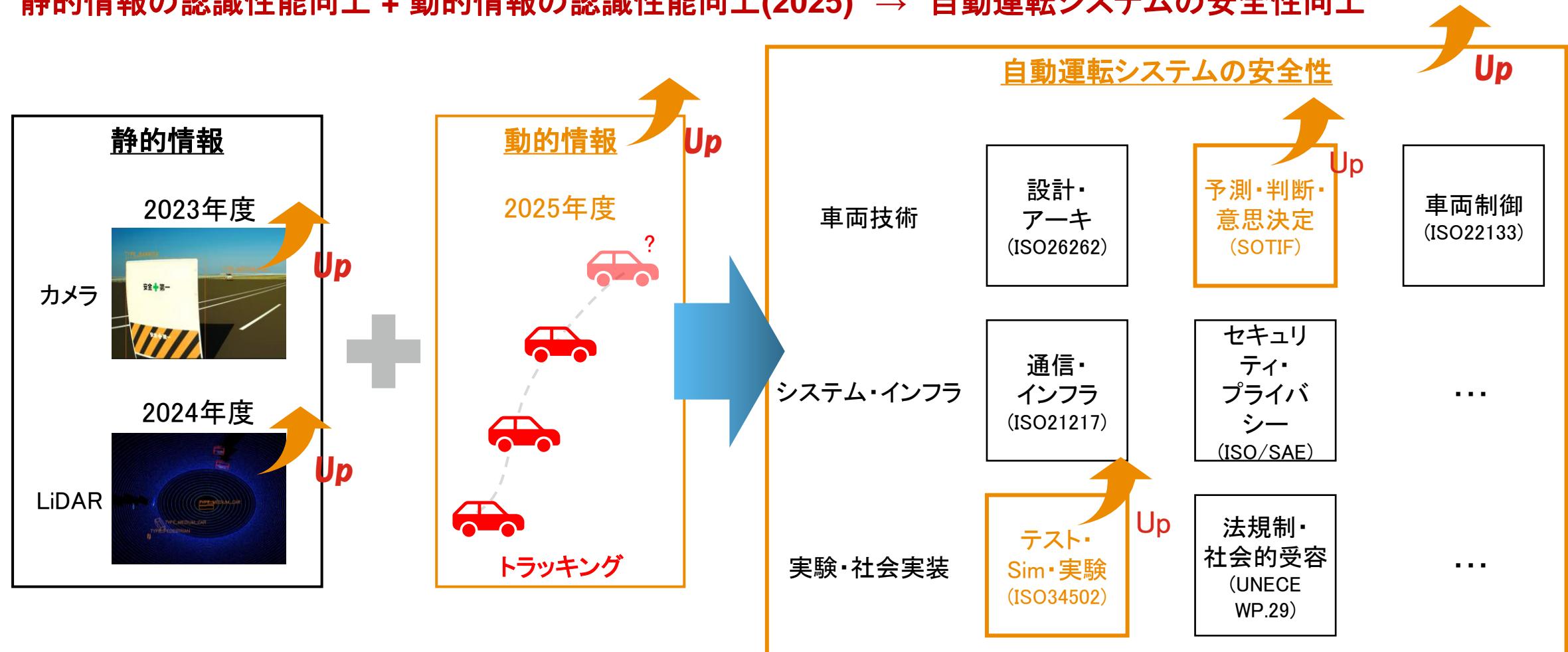
全体概要



性能向上フローの拡充とSimデータ有効性を示すことにより,同フレームワークの認知度を高める

2025年度計画案①: トラッキングアルゴリズム性能向上フローの実現性研究

静的情報の認識性能向上 + 動的情報の認識性能向上(2025) → 自動運転システムの安全性向上

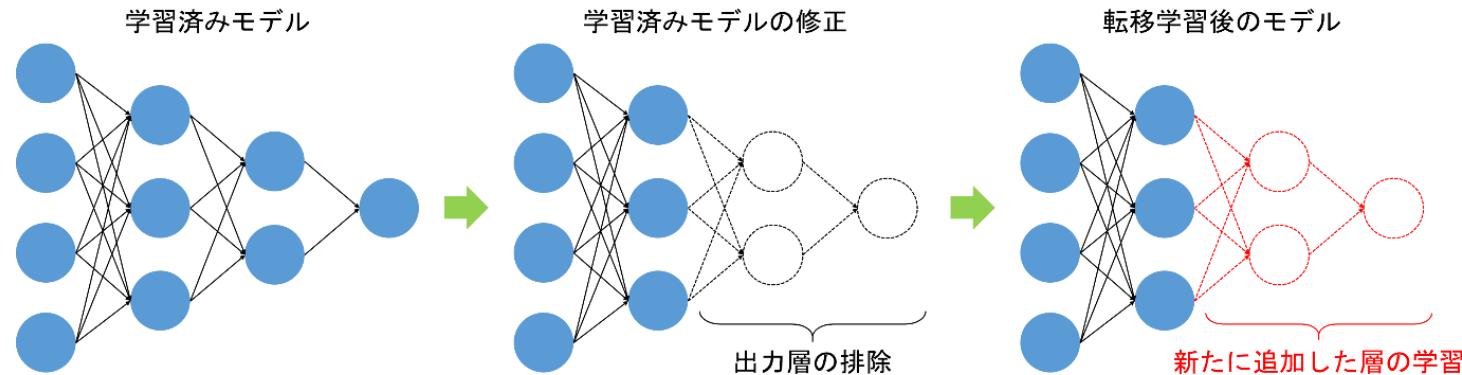


動的情報を扱うトラッキングの性能向上フロー実現により、自動運転システム全体の安全性向上に寄与

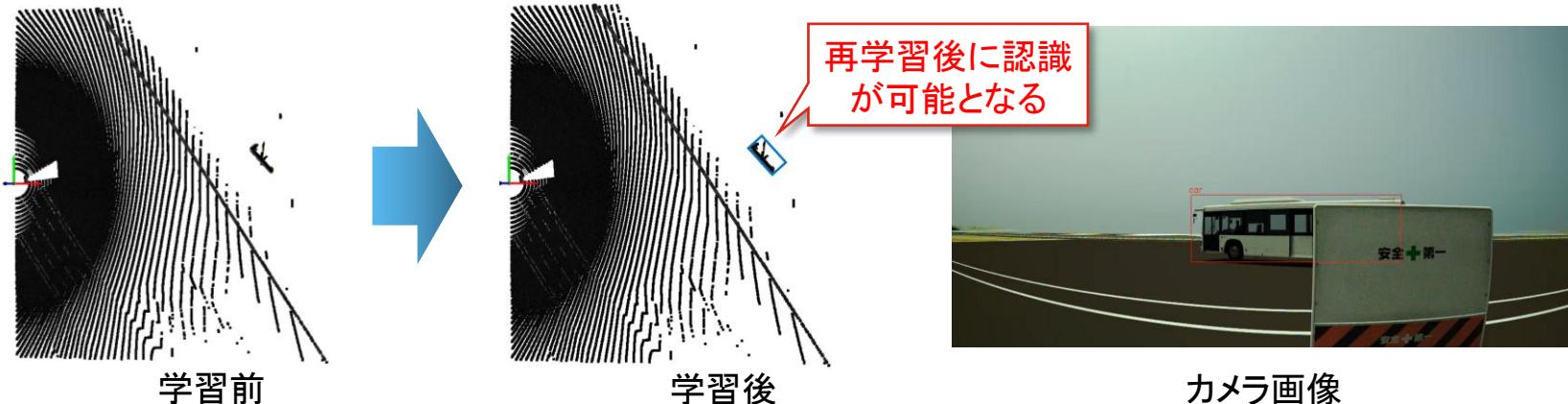
2025年度計画案②: 認識アルゴリズムの学習とSimベースデータの有効活用に関する研究

追加学習、性能改善の例とデータセットの比較検証イメージ

例) 転移学習(追加学習手法の一つ)



例) PointPillars(汎用LiDAR認識アルゴリズム)における性能改善



例) データセットの比較検証

	実データ (100)%	
A	実データ (100)%	
B	実データ (α)%	Simベースデータ (100- α)%
C	Simベースデータ(100)%	

性能指標	A	B	C
正解率			
適合率			
再現率			
F値			

データ配分毎の認識の性能向上度合を比較

Simベースデータの有効な活用および学習方法を明らかにし、認識アルゴリズムの性能改善率を高める

(2)-1.c.真値出力・指標算出機能の拡張

DIVPでは安全性評価指標の研究・実装をしており、FY23にはTTC/PETの計算機能を実装した。FY24は **SCT (Safety Cushion Time)** の研究・仕様検討、および実装・動作検証を完了した。

リスク評価を可能とする評価指標の定義と妥当性検証

背景
ADS制御の性能評価のために、自車の行動の良し悪しなどを定量的に検討する必要がある。よりインテリジェントなADシステムの評価のためには、リスクが顕在化した後の行動に加えて「**リスクが顕在化する前の行動**」（「かもしれない運転」）の評価指標が求められる。

目的
潜在リスクに対する行動を評価できる指標を研究・検討し、計算機能を実装する。

「真値」と「指標」の関係性

真値

シミュレーション上のマップ・アセットなどのジオメトリ情報とタグ情報であり、ユーザにはセンサ知覚や認識処理などの正解値として提供する。

ジオメトリ情報

物標の座標・サイズ・進行方向・速度など

タグ情報

標識の意味・物標の色・信号情報・走行エリアなど



指標

自動運転や認識処理などを解釈・判断するための定量的な評価値であり、ユーザには真値に基づく算出結果として提供する（ユーザによるカスタマイズも可能）。

指標の導出

ジオメトリ情報に基づく定量的データ
TTC・PET・SCTなど

タグ情報に基づく定性的データ
走行の優先度・違反など

指標による評価・判断

走行中や走行結果に対するリスク判定・自動運転の安全性に対するレベル感など

安全性評価指標

効率性評価指標
快適性評価指標
法令順守評価指標など

安全性評価

効率性評価
快適性評価
法令順守評価など

**FY24
対象**



- 「かもしれない運転」の評価指標 (SCT) の研究 (数理モデル・安全余裕度・研究方針)
- TTCとSCTを組み合わせた走行戦略評価方法の提案
- SCT計算機能の仕様検討・計算機能の実装

成果概要

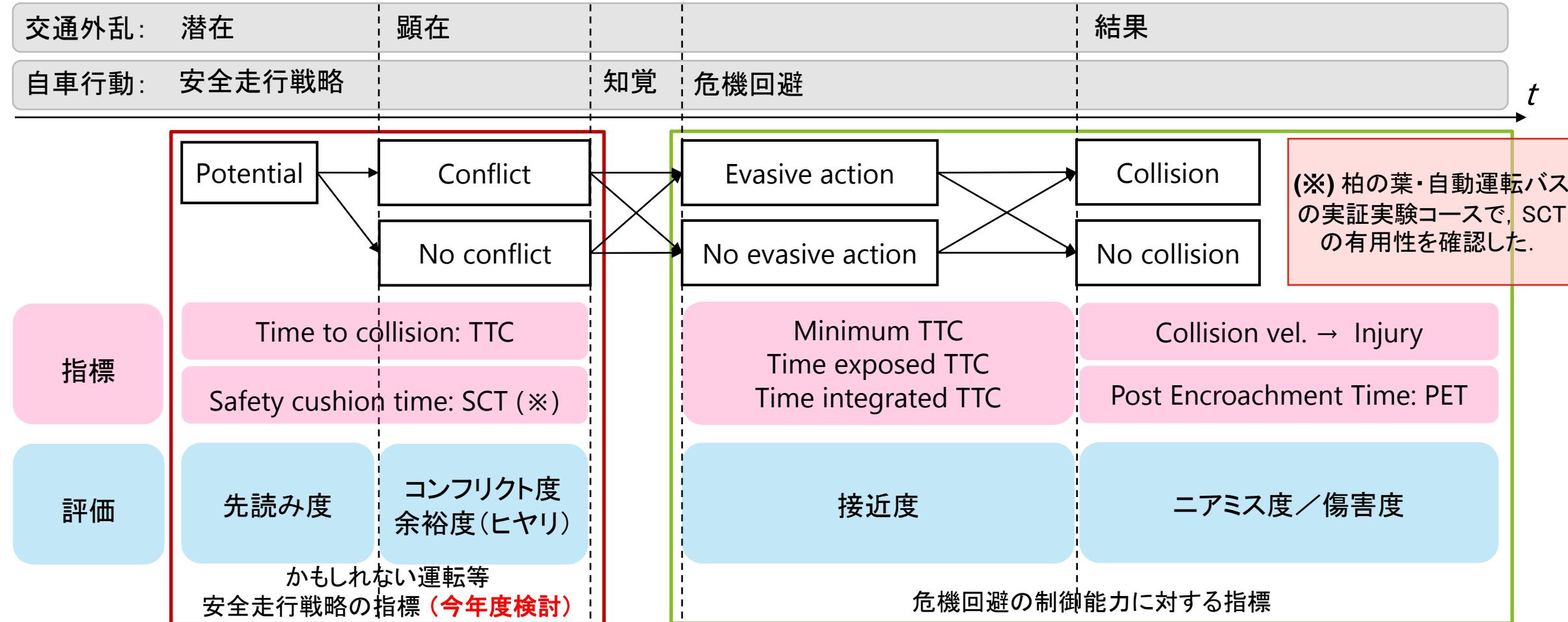
SCTを用いた安全リスク評価の効果検証 完了

- コンフリクトレベルの数理モデルを定式化し、影響因子を整理した。
- コンフリクトレベルのクライテリアを提案した。
- 「かもしれない運転」の性能を示す指標としてSCTの導入を決定し、計算機能を実装した。
- TTC/PETと合わせて、リスク顕在化前からコンフリクト後まで時系列的に評価指標が揃った。

安全性評価指標の研究) 安全性評価指標算出機能の拡張の取り組みとして、安全性/リスク評価指標の研究ロードマップ、新たな評価指標とクライテリアの定義、ベンチマークに取り組む

安全性評価指標の種別と今年度検討内容の範囲

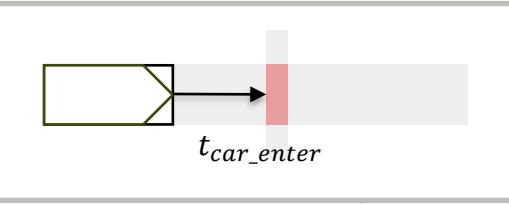
安全性評価指標を、横軸に時間、縦軸に指標と評価によって分類。実際に交通参加者が存在する中、かもしれない運転等の安全走行戦略を評価できるSCTを優先して実装することとなった。議論の中、快適性、協調性、効率性、道路交通法遵守も必要となるため、来年度以降にさらなる検討を継続したい。



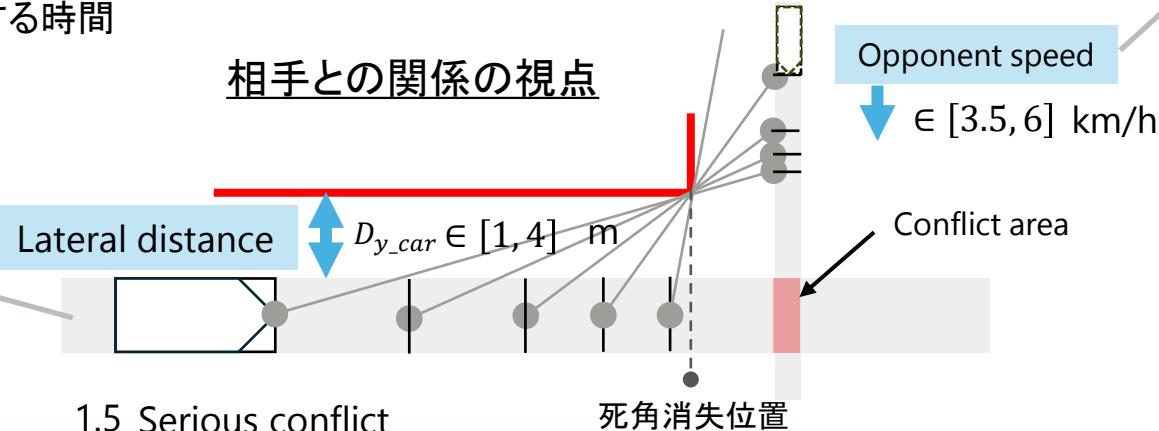
TTC指標を用いた交通コンフリクトの定式化を行い、コンフリクトレベル(クライテリア)を定義した。

TTC指標を用いたコンフリクトレベルの測り方

自車がコンフリクトエリアに到達する時間



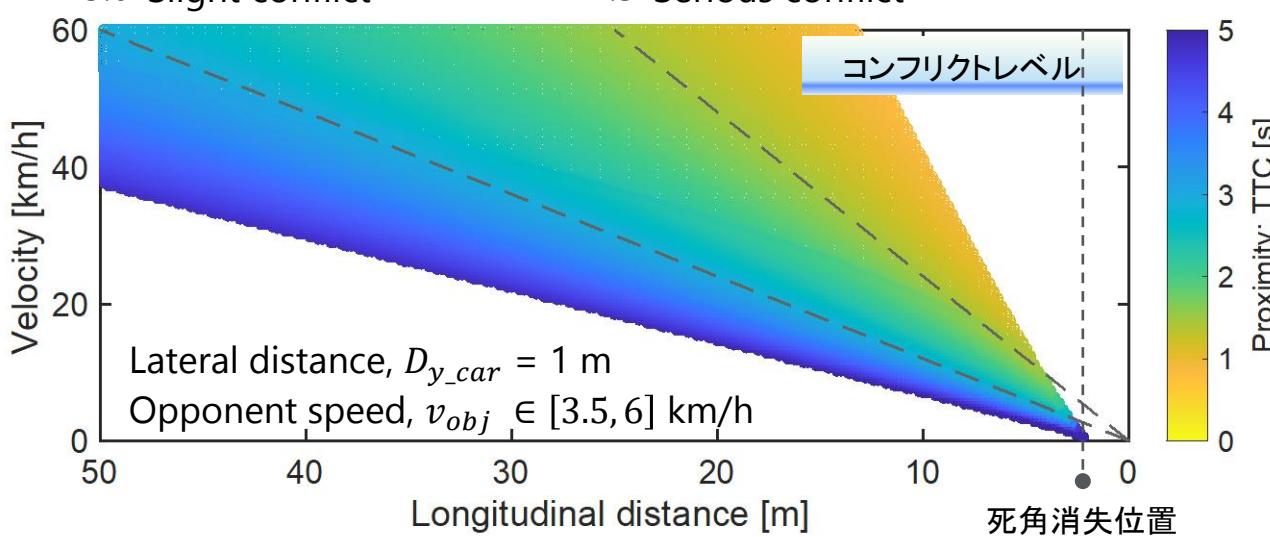
相手との関係の視点



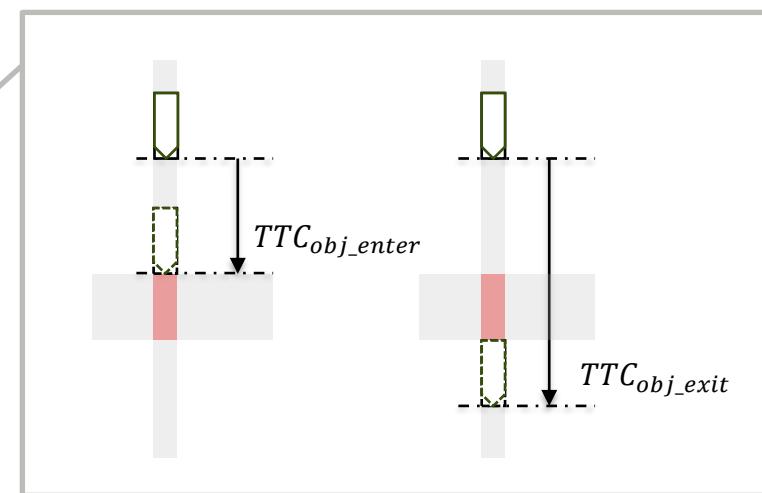
3.0 Slight conflict

1.5 Serious conflict

死角消失位置



相手がコンフリクトエリアに到達・脱出する時間



※ コンフリクトとは、複数の道路利用者が空間的・時間的に接近し、その動き(速度、方向)が不变であれば衝突が避けられない状況。

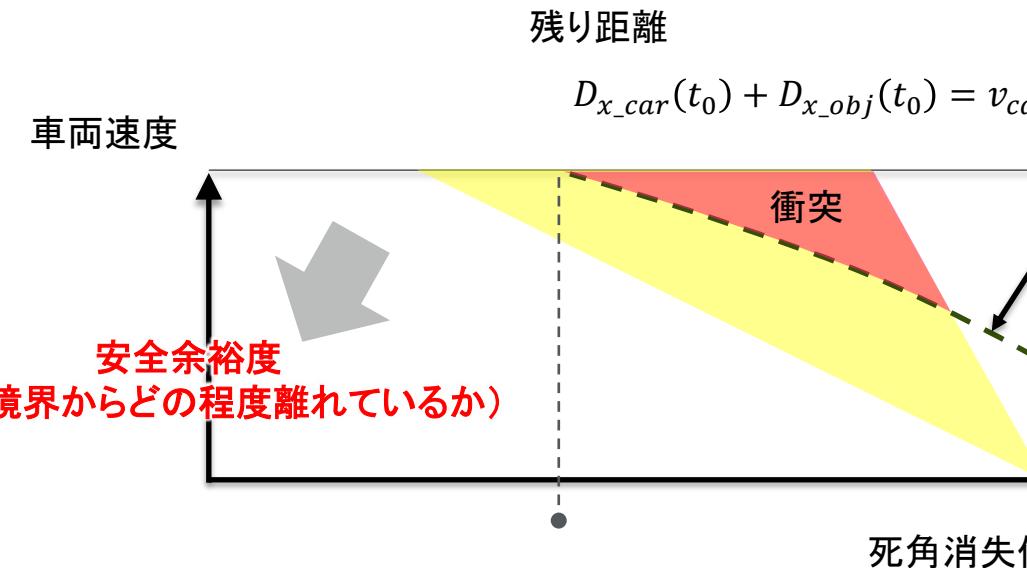
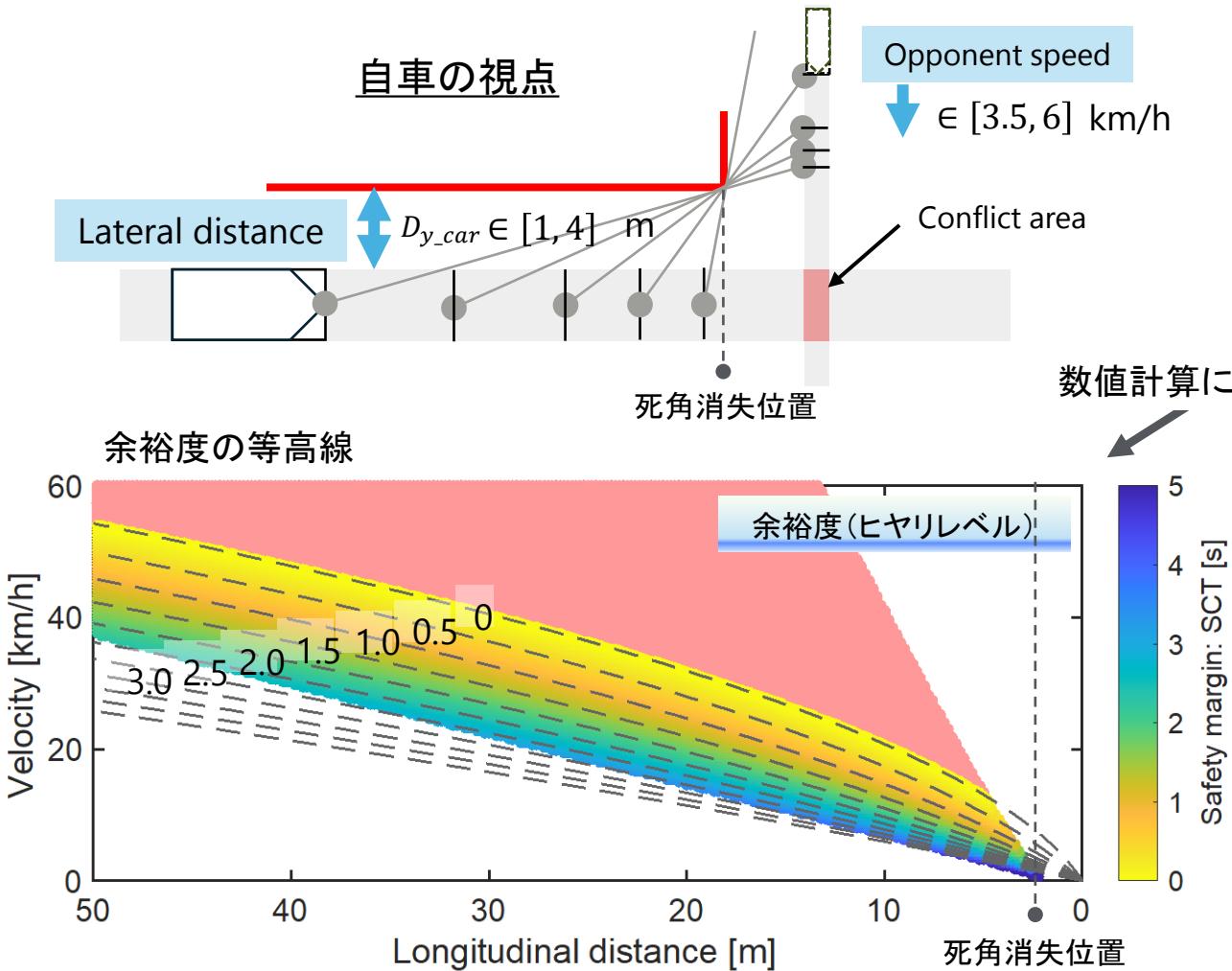
(2)-1.c.パート 成果概要

■ TTCを用いたコンフリクトの定式化 完了

- コンフリクトのレベルを算出できる危険事象の数理モデルを定式化した。
- コンフリクトの発生とそのシビアリティに影響しうる影響因子を整理した。
- コンフリクトのレベル(クライテリア)を提案した。

SCT指標を用いた安全余裕度の定式化を行い、余裕度のレベル(クライテリア)を定義した。

SCT指標を用いた安全余裕度の測り方



※ 安全余裕度とは、自動運転車の回避行動モデル（反応時間0.74秒、減速度0.3 G）を定義した上で、衝突の境界からどの程度離れているか、その度合いを意味する。

(2)-1.c.パート 成果概要

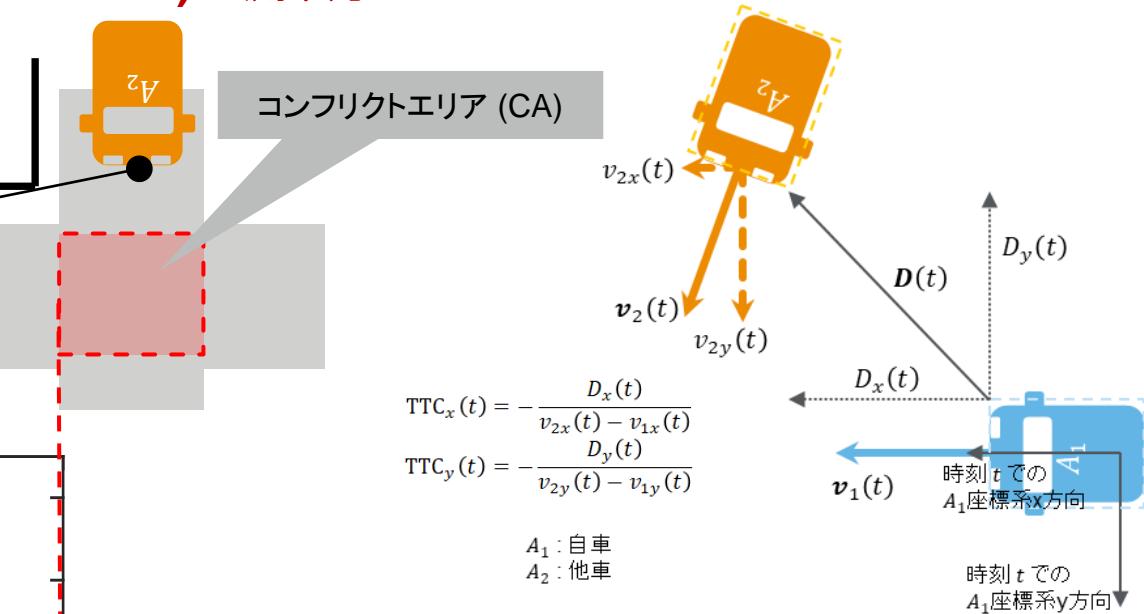
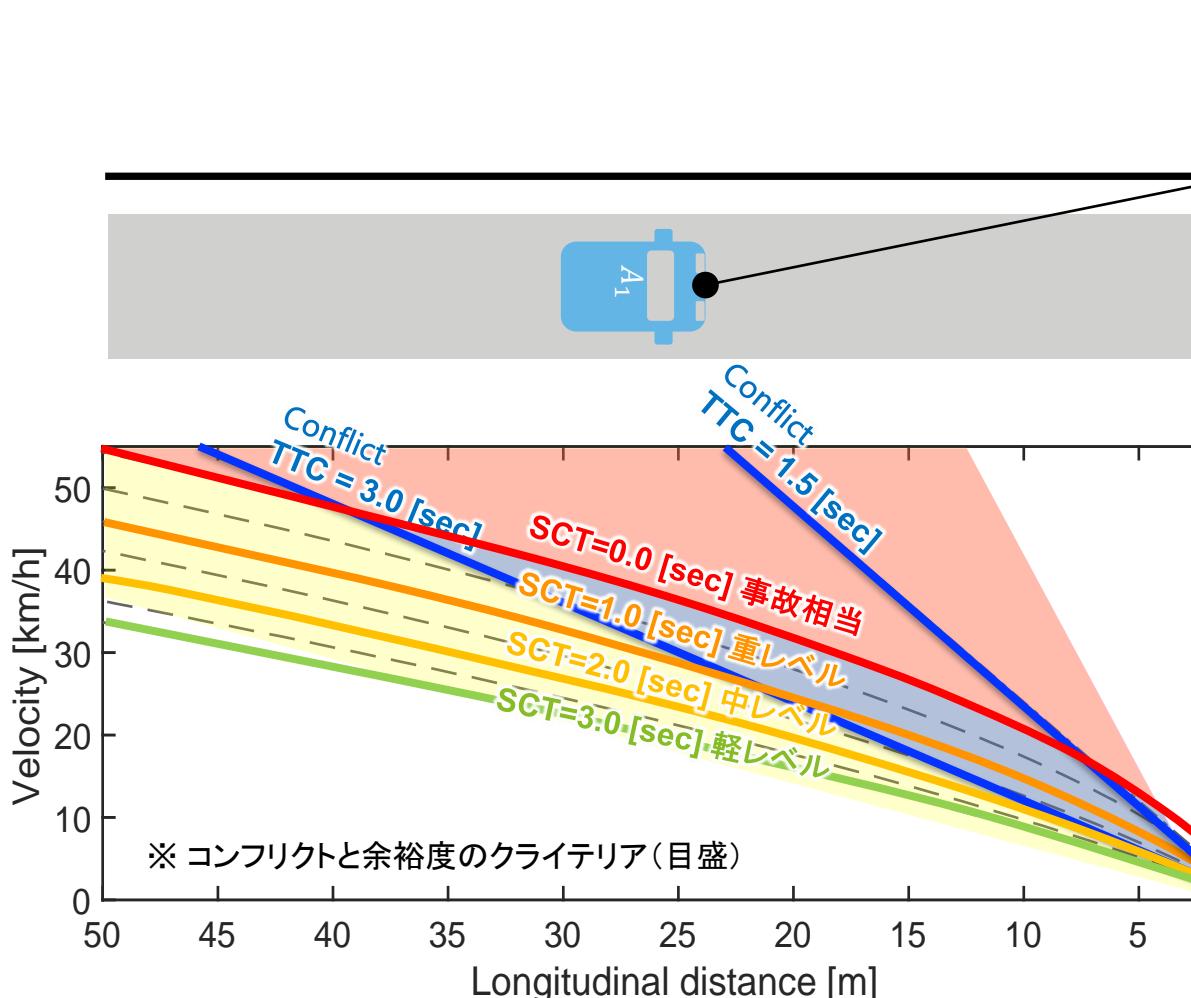
■ SCTを用いた安全余裕度の定式化 完了

- 安全余裕度を算出できる危険事象の数理モデルを定式化した。
- 安全余裕度に影響しうる影響因子（反応時間、減速度）を整理した。
- 安全余裕度のレベル（クライテリア）を提案した。

安全性評価指標算出の拡張)

DIVPにおける安全走行戦略を評価可能な指標の算出方法とそのクライテリアに関する定義を行った

TTC指標とSCT指標を組み合わせた安全走行戦略(先読みレベル)の測り方



TTC (コンフリクト度) -相互関係の視点-

- ✓ お互いの現在状態(速度, 方向)が維持されたとき, コンフリクトエリアで衝突するまでの時間の度合

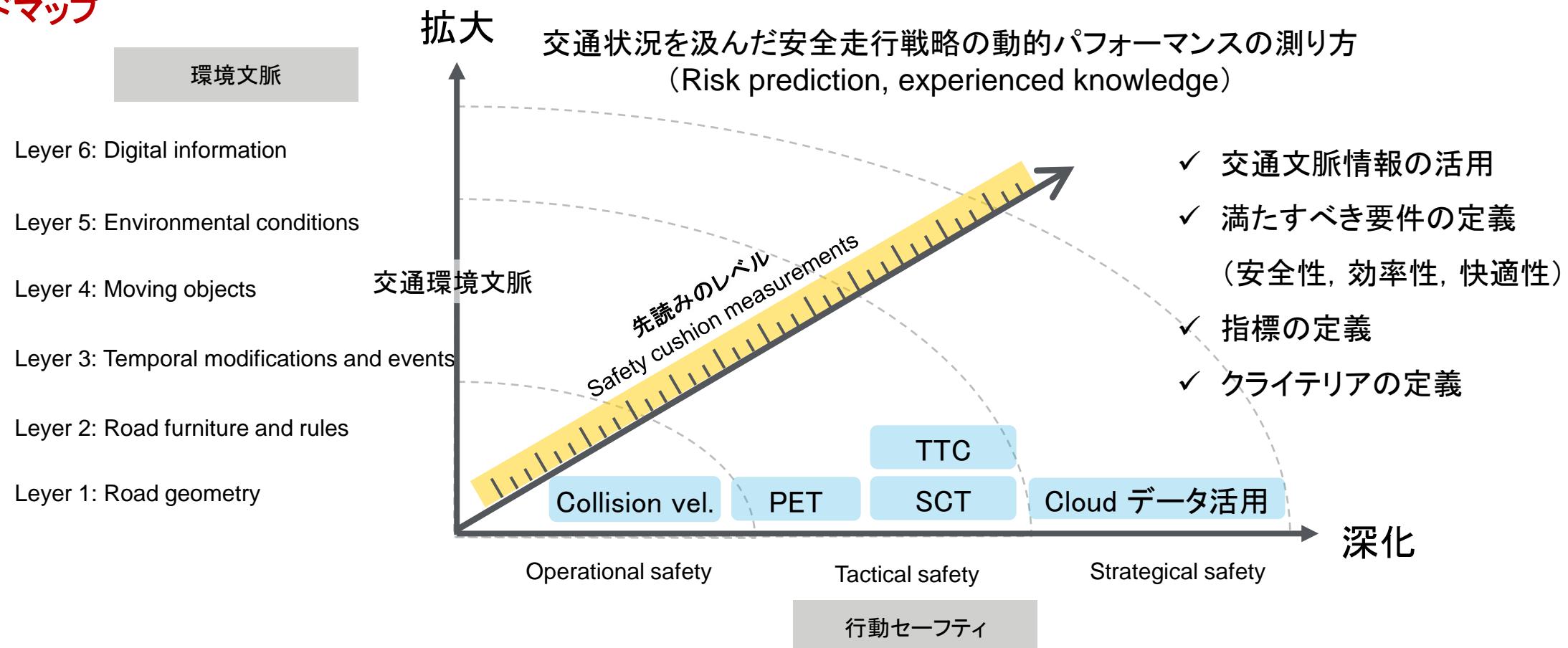
SCT (余裕度) -自車の視点-

- ✓ 衝突の境界面(事故相当)からどの程度離れているか
- ✓ 危機回避制御の実行までに利用できる余裕時間

$$SCT(t_0) = D_x(t_0)/v_{1x}(t_0) - \tau - \frac{v_{1x}(t_0)}{2a_{max}}$$

安全余裕はヒト、クルマ、交通環境の影響によりリアルタイムに変化。一定シナリオに基づき、運転行動と道路状況、交通状況を統合したリスク評価が必要

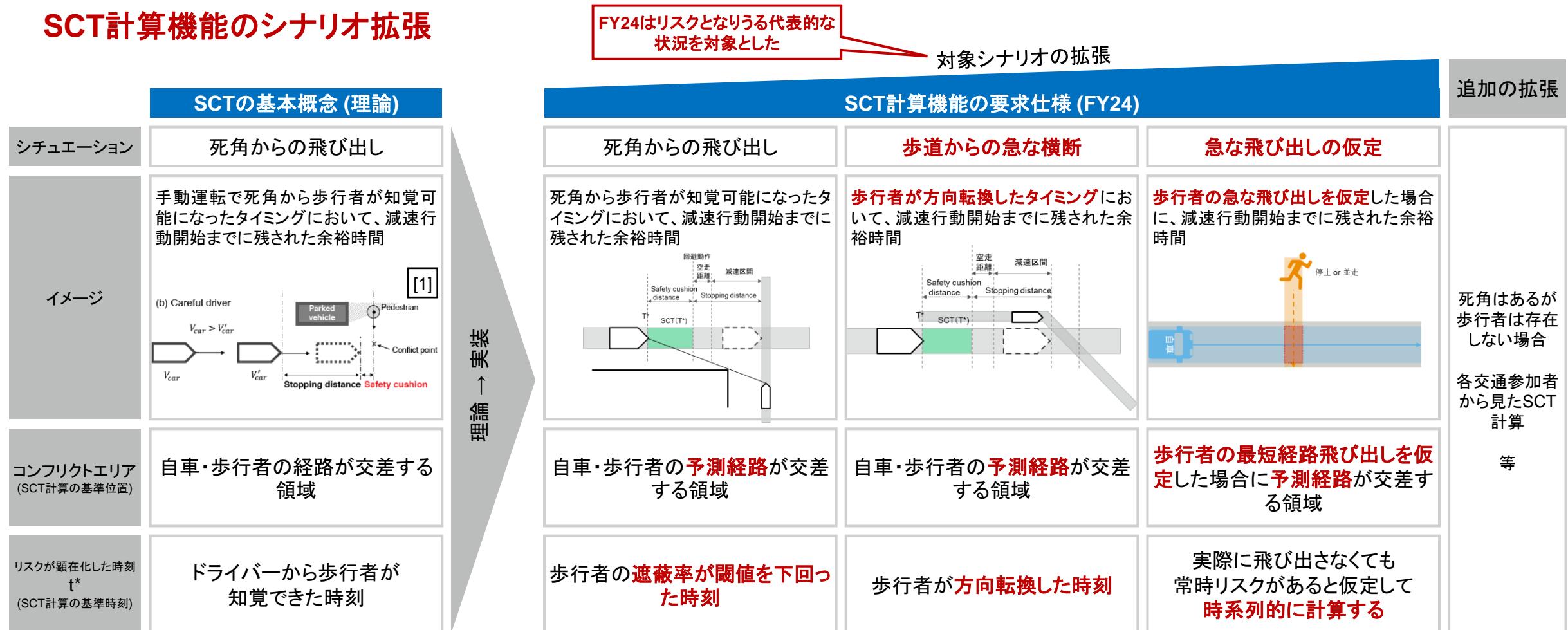
ロードマップ



動的リスク評価の深化のため国内外研究機関と連携して行動セーフティの要件、測定、評価の枠組み構築を進める。

SCTの実装に向け、対象とするシナリオを拡張した(交通流の中でリスクとなりうる代表的な状況を対象)。また、各シナリオについて必要となる情報の定義を検討した。

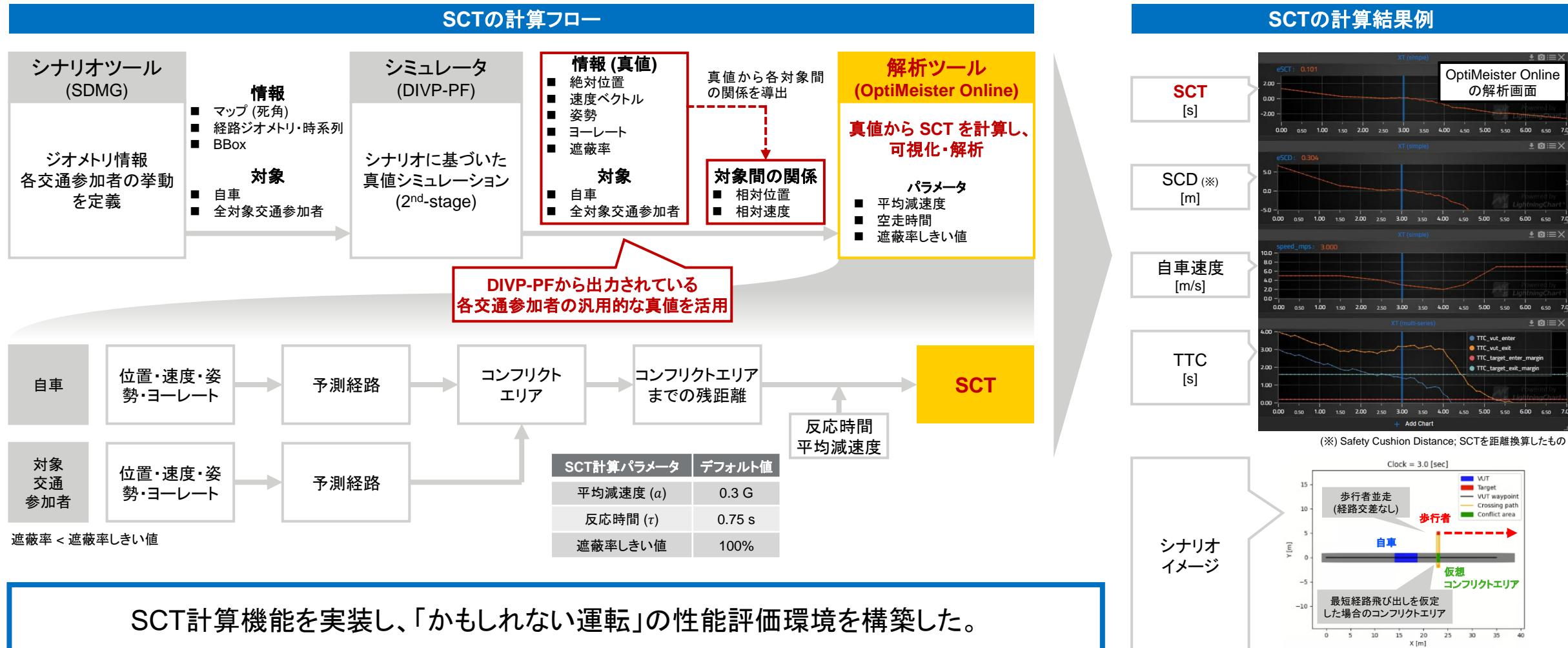
SCT計算機能のシナリオ拡張



SCTの適用シナリオを検討し、実交通流において「かもしれない運転」が求められるシチュエーションに拡張した。

SCT計算のフロー・必要となる情報を整理し、解析ツールに計算機能を実装した。
DIVP-PFから安全性評価指標の計算に必要となる汎用的な真値が出力されており、それを活用した。

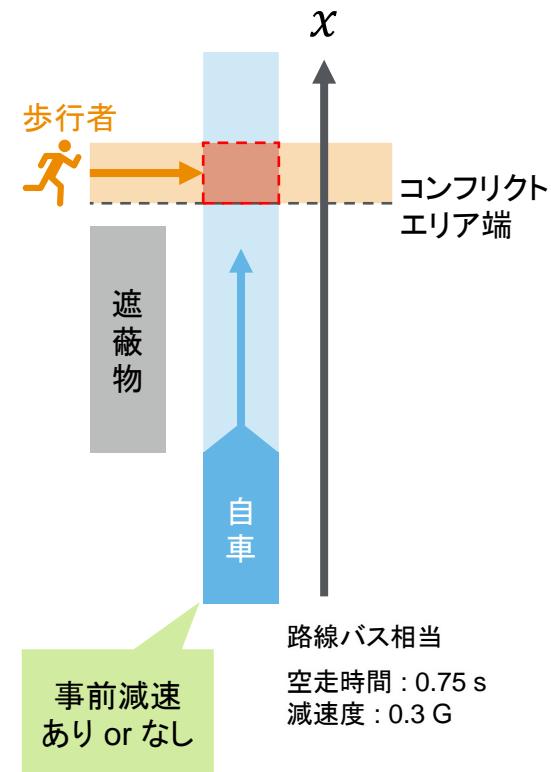
SCT計算機能の実装と検証



SCTを用いた評価事例として、死角からの歩行者飛び出しについてDIVPシミュレーションを実施した。TTC・SCTを組み合わせることで衝突回避のための走行戦略を評価することが可能である。

SCTの応用：事前減速の有無による衝突回避の評価事例

評価シナリオ



事前減速なし → 接触事故発生



SCT=0.0より右側で反応したため接触事故

効果②: 最大減速度が減少

AEB作動

事前減速あり → 緩やかに停止



効果①: 事前減速により、SCT>0.0を維持したため余裕をもって停車可能

AEB作動

SCTを用いてAEBの衝突回避性能を示せるこことを確認した。

法令順守・効率性などを考慮した評価手法の確立SCT計算機能の拡張・汎用化が課題となる。
今後、Simを活用した認可プロセスへの適用やADSロジック開発への活用が考えられる。

課題と今後の展望

項目	FY24実施事項	FY24課題	FY25実施事項	今後の展望
評価指標の検討	<ul style="list-style-type: none"> ■ 安全性評価指標の全体像整理と研究方針の策定 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 安全性以外の指標定義 ■ 交通参加者同士のインタラクションの考慮 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 情報調査・整理を継続 ■ 法令順守、運行効率などの指標の検討 	<p>安全性評価指標 法令順守指標</p> <p>ADS認可への適用</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ シミュレーションを用いた自動運転認可プロセスへの評価指標の適用
	<ul style="list-style-type: none"> ■ TTC・SCTを用いた安全走行戦略検討手法の提案 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SCT適用シナリオの拡張 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SCTを柏の葉科警研西交差点右左折シナリオ以外に実装 ■ ジオメトリSim & 安全リスク指標によるODD検証 	<p>SCT評価 ODD検証</p> <p>ADSロジック開発への適用</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ 安全性、法令順守、効率性、快適性の評価指標をADS走行戦略に反映
	<ul style="list-style-type: none"> ■ SCT仕様検討・実装 	<ul style="list-style-type: none"> ■ SCT計算機能の拡張 		<p>安全・運行効率・法令順守指標</p>

RoAD to the L4 テーマ4 (柏の葉ADSバス) でのシナリオ拡張や ODD 検証へと活用する。
それによりシミュレーションを用いたADS認可へ貢献していく。

V2Xの真値出力機能の仕様について調査検討を実施した。
そのために、V2Xシステムのアーキテクチャを整理しモデル化対象を明確化した。

【付録】V2X評価のための真値出力機能の完成

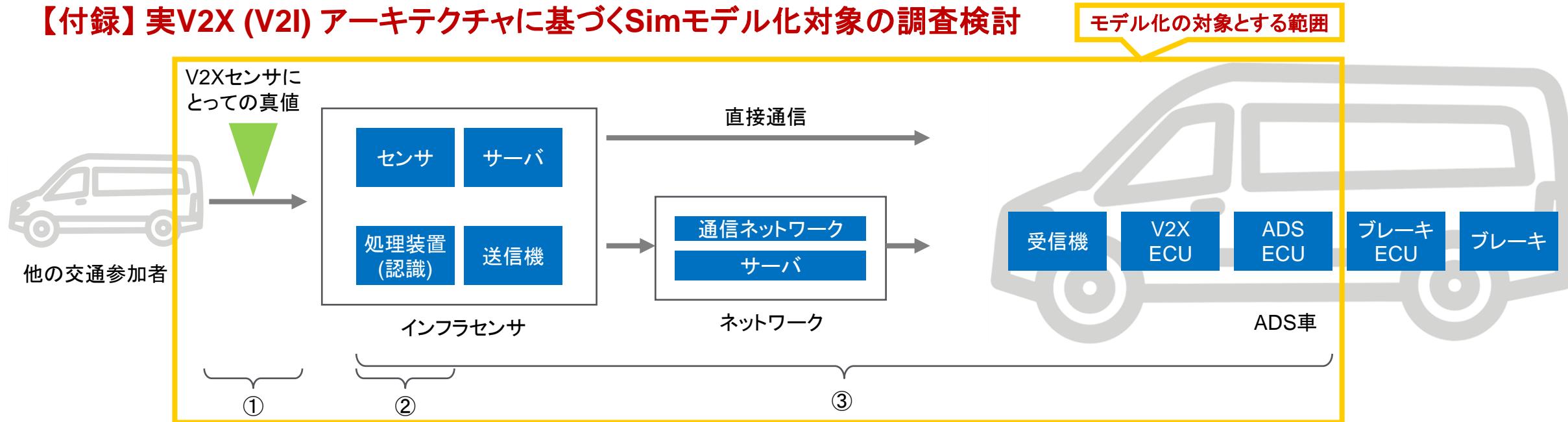
背景 ADS車の安全性や交通効率性を高めるために、自律型自動運転システムに加えてインフラや他車などとの通信（V2X通信）による**協調型自動運転システム**が世界的に重要視されている。

目的 協調型自動運転システムの性能評価をするために、正解値となる**V2X通信の真値**を出力する機能を開発する（真値出力機能の拡張）。



V2Xの真値出力機能を検討するために、V2Iを事例にシステムのアーキテクチャを調査した。
真値出力機能に性能低下要素を加味することにより、V2Xシステムでの安全性評価環境の構築を目指す。

【付録】実V2X (V2I) アーキテクチャに基づくSimモデル化対象の調査検討



機能開発・モデル化の対象となる要素

① 真値生成・出力機能

V2Xシステム出力に対応する真値となる情報 (**交通参加者の位置・速度・サイズなど**) を出力させる。

② 認識性能モデル (検出・認識)

V2Xセンサの検出率や認識率などをモデル化することにより、V2Xシステムの**検出・認識性能の低下**を加味した安全性評価をすることができる。

③ 性能低下要素 (遅延)

通信や車両内部処理による遅れをモデル化する (例: 受信機・ECU処理・CAN) ことにより、V2Xシステムの情報遅延を加味した安全性評価をすることができる。

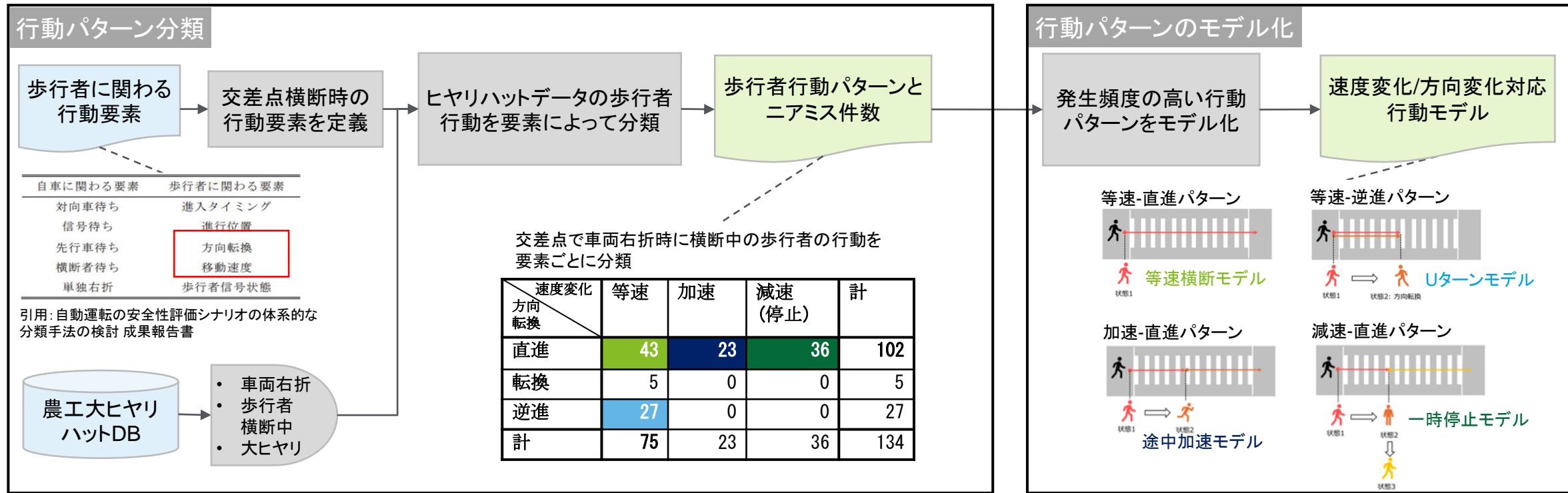
アーキテクチャを整理し、真値出力のためのモデル化対象と性能低下要素 (検出/認識性能の低下・通信処理遅延) を明確化した。

(2)-2. ドライバ・歩行者行動モデルの研究

取り組み概要

交通弱者の行動[※]をモデル化し、交通流シミュレータ上で安全性をバーチャル検証する

※行動文脈

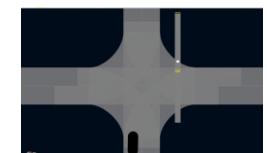


凡例



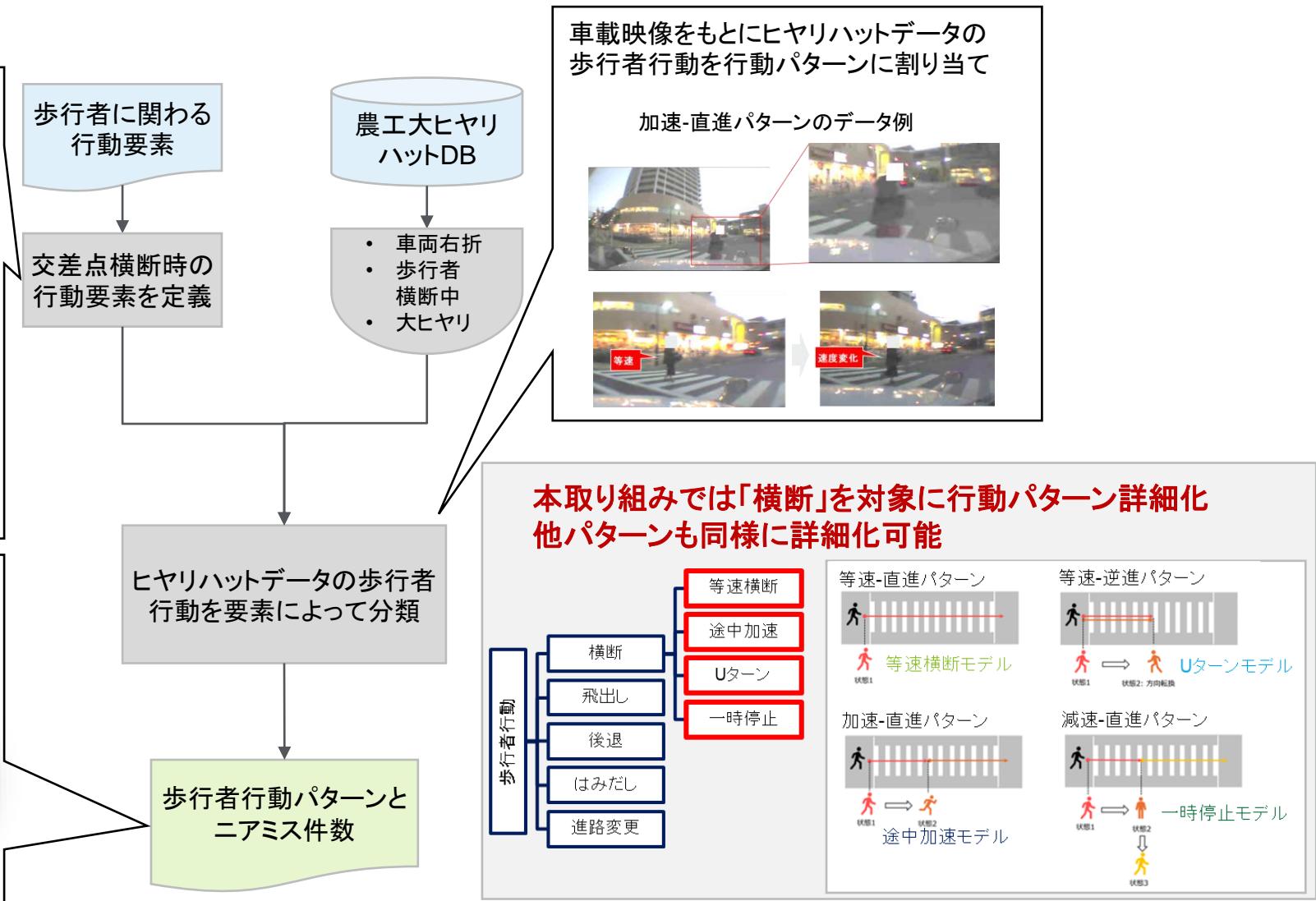
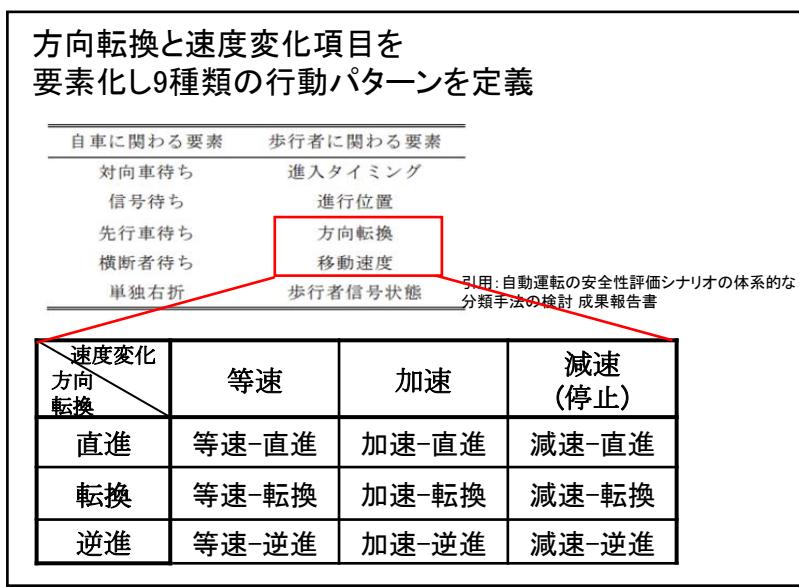
安全性をバーチャル検証

行動モデルをVISSIMに設定し、ADS/ADASの安全性や機能を検証や評価



行動パターン分類

行動パターン分類の方法を形式化



引用:学校法人幾徳学園神奈川工科大学

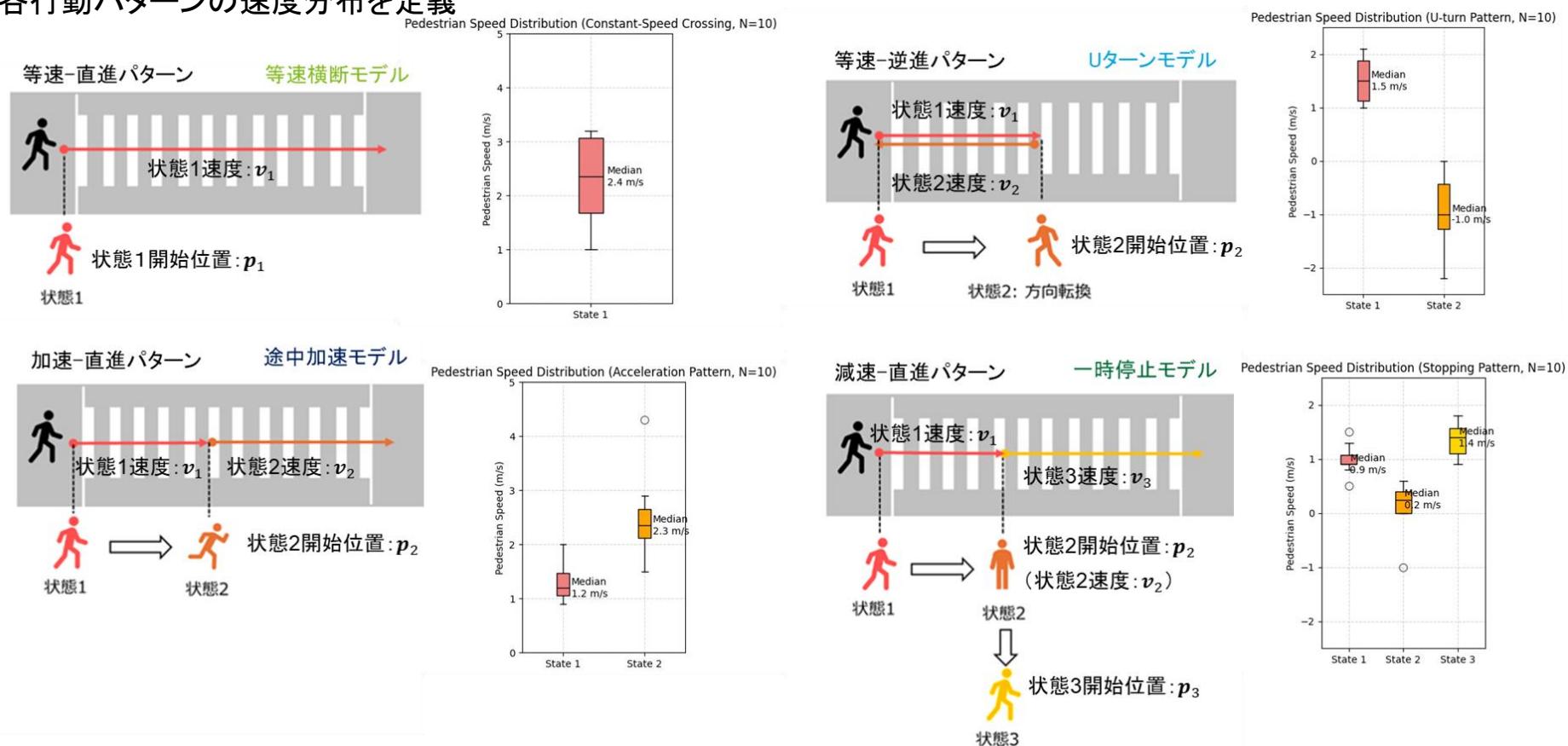
89 「令和6年度「無人自動運転等のCASE対応に向けた実証・支援事業(仮想空間での自動運転安全性評価環境の構築)」

行動パターンのモデル化

選定した歩行者行動パターンを速度変化/方向変化の状態毎に直線運動としてモデル化
ヒヤリハットデータから速度分布を分析

- 状態*i*における時刻*t*での移動物の位置*P*: $P_i(t) = p_i + v_i(t - \tau_i) + \frac{1}{2}a_i(t - \tau_i)^2, i = 1, \dots, n$
- ヒヤリハットデータを分析して各行動パターンの速度分布を定義

パラメータ	説明
<i>t</i>	現在の時刻
τ_i	状態 <i>i</i> の開始時刻
$p_i = (x_i, y_i)$	状態 <i>i</i> の始点座標
$v_i = (v_{x,i}, v_{y,i})$	状態 <i>i</i> の初速度
$a_i = (a_{x,i}, a_{y,i})$	状態 <i>i</i> の加速度
<i>n</i>	状態数

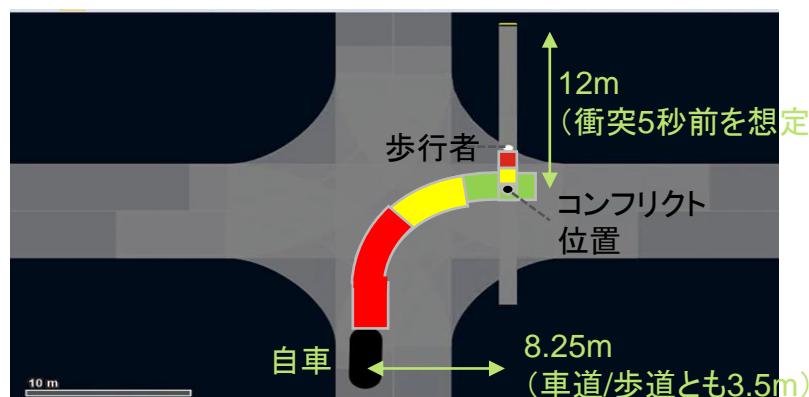


安全性バーチャル検証

VISSIMで行動モデルを実装し、安全性検証プロセスを実施(例:AEBによる安全性検証)

- 車両が交差点右折時に、AEBの有無で横断歩行者とのリスクが生じた件数を比較し、AEBによる安全性をバーチャル検証
- Vissimでは車両や歩行者の制御/行動モデルを差し替えて交通流が生成可能

交通流パラメータ設定

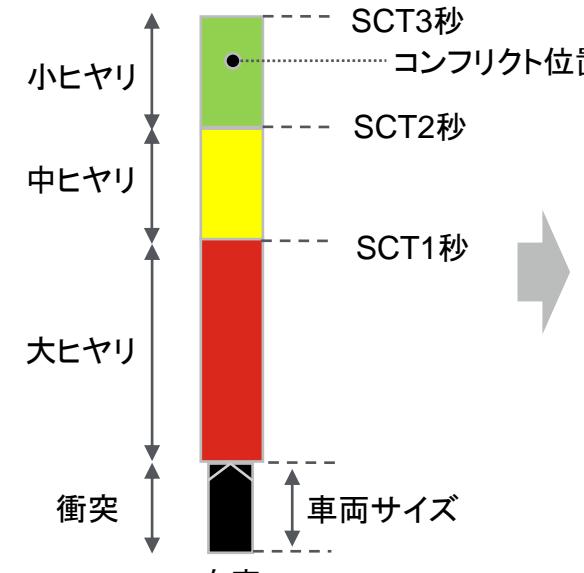


行動パターン	状態1速度 (m/s)	状態2速度 (m/s)	状態3速度 (m/s)	発生頻度 (1/hour)
等速横断	2.4	-	-	25
途中加速	1.2	2.3	-	18
Uターン	1.5	-1.0	-	10
一時停止	0.9	0.3	1.4	12

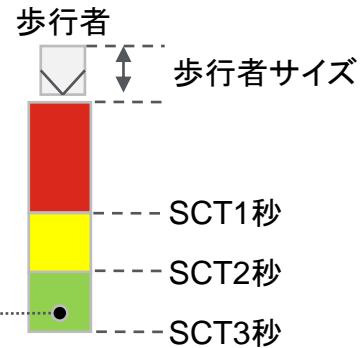
シミュレーション時間: 1hour

リスク評価モデル パラメータ設定

リスク評価モデル パラメータ設定



車両と歩行者の各時刻でのSCBの重なりをもとに
リスクレベルを算出

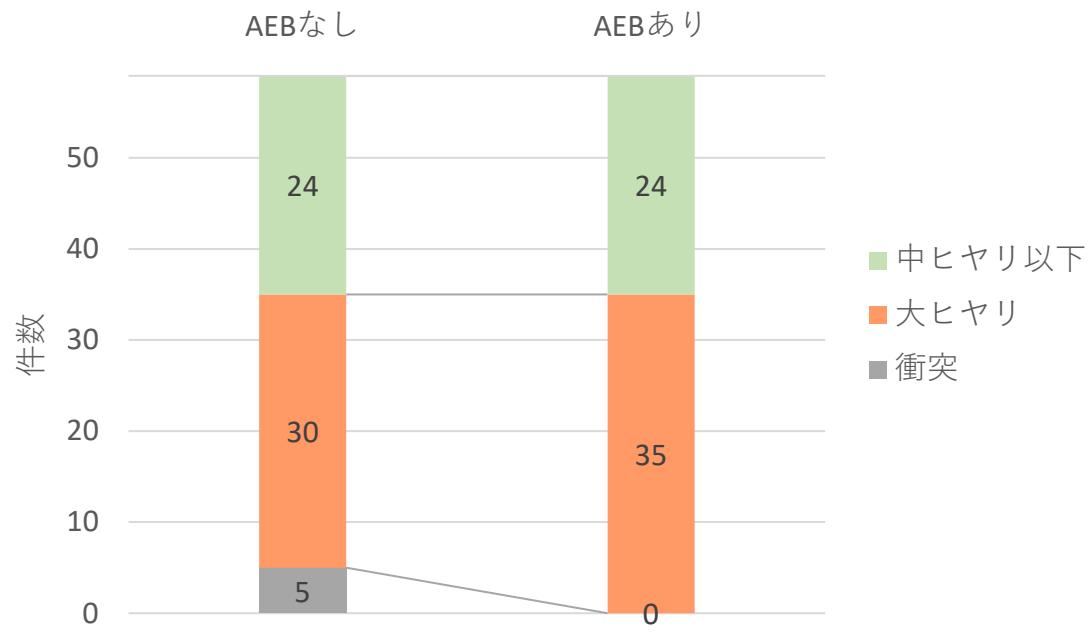


リスクレベル:
小ヒヤリ

パラメータ	値
自車減速度 [m/s]	0.6
自車反応速度 [s]	0.75
自車車サイズ [m]	5
歩行者サイズ [m]	1

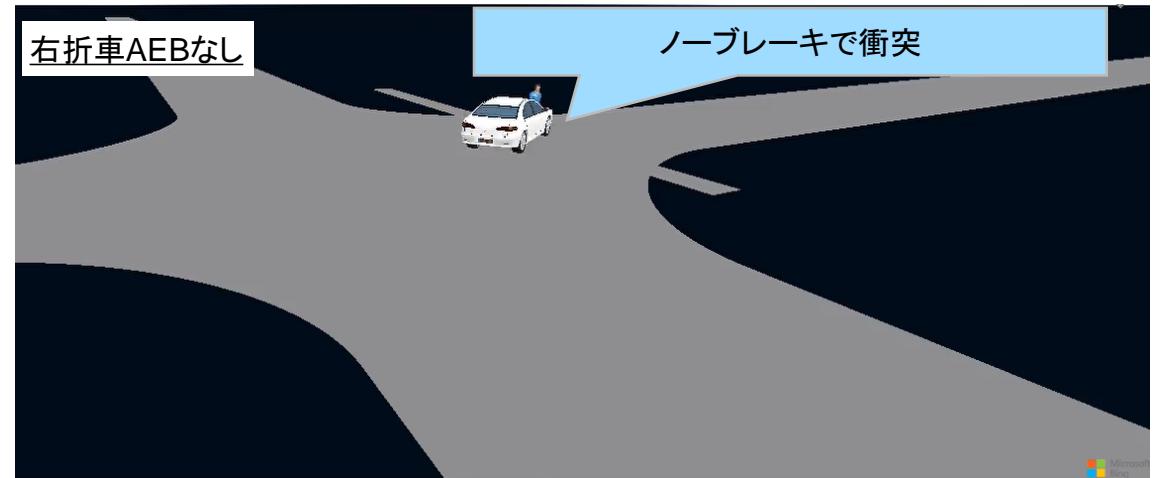
安全性バーチャル検証

行動モデルを踏まえた安全性検証プロセスの有用性を確認



検証結果と考察

- AEBにより「衝突」が「大ヒヤリ」にリスク軽減
- 他ADAS機能や、ADS車の安全性検証においてもプロセス適用可



今年度の成果と次年度計画

今年度の成果

- ・ 交差点での横断時の歩行者行動を形式的にパターン分けし、ヒヤリハットデータ(大ヒヤリ)をもとにパラメータを分析して交差点横断時の歩行者行動モデルを定義した
- ・ 行動モデルとパラメータをもとにバーチャル検証環境を構築し、行動モデルを踏まえた安全性リスク評価プロセスの有用性を確認した

次年度計画

- ・ モデル精度向上に向けたデータ取得要件策定とデータ取得関係プロジェクトとの連携
 - ・ モデル開発観点でのデータ取得要求要件を策定し、データ取得に関わる関係各所と連携する
 - ・ 連携によって新たに得られたデータを用いてモデル開発手法と行動モデルを改善する

データ取得要件	行動モデル改善点
高精度な位置/速度情報	各行動パターンのパラメータレンジの精度向上
属性情報の取得	パラメータレンジと歩行者属性の紐づけによるモデル精度向上

- ・ 行動モデルの社会実装:他プロジェクト(SBIRなど)との連携
作成した行動モデルや行動モデル作成プロセスを他プロジェクトの地域実証実験へ適用する

連携に向けた課題	必要な実施項目
異なる道路形状への拡張	交差点以外の道路形状での行動パターン分類とモデル化を実施
異なる行動パターンの詳細化	横断以外の行動パターンの詳細化とモデル化を実施

研究成果

(1) 環境・空画描画・センサモデルを用いたツールチェーンへの拡張

(2). 評価指標・体系の確立

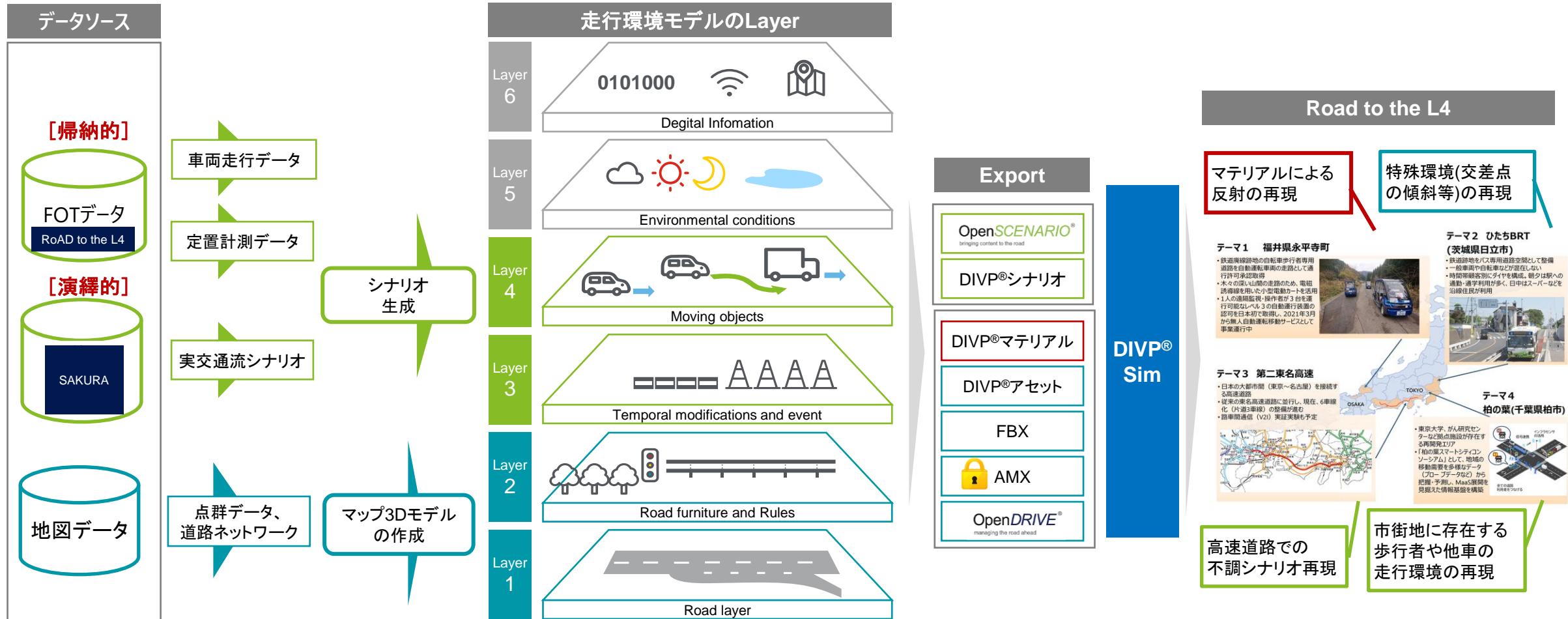
(3).センサ弱点事象の特定と事象の拡張

(4).国際協調・標準化活動及び海外動向調査

(5). プロジェクト推進のための運営体制の構築

テーマ(3)-1では、多様なデータの活用効率化を行い、ADS/ADASの安全性評価・検証に必用なデータ生成を行い、仮想空間における効率的な安全性評価に貢献

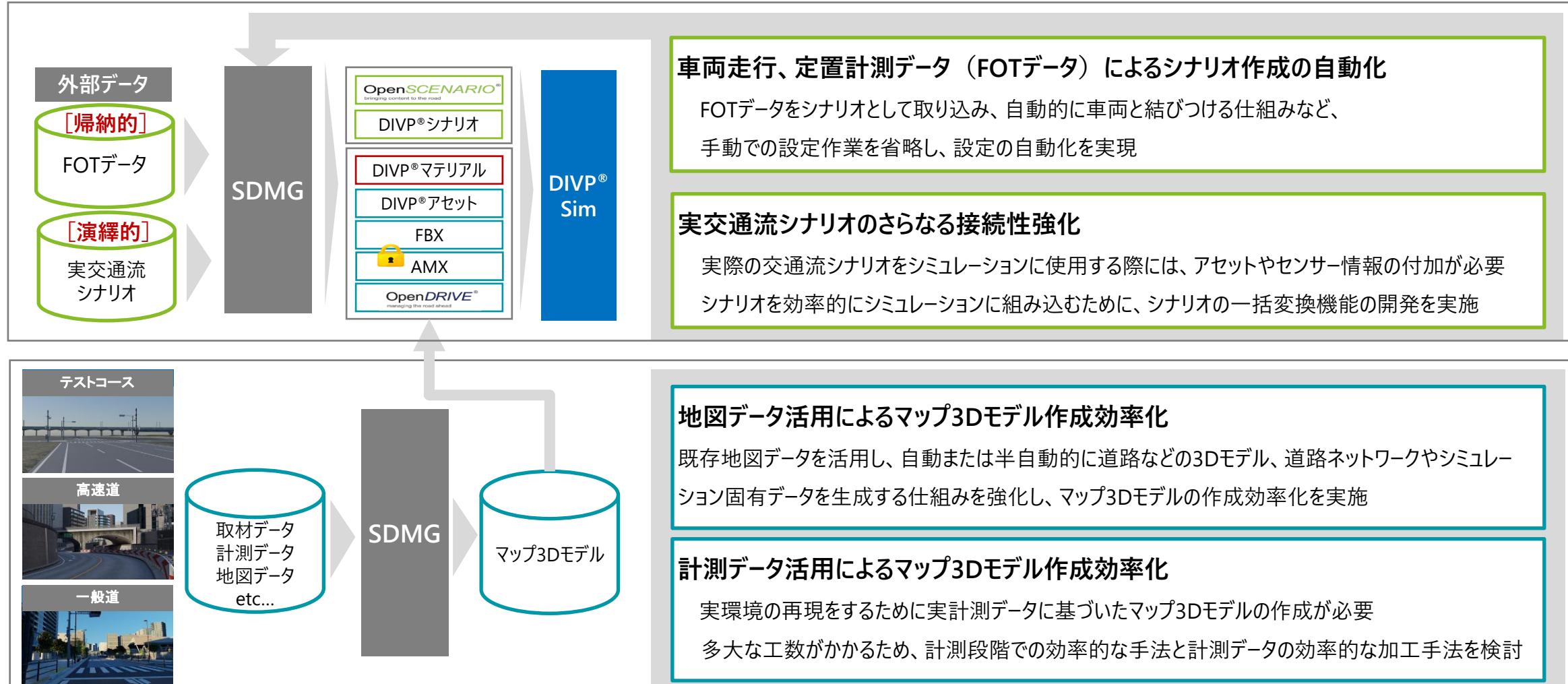
(3)-1. センサ弱点事象の拡張とDB化



引用:三菱プレシジョン株式会社

ADS/ADASの安全性評価・検証に必要なマップ3Dモデルデータやシナリオの生成を行い、仮想空間における効率的な安全性評価に貢献する

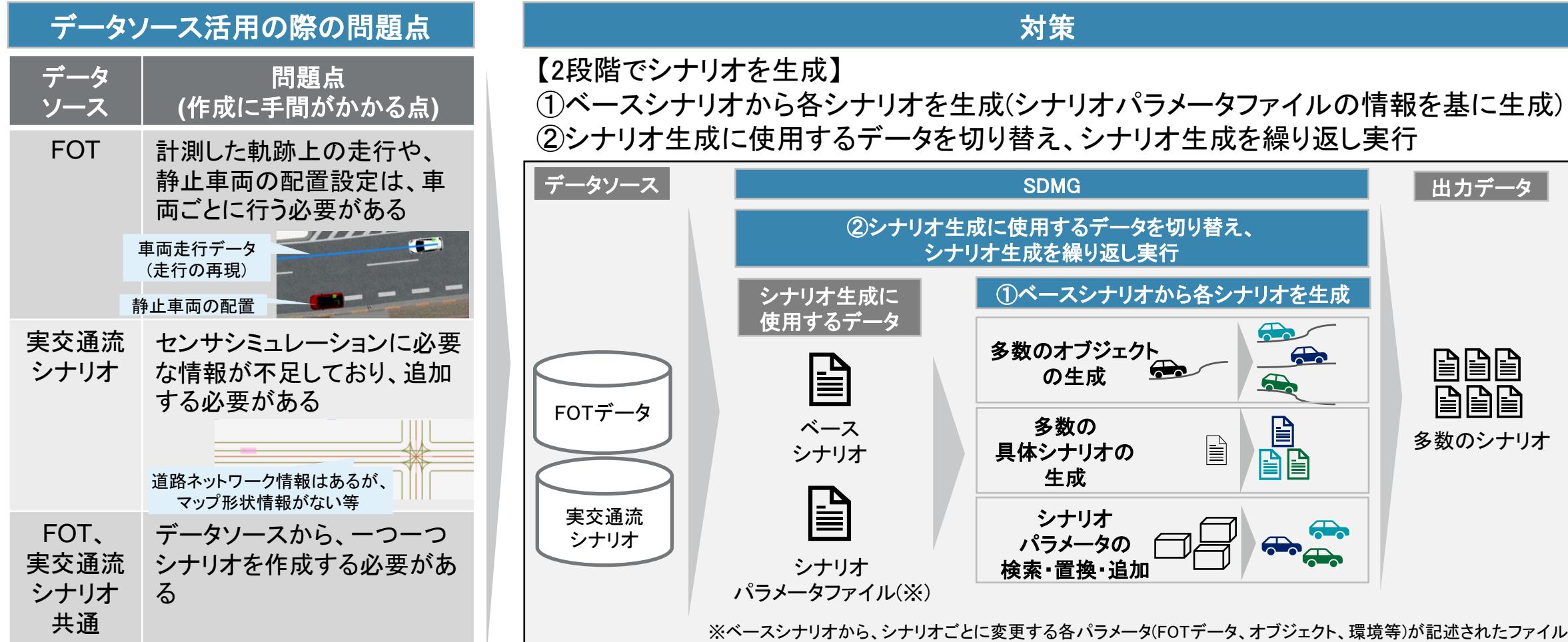
(3)-1. センサ弱点事象の拡張とDB化



引用:三菱プレシジョン株式会社

データソース(FOTデータ、実交通流シナリオ)からシミュレーションを効率的に実施するため、シナリオ生成の効率化が必要となる

(3)-1. センサ弱点事象の拡張とDB化 シナリオ作成効率化

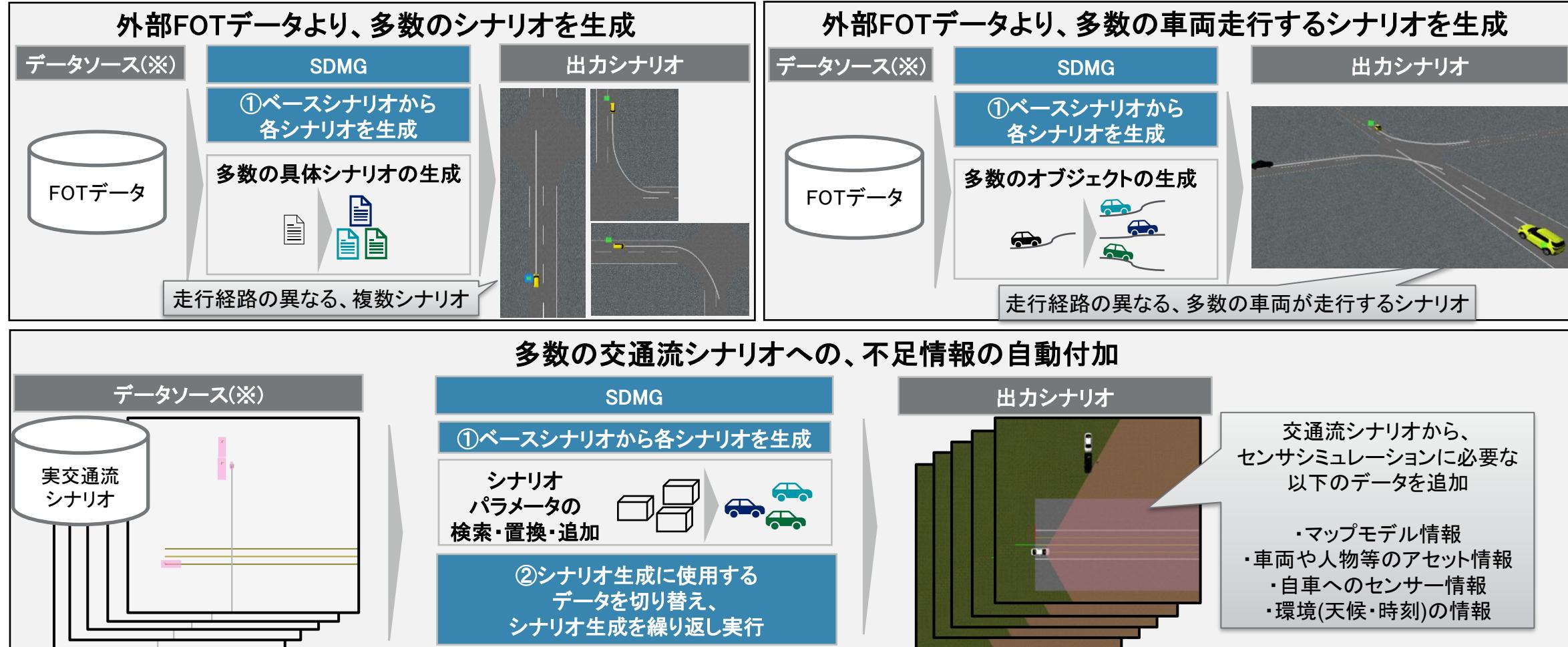


大量のデータソースから多数のシナリオを効率的に生成する環境を構築した

データソース(FOTデータ、実交通流シナリオ)からシナリオを効率的に生成する環境について、実行した場合の基本例を示している

(3)-1. センサ弱点事象の拡張とDB化 シナリオ作成効率化

(※)本ページでは機能を使用した場合の例を示すため、データソースは簡易的なものを用いている



シナリオ作成機能効率化環境の確認を行い、SDMG(製品)へ適用した

作成したシナリオが想定通りかどうか効率的に確認するため、シナリオ確認環境の拡張を行った

(3)-1. センサ弱点事象の拡張とDB化 シナリオ作成効率化

【シナリオ作成機能】

- ①シナリオの編集
- ②シナリオの俯瞰表示
- ③センサ可視/照射範囲図示

インタラクティブにシナリオを編集、確認が可能



【アセット編集機能】

- ①マテリアル置換テーブル編集
- ②DIVPマテリアルに基づく描画
- ③アセット制御状態の模擬

DIVPのマテリアルを利用しつつインタラクティブなGUIで編集が可能



アセット編集機能の描画部分をシナリオ編集から利用可能に

【高機能化シナリオレビュー】

- ①従来のシナリオ編集機能から呼出
- ②レイトレーシングによる描画

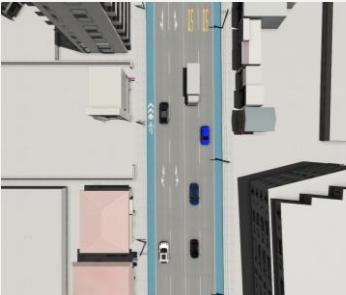


時刻変更の例

変更中のパラメータを写実的に即時確認



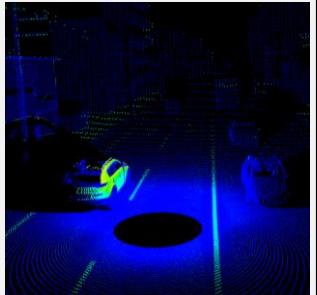
センサー視点



俯瞰視点



魚眼射影系への対応



シーンのメタ情報出力

センサ視点/俯瞰視点の映像を写実的に即時確認

レイトレーシングを活用した情報生成

シミュレーション時に近い映像で、事前のシナリオ確認を可能とした

引用:三菱プレシジョン株式会社

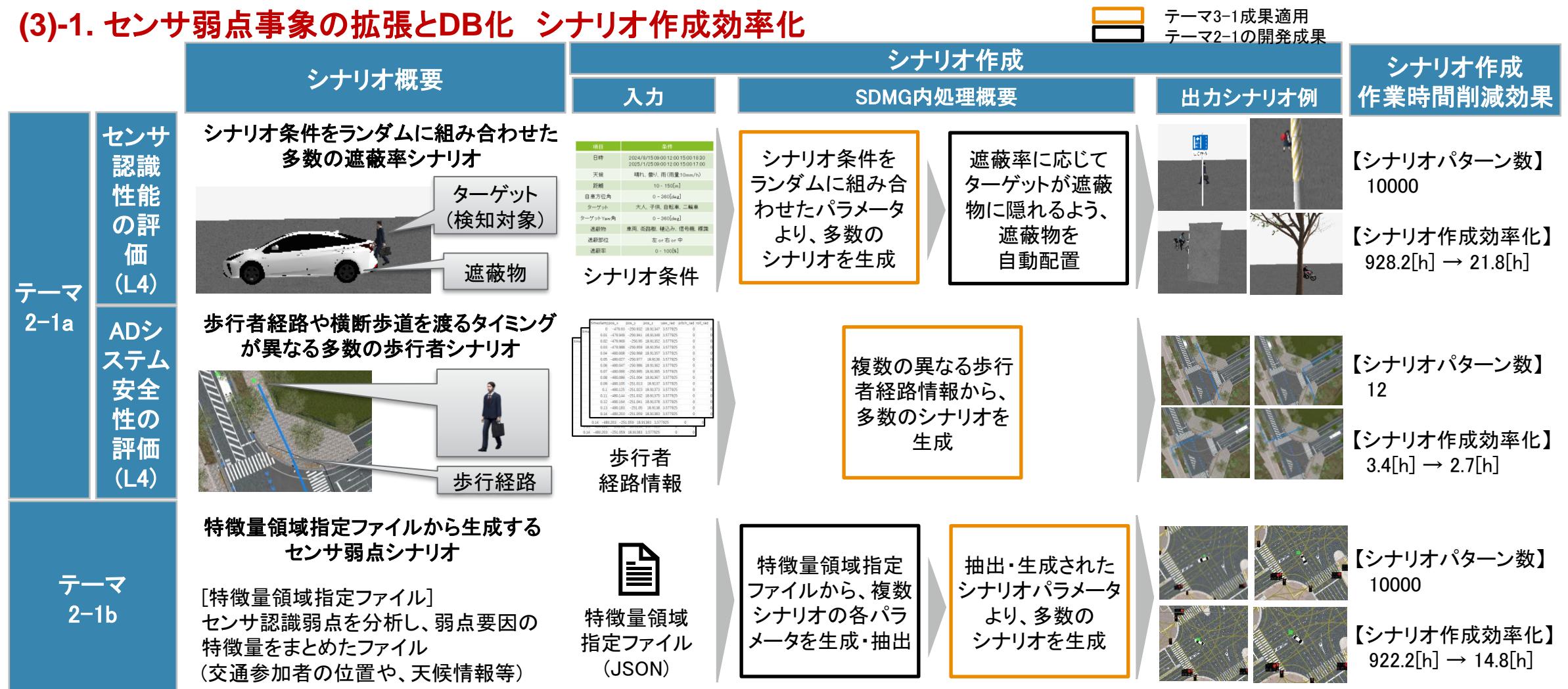
99 「令和6年度「無人自動運転等のCASE対応に向けた実証・支援事業(仮想空間での自動運転安全性評価環境の構築)」

三菱プレシジョン株式会社
MITSUBISHI PRECISION CO., LTD.

DIVP

地域実証実験で必要となるシナリオを効率的に作成するため、令和5年度、6年度で行ったシナリオ作成効率化活動の成果を順次適用している

(3)-1. センサ弱点事象の拡張とDB化 シナリオ作成効率化

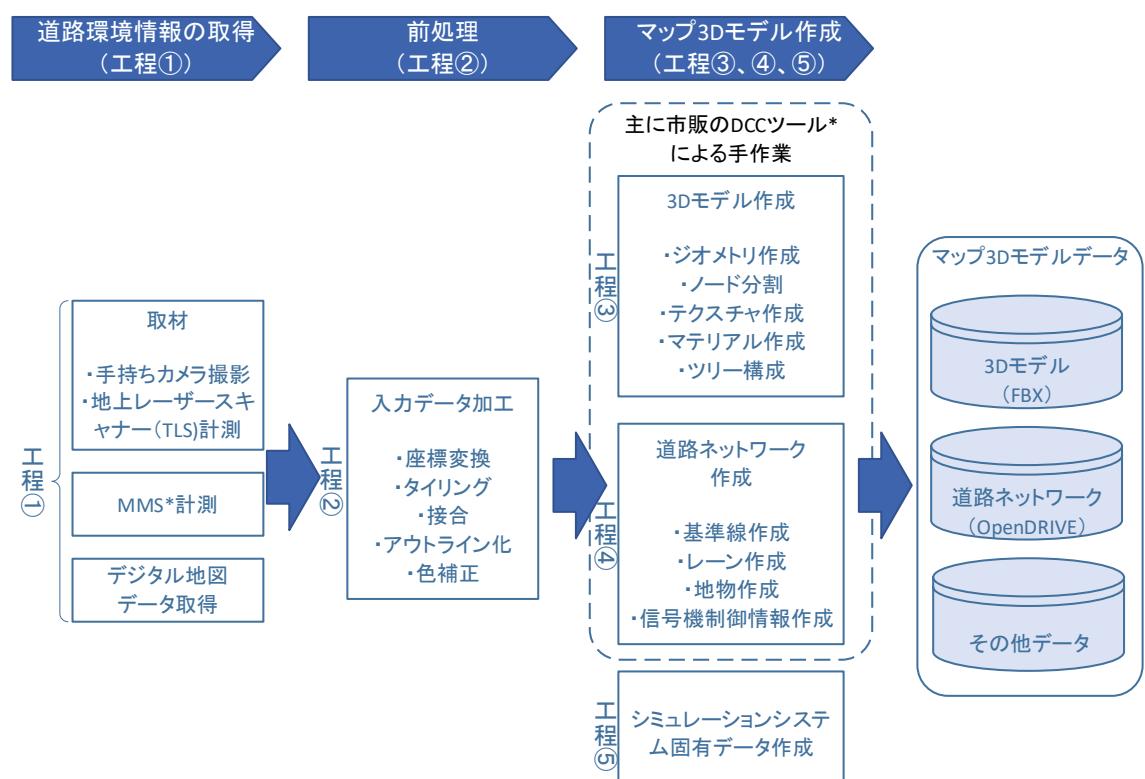


テーマ2活動と連携し、大量のシナリオを効率的に生成、適用した

マップ3Dモデルを効率的に構築する仕組みを整備することで 「ADS/ADASの安全性評価・検証」をサポートする

(3)-1. センサ弱点事象の拡張とDB化 マップ3Dモデル作成効率化

一般的なマップ3Dモデル作成フロー



* MMS: Mobile Mapping Systemの略で、各種計測機器を車両に搭載したシステムを指す
* DCCツール: Digital Content Creationツールの略で、3DCGデータを作成するためのツールの総称

問題点(作成に手間がかかる点)と対策

問題点	対策
ジオメトリ作成における手作業への依存度が高い (工程③、④)	オープンデータの地図や3Dモデル、OpenDRIVEなどのデジタル地図データの活用
MMS点群の扱いに手間がかかる(工程①、②、③、④)	地図データにある地物情報から、地物の形状等を容易に作成できる仕組みの整備
シミュレーションシステムに固有なデータも作成する必要がある (工程⑤)	カメラ画像やレーザースキヤナ点群の計測データをもとにしたジオメトリ生成
	マップ3Dモデルの出力と同時にシミュレーションシステム固有データも自動生成する仕組みの整備

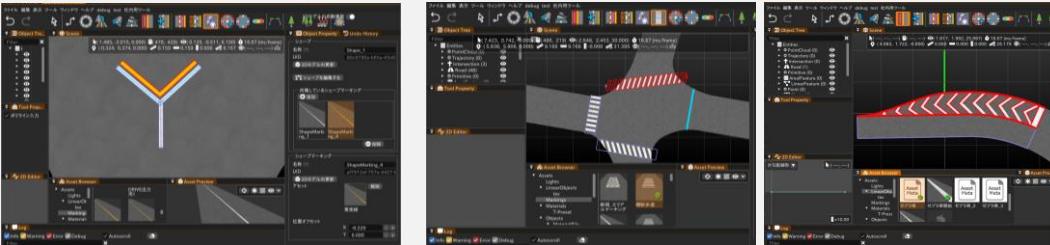
地図データや計測データを活用したマップ3Dモデル作成効率化の仕組みを整備

引用:三菱プレシジョン株式会社

地図データを活用した3Dモデル、シミュレーション用データの自動生成の仕組みを整備

(3)-1. センサ弱点事象の拡張とDB化 マップ3Dモデル作成効率化

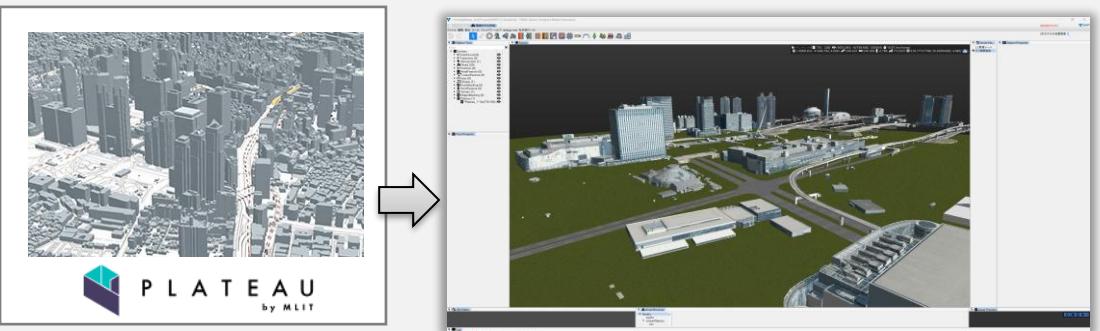
路面標示作成作業の効率化 作業時間例:15分→3分/標示



任意形状のライン型路面標示 横断歩道やレーン形状に沿ったゼブラゾーン

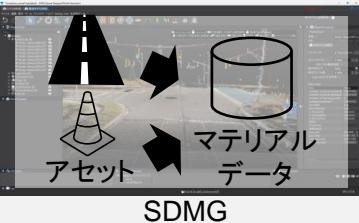
3DCGモデリングソフトでは作成に手間がかかる路面標示を半自動生成

PLATEAUデータの活用 街並みを1時間ほどで作成可能に



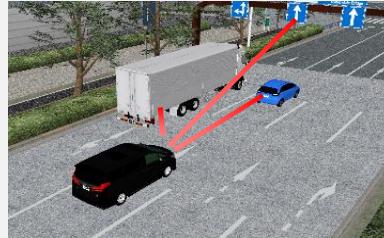
PLATEAUの建物モデルを取り込み、道路モデルとマージし、マップ3Dモデルとして出力
現実の道路周辺環境を短時間で構築可能に

マテリアル情報作成作業の効率化 作業時間例:45分→0分



アセット マテリアル データ
SDMG

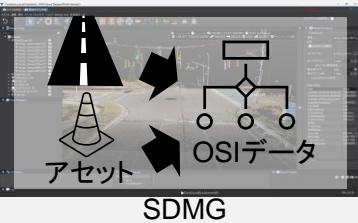
道路モデルや配置したアセットからマテリアルデータを生成



PFシーン ファイル

マップ3Dモデルを出力する際に、マテリアルデータから同時にPFシーンファイルを自動生成し、シミュレーションで利用

真値データ作成作業の効率化 作業時間例:200分→0分



アセット OSIデータ
SDMG

道路モデルや配置したアセットからOSIデータを生成



OSIファイル

マップ3Dモデルを出力する際に、同時にOSIファイルを自動生成し、シミュレーションで利用

地図データやオープンデータの情報をもとにマップ3Dモデルを効率的に作成する仕組みを構築

機器を活用し、計測データを基にしたマップ3Dモデル作成の効率化を実施

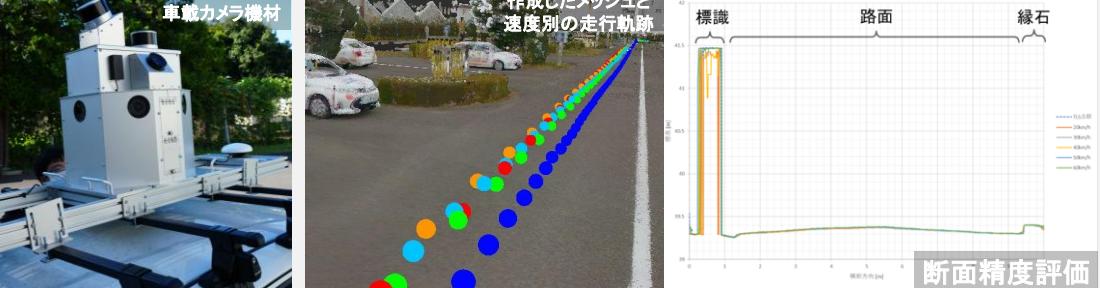
(3)-1. センサ弱点事象の拡張とDB化 マップ3Dモデル作成効率化

地理座標付与作業の効率化 作業時間50%減



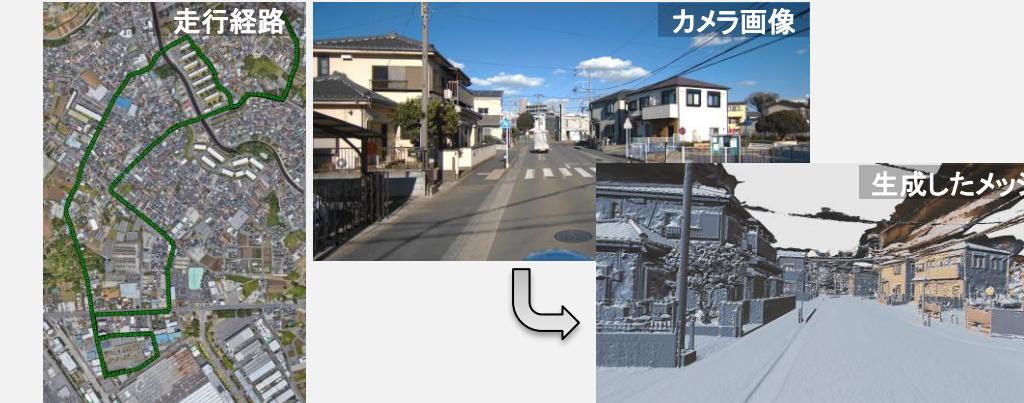
カメラ撮影時および地上レーザースキャナ計測時にGNSS機器で同時に位置情報を取得。マップ3Dモデルに効率的に緯度経度情報を付与。

車載カメラを用いたマップ3Dモデルの作成手法検証 精度±1cmでの作成が可能



教習所コースにて、走行速度を変えて計測。撮影したカメラ画像から生成したメッシュの精度を検証。60km/hでも実用範囲内のメッシュが生成できることを確認。

車載カメラを用いた一般道路／高速道路のマップ3Dモデル作成検証 手持ち機材に比べて30倍の効率化、高速道路にも適用可能に



一般道路を15分ほど走行し(約4.5km)、車載カメラで撮影した画像からフォトグラメトリでメッシュを生成。マップ3Dモデルのベースとなる実用的なメッシュが生成できることを確認。



高速道路を走行し、車載カメラで撮影した画像からフォトグラメトリでメッシュを生成。LiDAR点群と比較評価し、高速移動条件下でも実用的なメッシュが生成できることを確認。

計測データをもとにマップ3Dモデルのベースとなるメッシュを効率的に作成する仕組みを構築

引用:三菱プレシジョン株式会社

103 「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(仮想空間での自動運転安全性評価環境の構築)」

三菱プレシジョン株式会社
MITSUBISHI PRECISION CO., LTD.



マップ3Dモデル作成工数の前年2023年度比20%、2022年度比52%効率化を実施

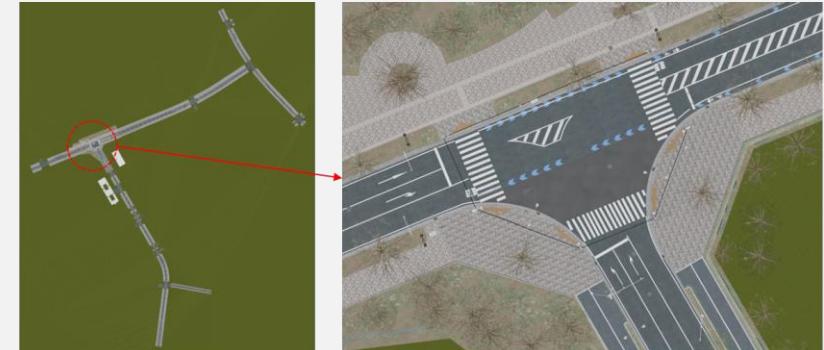
(3)-1. センサ弱点事象の拡張とDB化 マップ3Dモデル作成効率化

成果まとめとマップ3Dモデル作成全体の効率化評価

- 下表の項目を実施し、マップ3Dモデル作成工数の前年2023年度比20%、2022年度比52%効率化を実施

実施項目	成果内容	今後の課題
路面標示作成作業の効率化	<ul style="list-style-type: none">任意形状の区画線、ゼブラゾーンや横断歩道といった、場所によって動的に形状が変わる路面標示を効率的に作成する仕組みを構築した	<ul style="list-style-type: none">複雑な構造の道路への応用水たまりなど特殊なシミュレーションデータの効率的な作成処理速度向上や他ツール連携などのユーザビリティ向上
マテリアル情報作成作業の効率化	<ul style="list-style-type: none">道路や周辺地物の3Dモデルを自動生成する際、シミュレーション用のマテリアル情報も同時に自動生成する仕組みを構築した	
真値データ作成作業の効率化	<ul style="list-style-type: none">道路や周辺地物の3Dモデルを自動生成する際、シミュレーション用の真値データも同時に自動生成する仕組みを構築した	
PLATEAUデータの活用	<ul style="list-style-type: none">オープンデータであるPLATEAUの建物モデルや地図情報を活用することで実環境の再現をより効率的に実施する仕組みを構築した	<ul style="list-style-type: none">国内/海外道路用アセットの充実
地理座標付与作業の効率化	<ul style="list-style-type: none">GNSS機器を用いて、手持ちカメラやレーザースキャナで取得したデータにシミュレーションに必要な緯度経度情報の効率的な付与を検証した	<ul style="list-style-type: none">フォトグラメトリによるメッシュ生成後に必要な「シミュレーション用途向け後処理」の効率化
MMSを用いた効率化	<ul style="list-style-type: none">MMSで撮影したカメラ画像を用いて、一般道および高速道にてマップ3Dモデルのメッシュを効率的に生成可能などを検証した	

↓テストケースのマップにおいて666Hr→320Hrの工数低減



作業項目	2022年度時点での想定工数	2023年度成果での工数(実績)	本年度効率化後の想定工数	内容
ベース形状作成&地物配置	166Hr	80Hr	43Hr	フォトグラメトリ、PLATEAUによるメッシュをベースとして効率化
路面標示作成	62Hr	30Hr	17Hr	ゼブラゾーン、横断歩道などを動的生成
シミュレーション用情報付与	40Hr	40Hr	10Hr	真値データ、マテリアル情報の出力を自動化
上記以外の作業 (手作業でのポリゴン編集など)	398Hr	250Hr	250Hr	—
合計	666Hr	400Hr	320Hr	2023年度比20%減 2022年度比52%減

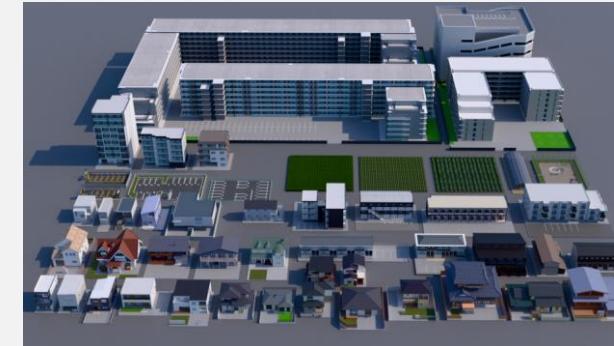
マップ3Dモデル作成工数の前年2023年度比20%、2022年度比52%効率化を実施

(SDMG v0.14.0.0)

(SDMG v0.13.1.3)

シミュレーションで利用可能なアセット(交通参加者やマップの3Dモデル)を拡充

(3)-1. センサ弱点事象の拡張とDB化 アセット作成

交通参加者アセットの追加	Mcityテストコース(米国ミシガン大)のマップ3Dモデル
 レクサスNX350h	 電動キックボード
 Mcityメインストリート付近の外観	
柏の葉マップ3Dモデル	SDMG環境モデル作成機能用プリセットアセット拡充
 自動運転バス運用交通区域にある交差点の外観	 住宅、駐車場など建物10カテゴリ各5個の計50種を拡充

シミュレーションに即時利用可能なアセットの拡充により「ADS/ADASの安全性評価・検証」をサポート

テーマ(3)-1で、シナリオ作成効率化としてユースケースやODDを基にしたシナリオ生成技術開発を実施

2025年度の作業計画

	FY23	FY24	FY25
	仮想空間での安全性評価フレームワークの開発 (評価指標、モデル拡充、ニーズ調査等)	全国地域実証実験等での DIVP-SAの適合・改良	全国地域実証実験等へのDIVP-SA展開 国際標準化への反映
シナリオ作成 効率化	外部シナリオデータ接続検証 データ変換機能、IF開発	実交通流シナリオのさらなる接続性強化 車両走行、定置計測データ(FOTデータ)による シナリオ作成の自動化	シナリオの作成環境向上・生成技術への ユースケース反映 シナリオ作成環境の向上
環境モデル 作成効率化	地図データ活用によるモデル作成効率化 計測データ取得効率化 地物作成機能	地図データ活用によるモデル作成効率化 計測データ活用によるモデル作成効率化 テ스트コース構築、検証 線・面状の路面標示作成機能 道路構造物、地物アセット開発	地図データからマップ3Dモデルのさらなる 効率化技術の確立 実計測データからマップ3Dモデルのさらなる 効率化技術の確立 複雑な環境の道路での検証 他ツールとの連携向上

ADS/ADASの安全性評価・検証に必用なシナリオ生成やマップ3Dモデルの作成効率化を通じ、
デジタルツインの早期実現を下支え

(3). 2 物理特性データの構造化 - DIVP Material 開発の背景・目的

DIVPで培った知見を基に、各種課題を解決すべく開発された、仮想ADS/ADAS向けMAP/ASSETデータフォーマットがDIVP Material

仮想ADS/ADASの安全性評価には、精緻なセンサーシミュレーションを行う必要があり、物理現象を基にした材料特性情報が必須である。しかしながら、現状では、これら材料特性情報の内容やデータ内格納方法は統一されていない。

また、仮想ADS/ADASには、形状データや付随する材料特性情報のみならず、シミュレーションに必要な部位動作情報や、結果評価に必要な真值情報も必要となるが、これらの保持方法もシステム毎に異なり、システム間データ流通や、一貫した性能評価の障壁となっている。



DIVP Materialの利用が広がる事により、システム開発効率が向上し、ADS/ADASの安全性向上が期待できる。

DIVP Material 実装方針 – 対象とするデータ要件

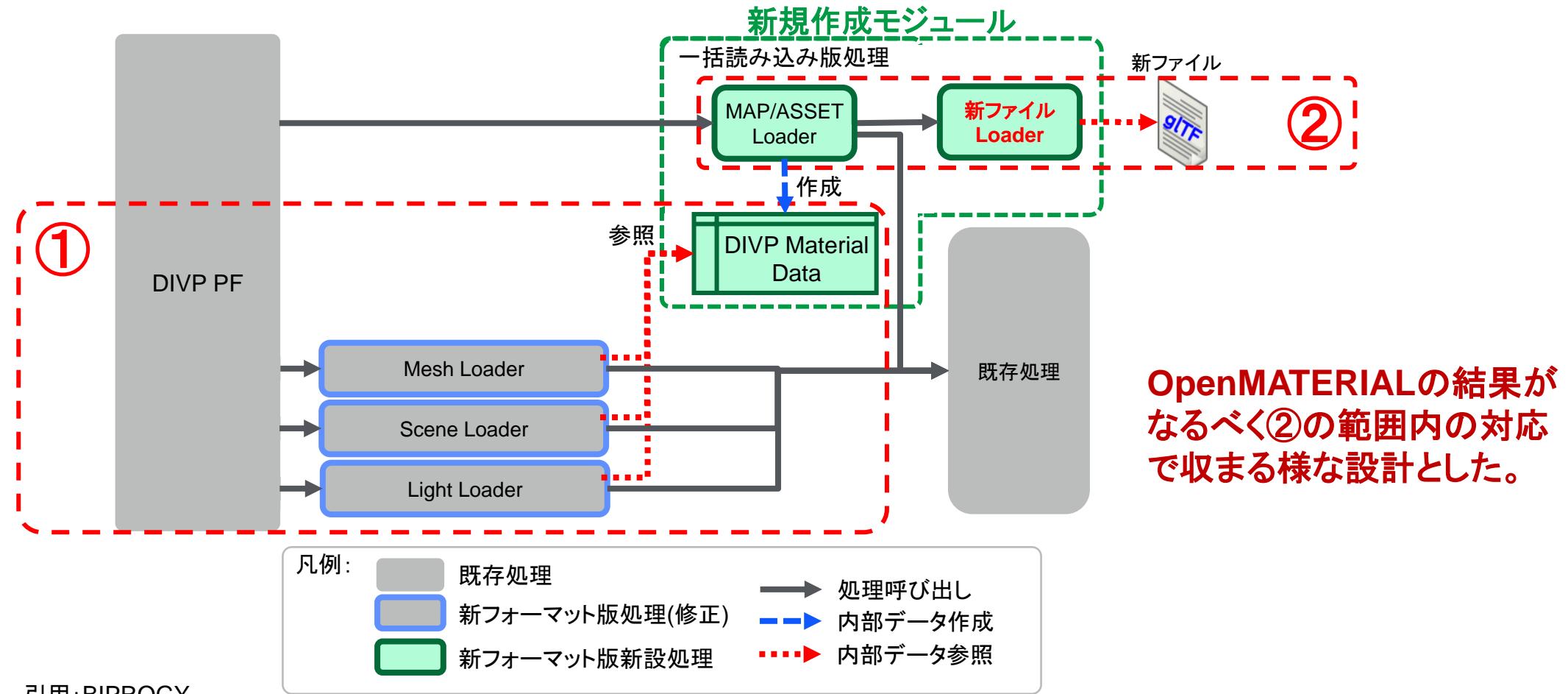
昨年度、DIVP内部での課題ヒアリング等から、以下のADS/ADAS向けMAP/ASSETデータ要件を抽出した。
この中で、優先順位を設定し、今年度必須対応と、標準化の状況をみて順次対応の2つに分けて対応。

#	データ要件	対応
1	Camera/LiDAR/Raderのセンサーシミュレーションを可能にする材料特性を保持できる事。	必須(今年度対応)
2	対象のMAP/ASSETに纏わる、仮想ADS/ADASに必要なデータを纏めて保持できる事。	標準化状況より順次対応
3	材料特性情報及び、ADS/ADASデータ等の情報追加に対応できる拡張性を保持する事。	必須(今年度対応)
4	FBX等の作成済3D形状データを利用可能な事。	必須(今年度対応)
5	測定材料特性データは、各センサー毎に保持できる事。	必須(今年度対応)
6	3D形状データファイルと測定材料特性データファイルはMAP/ASSETファイルと別ファイル構成を可能にする事。	必須(今年度対応)
7	別ファイル構成とした3D形状データファイルと、測定材料特性データファイルは著作権保護が可能な事。	標準化状況より順次対応
8	MAP/ASSETデータ内容が判る様に、データ内容説明情報をファイル内部に保持する事。	必須(今年度対応)
9	MAPデータ上の樹木や標識等、同一データの複数配置表現が可能な事。	標準化状況より順次対応
10	作成済MAP/ASSETデータに対して、新たな材料特性等を上書き設定可能にする事。	標準化状況より順次対応

引用:BIPROGY

DIVP Material 実装方針 – 実装設計内容

昨年度設計したDIVP Materialを基に一旦実装は進めるが、ASAM OpenMATERIALが平行実施される事を考慮し、標準化結果により大きく手戻りしない実装設計とした。



DIVP Material 実装方針 - 実装結果確認

Camera・LiDAR・Radarの全てにおいて、新フォーマット形式への対応完了。
対応前後の結果比較にて、結果確認済。

■従来の測定データ結果



■新測定データフォーマット結果



➤ ピクセル単位のRGBの比較を実施 ➔ 一致性を確認

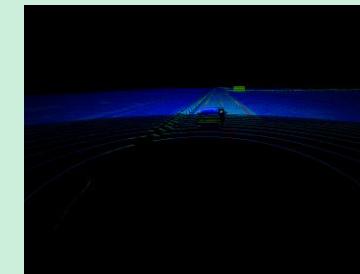
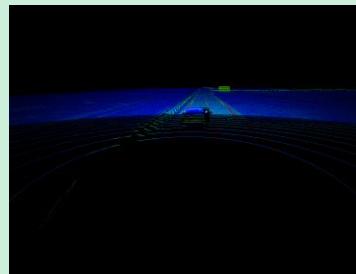
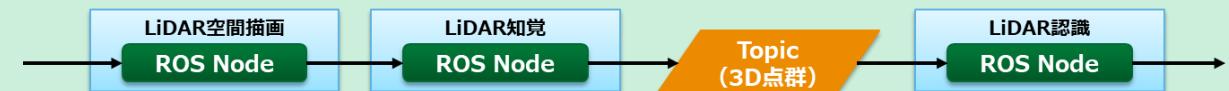


Camera

LiDAR

Radar

➤ LiDAR知覚から出力された3D点群を比較して検証を実施 ➔ 一致性を確認



➤ Radar空間描画から出力された結果を比較して検証を実施 ➔ 一致性を確認



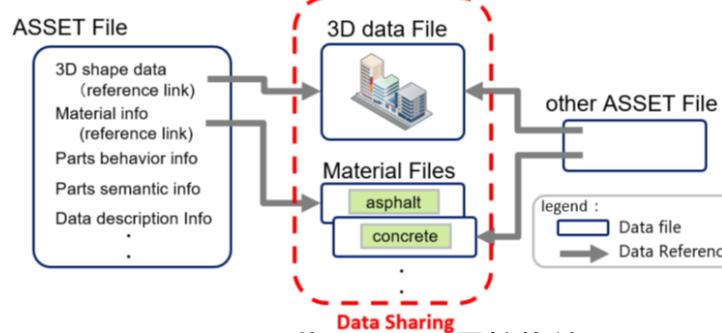
名前	単位	説明
zfRay	float3d [m]	絶対距離
zfRay_d	float3d [m]	絶対距離距離
zfRay_h_m	float3d	前方距離
zfRay_h_m_d	float3d	前方距離距離
zfRadar_p_m	float3d	前方距離距離
zfRadar_p_m_d	float3d	前方距離距離
zfRadar_p_u_m	float3d	上方距離
zfRadar_p_u_m_d	float3d	上方距離距離
zfRadar_p_d_m	float3d	下方距離
zfRadar_p_d_m_d	float3d	下方距離距離
zfRadar_p_l_m	float3d	左側距離
zfRadar_p_l_m_d	float3d	左側距離距離
zfRadar_p_r_m	float3d	右側距離
zfRadar_p_r_m_d	float3d	右側距離距離
zfRadar_p_u_d_m	float3d	上方左側距離
zfRadar_p_u_d_m_d	float3d	上方左側距離距離
zfRadar_p_d_d_m	float3d	下方左側距離
zfRadar_p_d_d_m_d	float3d	下方左側距離距離
zfRadar_p_l_d_m	float3d	左側下方距離
zfRadar_p_l_d_m_d	float3d	左側下方距離距離
zfRadar_p_r_d_m	float3d	右側下方距離
zfRadar_p_r_d_m_d	float3d	右側下方距離距離

引用:BIPROGY

標準化展開 - DIVPの提案概要

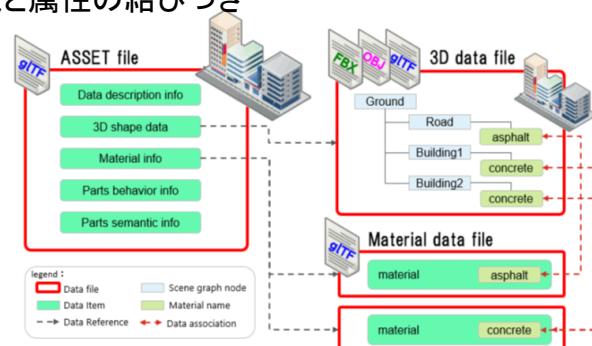
ASAM OpenMATERIAL開始段階でDIVPが提案に盛り込んだ内容は以下の通り。

●ファイル構成



アセットファイル、3D形状ファイル、属性格納ファイルは別ファイル構成とし、他のアセットファイルとの共有利用も可能になる事。

●形状と属性の結びつき



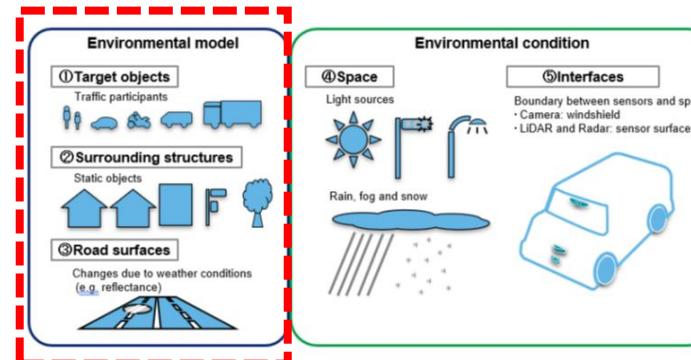
形状と属性は、マテリアル名による連携とする。

引用:OpenMATERIAL proposal

●格納対象とするデータ

1. 3D 形状データ
FBX等の既存データを利用できる事。
2. 材料特性データ
精緻なセンサーシミュレーションを可能にする、波長毎の反射測定データ等を格納できる事。また、それらは、センサー種別毎に保持できる事。
3. データ内容説明情報
作成後のデータ利用性向上の為、データ内容を外部から判定可能な情報を保持する事。
4. 部位動作情報
ライト等の光源情報や、ワイヤー等の動作情報等、仮想ADS/ADASに必要な情報を格納できる事。

尚、V1.0では議論の拡散を避ける為、上記1～3までをV1.0の格納対象とした。
(下図の赤枠範囲内)



標準化展開 – ASAM OpenMATERIALでの標準化計画

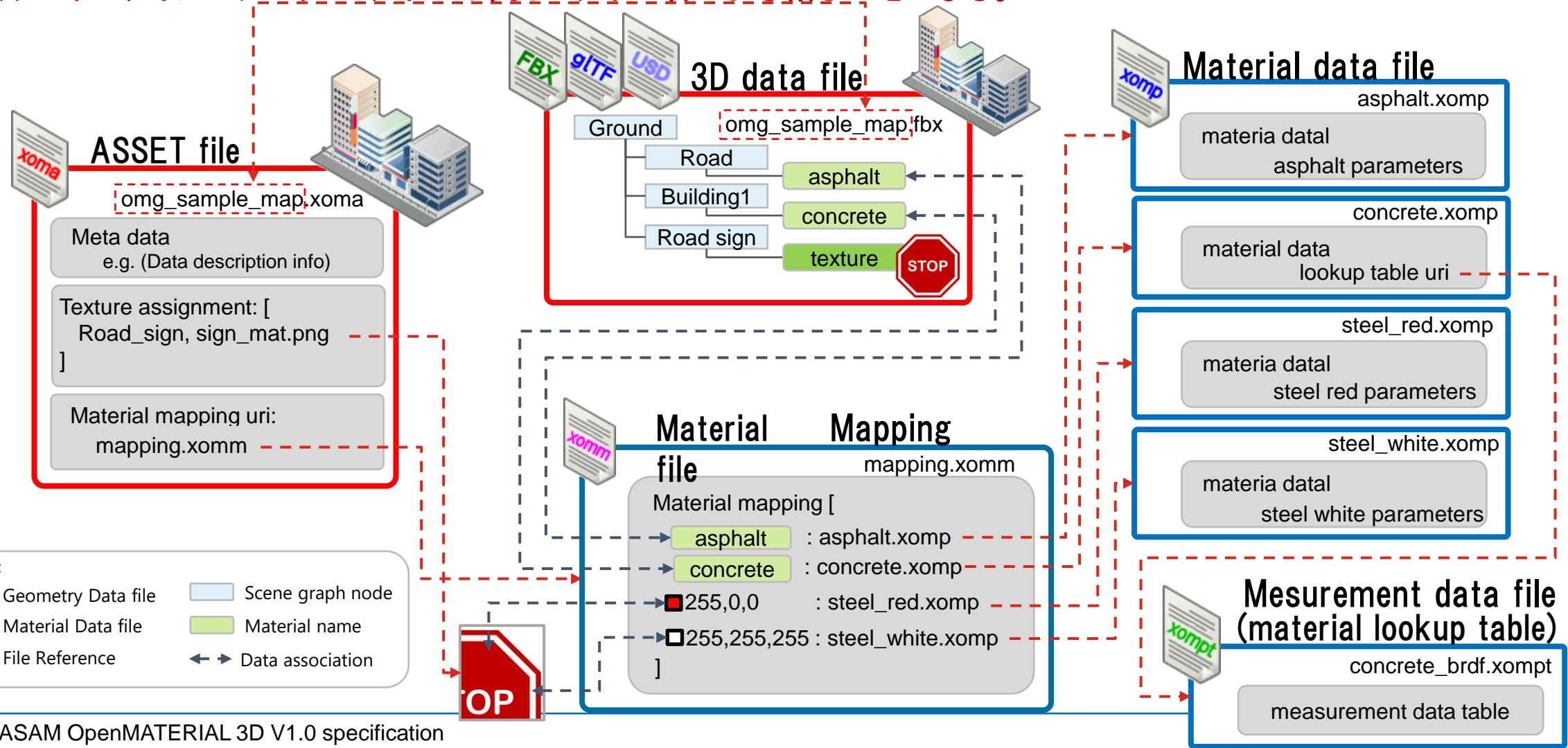
先ずは、共通部分で「格納情報範囲、ファイル構造、格納共通情報(メタデータ)」を決め、その後、格納幾何情報を検討する「3D Geometry」グループと、格納属性情報を検討する「Material」グループに分かれて検討を進めた。

WP Id	Work package name	2024										2025			
		FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR
	Project Coordination														
1	Use case definition														
2	General Structure														
3	Material Properties														
4	3D Geometry														
5	Harmonization with other ASAM Standards and Projects														
6	Compile Standard Document														
6.1	Service Provider(GitHub framework, Terminology Support, Data Modeling Support, Technical Writing Support)														
7	Propose further development														
8	Review														
9	Feedback Implementation														
	TSC Submission														
	TSC Meeting														
-	Milestone														
-	ASAM Meetings														
	Project Level Meetings														

引用 : ASAM OpenMATERIAL 3D

OpenMATERIAL 3D V1.0 仕様 - File構成

マテリアル情報はマテリアルファイルに格納され、マテリアルマッピングファイルを介して形状と紐づく。
形状データファイルとアセットファイルは同じファイル名による結びつきとなる。



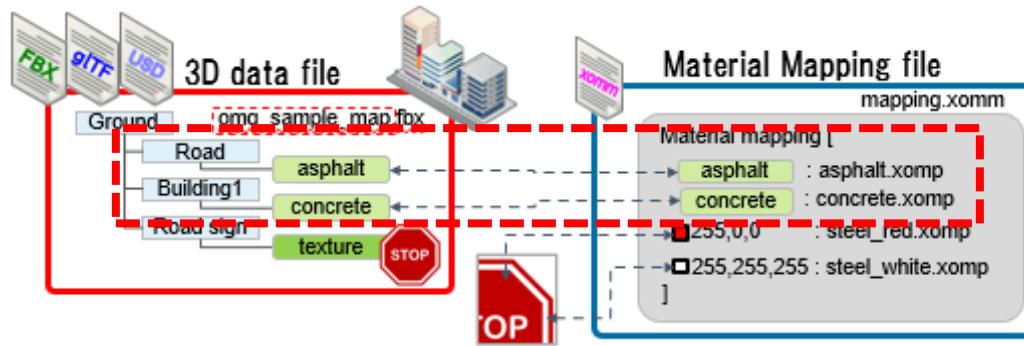
引用 : ASAM OpenMATERIAL 3D V1.0 specification

OpenMATERIAL 3D V1.0 仕様 - Material Mapping 方法

形状データとMaterialの紐づけは、Material Mappingファイルにて行う。

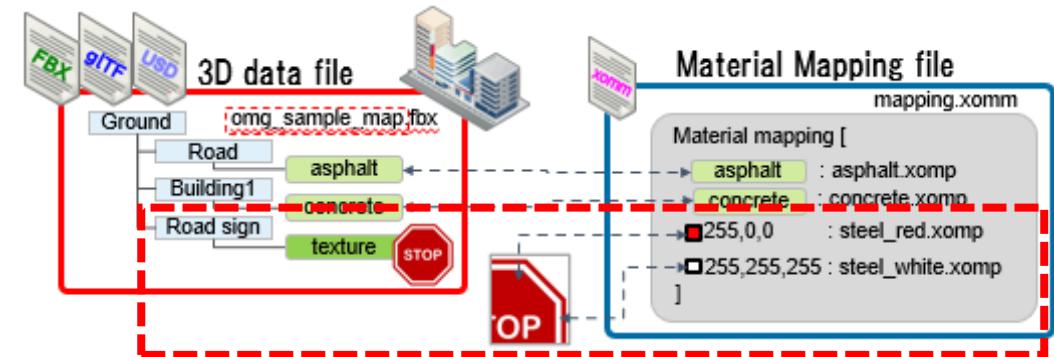
形状データとMaterialを紐づける方法は2通り存在する。

●マテリアル名を介した紐づけ



ノード又はメッシュに付与されたマテリアル名をMaterial Mappingファイル内から探しだし、そのマテリアル名に紐づけられた属性をメッシュに付与する。

●テクスチャを介した紐づけ



メッシュに付与されたテクスチャの色コードが、Material Mappingファイル内に規定されている場合、その色コードに割り当てられた属性をテクスチャ上に割り当て、そのテクスチャをメッシュに貼り付ける。

引用 : ASAM OpenMATERIAL 3D V1.0 specification

OpenMATERIAL 3D V1.0 仕様 - Asset ファイル格納情報

OpenMATERIAL 3Dのトップファイル。以下の情報を保持する。

●メタデータ

全ファイル共通メタデータ

項目	型	必須	内容
name	string	○	データ名称
description	string	×	データ内容説明
uuid	string	○	ユニバーサルID
assetVersion	string	○	データ自体のバージョン
openMaterialVersion	string	○	対象となるOpenMATERIALバージョン
copyright	string	○	年と著作権者を含む著作権の詳細
license	string	○	配布に関するライセンス種別
author	string	○	データ作成著者
creationDate	string	○	データ作成日時

Assetファイル固有メタデータ

項目	型	必須	内容
modelingMethod	string	○	モデル生成方法 (e.g. "3D scan" "photo-base modeling" ...)
validationDescription	string	○	実モデルとの一致性検証方法説明
assetType	string	○	データタイプ "object":個別データ "scene":集約データ
objectClass	string	○	データクラス "vehicle", "human", "environment", "other" ...
animated	boolean	○	アニメーションデータを含むか否か
pbrMaterialWorkflow	string	○	PBRを使用する場合の使用法。"metallic", "specular", "none"
triangleCount	Integer	○	含まれる総3角ポリゴン数,4角ポリゴンは2分割して計上。
meshCount	Integer	○	含まれる総メッシュ数。
textureResolutions	array	○	含まれるテクスチャの解像度リスト "1K", "2K", "4K"
normalMapFormat	string	○	使用するnormalMapのフォーマット "DirectX", "OpenGL", "none"
boundingBox	object	○	データが含まれるABB。"x": [min,max], "y": [min,max], "z": [min,max]

●Material Mapping ファイルURI

利用するMaterial MappingファイルのURI

```
"materialMappingUri" :  
  "example_mapping.xomm",
```

●マテリアルテクスチャ割り当て情報

マテリアルテクスチャが紐づくマテリアル名と、マテリアルテクスチャ
ファイルパスの対のリスト

```
"materialTextureAssignment" : [  
  "Material_Cube", "checker_xom.png"]
```

引用 : ASAM OpenMATERIAL 3D V1.0 specification

```
"metadata": {  
  ....  
  "triangleCount": 100000,  
  "meshCount": 10,  
  "textureResolutions": ["2K"],  
  "normalMapFormat": "OpenGL",  
  "boundingBox": {  
    "x" : [-1, 1],  
    "y" : [-1, 1],  
    "z" : [0.0, 3]  
  }  
}
```

OpenMATERIAL 3D V1.0 仕様 - Material Mapping ファイル格納情報

マテリアル名もしくはマテリアルテクスチャ内の色コードに割り当てるマテリアルファイル情報を保持。

● メタデータ

全ファイル共通メタデータ

項目	型	必須	内容
name	string	○	データ名称
description	string	×	データ内容説明
uuid	string	○	ユニバーサルID
assetVersion	string	○	データ自体のバージョン
openMaterialVersion	string	○	対象となるOpenMATERIALバージョン
copyright	string	○	年と著作権者を含む著作権の詳細
license	string	○	配布に関するライセンス種別
author	string	○	データ作成著者
creationDate	string	○	データ作成日時

```
 "metadata": {  
     "name": "asphalt_brdf_for_lidar",  
     "description": "Reflectance properties of asphalt for lidar sensor.",  
     "uuid": "c83d3856-db38-40a5-b64e-49b52869d780",  
     "materialVersion": "1.0.0",  
     "creationDate": "20240919T101728Z",  
     "openMaterialVersion": "1.0.0",  
     "copyright": "(C) 2023-2024, DIVP",  
     "license": "MPL-2.0",  
     "author": "DIVP",  
 },
```

● Material Mapping 情報

マテリアル名もしくはマテリアルテクスチャ内の色に割り当てるマテリアルファイルを指定。

・マテリアル名への割り当てる

“マテリアル名”：“割り当てるマテリアルファイルパス”

・マテリアルテクスチャ内の色への割り当てる

“rgb: R;G;B”：“割り当てるマテリアルファイルパス”

上記R,G,Bは0～255の整数値。

```
 "materialMapping": [  
     ["Material_Sphere", "example_material.xomp", "white aluminum"],  
     ["rgb:255;0;0", "example_material.xomp", "white aluminum"],  
     ["rgb:0;11;255", "example_material_2.xomp", "black aluminum"]  
 ]
```

OpenMATERIAL 3D V1.0 仕様 - Material File 格納情報

材料特性に関する情報を保持。

● メタデータ

全ファイル共通メタデータ (前ページ参照、省略)

● Material 情報

パラメータ	内容	必須	説明
brdfUris	カメラ・LiDAR用のBRDFファイルURI	×	入射角、出射角、波長、振幅のテーブル
reflectanceUris	Radar用の反射強度テーブルファイルURI	×	入射角、出射角、方位角、偏波面角、波長、振幅、位相のテーブル
electromagneticPropertiesUri	電磁特性を保存したファイルURI	×	波長毎の複素誘電率・複素透磁率のテーブル
opticalPropertiesUri	屈折率を保存したファイルURI	×	波長毎の複素屈折率のテーブル
surfaceRoughness	表面粗さパラメータ。表面粗さRMS、表面相関長	×	
emissivityData	放射率パラメータ。温度(k)、放射率 $\epsilon(T)$	×	特定の温度に対するすべての波長、方向、偏光に対する全放射を考慮した半球の全放射率
retroreflectivityData	再帰性反射輝度 ($cd / (lx \cdot m^2)$)	×	単位は1平米あたりの光度(cd/lx)
elasticityData	弾性パラメータ。ヤング率(GPa)、ポワソン比	×	
densityData	密度パラメータ。物体密度(kg/m ³)	×	
customProperties	独自拡張情報	×	独自情報を、自由度高く格納可能

```
"materialProperties": {  
    "surfaceRoughness": {  
        "surfaceHeightRms": 0.8,  
        "surfaceCorrelationLength": 1.0,  
        "source": "estimate"  
    },  
    "electromagneticPropertiesUri": "example_material_emp.xompt",  
    "opticalPropertiesUri": "example_material_optical.xompt",  
    "brdfUris": [  
        "example_material_camera_brdf.xompt",  
        "example_material_lidar_brdf.xompt"  
    ],  
    "reflectanceUris": [  
        "example_material_radar_reflectance.xompt"  
    ]  
}
```

OpenMATERIAL 3D V1.0 仕様 -カメラ・LiDAR用測定BRDFデータフォーマット

カメラ・LiDAR用測定データ(BRDF)テーブル (*.xompt)

●メタデータ

全ファイル共通メタデータ+測定データ用メタデータ

測定データファイル用メタデータ

項目	型	必須	内容
typicalSensorTechnology	string	×	主に対象となるセンサー技術

●測定データテーブル

共通パラメータ	説明／備考		
テーブル内パラメータ	Camera	LiDAR	備考
波長(m)	○	○	
入射角度(rad)	○	○	
出射角度(rad)	○	○	
方位角度(rad)	△(常に0)	△(常に0)	DIVPは使用せず(常に0)
振幅(1/sr)	○	○	入射した放射照度に対する出射する放射輝度の比率

```
"brdf": {
  "wavelengths": [
    3.9e-07,
    4.0e-07,
    4.1e-07,
    ...
  ],
  "lookupTable": [
    [3.9e-07, -0.017453, 0.000000, 0.000000, 1.4e-05],
    [3.9e-07, -0.034907, 0.000000, 0.000000, 1.4e-05],
    ...
  ]
}
```

Camera

```
"brdf": {
  "wavelengths": [
    9.05e-07
  ],
  "lookupTable": [
    [9.05e-07, -1.570796, -1.570796, 0.000000, 3.31644e-05],
    [9.05e-07, -1.570796, -1.553343, 0.000000, 3.31644e-05],
    [9.05e-07, -1.570796, -1.535890, 0.000000, 3.31644e-05],
    [9.05e-07, -1.570796, -1.518436, 0.000000, 3.31644e-05],
    [9.05e-07, -1.570796, -1.500983, 0.000000, 3.31644e-05],
    ...
  ]
}
```

LiDAR

OpenMATERIAL 3D V1.0 仕様 - Radar用測定反射データフォーマット

Radar用測定データテーブル (*.xompt)

●メタデータ

全ファイル共通メタデータ+測定データ用メタデータ

測定データファイル用メタデータ

項目	型	必須	内容
typicalSensorTechnology	string	×	主に対象となるセンサー技術

●測定データテーブル

共通パラメータ	説明／備考	
波長範囲(m)	波長1,波長2,波長3....波長N (格納する全ての波長を列挙)	
テーブル内パラメータ	Radar	備考
波長(m)	○	
入射角度(rad)	○	
出射角度(rad)	○	
方位角度(rad)	△(常に0)	DIVPは使用せず(常に0)
偏波面角度(rad)	0.0 か 1.570796	入射ベクトルを含む平面と偏波面(θ or Φ)の角度
振幅(linear)	○	
位相(rad)	○	位相データが無い場合は null

```
"reflectance": {  
    "wavelengths": [ 0.00365601, 0.00399723 ],  
    "lookupTable": [  
        [0.00365601, -1.553343, -1.553343, 0.000000, 0.000000, 6.78751e-10, -0.330338 ],  
        [0.00365601, -1.553343, -1.553343, 0.000000, 1.570796, 6.78751e-10, -2.72048 ],  
        [0.00365601, -1.553343, -1.570796, 0.000000, 0.000000, 6.78785e-11, -1.94677 ]  
    ]  
}
```

引用: ASAM OpenMATERIAL 3D V1.0 specification

OpenMATERIAL 3D V1.0 仕様 - 電磁気特性測定データフォーマット

電磁気特性測定データテーブル (*.xompt)

●メタデータ

全ファイル共通メタデータ

●測定データテーブル

共通パラメータ	説明／備考
	共通情報無し
テーブル内パラメータ	備考
波長(m)	
物質の温度(K)	測定時の対象物温度
物質の湿度(%)	測定時の周辺湿度
複素透磁率の実部	
複素透磁率の虚部	
複素誘電率の実部	
複素誘電率の虚部	

引用 : ASAM OpenMATERIAL 3D V1.0 specification

Electro Magnetic Properties
"electromagneticProperties": [
[500e-9, 293.0, 50.0, 0.000001256665, 0.0, -56.0, 24.0],
[500e-9, 300.0, 50.0, 0.000001256665, 0.0, -57.0, 25.0],
[905e-9, 293.0, 50.0, 0.000001256665, 0.0, -182.7, 51.4],
[905e-9, 300.0, 50.0, 0.000001256665, 0.0, -185.7, 53.0]
]

屈折率測定データテーブル (*.xompt)

●メタデータ

全ファイル共通メタデータ

●測定データテーブル

共通パラメータ	説明／備考
	共通情報無し
テーブル内パラメータ	備考
波長(m)	
物質の温度(K)	測定時の対象物温度
物質の湿度(%)	測定時の周辺湿度
屈折率の実部	
屈折率の虚部	<pre>"opticalProperties": [[1.8368e-07, 297, 2.0700, 0.102], [1.8505e-07, 297, 2.0850, 0.1044], [1.8644e-07, 297, 2.1033, 0.1062], [1.8786e-07, 297, 2.1242, 0.1076], [1.8929e-07, 297, 2.1467, 0.1088], [1.9075e-07, 297, 2.1700, 0.11], [1.9223e-07, 297, 2.1933, 0.1113],</pre> Optic Refraction

引用 : ASAM OpenMATERIAL 3D V1.0 specification

● 単位系

種類	単位
加速度	m/s^2
角度	rad
距離	m
重量	kg
時間	秒
速度	m/s

● 座標系

ISO8855準拠の右手直交座標系

車両の例では

X軸: 前後方向(前が+)

Y軸: 左右方向(左が+)

Z軸: 上下方向(上が+)

回転は反時計回りが正回転

OpenDRIVEマップと併用する場合、OpenMATERIAL 3DとOpenDRIVEのワールド座標系の原点は一致させる。

● 3D形状データ

glTF、FBX、USDが利用可能。

omg_で始まるファイル命名規則とする。

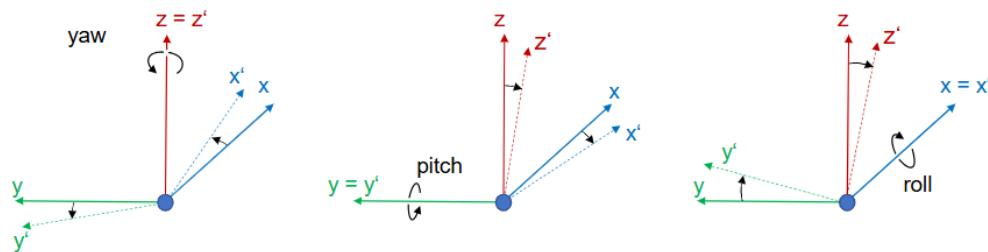


Figure 2. Yaw, pitch, and roll angle in an ISO 8855:2011 compliant coordinate system

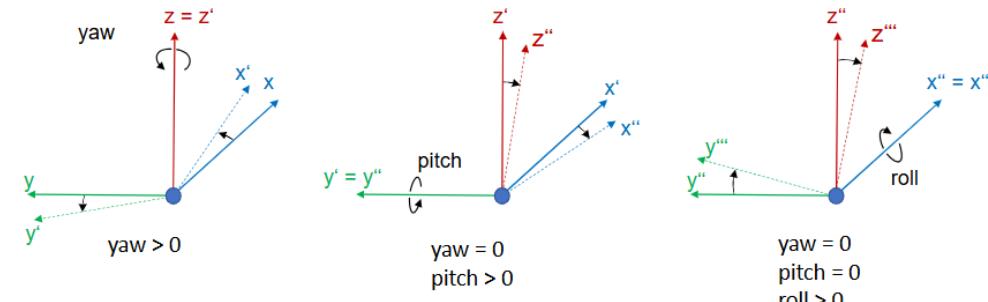
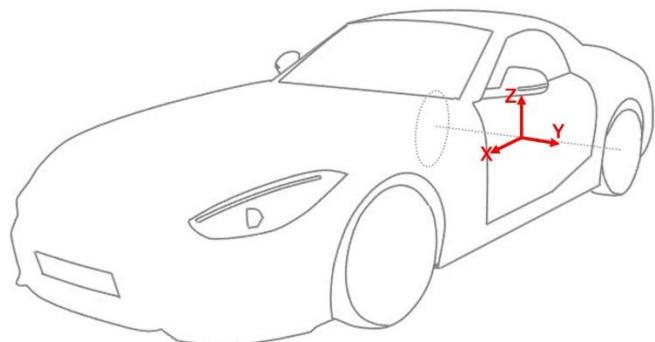


Figure 3. Coordinate system with defined rotations

OpenMATERIAL 3D V1.0 仕様 - 3D Geometry モデル構造

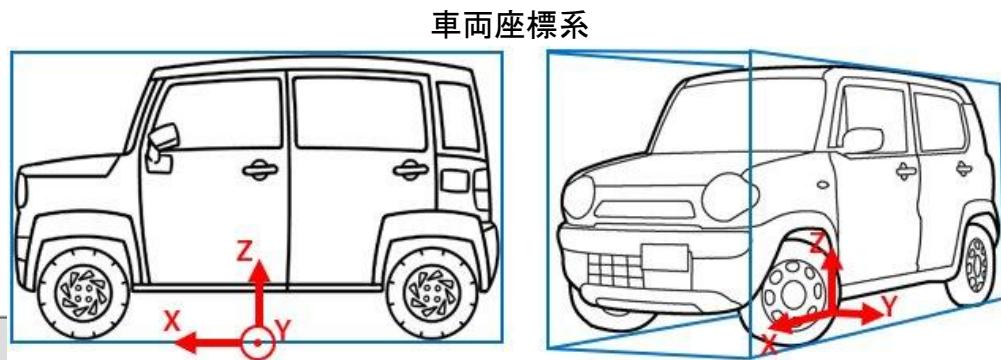
車両構造

車両全体を包含するBoundingBoxの中心を地上に投影した位置(Z座標が0)を車両座標系の原点とする。尚、DIVPで使用する後軸中心位置は「Grp_Rear_Axle_Center」としてノード保持している為、座標変換利用が可能。車両を構成する各部位は、個々にLocal座標系を持ち、部位位置・方向を特定する座標変換MTXを介して、上位構造から繋がる。



Grp_Rear_Axle_Center

引用 : ASAM OpenMATERIAL 3D V1.0 specification

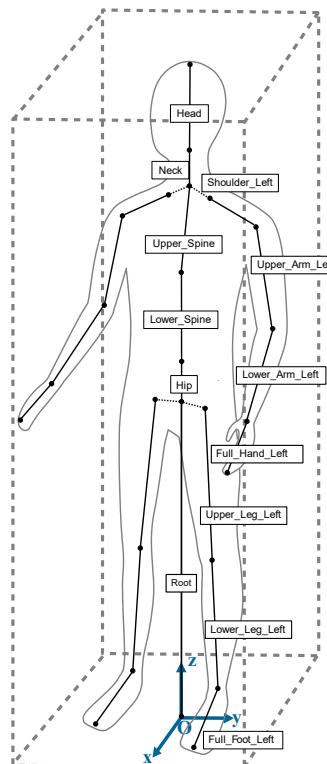


車両座標系

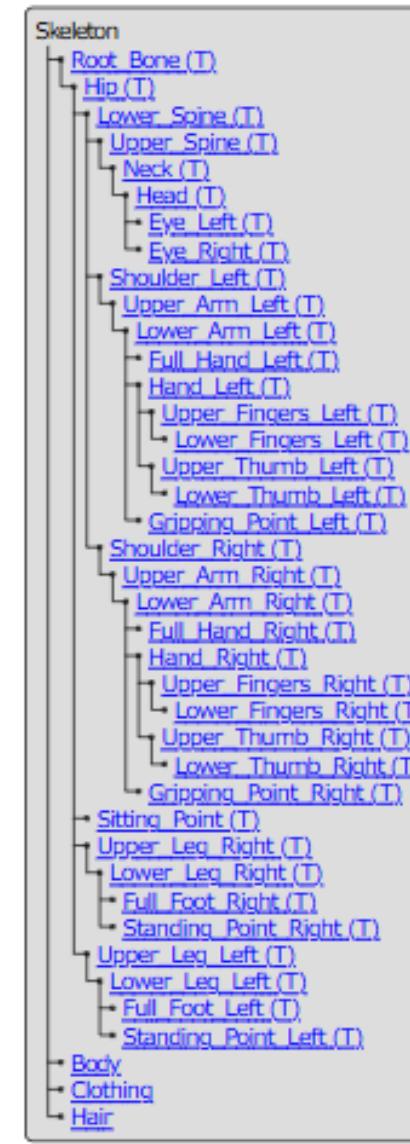
```
Grp_Root
  Grp_Exterior
    Grp_Exterior_Dynamic
      Grp_Convertible_Top.(T)
      Grp_Door_Bottom_<door_bottom_idx>.(T)
      Grp_Door_Front_<door_front_idx>.(T)
      Grp_Door_Left_<door_left_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Blindspot_Mounting_<blindspot_mirror_mounting_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Blindspot_Joint_<blindspot_mirror_joint_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Blindspot_View_<blindspot_mirror_view_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Side_Mounting_Left_<side_mirror_mounting_left_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Side_Joint_Left_<side_mirror_joint_left_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Side_View_Left_<side_mirror_view_left_idx>.(T)
      Grp_Door_Rear_<door_rear_idx>.(T)
      Grp_Door_Right_<door_right_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Blindspot_Mounting_<blindspot_mirror_mounting_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Blindspot_Joint_<blindspot_mirror_joint_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Blindspot_View_<blindspot_mirror_view_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Side_Mounting_Right_<side_mirror_mounting_right_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Side_Joint_Right_<side_mirror_joint_right_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Side_View_Right_<side_mirror_view_right_idx>.(T)
      Grp_Door_Top_<door_top_idx>.(T)
      Grp_Hitch_Front.(T)
      Grp_Hitch_Front_Contact_Point.(T)
      Grp_Hitch_Rear.(T)
      Grp_Hitch_Rear_Contact_Point.(T)
      Grp_License_Plate_<license_plate_idx>.(T)
      Grp_Light_Brake_Center_<brake_center_idx>.(T)
      Grp_Light_Brake_Left_<brake_left_idx>.(T)
      Grp_Light_Brake_Right_<brake_right_idx>.(T)
      Grp_Light_Corner_Left_<corner_left_idx>.(T)
      Grp_Light_Corner_Right_<corner_right_idx>.(T)
      Grp_Light_Day_Left_<day_left_idx>.(T)
      Grp_Light_Day_Right_<day_right_idx>.(T)
      Grp_Light_Fog_Left_<fog_left_idx>.(T)
      Grp_Light_Fog_Right_<fog_right_idx>.(T)
      Grp_Light_High_Beam_Left_<high_beam_left_idx>.(T)
      Grp_Light_High_Beam_Right_<high_beam_right_idx>.(T)
    Grp_Exterior_Static
  Grp_Interior
    Grp_Interior_Dynamic
      Grp_EyePoint_<eyepoint_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Rearview_Mounting_<rearview_mirror_mounting_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Rearview_Joint_<rearview_mirror_joint_idx>.(T)
      Grp_Mirror_Rearview_View_<rearview_mirror_view_idx>.(T)
      Grp_Seat_<seat_row>_<seat_idx>.(T)
      Grp_Steering_Wheel.(T)
    Grp_Interior_Static
  Optional_Grp_Vehicle_Part.(T)
```

歩行者構造

人間の腰位置を地面上に投影した位置 (Z座標が 0) を原点とする。



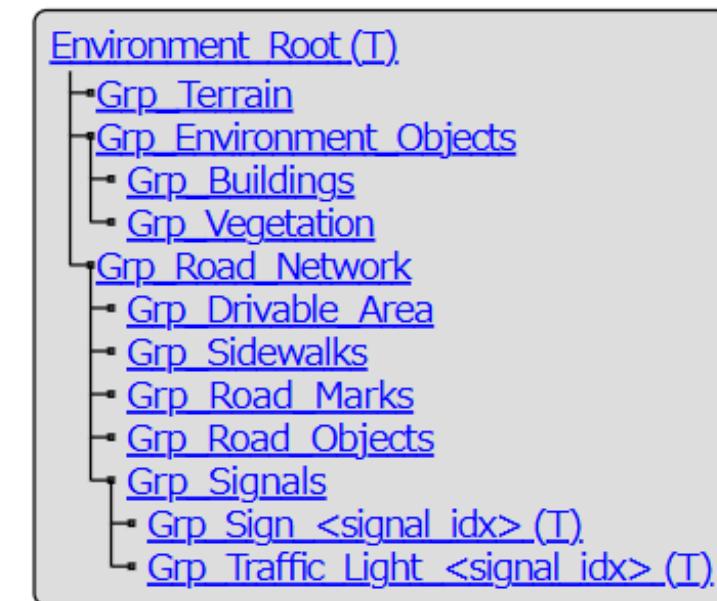
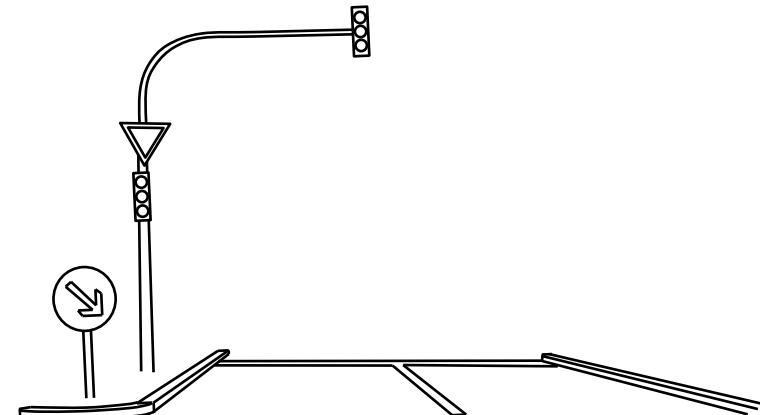
引用: ASAM OpenMATERIAL 3D V1.0 specification



環境構造

「Grp_Terrain」は地面や景観、「Grp_Environment_Objects」は周辺建物や植生、「Grp_Network」は走行可能領域、車線、標識等を含める。

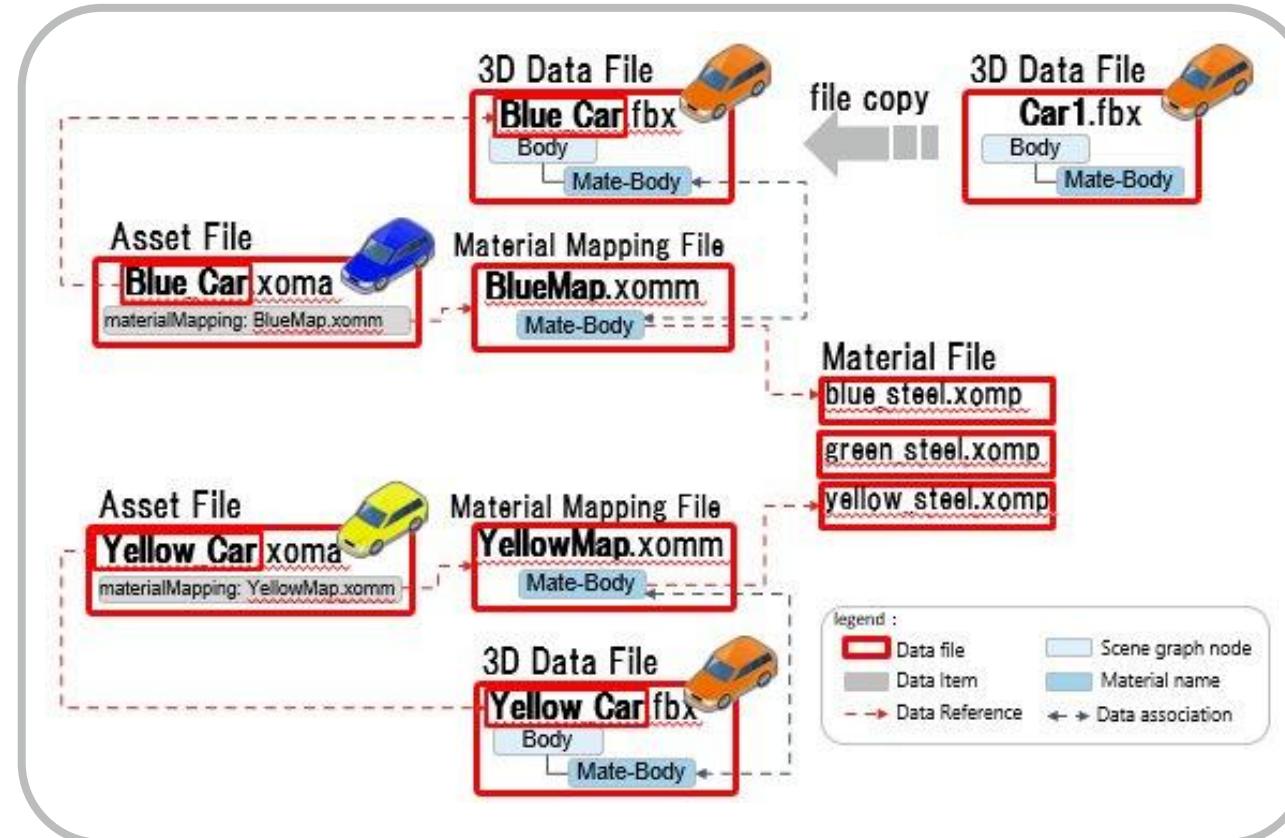
OpenDRIVEマップと併用する場合、環境物のトップである Environment_RootとOpenDRIVEのワールド座標系の原点は一致させる。



引用 : ASAM OpenMATERIAL 3D V1.0 specification

V1.0のDIVPへの適用 - 基本方針

V1.0では、現状同様に3Dファイル毎にアセットファイルとマテリアルマッピングファイルを割り当てる。
一部のDIVP特有情報は、customPropertiesへ格納。



引用 : BIPROGY

V1.0仕様での適用案

V1.0のDIVPへの適用 - DIVP保持パラメータの格納方針

現在DIVPで使用しているパラメータのOpenMATERIAL 3D V1.0格納方針は以下の通り
カメラ用パラメータ

パラメータ	対応内容
brdf	customProperties内に格納
refraction	customProperties内に格納
thickness	customProperties内に格納
fresnel_n	customProperties内に格納
fresnel_k	customProperties内に格納
file	brdfUrisとopticalPropertiesUriに格納
color	customProperties内に格納

LiADR用パラメータ

パラメータ	対応内容
brdf	customProperties内に格納
file	brdfUrisに格納
color	customProperties内に格納

Radar用パラメータ

パラメータ	対応内容
refl	customProperties内に格納
brdf	使用せず
rsmethod	使用せず
type	使用せず
file	reflectanceUrisに格納
er	customProperties内に格納
mr	customProperties内に格納
specular	使用せず
retro	使用せず

引用: BIPROGY

OpenMATERIAL 3D V1.0 仕様 – DIVPとしてのデータ要件対応実現状況整理

#	データ要件	V1.0での対応状況
1	Camera/LiDAR/Raderのセンサーシミュレーションを可能にする材料特性を保持できる事。	対応完了
2	対象のMAP/ASSETに纏わる、仮想ADS/ADASに必要なデータを纏めて保持できる事。	V2.0にて議題化予定
3	材料特性情報及び、ADS/ADASデータ等の情報追加に対応できる拡張性を保持する事。	対応完了
4	FBX等の作成済3D形状データを利用可能な事。	対応完了
5	測定材料特性データは、各センサー毎に保持できる事。	対応完了
6	3D形状データファイルと測定材料特性データファイルはMAP/ASSETファイルと別ファイル構成を可能にする事。	対応完了
7	別ファイル構成とした3D形状データファイルと、測定材料特性データファイルは著作権保護が可能な事。	V2.0にて議題化予定
8	MAP/ASSETデータ内容が判る様に、データ内容説明情報をファイル内部に保持する事。	対応完了
9	MAPデータ上の樹木や標識等、同一データの複数配置表現が可能な事。	V2.0で議題登録済
10	作成済MAP/ASSETデータに対して、新たな材料特性等を上書き設定可能にする事。	V2.0で議題登録済

引用 : BIPROGY

OpenMATERIAL 3D 次バージョン以降の検討項目

V2.0への持ち越し(既にV2.0マイルストーンに登録済)

項目	備考
インスタンス対応	アセットファイルから形状ファイルへの明示的な参照も含む
板厚パラメータの保持	マテリアルファイル内に保持するか？
周波数毎の弾性パラメータ	ヤング率やポアソン比等は周波数に依存する。超音波センサー向けに再検討。
LOD対応	人間モデル等に適用検討
光源情報	発光体や光源の情報(輝度、照度等)
鉄道およびレールの扱い	OpenDRIVEでも充分に定義されていないが、対象とするかも含めて再検討
詳細Geometry構造規定	付与INDEXルール等？

V2.0への追加検討

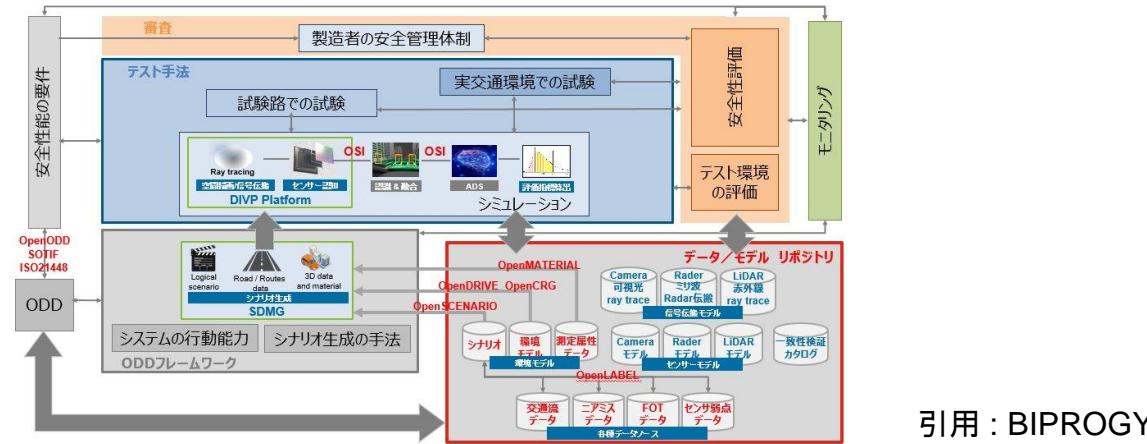
項目	備考
境界情報	ガラス等への雨滴貼りつき等
秘匿化対応	パスワード等によるマテリアル情報の秘匿化対応
処理効率向上対応	マテリアルファイル等の読み込み時間向上対応

引用 : BIPROGY

2025年度の作業計画

① リスクシナリオデータセットのための、データ／モデルリポジトリの研究

リスクシナリオデータセットの元となる各種データを格納するリポジトリの構造及び機能(データ解析／情報抽出)を研究する。



引用 : BIPROGY

② 國際標準化展開

FY24に作成したOpenMATERIAL 3D V1.0対応のDIVP-PFを国内外市場に展開し、ASAM OpenMATERIAL 3D V1.0の市場課題を把握。課題解決に向けて、ASAM OpenMATERIAL 3D V2.0プロジェクトを立ち上げ、活動を再開する。

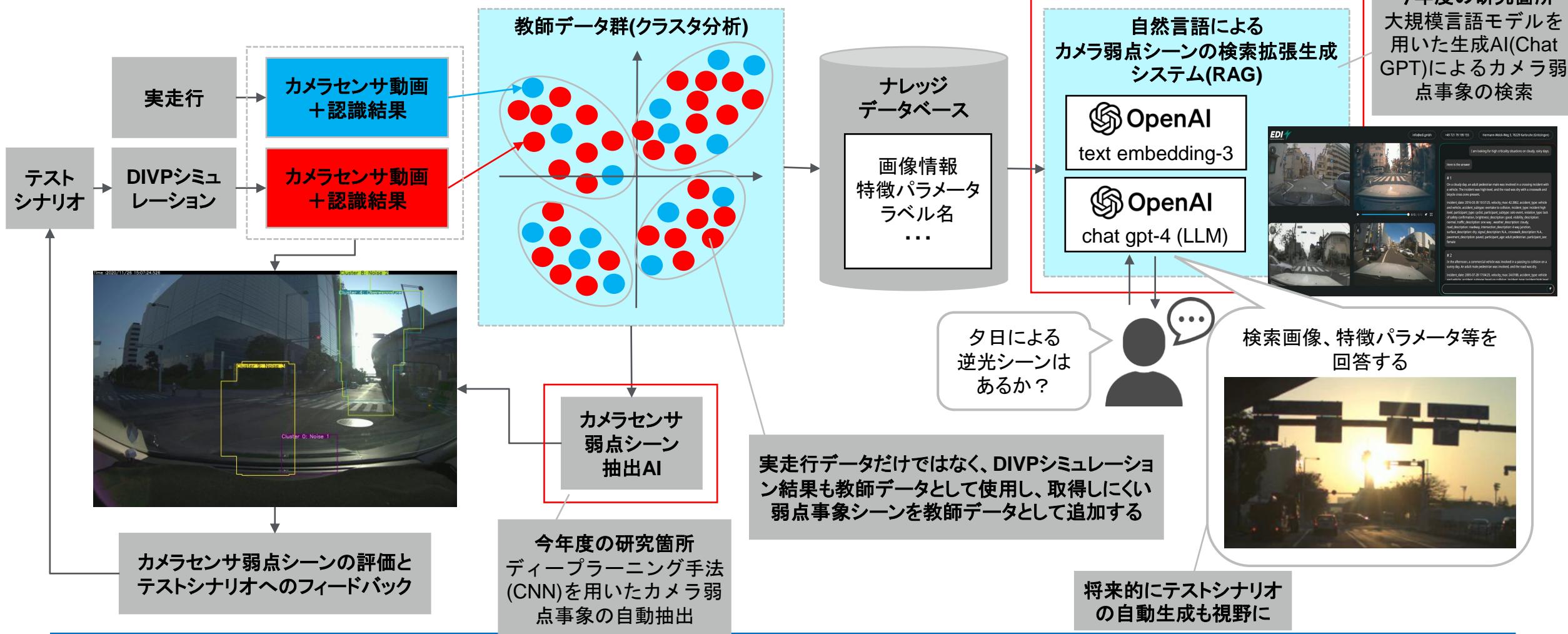
③ DIVPプロダクトへのOpenMATERIAL 3D V2.0対応実施

ASAM OpenMATERIAL 3D V2.0での活動結果(途中状況含め)を迅速にDIVPプロダクトへ反映し、社会実装を進める。

【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

膨大なFOTデータから必要となる各種データの抽出手法および検索手法を整備する

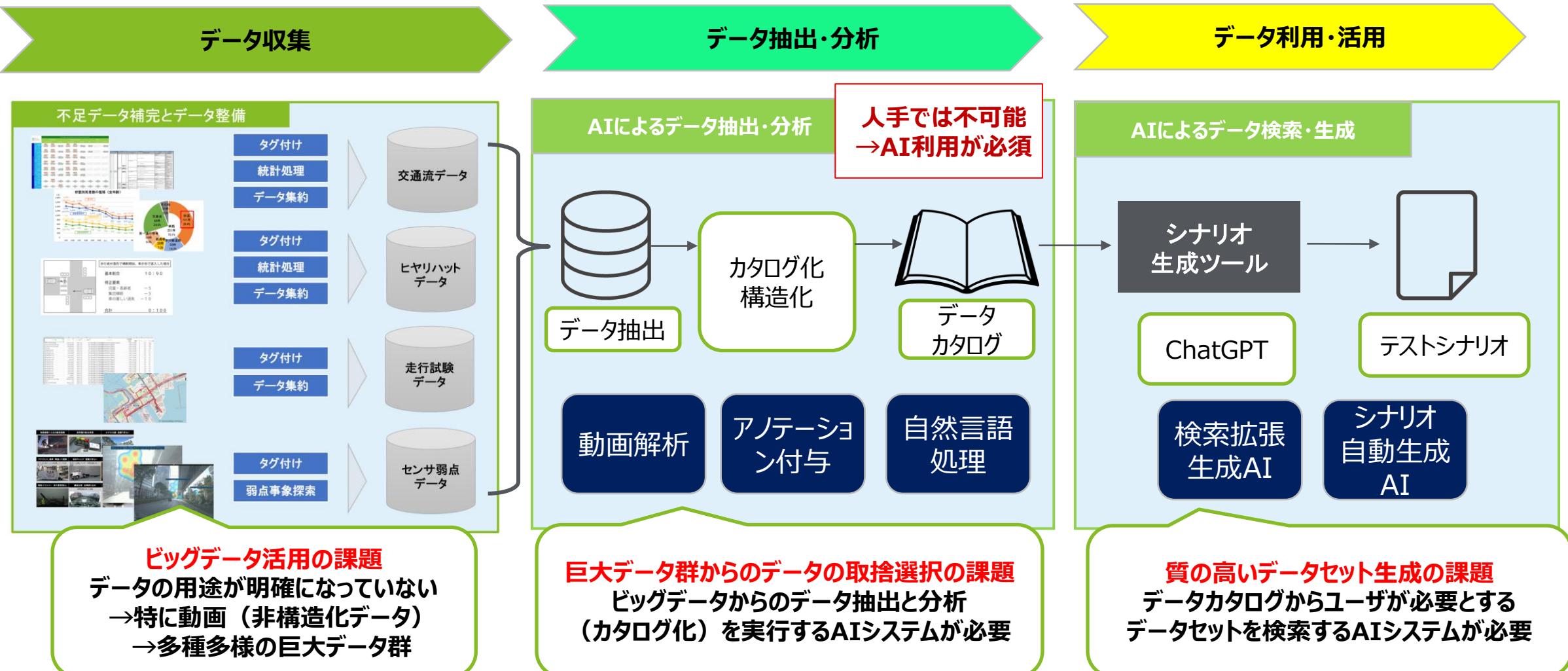
FOTデータからの各種データの抽出・検索手法の概要



【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

収集したFOTデータは3V(Volume(データ量), Variety(多種多様), Velocity(高頻度更新))の条件を満たすビッグデータそのものであり、ビッグデータの利用にはAI利用が必須である

FOTデータのデータ利用・活用フロー

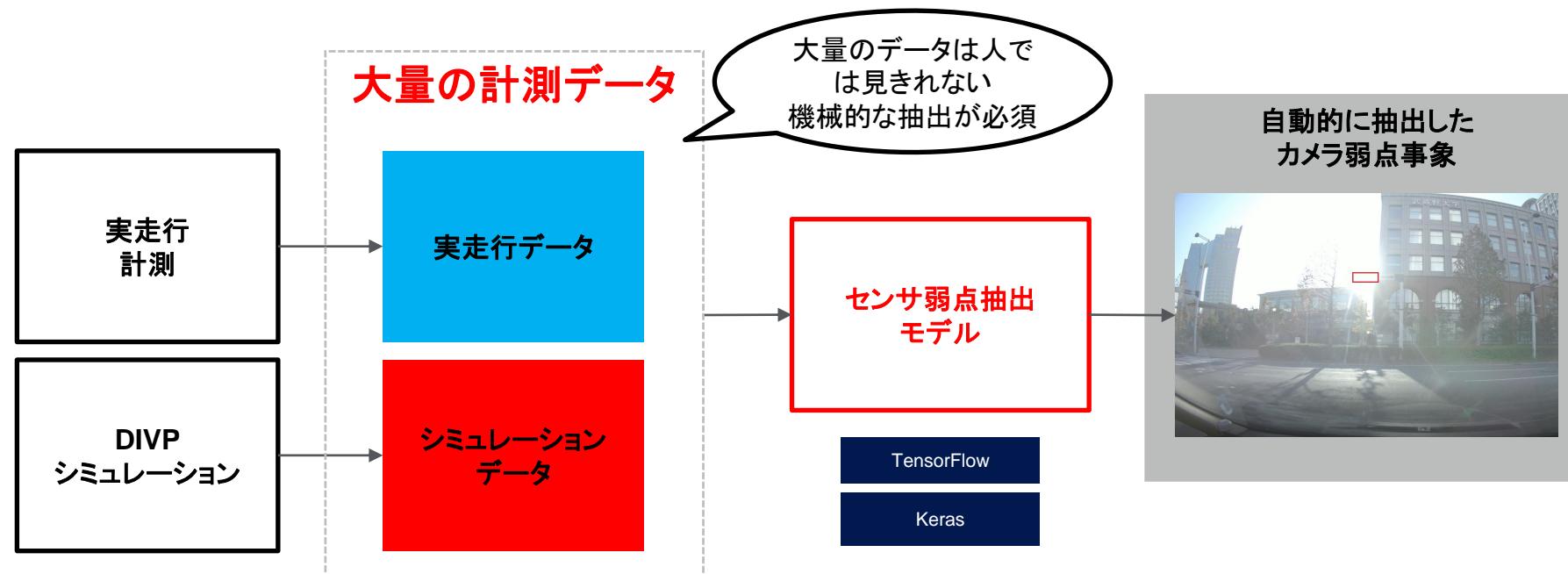


【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

大量の実走行データに含まれるカメラ弱点事象を自動抽出するセンサ弱点抽出モデル(畳み込みニューラルネットワークモデル;CNN)を構築する

カメラ弱点抽出モデルの目的

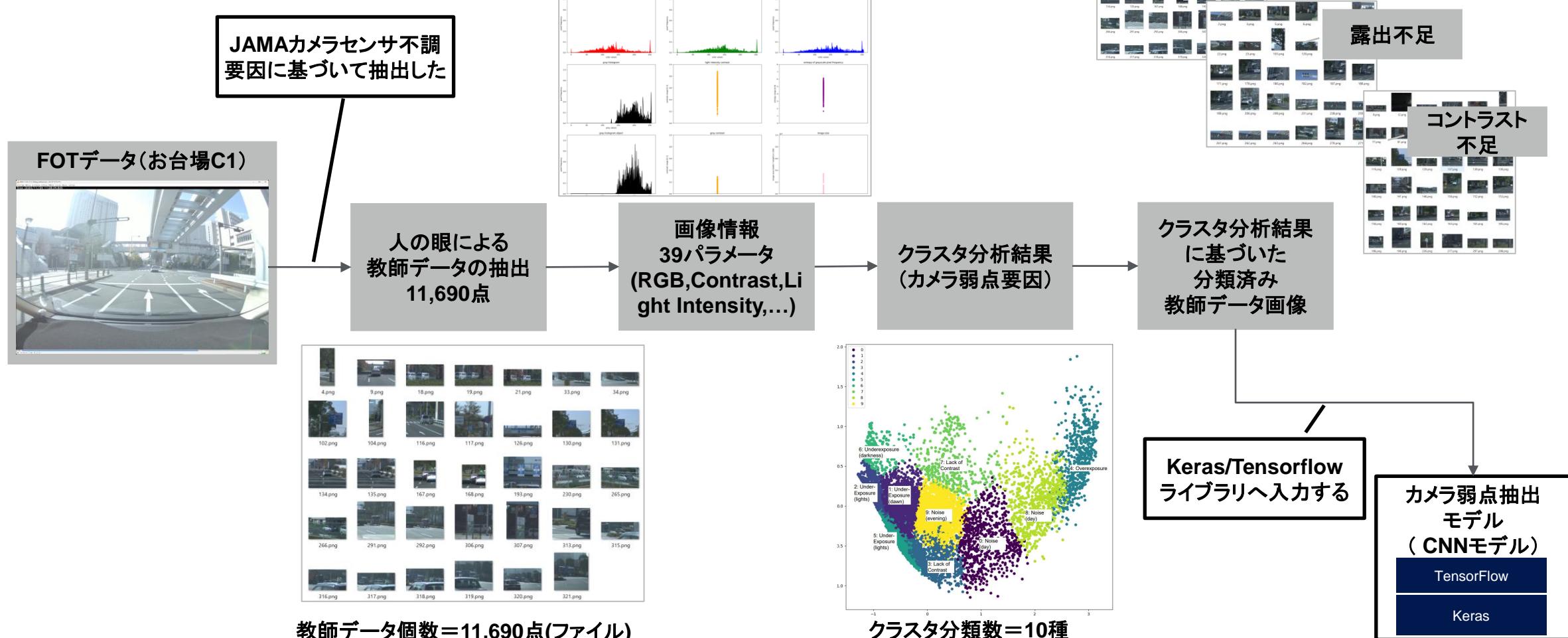
大量に存在する実走行データ・DIVPシミュレーションデータからカメラ弱点事象を人手で抽出することは現実的には難しい。したがって、機械学習モデルによる自動抽出が必要である。



【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

人の眼による評価で実走行データからカメラ弱点事象を抽出し、カメラ弱点抽出モデルを構築した

カメラ弱点抽出モデル(CNNモデル)の構築フロー

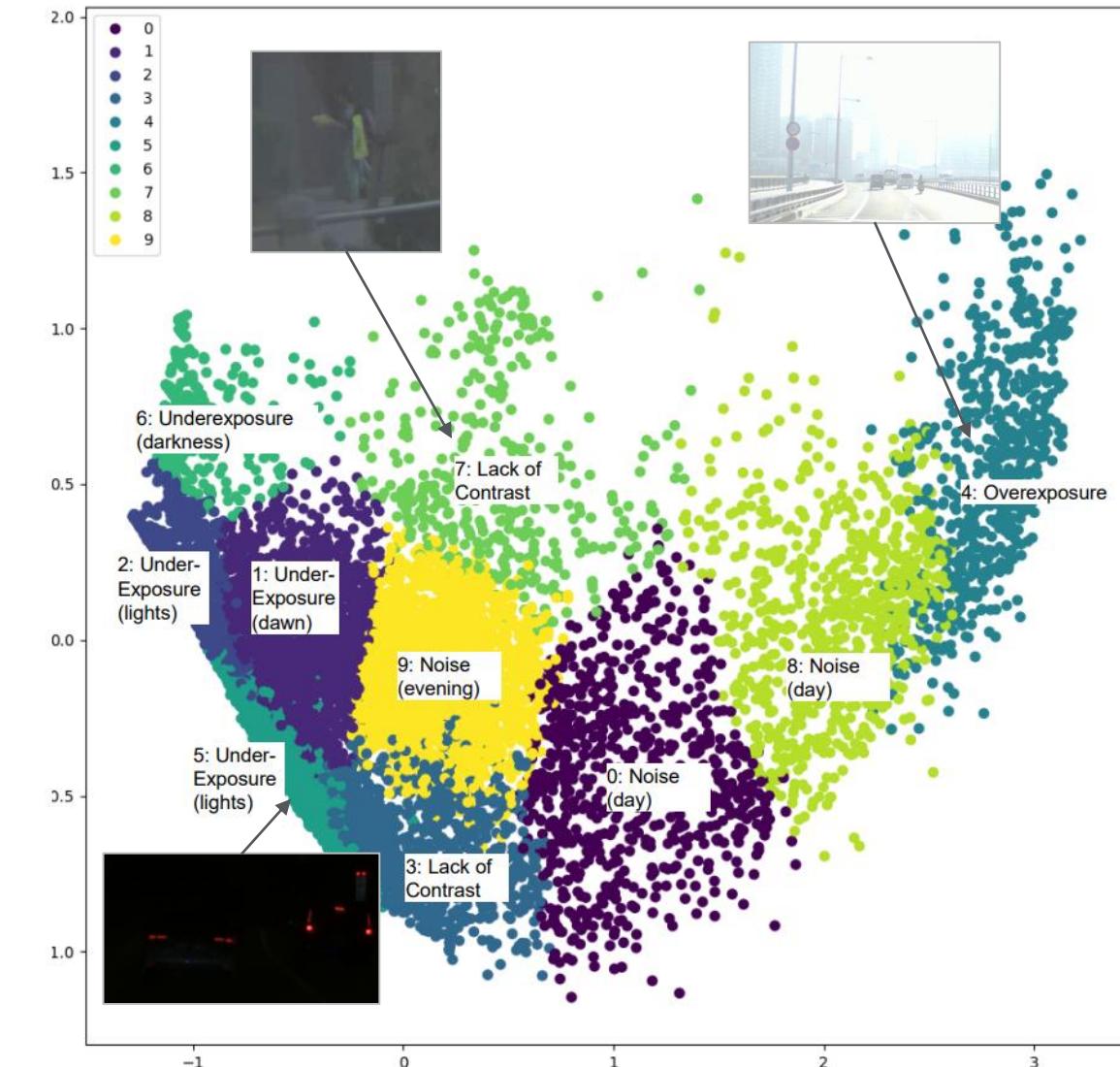


【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

カメラ弱点要因分析(クラスター分析)により、以下の10種の要因により、カメラ弱点が発生している

カメラ弱点要因のクラスター分析結果

#	分類名	説明
0	Noise	ノイズ*1
1	Underexposure(dawn)	露出不足(夜明け)
2	Underexposure(lights)	露出不足(光源)
3	Lack of Contrast	コントラスト不足
4	Overexposure	露出過多
5	Underexposure(lights)	露出不足(光源)
6	Underexposure(darkness)	露出不足(暗闇)
7	Lack of Contrast	コントラスト不足
8	Noise	ノイズ*1
9	Noise	ノイズ*1



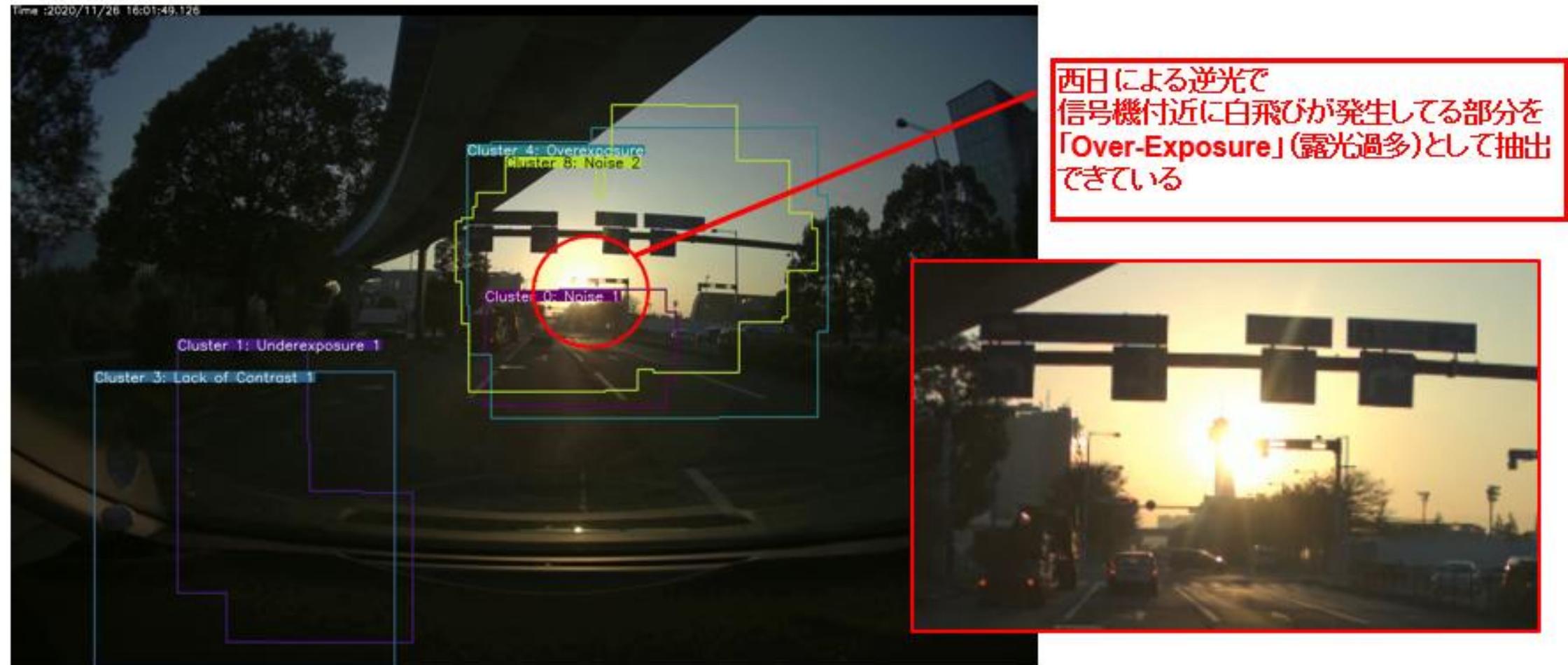
*1:ノイズは人の目では判別できないが、カメラでは判別できる弱点事象

【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

カメラ弱点抽出モデルにより、逆光による白飛びによる物標の認識不調が抽出できている

カメラ弱点抽出モデルの実行例1

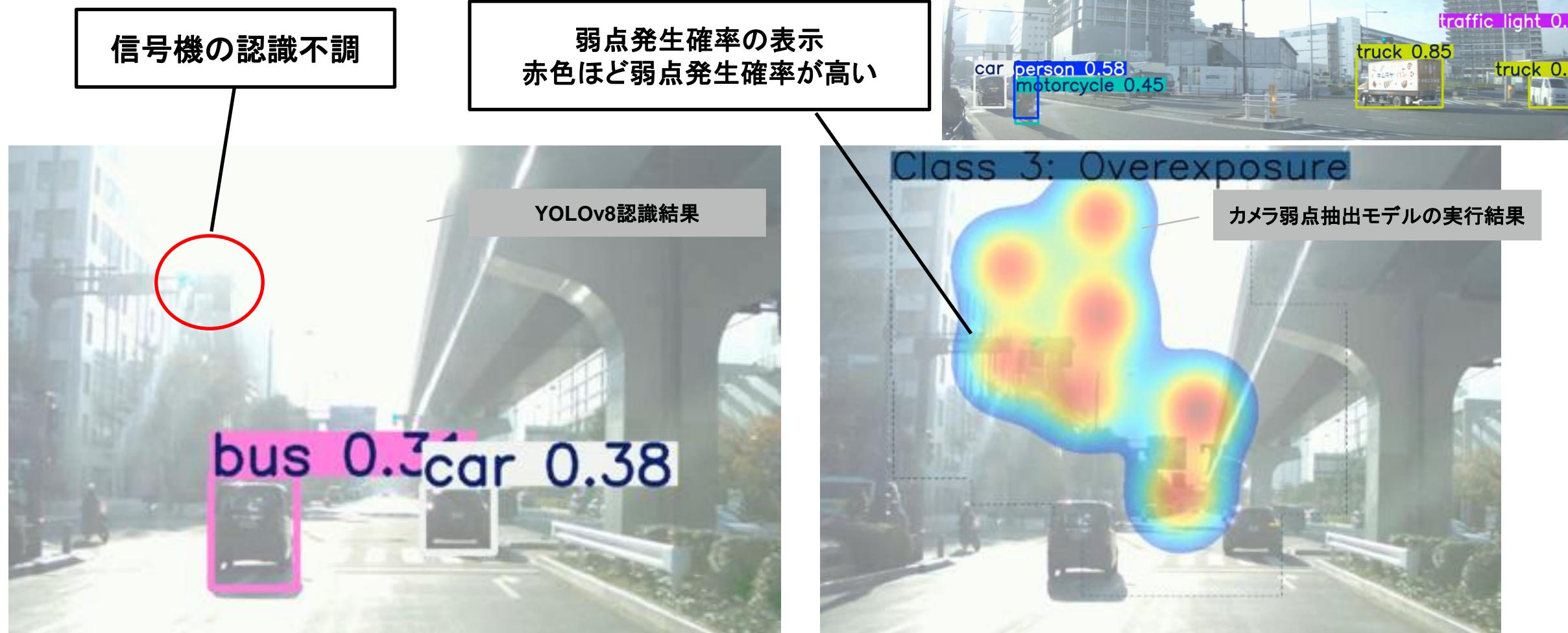
西日による信号機消失（白飛び）の抽出例。信号機付近の白飛びしている部分を抽出できている。



【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

カメラ弱点抽出モデルにより、逆光による白とびによる物標の認識不調が抽出できている

カメラ弱点抽出モデルの実行例2



【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

実走行データだけではなく、DIVPシミュレーション結果も強化学習データとして使用し、取得しにくい弱点事象を教師データとして追加する

自動抽出アルゴリズム強化学習用素材の一覧

動画の種類	データソース名	動画イメージ	車速範囲	動画数(総時間)
DIVPシミュレーション	歩行者・自転車 事故再現シナリオ		市街地	12ファイル (180秒)
DIVPシミュレーション	首都高速都心環状線C1 (お台場周辺) 逆光・雨・夜シナリオ		高速道路	16ファイル (320秒)
実走行 (FOT)	首都高速都心環状線C1 (お台場周辺)実走行		高速道路	1182ファイル (約20時間)
実走行 (FOT)	新東名高速道路 (厚木～豊田)実走行		高速道路	788ファイル (約13時間)

【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

過去の実走行データから、人の目(主観評価)によりカメラ弱点事象を人手で抽出し、カメラ弱点抽出モデルの教師データとして使用した(画像数=11,690ファイル)

カメラ弱点抽出モデルに使用した教師データの例1

露出過多(白とび)が原因による認識不調ケース

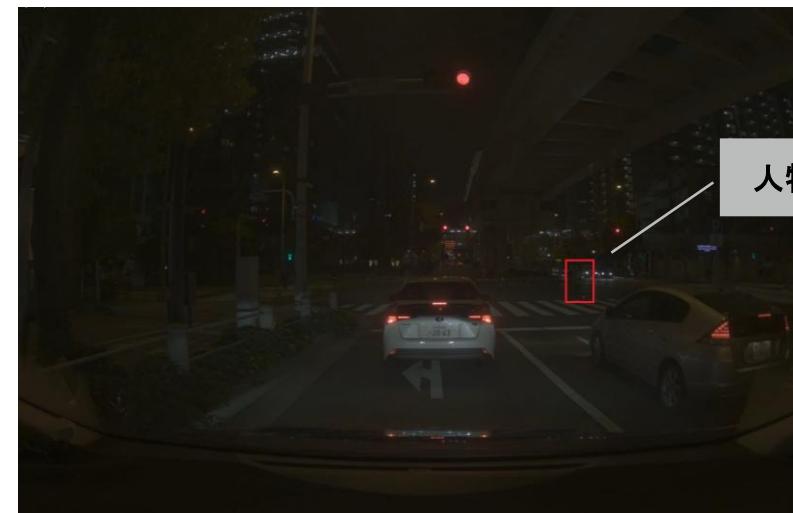


【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

過去の実走行データから、人の目(主観評価)によりカメラ弱点事象を人手で抽出し、カメラ弱点抽出モデルの教師データとして使用した(画像数=11,690ファイル)

カメラ弱点抽出モデルに使用した教師データの例2

露出不足(黒つぶれ)が原因による認識不調ケース

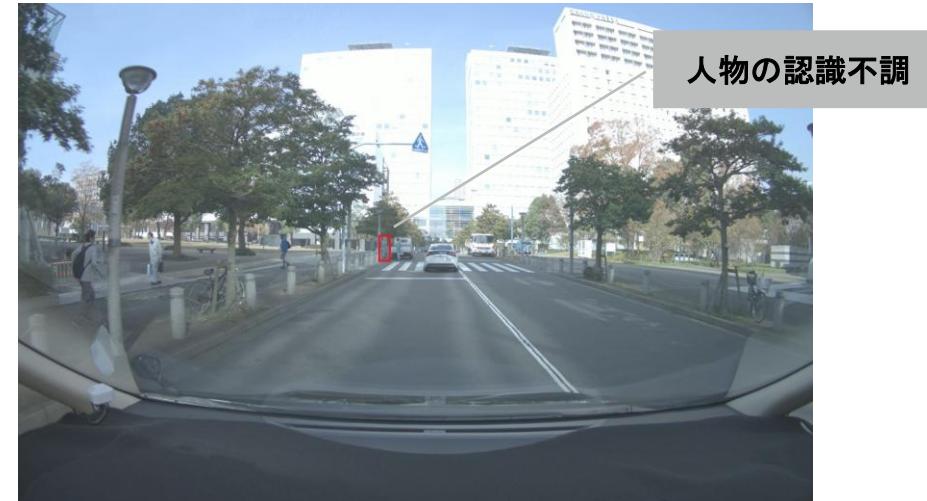
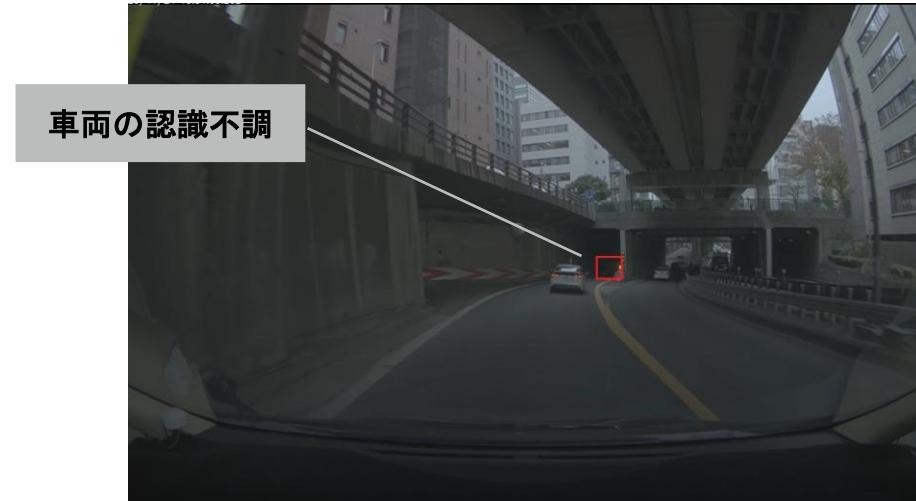


【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

過去の実走行データから、人の目(主観評価)によりカメラ弱点事象を人手で抽出し、カメラ弱点抽出モデルの教師データとして使用した(画像数=11,690ファイル)

カメラ弱点抽出モデルに使用した教師データの例3

コントラスト不足(背景光ノイズ; バックスキヤッタリング)が原因による認識不調ケース



【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

過去の実走行データから、人の目(主観評価)によりカメラ弱点事象を人手で抽出し、カメラ弱点抽出モデルの教師データとして使用した(画像数=11,690ファイル)

カメラ弱点抽出モデルに使用した教師データの例4

逆光



霧



夕日による逆光



雨天



【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

過去の実走行データから、人の目(主観評価)によりカメラ弱点事象を人手で抽出し、カメラ弱点抽出モデルの教師データとして使用した(画像数=11,690ファイル)

カメラ弱点抽出モデルに使用した教師データの例5

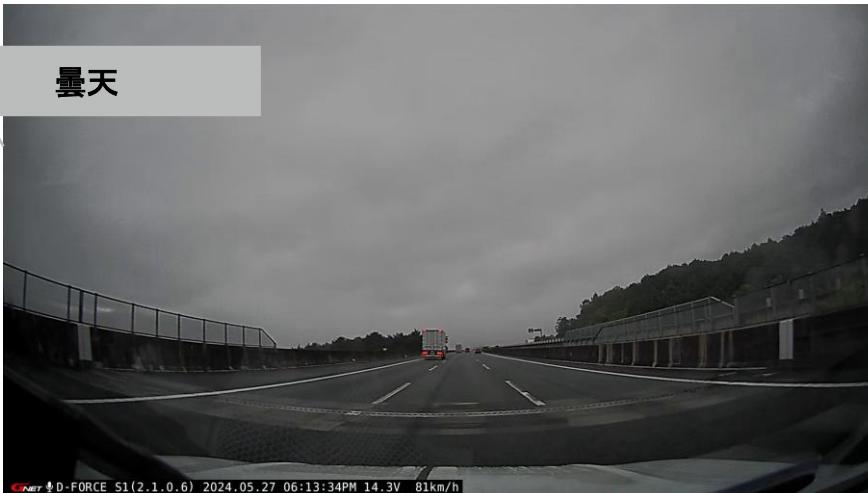
夜間



トンネル



曇天



トンネル(夜間)



【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

Chat GPT(LLM;大規模言語モデル)を用いた検索拡張生成(RAG)システムを試作し、膨大なFOTデータから高リスク(ヒヤリハット)事象、センサ弱点事象の検索を行う

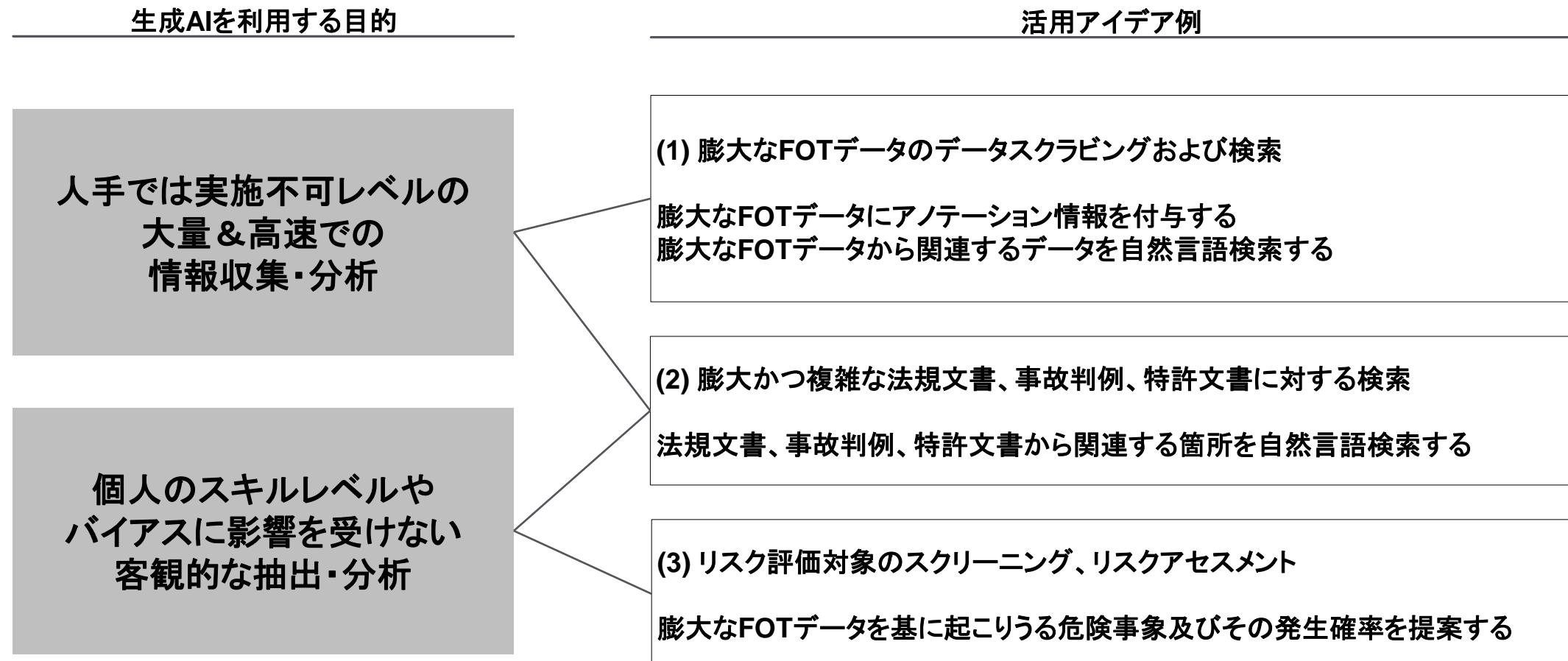
検索拡張生成(RAG)システムの概要



【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

検索拡張生成の活用が有効なケースとしては、人手では実施不可レベルの大量＆高速での情報収集・分析、個人のスキルレベルやバイアスに影響を受けない客観的な抽出・分析が想定される

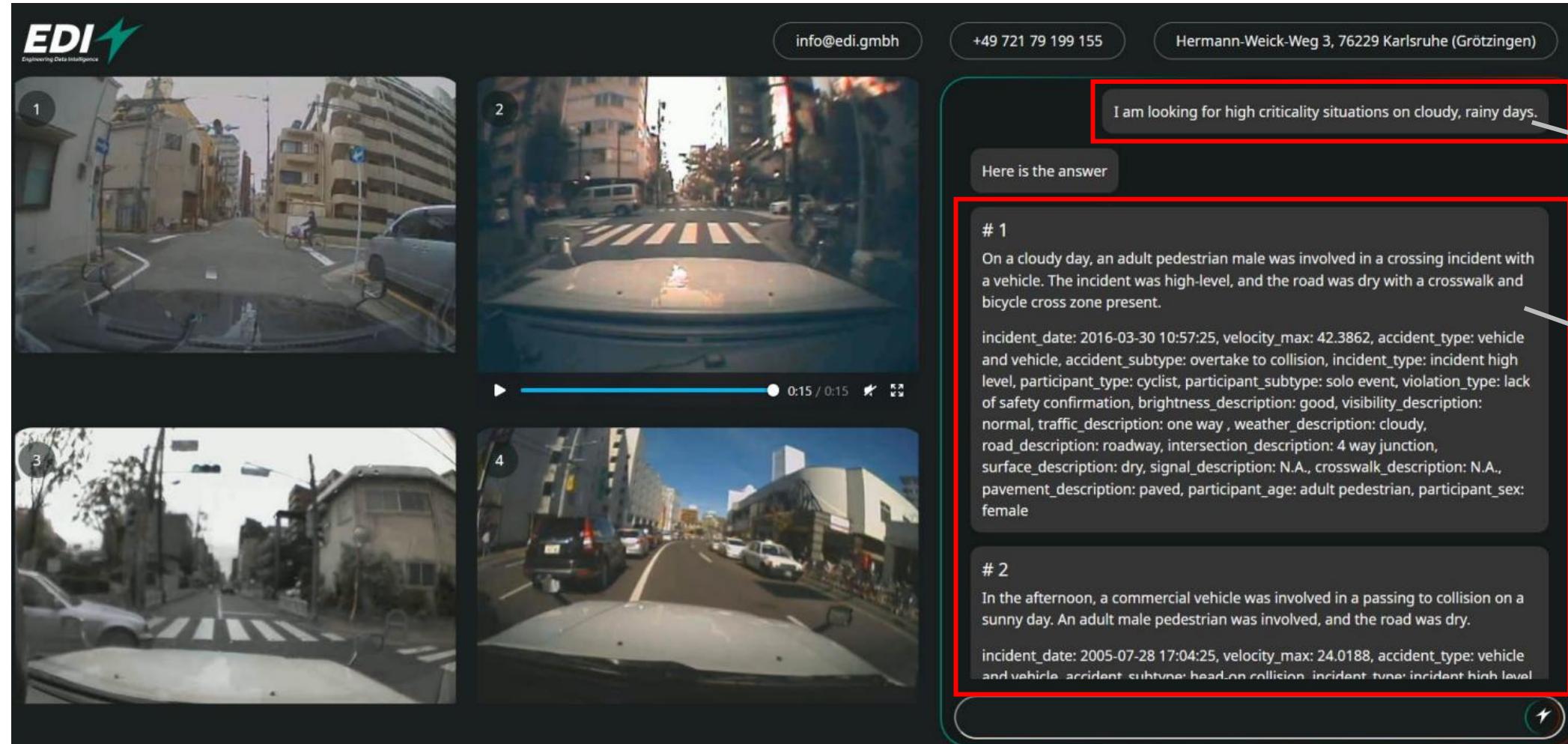
検索拡張生成の活用案



【テーマ(3)-3 計測データからのカメラ弱点事象の抽出と拡充】

自然言語による検索文により、検索目的にヒットする動画と自然言語のテキストを抽出・生成できた

検索拡張生成(RAG)システムによる高リスク(ヒヤリハット)状況の検索例



The screenshot shows the EDI platform interface. On the left, four video clips are displayed, each labeled with a number (1, 2, 3, 4) and a timestamp (0:15 / 0:15). The clips show various urban traffic scenarios. On the right, a Chat GPT interface is shown. The user's query is: "I am looking for high criticality situations on cloudy, rainy days." The AI response is: "Here is the answer". The AI then provides two examples of high-risk incidents:

1
On a cloudy day, an adult pedestrian male was involved in a crossing incident with a vehicle. The incident was high-level, and the road was dry with a crosswalk and bicycle cross zone present.
incident_date: 2016-03-30 10:57:25, velocity_max: 42.3862, accident_type: vehicle and vehicle, accident_subtype: overtake to collision, incident_type: incident high level, participant_type: cyclist, participant_subtype: solo event, violation_type: lack of safety confirmation, brightness_description: good, visibility_description: normal, traffic_description: one way, weather_description: cloudy, road_description: roadway, intersection_description: 4 way junction, surface_description: dry, signal_description: N.A., crosswalk_description: N.A., pavement_description: paved, participant_age: adult pedestrian, participant_sex: female

2
In the afternoon, a commercial vehicle was involved in a passing to collision on a sunny day. An adult male pedestrian was involved, and the road was dry.
incident_date: 2005-07-28 17:04:25, velocity_max: 24.0188, accident_type: vehicle and vehicle, accident_subtype: head-on collision, incident_type: incident high level

自然言語による
「雨天、曇天時の
高リスク状況」の
問い合わせ

Chat GPTの
回答

研究成果

(1) 環境・空画描画・センサモデルを用いたツールチェーンへの拡張

(2). 評価指標・体系の確立

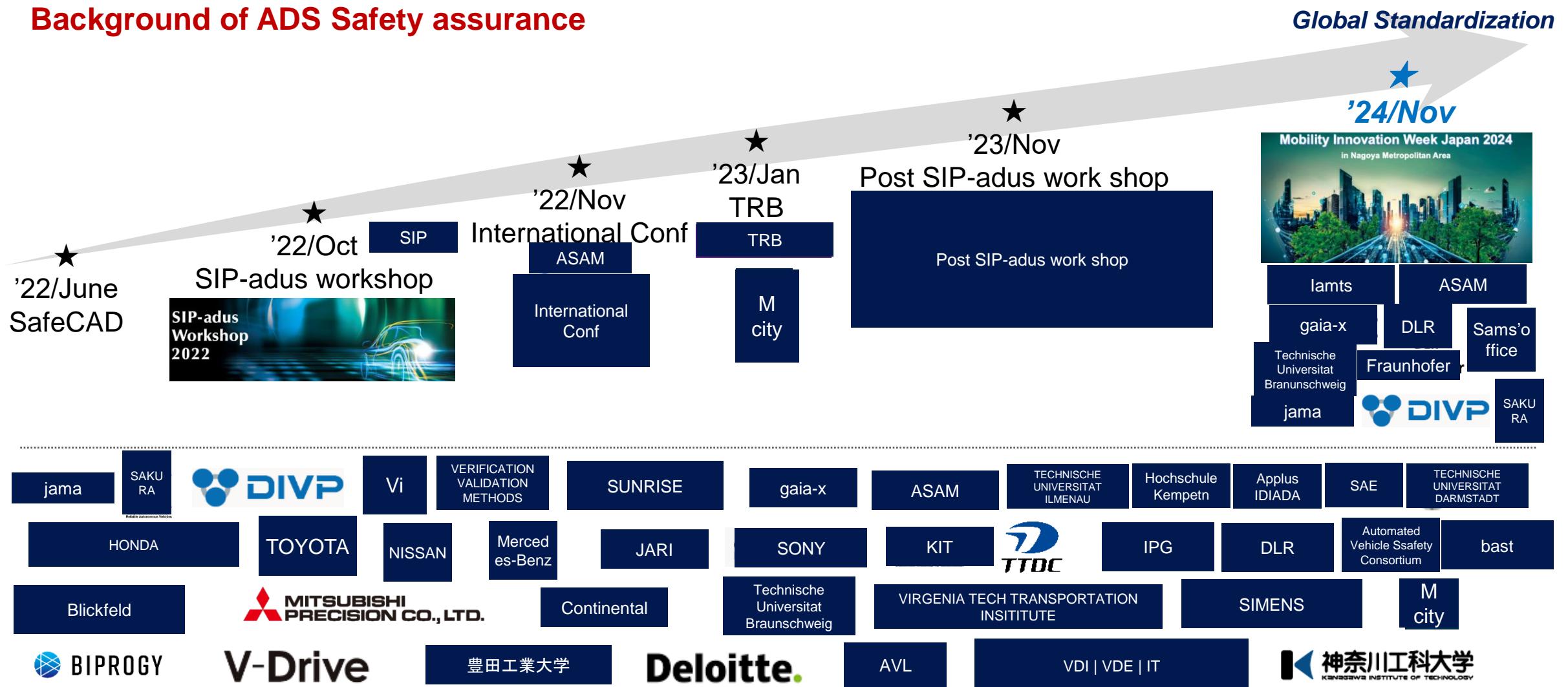
(3).センサ弱点事象の特定と事象の拡張

(4).国際協調・標準化活動及び海外動向調査

(5). プロジェクト推進のための運営体制の構築

Safety assurance have continue the international collaboration from 2022

Background of ADS Safety assurance



Experts from Japan, Germany and US are to present keynote speeches in the breakout WS.

Speakers



ADS Safety Assurance Initiative in Japan



Prof. Hideo Inoue

Dr. Inoue is a specially appointed professor at the Kanagawa Institute of Technology, and the leader of DIVP®. His expertise lies in vehicle dynamics, active safety and ADAS technology.



Recent updates on SAKURA project



Dr. Hiroki Nakamura

Dr. Nakamura is currently a senior researcher at the Japan Automobile Research Institute (JARI), and leading project called SAKURA, which is safety assurance initiative of Japan.



The Japanese government's efforts towards realizing ADS society



Mr. Seigo Kuzumaki

Mr. Kuzumaki is former Program Director of Japanese SIP-adus and Toyota Fellow and supporting various governmental funded research projects towards ADS social implementation



Introduction of IAMTS and ASAM activity



Prof. Dr. Joachim G. Taiber

Dr. Taiber is the founder and managing director international operations of IAMTS (International Alliance for Mobility Testing and Standardization, see iamts.org) which is an independent global membership-based non-profit association headquartered in Vienna, Austria.



Virtual safety assurance with and beyond VVM – continuous collaboration strategy



Dr. Henning Mosebach

Dr. Henning Mosebach is international business development manager at DLR representing the projects of the PEGASUS Family (e.g. SET Level and VV Methods). He represents the DLRs strategy for virtual development and validation technologies and future collaboration corridors of the VV Methods project.



Applying VVM – Towards Safety by Design & Behavior-Based Testing



Mr. Marcus Nolte

Marcus Nolte is a post-doctoral researcher at the Institute of Control Engineering, TU Braunschweig. His research concerns systems and safety engineering for automated vehicles with a focus on traceable and explainable vehicle behavior.



Research beyond VVM – residual gaps in safety assurance methodologies and applying the safety case with digital twinning



Mr. Jan Reich

Jan Reich is head of the safety engineering research department at Fraunhofer IESE. His research concerns model-based safety assurance and argumentation methods to enable companies to create holistic, digital twin-based, through-lifecycle safety assurance cases for autonomous systems. Recently, he coordinated the creation of the reference safety case framework in VV methods.



Distributed data- and service ecosystems for V&V and AI based perception for virtual safety assurance



Prof. Frank Köster

Prof. Dr. Frank Köster is head of the DLR Institute for AI Safety and Security at DLR. He heads many initiatives and projects in the area of AI, safety assurance and virtual development and is the German ambassador of the GAIA-X Mobility domain.

先日行われた国際連携の場では、独米中が推進する国際連携Prjの紹介を受けており、各国主要機関による共同研究の成果に基づき、2026の国際基準化を目指すロードマップが示された

国際連携Prjに基づく国際基準化ロードマップ

*IAMTS : International Alliance for Mobility Testing Standards

出所:「Collaboration of IAMTS and ASAM to drive forward safety assurance for automated driving through standardization」(Mobility In

Timeline how to get to certified cyberphysical testbeds for ADS



IAMTS Testbed Certification Scheme Development
Focus in 2024



IAMTS Testbed Certification Workshop Series
Focus in 2023



International Alliance For Mobility Testing And Standardization



Regulatory readiness:
Certification of Cyberphysical Testbeds
By 2026



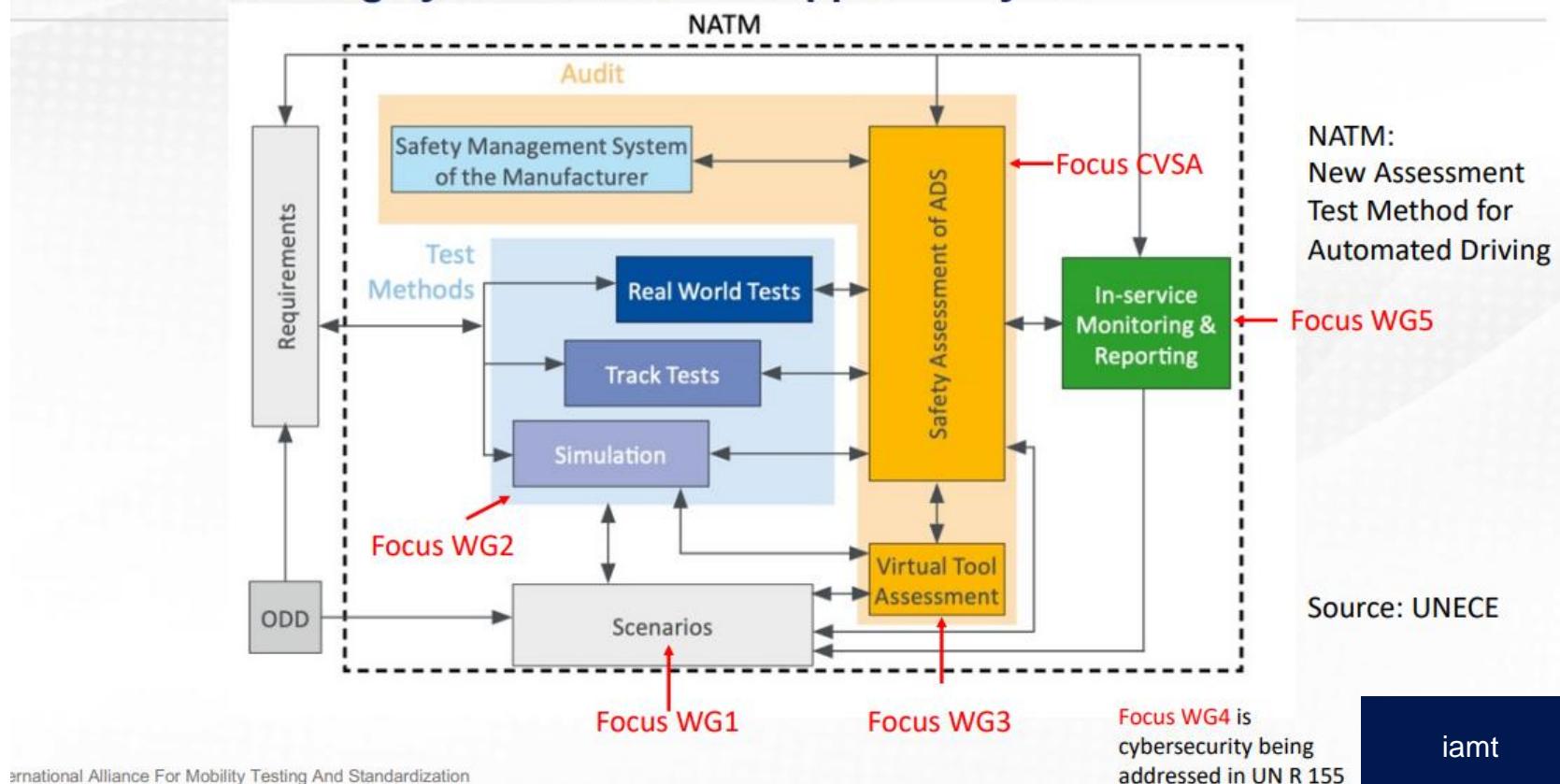
Standardization readiness:
Certification of Cyberphysical Testbeds
By 2025



IAMTSにおける各種取組みは、WP29の議論と密接に関係している

IAMTSとWP29議論の関係性

UNECE provides a comprehensive framework approach how to test automated driving systems which is supported by IAMTS



5つのWGと、Lead/Co-lead機関

1 : Global Test Scenario Library

CATARC

M city

2 : Global Advanced Mobility Test beds

TUVRheinland

ASAM

3 : Correlation of Physical & Virtual Testing

Nvidia

KIT

4 : Cybersecurity Testing

CLEMSON

AVL

5 : Certification of HAVs over whole lifecycle

TUV

AVL

6 : Policies & Regulations

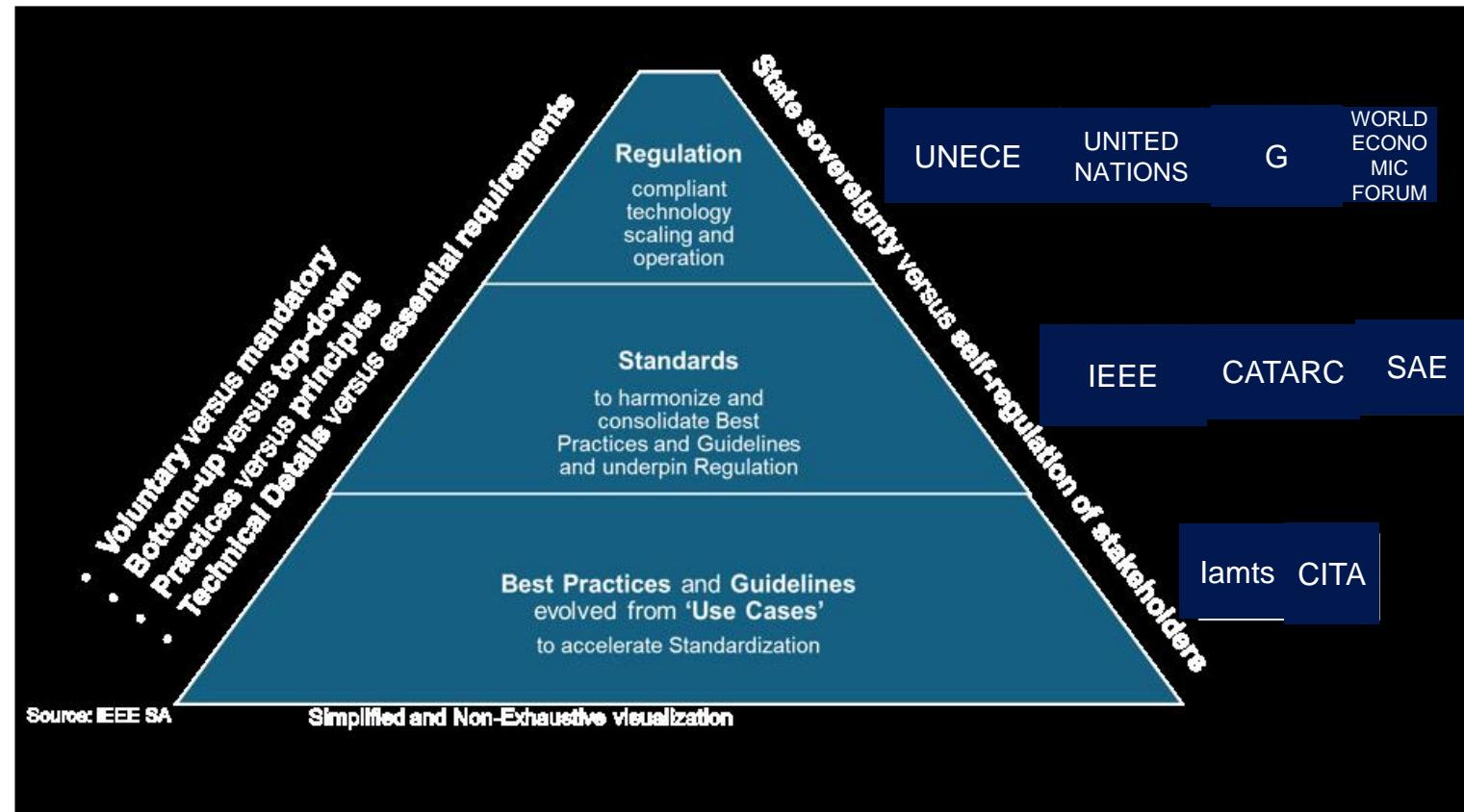
CATARC

DIN

個々の実証実験等を通じたベストプラクティスをとりまとめ標準化を行い、それらを元に国際基準化を目指す、標準・基準を一体的に捉えた進め方が提唱されている

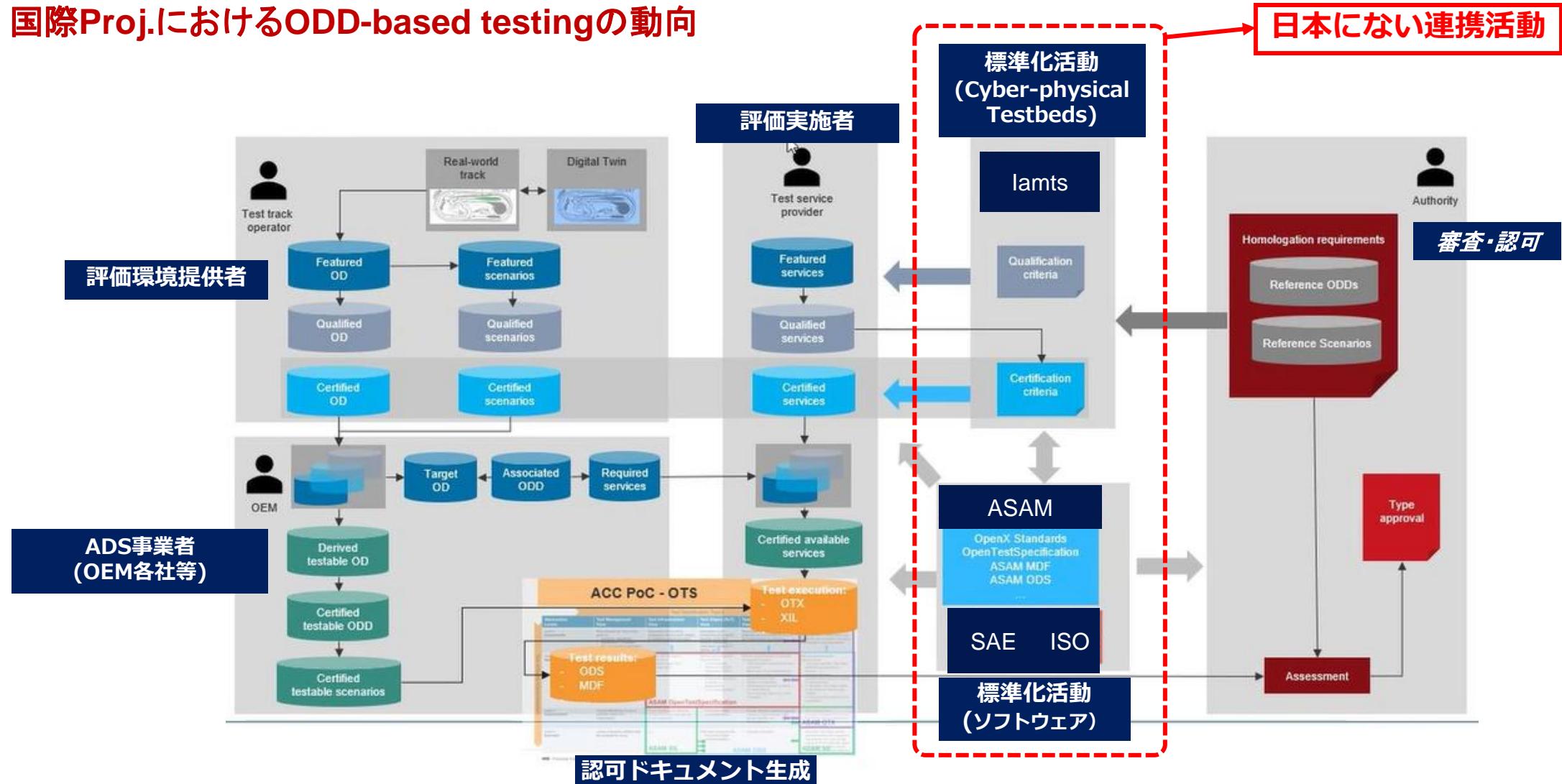
国際標準・基準の考え方

標準化といっても、実効性のある標準化活動（ASAM, Autosar, iamts等）が実際には効果を発揮する。
(ISOの考え方に基づくことは前提としても、ISOだけでは実効性に欠ける)



IAMTSコンソーシアムと独ASAMを中心に、OEM各社や評価環境提供、評価実施主体と、審査・認可主体が一体で実効的な仕組みの検討が進む

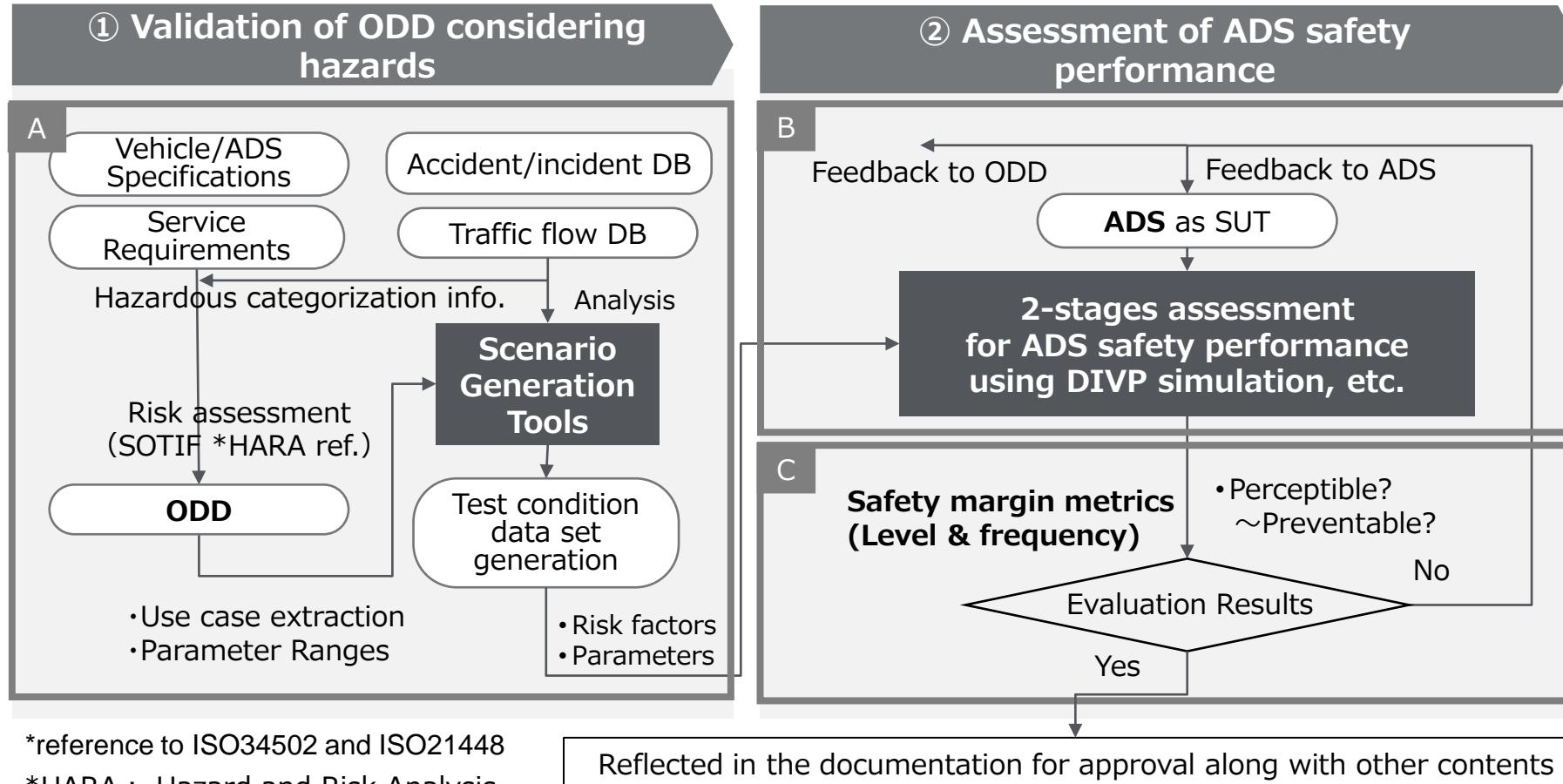
国際Proj.におけるODD-based testingの動向



Source : IAMTS/ASAM 提供資料

日本からは安全Prjで掲げる安全性評価のフレームワークをご紹介、今後の連携やISO、WP29への提案について積極的な意見をいただいた

Safety Assessment Framework draft for ADS regional FOT in Japan



➤ ISO WG9でVirtual validationの議論が始まっている



Dr. Henning Mosebach
VVM リーダ

➤ 興味深い内容であり、WP29に持ち込んでみは？



Prof. Dr. Joachim G. Taiber
IAMTS Managing director
(Funder IAMTS)

国際ルールメイクから遅れをとらぬよう、今後の実務レベルでの積極的な協調が肝要

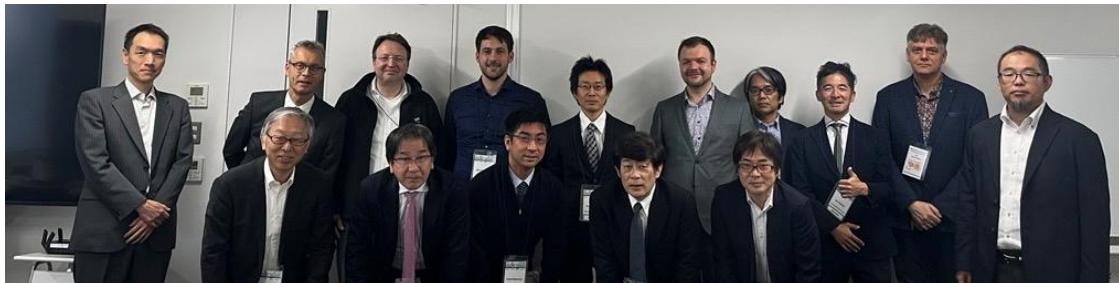
以上、WP29を出口とした実効性のある社会実装の他、SDVやAI、データ流通や、PoC prj等にかかる議論を実施、日独Expart間で今後も継続した国際協調の必要性を確認した

Safety assurance Break out work shop概要

概要

- SIP-adusを引継ぎSafety assuranceとして日独専門家を招いてのBreak out work shopを開催
- '24/11/14 @ 名古屋大学、日独より計20名の参加

参加機関



■ Practical implementation

- Shared simulation based SA validation flame work and start study with IAMTS & ASAM bringing them to WP29 discussion

■ SDV & AI, Data space

- Shared big picture of Data ecosystem, SDV, ADS, AI, etc, and agreed to define commonality & complementary for next step collaboration

■ From POC to social implementation

- Shared ATLAS project(Commercial truck PoC) and concept not only technological but also business approach would be important for L4 implementation,,

研究成果

(1) 環境・空画描画・センサモデルを用いたツールチェーンへの拡張

(2). 評価指標・体系の確立

(3).センサ弱点事象の特定と事象の拡張

(4).国際協調・標準化活動及び海外動向調査

(5). プロジェクト推進のための運営体制の構築

これまで、SDV、ADSの社会実装にかかるステークホルダから様々な意見をいただく中で、シミュレーションを活用した認証の効率化は当座の主要論点

シミュレーション利活用にかかる論点

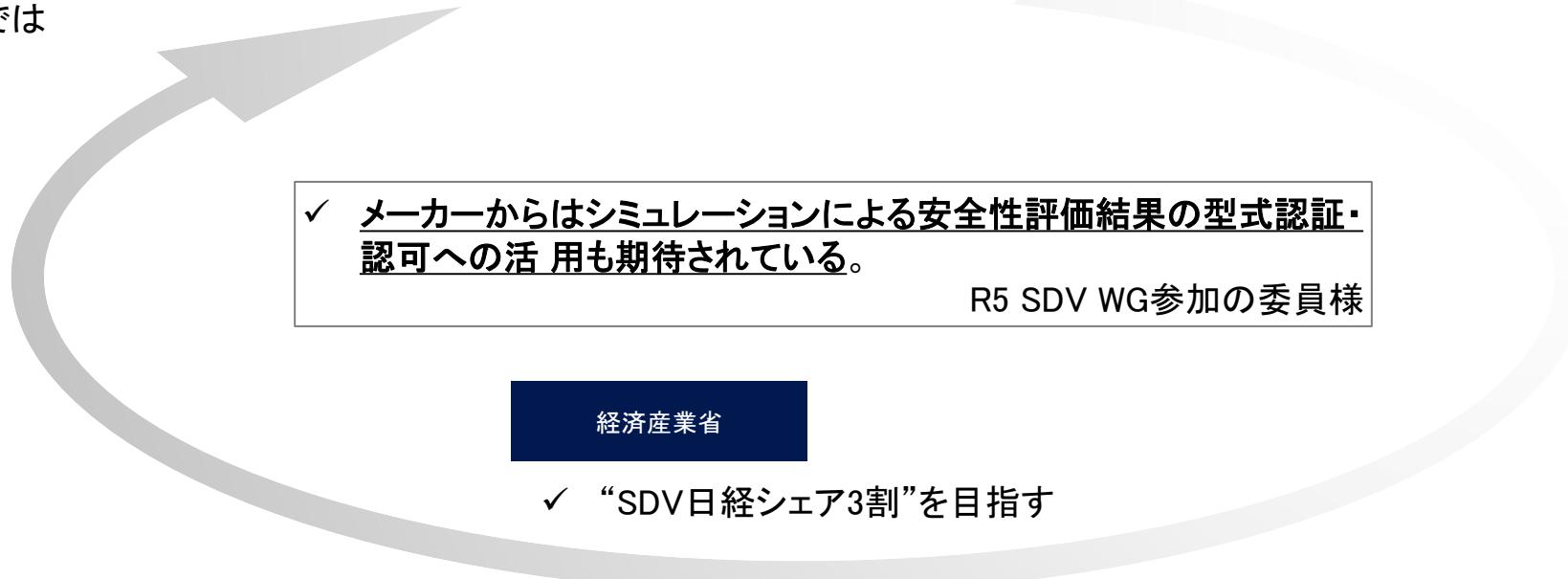
国土交通省

- ✓ 国交省としては業界から”こういうSim活用ではどうか”的提案をいただき、それを元に実現可能性を検討したい
- ✓ これまでにSim結果のみで認可に至った事例は存在しない、今後ADSをはじめとする認証評価へのSim活用が進むと想定されるが、Simのみは現実的でなく、実車や台上評価等との組み合わせが現実解になりのでは

jama

JAMA及び国内OEM関係者

- ✓ ADS認証をSimを活用し効率化するニーズは高いが、活用手法やG/L等が示されておらず、”まずは提案してみなさい”が現状であり、その状態で個社ごとに検討・提案をしたところでどこまで受け入れられるのか、不透明、国としてなにかしらの方針を示してほしい

- 
- ✓ メーカーからはシミュレーションによる安全性評価結果の型式認証・認可への活用も期待されている。

R5 SDV WG参加の委員様

経済産業省

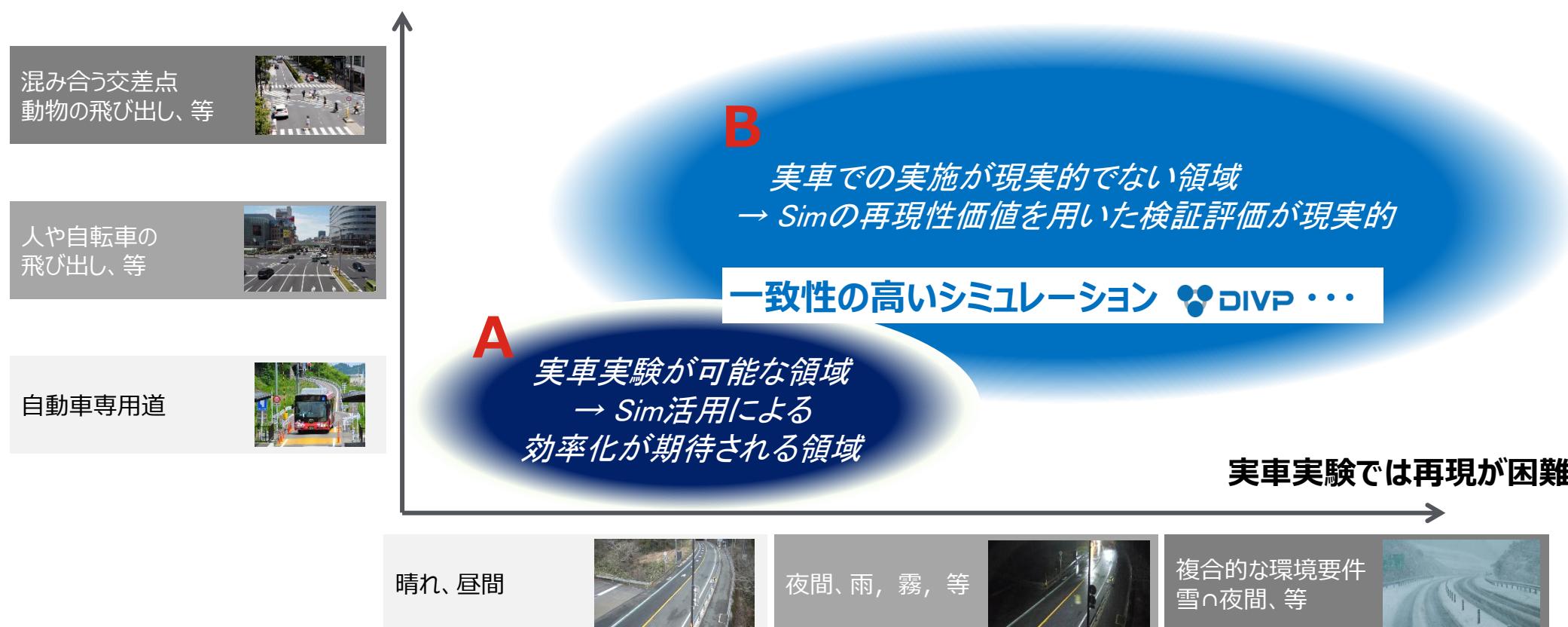
- ✓ “SDV日経シェア3割”を目指す

危険事象には、実車評価検証が困難な事象がある（視界不良、逆光、降雨等…）．一方、実車試験可能領域では、実現性のあるテスト条件の設定が必須（テスト条件が決まればシミュレーションも可）．

シミュレーションの効果的使用領域

→シミュレーションの利活用は、A.実車模擬で効率化、B.再現困難な事象検証、2つの領域に効果的．

実車実験では危険な検証



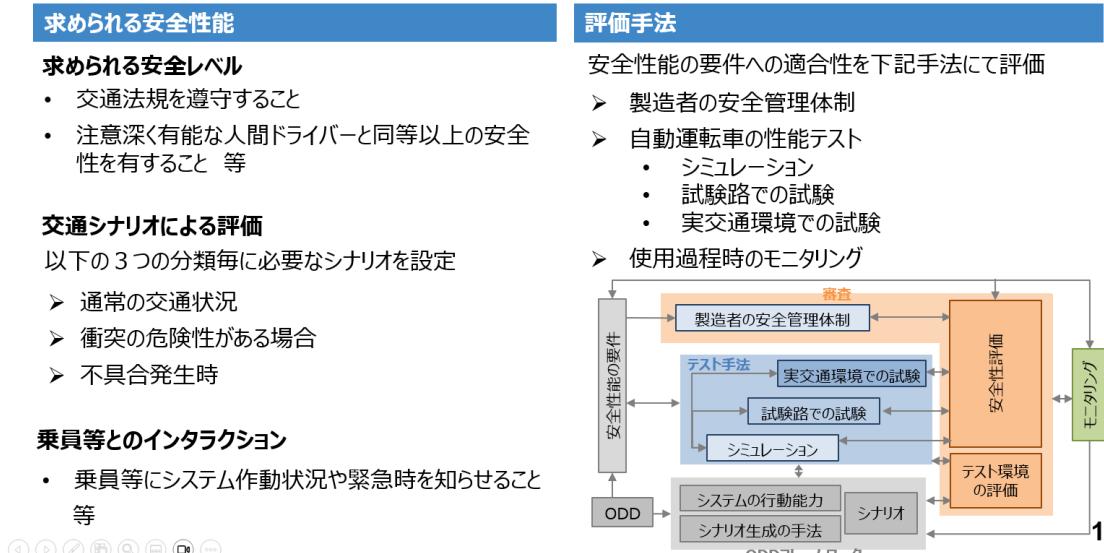
こうした課題感からか、現在WP29では、"Virtual testing and credibility assessment"について議論が進んでおり、Annexの中でフレームワークが示されている状況

WP29におけるSim活用の議論

【レベル3・4】自動運転システムの国際ガイドラインの概要



- 日本が自動運転車に求められる安全性能やその評価手法を提案し、専門家会議の共同議長国として議論を主導
- 本ガイドラインをもとに、今後、法的拘束力のある国連基準（UNR/GTR）の策定に向けて議論中。引き続き、共同議長国として議論を主導。

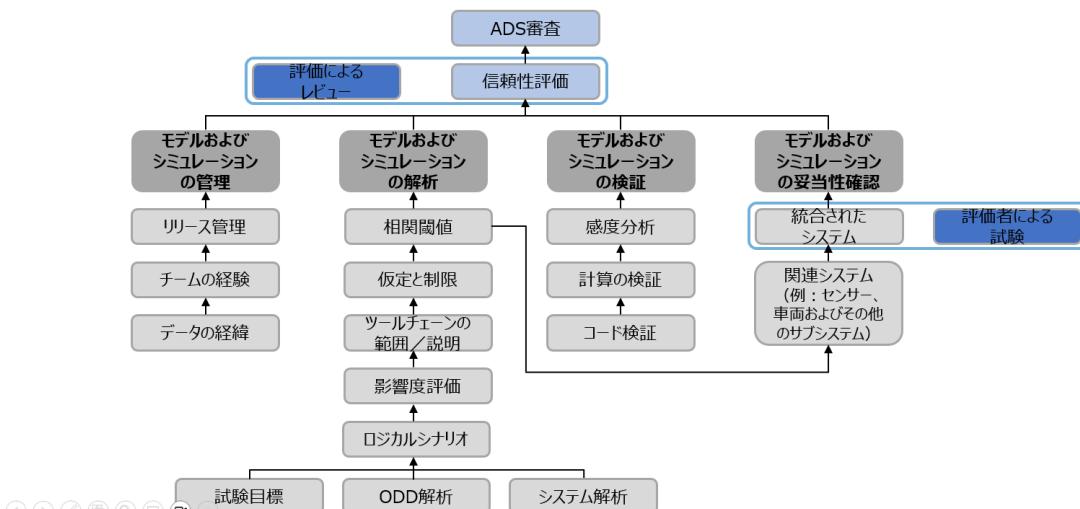


シミュレーションの信頼性評価



- シミュレーションによる試験は、その結果の信頼性が確認された場合にのみ使用できる
- ガイドラインにおける信頼性評価フレームワークでは、実車試験の結果等を踏まえつつ、モデル及びシミュレーションの管理・解析・検証・妥当性確認を行い、信頼性を証明することとしている

シミュレーション信頼性評価フレームワーク

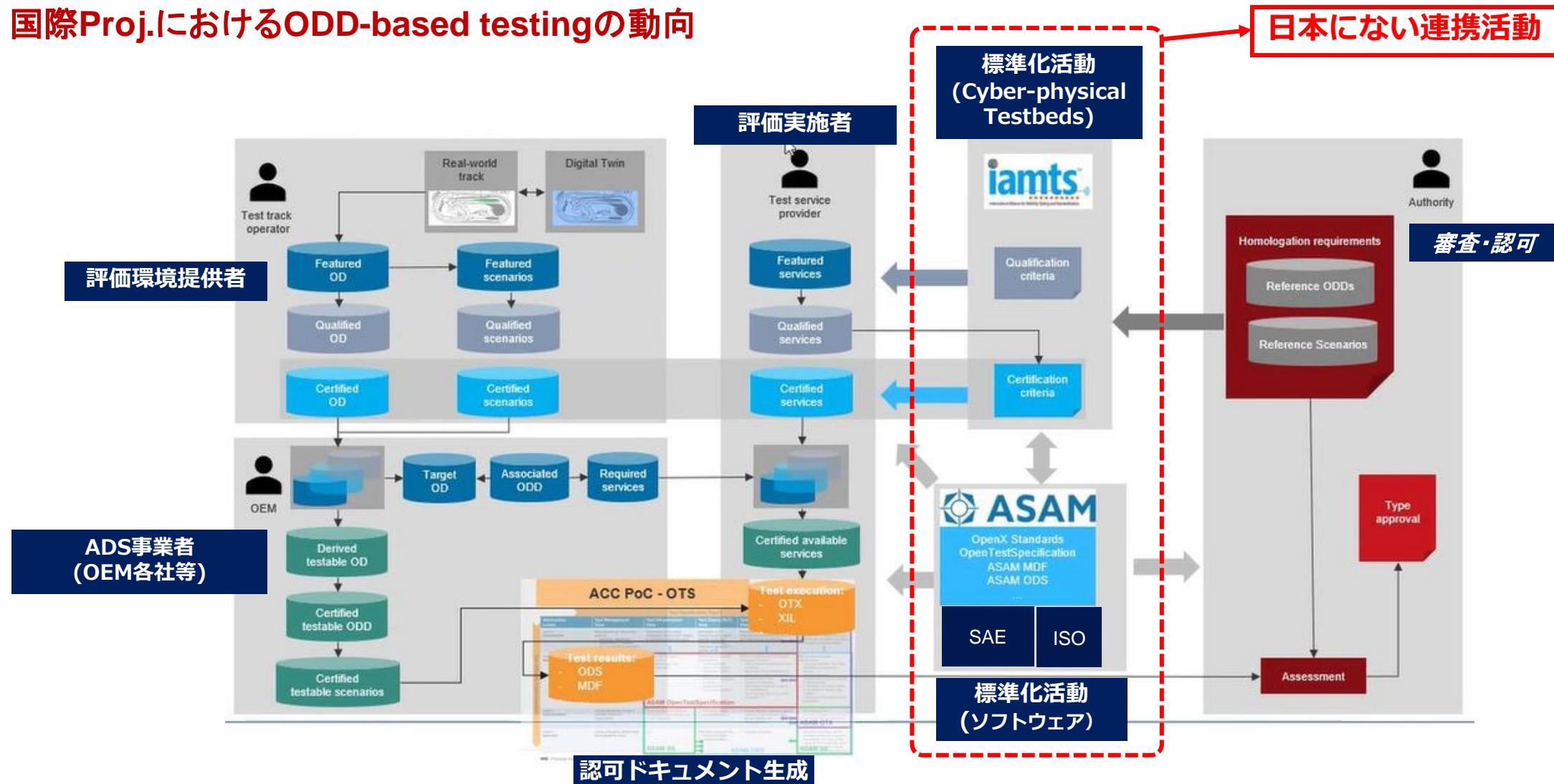


19

- ECE/TRANS/WP.29/2024/39 working document 16/04/2024より
[\(GRVA\) - Guidelines and recommendations for Automated Driving System safety requirements, assessments and test methods to inform regulatory development | UNECE](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc29/WP29/GRVA/GRVA_English.pdf)

IAMTSコンソーシアムと独ASAMを中心に、OEM各社や評価環境提供、評価実施主体と、審査・認可主体が一体で実効的な仕組みの検討が進む

国際Proj.におけるODD-based testingの動向

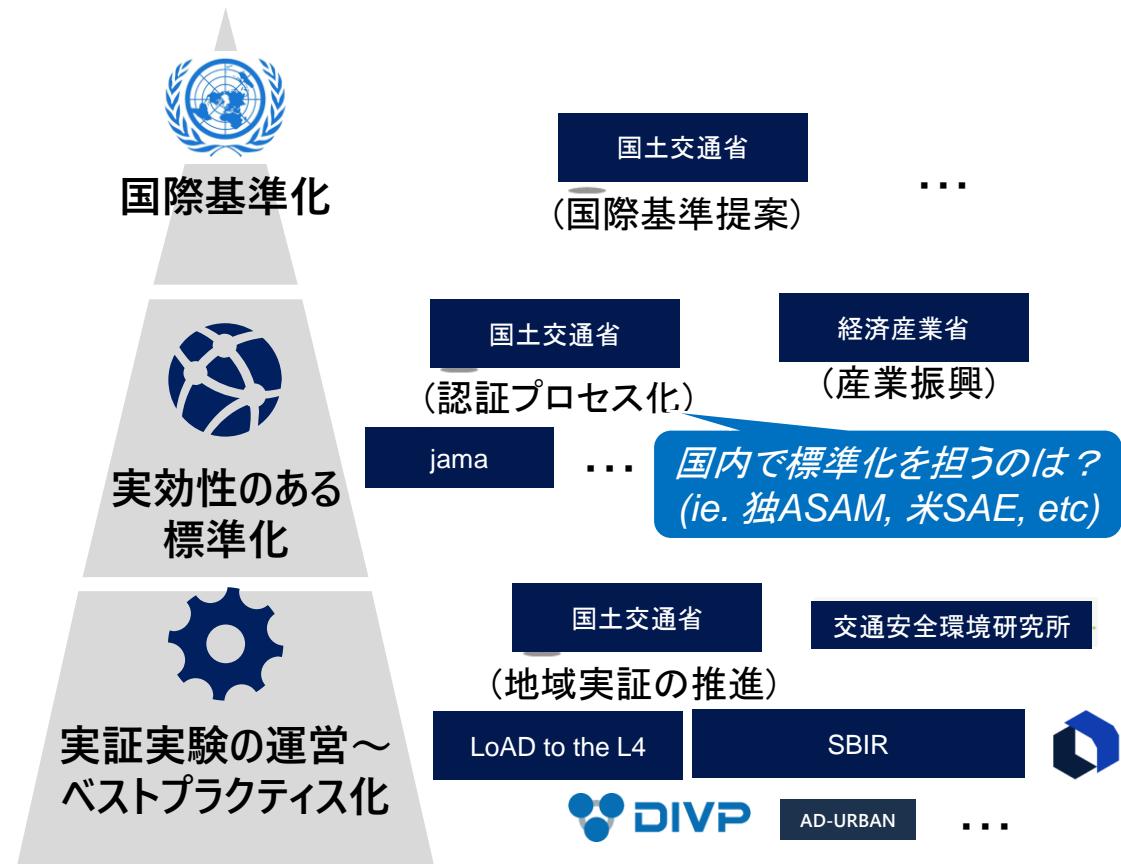


Source : IAMTS/ASAM 提供資料

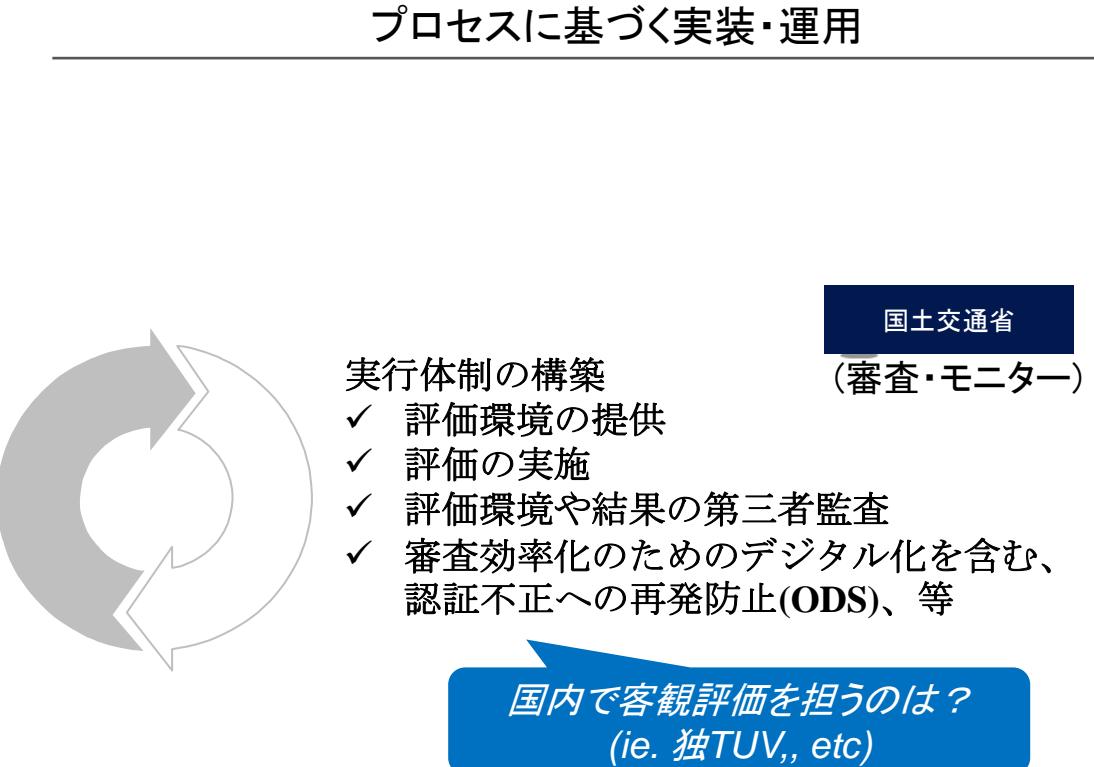
認証へのSim活用については、認可側・申請者側、双方の緊密な連携とリーダーシップが肝要

認証プロセス化～国際標準・基準化にかかる論点

認証プロセスの構築～国際基準化



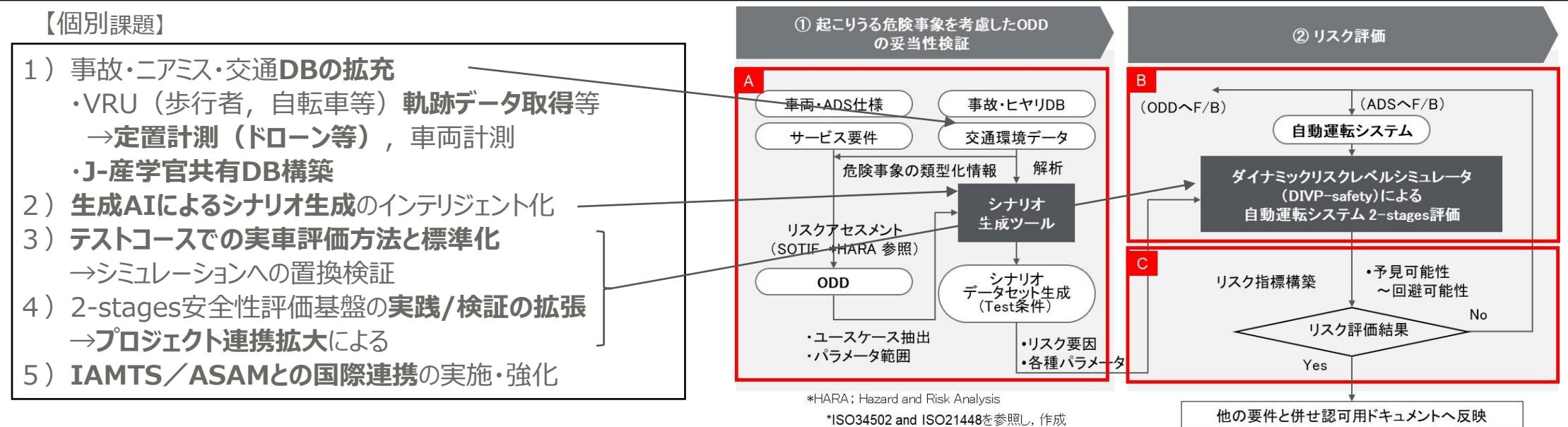
プロセスに基づく実装・運用



今後TFでは、”日系シェア3割”の実現を支えるためのCyber-physical testing構築を提案したい

Cyber-physical testing構築に向けての提案と関係各位へのお願い

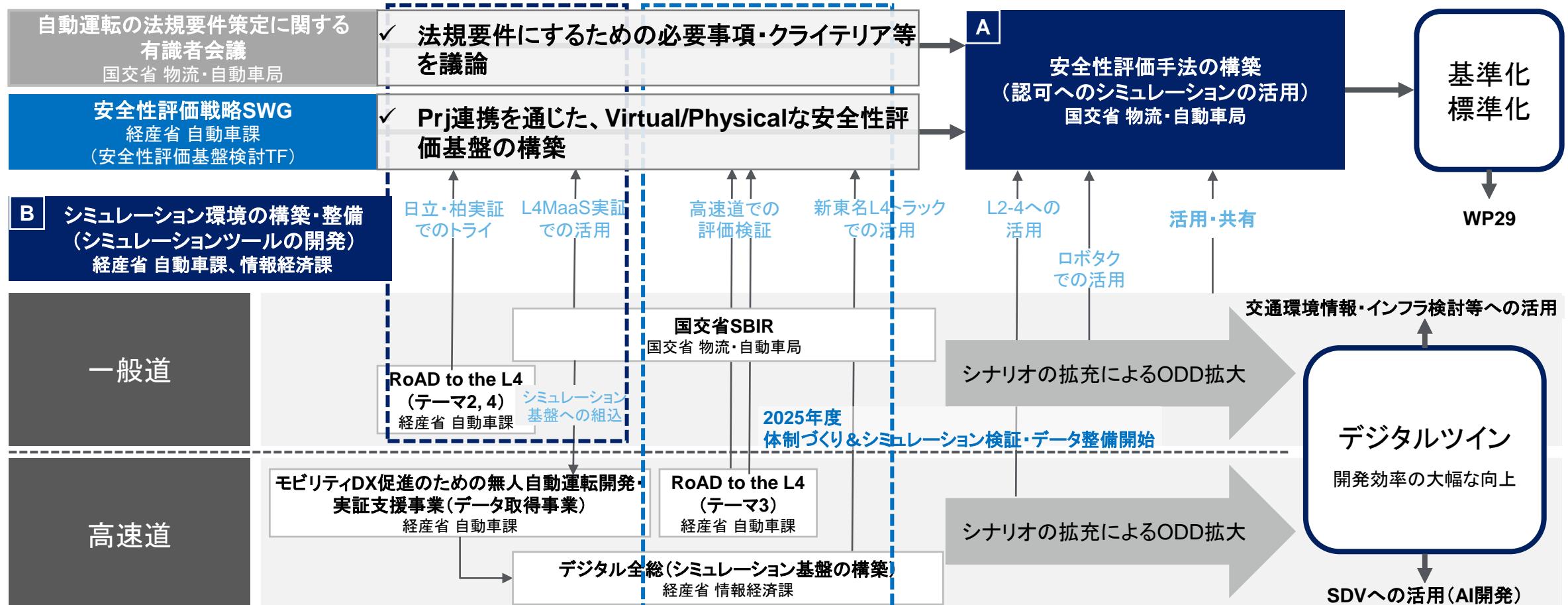
- ✓ 安全性評価基盤検討T/Fは、JAMAガイドラインに基づき、SAKURA/AD-URBAN/DIVPの3プロジェクトの連携により、センサ視の仮想空間シミュレータの構築や認識可能性から回避可能性評価を可能とするグローバルにも優位性のあるシミュレーション評価基盤を構築してきた。今後、SDVに向けて、シミュレーションの認可案件にとどまらず**自動運転車の安全性評価におけるCyber-physical testing構築**は、重要事例になる予想される。
 - ✓ よって、Cyber-physical testing構築へのプロジェクトの昇華を提案するとともに、お願いは、ASAM／IAMTSのような実践的な標準化（協調）活動の日本の強化策について相談させて頂きたい。（複雑な自動運転システムの認可側と事業側をつなぐ重要な機能部と考えているため）



FY24までに確立したVirtual/Physicalな安全性評価基盤を拡充し、FY25では、認証評価にかかる手法の確立と共に、SDV日系シェア3割を支えるシミュレーション環境の構築を進める。

FY25でのシミュレーションに向けた体制(案)→A. 認可, B. シミュレーション環境構築, の2つを目指す

2024年度の取り組み



現在進んでいるプロジェクトの成果を活かしつつ連携強化を図り、将来の認証・認可への活用も視野に入れた“シミュレーション環境の構築・整備”をオールジャパン体制で推進したい

外部発信

2024年度は 24件の研究発表や講演を実施

研究発表・講演

No	発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者	所属
1	2024.3月	三菱プレシジョン技報2024年度 Vol.13, 寄稿	仮想空間シミュレーション;DIVPによる自動運転車の安全性評価	井上 秀雄	神奈川工科大学
2	2024.4.22	第1回 DIVP技術セミナー	認識＆安全リスク評価を実現するDIVPプラットフォーム開発(2-Stage評価の提案)	長瀬 功児	トヨタテクニカルディベロップメント株式会社
3	2024.4.22	第1回 DIVP技術セミナー	コンクリートシナリオ生成方法と事例紹介	竹田 和司 別宮 彰	三菱プレシジョン株式会社
4	2024.4.22	第1回 DIVP技術セミナー	センサーモデルを活かす空間伝搬モデルとその使い方	渡邊 龍雄	BIPROGY株式会社
5	2024.4.22	第1回 DIVP技術セミナー	Radarの必要性と、最近の進化	天野 義久	学校法人行徳学園神奈川工科大学
6	2024.5.23	自動車技術会2024年春季大会 講演発表,予稿集,講演番号253,文献番号20245253	レイトレーシングシミュレータによる車両のミリ波レーダ散乱点の再現手法	磯野友輔 池田正和 井上秀雄	SOKEN SOKEN 神奈川工科大学
7	2024.5.30	MATLAB Expo2024	自動運転の仮想環境による安全性評価	石 峰	トヨタテクニカルディベロップメント株式会社
8	2024.06.25	ASAM Regional Meeting Japan 2024	Standardization project: ASAM OpenMATERIAL with DIVP	昼間 詔仁	BIPROGY
9	2024.7.4	ROAD 2024	ROAD 2025 proposal in KAIT - KAIT, DIVP perception simulation -	Hideo Inoue	Kanagawa Institute of Technology
10	2024.7.11	東急懇談会	DIVP's Digitalization for ADS Safety Assurance	井上 秀雄	神奈川工科大学
11	2024.07.25	第2回 DIVP技術セミナー	ミリ波レーダの原理、特徴、電波法	天野 義久 黒田 浩司	学校法人行徳学園神奈川工科大学

2024年度は 24件の研究発表や講演を実施

研究発表・講演

No	発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者	所属
12	2024.07.25	第2回 DIVP技術セミナー	DIVP-PFのRadarセンサモデル、およびシミュレーション事例	天野義久 井上大輔	学校法人行徳学園神奈川工科大学 古河電気工業株式会社
13	2024.8.2	九州大学オートモーティブサイエンス専攻、講義	自動車の運動と制御・知能化による安全技術の進化	井上 秀雄	神奈川工科大学
14	2024.8.5	SBIR_ADS安全性評価_合宿、講演	DIVP; Driving Intelligence Validation Platform	井上 秀雄	神奈川工科大学
15	2024.9.30	一般社団法人日本オプトメカトロニクス協会、光学系設計技術部会、講演会	仮想空間とセンサ物理モデルに注目した自動運転安全性評価シミュレーションDIVPの開発	井上 秀雄	神奈川工科大学
16	2024.10.31	第3回 DIVP技術セミナー	どんどんつながるDIVP	松本 律樹	三菱プレシジョン株式会社
17	2024.11.1	自動車技術会会誌「自動車技術」Vol.78, No.11 2024	仮想空間シミュレーションによる自動運転車の安全性評価	井上 秀雄	神奈川工科大学
18	2024.11.14	MIWJ Safety Assurance breakout WS	ADS Safety Assurance Initiative in Japan	Hideo Inoue	Kanagawa Institute of Technology
19	2024.11.18	情報処理学会_連続セミナー2024_自動運転	自動運転車の安全性評価に向けた仮想空間シミュレーション:DIVP®の開発	井上 秀雄	神奈川工科大学
20	2024.11.26	JSAEアクティブセイフティ部門委員会講演	仮想空間による自動運転車の安全性評価基盤の構築 - 安全性評価基盤検討タスクフォース活動 -	井上 秀雄	神奈川工科大学
21	2024.12.05	ASAM International conference 2025	DIVP®'s Digitalization for ADS/ADAS safety assurance	Hideo Inoue	Kanagawa Institute of Technology

2024年度は 24件の研究発表や講演を実施

研究発表・講演

No	発表年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者	所属
22	2025.2.13	ASIFスキルアップセミナ講演	自動運転車の安全性評価に向けた 仮想空間シミュレーション:DIVP®の開発	井上 秀雄	神奈川工科大学
23	2025.2.17	とことんわかる自動車のモデリング と制御2024	センサ電磁波特性からみた走行環境～空間伝搬～センサのモデル化	渡邊 龍雄 池田 正和 水越 雅司	BIPROGY 株式会社 株式会社SOKEN 学校法人行徳学園神奈川 工科大学
24	2025.2.27	JAMBE年度末報告会	自動運転の仮想環境による安全性評価	岡本 竜治	トヨタテクニカルディベロッ メント株式会社

論文発表

年月日	媒体	論文タイトル	執筆者

知財の蓄積

出願日	受付番号	出願に係る特許等の標題	出願人

END

Tokyo Odaiba → Virtual Community Ground

