

安全性評価基盤検討TF

Team0 活動成果報告

2024/03/01

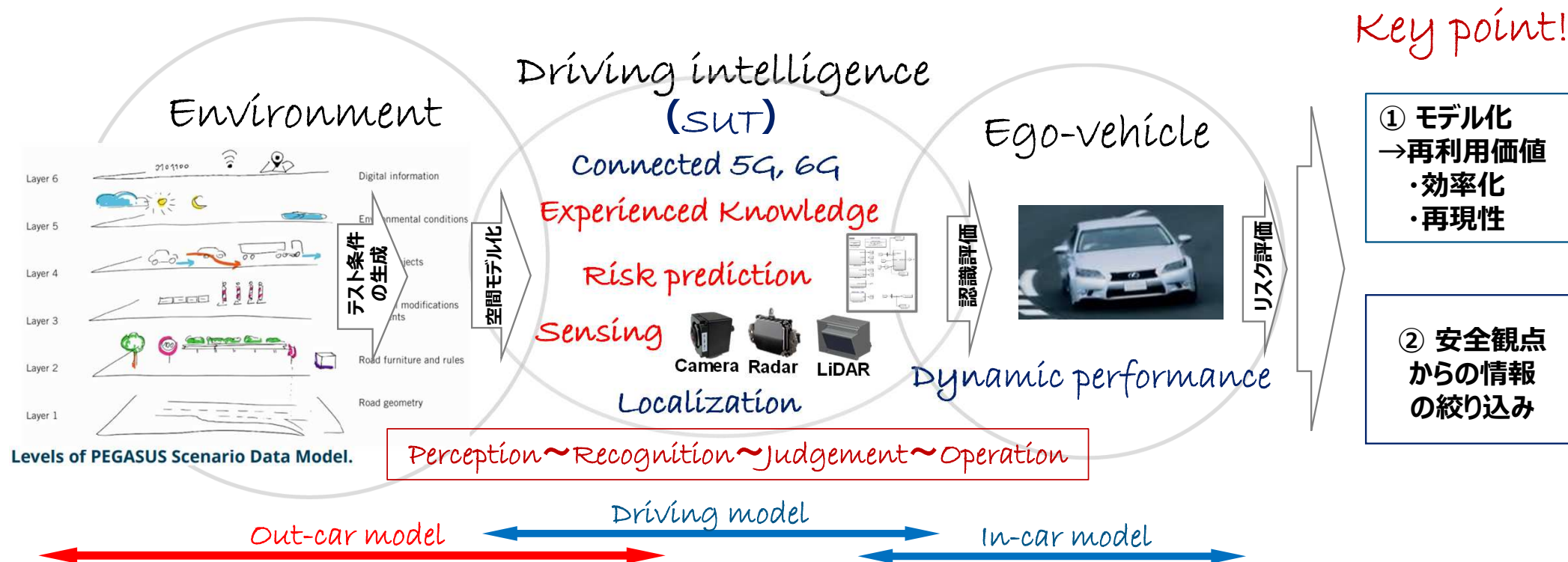


AD-URBAN



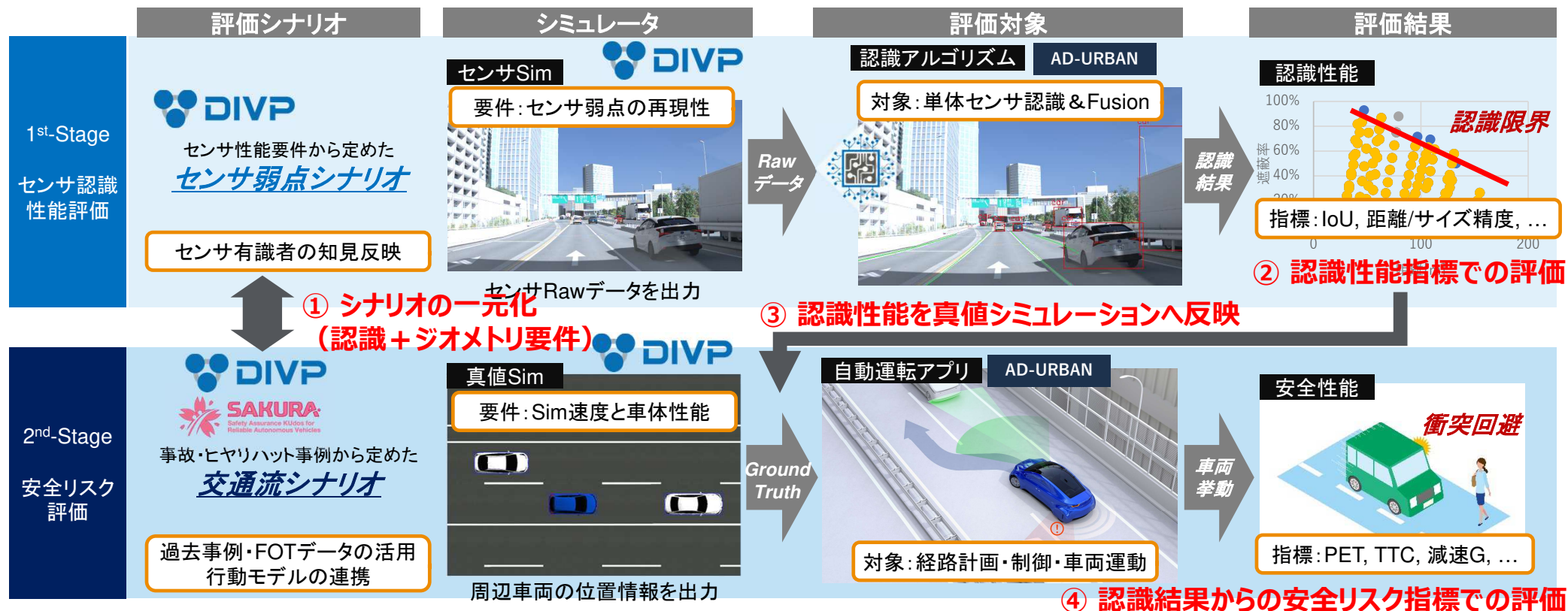
「走行空間のModel Based化（仮想空間）→モデルの再利用価値（効率化，再現性）を活かす」
「安全観点からの情報の絞り込み」の2点が，キーポイント。

自動運転 安全性評価における「網羅性」という「次元の呪い」を解くには？



仮想空間上で、認識性能と安全リスクの2Stage評価を行える評価プラットフォームをDIVP・AD-URBAN・SAKURA連携で構築した。

本プロジェクトの目指す安全性評価プラットフォームの構成と課題（①～④）

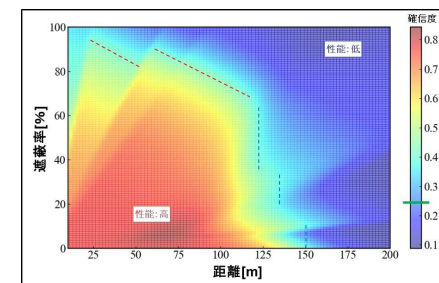


地域実証実験と仮想空間によるデジタルツイン検証を世界に先駆け確立

2023年度 安全性評価基盤プロジェクト研究開発成果の概要

- ① テスト条件生成のためのシナリオの一元化の取組み
- ② 認識性能指標の開発と実践
- ③ 認識性能指標の真値シミュレーションへの結合方法の構築
- ④ リスク評価指標の開発
- ⑤ 生成デジタルコンテンツLibrary（モデル,データ等）の見える化

Team 2報告

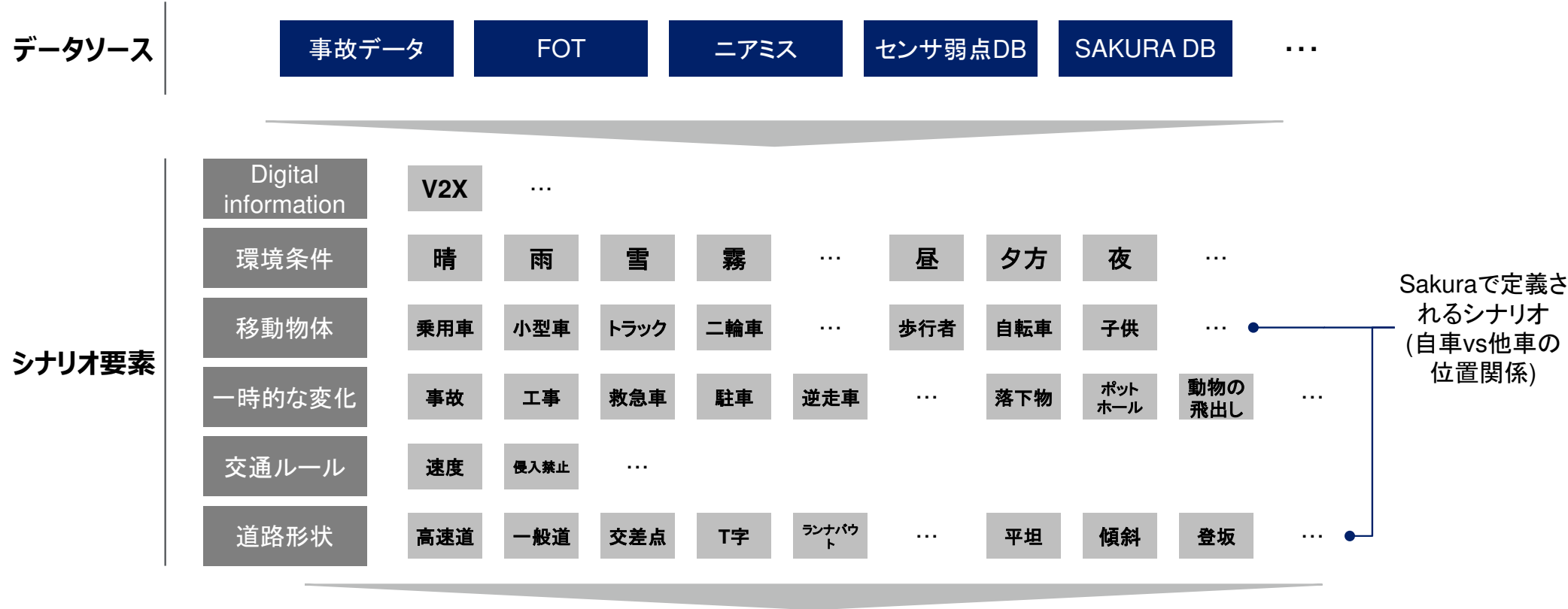


認識性能指標 等

参考) 標準化, 国際連携活動

仮想環境で安全性評価を行うためには、環境要素や自車vs他車の動き等、走行環境の統合要件をコンピュータが読み込めるデータを生成していく必要がある。

① シナリオの一元化 ; モデル化の要件



走行環境を定義するシナリオモデル

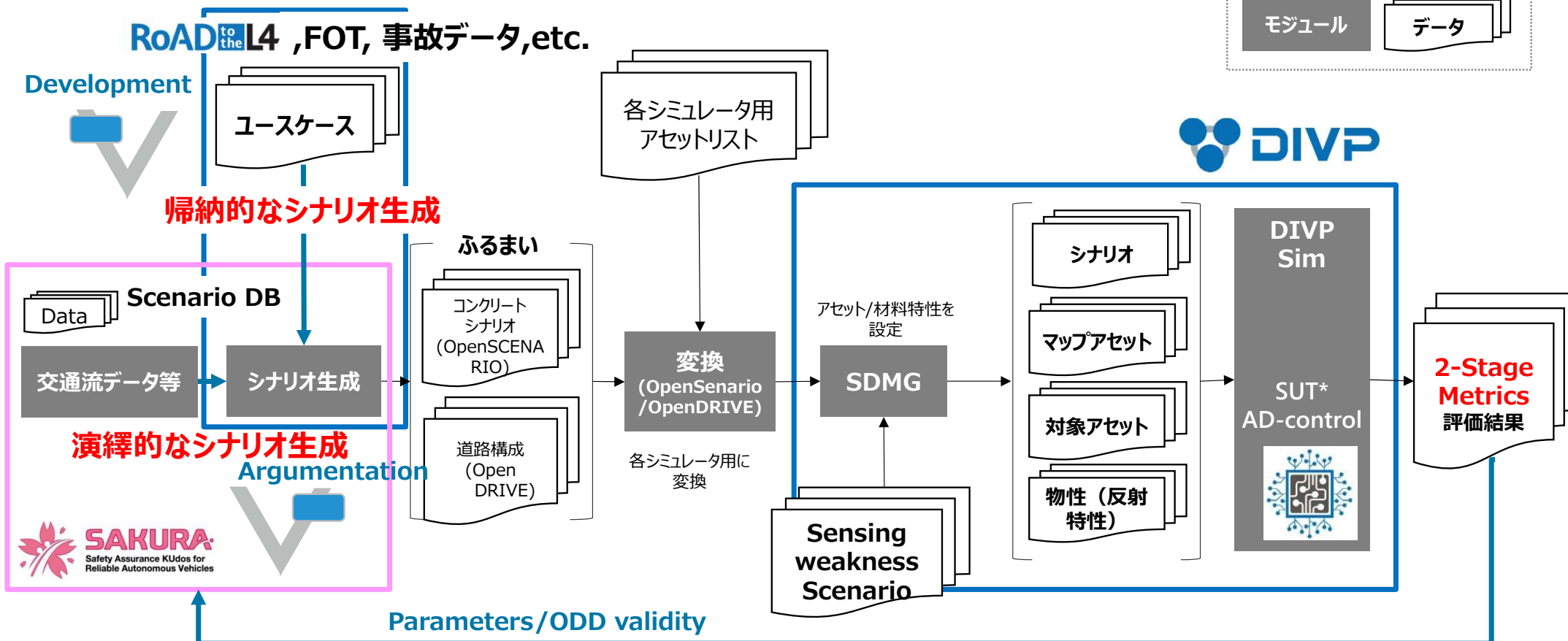
一般道のシナリオ要因は多岐に亘るため、演繹的なアプローチに加え、安全観点からの帰納的なアプローチ（RttL4ユースケース、FOT、死亡事故データ等）で、テスト条件生成（C-scenario）を実施した。

①シナリオの一元化；情報ソース～テスト条件（コンクリートシナリオ相当）の生成

判例

モジュール

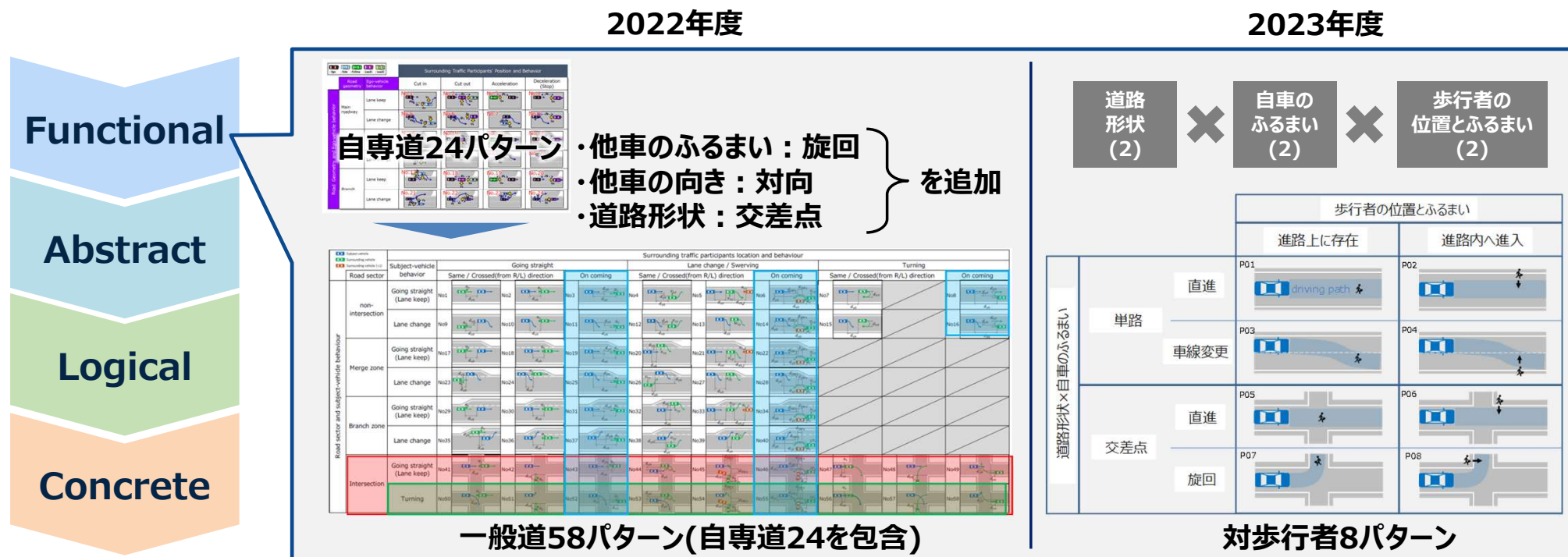
データ



演繹的なシナリオ体系を整備するため、対四輪は自専道24パターンを包含する一般道58パターンに拡張したほか、新たに対歩行者8パターンを作成した。

演繹的なアプローチ：網羅的なシナリオ体系の整備（対四輪車・対歩行者）

- ・自専道のシナリオ体系を拡張するとともに、対四輪車以外のシナリオ体系を整備中

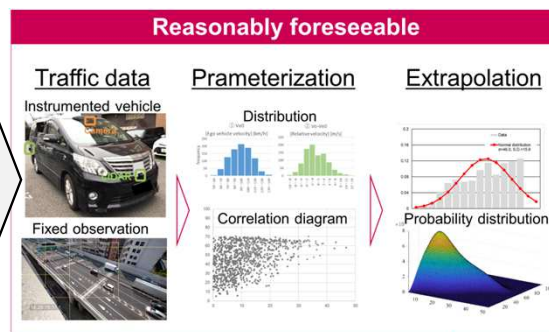


個々のシナリオについて予見可能な範囲と防止可能な範囲を定量化し、標準形式（OpenSCENARIO/OpenDRIVE）のシナリオを出力するシナリオDBに実装を進めた。

演繹的なアプローチ：安全性評価試験に用いるシナリオを出力（シナリオDB）

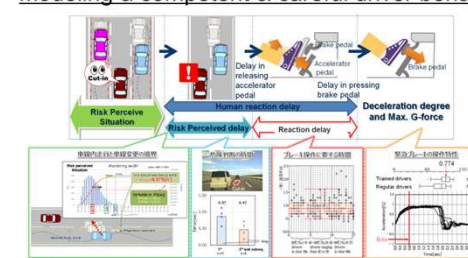
■ 予見可能性の定量化

- ・実交通データ計測/分析
- パラメータ分布の推定
- 合理的に予見可能な範囲の推定



Preventable

Modeling a competent & careful driver behavior

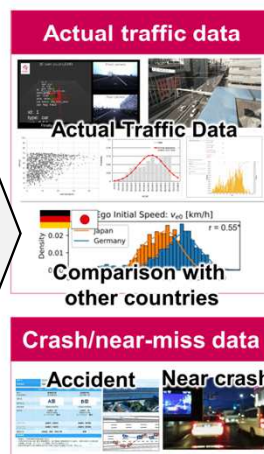


■ 防止可能性の定量化

- ・注意深く有能なドライバのモデル化
- 防止可能な境界

■ 評価シナリオの出力

- ・ユーザが範囲を指定
- ・Regulationに準拠（UNR157等）
- ・標準形式で出力



Scenario DB

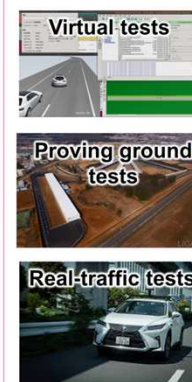
1. Comprehensive Scenarios
2. Flexible Scenario design
3. Reference of standards +

ASAM OpenSCENARIO®

Scenarios

Results

Test methods

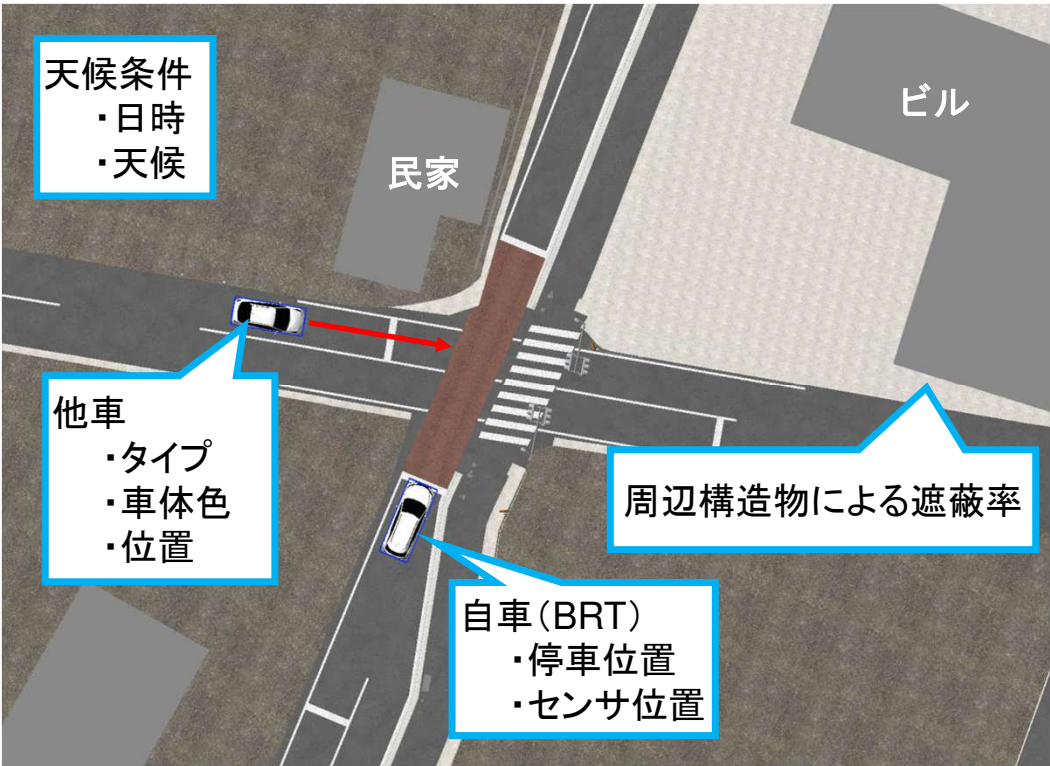


■ さまざまな試験手法と接続

- ・シミュレーション試験
- ・テストコース試験
- ・公道走行試験

ユースケース情報を元に、交差点の交通状況やひたちBRTの運行時刻により環境条件や交通参加者のジオメトリ要件×認識要件を併せた、具体的なテスト条件（C-scenario相当）を生成した。

帰納的なアプローチ：RttL4 テーマ2，磯坪交差点情報を例にしたエッジケースの抽出例



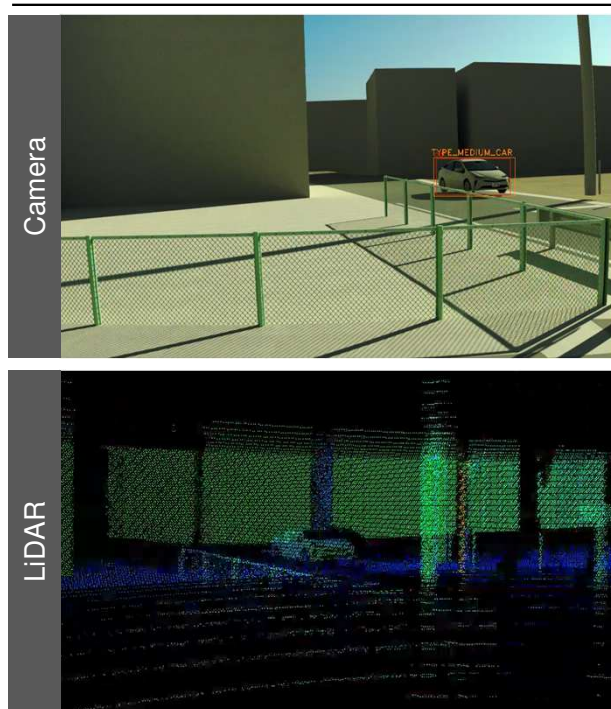
大項目		小項目	パラメータ範囲
地図		磯坪交差点	点群データを使用
車両	自車	車種	RX450h
		センサ位置	カメラ x8, LiDAR x1 (実車両のセンサ搭載位置)
	他車	タイプ	トヨタ プリウス(1種)
		車体色	白・黒・青・黄緑・赤(5色)
日時		過去の 運行実績	12月:10:30、13:00、15:40
天候		雲量・雨量	晴れ(雲:0%)、曇り(雲:50%)、 雨(雲:100%、雨量:20mm/h)
配置	自車	停車位置	遮蔽率0～100%を基準に相対位置 位置を定義(11種類)
	他車	位置	

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

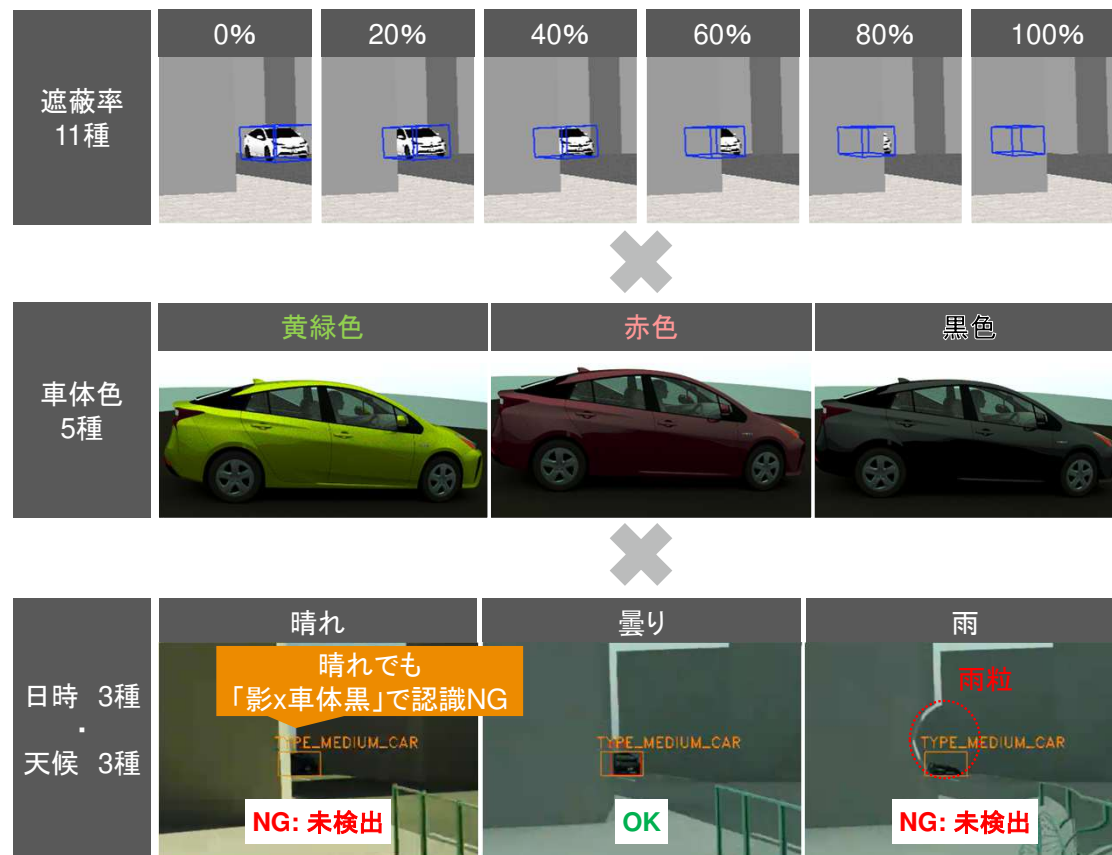
カメラ・LiDAR・真値のシミュレーションによって得られた認識評価から、晴天でもビルの影に入った車を検出できないエッジケースが抽出された。

帰納的なアプローチ：シミュレーション結果を反映

例) 遮蔽率:0%、10:30晴、白



495
条件



※この事例は一般的な画像認識アルゴリズムを使用

遮蔽率ごとに自車と他社の相対距離を変化させたセンサ出力を算出

RttL4のヒヤリングで提案されたユースケースのバーチャル評価を2024FYに計画中

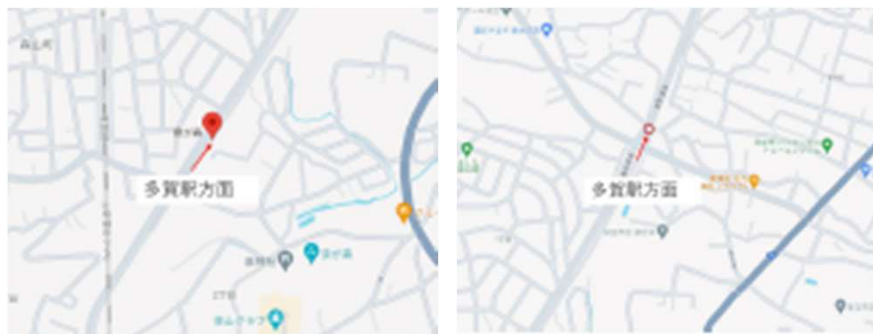
RttL4連携で、抽出されたユースケースLibrary

2.2	RttL4ユースケース	実施済 or 予定	所有者	分類（情報/データ/ モデル/ツール）	Open/Close /SemiOpen	再利用価値
	2.2.1 テーマ2					
	a 磯坪交差点視界と対向車認識（約5000シナリオを生成）	○	DIVP	准モデル	Open	◎
	b 泉が森バス停信号機西日認識（予定）	(24FY予定)	DIVP	(准モデル)		(○)
	c 大沼小学校付近 複雑交差点部（予定）	(24FY予定)	DIVP	(准モデル)		(○)
	2.2.2 テーマ3					
	a 合流支援（予定）	(24FY予定)	(DIVP)	(准モデル)		(◎)
	b 夜間・路肩停止大型車（予定）	(24FY予定)	(DIVP)	(准モデル)		(○)
	c 二輪車すり抜け（予定）	(24FY予定)	(DIVP)	(准モデル)		(○)
	d 逆走車（予定）	(24FY予定)	(DIVP)	(准モデル)		(○)
	e 先読み情報支援（予定）	(24FY予定)	(DIVP)	(准モデル)		(○)
	f 東北自動車道 佐野SA 合流車視界不良	未定	(DIVP)	(准モデル)		(○)
	2.2.3 テーマ4					
	a 認識性能向上（歩行者、自転車等）&学習用データ生成（先進モビ）	(24FY予定)	(DIVP)	(准モデル)		(○)
	b 樹木歩道走行自転車の認識（先進モビ）	(24FY予定)	(DIVP)	(准モデル)		(○)
	c マルチセンサ、魚眼カメラ（先進モビ）	(24FY予定)	(DIVP)	(准モデル)		(○)
	d 柏の葉駅～キャンパス間 無信号交差点視界	(24FY予定)	(DIVP)	(准モデル)		(○)
	e 路駐歩行者飛び出し	既存の反映	DIVP	(准モデル)		○

Road to the L4 テーマ2の皆様との打合せから、西日による特定箇所の信号機の認識率や複雑な交差点におけるバスの走行に課題をもつことを確認、安全性検証において環境要件が不可欠なことを再確認

Road to the L4 テーマ2提示情報

課題①



上記区間において、西日による影響で信号機の認識率に課題をもつ

課題②

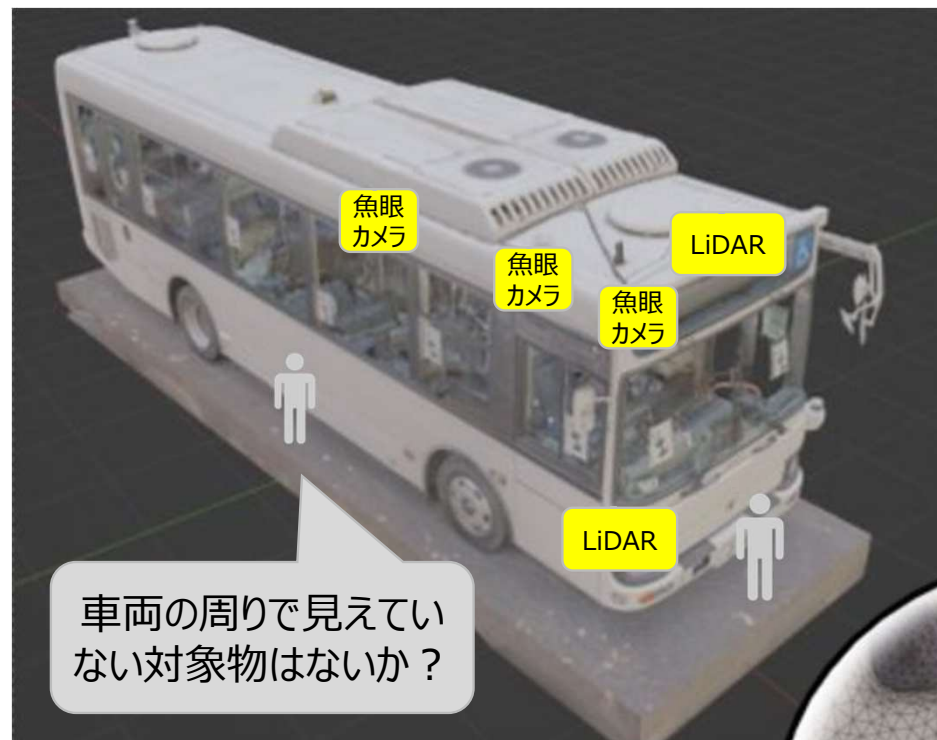


上記区間の複雑な交差点におけるバス走行に課題をもつ

テーマ3,4、先進モビリティ様の困りごとは認識性能評価、今後AD開発でDIVPを活用する上での課題の一部 具体的な経験シナリオでの認識評価とマルチセンサ機能のシミュレーションへの落としこみを進める

Road to the L4 テーマ3,4 先進モビリティ様での困りごと整理

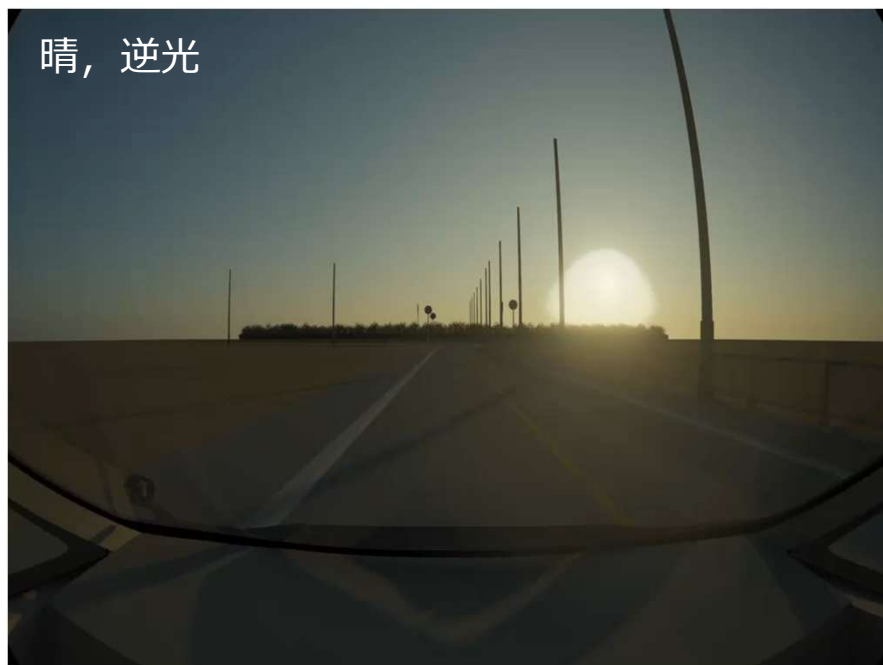
実現したいFOVに対するセンサー仕様・配置検討（バス）



逆光で認識できなかった見通しの良い交差点事故，自転車死亡事故等のシミュレーションでの再現例 →対応方法の検討が可能

DIVPシミュレーションによる事故再現による対策検討

晴，逆光，見通しの良い交差点
カメラ視界，認識タイミングをシミュレーションで再現



夜間，自転車死亡事故，
カメラ視界をシミュレーションで再現



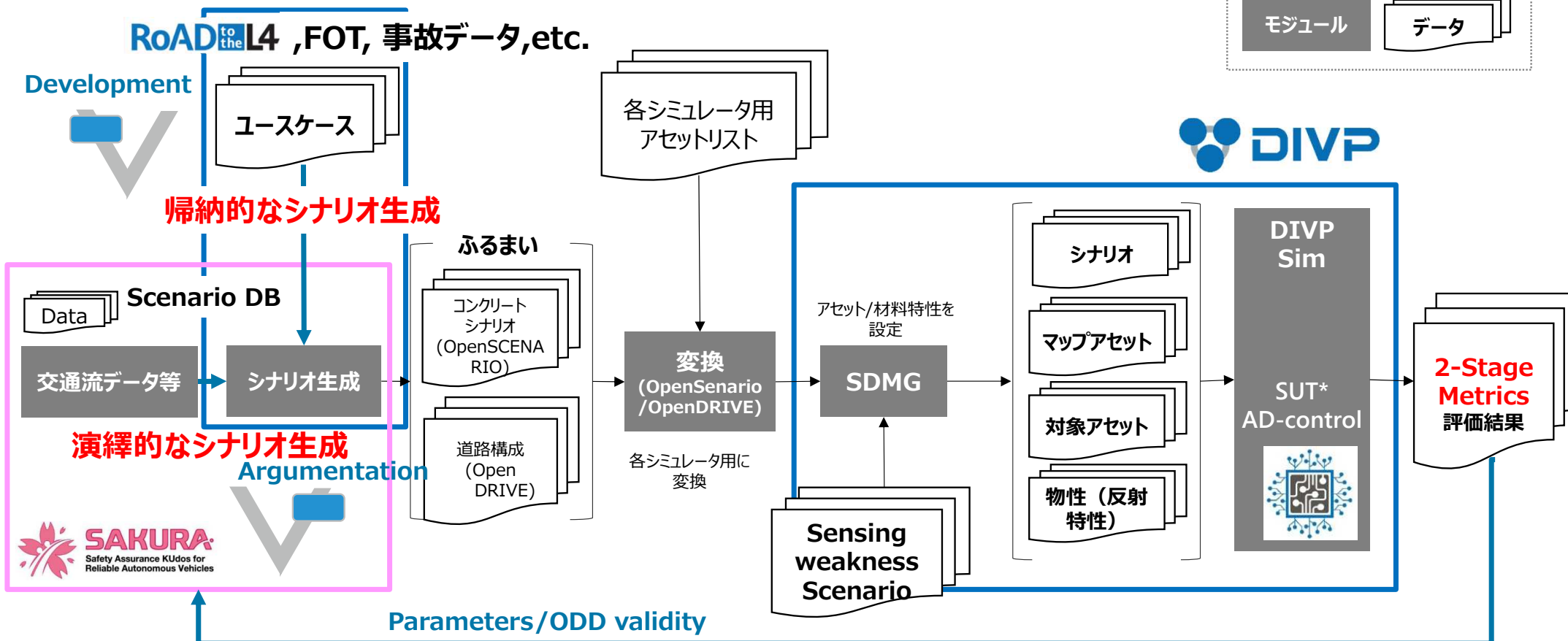
一般道のシナリオ要因は多岐に亘るため、演繹的なアプローチに加え、安全観点からの帰納的なアプローチ（RttL4ユースケース、FOT、死亡事故データ等）で、テスト条件生成（C-scenario）を実施。

①シナリオの一元化；情報ソース～テスト条件（コンクリートシナリオ相当）の生成

判例

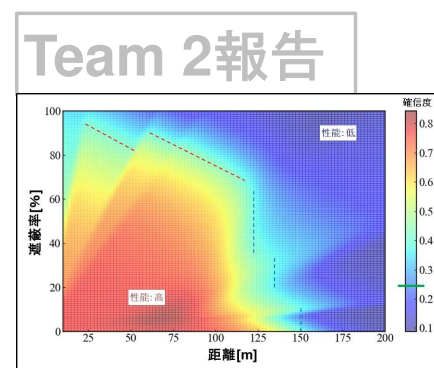
モジュール

データ



2023年度 安全性評価基盤プロジェクト研究開発成果の概要

- ① テスト条件生成のためのシナリオの一元化の取組み
- ② 認識性能指標の開発と実践
- ③ 認識性能指標の真値シミュレーションへの結合方法の構築
- ④ リスク評価指標の開発
- ⑤ 生成デジタルコンテンツLibrary(モデル,データ等)の見える化



参考)標準化, 国際連携活動

整備したシナリオ、アセット（地図・物標）、モデルは、ユーザからの取り込みも含め、柔軟な組み合わせが可能。
安全性評価のためのパッケージ群を構成する再利用・流用可能なデジタルコンテンツとして整備。

デジタルコンテンツの整備



データ・モデルをライブラリ化・流通させることにより、仮想空間での安全性評価に貢献

11月にはつくばで国際シンポジウムを開催、帰納的なシナリオ生成アプローチの重要性や、プロジェクト・データ連携の必要性等について、各国エキスパートからの賛同を得られた

ADS safety assurance symposium 2023



Dr. Henry Liu
M-city

- 自動運転の安全性検証を行う場合、膨大なシナリオにおけるリスクを評価・優先付けし、効果的な検証手法の確立が肝要



Prof. Frank Köster
GAIA-Xリーダー

- シミュレーションはシステム開発だけでなく、多くのタスクに関連、CatenaXやMobility data space等周辺プロジェクトとの連携が肝要
- Digital twinを用いたIoTインフラの実装が肝要、グローバルでのデータ利活用を念頭にプロジェクトを進めており、日本との協業は是非検討したい



Dr. Moseback
PEGASUS, VVM
プロジェクトリーダー

- VVMはグローバルとシナリオの開発と運営、リスクマネジメント、安全論証、4つの要素から成り立ち、ほかのプロジェクトとの継続的な連携を今後の展望とする
- 革新的なデータエコシステムと研究開発プロセスとの連携は、気候、社会、産業における欧州の最重要目標を達成するための成功要因である

2023年度 成果のまとめ

1. テスト条件生成のためのシナリオの一元化の取組み → ○

- 一般道対応に向け、これまでの演繹的アプローチに加え、RtL4 FOT、交通事故等の安全上の情報ソースからテスト条件（C-scenario相当）を生成する帰納的アプローチのADS開発への有効性を検証できた。
- 2024FYで対応拡張。

2. 「認識性能指標の開発と実践」「認識性能指標の真値シミュレーションへの結合方法の構築」→ ○

- 信頼レベル（IoU）/遮蔽率/測距の定量値からなる認識性能指標を評価P/Fに実装し、有効性の確認完。
- 認識定量出力を真値シミュレーションに繋ぎ、リアルタイム計算が可能。

3. リスク評価指標の開発 → △

- 指標案PETの評価P/Fへの実装完。
- 今後、リスク指標としての適性を評価し改良、及び、クライテリアの検討を進める。

4. 生成デジタルコンテンツLibrary（モデル、データ等）の見える化 → ○

- データ、モデル、ツール等のデジタルコンテンツのLibrary整備 完。
- 今後、データ連携、モデル流通、ツールチェーン の仕組み検討の基盤として活用。

5. 標準化、国際連携活動

- 帰納的なシナリオ生成アプローチの重要性や、プロジェクト・データ連携の必要性等について、各国エキスパートからの賛同を得られた

本Safety assurance prjを研究基盤に、周辺prjとの連携を進め、 Virtual twinを使った各地域実証実験の効率化や、強者連合に基づく国際標準化を目指す

Safety assurance prj成果に基づく知能化モビリティ実装のロードマップ



END

Tokyo Odaiba → Virtual Community Ground



参考資料①

モデル/データLibraryの見える化；生成したコンクリートシナリオ群

2	生成コンクリートシナリオ（シナリオモデル, データセット）	実施済 or 予定	所有者	分類（情報/データ /モデル/ツール）	Open/Close /SemiOpen	再利用価値
2.1	SIP-adus時のパッケージシナリオ	○	DIVP	准モデル	SO	◎
2.1.1	首都高走行	○	DIVP	准モデル	SO	◎
2.1.2	お台場テレコムセンタ南	○	DIVP	准モデル	SO	◎
2.1.3	台場駅周辺	○	DIVP	准モデル	SO	◎
2.1.4	青海駅周辺	○	DIVP	准モデル	SO	◎
2.1.5	青海一丁目交差点	○	DIVP	准モデル	SO	◎
2.1.6	Euro-NCAP(31シナリオ)	○	DIVP	准モデル	SO	◎
2.1.7	NCAP者影飛出し	○	DIVP	准モデル	SO	◎
2.1.8	東京ビックサイト前交差点（AD-URBANデータソース）	○	DIVP	准モデル	SO	◎
2.1.9	センサ特殊不具合, ライト・マテリアル設定	○	DIVP	准モデル	SO	◎

参考資料②

モデル/データLibraryの見える化；3Dモデルアセット群（1000種以上）

3	マップ3Dモデルアセット（FBX）	→OpenDrive関連，外部アセットも利用可		実施済 or 予定	所有者	分類（情報/データ/ モデル/ツール）	Open/Close /SemiOpen	再利用価値
	Layer1	道路形状(ルート、レーン、勾配、道路表層)	(2.1参照)	○	DIVP	モデル	SO	◎
	Layer2	交通路側物(信号、道路標識、カーブミラー、ガードレールなど)	(2.2参照)	○	DIVP	モデル	SO	◎
	"	道路標示(規制標示、指示表示)	(2.3参照)	○	DIVP	モデル	SO	◎
	Layer3	一般路側物（トンネル、路側壁、歩道橋など）	(2.4参照)	○	DIVP	モデル	SO	◎
	"	工事設備(パイロン、工事看板、交通誘導など)	(2.5参照)	○	DIVP	モデル	SO	◎
	"	道路障害物（駐車車両、タイヤ、段ボールなど）	(2.6参照)	○	DIVP	モデル	SO	◎
4	物標3Dモデルアセット（FBX）	→外部アセットも利用可		実施済 or 予定	所有者	分類（情報/データ/ モデル/ツール）	Open/Close /SemiOpen	再利用価値
	Layer4	普通自動車、大型/中型自動車、大型/小型特殊自動車、特殊車両	(2.1参照)	○	DIVP	モデル	SO	◎
	"	バイク、原動機付自転車、自転車	(2.2参照)	○	DIVP	モデル	SO	◎
	"	歩行者	(2.3参照)	○	DIVP	モデル	SO	◎
	"	侵入物（大型動物、小型動物、飛来物など）	(2.4参照)	○	DIVP	モデル	SO	◎
			(2.5参照)	○	DIVP	モデル	SO	◎

参考資料③

モデル/データLibraryの見える化；空間描画モデル群

8	空間描画モデル（レイトレース関係，カメラ/LiDAR/Radar）			実施済 or 予定	所有者	分類（情報/データ/ モデル/ツール）	Open/Close /SemiOpen	再利用価値
8.1	太陽光源モデル（晴/曇/夜，緯度経度・日時での太陽位置,約36色相当のスペクトラム）			○	DIVP	モデル	Software;Close 利用SO	◎
8.2	降雨モデル（粒径×速度×密度パラメータによる降雨量モデル）			○	DIVP	モデル	Software;Close 利用SO	◎
8.3	フロントガラス面の雨付着&ワイパーモデル			○	DIVP	モデル	Software;Close 利用SO	◎
8.4	霧モデル（過去知見に基づく原理モデル4種）			○	DIVP	モデル	Software;Close 利用SO	◎
8.5	Radar雪付着→含水率による信号減衰モデル			○	DIVP	モデル	Software;Close 利用SO	◎
8.6	降雪モデル			△	DIVP	モデル	Software;Close 利用SO	◎
8.7	外付けカメラレンズ界面の雨滴付着除去デバイスの性能評価モデル			△	DIVP	モデル	Software;Close 利用SO	◎
8.8	水の跳ね上げモデル			未	DIVP	モデル	Software;Close 利用SO	◎

参考資料④

モデル/データLibraryの見える化；センサモデル群

9	センサモデル	実施済 or 予定	所有者	分類（情報/データ/ モデル/ツール）	Open/Close /SemiOpen	再利用価値
9.1	カメラIMX490モデル	○	SSS	モデル	Close	◎
9.2	カメラIMX728モデル	○	SSS	モデル	Close	◎
9.3	汎用カメラモデル	○	DIVP	モデル	SO	◎
9.4	128Line全周スキャン LiDARモデル	○	DIVP	モデル	SO	◎
9.5	Pioneer MEMS型LiDARモデル	○	DIVP	モデル	SO	◎
9.6	BlickFeld MEMS LiDARモデル	○	VIVALDI	モデル	SO	◎
9.7	TIベース 中距離 ミリ波センサモデル	○	DIVP	モデル	SO	◎
9.8	近距離 ミリ波レーダモデル(古河AS 24GHz)	○	DIVP	モデル	Close	◎
9.8	4DイメージングRadarモデル（referenceモデル）	△	DIVP	モデル	SO	◎