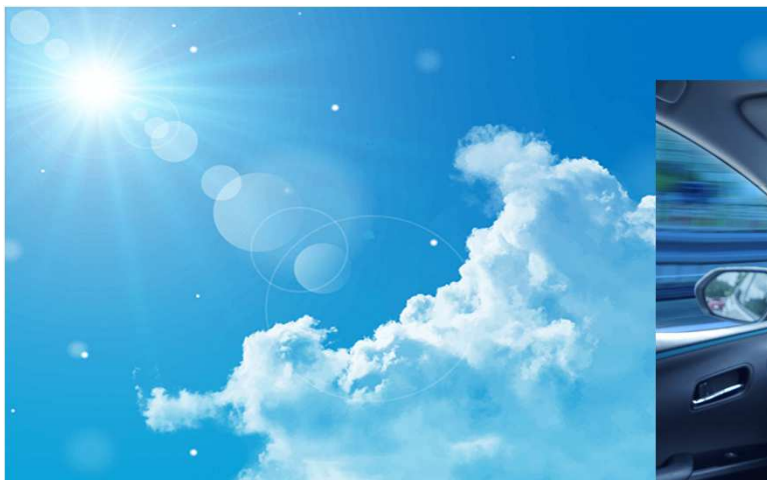


DIVP Driving Intelligence Validation Platform

2023年度 DIVPプロジェクト成果報告

Weather Forecast

2024/3/1



AD safety Assurance*

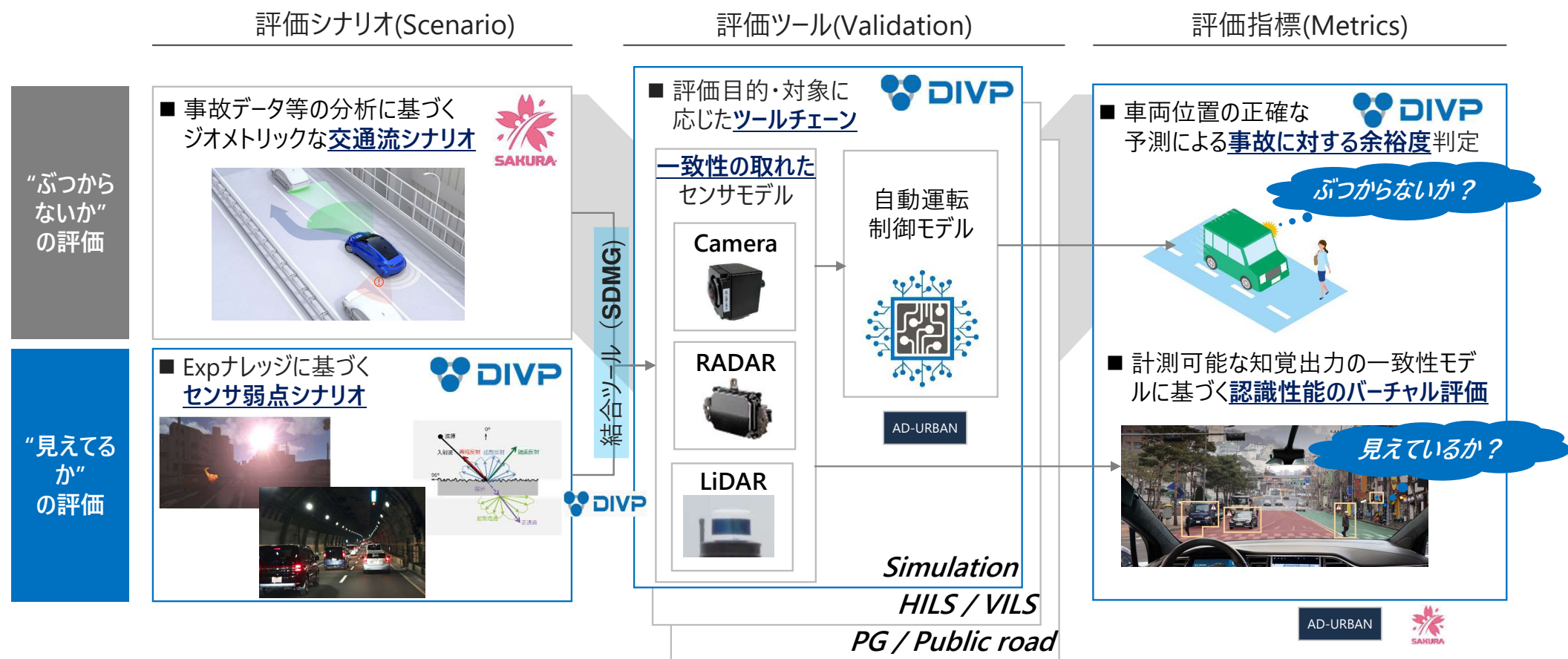


For Validation & Verification Methodology

*AD : Automated driving

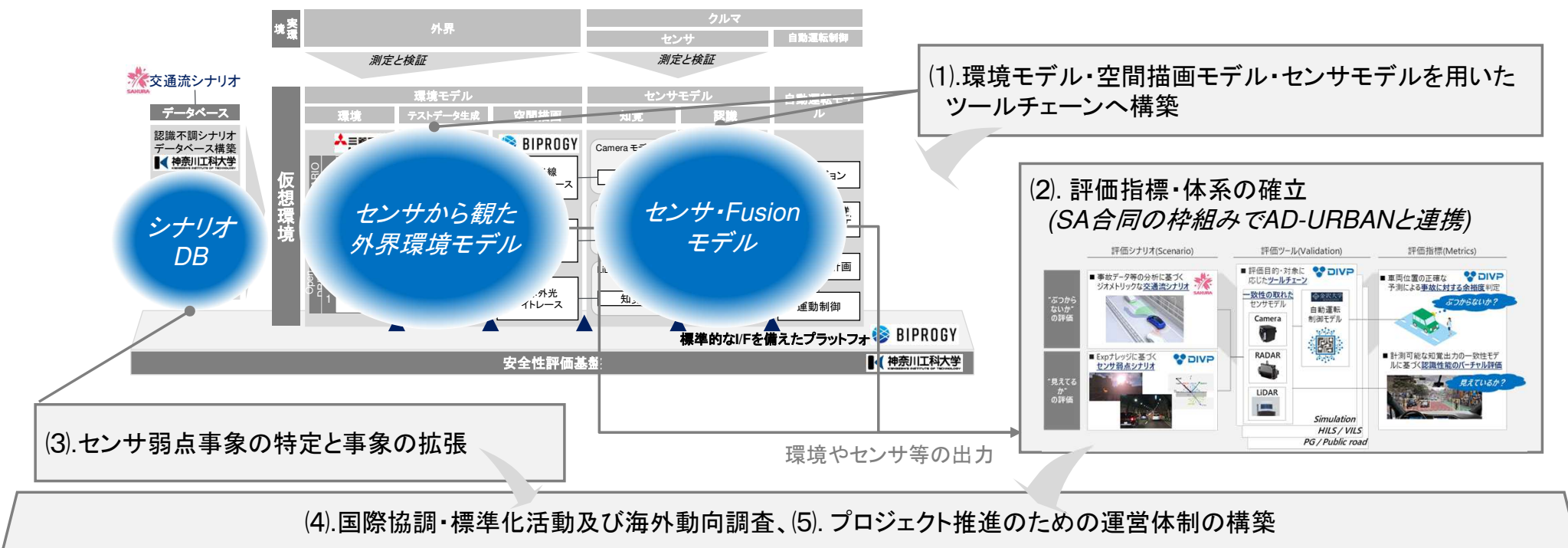
DIVPの2023年度目標；一般道 交差点シナリオでの，評価指標を含むバーチャル評価を達成する。
(→2024年度以降，各地域実証実験のバーチャル評価に展開)

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)**



テーマ（１）環境・空間・センサモデル、ツールチェーンへの拡張

(1)-1.a. 次期型センサモデルの開発

(1)-1.b. センサから見た環境・空間・界面現象の解析とモデル化

(1)-2.a. 実機センサ出力評価環境の構築による I/F 仕様の標準化、MBD手法の研究

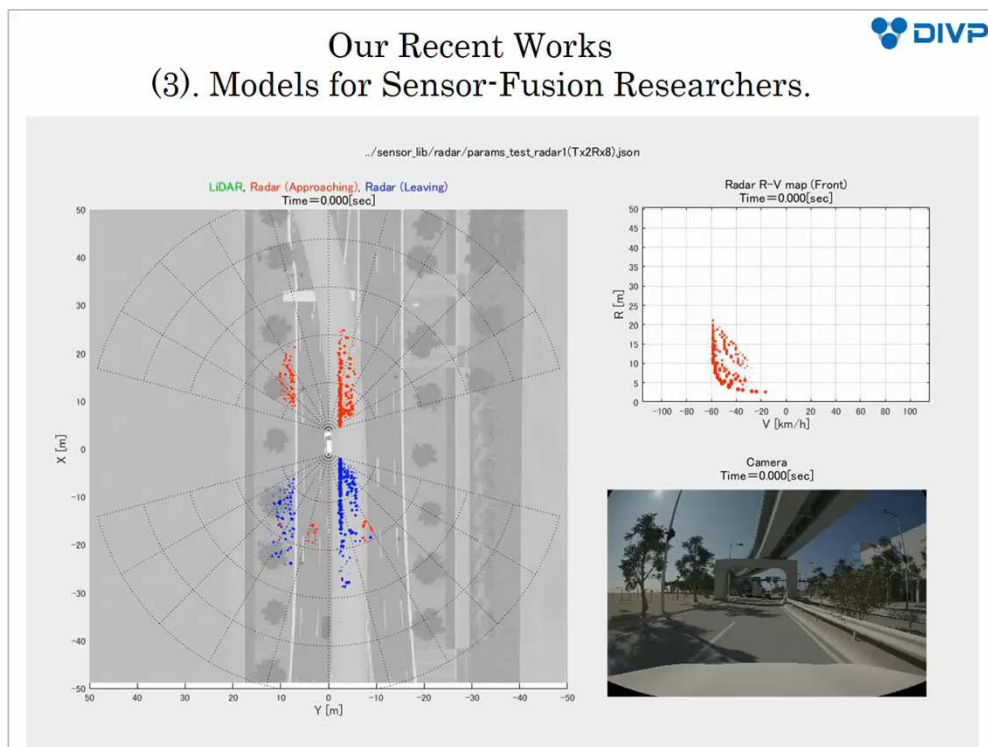
(1)-2.b. モデル結合評価の継続・拡張

高分解能(4D Imaging) Radarモデル開発完了.

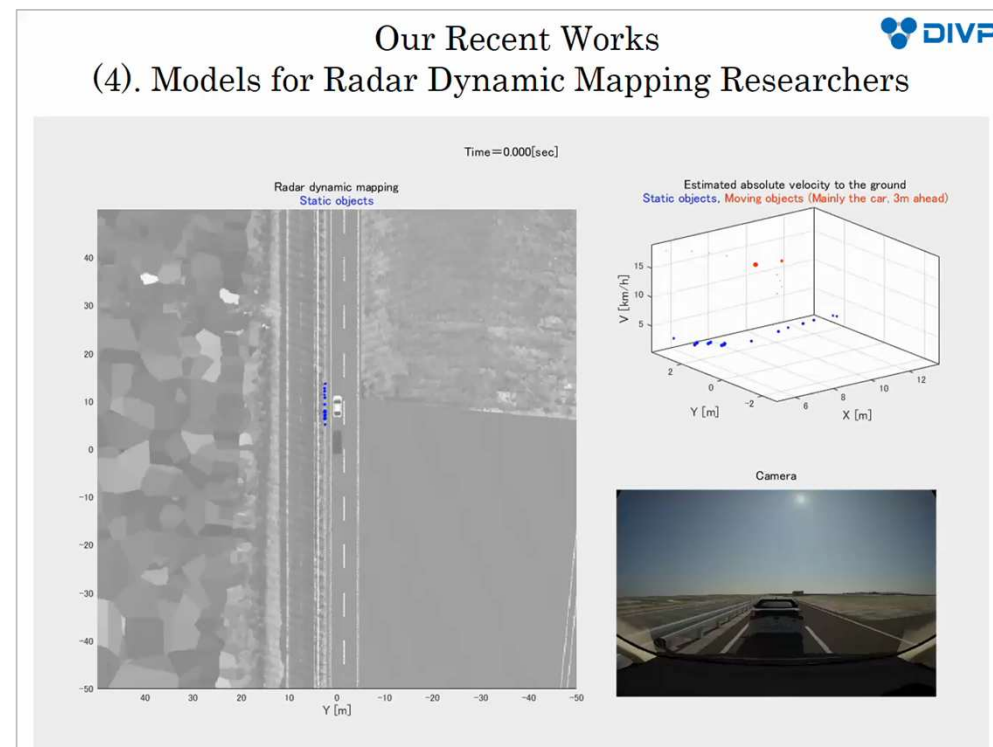
→Sensor Fusion や Radar Dynamic Mapping 等の基盤研究が可能

(1)-1.a. 4D Imaging Radarモデル開発、Radar SLAM

4D Imaging Radar model完, LiDAR Fusion出力



Radar Dynamic Mapping 研究

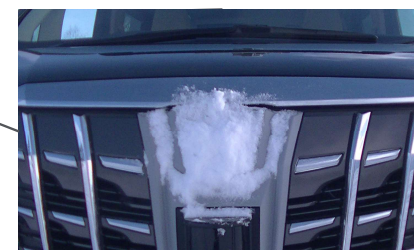
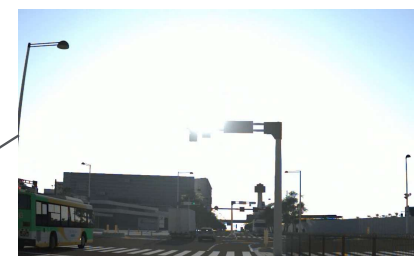


計画通り環境モデルを拡張できた。→センサ弱点評価，認識限界評価，ODD決定への適用が可能！

(1)-1.b. 環境モデル拡張

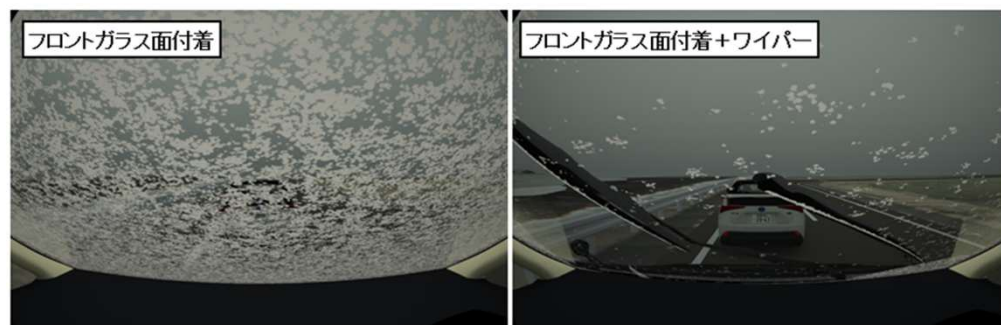
凡例	◎：一致性確認済	SIPにて実施済
	○：一致性未確認	23年度実施
	-：未実装	24年度実施予定

		Camera	LiDAR	Radar
光源	太陽光	◎	◎	◎
	逆光	◎	◎	◎
	街灯	◎	◎	◎
空間モデル	降雨	○	減衰 ◎ 偽点 ◎	減衰 ◎ 偽点 ◎
	霧	○	減衰 ◎ 偽点 ◎	○
	降雪	○	減衰 ○ 偽点 ○	減衰 ○ 偽点 ○
センサの 界面モデル	水滴付着	- 外付けカメラでは必須	-	-
	雪付着	-	-	◎
巻き上げ	水	-	-	-
	雪	-	-	-

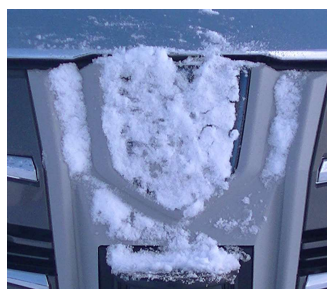


計画通り、雪の環境モデル（降雪と雪付着）開発 完.
派生として、降雪・降雨・霧によるLiDAR・Radarの偽点モデル等を開発.

(1)-1.b 雪の環境モデル試作



降雪と、フロントガラスへの雪付着（Camera Sim例）

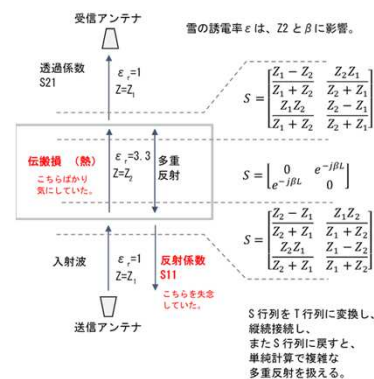


水平角度 [deg]

	-90	-80	-70	...	90
-90	1	0.001	1	...	1
-80	0.001	0.001	0.001	...	1
-70	0.001	0.001	0.001	...	1
-60	1	0.001	0.001	...	1
-50	1	1	1	...	1
...	...	...	...	...	...
90	1	1	1	...	1

垂直角 [deg]

雪の有無とロス、を、数値テーブルで表現



S 行列を T 行列に変換し、
縦続接続し、
また S 行列に戻すと、
単純計算で複雑な
多重反射を扱える。

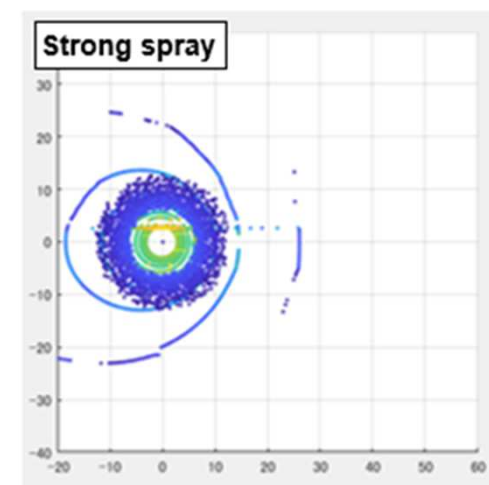
原理1: 雪の形状を数値テーブルで表現

原理2: 各数値(減衰)は多重反射モデルで計算

レーダエンブレムへの雪付着

(1)-1.b その他、派生成果の環境モデル例

霧の中の
LiDAR偽点

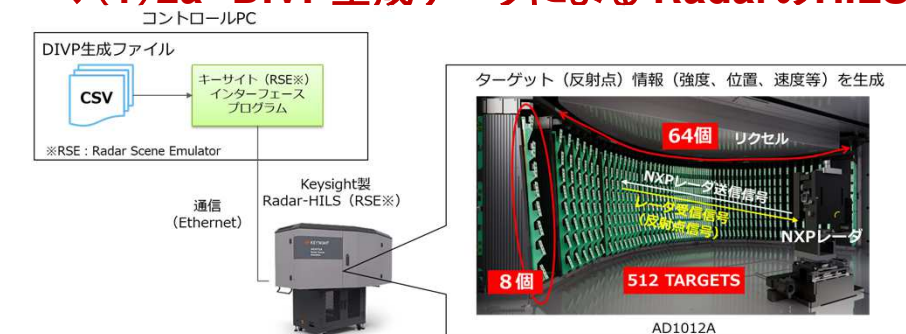


霧の中の
Camera

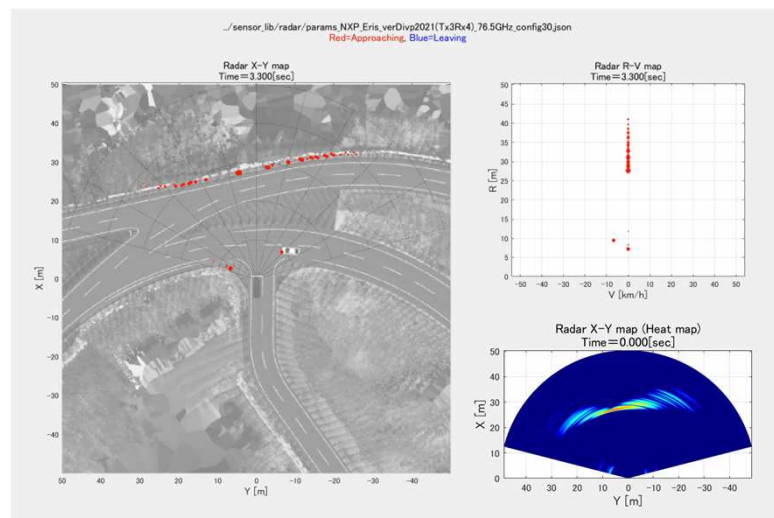


DIVPシミュレーション結果を、Radar-HILS装置でリアルタイムに再生させるI/Fと結合方法を構築
→目標達成により2023年度で本テーマを終了。成果は、標準化とユーザ使用に反映。

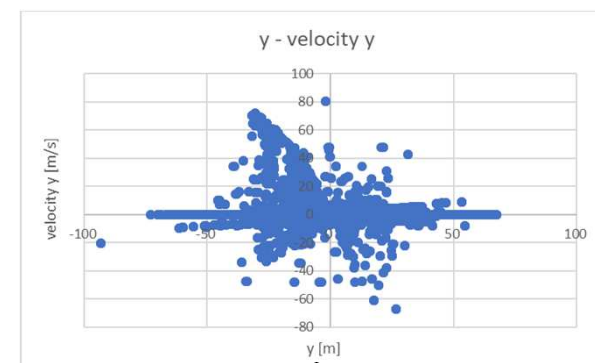
テーマ(1)2a DIVP生成データによる RadarのHILSへの活用



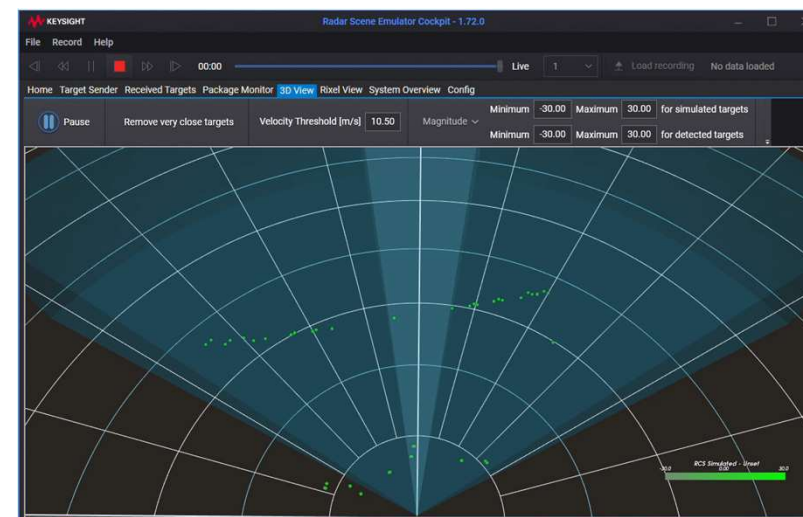
DIVP生成Radarデータ



実機レーダ 出力



HILSハードで再生

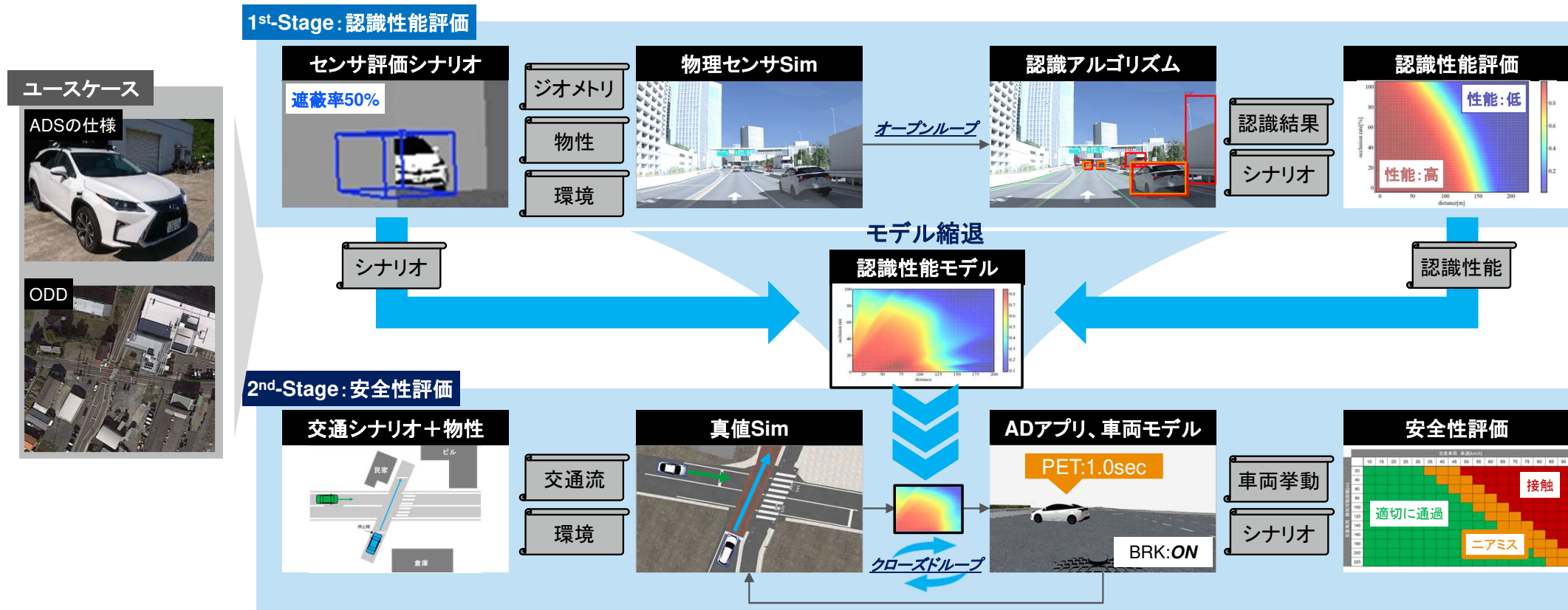


テーマ（２）評価指標・体系の確立

- (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)-1.a. 2-stage評価体系と評価指標の確立
 - (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
 - (2)-1.c. 真値出力・指標算出機能の拡張
 - (2)-1.d. Virtual Assessment 評価の確立
- (2)-2. ドライバ・歩行者行動モデルの研究

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) シミュレーションを用いたADシステムの安全性評価体系 2-Stage評価の構築

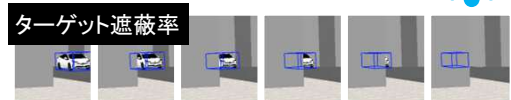
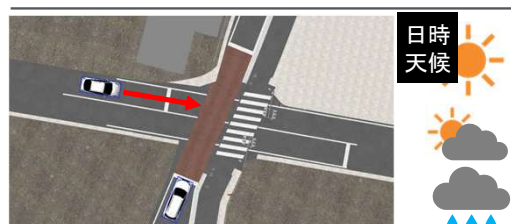


ユースケースに基づき「センサ認識評価」と「自動運転の安全性評価」を行う新たな評価体系を構築

1st-Stage: 物理センサシミュレーションを用いて、ユースケースの条件における認識結果を算出し、センサの認識可否を高速計算可能な縮退モデル「認識性能モデル」を構築する

(2) 1st-Stage: センサ認識性能評価と認識性能モデル

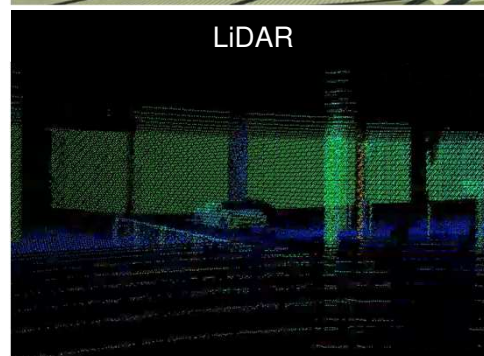
シナリオ



大項目	小項目	パラメータ範囲
地図	磯坪交差点	点群データを使用
車両	自転車	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	自転車 停車位置	停止線~侵入(8水準)
	他車 位置	遮蔽率から決定(後述)

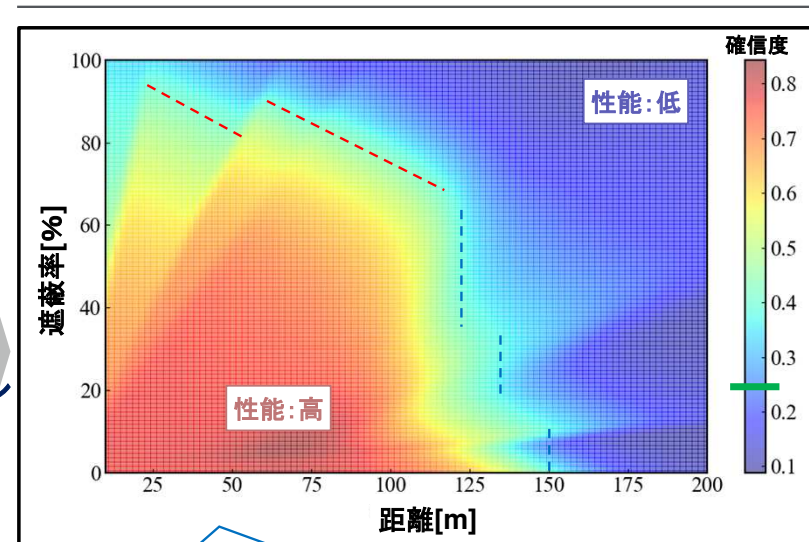
Sim
実行

シミュレーション



縮退
モデル

性能評価と認識性能モデル

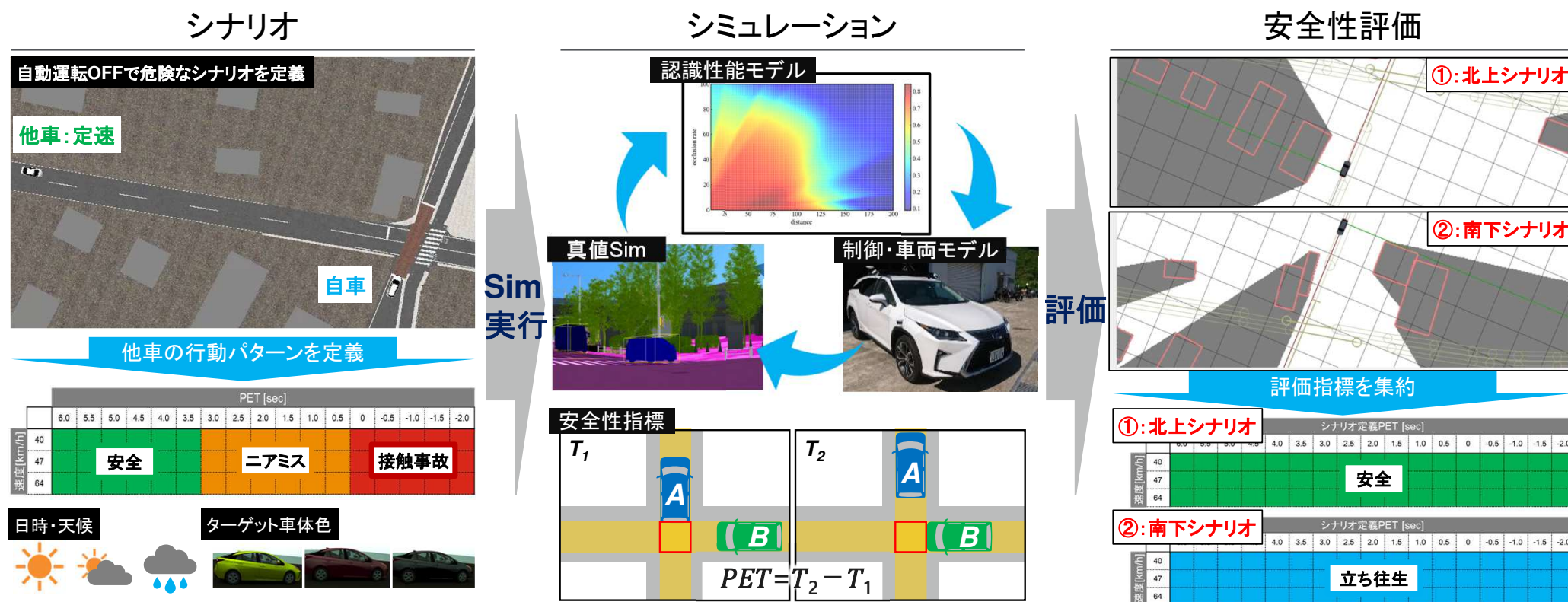


距離 - 遮蔽率に対する認識結果を
高速に算出することが可能

1st-Stageの縮退モデル「認識性能モデル」を2nd-Stageに用いることで、センサ性能を考慮した安全性評価が可能

2nd-Stage: 認識性能モデルと真値シミュレーションを用いて自動運転車両の走行軌跡を算出 ユースケース条件下でニアミス・事故シーンを回避可能か安全性指標に基づき評価を行う

(2) 2nd-Stage: 自動運転システムの安全性評価



シミュレーションにより、現在のADS安全性能と改善点を分析可能なことを確認

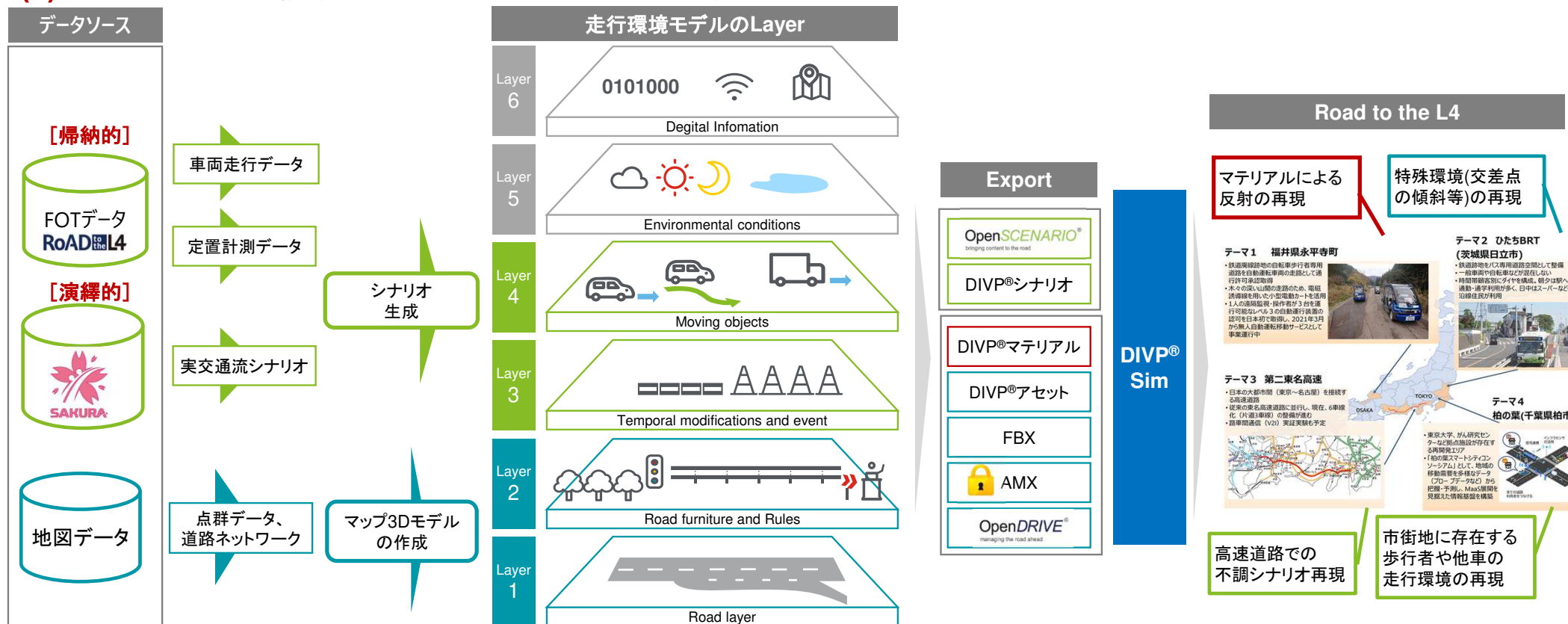
テーマ（３） センサ弱点事象の特定と事象の拡張

(3)-1. 外部シナリオ接続によるセンサ弱点事象の拡張

(3)-2. 物理特性データの構造化(Open Materialの確立、国際標準仕様検討)

テーマ(3)-1では、多様なデータの活用効率化を行い、AD/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. 外部シナリオ接続によるセンサ弱点事象の拡張



AD/ADASの安全性評価・検証に必用なデータ生成を効果的に行い仮想空間における効率的な安全性評価に貢献

FOTデータ活用のため、シミュレーションツールで読み込み可能な形に変換する環境を構築

(3)-1. 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



計測機器やオープンデータを活用した簡易マップデータ生成方法の開発を実施し、40%の効率化を達成

(3)-1. MMS⇒フォトグラメトリによるマップ3Dモデル作成効率化

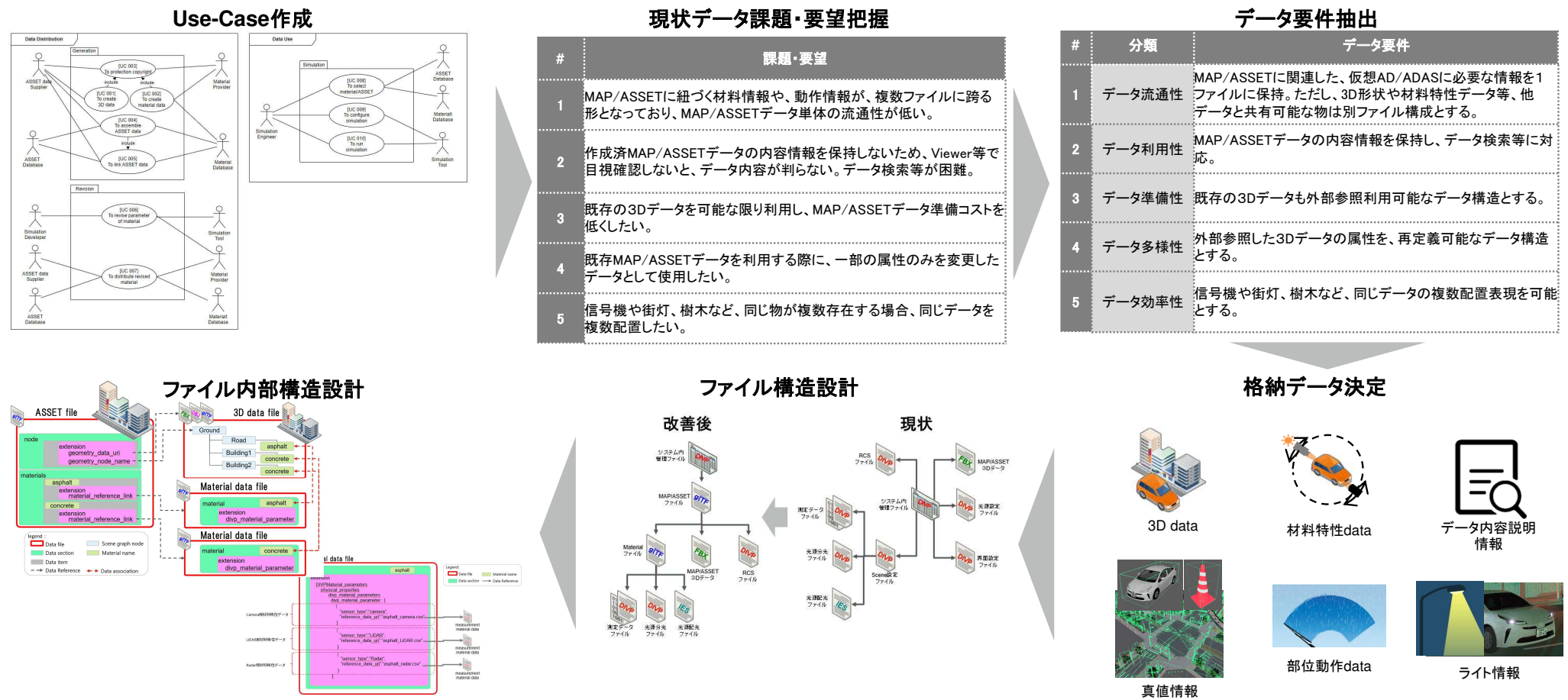


(3)-1. 既存地図データ活用によるマップ3Dモデル作成効率化



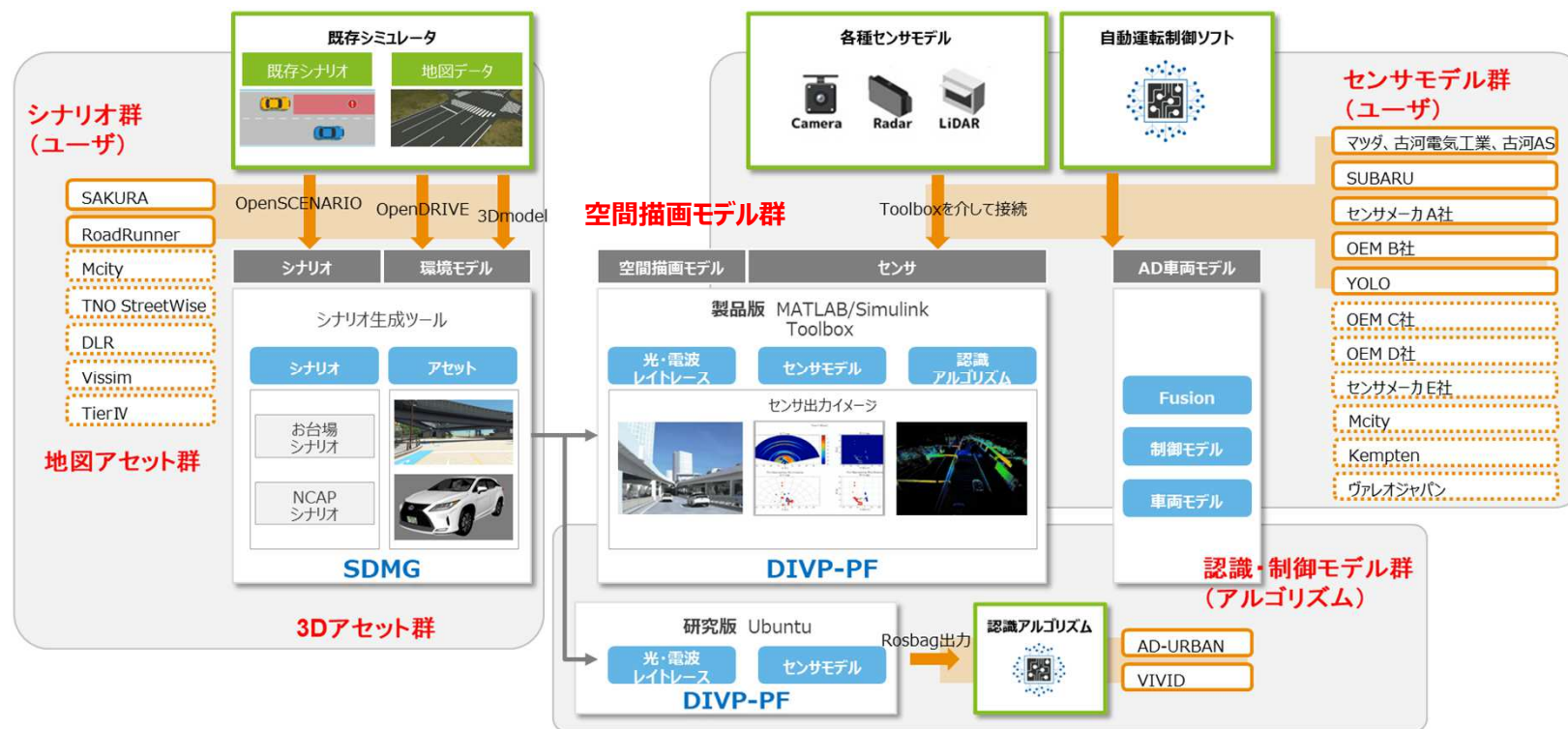
仮想AD/ADAS向け、MAP/ASSETデータ構造設計完了。
現状課題解決と、データ流通性向上によるシステム開発効率向上に寄与。

(3)-2. 物理特性データの構造化(Open Materialの確立、国際標準仕様検討)



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。

参考) 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

2023年度計画目標に対して達成済み、安全リスク指標(PET等)実装完→有効性の検証が課題

2023年度成果まとめ

		2023年度の目標	2023年度の成果内容
(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	■次世代Rader(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試用ニーズ調査完	○ ■4Dイメージングレーダモデル開発完。来期の一致性検証実験用レーダの調達にも目途を立てた。 ■Radarフリースペース推定を、基礎的なDIVP生成シナリオでの効果を検証済み。
	1.b	■Radar界面着氷の減少解析と(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	○ ■当初計画のエンブレム雪付着モデル完成。 ■空間モデルは降雨に加え、霧、降雪モデルを開発完。霧、降雪モデルの検証は2024年度に予定。
	2.a	■Radar HILS実装でのI/F仕様 完	○ ■I/Fは、VIVID_JT1にて独側へ提案完。→ ASAM OSI I/Fへの提案を予定。 ■数種の既存HILSハードウェアでの接続実験を完了 → DIVPを使い 実機RadarのHILS評価が可能に。
	2.b	接続性検討 ■日独連携VIVIDプロジェクトでのJT3.1カメラモデル(レンズなど)交換検証完(SSS社担当)	○ ■VIVIDモデル交換検証完 ■約20機関とモデル、ツール等接続検討を実施しDIVP接続の有効性を検証。 ■再利用価値の高いデジタルコンテンツ(モデル、データ、ツール連携)としてLibrary整備実施。
(2) 評価指標・ 体系の確 立	1.a	■2-Stage評価指標の確立	○ ■シミュレーション&AD-URBAN自動運転をクラウド上に構築 ■センサ認識性能指標(TP, IoUなど)の有効性を検証 ■ひたちBRTのユースケースから2-Stage評価の有効性を検証
	1.b	■学習データセット作成基準と自動生成の実装	○ ■認識性能を向上させるVirtual学習データセット作成手法の確立と機能の実装 ■一般カメラ認識アルゴリズムを用いた手法の有効性検証
	1.c	■真値出力機能(Bbox,Depth,インスタンスID等)の完成	△ ■交通参加者、道路標識等、車線・白線情報の真値実装 ■ADシステム安全性指標(PET、TTC)の実装完→リスク評価指標としての有効性の検証と改良が課題。
	1.d	■Virtual-PG、Virtual-Community Groundモデル作成時間の40%減	○ ■地図データによる3Dセット生成手法によって40%低減達成。今後、RttL4用空間3Dモデル生成に活用。 ■取材データから地図アセットを作成する手法も実施し効率化の目途付け完了。
	2.a	■SAKURA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	○ ■ヒヤリハットシーンの原因となる歩行者及び自転車行動モデルを構築し、VISSIMを利用して歩行者及び自転車行動モデルとDIVPの連携を実施し結合可能を検証済み。今後、行動モデルアセット拡張が課題。
(3) センサー弱 点事象の 特定と事象 の拡張	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	○ ■シナリオ調査、結合検証完了。シナリオDBのシナリオにセンサ情報自動設定機能の開発を完了 ■一般道で測定したFOTデータに対応した取り込み機能の開発完了
	2.	■DIVP Material 反射特性(検証データ)構造化の設計仕様の完成。	○ ■現状課題解決可能な、MAP/ASSETデータ及びMaterial設計仕様作成完了→本構造をDIVPに実装中 ASAM OpenMaterial 標準化活動を24年2月より開始。センサ弱点シーン抽出→DB化が今後の課題。

ご清聴, ありがとうございました.

END

Tokyo Odaiba → Virtual Community Ground

