



Driving Intelligence Validation Platform

DIVPプロジェクト進捗のご報告

Weather Forecast



AD safety Assurance*



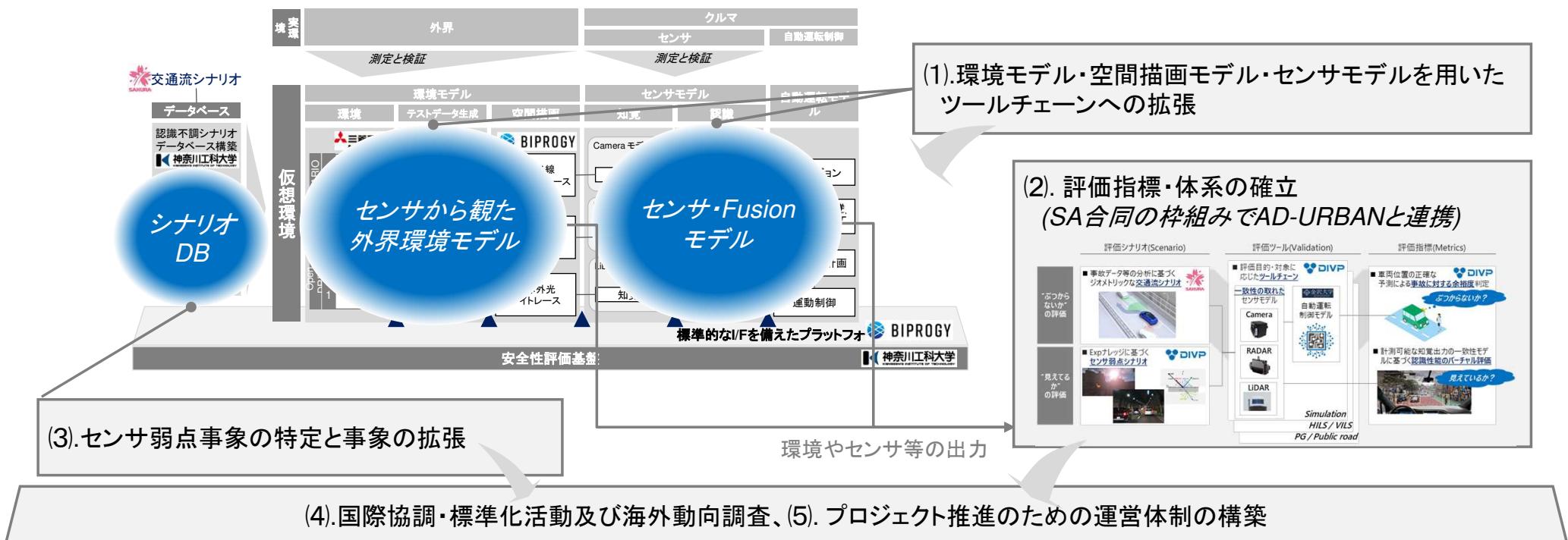
2023/12/18

For Validation & Verification Methodology

*AD : Automated driving

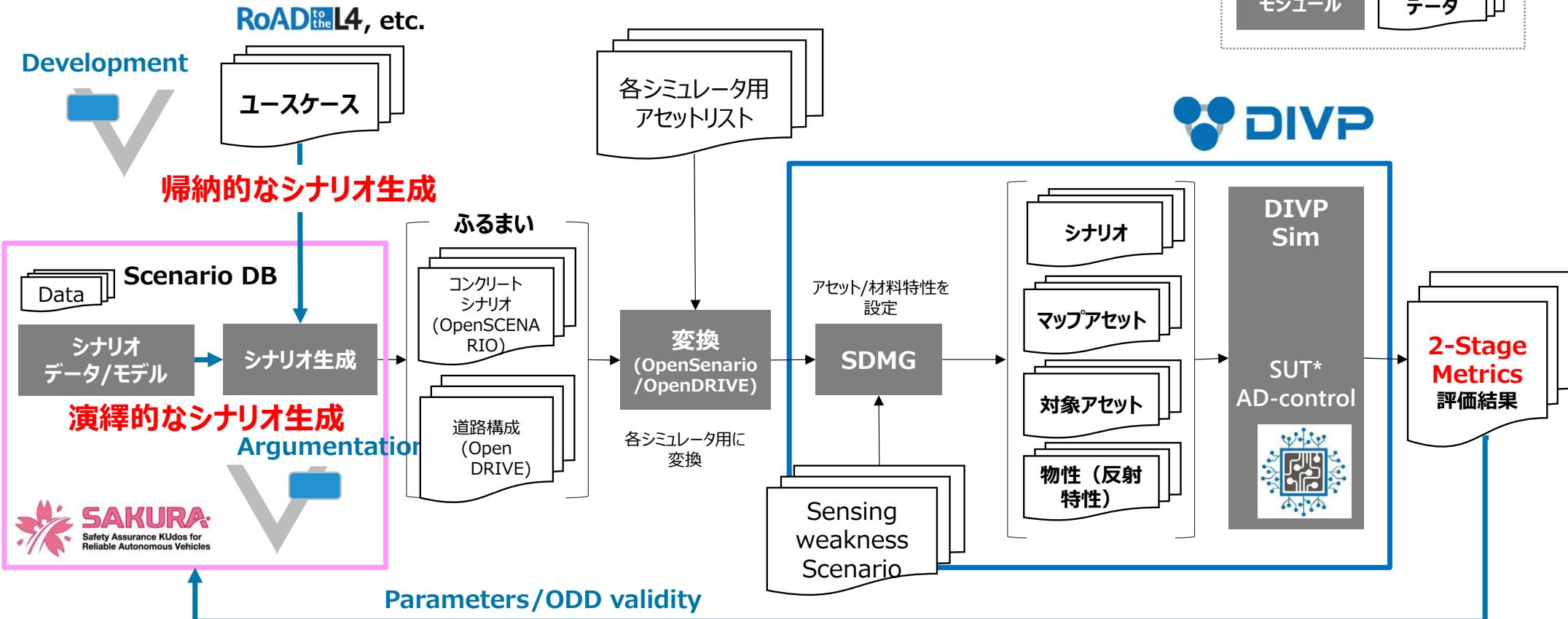
2023年度の DIVP研究テーマの考え方

- 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)

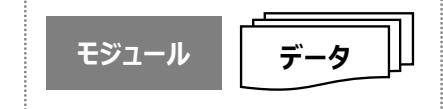


演繹的なアプローチ(網羅的な体系)と帰納的なアプローチ(個々のユースケース)を併用した評価用のシナリオを生成し、継続的に自動運転の安全性が向上する基盤を目指す。

演繹的なアプローチと帰納的なアプローチの併用



判例



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

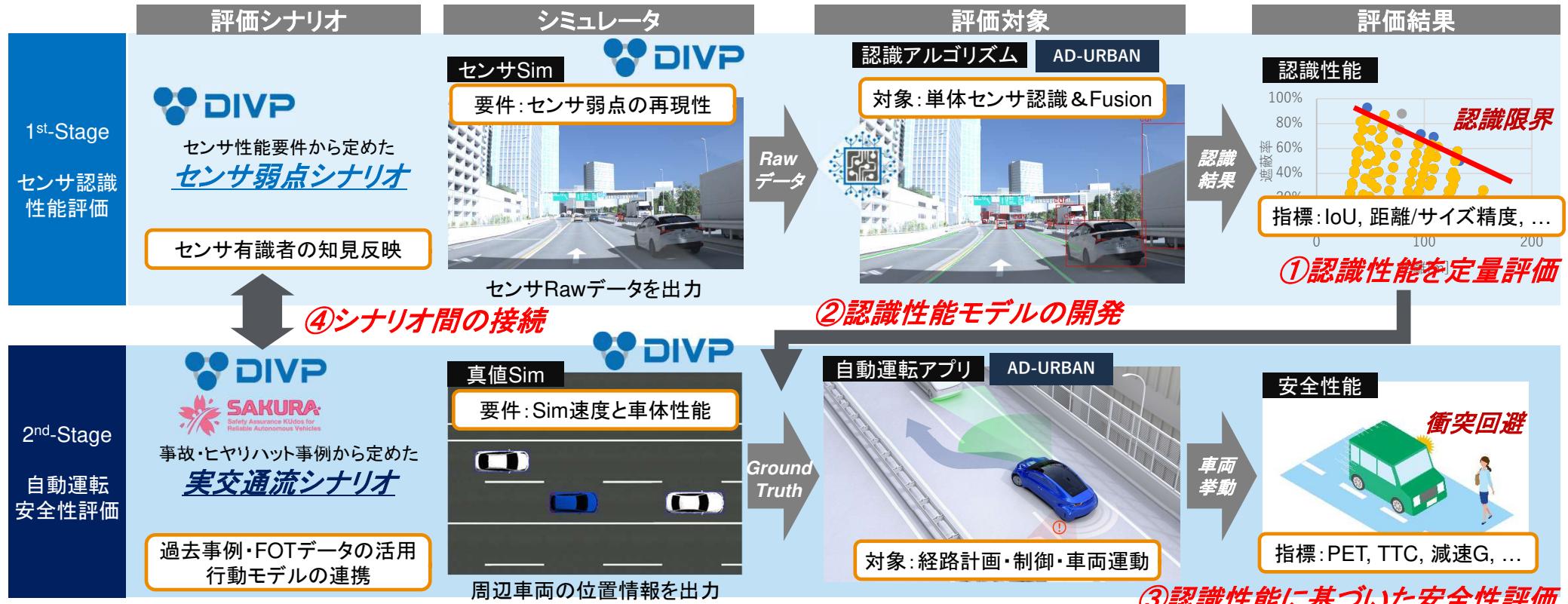
(2)-1.c.真値出力・指標算出機能の拡張

(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

3-PRJ間の連携では、2Stageの評価体系を構築、仮想空間上でセンサ認識性能に基づいた安全性評価が行える評価基盤の具体化を推進

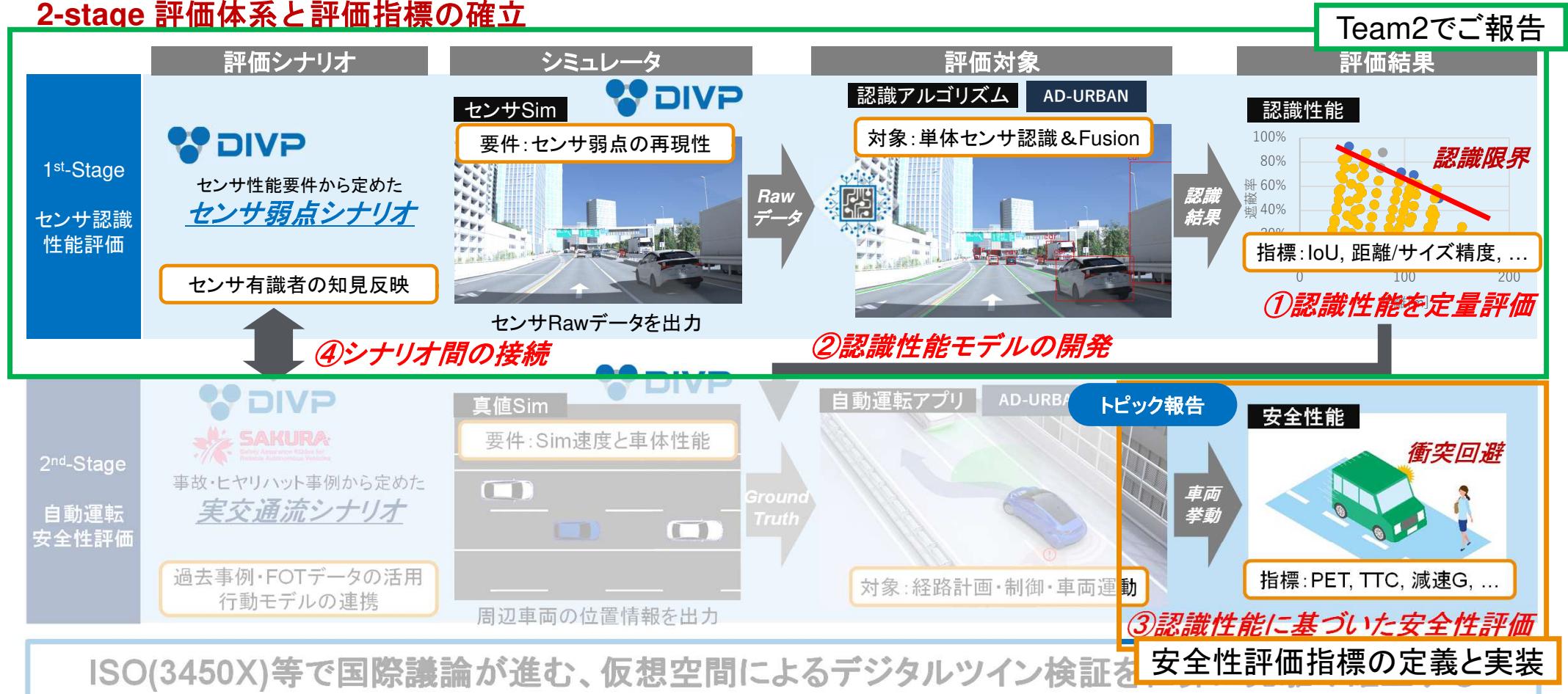
2-stage 評価体系と評価指標の確立



ISO(3450X)等で国際議論が進む、仮想空間によるデジタルツイン検証を世界に先駆け確立する

2nd-Stage ADシステム安全性評価の実施にむけて安全性評価指標の実装を進めた。

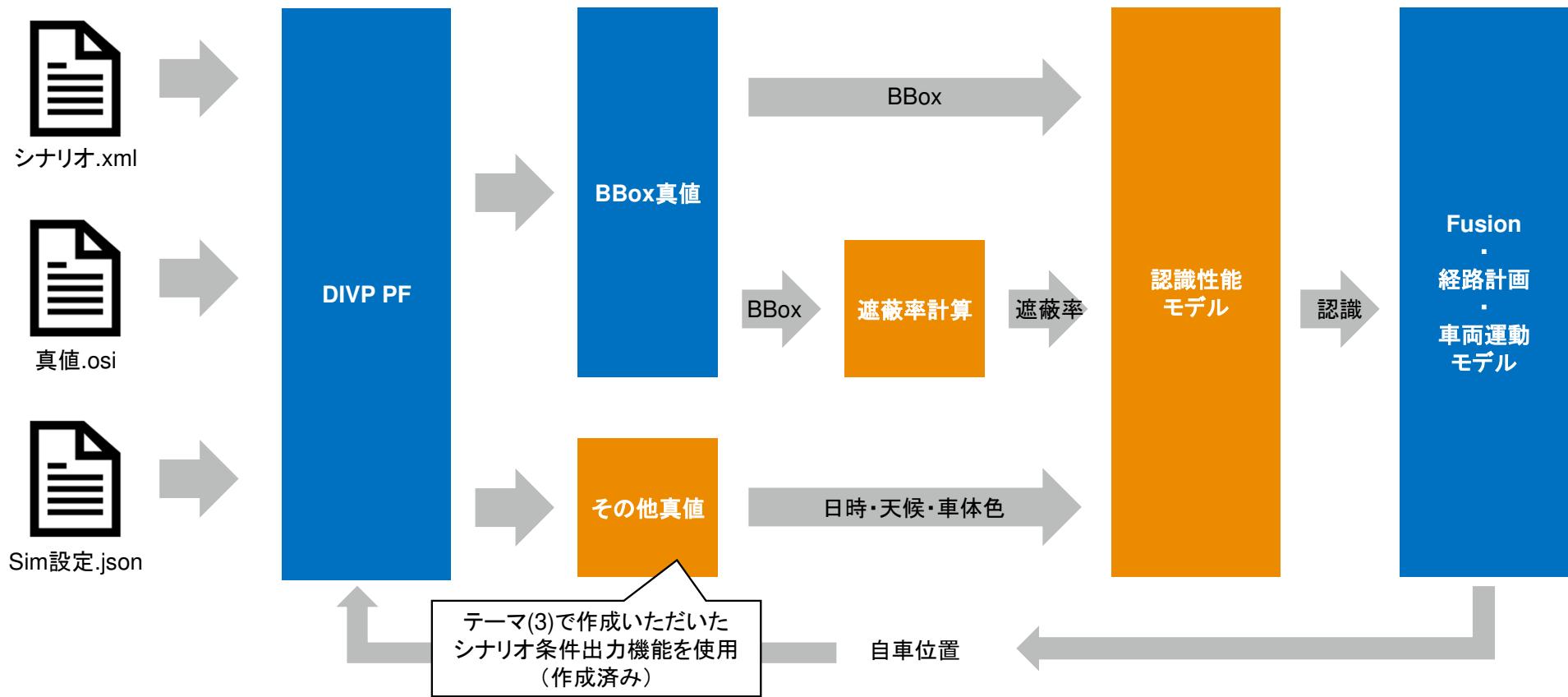
2-stage 評価体系と評価指標の確立



本新規開発成果は、Team1の報告に反映済み。

(2)-1.a ; 2nd-Stage クローズドループ概要図

新規開発
既存機能

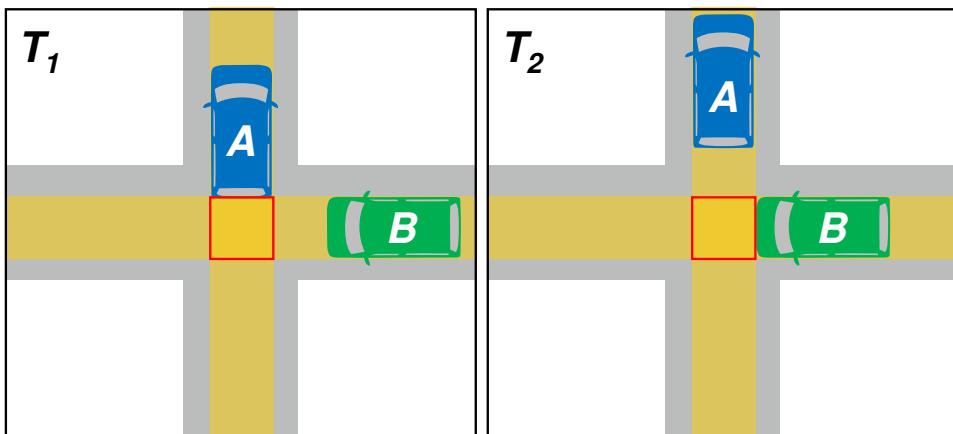


ADシステムの安全性評価指標の候補としてPETやTTCといった数値をピックアップ
各指標の定義を文献調査し、様々な交通環境に適用できるように実装仕様を作成した。

(2)-1.c.真値出力・指標算出機能の拡張；安全性評価指標 PETの課題と対応

PETの定義

ニアミスの度合いを時間で表現

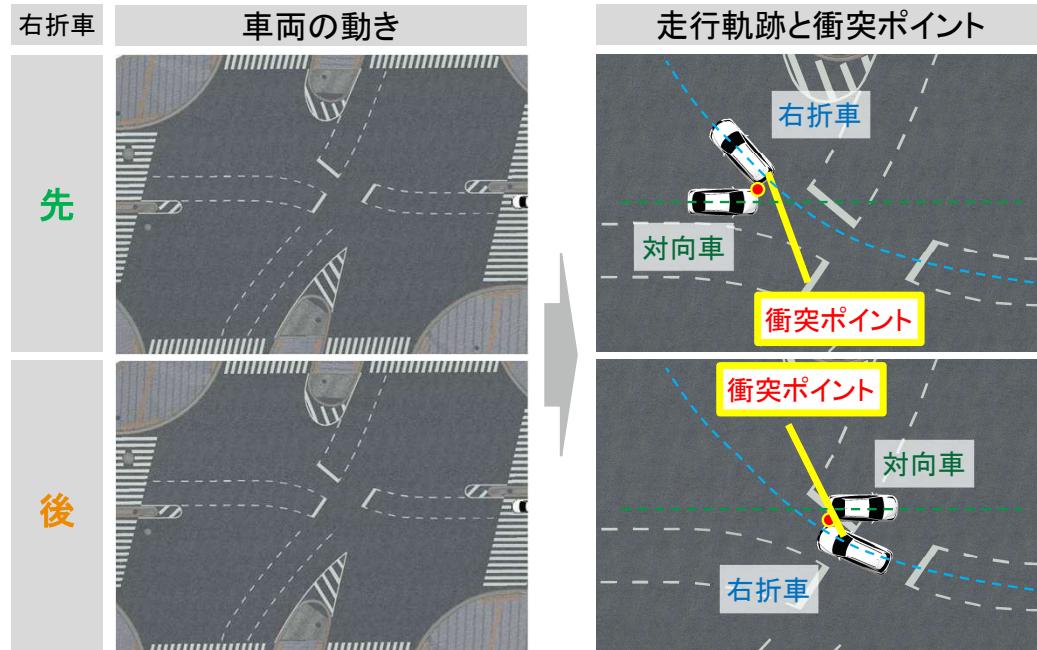


車両Aが通過して車両Bが差し掛かるまでの時間

$$PET = T_2 - T_1$$

課題:ニアミスまでのリスクを示すことができない

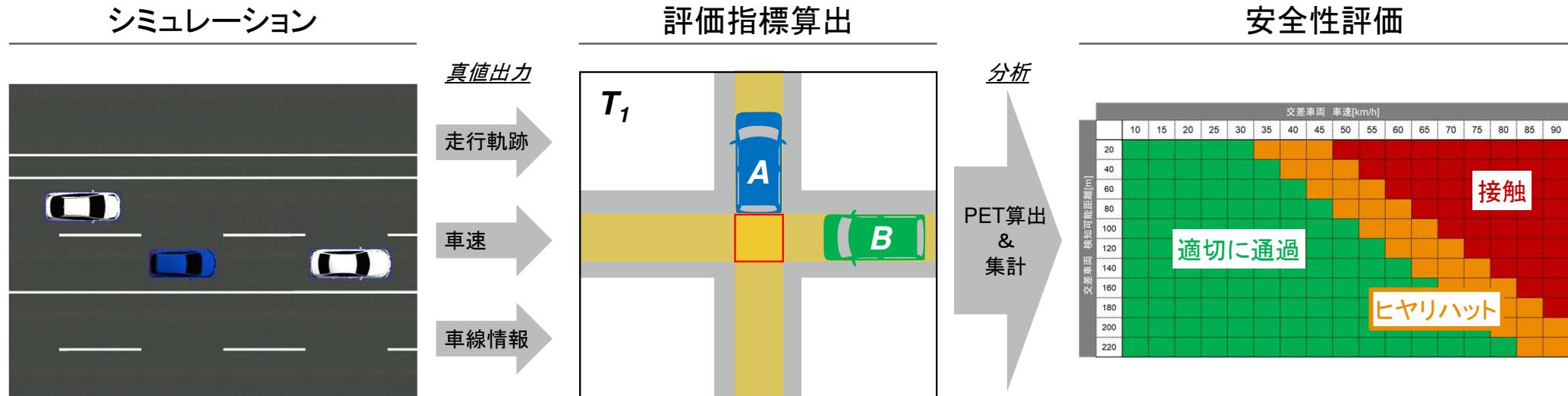
実交通環境に適応したときの課題



状況によって衝突ポイントの定義が異なる

安全性指標の事例としてPET・TTCの実装とシミュレーションの真値出力の拡張を実施 2nd-Stage: ADシステムの安全性評価に向けて機能準備を実施中

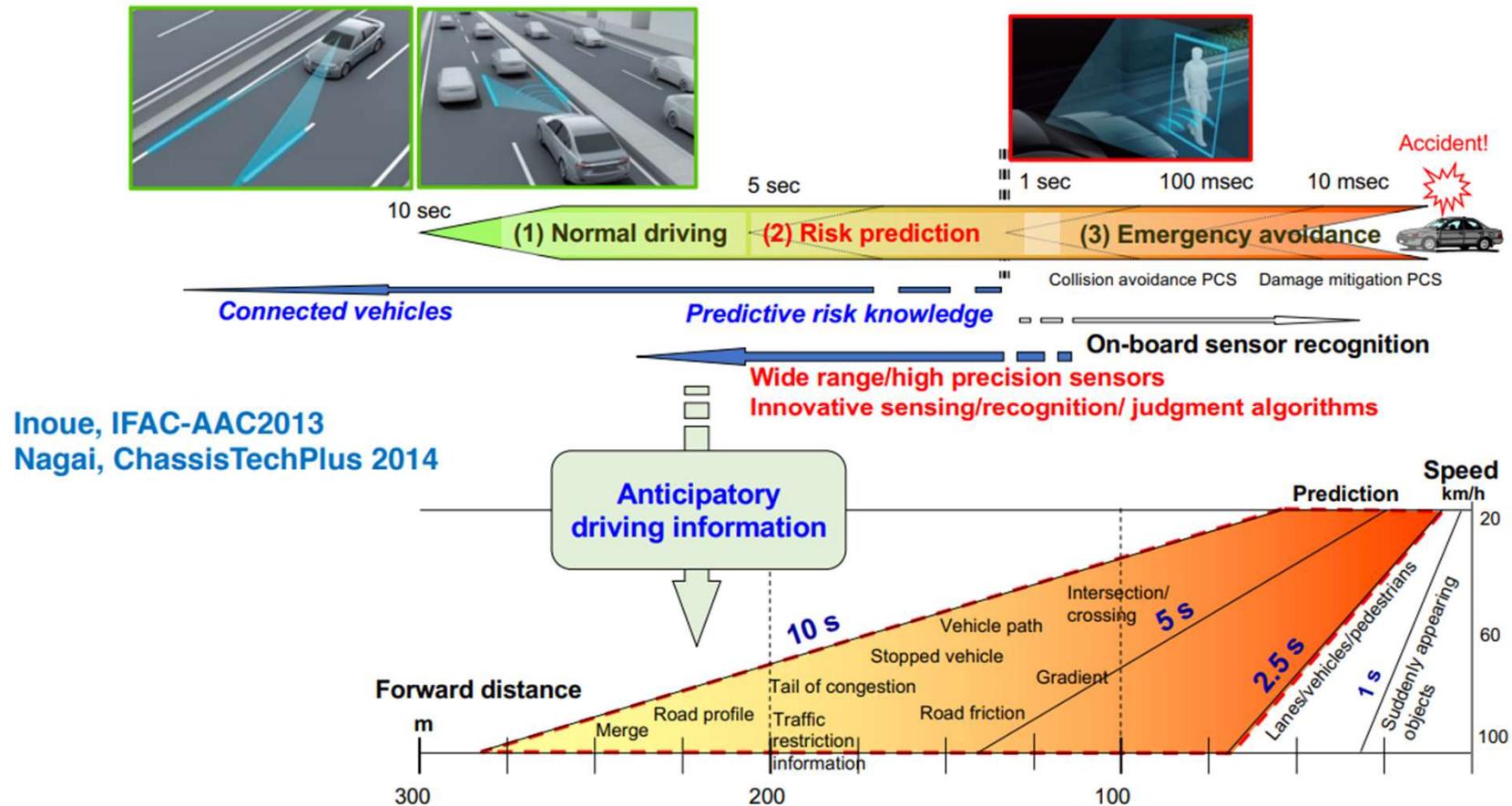
ADシステム安全性評価に向けたPET実装



今後は、ADシステム作動結果の指標(PETなど)だけではなく、作動開始までのリスクを示す指標が必要となる

既存研究 ADAS/ADSでは、安全の観点から、通常運転、緊急回避のフェーズの間に、リスクが顕在化していくフェーズを定義しリスク予測やセンシング等の知能化を向上させる必要がある。

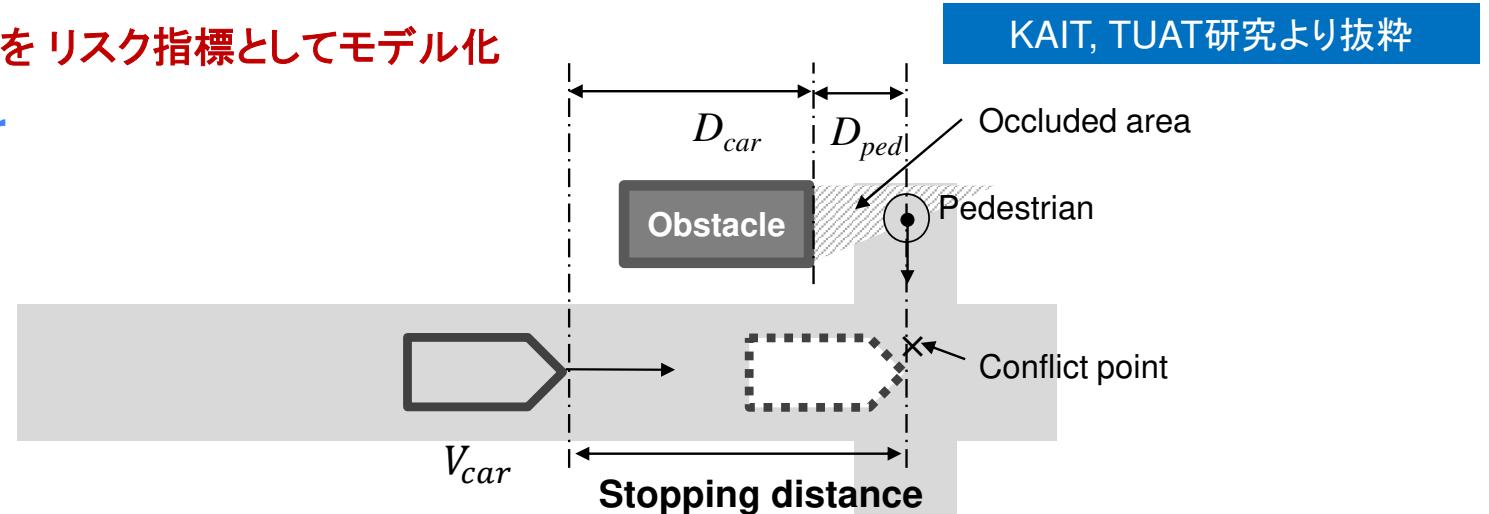
自動運転と安全；安全フェーズの定義に Risk predictionが必要



衝突に対する時間余裕を見積もる(Safety cushionを定義する)ことで緊急ブレーキ作動時のリスクを下げることができるため、本考え方を動的なリスク指標に反映。

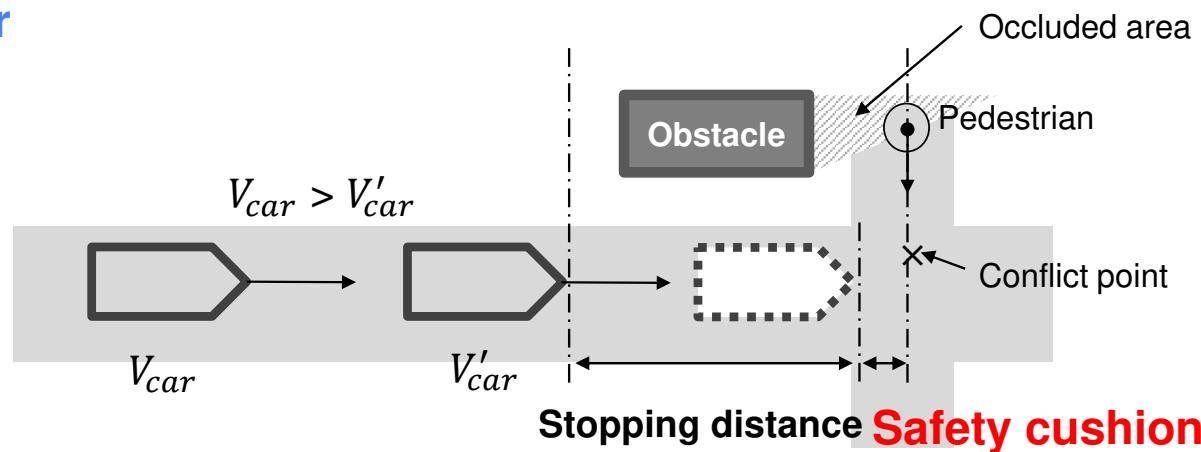
Safety Cushion Time (SCT) をリスク指標としてモデル化

● Unsafe driver



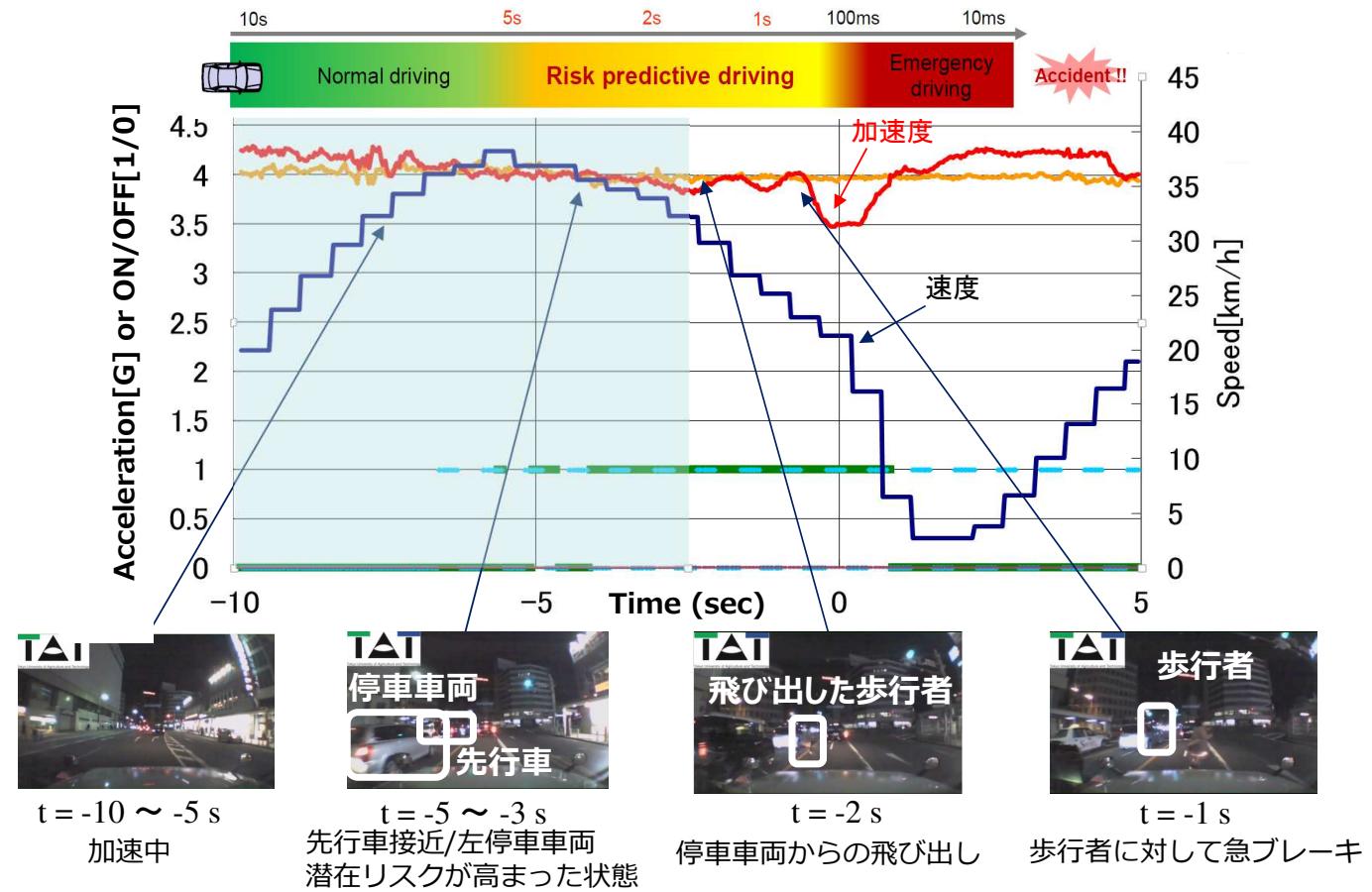
KAIT, TUAT研究より抜粋

● Careful driver



ヒヤリハットデータは、急ブレーキをトリガーに前10sec、後5secのデータを記録。特に急ブレーキに至る要因が前10secの情報にある。-5~0 secを安全マージン(safety cushion)としてモデル化。

ヒヤリハットデータからリスク指標をモデル化



自車と歩行者などの、ヒヤリハットの大、中、小レベル、と接触（衝突等）シミュレーションモデルとして再現し、リスクレベルを評価。→過去知見をDIVP動的モデルへ反映する。

Automated Incident Detection Algorithm Based on the Safety Cushion Concept

KAIT研究より抜粋



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

趣旨	テーマ番号	対象	詳細	
DIVP-PF内のモデル追加	(1)-1.a	センサモデル	4D Imaging Radar モデル開発 上記を用いた応用研究 (Radar SLAM)	
	(1)-1.b	環境モデル	空間モデル	降雪・積雪 (Camera他)
DIVP-PF外の技術との接続	(1)-2.a	HILS	界面モデル	雪付着 (Radar)
				水滴付着 (Camera)
	(1)-2.b	HILS 以外 ・センサモデル ・シナリオ ・外部ツール (Vissim等)	Radar HILS (3件) ステレオCamera HILS (1件)	

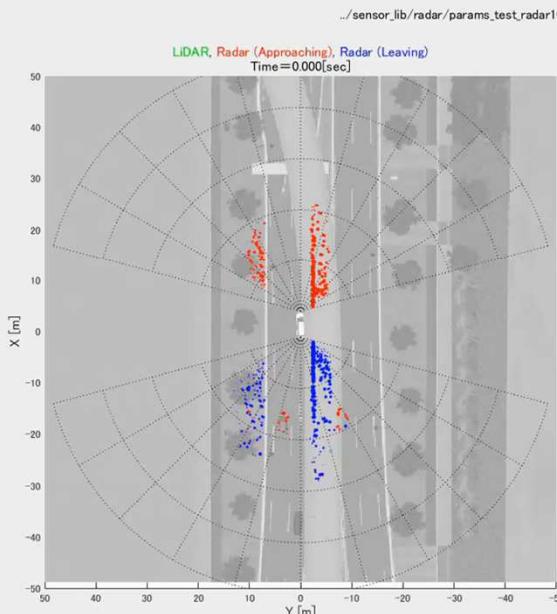
Sensor Fusion や Radar Dynamic Mapping 研究等 の基盤機能を整備完

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

動画(1分10秒)

Our Recent Works

(3). Models for Sensor-Fusion Researchers.

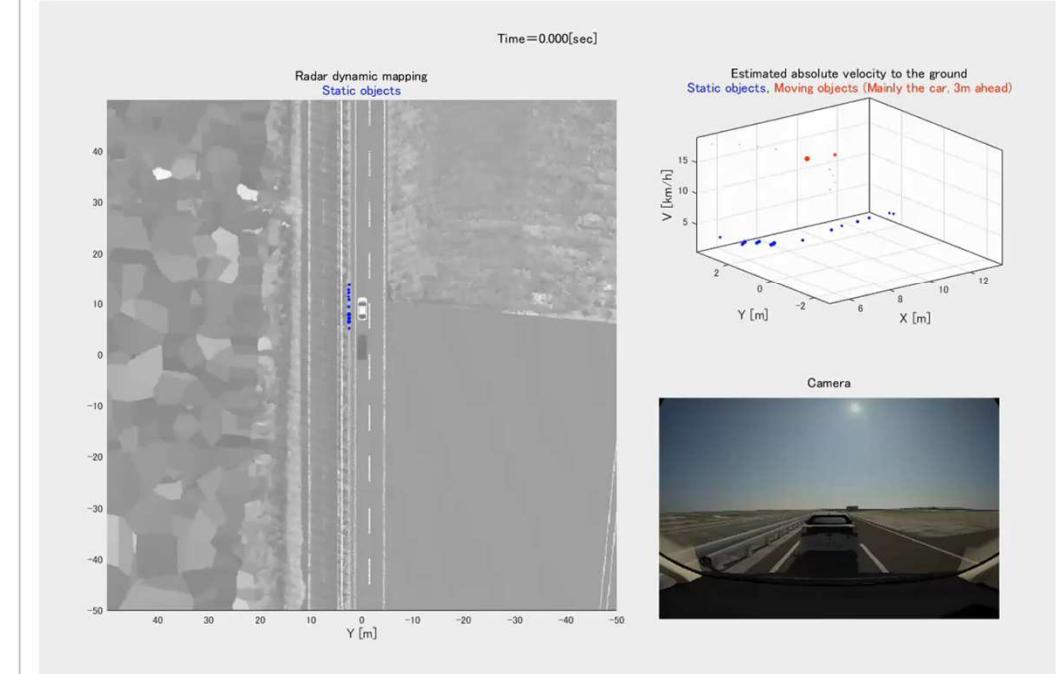


Sensor Fusion 研究の基盤例

動画(45秒)

Our Recent Works

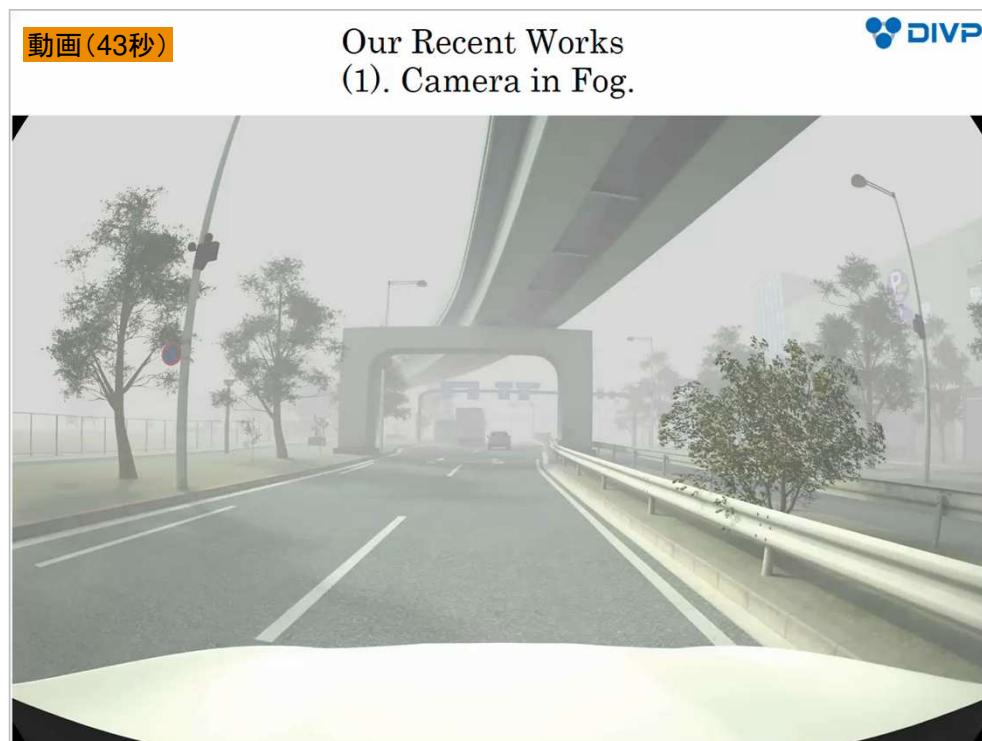
(4). Models for Radar Dynamic Mapping Researchers



Radar Dynamic Mapping 研究の基盤例

カメラ;霧モデル等を開発し追加. Radar;精密測定により雪付着での信号減衰モデルを開発.

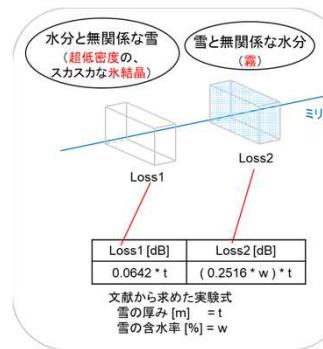
(1)-1.b. 環境モデルの追加開発



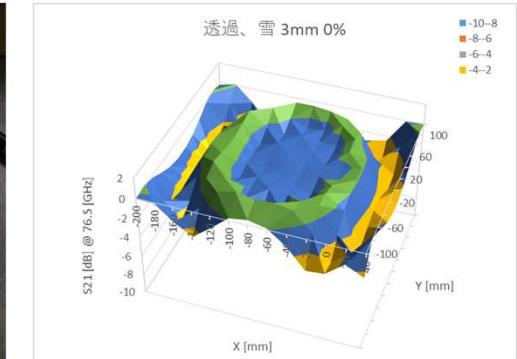
カメラ霧モデル



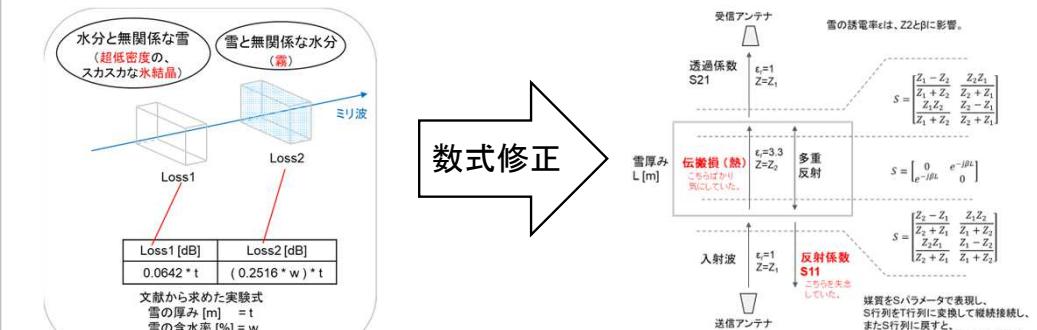
雪サンプル



想定していた1次関数では不完全と分かり、数式修正した。



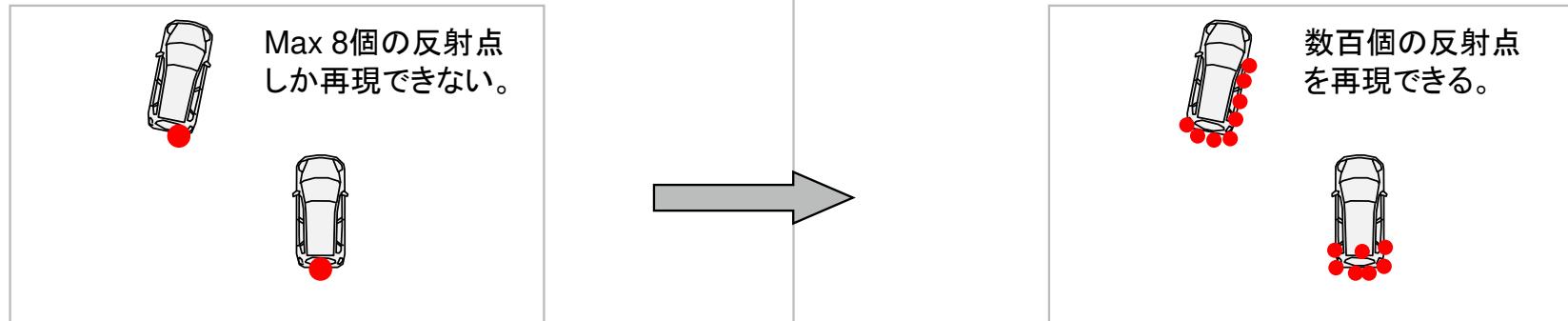
透過係数の測定例



雪モデルのための精密測定の例

Radar 動的物標の反射点をVILSへ接続(左図). 更に高性能反射点HILS(右図)へ接続し, DIVP生成反射点により詳細なRadar実機性能評価が可能.

(1)-2.a. DIVP Radar 反射点出力を Radar VILS & HILSへ接続し, Radar実機評価可否を検討



DIVP Radar VILS



出典: KEYSIGHT社 AD1012A Radar Scene Emulator

最新高性能HILS

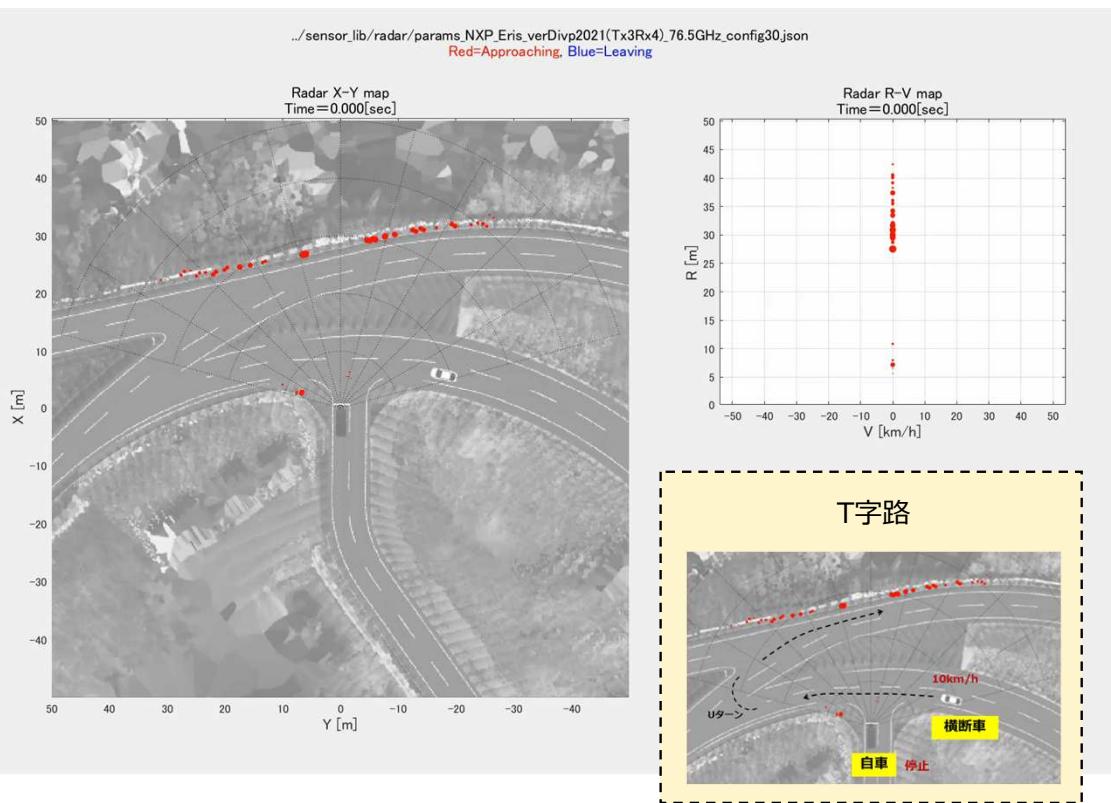
DIVP Radar複数反射点を 高性能反射点HILS(実機)へ接続し、詳細なRadar実機性能評価が可能。

(1)-2.a.;複数反射点のシナリオのDIVP Radar 反射点出力を 高性能Radar HILSへ接続

DIVP Radarシミュレーション出力



高性能Radar HILSでの反射点出力が可能になった

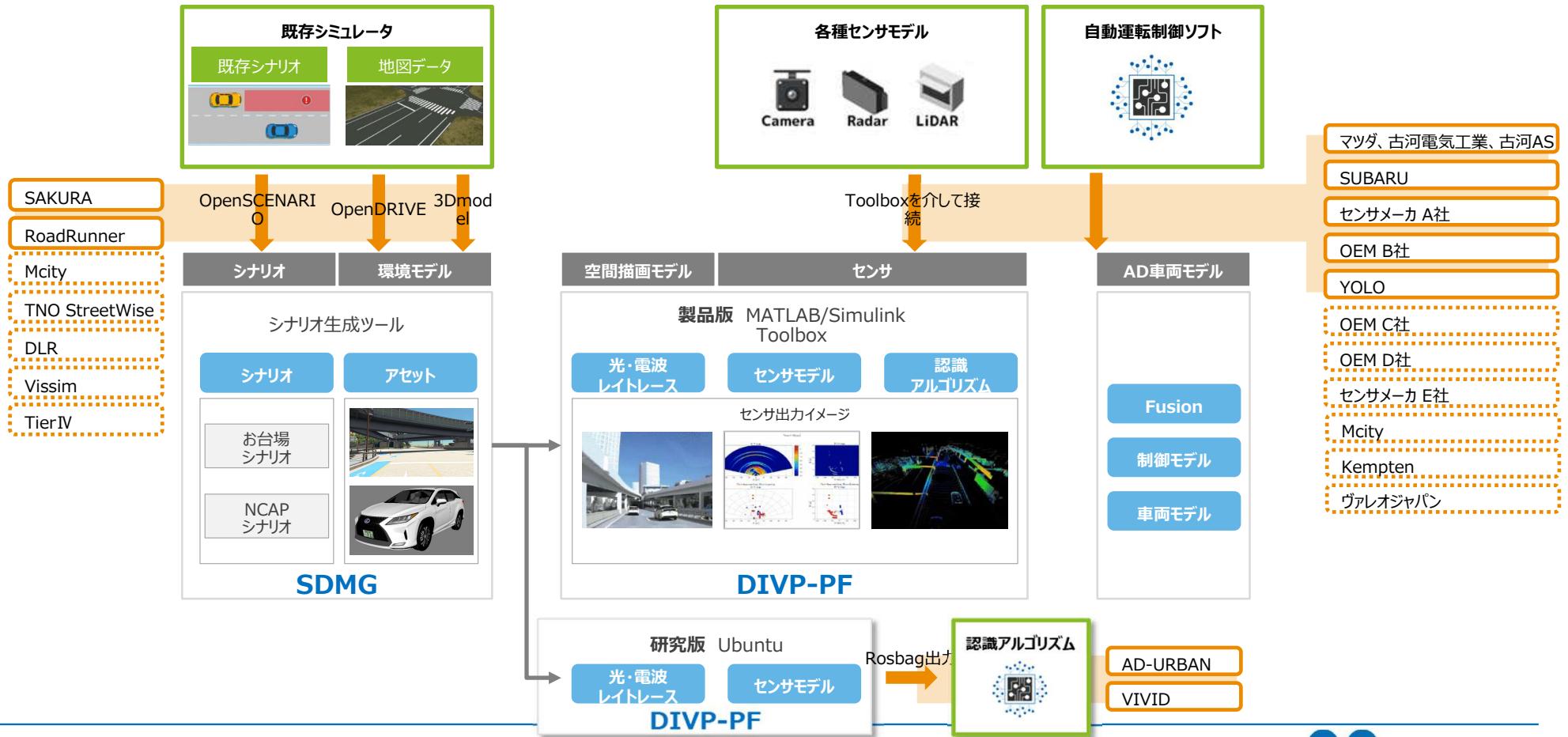


シナリオ；赤：自車に近づく反射点、青：自車から離れていく反射点



種々のユーザモデル&ツールとの接続実績を拡張中
→ロバストな接続技術によりDIVPユーザビリティが大幅に進展

(1)-2.b. 各種データ・モデルとの接続の拡張



テーマ（3） センサ弱点事象の特定と事象の拡張

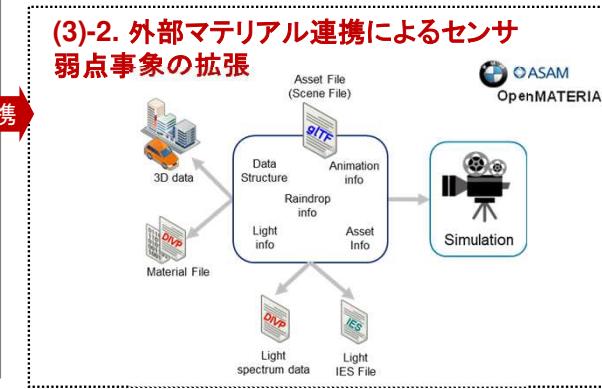
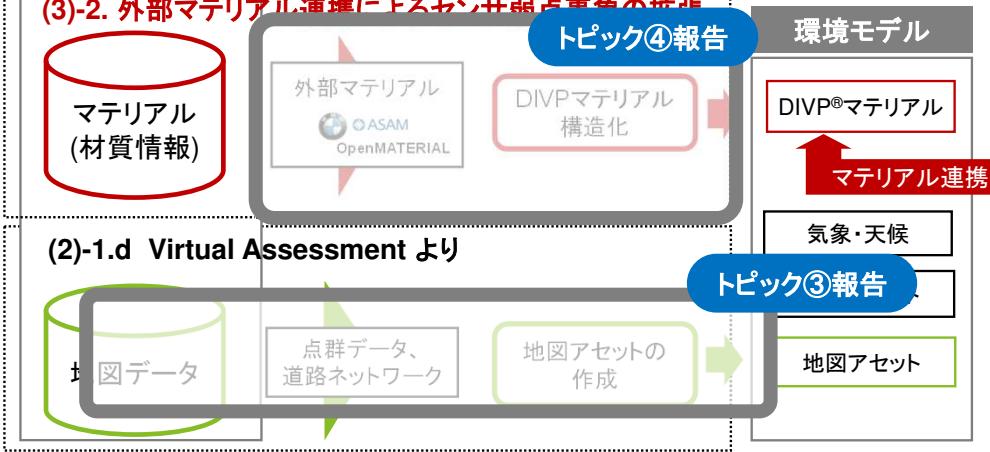
- (3)-1. 外部シナリオ接続によるセンサ弱点事象の拡張
- (3)-2. 物理特性データの構造化(Open Materialの確立、国際標準仕様検討)

テーマ(3)では、センサ弱点事象の特定と事象の拡張において、多様な事業者が有するFOTデータの活用効率化のために、各種シナリオ～アセット、反射物性情報(DIVP Material)の構造化を実施する

(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. 外部マテリアル連携によるセンサ弱点事象の拡張

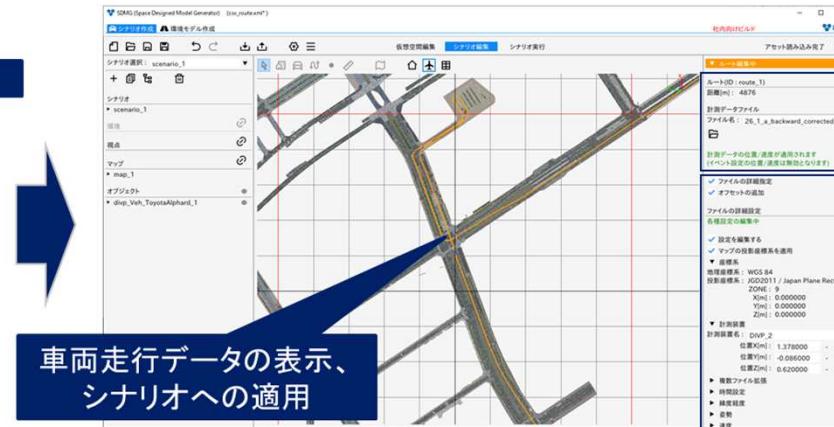


トピック①報告 機能開発完了

車両走行などの緯度経度情報データをシナリオで実行可能な形式へ変換

車両走行データのシナリオ化に関する各種機能の開発

Time	Latitude (°Longitude)	Altitude (m)	Velocity (m/s)	fc Velocity (m/s)	la Velocity (m/s)	d i-Heading (deg)	dPitch (deg)	Roll (deg)
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	5.43E-03	1.59E-03	1.03E-04	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	5.60E-03	1.70E-03	2.00E-04	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	5.43E-03	1.59E-03	1.03E-04	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	5.43E-03	1.59E-03	1.03E-04	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	5.60E-03	1.70E-03	2.00E-04	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	5.60E-03	1.70E-03	2.00E-04	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	5.43E-03	1.59E-03	1.03E-04	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	5.43E-03	1.59E-03	1.03E-04	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	5.32E-03	1.04E-03	-1.30E-03	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	5.10E-03	1.01E-03	-1.03E-03	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	4.98E-03	8.16E-04	-1.03E-03	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	4.80E-03	5.06E-04	-1.04E-03	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	4.58E-03	5.38E-04	-1.04E-03	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	4.41E-03	4.26E-04	-1.30E-03	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	4.19E-03	3.98E-04	-1.02E-03	2.36E+02	-2.43E+00	-1.31E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	3.91E-03	4.53E-04	-1.02E-03	2.36E+02	-2.43E+00	-1.31E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	3.74E-03	3.42E-04	-1.02E-03	2.36E+02	-2.43E+00	-1.31E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	3.69E-03	3.69E-04	-9.04E-04	2.36E+02	-2.43E+00	-1.31E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	3.13E-03	0.534E-04	-5.00E-04	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00
1.61E+01	3.56E+01 1.40E+02	6.59E+00	3.08E-03	6.17E-04	-4.00E-04	2.36E+02	-2.43E+00	-1.32E+00



既存のCSVファイル 読み込み設定

緯度経度データ 読み込み時の 各種詳細設定

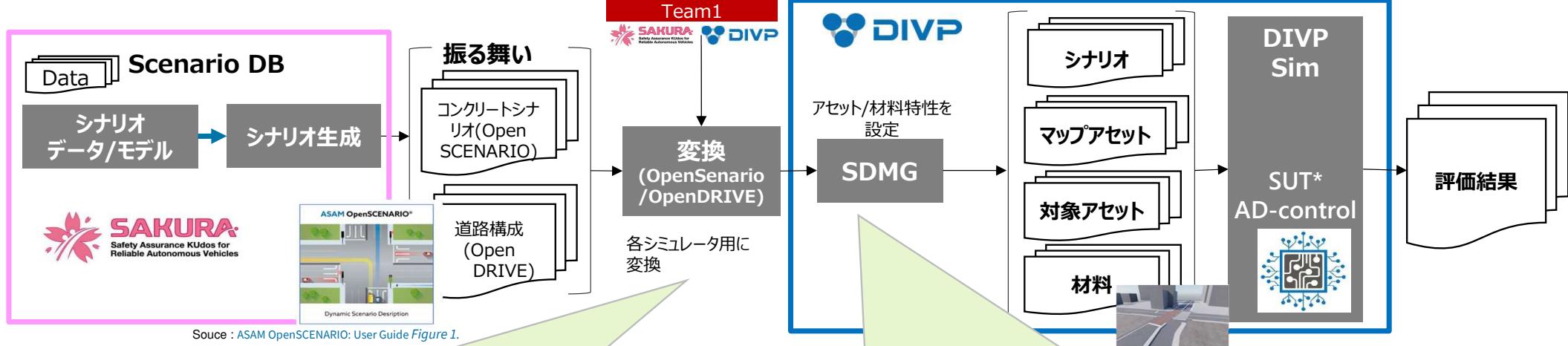
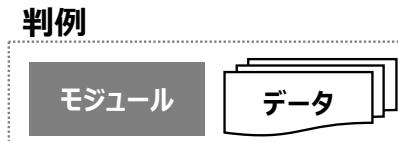
項目	設定内容
プリセット機能	座標系(入出力)、マップオフセットなどの保存機能
座標系(入力)	WGS 84 (GPS)
座標系(出力)	JGD2011 / Japan Plane Rectangular CS I ~ XIX、WGS 84 / UTM zone 1N~60N, 1S~60S、WGS 84 / Pseudo-Mercator
マップオフセット	マップ原点に合わせるためのオフセット値
計測装置名	計測装置の名称
測定点	車両との相対位置
複数ファイル指定	CSVファイルが複数存在する場合



トピック②報告 機能開発中

SAKURA ProjectシナリオをDIVPに取り込むことで、実交通検証の幅を広げる

SAKURA Projectシナリオの円滑な読み込みのため、キーとなるアセット関連のリストを共通化と、DIVP上で実行するために必要な付加データの調査、洗い出し



キーとなるアセット
関連のリストを
共通化

各ツール用アセットリスト

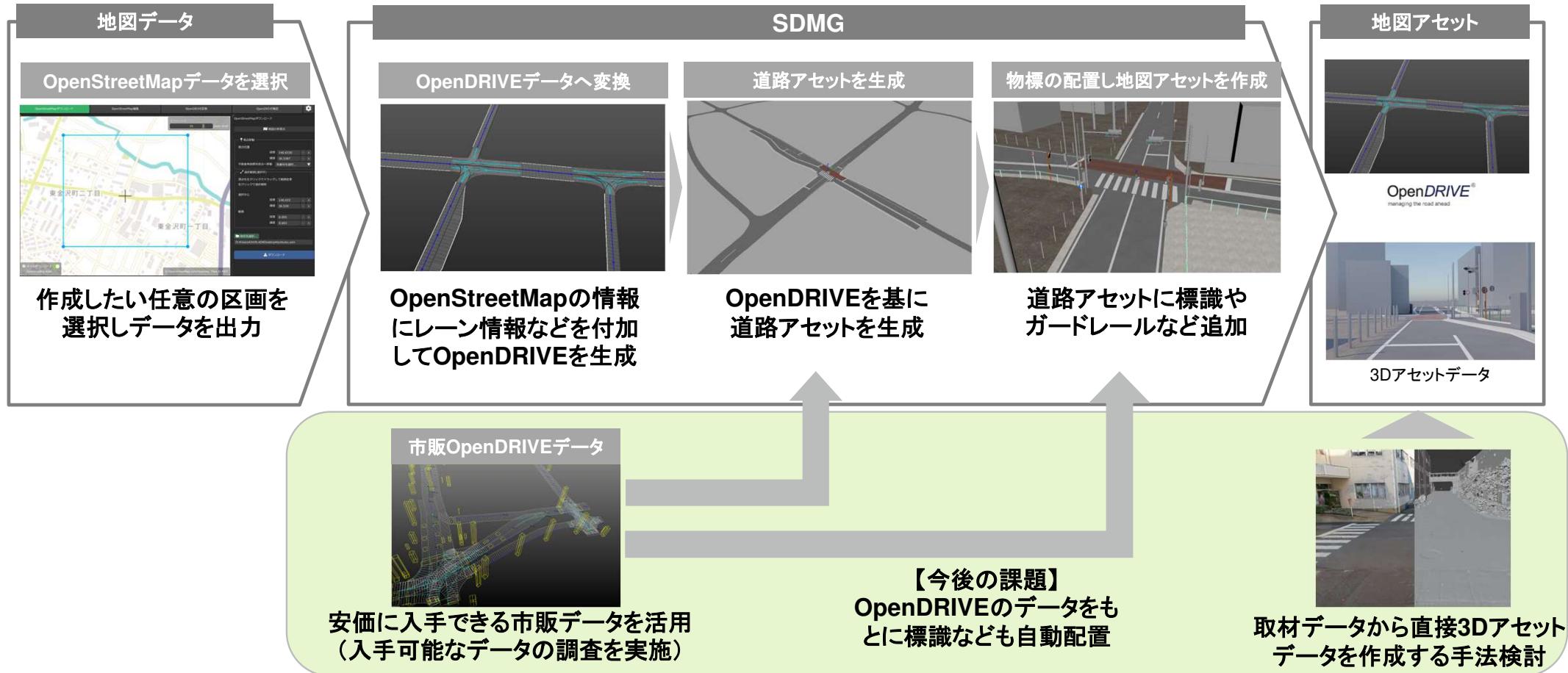
アセット/モデル名	説明
OpenSCENARIO model3d	アセット/モデル名
divp_Veh_ToyotaPrius_hi	プリウス(白)(高分解能)初期モデル
divp_Tgt_NcapBalloonCar	NCAPダミーバルーン
divp_Veh_HondaStepwgn	ホンダステップワゴン
divp_Veh_NissanXtrail	日産エクストレイル
divp_Veh_SubaruLevorg	スバルレヴォーグ
divp_Veh_MazdaCx3	マツダCX-3
divp_Veh_IsuzuErga	いすゞエルガ
	⋮

DIVP上で実行するために
必要な付加データの調査、
洗い出し

DIVP上で実行するため必要なデータの付加手順	
1	OpenDRIVEファイルから地形アセットの生成
2	OpenScenarioファイルのインポート
3	地形アセットのシナリオへの設定
4	オブジェクトへのアセット適用
5	センサーの設定
6	シナリオの保存、出力

地図データを活用し、地図アセットの生成効率化の目途づけができた。

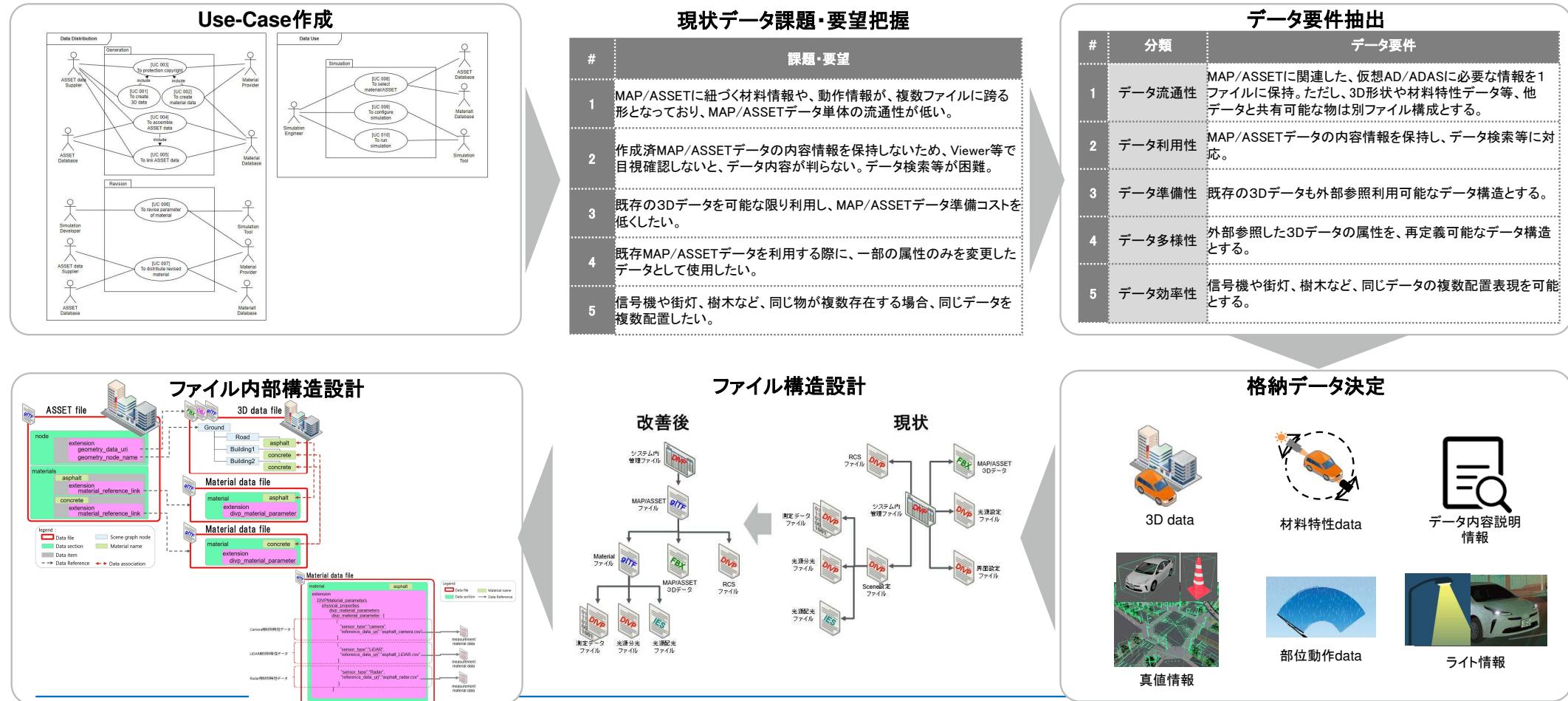
簡易な地図アセットの作成例



仮想AD/ADAS向け、MAP/ASSETデータ構造設計完了。

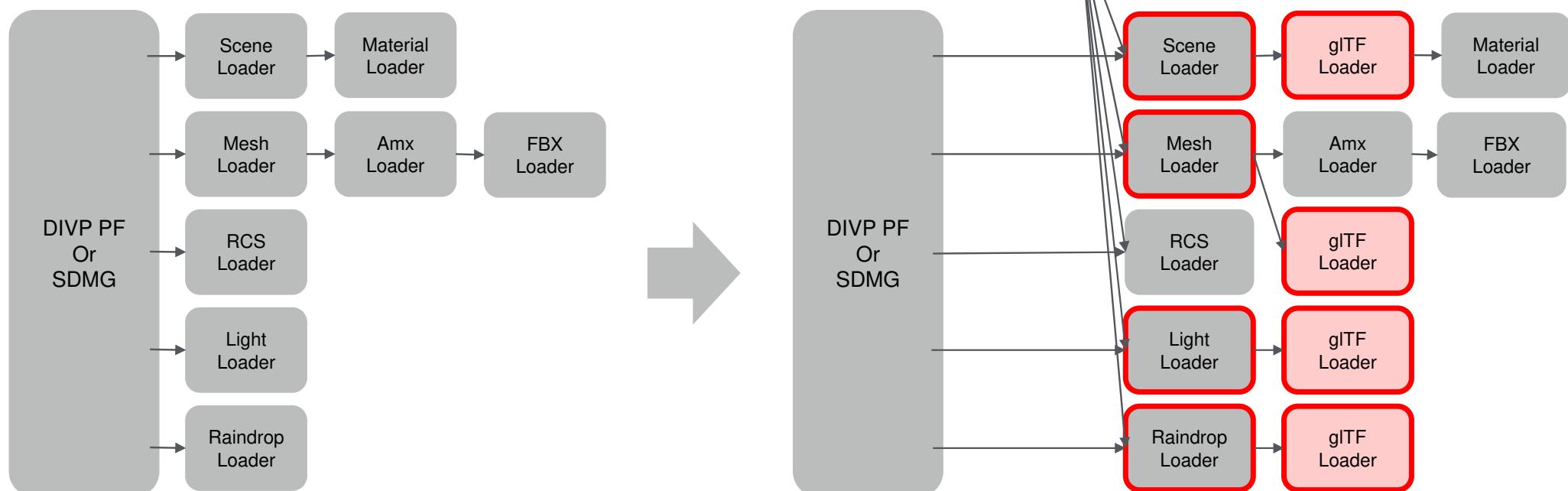
現状課題解決と、データ流通性向上によるシステム開発効率向上に寄与。

(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)



DIVP Material 実装検討

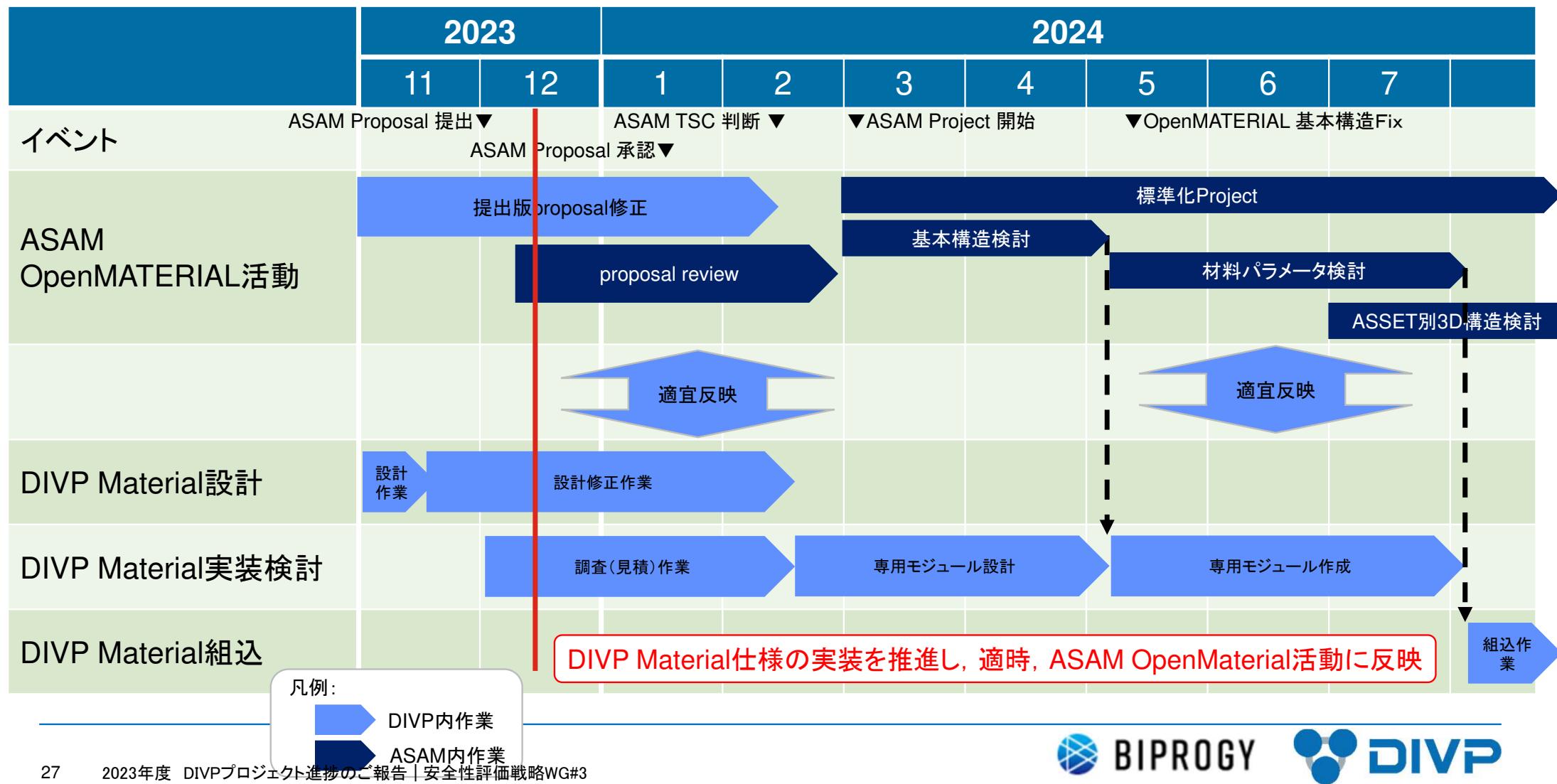
対応イメージ



凡例:

- 既存処理 (Grey Box)
- 新フォーマット版処理(修正) (Red Box)
- 新フォーマット版新設処理 (Pink Box)

DIVP Material 開発計画



23年度計画目標に対して、ほぼ達成見込み。

23年度活動進捗

		2023年度の目標	本年度の実施内容（期末時点予定）	2024年度以降の実施予定内容
(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	<ul style="list-style-type: none"> ■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 	<ul style="list-style-type: none"> ■4Dイメージングレーダモデルは試作完見込み。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。 ■自己位置推定技術は、実測データのシミュレータ環境での再現が難航。 	<input type="radio"/> <ul style="list-style-type: none"> ■4Dイメージングレーダモデルの一致性検証。 ■自己位置推定の一致性検証・改良。
	1.b	<ul style="list-style-type: none"> ■Radar界面着氷の減少解析(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 	<ul style="list-style-type: none"> ■当初計画のエンブレム雪付着は、目途が立ちつつある。しかし降雪空間モデルは、千差万別で汎用モデルが難航中。 ■当初計画外だが、霧モデルと雨モデルも開発中。霧モデルは、カメラは実装完。LiDARを検討中。 	<input type="radio"/> <ul style="list-style-type: none"> ■雪・霧・雨モデルの開発を継続。
	2.a	<ul style="list-style-type: none"> ■Radar HILS実装でのI/F仕様 完 	<ul style="list-style-type: none"> ■I/Fは、JT1にて独側へ提案完。 ■いくつかの既存ハードウェアでの接続実験を年度内に完見込み。 	<input type="radio"/> <ul style="list-style-type: none"> ■ステレオカメラHILSの基礎実験 完
	2.b	<ul style="list-style-type: none"> ■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) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ユーザのセンサモデル、認識アルゴリズム等10社接続中。 ■再利用可能なシナリオサンプル整備推進中。 	<input type="radio"/> <ul style="list-style-type: none"> ■接続活動を継続・拡大。 ■再利用可能なシナリオサンプル整備を継続。
	1.a	<ul style="list-style-type: none"> ■2-Stage評価指標の確立 	<ul style="list-style-type: none"> ■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 	<input type="radio"/> <ul style="list-style-type: none"> ■SAKURAとの連携に基づくリスク指標の決定と検証 ■評価性能に基づく評価シナリオパラメータ・ODDを絞り込む技術の研究
(2) 評価指標・体系の確立	1.b	<ul style="list-style-type: none"> ■学習データセット作成基準と自動生成の実装 	<ul style="list-style-type: none"> ■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 	<input type="radio"/> <ul style="list-style-type: none"> ■ユーザ事例に基づく有効性検証 ■Early Fusionの開発・評価への対応
	1.c	<ul style="list-style-type: none"> ■真値出力機能(Bbox, Depth, インスタンスID等)の完成 	<ul style="list-style-type: none"> ■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, Safety cushion timeの導入調査 	<input type="triangle"/> <ul style="list-style-type: none"> ■V2Xやインフラセンサに関する真値機能の研究 ■SAKURA連携による評価指標の追加実装
	1.d	<ul style="list-style-type: none"> ■Virtual-PG, Virtual-Community Groundモデル作成時間の40%減 	<ul style="list-style-type: none"> ■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 ■取材データから地図アセットを作成する手法についても効率化を実施中 	<input type="radio"/> <ul style="list-style-type: none"> ■広域の環境3Dアセットに本手法を適用
	2.a	<ul style="list-style-type: none"> ■SAKURAプロジェクターと連携した歩行者&自転車行動の調査・解析 ■歩行者&自転車行動モデルの開発 	<ul style="list-style-type: none"> ■ヒヤリ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、行動モデルの評価を目標とする。 	<input type="radio"/> <ul style="list-style-type: none"> ■自動運転安全性評価における代表的なユースケースに歩行者及び自転車行動モデルを連携し、ダイナミックな安全性評価システムをVirtualで構築する。
	1.	<ul style="list-style-type: none"> ■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 	<ul style="list-style-type: none"> ■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 ■生成シナリオのDB化から、一括データ変換機能を開発中 	<input type="radio"/> <ul style="list-style-type: none"> ■生成シナリオのDBより、効率的なシミュレーション実行環境を整備
(3) センサー弱点事象の特定と事象の拡張	2.	<ul style="list-style-type: none"> ■DIVP Material 検証データ仕様作成、構造化 	<ul style="list-style-type: none"> ■現状課題解決可能な、MAP/ASSETデータ及びMaterial仕様作成完了。作成仕様をASAMへ提案、24年3月より標準化プロジェクト開始見込み。 	<input type="radio"/> <ul style="list-style-type: none"> ■DIVPプロダクトに対して、新MAP/ASSETデータ対応(修正作業)を実施。 ■ASAM 標準化プロジェクト参画。

◎ : 計画+○を達成
凡 ○ : 計画通り達成
例 △ : 遅れ、年度末までにリカバリ可能
× : 遅れ、目標達成できない見込み

END

Tokyo Odaiba → Virtual Community Ground

