

DIVP Driving Intelligence Validation Platform

DIVPプロジェクト進捗のご報告

Weather Forecast

2023/12/18



AD safety Assurance*

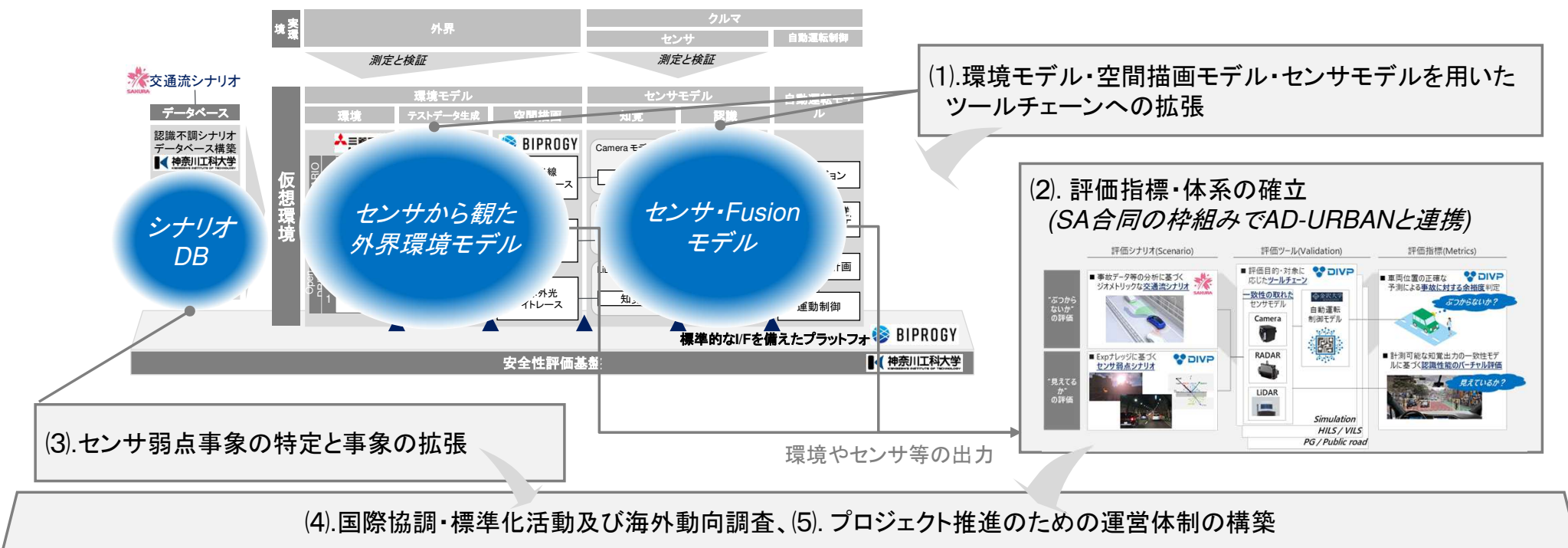


For Validation & Verification Methodology

*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)**



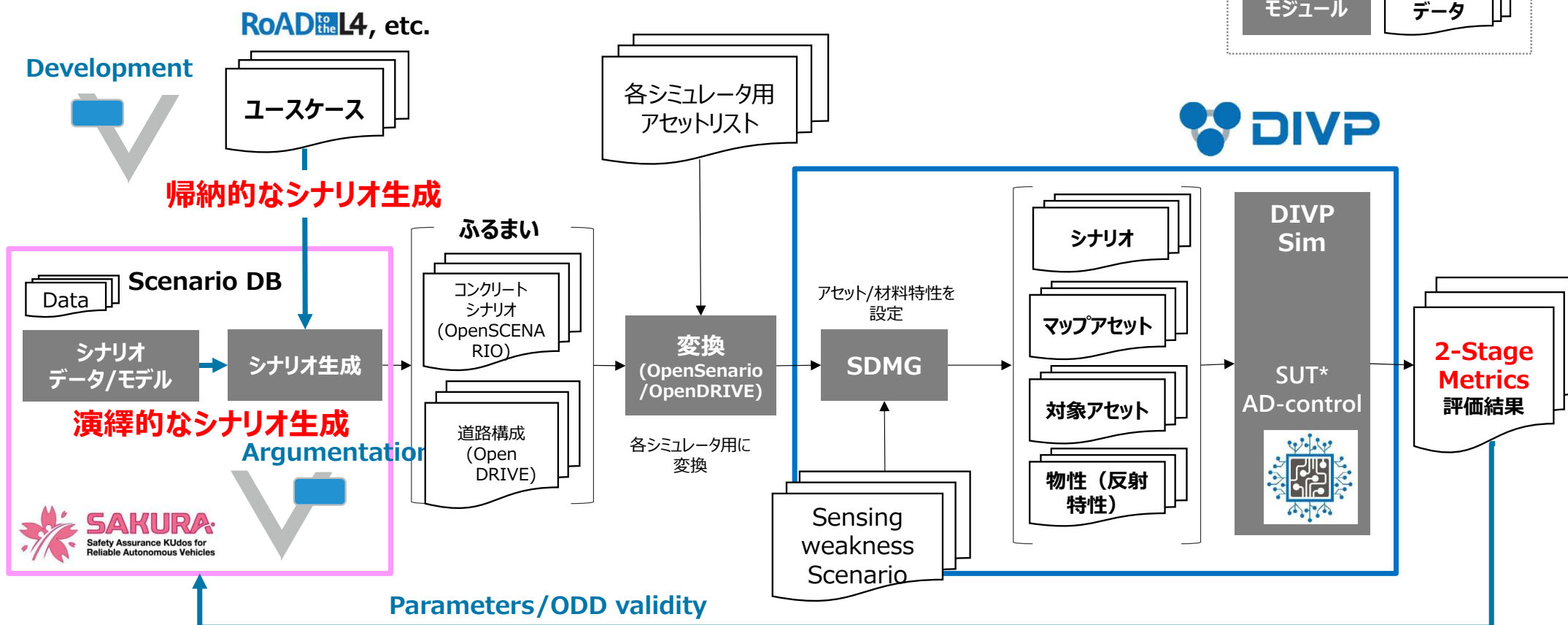
演繹的なアプローチ(網羅的な体系)と帰納的なアプローチ(個々のユースケース)を併用した評価用のシナリオを生成し、継続的に自動運転の安全性が向上する基盤を目指す。

演繹的なアプローチと帰納的なアプローチの併用

判例

モジュール

データ

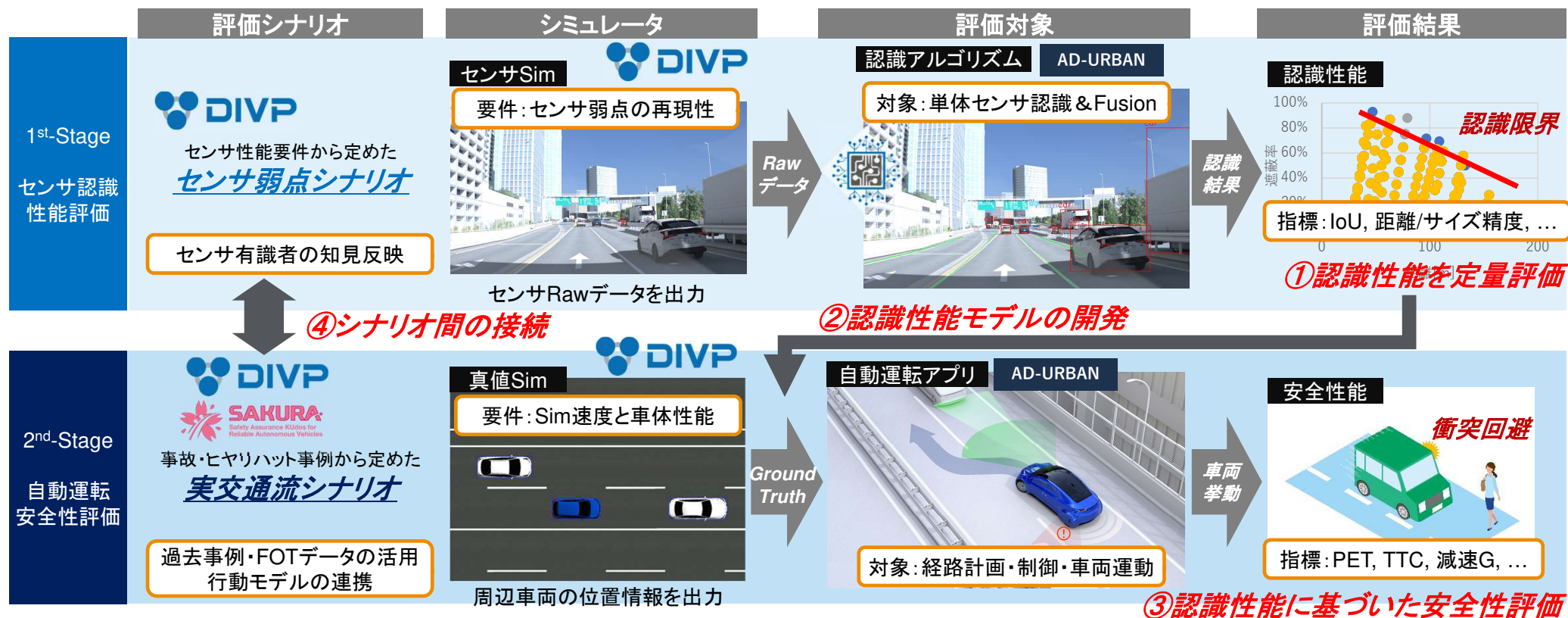


テーマ（２）評価指標・体系の確立

- (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

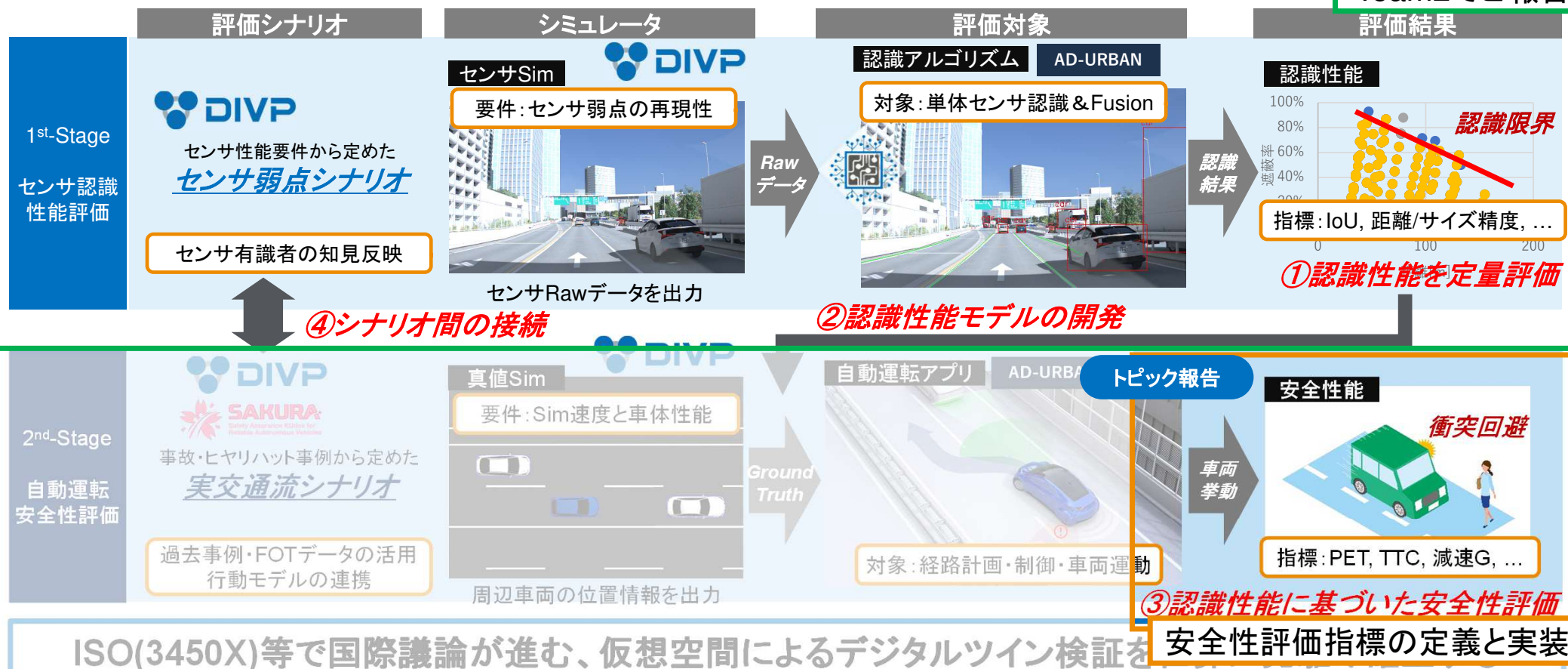


ISO(3450X)等で国際議論が進む、仮想空間によるデジタルツイン検証を世界に先駆け確立する

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。

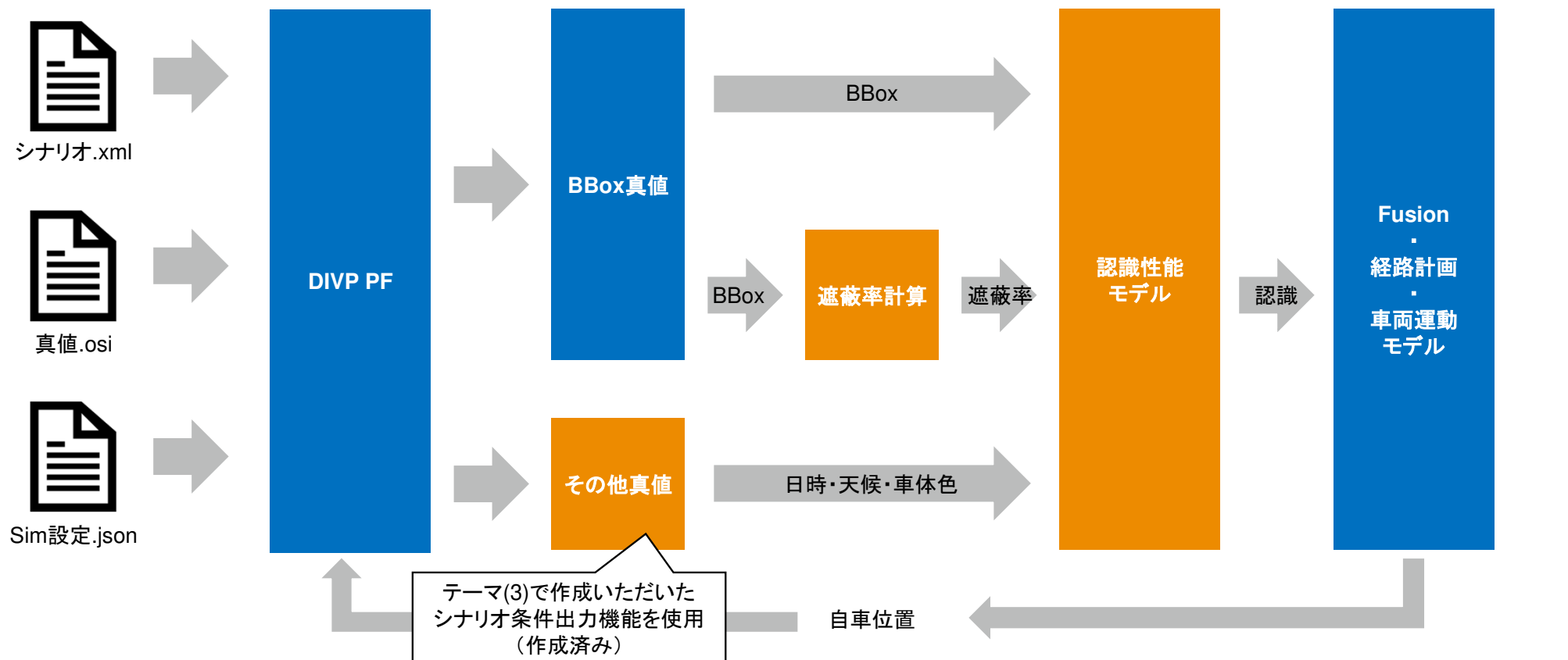
2-stage 評価体系と評価指標の確立

Team2でご報告



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

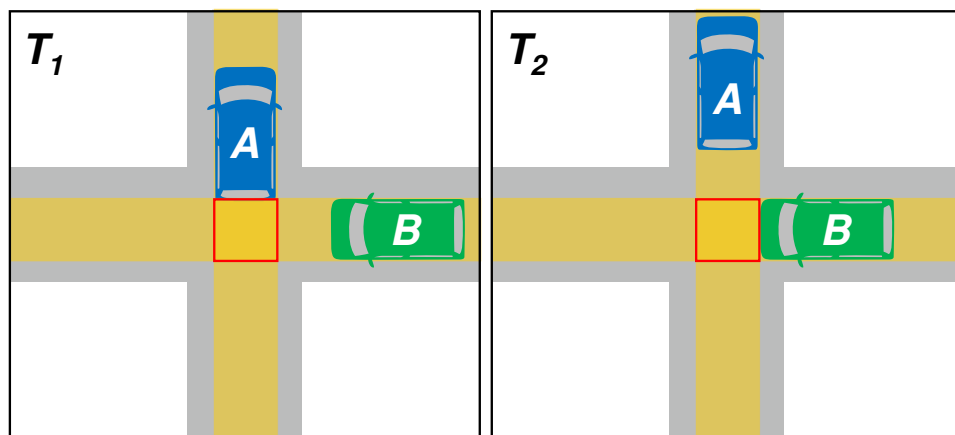


ADシステムの安全性評価指標の候補としてPETやTTCといった数値をピックアップ
各指標の定義を文献調査し、様々な交通環境に適用できるように実装仕様を作成した。

(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

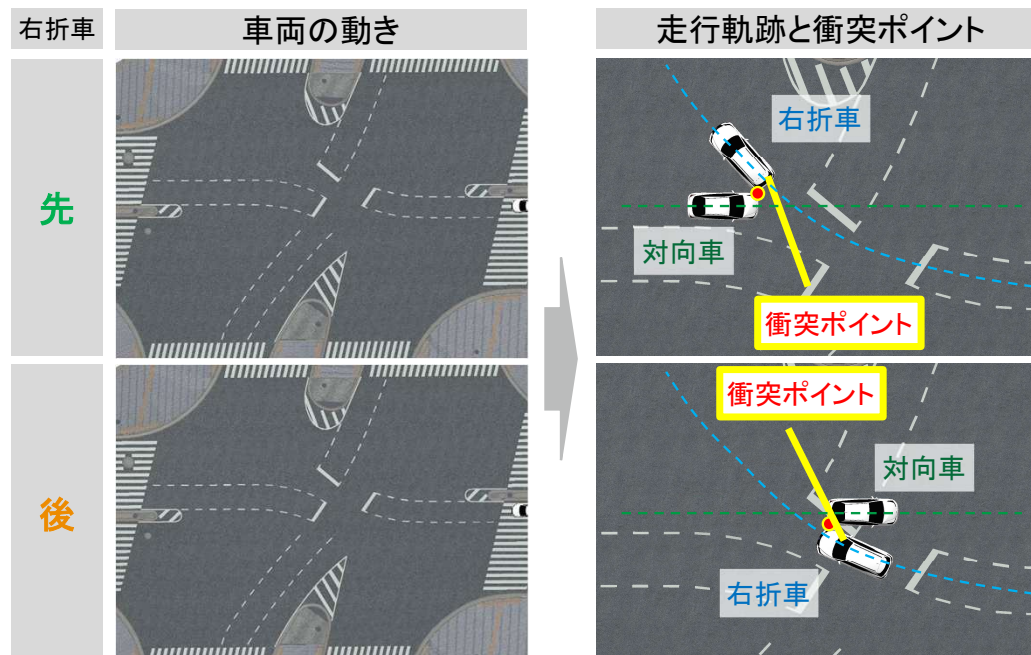
ニアミスの度合いを時間で表現



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

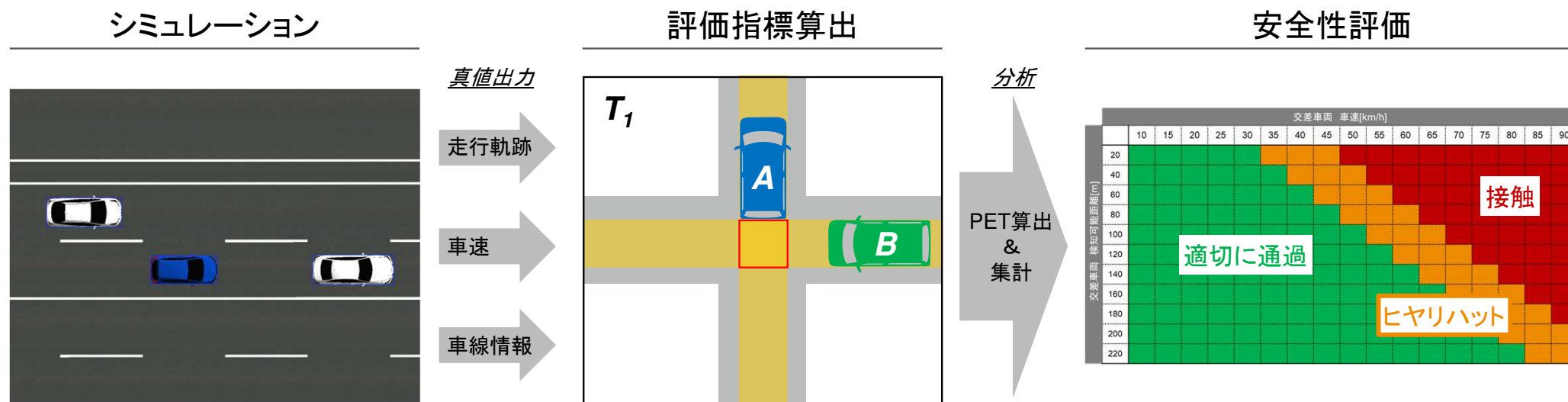
実交通環境に適応したときの課題



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

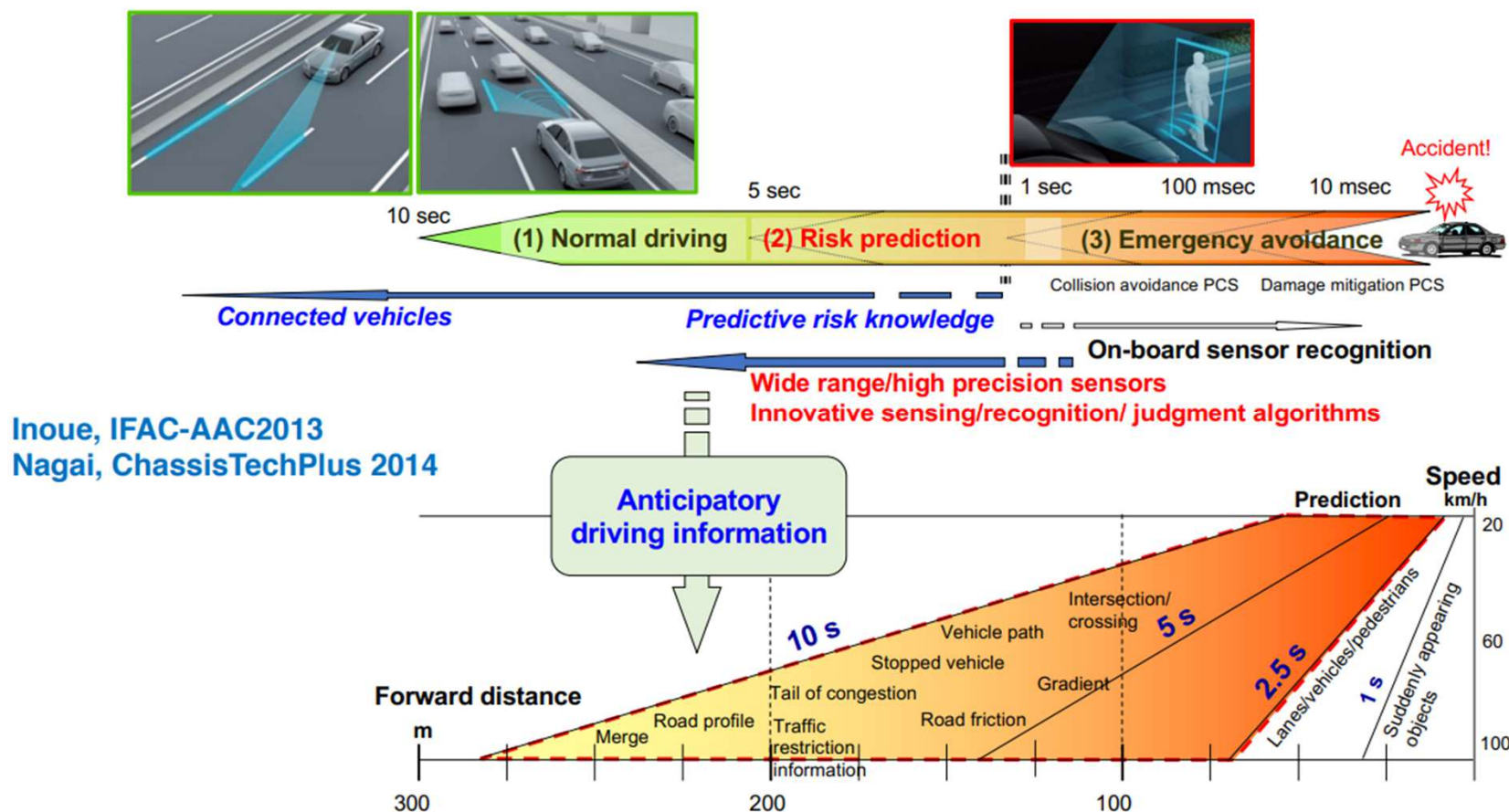
ADシステム安全性評価に向けたPET実装



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くるフェーズを定義しリスク予測やセンシング等の智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



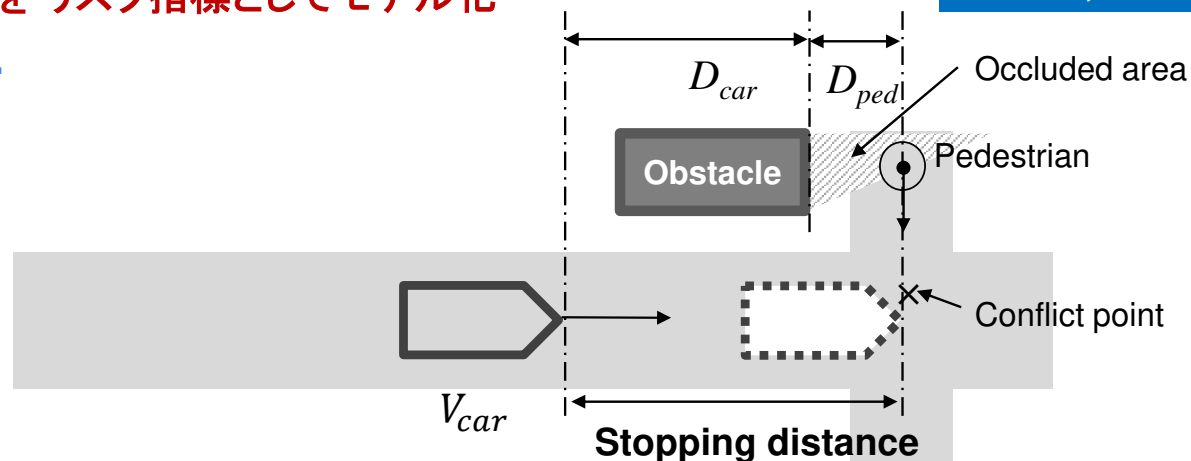
Inoue, IFAC-AAC2013
Nagai, ChassisTechPlus 2014

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。

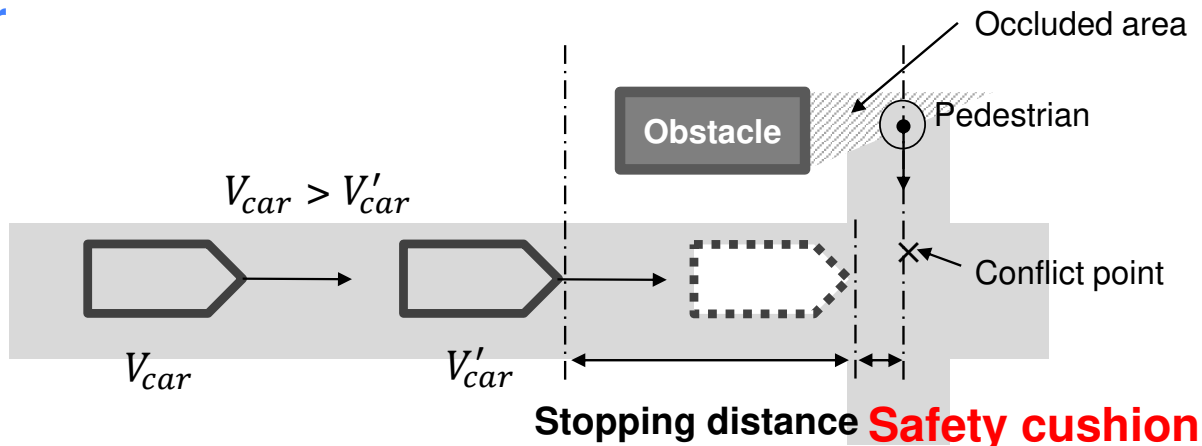
Safety Cushion Time (SCT) をリスク指標としてモデル化

KAIT, TUAT研究より抜粋

● Unsafe driver

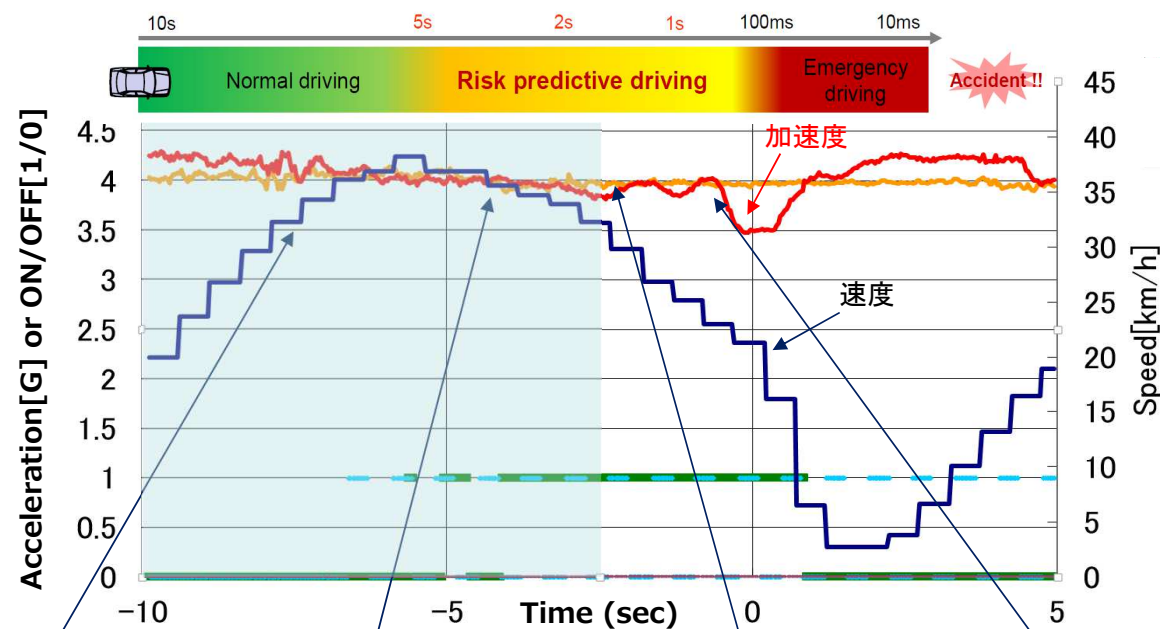


● Careful driver



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



t = -10 ~ -5 s
加速中



t = -5 ~ -3 s
先行車接近/左停車車両
潜在リスクが高まった状態



t = -2 s
停車車両からの飛び出し

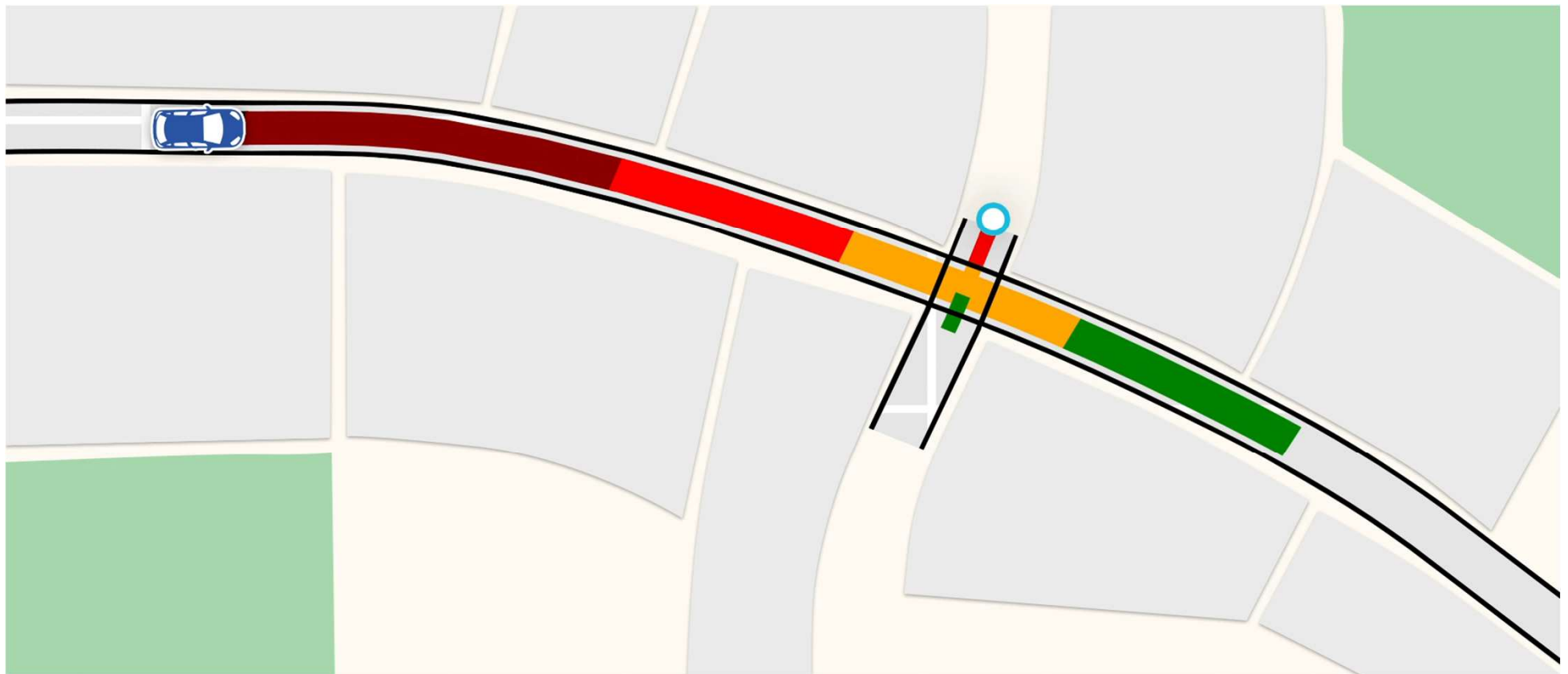


t = -1 s
歩行者に対して急ブレーキ

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）
			界面モデル 雪付着（Radar） 水滴付着（Camera）
DIVP-PF外の 技術との接続	(1)-2.a	HILS	Radar HILS（3件） ステレオCamera HILS（1件）
	(1)-2.b	HILS 以外 ・センサモデル ・シナリオ ・外部ツール（Vissim等）	

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

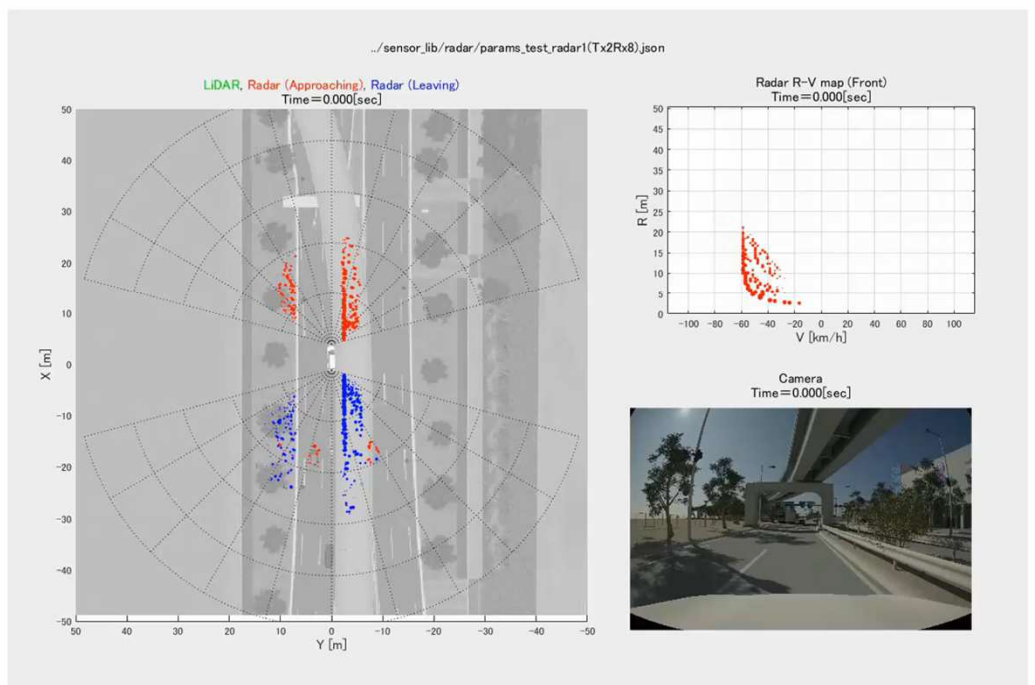
(1)-1.a. 4D Imaging Radarモデル開発、Radar SLAM

動画(1分10秒)

Our Recent Works



(3). Models for Sensor-Fusion Researchers.



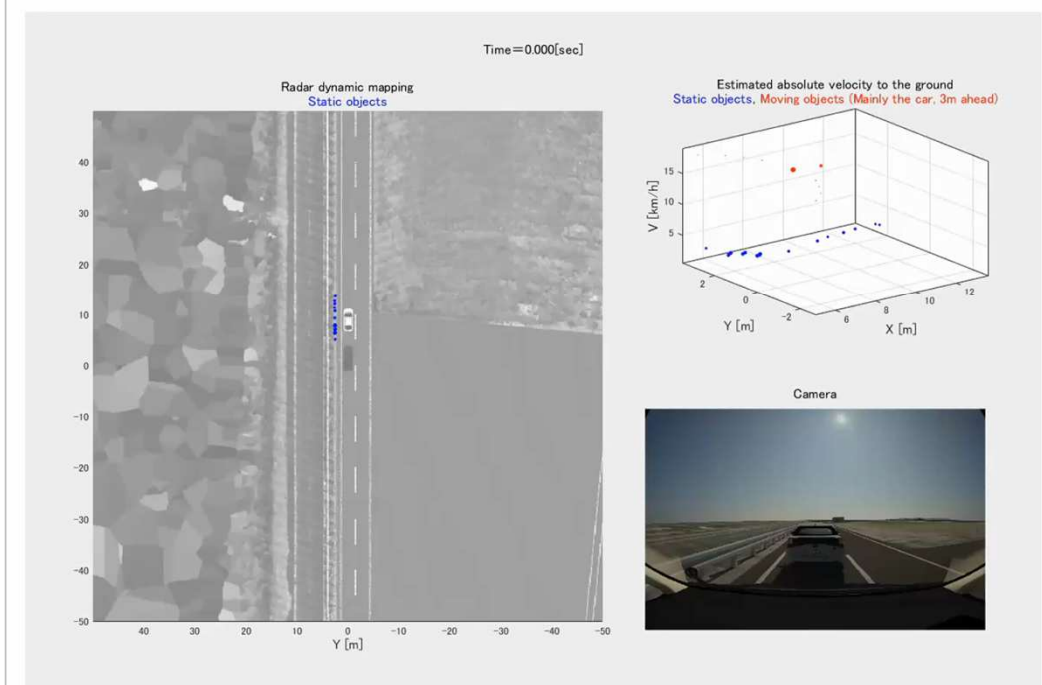
Sensor Fusion 研究の基盤例

動画(45秒)

Our Recent Works



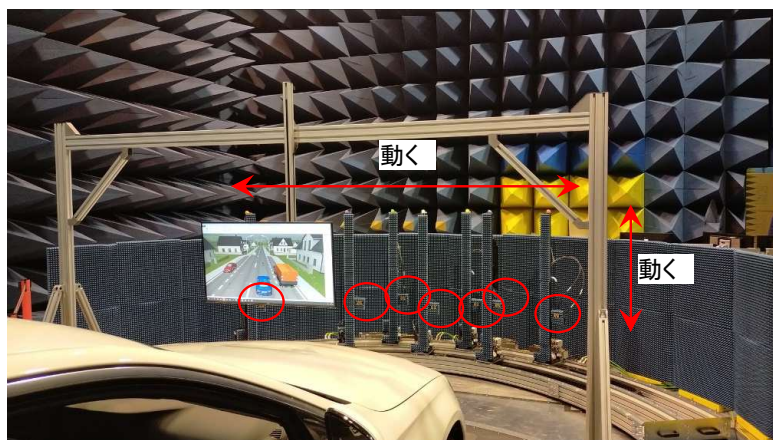
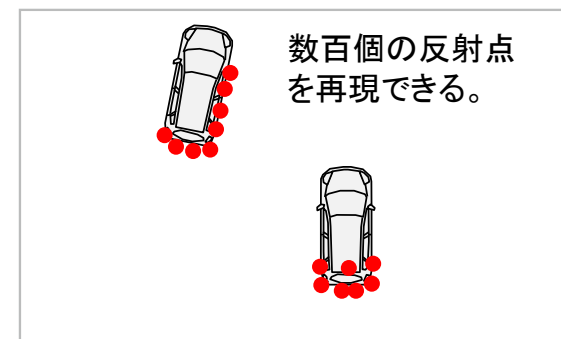
(4). Models for Radar Dynamic Mapping Researchers



Radar Dynamic Mapping 研究の基盤例

Radar 動的物標の反射点をVILSへ接続完(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

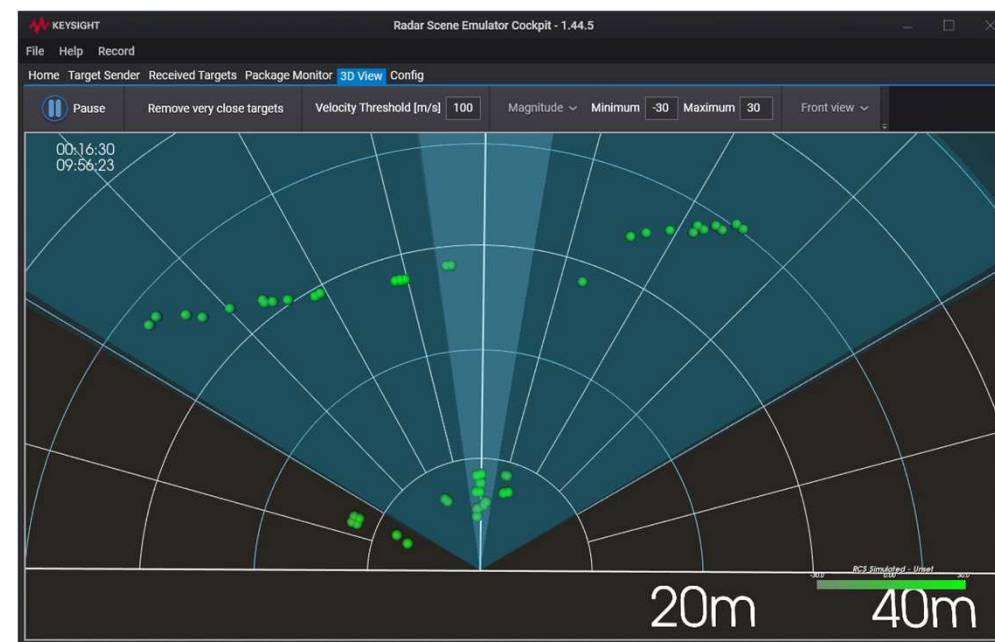
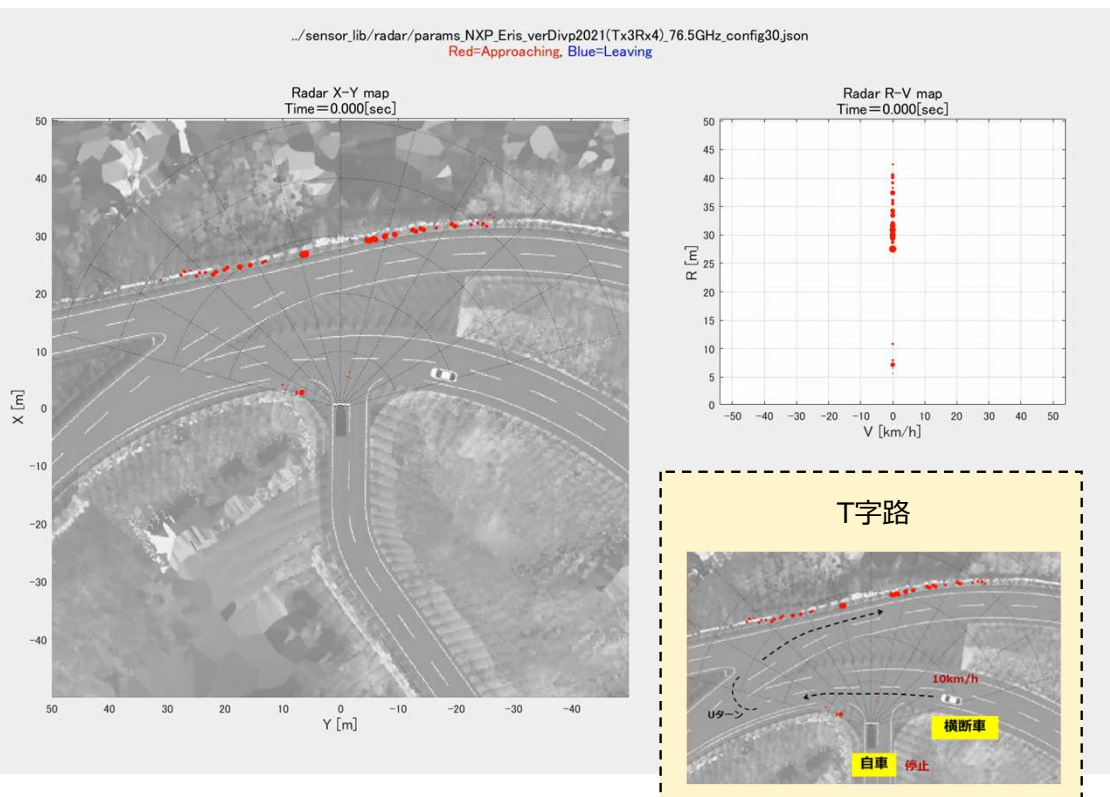
DIVP Radar複数反射点を 高性能反射点HILS(実機)へ接続し、詳細なRadar実機性能評価が可能。

(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



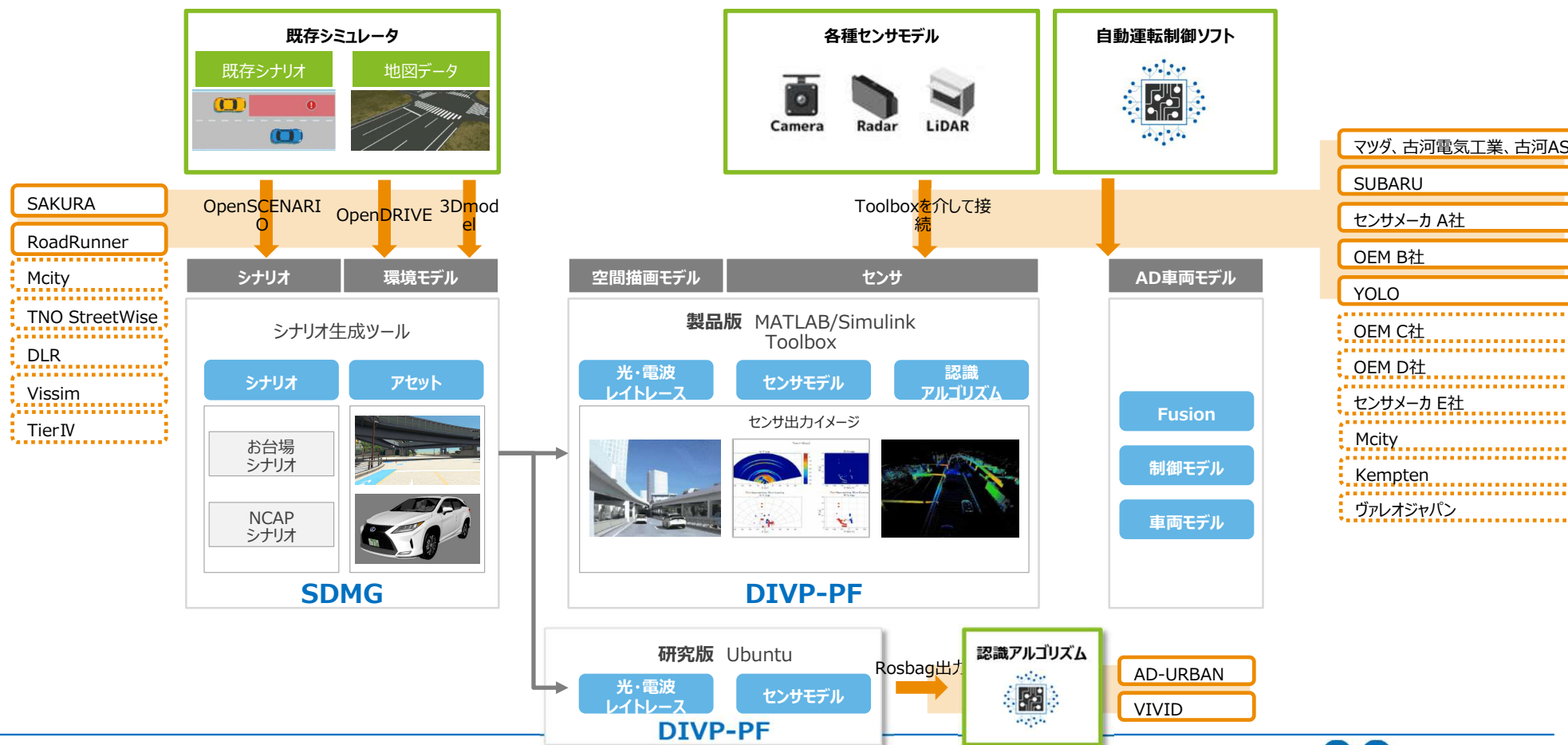
高性能Radar HILSでの反射点出力が可能になった



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



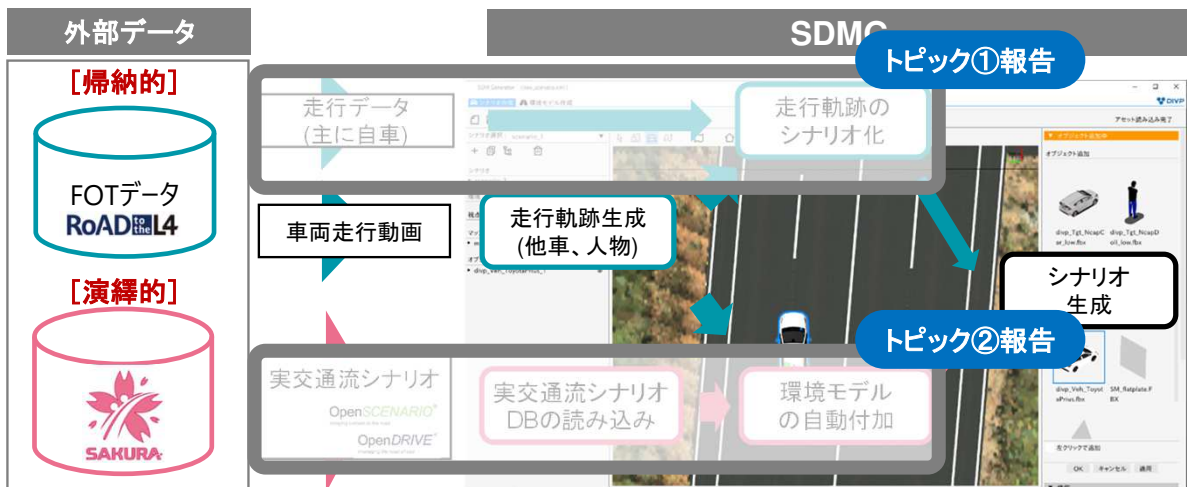
テーマ（3） センサ弱点事象の特定と事象の拡張

(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



Road to the L4

マテリアルによる反射の再現

特殊環境(交差点の傾斜等)の再現

テーマ1 福井県永平寺町

テーマ2 たちまちBRT (茨城県日立市)

・鉄道駅周辺の自動車歩行者専用道路を自動運転車両の走行路として通行許可を多岐にわたる
・木々の葉の落下の道路のため、電柱、交通標識等が視界を妨げるため、通行可能な領域の自動運転車両の走行許可を日本初と取得。2021年3月から無人自動運転移動サービスとして事業進行中



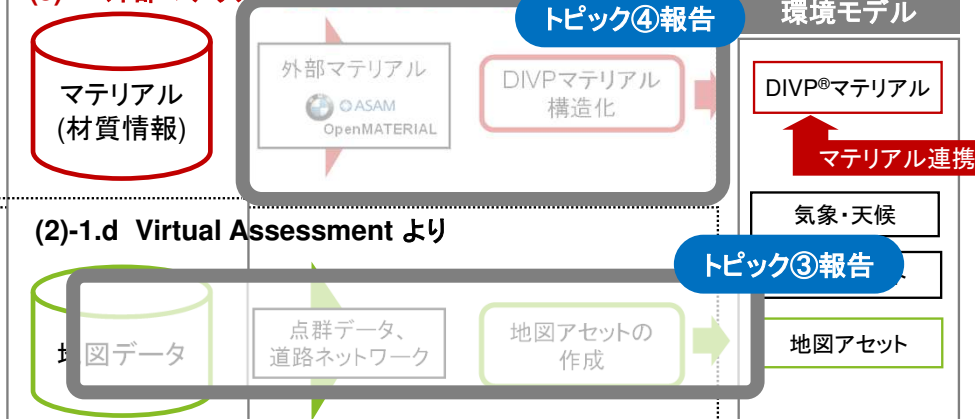
テーマ3 第二東名高速

テーマ4 柏の葉(千葉県柏市)

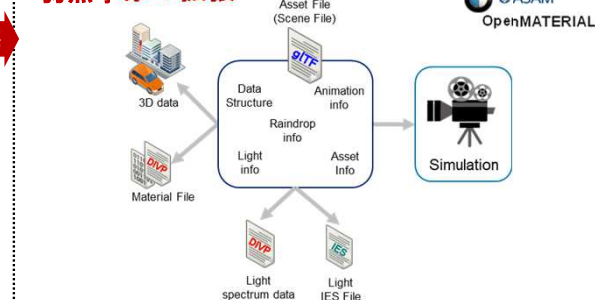
・日本の大都市圏(東京～名古屋)を接続する新幹線
・従来の東名高速道路に並行し、現在、6車線化(片道3車線)の整備が進む
・道路幅員 (VCI) 従来実績決定



(3)-2. 外部マテリアル連携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



高速道路での不調シナリオ再現

市街地に存在する歩行者や他車の走行環境の再現

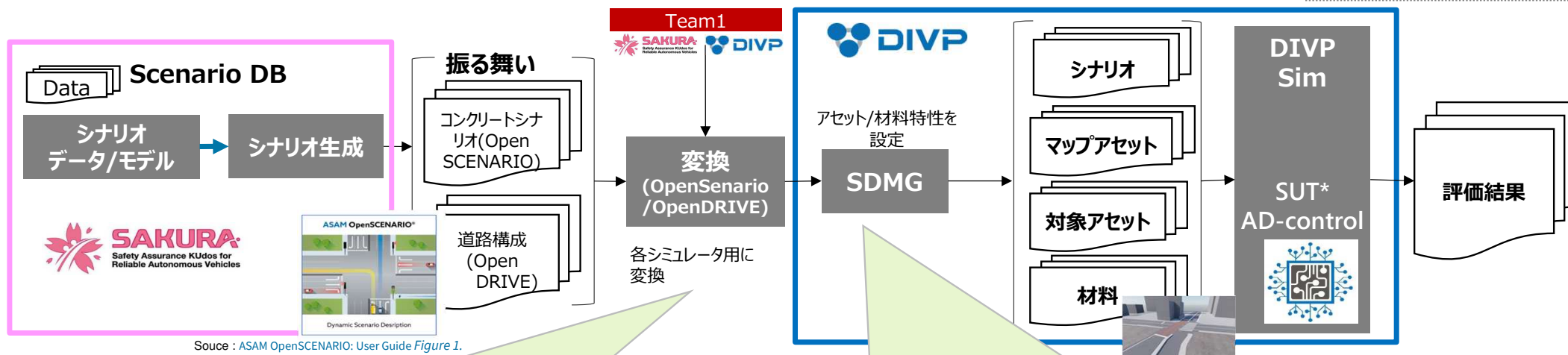
SAKURA ProjectシナリオをDIVPに取り込むことで、実交通検証の幅を広げる

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

判例

モジュール

データ



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

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ダミーバレーン
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

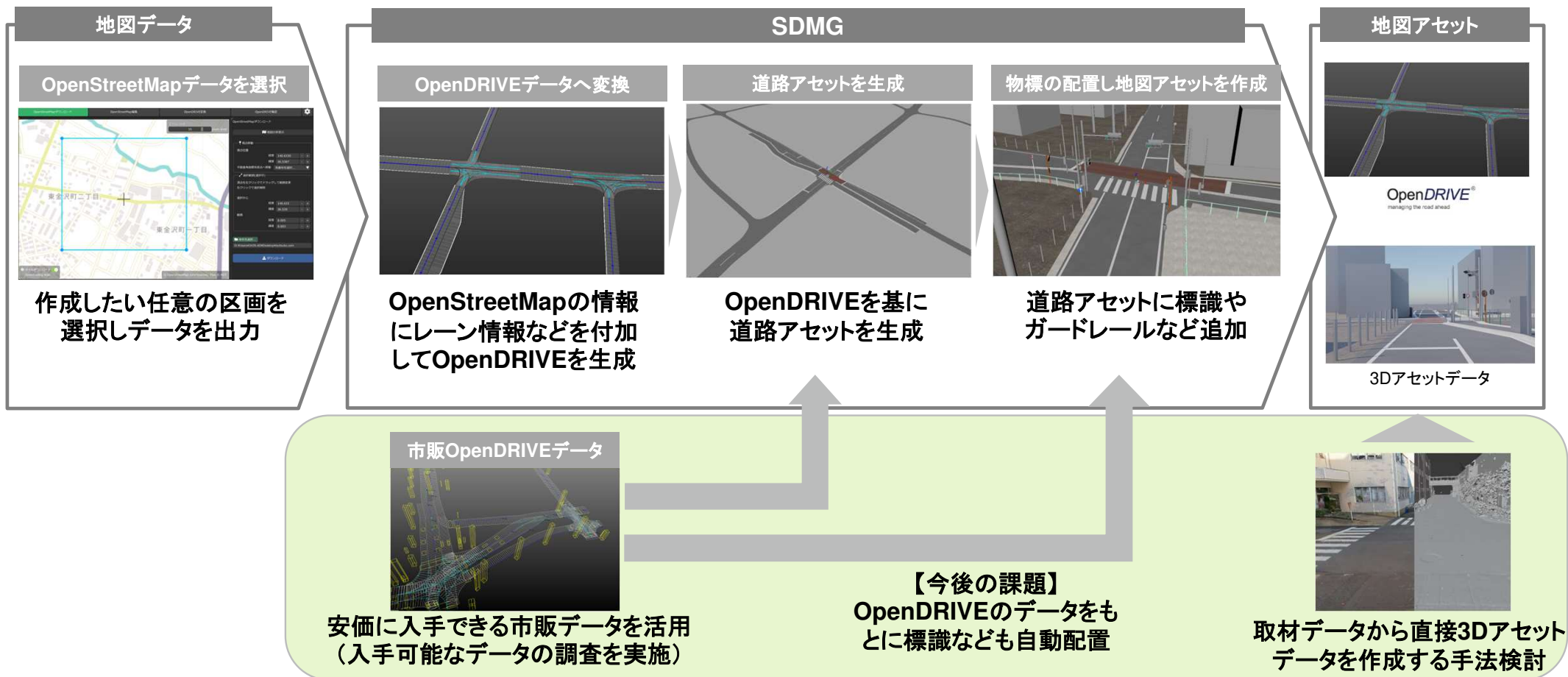
DIVP上で実行するために
必要な付加データの調査、
洗い出し

DIVP上で実行するため必要なデータの付加手順

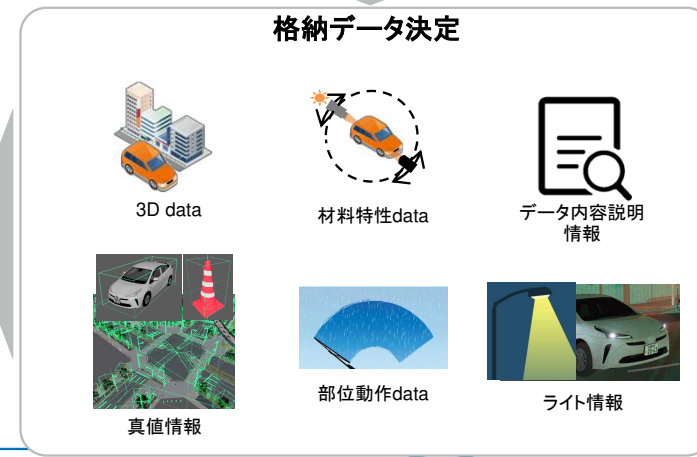
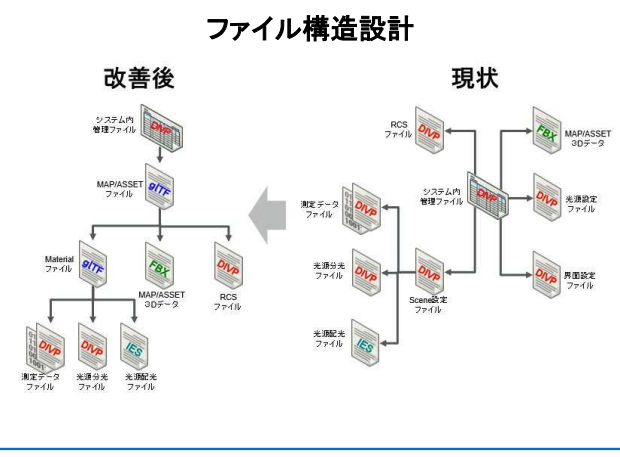
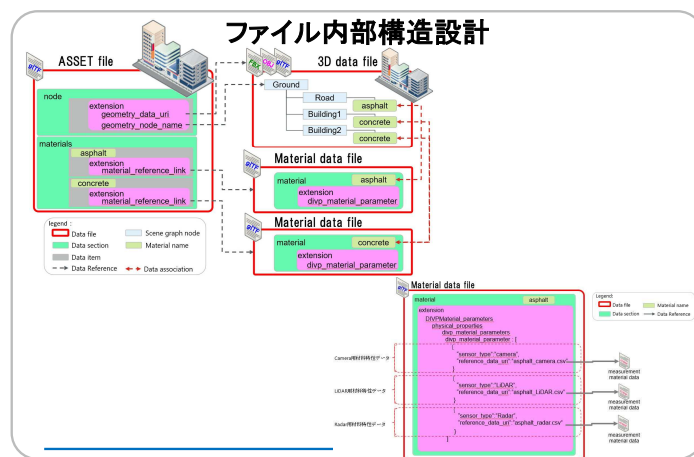
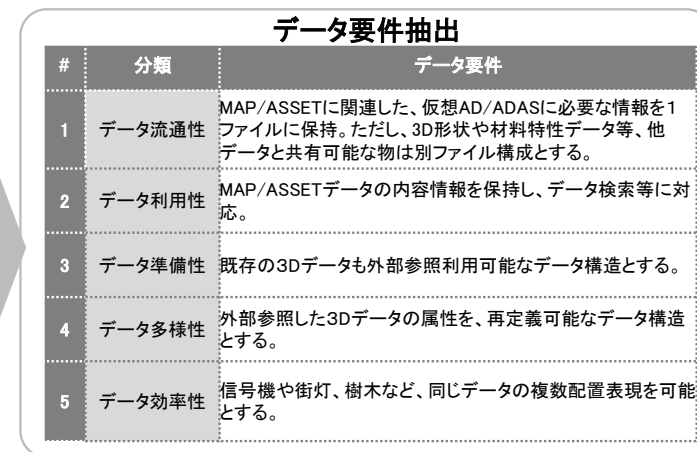
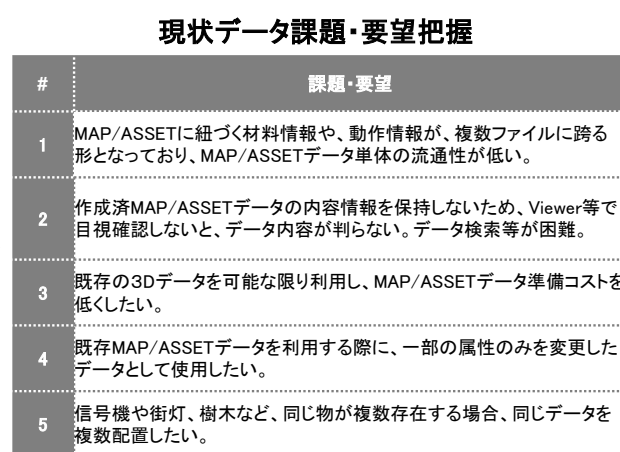
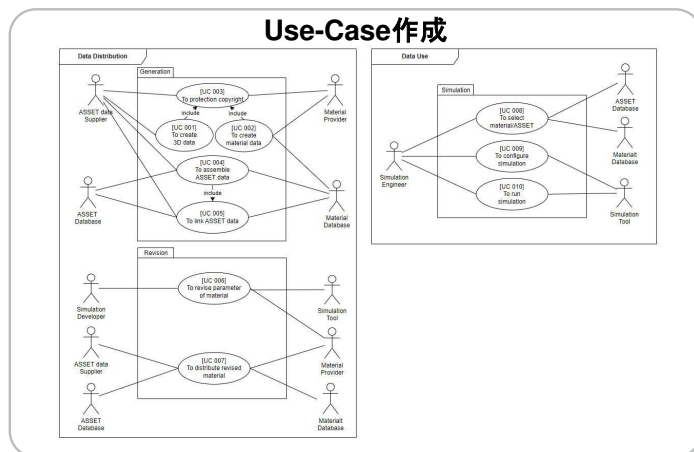
番号	手順
1	OpenDRIVEファイルから地形アセットの生成
2	OpenScenarioファイルのインポート
3	地形アセットのシナリオへの設定
4	オブジェクトへのアセット適用
5	センサーの設定
6	シナリオの保存、出力

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

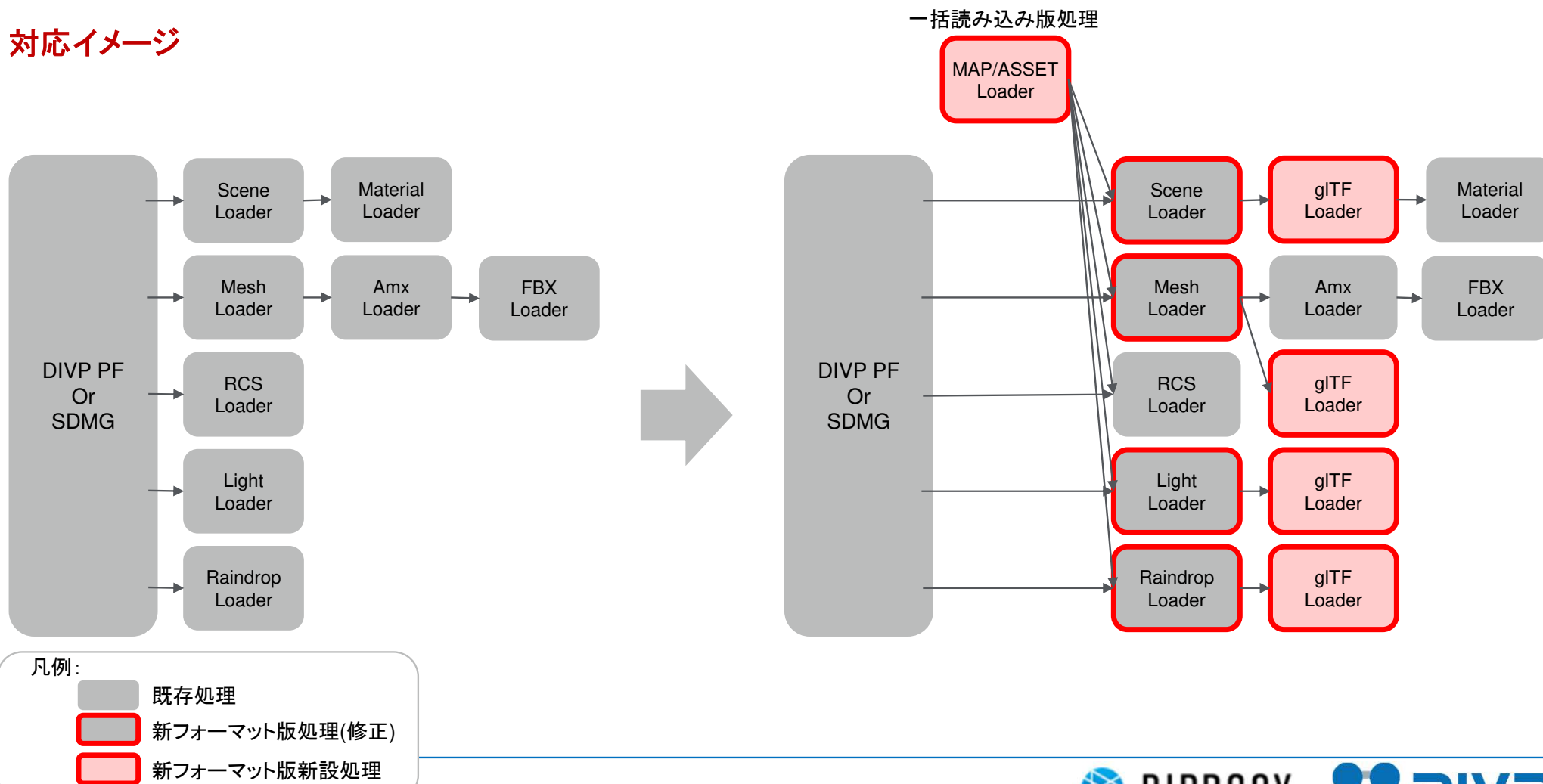


(3)-2. 物理特性データの構造化(Open Materialの確立、国際標準仕様検討)

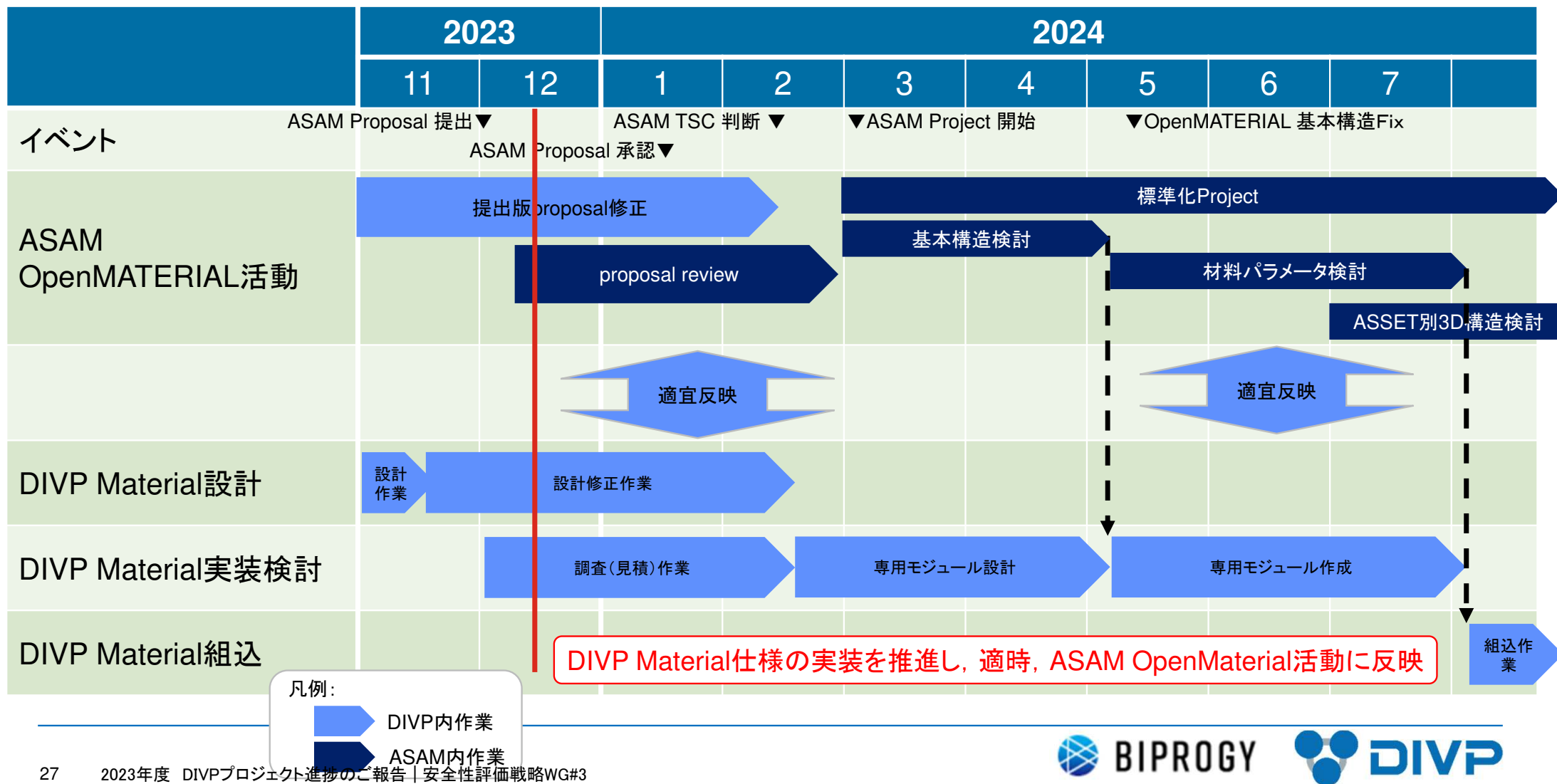


DIVP Material 実装検討

対応イメージ



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

◎ : 計画 + αを達成
○ : 計画通り達成
凡 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

	2023年度の目標	本年度の実施内容（期末時点予定）		2024年度以降での実施予定内容
(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	■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の一致性検証。 ■自己位置推定の一致性検証・改良。
	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	○	■雪・霧・雨モデルの開発を継続。
	2.a	■Radar HILS実装でのI/F仕様 完	○	■ステレオカメラHILSの基礎実験 完
	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)	○	●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。
(2) 評価指標・体系の確立	1.a	■2-Stage評価指標の確立	○	■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
	1.b	■学習データセット作成基準と自動生成の実装	○	■ユースケースに基づく有効性検証 ■Early Fusionの開発・評価への対応
	1.c	■真値出力機能(Bbox,Depth,インスタンスID等)の完成	△	■V2Xやインフラセンサに関連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	■Virtual-PG、Virtual-Community Groundモデル作成時間の40%減	○	■広域の環境3Dアセットに本手法を適用
	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	○	■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。
(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	○	■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
	2.	■DIVP Material 検証データ仕様作成、構造化	○	■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。

END

Tokyo Odaiba → Virtual Community Ground

