

DIVP Driving Intelligence Validation Platform

DIVPプロジェクト進捗のご報告

Weather Forecast



2023/9/19

AD safety Assurance*



For Validation & Verification Methodology

*AD : Automated driving

地域実装等の各種ニーズに基づく安全性評価基盤の構築と、それらを支える研究体制にて成果を目指す

安全性評価基盤TFの研究体制

目指す姿 ■ 自動運転技術導入に対する地域ニーズ ■ サービス向上にむけた一般道対応等のODD拡張 ■ オナーカーの自動運転技術のレベルアップ



成果の発信

Team0

- 3PRJリーダー間での研究企画や成果の検証
- 各地域実証やOEMとの連携によるニーズ・UCの収集
- 研究成果に基づく地域実装者や技術開発者への発信

各PRJリーダー：井上教授、北島様、菅沼教授
(DIVP-PMが事務局運営)



プロジェクト間の連携を通じた 安全性評価基盤の構築

Team1

- UCに基づくシナリオと評価指標の検討

SAKURA シナリオ・評価指標 → DIVP シナリオモデル生成

Team2

- Virtual評価結果とシステムの結合による、2-stage評価の確立

DIVP Virtual評価結果 → AD-URBAN refシステム



基盤開発を支える 要素技術の開発

SAKURA

- AD開発動向に応じたシナリオDB更新や安全性評価体制構築

DIVP

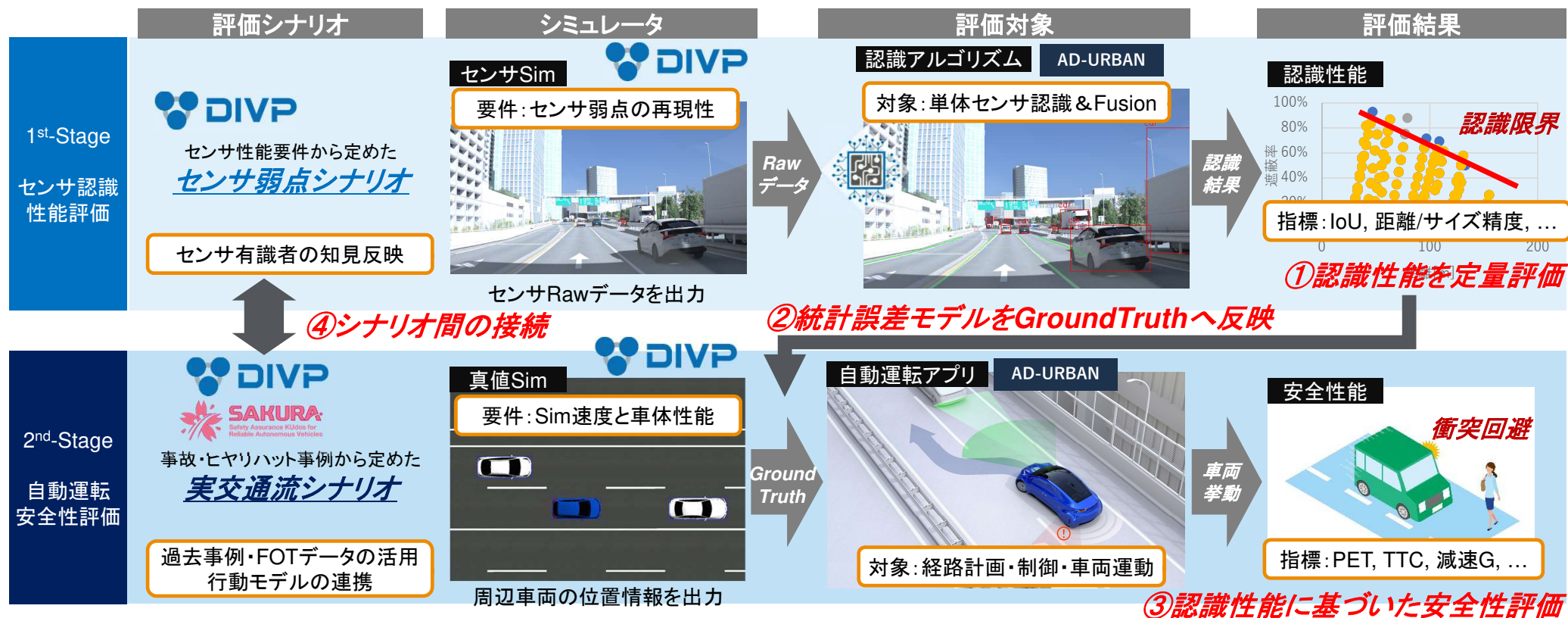
- 安全性評価Sim構築及び2ステージの安全性評価指標の構築

AD-URBAN

- 認識技術、システム制御の研究開発

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

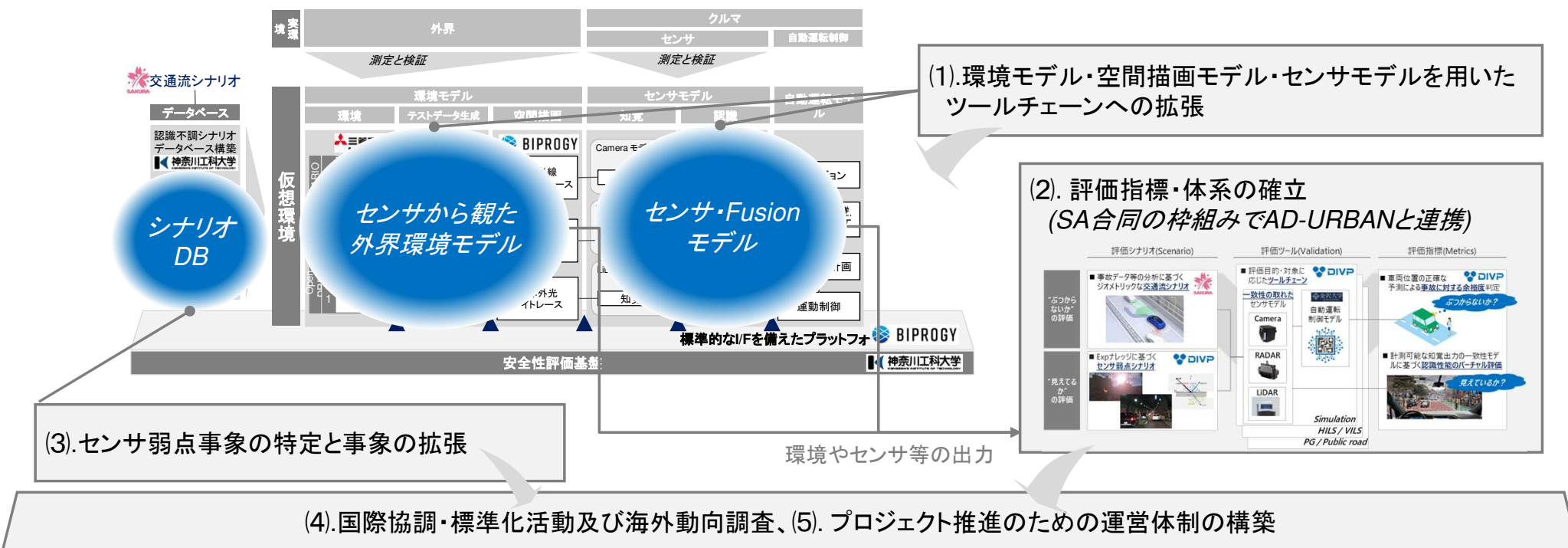
2-stage 評価体系と評価指標の確立



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

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)**

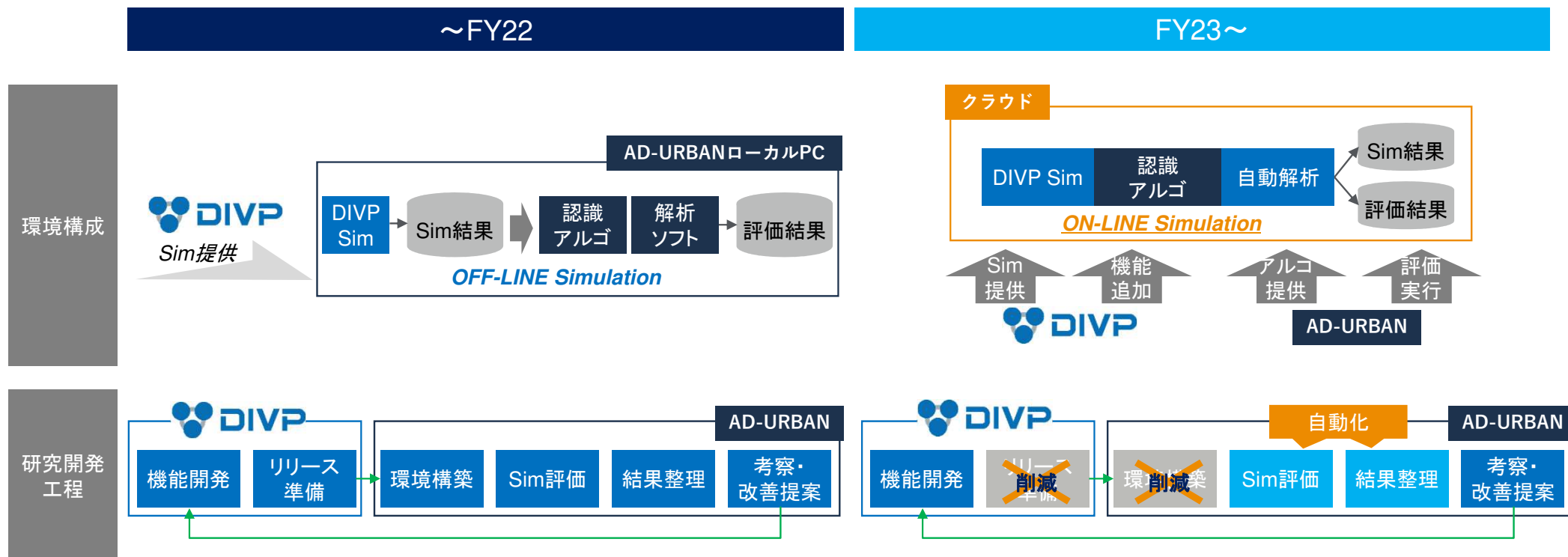


テーマ（２）評価指標・体系の確立

- (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

Sim実行・自動解析環境のクラウド化により、エンドユーザに対してDIVP利用へのハードルを下げるとともに、研究開発での環境整備負荷を下げ「機能開発」「考察・改善提案」を推進する

シミュレーション環境のステップアップ



他Prjへの展開に対し、先方の敷居・負担を大きく低減が可能

自動で性能評価が可能なシミュレーション環境をクラウド上に構築中 計画通りにFY23開発予定の7割を構築済み

FY23 安全性評価PFのアーキテクチャ



自動で性能評価が可能なシミュレーション環境をクラウド上に構築中 計画通りにFY23開発予定の7割を構築済み

FY23 安全性評価PFのアーキテクチャ

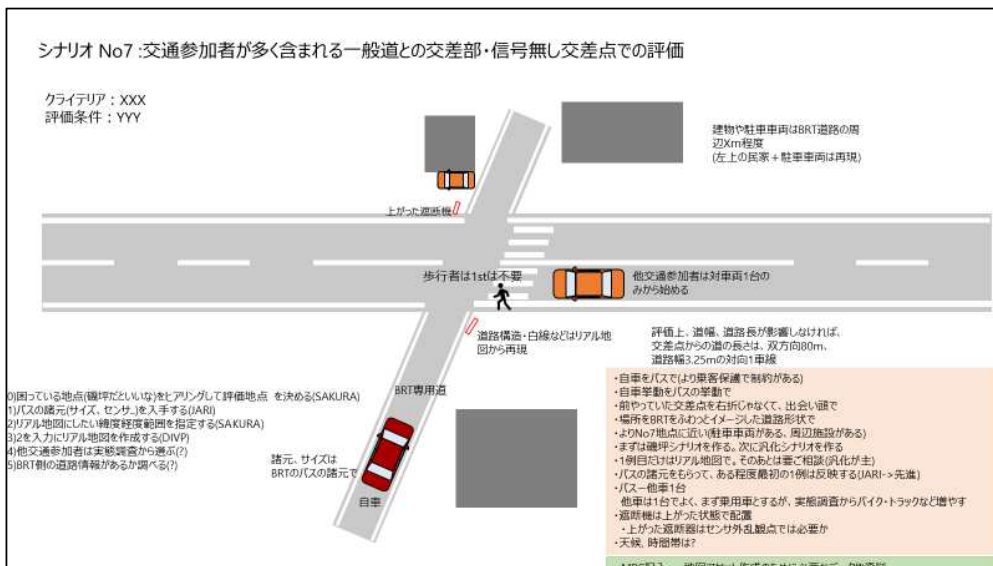
FY23 進捗



8月中旬に1st-Stageの仮シナリオを作成し、9月の動作確認で使用予定 AD-URBAN & SAKURAとの連携によって1st-Stage評価用のシナリオを決定していく

プロジェクト間連携によるシナリオ定義

ひたちBRT交差点の評価地候補 (&SAKURA)



1st-Stage仮シナリオのパラメータ範囲 (&AD-URBAN)

	仕様	5W1H
MAP	日立BRT交差点	1stではOpenStreetMapから作成する 路面と路面ペイントのMAPで評価方針 2ndに向け3D-MAPの作成?
アクター	自車 (RX) 他交通参加者	ADUの車両 (仮) PRIUSの色違い ADUの仕様 金沢と何種類で評価するか確認 (RGB、白黒)
日時	12月 昼 : 10:30過ぎ、13:00頃、15:40頃	一旦デフォルトSkyファイル
緯度経度	つくばの緯度経度	一旦デフォルトSkyファイル
天候	晴れ、曇り、雨	
シナリオ	自車 他交通参加者	車速とか位置? 車速とか位置?

簡易マップの作製

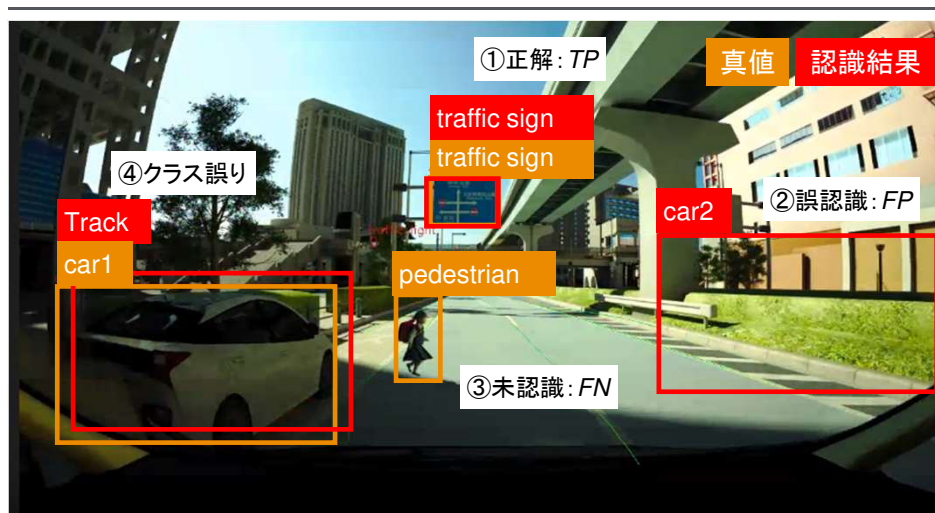


AD-URBANとSAKURAから情報収集し、
8月中旬に仮シナリオを決定9月に動作確認

FY22開発のBBox出力機能(真値出力機能)との組合せにより、性能の自動評価が可能となる

認識性能評価指標

時系列の指標



$$\text{IoU} = \frac{\text{Green Box}}{\text{Orange Box} + \text{Red Box}}$$

IoUが低いと認識結果から算出した距離・サイズの誤差が大きい

指定範囲の統計指標

評価指標	名前	概要	計算式
TP	真陽性	正常に認識	$TP = \frac{\Sigma(TP_t)}{m}$
FP	偽陽性	誤認識	$FP = \frac{\Sigma(FP_t)}{m}$
FN	偽陰性	未認識	$FN = \frac{\Sigma(FN_t)}{m}$
$Precision$	適合率	正予測の正答率	$Precision = \frac{TP}{TP + FP}$
$Recall$	再現率	正に対する正答率	$Recall = \frac{TP}{TP + FN}$
$F\text{-measure}$	F値	適合率と再現率の調和平均	$F\text{-measure} = \frac{2Precision \times Recall}{Precision + Recall}$

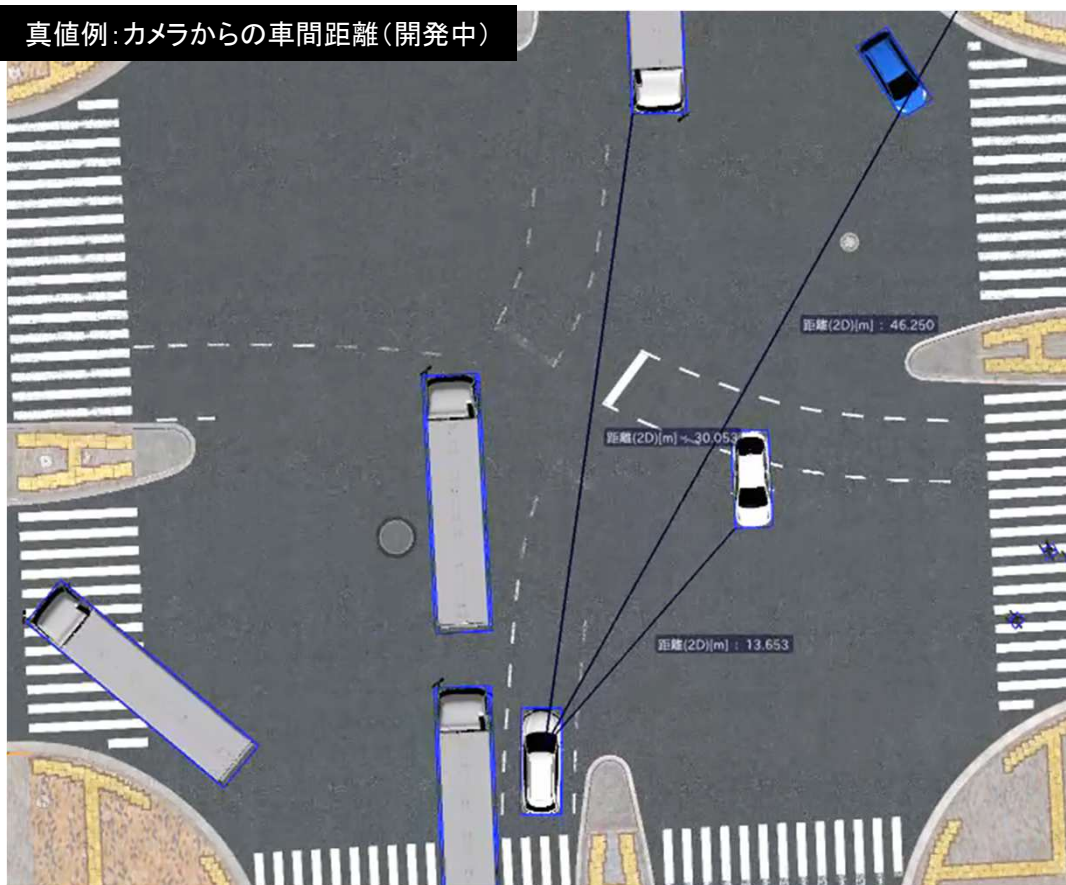
機械学習の性能評価に使用される指標を自動計算

真値として車の車速・車間距離・走行軌跡を出力し、
安全性能評価指標として安全余裕時間（PET）などを自動算出する機能へと拡張を行う

真値出力・指標算出機能の拡張

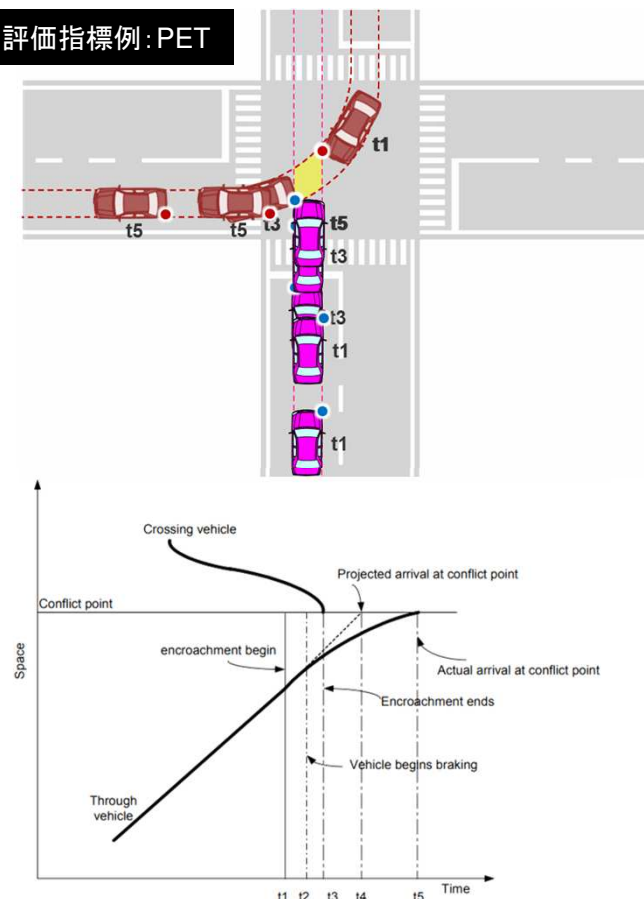
評価指標機能イメージ((2)-1.c.)

真値例：カメラからの車間距離（開発中）



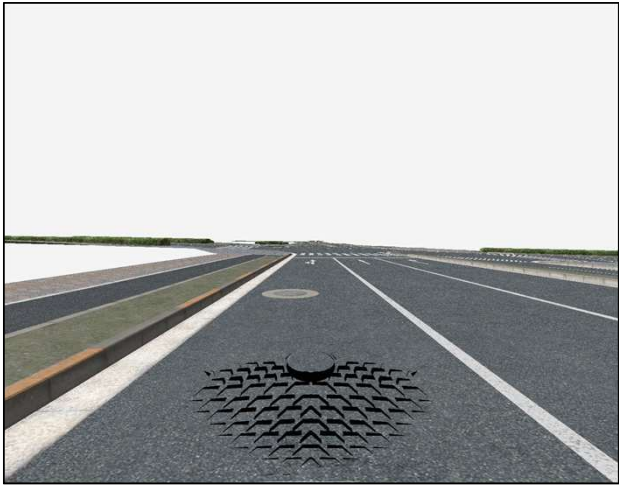
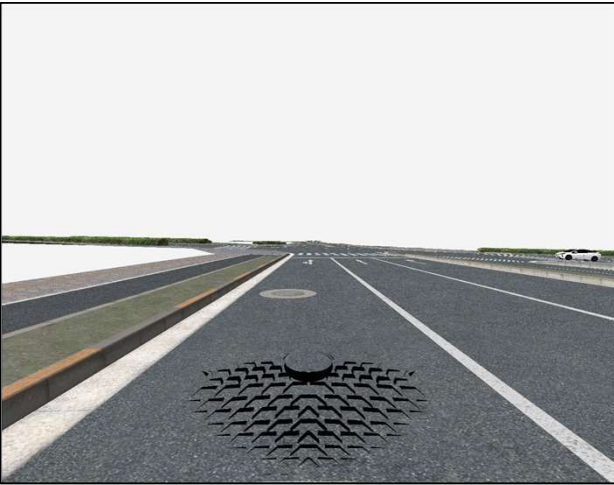
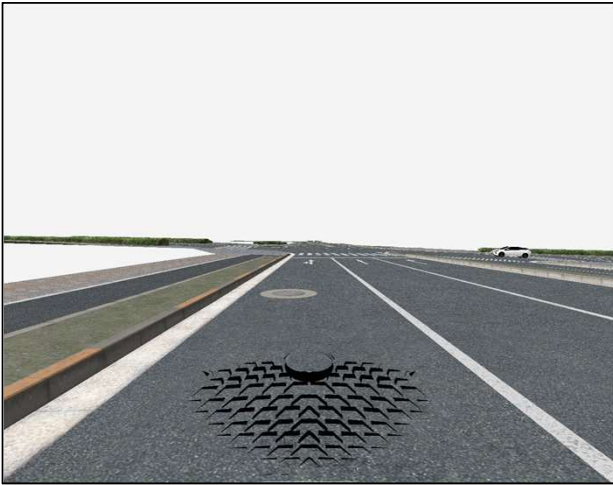
・車速
・車間距離
・走行軌跡
など

評価指標例：PET



SDMGにてPETが0～2[sec]となるシナリオを作成し、安全性能の評価手法を整理している

安全性能指標(PET)に対応するデモシナリオ

PET[sec]	0.0	1.0	2.0
			
ドライバの振る舞い (先行研究)	減速する		減速しない

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

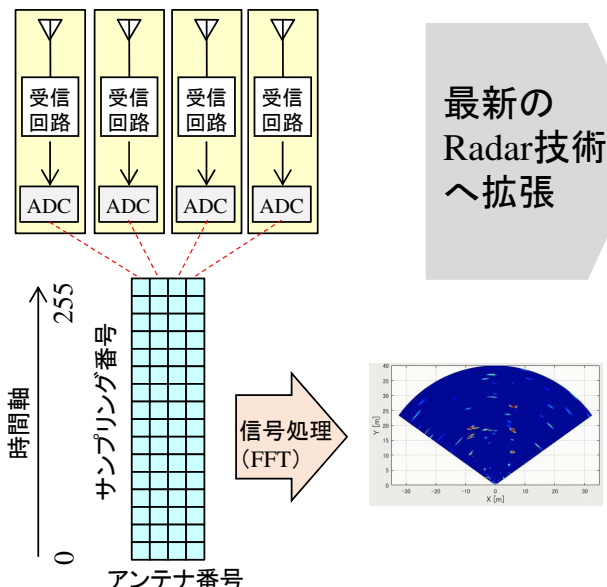
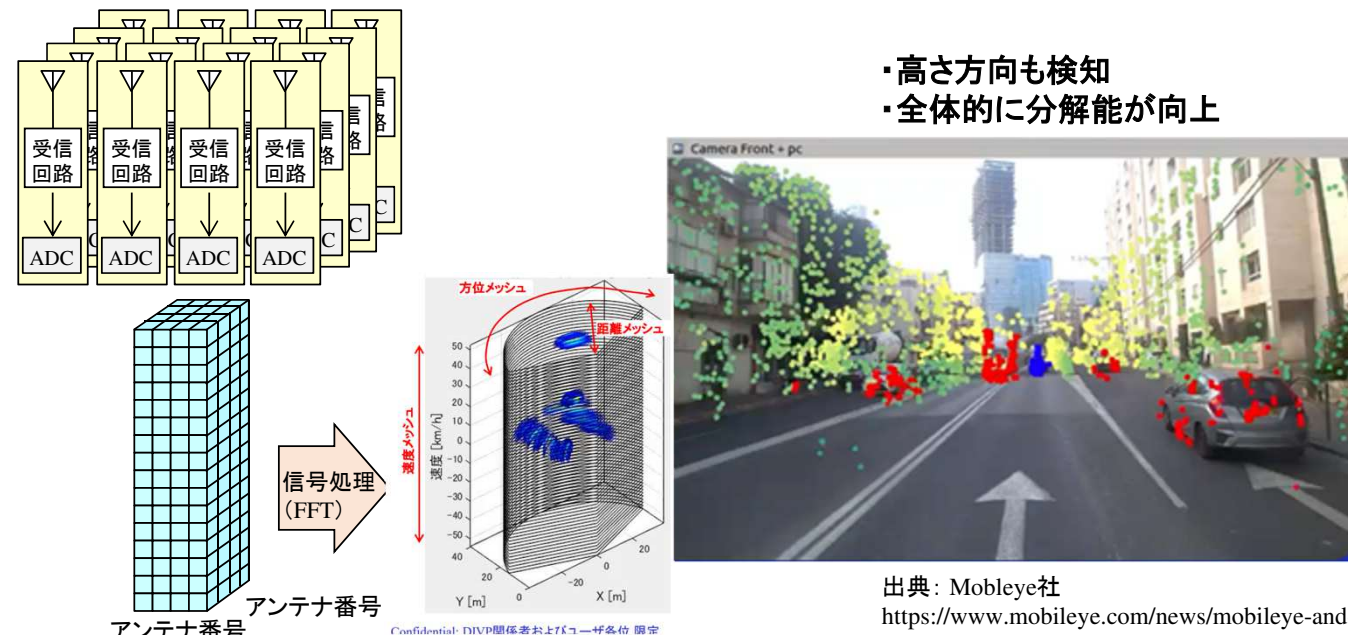
4つのテーマの趣旨と、進捗

テーマ(1) 全体状況

趣旨	テーマ番号	対象	詳細	進捗
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	計画通り
			上記を用いた応用研究（Radar SLAM）	計画通り トピック①報告
	(1)-1.b	環境モデル	空間モデル 降雪・積雪（Camera他）	モデル絞込み実施 トピック②報告 トピック③報告
			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）	対象HILSを変更 トピック④報告
			ステレオCamera HILS（1件）	
	(1)-2.b	他Sim.等の接続	・他のセンサモデル ・シナリオ ・外部ツール（Vissim等）	計画通り

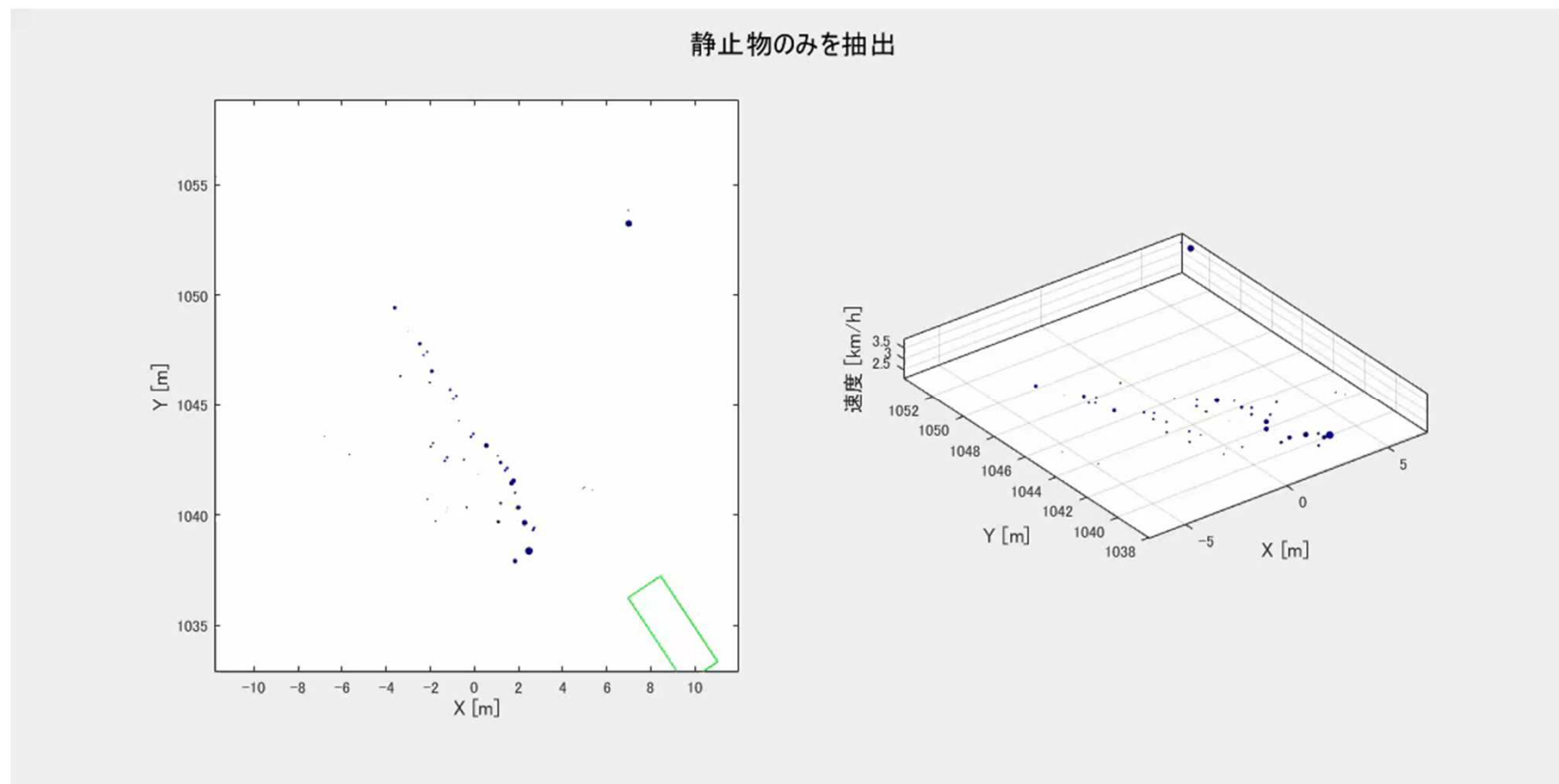
今期取り組む最新の 4D Imaging Radar は、先期までと何が違うか？

(1)-1.a. 次期型センサモデルの開発

2次元レーダ (速度軸も加えて3D Imaging radar)	3次元レーダ (速度軸も加えて4D Imaging radar)
先期までにモデル開発済	今期からモデル開発
 最新の Radar技術 へ拡張	 ・高さ方向も検知 ・全体的に分解能が向上 出典：Mobleye社 https://www.mobileye.com/news/mobileye-and-wnc-collaborate-on-imaging-radar-production/

今期目標「Radar SLAM」の、一歩手前の技術“Dynamic mapping”の試作例

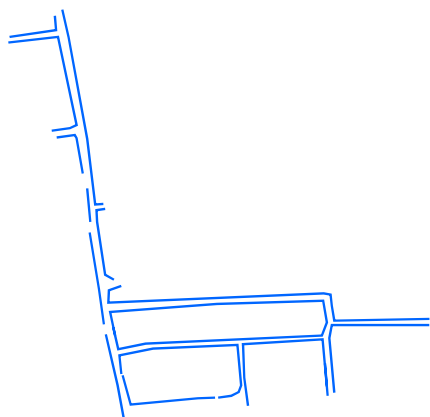
テーマ(1)-1.a. Radar 応用研究



今期目標「Radar SLAM」のための環境構築を、順調に推進中。

テーマ(1)-1.a. Radar 応用研究

課題



Radar SLAM
で作成した地図



現実の地図
(Ground Truth)

一緻性を評価するために、地図への重畳描写機能を作成

試作

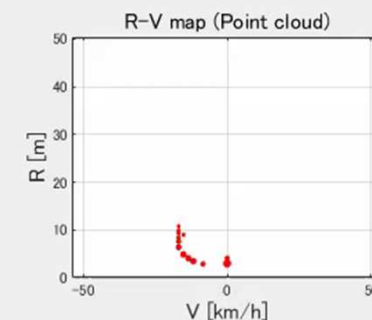
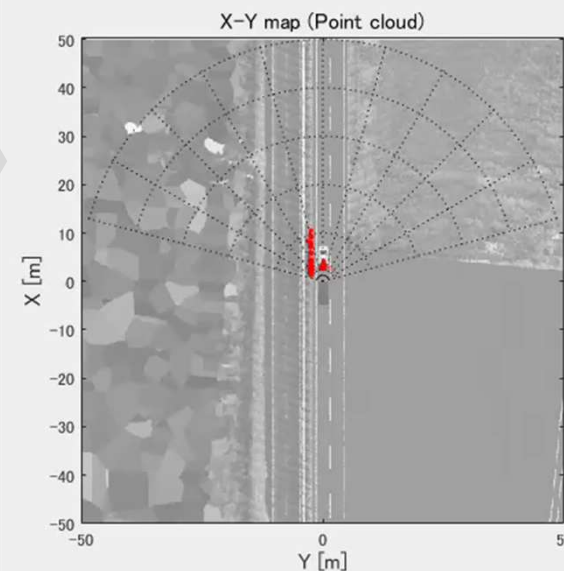
プログラム新機能を試作完

動画再生可

params_NXP_Eris_verDivp2021(Tx3Rx4)_76.5GHz_config30.json

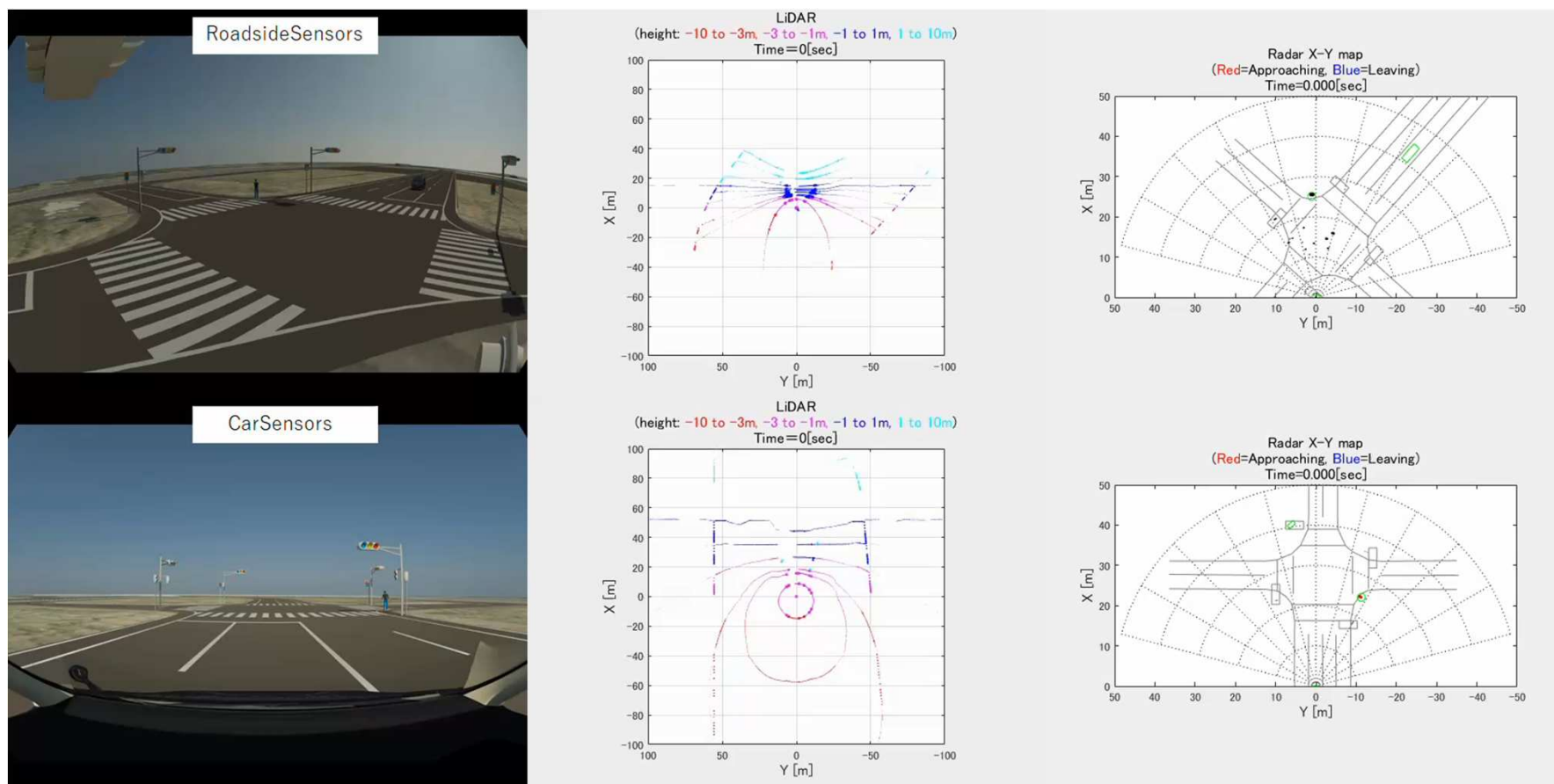
Time=0.000[sec]

Red: radial velocity<=0, Blue: radial velocity>0



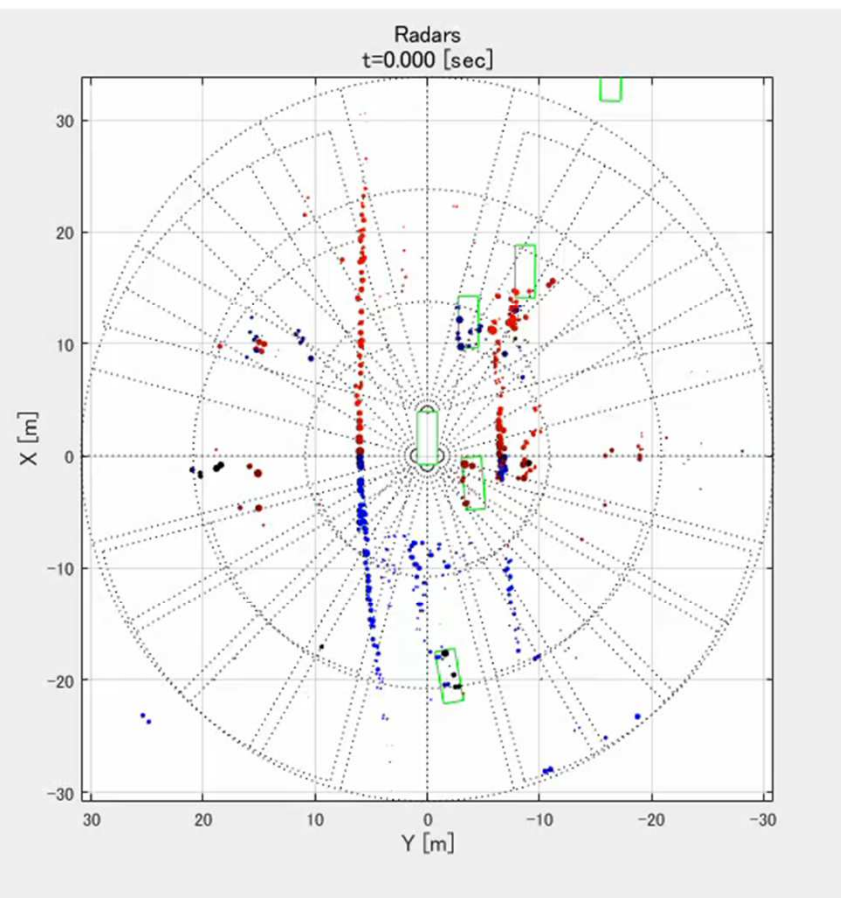
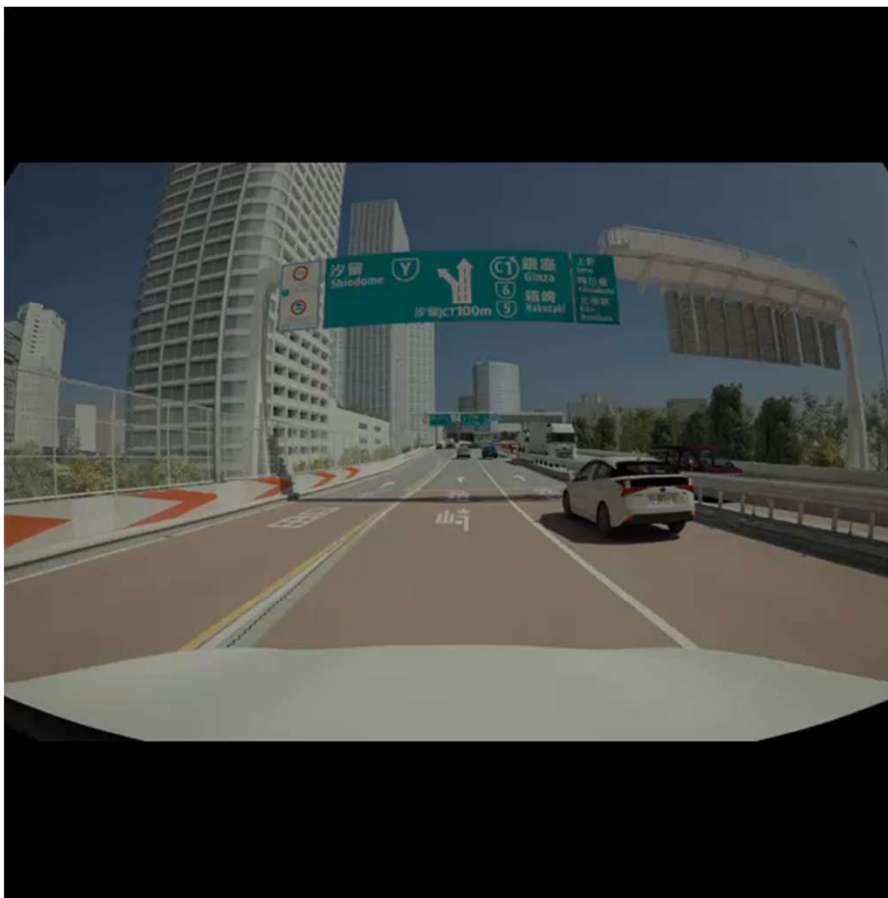
過去の「Radar 応用研究」例： 路車協調自動運転 と V2X のための、シミュレーション基盤の整備

テーマ(1)-1.a. Radar 応用研究



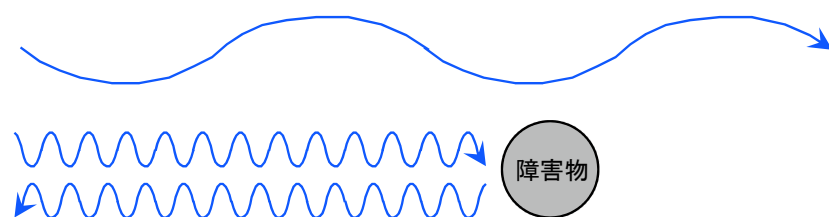
過去の「Radar 応用研究」例： 360度全周レーダ

テーマ(1)-1.a. Radar 応用研究



雨・霧・雪に対するロバスト性は、なぜセンサ種類によって異なるか？

雨・霧・雪に対する理解1



波長 $\gg$ 物体サイズ ならば、
何事も無く素通りする。

波長 $\ll$ 物体サイズ ならば、
反射される。

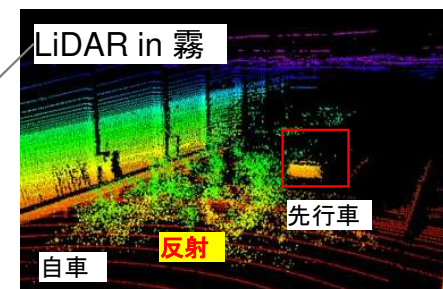
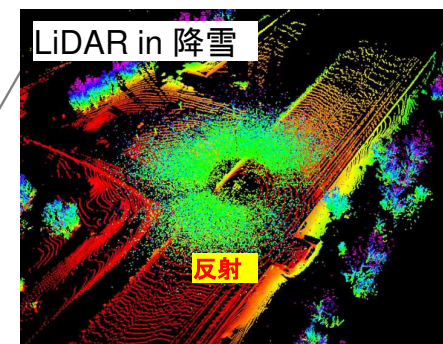
	正体	サイズ感
準ミリ波レーダ (24GHz帯)	電磁波	波長 1.2cm
タイヤによる水の跳ね上げ	水滴	直径 数mm~cmオーダー？ (出典1)
ミリ波レーダ (77GHz帯)	電磁波	波長 4mm
降雪	(やや特殊)	直径 0.5mm~1cm (出典2)
降雨	水滴	直径 0.1~3mm (出典3)
霧	水滴	直径 0~20 μ m (出典4)
LiDAR	電磁波 (赤外線)	波長 850~1550nm
カメラ	電磁波 (可視光)	波長 380~770nm

出典1: (講師の推測)

出典2: Wikipedia「雪」

出典3: http://www.Osaka-kyoiku.ac.jp/~kenkyo/kenkyuseika/pdf/H24_1/09.pdf

出典4: https://meiji.repo.nii.ac.jp/?action=repository_action_common_download&item_id=5575&item_no=1&attribute_id=17&file_no=1

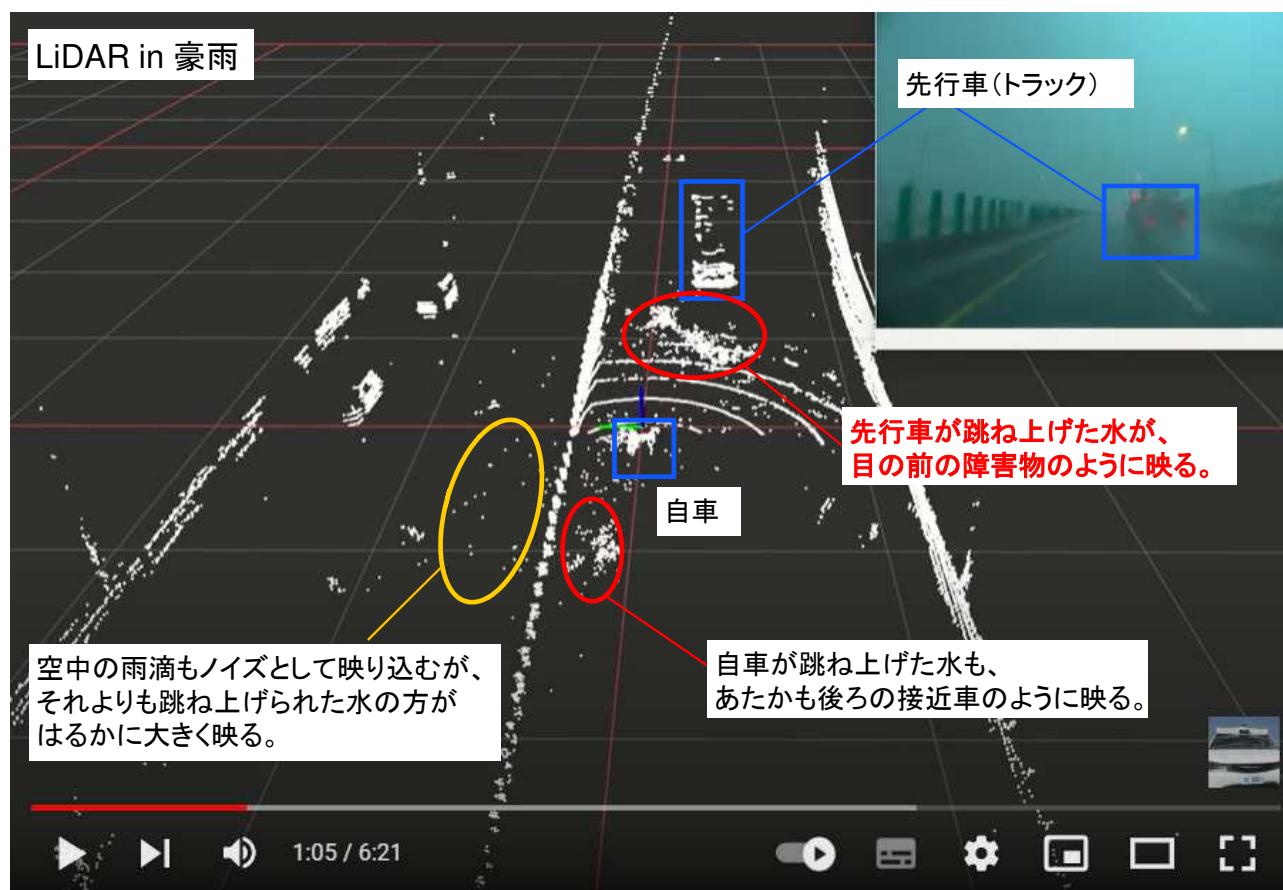


DIVPでの実験例



タイヤが跳ね上げる水滴はサイズが数cmもあるため、全てのセンサに映り込んでしまう。

雨・霧・雪に対する理解2



出典 <https://www.youtube.com/watch?v=zTLa0CFpyXY> “Lidar and Camera Data in Heavy Rain from ITRI”

レーダエンブレムへの「雪付着」は、モデル化方針が固まりプログラム試作へ。

テーマ(1)-1.b

課題

- ✓ 雪の形や厚み・含水率の偏りをどうモデル化するか？

解決策

- ✓ 雪形状・厚み・含水率を表す数値テーブルを、ユーザが自由に入力。
- ✓ 厚み t ・含水率 w から、透過損を実験式で計算。

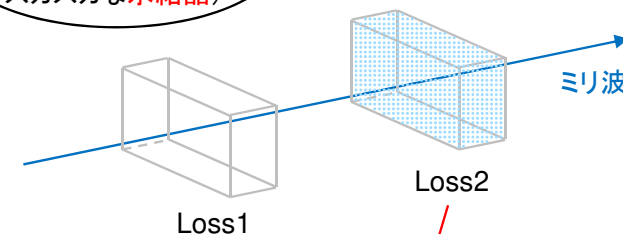


垂直角 [deg]	水平角度 [deg]					
	-90	-80	-70	...	90	
-90	1	0.123	1	...	1	
-80	0.345	0.001	0.005	...	1	
-70	0.343	0.001	0.001	...	1	
-60	1	0.013	0.209	...	1	
-50	1	1	1	...	1	
...	...	...	...	...	...	
90	1	1	1	...	1	

雪の有無とロスを、数値テーブルで表現

水分と無関係な雪
(超低密度の、
スカスカな氷結晶)

雪と無関係な水分
(霧)



Loss1 [dB]	Loss2 [dB]
$0.0642 * t$	$(0.2516 * w) * t$

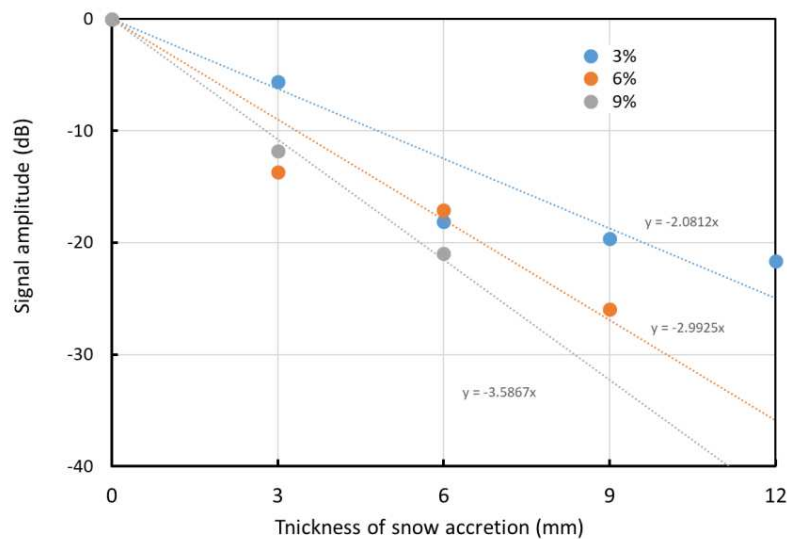
文献から求めた実験式
 雪の厚み [m] = t
 雪の含水率 [%] = w

前ページ実験式は、文献の実測データ（KAIT木村教授等）と整合することを確認した。

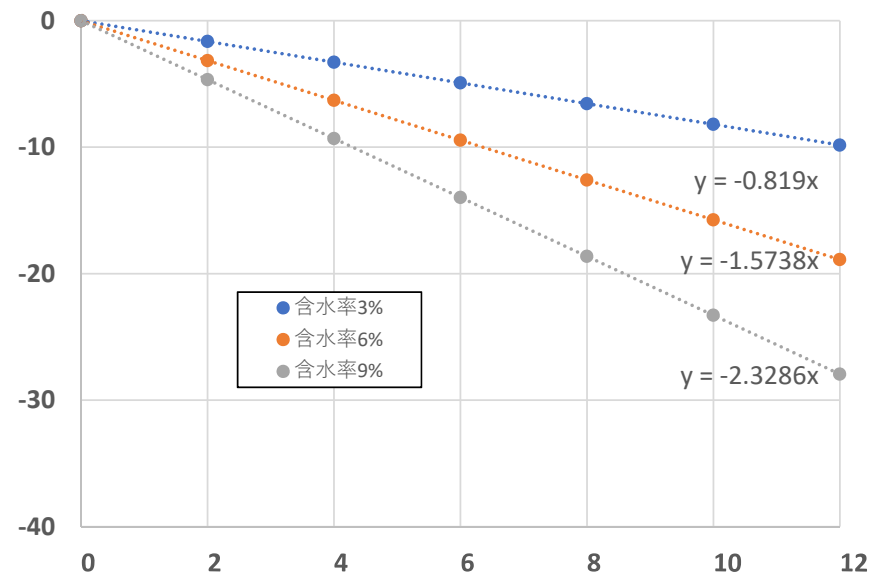
テーマ(1)-1.b

KAIT木村先生測定データ

MWR – Thickness of snow accretion



文献データから試作した実験式



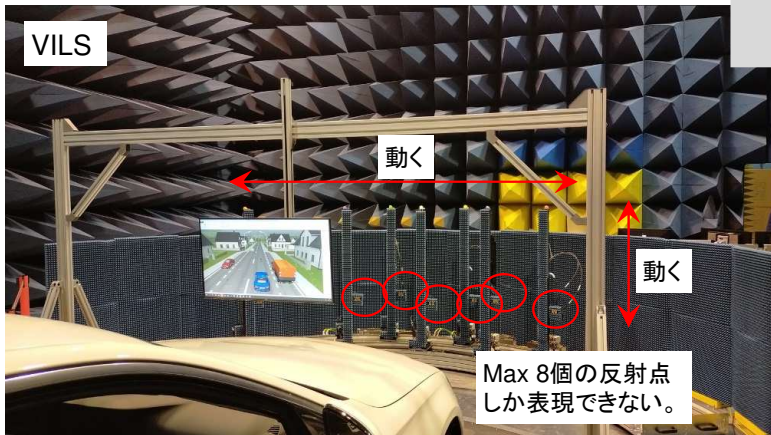
環境モデル→DIVP生成, Radarセンサ→実機での評価に対応するために,
「HILSとの接続」は, 最先端 Radar HILS設備を使用(借用).

テーマ(1)-2.a

当初計画



対象HILSを
・最新HILSに変更.
・左装置にDIVP生成
反射点を入力.

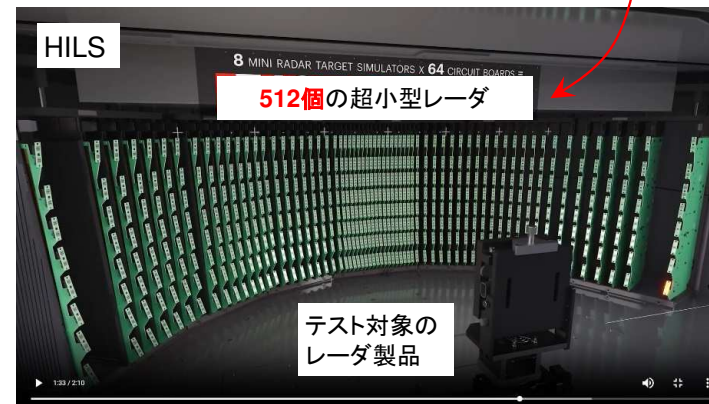


修正計画



活動目標:

現状はCarMakerで計算した
点群を、本装置へ入力して
再現させている。これを
DIVP-PFに置き換える。



出典: **KEYSIGHT社** AD1012A Radar Scene Emulator

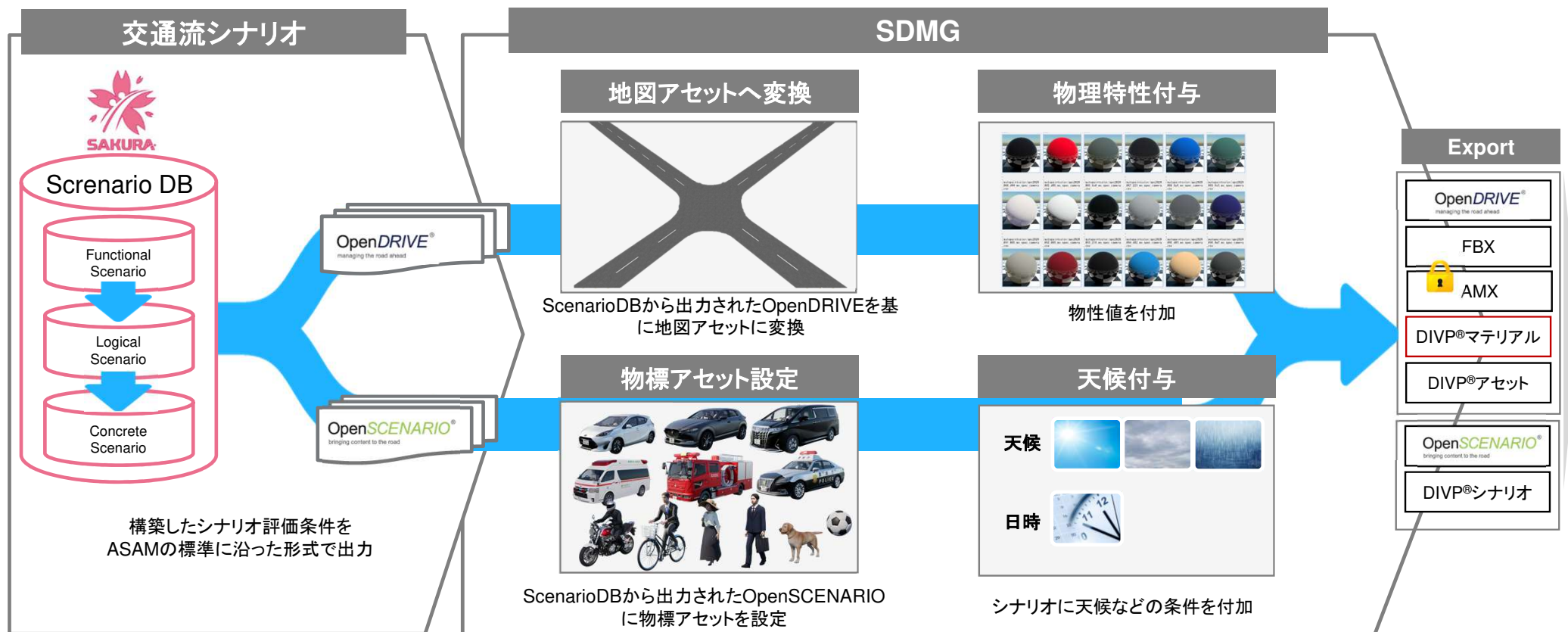
テーマ（3） センサ弱点事象の特定と事象の拡張

(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)

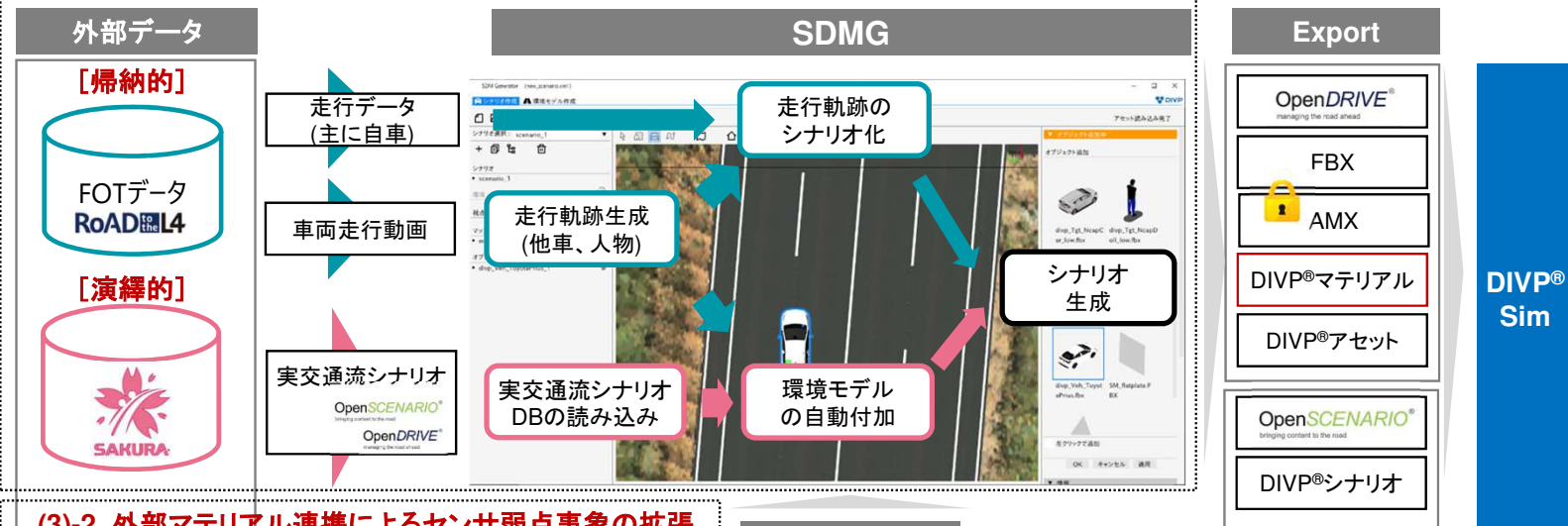
ASAM標準形式で交通流シナリオを受け取り、DIVPのシミュレーションで実行可能な形式に変換

シナリオからSDMGへの流れ



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とリアルで再現性の高いDIVPシミュレーションを支える材料情報(DIVP Material)の構造化を行う

(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 福岡県永平寺町

- ・鉄道線路沿いの自動車歩行者専用道路を自動運転車の道路として通行許可の取得
- ・木々の深い山間の道路のため、電柱・道路標識を十分に小型自動運転車に適用し、人の視認性を確保し、通行許可の取得
- ・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2 ひたちBRT (茨城県日立市)

- ・鉄道線路沿いの自動車歩行者専用道路を自動運転車の道路として通行許可の取得
- ・木々の深い山間の道路のため、電柱・道路標識を十分に小型自動運転車に適用し、人の視認性を確保し、通行許可の取得
- ・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

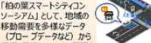


テーマ3 第二京浜高速

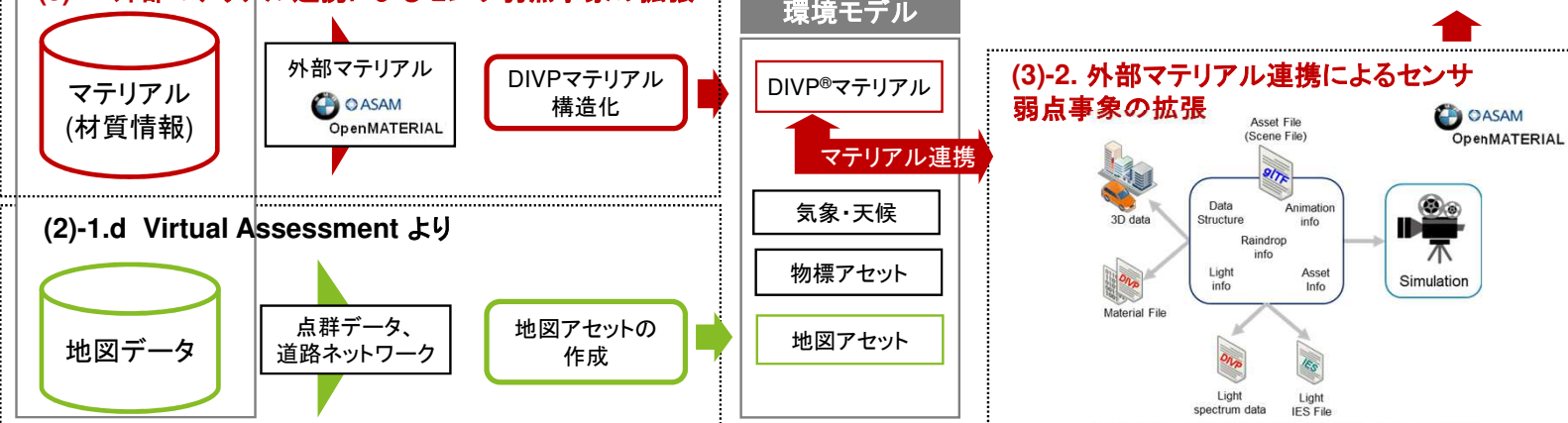
- ・日本の大都市圏(東京～名古屋)を接続する高速道路
- ・従来の東京～名古屋間に並行し、現在、6車線化(片道3車線)の整備が進む
- ・道路標識(VOI)の整備が予定

テーマ4 柏の葉(千葉県柏市)

- ・東京大学、がん研究センターなど施設が存在する開発エリア
- ・「柏の葉スマートシティ(コンソーシアム)」として、地域の移動環境を多様なデータ(フローデータなど)から把握・予測し、MaaS連携を促進した情報基盤を構築



(3)-2. 外部マテリアル連携によるセンサ弱点事象の拡張



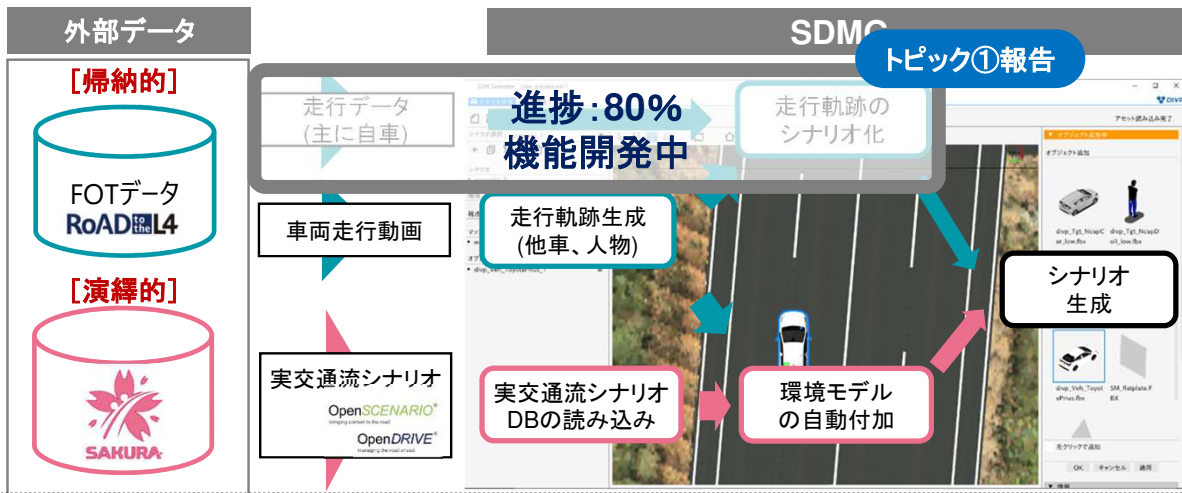
高速道路での不調シナリオ再現

市街地に存在する歩行者や他車の走行環境の再現

FOTデータからシナリオ化する機能開発, DIVP Materialは設計作業とASAMへの提案を実施中

FY23 進捗

(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 ひたちBRT
(茨城県日立市)

・鉄道線路沿いの自転車歩行者専用道路として整備
・一般車両や自転車などが混在しない
・路肩幅狭小なため、歩行者は車への
・通称「通称」が多く、日中はスーパーなどを
・沿道住民の利用

・鉄道線路沿いの自転車歩行者専用道路として整備
・一般車両や自転車などが混在しない
・路肩幅狭小なため、歩行者は車への
・通称「通称」が多く、日中はスーパーなどを
・沿道住民の利用

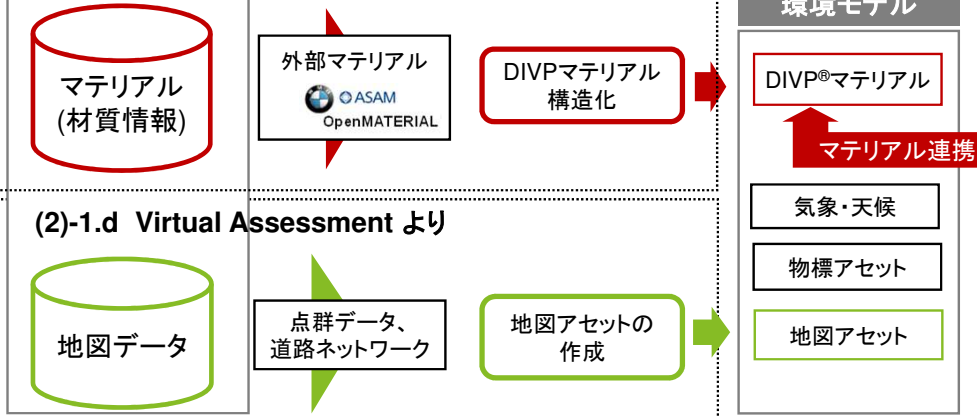
テーマ3 第二東名高速

テーマ4 柏の葉(千葉県柏市)

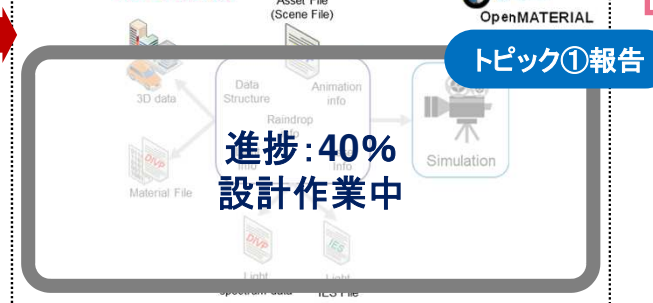
・日本の大都市圏(東京一帯)を接続する
・新路線
・従来の東名高速道路に並行し、現在、6車線
・化(片道3車線)の整備が進む
・路線延長(約10km)が決定

・東京大学、がん研究セン
・ターなど施設が存在する
・周辺環境
・「柏の葉」(柏市)として、地域の
・移動環境を多様なデータ
・(フローデータなど)から
・把握・予測し、MaxSimを
・構築した情報環境を構築

(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

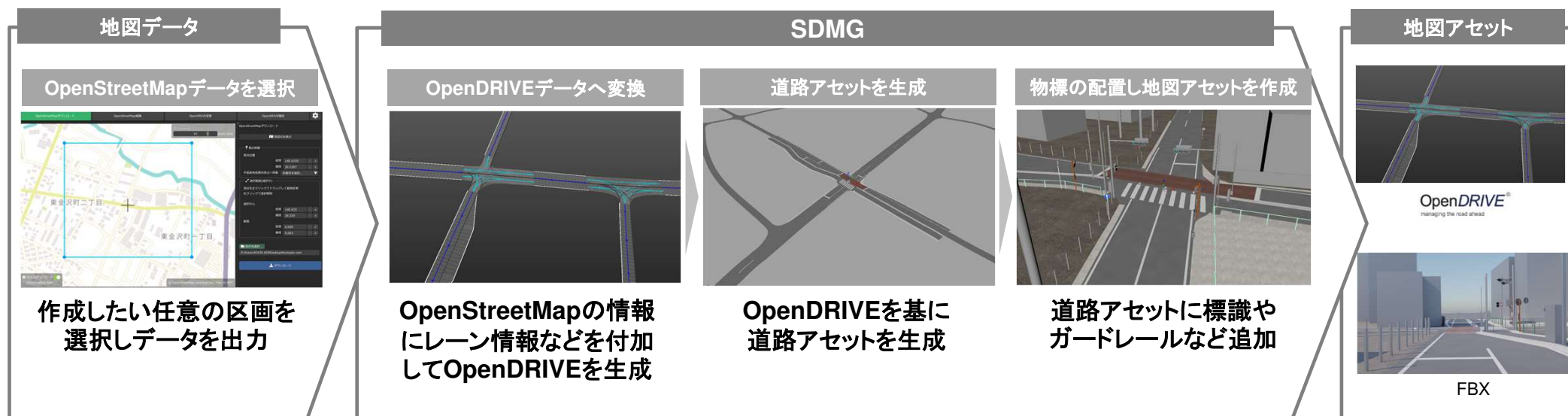


高速道路での
不調シナリオ再現

市街地に存在する
歩行者や他車の
走行環境の再現

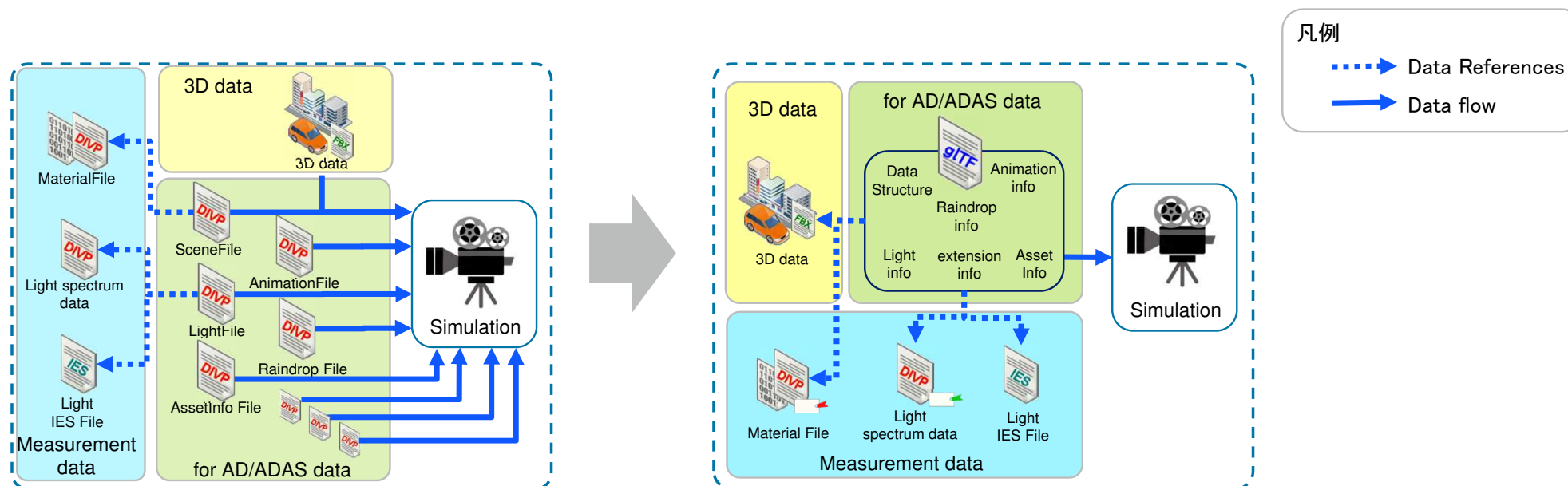
地図データを活用し、地図アセットの生成効率化を図る

簡易な地図アセットの作成例



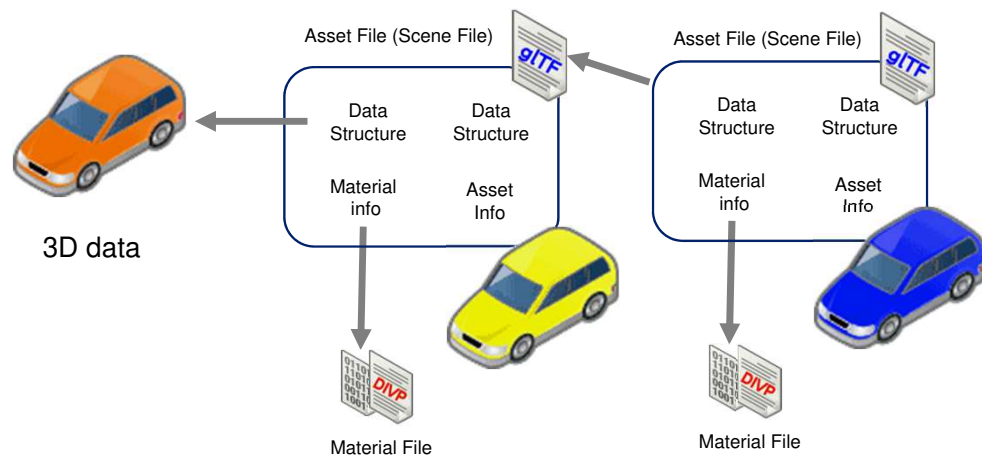
AD/ADASシミュレーション用のデータを1つのファイルに統合し、データ流通性や利用性を向上

DIVPマテリアル構造図



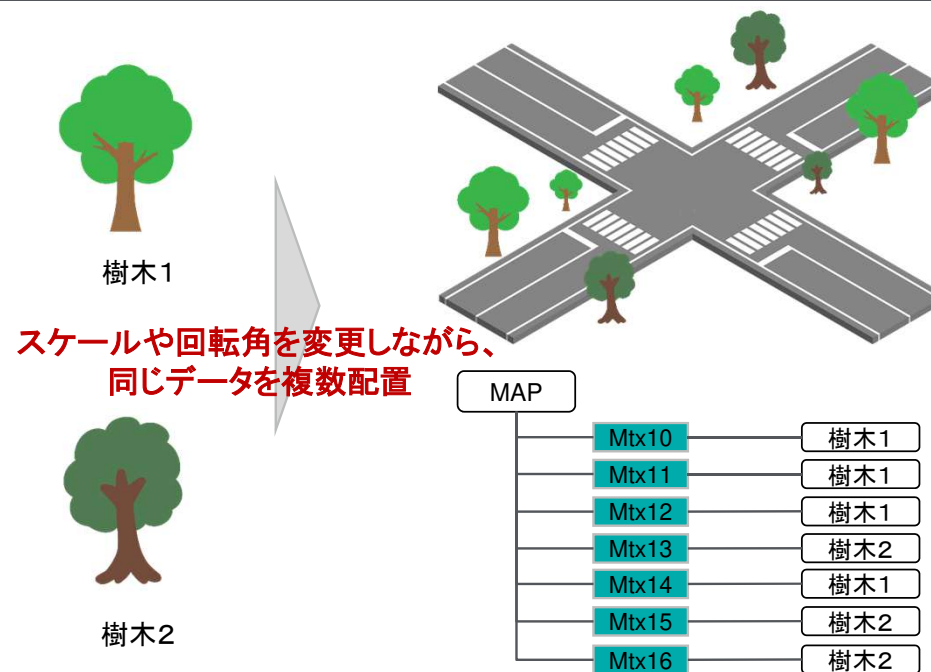
- 複数のファイルにまたがっていたAD/ADAS情報を1つのファイルに統合します。作成されたデータの検索と使用をサポートするために、アセットに関する情報を追加
- 測定データ形式も構造化&タグ付けを行い、測定データの可用性を向上

4. データ多様性



対象のMaterial情報をOverwriteできる仕組みを提供

5. データ配置対応



標識や樹木などの同じデータを複数配置

現状のMATRIAL/ASSETデータに関する要望整理課題を整理し,ASAMの提案,標準化活動へ反映

課題、要望整理

○: 今回のASAMの提案、標準化活動に反映

△: 今後の調査及び、ユーザーニーズ等確認の上、対応判断

#	課題	内容	対応
1	データ流通性	■ MAP/ASSETに紐づく材料情報や、動作情報が、複数ファイルに跨る形となっており、MAP/ASSETデータ単体の流通性が低い。	○
2	データ利用性	■ 作成済MAP/ASSETデータの内容情報(3Dデータ概要、材料情報概要、etc...)を保持しないため、Viewer等で目視確認しないと、データ内容が判らない。データ検索等が困難。	○
3	データ準備性	■ 既存の3Dデータを可能な限り利用したい。 MAP/ASSETデータ準備コストを低くしたい。	○
4	データ多様性	■ 既存MAP/ASSETデータを利用する際に、一部の属性(色属性、反射属性、etc...)のみを変更したデータとして使用したい。	○
5	データ配置対応	■ 信号機や街灯、樹木など、同じ物が複数存在する場合、同じデータを複数配置したい。	△
6	データ内初期値	■ 対象形状の材料特性情報等が、3Dデータ内にも材料情報内にも存在しない場合、空間描画処理内(プログラム内)に保持する初期値でシミュレートされている。本来は、データ毎に初期値が保持できる様にするべき。	△
7	複数マップ対応	■ 複数マップに跨ったシミュレーションに対応。	△
8	マルチマテリアル	■ 現在の材料特性の割り当ては、3Dメッシュ単位となるので、材料毎にメッシュを分ける必要がある。 ■ メッシュ分割なしに、材料情報を範囲指定したい。	△

END

Tokyo Odaiba → Virtual Community Ground

