

 **DIVP**
Driving Intelligence Validation Platform

2021年度 研究成果報告

Weather Forecast



AD safety Assurance*



For Validation & Verification Methodology

* AD : Automated Driving

Index

- 背景と目的

- 研究成果概要

- 研究成果詳細

- 国際連携・標準化

- SIP臨海部実証実験及び外部連携

- 外部発信

About the Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program (SIP)
This is a program for achieving science, technology and innovation as a result of the Council for Science, Technology and Innovation exercising its headquarters function to accomplish its role in leading science, technology and innovation beyond the framework of government ministries and traditional disciplines.
The program strives to promote research and development in a seamless manner from the basic research stage to the final outcome by endeavoring to strengthen cooperation among industry, academia and government under the strong leadership of the Program Director (PD)

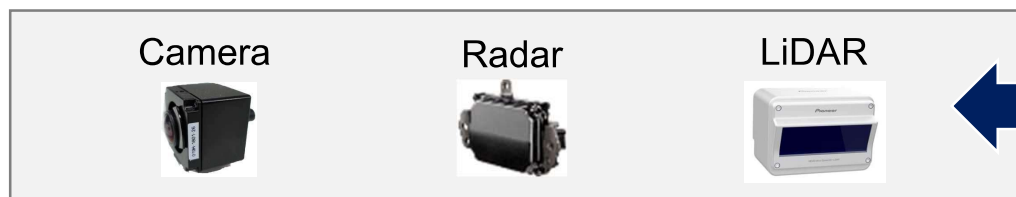
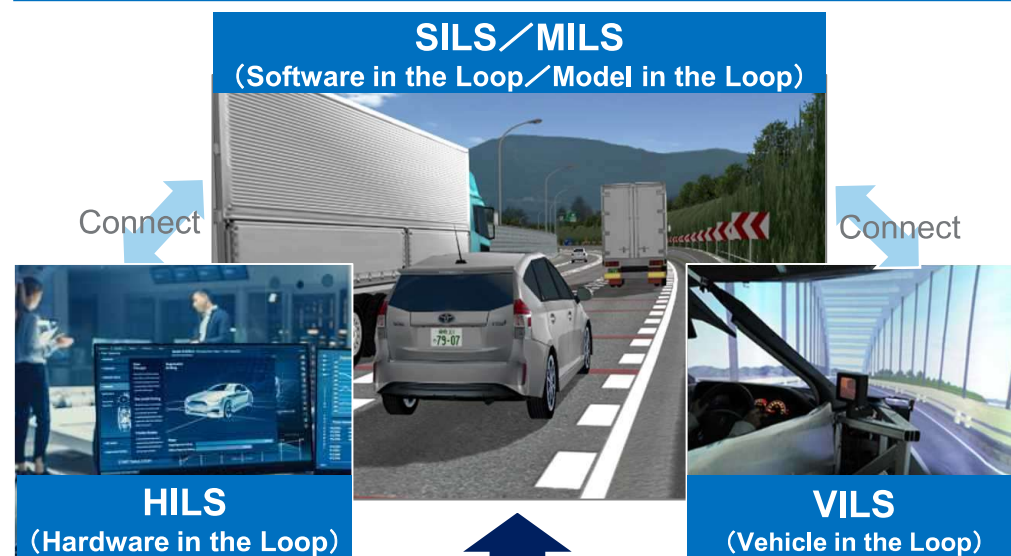
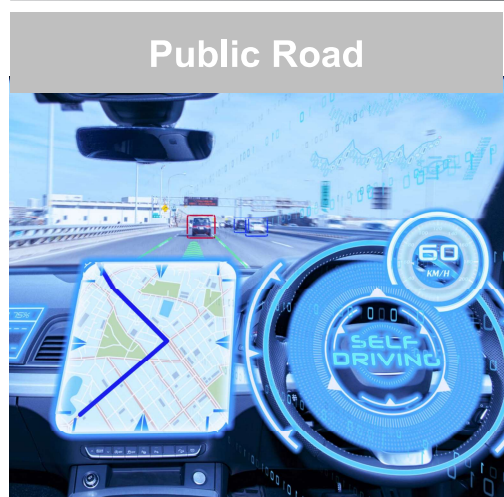
背景と目的

様々な交通環境下で再現性の高い安全性評価を行うため、リアル環境における実験評価と代替え可能な実現象と一致性の高いシミュレーションモデルを開発する

モチベーション；実現象と一致性の高いセンサモデル構築

実験評価

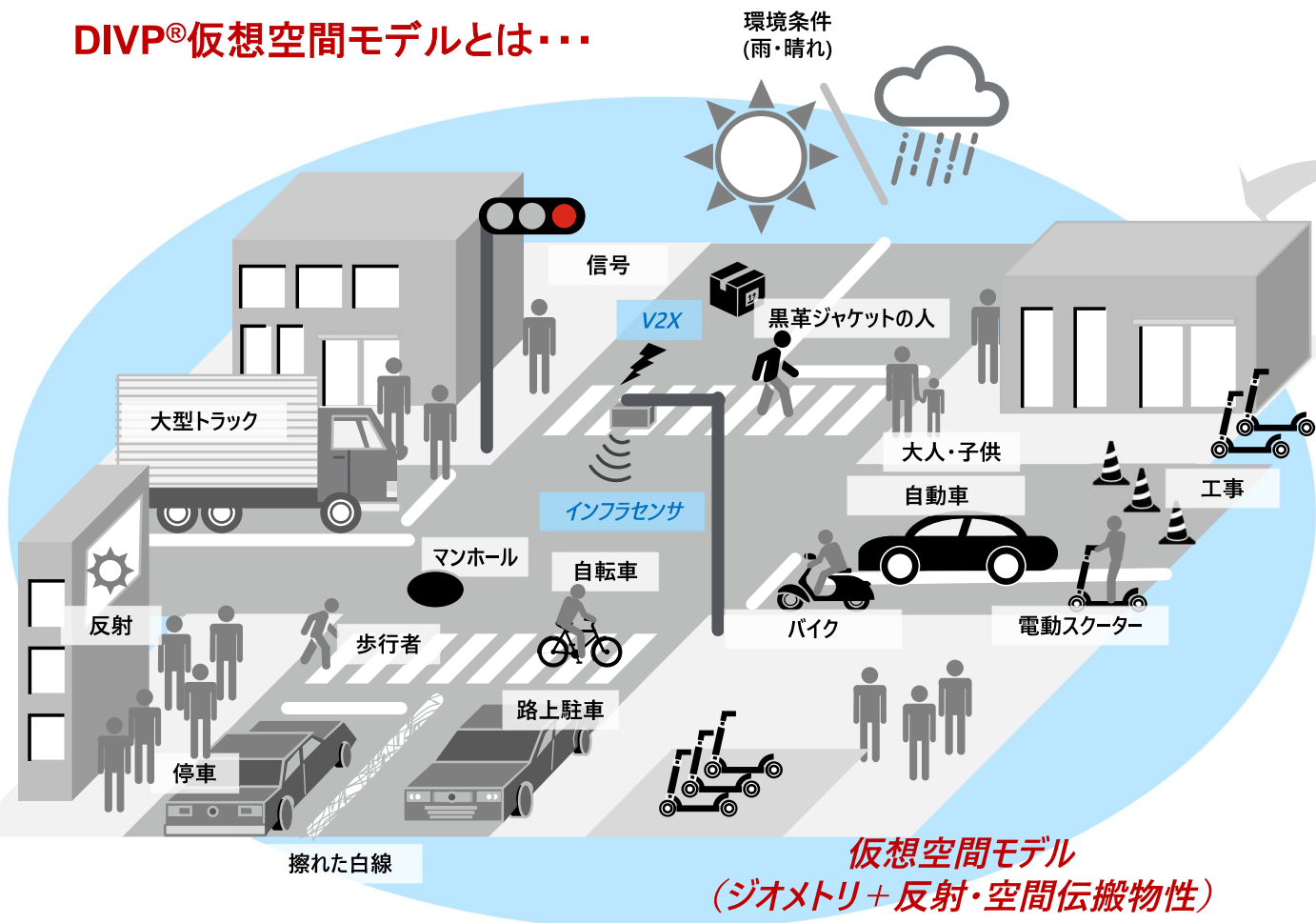
バーチャル評価 



実現象と一致性の高い
センサモデル構築

DIVP[®]仮想空間は、交通環境シナリオの元、物標等の「ジオメトリ情報」と「反射物性・空間伝搬物性」をモデル化。これらを精緻なセンサモデルで知覚することにより、ADシステムの安全性評価を可能とする

DIVP[®]仮想空間モデルとは・・・



仮想空間モデル
(ジオメトリ+反射・空間伝搬物性)

交通環境のLayerと評価可能範囲

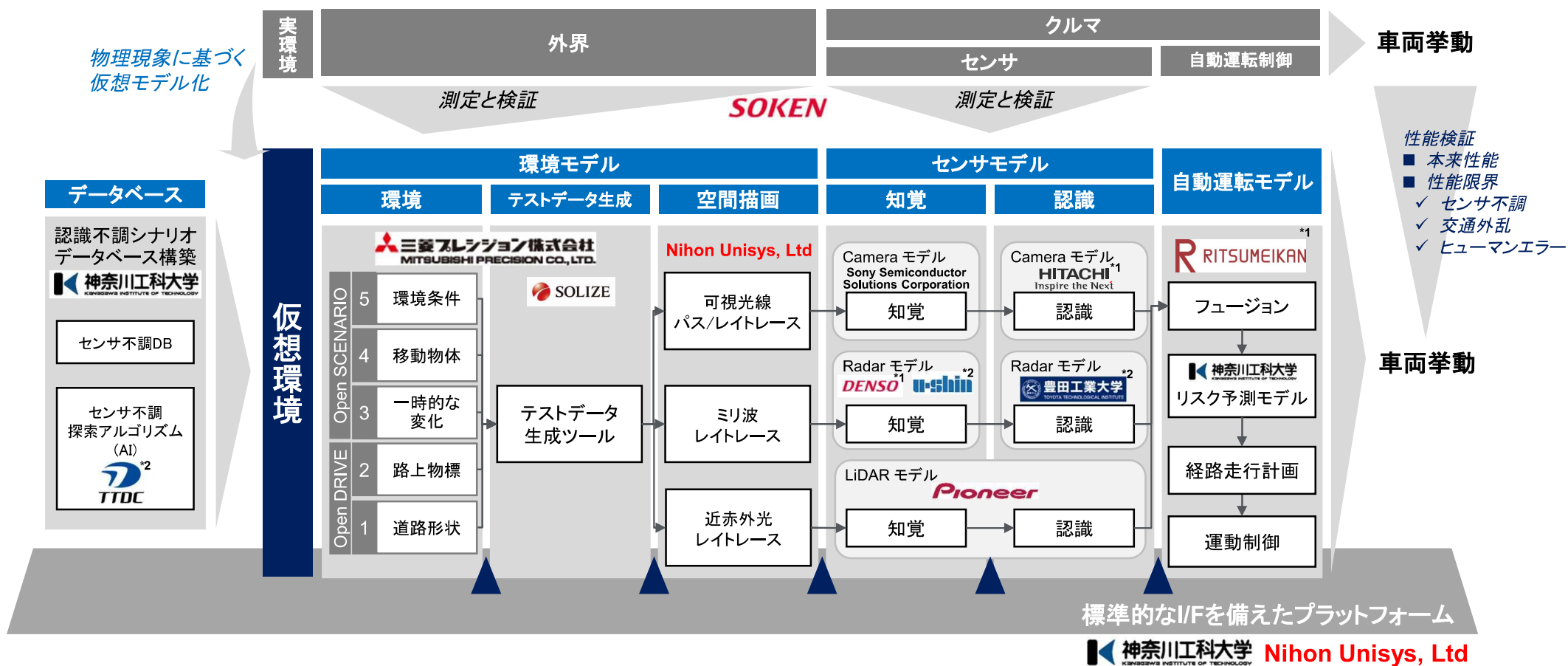
6	V2X,インフラ		③インフラセンサ評価
5	環境条件		①自動運転Lv2~3 ②Lv4,5サービス実装
4	移動物体		
3	一時的な変化		
2	交通ルール		
1	道路形状		



センサ知覚モデルを通して
交通環境を捉える

実験計測に基づくシミュレーション評価環境の構築を目指し、 センサーメーカーを含む産学エキスパート参加のコンソーシアムでの研究開発を進める

DIVP[®]設計



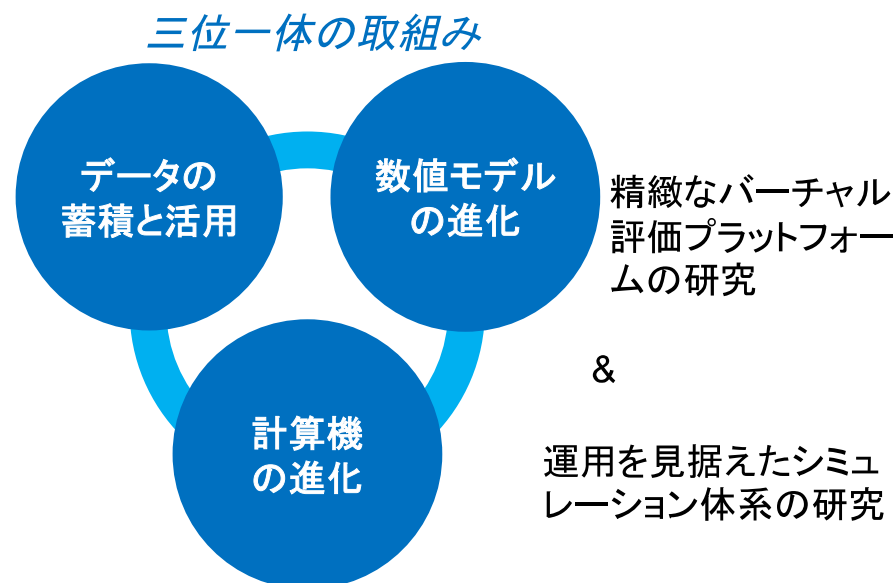
*1 Ritsumeikan finished Feb-2021, DENSO finished June-2021, Hitachi finished Sept-2021

*2 TTDC, U-shin, Toyoda-univ joined Mar-2021

先行して人間の社会・生活行動に浸透している天気予報が数値計算による現象予測の好事例、この三位一体の取り組みを参考に、DIVP®では「数値モデルの進化」、「計算機の進化」に取り組む

DIVP®の目指す姿

取り組みの範囲



目的

- 標準のオープンインターフェース
- 妥当性の有る一致性検証に基づく、標準的な評価プラットフォーム
- 環境とセンサのペアモデルに基づく、現実環境との一致性を高める取り組み

DIVP®は社会に受容される、消費者目線の自動運転の安全性評価を実現するため、シミュレーションを活用した安全性評価環境の構築を目指す

研究成果概要

- 安全性評価基盤検討
- 客観的なDIVP®の競争力評価
- 今後のとりくみ
- 研究成果に基づく事業提供

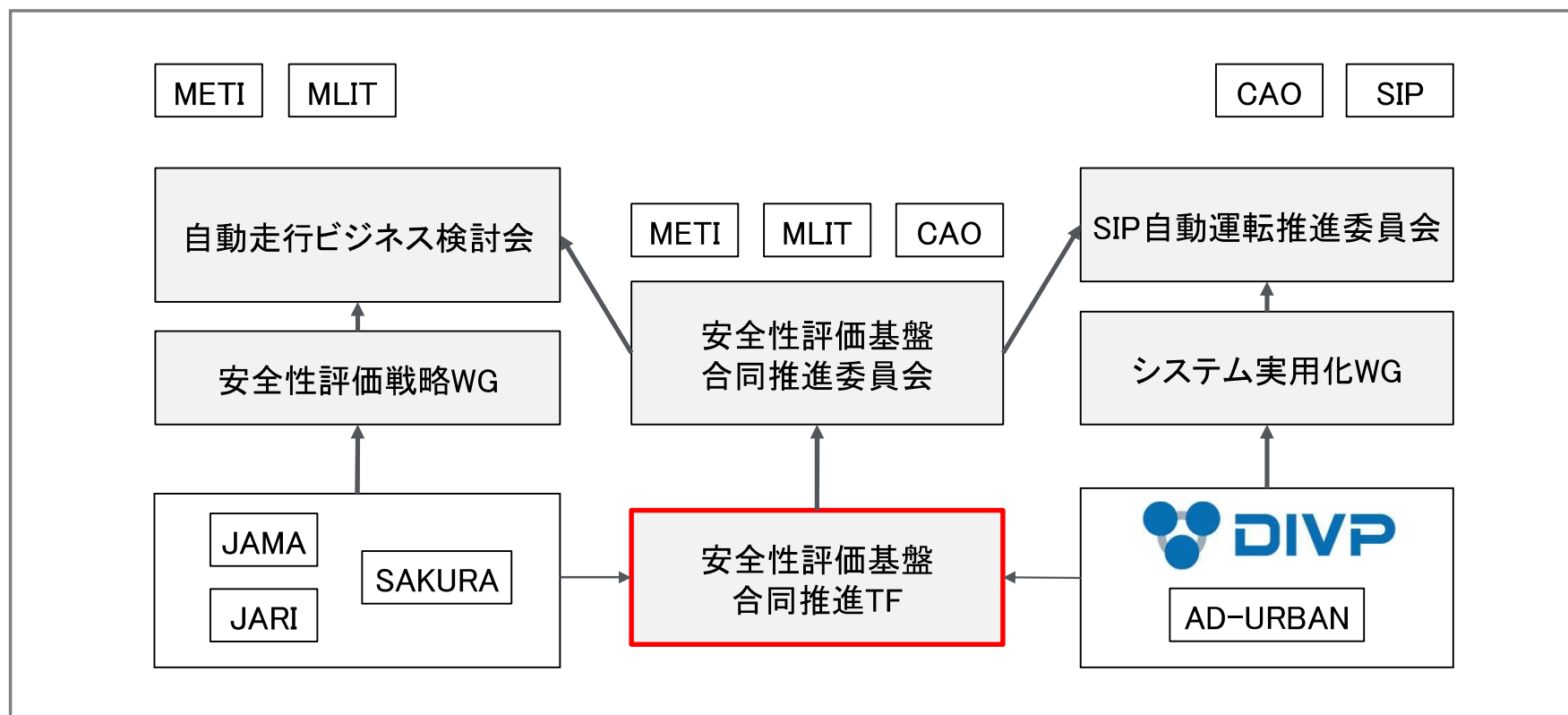
自動運転の安全性評価基盤の構築に向けては、JAMA・METI事業(SAKURA)・SIP事業(DIVP®)での
デマケーションを合意済み(2018年当初から変更なし)、下記分担にて活動を推進

安全性評価基盤構築に向けた事業デマケーション*

	概念	データ			構造・I/F	
	シナリオ体系	走行データ計測	シナリオ作成	物標データ作成	テストデータ生成ツール	シミュレーションPF
交通流	JAMA	METI (高速) ※交差点・一般道も対応 予定	METI (高速) ※交差点・一般道も対応 予定	SIP	SIP	SIP ②車両性能評価
認識性能・ 認識不調	JAMA	SIP	SIP			SIP ①センサー認識評価 ②車両性能評価

安全性評価基盤合同推進委員会の元、JAMA・JARI・SAKURA・DIVP®・金沢大学で連携TFを構成し、自動運転安全性評価に向けた基盤推進体制を構成

日本における自動運転の安全性評価基盤推進体制



Source : 自動運転安全性評価合同推進TFの概要 (安全性評価基盤構築令和3年度ワークショップ資料)

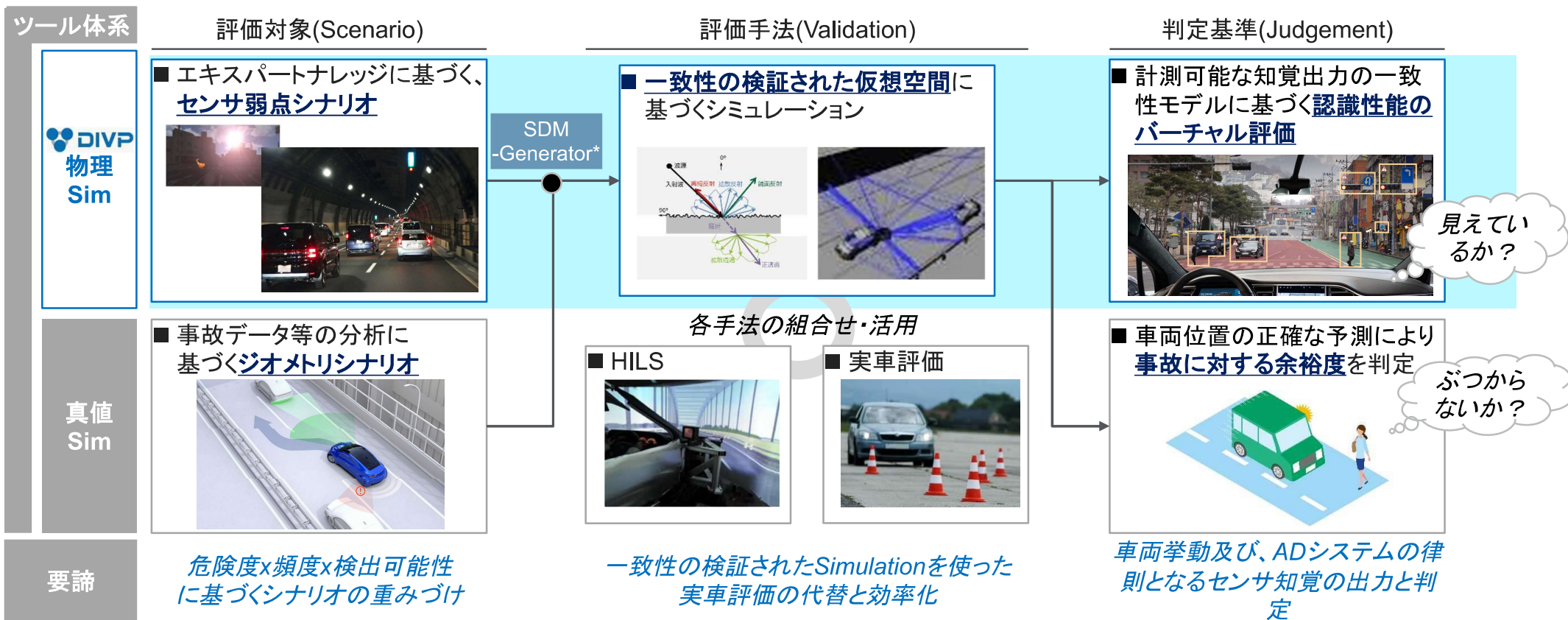
安全性の基礎は、人間の行動から、「見えているか?」、「ぶつからないか?」であることがわかる

安全性評価の基礎



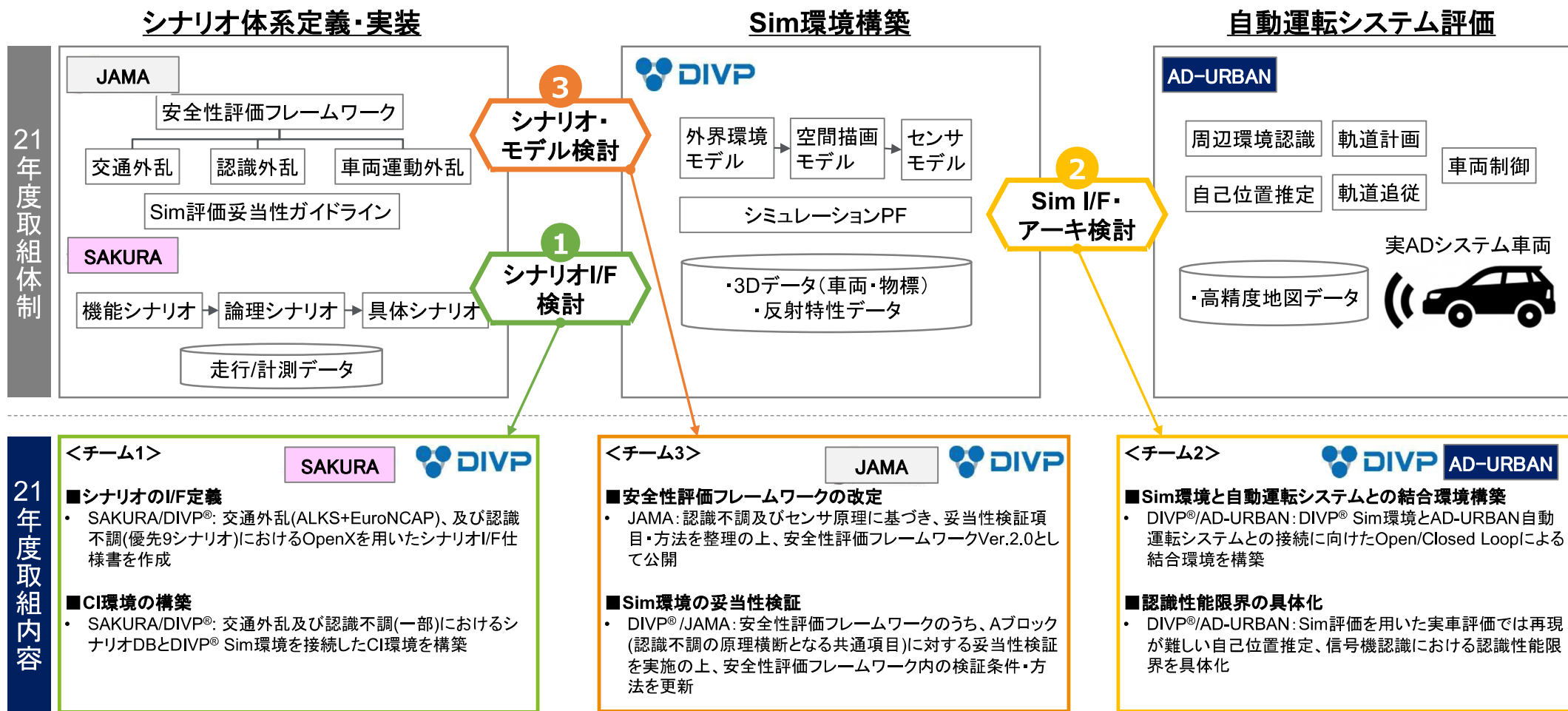
センサ等の知覚・認識を評価する物理Simと、車両の位置を評価する真値Sim、及び両者の結合方法が安全性評価Sim.の要諦。DIVP®は特に物理Simに着目しセンサ(人間でなく)から見たリアリティを実現

特徴; 実現象と一致性の高いセンシングモデルの構築→AD安全性評価に貢献するDIVP®シミュレーション



* SDM - Generator ; Space Design Model - Generator
Source : Hitachi Astemo, Ltd. , DENSO INC, Pioneer smart sensing innovation corporation

安全性評価基盤検討TFでは目的毎に役割分担を決め3チームで活動推進、JAMAの安全性評価シナリオ体系に基づき、SAKURA・DIVP®・金沢大学でシナリオ実装、Sim評価の妥当性検証等を実施



研究成果概要

■ 安全性評価基盤検討

■ 客観的なDIVP®の競争力評価

■ 今後のとりくみ

■ 研究成果に基づく事業提供

■ SIP内、AD-URBAN連携

■ JAMA/Sakura連携

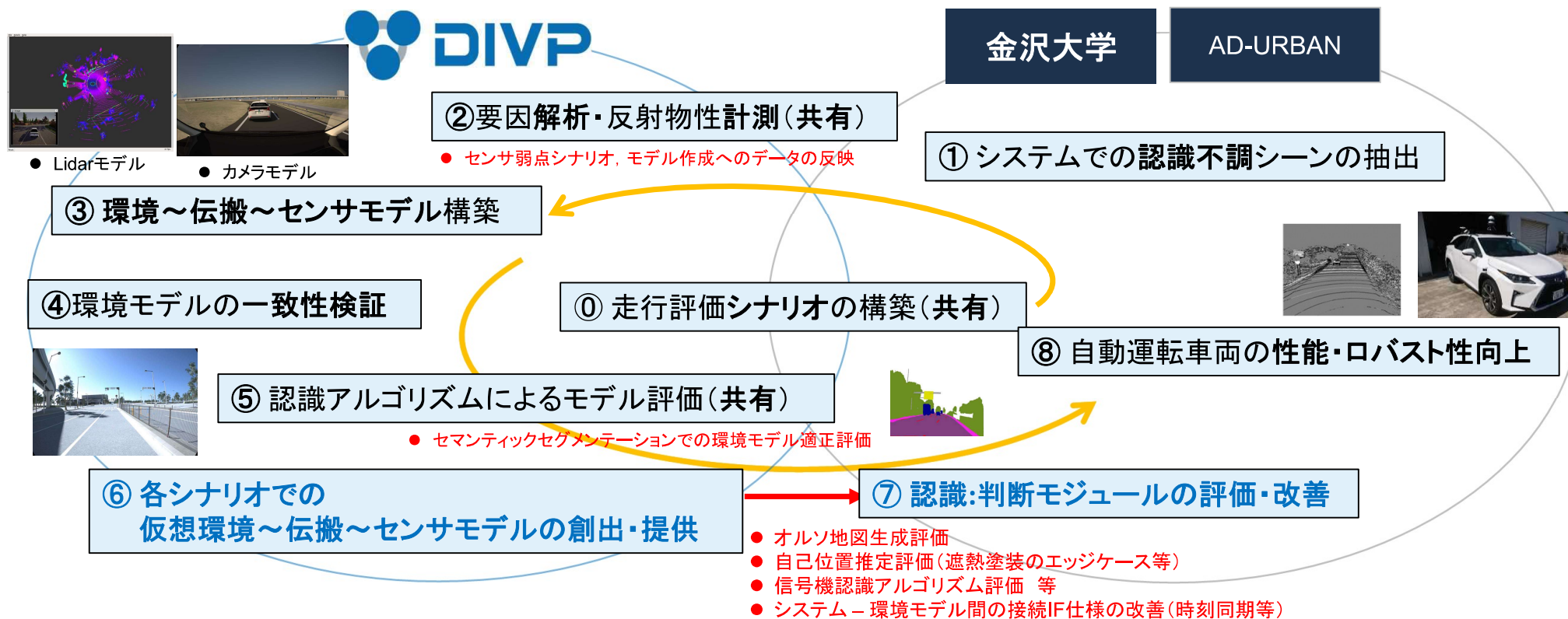
SIP AD-URBAN proj.と協力することで、現実の自動運転システム開発におけるニーズと課題を仮想環境に反映し、自動運転システムの性能／安全性評価に向けた超効率的・独創的プロセスを構築した

AD-URBAN, DIVP®プロジェクトの研究連携の概要



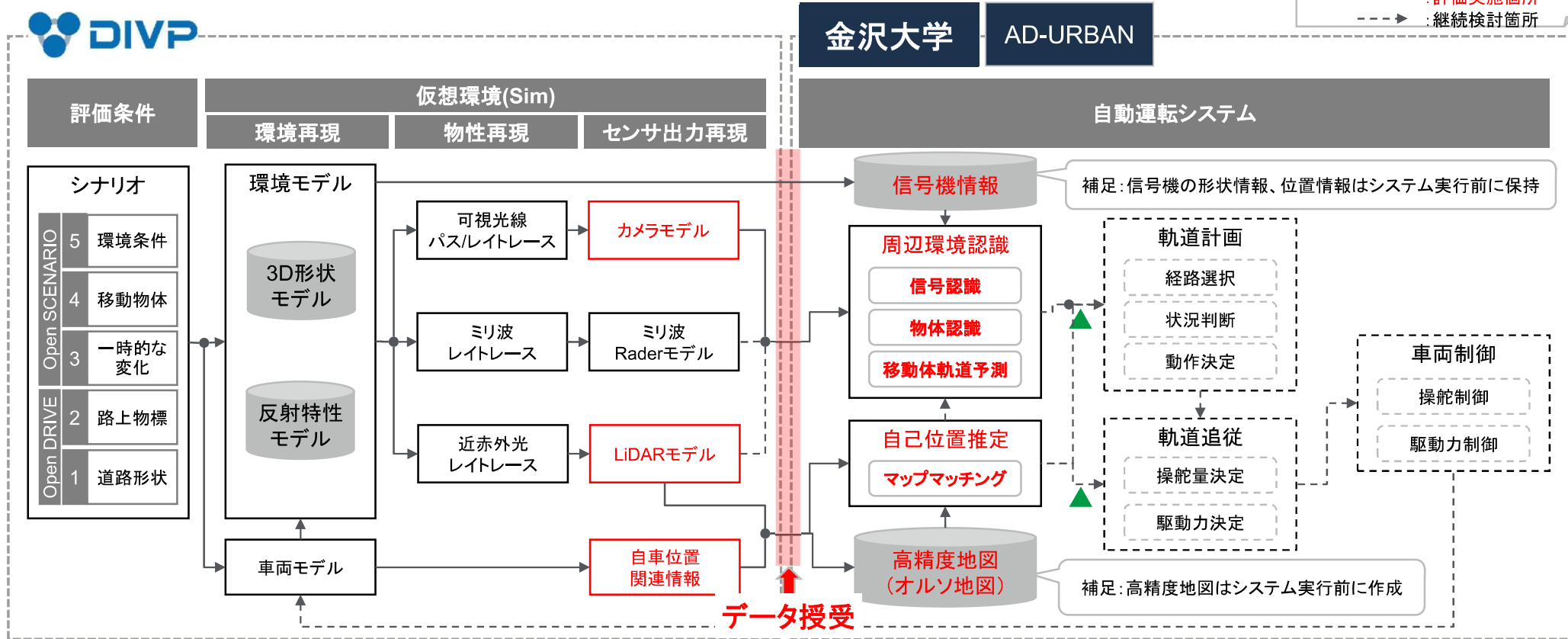
Virtual Space; 仮想環境の構築／提供

Real world; 実環境／システム



仮想環境と自動運転システムの結合環境を構築、AD-URBANシステムの機能評価を実施した

DIVP®仮想環境とAD-URBAN自動運転システムの接続



シミュレーションによるシステム性能評価の有効性を示した

実施スケジュールと評価シナリオ

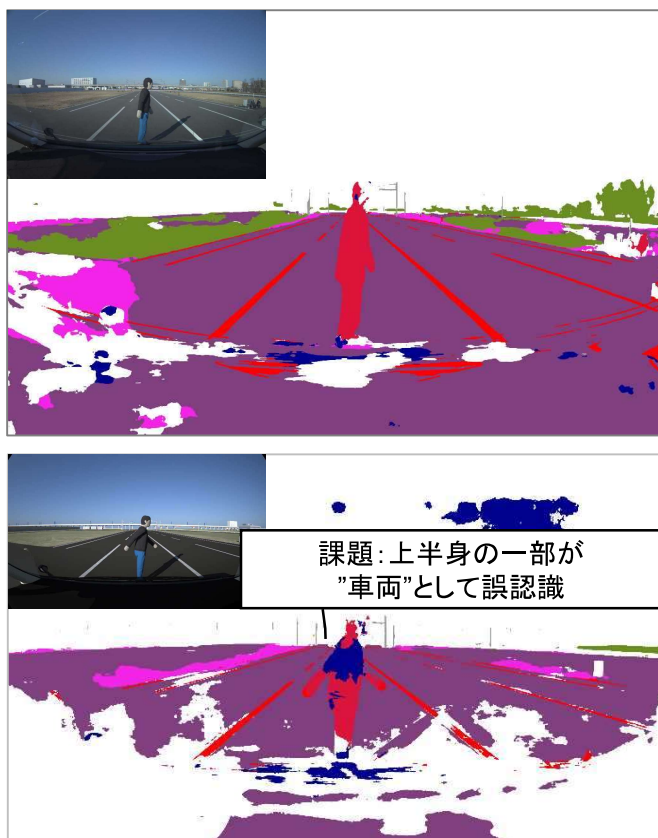
FY2021

凡例
赤文字: 実施項目
▶: モデル一致性・改良
▶: システム性能評価



【モデル一貫性評価】AD-URBAN proj.のカメラ画像認識機能を利用した一貫性検証によりNCAPダミー人形のモデル改良に向けた検証を実施した

テストコース(JARI J-town)にて基本的なNCAPダミー横断シナリオ



要素ごとに関因検証

モデル要素	推定要因	検証手法	検証結果	要因への関係性
光源	■ 光の当たり方	■ 太陽位置の変更	認識に変化なし	×
	■ 鏡面反射成分	■ 反射強度の変更	一貫性向上	○
反射対象 (NCAP 歩行者)	■ アセット分解能	■ 分解能の変更	一貫性低下	×
	■ アセットの凹凸	■ テクスチャの変更	一貫性向上	○
センサ	■ ピントのズレ具合	■ ぼかし処理を実施	一貫性低下	×

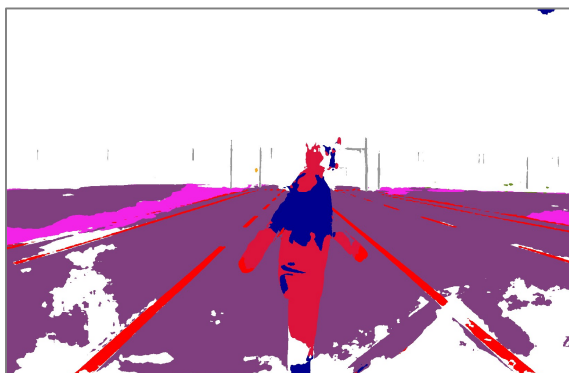
【モデル一貫性評価】AD-URBAN proj.のカメラ画像認識機能を利用した一貫性検証によりNCAPダミー人形の反射強度と表面の凹凸が一貫性向上に繋がることを確認した

アセットの反射強度および凹凸付加による一貫性向上

変更前Sim画像



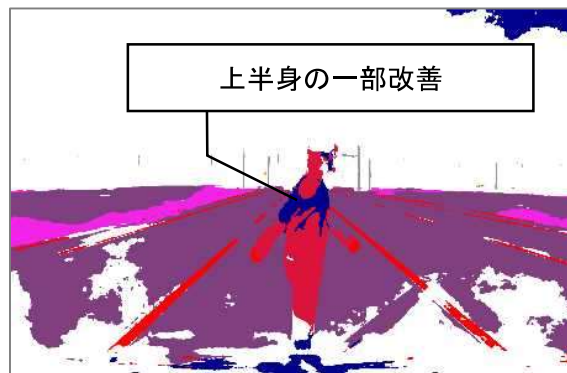
Semantic Segmentation結果



反射強度の変更



Semantic Segmentation結果



アセットの凹凸付加



Semantic Segmentation結果



【モデル一貫性評価】AD-URBAN proj.のカメラ画像認識機能を利用した一貫性検証によりアスファルトの鏡面反射強度の設定を見直した

テストコース(JARI J-town)にて基本的な車両離間シナリオ

実画像(AD-URBAN)



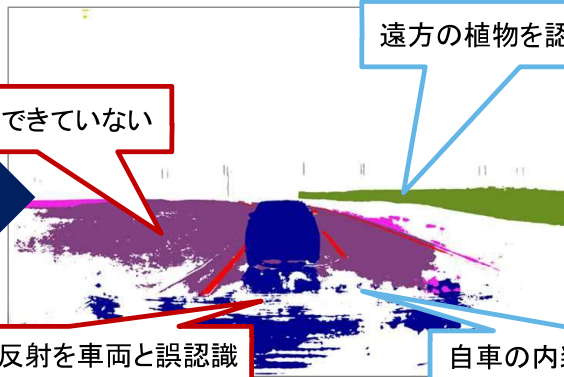
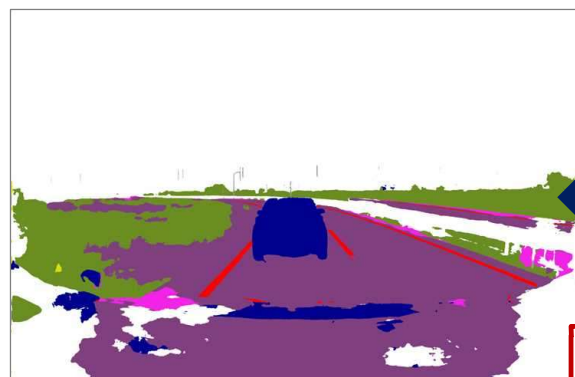
Semantic Segmentation結果

Sim画像(DIVP®)



Semantic Segmentation結果

一致
不一致



植物と判断できていない

遠方の植物を認識できている

比較

- 路面
- 白線
- 歩道
- 標識
- 樹木

アスファルトの反射を車両と誤認識

自車の内装を誤認識している

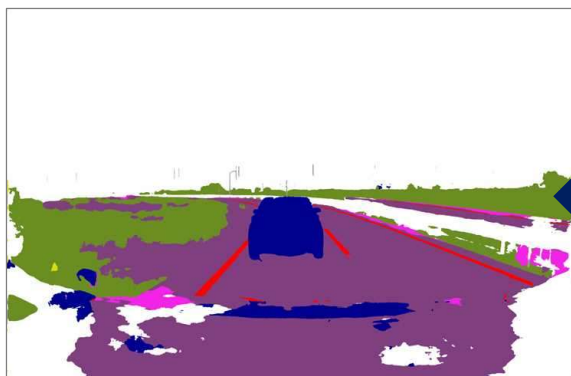
【モデル一貫性評価】AD-URBAN proj.のカメラ画像認識機能を利用した一貫性検証により車両、白線を認識できていることを確認した

テストコース(JARI J-town)にて基本的な車両離間シナリオ

実画像 (AD-URBAN)



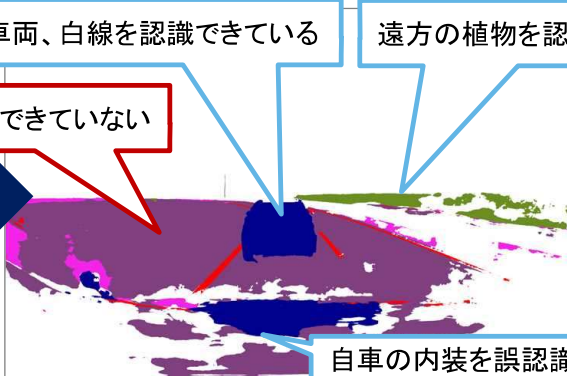
Semantic Segmentation結果



Sim画像 (DIVP®)



Semantic Segmentation結果



一致
不一致

植物と判断できていない

車両、白線を認識できている

遠方の植物を認識できている

自車の内装を誤認識している

比較

- 路面
- 白線
- 歩道
- 標識
- 樹木

代表的な認識対象物の認識、誤認識を正しく再現できていることを確認した

【モデル一貫性評価】AD-URBAN proj.が観測した、逆光による影響で画像が飽和し、標識未検出となる不調シーンをDIVP[®] Sim結果でも再現できていることを確認した

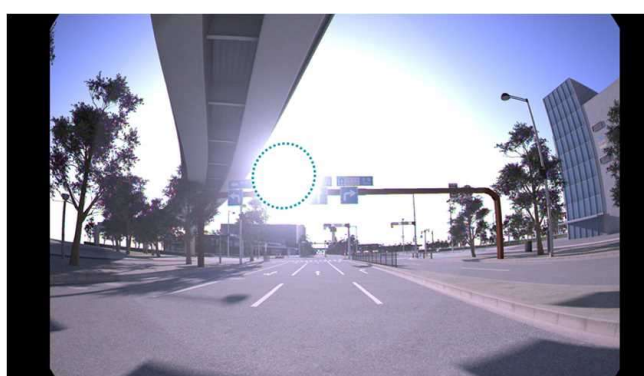
「太陽の照返し」が原因での不調シーンの再現

実画像 (AD-URBAN)



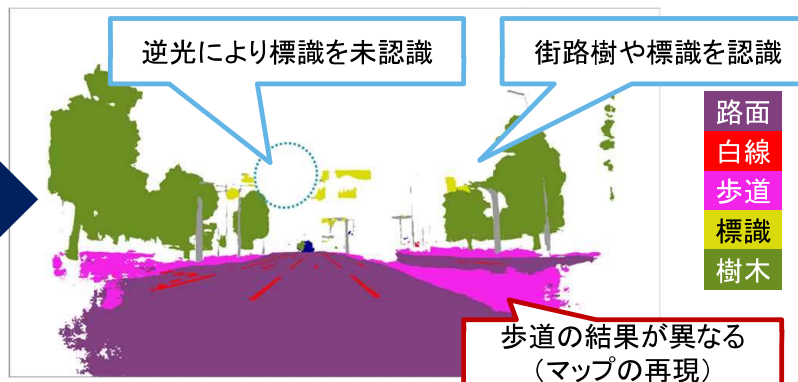
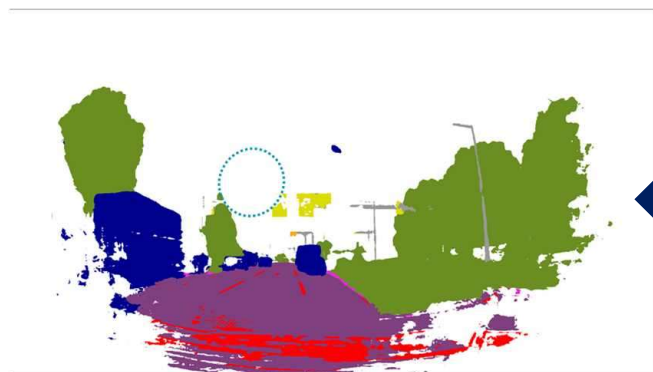
Semantic Segmentation結果

Sim画像 (DIVP[®])



Semantic Segmentation結果

一致
不一致



比較

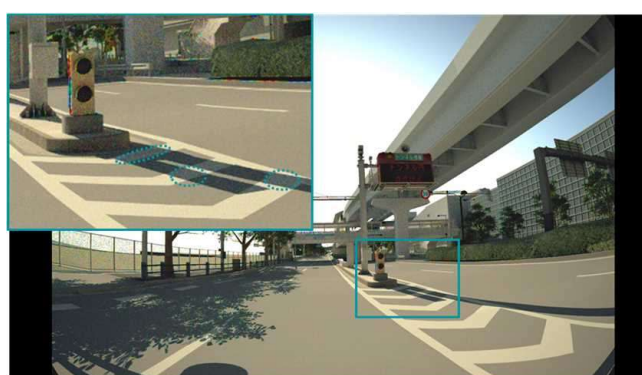
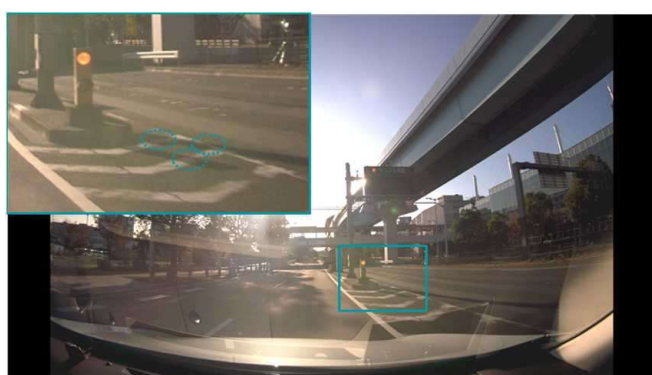
標識や街路樹、逆光による未認識を正しく再現できていることを確認した

【モデル一貫性評価】AD-URBAN proj.のカメラ画像認識機能を利用した一貫性検証により太陽光の設定を見直した

「影との境目」が原因での不調シーンの再現

実画像 (AD-URBAN)

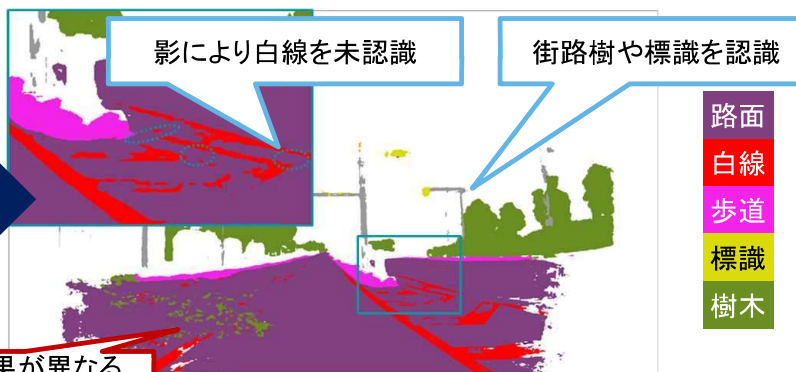
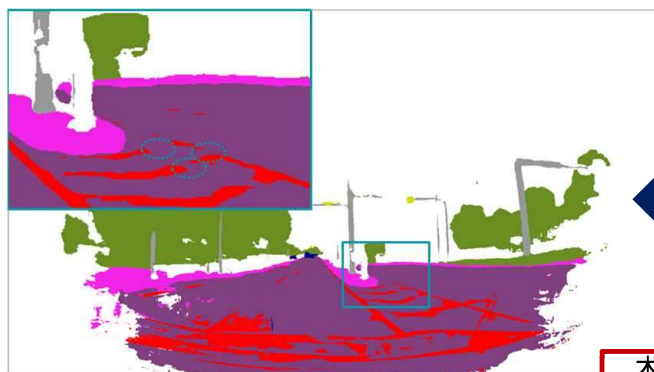
Sim画像 (DIVP®)



一致
不一致

Semantic Segmentation結果

Semantic Segmentation結果



比較

木陰の結果が異なる

路面
白線
歩道
標識
樹木

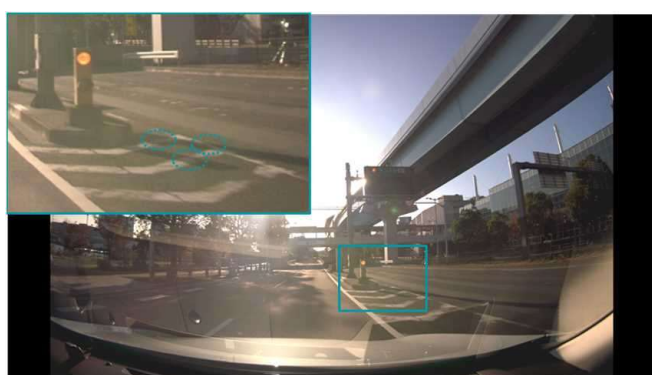
実画像では木陰がぼやけているが、Simはエッジが立っており偽色が発生

【モデル一貫性評価】AD-URBAN proj.が観測した、白線に影がかかると白線が未検出になる不調シーンをDIVP® Sim結果でも再現できていることを確認した

「影との境目」が原因での不調シーンの再現

実画像 (AD-URBAN)

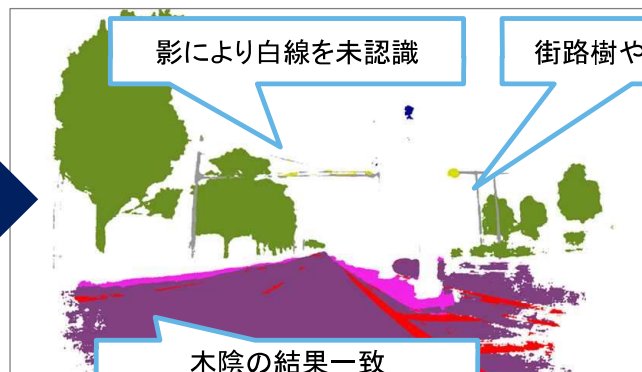
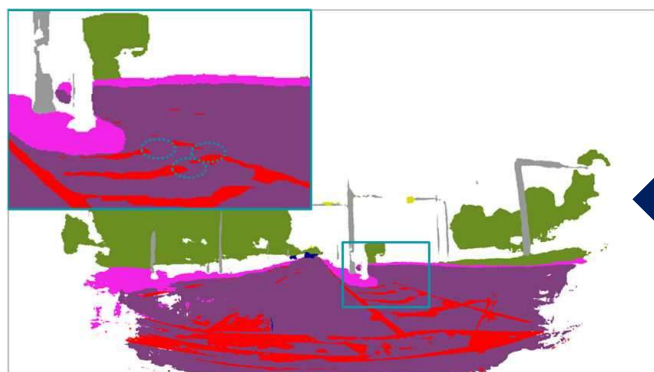
Sim画像 (DIVP®)



一致
不一致

Semantic Segmentation結果

Semantic Segmentation結果



比較

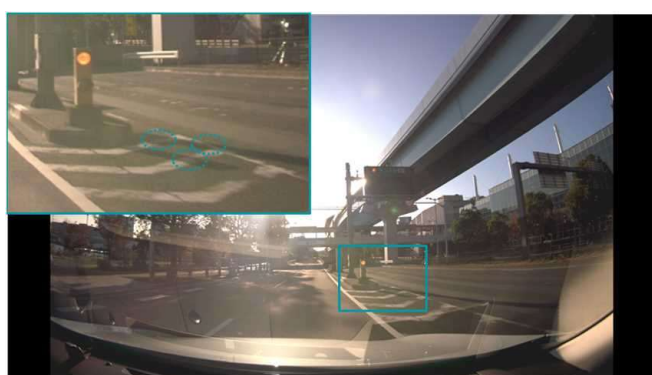
路面
白線
歩道
標識
樹木

標識や街路樹、影による未認識を正しく再現できていることを確認した

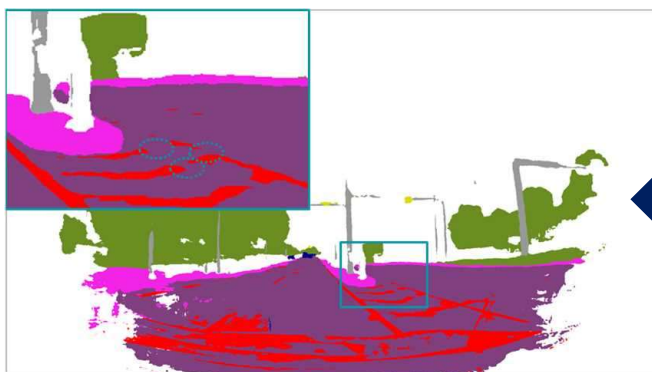
【モデル一貫性評価】AD-URBAN proj.が観測した、白線に影がかかると白線が未検出になる不調シーンをHiLSでも再現できていることを確認した

「影との境目」が原因での不調シーンの再現(HiLS)

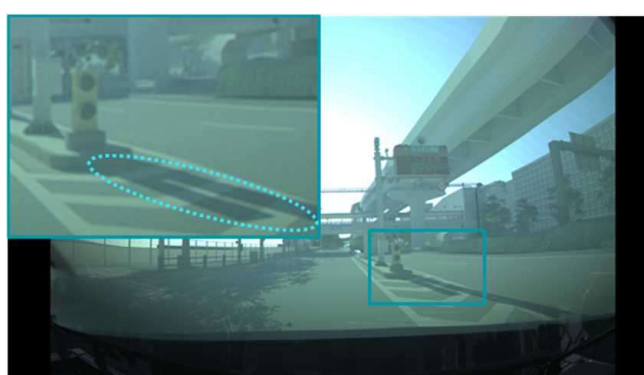
実画像(AD-URBAN)



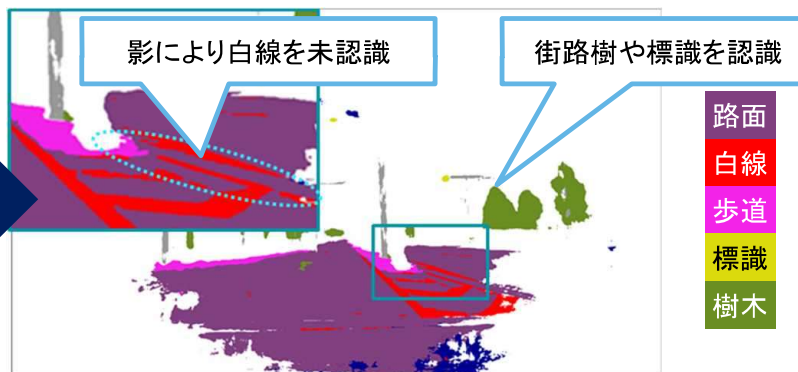
Semantic Segmentation結果



HiLS画像(DIVP®)



Semantic Segmentation結果



HiLSでも不調シーンを評価できることを確認した

【走行評価シナリオの共有】

AD-URBANとの連携により、システムから実車評価の課題を提供し優先的な弱点シナリオとして共有

臨海副都心エリア

評価地点



自己位置推定評価
(LiDAR)

信号機認識評価
(カメラ)

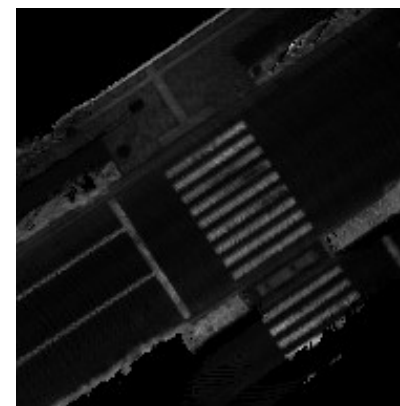
物体認識評価
(カメラ・LiDAR Fusion)

自己位置推定 (LiDAR)

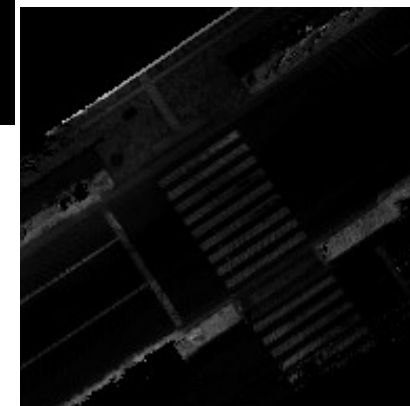
- ① アスファルトと白線の反射率が同等で白線検出困難 ② 路面濡れにより白線の反射率が低下し自己位置推定が困難



遮熱性塗装

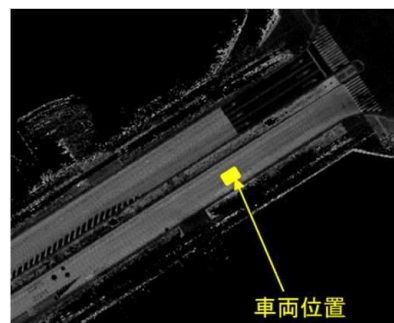


降雨の影響



LiDAR点群

LiDARオルソ地図



【臨海副都心モデル化 (Virtual-CG開発)】

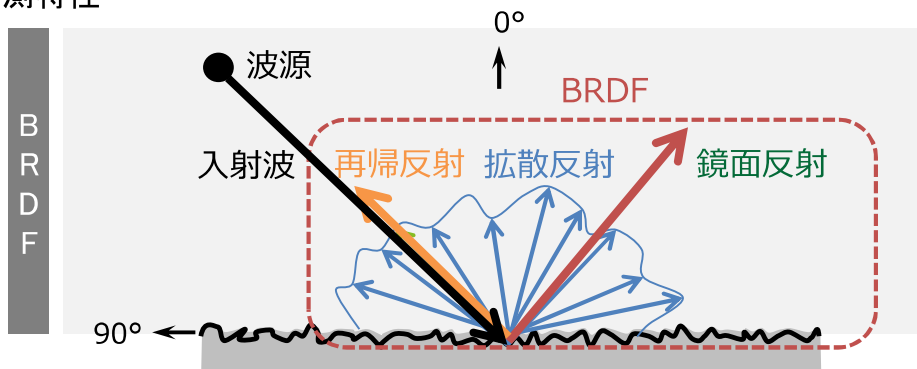
実験計測に基づき反射特性をモデル化、精緻なVirtual-CGを再現した

実験計測に基づくモデル化



反射特性のモデル化

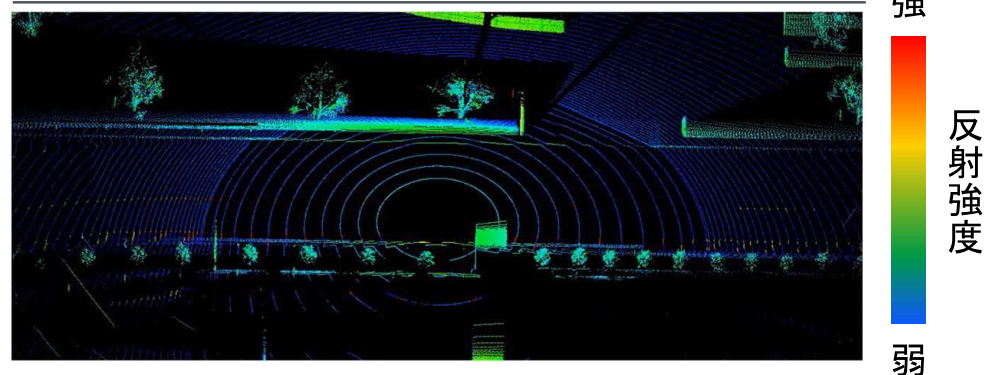
計測特性



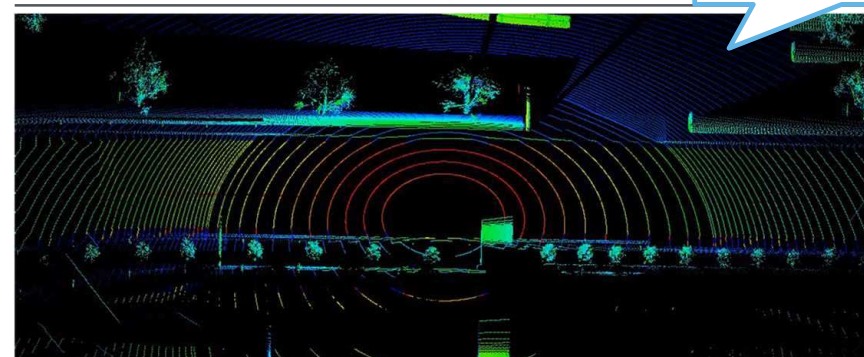
現地で使用されているアスファルトを計測



DIVP® Sim (通常アスファルト)



DIVP® Sim (遮熱性塗装)

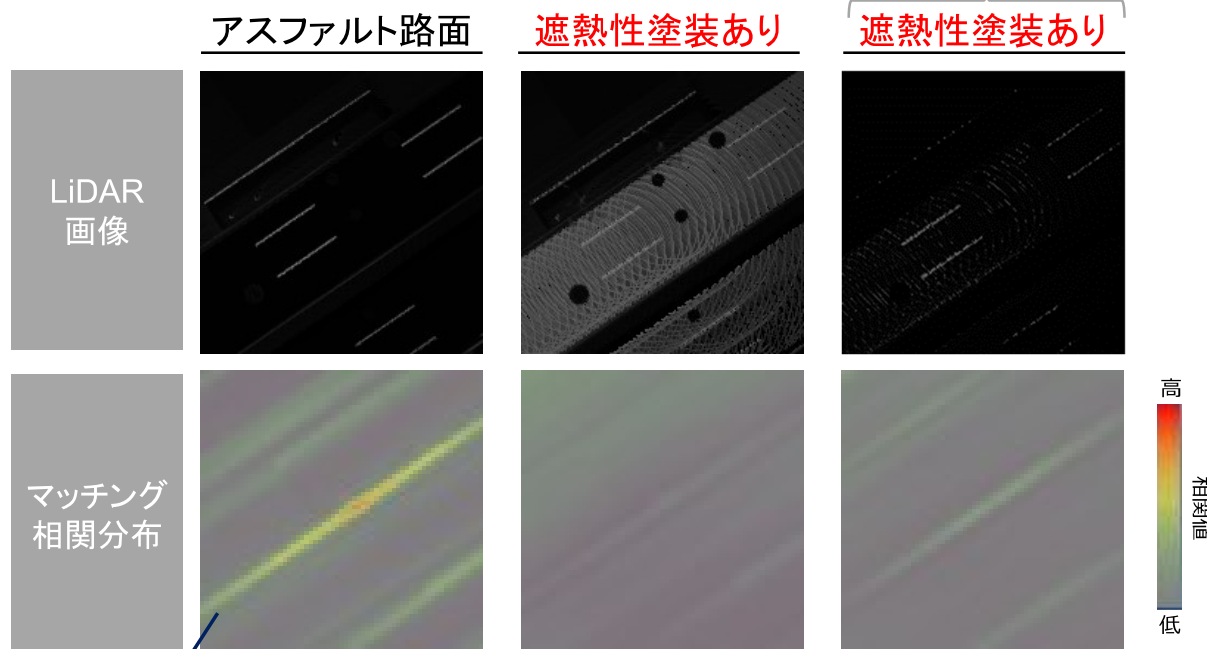


【自己位置推定評価(遮熱性塗装)】

オルソ地図生成時と路面条件が変化したときの自己位置推定評価が可能

地図画像と各路面状態のLiDAR画像をテンプレートマッチング

コントラスト補正後



地図画像



路面の塗り替えを想定した評価:
アスファルト路面のデータで地図画像生成
路面の塗り替えにより高反射路面へ変化した際の
自己位置推定評価

相関値が高い(赤い)ほど自己位置推定しやすい

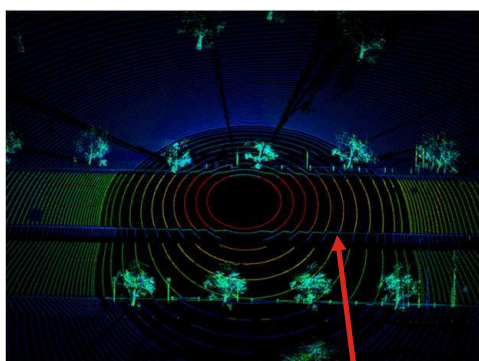
シミュレーション活用により特定条件に絞った性能限界が探索可能
再現性の良い評価シナリオ基準として、センサ&アルゴリズム開発の効率化が可能

エッジケース条件に対するシステム制御のロバスト性、性能限界の評価例 AD-URBANと連携し、**一致性の高いセンサSim**+**センサ弱点シナリオ**による性能限界値を探索

AD-URBANシステム連携例; DIVP® sim.利用の自己位置推定アルゴリズム評価



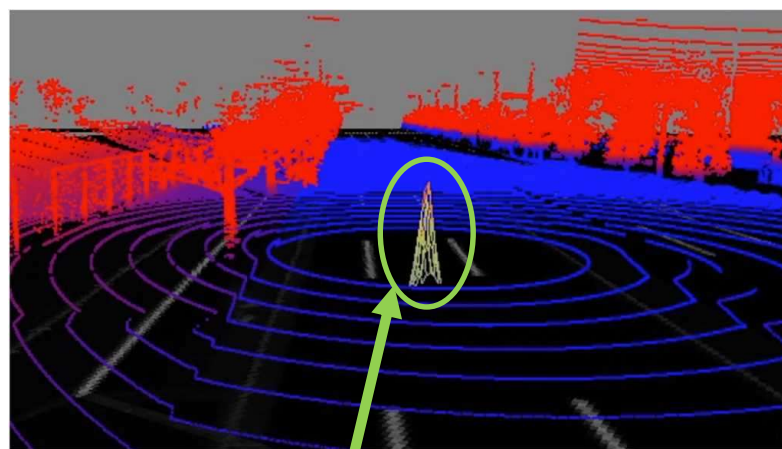
DIVP® LiDAR & Camera Sim. → LiDAR & Algorithm output → Effect on localizing accuracy



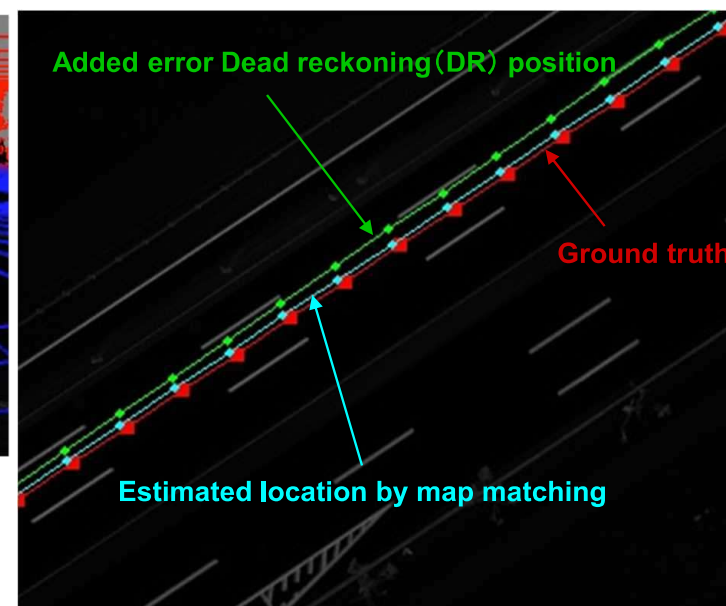
通常



遮熱性



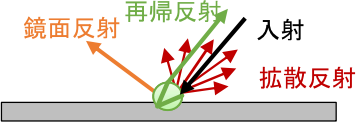
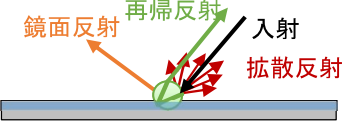
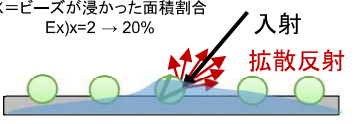
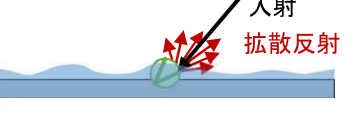
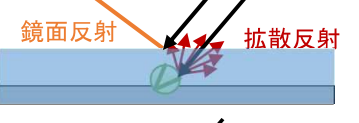
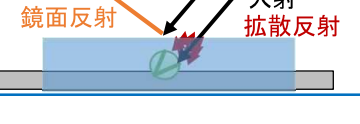
Estimated location
(posterior probability density distribution)



システムとしては評価したいが現実では**設定困難な条件**を、DIVP®シミュレーションが提供し、AD-URBAN(金沢大学Proj.)の自己位置推定アルゴリズムの高いロバスト性が検証できた

段階的「路面濡れモデル」; 白線の濡れ状態に応じた反射特性をモデル化し認識性能限界レベルを再現 LiDAR; 再帰反射特性の影響が大きい → このシナリオ条件を認識限界の評価基準に設定が可能

段階的「路面濡れモデル」による認識性能限界レベルの把握

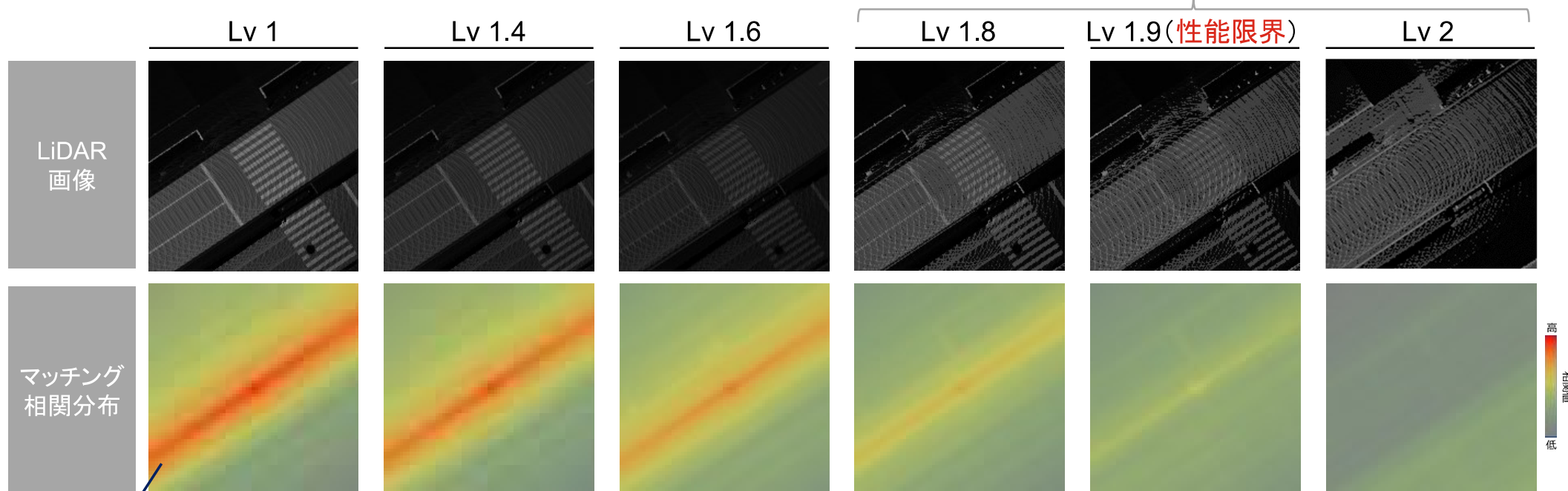
	拡散反射	鏡面反射	再帰反射	通常路面 +路面濡れ	遮熱性塗装路面 +路面濡れ
Level 0 乾燥 	材質の拡散特性	材質の鏡面特性	材質の再帰特性	Lv 1	Lv 1
Level 1 しみこみ 濡れた場所が暗くなる状態 	レベルが低下	↑	↑	Lv 2	Lv 2
Level 1.x 部分的飽和状態 表面から水がしみ出てくる レーザースポット面積内の1部の再帰反射ビーズが水に浸かる $x = \text{ビーズが浸かった面積割合}$ $E(x) = 2 \rightarrow 20\%$ 	↑	面積割合に比例して鏡面反射が減衰	面積割合に比例して再帰反射が減衰	Lv 3	Lv 3
Level 2 飽和状態 表面から水がしみ出てくる 再帰反射ビーズが水に浸かる 	↑	鏡面反射が消失 (=拡散反射)	再帰反射が消失 (=拡散反射)	Lv 4	Lv 4
Level 3 薄い水膜 1~2mmの水膜が張っている 	↑	水の鏡面反射が発生	↑		
Level 4 厚い水膜 数mm~の水膜が張っている (今回は10mmで作成) 	赤外光領域でレベルがさらに低下 (水の消衰係数が無視できなくなる)	↑	↑		

【自己位置推定評価(濡れモデル)】

自転車や他の交通参加者の条件は変えず、自己位置推定の性能限界評価が可能

地図画像と各レベルのLiDAR画像をテンプレートマッチング(遮熱性塗装路面+路面濡れ)

コントラスト補正後



相関値が高い(赤い)ほど自己位置推定しやすい

シミュレーション活用により特定条件に絞った性能限界が探索可能
再現性の良い評価シナリオ基準として、センサ&アルゴリズム開発の効率化が可能

【自己位置推定評価(車列による白線隠れ)】エッジケース条件に対するシステム制御のロバスト性、性能限界の評価
例AD-URBANと連携し、**一致性の高いセンサSim+センサ弱点シナリオ**による性能限界値を探索

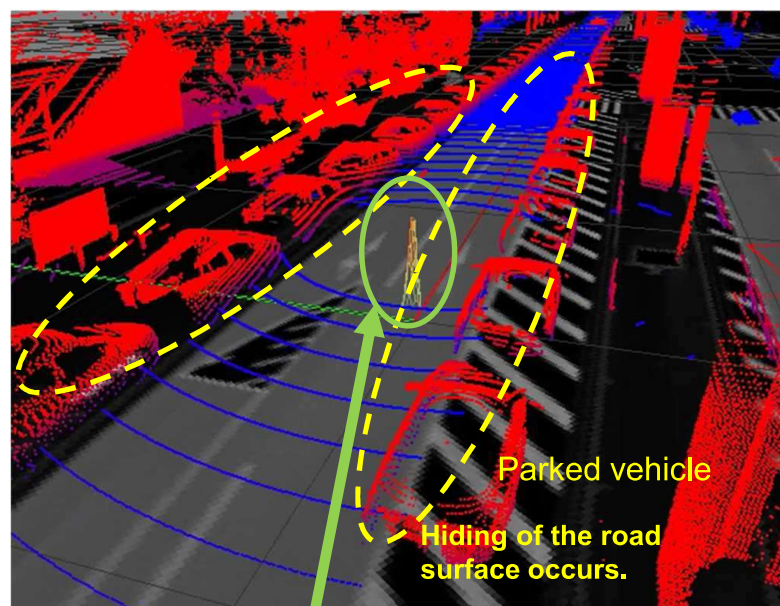
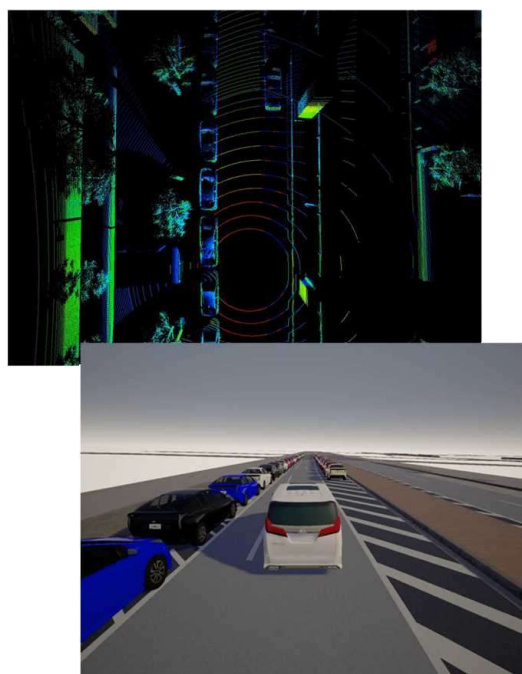
AD-URBANシステム連携例; DIVP® sim.利用の自己位置推定アルゴリズム評価



DIVP® LiDAR & Camera Sim.

LiDAR & Algorithm output

Effect on localizing accuracy



Estimated location
(posterior probability density distribution)

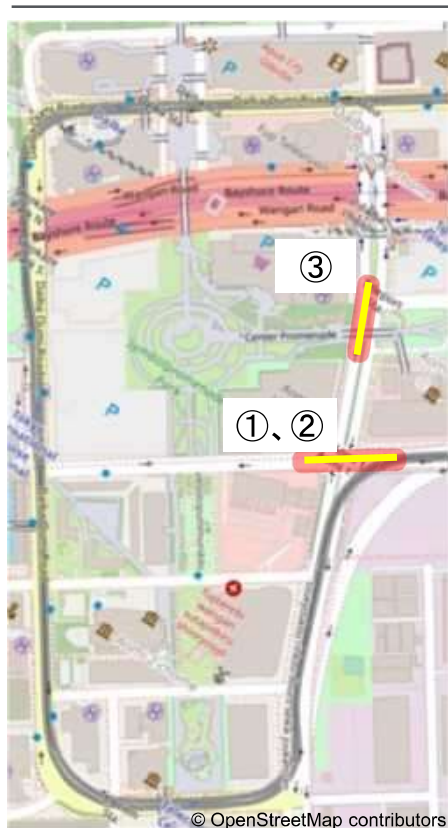
システムとしては評価したいが現実では**設定困難な悪条件**を、DIVP®シミュレーションが提供し、**AD-URBAN(金沢大学Proj.)**の自己位置推定アルゴリズムの高いロバスト性が検証できた

【走行評価シナリオの共有】

AD-URBANとの連携により、システムから実車評価の課題を提供し優先的な弱点シナリオとして共有

臨海副都心エリア

評価地点



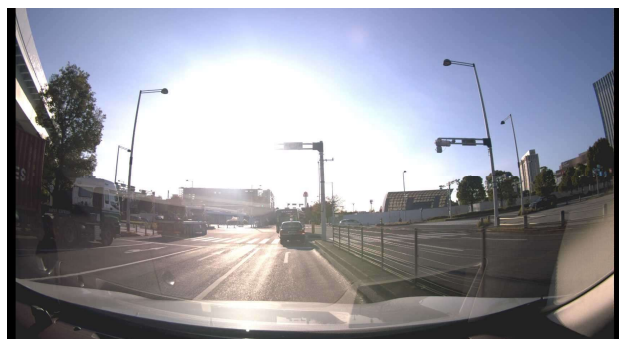
自己位置推定評価
(LiDAR)

信号機認識評価
(カメラ)

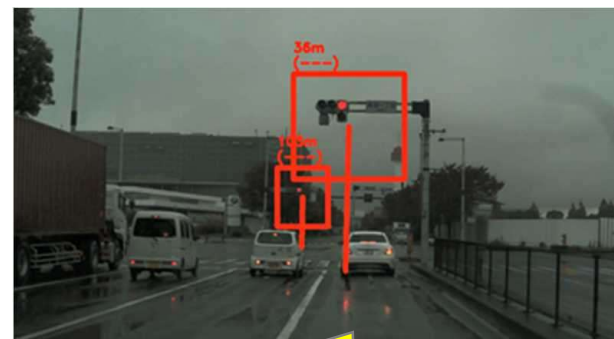
物体認識評価
(カメラ・LiDAR Fusion)

信号機認識(カメラ)

① 逆光による光の飽和で信号機検出困難



② 雨天時の信号機検出困難



③ ビル反射で間接的に信号機検出困難



実証実験は小雨により認識率低下が確認できず、シミュレーションを用いて検証を実施

- ・ 実験データ : 数mm/h
- ・ Sim設定 : ~300mm/h

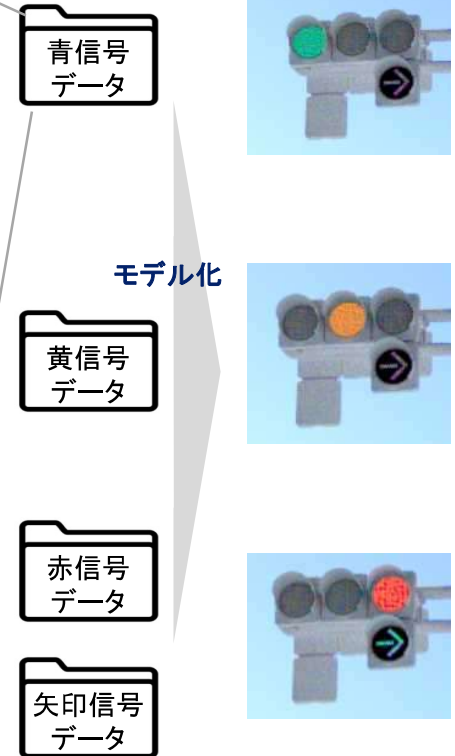
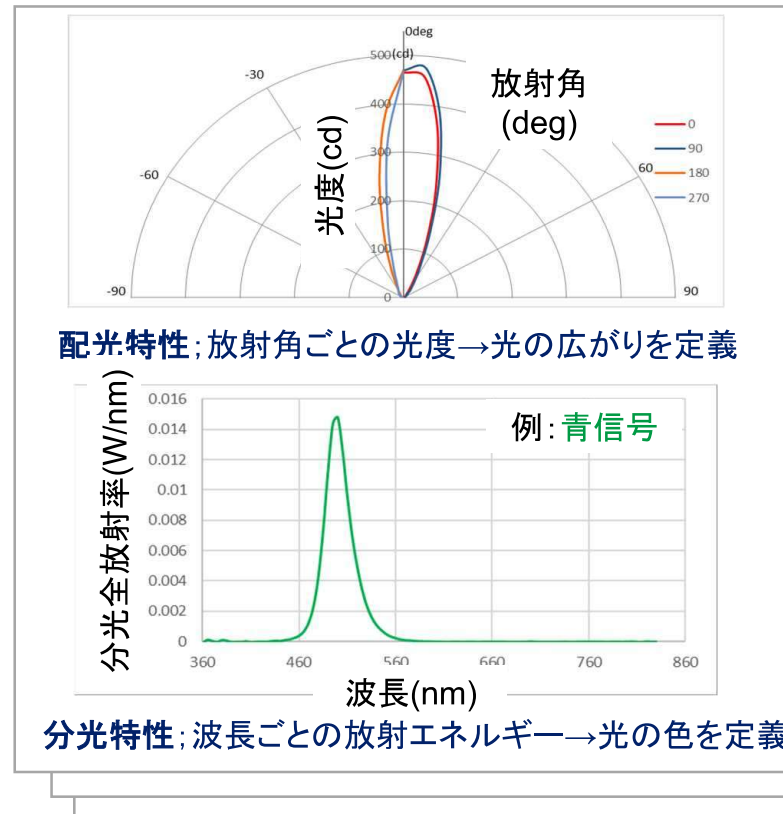
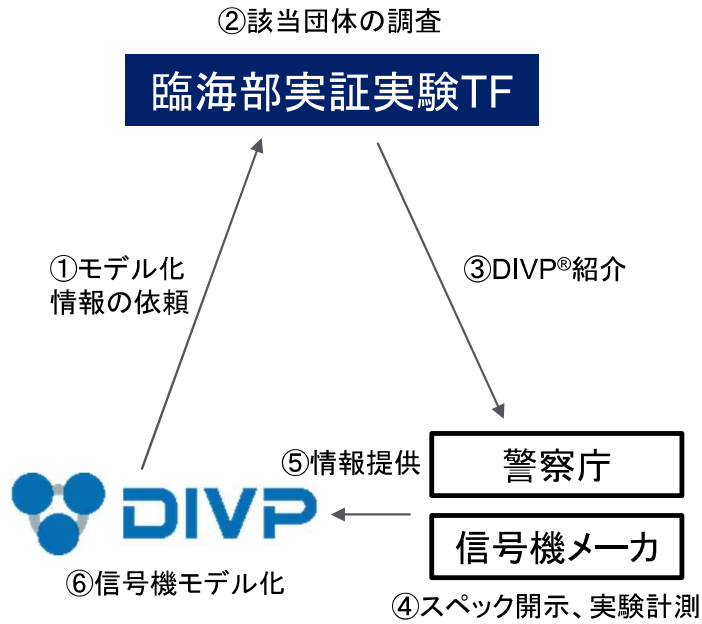
【信号機モデル化】

信号機認識(カメラ)評価に向けて、配光(IES)データや分光データにもとづいた信号機モデルを実装

モデル化イメージ

信号機モデル化に向けた情報収集

実機計測に基づく精緻なプロパティの生成



【信号機モデル化】

信号機認識(カメラ)評価に向けて、青海一丁目交差点の信号機モデルを実装

シミュレーション出力

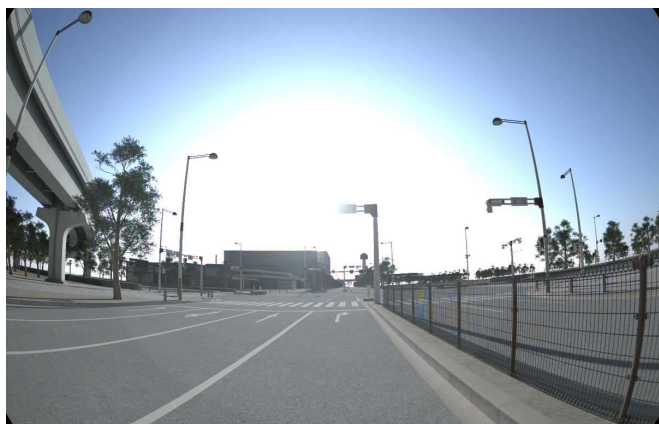


【信号機認識評価】

信号機認識の不調シーンとなる逆光や降雨、ビル反射をモデル化

不調要因のモデル化

① 逆光による光の飽和で信号機検出困難



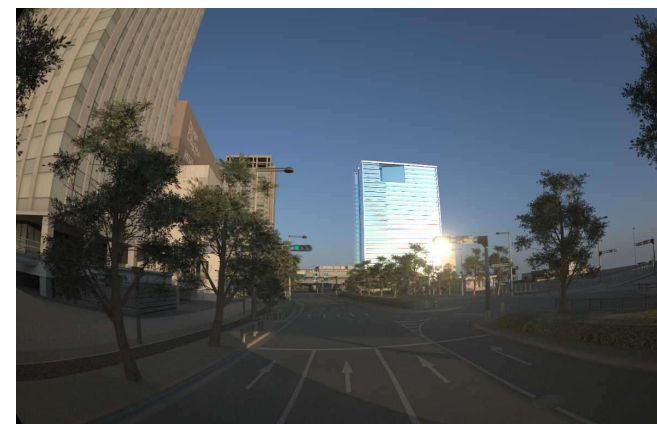
逆光のモデル化

② 雨天時の信号機検出困難



降雨のモデル化

③ ビル反射で間接的に信号機検出困難



ビル反射のモデル化

特定条件でのみ発生する認識不調

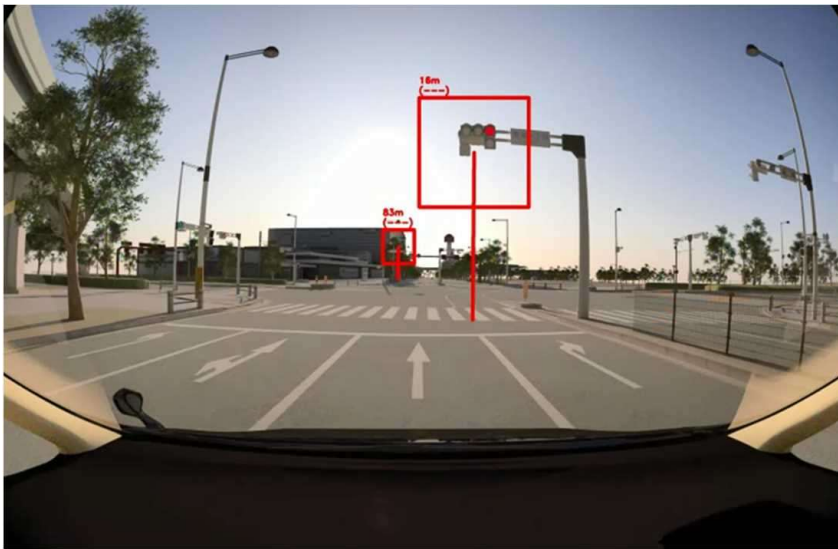
- 発生条件:時刻(日の出～早朝時の10分間程度)
 - 天候(晴天時)
 - ビル(物理特性)
 - 車両位置(ビル反射点と信号機との相対位置)

【信号機認識評価(通常条件)】

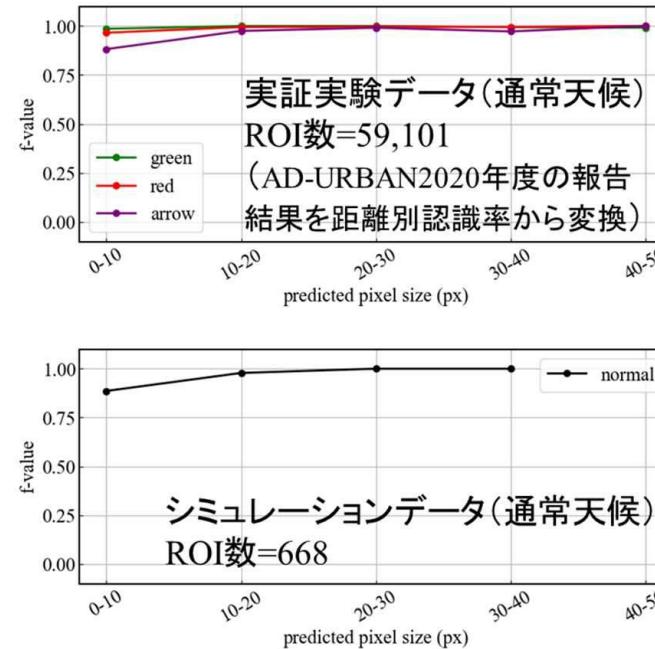
通常天候条件において問題なく信号機認識することを確認

AD-URBANとの接続確認(通常条件)

交差点接近シナリオ



実データとSimデータの信号機認識率



実データの平均認識率:
0.982

認識率が同等

Simデータの平均認識率:
0.989

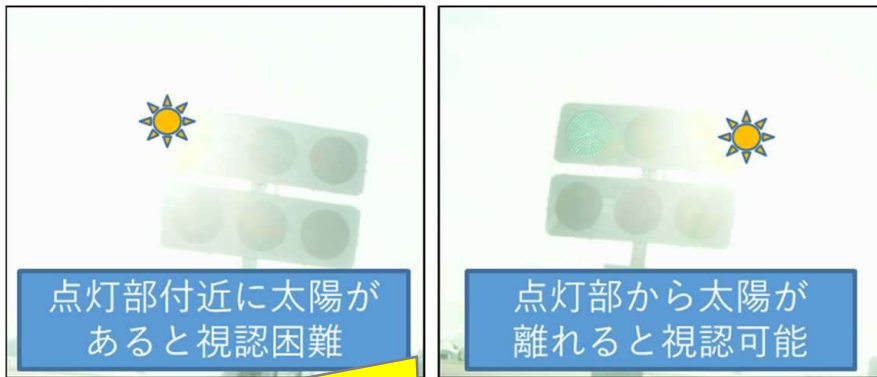
通常天候条件において信号機認識率が実データとほぼ同等になることを確認

【信号機認識評価(逆光条件)】

逆光条件において実データと同様の不調シーンが再現することを確認

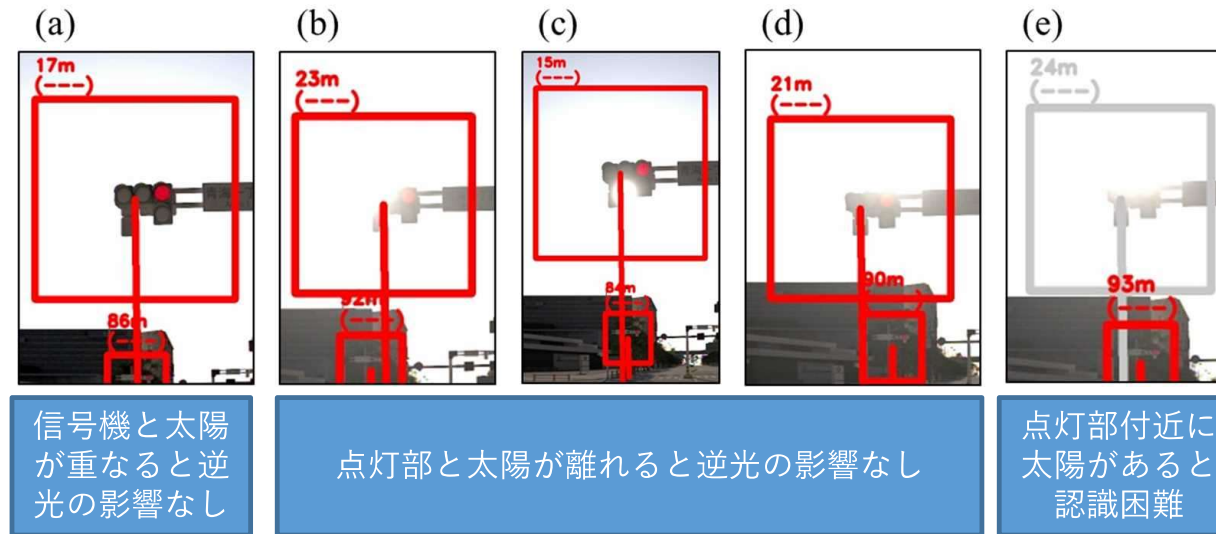
逆光再現確認

AD-URBANの実証実験結果



どちらも信号機付近に太陽があるが、点灯部付近に太陽がある場合に視認困難となる
→点灯部と太陽との距離がポイントになる

DIVP® Sim結果



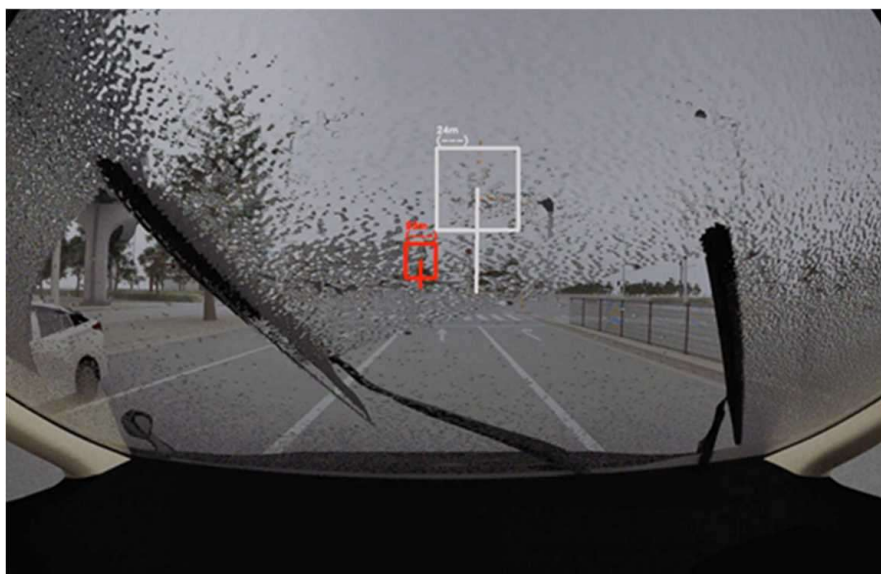
点灯部付近に太陽があると認識困難になるという実データと同様の不調シーンを再現すること確認

【信号機認識評価(雨天条件)】

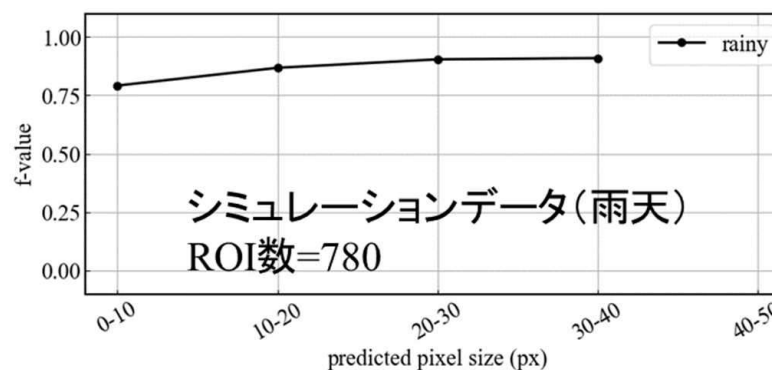
雨天条件において遠方・近傍を問わず降雨量の増大により全体的な認識率の悪化を確認

雨天再現確認

DIVP® Simデータ



雨天条件時の信号機認識率



Simデータの平均認識率:0.868

通常天候に比べて約12ポイント低下

【認識率低下要因】

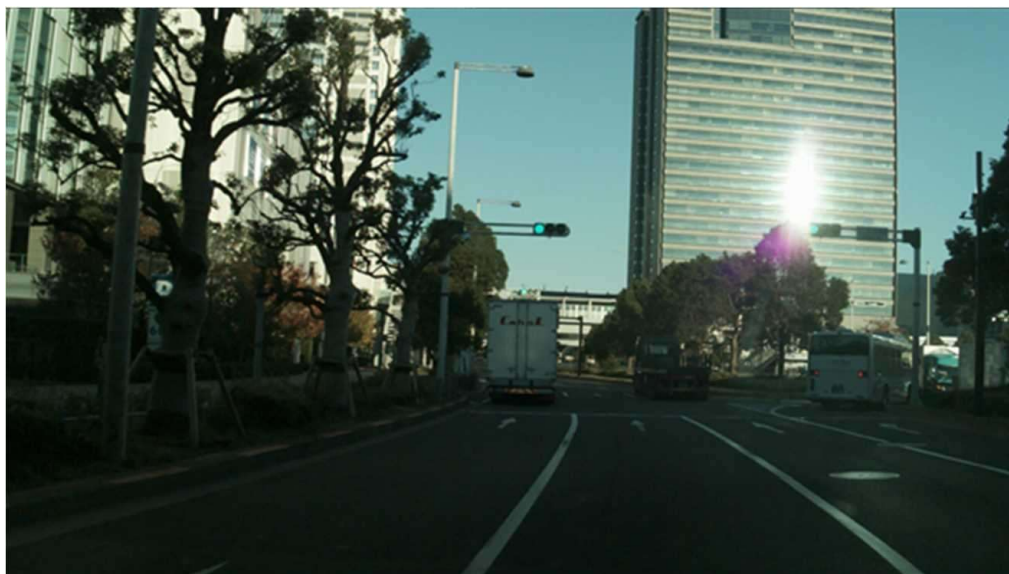
- 雨滴による遮蔽により未検出が増えた
- 色合いの変化により誤認識が増えた

【信号機認識評価】現実では特定条件が重なった短時間現象のため再現テスト困難DIVP® Sim ならではの再現評価が可能

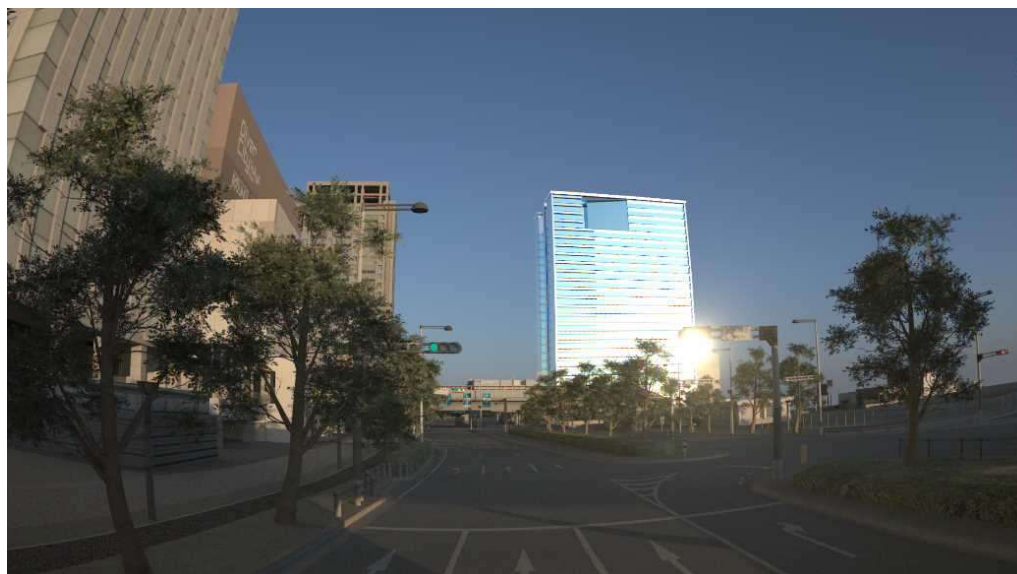
特定条件でのみ発生する認識不調の再現

- 発生条件:時刻(日の出～早朝時の10分間程度)
 - 天候(晴天時)
 - ビル(物理特性)
 - 車両位置(ビル反射点と信号機との相対位置)

実画像(AD-URBAN)



DIVP® Sim画像

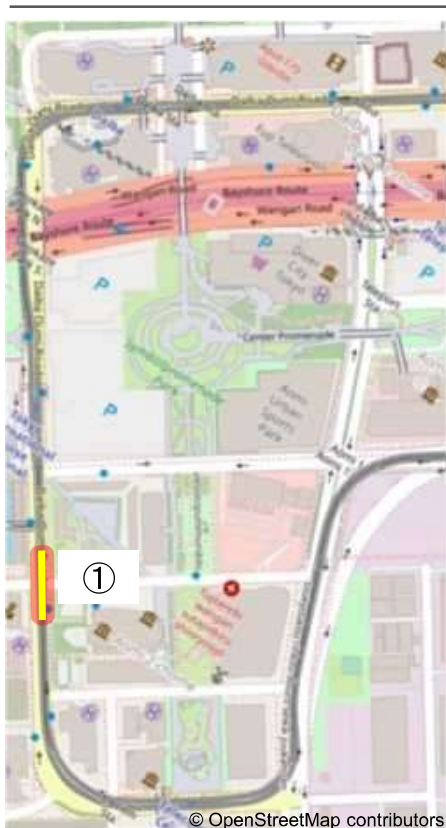


【走行評価シナリオの共有】

AD-URBANとの連携により、システムから実車評価の課題を提供し優先的な弱点シナリオとして共有

臨海副都心エリア

評価地点



自己位置推定評価
(LiDAR)

信号機認識評価
(カメラ)

物体認識評価
(カメラ・LiDAR Fusion)

物体認識評価(カメラ・LiDAR Fusion)



【物体認識評価】

AD-URBANと連携し、ジオメトリにもとづく評価および物理特性にもとづく評価を今後実施予定

今後の評価観点

Step	評価観点	概要
Step1	ジオメトリ	<ul style="list-style-type: none">■ 位置関係にもとづく評価 評価事例: 他の交通参加者や周辺構造物による隠れ発生シーン ➤ 大型車両や特殊車両による車両隠れ
Step2	物理特性	<ul style="list-style-type: none">■ センサの物理原則にもとづく評価 評価事例: 黒革ジャケットを着た夜間の歩行者横断シーン ➤ カメラは夜間が苦手、LiDARは黒革素材が苦手

大型車両や特殊車両のアセット拡充



バス



トラック



タンクローリー

夜間横断シナリオ



AD-URBAN連携では、仮想空間DIVP® Sim.を用い自動運転システム評価が可能。更に認識性能限界を再現し、弱点シナリオ評価基準を設定可能であることが検証できた

まとめ



シミュレーションを活用することで、実車では再現が難しい条件が効率的に評価可能であると確認

※実車では**任意の条件へ変更**する、**特定の条件を固定**することが不可能

評価システム	センサ弱点条件	変更条件	固定条件
自己位置推定	路面塗り替えによるオルソ地図との乖離	路面塗り替えによる路面反射率	位置情報精度
	降雨による白線コントラストの低下	降雨による路面反射率	
	車列による白線検出の低下	周辺交通参加者の位置	
信号機認識	逆光による信号画像飽和	光源と信号機の相対位置	天候条件(天気、太陽の位置)
	降雨によるフロントガラスへ付着	天候条件(天気、太陽の位置)	位置情報精度
	ビル反射による信号画像飽和	光源と信号機の相対位置	天候条件(天気、太陽の位置)
物体認識	異なる対象物のパターン	周辺交通参加者の種類と位置	天候条件(天気、太陽の位置)
	周辺構造物による隠れ	自車と認識対象の相対位置	
	降雨による路面濡れおよびフロントガラス付着	天候条件(天気、太陽の位置)	位置情報精度

【今後の取り組み】 実路では反射率低下の度合いにバラツキがあるため、白線かすれ同様、バラツキを考慮した再現モデルの生成が今後の課題

実走行データとSimデータの比較→一様な濡れモデルでなくバラツキ考慮モデルが必要

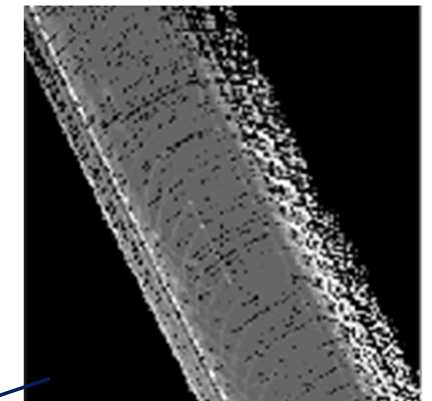
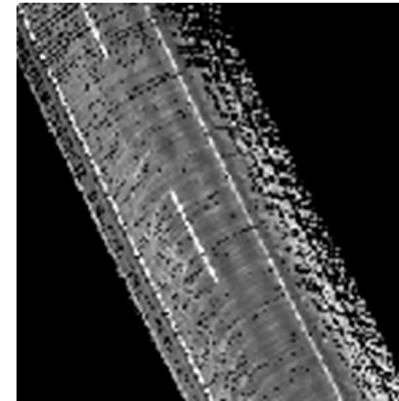
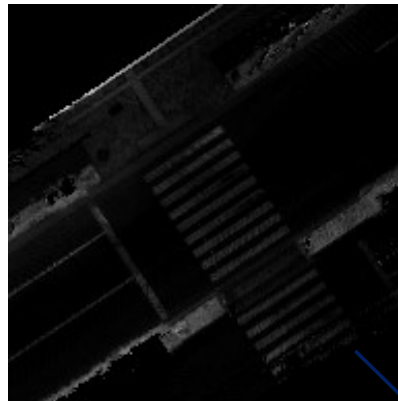
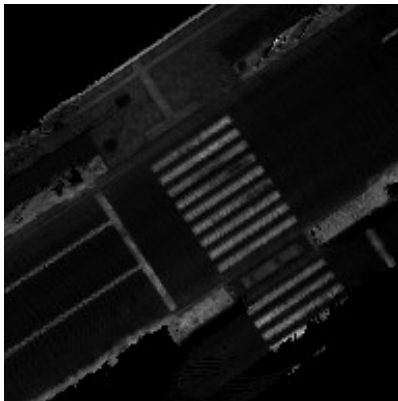
乾いた路面

濡れた路面

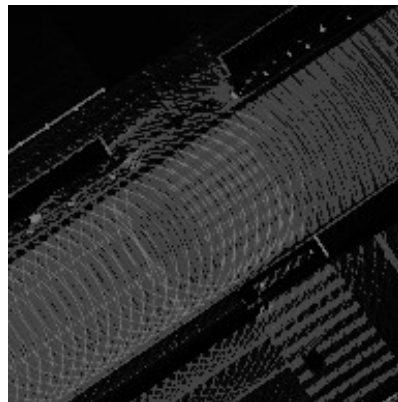
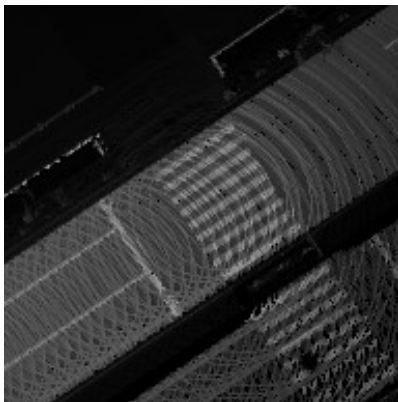
乾いた路面

濡れた路面

実走行データ



Simデータ



射率低下の度合いにバラツキがある
(反射率の低下が均一ではない)

研究成果概要

■ 安全性評価基盤検討

■ 客観的なDIVP®の競争力評価

■ 今後のとりくみ

■ 研究成果に基づく事業提供

■ SIP内、AD-URBAN連携

■ JAMA/Sakura連携

JAMAの安全性評価フレームワークでは認識不調の要因・原理を定義すると共に、Sim環境の妥当性検証ガイドラインを策定。DIVP®では当該ガイドラインに基づく検証を実施

JAMAの認識不調定義とSim環境の妥当性検証項目

要因×原理		原理			
		認識対象からの信号S		認識阻害する信号	
		位相	強度	ノイズ(N)	...
		S強度差大	...
要因	車両・センサ	認識不調定義(要因×原理)			
	周辺環境				
	認識対象物				
原理×妥当性検証項目		↓			
Sim環境妥当性検証	基本検証	センサ特性	A: 原理横断の基本検証項目 センサ基本特性、基本となるターゲットの反射特性、基本的な交通流シナリオ等		
		電波伝搬特性			
		対象物の反射特性			
		交通流シナリオ			
	再現性検証	原理毎に評価シナリオとして定義	B: 認識不調の再現性検証項目 センサ付着物、逆光、特殊形状のターゲット等		

■基本検証項目(全107項目)

Sim環境妥当性検証項目			検証内容	判定基準
センサ特性	検出精度	距離(R)	C/R(コーナーリフレクター)の設置位置を、実環境同等に検出可能	5%以下
		方位(θ)		5%以下
	
	分解能	距離(R)	2つのC/Rを近接設置した際の最小分解能が、実環境と同等	15%以下
		方位(θ)		15%以下
	
対象物の反射特性	車両	RCS	乗用車のRCSが、全周囲において実環境と同等であること	全方位3dB以下
	
	

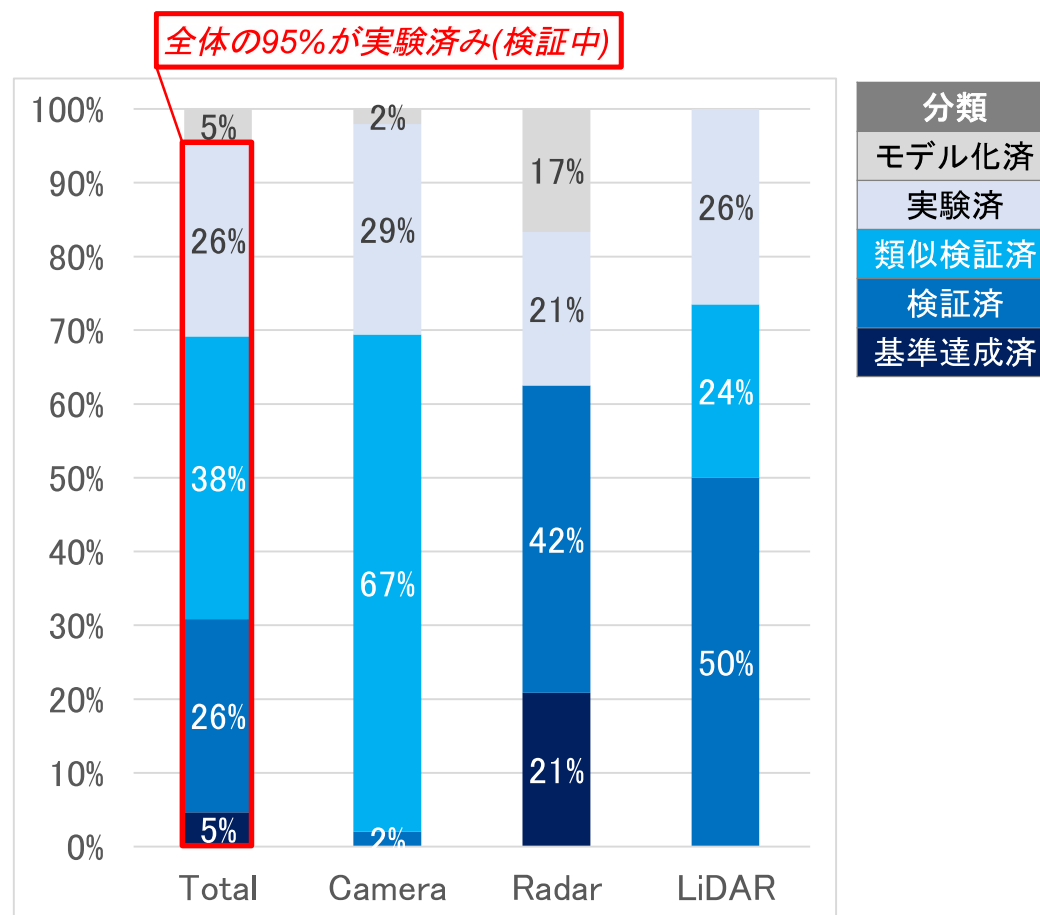
■再現性検証項目(優先9原理) 原理毎に評価シナリオとして定義

The diagrams show various simulation scenarios for radar and lidar sensors. They include plots of signal strength vs. distance, noise levels, and detection accuracy. The scenarios are categorized into basic verification (A) and reproducibility verification (B). The reproducibility verification scenarios are based on 9 principles, such as sensor attachment, backscatter, and special shaped targets.

Sim環境の妥当性検証(基本検証)は、全体の95%が実験完了し、検証も約70%まで進展(類似検証含む)、検証方法・基準の協議、及び検証結果の整理を来年度継続実施予定

Sim環境の妥当性検証状況(DIVP®)

検証状況	検証項目数			
	Camera	RaDAR	LiDAR	Total
モデル化実施済みだが類似の検証も未実施	1	4	0	5
実験は行っているが検証未完	14	5	9	28
類似の検証を実施済み	33	0	8	41
同様の検証を実施済み&基準未達	1	10	17	28
同様の検証を実施済み&基準達成	0	5	0	5
合計	49	24	34	107

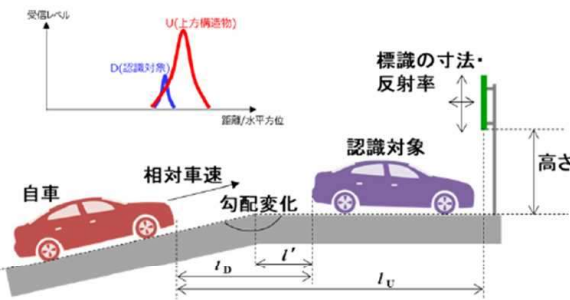


認識不調の再現性検証については、実環境での計測も考慮し、JAMA・DIVP®で連携の上、検証方法・判定基準の内容精査を開始、来年度も継続実施予定

認識不調再現性検証方法・判定基準の内容精査(一例)

■ 方位角変化による低D/Uの再現： 外乱現象の再現 信号の埋もれ

ミリ波レーダー
(5-1)



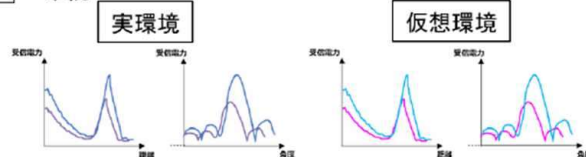
検証方法

- 「方位角変化による低D/U」評価シナリオを再現：
 - 上凸の勾配変化のある道路を走行する。
 - 前方、勾配変化した先に金属製の標識看板がある。
 - 自車線前方、標識の近くにある停止車両に接近する。
- 勾配変化：3 ~ 10° の範囲で2点
- l' : 5 (m) 固定
- l_D 初期値：15 (m)
- l_U 初期値：20 (m)
- 認識対象物の種類：乗用車
- 実環境とシミュレーション環境とで、反射波のピーク強度比 l_D/l_U を比較する。

判定基準

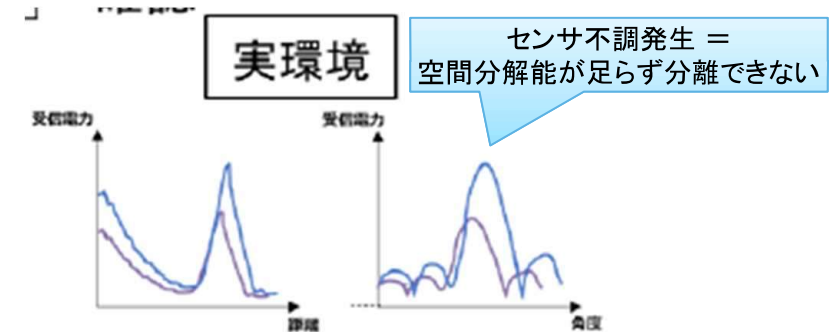
標識看板の信号に認識対象物の信号が埋もれる現象が、実環境と仮想環境とで同様に起こることを確認

	パラメータ	パラメータ範囲	考え方
外乱要因	坂勾配の変化	変化 0 ~ 18 %相当	上に凸な路面で代表させる
	認識対象までの距離 初期値 l _D	固定	衝突回避に必要な距離
	交差点から認識対象までの距離 l'	変化 0 ~ l _D	
	認識対象の横位置	固定 0°	同一車線上に固定
外乱要因以外	標識までの距離 初期値 l _U	変化 l _D - 5 ~ l _D + 5 (m)	標識車線上の設置物まで想定
	標識の横位置	変化 -3.5 ~ +3.5 (m)	
	標識の高さ(下端まで)	固定 4.5m(車道上方) / 1.5m(路側式)	「道路標識設置基準」より
	標識看板の寸法	固定 2.7 × 3.5 (m)	高速道路の案内標識
	標識看板の反射率	固定 (実際の標識看板の測定値)	
	相対車速	固定 ODD内の最高車速	
	認識対象の種類	固定 乗用車 / 歩行者	交通参加者の代表 / 低反射率



■ DIVP®側の懸念点・質問点

ターゲットごとに反射強度を分離して出力が得られない



対策案1: 車載センサではなく、高分解能の計測器を使用
課題: 走行など時間的に連続な解析は不可

対策案2: 車両のみ、標識のみ、両方と3パターンデータを比較
課題: 実験・解析工数が拡大

試験場の確保

課題: 既知で安定した勾配を提供いただける試験場に心当たりがない

JAMAの認識不調シナリオについて、SAKURA・DIVP®で連携の上、一部シナリオ・Sim環境を構築

SAKURA連携による認識不調シナリオ・Sim環境構築

E.2.3.2.3. 評価シナリオ

- 上に凸の勾配変化のある道路を走行している。
- 前方の勾配変化した先に、金属製の標識看板がある。
- 自車線前方、標識の近くにある認識対象物に接近する。

※路面よりも金属製の上方構造物からの反射強度のほうが大きくなる可能性が高いため、上に凸の勾配変化がある場合を代表シナリオに選定



JAMA優先原理(ミリ波-方位角変化による低D/U)のシナリオ仕様に対して、SAKURAより、2パターンのシナリオ定義いただき、DIVP®でアセット作成の上、Sim環境として結合実施

今回作成したサンプル

	パラメータ	パラメータ範囲	考え方
外乱要因	縦断勾配の変化	変化 0 ~ 18%相当	上に凸な路面で代表させる
外乱要因以外	認識対象までの距離 初期値 l_D	固定 衝突回避に必要な距離	
	変曲点から認識対象までの距離 l'	変化 0 ~ l_D	
	認識対象の横位置	固定 0°	同一車線上に固定
	標識までの距離 初期値 l_U	変化 $l_D - 5 \sim l_D + 5$ (m)	
	標識の横位置	変化 $-3.5 \sim +3.5$ (m)	隣接車線上の設置物まで想定
	標識の高さ(下端まで)	固定 4.5m(車道上方)/1.5m(路側式)	「道路標識設置基準」より
	標識看板の寸法	固定 2.7 × 3.5 (m)	高速道路の案内標識
	標識看板の反射率	固定 (実際の標識看板の測定値)	
	相対車速	固定 ODD内の最高車速	
認識対象の種類	固定 乗用車 / 歩行者	交通参加者の代表/低反射率	

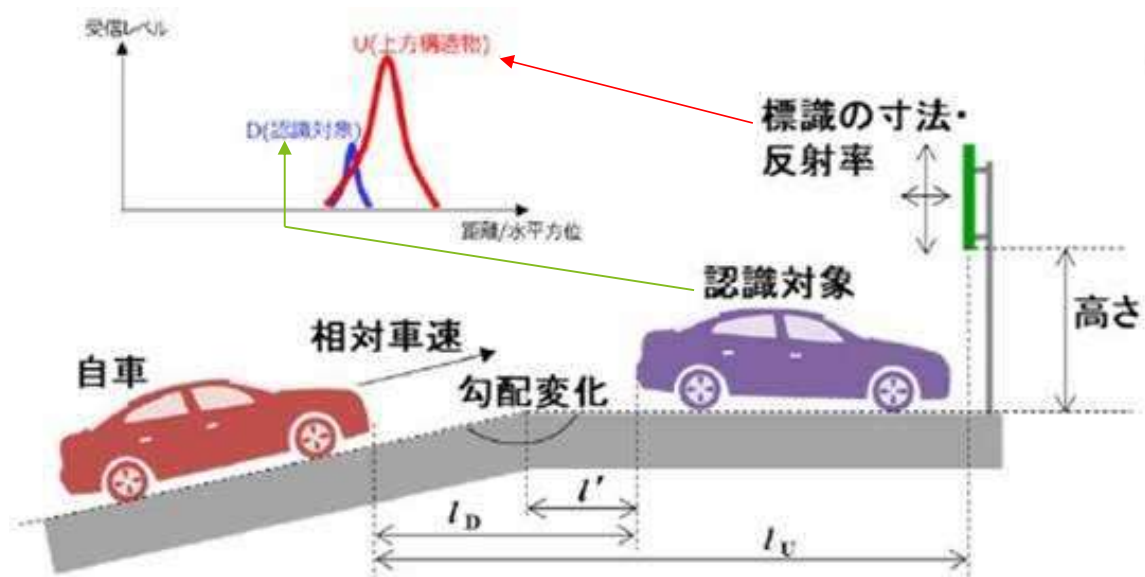
RADAR-AZIMUTH-LOW-DU-00000001.xosc RADAR-AZIMUTH-LOW-DU-00000001.xodr	RADAR-AZIMUTH-LOW-DU-00000002.xosc RADAR-AZIMUTH-LOW-DU-00000002.xodr
18% (設計速度60km/hで縦断曲線)	—
100m	—
1m	—
- (同一車線上に固定)	—
100m (車間距離 l_D (100m) + 0m)	105m (車間距離 l_D (100m) + 5m)
0m	—
4.5m	—
固定 (width: 2.7, height: 3.5, length: 0.5)	—
divp_Tgt_Guide_110A_Yokohama IC4_EXIT1km	—
60km/h(自車:60km/h,認識対象:0km/h)	—
divp_Veh_ToyotaAlphard	—

Sim環境で認識不調シナリオの評価を実施するも「認識不調が発生せず」、効率的な認識評価を実施する為には、センサFOV等や角度分解能等を考慮し、境界条件となるパラメータを設計できる機能が必要

Sim環境での認識不調再現に向けた課題

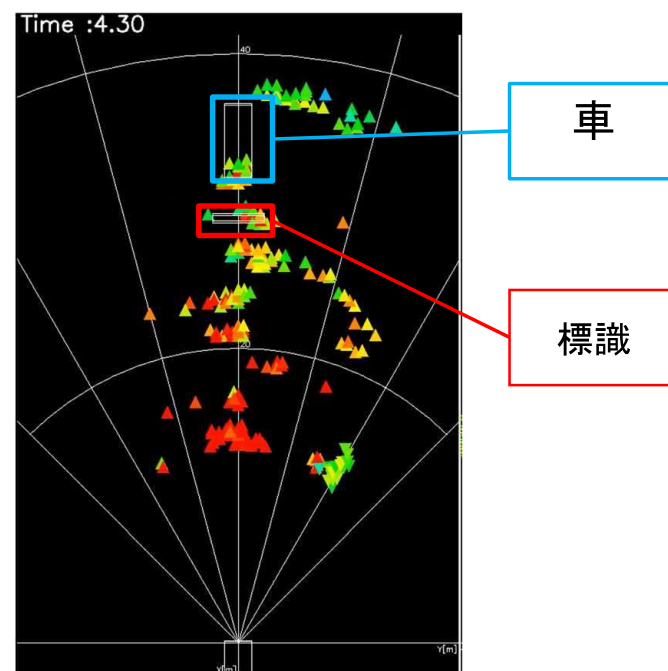
■認識不調検証内容

標識が高反射により、認識対象(車)が信号が埋もれてしまい不認識(False Negative)状態に陥る




■Sim検証結果

標識、車ともに認識できている(分離できている)
➔ 現象再現の為にはパラメータ設計が必要



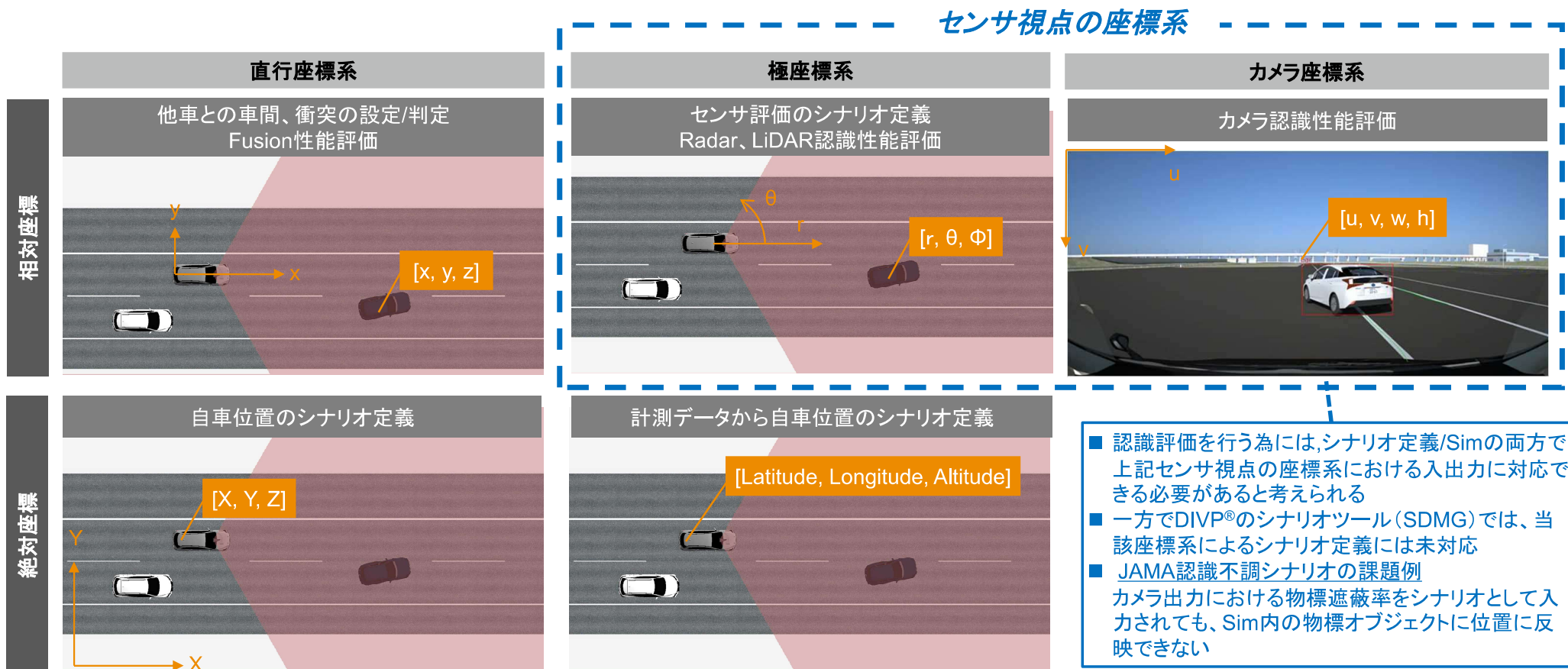
認識評価のシナリオ・Sim環境は国際的にも標準化が十分でなく、交通外乱と同じスキームでの活動は困難、Simの類型も考慮し、22年度活動方針の再定義に向けてJAMA/JARI(SAKURA)と協議を実施

SA合同推進TFにおける課題

活動背景・目的	シナリオ体系	Sim環境	課題・協議内容												
<p>自動運転の安全原則(WP29) 合理的に予見される防止可能な事故が生じない事</p>  <p>安全性評価F/W(JAMA) 自動運転の処理プロセス毎に影響を及ぼす要因をシナリオ体系として構造化(有限かつ範囲の特定を可能にする)</p> <table border="1" data-bbox="112 1093 526 1324"> <thead> <tr> <th>プロセス</th> <th>処理結果</th> <th>外乱</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>認知</td> <td>周辺交通環境の位置情報、自己位置、交通情報</td> <td>認識外乱</td> </tr> <tr> <td>判断</td> <td>軌跡、車速目標指示</td> <td>交通外乱</td> </tr> <tr> <td>操作</td> <td>軌跡、車速目標指示を達成するための各ACTへの運動指示分配</td> <td>車両運動外乱</td> </tr> </tbody> </table>	プロセス	処理結果	外乱	認知	周辺交通環境の位置情報、自己位置、交通情報	認識外乱	判断	軌跡、車速目標指示	交通外乱	操作	軌跡、車速目標指示を達成するための各ACTへの運動指示分配	車両運動外乱	<p>交通外乱シナリオ NCAP、ALKS等(SAKURAによる実交通データに基づくパラメータ生成等も実施)</p>  <p>認識不調シナリオ センサ毎に原理×要因で定義、交通外乱シナリオに要因を付加したシナリオで安全性への影響を評価</p> <p>◆ジオメトリ要因(例:カメラ遮蔽)</p>  <p>◆物性要因(例:空間伝播/天候等)</p>  <p>※車両運動外乱シナリオは割愛</p>	<p>真値Sim 道路形状と自車/他車・物標の速度、位置、距離等をシミュレーションし、主に衝突回避性能を検証</p> <p>① 他車・物標の速度、位置、距離等を「シナリオ情報」をからシミュレーション</p> <p>↓ 交通外乱の延長で検討できないか?</p> <p>② 上記に加えて、「センサFoV」を考慮した認識結果も踏まえてシミュレーション</p> <p>物理Sim 外界環境、反射特性等からセンサ知覚の入/出力を再現、主に認識性能を検証</p> <p>③ 「物性(反射特性、空間伝播)」を物理的に再現し、センサ知覚の入出力を再現するシミュレーション(DIVP®の注力領域、標準化も考慮した国際連携も活動中)</p>	<p>シナリオ ・認識不調: 認識評価のシナリオは国際的にも標準化が確立されておらず、シナリオの定義方法から検討が必要、また、ジオメトリ要因と物性要因が混じってシナリオ化されているが、Sim環境の類型からすると、評価目的含め、分けて議論したい → 改めてシナリオ分類についてJAMAと協議開始</p> <p>Sim環境 ・①はDIVP®でもある程度対応可能(ASAM-OSIを考慮し、順次対応中)、ただし②に関してはDIVP®で対応できない機能もある(シナリオとして遮蔽率を渡されても、各オブジェクトの位置として反映させる機能等はない)、既存Simの調査委含め、どうい対応が可能か調査必要 → シナリオ定義・Sim環境の機能分担についてSAKURA側含め協議開始</p> <p>一貫性検証 ・安全性評価F/W2.0('21/12月発行)で追加された、認識不調再現性評価(実車 vs Simの一貫性)の検証方法・判定基準が実車で計測困難な内容となっている → DIVP®側の意見を取り入れ精査を進める事でJAMAと合意</p> <p>その他(検証目的・判定基準) ・衝突回避性能以外に、安全余裕を定量定義する活動が必要(SAKURAと協議開始) ・認識性能を定量定義する活動が必要(DIVP®で継続実施)</p>
プロセス	処理結果	外乱													
認知	周辺交通環境の位置情報、自己位置、交通情報	認識外乱													
判断	軌跡、車速目標指示	交通外乱													
操作	軌跡、車速目標指示を達成するための各ACTへの運動指示分配	車両運動外乱													

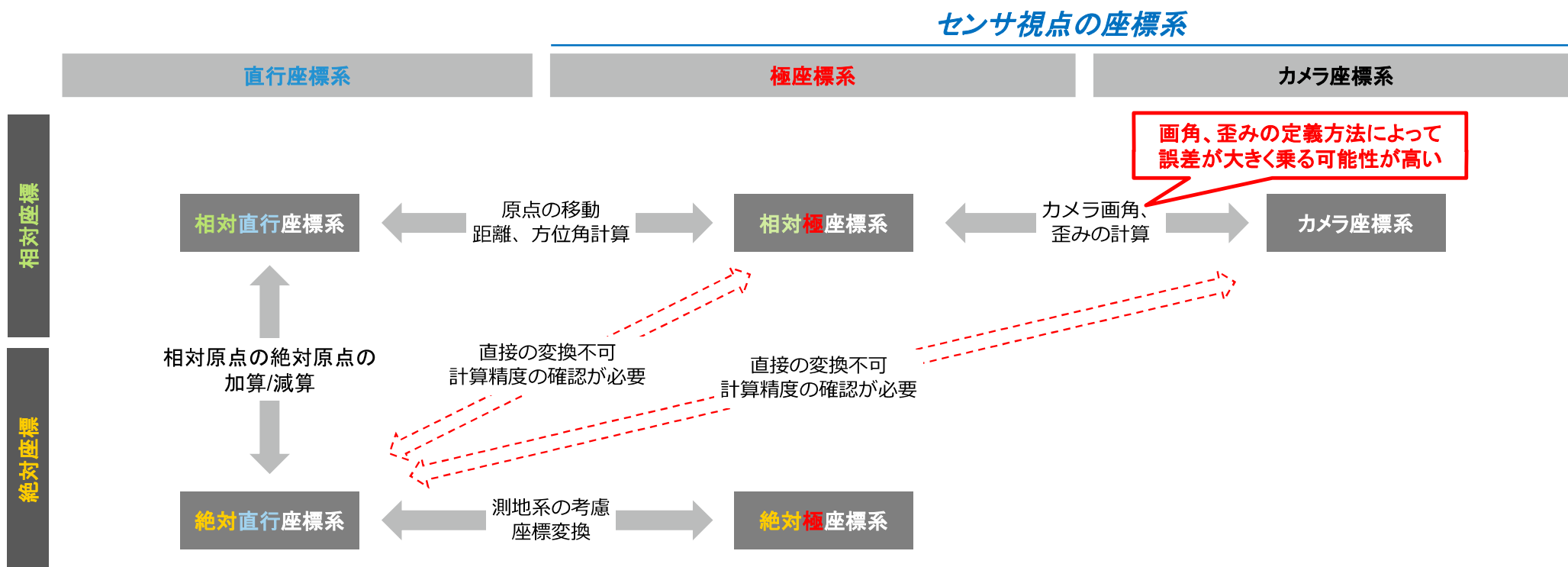
認識評価のシナリオ定義・Sim検証を進める為には、シナリオツール、Sim環境における「センサ視点の座標系」の扱いを議論する事が必要

座標系の分類と想定される用途



それぞれの座標は相互変換が可能 ただし、カメラ座標系はレンズスペックに依存するため実機相当のレンズモデルの場合は計測・計算誤差が大きく乗る場合がある

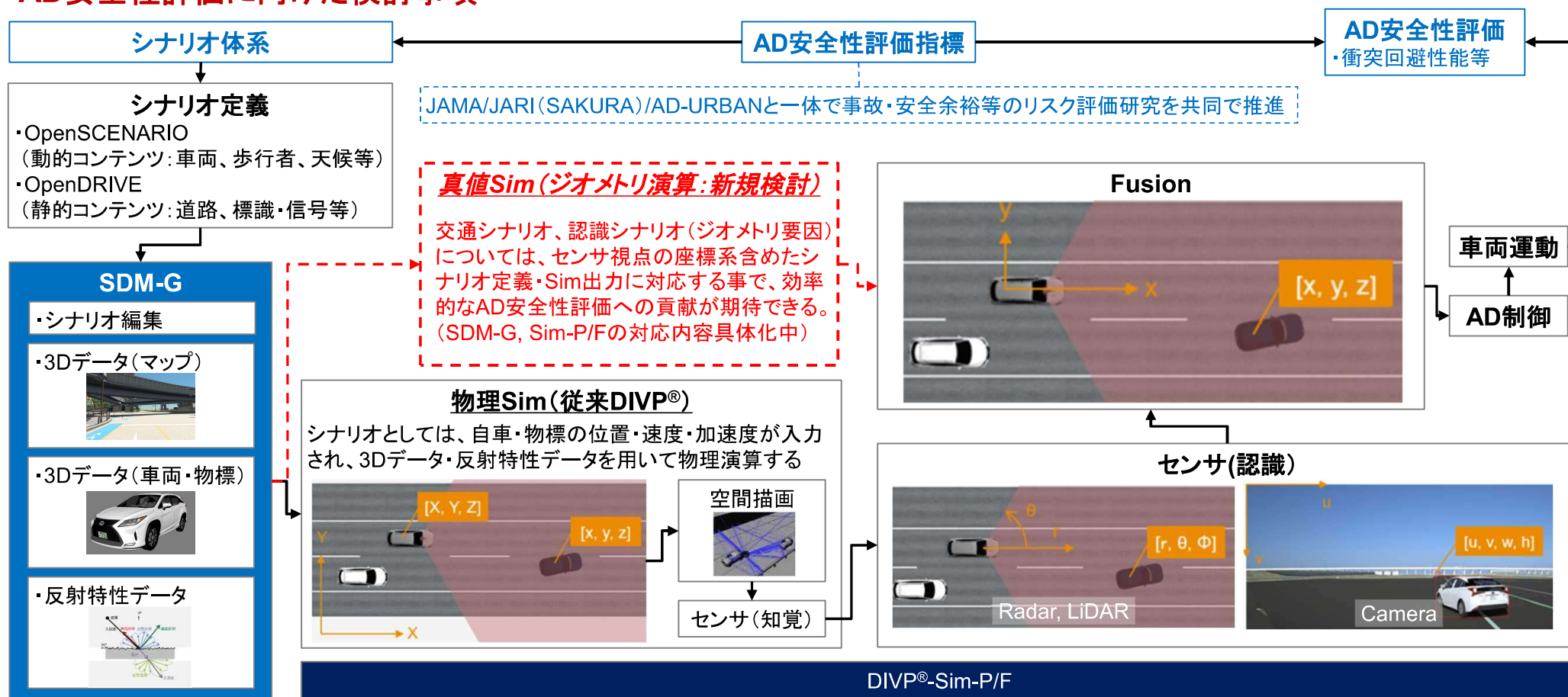
座標変換



位置の座標変換は比較的容易、姿勢(回転)の座標変換は要注意
 (相対-絶対座標系、オイラー角 - クォータニオン - 方向ベクトル+回転量、回転の順番、rad-degreeなど用語や定義が多く、不具合が発生しやすい)

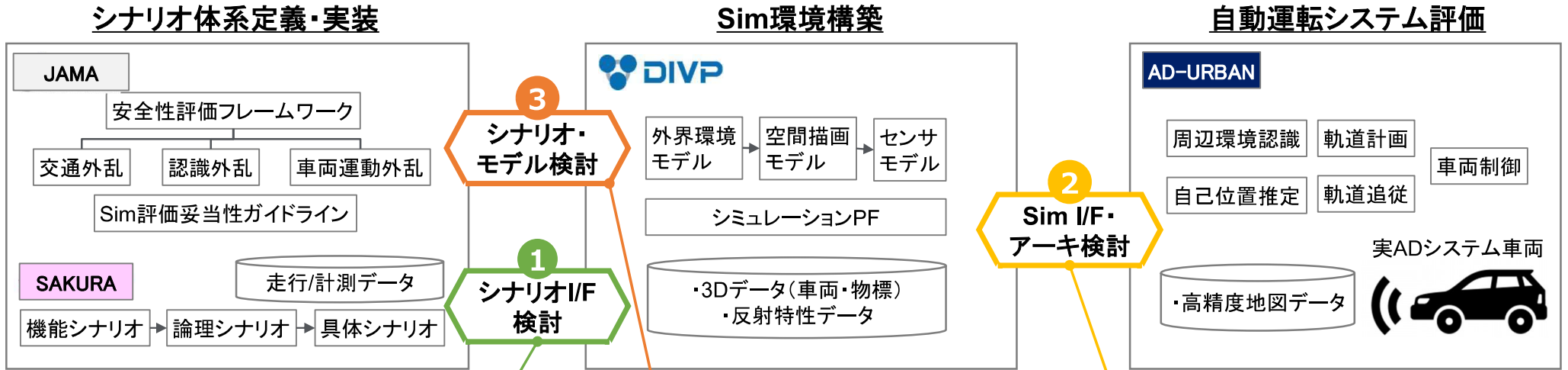
「センサ視点の座標系」含めたシナリオ定義・Sim出力への対応を行う事で、より効率的で応用性の高い、Sim環境を構築し、AD安全性評価における提供価値を拡大を推進(DIVP®の22年度研究計画へ反映)

AD安全性評価に向けた検討事項



22年度の安全性評価基盤検討TFでは、21年度の活動を通じて具体化されたAD安全性評価の課題を各チームの取組テーマに追加するとともに、国際連携強化に向けたチームを新設し推進する

21年度取組体制



22年度取組テーマ

<チーム1> ■シナリオ体系拡張 (SAKURA, DIVP)

- SAKURA/DIVP®: シナリオ-Sim I/F 継続検討 (JAMA 体系, アセス)
- 自専道シナリオ拡張、一般道優先シナリオの選定方法検討
- ジオメトリ要因のシナリオパラメータ定義方法の具体化
- SAKURA/DIVP®: ジオメトリ要因のシナリオに対するセンサ視点の座標系を考慮したシナリオパラメータ定義方法の検討、及び精度検証

<チーム2> ■シナリオ・Sim環境の要件具体化 (DIVP, AD-URBAN)

- DIVP®/AD-URBAN: 実ADシステムの性能評価を通じた、シナリオ・Sim環境の要件具体化 (継続実施)
- 認識性能指標の検討
- DIVP®/AD-URBAN: Sim評価を用いた認識限界性能指標の具体化

<チーム3> ■Sim環境・ツールの品質向上 (JAMA, DIVP)

- JAMA/DIVP®: SAKURA-DIVP®で開発するシナリオツール・Sim環境への自動車業界のユーザ視点の意見折込
- JAMA/DIVP®: Sim環境妥当性検証ガイドラインのブラッシュアップ
- 認識評価シナリオの優先度定義
- JAMA: ODDに基づく認識評価シナリオ導出プロセス策定
- DIVP®/JAMA: JAMAセンサ原理等の「エキスパートナレッジ」と、DIVP®センシング弱点DBの「認識不調条件探索」の両面から、安全性評価の観点でより効果の高いシナリオ・Sim環境構築を検討

<チーム0> ■国際連携強化 (※新設)

- DIVP®/JAMA/SAKURA: SIP-adus国際連携WGを出口とし、DIVP®を中心にSAKURA/JAMAとも連携の上、日独連携 (VIVID)、国際標準 (ASAM) 活動を推進
- 安全性評価指標の検討
- JAMA/SAKURA/AD-URBAN/DIVP®: 多角的な観点でAD安全性評価を実施するため、事故・安全余裕等のリスク評価研究を共同で推進

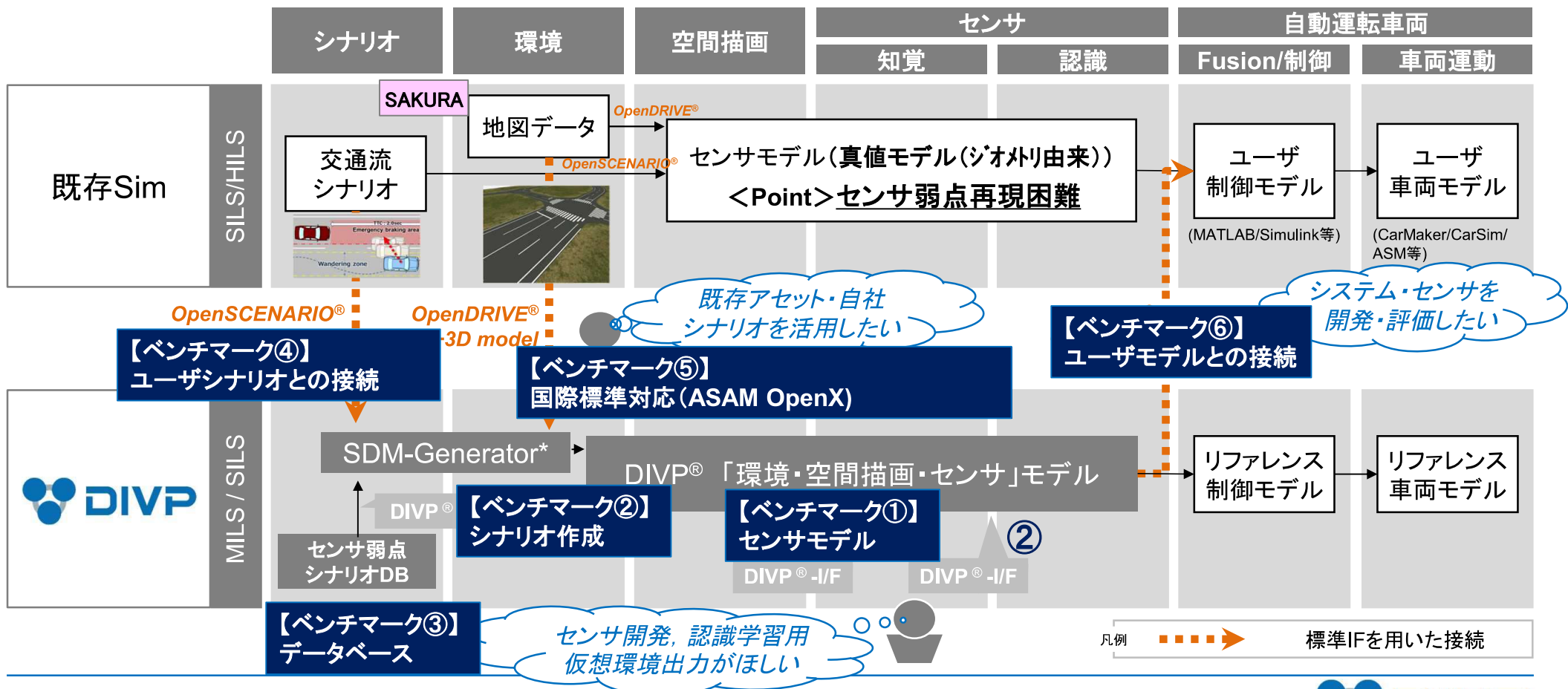


研究成果概要

- 安全性評価基盤検討
- 客観的なDIVP®の競争力評価
- 今後のとりくみ
- 研究成果に基づく事業提供

DIVP®の優位性である「反射物性表現定義の環境～センサモデル」の更なるベンチマークに加え、課題であった「**接続性**」「**データベース**」「**国際標準化**」についてベンチマークを実施

ベンチマーク評価の内容



【ベンチマーク結果①: センサモデル】

実機での一貫性検証はDIVP®のみの優位性、他Simに先行してセンサの付着物による影響へも対応

カメラシミュレーションのベンチマーク結果

現象区分	現象	CarMaker 10.1	VRX 2021R2	PreScan 2021.2	DIVP®
光源	一般光源(車両ランプなど)	○	○	○	◎
光源	太陽光の放射輝度	○	○	○	◎
光源	天空光の放射輝度	×	×	△	◎
光源	間接光	○	○	○	◎
光物性	物体表面での反射、拡散、透過	△	○	△	◎
光物性	物体表面の経年劣化の影響	×	×	○	◎(アスファルト)
光物性	付着物による影響(物標)	×	×	△	×
伝達	空間中での散乱(関与媒質)	○	×	○	○(霧)
センサ	車両挙動による影響	○	△	△	○
センサ	温度特性による影響	×	○	×	×
センサ	センサの経年劣化の影響	×	×	×	×
センサ	レンズ歪み	○	○	○	○
センサ	フレア	○	×	○	○
センサ	ゴースト	×	×	×	×
センサ	付着物による影響(Frガラス)	△	×	△	○(雨粒)

◎:対応(実機検証あり)
○:対応(実機検証なし)
△:一部対応
×:非対応
※:調査中

①

②

③

DIVP®の優位性が示せる項目

- ① 実機で検証するのはDIVP®のみ
- ② CarMaker: 反射、透過に対応 PreScan: 反射のみに対応
- ③ センサの付着物による影響に対応

【ベンチマーク結果①: センサモデル】

実機での一貫性検証はDIVP®のみの優位性、反射、散乱、透過や反射時の位相・偏波変化にも対応

Radarシミュレーションのベンチマーク結果

現象区分	現象	CarMaker 10.1	VRX 2021R2	PreScan 2021.2	DIVP®
光源	他車両レーダ(干渉)	×	×	×	×
光物性	物体表面での反射、散乱、透過	△	△	△	◎
光物性	物体表面の劣化の影響	×	×	×	○(アスファルト)
光物性	付着物による影響	△	×	×	○(雨粒)
光物性	反射時の位相/偏波の変化	○	○	○	◎
光物性	回折	×	×	×	×
伝達	複数回反射、透過	△	△	△	◎
伝達	空間中での散乱(=減衰)、干渉	○	×	○	◎
伝達	ドップラ	○	○	○	◎
伝達	マイクロドップラ	○	○	○	◎
センサ	電波源(変調方式の再現)	△	○	○	◎
センサ	車両挙動による影響	○	△	△	○
センサ	温度特性による影響	○	×	○	×
センサ	センサの経年劣化の影響	×	×	×	×
センサ	付着物による影響	×	×	×	×
センサ	内部反射	×	×	×	×

◎:対応(実機検証あり)
○:対応(実機検証なし)
△:一部対応
×:非対応
※:調査中

① ② ③ ④

DIVP®の優位性が示せる項目

- ① 実機で検証するのはDIVP®のみ、②反射、散乱、透過すべてに対応
- ③付着物による影響、反射時の位相・偏波変化に対応、④透過に対応

【ベンチマーク結果①:センサモデル】 実機での一貫性検証はDIVP®のみの優位性、太陽光の放射輝度、天空光の放射輝度、物体表面での反射・散乱・透過、劣化の影響、付着物に対応

LiDARシミュレーションのベンチマーク結果

現象区分	現象	CarMaker 10.1	VRX 2021R2	PreScan 2021.2	DIVP®
光源	他車両光源 (干渉)	×	×	×	×
光源	その他光源 (ハロゲンランプ)	×	×	×	◎
光源	太陽光の放射輝度	×	×	×	◎
光源	天空光の放射輝度	×	×	×	◎
光物性	物体表面での反射、散乱、透過	△	△	○	◎
光物性	物体表面の劣化の影響	×	×	×	◎(アスファルト)
光物性	付着物による影響	△	×	×	◎(雨粒)
伝達	複数回反射透過	○	○	○	◎
伝達	ビーム広がり	○	○	○	◎
伝達	空間中での散乱 (= 減衰)	○	○	○	◎
センサ	自光源 (ビーム大きさ等)	×	○	○	◎
センサ	走査	×	○	○	◎
センサ	車両挙動による影響	○	△	△	○
センサ	温度特性による影響	×	×	×	×
センサ	センサの経年劣化の影響	×	×	×	×
センサ	付着物による影響	×	×	×	◎(雨粒)

◎:対応(実機検証あり)
○:対応(実機検証なし)
△:一部対応
×:非対応
※:調査中

① ② ③

DIVP®の優位性が示せる項目

- ① 実機で検証するのはDIVP®のみ
- ② 太陽光の放射輝度、天空光の放射輝度、物体表面での反射・散乱・透過、劣化の影響、付着物に対応
- ③ センサの付着物による影響

【ベンチマーク結果①: センサモデル纏め】

実験計測に基づく一致性検証でのモデル化はDIVP®のみ

1. センサモデル(センサ弱点の評価可能性、センサごとのSim性能)

	IPG CarMaker (10.1)	ANSYS VRX (2021R2)	Siemens PreScan (2021.2)	DIVP®	DIVP®の特徴
Camera	○	○	○	◎	① 実験計測に基づく一致性検証 ② センサ原理に基づく反射特性を再現 (CarMaker: 反射、透過に対応、Prescan: 反射のみに対応) ③ センサの付着物による影響に対応
Radar	○	△	○	◎	① 実験計測に基づく一致性検証 ② 反射、散乱、透過すべてに対応 ③ 付着物による影響、反射時の位相・偏波変化に対応 ④ 透過に対応
LiDAR	△	△	○	◎	① 実験計測に基づく一致性検証 ② 太陽光の放射輝度、天空光の放射輝度、物体表面での 反射・散乱・透過、劣化の影響、付着物に対応 ③ センサの付着物による影響に対応
Total	○	△	○	◎	-

【ベンチマーク結果②:シナリオジェネレータ纏め】

UIの扱い易さ、シナリオ作成効率に競合同様であることを確認

2. シナリオジェネレータ(UIの扱い易さ、シナリオジェネレータ機能)

	IPG CarMaker (10.1)	ANSYS VRX (2021R2)	Siemens PreScan (2021.2)	DIVP®
■ 画面構成 (各種設定の分かりやすさ、使い易さ)	△ 走行軌跡と走行速度の 設定が別ウィンドウ	○ 設定が一つのウィンドウに集約	○ 設定が一つのウィンドウに集約	○ 設定が一つのウィンドウに集約
■ シナリオ作成容易性 (NCAP歩行者飛出しシナリオの新規作成所要時間で評価)	○ 30分～1時間	× 1～2時間 Map作成作業が多い DSとAPにて座標軸が異なる	○ 30分～1時間	○ 30分～1時間
■ シナリオ再利用性 (設定/パラメータ等の部品化:外部ファイル保存等)	○ Map 車両設定 センサ個別パラメータ	○ Map センサ個別パラメータ	○ Map センサ個別パラメータ	○ Map 走行軌跡 車両設定
Total	△	△	○	○

【ベンチマーク結果③:データベース纏め】 アセット数について競合に劣後

3. データベース(走行環境DBの充実度、アセットの充実度)

Layer	アセット項目	IPG CarMaker (10.1)	ANSYS VRX (2021R2)	Siemens PreScan (2021.2)	DIVP®
1	■ Map	31	12	0	12
2	■ 道路標識	8か国	6か国	4か国	1か国
	(信号)	16	1	36	1
3	■ 静止物標 (建物など)	583(※1)	76	117	13
4	■ 移動物標 (車、歩行者など)	536(※2)	63	83	17
5	■ 天気	3 (晴れ、曇り、雨)	1 (晴れ)	2 (晴れ、雨)	3 (晴れ、曇り、雨)
Total		◎	○	○	△

※1：建物（大、中、小）や色違い、ポール/バス停/ゴミ袋/段ボール等小物

※2：車両メーカー複数（色違い含み）：400程度、歩行者（大人、子供、服）

【ベンチマーク結果④: 接続性纏め】一般シナリオ(ジオメトリ)との接続性に課題あるが、反射物性定義の接続性は優位性を確認。センシング弱点シナリオDBとの接続性を確立し、さらなる差別化を推進する。

4. 一般シナリオ(ジオメトリ, 交通流等)との接続性、反射物性定義データ/センサモデルとの接続性 

	IPG CarMaker (10.1)	ANASY VRX (2021R2)	Siemens Prescan (2021.2)	DIVP®		
				FY20	FY21	FY22
■ 一般シナリオとの接続 (ジオメトリ, 交通流等)	○	—	△	×	△	○
■ 物性データファイルとの接続	×	△	×	○	○	○
■ センシング弱点シナリオDBとの接続	×	×	×	—	△ DB構築着手	○
Total	△	△	△	×	△	○

【ベンチマーク結果⑤:国際標準化纏め】OpenXへの対応については、競合含め、徐々に対応を推進している状況。DIVP®は、SAKURAプロジェクトとの連携により対応を加速する。

5. 交際標準化(国際標準規格などへの対応)

	IPG CarMaker (10.1)	ANASYS VRX (2021R2)	Siemens Prescan (2021.2)	DIVP®		
				FY20	FY21	FY22
■ Open SCENARIO (論理シナリオ)	○	—	○	×	△	○
■ Open DRIVE (道路網)	○	○	○	○	○	○
■ Open CRG (路面勾配)	○	○	×	×	×	○
■ 3Dモデル	OBJ DAE KNZ	FBX OBJ DAE 3DS DXF	DAE IVE OSG OSGB OSGT	FBX	FBX	FBX
Total	○	○	△	×	△	○

【ベンチマーク結果⑥: 事業化纏め】MATLAB/Simulink、FMI/FMU対応等でユーザモデルとの接続性を強化。ユーザの認識、Fusionモデル開発でニーズのある真値(正解値)も今後強化検討。

6. 事業化(ユーザの各種ユースケースへの対応)

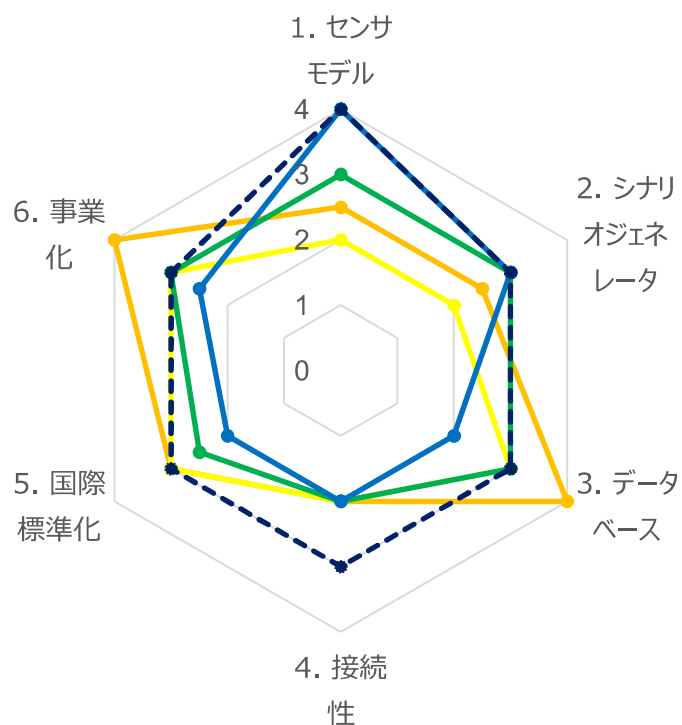
	IPG CarMaker (10.1)	ANASYS VRX (2021R2)	Siemens Prescan (2021.2)	DIVP®		
				FY20	FY21	FY22
■ 真値出力 (ジオメトリ)	○	—	△	×	△	○
■ FMI/FMU (ユーザモデル接続)	○	○	○	×	○	○
■ MATLAB/Simulink (ユーザ開発環境)	○ 2018aから 2020b	○	○ 2015bから 2019b	×	○	○
■ HILS	○	△	○	△	△	△
Total	◎	○	○	×	△	○

精緻なセンサモデルはDIVP®に優位性が確認された一方で、データベース、接続性、国際標準化、事業化については、欧州老舗ツールに劣後している部分あり、今後も一部対策を進めながら、リカバリしていく

ベンチマーク結果まとめ



● IPG ● ANSYS ● Siemens
● DIVP-FY21 - - DIVP-FY22



	現状	Next step
1. センサモデル	■ 実験計測に基づき、実環境との一致性が検証されている	■ センサ評価性能に立脚した安全性評価体系化を目指す
2. シナリオGen	■ UIの扱い易さ、シナリオ作成効率化は競合同様	■ 客先ニーズに基づく使い勝手向上を図る
3. データベース	■ アセット数、一般シナリオDBについて競合に劣後と想定	■ 真値Sim.接続で、ユーザシナリオDBの活用強化、アセット継続増強
4. 接続性	■ 一般シナリオ(ジオメトリ、交通流等)との接続性課題は、標準IFに準拠し対応済み	■ センシング弱点シナリオDBとの接続性を確立し、さらなる差別化を推進する
5. 国際標準化	■ 日独VIVIDが進展し、ASAM OpenX(シナリオ)/OSI(センサ)へDIVP®成果を反映中	■ DIVP®は、SAKURAプロジェクトとの連携により対応を加速する
6. 事業化	■ 後発のためユーザ利用実績が不足	■ ユーザの現在ニーズのある真値Sim.も強化(ツールチェーンの接続強化での拡張も)



研究成果概要

- 安全性評価基盤検討
- 客観的なDIVP®の競争力評価
- 今後のとりくみ
- 研究成果に基づく事業提供

仮想空間を用いた一般道評価に向けて必要なモデル化要素を整理し、順次開発を進めている

一般道評価シナリオへの拡張



シナリオ

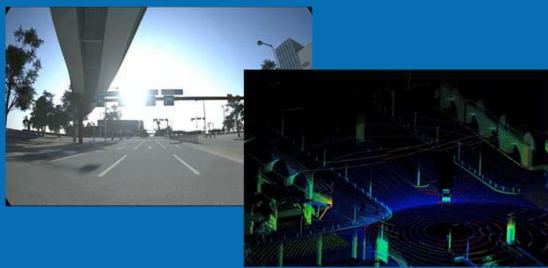
センサ評価

交差点

二輪車
すり抜け

:

お台場シナリオパッケージ



行動モデル



環境モデル

アセット

3D形状

反射特性

光源特性

歩行者の所持物



二輪車、特殊車両



信号機、標識



市街地マップ



お台場コミュニティパッケージとして実際のMapに基づいた評価シナリオを定義

DIVP®-シナリオパッケージ拡充のスケジュール

	FY2021			FY2022			
	4~6月	7~9月	10~12月	1~3月	4~6月	7~9月	10~12月
マイルストーン	OEM/センサーカモニタ評価			11月:臨海部実証実験(Step1/Step2) 11月:SIP-adus work shop	4月:事業スタート		
アセスメントパッケージ 安全性検証シナリオ (NCAP/ALKS等)	Euro NCAP ・対歩行者(直進時横断者あり, 車影, 昼/夜) CPFA/CPNA /CPNC /CPLA ・対クルマ(直進時他車両あり) CCR	Euro NCAP ・対歩行者(後退時横断者あり) CPRA ・対クルマ(レーン切替時他車両あり) LSS - Road Edge test/ Solid test/Oncoming vehicle 他	Euro NCAP ・対歩行者(右左折時横断者あり) CPTA ・対クルマ(右左折時対向車あり) CCFtap ・対自転車(直進時横断者あり, 車影) CBNA/CBFA	Euro NCAP ・対自転車(直進時同方向進行者あり) CBLA ・対バイク(直進時, 右左折時, レーン切替時) CMR/CMF/LSS - Oncoming vehicle他	SA合同推進TFで議論されるAD安全性評価基盤の方向性を考慮しながら、さらなるシナリオパッケージの構築検討を進める		
お台場コミュニティパッケージ センサ弱点シナリオを反映	カメラ 街路樹影による白線誤認識/信号機の配光再現/かすれ白線不認識 LiDAR 黒革歩行者の認識率/遮熱塗装の路面/太陽光&高反射物体の誤認識 ミリ波 路面フェージングによる信号強弱/路面クラッタ誤認識/同一距離・速度物体の分離	カメラ ・アドトラックの人物誤認識 ・低床車両の不認識 ・トンネル(一般光源対応) ミリ波 ・トンネルマルチパス ・上方構造物	カメラ ・雨粒+ワイパーによる歩行者見落とし ・鏡面反射、自転車映込み ミリ波 ・マイクロドップラ認識性能向上	カメラ ・水巻上げによる誤認識 ・モーションブラー ・信号機(フリッカ) LiDAR ・降雨疑点による誤認識 ・水たまりによるゴースト ・水巻上げによる誤認識 ミリ波 ・豪雨による認識率低下	カメラ ・雪(詳細未定) LiDAR ・雪の巻き上げ疑点による誤認識 ・凍った路面の未検出 ミリ波 ・エンブレムに氷付着で未検出		

反射特性、光源、白線に関するシナリオパッケージは使用可能 降雨、マルチパスゴーストの検証や降雪、モーションブラーなどパッケージ拡大を進行中

開発/計画済みの環境条件



開発済み

実験、モデル化中

逆光



かすれた白線、木陰の白線



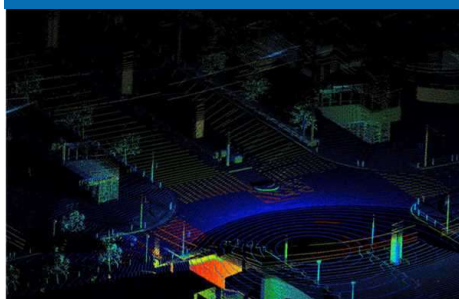
降雨(雨粒、空間減衰/散乱、疑点)



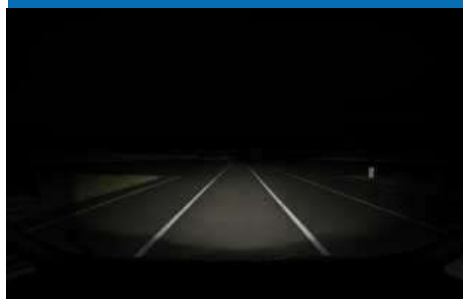
降雪(+積雪)



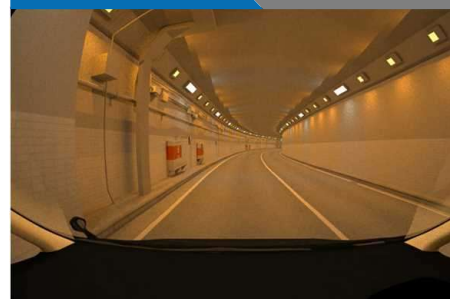
反射物性の変化(遮熱塗装、黒革)



夜間ヘッドライト



マルチパスゴースト(トンネル等)



モーションブラー、フリッカ



基本的なモデルとして乗用車、歩行者、交通標識関係のモデル化&検証が完了 二輪車、特殊車両、動物といった行動や形状が特殊なモデルへ拡張を進めている

開発/計画済みのアセット



開発済み

実験、モデル化中



多くの車両やマップで使用される基本的なマテリアルについてカメラ、LiDAR、ミリ波の反射特性モデルを作成完了、アスファルトの含水率や雪、氷といった環境条件に伴う反射特性変化をモデル化中

開発/計画済みのマテリアル



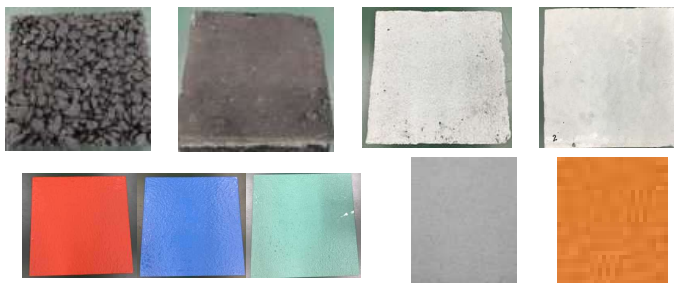
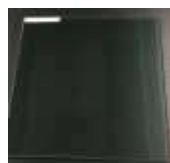
開発済み

モデル化中

車両塗料、ガラス

路面材料(アスファルト、コンクリート等)

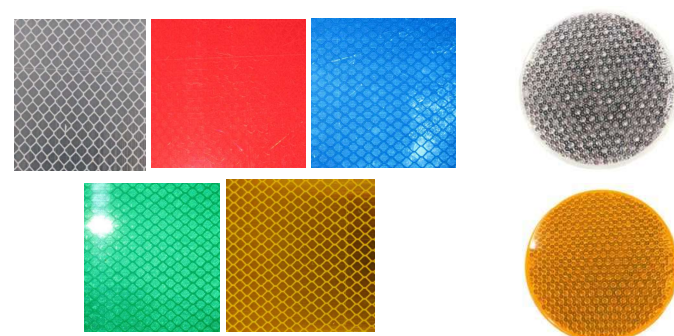
水分を含んだ路面



NCAPダミー類

道路標識、視線誘導標

雪、氷



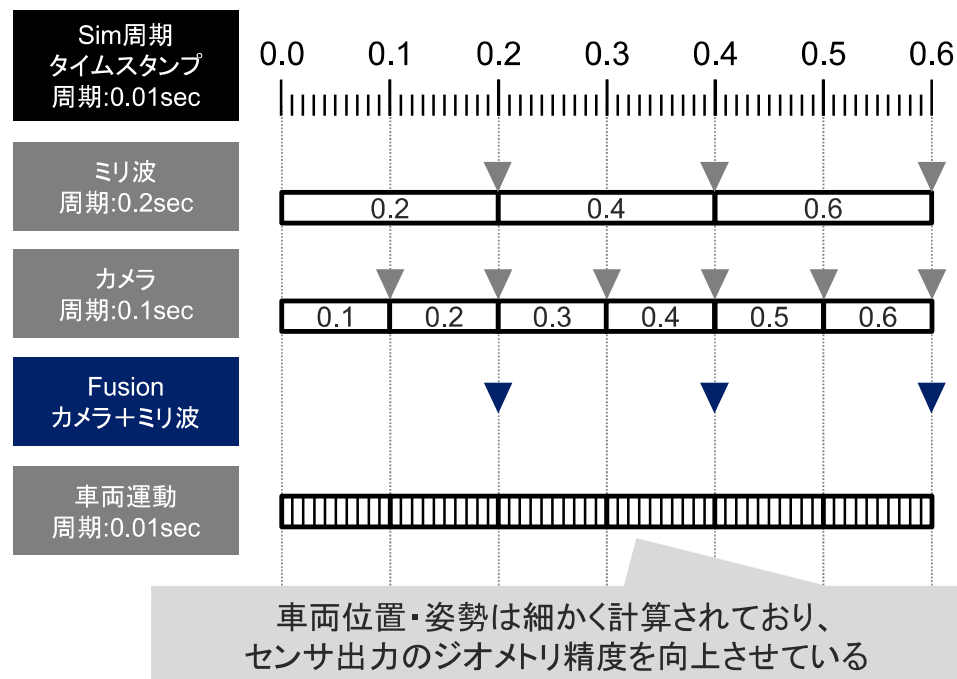
精緻な物理シミュレーションのため、カメラの計算速度に課題がある、
各センサ出力はシミュレーション時間に応じたタイムスタンプを持っており、時間同期が可能となっている

計算速度向上への取り組み(21年度の現状)

現状

センサ	主なスペック	計算速度 [実時間比]
 LiDAR	<ul style="list-style-type: none"> 方式 : 旋回式128レーン 測距点数 : 2,300,000点/秒 フレームレート: 10Hz 	x1 (リアルタイム)
 ミリ波	<ul style="list-style-type: none"> 検出範囲 : 水平±30度 フレームレート: 20Hz 	x2
 カメラ	<ul style="list-style-type: none"> 解像度 : 2896x1786 ビット深度 : 24bit RGGB フレームレート: 10Hz 	x30~

タイムスタンプ同期(動作イメージ)



各出力はタイムスタンプによる時間同期があり、Fusion以降を含めたClosedLoop検証が可能

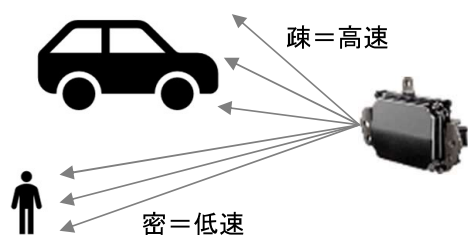
モデル改良による高速化と並列分散処理を併用し計算速度の向上を計画中、 22年度末にミリ波、カメラの2倍速を目指す

計算速度向上への取り組み(今後)

モデル改良

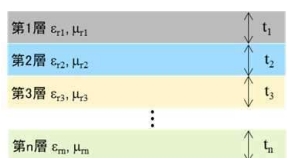
空間描画

■ FOVに対するレイ密度

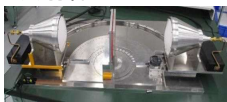


■ ターゲット特性による複合モデル活用

散乱体モデル

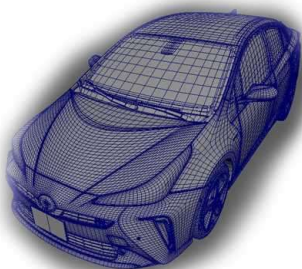


反射体モデル



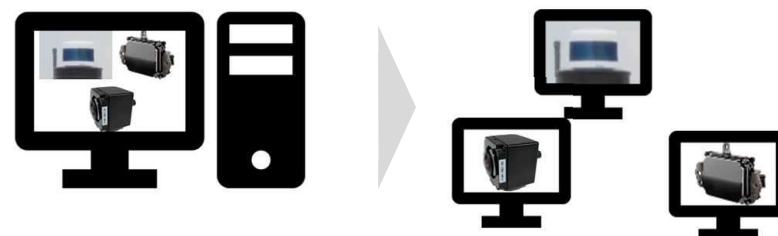
アセット

■ 要求精度に対するメッシュ分割



並列分散処理

■ センサ単位での並列分散処理



■ 処理単位での並列分散処理



研究成果概要

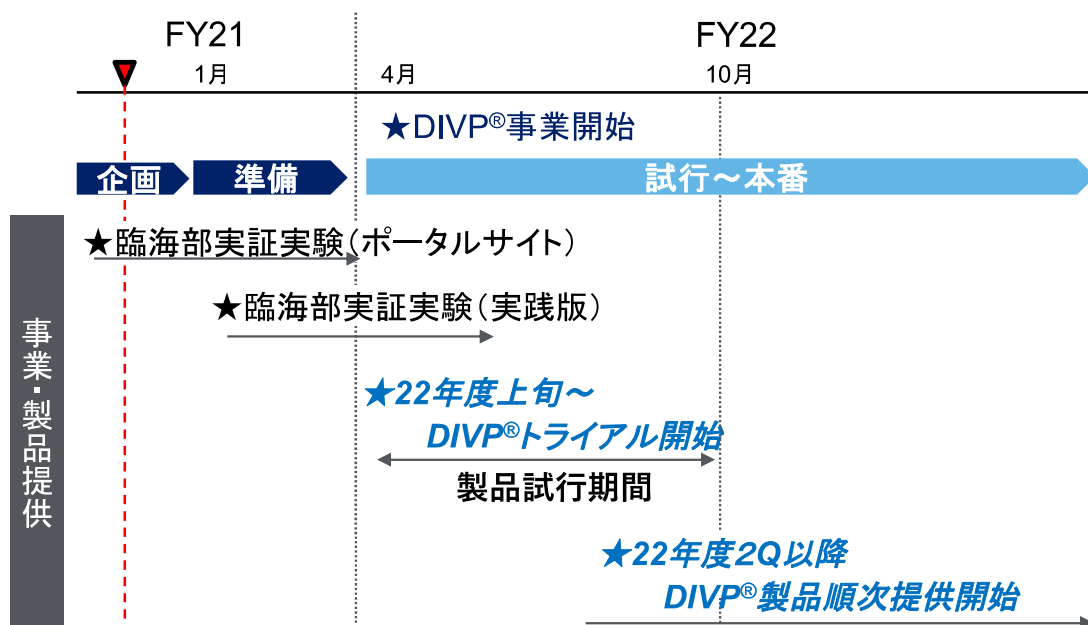
- 安全性評価基盤検討
- 客観的なDIVP[®]の競争力評価
- 今後のとりくみ
- 研究成果に基づく事業提供

22年度上半にトライアル版、22年度2Q以降に製品版の提供に向けて事業計画中

【検討中】DIVP®提供スケジュール

Nihon Unisys, Ltd

提供スケジュール



パッケージ案

製品パッケージ	内容
■ 基本セット	<ul style="list-style-type: none"> ■ シナリオツール(SDMジェネレータ) ■ シミュレータ本体 ■ カメラ、LiDAR、ミリ波に対し <ul style="list-style-type: none"> ➢ 空間描画モデル ➢ リファレンスセンサモデル
■ センサOpt	■ センサモデル
■ アセットOpt (シナリオpkg)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 追加ターゲット (追加車種、障害物等) ■ 追加マップ (例:C1、お台場、有明)

・臨海部実証の内容、成果につきましては、「別項目参照」ください

DIVP[®]ツールチェーンを用いることにより、 AD/ADASシステム評価におけるセンサ弱点の再現&シナリオ作成～結果解析・評価までを効率化

DIVP[®]提供イメージ:トータルツールチェーン(概念設計)

凡例 DIVP[®]標準モデル ユーザモデル リファレンス提供



導入効果

- AD/ADAS制御のロバスト性評価、AI(認識学習)開発・評価サイクルの効率化、FOTシナリオ活用
- シナリオ作成～結果解析・評価までのスピードUP、プロセス自動化



SDM-Generatorは空間描画のためのシナリオ・環境モデルを作成する。具体的には車両開発・設計における認証・NCAP等の外部評価の予測に活用可能であり約23%削減を可能に

構想(概念設計): SDM-Generator

製品概要	区分	■ SDM-Generator (SDMG)
	機能	<ul style="list-style-type: none"> ■ シミュレーションに活用するシナリオ・環境モデルの作成 ■ 客先保有のシナリオデータの変換
製品特徴	I/O	<ul style="list-style-type: none"> ■ ASAMの標準化に対応 <ul style="list-style-type: none"> ・ 道路走行環境であるASAM OpenDRIVE®のサポート ・ シナリオ環境であるASAM OpenSCENARIO®のサポート ■ 一般的なアセットデータフォーマットのFBXをサポート ■ 計測データのインポート対応
	利点	■ 客先保有のアセット、シナリオデータをDIVP® Simulationで扱えるフォーマットへ変換可能
	競合	<ul style="list-style-type: none"> ■ dSPACE ■ MathWorks ■ ARC 等

■ 導入効果
認証・NCAP等の外部評価の予測：
NCAP等のシナリオをSDMGで効率的に活用できることにより、**約23%の作業短縮**を実現

■ 導入事例
下図に導入例を示す

■ NCAPシナリオ作成例

シミュレーション PF (Cloud版) はSDM-Gによって定義されたシナリオの空間描画、及び評価を実施する

構想 (概念設計) : シミュレーション PF (Cloud版)

Nihon Unisys, Ltd

概要	区分	■ シミュレーション PF (Cloud)
	機能	■ SDM-Gによってユーザに定義された、シナリオの空間描画、及び評価の実行
	I/O	<ul style="list-style-type: none"> ■ Input <ul style="list-style-type: none"> ログイン (認証/認可) シナリオ (取得/登録/更新) 3Dモデル (取得/登録/更新) センサーモデル (取得/登録/更新) ■ Output <ul style="list-style-type: none"> 指定シナリオの各センサー出力結果
特徴	利点	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一致性の高い空間描画 ■ 大量なシミュレーションの並列実施への対応 ■ クラウドツールのメリットを享受可能 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 環境構築・運用 (利用、保守) コストの最適化 ➢ 社内・外とのデータ共有容易性
	競合	<ul style="list-style-type: none"> ■ Applied Intuition ■ ANSYS 等

活用例 (導入効果)

- 導入効果
 - ・ 一致性の高い空間描画により、**実機相当レベルのテスト**が可能
⇒ 実機テストの削減、課題の早期発見による全体工数削減
⇒ 再現が難しい、危険なパターンの確認によるロバスト性強化
 - ・ 大量シミュレーション並列実行によるテスト時間の短縮
⇒ ロバスト性テストの時間短縮、大量テストによる課題の早期発見
 - ・ 社内、外とのデータ共有に伴い、課題共有の容易化が可能
- 導入事例
 - ① センサ (知覚、認識) 開発の大量テスト実施フェーズ
 - ② 制御、車両モデル開発の大量テスト実施フェーズ

テスト実施構成イメージ

① ② 検討・評価 ※知覚、認識、制御、車両モデルは自社モデルをクラウドにUp

開発工程利用イメージ

シミュレーション PF (Simulink版) はSDM-Gによって定義されたシナリオの空間描画、及び評価を実施する

構想(概念設計):シミュレーション PF (Simulink版)

Nihon Unisys, Ltd

概要	区分	■ シミュレーション PF (Simulink)
	機能	■ DIVP®シナリオの読み込み ■ シナリオの空間描画、及び評価の実行
特徴	I/O	<ul style="list-style-type: none"> ■ Input <ul style="list-style-type: none"> シナリオ (SDMG経由、Automated Driving Toolbox経由) 配光特性、反射特性 ■ Output <ul style="list-style-type: none"> 指定シナリオの空間描画結果
	利点	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一貫性の高い空間描画 ■ Simulink対応による、各社開発環境への高い順応性 (自社のMBD環境へ追加するのみで使用可能) ※Simulink環境やMBD要員が確保された環境を前提
	競合	<ul style="list-style-type: none"> ■ CarMaker ■ CarSim 等

活用例 (導入効果)

- 導入効果
 - ・ 一貫性の高い空間描画により、**実機相当レベルのテスト**が可能
⇒実機テストの削減、課題の早期発見による全体工数削減
⇒再現が難しい、危険なパターンの確認によるロバスト性強化
 - ・ 自社開発環境の利用で、**現状資産の有効活用**が可能
⇒テストを多く実施する場合は、クラウド併用で更なる効率化
- 導入事例
 - ① センサ(知覚、認識)MBD開発時の検討・評価
 - ② 制御、車両モデルMBD開発時の検討・評価

※自社開発環境 (MATLAB/Simulink)

テスト実施構成イメージ

① ② 検討・評価 ※知覚、認識、制御、車両モデルは自社モデルをクラウドにUp

開発工程利用イメージ

パラメータ探索ツールは、センサ弱点が発生する環境パラメータの自動探査を可能とするツール、センサシステム起因のODD検討に活用可能

構想(概念設計):パラメータ探索ツール

概要	区分	<ul style="list-style-type: none"> ■ パラメータ探索ツール
	機能	<ul style="list-style-type: none"> ■ 評価関数と最適化アルゴリズムより、センサ弱点が発生する環境パラメータを探索 ■ 条件に応じたシナリオ作成からシミュレーション実行を自動実行
	I/O	<ul style="list-style-type: none"> ■ Input(ユーザによる条件設定) <ul style="list-style-type: none"> • 探索パラメータ ・評価関数 ※センサ弱点推測エンジンを活用することで条件設定を容易化可能 ■ Output <ul style="list-style-type: none"> • センサ弱点パラメータ探索結果
特徴	利点	<ul style="list-style-type: none"> ■ DIVP®シミュレーション環境におけるパラメータ自動探索 ※アルゴリズムの種類の拡大は今後の改善点
	競合他社	<ul style="list-style-type: none"> ■ ModeFrontier ■ Heeds ■ Matlab/Simulink 等

活用例
(導入効果)

事例)センサ・システム検討や評価の場面で

■ Before : ユーザが手動で探索

センサー弱点(認識不良)となる条件を手当たり次第に探索
・時刻、日照、天候(雨、霧)、路面状況、対象物、more...

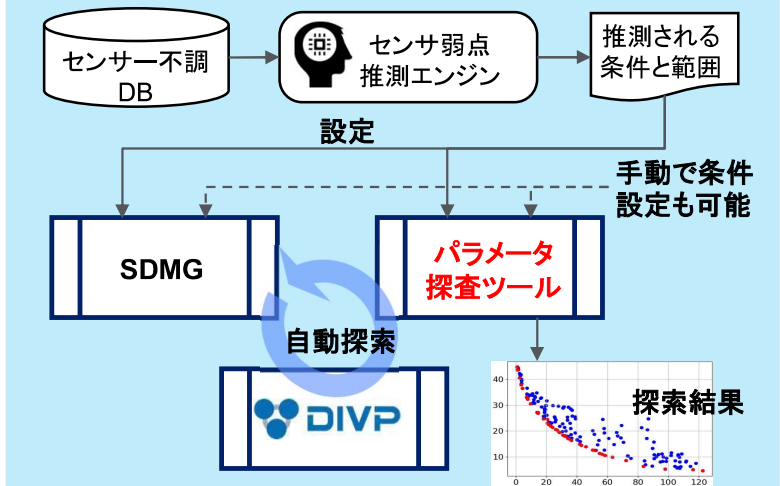


自動探索

人によるパラメータ探索の
6~9割低減



■ After : ツールが自動で探索



DIVP®データ解析ツールはシミュレーション結果の解析ツール、シミュレーション結果ファイルを読み込み、各種時系列データとセンサ画像を連携させた解析が可能

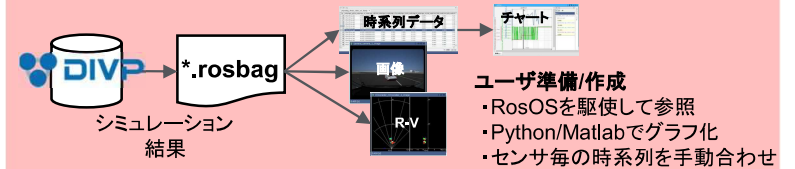
構想(概念設計): データ解析ツール

概要	区分	<ul style="list-style-type: none"> ■ データ解析ツール
	機能	<ul style="list-style-type: none"> ■ DIVP®シミュレーション結果(rosbag)読み込み ■ シミュレーション時系列データ、画像データの連携表示 ■ 演算、フィルタ、時系列データの特長抽出と定量化、他
	I/O	<ul style="list-style-type: none"> ■ Input(ユーザによる条件設定) <ul style="list-style-type: none"> • DIVP®シミュレーション結果ファイル(*.rosbag) ■ Output <ul style="list-style-type: none"> • 解析結果
特徴	利点	<ul style="list-style-type: none"> ■ DIVP®シミュレーション結果ファイル内の <u>車両、環境、センサー、他データを一括で読み込み、処理できる</u>解析ツール ■ 解析に必要なデータ、画像のみ選択して読み込み可能(解析データ容量の低減)
	競合他社	<ul style="list-style-type: none"> ■ Excel、DIAdem、Uniplot 他 ■ Matlab、Python 等

活用例
(導入効果)

事例)センサ・システム検討や評価の場面で

■ Before : ユーザ自身がデータ毎の確認ツールを準備あるいは作成してデータ読み込み、解析



一発読み込み

解析工数全体で2~3割低減
(読み込みは8~9割低減)

■ After : DIVP®(*.rosbag)に合わせた一発データ読み込み、データ連携表示(解析)

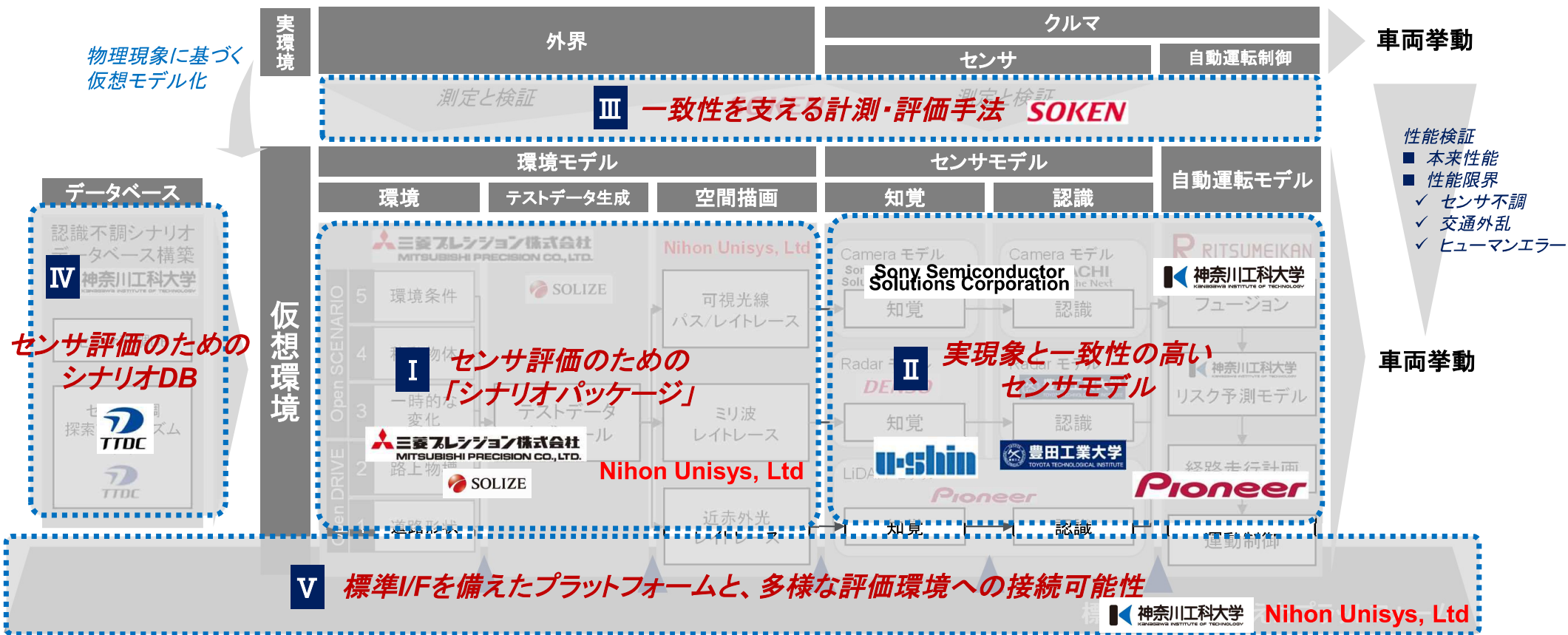
DIVP®データ解析ツール



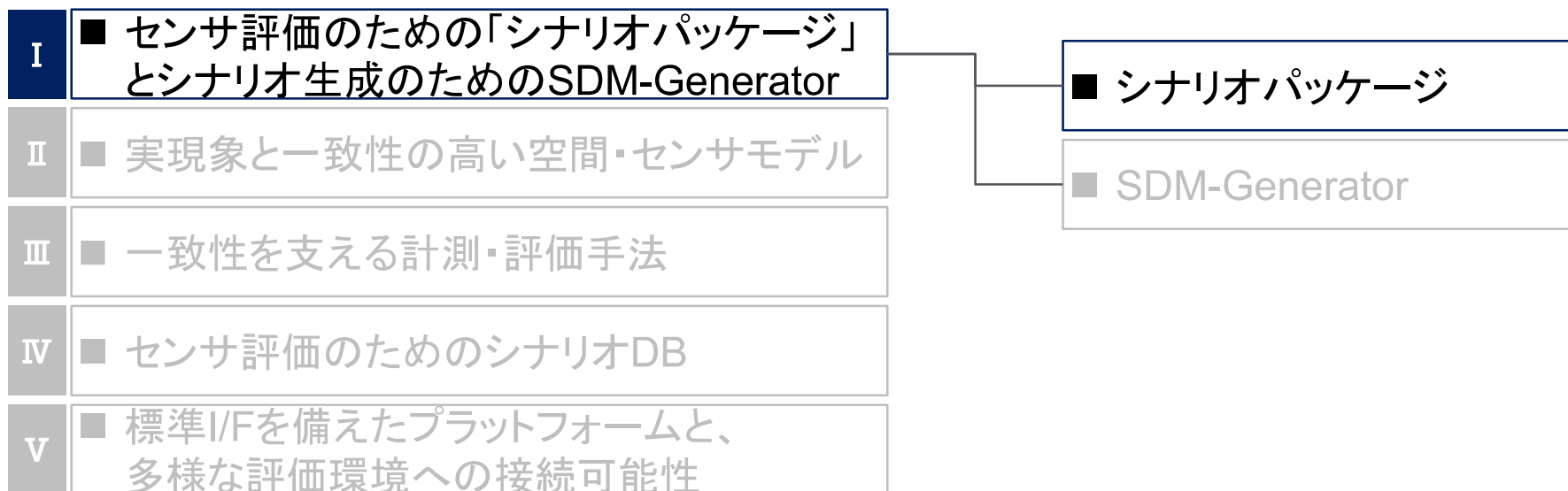
演算、フィルタや特徴抽出、定量化など、解析条件を保存し、ユーザ間での条件共有、同一条件で繰り返し解析が可能

研究成果

DIVP® 設計



研究成果

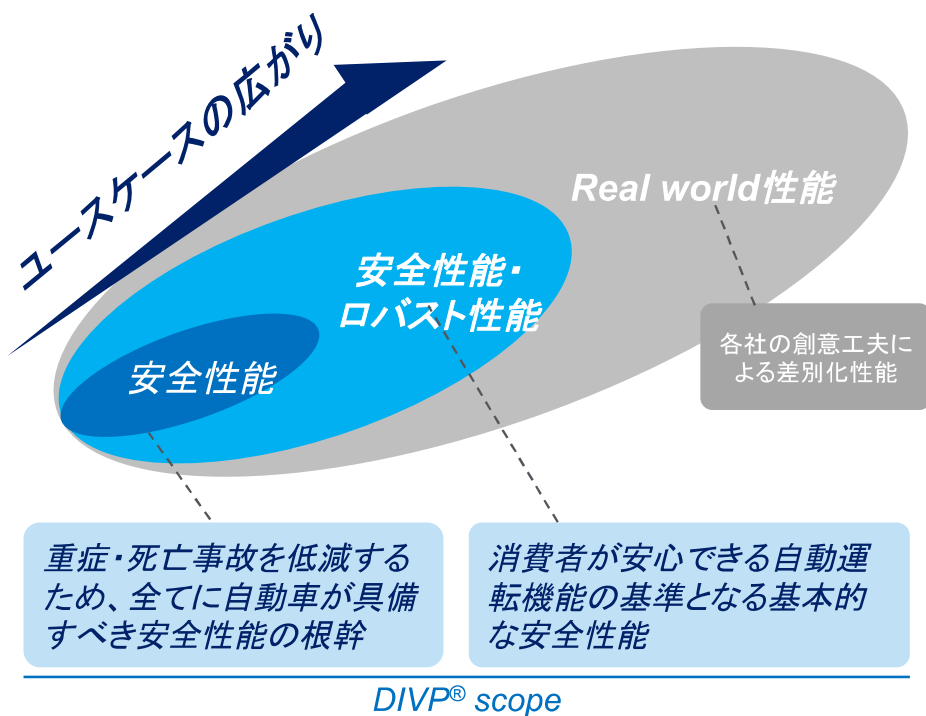


FY2020では一致性検証に基づくシミュレーション精度の向上と併せて、 Virtual-PG(Proving ground)の整備を進め、NCAPの一部プロトコルのシミュレーションを再現する

Virtual-PG拡充の方針

ユースケースの広がりロードマップ

- 産業界のプレーヤ全員が共通して取り組む“安全”に関わる評価でプラットフォーム有効性の認知を広める



2つのPillarでVirtual-PG化を進める

アセスメントパッケージ

1

事故低減のための安全性検証

- 事故データに基づき試験プロトコルを再現、安全性評価シミュレーションを可能に
 - 事故分析(特に死傷者、一般道)に基づく生成
 - 高速道路(自動運転)走行状態データに基づく生成

事故データに基づき生成されるEur-NCAPプロコルの調査から優先順位を決定

お台場コミュニティパッケージ

2

安全性能・ロバスト性検証



- センサの不得意な入力条件を再現、Real worldにおけるロバスト性シミュレーションを可能に
 - 各センサ検出原理と使用電磁波帯域による不得意環境

DIVP®コンソーシアム参加のサプライヤ、及びOEMコミュニケーション内容から優先順位を決定

アセスメントパッケージとして、NCAPなどAD/ADAS安全性検証のプロトコル再現 お台場コミュニティパッケージとして、実際のMapに基づいた評価シナリオを定義している

DIVP®-シナリオパッケージ

▼ 4月:DIVP®事業スタート

	FY2021				FY2022		
	4~6月	7~9月	10~12月	1~3月	4~6月	7~9月	10~12月
アセスメントパッケージ 安全性検証シナリオ (NCAP/ALKS等)	Euro NCAP 				ALKS 		
お台場コミュニティパッケージ ロバスト性評価シナリオ	センサ弱点シナリオ 						

FY2021末アセスメントパッケージ24/32件、お台場コミュニティパッケージ13/25件をモデル化完了 ユーザニーズ、国際連携を踏まえ随時更新していく

シナリオパッケージの構築

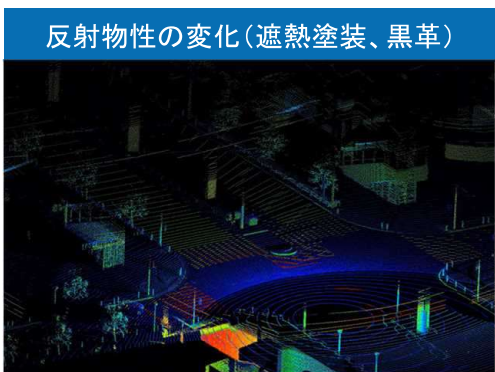
	FY2021			FY2022			
	4~6月	7~9月	10~12月	1~3月	4~6月	7~9月	10~12月
マイルストーン	OEM/センサーメーカーモニタ評価			11月:臨海部実証実験(Step1/Step2) 11月:SIP-adus work shop	4月:事業スタート		
アセスメント パッケージ 安全性検証シナリオ (NCAP/ALKS等)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Euro NCAP <ul style="list-style-type: none"> 対歩行者(直進時横断者あり,車影,昼/夜) CPFA/CPNA /CPNC /CPLA 対クルマ(直進時他車両あり) CCR 		<ul style="list-style-type: none"> ■ Euro NCAP <ul style="list-style-type: none"> 対歩行者(後退時横断者あり) CPRA 対クルマ(レーン切替時他車両あり) LSS - Road Edge test/Solid test/ Oncoming vehicle 他 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Euro NCAP <ul style="list-style-type: none"> 対歩行者(右左折時横断者あり)CPTA 対クルマ(右左折時対向車あり)CCFtap 対自転車(直進時横断者あり,車影) CBNA/CBFA 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Euro NCAP <ul style="list-style-type: none"> 対自転車(直進時同方向進行者あり) CBLA 対バイク(直進時,右左折時,レーン切替時)CMR/CMF/LSS - Oncoming vehicle他 	<div style="border: 1px dashed blue; padding: 5px;"> FY2023以降もさらなるシナリオパッケージの構築検討を進める </div>	
お台場 コミュニティ パッケージ センサ弱点シナリオを反映	<ul style="list-style-type: none"> ■ カメラ <ul style="list-style-type: none"> 街路樹影による白線誤認識/信号機の配光再現/かすれ白線不認識 ■ LiDAR <ul style="list-style-type: none"> 黒革歩行者の認識率/遮熱塗装の/太陽光&高反射物体の誤認識 ■ ミリ波 <ul style="list-style-type: none"> 路面フェージングによる信号強弱/路面クラッタ誤認識/同一距離・速度物体の分離 		<ul style="list-style-type: none"> ■ カメラ <ul style="list-style-type: none"> アドトラックの人物誤認識 低床車両の不認識 トンネル(一般光源対応) ■ ミリ波 <ul style="list-style-type: none"> トンネルマルチパス 上方構造物 	<ul style="list-style-type: none"> ■ カメラ <ul style="list-style-type: none"> 雨粒+ワイパーによる歩行者見落とし 鏡面反射、自車映込み ■ ミリ波 <ul style="list-style-type: none"> マイクロドップラ認識性能向上 	<ul style="list-style-type: none"> ■ カメラ <ul style="list-style-type: none"> 水巻き誤認識 モーションブラー 信号機(フリッカ) ■ LiDAR <ul style="list-style-type: none"> 降雨疑点誤認識 水たまりゴースト 水巻き誤認識 ■ ミリ波 <ul style="list-style-type: none"> 豪雨認識率低下 	<ul style="list-style-type: none"> ■ カメラ <ul style="list-style-type: none"> 雪(詳細未定) ■ LiDAR <ul style="list-style-type: none"> 雪の巻き上げ疑点による誤認識 凍った路面の未検出 ■ ミリ波 <ul style="list-style-type: none"> エンブレムに氷付着で未検出 	

現在は反射特性、光源、白線に関するシナリオパッケージが構築完了
降雨、マルチパスゴーストの検証や降雪、モーションブラーなどパッケージ拡大を進行中

開発/計画済みの環境条件

開発済み

実験、モデル化中



基本的なモデルとして乗用車、歩行者、交通標識関係のモデル化&検証が完了
二輪車、特殊車両、動物といった行動や形状が特殊なモデルへ拡張を進めている

開発/計画済みのアセット

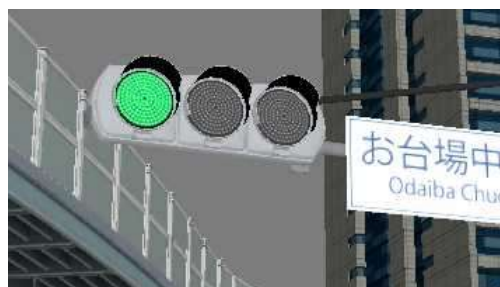
開発済み

実験、モデル化中

乗用車(11車種)



信号機



歩行者と所持物



二輪車、特殊車両



NCAPダミー類



交通標識、工事器具



大型車両(牽引含む)



動物

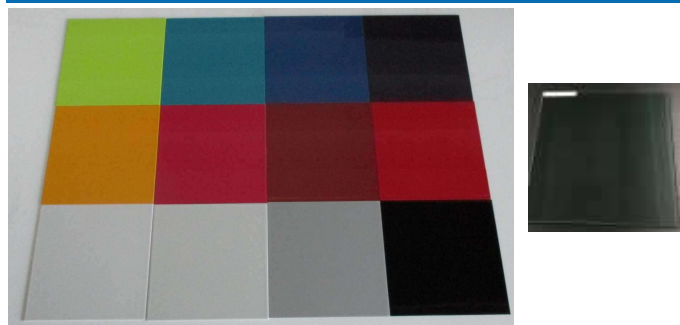


多くの車両やマップで使用される基本的なマテリアルについてカメラ、LiDAR、ミリ波の反射特性モデルを作成完了 アスファルトの含水率や雪、氷といった環境条件に伴う反射特性変化をモデル化中

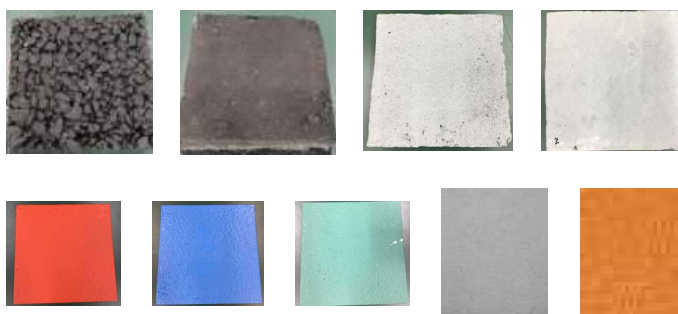
開発/計画済みのマテリアル

開発済み

車両塗料、ガラス



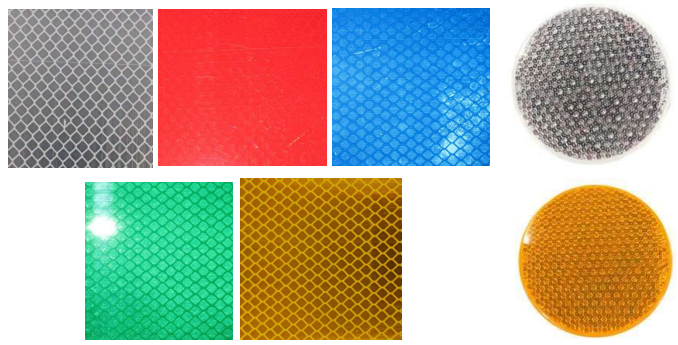
路面材料(アスファルト、コンクリート等)



NCAPタミー類



道路標識、視線誘導標



モデル化中

水分を含んだ路面



雪、氷



実際の交通環境におけるセンサ不調評価のためのお台場Virtual Community Groundを構築へ

開発のVirtual PG/CG

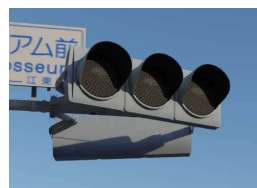


FY2021では、有明地区をVirtual Community Groundとして構築、さらなる実証実験に活用

FY2021に開発したVirtual Community Ground



Community Ground (お台場、首都高C1)



自動車用信号機



歩行者用信号機



押しボタン



バス停



歩道橋



実測を元に、高精度の地図アセットを構築

シミュレーションに必要なマップ精度で計測を実施

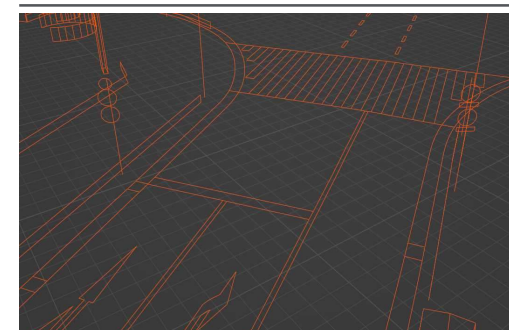
	項目	DIVP® 要求		既存のSIP計測データ
3D点群データ	反射強度情報	○	>	○
	色情報	○		○
	解像度	水平1cm		水平6cm
カメラ画像	解像度	2400x2000x3@24bits	>	2400x2000x3@24bits
	搭載数	3-cameras		3-cameras
	搭載情報	含む		なし

三菱プレジジョン株式会社
MITSUBISHI PRECISION CO., LTD.

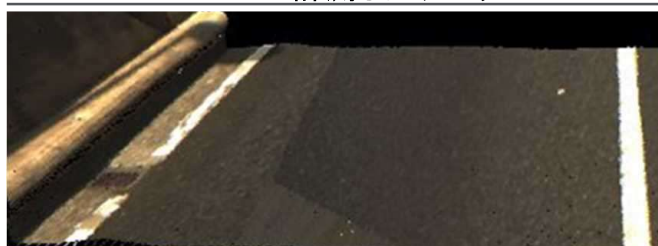
計測データ



ベクトルデータ



DIVP®で計測したデータ



既存のSIP計測データ



一般交通環境では、駐車車両など点群データの欠損や計測不良などが多く、マップの作成が困難
ベクトルデータを計測データから作成することで、点群データの欠損や計測不良などを一部補完して作成することで作成効率化を図った

普通自動車アセットを開発し、実際の交通環境の再現へ

開発済みアセット

三菱プレジジョン株式会社
MITSUBISHI PRECISION CO., LTD.

普通自動車

作成済み:13台 FY22完了時:56台



大型車両、2輪車や歩行者アセットを準備し、センサ不調事象の再現に貢献

開発済みアセット



大型車両

作成済み:4台 FY22完了時:11台



低車高による誤認識に活用



ミリ波のマイクロドップラ認識性能向上に活用



鏡面反射素材による誤認識に活用

2輪車、歩行者

作成済み:4台 FY22完了時:33台



- 多様なモーションをサポート
- ・歩行
 - ・走行
 - ・立ち止まり[右振り向き確認]
 - ・立ち止まり[左振り向き確認]
 - ・スマホ見ながら歩行

路側物や障害物アセットを活用した誤検知・未検知のセンサ認識評価や実際の交通環境の構築に貢献

開発済みアセット



路側物・障害物

作成済み:6台 FY22完了時:31台



低反射物標における誤認識に活用



路面クラッタ誤認識に活用

今後のアセット拡充予定について

準備を進めているアセットの一例[※画像は開発中のものです]



自動車					バイク	原動機付自転車	自転車	歩行者	
大型/中型自動車	大型/小型特殊自動車	特殊車両			大型/普通自動二輪車	第一/二種原動機付自転車	自転車	歩行者	
バス	タンクローリー	ロードローラー	除雪車	消防車	大型オートバイ	スクーター	子供用自転車	大人	傘
トラック	6tトラック	ブルドーザー	軍用車両	パトロールカー	サイドカー	バイク	大人用自転車	子供	靴
セミトレーラ	トラック搭載型クレーン	農作業用トラクター	路面電車	ゴミ収集車	ビッグスクーター	特定二輪車(三輪車)	子供載せ自転車	老人	レインコート
カーキャリア	低床トレーラ	フォークリフト	セグウェイ	公道走行用カート		電動キックボード	ロードバイク	車いす	黒ランドセル
マイクロバス	アドトラック	ショベルローダー	救急車	ミキサー車				ペット連れ	ベビーカー
		ダンプカー							
工事設備				道路障害物			その他		
看板	道路保安用品	照明	交通誘導	駐車車両	落下物	その他	大型動物	小型動物	飛来物
工事看板	セイフティコーン	保安灯	誘導員	小型車	段ボール	横臥者	猪	猫	鳥
トラ柵	クッションドラム	回転灯	誘導ロボット	大型車	板	動物死骸	鹿	狸	サッカーボール
車両出入口看板	バリケード	作業灯	誘導ディスプレイ	トラック	脚立	マンホール	大型犬	小型犬	ドローン
	ロードポール		矢印板	事故車/故障車	電柱	発煙灯			ビニール袋
	キャッツアイ		三角表示板		倒木				アルミ袋
	カーブミラー				タイヤ				
					ペール缶				
					H鋼				

Source : MITSUBISHI PRECISION CO.,LTD.



高精細なポリゴンで内部構造まで再現、 物体表面を透過し内部構造物の反射の再現が重要となるミリ波レーダの評価を可能

精度保証可能なモデル作成のためレーザ測定を使用

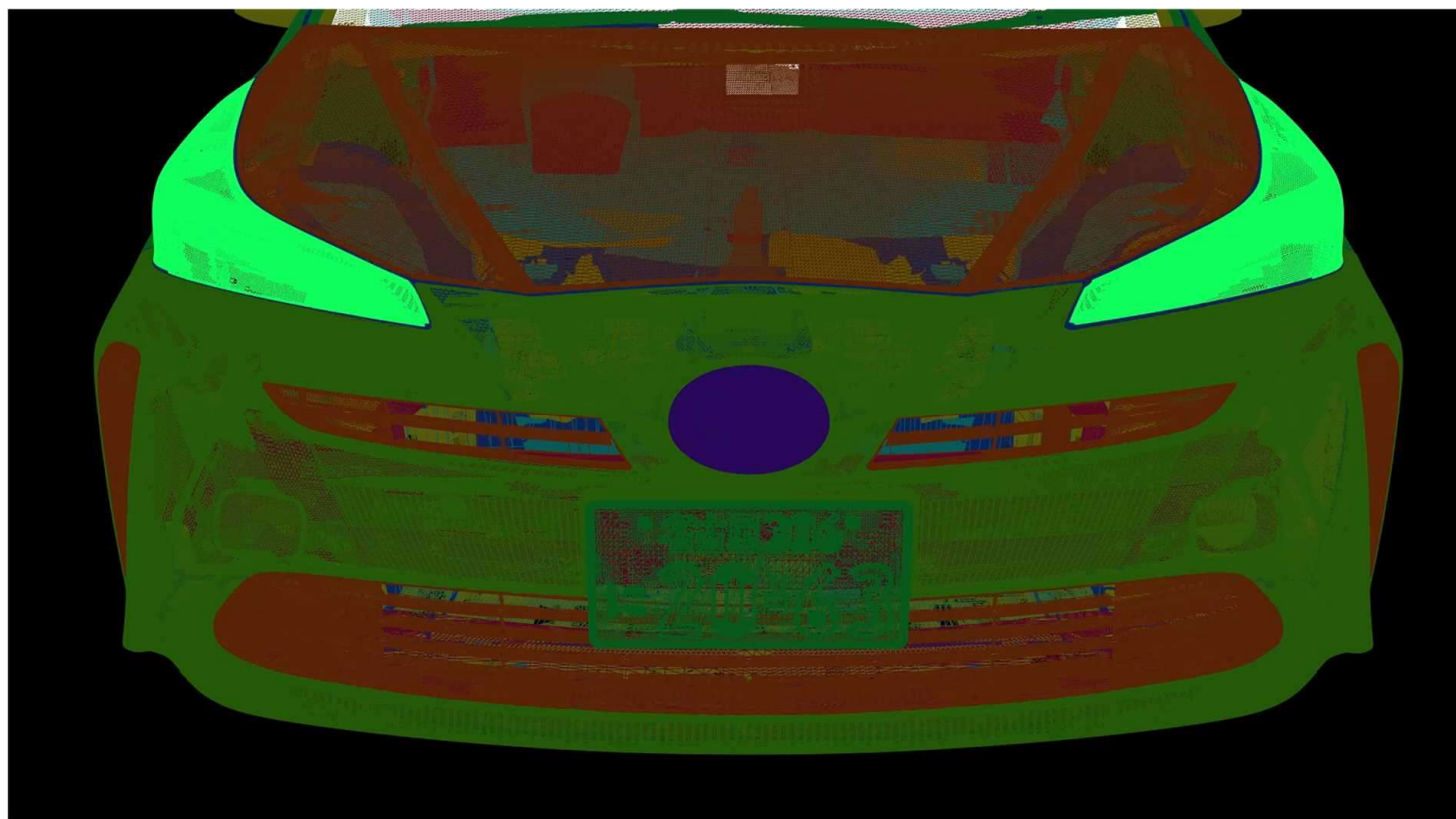


レーザー測定



実計測に基づく
高精度なモデル化

ポリゴンモデル化

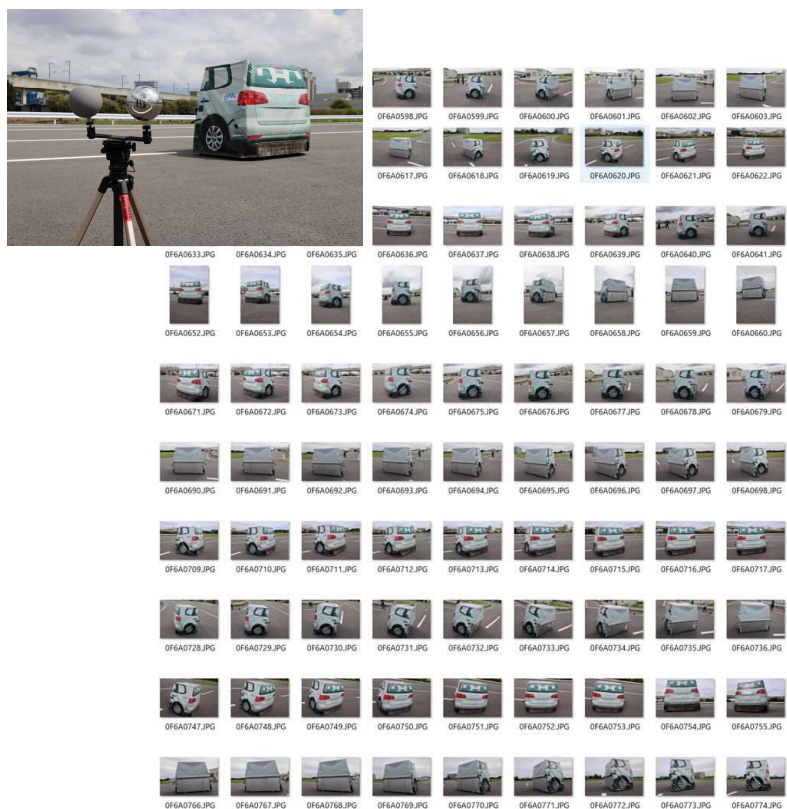


光学映像撮影装置を用いて物標をさまざまな角度から撮影し、そのデータを解析、統合しモデル化を実施、形状が不定な物標やレーザ測定が困難な大型物標のモデル作成にフォトグラメトリ技術を活用

大型物標のモデル作成

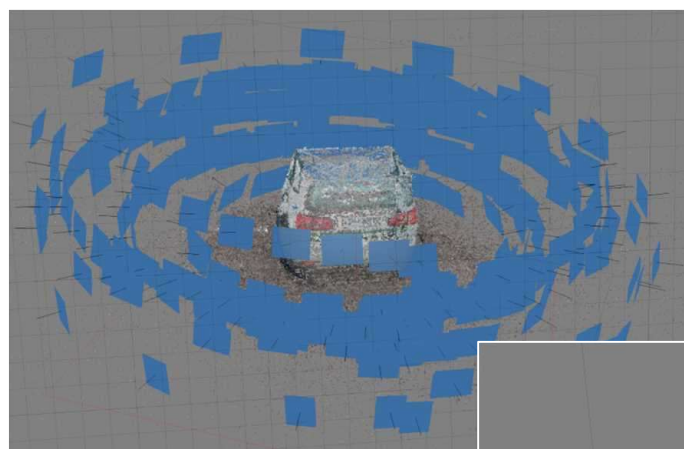


複数点から撮影



光学映像撮影装置計測に基づくモデル化

フォトグラメトリ技術によるモデル化

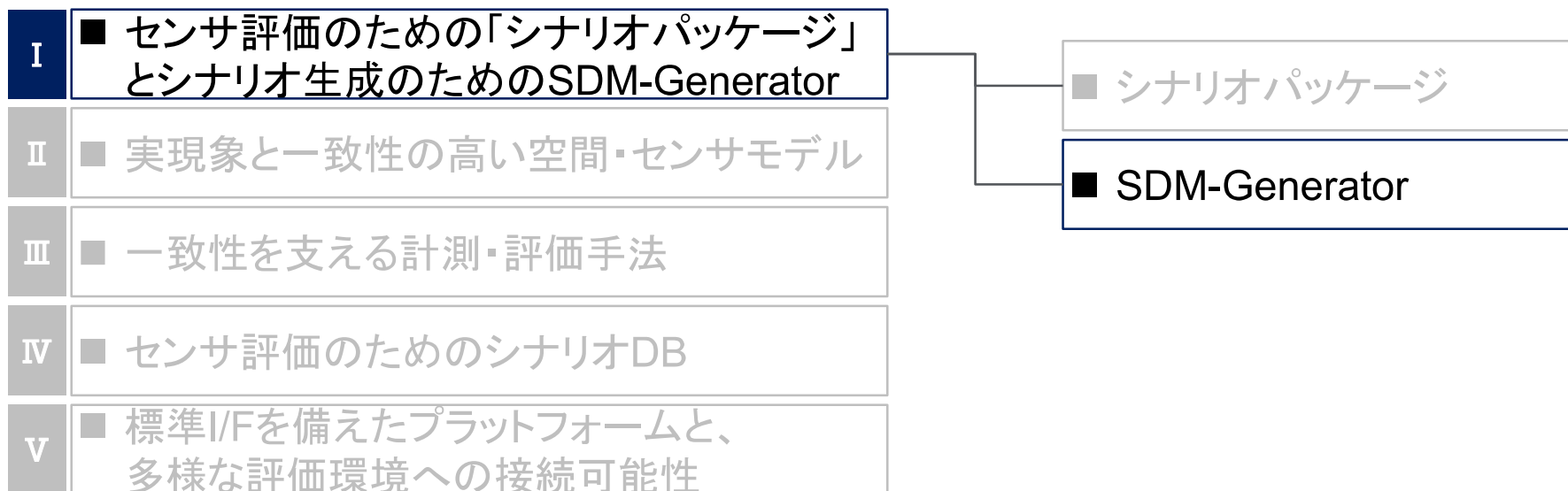


組み立て毎に形状変形する
バルーンカーやNCAP人形などの
モデル化に有効

大型車などレーザ測定が難しい
物標なども活用可能



研究成果



走行環境のデータベースを用いて、仮想空間上に安全性評価を行うためのテスト環境を生成する Space Design Model Generator (SDM Generator)の開発



開発目的と他社比較

■ 開発目的

センサ等の知覚・認識を評価するために物性情報を加味したシナリオの構築
車両の位置を評価するために真値情報の出力もサポート

■ 他社比較

UIの扱い易さ、シナリオ作成効率に競合同様であることを確認

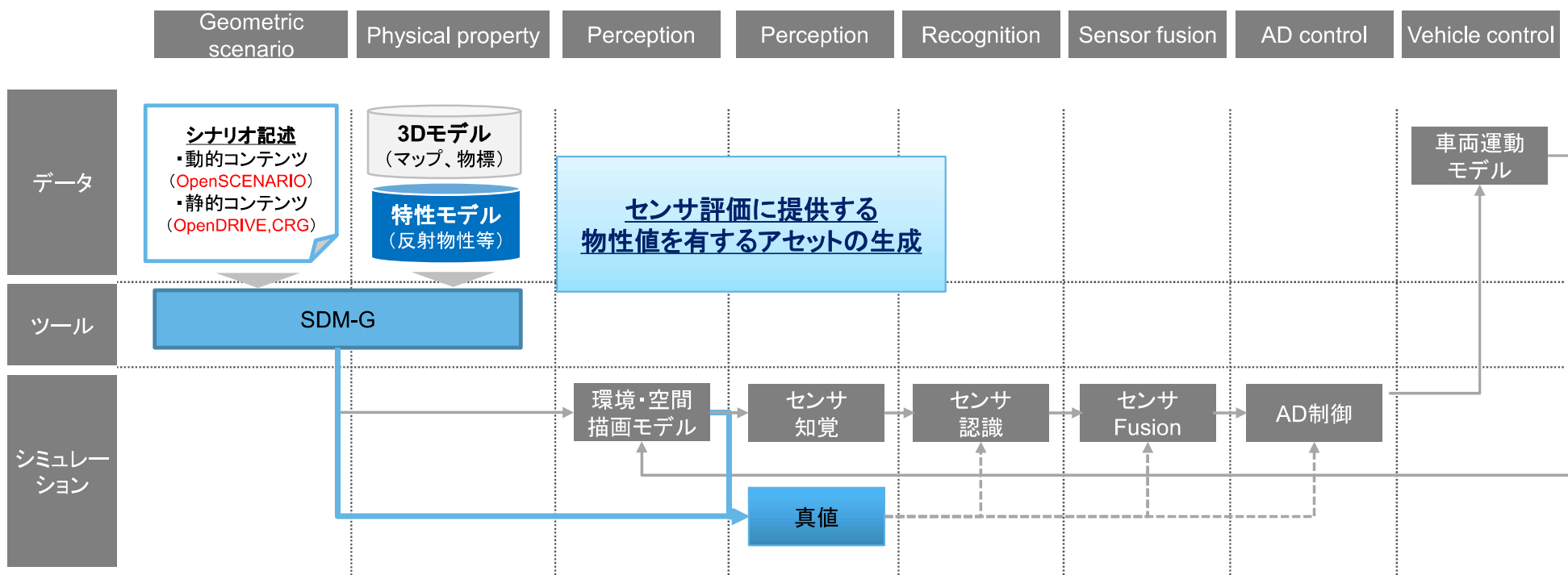
	IPG CarMaker (10.1)	ANSYS VRX (2021R2)	Siemens PreScan (2021.2)	DIVP®
■ 画面構成 (各種設定の分かりやすさ、 使い易さ)	△ 走行軌跡と走行速度の 設定が別ウィンドウ	○ 設定が一つのウィンドウに集約	○ 設定が一つのウィンドウに集約	○ 設定が一つのウィンドウに集約
■ シナリオ作成容易性 (NCAP歩行者飛出しシナリ オの新規作成所要時間で評 価)	○ 30分～1時間	× 1～2時間 Map作成作業が多い DSとAPIにて座標軸が異なる	○ 30分～1時間	○ 30分～1時間
■ シナリオ再利用性 (設定/パラメータ等の部品 化:外部ファイル保存等)	○ Map 車両設定 センサ個別パラメータ	○ Map センサ個別パラメータ	○ Map センサ個別パラメータ	○ Map 走行軌跡 車両設定
Total	△	△	○	○

Source : MITSUBISHI PRECISION CO.,LTD



DIVP®では物性を有す精緻な環境モデルによるセンサ評価を訴求しており、環境モデルに付加する物性値、入力出力がアドバンテージ。真値出力機能の開発も今後計画。

SDM-Gにおける入出力と真値出力



Space Design Model Generator (SDM Generator)により、仮想空間環境に車両や物標を配置し、DIVP®シミュレータに用いるシナリオを作成、管理可能

SDM Generatorの主な機能

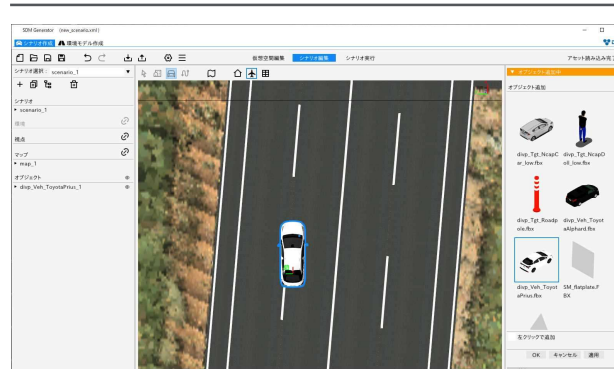
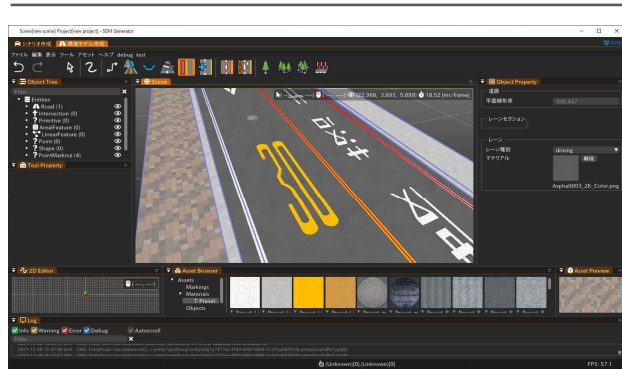


環境モデル作成機能

シナリオ作成機能

アセット編集機能

画面例



主な機能

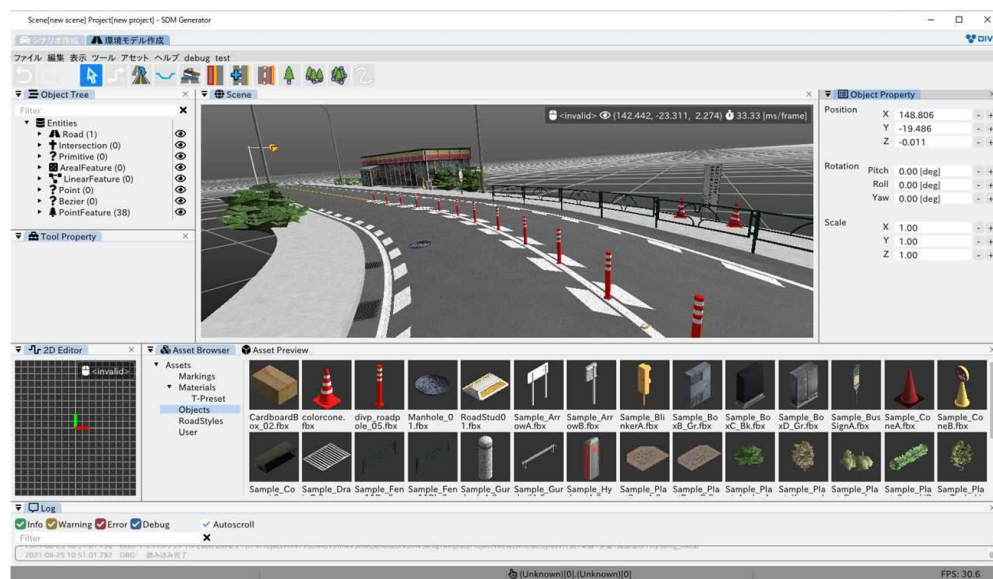
- 任意の道路モデル作成
- OpenDRIVEデータから道路モデル作成
- 路面標示、道路標識、建造物等の配置

- OpenSCENARIOのインポート/エクスポート
- GPSやIMUによる走行データのインポート
- 自車両、他車両、人物等の配置
- 各種イベント/条件判定に関する制御設定

- アセットへDIVP®マテリアルをアサイン
- アセット制御情報の確認
- アセットの秘匿化

必要な交通環境モデルを自在に作成可能な機能を開発し、多様なシーンの再現が可能

SDM Generator 環境モデル作成機能



ASAM の標準化に対応

■ 道路走行環境

- OpenDRIVEデータのインポート/エクスポート
- FBX形式のアセットのインポート/エクスポート

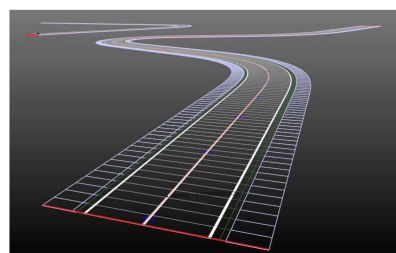
仮想環境の作成

■ マウス操作で走行環境モデルの作成

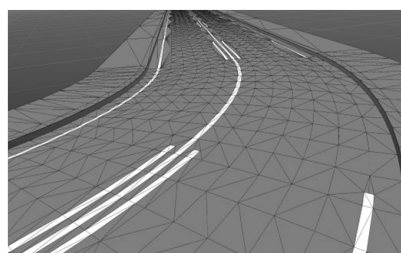
- 制御点のプロット、パラメータ入力による道路線形データの作成
- ライブラリから道路諸元やテクスチャなどを選択して設定
- ライブラリから道路標示/道路標識/道路周辺地物や建物等を選択して配置
- かすれ白線の設定(剥離率0~100%を指定して自動生成)

■ 走行環境モデルの出力

- アセット(FBX形式)とOpenDRIVEデータをペアで出力



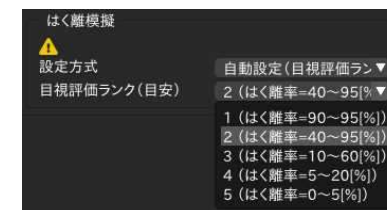
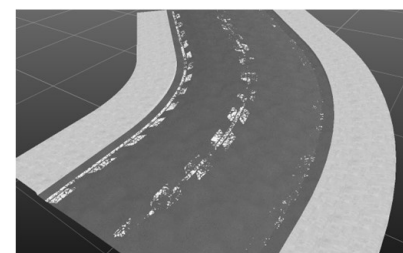
※OpenDRIVEデータの生成



※白線の組みみや水勾配の実現



※かすれ白線の実現

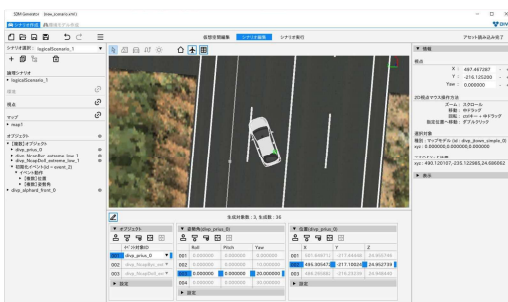
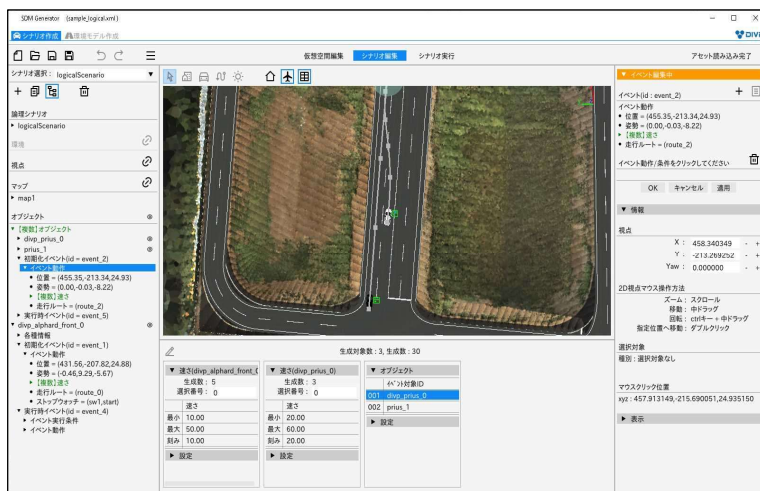


(剥離率0~100%を指定して自動生成)

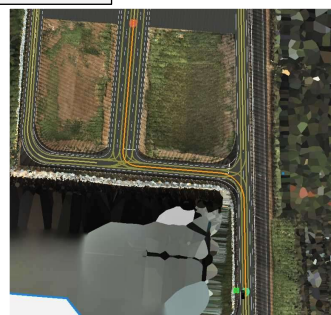


車両や物標を配置し、DIVP®シミュレータに用いるシナリオを作成、編集機能を開発、NCAPなどのアセスメントシナリオ作成に活用

SDM Generator シナリオ編集機能



※論理シナリオ／具体シナリオ編集機能



※OpenDRIVEデータによるシナリオ編集

標準化対応

- シナリオ環境
 - ・OpenSCENARIOのインポート/エクスポート
 - ・独自仕様(機能補完含)シナリオファイル(XML)の入出力
- 実験データの取込み
 - ・CSVデータのインポート

各種シナリオの取込み

- 各種シナリオの取込み
 - ・SAKURA様作成シナリオ(OpenSCENARIO)インポート

独自シナリオの設定

- 経路やイベントの設定
 - ・Way Point、OpenDRIVE経路に沿った走行ルートの設定
 - ・ライブラリから自車両、他車両、人物等を選択して配置
 - ・速度/加速度など各種イベント/条件判定に関する制御の設定
- 環境条件の設定
 - ・気象(雨雪)や時刻(太陽位置)等によるセンサ不調シナリオの設定

各種シナリオの確認

- GUI上の再生ボタンでシナリオ確認
 - ・走行環境モデル上でリアルタイムにプレビュー
- 交通環境モデルとの複合シナリオ連携 (今後の対応)
 - ・信号機切替、他車両走行・人物歩行等の自立制御に対応

マテリアル確認や別マテリアルをアセットにアサインを簡易に可能し、色々な検証に活用可能

SDM Generator アセット編集機能



※マテリアルのアサインを変更



※マテリアルを編集

マテリアルの変更

- マテリアルのアサイン
 - ・GUIからマテリアルをアサインし、DIVP® PFを利用可能
 - ・アサイン結果は画面上で簡易プレビュー可能

マテリアル簡易編集

- マテリアルの簡易な編集に対応
 - ・簡易プレビューで確認しながら編集が可能

アセット制御の確認

- アセットに設定した制御を確認
 - ・命名規則やツリー構造を用いた切替、部品単位の回転、アニメーション制御の確認が可能

独自形式への変換

- 秘匿化のための独自形式への変換
 - ・独自形式への変換をサポート

標準規格をサポートすることで、各種シミュレータと接続可能

SDM-G接続性



環境モデル

シナリオ

Import
SDM Generator
Export
Sim

シナリオ作成 環境モデル作成

シナリオ選択: logicalScenario_1

論理シナリオ

- ▶ logicalScenario_1
- 環境
- 視点
- マップ
- ▶ map1
- オブジェクト
- ▶ 【複数】オブジェクト
- ▶ divp_prius_0
- ▶ divp_NcapByc_extreme_low_1
- ▶ divp_NcapDoll_extreme_low_1
- ▶ 初期化イベント(id = event_2)
- ▶ イベント動作
- ▶ 【複数】位置
- ▶ 【複数】姿勢角
- ▶ divp_alphard_front_0

生成対象数: 3, 生成数: 36

▼ オブジェクト			
イベント対象ID	Roll	Pitch	Yaw
001 divp_prius_0	0.000000	0.000000	0.000000
002 divp_NcapByc_ext	0.000000	0.000000	10.000000
003 divp_NcapDoll_ext	0.000000	0.000000	20.000000
004 設定	0.000000	0.000000	30.000000

▼ 位置(divp_prius_0)			
X	Y	Z	
001 501.649712	-217.44448	24.955746	
002 495.305472	-217.10024	24.952739	
003 486.265882	-216.23239	24.948440	

OpenDRIVE®
managing the road ahead

FBX

OpenSCENARIO®
bringing content to the road

走行データ

OpenDRIVE®

FBX

DIVP®マテリアル

DIVP®アセット

OpenSCENARIO®

DIVP®シナリオ

DIVP®
Sim

他のシミュ
レータ



研究成果

I	■ センサ評価のための「シナリオパッケージ」
II	■ 実現象と一致性の高い空間・センサモデル
III	■ 一致性を支える計測・評価手法
IV	■ センサ評価のためのシナリオDB
V	■ 標準I/Fを備えたプラットフォームと、 多様な評価環境への接続可能性

原理原則に則った数理モデルに基づきシミュレーションモデル化、 センサ出力における実験とシミュレーション間の比較による一貫性検証を実施

モデル化のアプローチ

Steps	実施内容	実施ステップ
Step1	<ul style="list-style-type: none">■ Real physics modeling<ul style="list-style-type: none">✓ 実世界の物理現象を数理モデル化✓ インターフェース設計	<ul style="list-style-type: none">各センサ原理原則の把握各パートの機能割付け インターフェース設計
Step2	<ul style="list-style-type: none">■ Real physics based simulation model<ul style="list-style-type: none">✓ 数理モデルのシミュレーションモデル化✓ 競争力のある優位性の設計	<ul style="list-style-type: none">シミュレーションモデルの設計DIVP[®]優位性の設計
Step3	<ul style="list-style-type: none">■ Verification & Validation<ul style="list-style-type: none">✓ Virtual vs Real間の一貫性検証✓ Verified modelingに基づく外挿可能性の検証	<ul style="list-style-type: none">基本動作検証拡張動作検証

各センサ検出原理に基づき物理現象をバーチャルモデル化、センサ内部はさらに精緻な再現を目指し、イメージセンサのモデル化に取り組む

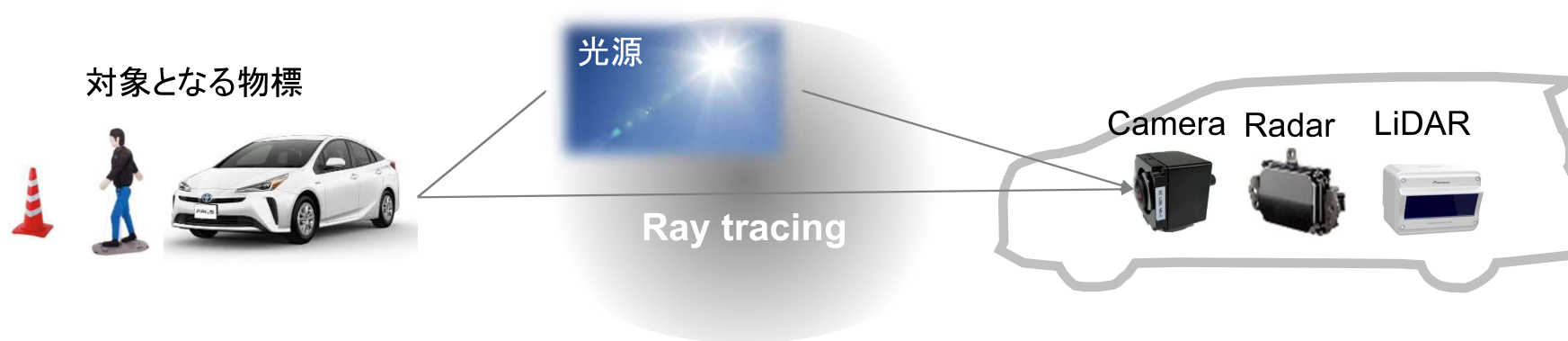
Camera検出原理の例

HITACHI
Inspire the Next

Sony Semiconductor
Solutions Corporation

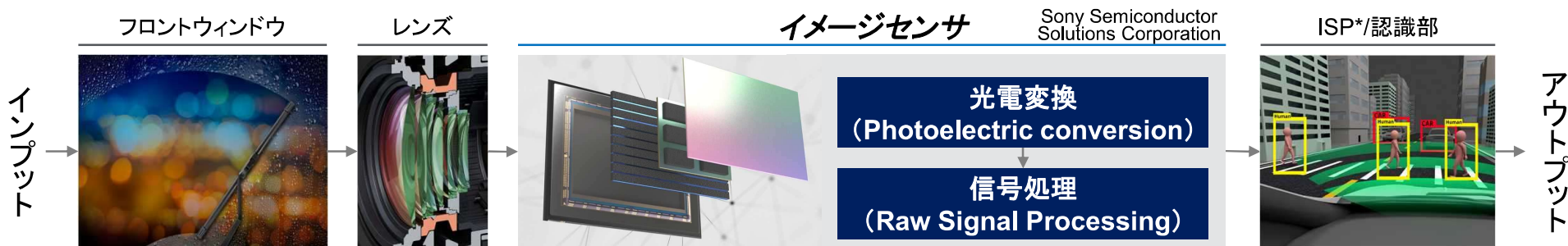
DENSO SOKEN Pioneer

環境イメージ



さらに、精緻な知覚出力のため、
センサ内部を精密に仮想化

センサ内部



* Image Signal Processor
Source : MITSUBISHI PRECISION CO.,LTD., SOKEN, INC, Sony Semiconductor Solutions Corporation



センサ出力を精緻に再現するために、センサ検出原理、使用電磁波帯域における物理現象を、原理原則に基づきモデルモデリングし、実車試験結果との突合せによる一致性検証を実施

検証の取組み

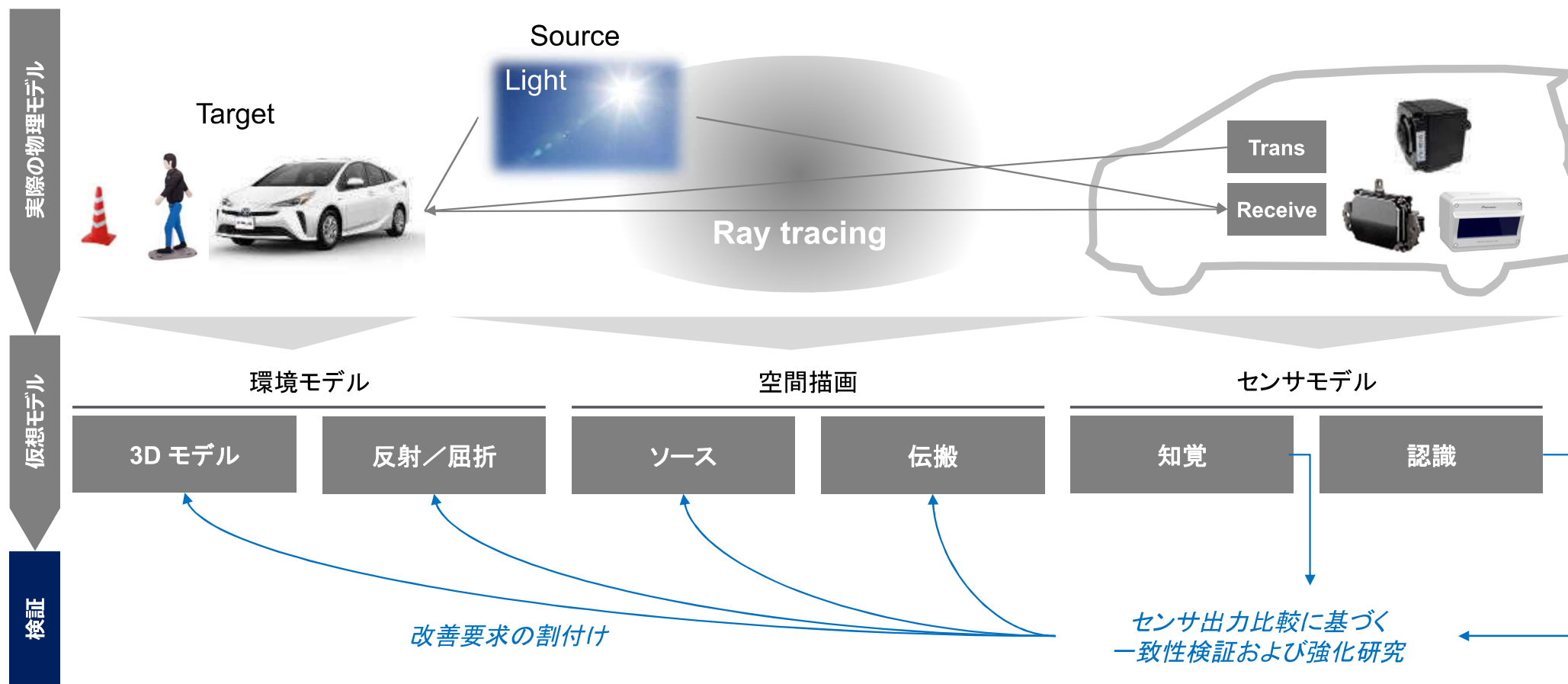
Sony Semiconductor Solutions Corporation

HITACHI Inspire the Next

DENSO

SOKEN

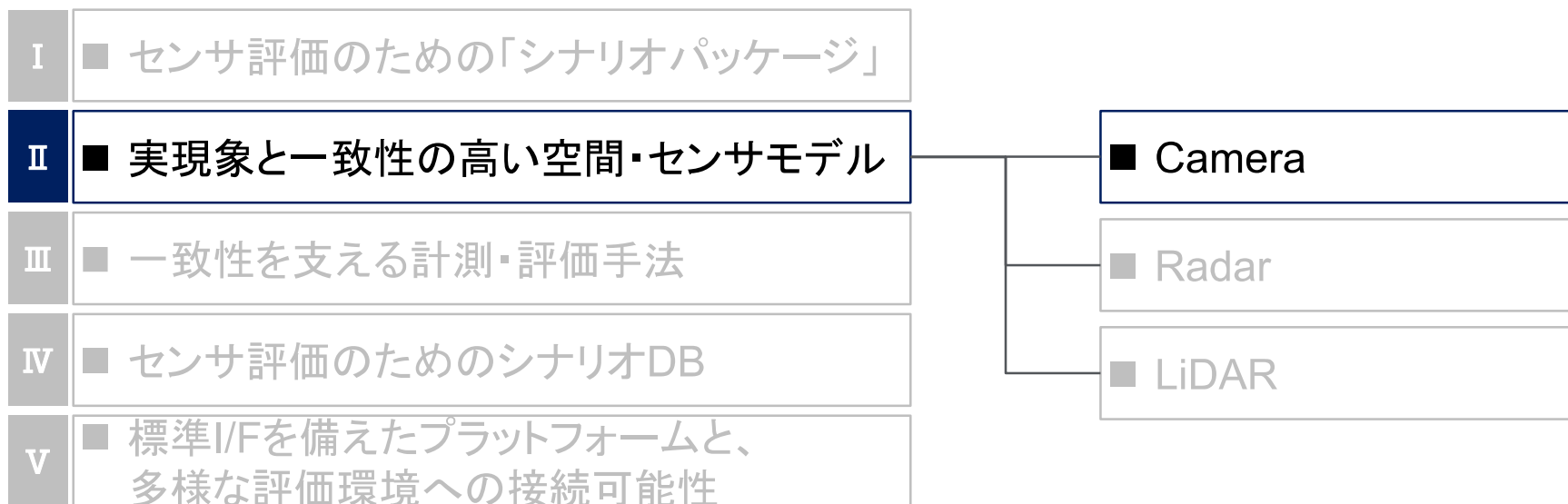
Pioneer



Source : DENSO, INC, HitachiAutomotiveSystems, INC, PIONEER SMART SENSING INNOVATIONS CORPORATION



研究成果



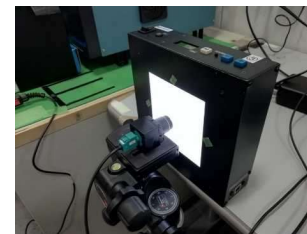
【カメラ一致性検証】 屋内環境から一般道路環境へと検証環境を段階的に広げて行くことにより、実機とシミュレーションの差異が生ずる要因を明らかにし、各モデルへのフィードバックにより精度を高めていく

カメラ知覚シミュレーションの一致性検証フロー

Sony Semiconductor
Solutions Corporation

① カメラ知覚モデル単体検証 — 屋内評価環境 —

- 分光、輝度値が測定可能な光源、被写体を用いた、カメラ物理モデル単体の検証



② カメラ知覚モデル＋環境モデル検証 — プルービンググラウンド環境 —

- 環境条件の設定が容易なプルービンググラウンド環境における各種アセット、空間描画設定の妥当性検証
- 実機とシミュレーションの差異の要因分析による環境モデルパートへのフィードバック



③ カメラ知覚モデル＋環境モデル検証 — 一般道路環境 —

- 一般道路環境における各種アセット設定、不調現象(逆光、悪天候等)再現の妥当性検証
- 実機とシミュレーションの差異の要因分析による環境モデルパートへのフィードバック

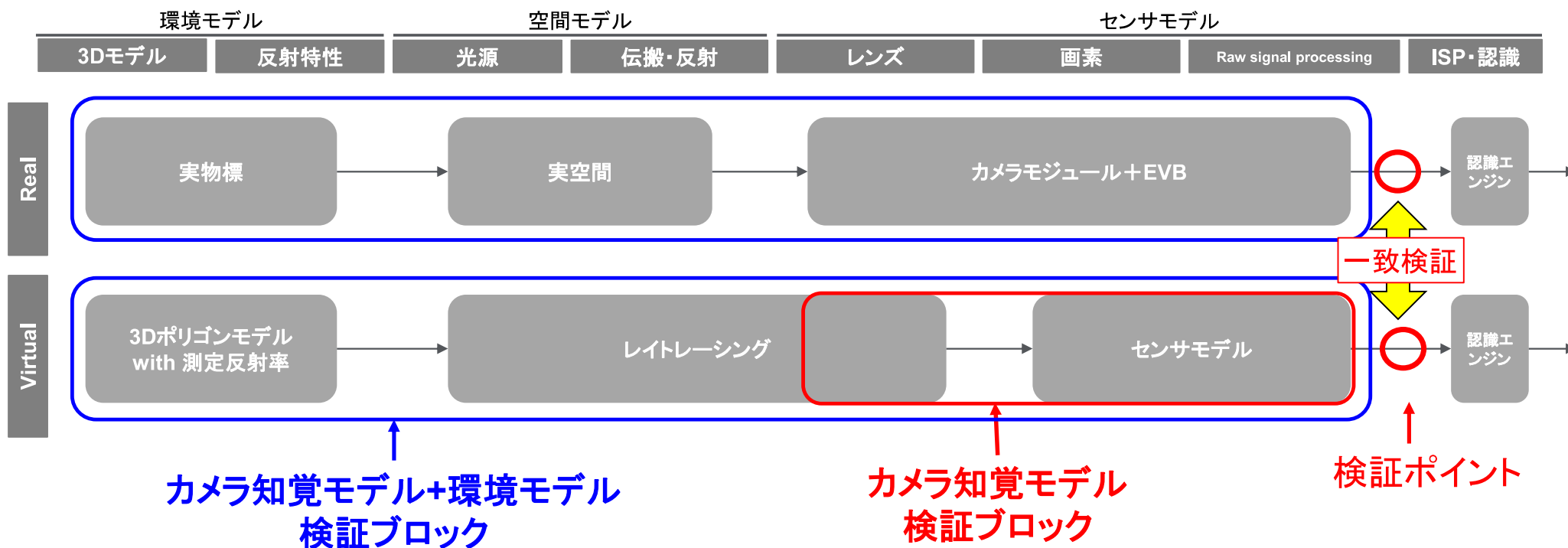


【カメラ一貫性検証】 カメラ知覚出力の比較検証により、差が発生するシーンと発生箇所を特定し、要因を明らかにすることで、一貫性検証～該当モデルへのフィードバック～改善のサイクルを回していく

一貫性検証における実機撮影、シミュレーションのプロセスフロー

Sony Semiconductor Solutions Corporation

- センサモデル出力結果と実機撮影結果をRAWデータで比較する
- データの比較により、差が発生するシーンと発生箇所、それらの要因を明らかにする

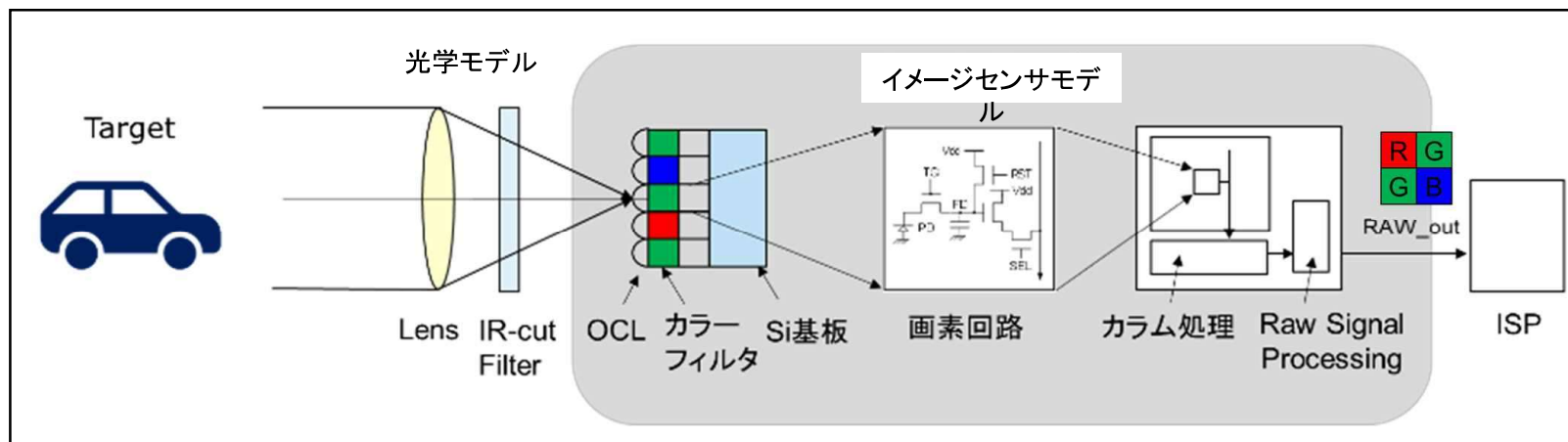


【カメラ一致性検証】

一致性検証にあたり、誤差要因となる因子を抽出、これらに基づき一致性検証を進める

カメラ知覚モデルの構成と誤差要因

Sony Semiconductor Solutions Corporation



	Input	OCL (On Chip Lens)	カラーフィルタ	Si基板	画素回路	カラム処理	RAW Signal Processing
誤差要因	<ul style="list-style-type: none"> ■ 分光 ■ 射影データ ■ シェーディング 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 集光率 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 分光特性 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 量子効率 ■ ノイズ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 画素内回路 	<ul style="list-style-type: none"> ■ アナログゲイン 	<ul style="list-style-type: none"> ■ HDR合成
誤差影響箇所	<ul style="list-style-type: none"> ■ 色再現 ■ 画素位置ずれ ■ 明るさ分布 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 明るさ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 色再現 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 明るさ ■ ノイズレベル 	<ul style="list-style-type: none"> ■ シグナルレベル 	<ul style="list-style-type: none"> ■ シグナルレベル 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 諧調表現
誤差影響度	大	小	大	大	小	小	大

【カメラ一致性検証】 屋内評価環境にて、実測データと測定値を入力とするシミュレーション結果とを比較することにより、カメラ知覚モデル単独での検証を行う

カメラ知覚モデル(光学モデル+センサモデル)の一致性検証

Sony Semiconductor Solutions Corporation

評価手順

- カメラ実機により被写体を撮影、RAWデータ取得
- 被写体の分光放射輝度値を測定し、同測定値によりシミュレーションの入力データを作成
- 同入力データによりシミュレーション(SIM)を実行し、RAWデータ形式の出力結果を取得
- 実機データとSIM結果について、RAWデータのR、G、B各色毎に画素値を比較

評価結果

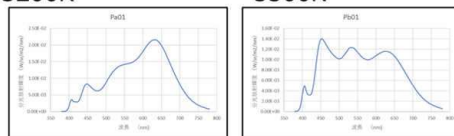
- RAWデータ(ベイヤー配列)の各色画素について、信号レベルを比較
- 低輝度から高輝度領域まで、約20%以内の差異で一致することを確認

パターンボックスによる評価



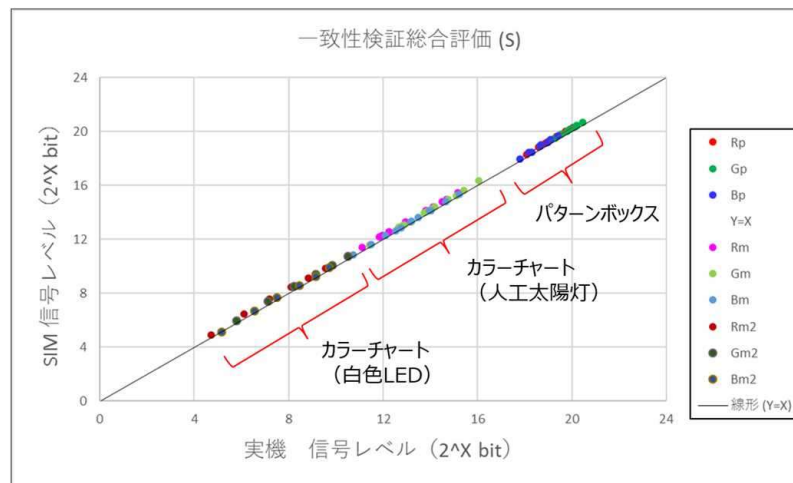
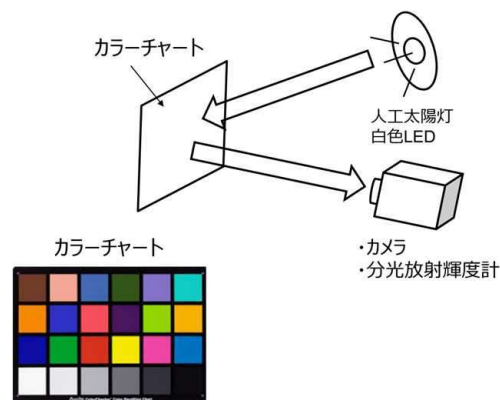
3200K

5500K



色温度の異なる2種の光源で評価

カラーチャートによる評価



【カメラ一致性検証】 プルービンググラウンド環境にて、実測データとシミュレーション結果を比較することにより、カメラ知覚モデルと環境モデルを合わせた系での検証を行う

カメラ知覚モデル+環境モデルの一致性検証: 実機-SIMとの比較

Sony Semiconductor Solutions Corporation

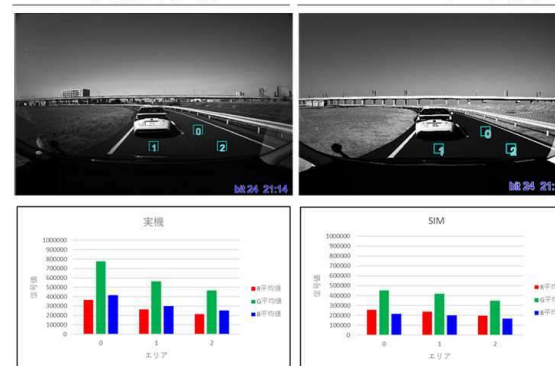
実機撮影結果(現像後)

SIM結果(現像後)



実機取得画像

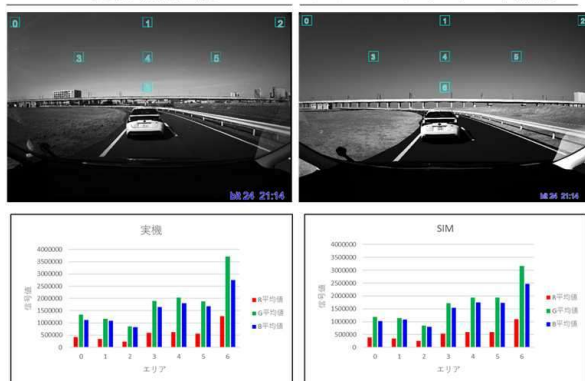
シミュレーション(SIM)結果



アスファルトの一致性検証結果

実機取得画像

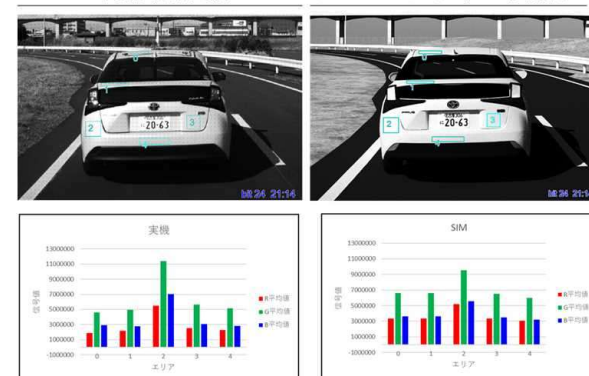
シミュレーション(SIM)結果



天空エリアの一致性検証結果

実機取得画像

シミュレーション(SIM)結果



車体の一致性検証結果

評価結果: 各アセット毎の平均値において、約40%以内の差異で一致していることを確認

【カメラ一致性検証】

アセスメントパッケージの一致性検証としてNCAP歩行者ダミーの各部位毎の検証を実施

NCAP歩行者ダミー横断シーンの一致性検証結果

Sony Semiconductor
Solutions Corporation

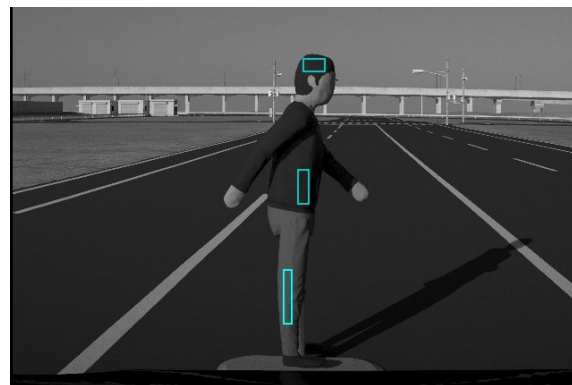
実機撮影結果

SIM結果

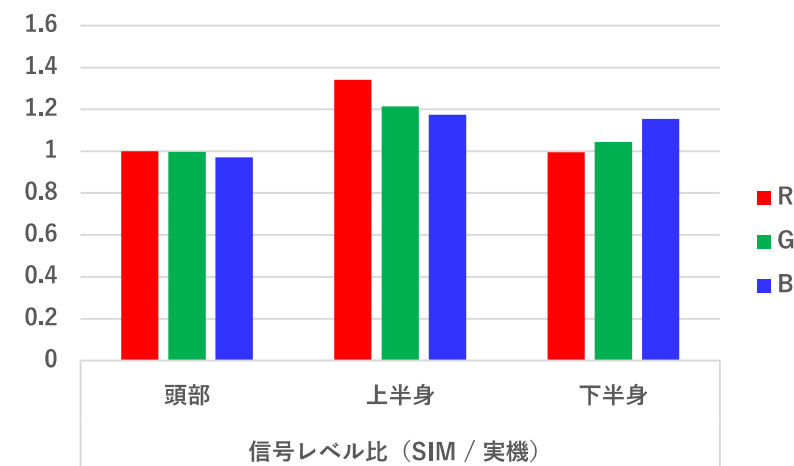
現像結果



RAWデータ



NCAP歩行者ダミーの一致性検証結果



評価結果

頭部・上半身・下半身のいずれも、約40%以内の差異で一致していることを確認

【カメラ一致性検証】

センサ不調シーンの評価として、夜間NCAP歩行者ダミー、ヘッドライト特性の一致性を検証

夜間ヘッドライト照射下NCAP歩行者ダミー横断シーン的一致性検証結果

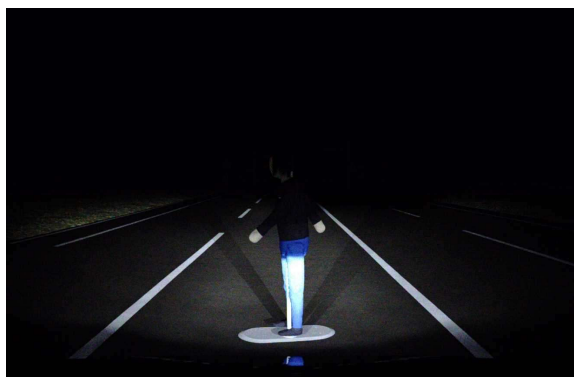
Sony Semiconductor
Solutions Corporation

実機撮影結果

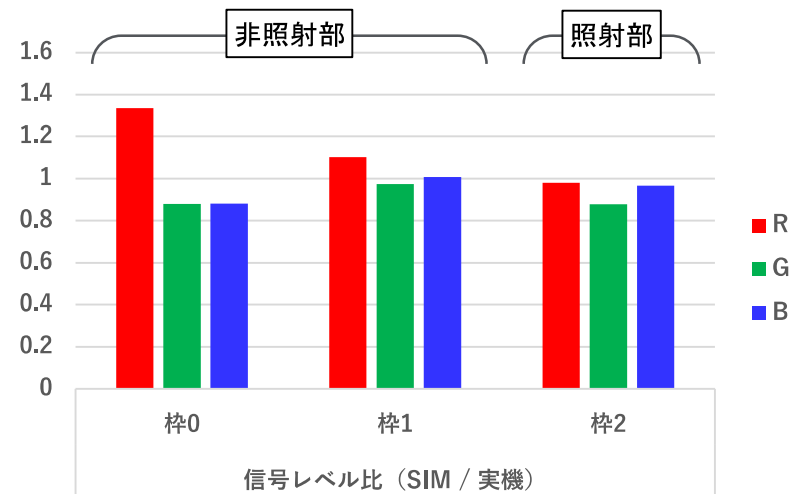
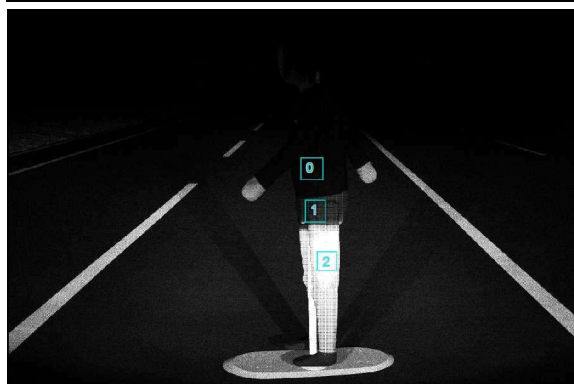
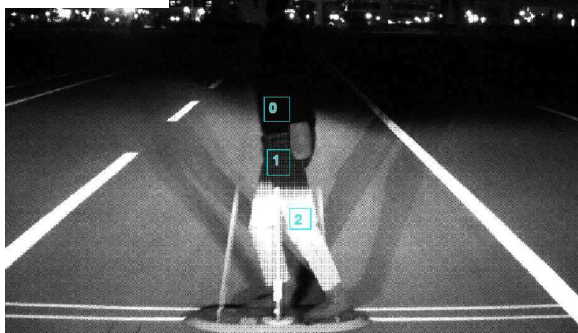
SIM結果

NCAP歩行者ダミー・ヘッドライト特性の一致性検証結果

現像結果



RAWデータ



評価結果

NCAP歩行者ダミーに関しては、ヘッドライト照射、非照射部ともに約40%の差異で一致

課題:

路面の明るさに差異があり、路面データ、ヘッドライト特性の両面から原因調査中

【カメラ一致性検証】

お台場走行シーンの一致性検証として、逆光時における路面モデルの検証を実施

お台場道路面の一致性検証結果

Sony Semiconductor
Solutions Corporation

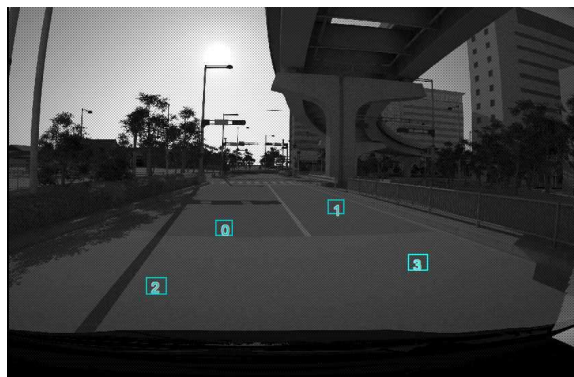
実機撮影結果

SIM結果

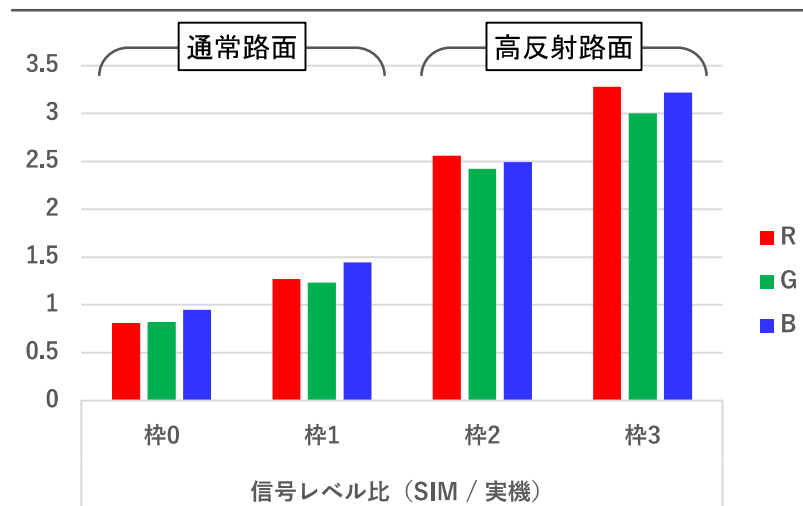
現像結果



RAWデータ



お台場走行シーンの一致性検証結果



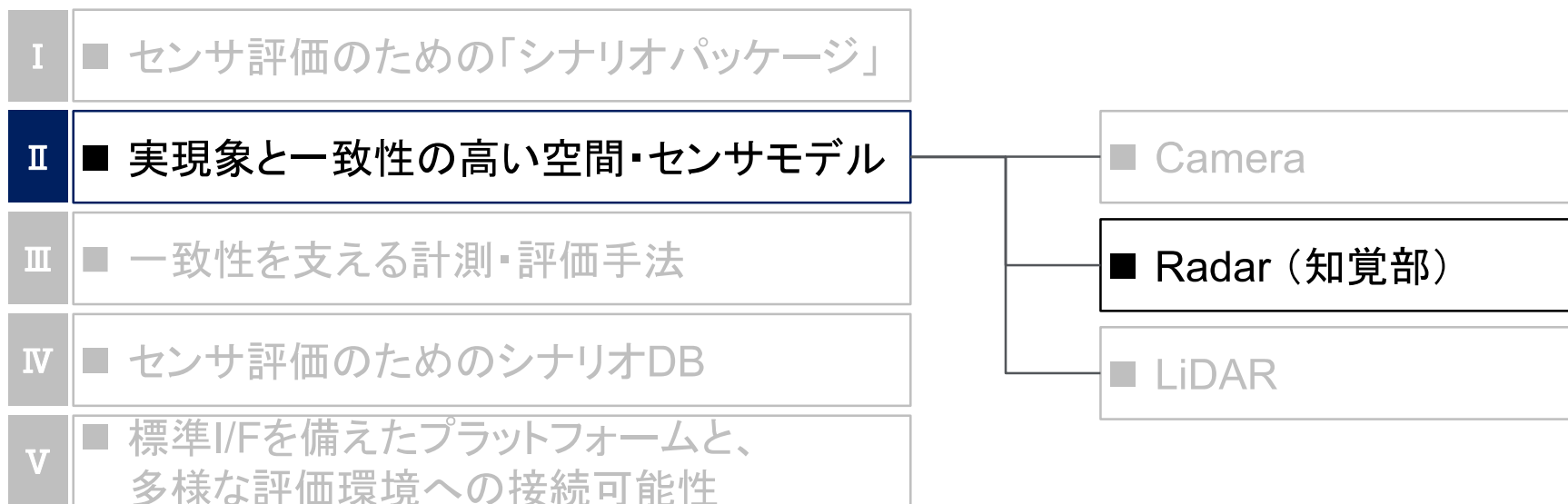
評価結果

通常路面に関して、約40%以内の差異で一致することを確認

課題:

高反射路面に関しては、現状、反射率測定データが適用されておらず、対応検討中

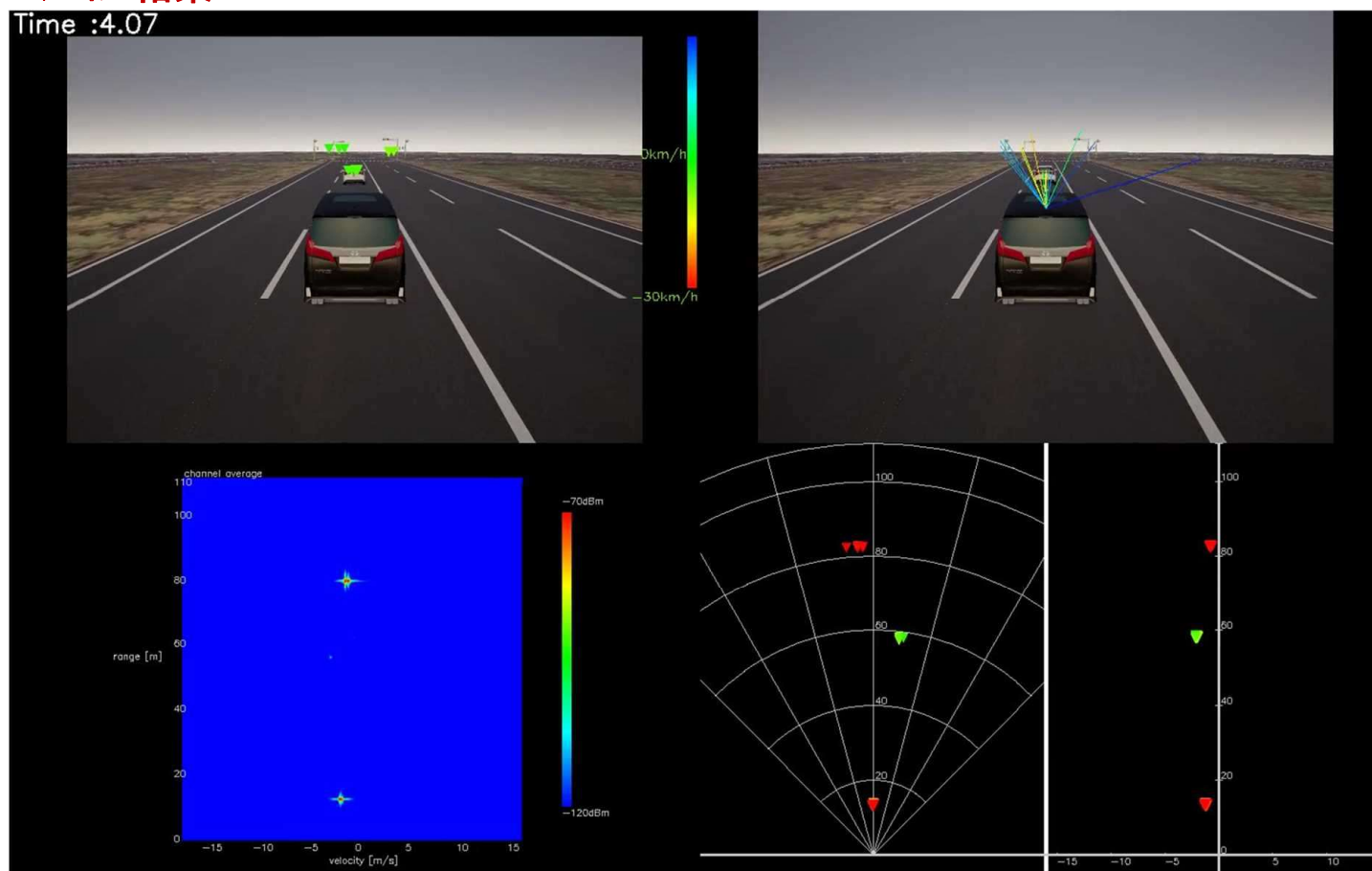
研究成果



ミリ波Radarモデルの実装を完了、物理現象の評価が可能なシミュレーションに昇華することができた

Radarシミュレーション結果

DENSO SOKEN Nihon Unisys, Ltd



Source : SOKEN, INC

124 2021年度_研究成果報告



【Radarモデル化】段階的にシミュレーターの機能を評価することで、各階層（センサモデル、アセット、伝搬モデル）の課題を明確化

一 致 性 検 証

SOKEN

Nihon Unisys, Ltd



Step	検証の目的	確認特性	評価指標
結合動作 チェック	<ul style="list-style-type: none"> 定義したI/Fの妥当性確認と点波源（コーナリフレクタ）に対する知覚出力の確認 	<ul style="list-style-type: none"> 距離・速度・方位・信号強度 アンテナ指向性・回路雑音 エンブレムによる誤差 	<ul style="list-style-type: none"> 電波暗室での距離・速度・方位・信号強度 信号強度の方位依存性・雑音の信号強度分布 方位計測誤差
事前検証 （静止物）	<p>FY21取組範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> 基本的な単一物標（プリウス・NCAPダミー人・自転車）の検証 	<ul style="list-style-type: none"> 反射強度、反射点分布 	<ul style="list-style-type: none"> 反射強度・反射点分布の方位依存性
基本検証 （移動物）		<ul style="list-style-type: none"> 路面マルチパス マイクロドップラー 方位分離能 	<ul style="list-style-type: none"> コーナリフレクタ信号強度の距離依存性 歩行者足振り・タイヤ回転による速度方向への信号強度分布 MIMOによるアンテナ数増加と方位分離能
不調再現 検証	<ul style="list-style-type: none"> 降雨による空間減衰、雨粒散乱によるクラッタ発生を検証 降雪影響の検証、雪路面クラッタ 	<ul style="list-style-type: none"> 降雨減衰 降雨散乱 降雪減衰、路面クラッタ 	<ul style="list-style-type: none"> 降水量に対する空間減衰量 雨滴粒形分布とクラッタ分布 降雪量に対する空間減衰量、クラッタ強度・分布
拡張性検証	<ul style="list-style-type: none"> 実際の交通環境での検証 ミリ波レーダで誤検知・未検知が生じやすい物標（マンホール・段ボール）の検証 	<ul style="list-style-type: none"> 周辺構造物の反射強度、反射点分布 トンネル壁によるマルチパス 	<ul style="list-style-type: none"> トンネル・陸橋の距離・速度・方位に対する信号強度分布 追越し車両に対するゴーストの発生状況



水平面内平均RCSが約3dB以下で一致することを確認した 詳細な角度特性の一致性については課題が残る

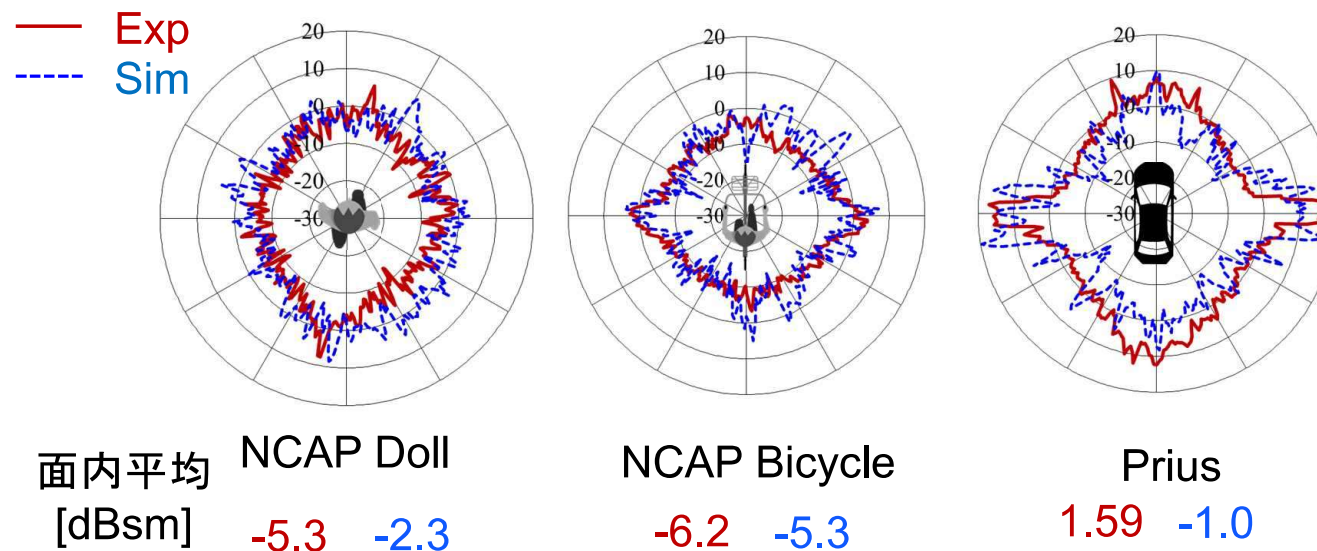
反射強度(レーダ断面積)の角度特性

SOKEN

Test environment



Test Results



実測とシミュレーションの反射点の観測位置は、約0.2m以下の誤差であることを確認した
観測方向に対して遠方側の反射点の不一致が課題である

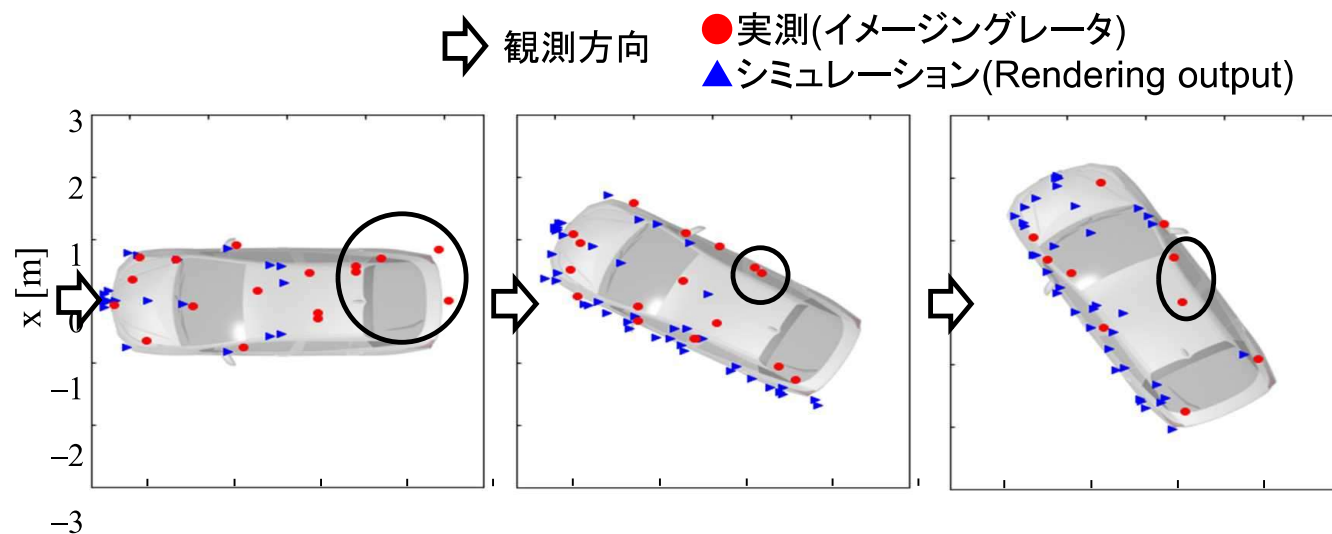
反射点分布の角度特性

SOKEN

Test environment



Test Results

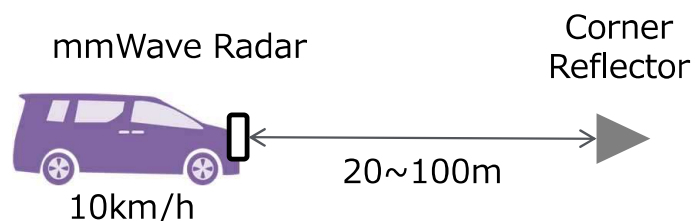


受信信号レベルが距離に対して変動し、最大ピークレベルの誤差は5dB以下であることを確認した
ピークの発生距離・強度の一致性に対し、受信強度の落ち込みの深さの差異が課題である

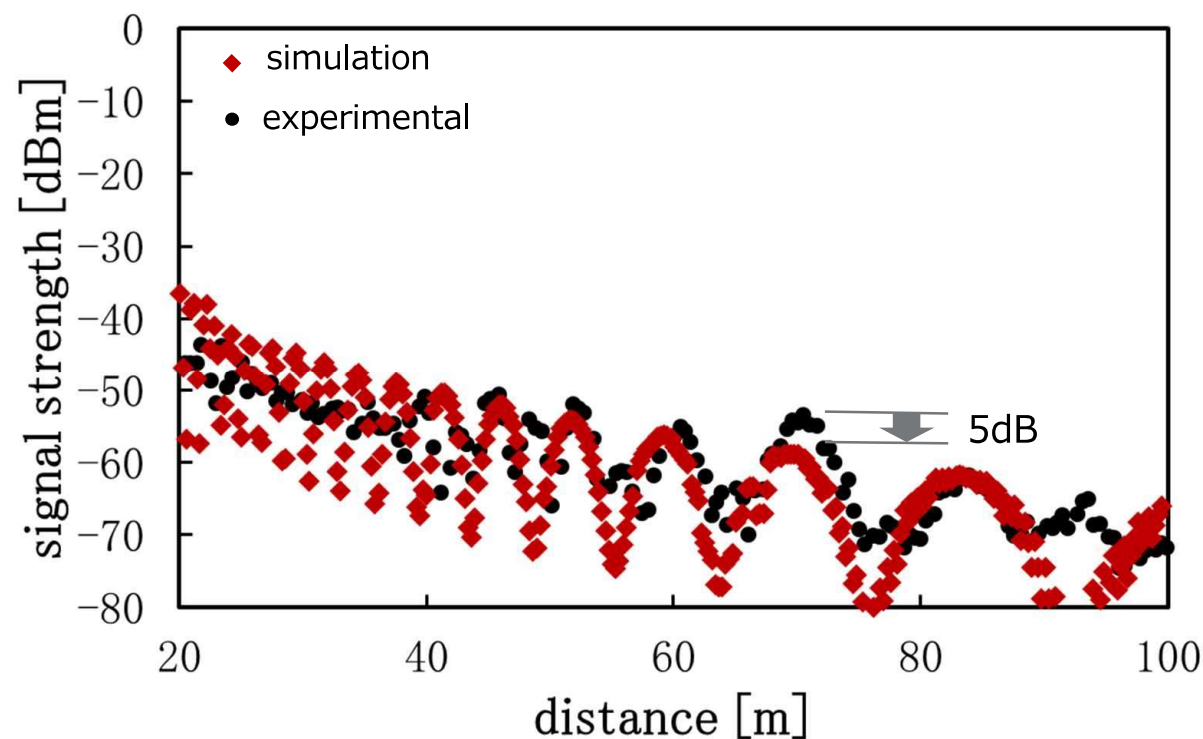
路面マルチパス

SOKEN

Test environment



Test Results



歩行者の運動モデルを構築した Range-Velocity Mapにおいてマイクロドップラーパターン的一致性を確認した

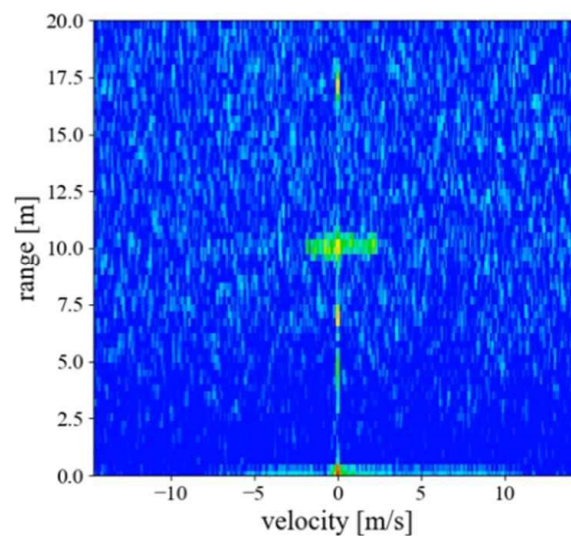
マイクロドップラー(歩行者足振り)

SOKEN

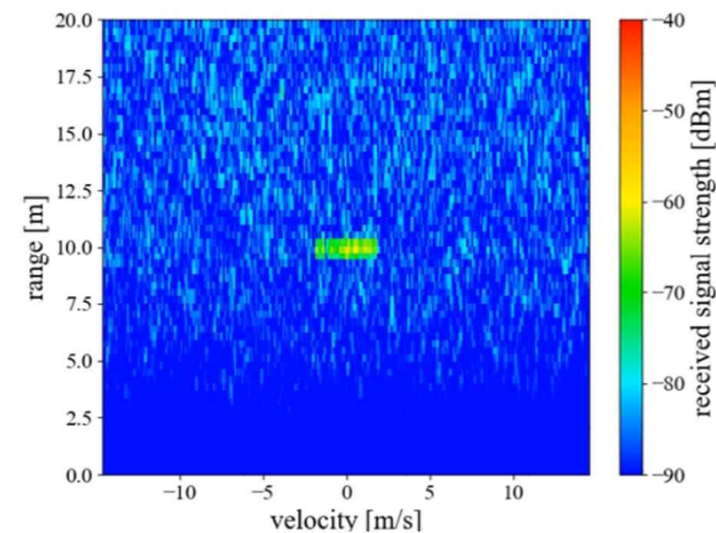
Test environment



Test Results



Simulation Results



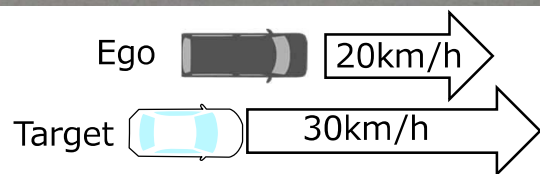
タイヤの回転運動モデルを構築

Range-Velocity Mapにおいてマイクロドップラーパターン的一致性を確認した

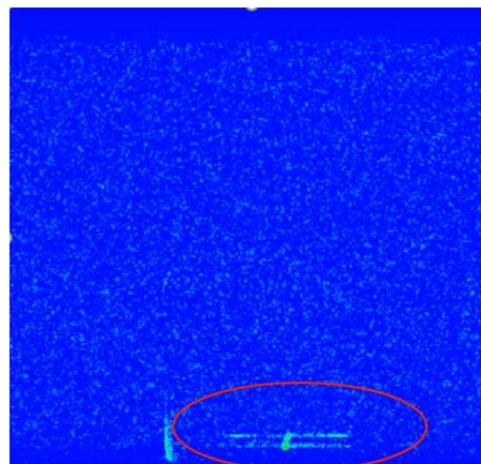
マイクロドップラー(車両のタイヤ回転)

SOKEN

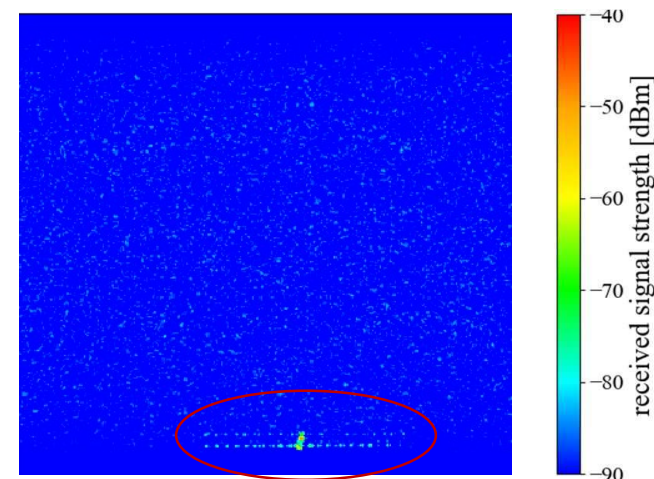
Test environment



Test Results



Simulation Results

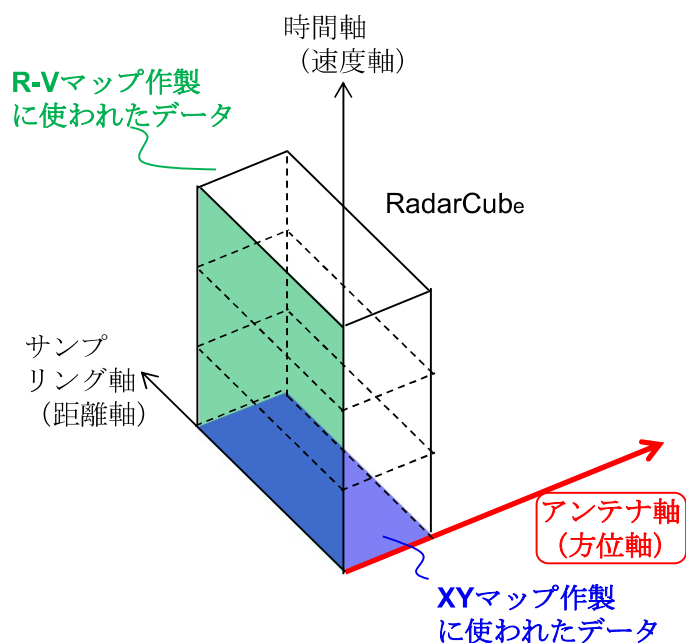


方位分離性能向上のため、レーダ技術を最近のトレンド技術へアップデート、MIMO機能を備えた新レーダサンプル(NXP)を立上げ、信号処理も修正した

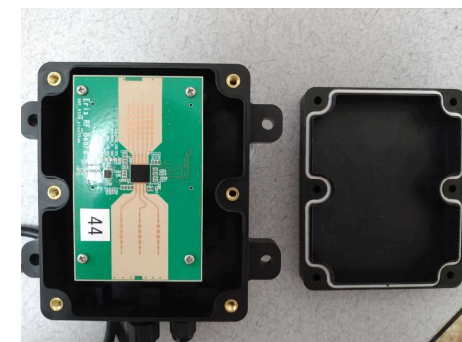
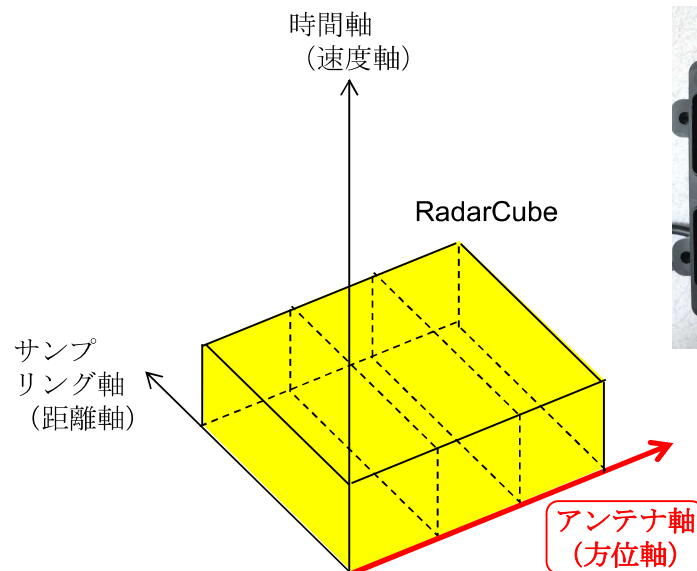
MIMO機能を備えた新レーダサンプル(NXP)



昨年度までのDIVP®レーダ技術



今年度に行ったアップデート



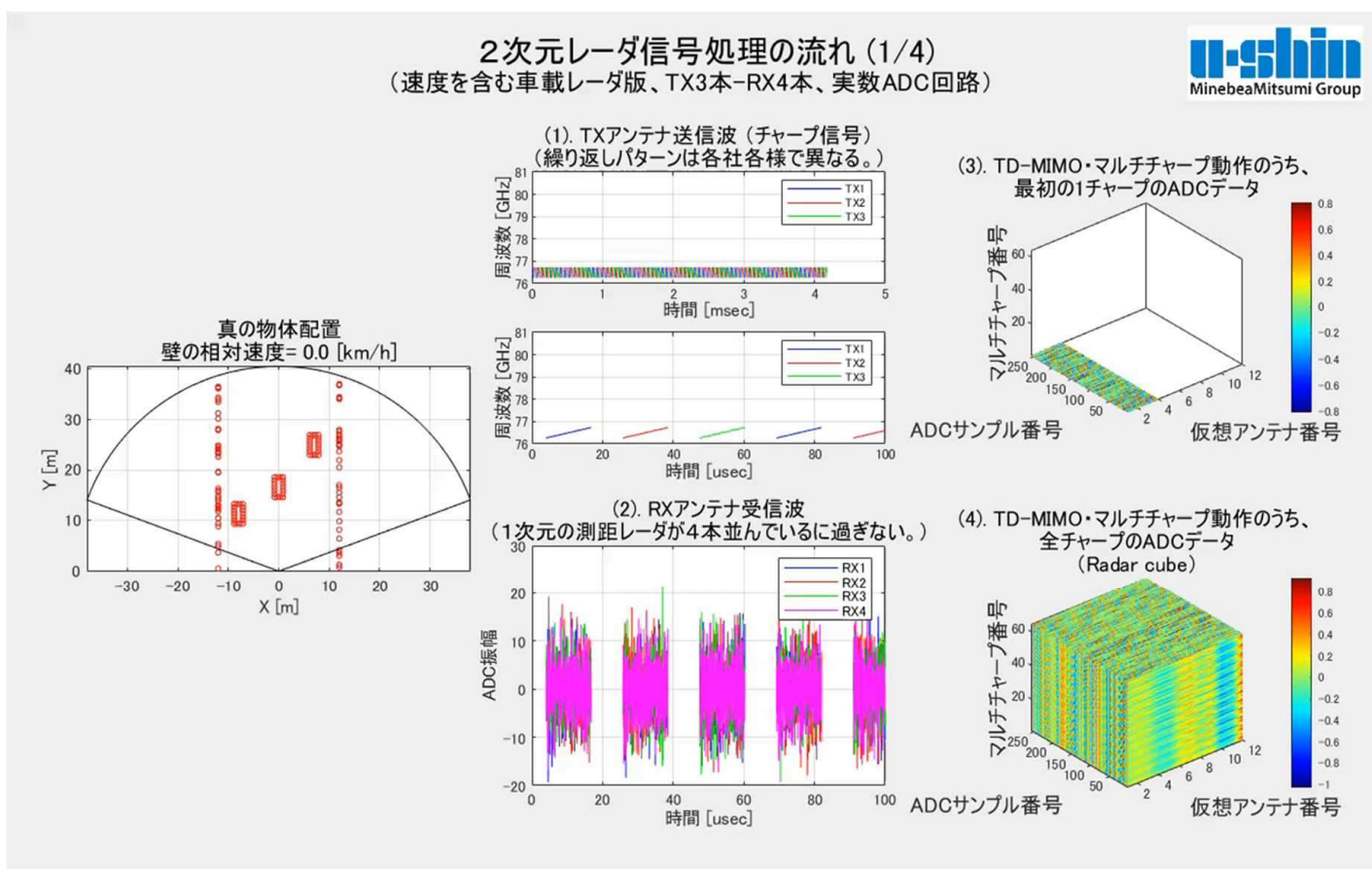
- 測定データ (RadarCube) の体積がやや小さい。
- ADCサンプリング周波数 = 12.5 or 6.25 Msps
- 仮想アンテナ数 = 1x4 = 4本 (非MIMO)
- 3次元RadarCubeを、2次元信号処理

- 測定データ (RadarCube) の体積を拡大した。
- ADCサンプリング周波数 = 20 Msps
- 仮想アンテナ数 = 3x4 = 12本 (MIMO)
- 3次元RadarCubeを、3次元信号処理 (ピークサーチ)



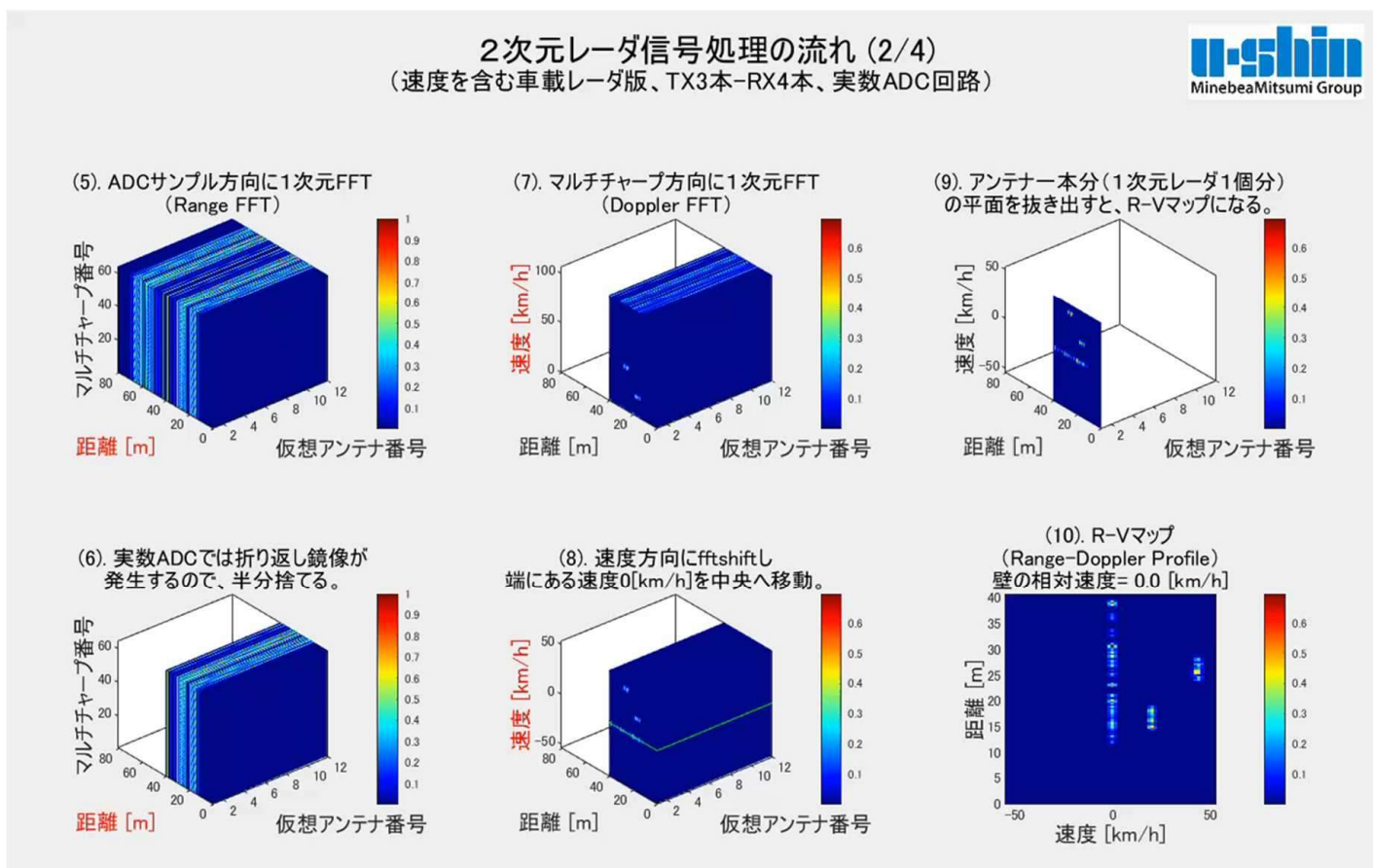
方位分離性能向上のため、レーダ技術を最近のトレンド技術にアップデートした。

2次元レーダ信号処理の流れ(1/4)



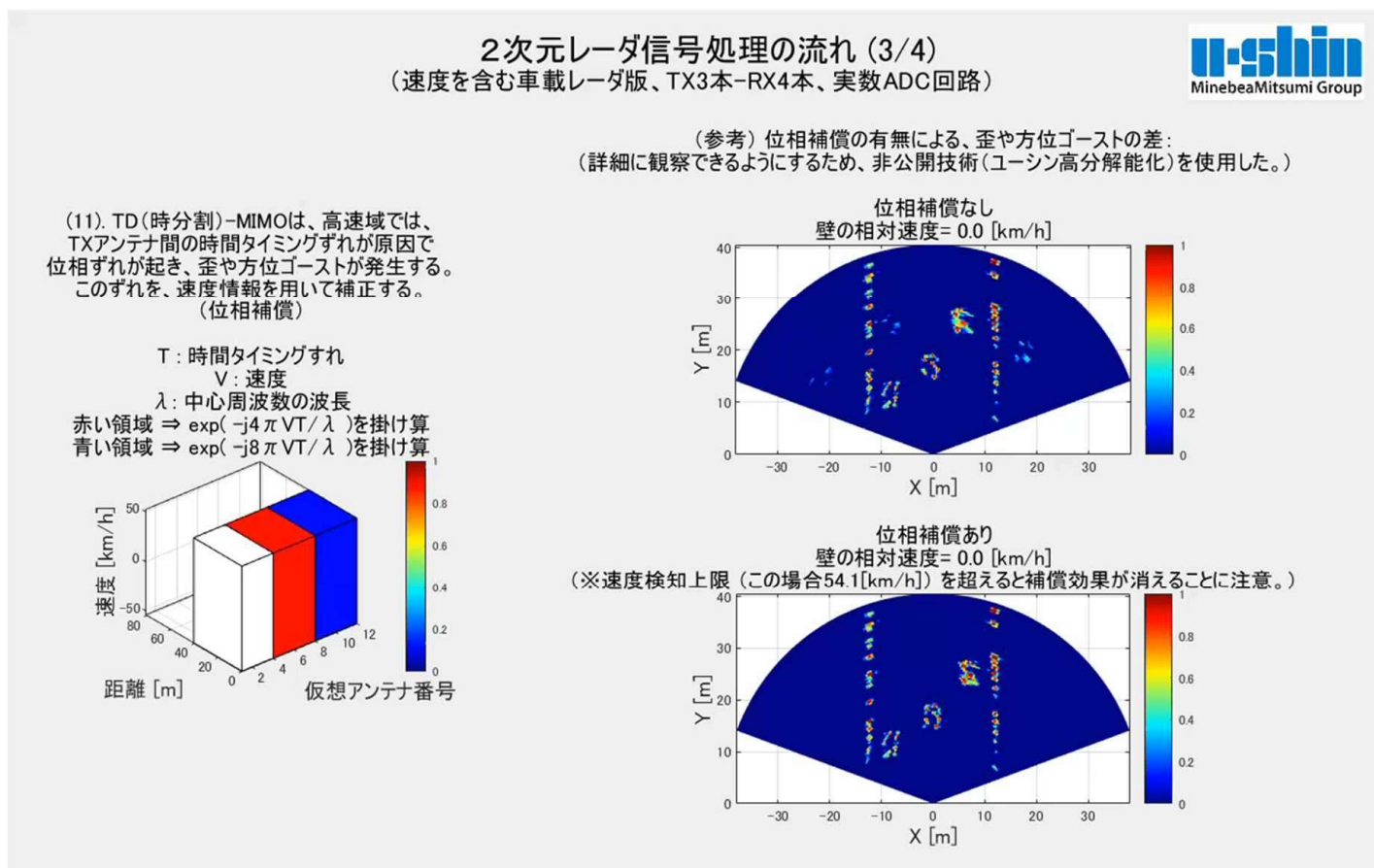
方位分離性能向上のため、レーダ技術を最近のトレンド技術にアップデートした。

2次元レーダ信号処理の流れ(2/4)



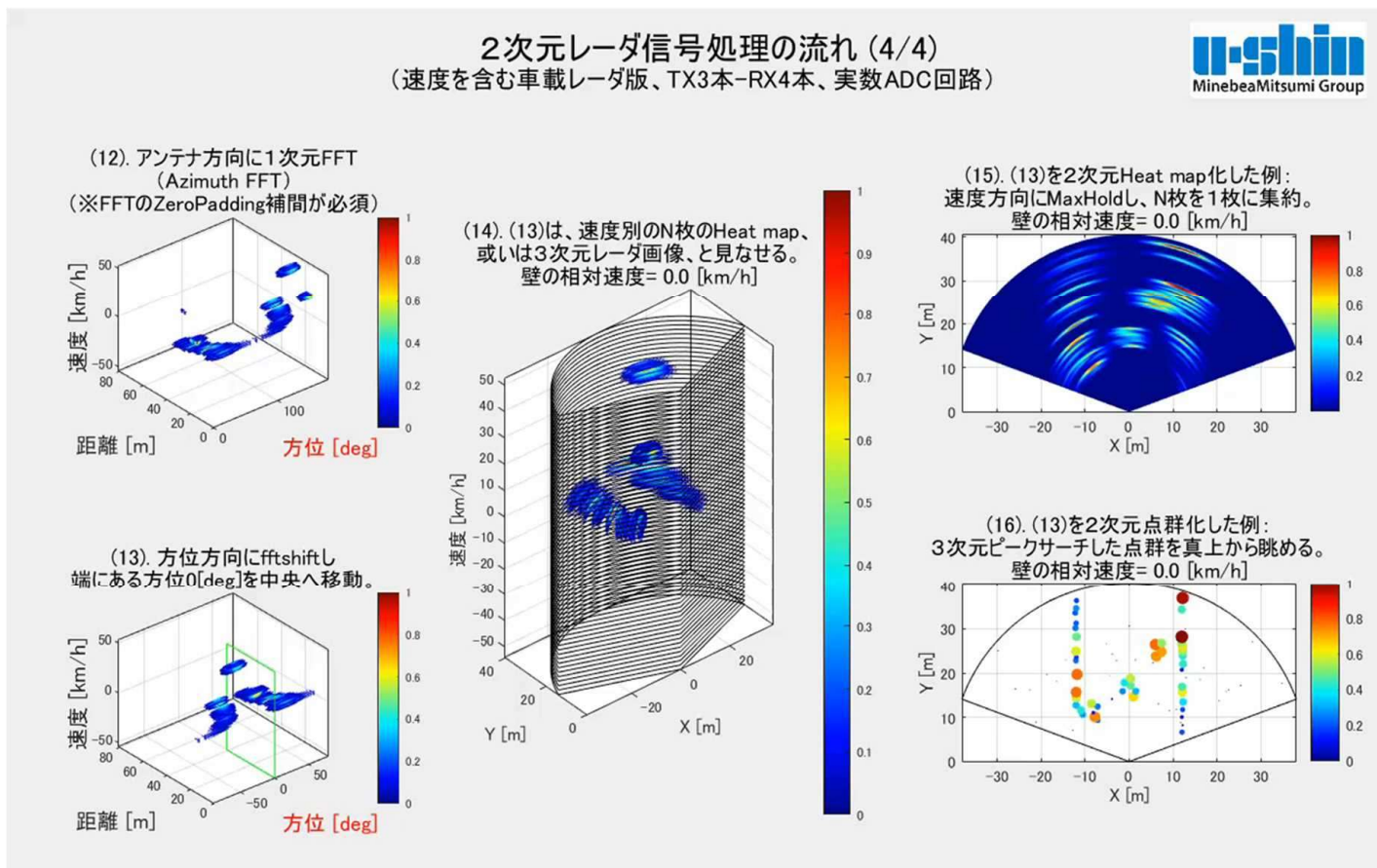
方位分離性能向上のため、レーダ技術を最近のトレンド技術にアップデートした。

2次元レーダ信号処理の流れ(3/4)



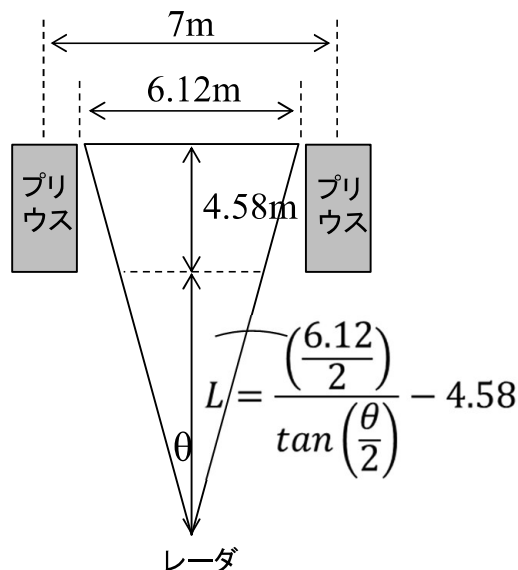
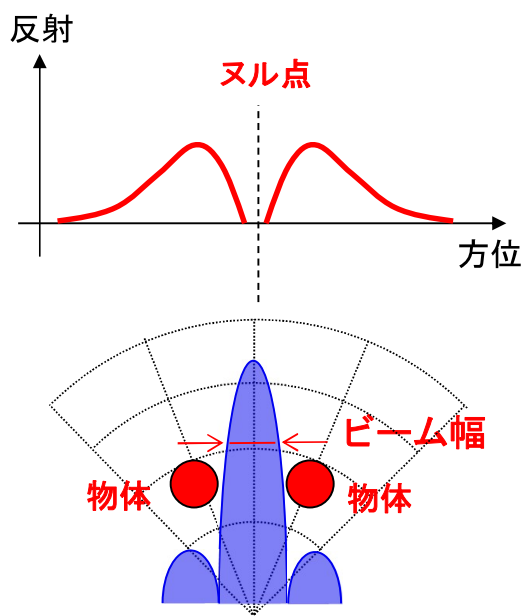
方位分離性能向上のため、レーダ技術を最近のトレンド技術にアップデートした。

2次元レーダ信号処理の流れ(4/4)



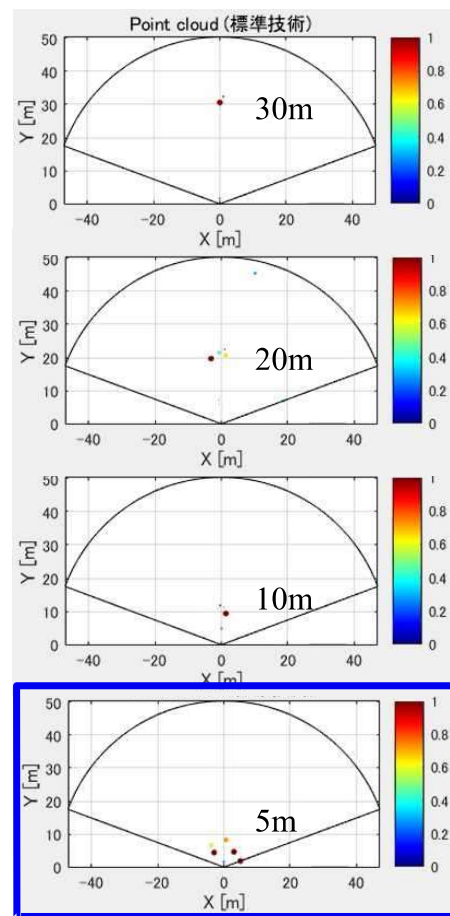
jTownでの基礎実験の結果、MIMOにより理論通りの方位分離性能向上を確認した。

方位分離性能の定義、予想される限界距離、実験結果

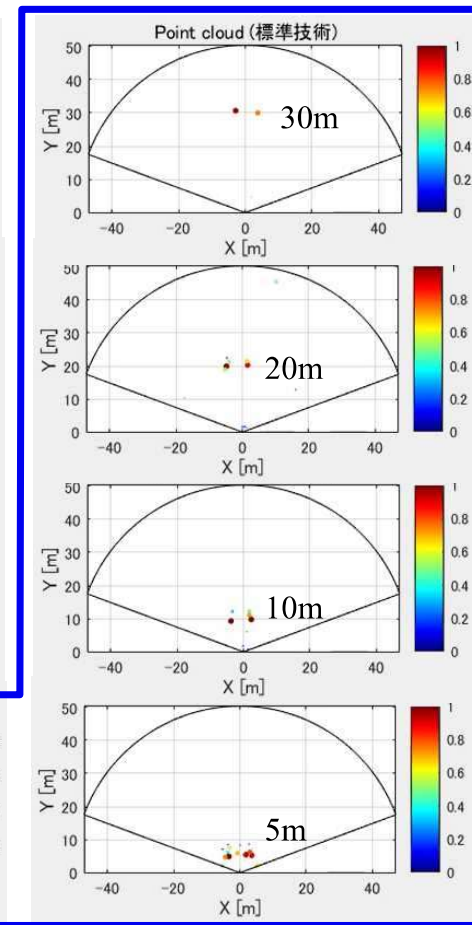


	アンテナ4本 (非MIMO)	アンテナ12本 (MIMO)
ビーム幅θ	34 deg	9.2 deg
最小L	5.4 m	33.5 m

理論から予想される距離L



非MIMOモード (アンテナ4本)

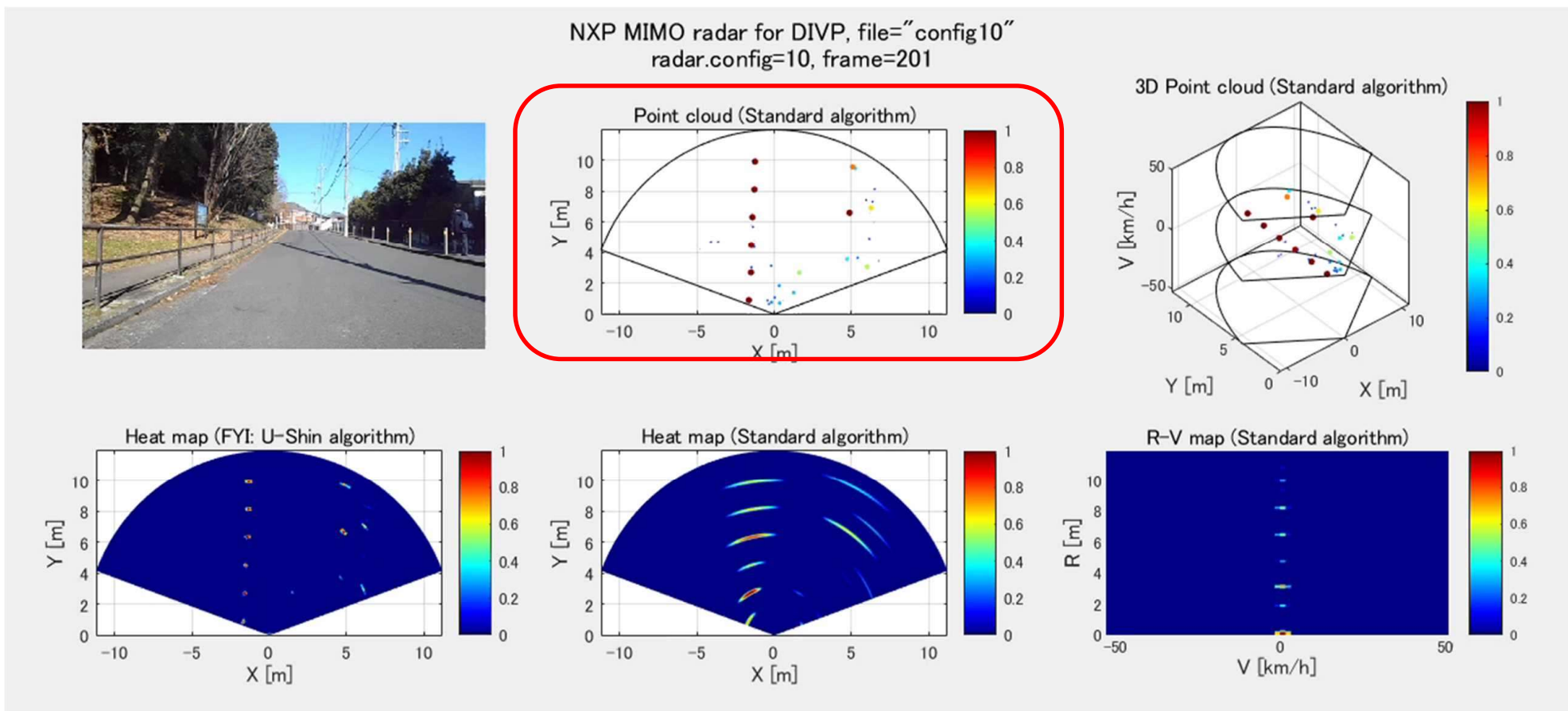


MIMOモード (アンテナ12本)

理論上は、物体間にビーム一本がすっぽり入り、ヌル点が生じる時のビーム幅を「方位分離性能」と呼ぶ。

複雑な市街地の実環境でも、レーダ画像の分解能向上を確認した。

無数の障害物が同時に映り込む市街地での実験結果

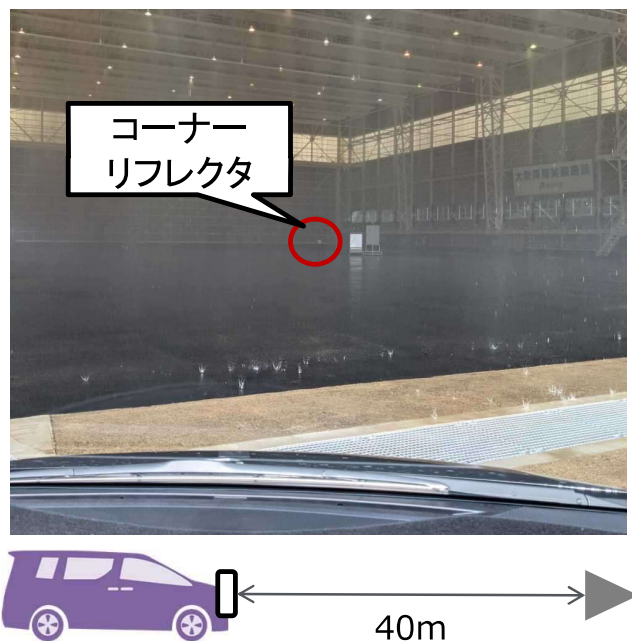


ミー散乱式による減衰モデルを用いて、雨滴粒形分布から雨による空間減衰量を推定した空間減衰量の推定値が誤差が20%以下で一致することを確認した

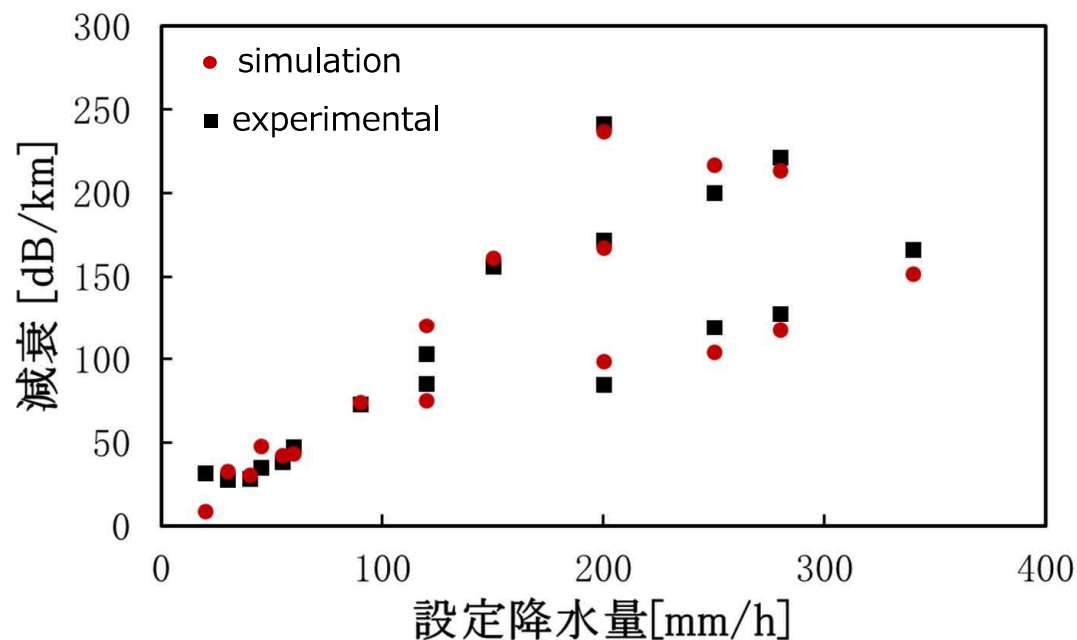
降雨減衰

SOKEN

Test environment



Test Results



降雨なし状態の反射強度との相対値を評価

ミリ波レーダの実測により、降雨によってRVマップ上にクラッタ(疑点)が発生することを確認した

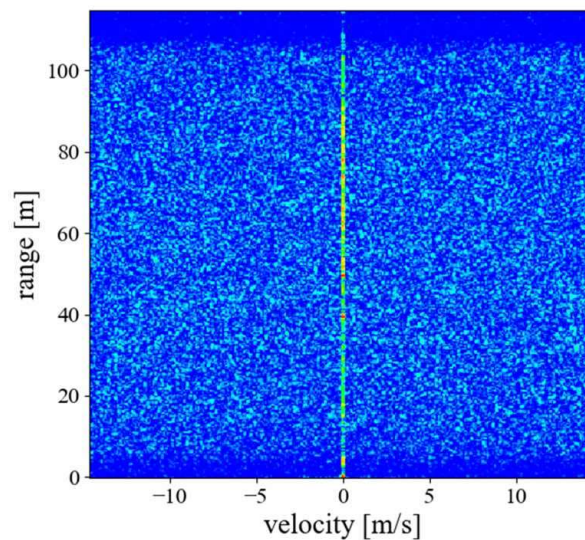
降雨散乱

SOKEN

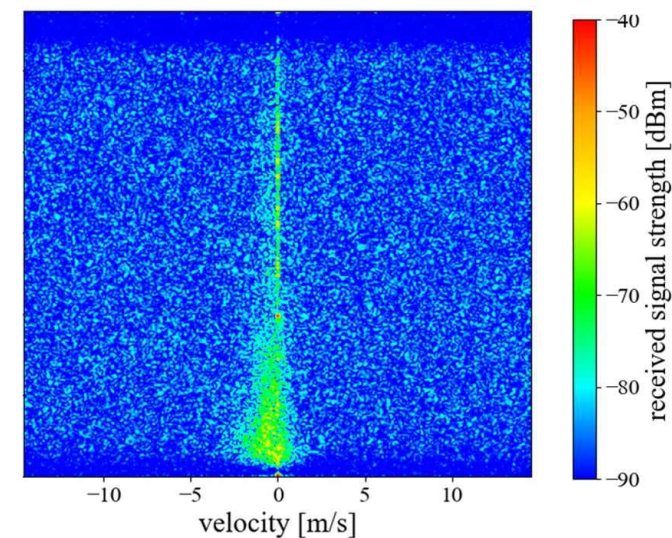
Test environment



Test Results



降雨無し



設定降水量
30mm/h

ミー散乱式を基とした散乱モデルを用い、雨滴粒形分布からクラッタ分布を推定 実測した降雨によるクラッタ分布とシミュレーションの一致性を確認した

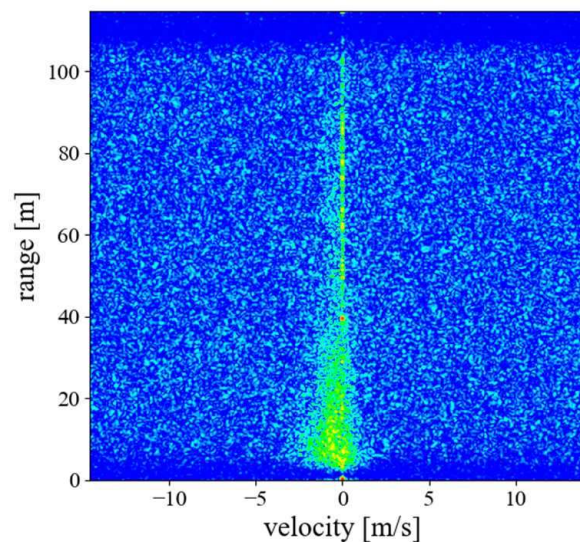
降雨散乱

SOKEN

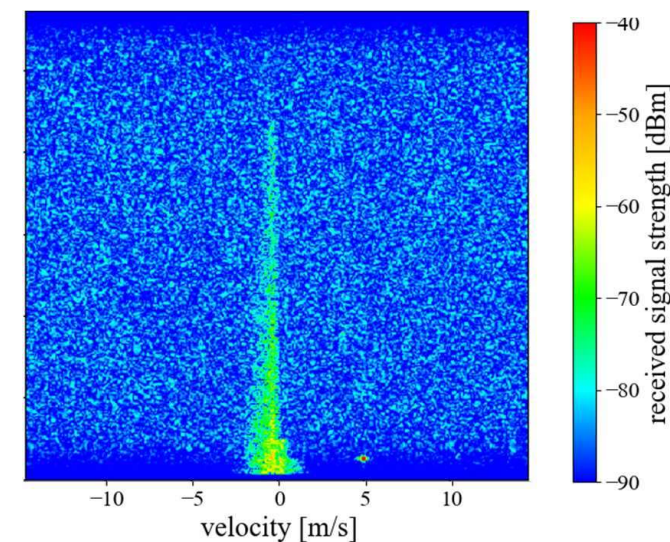
Test environment



Test Results



Simulation Results



設定降水量 30mm/h

ミリ波レーダモデルの一致性を確認し、残課題を抽出した

ミリ波レーダモデルの一致性確認結果

SOKEN

Nihon Unisys, Ltd

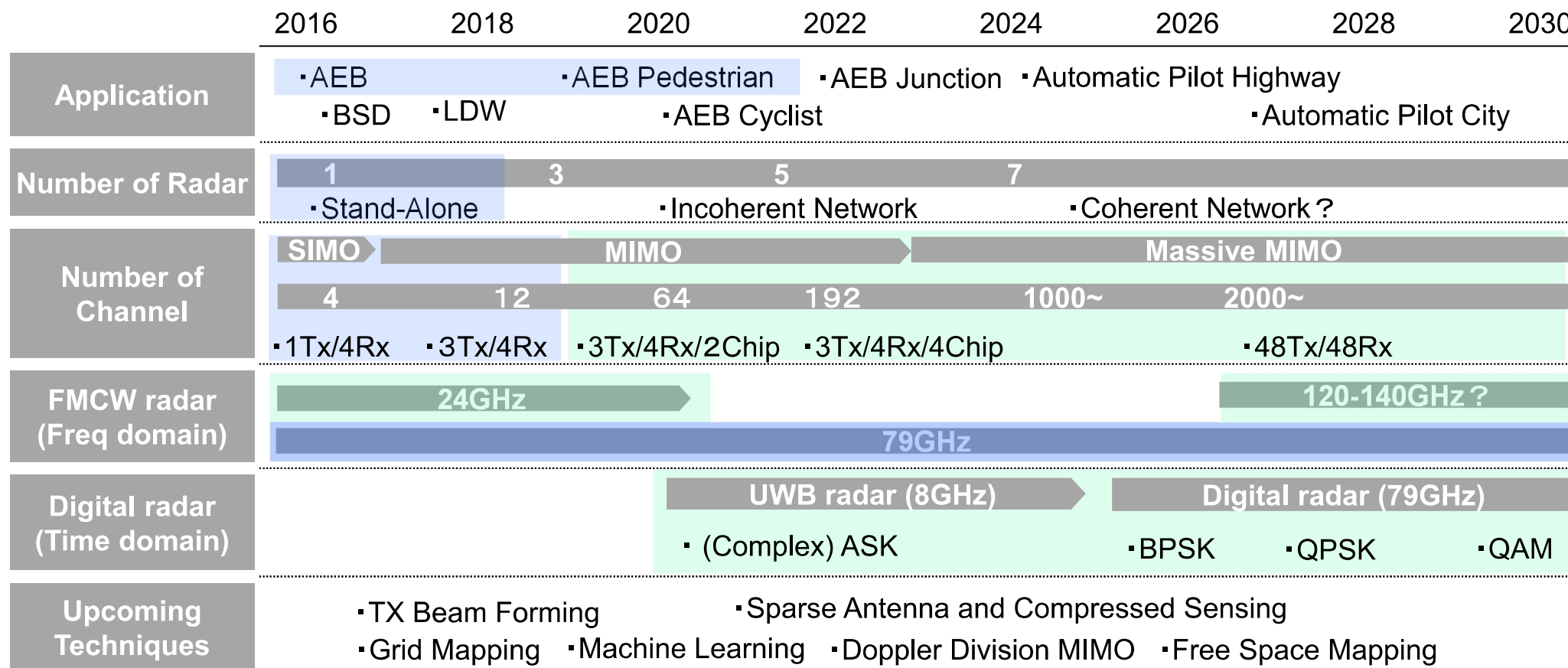


確認特性	確認項目	一致性を確認できた内容	現状の課題 → 対策案
<ul style="list-style-type: none"> ■ 反射強度 ■ 射点分布 	反射強度(RCS)の角度特性 反射点分布の角度特性	<ul style="list-style-type: none"> ■ 面内平均RCSの誤差3dB以下 ■ 反射点分布は距離誤差0.2m以下 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 詳細な角度特性の一致性 ■ 物標の遠方側の反射点の一致性 → マルチパス、ガラス透過などの考慮
<ul style="list-style-type: none"> ■ マルチパス 	受信信号強度の距離依存性	<ul style="list-style-type: none"> ■ ピークの発生位置の一致 ■ ピーク信号レベル誤差5dB以下 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 信号レベルの落ち込みの深さの一致性 → 路面の低仰角反射率見直し
<ul style="list-style-type: none"> ■ マイクロドップラー 	速度方向への信号強度分布	<ul style="list-style-type: none"> ■ 歩行者足振り、タイヤ回転によるマイクロドップラーパターンが概ね一致 	-
<ul style="list-style-type: none"> ■ 方位分離能 	アンテナ数による方位分離性能向上の確認	<ul style="list-style-type: none"> ■ MIMOによるアンテナ数増に伴い、ほぼ理論通りに方位分解能が向上 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 実験用レーダ(NXP)の性能限界のため、±50km/hまでしか位相補償が不可 → 一致性検証はこの範囲内で行う
<ul style="list-style-type: none"> ■ 降雨減衰 	降水量と減衰量の関係性	<ul style="list-style-type: none"> ■ 方位推定誤差は概ね一致 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自然界の雨での一致性検証
<ul style="list-style-type: none"> ■ 降雨散乱 	クラッタの発生分布	<ul style="list-style-type: none"> ■ クラッタの発生分布が概ね一致 	<ul style="list-style-type: none"> ■ XY分布での一致性検証

レーダ単体機能(チャンネル数、周波数、変調方式)は広い範囲でカバー可能とした複数レーダ間の干渉/同期、ADASアプリケーションの対応範囲を拡張していく

技術トレンド予想とDIVP®のカバー範囲

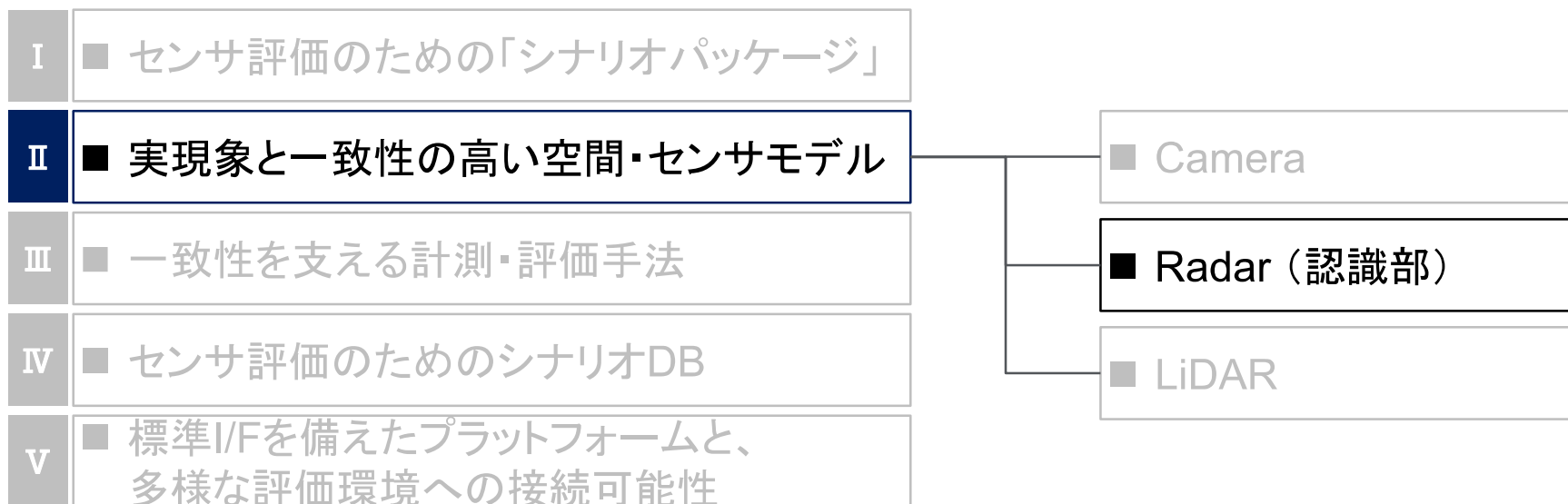
検証済み
 未検証(原理的には対応)



Source : SOKEN, INC, U-shin Ltd.

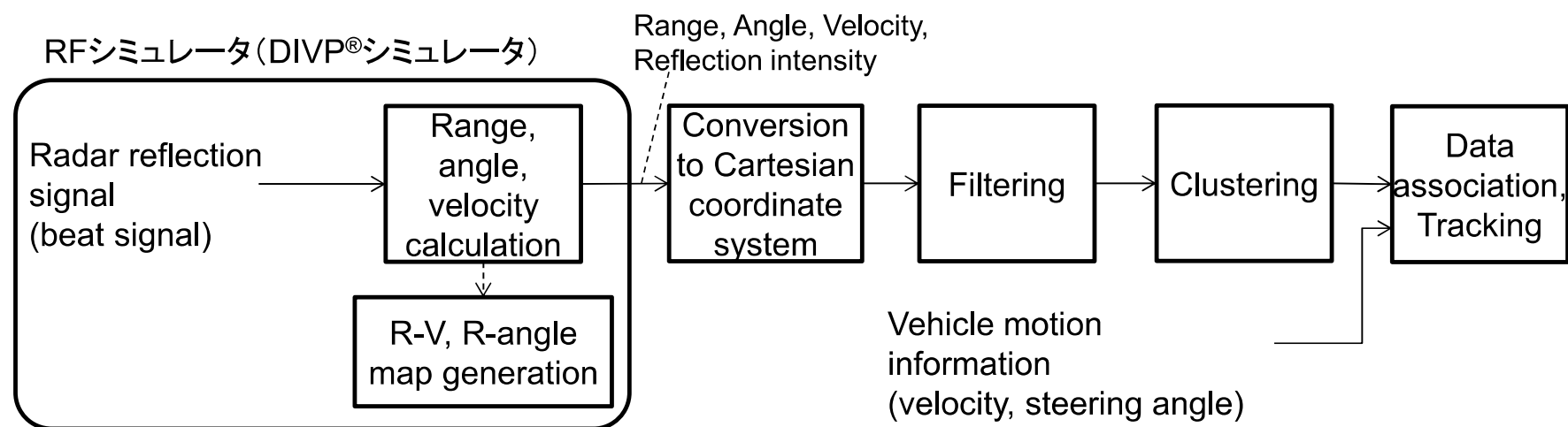


研究成果



シミュレータの出力を用いて、物体検出・追跡までを行うミリ波レーダ認識ロジックを構築

ミリ波レーダを用いた認識ロジック全体構成



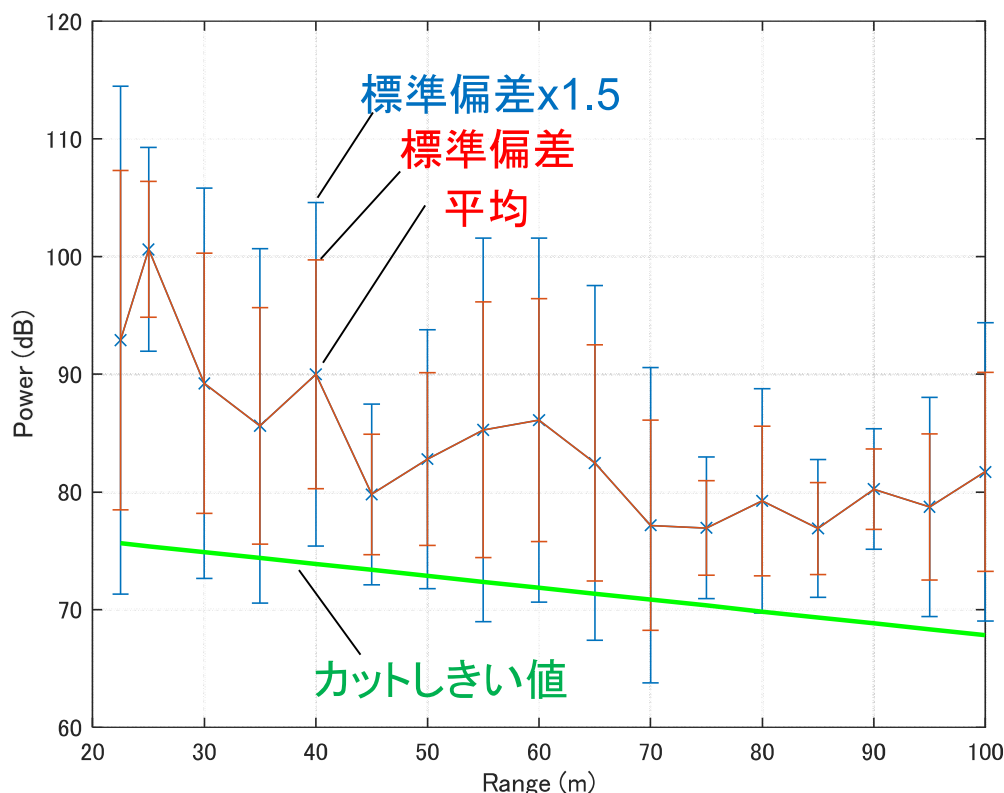
ミリ波レーダ認識ロジック全体構成

DIVP®シミュレータの出力を用いて、物体検出・追跡まで行うロジックを構築した。
本概要報告書では、クラスタリングとデータアソシエーション・トラッキングを抜粋して報告する。

反射強度によるノイズフィルタを統計的に設計



先行車とノイズの距離に対する反射点強度分布の解析



条件: Cut outシナリオ

- ・低反射強度点除去フィルタ
 - ー 反射強度の低い点を除去
 - ー 距離によってしきい値が変わるため
- 距離毎の先行車反射点群強度の平均と標準偏差から設定
⇒ 平均 - 1.5x標準偏差の回帰直線をしきい値に設定

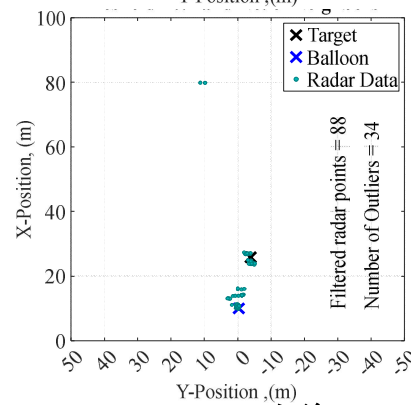
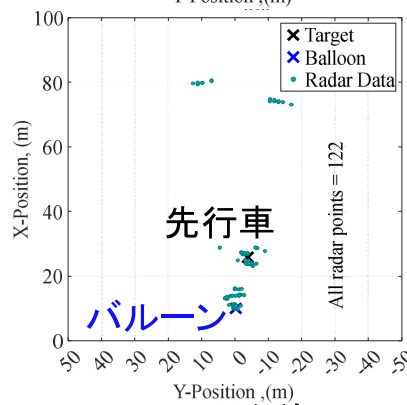
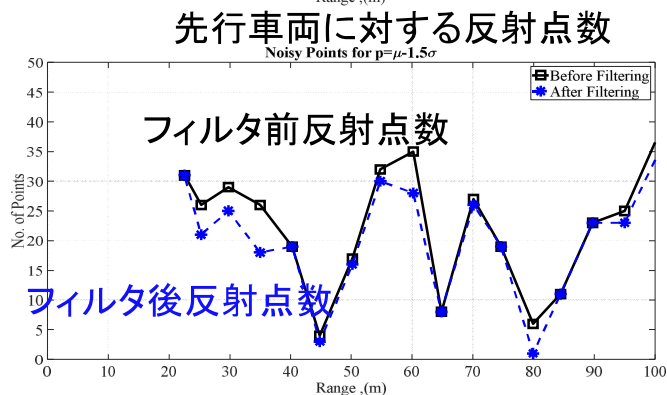
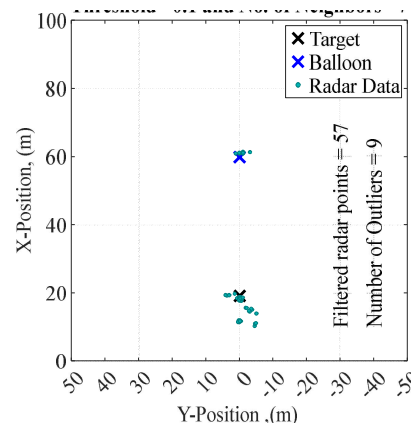
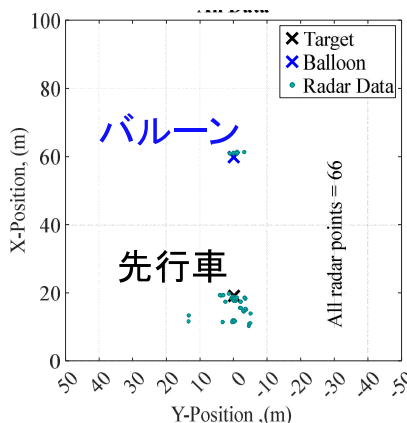
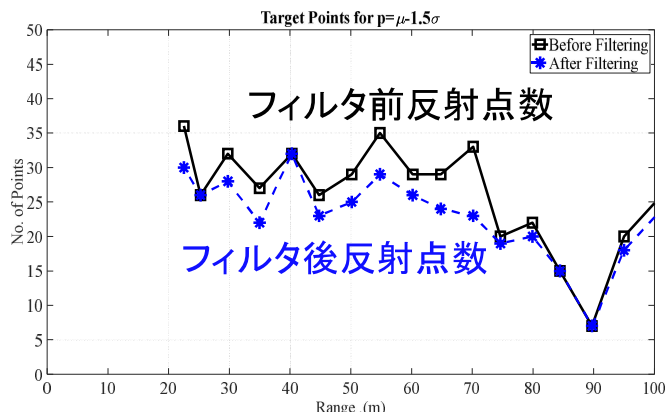
$$\text{カットしきい値} : \mu_p - 1.5 \sigma_p = -0.101 * range + 77.92$$

先行車の距離一点群反射強度(平均, 標準偏差)

反射強度によるノイズフィルタを統計的に設計



反射強度フィルタによるノイズ削減効果



先行車両以外(ノイズ)に対する反射点数
フィルタによる点数削減効果

フィルタ前
フィルタ後
ノイズ削減効果例

ノイズと検出対象物体の
反射強度が近いので
大きな効果は見られないが
統計的設計方法構築

クラスタリングロジックを距離に応じたパラメータ設定により最適化

距離適応型クラスタリングロジックの構築

距離可変パラメータDBSCAN創出

一定パラメータでは検出対象までの距離によって
クラスタリング性能が低下



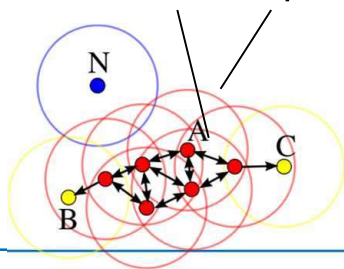
距離に応じてパラメータ可変

・ロジック

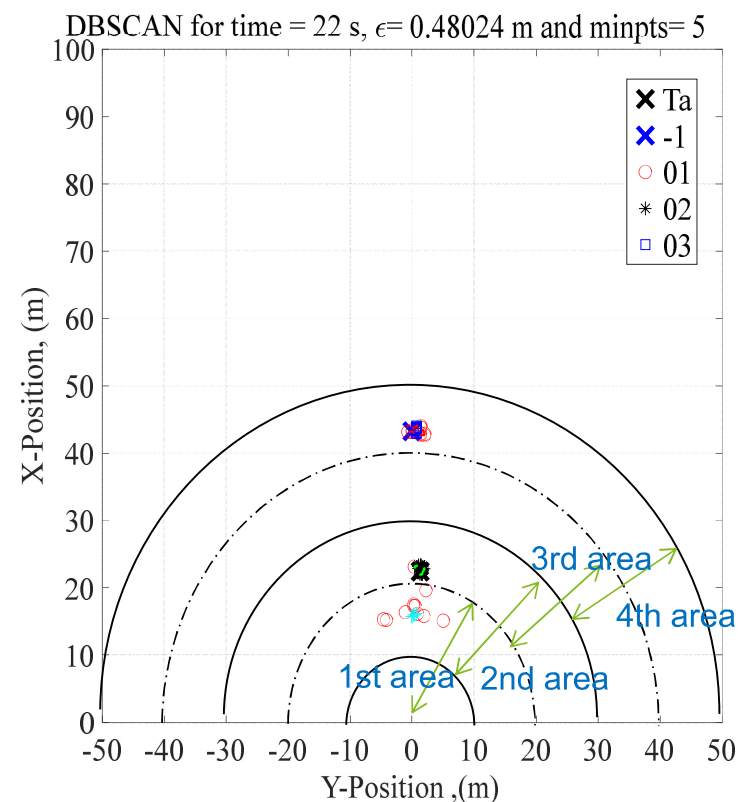
— 距離の領域を分割し、領域内の点群平均距離
に応じて

DBSCANのパラメータを設定
(重複領域は計算後統合)

DBSCANパラメータ: ϵ , Minpts



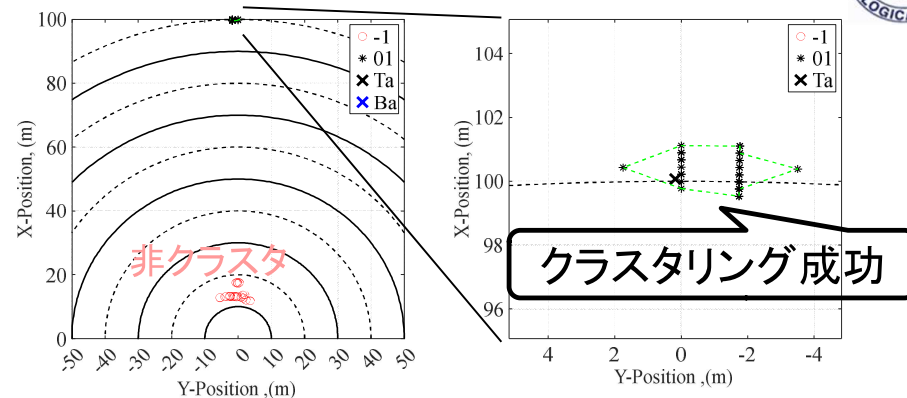
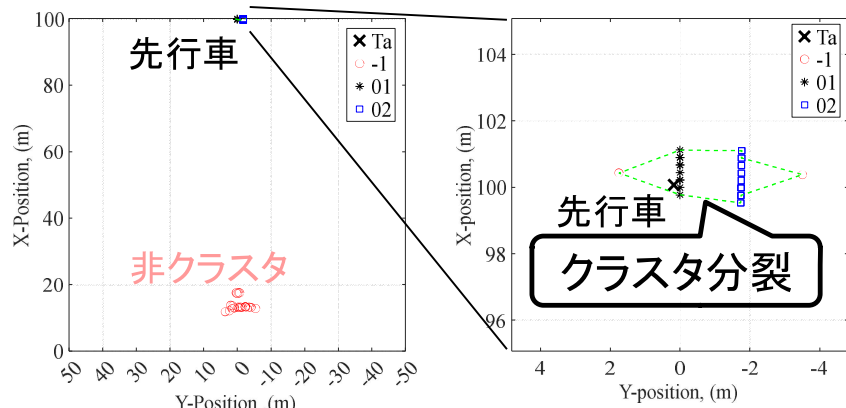
距離可変DBSCANパラメータの領域分割



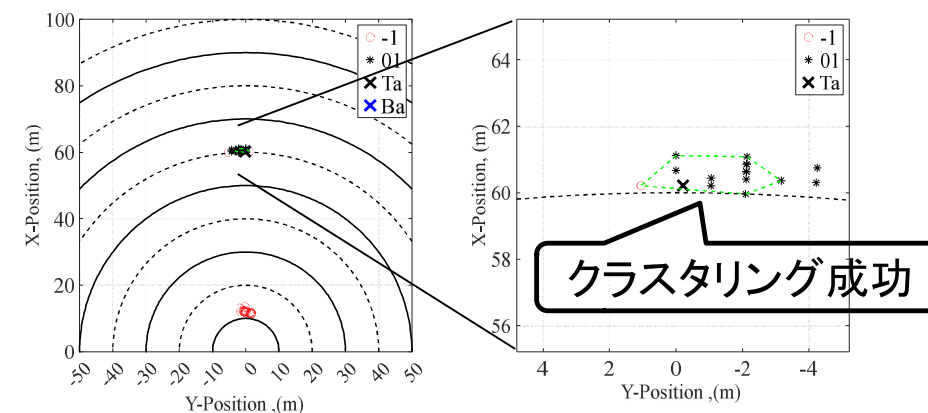
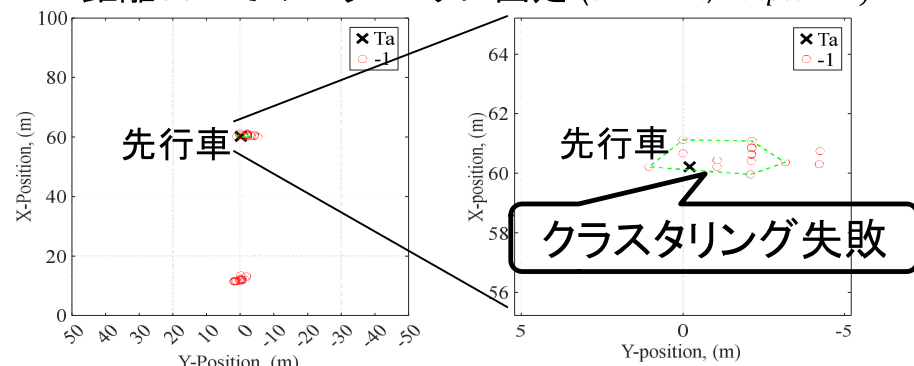
クラスタリングロジックを距離に応じたパラメータ設定により最適化



距離可変パラメータDBSCAN評価／固定パラメータ(従来技術)との比較



距離50mでのパラメータに固定 ($\epsilon = 1.4 m, Minpts = 9$)



距離20mでのパラメータに固定 ($\epsilon = 0.6 m, Minpts = 13$)

固定パラメータDBSCANの評価結果サンプル

距離可変パラメータDBSCANの評価結果サンプル

距離可変パラメータDBSCANにより全領域でクラスタ成功



各種トラッキングロジックを定量比較評価し、いずれもシミュレータデータで追跡できることを確認

データアソシエーション・トラッキングロジックの構築



各種技術調査を行い、以下のアルゴリズム候補を抽出
カットアウトシナリオにて各種組み合わせの定量比較評価実施

アルゴリズム	概要	長所	短所
GNN (Global Nearest Neighbor)	最も近傍の存在確率の高い点に対応付	・計算量が少ない ・簡単な状況では高性能	・物体が複数ある場合の最適性は保証されない
PDA (Probabilistic Data Association)	閾値内の対応確率を有する複数対応付候補を融合して選択	・GNNより計算量は多い	・ノイズが多い場合や複数物体が近傍にある場合は性能低下
MHT (Multi Hypothesis Tracking)	複数の対応関係を保持して追跡	・複数物体追跡で高性能	・計算量が多い

パラメータ

- ・物体モデル CV (Constant Velocity model)
IMM (interacting Multiple Model)
- ・追跡フィルタ KF (Kalman Filter)
EKF (Extended Kalman Filter)
UKF (Unscented Kalman Filter)

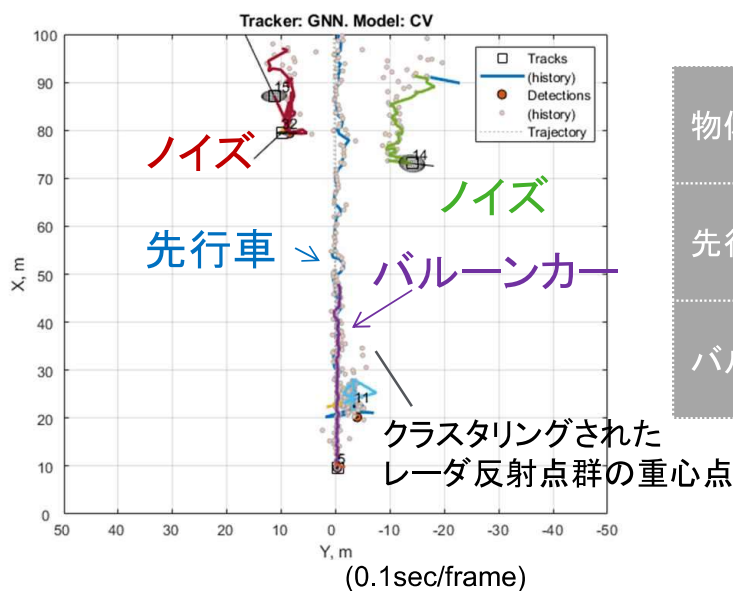
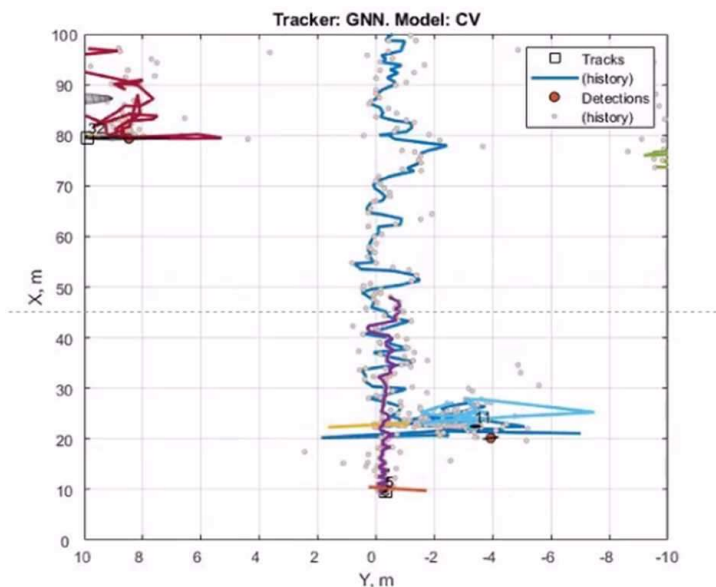
各種トラッキングロジックを定量比較評価し、いずれもシミュレータデータで追跡できることを確認

GNN・CVでのデータアソシエーション・トラッキング結果



カットアウトシナリオ検出対象物体追跡動画

カットアウトシナリオ検出対象物体軌跡(例)



追跡性能

物体	追跡不連続数	追跡長
先行車	1	225
バルーンカー	0	87

バルーンカー近接時の多数の干渉ノイズ発生時以外追跡ミス無し

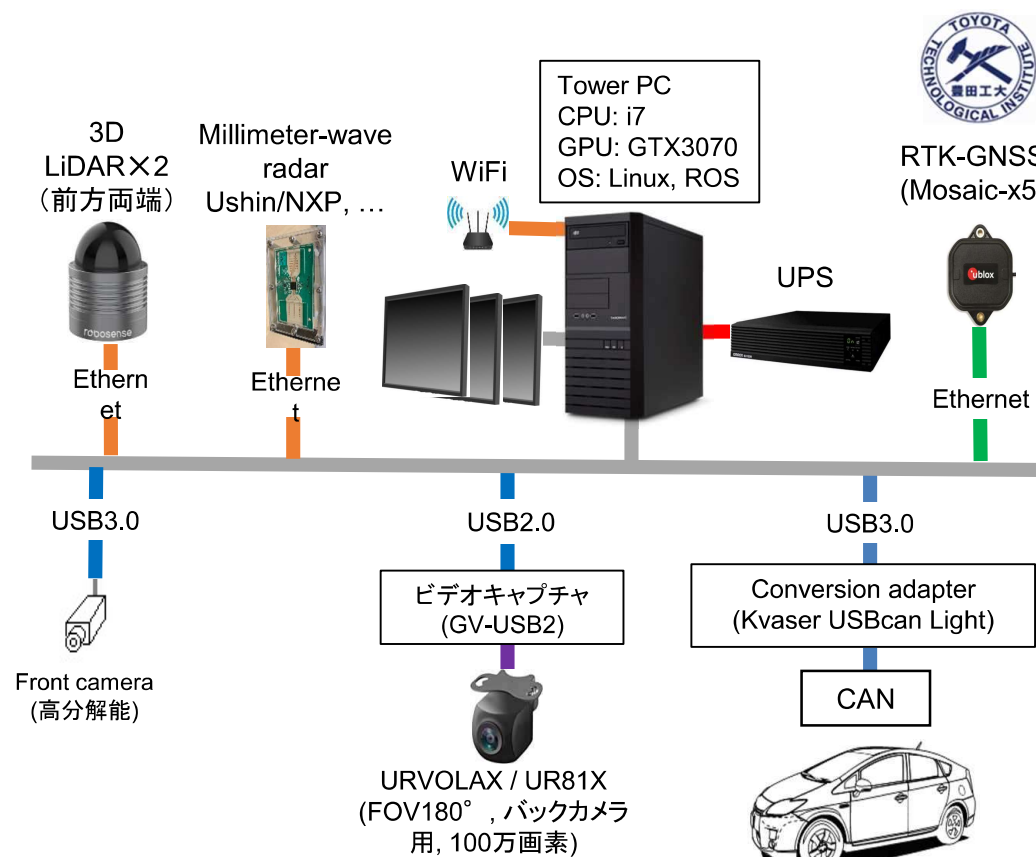
これらのロジックで対象物体を追跡可能であることを確認
 ただし、この単純なシナリオでは明確な差は出にくい
 ⇒今後、実環境シナリオで比較評価・改良を進める

ミリ波レーダ認識モデル構築のための実環境計測実験車を製作、 市街地シーンなど独自計測するためのミリ波レーダおよび参照センサデータ計測システム構築

ミリ波レーダ計測実験車とそのセンサ構成



実験車



計測システム構成

ミリ波レーダ認識モデル構築のための実環境計測実験車による計測ソフトを制作し、計測準備

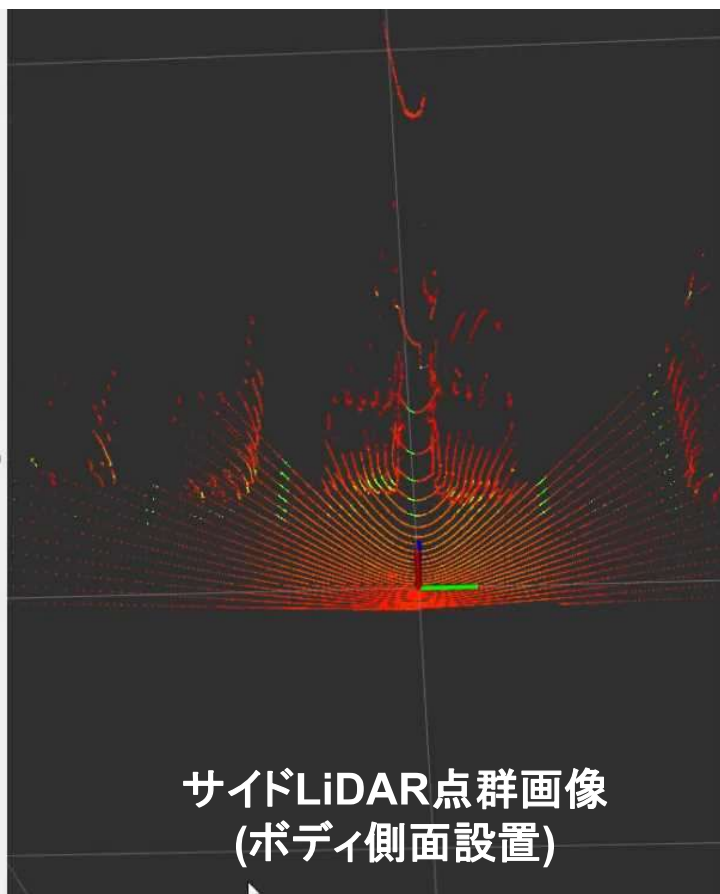
ミリ波レーダ計測実験車による計測データ表示例(駐車場シーン)



フロントカメラ画像



サイドカメラ画像
(サイドミラー下設置)

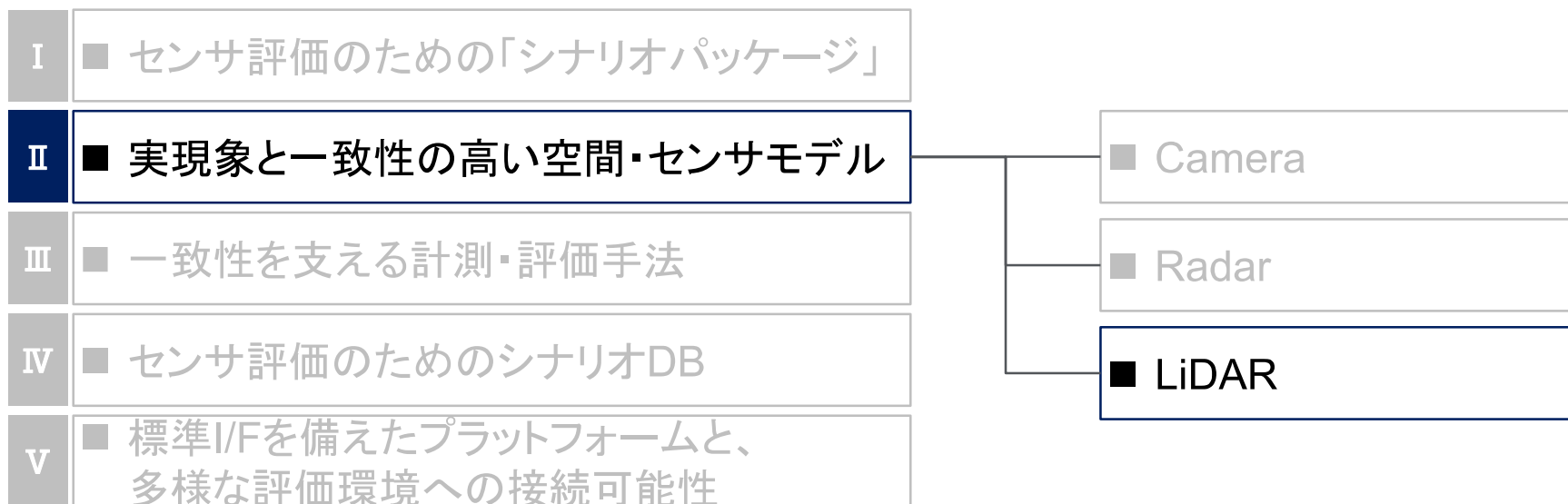


サイドLiDAR点群画像
(ボディ側面設置)

市街地シーンなど
3次元点群と周辺画像を
ROSベースで計測可能な
システムを構築

※現時点(2022/2/18)では天井の全
周囲LiDARとミリ波レーダの計測ソフトは制作・調整中
(完成予定:2022/2月中)

研究成果

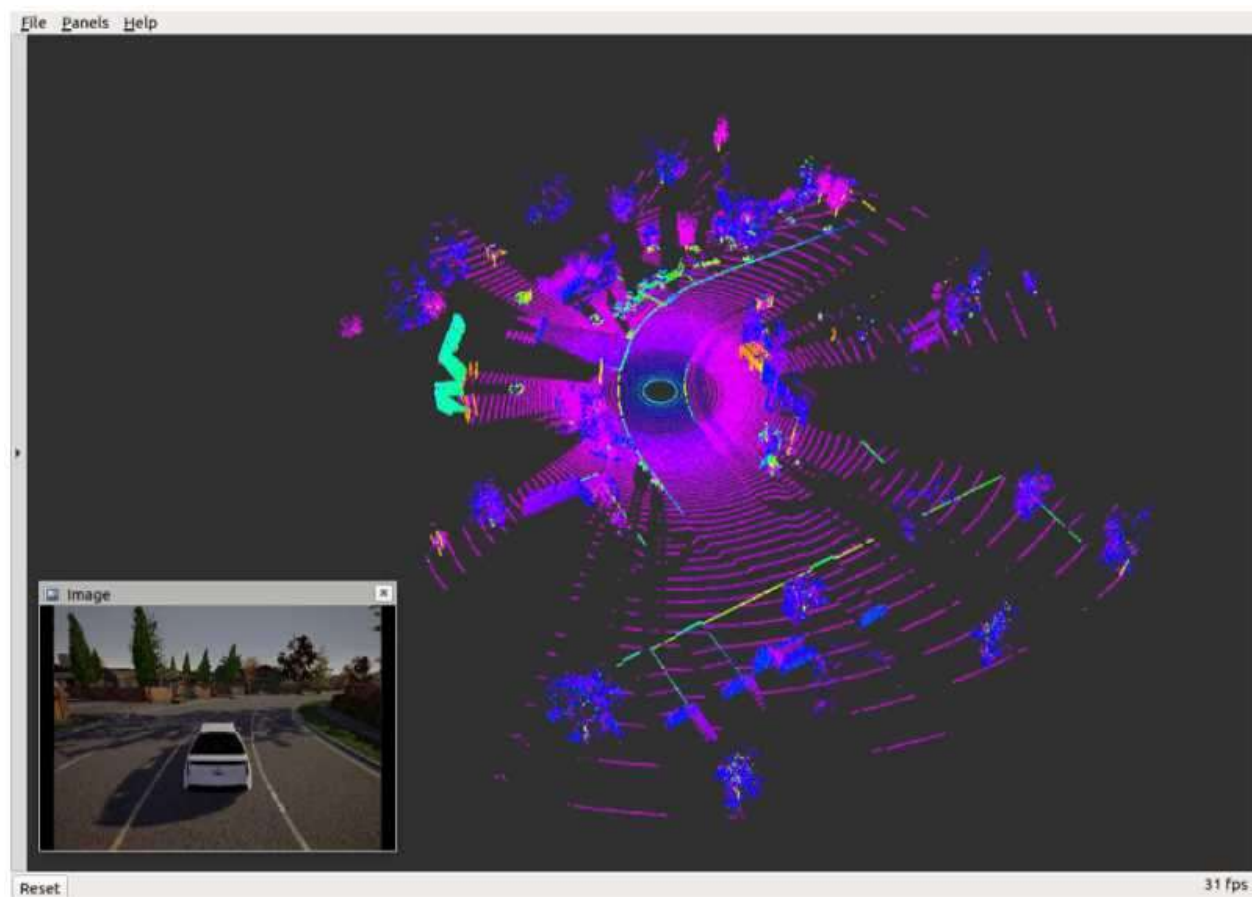


LiDAR Simでは高精度を保証しながら高速化を実現、一致性の高いシミュレーションが可能に

LiDARシミュレーション結果

Nihon Unisys, Ltd

Pioneer



Source : Nihon Unisys, Ltd

154 2021年度_研究成果報告

【LiDAR一致性検証】

各ステップで評価対象以外の誤差要因を極力排除することで効果的な一致性検証を実施

LiDAR一致性検証のプロセス

モデル化、不調の再現には物理現象の把握、解析が重要



Step	検証の目的	評価対象出力	評価パラメータ	評価指標
LiDARモデル一致性検証 (基本検証)	<ul style="list-style-type: none"> 環境モデル、空間伝搬モデル、シナリオに起因する誤差をできるだけ排除することで、LiDAR知覚モデル(走査モデル・測距モデル)の一致性を評価 	<ul style="list-style-type: none"> RXモデル出力 ※PSSI LiDARのみ 知覚モデル出力 	<ul style="list-style-type: none"> 受信信号の強度分布 ノイズの強度分布 角度 距離 強度 測距限界 	<ul style="list-style-type: none"> 形状・反射特性が既知である物標の各距離における強度分布、平均、分散の一致性 形状・反射特性が既知である物標の各距離におけるノイズの強度分布、平均、分散の一致性 垂直解像度(隣接ライン間仰角) 水平解像度(水平方向隣接点間方位角)の一致性 形状・反射特性が既知である物標の各距離における精度、確度の一致性 形状、反射特性が既知であるターゲットの検出確率の一致性
環境モデル+LiDARモデル一致性検証	<ul style="list-style-type: none"> 空間伝搬モデル、シナリオに起因する誤差をできるだけ排除することで、環境モデル、LiDAR知覚モデル(走査モデル・測距モデル)の一致性を評価 	<ul style="list-style-type: none"> 知覚モデル出力 	<ul style="list-style-type: none"> ターゲットまでの距離 ターゲットに当たる点数 ターゲットのサイズ ターゲット点群の強度 	<ul style="list-style-type: none"> 距離の精度、確度の一致性 点数の一致性 物体サイズの一致性 強度分布の一致性
認識モデル出力への影響評価	<ul style="list-style-type: none"> 知覚モデル出力点群と実機LiDARの出力点群の差分が認識モデル出力に与える影響を評価 	<ul style="list-style-type: none"> 認識モデル出力 	<ul style="list-style-type: none"> 遠距離検出限界 	<ul style="list-style-type: none"> ターゲットの検出確率
不調再現検証	<ul style="list-style-type: none"> 降雨影響確認、降雨の不調再現、一致性評価 降雪影響確認、降雨の不調再現、一致性評価 	<ul style="list-style-type: none"> 知覚モデル出力 空間減衰モデル 	<ul style="list-style-type: none"> ターゲットに当たる点数 ターゲット点群の強度 	<ul style="list-style-type: none"> 点数の一致性 強度分布の一致性
拡張性検証	<ul style="list-style-type: none"> 高反射路面影響確認、不調再現、一致性評価 	<ul style="list-style-type: none"> 知覚モデル出力 	<ul style="list-style-type: none"> 白線点群の点数 白線点群の強度比 	<ul style="list-style-type: none"> 点数の一致性 強度比の一致性

Source : PIONEER CORPORATION



昨年度の課題であった外乱光有での計測手法や反射特性に指向性のある素材の影響の課題の対応を実施、不調再現検証では降雨減衰をモデル化を実施した。次年度活動で更に不調再現検証を進める

一 致 性 検 証 の ま と め と 課 題

Pioneer

評価項目	PSSI LiDAR
■ LiDAR知覚モデル一 致 性 検 証	
■ 受信光のピークレベル	○
■ ノイズレベル	○ ※1
■ 角度	○
■ 距離	○
■ 強度	○
■ 遠距離測距限界	○
■ 環境モデル+LiDAR知覚モデル一 致 性 検 証	
■ ターゲットサイズ	○ ※2
■ ターゲットまでの最短距離	未実施
■ ターゲットに当たる点数	○
■ ターゲット点群の強度分布	○
■ 認識モデル出力への影響評価	
■ ターゲットの遠距離検出限界	○ ※3
■ 不調再現検証	
■ 降雨減衰	○
■ 降雨偽点	取組中
■ 雪による影響	未実施

■ 昨年度からのUpdate分

※1 外乱光有・計測手法の課題を解決済

※2 AEB NCAP、ALKS評価を実施。ALKSの一致性には課題あり

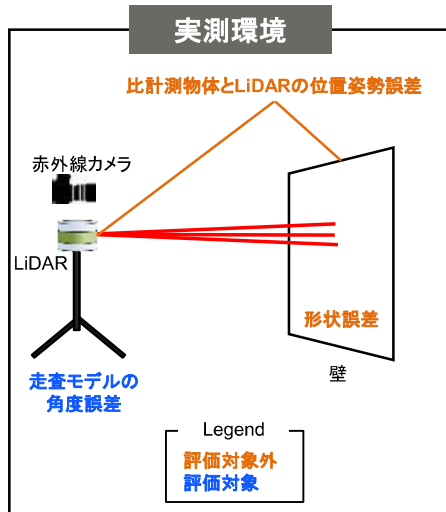
※3 黒革ジャケット等、反射特性に指向性のある素材の影響について、代替評価を実施して一致性の改善を確認

【基本検証:PSSI-LiDARの走査角度の一致性検証】 水平解像度及び垂直解像度の走査角度の一致性を確認した

PSSI-LiDARの走査角度の一致性検証

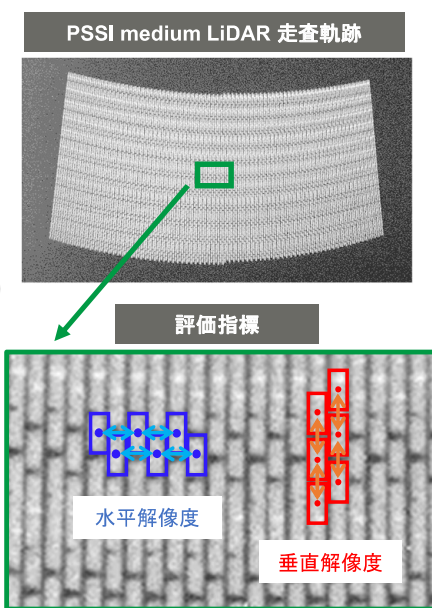


検証環境

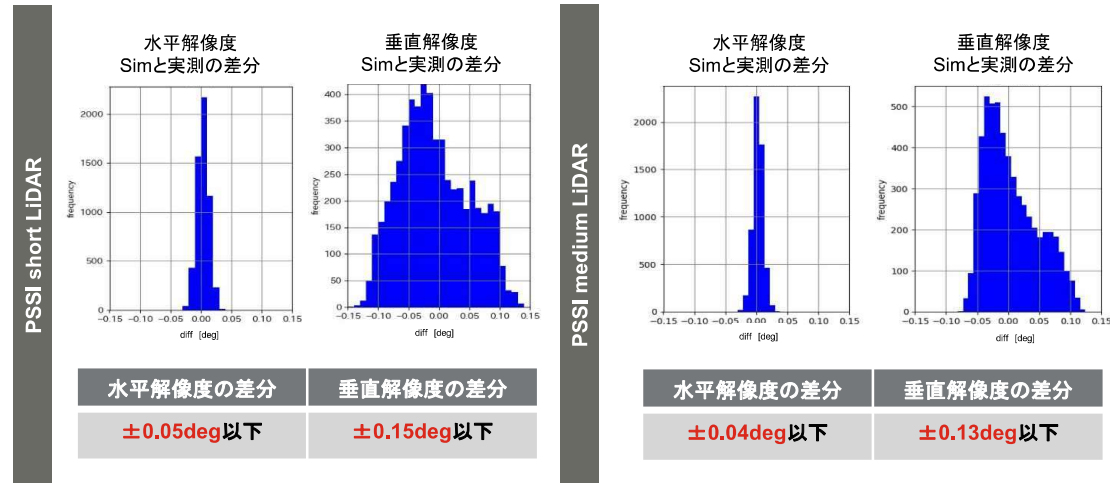


平面にビームを投影させて赤外線カメラで解像度を計測する。

取得データ/評価指標



走査角度の一致性検証 水平解像度及び垂直解像度のsimと実測の差分



■ PSSI-LiDAR走査部(MEMSミラー)の駆動方式

- ✓ 水平走査 ⇒ 共振駆動 ⇒ 安定的に振動する
- ✓ 垂直走査 ⇒ 電氣的なのごり波 ⇒ 電気回路ノイズの影響を受ける可能性がある

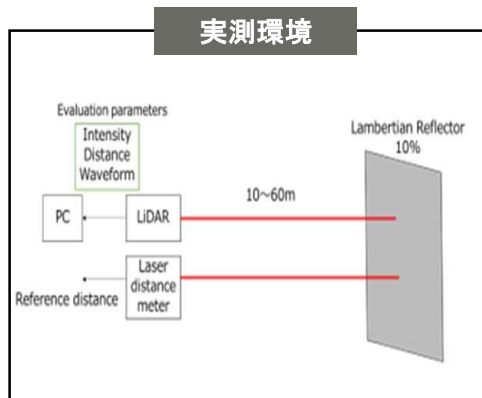
水平方向と垂直方向で解像度の差分に差異はあるが問題ないレベルであり、一致性があると判断する

【基本検証:PSSI-medium-LiDARの知覚モデル一貫性検証_背景光なし】 知覚モデル(受信波形・点群)の十分な一貫性を確認した

背景光なし条件でのPSSI-medium-LiDARの一貫性検証



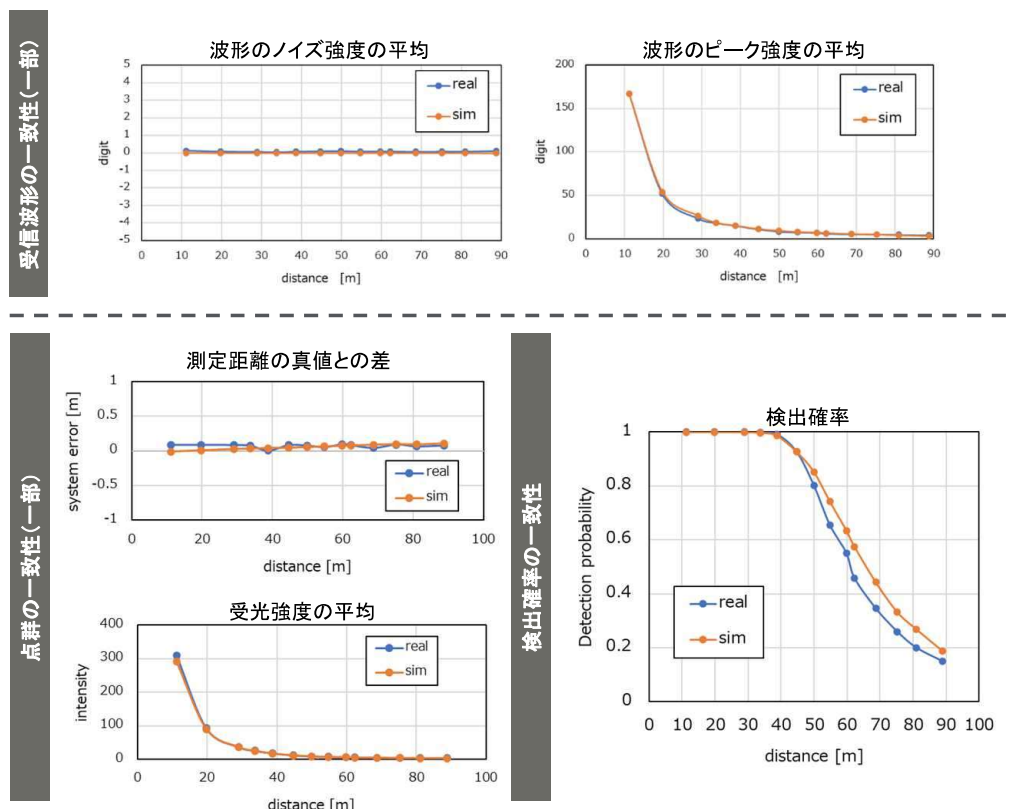
検証環境



■ LiDARとLambertian反射体の距離を変えて計測する。

PSSI-medium-LiDARの知覚モデル一貫性評価 背景光なし

評価指標	一貫性
受信信号波形のピーク強度の平均・分散	十分な一貫性を確認
受信ノイズ波形強度の平均・分散の一貫性	十分な一貫性を確認
点群の測距距離及び強度の平均・分散の一貫性	十分な一貫性を確認
検出確率の一貫性	十分な一貫性を確認



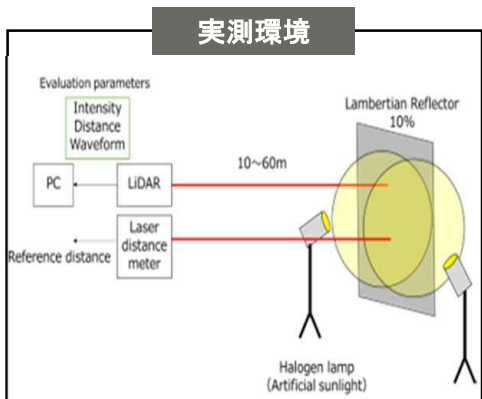
【基本検証:PSSI-medium-LiDARの知覚モデル一貫性検証_背景光あり】 知覚モデル(受信波形・点群)の十分な一貫性を確認した

背景光あり条件でのPSSI-medium-LiDARの一貫性検証



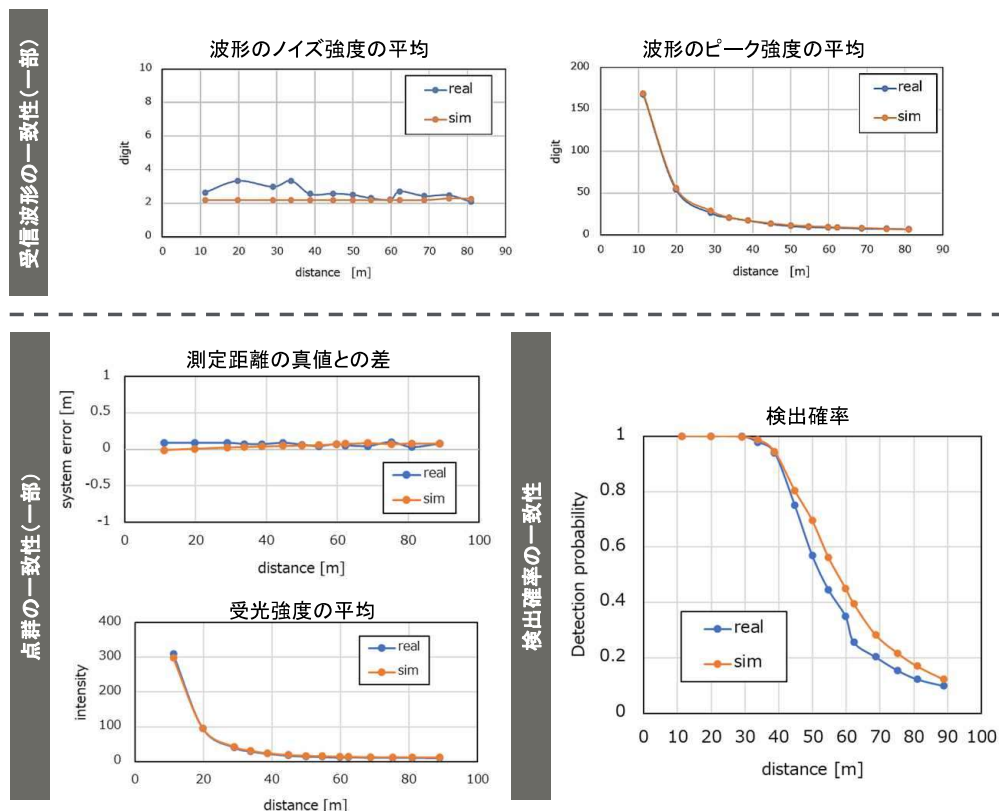
検証環境

PSSI-medium-LiDARの知覚モデル一貫性評価 背景光あり



- LiDARとLambertian反射体の距離を変えて計測する。
- 背景光は疑似太陽光としてハロゲンランプを使用する。

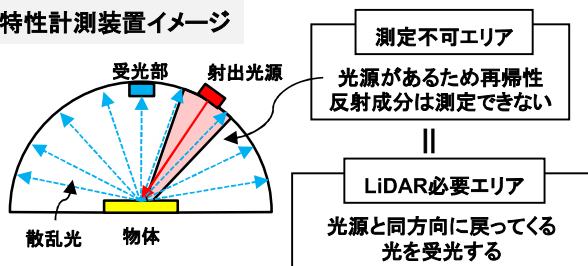
評価指標	一貫性
受信信号波形のピーク強度の平均・分散	十分な一貫性を確認
受信ノイズ波形強度の平均・分散の一貫性	十分な一貫性を確認
点群の測距距離及び強度の平均・分散の一貫性	十分な一貫性を確認
検出確率の一貫性	十分な一貫性を確認



【反射特性に指向性を有する物体の一致性改善】 反射モデルの補間方法を改定することで受光強度の一致性が改善した

反射特性に指向性を有する物体の反射モデルの改定 背景

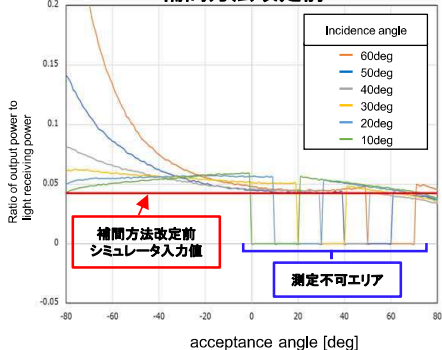
反射特性計測装置イメージ



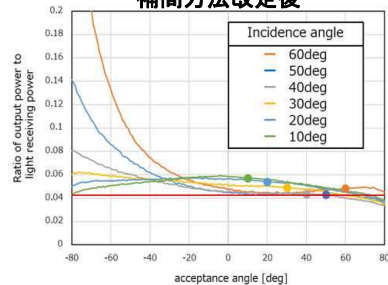
- 反射モデル作成のための計測では再帰性部分が計測できないため補間した値を用いる
- 現状の補間方法では実際の物体にある**反射特性の指向性が再現されない**

- 反射特性に指向性を有する物体の1つとしてステンボードを用いた

補間方法改定前



補間方法改定後

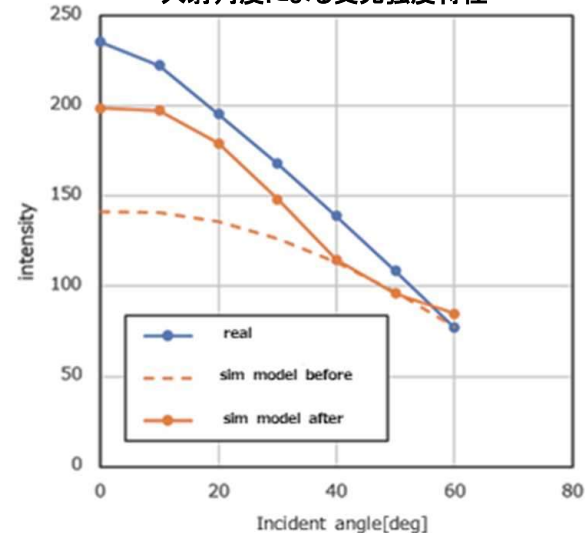


測定不可エリアを線形補間する

Pioneer SOKEN

反射特性に指向性を有する物体の受光強度の改善

ステンボード反射率10%
入射角度による受光強度特性



改定した反射モデルでは実測の指向性を有する反射特性を再現できた
それにより受光強度が改善することを確認できた

【高反射物体の強度の一致性評価】

高反射物体の反射モデルの校正体の違いによる受光強度の一致性を評価している

高反射物体の受光強度の一致性評価

Pioneer SOKEN

背景

- 高い反射率を有する物体の受光強度の一致性に差異が生じることが確認されている



反射モデル作成時の測定に使用する校正体を変更し、一致性が向上するか検証する。

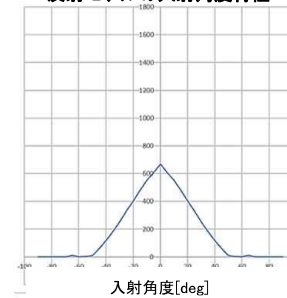
<反射モデル>

- ① 反射率の低いランバートを校正に用いた反射モデル
- ② 反射率の高い再帰性反射材を校正に用いた反射モデル

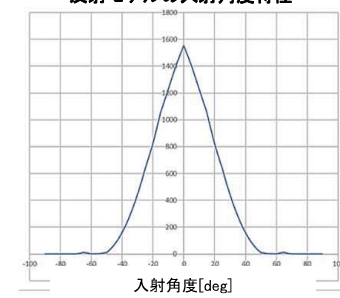
高反射物体の受光強度の一致性評価（評価継続中）

反射特性モデル

①ランバートを校正体とした反射モデルの入射角度特性



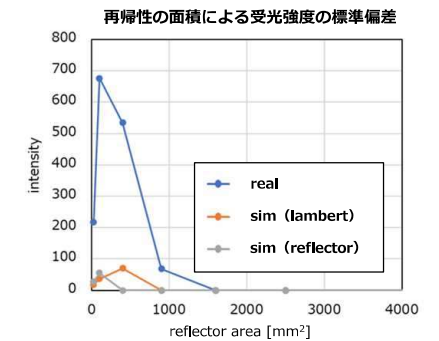
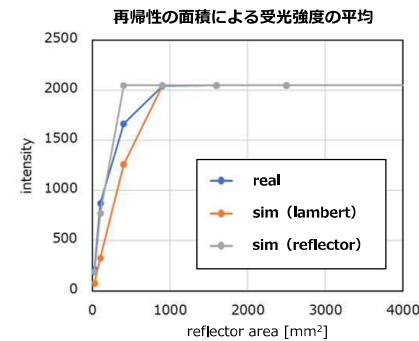
②再帰性反射材を校正体とした反射モデルの入射角度特性



正対時の反射率が①より②の方が2.3倍強くなる反射モデルである。

強度の一致性評価

- 再帰性反射材の面積による受光強度の平均と標準偏差を評価指標とする。



【NCAP一致性検証: 直線接近シナリオ (ターゲット: 車両(プリウス)、NCAP歩行者、NCAP自転車)】

ターゲットの位置、サイズ(奥行方向、左右方向)について一致性を確認した **Pioneer SOKEN** 

ターゲットの位置(奥行方向・左右方向)、サイズ(奥行方向・左右方向)を実測とシミュレーションで比較



◆位置

・実測とSimulationで一致性を確認。差分は最大1m

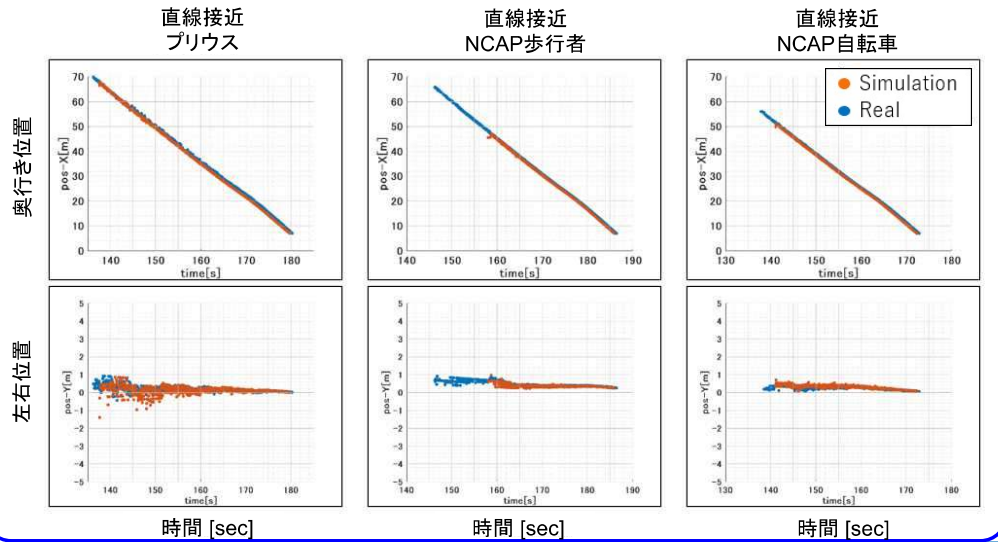
◆サイズ

・歩行者: 実測とSimulationの一致性を確認

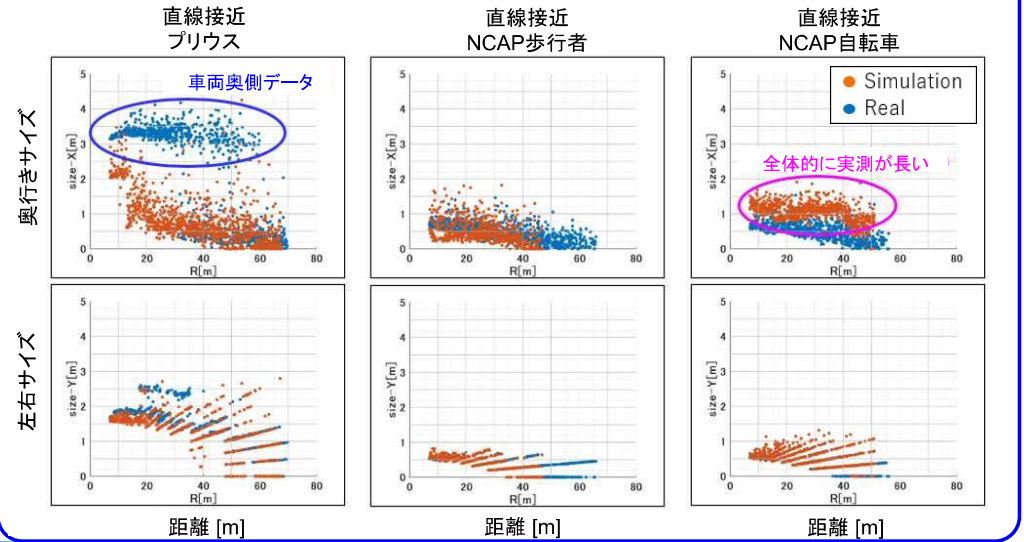
・車両, 自転車:

実測の方が奥行きサイズが長い、理由は後述する

ターゲットの位置



ターゲットのサイズ



【NCAP一致性検証: AEB NCAPシナリオ (歩行者横断、自転車追従、車影飛び出し)】

ターゲットの位置、サイズ(奥行き方向、左右方向)について一致性を確認した

Pioneer SOKEN

神奈川工科大学

ターゲットの位置(奥行き方向・左右方向)、サイズ(奥行き方向・左右方向)を実測とシミュレーションで比較



◆位置

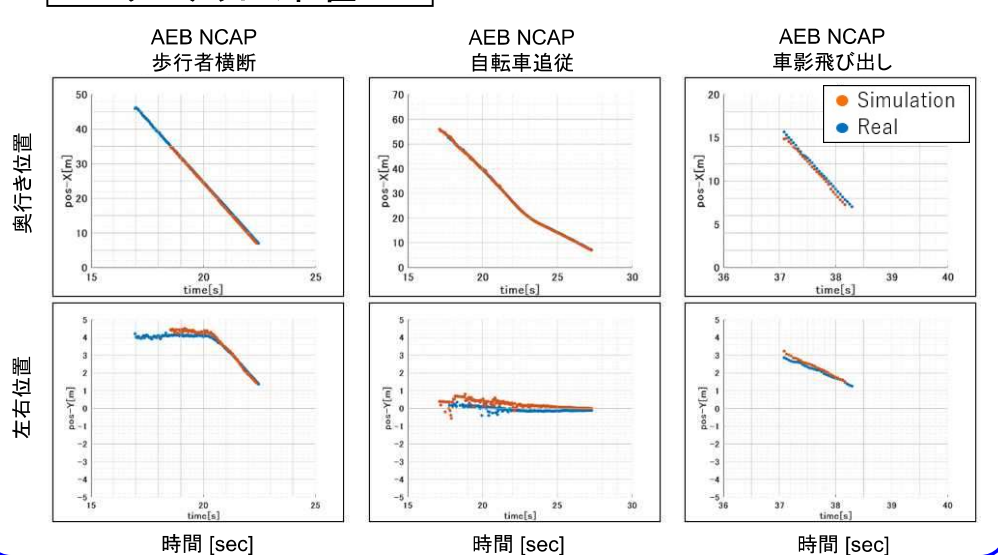
・実測とSimulationで一致性を確認。差分は最大1m

◆サイズ

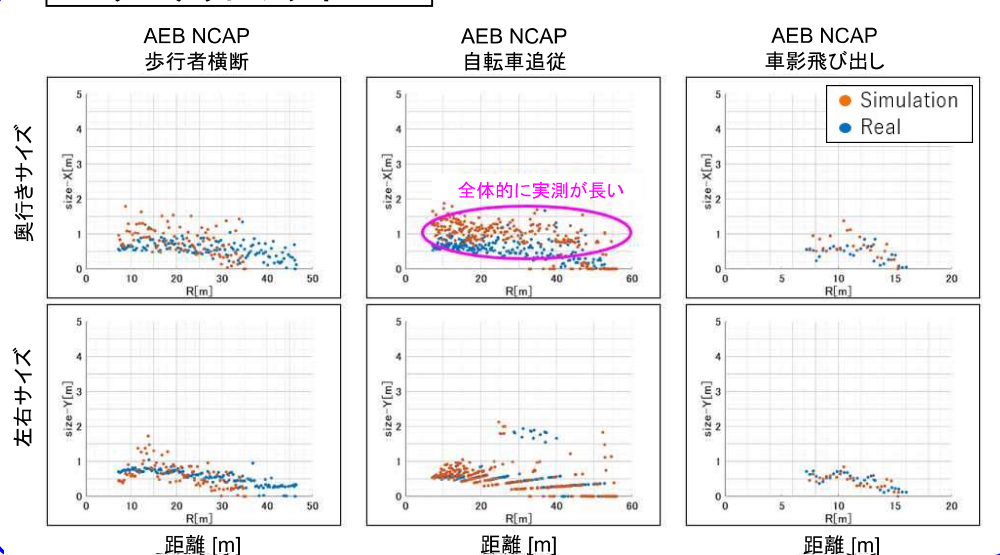
・歩行者横断, 車影飛び出し: 実測とSimulationの一致性を確認

・自転車: 実測の方が奥行きサイズが長い。理由は後述

ターゲットの位置



ターゲットのサイズ



Source: PIONEER CORPORATION, SOKEN, INC, Kanagawa Institute of Technology



【NCAP一致性検証：直線接近シナリオ、AEB NCAPシナリオ】

直線接近、AEB NCAPシナリオにおける実測とシミュレーションの差異理由を確認した

差異のあったシナリオについて車両の点群、自転車の点群を確認

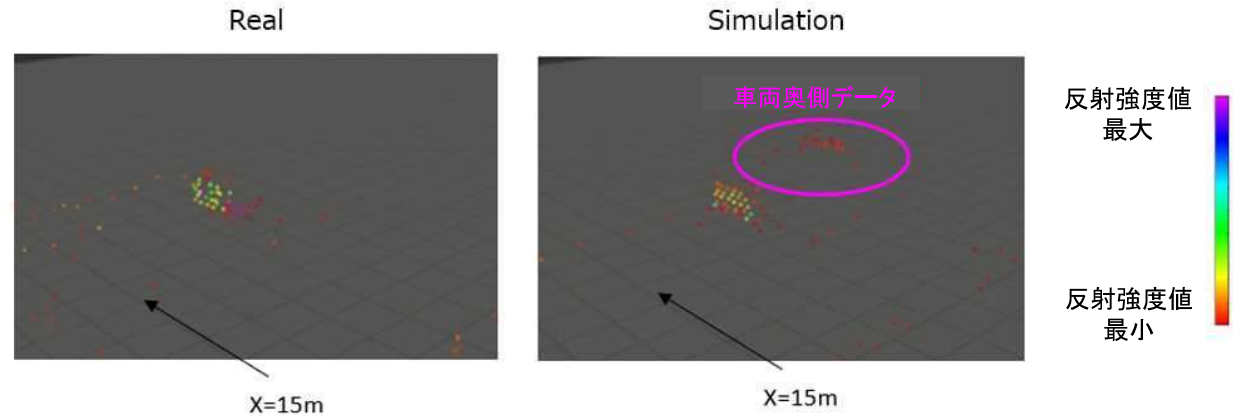
Pioneer

SOKEN

神奈川工科大学
KANAGAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

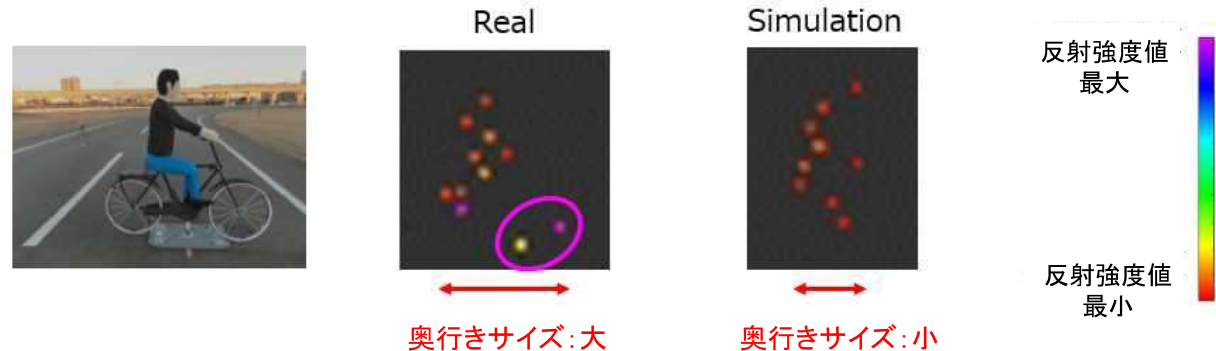
【車両】

- Simulationでは実測に存在しない車両奥側の点群データが存在する。そのため車両奥行き方向のサイズが大きくなっている
- Simulationで用いた車両モデルが実測時と異なり、リアガラス透過率100%の車両モデルを使用していたためと想定する



【自転車】

- 実測では自転車の前部に反射強度が大きいデータが観測される（金属等が想定される）
- その結果、Simulationに比べ実測の奥行き方向サイズが大きくなったと考える



【NCAP一致性検証: ALKS Cut-Inシナリオ】

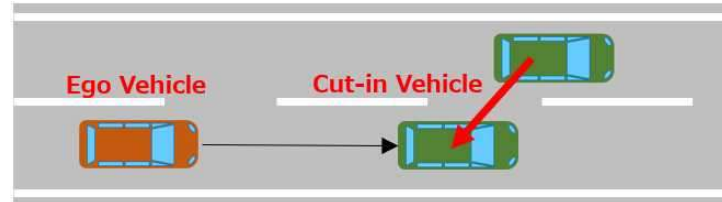
前方にCut-Inしてくる車両の位置(奥行方向・左右方向)についての一貫性を検証した

Cut-In車両の位置(奥行方向・左右方向)を実測とシミュレーションで比較

Pioneer

SOKEN

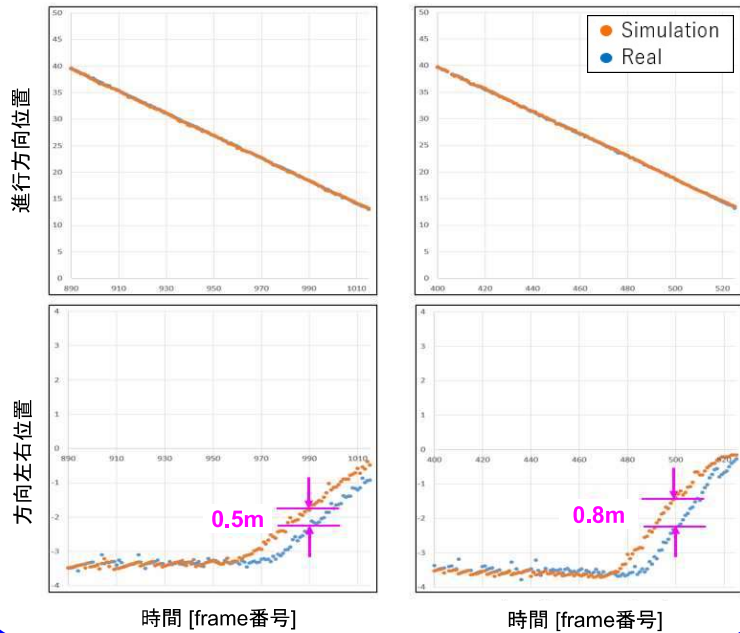
神奈川工科大学
KANAGAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY



実験2-1-1: Cut-In車両の位置

条件1

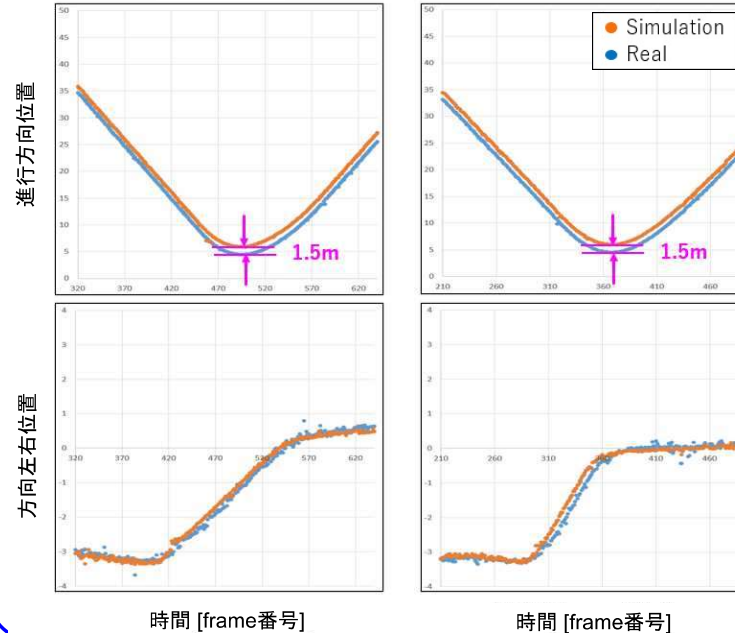
条件2



実験2-1-2: Cut-In車両の位置

条件1

条件2



◆実験2-1-1 Cut-In車両位置

- ・進行方向: 一致
- ・左右方向: 0.5~0.8m程度の差異

◆実験2-1-2 Cut-In車両位置

- ・進行方向: 1.5m程度の差異
- ・左右方向: 一致

【NCAP一致性検証: ALKS Cut-Outシナリオ】

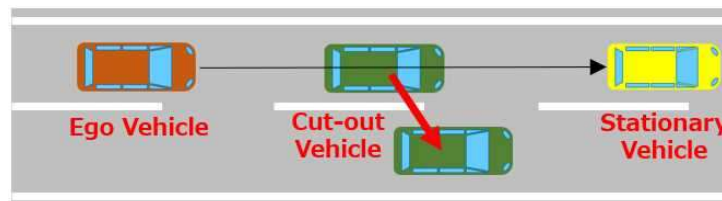
Cut-Outする車両、前方に現れる停止車両の位置(奥行・左右)についての一致性を検証した

Cut-Out車両、前方停止車両の位置
(奥行方向・左右方向)を実測と
シミュレーションで比較

Pioneer

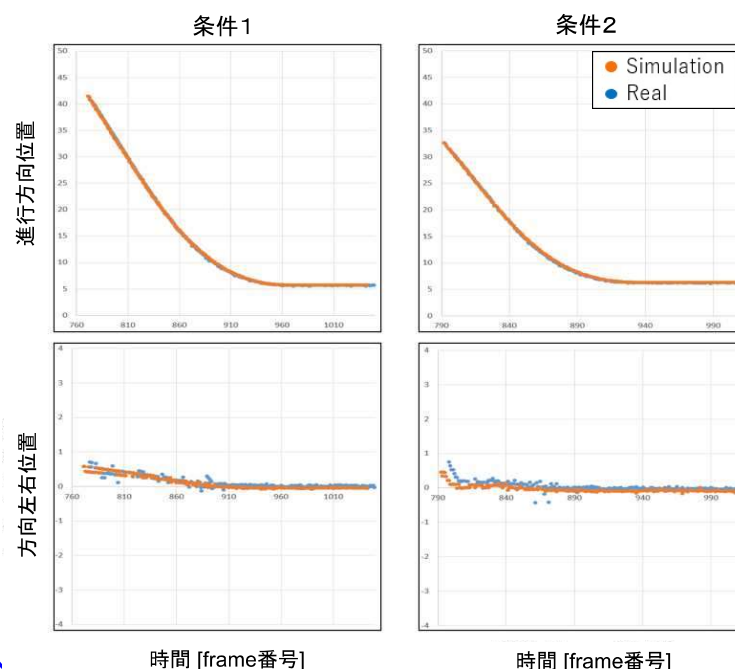
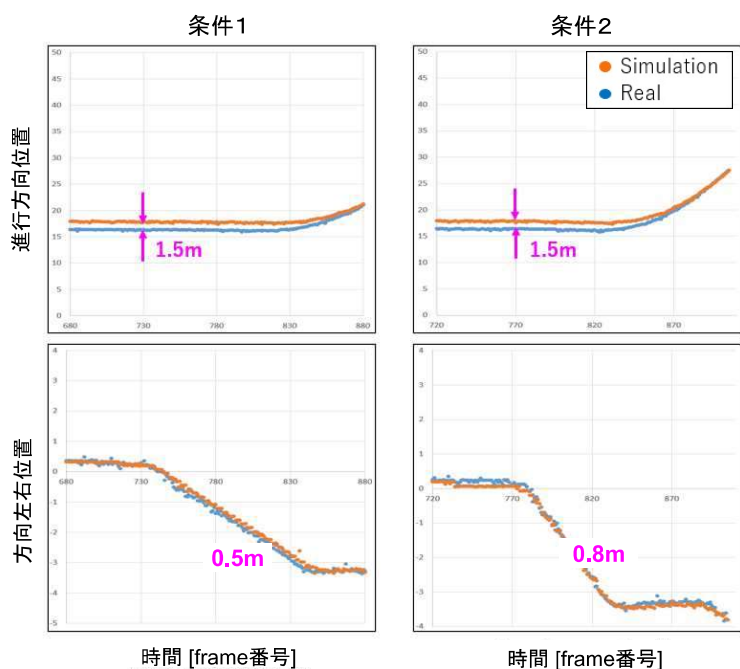
SOKEN

神奈川工科大学
KANAGAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY



実験2-2-1: Cut-Out車両の位置

実験2-2-1: 前方停止車両の位置



◆Cut-Out車両の位置

- ・進行方向:
1.5m程度の差異
- ・左右方向:一致

◆前方停止車両の位置

- ・進行方向:一致
- ・左右方向:一致

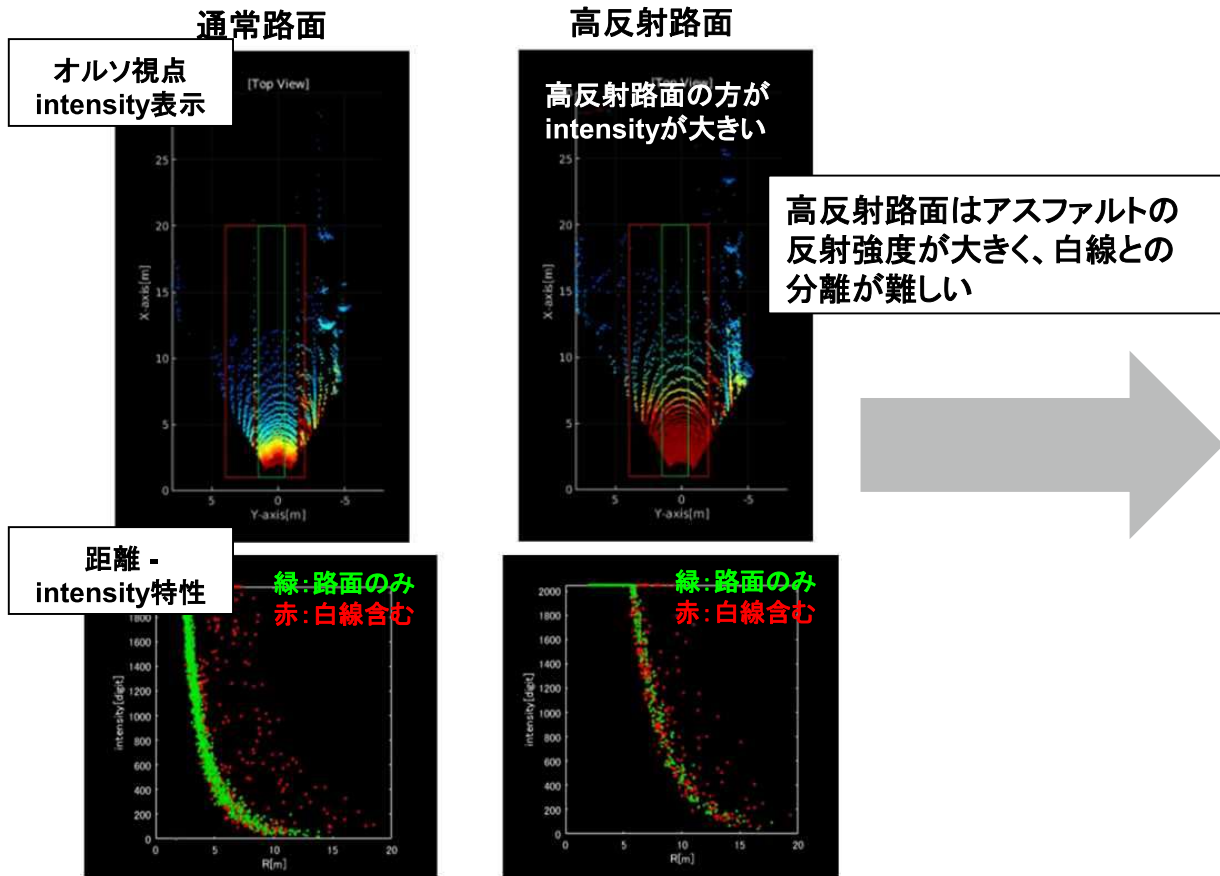
Cut-In, Cut-Out 両方のシナリオで確認された進行方向1.5m程の差異の原因を今後確認する

【拡張性評価: 高反射路面】

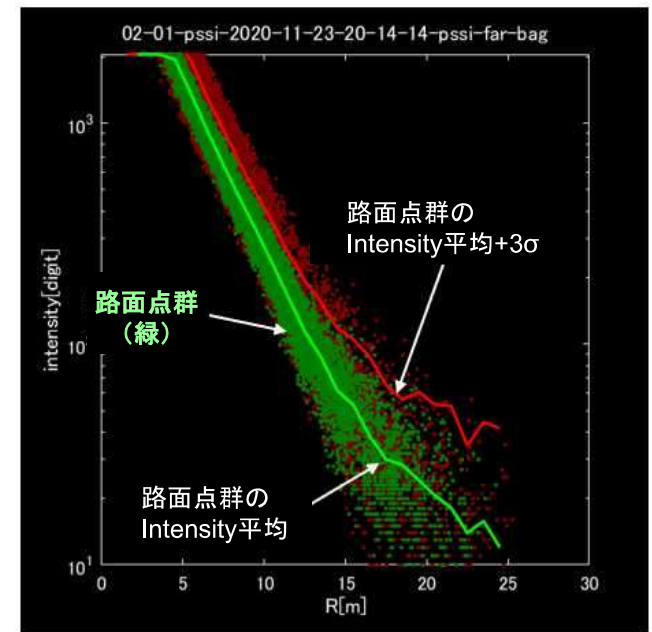
通常路面と高反射路面を定性評価し、路面・白線の分離手法を検討した

高反射路面による不調現象の確認、通常路面との比較、
および路面・白線の分離手法を検討

Pioneer SOKEN



積算路面点群の「距離 - intensity特性」



「Intensity分離閾値
= 白線なし路面 Intensity 平均値 + 3* σ 」
を用いて路面点群と白線点群を分離

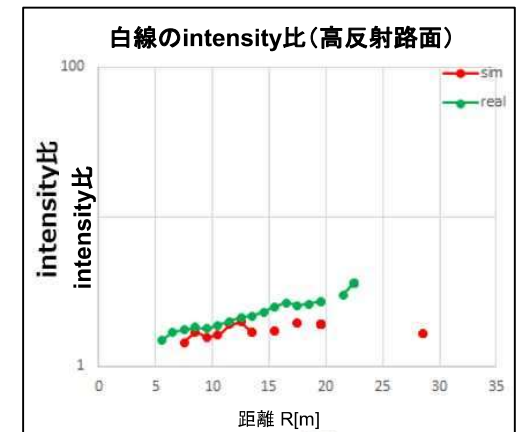
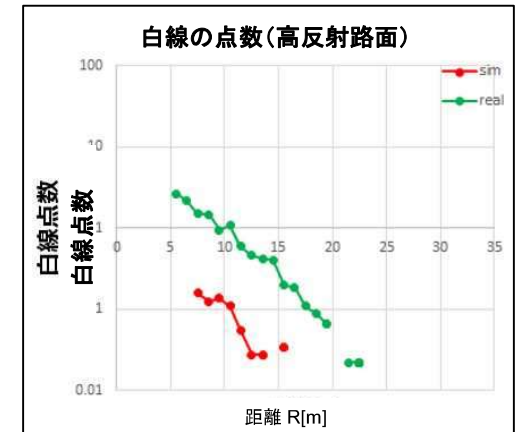
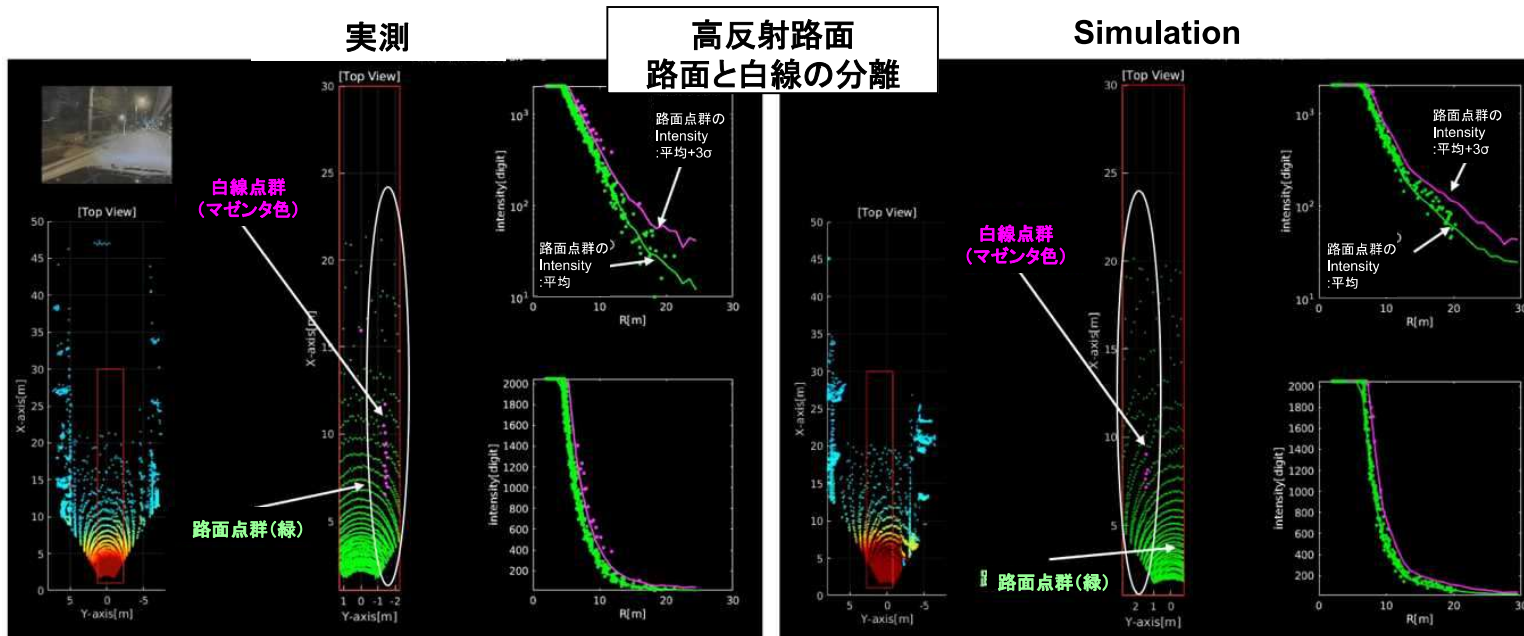
【拡張性評価: 高反射路面】

路面・白線の分離手法を高反射路面に適用、分離性能に着目した一貫性検証を実施した

路面・白線分離手法を高反射路面に適用
抽出した白線の点数、intensity比*を実測とSimulationで比較

Pioneer SOKEN

intensity比* = [白線点群のintensity平均値] / [路面点群のintensity平均値]



- intensity比: 実測に対してSimulationが2割程度小さい
- 白線点数: 実測に対してSimulationが1/10とかなり少ない

※実測とSimulationで高反射路面の反射率が異なる可能性あり
→ 再帰性反射材の一貫性検証で代替して確認する

【不調の再現：降雨による信号光の空間減衰の一致性検証】

LiDAR知覚モデルと降雨による空間減衰モデルを組み合わせ、空間減衰影響の一致性を確認した

降雨不調条件における空間減衰の一致性検証

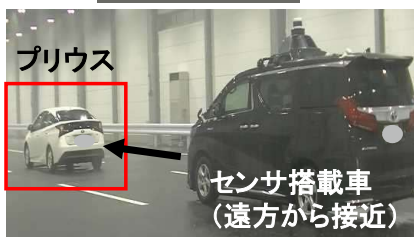
Pioneer SOKEN

検証環境

出力点群

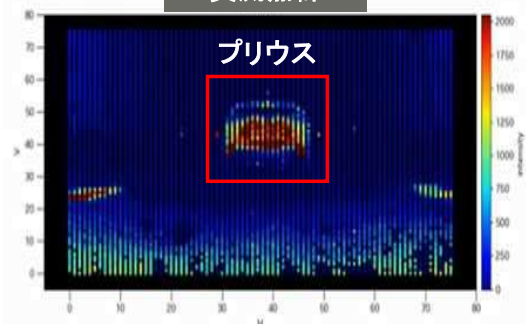
ターゲット車両(プリウス)の距離による
測距点数及び受光強度の一致性

実測環境

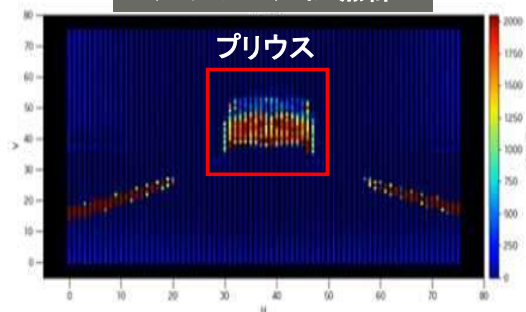


・降雨量 80mm/h

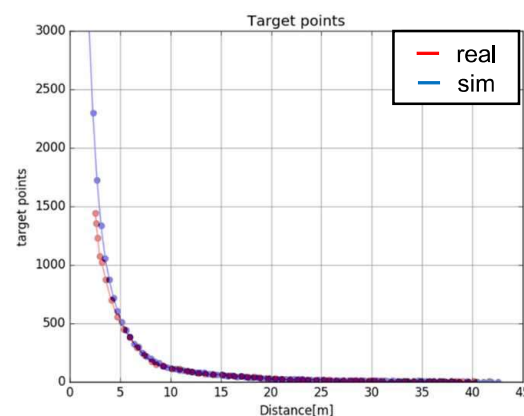
実測点群



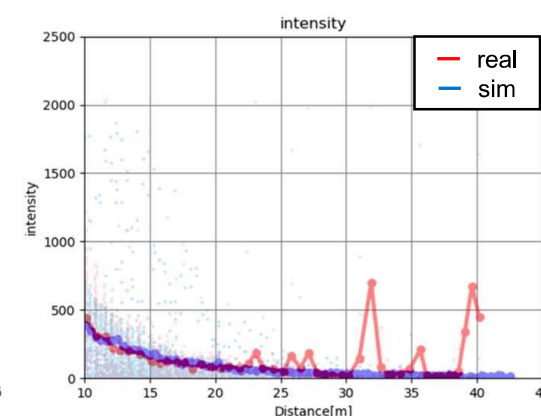
シミュレーション点群



測距点数の一致性



受光強度の一致性



降雨による空間減衰の影響が概ね一致することを確認した

【不調の再現：降雨による雨滴偽点の現象確認】

降雨環境下での実機の取得データから雨滴による偽点発生頻度、位置、強度の傾向を把握した

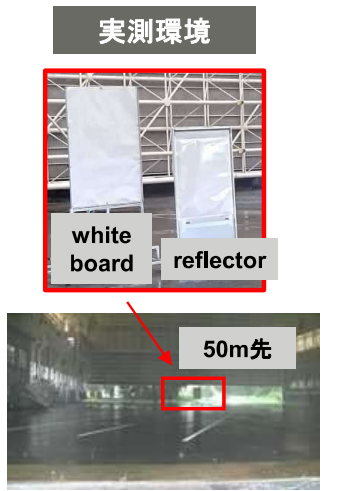
降雨不調条件における雨滴の偽点の現象確認

Pioneer SOKEN

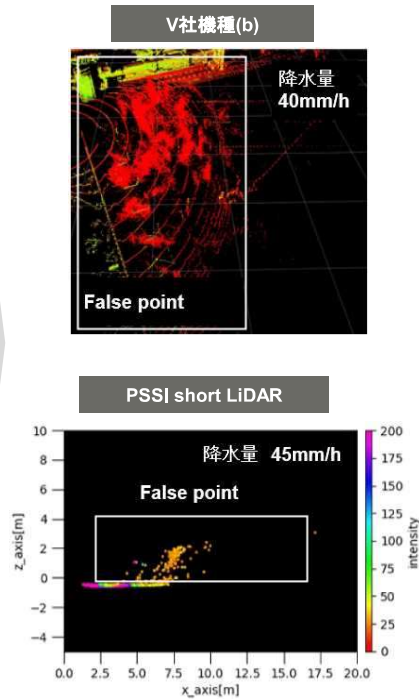
検証環境

出力点群(雨滴偽点)

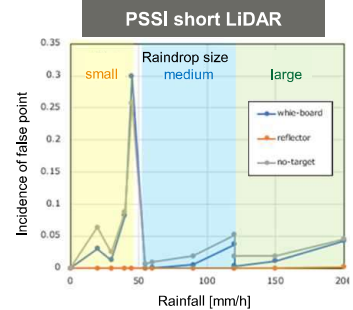
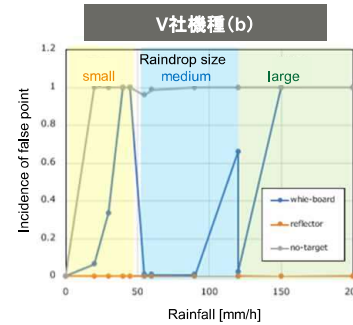
降雨による偽点発生傾向把握



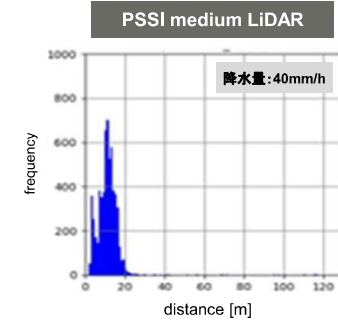
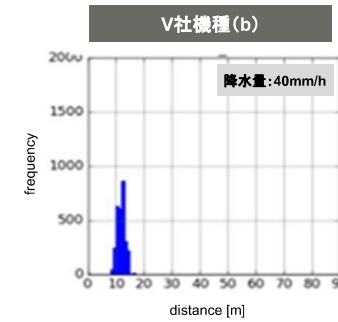
【降雨量】
 粒径小: 20,30,40,45mm/h
 粒径中: 55,60,90,120mm/h
 粒径大: 120,150,200mm/h



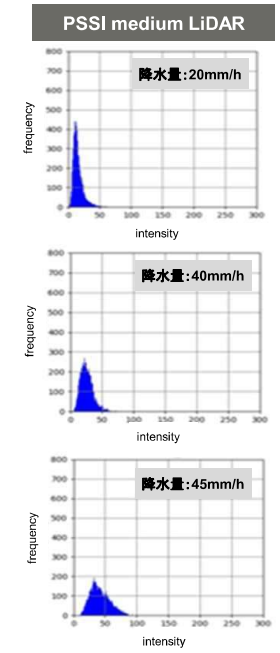
①発生頻度



②発生位置



③強度分布



降雨不調の再現には、雨粒の反射に起因して生じる”偽点”の現象把握、LiDAR出力への影響把握が必須

降雨量が多く、粒径が小さいほど発生頻度が高い。

LiDAR機種、ターゲットの有無に依存せず20m以内の距離に発生する。

降雨量が多いほど受光強度の高い方に分布が広がる。

【不調の再現:降雪による影響の確認】

雪のLiDARに与える影響を整理するとともに実際の現象を確認した

雪のLiDARに与える影響

Pioneer

SOKEN

神奈川工科大学
KANAGAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

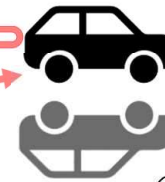
① センサ前面に付着する雪の影響

④ 雪での反射による虚像
(偽点)の発生

③ ターゲット面での雪付着による
光の反射特性変化



② 降雪による信号光の減衰



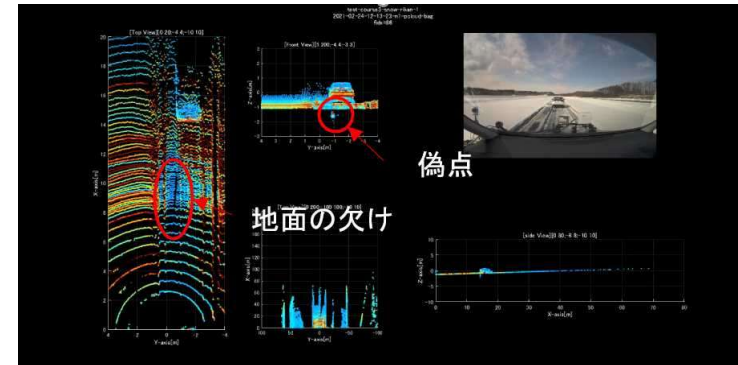
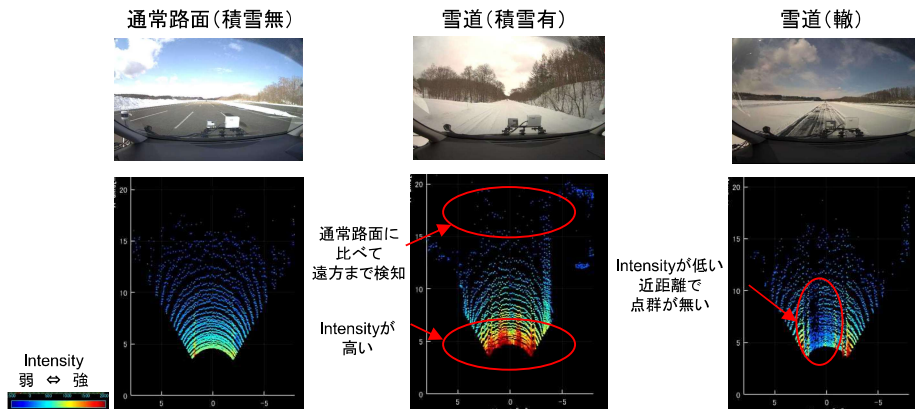
⑤ 雪道の状況(積雪、轍等)による
Intensity及び検知限界の変化

⑥ 雪道での鏡面反射による
虚像(偽点)の発生



計測された点群データ ⑤

計測された点群データ ⑥



@エフティテクノ
豊頃試験場

【LiDARモデルインターフェース】

業界動向を踏まえ、様々なLiDARに対応したインターフェース仕様

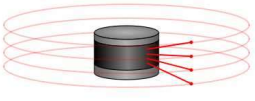
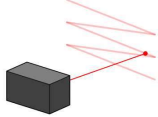
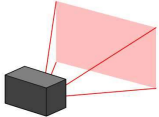
LiDAR知覚入力

Pioneer

LiDAR光学系の類型

対応LiDAR

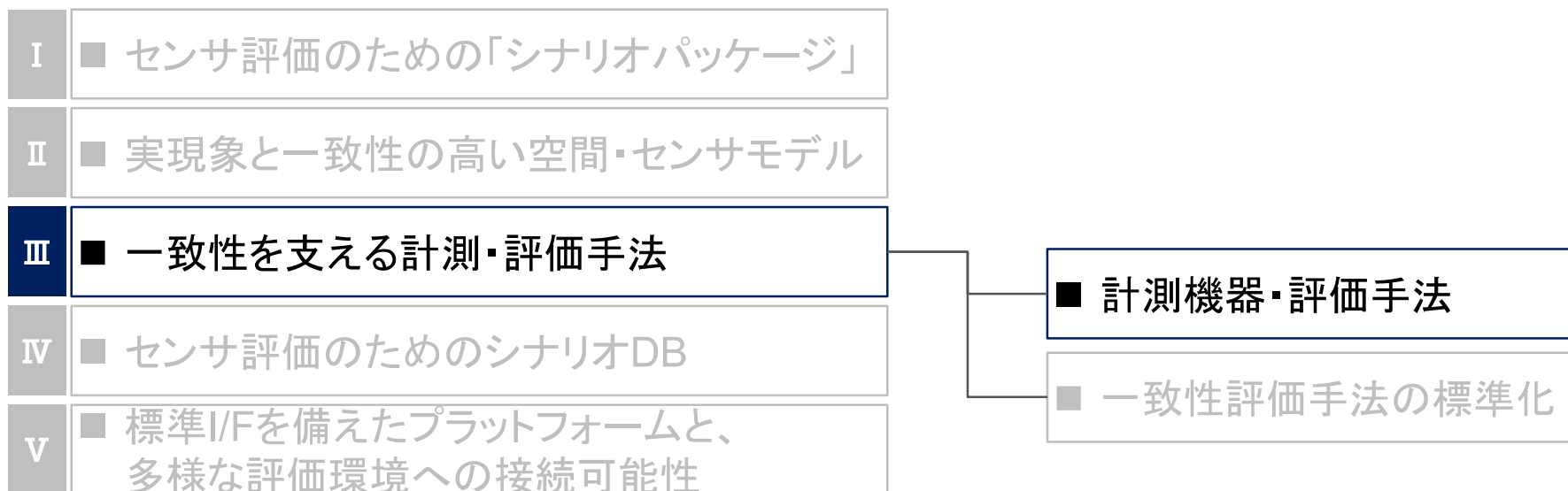
LiDAR光学系を変調方式、レーザー波長、走査方式の観点で分類

変調方式	パルス変調方式	CW 変調方式	
レーザー波長	近赤外光		
走査方式	 モーター方式	 MEMS方式	 フラッシュ方式

- 変調方式は、パルス変調方式に対応（CW方式には未対応）
- レーザー波長は、900nm帯、1500nm帯を問わず全ての近赤外光に対応
- 走査方式は、モーター方式、MEMS方式、フラッシュ方式に対応

実在する様々な機器の走査を再現するため
照射方向を固定的なテーブルとして実装

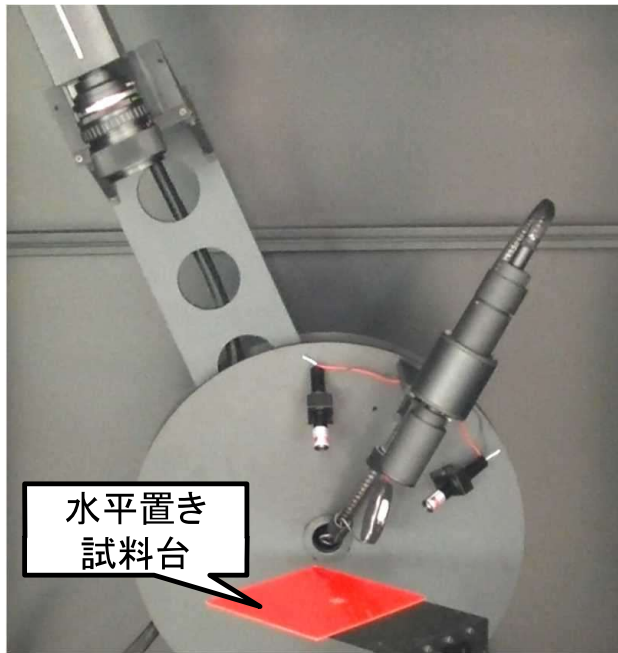
研究成果



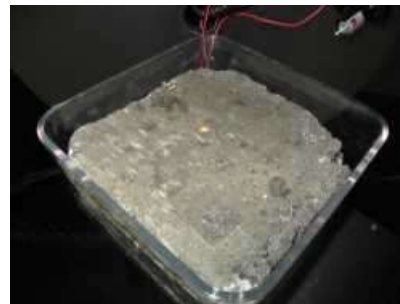
反射率計測装置は試料を水平設置できるように設計したため、水没した試料の反射率計測が可能
 実測結果をもとに、乾いた状態の反射率から濡れた状態の反射率を予測可能な式を導出した

濡れた試料の反射率計測・予想技術

SOKEN



可視光・赤外光反射率計測
 ゴニオメータ

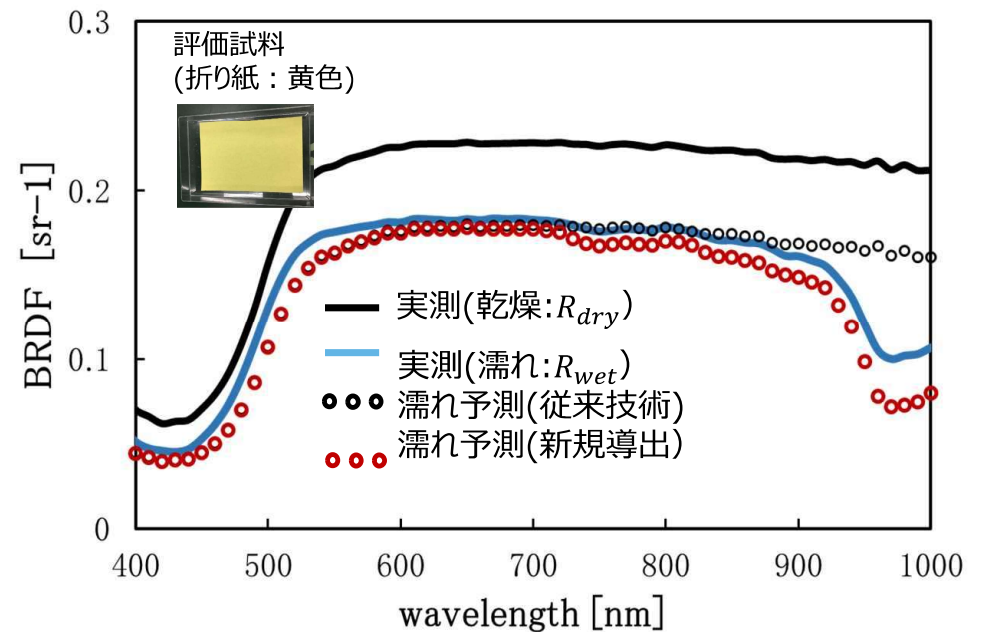


アスファルト(乾燥状態)



アスファルト(濡れた状態)

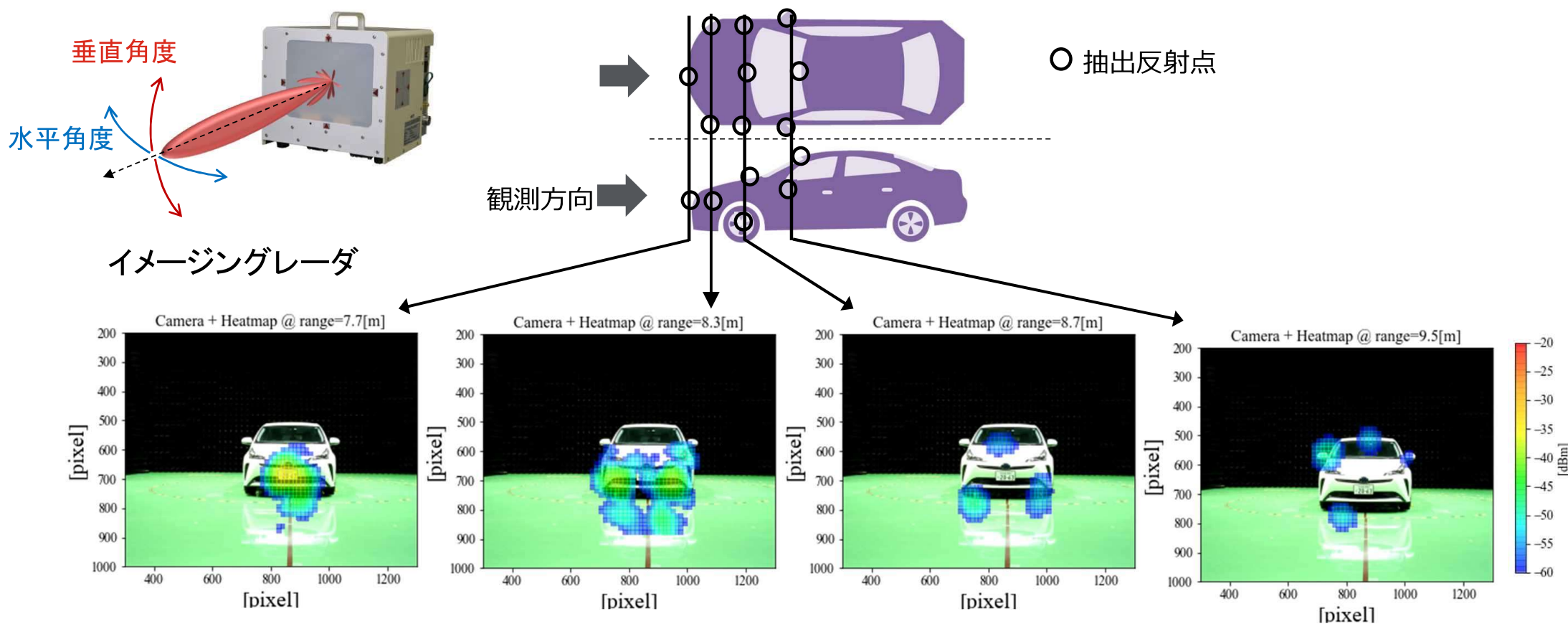
$$R_{wet} \approx (1 - r) \sum_{k=0}^{\infty} p^k f^k(n, R_{dry}) \frac{e^{-2kal}}{\text{水の吸収係数}}$$



3次元スキャンするイメージングレーダにより、ミリ波レーダの物標での反射点・反射率を可視化 レーダ用のCGモデル開発に活用し、PO近似による散乱断面積計算精度を改善した

ミリ波レーダ反射点の可視化

三菱プレシジョン株式会社 MITSUBISHI PRECISION CO., LTD. Nihon Unisys, Ltd SOKEN



Source : SOKEN, INC

175 2021年度_研究成果報告



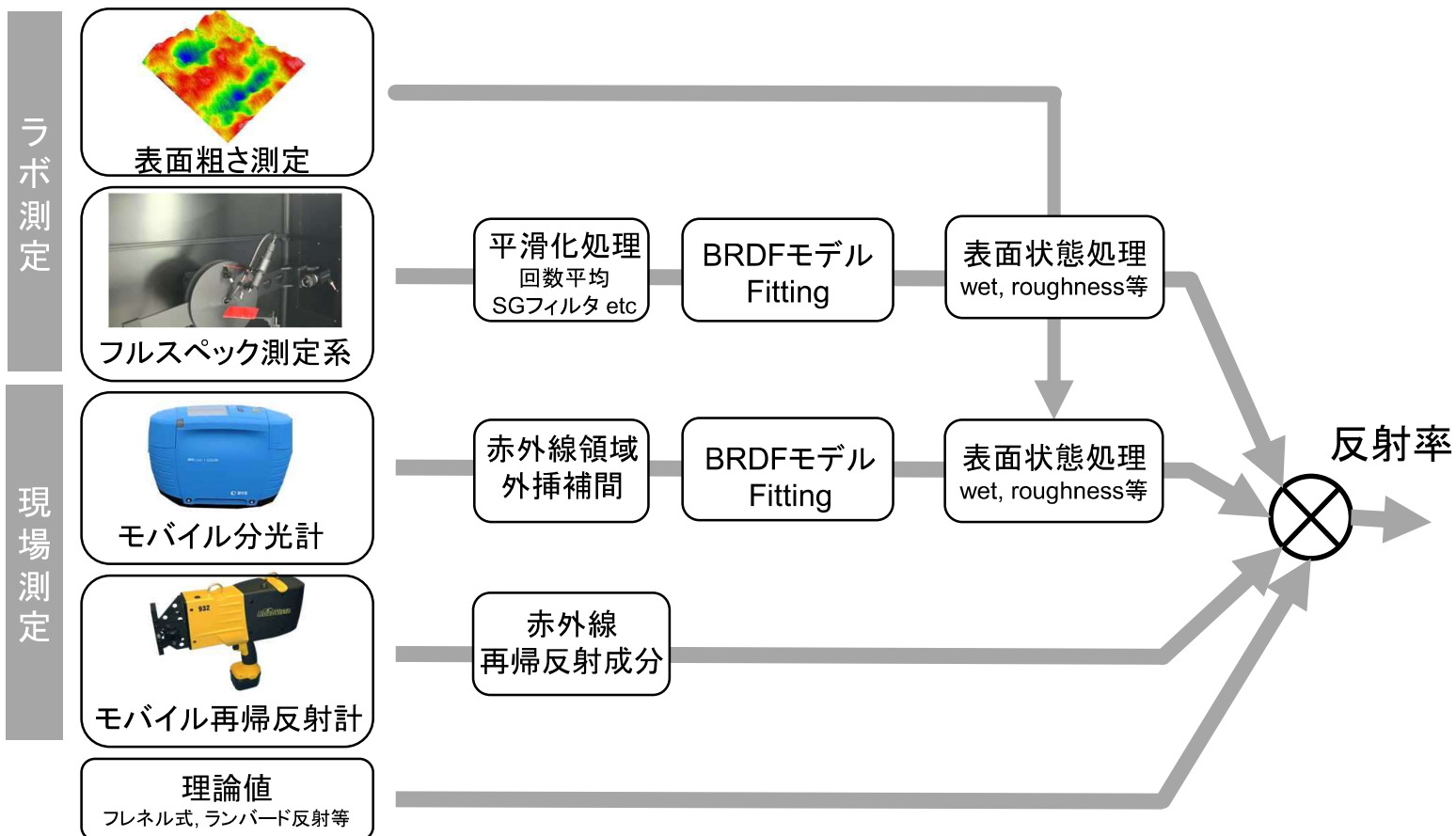
モバイル再帰反射計測器の導入し、劣化白線などの再帰反射率が現場で測定可能
 複数の測定系の反射率測定結果と複合することで、様々な環境下での反射率を作成可能とした

各機器の実測データ複合例

SOKEN



モバイル再帰反射計測器
905nm対応



センサが苦手とする公道不調シーン、雨・雪等の気象条件に対し、実車での計測データを取得。
一斉性検証・シミュレーションモデル化実施後、実環境を想定したセンサ性能評価が可能に。

計測例

SOKEN

神奈川工科大学
KANAGAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

TTDC

公道不調(お台場、首都高C1)

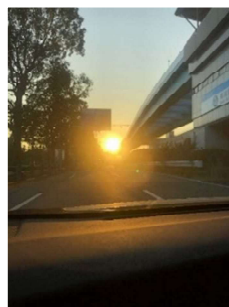
雪影響(土別試験場、豊頃試験場)



高反射路面



高架反射



逆光



降雪による空間減衰特性評価



雪巻き上げ現象

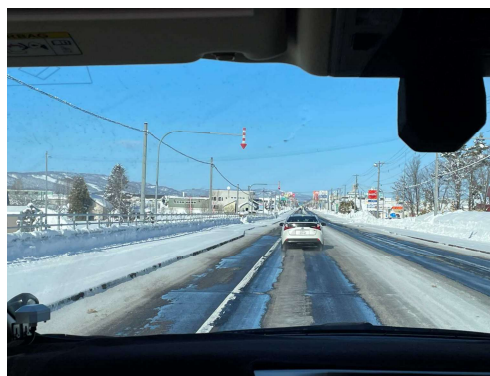
雨影響(防災科学技術研究所)



降雨による空間減衰特性評価



雨滴付着影響検証



白線認識不調シーン



付着大

付着小



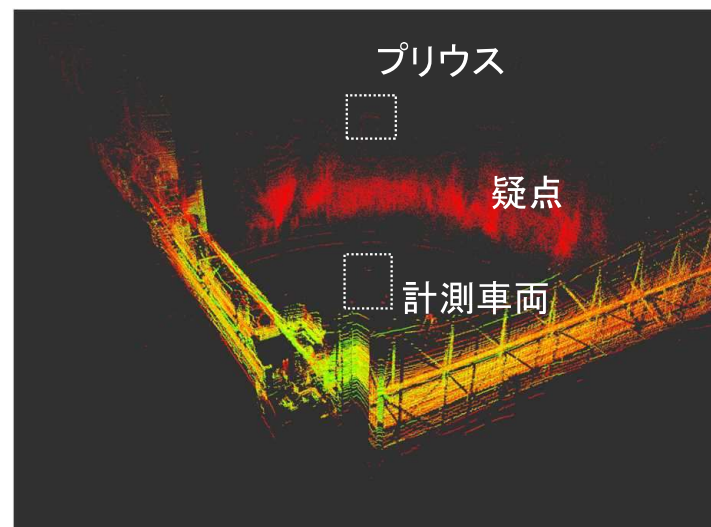
ミリ波雪付着影響

大型降雨試験場にて、降雨の強度、雨滴粒度に着目した実験を実施。
LiDARにとって、雨滴粒度が小さいほど、疑点となってセンサ不調に影響することが見えてきた。

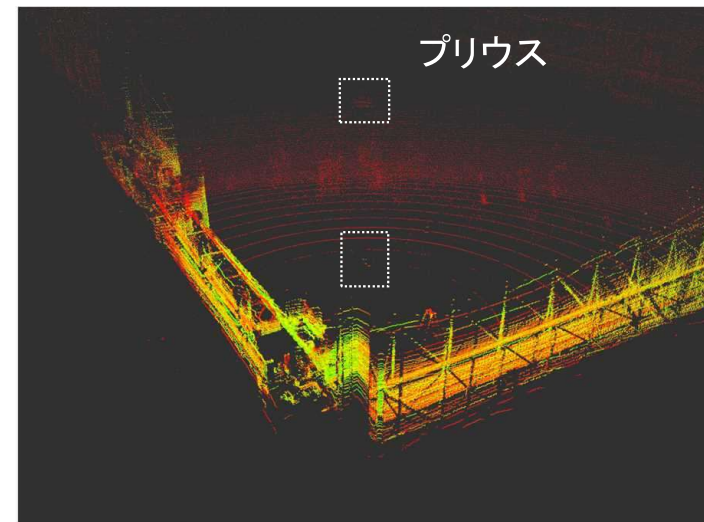
降雨条件とLiDAR知覚性能との関係



ターゲット車両(プリウス)



雨滴粒度_小 (降雨量45mm/h)



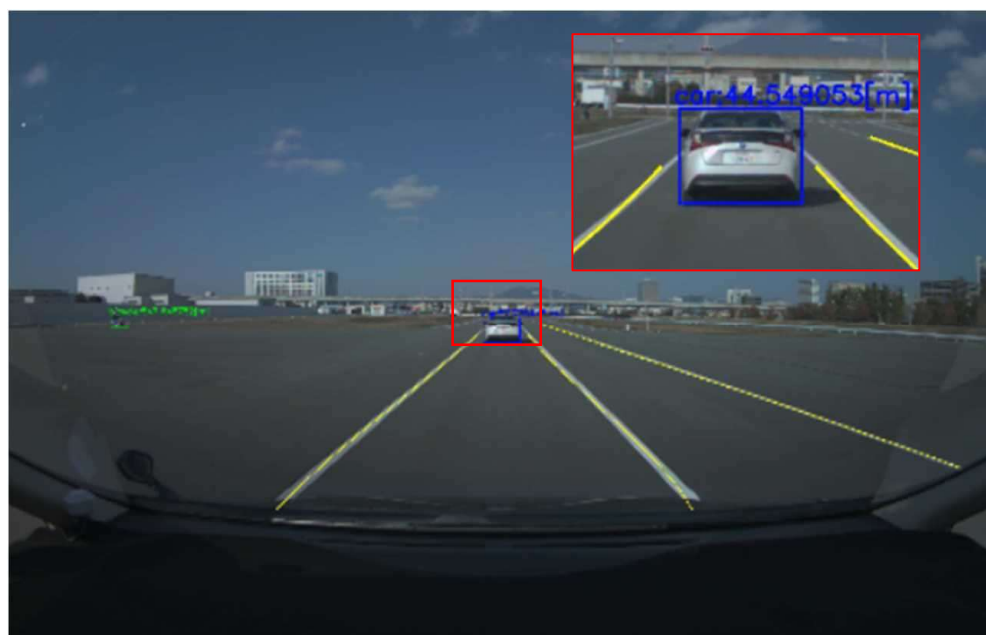
雨滴粒度_中(降雨量55mm/h)

雨滴粒度が小さいほど、赤外光を強く反射しやすい傾向がある

降雪環境でのセンサ知覚、認識性能について北海道テストコースでの実験を実施。
白色カラー車両は周囲雪環境とのコントラスト低下により、カメラ認識不調が起こりやすいことを確認。

カメラ認識性能の比較

アスファルト路面環境 (JARI Jtown)



80m以上の遠方から車両として認識

雪環境 (北海道士別テストコース)



30m以下の近傍でも認識が安定しない

JARIテストコースにて大型トラック、NCAPアセスメントシナリオへの追加実験を実施。
 ユーザーニーズの高いシミュレーション機能追加に向け、一致性検証用データを取得完了。

対大型トラック*実験

SOKEN

神奈川工科大学
KANAGAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

TTDC



マルチパス不調条件

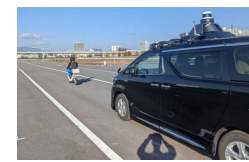


ALKS Cut Inシナリオ

■ NCAP CCRs (Car to Car Rear stationary)



大型トラック



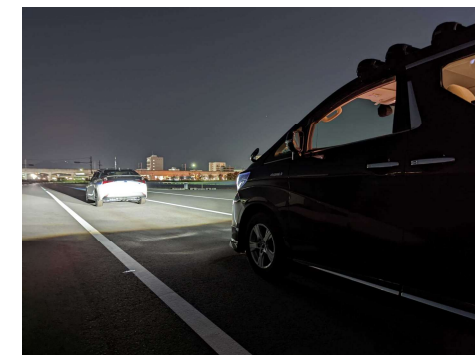
PTW



Escooter

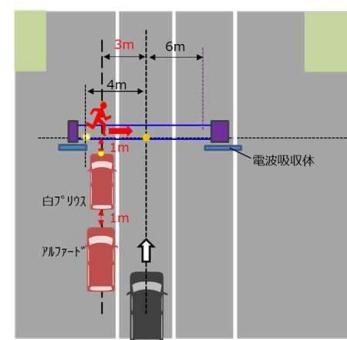


ダミー人形



夜間CCRsシナリオ

■ NCAP 車影飛び出し (子供ダミー追加)



*日野プロフィア 12x2.5x3.8m
 Source : SOKEN, INC

大型車両に対するセンサ知覚、認識性能評価に向けたサーベイ実験を開始。
 ミリ波レーダ反射点範囲は車両前後方向に広く分布し、一般車と異なるデータ傾向を確認。

ALKS Cut Inシナリオによるミリ波レーダ知覚性能比較

SOKEN

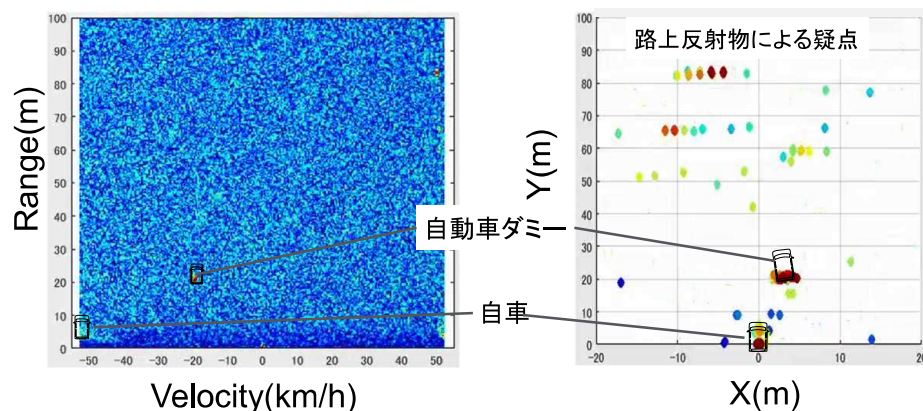
神奈川工科大学
KANAGAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY

TTDC

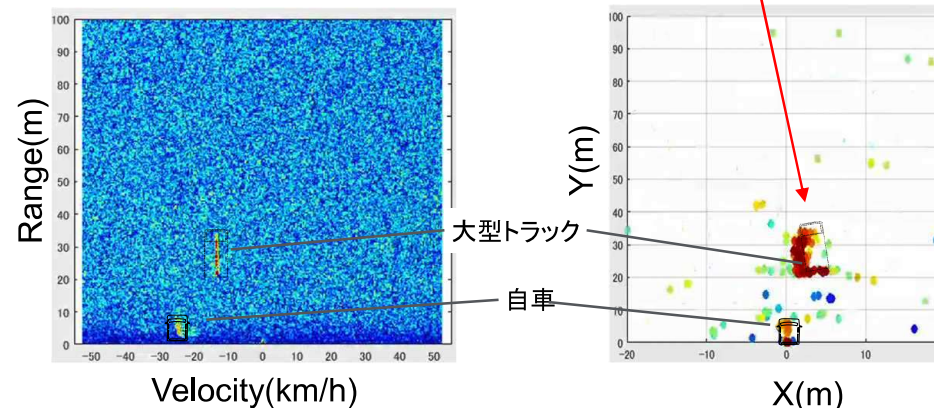


* 実験リスクのため、低速で実験実施

全長の長さに沿って、
広い範囲で反射点が発生



自動車ダミー(乗用車サイズ)



大型トラック(12×2.5×3.8m)

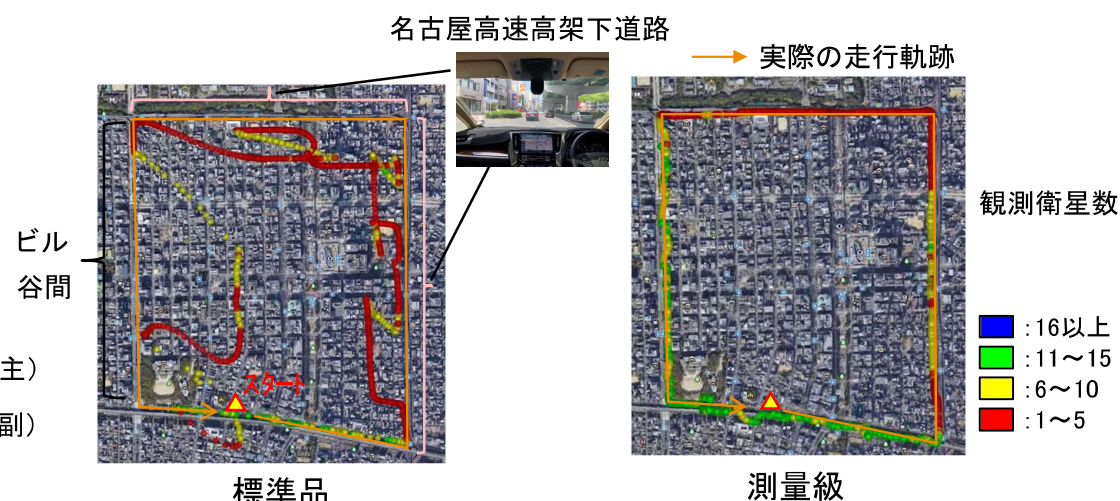
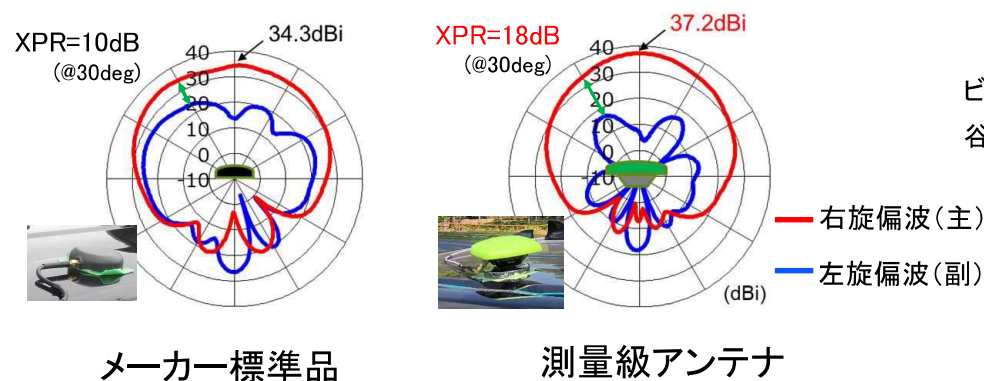
前年度からの課題(GNSS、IMU精度、データ通信、交通安全)に対してシステム改良を行い、公道データ計測作業の精度向上、効率向上、安全性を向上。

計測システム改良の例

SOKEN

■ 公道実験時のGNSS精度向上対策

交差偏波比(XPR)が8dB以上高い測量級アンテナを採用し、誤差の多いマルチパス反射波(左旋偏波)の入射を抑制



GNSS衛星が受信しにくい条件下での衛星受信性能比較

(名古屋市栄周辺コース、走行前キャリブレーションなし(経路補正機能が効きにくい条件))

■ その他の車両計測システム改良

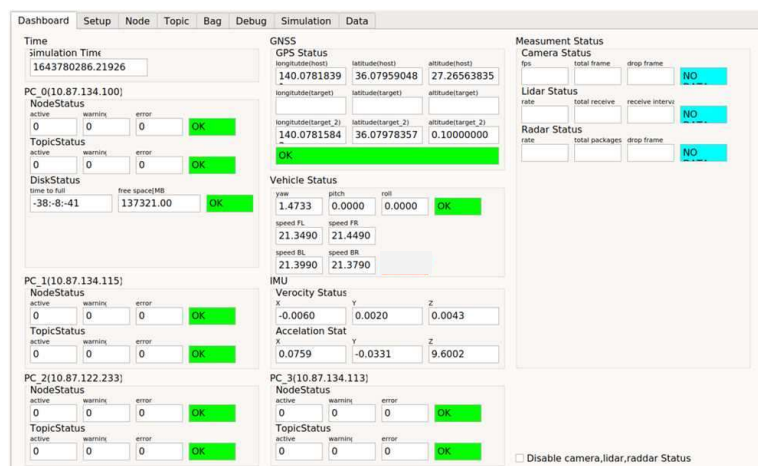
- ・電源系伝導ノイズ対策(車両電源と分離したIMU専用電源への変更)によるIMU異常発振の抑制
- ・各センサ毎の個別HUBシステム化にて、他センサ通信干渉によるデータ欠落を防止
- ・SSDへのデータ直接保存方式による実験効率向上 (コピー時間:約2h/日 削減)
- ・データ異常監視ソフトを開発し、実験現場にて緯度経度ドリフトやデータ欠落等の不具合発生を阻止

計測中データのGNSS、IMU異常、データ容量不足等を視える化できるデータチェックソフトを新規開発。実験やり直しを撲滅し、計測データのシナリオ化効率向上に貢献。

データチェック用ソフト

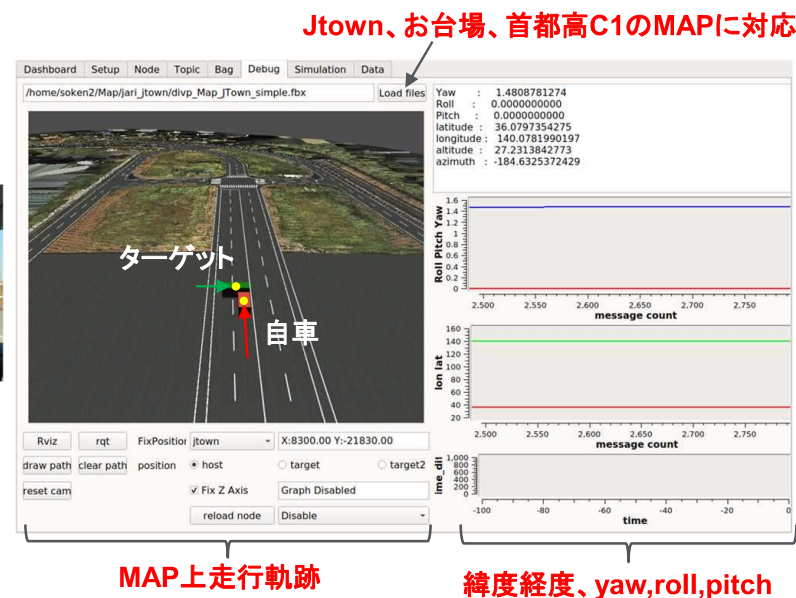
SOKEN

■ 異常監視機能



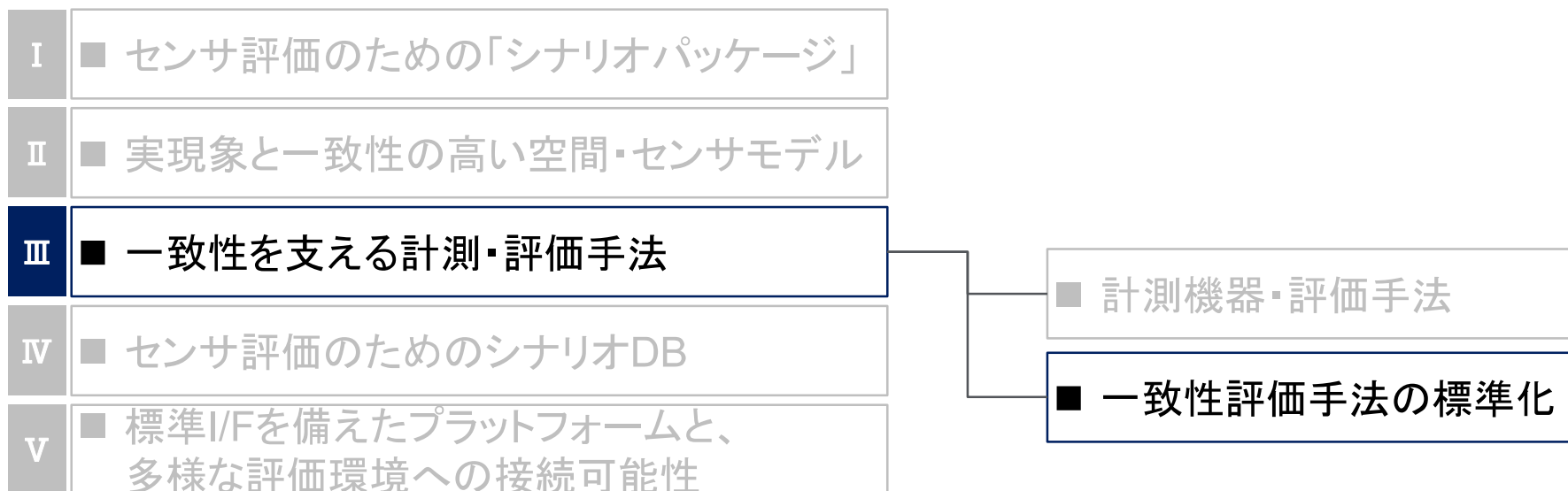
- ・GNSS異常(緯度経度の乖離、欠落)
- ・車体情報(速度、yaw,roll,pitch)
- ・IMU異常(加速度、緯度経度)
- ・PC間データ通信異常

■ Debug機能



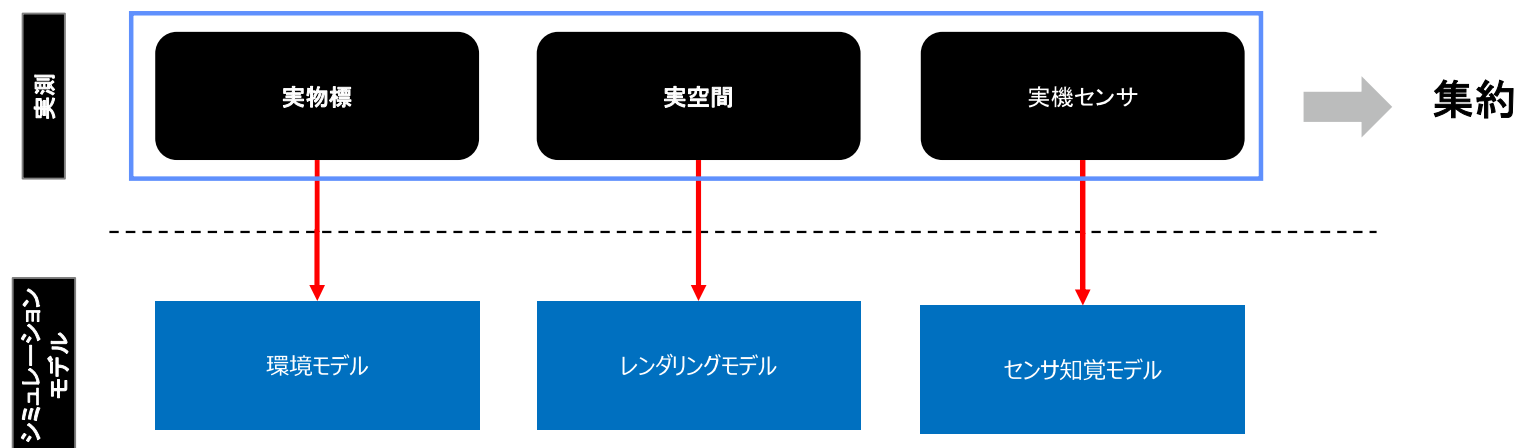
これまでトラブルが多かった自車、ターゲットの位置、移動経路について、シナリオMAP上にリアルタイム表示し、データ異有無を視える化

研究成果



これまでDIVP®モデル開発のために行われた実験・計測手法を集約、体系化を実施し、DIVP®成果の見える化を実現した。

モデル化の実験・計測手法の集約、体系化のフロー



環境、空位間伝播、センサーそれぞれのモデル作成のための、計測情報を集約、体系化する。

実験・計測手法の集約、体系化の主な目的

- 計測内容・条件の明確化と記録
- モデルおよび検証結果と計測とのトレーサビリティの確保
- DIVP®スタンダードを決めていくための基盤

これまでDIVP®モデル開発のために行われた実験・計測手法を集約、体系化を実施し、DIVP®成果の見える化を実現した。

モデル化のための実験・計測手法の一覧表



■ 一覧表の項目設定

No.	項目名	概要
1	モデル化パラメータ	DIVP®内モデルの測定対象パラメータ
2	モデル要件	測定の要求精度
3	モデル化対象アセット	モデル化パラメータの適用アセット
4	実験名	実験の名目
5	実験目的	実験の目的
6	計測量	計測方法、単位
7	計測対象物	計測対象の試料やターゲット
8	関連センサー	Camera、LiDAR、Radarの対象センサー
9	環境条件	計測時の環境設定(場所や実験室)
10	測定条件	測定器の設定条件
11	計測器/スペック	利用計測器、計測性能(分解能、精度等)
12	設備・治具/仕様	試用設備・治具とその仕様
13	方法概要	計測方法の概略や注意点
14	実施者	計測実施担当者
15	校正可否	計測およびモデル化上の課題
16	データ保管場所	データの保管場所のLINK
17	課題	計測およびモデル化上の課題

■ 一覧表の抜粋

モデル化パラメータ	モデル要件(目標精度)	モデル化対象アセット	実験名	実験目的	計測量(単位)	計測対象物	関連センサー
可視・近赤外光反射	±10%要求(PSSI様) 1nm単位測定(SSS様) ±5%以下(装置仕様)	路面、白線、車両(白色、ガラス)	可視・近赤外反射率精密測定	可視光・近赤外領域の特性を得るための計測	BRDF	試料片	カメラ LiDAR
		車両 NCAPダミー人 NCAPダミー自 転車	可視光簡易反射率測定	精密測定できない対象に対して簡易的に行う可視光反射特性測定	BRDF	現物	カメラ LiDAR
			鏡面反射特性計測	精密測定できない対象かつ光沢をもつ対象に対して、鏡面反射特性を得るための測定	グロス値 GU	現物	カメラ LiDAR
		再帰反射素材 白線	簡易再帰反射率測定	精密測定できない対象かつ再帰反射特性をもつ対象に対して、再帰反射率を得るための測定	再帰反射率 (cd/lx/m2)	現物	LiDAR
ミリ波散乱	なし	車両 NCAPダミー人 NCAPダミー自 転車	ミリ波散乱測定	レーダー方程式(距離4乗測):PO近似向けの、散乱体モデル作成のための計測	誘電率(F/m) 透磁率(H/m)	試料片	Radar

実験・計測手法の必要情報を検討し策定

モデル化パラメータを軸に対象アセット、実験方法を分類



これまでDIVP®モデル開発のために行われた実験・計測手法を集約、体系化を実施し、DIVP®成果の見える化を実現した。

モデル化のための実験・計測手法のカタログ



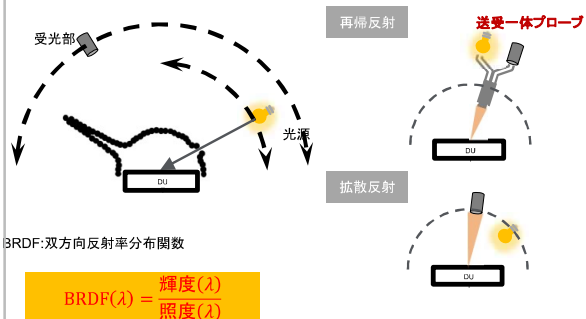
【可視光・近赤外光反射率精密測定】

- 計測条件
- 測定波長: 360~1100nm
 - 入射角度: 0度~90度
 - 受光角度: 0度~±180度
 - 光源/受光間角度
 - 再帰反射: 0度
 - 反射透過: >10度
 - 計測量: BRDF [sr⁻¹]

- 使用計測器・設備
- ファイバー光源: 390nm~1100nm
 - モノクロメータ式分光計: 360nm~1100nm、分解能0.9nm
 - コニオメータ: 分解能0.1度、位置決め精度0.1度、再現性: 0.01度

測定系概要

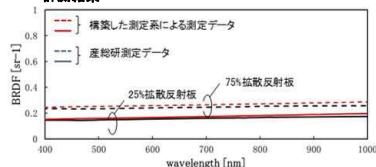
光源を移動・固定、受光部を走査の繰り返しで測定を行う



計測風景



計測結果



一目で計測の概要が伝わるように、計測器情報、計測風景などを1ページで提示

作成カタログの一覧

- ・可視光・近赤外光反射率精密測定
- ・可視光・近赤外光反射率簡易測定
- ・ミリ波散乱・反射測定
- ・ミリ波RCS測定
- ・マップ形状測定
- ・3Dモデル形状
- ・降雨・着滴実験
- ・降雪・着雪実験

【マップ形状測定】

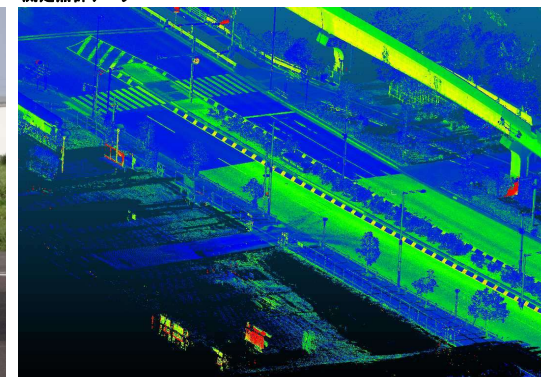
- 計測条件
- 計測データ: 点群
 - 座標精度: 10cm

- MMS搭載計測器
- GNSS
 - カメラ
 - 高精度IMU
 - 高精度レーザー扫描仪

測定風景

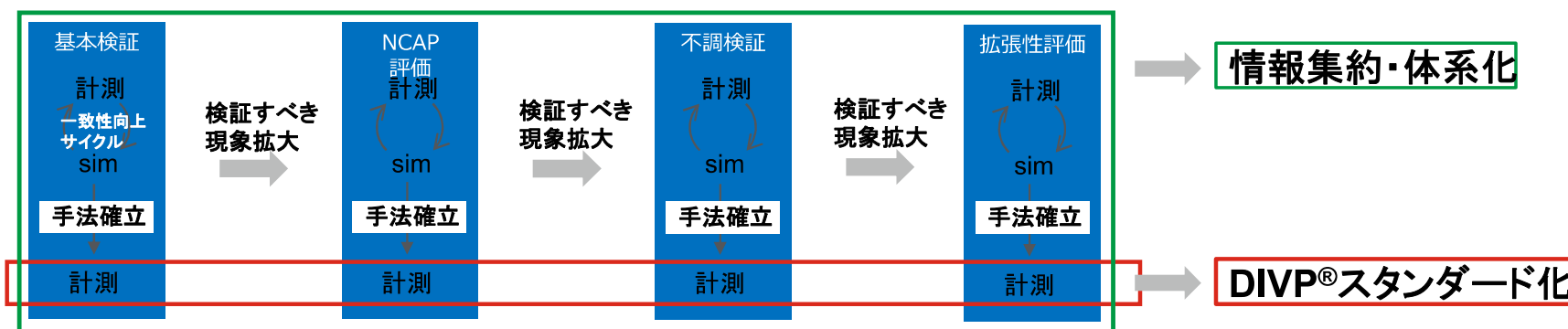


測定点群データ



これまでDIVP®一貫性検証のために行われた実験・計測手法を集約、体系化を実施し、DIVP®成果の見える化を実現した。

一貫性検証の実験・計測の標準化フロー



基本検証、NCAP評価、不調評価、拡張性評価のそれぞれの検証ステップ内で、一貫性検証を行う。検証をする中で計測もブラッシュアップしながら、検証手法として確立し、それらをDIVP®標準化としていく。

実験・計測手法の集約、体系化の主な目的

- ・計測内容・条件の明確化と記録
- ・JAMAの不調要因と妥当性確認のとの関連性の明確化
- ・モデルおよび検証結果と計測とのトレーサビリティの確保
- ・DIVP®標準を決めていくための基盤
- ・仮想空間での自動運転安全性評価法を提案していくための基盤

これまでDIVP®一貫性検証のために行われた実験・計測手法を集約、体系化を実施し、DIVP®成果の見える化を実現した。

一貫性検証の実験・計測手法の一覧表



■ 一覧表の項目設定

No.	項目名	概要
1	実験区分	DIVP®内の実験区分
2	実験No.	実験区分内での番号
3	実験名	一貫性検証の実験名
4	JAMA不調現象	該当するJAMA不調体系内の津超現象
5	不調分類	不調現象の番号
6	JAMA要求	JAMA妥当性確認の番号
7	センサ・モデル	対象のセンサ、モデル
8	目的・検証項目	検証の目的、項目
9	計測概要	計測手順などの概略
10	対象物	計測時のターゲット
11	計測環境	計測時の場所や設備
12	計測条件	計測時の車速等の条件
13	一貫性検証解析	一貫性検証解析の状況
14	データ保管場所	計測データ、検証結果データの保管場所

実験・計測手法の必要情報を検討し策定

■ 一覧表の抜粋(ミリ波)

実験区分	実験No.	実験名	JAMA不調現象	不調分類	JAMA要求	センサ・モデル	目的・検証項目	計測概要
PV	1-1	ターゲット静止_距離_向き	認識対象の形状、大きさ、姿勢などにより反射強度が低下する	M21	Radar0-7 Radar0-8	カメラ LiDAR Radar	静的検出距離検証	センサ前方に、物標を置き距離および物標の向きを変更して測定 カメラISX019
PV	2	プリウス静止_方位				カメラ LiDAR Radar	静的検出方位検証	センサ前方に、横方向に物標の距離の水準を変えて測定
BV	1-1	直線離間				カメラ LiDAR Radar	動的物標検出距離検証	センサ前方の車両がセンサから直進で離れていく状態を測定
BV	1-2	コーナー離間				カメラ LiDAR Radar	動的物標検出方位検証	センサ前方の車両がセンサからコーナーに沿って離れていく状態を測定
BV	1-3	直線接近	路面等によるマルチパスフェージング	M22	Radar2-6 Radar2-7	カメラ LiDAR Radar	動的静止物標別検出性検証	停止物標にセンサ搭載車両が接近していく状況で測定

進捗

・総実験数：現状105実験

来年度

来年度の実験にて 約30項目追加見込み

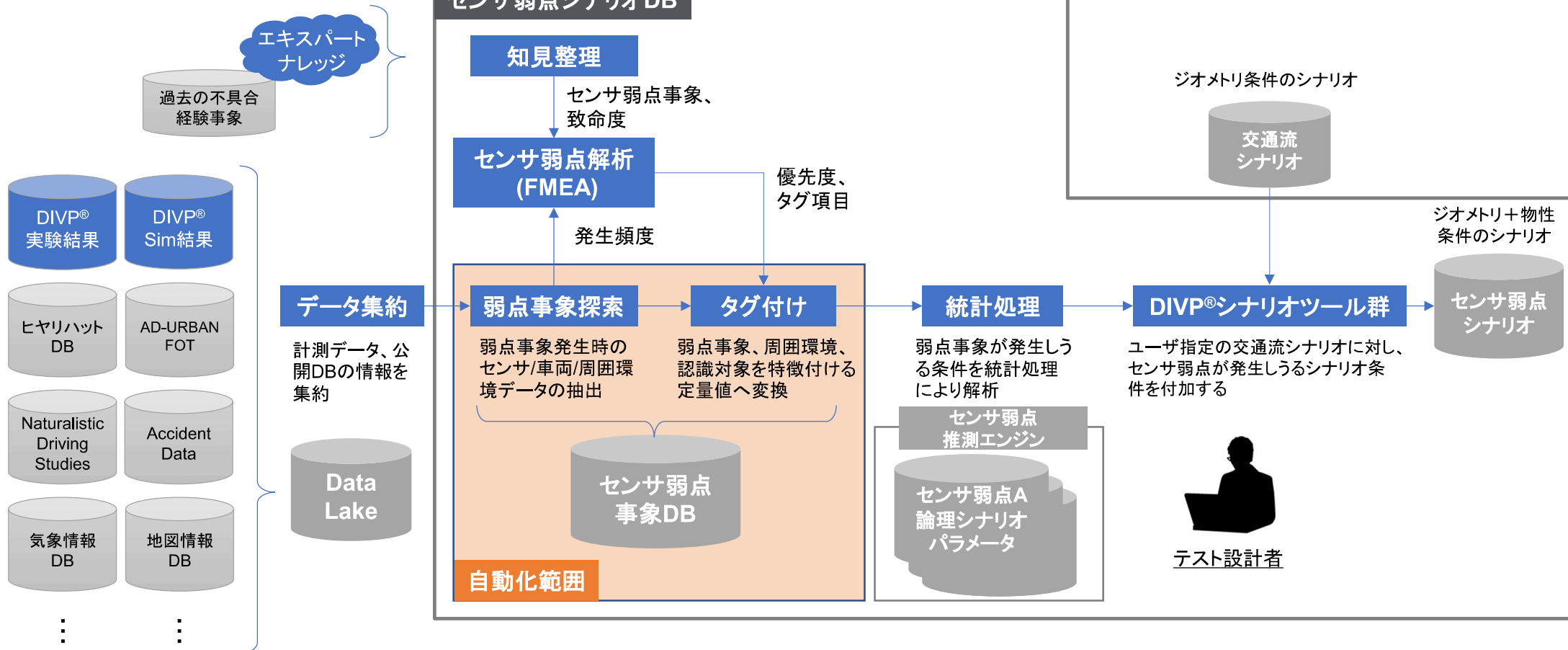


研究成果

I	■ センサ評価のための「シナリオパッケージ」
II	■ 実現象と一致性の高い空間・センサモデル
III	■ 一致性を支える計測・評価手法
IV	■ センサ評価のためのシナリオDB
V	■ 標準I/Fを備えたプラットフォームと、 多様な評価環境への接続可能性

Data Lake(走行データ、気象/マップデータなどの集合)からセンサシステム苦手とする条件(センサ弱点シナリオ)を抽出すデータベースを立案 評価優先度の高いセンサ弱点論理シナリオが生成可能となる

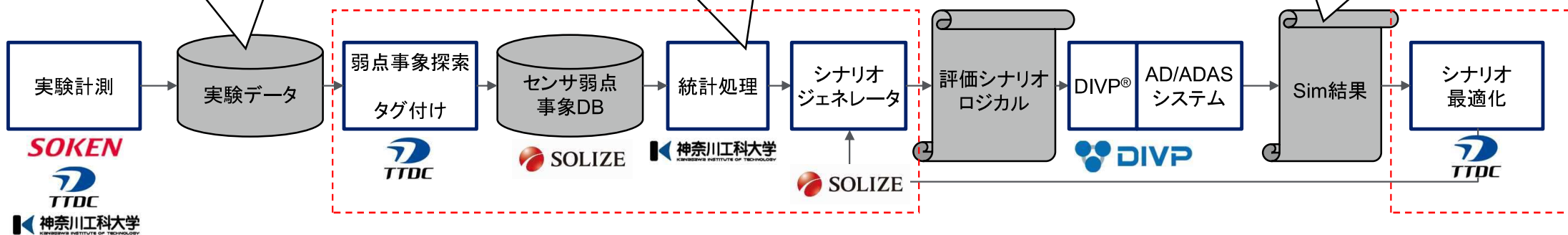
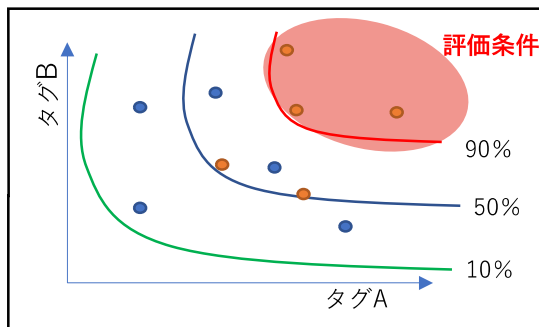
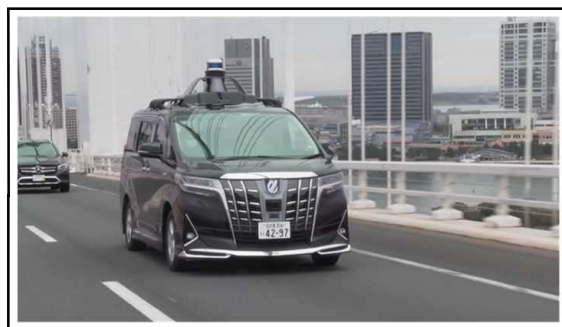
センサ弱点シナリオDB構想



初期構想に基づき、本Prj.で取得したお台場走行データからセンサ弱点の発生シーンを自動探索し、統計的にその発生条件を求める試作版のセンサ弱点シナリオDBを構築した

センサ弱点シナリオデータベース

21年度 研究開発要素



データベースより導いたシナリオにより、実際にセンサ弱点が発生するかDIVP®を用いて検証

対象とするセンサ弱点シナリオの優先度を決定するため、各現象に対するスコアリングを実施した

シナリオ優先度検討



- 各センサの弱点現象を、「致命度・影響度」と「シミュレーション必要性」をベースにスコアリング
- 各センサの弱点現象のスコア＝「弱点現象の致命度・影響度」×「弱点現象のシミュレーション必要性」
- 弱点現象の致命度・影響度：弱点現象が安全性評価にどの程度影響するかを3段階評価
- 弱点現象のシミュレーション必要性：実機評価に対するシミュレーションの優位性(コスト、繰り返し評価など)を3段階評価



お台場のデータ取れ高を基に優先シナリオを決定
→仮の頻度を設定

カメラ

- ・鏡面による映り込み誤認識
- ・光沢仕上げによる映り込み誤認識
- ・局所的な強反射による認識低下
- ・雪による認識低下
- ・道路補修跡、わだち、影による区画線誤認識

LiDAR

- ・形状からくる低反射による認識低下
- ・材質からくる低反射による認識低下
- ・汚れからくる低反射による認識低下
- ・黒色or鏡面による認識低下
- ・サイズ、姿勢による認識低下

ミリ波

- ・路面クラッタノイズによる認識低下
- ・壁面マルチパスゴーストの誤認識
- ・トラックマルチパスゴーストの誤認識
- ・雨、巻き上げによる認識低下
- ・勾配による認識コスト

不透明現象の隠蔽と透明現象の検出

不透明現象 (Not Penetrable) : 目視しにくい状態、OFF状態時
透明現象 (Penetrable) : 目視しやすく、ON状態時
検出できないものを示し、検出できる、ON状態時
は黄色で表示される

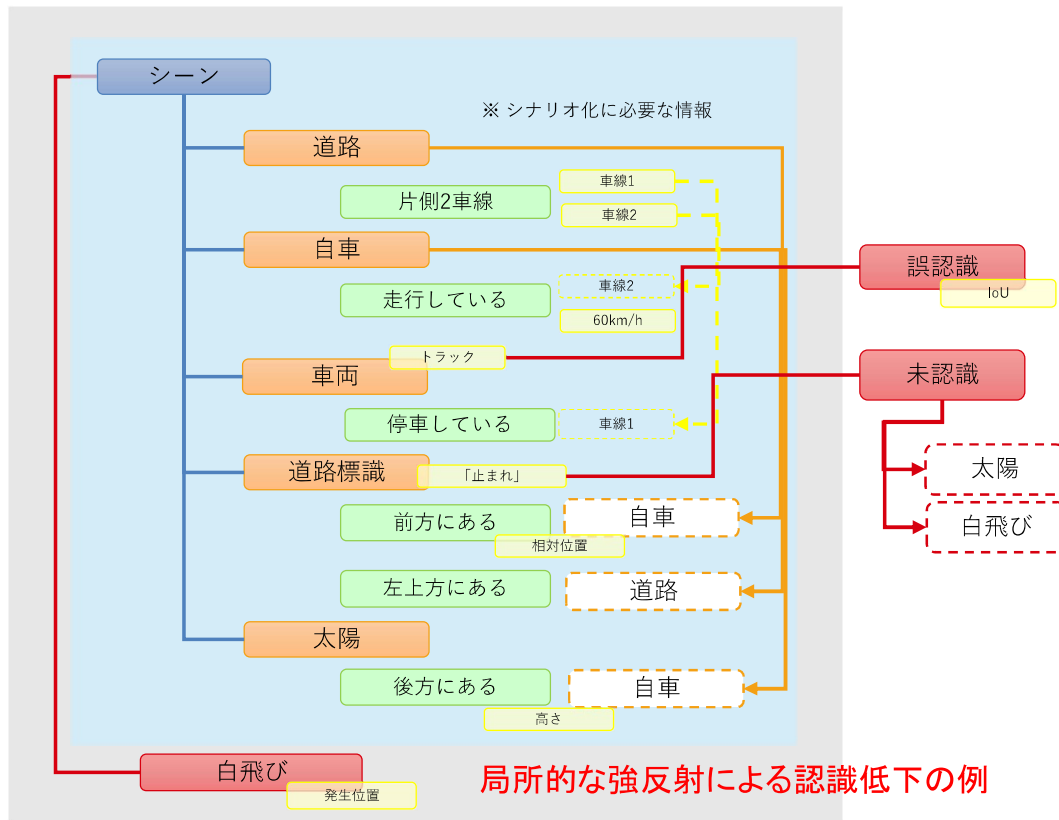
No.	センサ	ID	不透明現象	対応状況	不透明現象	結果	スコア	致命度・影響度説明	シミュレーション必要性	
										致命度・影響度
1	ミリ波	M01	周波数	×	信号周波数の変動(センサ本体の不調でのみ発生)	両方	2	距離/速度の誤認識、未認識	中	
2	カメラ	M02	反射(鏡面映)	×	壁等の反射物があるいは周辺建物によるマルチパスゴースト	誤認識 (FP)	4	中	ゴーストを誤認識する	中
3	カメラ	M03	反射(鏡面映)	.	壁等の反射物があるいは周辺建物によるマルチパスゴーストと未実装の建物との間で発生する方向性による位置検出の誤差	未認識 (FN)	4	中	自分の車両が認識できない	中
4	カメラ	M04	屈折	○	パンパ、エンブレム等による屈折の変化	誤認識 (FP)	4	中	車両の方位を誤る	中
5	カメラ	M05	屈折	○	搭載がらみ、搭載しによる屈折の変化	誤認識 (FP)	4	中	車両の方位を誤る	中
6	カメラ	M06	屈折	○	センサ前面の付着物による屈折の変化	誤認識 (FP)	2	小	車両の方位を誤る	中
7	カメラ	M07	屈折	○	パンパ、エンブレム等による屈折の変化	誤認識 (FP)	2	小	車両の方位を誤る	中
8	カメラ	M08	伝播経路変化	○	パンパ、エンブレム等による伝播経路の変化	誤認識 (FP)	4	中	車両の方位を誤る	中
9	カメラ	M09	伝播経路変化	○	搭載がらみ、搭載しによる伝播経路の変化	誤認識 (FP)	4	中	車両の方位を誤る	中
10	カメラ	M10	伝播経路変化	.	センサ前面の付着物による伝播経路の変化	誤認識 (FP)	2	小	車両の方位を誤る	中
11	カメラ	M11	伝播経路変化	.	パンパ、エンブレム等による伝播経路の変化	誤認識 (FP)	2	小	車両の方位を誤る	中
12	カメラ	M12	50cm(部分別)	.	距離が短くは上方構造物により認識対象の一部が隠れる	未認識 (FN)	4	中	認識対象をロストする	中
13	カメラ	M13	50cm(部分別)	.	雨や雪、砂や土などの空塵障害物により認識対象の一部が隠れる	未認識 (FN)	4	中	認識対象をロストする	中
14	カメラ	M14	併走	○	併走車両を認識する際の距離(レイアウト)によるゴースト	誤認識 (FP)	4	中	遠方の物体を近傍に誤認識する	中
15	カメラ	M15	雨除け	×	道路面によるゴースト	誤認識 (FP)	2	小	ゴーストを誤認識する	中
16	カメラ	M16	雨除け	.	多量な水によるゴースト	誤認識 (FN)	2	小	ゴーストを誤認識する	中
17	カメラ	M17	S域最大	.	検出する範囲(視野)により小信号が検出、検出されない	未認識 (FN)	6	大	非車両のバイク、歩行者を検出できない	中
18	カメラ	M18	低S/N	○	建物変動、道路傾斜、搭載がらみなどによりアンテナ指向性方向から検出対象が外れる	未認識 (FN)	4	中	検出距離低下、検出対象が検出できない	中
19	カメラ	M19	低S/N	○	センサ前面の付着物、エンブレム、パンパ等の範囲により信号が検出されない	未認識 (FN)	2	小	検出距離低下、検出対象が検出できない	中
20	カメラ	M20	低S/N	○	雨や雪、砂や土などの空塵障害物により信号が検出されない	未認識 (FN)	4	中	検出距離低下、検出対象が検出できない	中
21	カメラ	M21	低S/N	○	認識対象の形状、大きさ、姿勢などにより反射強度が低下する	未認識 (FN)	6	大	検出距離低下、検出対象が検出できない	中
22	カメラ	M22	低D/F	○	距離面によるマルチパスゴースト	誤認識 (FN)	6	大	認識対象をロストする	中
23	カメラ	M23	低D/F	○	車両変動、道路傾斜、搭載がらみなどによりアンテナ指向性方向が変化して検出対象が検出されない	未認識 (FN)	4	中	検出距離低下、検出対象が検出できない	中
24	カメラ	M24	低D/F	○	距離面(周辺)および上方構造物によるマルチパスゴーストによる認識対象の検出が隠れる	未認識 (FN)	4	中	検出距離低下、検出対象が検出できない	中
25	カメラ	M25	低D/F	○	雨や雪、砂や土などの空塵障害物によるマルチパスゴーストによる認識対象の検出が隠れる	未認識 (FN)	4	中	検出距離低下、検出対象が検出できない	中
26	カメラ	M26	低D/F	○	相対レーザの検出が干渉し、認識対象の検出が隠れる	未認識 (FN)	4	中	検出距離低下、検出対象が検出できない	中
27	カメラ	M27	U検大	○	車両変動、道路傾斜、搭載がらみなどによりアンテナ指向性方向が変化して検出されない	誤認識 (FP)	4	中	前方に物体があると誤認識する	中
28	カメラ	M28	U検大	○	距離面(周辺)および上方構造物によるマルチパスゴーストによる誤認識	誤認識 (FP)	4	中	前方に物体があると誤認識する	中



センサ弱点シナリオ表現に必要な条件を洗い出し、走行データから導出が必要な情報(タグ情報)を整理した

タグ構造検討

- ある特定時刻の状況(シーン)を正確に表現するための以下のような特徴を持つタグ構造を構築した
- ・人やAIによるタグ付けが可能である程度の抽象度を保つ
 - ・自転車を中心とした相対的な位置表現
 - ・基準データとの差異を表現できるようにして、センサ弱点現象を記述



センサ弱点ドメイン分類による事柄 - 必須キーの検討は今後実施予定

交通参加者 (動作制御実体)	
人	
	NCAPダミー歩行者
	姿勢別の人
	その他
	しゃがんでいる人
	倒れている人
	立っている人
	年齢毎の人
	その他
	大人
	子供
	老人
	自転車を押している人
	車いすに乗っている人
車両	
	形状別の車両
	その他
	トランクが開いている車両
	ドアが開いている車両
	種類毎の車両
	その他
	牽引有無
	トラック
	平トラック



センサ弱点事象DBの仕様検討にあたりセンサ弱点代表データを200件超探索し、一覧にまとめた

センサ弱点代表データの探索



センサ弱点発生時点の画像

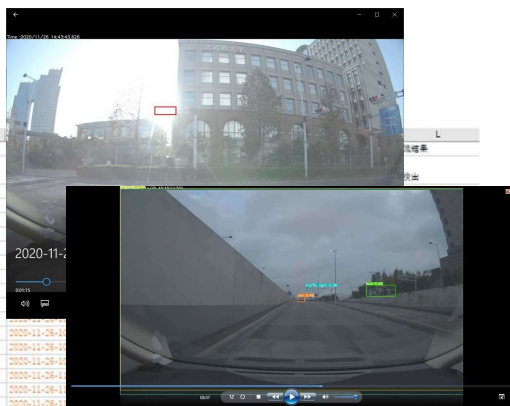


表. センサ弱点代表データ一覧表の主たる項目

項目	説明
対象	物体検出の対象
弱点タグ	センサ弱点現象／要因／原理に関するタグ情報
説明	弱点タグの詳細説明
抽出データURI	センサ弱点現象(知覚)を示す画像のURI
表示時刻	センサ弱点現象が発生した時刻
認識抽出データURI	センサ弱点現象(認識)を示す画像のURI
認識結果	認識のエラー分類

No.	対象	不具合タグ	説明	抽出データURI	抽出時刻	認識結果
1	歩行者	コントラスト不足	車の影と車の色が変化し、判別困難	2020-11-26-11-04-21_11a00m16.jpg	2020-11-26-11-04-21_11a00m16.jpg	検出
2	歩行者	コントラスト不足	車の色とトンネル壁の色が変化し、判別困難	2020-11-26-11-04-21_11a06m55.jpg	2020-11-26-11-04-21_11a06m55.jpg	検出
3	歩行者	認識のつかず	白壁がみえ、レーンの認識を判別困難	2020-11-26-11-04-21_11a07m29.jpg	2020-11-26-11-04-21_11a07m29.jpg	検出
4	歩行者	認識のつかず	認識のつかず、白壁に類似	2020-11-26-11-04-21_11a09m16.jpg	2020-11-26-11-04-21_11a09m16.jpg	検出
5	歩行者	コントラスト不足	街路樹と車の色が変化し、判別困難	2020-11-26-11-04-21_11a11m16.jpg	2020-11-26-11-04-21_11a11m16.jpg	検出
6	歩行者	コントラスト不足	ガードレールとカーブを走行する白い車の色が変化し、判別困難	2020-11-26-10-49-11_10a37m36.jpg	2020-11-26-10-49-11_10a37m36.jpg	検出
7	歩行者	コントラスト不足	コントラストの変化により認識不能			
8	歩行者	コントラスト不足	ガードレールとカーブを走行する白い車の色が変化し、判別困難	2020-11-26-10-49-11_10a39m47.jpg	2020-11-26-10-49-11_10a39m47.jpg	検出
9	歩行者	FOV外	白壁がみえ、レーンの認識を判別困難	2020-11-26-10-49-11_10a44m29.jpg	2020-11-26-10-49-11_10a44m29.jpg	検出
10	歩行者	FOV外	車の先頭がFOV外となり、判別困難	2020-11-26-10-49-11_10a45m56.jpg	2020-11-26-10-49-11_10a45m56.jpg	検出
11	歩行者	歩行者検出の干渉	車の先頭が歩行者と一体化し、判別困難	2020-11-26-10-49-11_10a47m57.jpg	2020-11-26-10-49-11_10a47m57.jpg	検出
12	歩行者	認識のつかず	白壁がみえ、レーンの認識を判別困難	2020-11-26-10-49-11_10a48m18.jpg	2020-11-26-10-49-11_10a48m18.jpg	検出
13	歩行者	認識のつかず	認識のつかず	2020-11-26-10-49-11_10a48m27.jpg	2020-11-26-10-49-11_10a48m27.jpg	検出
14	歩行者	道路停止検出	道路停止検出が異常に発生しており、白壁との判別困難	2020-11-26-10-49-11_10a50m47.jpg	2020-11-26-10-49-11_10a50m47.jpg	検出
15	歩行者	コントラスト不足	背景とのコントラスト不足により、判別困難	2020-11-26-10-49-11_10a50m47.jpg	2020-11-26-10-49-11_10a50m47.jpg	検出
16	歩行者	道路停止検出	道路停止検出が異常に発生しており、白壁との判別困難	2020-11-26-11-17-46_11a17m48.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a17m48.jpg	検出
17	歩行者	検出失敗	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a18m14.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a18m14.jpg	検出
18	歩行者	認識のつかず	白壁がみえ、レーンの認識を判別困難	2020-11-26-11-17-46_11a18m14.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a18m14.jpg	検出
19	歩行者	道路停止検出	道路停止検出が異常に発生しており、白壁との判別困難	2020-11-26-11-17-46_11a20m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a20m31.jpg	検出
20	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a26m50.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a26m50.jpg	検出
21	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a26m54.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a26m54.jpg	検出
22	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a26m54.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a26m54.jpg	検出
23	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a26m54.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a26m54.jpg	検出
24	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
25	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
26	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
27	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
28	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
29	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
30	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
31	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
32	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
33	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
34	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
35	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
36	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
37	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
38	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
39	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
40	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
41	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
42	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
43	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
44	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
45	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
46	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
47	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
48	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
49	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出
50	歩行者	認識のつかず	歩行者の歩行が歩行者検出に失敗し、歩行者の検出に失敗	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	2020-11-26-11-17-46_11a27m31.jpg	検出

図.センサ弱点代表データ一覧表



公道での実験(お台場, 6月実施)にあたって、過去試験の属性とセンサ弱点代表データ(前頁)をもとにセンサ弱点の取れ高を踏まえた試験パターン、走行ルートを計画

実験(お台場)の計画と参加



表.過去の試験の属性抽出

試験ID	日時	コース	ルート	カメラ	センサー	属性
2020/11/26 日中	A	往復	0	0	0	0
2020/11/26 夜	A	往復	0	0	0	0
2020/11/23 日中	A	往復	0	0	0	0
2020/11/23 夜	A	往復	0	0	0	0
2020/11/23 日中	B	時計	1	0	0	1
2020/11/23 夜	B	時計	1	0	0	1
2020/11/23 日中	B	反時計	0	0	0	0
2020/11/23 夜	B	反時計	0	0	0	0
2020/11/24 日中	C1	外	3	3	1	2
2020/11/24 夜	C1	外	3	3	1	2
2020/11/24 日中	C1	内	3	3	1	1
2020/11/24 夜	C1	内	3	3	1	1

表.センサ弱点頻度/試験シート

日付	時間帯	コース	ルート	上方構造物探知	マルチパス	多物理	防壁影の影響	街路影の影響
2020/11/26 日中	A	往復	0	0	0	0	0	0
2020/11/26 夜	A	往復	0	0	0	0	0	0
2020/11/23 日中	A	往復	0	0	0	0	0	0
2020/11/23 夜	A	往復	0	0	0	0	0	0
2020/11/23 日中	B	時計	1	0	0	0	0	1
2020/11/23 夜	B	時計	1	0	0	0	0	1
2020/11/23 日中	B	反時計	0	0	0	0	0	0
2020/11/23 夜	B	反時計	0	0	0	0	0	0
2020/11/24 日中	C1	外	3	3	1	2	0	0
2020/11/24 夜	C1	外	3	3	1	2	0	0
2020/11/24 日中	C1	内	3	3	1	1	0	0
2020/11/24 夜	C1	内	3	3	1	1	0	0



表.センサ弱点代表データ一覧

ID	名称	説明	発生条件	発生頻度	発生時間	発生位置	発生回数
1	歩道橋	歩道橋の多いコースで、歩道橋の多いコースで発生。	歩道橋の多いコース	歩道橋の多いコース	歩道橋の多いコース	歩道橋の多いコース	歩道橋の多いコース
2	マルチパス地形	マルチパス地形の多いコースで発生。	マルチパス地形の多いコース	マルチパス地形の多いコース	マルチパス地形の多いコース	マルチパス地形の多いコース	マルチパス地形の多いコース
3	多物理	多物理の多いコースで発生。	多物理の多いコース	多物理の多いコース	多物理の多いコース	多物理の多いコース	多物理の多いコース
4	防壁影	防壁影の多いコースで発生。	防壁影の多いコース	防壁影の多いコース	防壁影の多いコース	防壁影の多いコース	防壁影の多いコース
5	街路影	街路影の多いコースで発生。	街路影の多いコース	街路影の多いコース	街路影の多いコース	街路影の多いコース	街路影の多いコース

表.センサ弱点/試験属性マトリックス

センサ弱点	試験属性	発生頻度	発生時間	発生位置	発生回数
歩道橋	歩道橋	歩道橋	歩道橋	歩道橋	歩道橋
マルチパス地形	マルチパス地形	マルチパス地形	マルチパス地形	マルチパス地形	マルチパス地形
多物理	多物理	多物理	多物理	多物理	多物理
防壁影	防壁影	防壁影	防壁影	防壁影	防壁影
街路影	街路影	街路影	街路影	街路影	街路影

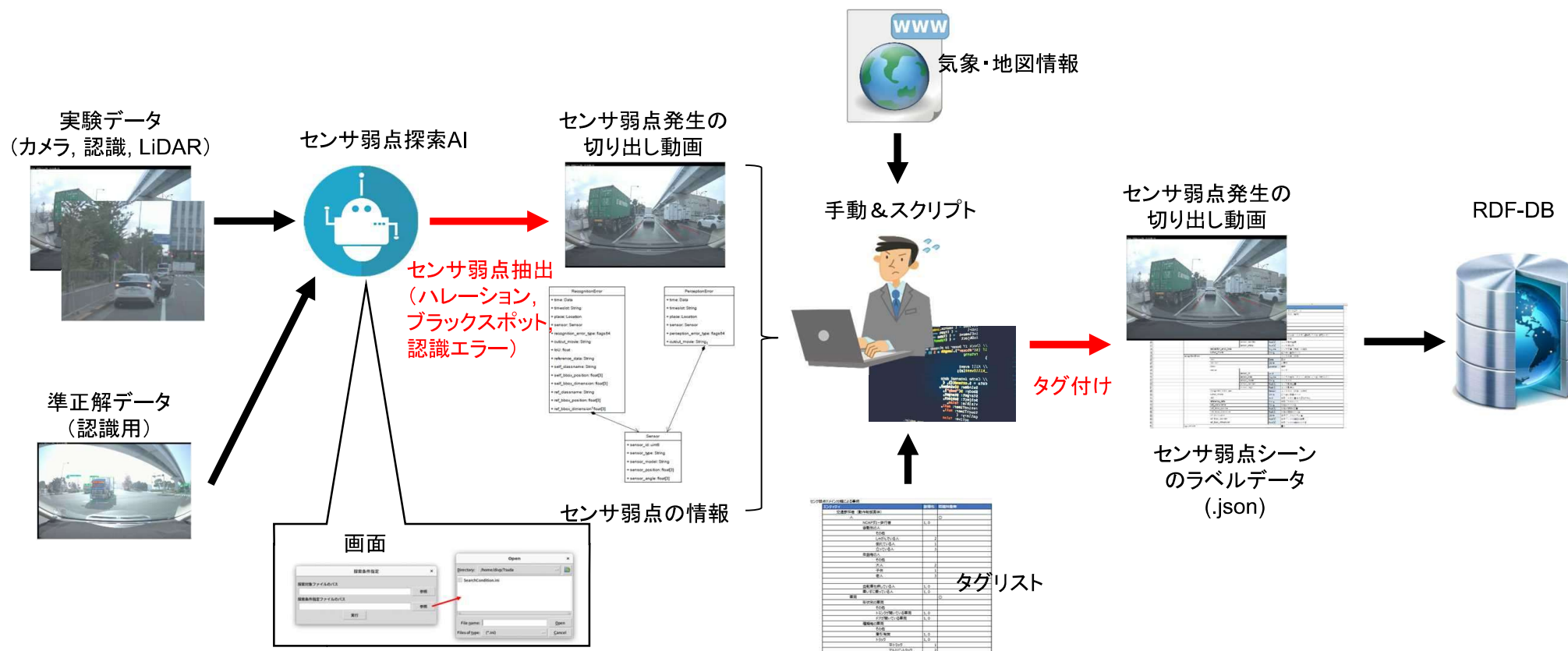
図.走行ルート

表.試験パターンとセンサ弱点取れ高推定



走行中の認識結果と走行後の認識結果(準正解)の比較により、自動的にセンサ弱点シーンを探索するアルゴリズムを開発 気象情報なども参照し、半自動でタグ情報を付加するアルゴリズムも試作

センサ弱点事象探索 & タグ付けフロー



認識出力に加えセンサの知覚出力にも着目しセンサ弱点現象／要因／原理をそれぞれ明確化した上で、今年度は一部のセンサ弱点現象に絞り探索手法を検討



センサ弱点の定義抜粋(赤枠:今年度分)

センサの状態	知覚出力	センサ弱点判定	センサ弱点現象	センサ弱点要因(例)	センサ弱点原理
異常	-	センサ故障(≠センサ弱点)	-	-	
正常	反応の強度が不適切	知覚弱点	白飛び	逆光	低コントラスト
			ブラックスポット	黒い物体	低反射率
			クラッタ	雨	低S/N
	反応の位置が想定と異なる		ゴースト	トンネル	マルチパス

センサの状態	認識出力	センサ弱点判定	センサ弱点現象	センサ弱点要因(例)	センサ弱点原理
異常	-	センサ故障(≠センサ弱点)	-	-	
正常	準正解にあるが認識にはない	認識弱点	FN	夜	低コントラスト
	準正解にないが認識にある		FP	影	色相
	準正解と認識でBBOX位置が異なる		低IoU	ヘッドライト	明暗差
	準正解と認識でクラスが異なる		クラス誤り	ワゴン	類似の形状



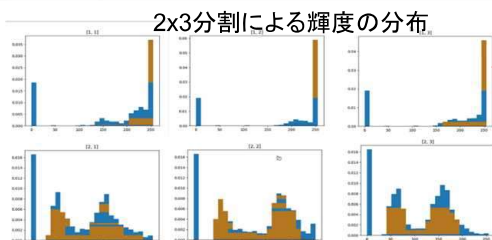
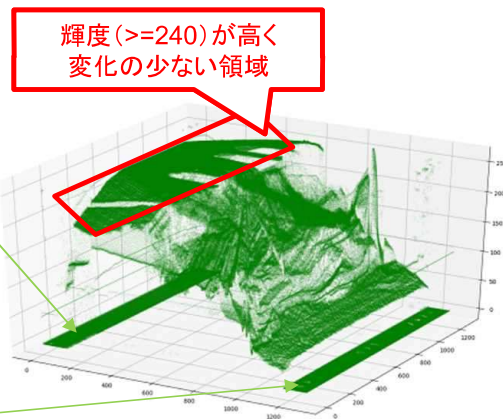
カメラ知覚出力に対するセンサ弱点現象(例:白飛び)を自動探索するアルゴリズムを開発



白飛び(カメラ)の推定

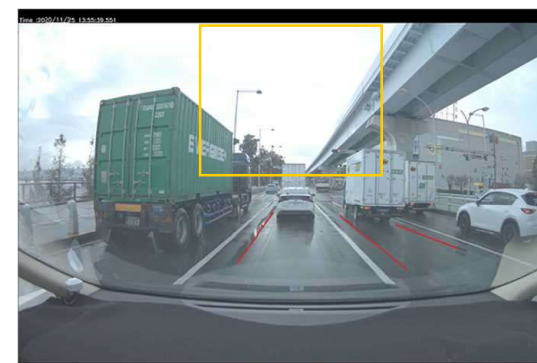
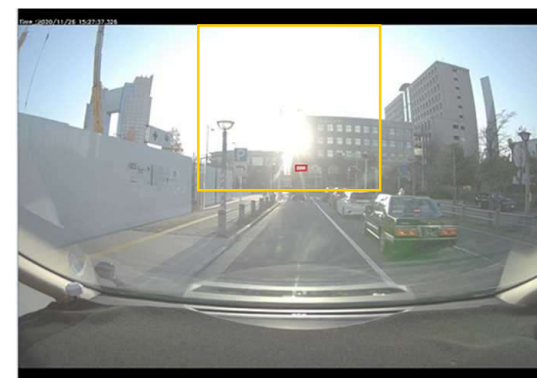
下記の輝度値の分析を踏まえ、
指定の分割数でグリッドに分割し、各グリッドの輝度平均値を白飛び判定に活用

■ 輝度のマップ、ヒストグラムによる閾値の確認



確認結果

逆光(上)やコントラスト低下(下)による
白飛びを検出(黄枠部)



LiDAR知覚出力に対するセンサ弱点現象(例:ブラックスポット)を自動探索するアルゴリズムを開発

ブラックスポット(LiDAR)の推定

LiDARの認識データから点群の位置、反射強度を抽出して
2Dグレースケール画像へ変換し輝度の分布からブラックスポットを推定



図.2Dグレースケール画像(黒:反射高, 白:反射低)

確認結果

黒い車を含めたブラックスポット(青枠部)を検出

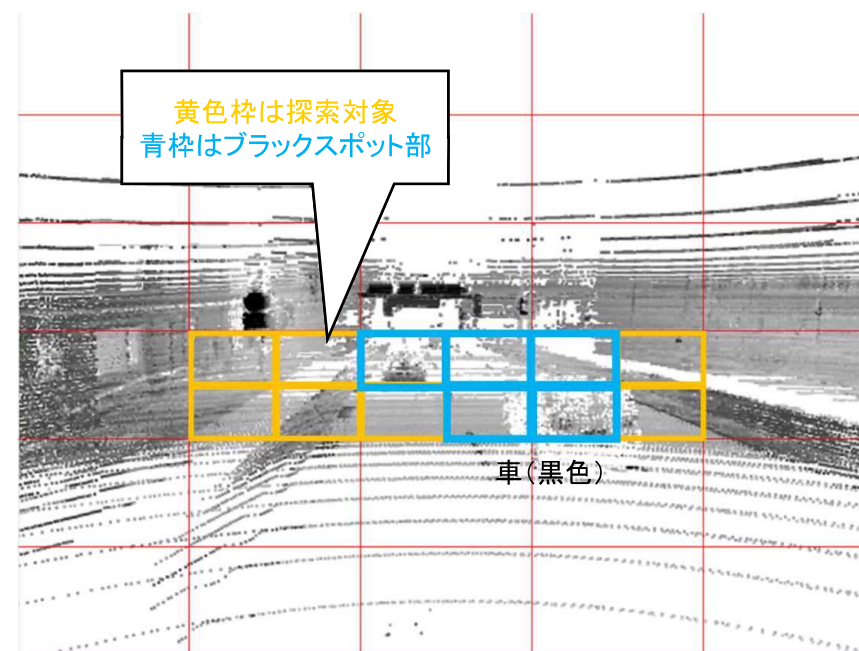


図.黒い車とブラックスポット

認識出力に対するセンサ弱点現象(未検出, 誤検出, 低IoU, クラス誤り)を自動探索するアルゴリズムを開発

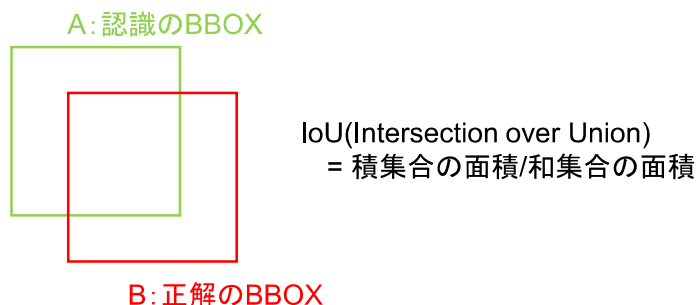
認識弱点の推定

認識結果と、別の物体検出モデルを使用して作成した比較用データ(準正解データ)を比較し、FP, FNに「低IoU」,「クラス誤り」を加えた4種のエラーに分類

表. 認識エラーの種類と推定方法

認識エラー	定義	推定方法
FN	物標が検出されていない	準正解データのBBOX近傍で認識データのBBOXが存在しない場合は未検出と判断
FP	背景の一部が物標と認識される	認識データのBBOX近傍で準正解データのBBOXが存在しない場合は誤検出と判断
低IoU	物標のBBOXの位置または寸法が正解と大きく異なる	認識データのBBOXに最も近い準正解データのBBOXをペアとし、そのIoUが0.7未満の時に低IoUと判断
クラス誤り	物標のクラスが間違っている	認識データのBBOXに最も近い準正解データのBBOXをペアとし、そのクラスが一致しない場合にクラス誤りと判断

物体検出の指標である”IoU”をエラー判定に活用



確認結果

左記の4種の認識エラーが検出できることを確認

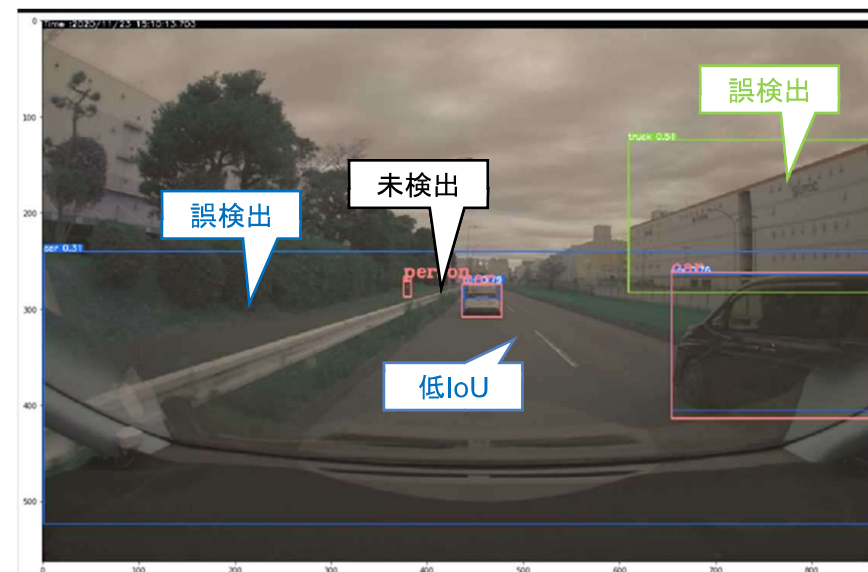
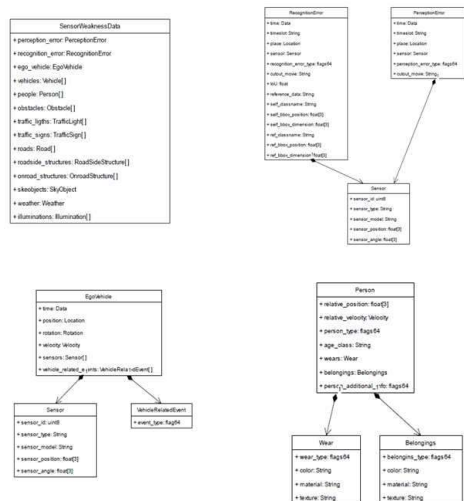


図. 未検出, 誤検出, 低IoUの例 ※いずれも検出可



自動的に算出したタグ情報に対し、事前に定義した関係性を付加しデータを蓄えるデータベースを構築

シナリオに基づくタグ付けデータの定義と作成



a) シナリオに必要なタグ情報をクラスモデル化(センサ弱点探索AIの目線)

Layer-1	Layer-2	Layer-3	Layer-4	Layer-5	Data Type	説明
sensor_weakness_data[0]	perception_error	time	Date		日時	センサ弱点の発生時刻
		timestamp	String		日時	日時
		place	Location		場所	場所
		sensor			センサ	センサ
			sensor_id	uint8		センサID
			sensor_type	Flags64		センサの種類 (カメラ, LiDAR, ミリ波, GPCなど)
			sensor_model	String		センサの型名
			sensor_position	float[3]		センサの位置情報
			sensor_angle	float[3]		センサの角度
			perception_error_type	Flags64		センサ弱点 (検知) の種類
			output_move	String		切り出し結果のパス
	recognitionError	time	Date		日時	センサ弱点 (認識)
		timestamp	String		日時	日時
		place	Location		場所	場所
		sensor			センサ	センサ
			sensor_id	uint8		センサID
			sensor_type	Flags64		センサの種類 (カメラ, LiDAR, ミリ波, GPCなど)
			sensor_model	String		センサの型名
			sensor_position	float[3]		センサの位置情報
			sensor_angle	float[3]		センサの角度
			recognition_error_type	Flags64		センサ弱点 (認識) の種類
			output_move	String		切り出し結果のパス
			id	uint		基準フレーム番号の認識のID
			reference_data	String		基準データのパス
			ref_classname	String		認識のクラス名
			ref_bbox_position	float[3]		認識のBBBOX位置
			ref_bbox_dimension	float[3]		認識のBBBOX寸法
			ref_classname	String		基準フレームのクラス名
			ref_bbox_position	float[3]		基準フレームのBBBOX位置
			ref_bbox_dimension	float[3]		基準フレームのBBBOX寸法
	ego_vehicle					車名

b) タグ情報のツリー構造化

c) センサ弱点データの作成

```

{
  "sensor_weakness_data": [
    {
      "perception_error": {
        "year": "2020",
        "date_line": "11/26/11:18:27.500000",
        "time_of_day": "11:18:27.500000",
        "place": [55.84875, 139.7781859, 13.3191242],
        "sensor": {
          "sensor_id": "1",
          "sensor_type": "camera",
          "sensor_model": "SONY IMX430",
          "sensor_position": [0.880, 0.1, 0.95],
          "sensor_angle": [0, 0, 0]
        },
        "error_area": [885, 0], [1390, 938],
        "error_type": "halation",
        "output_move": "show/drv/work/ssaai_20220114/2022-01-17_10h55a52e/halation_1.mp4"
      },
      "ego_vehicle": {
        "year": "2020",
        "date_line": "11/26/11:18:27.500000",
        "time_of_day": "11:18:27.500000",
        "place": [55.84875, 139.7781859, 13.3191242],
        "rotation": [0, 0, 0, 240, 0],
        "velocity": [0, 0, 0, 0, 0],
        "sensors": [
          {
            "sensor_id": "1",
            "sensor_type": "camera",
            "sensor_model": "SONY IMX430",
            "sensor_position": [0.880, 0.1, 0.95],
            "sensor_angle": [0, 0, 0, 0, 0]
          },
          {
            "sensor_id": "2",
            "sensor_type": "lidar",
            "sensor_model": "Velodyne VLS128",
            "sensor_position": [-0.228, 0.2, 2.81],
            "sensor_angle": [0, 0, 0, 0, 0]
          }
        ]
      }
    }
  ]
}

```

シーンのタグ情報(.json)

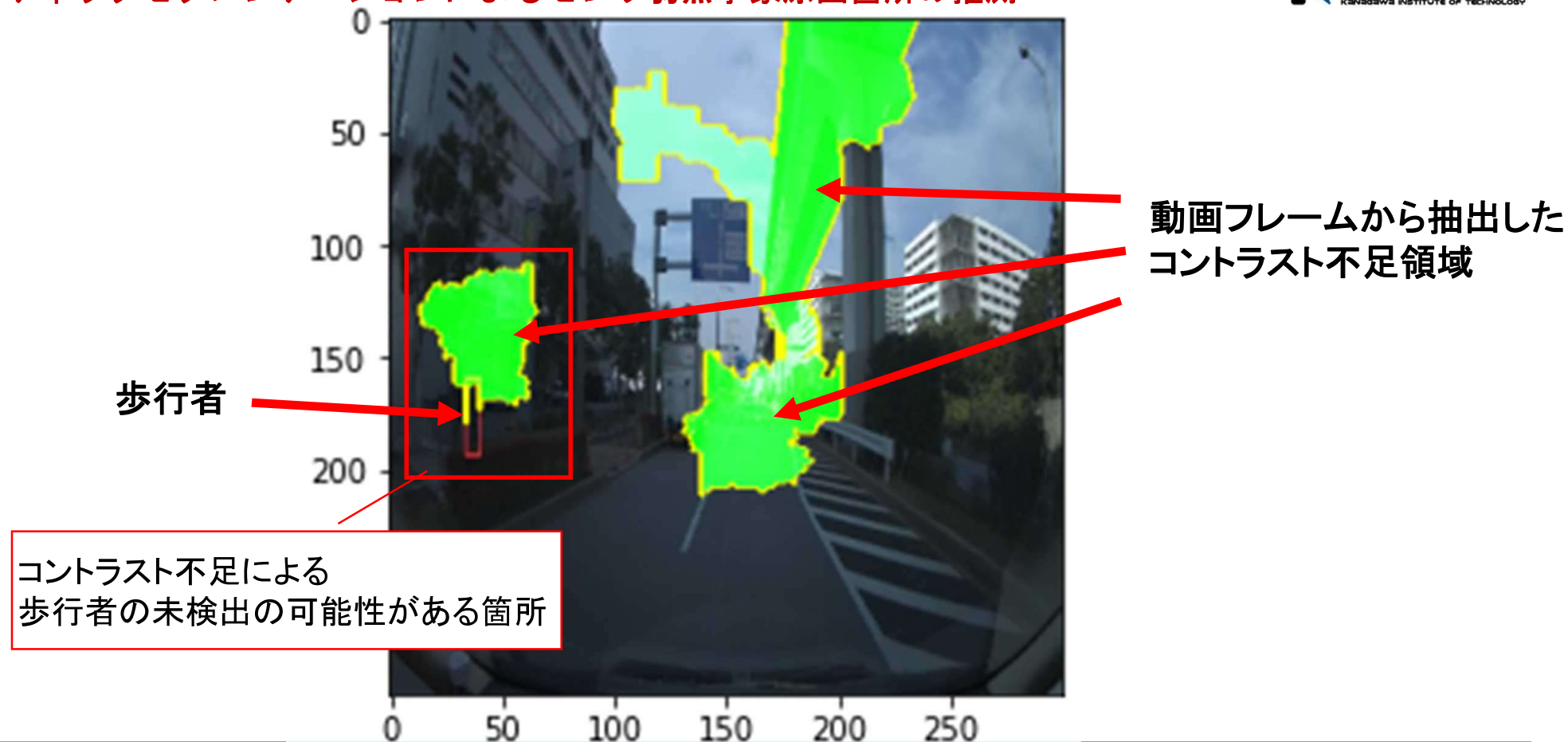


現象発生シーンの動画(.mp4)

<ポイント>
 センサ弱点現象を含めた一部のタグを自動で付与し、
 その後は手動で付与

セマンティックセグメンテーションを用いたセンサ弱点事象発生個所の探索を試行中
コントラストが不足している⇨認識誤りが起きやすいと仮定し、学習モデルにより類似箇所を探索する

セマンティックセグメンテーションによるセンサ弱点事象原因箇所の推測



ユーザが指定するテスト条件(交通流シナリオ)とデータベースから求めたセンサ弱点発生条件(センサ弱点シナリオ)を組み合わせたロジカルシナリオを生成するシステムを立案した

センサ弱点シナリオ作成フロー

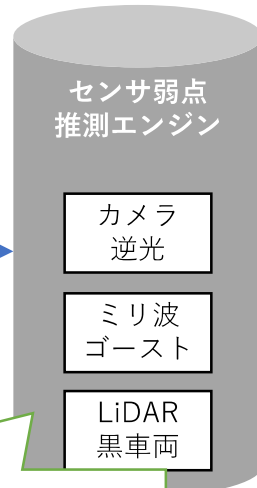
計測データ	走行条件タグ		環境条件タグ	
	タグA	タグB	タグα	タグβ
データ1				
データ2				
⋮				

多変量モデルができた時点で必ずしも事象DBと推測エンジンはつながってなくても良い



統計処理

多変量解析など



多変量モデルイメージ
 $f(\text{走行条件タグ}, \text{環境条件タグ}) = \text{弱点発生確率}$

出力モデルイメージ
 $f(\text{環境条件タグ}) = \text{弱点発生確率}$

ジオメトリ条件のシナリオ



② 評価対象弱点事象の走行条件、環境条件パラメータ値を入力

DIVP®シナリオツール

③ 評価対象弱点事象の発生確率を受け取る

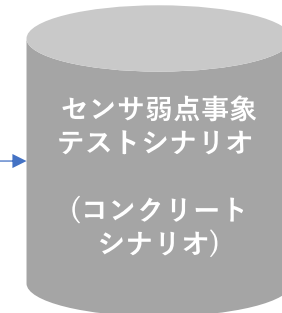


① 走行条件の作成

ユーザ作業

- ① 走行条件の作成 例)交通流シナリオ、実験データ
- ② 評価対象弱点事象の各種パラメータを推測エンジンへ入力
- ③ 評価対象弱点事象の発生確率を受け取る
- ④ 走行条件+弱点発生条件を合わせてテストシナリオ出力
- ⑤ DIVP®-PFでテストシナリオをシミュレーション評価

④ 走行条件および弱点事象発生条件を合わせてテストシナリオデータを出力



⑤ DIVP®-PFでテストシナリオをシミュレーション評価

DIVP®-PF

センサ弱点シナリオを表現するために必要なタグの内容、構造の検討を実施した上で、センサ弱点事象DB化およびDBへの入出力のインターフェースを策定

センサ弱点事象DBと周辺のシステム構造

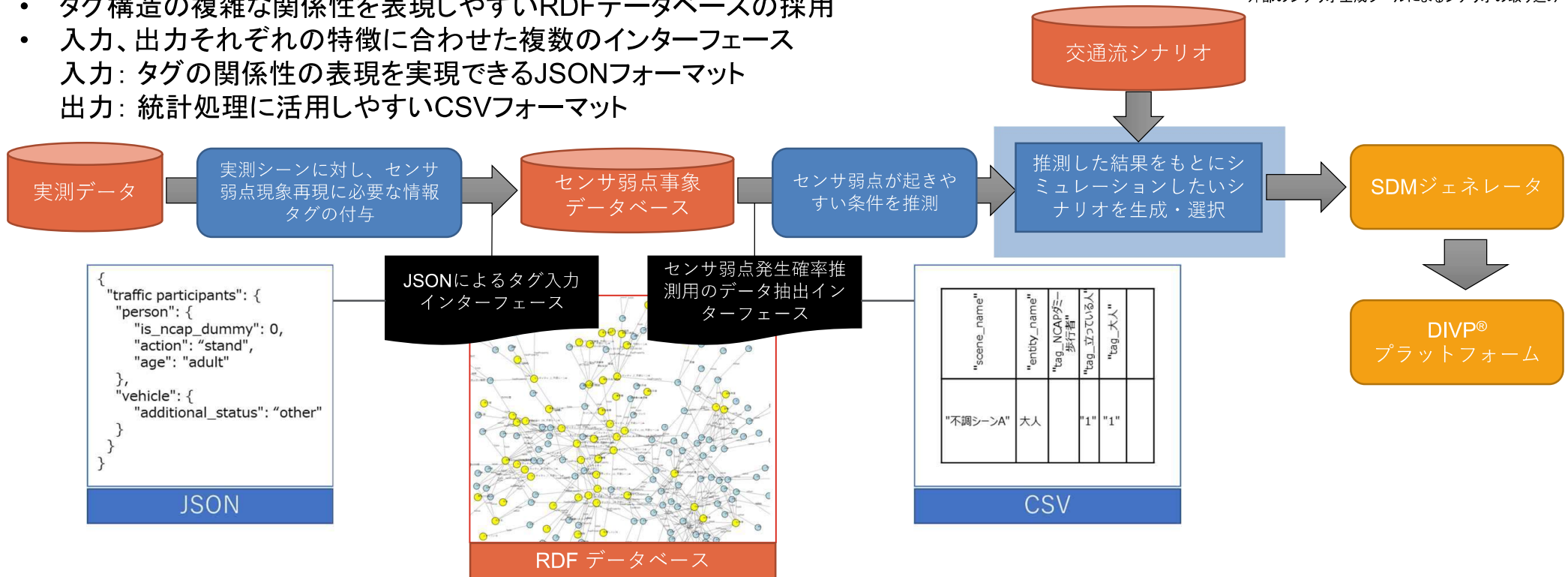


検討したタグ構造をもとに、センサ弱点事象DBシステムのプロトタイプを実装した。

特徴

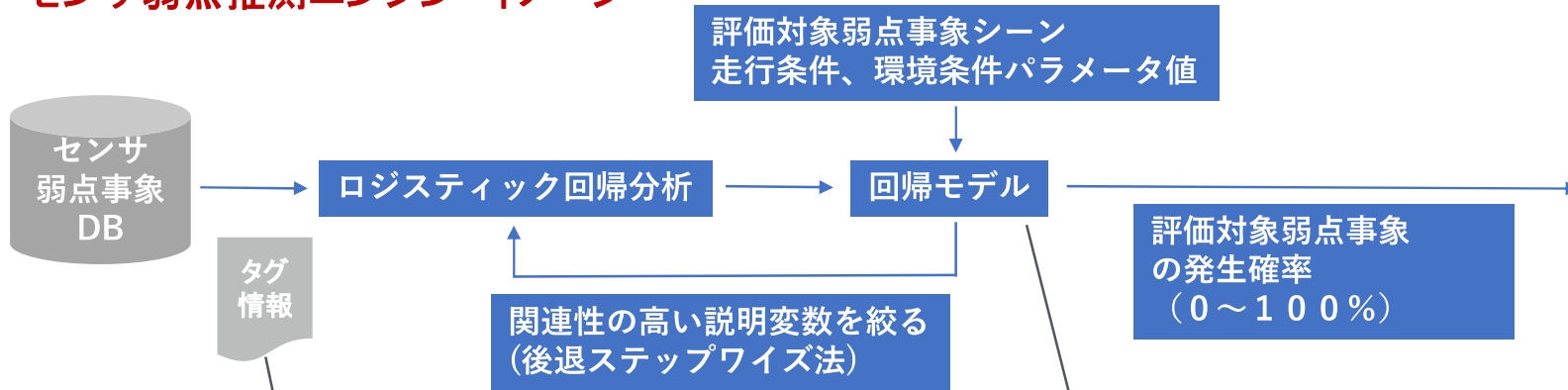
- タグ構造の複雑な関係性を表現しやすいRDFデータベースの採用
- 入力、出力それぞれの特徴に合わせた複数のインターフェース
 入力: タグの関係性の表現を実現できるJSONフォーマット
 出力: 統計処理に活用しやすいCSVフォーマット

交通シナリオとしては以下を想定
 • DIVP®の既存シナリオ
 • SAKURAシナリオデータベース
 • 外部のシナリオ生成ツールによるシナリオの取り込み



センサ弱点が発生する条件を導くアルゴリズム(センサ弱点推測エンジン)は センサ弱点事象DB(タグ情報)から学習した回帰モデルにより定義している

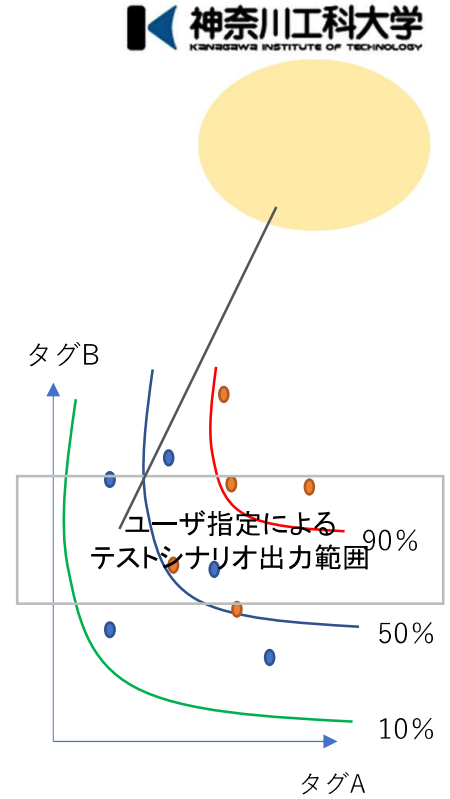
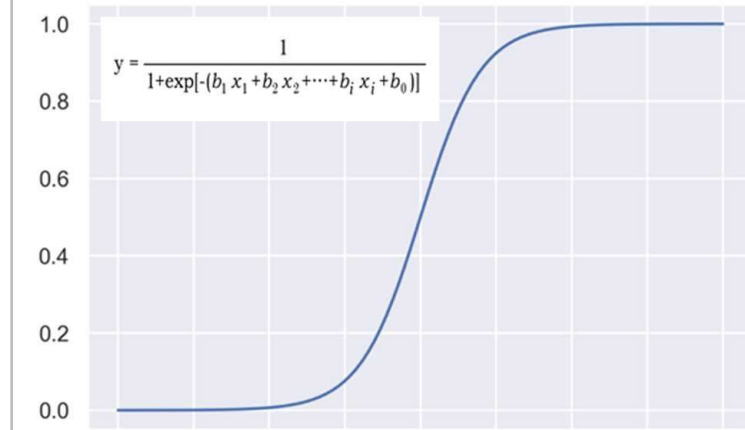
センサ弱点推測エンジン イメージ



タグ情報(目的変数と説明変数)

タグ名(目的変数)	種別	データ型	説明変数	タグ名(説明変数)	種別	データ型	説明変数
sensor_weakness	センサ弱点	ブール型	発生/発生しない	sensor_weakness	センサ弱点	ブール型	発生/発生しない
sensor_weakness_time	センサ弱点	浮動小数点	発生時刻	sensor_weakness_time	センサ弱点	浮動小数点	発生時刻
sensor_weakness_location	センサ弱点	文字列	発生場所	sensor_weakness_location	センサ弱点	文字列	発生場所
sensor_weakness_speed	センサ弱点	浮動小数点	発生速度	sensor_weakness_speed	センサ弱点	浮動小数点	発生速度
sensor_weakness_acceleration	センサ弱点	浮動小数点	発生加速度	sensor_weakness_acceleration	センサ弱点	浮動小数点	発生加速度
sensor_weakness_temperature	センサ弱点	浮動小数点	発生温度	sensor_weakness_temperature	センサ弱点	浮動小数点	発生温度
sensor_weakness_humidity	センサ弱点	浮動小数点	発生湿度	sensor_weakness_humidity	センサ弱点	浮動小数点	発生湿度
sensor_weakness_pressure	センサ弱点	浮動小数点	発生圧力	sensor_weakness_pressure	センサ弱点	浮動小数点	発生圧力
sensor_weakness_altitude	センサ弱点	浮動小数点	発生高度	sensor_weakness_altitude	センサ弱点	浮動小数点	発生高度
sensor_weakness_orientation	センサ弱点	文字列	発生方位	sensor_weakness_orientation	センサ弱点	文字列	発生方位
sensor_weakness_battery	センサ弱点	浮動小数点	発生バッテリー残量	sensor_weakness_battery	センサ弱点	浮動小数点	発生バッテリー残量
sensor_weakness_signal_strength	センサ弱点	浮動小数点	発生信号強度	sensor_weakness_signal_strength	センサ弱点	浮動小数点	発生信号強度
sensor_weakness_network_type	センサ弱点	文字列	発生ネットワークタイプ	sensor_weakness_network_type	センサ弱点	文字列	発生ネットワークタイプ

偏回帰係数、p値/Z値、AIC(赤池情報量規準)、...



交通流シナリオを入力とし、センサ弱点シナリオデータベースと連携してセンサ弱点シナリオを効率的に作成するGUIアプリケーションを試作した

シナリオジェネレータ



Baseシナリオ作成(ユーザの初期条件設定)

画面設計

構築したプロトタイプ

シナリオベース名: 青海一丁目でのCPNA50

メモ: ...

センサ弱点現象: 映り込み誤認識

交通シナリオ

交通流名称: NCAP CPNA50

自動車

- 白いプリウス
- 黒いアルファード
- 自動車挙動: 30km/h 定速

歩行者

- 黒革の歩行者
- 歩行者挙動: 時速5km 横断

追加交通参加者

対向車: トラック

対向車挙動: 40km/h 定速

交通参加者追加

追加一時障害物: なし

環境: お台場 秋 晴れ

画面設計

構築したプロトタイプ

ScenarioGenerator

シナリオグループ一覧

▼ Group 1

▼ 条件設定

CPNA

シーン

- ▼ 種類: 候補を編集する
- 黒いアルファード
- ▼ 挙動: 候補を編集する
- 30.00km/h
- 40.00km/h
- ▼ 歩行者
- ▼ 種類: 候補を編集する
- ▼ 挙動: 候補を編集する
- 横断
- ▼ 挙動パラメータ (速さ): 候補を編集する
- 5.00km/h

選択 名前

- 5.00km/h
- 10.00km/h

シナリオのグルーピングとセンサ弱点発生確率の確認

画面設計

構築したプロトタイプ

シナリオ 絞り込み検索窓

[グループ1] CPNA50 映り込み誤認識探索用シナリオ

シナリオ名	メモ	映り込み誤認識確率
シナリオA	...	60%
シナリオB	...	30%
シナリオC	...	90%
シナリオD	...	0%

既存シナリオ追加 新規シナリオ作成 条件設定によるシナリオ展開

[グループ2] CutIn 映り込み誤認識探索用シナリオ

シナリオ名	メモ	映り込み誤認識確率
シナリオA	...	60%
シナリオB	...	30%

既存シナリオ追加 新規シナリオ追加

グループ名	グループ説明	Group Description for Group 1
Group 1	自車	交通参加者 環境 白飛び (halation) 確率
Group 1 Scene1	黒いアルファード	NCAP歩行者タミー 晴れ 昼間
Group 1 Scene2	黒いアルファード	NCAP歩行者タミー 雨 朝
Group 1 Scene3	NCAP自転車タミー	NCAP歩行者タミー 晴れ 昼間
Group 1 Scene4	NCAP自転車タミー	NCAP歩行者タミー 雨 朝

シナリオ追加 シナリオ編集 条件設定によるシナリオ展開 センサ弱点設定 DIVP XML出力

新規グループ追加

グループ名	グループ説明	Group Description for Group 1
Group 1	自車	交通参加者 環境 白飛び (halation) 確率
Group 1 Scene1	黒いアルファード	NCAP歩行者タミー 晴れ 昼間
Group 1 Scene2	黒いアルファード	NCAP歩行者タミー 雨 朝
Group 1 Scene3	NCAP自転車タミー	NCAP歩行者タミー 晴れ 昼間
Group 1 Scene4	NCAP自転車タミー	NCAP歩行者タミー 雨 朝

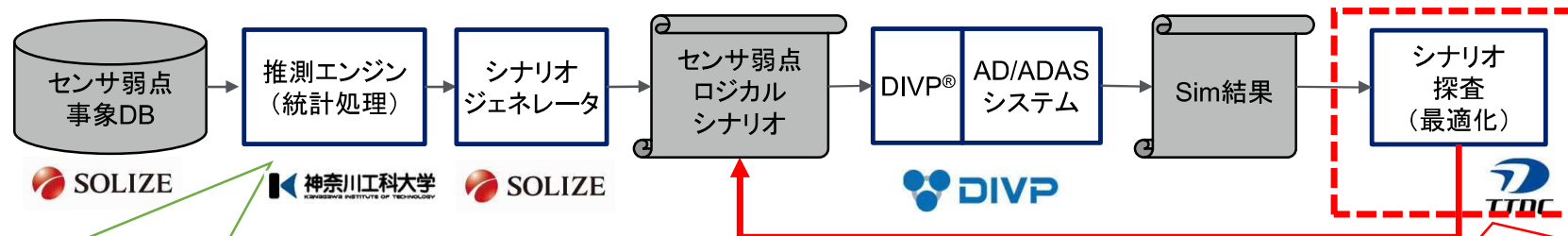
シナリオ追加 シナリオ編集 条件設定によるシナリオ展開 センサ弱点設定 DIVP XML出力

新規グループ追加



作成したセンサ弱点ロジカルシナリオの範囲において、評価対象の実システムでセンサ弱点が発生する境界条件(エッジケースシナリオ)を探索するアプリケーションの立案～ツール試作～評価を実施

シナリオ探索(最適化)



多変量モデルイメージ

$$f(\text{走行条件, 環境条件}) = \text{弱点発生確率}$$

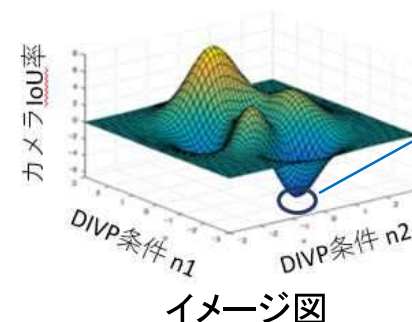
例) カメラ弱点「ハレーション現象」の場合
ハレーション発生が高くなる条件(走行条件とその範囲、環境条件とその範囲)を推測する

シナリオ探索(最適化)

最適化手法を用いる。
評価指標に対し、センサ弱点現象を発生させるDIVP®シナリオ(走行条件の値、環境条件の値)を自動探索する

シナリオ探索(最適化)の事例

- 目的 : カメラ認識「IoU率」が、弱点現象「ハレーション」によって低くなるシナリオを探索する
- 探索パラメータ : 推測エンジンより決定(走行条件と範囲、環境条件と範囲)
- 評価指標 : カメラ認識 IoU率 (Sim結果より算出)



最悪条件を
早く正確に見つける

イメージ図



DIVP®出力の表示/解析機能とユーザが定義した評価関数に基づき有効なシナリオ条件を導く機能を搭載したデータ解析ツールを検討した

データ解析ツール (TTDC OptiMeister)



→ チャートカーソル × 動画 × データ 時刻連動して確認可能

The screenshot displays the OptiMeister software interface with several key components highlighted by blue boxes and labels:

- チャート描画 (Chart Drawing):** A line graph titled 'XTグラフ' showing data over time. A red arrow points from a data point on the graph to the corresponding video frame.
- センサ画像・地図 (Sensor Images & Map):** A central area showing a 3D simulation of a vehicle on a road, with sensor data overlays like camera and lidar views.
- 読み込みデータ一覧 (Loaded Data List):** A tree view on the right side showing the loaded data structure, including 'camera_came', 'lidar_lidar_1', 'mmwradar_m', and 'Map'.
- 時系列データ (Time Series Data):** A table at the bottom left showing a list of data points with columns for 'No', 'clock', and various sensor data fields.
- 認識データ (Recognition Data):** A window at the bottom right showing a JSON-like data structure for 'divp_msgs/LidarRaindropTextureData'.

＜主な解析機能＞

- ・演算
- ・フィルタ
- ・データ範囲抽出、定量値算出
- ・外部スクリプト(Python)連携
他



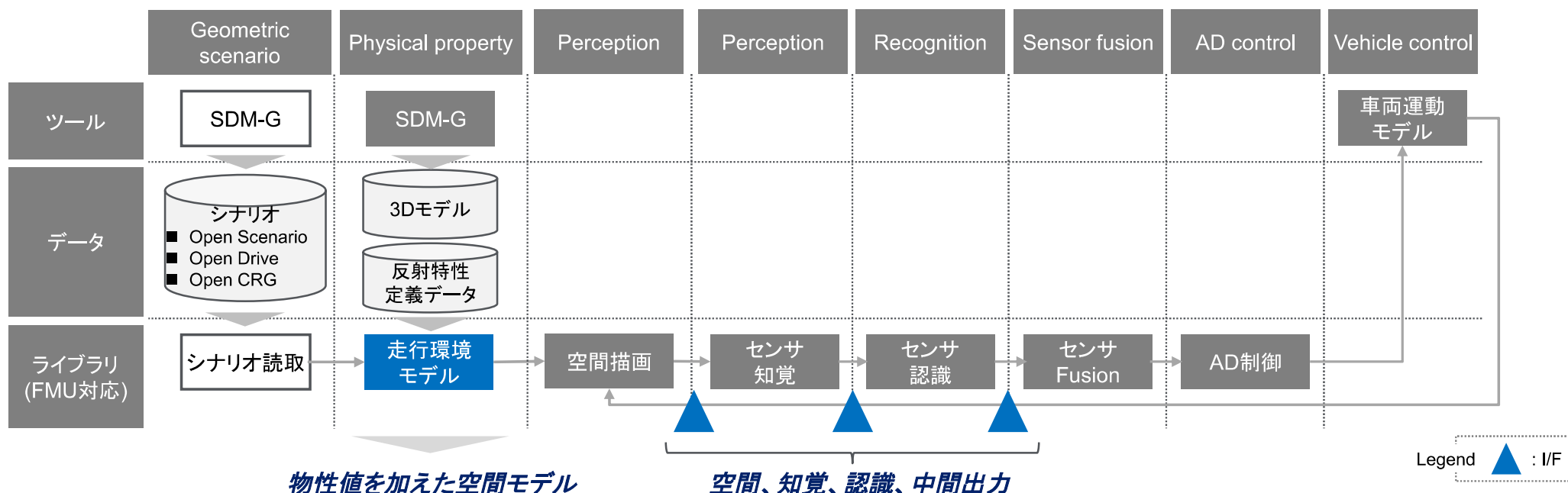
研究成果



DIVP®は物性を有す精緻な環境モデルと、センサの中間出力によりセンサに着目した安全性評価が可能、必要なI/Fは国際標準に昇華させるべく国際連携活動を進めてきた

現有の国際標準と比較したDIVP®の独自性

Nihon Unisys, Ltd

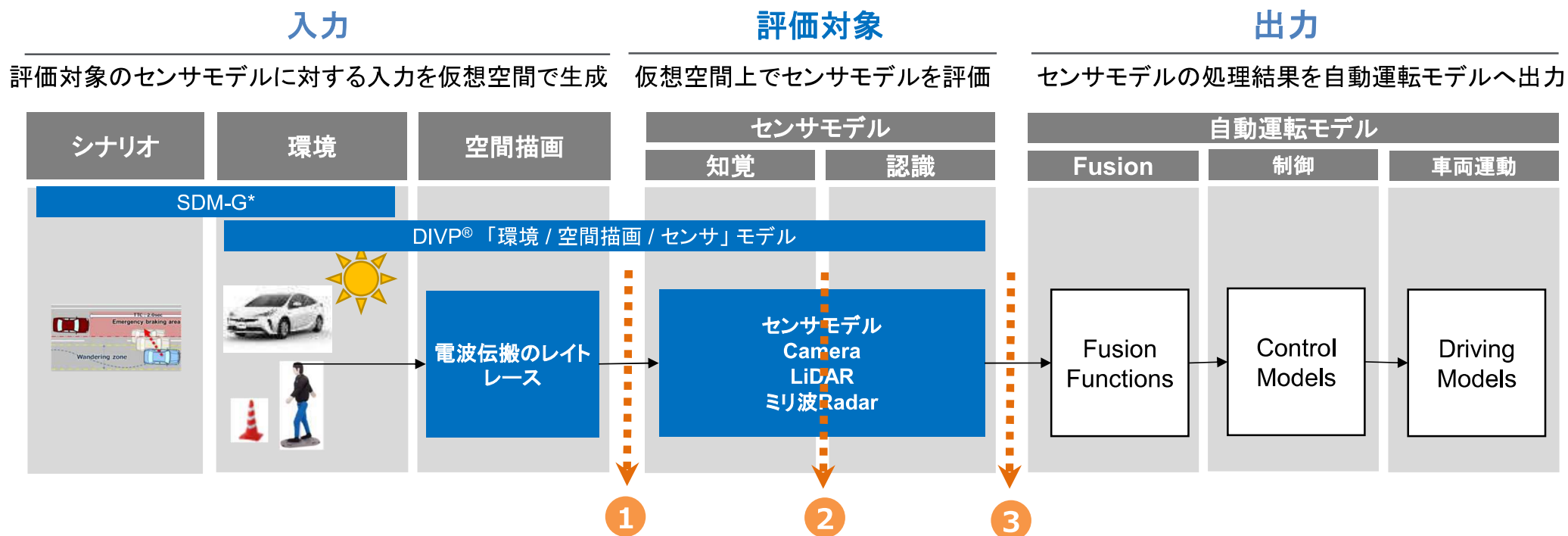


センサ中間出力については各センサの専門家による有効性検証を実施

独VIVALDIとの国際協調プロジェクトVIVIDを通じてOSIをベースにプラットフォーム接続性の拡張を検討

評価対象のセンサモデルからみたDIVP® IFの整理

Nihon Unisys, Ltd



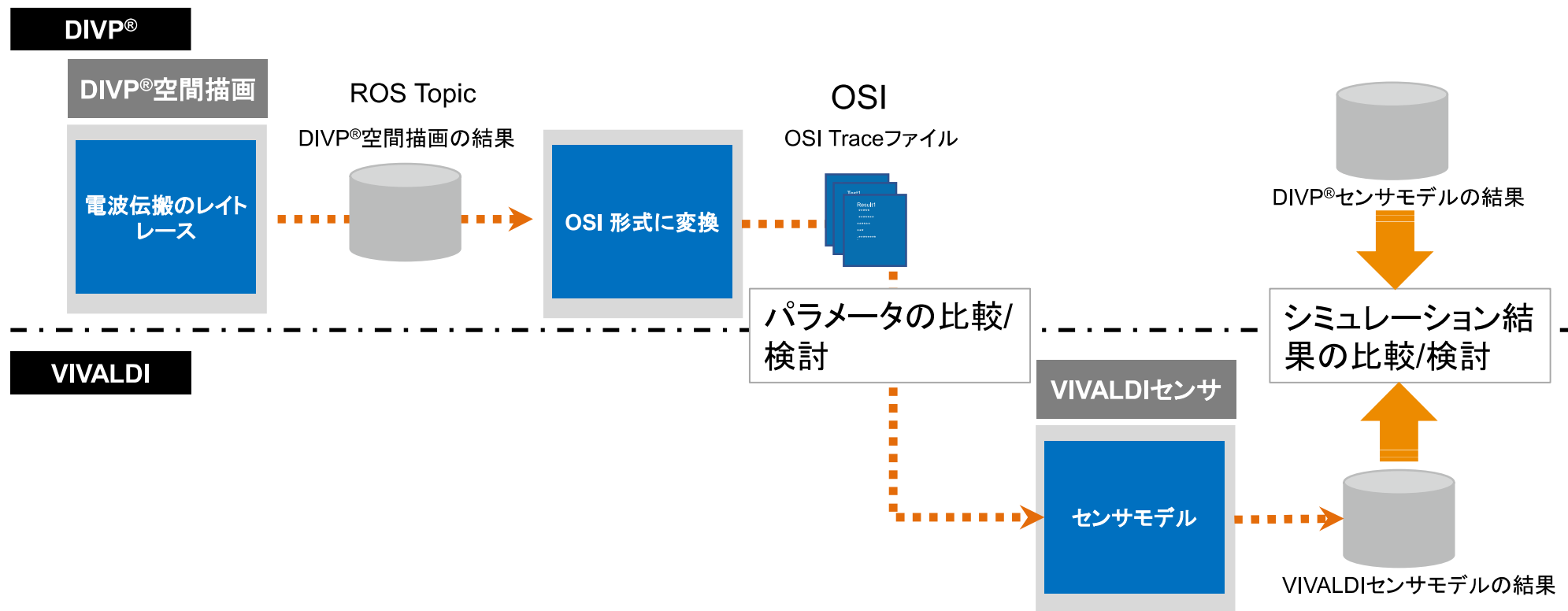
センサモデルに対する標準IFとして、OSIを介したIF接続性について独VIVALDIと協議中

独VIVALDIとの国際協調プロジェクトVIVIDを通じてOSIをベースにプラットフォーム接続性の拡張を検討

DIVP®の空間描画をOSI形式に変換

Nihon Unisys, Ltd

DIVP®の空間描画の結果(ROS)をOSI形式に変換したものを独VIVALDI側へ提供し検証/協議を進める。
この活動を通じて、OSIに標準として提案する/取り込むべき標準的なパラメータを明らかにしていく。



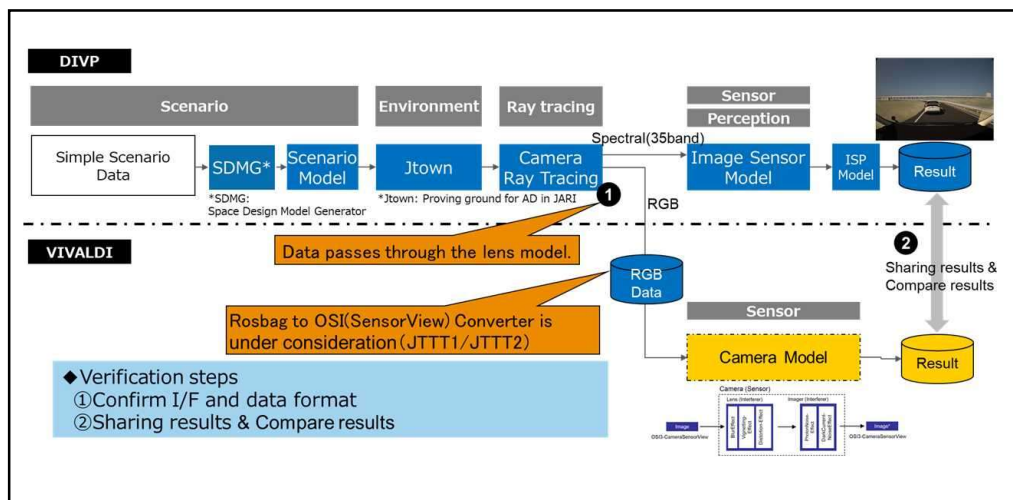
カメラ出力データの交換により、I/F接続性、一貫性検証の手法、精緻な物理モデルの有用性について情報交換と議論を行い、シミュレーション環境の在るべき姿に対する相互の理解を深める

2段階でのデータ交換を提案

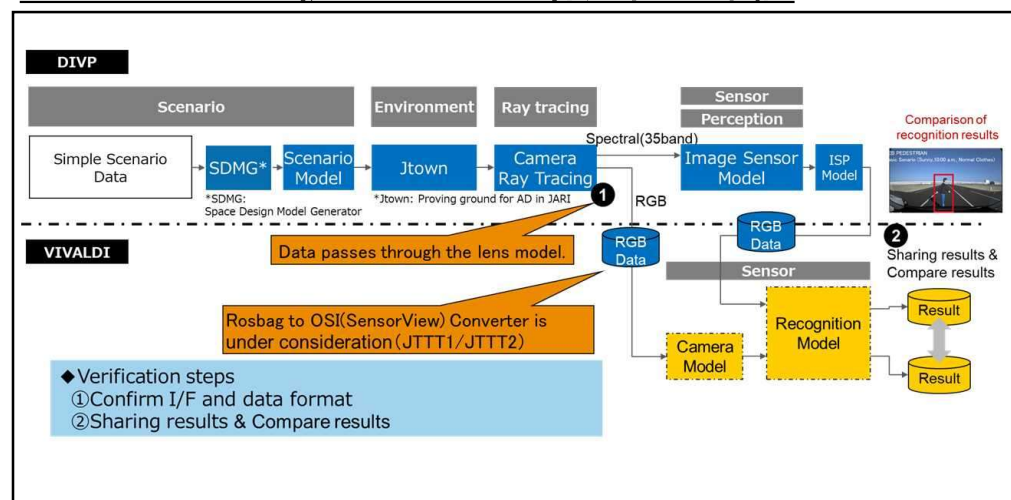
Sony Semiconductor Solutions Corporation

- 2段階でのデータ交換により、双方のプラットフォーム(PF)環境の理解を深めることを提案
 - STEP1: 空間描画後のRGB画像データを提供し、出力データのI/F接続性を確認する
 - STEP2: センサ物理モデル出力データを提供し、精緻な物理モデルの有用性に対する相互理解を進める
- STEP1のための提供データを現在準備中

STEP1: データフォーマット、I/F接続性の検証

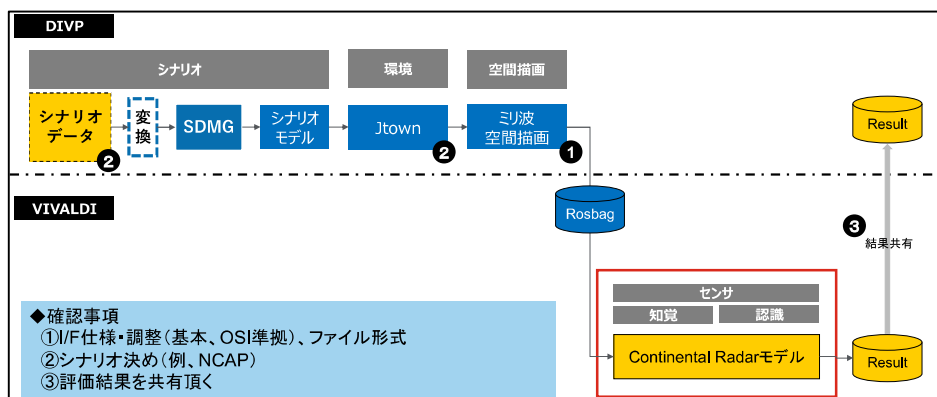


STEP2: センサ物理モデルの有用性の確認

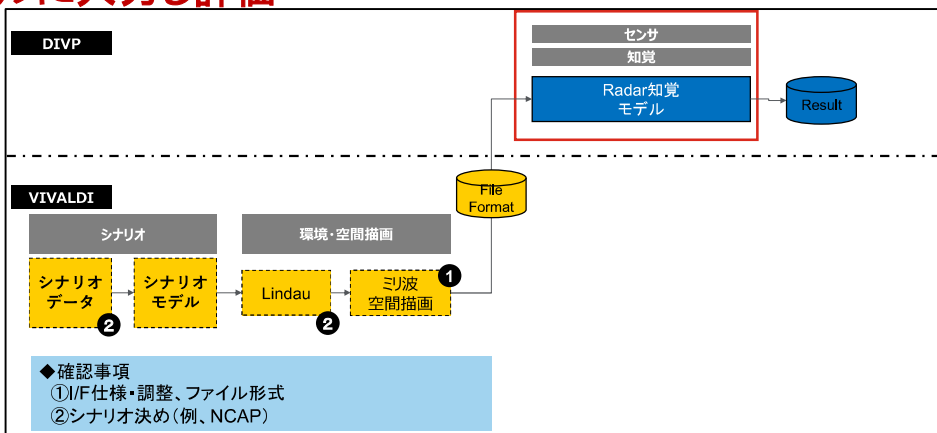


独VIVALDIとの国際協調プロジェクトVIVIDを通じてOSIをベースにプラットフォーム接続性の拡張を検討。ミリ波空間描画出力を交換し、IF妥当性を評価。標準IFとしてOSIへ提案を行う方針。

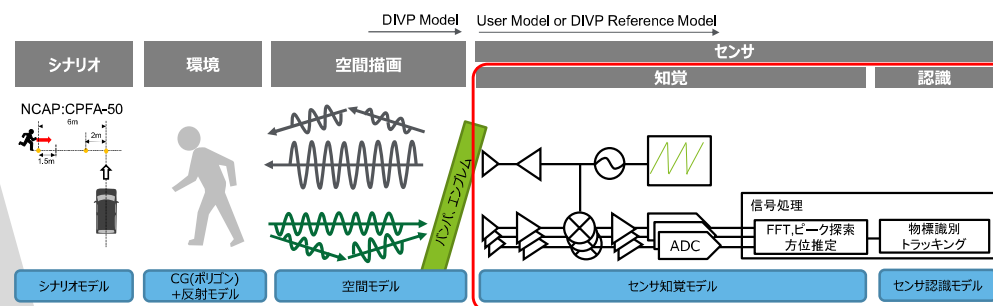
①DIVP®の空間描画出力データをContiのRadarモデルに入力し評価



②Contiの空間描画出力データをDIVP®のRadarモデルに入力し評価



お互いの空間描画出力を交換し、IF妥当性評価



- ・空間描画の出力を標準IF化し、OSIへ提案を行う方針
- ・今年度は、下記を実施した：
 - 1) データ交換方針の合意
 - 2) 共通シナリオの決定
 - 3) VIVALDIへの提供希望データリスト提示(合意完了)
 - 4) DIVP®からVIVALDIへのデータ提供時のデータフォーマット決定(CSV)
 - 5) VIVALDI側データリスト(OSI extension)を入手/仕様確認実施

次頁より、2) 3) 5)に関して補足情報を記載する。

独VIVALDIとの国際協調プロジェクトVIVIDを通じてOSIをベースにプラットフォーム接続性の拡張を検討

本ページより、前述2) 3) 5)に関して補足情報を記載する。

2) 共通シナリオの決定

自車正面50メートル離れた場所に、コーナーリフレクターを1つ置く。自車は、40km/hの定速でコーナーリフレクターに接近する。



Stationary corner reflector.
Initial range = 50 m



In **Conti scenario** ego vehicle
approaching corner at 11.11 m/s
(40 km/h)

独VIVALDIとの国際協調プロジェクトVIVIDを通じてOSIをベースにプラットフォーム接続性の拡張を検討

3) VIVALDIへの提供希望データリスト提示(合意完了)



下表に、VIVALDIへの提供希望データリストを示す。
DIVP®側のRadarモデルが使用しているデータリストであり、VIVALDI側から入手したいデータリストである。
こちらについて、提供については、合意完了している。

VIVALDIへの提供希望データリスト

No	データ	英語表記
1	総伝搬距離	ray propagation distance in total [m]
2	反射点間相対速度	sum of relative velocity between reflection points [m/s]
3	水平偏波成分の伝搬減衰量	sum of propagation attenuation of horizontal polarization
4	垂直偏波成分の伝搬減衰量	sum of propagation attenuation of vertical polarization
5	受信水平方位	DOA in azimuth angle [deg]
6	受信垂直方位	DOA in elevation angle [deg]
7	送信水平方位	DOD in azimuth angle [deg]
8	送信垂直方位	DOD in elevation angle [deg]

独VIVALDIとの国際協調プロジェクトVIVIDを通じてOSIをベースにプラットフォーム接続性の拡張を検討

5)VIVLADI側データリストを入手/仕様確認実施

- ・DIVP®, VIVALDIの必要としているデータリストを比較した結果、OSI®では信号数が足りないことが分かった
- ・VIVALDIでは、OSI® のバージョンアップを検討しており、OSI® extensionという形で検討している



DIVP®出力、OSI、VIVALDIの出力に対する比較検証結果

No	データ	DIVP®	OSI extension by VIVALDI	OSI 3.0 RadarSensorView:: Reflection
1	信号強度	--	--	signal_strength [dB]
2	総伝搬距離	ray propagation distance in total [m]	path_length	time_of_flight [s]
3	反射点間相対速度	sum of relative velocity between reflection points [m/s]	relative_velocity	doppler_shift [Hz]
4	水平偏波成分の伝搬減衰量	sum of propagation attenuation of horizontal polarization	power in dBm(in H-pol)	--
5	垂直偏波成分の伝搬減衰量	sum of propagation attenuation of vertical polarization	power in dBm(in V-pol)	--
6	受信水平方位	DOA in azimuth angle [deg]	horizontal_angle	source_horizontal_angle [rad]
7	受信垂直方位	DOA in elevation angle [deg]	vertical_angle	source_vertical_angle [rad]
8	送信水平方位	DOD in azimuth angle [deg]	--	--
9	送信垂直方位	DOD in elevation angle [deg]	--	--
10	反射点数	非公開	number_of_interaction	--
11	反射点座標	非公開	HitPoint as Vector3D x,y,z	--
12	反射位相シフト	非公開	Phase	--

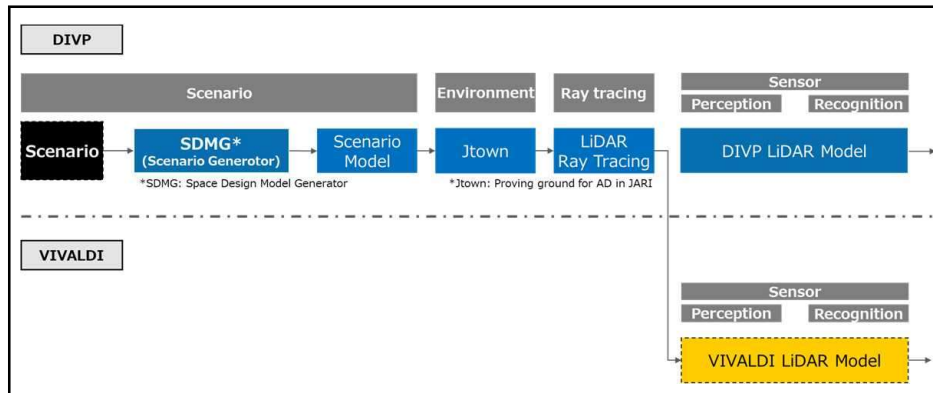
・DIVP®とVIVALDI間にて一致 Radarモデルの接続性確認に十分な信号は得られる

DIVP®とVIVALDIの各研究内容に依存するため、議論継続中

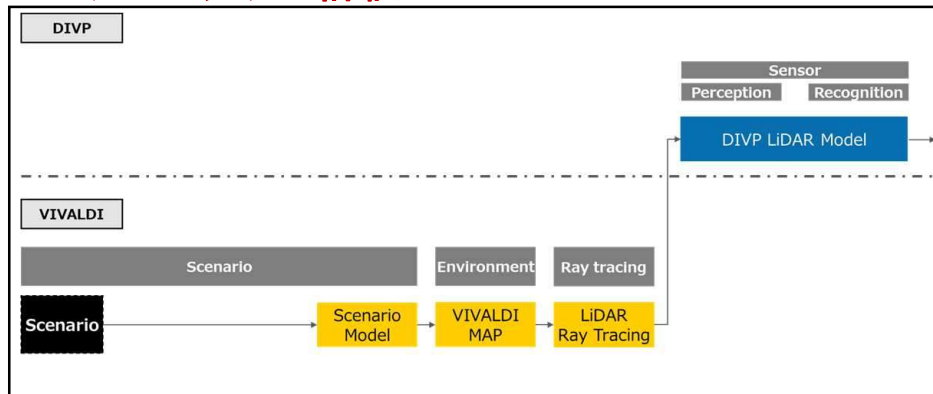


独VIVALDIとの国際協調プロジェクトVIVIDを通じてOSIをベースにプラットフォーム接続性の拡張を検討。LiDAR空間描画出力を交換し、IF妥当性を評価。標準IFとしてOSIへ提案を行う方針。

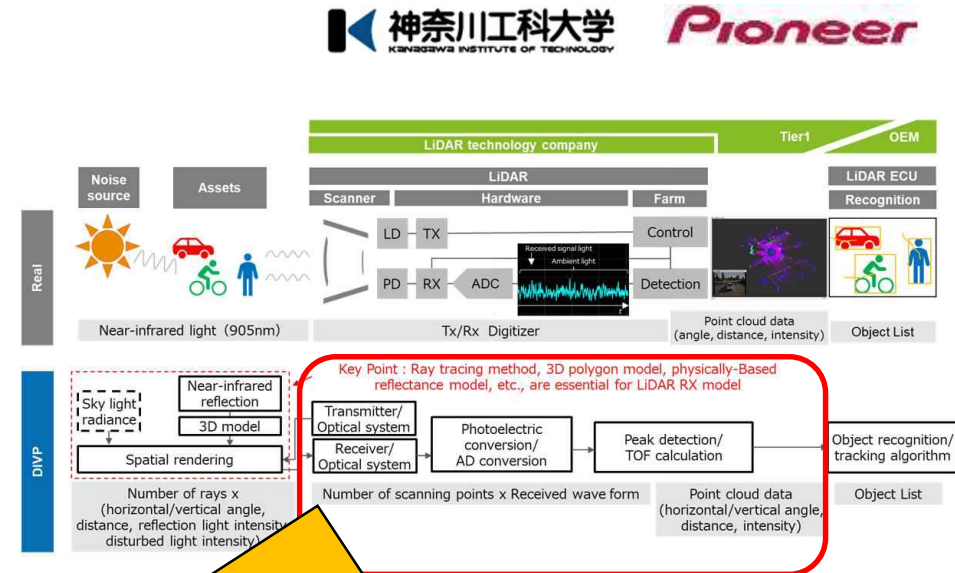
①DIVP®の空間描画出力データをVIVALDIのLiDARモデルに入力し評価



②VIVALDIの空間描画出力データをDIVP®のLiDARモデルに入力し評価



お互いの空間描画出力を交換し、IF妥当性評価



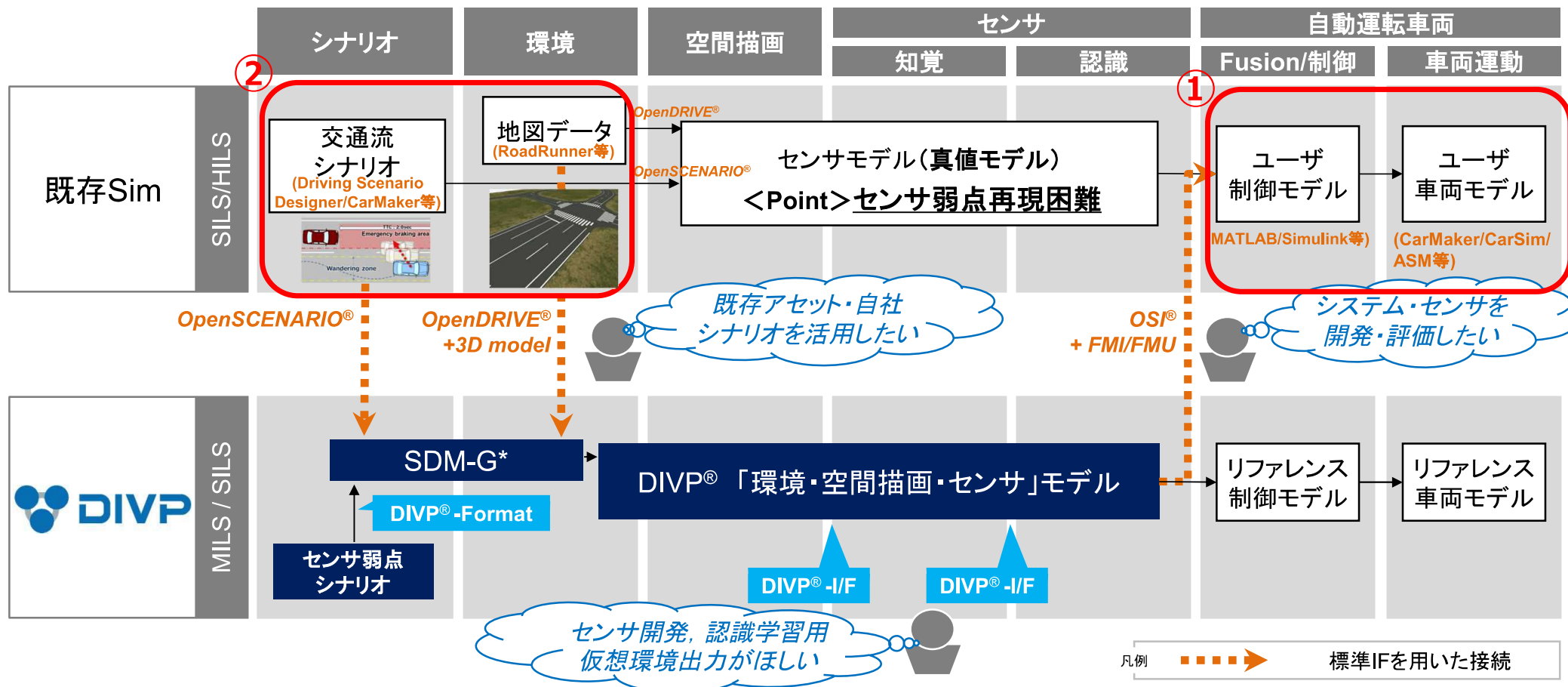
- 空間描画の出力を標準IF化し、OSIへ提案を行う方針
- FY2022ではLiDARモデルのexchangeにより後段の知覚出力IFや認識出力IFについても議論予定

研究成果



- ①AD/ADASシステムとの接続性向上を目的とし、MathWorks社のFusionリファレンスモデルとDIVP®シミュレータの接続を検討
- ②ユーザ資産(シナリオ、アセット)の流用と接続性向上を目的に、OpenSCENARIO/OpenDRIVEの活用を検討

多様な評価環境への接続可能性～DIVP®接続性強化に向けた取り組み～



ユーザの既存モデルやシナリオ・アセット資産の流用における課題を検討

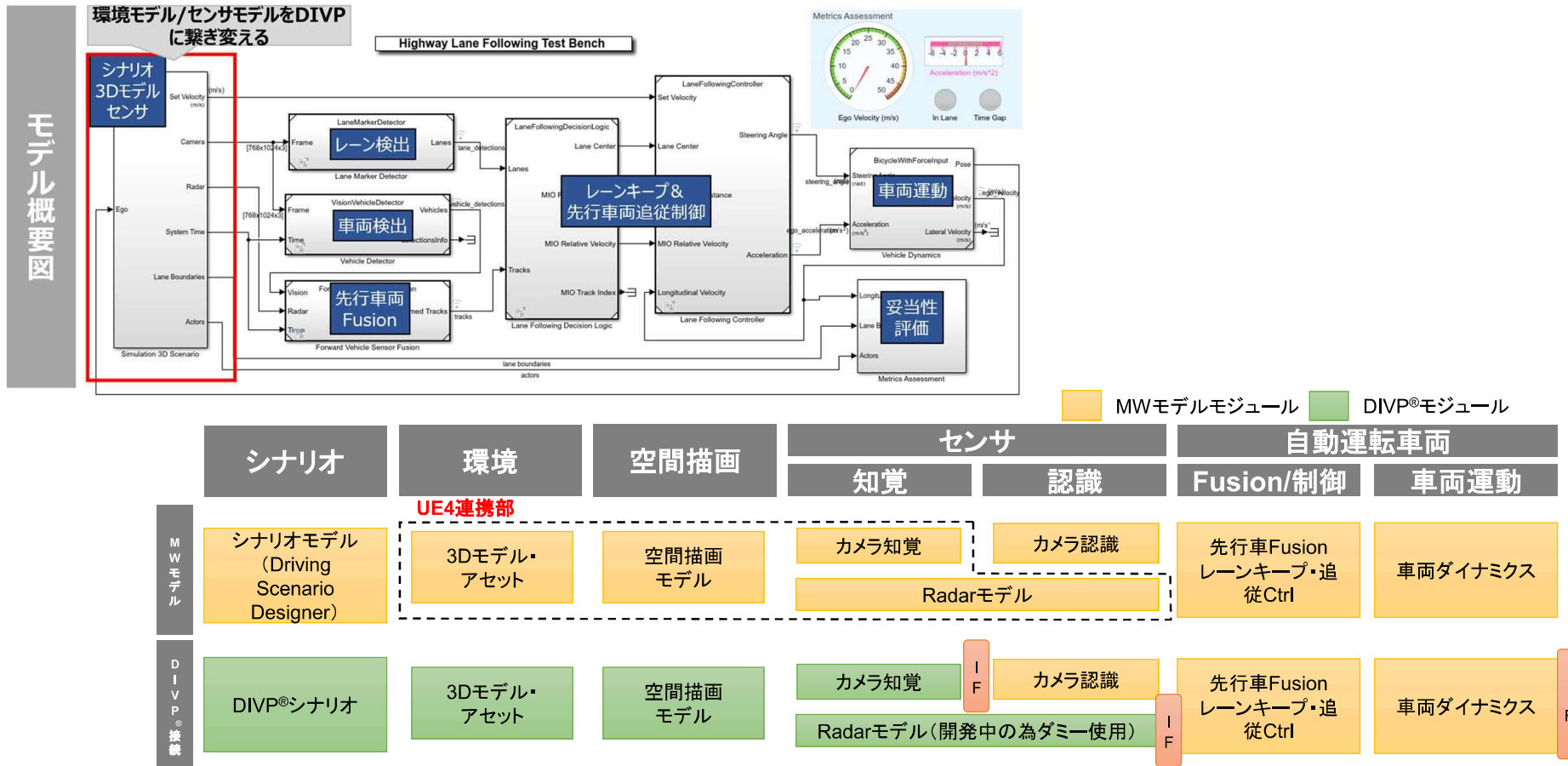
多様な評価環境への接続可能性～DIVP®接続性強化に向けた取り組み～



No	DIVP®接続課題	課題内容	接続性強化に向けた取り組み
①-1	AD/ADASシステムとの接続	<u>異なるシミュレーションプラットフォーム環境とDIVP®の接続が必須</u>	ROSをベースにCo-SIM環境を構築
①-2		<u>モデルベース開発のデファクトスタンダード環境におけるDIVP®モデルの適用が必須</u>	MATLAB/Simulinkプラットフォームにおけるモデル接続
①-3		<u>実車を起点としたシミュレーションを可能とするI/Fが必須</u>	AD/ADASシステム (AD-URBAN Proj) とDIVP®の接続
①-4		<u>国際標準のモデルI/Fへの対応が必須</u>	FMI/FMUモデルのDIVP®接続
②	ユーザシナリオ/道路データとの接続	<u>ユーザ資産(シナリオ、道路データ)を流用出来る環境が必須</u>	NCAPカットインシナリオをベースにOpenSCENARIO/OpenDRIVEのデータを入力し、DIVP®-SIMの動作を確認

Mathworks社の先行車追従モデルサンプルをベースにUnreal Engine4で模擬している環境モデル/センサモデル部をDIVP®シミュレータに繋ぎ変え、Closed Loopシミュレーションを実現

①-1: MathWorks Fusion Reference 接続検討

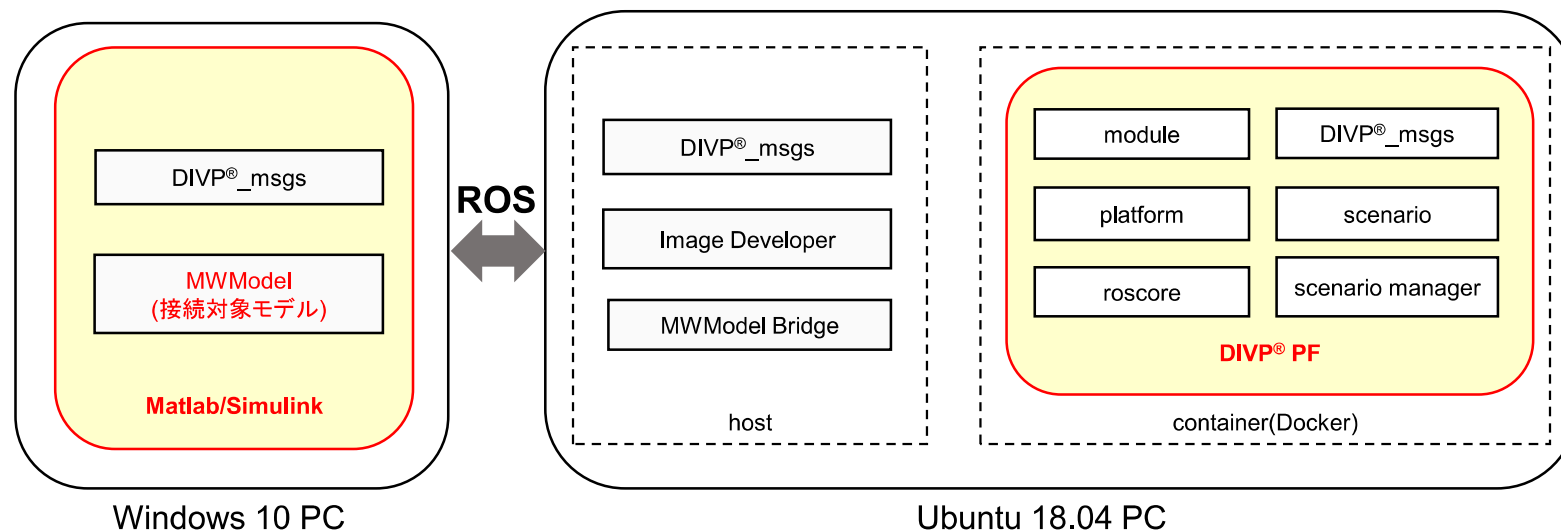


異なるOS間における連携シミュレーションを実現するため、ROS通信によるCoSim環境を構築

①-1: MathWorks Fusion Reference 接続構成

■ ソフトウェア配置

PF
 ソフトウェア
 連携用ソフトウェア/データ

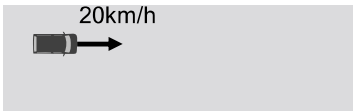
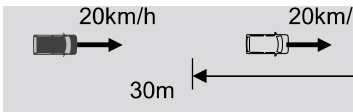
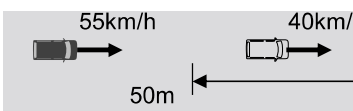


連携用ソフトウェア/データ	内容
<ul style="list-style-type: none"> ■ MWMModel (接続対象モデル) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Mathworks社がAutomated Driving Toolboxで提供している高速用自動車追従モデルサンプル。 ■ 本モデルの認識入力にDIVP[®]センサ出力を、本モデルの車両運動出力をDIVP[®]空間描画入力に接続している。
<ul style="list-style-type: none"> ■ MWMModel Bridge 	<ul style="list-style-type: none"> ■ MWMModelの車両運動出力をDIVP[®] PFに反映するブリッジ用ノード。
<ul style="list-style-type: none"> ■ Image Developer 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 現像ノード。
<ul style="list-style-type: none"> ■ DIVP[®]_msgs 	<ul style="list-style-type: none"> ■ DIVP[®] PFが用意しているROSメッセージ群。

Fusion ReferenceモデルとDIVP[®]シミュレータを接続し、白線認識・先行車認識、追従出来ていることを確認

①-1: MathWorks Fusion Reference 接続結果

■ IF接続動作確認シナリオ 自車 他車

No	シナリオ (Jtown/晴れ)	評価対象			結果
		認識		判断・制御 車両追従	
		車両認識	白線認識		
1	直線/先行車なし/定速 		○		○
2	直線/先行車あり/定速 				○
3	直線/先行車あり/自車追いつき 			○	○



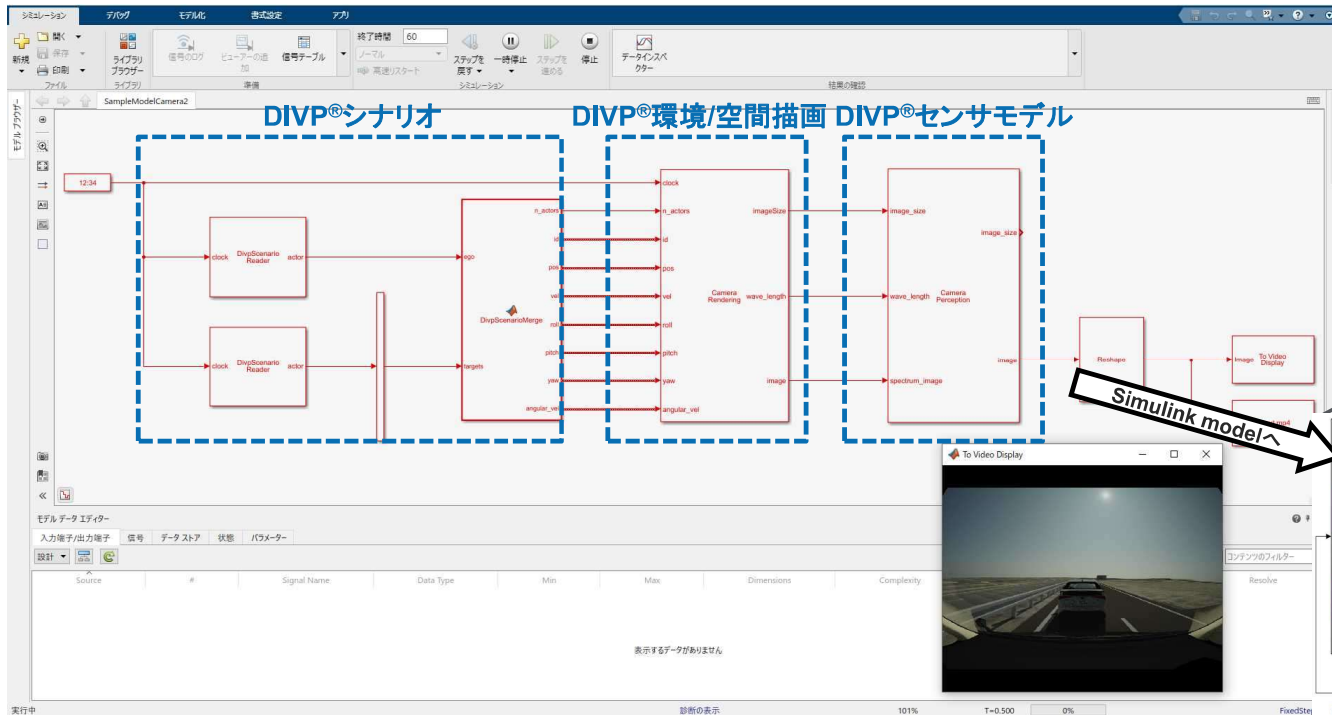
DIVP[®] (Ubuntu) と Simulink モデル (Windows) を ROS で接続し、異OS間の CoSIM 環境を実現

DIVP®の環境、空間描画、センサモデル(Simulinkブロック)をFusionリファレンスモデルと接続 Simulinkプラットフォーム上でDIVP®のシミュレーション実行が可能

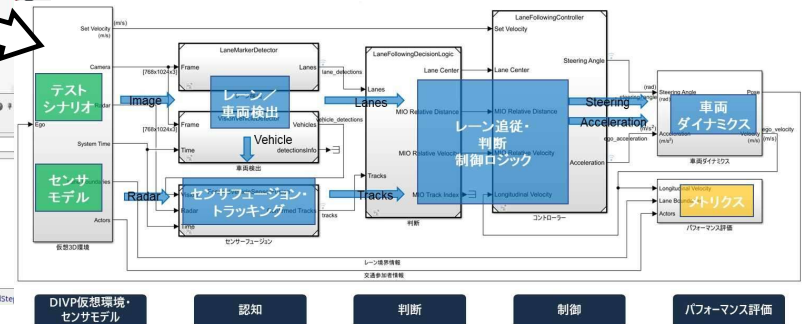
①-2: MATLAB/SimulinkプラットフォームにおけるFusionリファレンスモデル接続

MathWorks® Simulink画面

To Video Displayブロック出力動画



Simulink modelへ

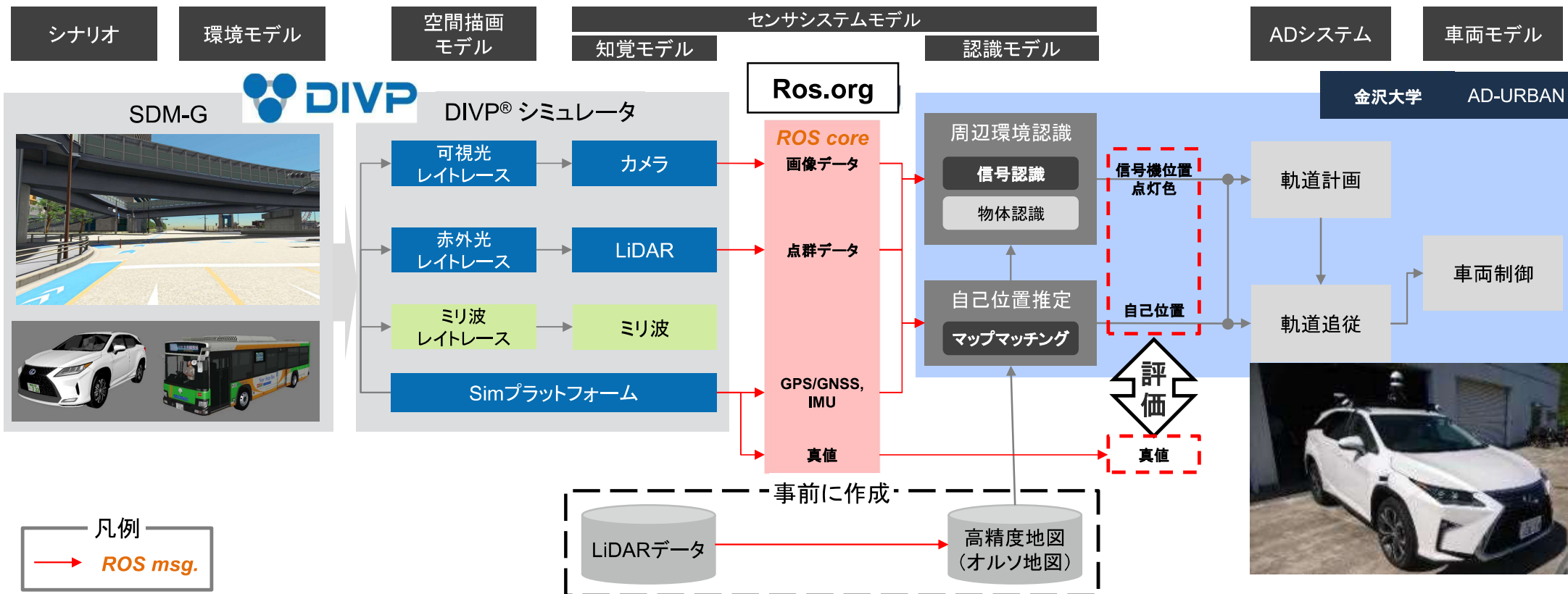


自動運転 Simulink model

MATLAB/SimulinkモデルとDIVP®-SIMの容易な接続、CoSIM動作を確認

①-3: AD/ADASシステムとの接続を行い、自動運転システムとの接続要件の明確化を実施

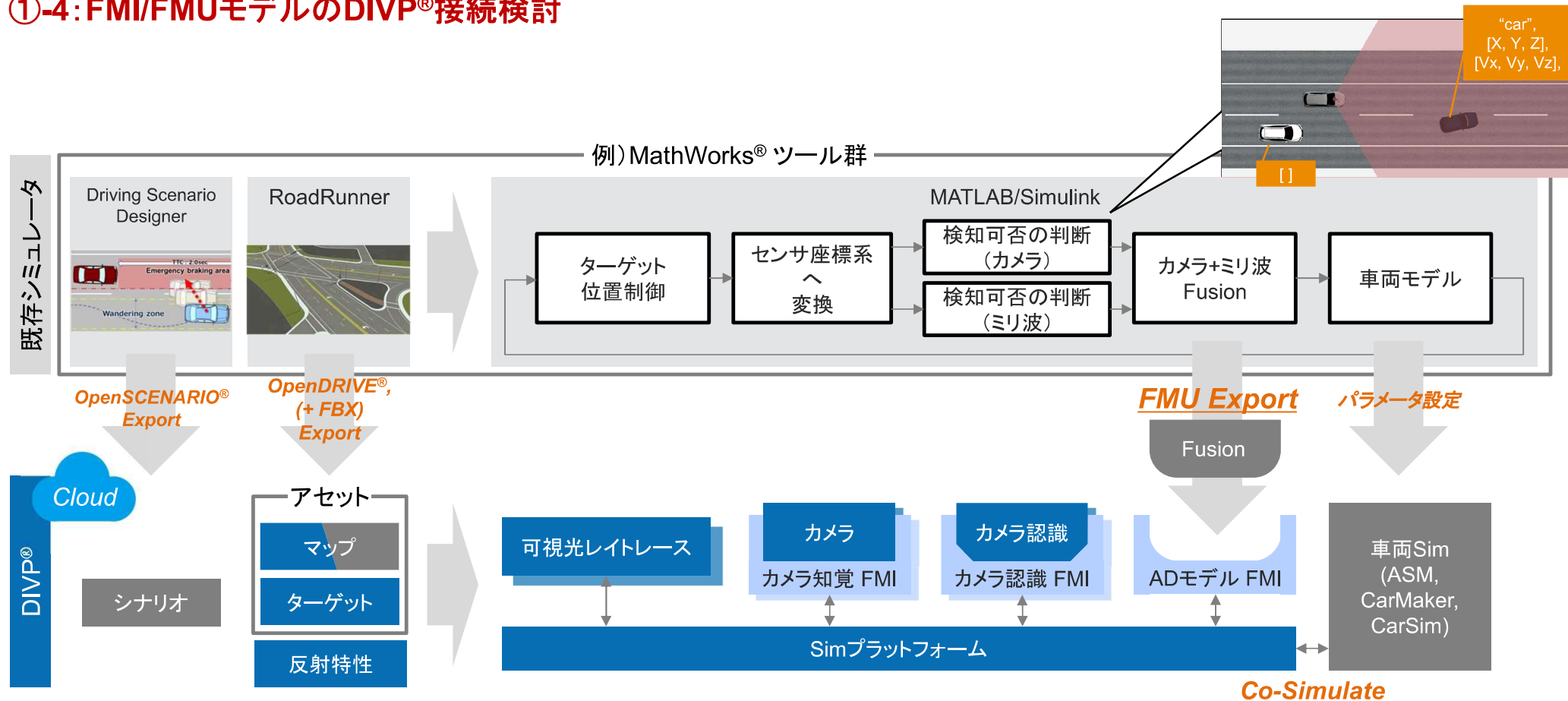
DIVP®とAD-URBAN自動運転システムの接続



自動運転システム評価に必需となる真値出力の強化、同期シミュレーション機能の確認が出来た

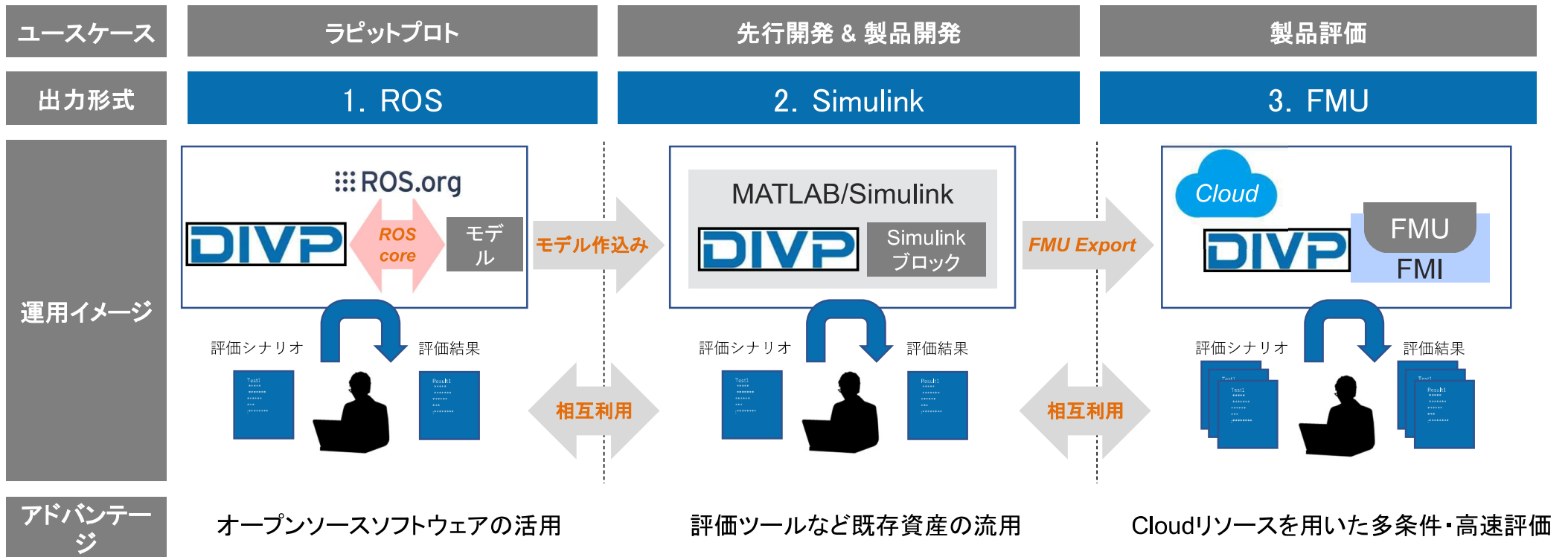
MATLAB/SimulinkのFMU Exportを活用することで、開発済みのモデルをDIVP®へインポート可能

①-4: FMI/FMUモデルのDIVP®接続検討



ユーザ、開発フェーズ、既存環境に応じて適した接続I/Fが異なるため、多様な評価環境に適用可能なシミュレータであることを確認

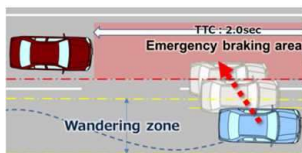
開発フェーズに合せたシミュレータ体系



ROS-mod、Simulinkモデル、FMUモデルの各モデルとDIVP®を接続し、SIM評価が出来ることを確認

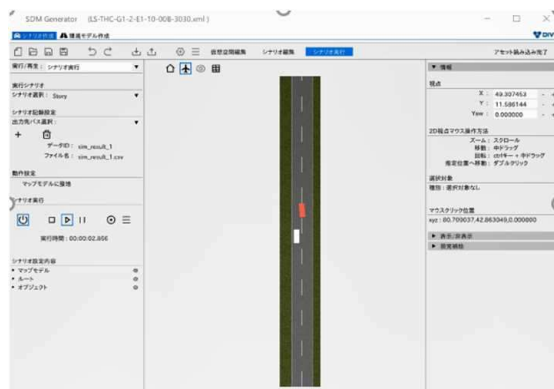
カットインシナリオ (OpenSCENARIO/OpenDRIVE) の流用性検討を実施

②: OpenSCENARIO/OpenDRIVEの接続検討



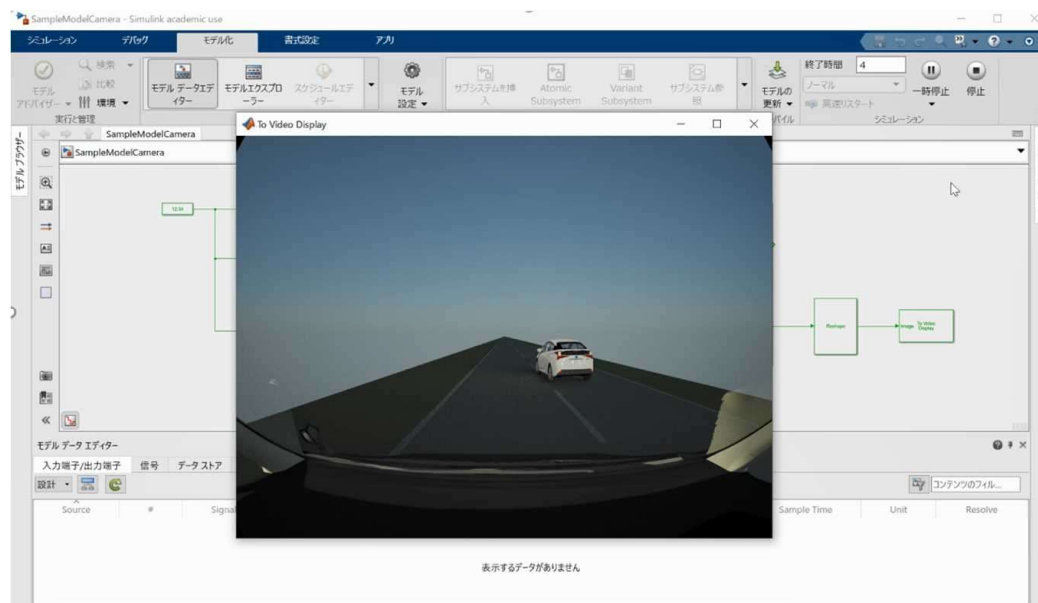
カットインシナリオ

OpenSCENARIO/
OpenDRIVEのインポート



SDM-Generatorでのシナリオ動作確認

DIVP® PFへ
取り込み



DIVP® PFでのカットインシナリオの再現確認

OpenSCENARIO/OpenDRIVEデータを入力し、DIVP®にてSIM出来ることを確認

研究成果



研究開発向けプラットフォームVersion 0.8まで神奈川工科大学にてリリース済、詳細仕様は仕様書化しナレッジを蓄積

DIVP[®]機能拡張状況(結合評価状況)



Ver	リリース内容	環境モデル	センサモデル	自動運転モデル
V0.1	結合評価用PF(初版)	<ul style="list-style-type: none"> ■ MAP Jtown再現 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 全センサ(Camera,Radar,LiDAR)ベースモデルを結合 	<ul style="list-style-type: none"> ■ -
V0.2	事前検証用PF	<ul style="list-style-type: none"> ■ アセット追加 ✓ アルファード 	<ul style="list-style-type: none"> ■ RadarセンサモデルのCUDA化(距離・速度FFT) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 正解値センサによるリファレンス自動運転モデル構築
V0.3	基本検証用PF	<ul style="list-style-type: none"> ■ MAP Jtown(10cm刻み)再現 ■ 天空光 曇天、薄曇りを再現 ■ アセット追加 ✓ NCAP歩行者・自転車ダミー ✓ アルファード内装にパーツ追加(フロントガラス、ミラー等) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 機能追加 ✓ Camera空間描画をIMX490相当へ変更 ✓ LiDAR空間描画のOptixライブラリモデルの追加 ✓ Radar空間描画をPO近似モデルに変更 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Camera/Radar/LiDARの認識モデルを結合
V0.4	-	<ul style="list-style-type: none"> ■ シナリオ座標系を右手系に統一 	<ul style="list-style-type: none"> ■ LiDAR空間描画の更新(車両位置補間など) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 外部車両モデル連携機能追加(CarMaker連携)
V0.5	NCAP, ALKS検証用PF	<ul style="list-style-type: none"> ■ JARI特異環境試験場 再現 ■ 天空光 2020年9月12日 晴れ、薄曇り、曇り 追加 ■ アセット追加 ✓ GST(NCAPダミー車両)、 ✓ NCAPダミー車両バルーン ✓ アルファード黒 (ターゲット、障害物用) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Sony製カメラ IMX490モデルが動作可能 (SSS様からモデル提供の必要あり) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 認識モデル含めた自動運転モデル環境構築
V0.6	センサ不調評価用リリース	<ul style="list-style-type: none"> ■ アセット追加 ✓ アルファード(光源) ✓ プリウス(光源、黒) ✓ NCAPダミー人形(黒革) ✓ マンホール、段ボール 	<ul style="list-style-type: none"> ■ PSSI製LiDARモデル(Short Range)が動作可能 (PSSI様からモデル提供の必要あり) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ -
V0.7	首都高C1/お台場拡張性評価用リリース	<ul style="list-style-type: none"> ■ MAP 首都高C1/お台場 再現 ■ 天空光 2020年11月25日 晴れ、薄曇り、曇り 追加 2020年12月23日 晴れ、薄曇り、曇り 追加 	<ul style="list-style-type: none"> ■ LiDAR反射率に鏡面反射成分を追加 	<ul style="list-style-type: none"> ■ -
V0.8	臨海部実証実験用リリース	<ul style="list-style-type: none"> ■ MAP 走行経路に隣接する、構造物(バス停等)追加 ■ アルファード(光源)の配光特性TypeA対応 	<ul style="list-style-type: none"> ■ PSSI製LiDARモデル(Medium Range)が動作可能 (PSSI様からモデル提供の必要あり) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ -

※ 各モデル(環境モデル/センサモデル/自動運転モデル)の詳細は各社仕様書等を参照
Source: Kanagawa Institute of Technology



国際連携・標準化

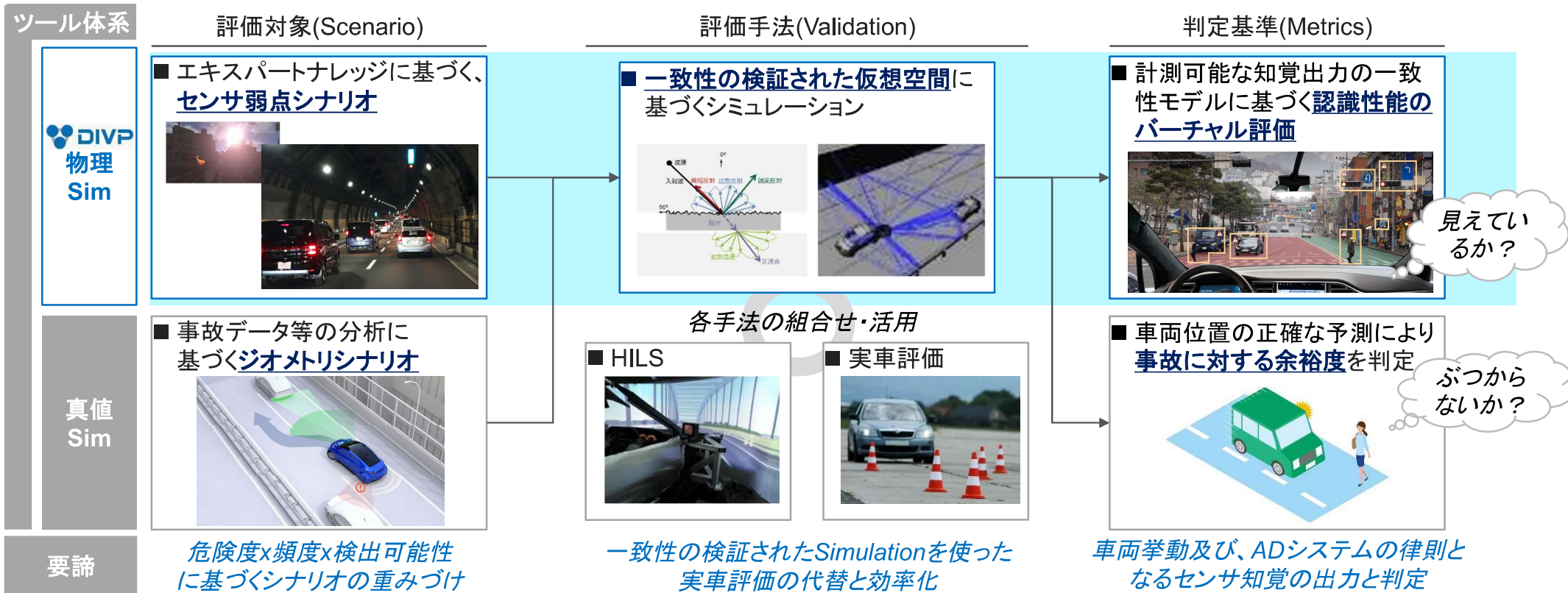
人間の行動から、「見えているか?」、「ぶつからないか?」が、安全性の基礎であることがわかる

安全性評価の基礎



2つの評価を目指す場合、センサ等の知覚・認識を評価する物理Simと、車両の位置を評価する真値Sim、及びその連携が安全性評価の要諦、DIVP®は物理Simに着目し研究成果を挙げている

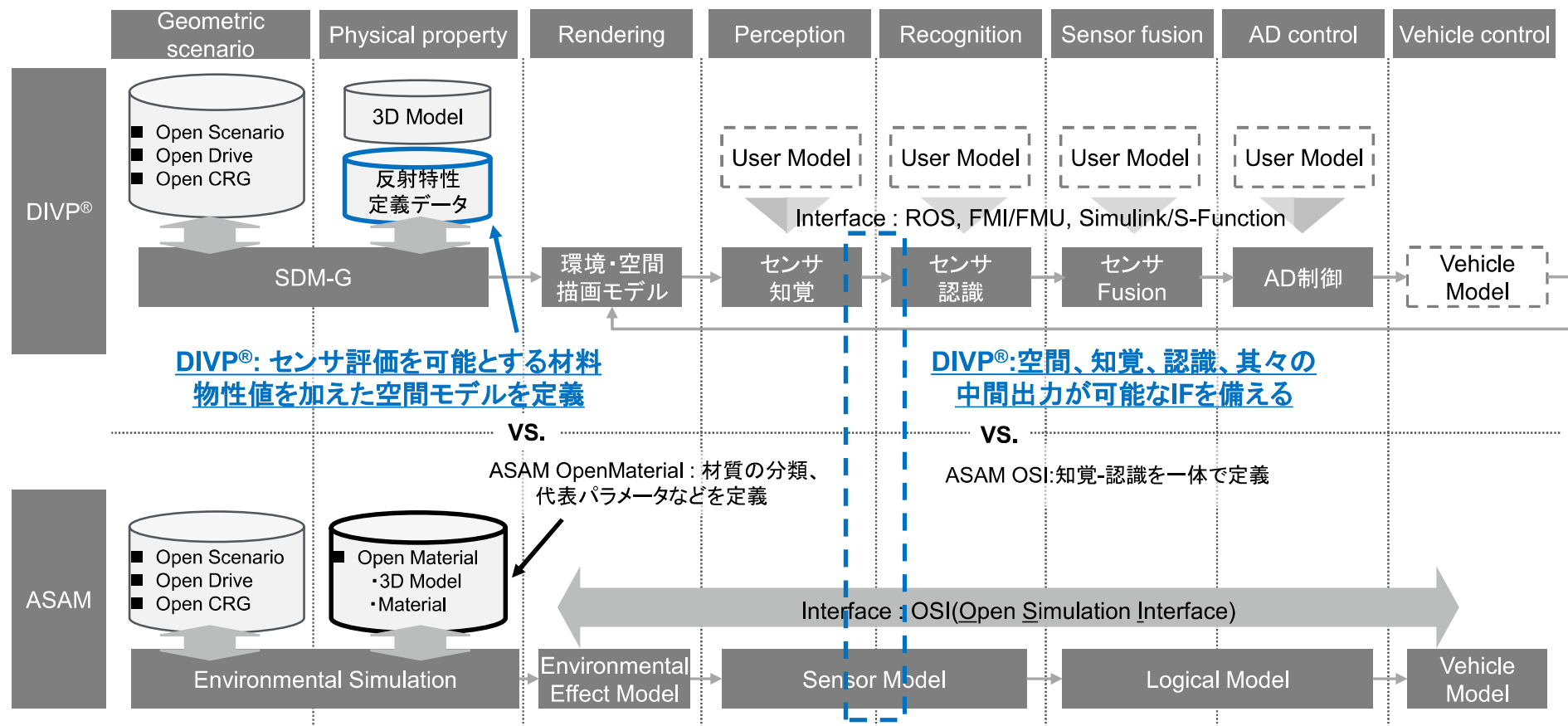
AD安全性評価に必要な評価体系



DIVP®の精緻な物理Simは先駆的な取組み、国際標準化のリードが可能

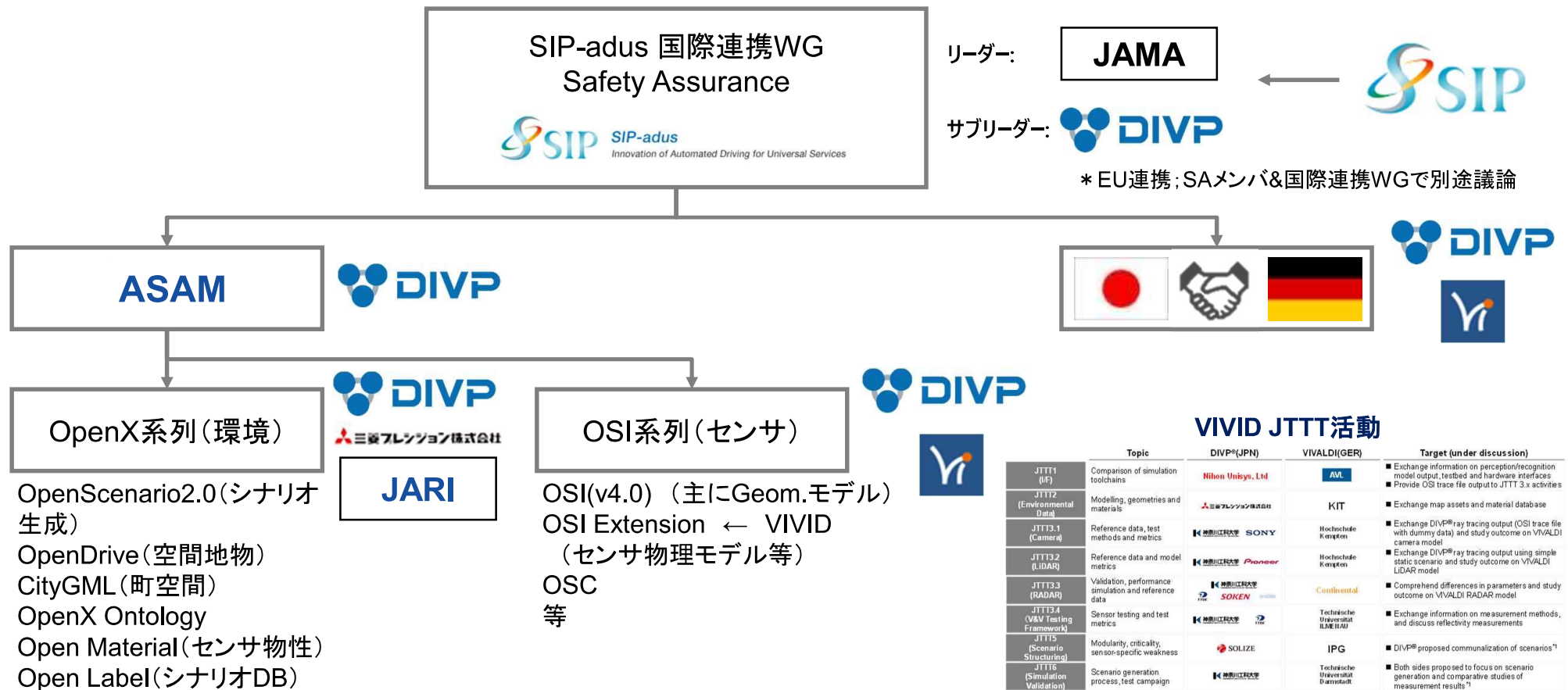
現時点の事実上のデファクトとなる独ASAMの議論に対し、DIVP®の「物性を有す環境モデル」や、「センサ中間出力によるセンサ評価可能性」は先駆性を有しており、国際標準のリードが可能と思慮

ASAMと比較したDIVP®の主要差分



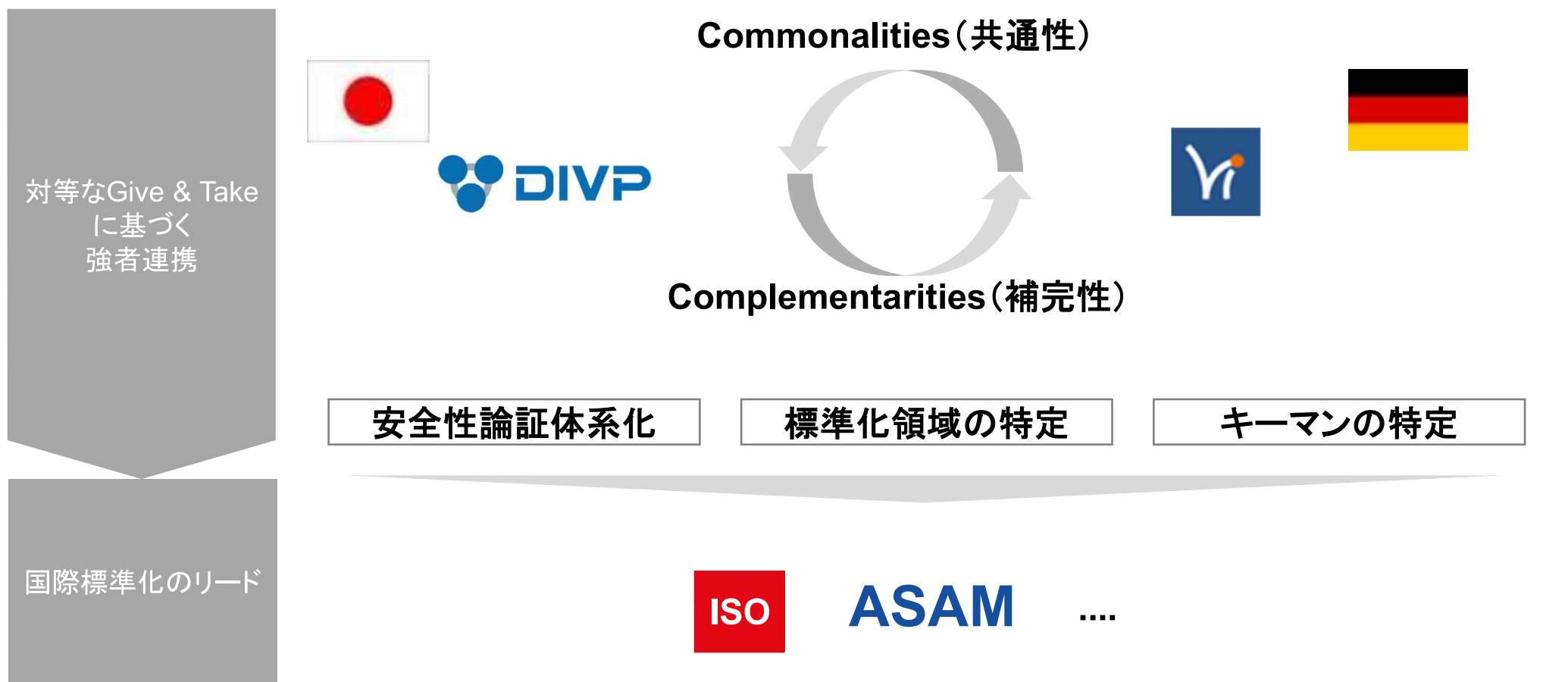
SIP-adus国際連携WGを出口とし、Safety assurance合同会議(DIVP®/JARI/JAMA)メンバの一体活動。実務は、ASAM国際標準/日独連携VIVIDに深く入り込んでいるDIVP®を窓口とする。

Safety Assurance 国際連携活動(日独連携VIVID, ASAM国際標準)体制



DIVP®とVIVALDの間にはsafety assuranceに対する考え方に差異があるが、相互に補完できる部分をエンジニア同士で議論、課題整理をしながらAD安全性論証の国際標準化に向けた問題解決に取り組む

日独連携VIVIDの考え方



VIVIDを通じた安全性評価の体系化や、標準領域とそのキーマンの特定を通じ、今後はASAMのOSI拡張、CityGML、OpenMaterial等の各イニシアティブにおける標準化議論へ参画

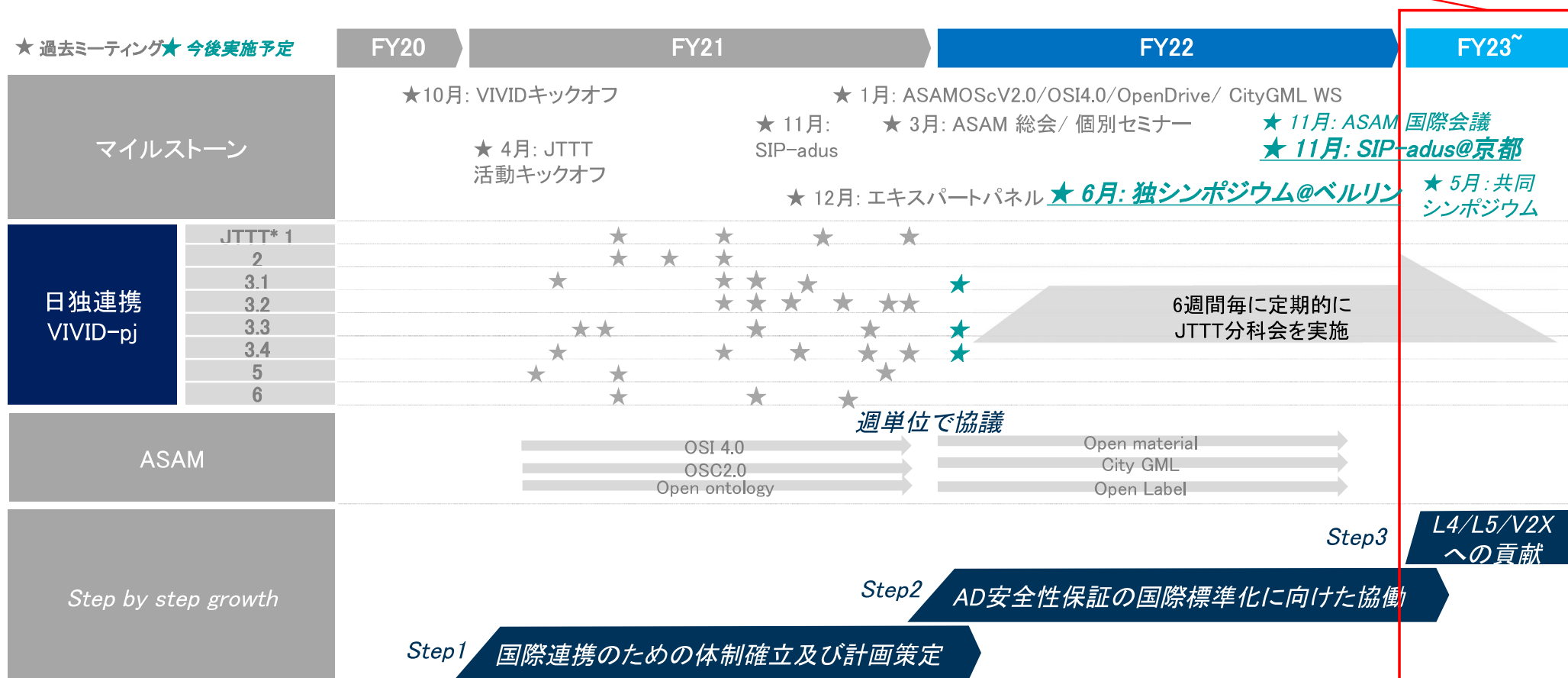
DIVP®からみた国際連携に関わる課題認識

	1 論証の体系化	2 標準化領域の特定	3 キーマンの特定
DIVP® からみた 課題	<ul style="list-style-type: none"> ■ 独の他、米UL、欧HEADSTART後継となるV4Vとの連携可能性についても検討が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ■ <u>OSI拡張、CityGML、OpenMaterialの各ASAMイニシアティブへの提案</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 海外の各種標準化に対する効果的な提案相手と手法の明確化
DIVP® 対応策	<ul style="list-style-type: none"> ■ DIVP®としては、<u>動向を注視しつつ、連携</u>をとる 	<ul style="list-style-type: none"> ■ OSI拡張、City GML、OpenMaterialはDIVP®/VIVALDIが協力して注目すべきイニシアティブ、今後VIVIDで議論を重ね、提案をしていく 	<ul style="list-style-type: none"> ■ まずはVIVID等を通して、<u>キーマンを特定</u>、ASAMダイレクトでコンタクトがとれるような連携体制を目指す

【国際連携】日独連携（VIVID）は、独側に23年度以降も継続の意思あり、国際標準（ASAM）活動含め、日本側をリードする役割としてDIVP®の23年度以降の継続が必要。6月に独シンポジウム、11月にはSIP-Adusを予定、VIVID活動をPEGASUSやAD合同Assuranceの標準に打ち込み、国レベルの合意形成に繋げる

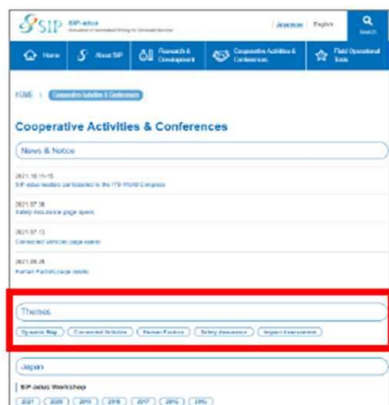
国際連携・標準化のSchedule

独側は23年度以降も継続の意思あり

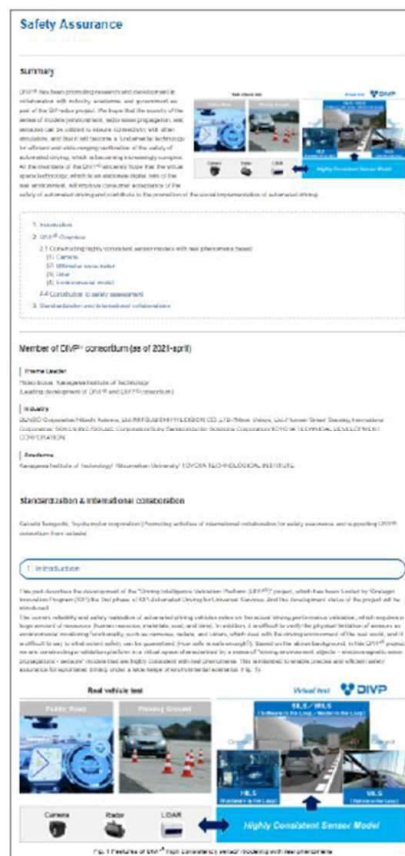


SIP-adusでは、Safety Assuranceに最も多いアクセスを確認、参加者の関心事の高さがうかがえる

【参考】2021 SIP-adusの反響



国際連携&イベントページ「Themes」に掲載



テーマ別アクセス数 期間：2021年5月～2022年1月

テーマ	公開日	アクセス数
Safety Assurance	2021/7/30	704
Human Factors	2021/5/25	373
Dynamic Map	2021/3/25	331
Connected Vehicles	2021/7/13	279
Impact Assessment	2021/11/11	165

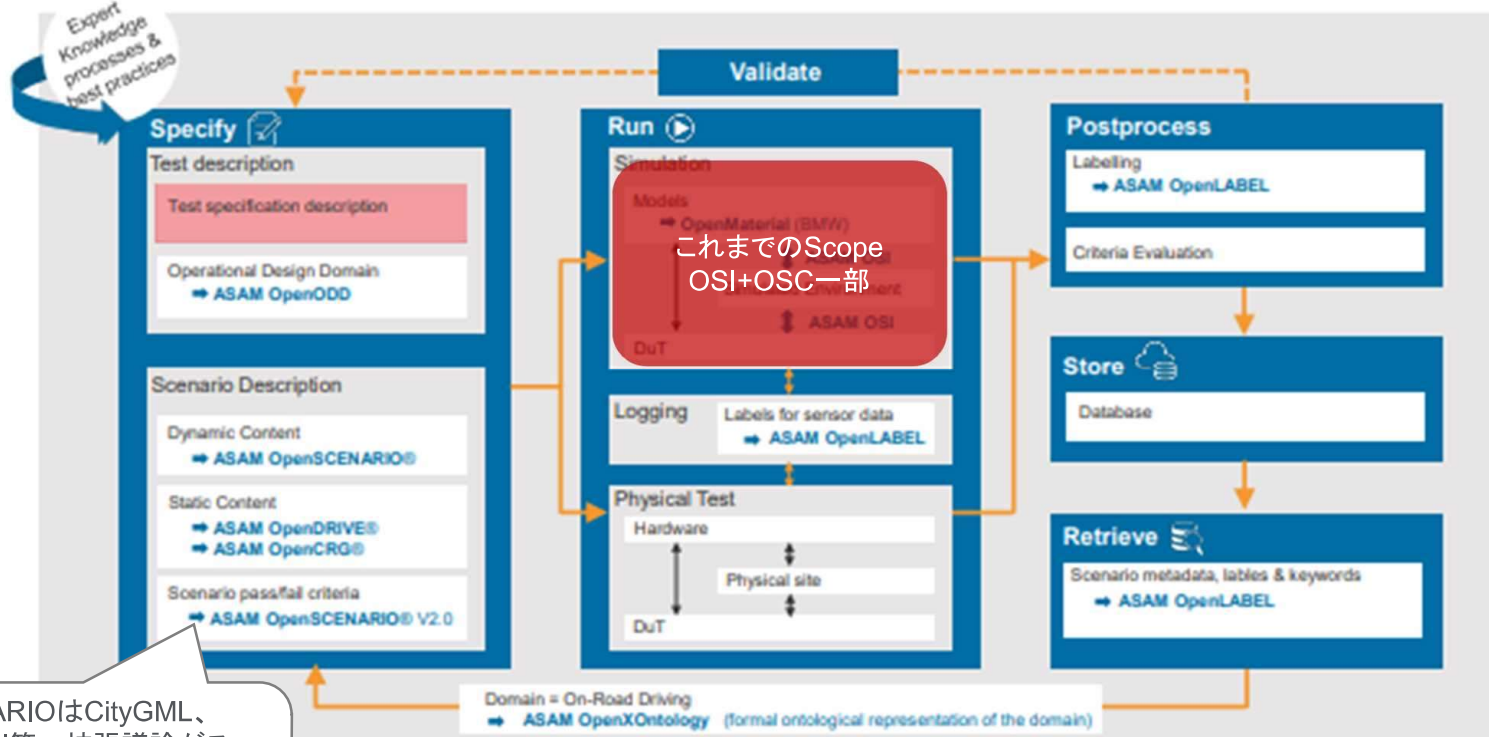
Safety Assuranceへのアクセス数が最大

国際連携・標準化

- 独ASAM参画を通じた国際標準化
- 日独連携プロジェクトVIVIDの推進

これまでSim-I/F標準となるOSIを主に活動を進めてきたが、環境モデルへの物性値定義等の議論が活発化しており、DIVP®の先駆的な研究成果で標準化をリードする好機に

ASAM OpenXの構造



ASAM

■ OpenSCENARIOはCityGML、OpenMaterial等へ拡張議論がスタート
 > 環境モデルへの物性取組みが活発化

OpenSCENARIO他の各種OpenXで同時に物性議論が活発化しており、DIVP®参加各社によるアプローチを進めているが、実車計測に関するOpenLabelにはJARI協力を期待したい

ASAM OpenX 現況/課題/DIVP® 行動計画

	直近のトピック	DIVP®(Sakura含む)からみた課題(仮説)	アクションプラン
OSI (v4.0)	<ul style="list-style-type: none"> Google FlatBuffers の導入検討 物理simを前提としたRoad Model定義の議論 Sensor Modeling WP: Sensor ViewでのPerception Dataの取り扱いの議論、環境コンディション*の改善 	<ul style="list-style-type: none"> センサ評価に必要なI/Fの議論が加速中、先駆的なDIVP®の取組みに基づき議論のリーディングが可能か 	<ul style="list-style-type: none"> Nihon Unisys, Ltd <ul style="list-style-type: none"> OSI/DIVP®差分を比較検討 Roadモデル定義をVIVID内で議論 OSI-Extension でのVIVALDIとの協業
Open Drive	<ul style="list-style-type: none"> CityGMLをベースにしたエリアモデルへの拡張の議論 センサ向けマテリアルとしてOpenMaterial等も採用か ✓ BMWが提案を提出済、今後正式なOpenX活動になるか 膨大なユースケースをミュンヘン工科大学中心に纏める予定 	<ul style="list-style-type: none"> センサSimに必要な物性値定義が目的と推察されるOpen materialの議論がstart、DIVP®の思想を異端にしないためのモニタリングが必要 	<ul style="list-style-type: none"> Nihon Unisys, Ltd <ul style="list-style-type: none"> OpenMaterial提案のレビューに基づく課題だし CityGMLは一旦静観 三菱フレンション株式会社 神奈川工科大学
Open Scenario 2.0	<ul style="list-style-type: none"> より大量のテストを効率化するため、静止物(駐車車両やフェンス等)の定義をサポートしたいとの意見有 環境コンディション、環境アクションの最終レビュー 	<ul style="list-style-type: none"> よりSimを回す実践的な議論が進展、DIVP®製品(特にSDMジェネレータ)の標準準拠のため、都合の悪い仕様は早期に排除する必要がある 	<ul style="list-style-type: none"> 三菱フレンション株式会社 <ul style="list-style-type: none"> モニタリング
Open X Ontology	<ul style="list-style-type: none"> OSI/OSC等、既存のOpenXを繋ぐTop Domainと位置付けた議論が進む見込み 現状は真値定義のみ、センサ弱点に関連したクラス定義はされず 	<ul style="list-style-type: none"> 今後OSIやOSC等の他OpenXを繋ぐドメインの位置づけであり、ここに物性定義やセンサ出力等の定義付けがされる必要あり 	<ul style="list-style-type: none"> SOLIZE <ul style="list-style-type: none"> まずはOntologyとLabelの現況に関する勉強会を実施
Open Label	<ul style="list-style-type: none"> 動画、点群等、センサデータ、Simデータのアノテーション、タグ付けフォーマットの標準化 ✓ 現状は誤検出、未検出等のセンサ弱点に関するタグ付けは定義されず 	<ul style="list-style-type: none"> データの互換性確保に基づくビジネスのスケール化のために、DIVP®が考えるタギングの標準化は必要か 	<ul style="list-style-type: none"> TTDC <ul style="list-style-type: none"> 実験計測機能を有すJARI様にご協力いただけないか

*「環境コンディション」は天気(雨、霧等)を扱い、OSIのSimI/FIに挿入、OpenScenarioで最初にシナリオを記述、定義はOntologyに実施するなど、OpenXで横断的に繋がる

国際連携・標準化

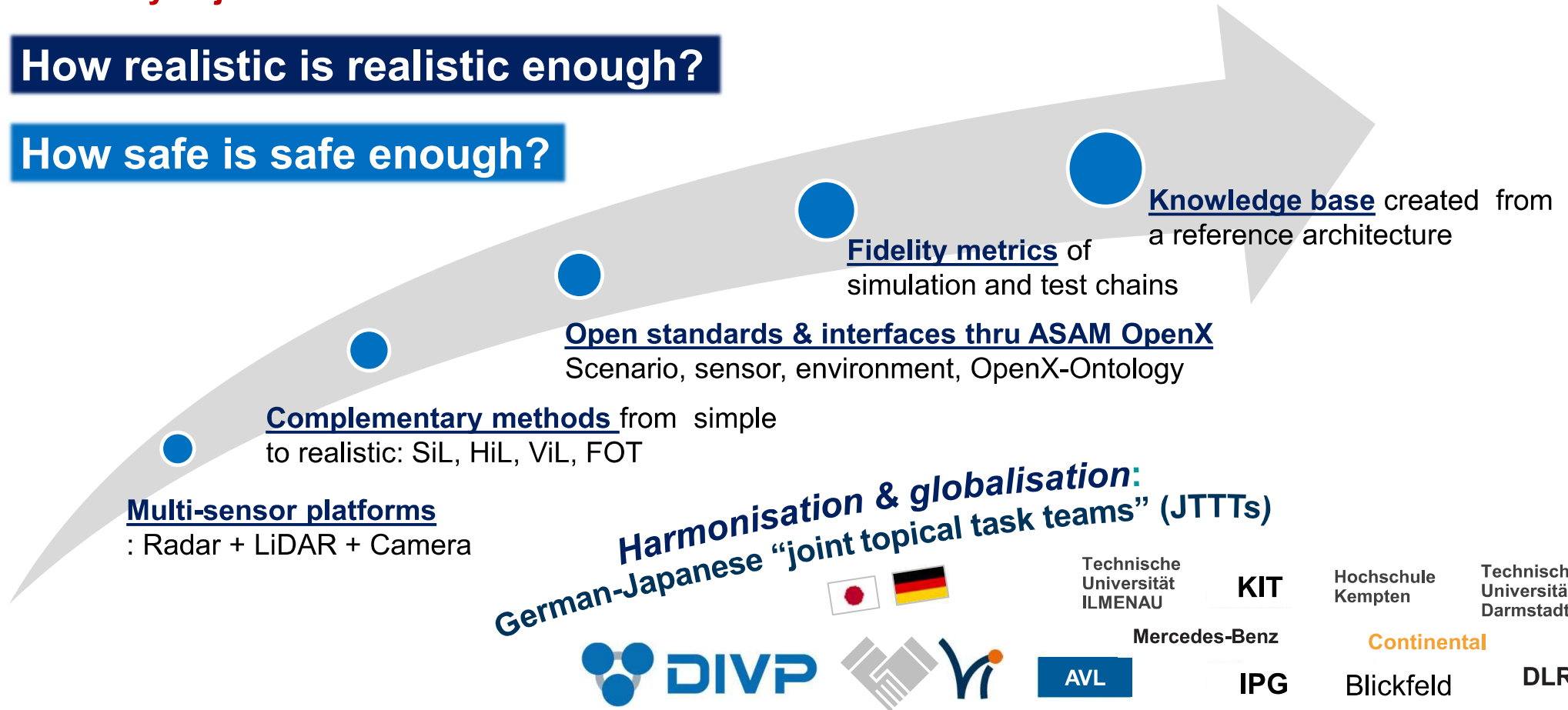
- 独ASAM参画を通じた国際標準化
- 日独連携プロジェクトVIVIDの推進

VIVID is German funded VIVALDI & Japanese CAO funded DIVP® joint project since November 2020, targeting for Simulation based AD-Safety assurance Global standardization

VIVID key objectives

How realistic is realistic enough?

How safe is safe enough?




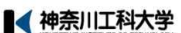
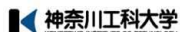


Source : German-Japan Joint Virtual Validation Methodology for Intelligent Driving Systems – VIVID, 5. Expert workshop “CAD”



VIVALDI-DIVP® assigned person base leader to each JTTT for small team based discussion to define the commonality & complementary toward AD-safety assurance Global standard

JTTT(Joint Topical Task Team) structure

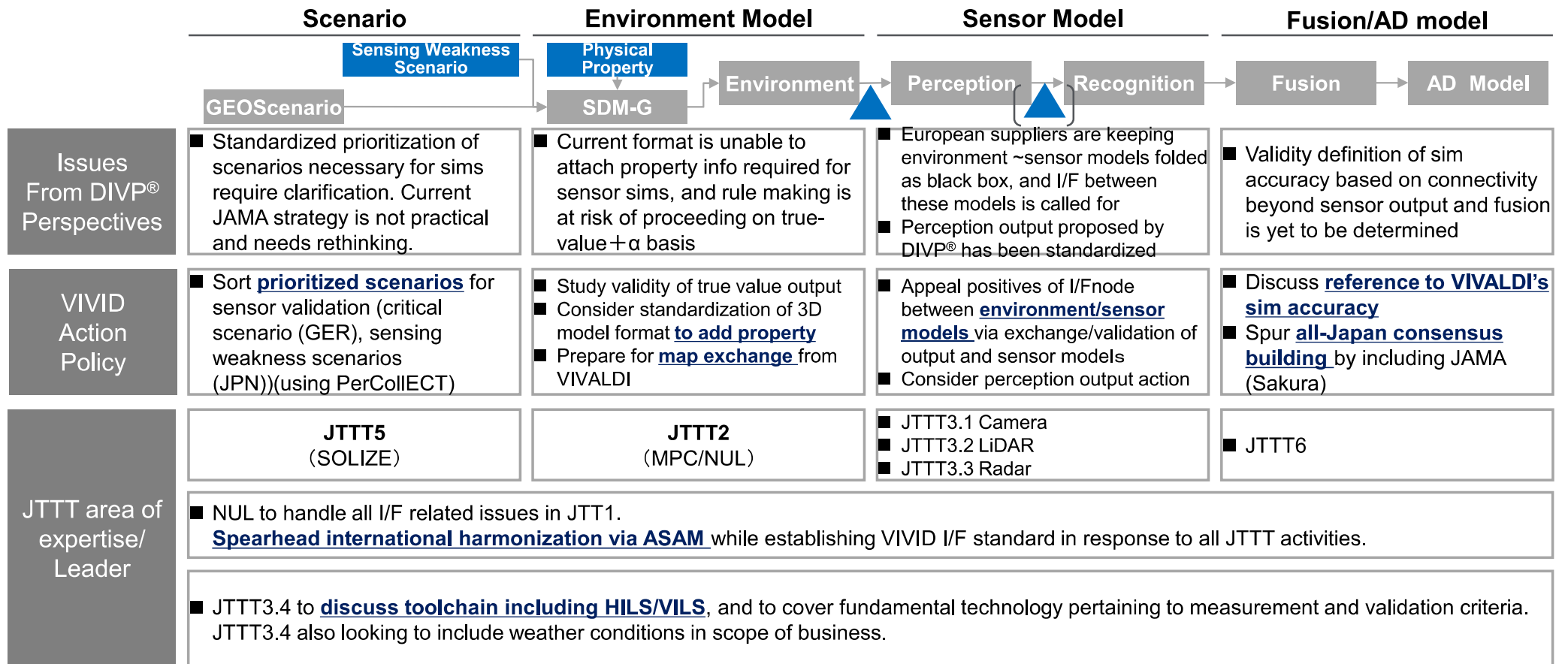
	Topic	DIVP®(JPN)	VIVALDI(GER)	Target (under discussion)
JTTT1 (I/F)	Comparison of simulation toolchains	Nihon Unisys, Ltd	AVL	<ul style="list-style-type: none"> Exchange information on perception/recognition model output, testbed and hardware interfaces Provide OSI trace file output to JTTT 3.x activities
JTTT2 (Environmental Data)	Modelling, geometries and materials	三菱フレンゾフン株式会社	KIT	<ul style="list-style-type: none"> Exchange map assets and material database
JTTT3.1 (Camera)	Reference data, test methods and metrics	 KANAGAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY Sony Semiconductor Solutions Corporation	Hochschule Kempten	<ul style="list-style-type: none"> Exchange DIVP® ray tracing output (OSI trace file with dummy data) and study outcome on VIVALDI camera model
JTTT3.2 (LiDAR)	Reference data and model metrics	 KANAGAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY Pioneer	Hochschule Kempten	<ul style="list-style-type: none"> Exchange DIVP® ray tracing output using simple static scenario and study outcome on VIVALDI LiDAR model
JTTT3.3 (RADAR)	Validation, performance simulation and reference data	 KANAGAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY TTDC SOKEN u-shin	Continental	<ul style="list-style-type: none"> Comprehend differences in parameters and study outcome on VIVALDI RADAR model
JTTT3.4 (V&V Testing Framework)	Sensor testing and test metrics	 KANAGAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY TTDC	Technische Universität ILMENAU	<ul style="list-style-type: none"> Exchange information on measurement methods, and discuss reflectivity measurements
JTTT5 (Scenario Structuring)	Modularity, criticality, sensor-specific weakness	SOLIZE	IPG	<ul style="list-style-type: none"> DIVP® proposed communalization of scenarios *1
JTTT6 (Simulation Validation)	Scenario generation process, test campaign	 KANAGAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY	Technische Universität Darmstadt	<ul style="list-style-type: none"> Both sides proposed to focus on scenario generation and comparative studies of measurement results *1

*1: Consensus on expected outcome between JPN-GER has yet to be confirmed



DIVP[®] prioritize & propose JTTT collaboration for Sensing performance validation-ability with Sensing weakness, Physical property owned environmental models & sensor I/Fs

JTTT scope from DIVP[®] perspective



国際連携・標準化

■ 独ASAM参画を通じた国際標準化

■ 日独連携プロジェクトVIVIDの推進

■ JTTT1

■ JTTT2

■ JTTT3.1~3.3

■ JTTT3.4

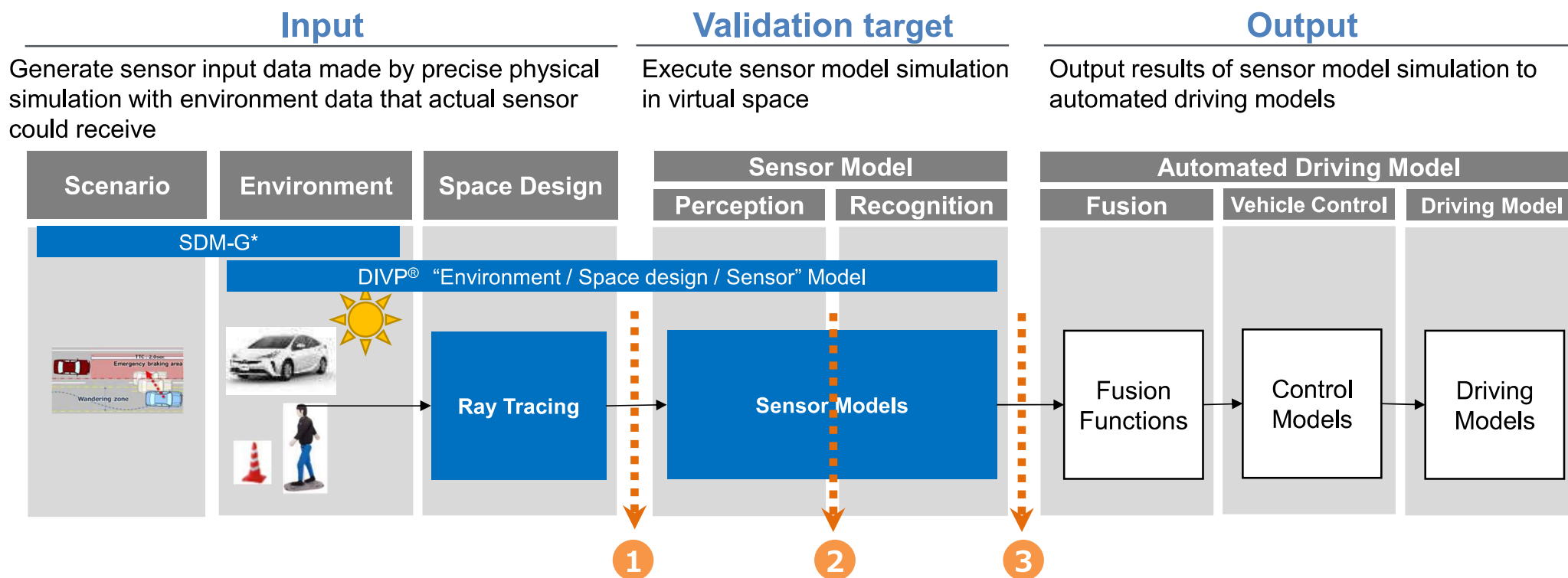
■ JTTT5

■ JTTT6

For sensing performance validation, perception module base In/Out-put signals are mandatory for consistency verification vs real measured In/Out-put

JTTT1 scope

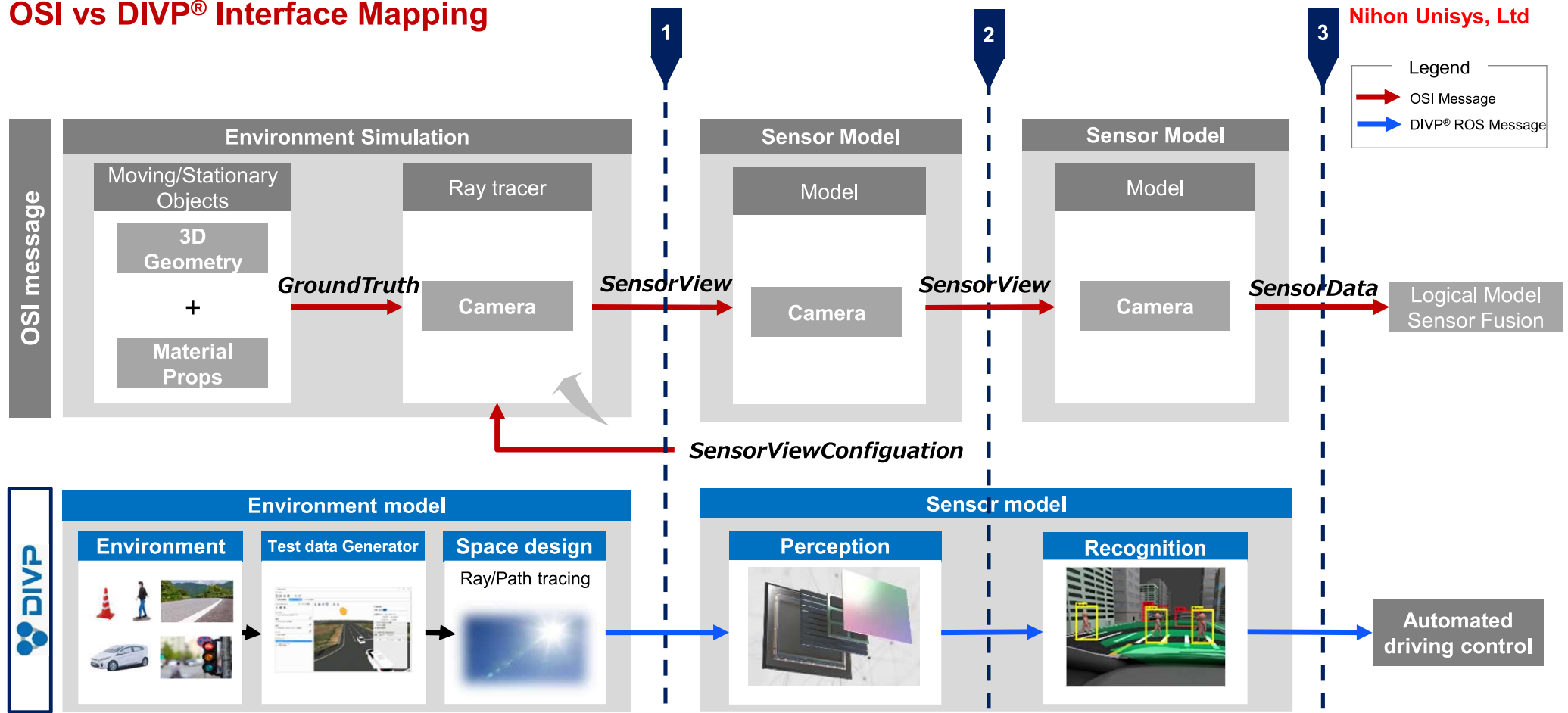
Nihon Unisys, Ltd



*SDM-G : Space Design Model Generator
Source : Nihon Unisys, Ltd,

Actualize format proposal towards standardization through comparison between DIVP® and quasi-de-facto OSI standard

OSI vs DIVP® Interface Mapping

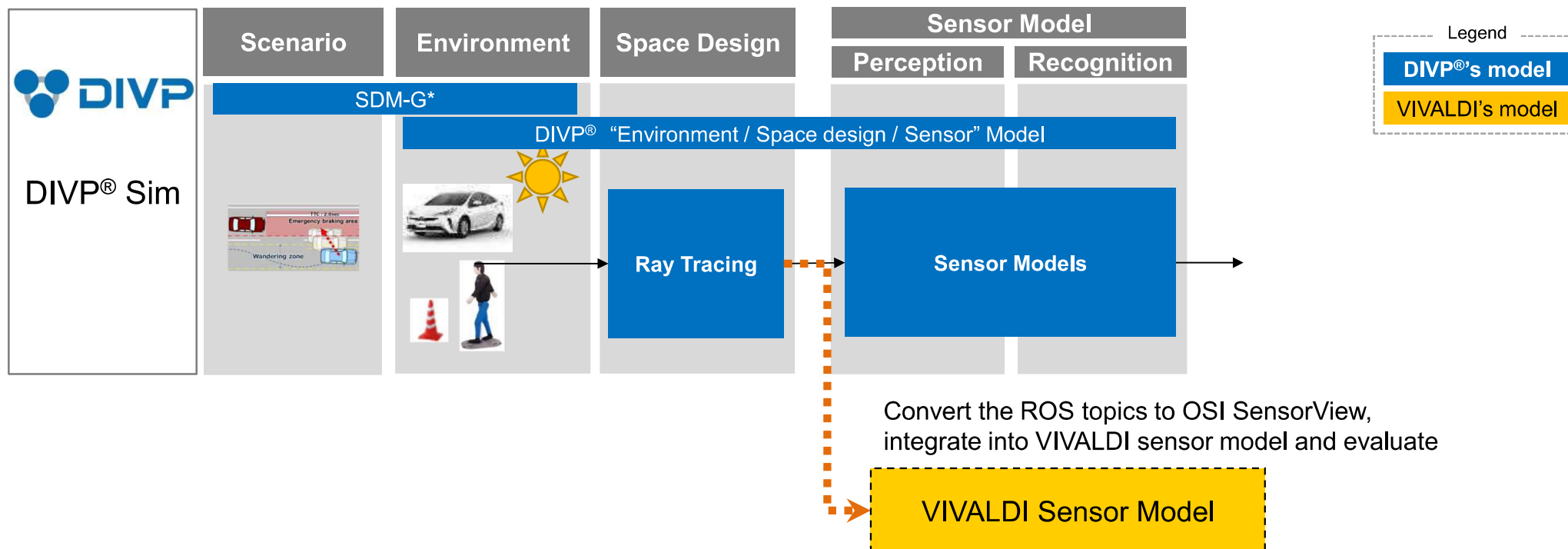


Source : Nihon Unisys, Ltd,

Convert DIVP® spatial design output to OSI format, and integrate into VIVALDI sensor model

Proposal : Exchange the input of sensor model

Nihon Unisys, Ltd



Verify I/F connectivity and extension by exchanging/ verifying input data to sensor models

国際連携・標準化

■ 独ASAM参画を通じた国際標準化

■ 日独連携プロジェクトVIVIDの推進

■ JTTT1

■ JTTT2

■ JTTT3.1~3.3

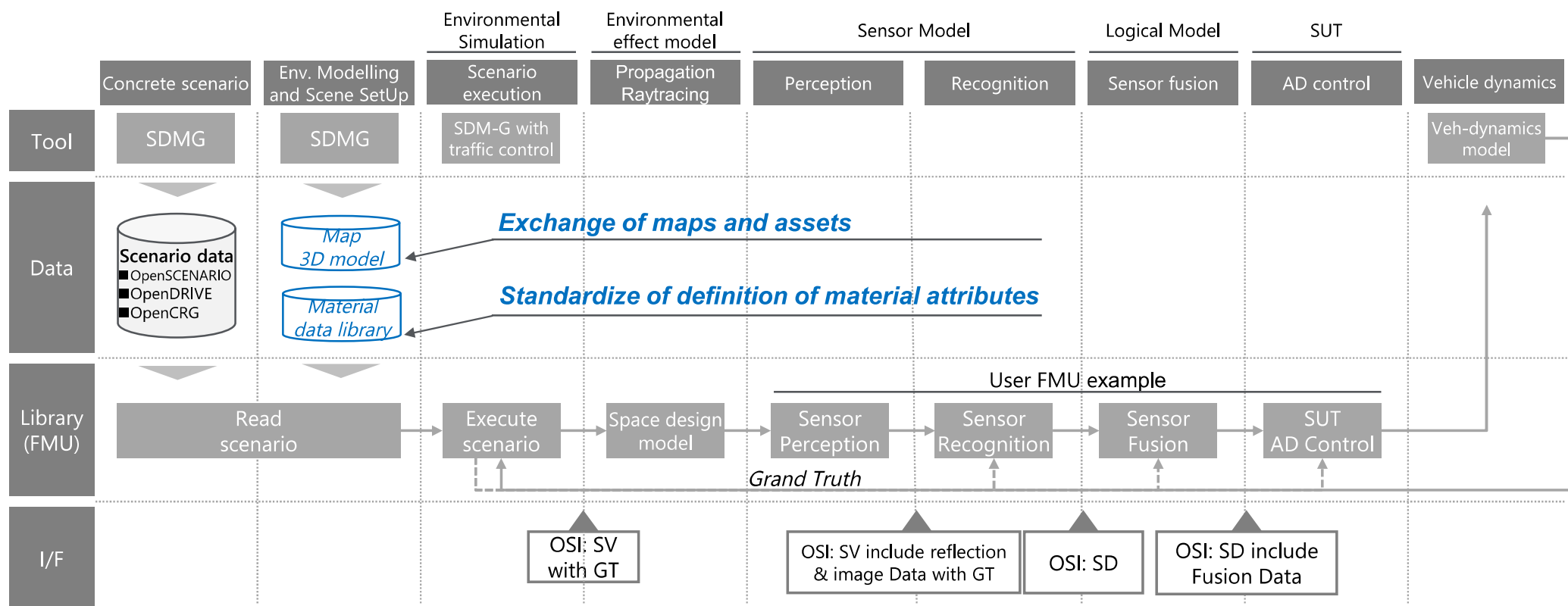
■ JTTT3.4

■ JTTT5

■ JTTT6

DIVP[®] proposed to exchange maps & assets & material attribution standardization

Proposed collaboration scope



Note SDM-G: Space Design Model Generator, SV: Sensor View, SD: Sensor Data, GT: Grand Truth
Source : MITSUBISHI PRECISION CO.,LTD.



JTTT2 aims to standardize precise simulations and discuss standards for material data

Purpose and expected achievement in JTTT2



Purpose and benefits of exchanging map data with VIVALDI

- ✓ Verify effectiveness of data compatibility.
- ✓ First in ASAM, data formats can be discussed in DIVP[®] and VIVALDI.
- ✓ DIVP[®] enables verification using VIVALDI data.

As an asset DIVP[®], achievement goals and motivation (intention)

- ✓ Standardization through precise simulations and discussions regarding standards for material data.
- ✓ We aim to reduce costs by standardizing material information measurement methods and sharing data with VIVALDI.

The table compares DIVP[®] assets item and UE4 assets item in general, and DIVP[®] look to confirm VIVALDI's assets

DIVP[®] assets VS. General assets (UE4)



Item	DIVP [®] assets	UE4 based assets
<ul style="list-style-type: none"> ■ Asset format 	<ul style="list-style-type: none"> ■ FBX Format 	<ul style="list-style-type: none"> ■ FBX Format or ■ Uasset format (depend on UE4 version)
<ul style="list-style-type: none"> ■ Geometry 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Polygon 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Polygon
<ul style="list-style-type: none"> ■ Control method 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bone control ■ Partially original control 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bone control ■ Original control
<ul style="list-style-type: none"> ■ Material 	<ul style="list-style-type: none"> ■ External definition (Refer to material using mesh name as key) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Texture or ■ UE4 defined by blueprint (depend on after process)

国際連携・標準化

■ 独ASAM参画を通じた国際標準化

■ 日独連携プロジェクトVIVIDの推進

■ JTTT1

■ JTTT2

■ JTTT3.1~3.3

■ JTTT3.4

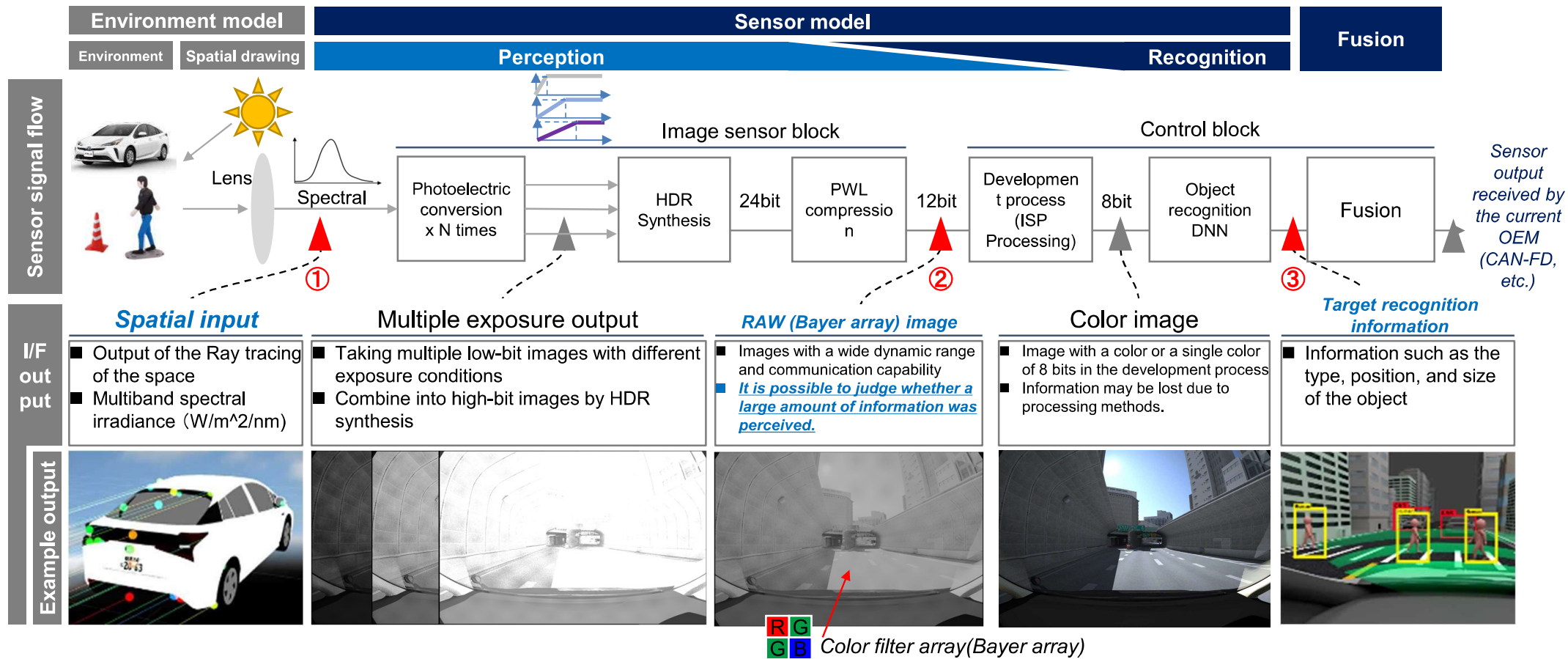
■ JTTT5

■ JTTT6

Toward Sim-based AD Safety assurance, DIVP[®] proposes sensor In/Out and intermediate I/F for physical measured based perception validation

Camera I/Fs example

Legend ▲ : I/F ▲ : DIVP[®] Proposed I/F



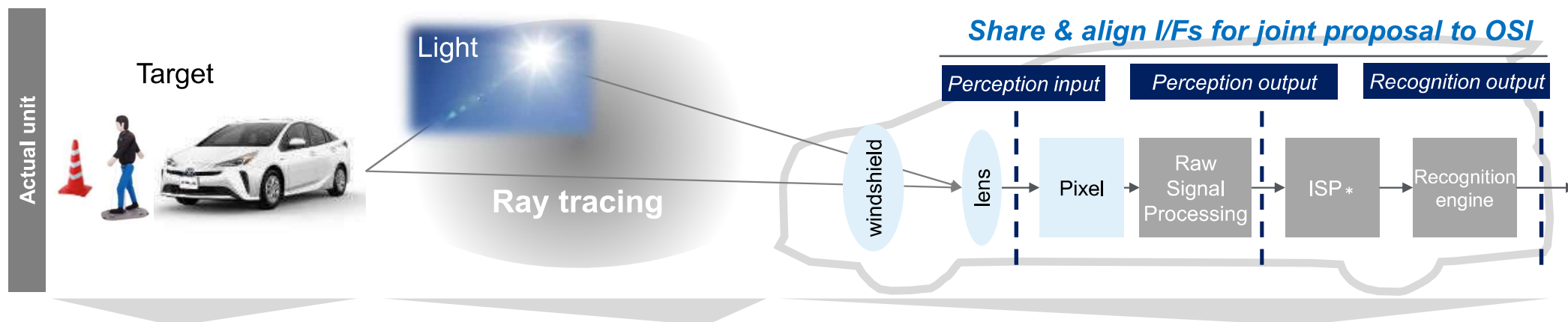
* Example of output is different from the reference example and actual output.
Source : SOKEN, INC

DIVP[®] proposed 3-I/Fs, share & align I/Fs for joint proposal to OSI

JTTT3.1 scope



Sony Semiconductor Solutions Corporation



Environmental model

Space design

Sensor model

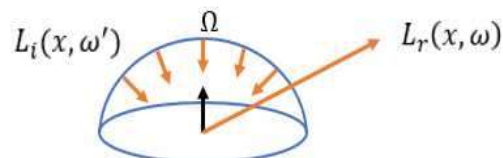
The Key for modeling

- Precise reproduction of object shape
- Reproduction of reflection characteristics of visible light spectrum

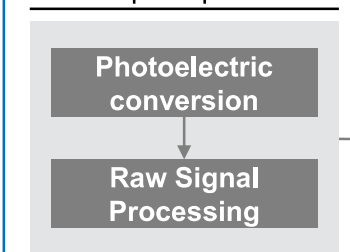
- Precisely reproduce propagation, reflection, etc. from the light source

Calculate reflected waves using rendering equations

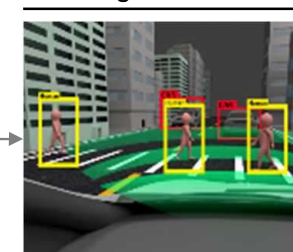
$$L_r(x, \omega) = \int_{\Omega} f_r(x, \omega, \omega') L_i(x, \omega') (\omega', n) d\omega'$$



Camera perception model



Recognition model

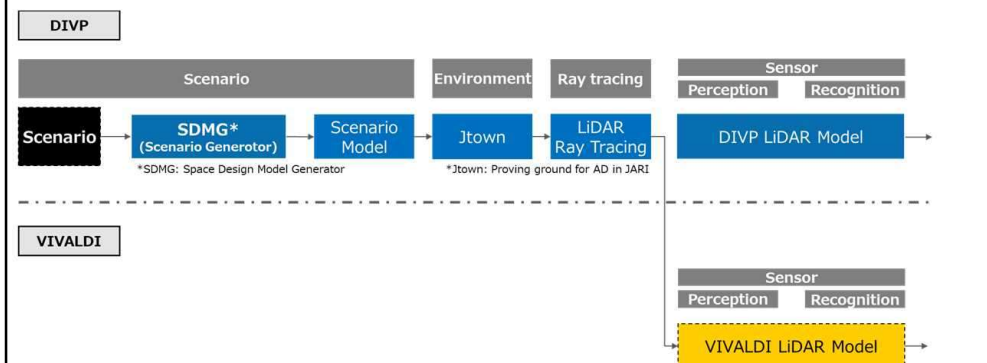


Extension of platform connectivity on the basis of OSI through international collaboration project VIVID with Germany VIVALDI

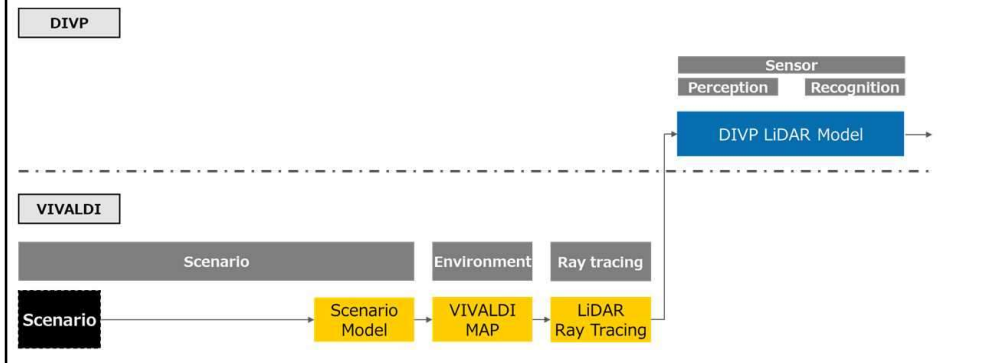
JTTT3.2 Scope



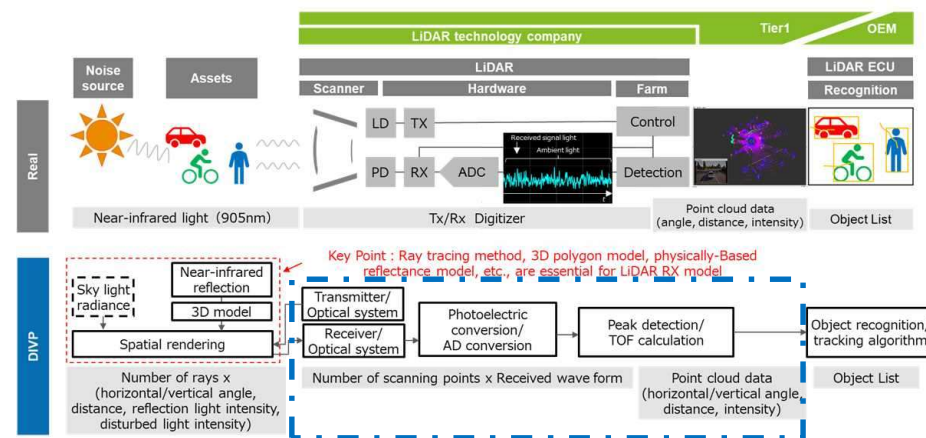
① Input DIVP® space design output data into VIVALDI LiDAR model



② Input DIVP® space design output data into VIVALDI LiDAR model



Exchange models and joint validation



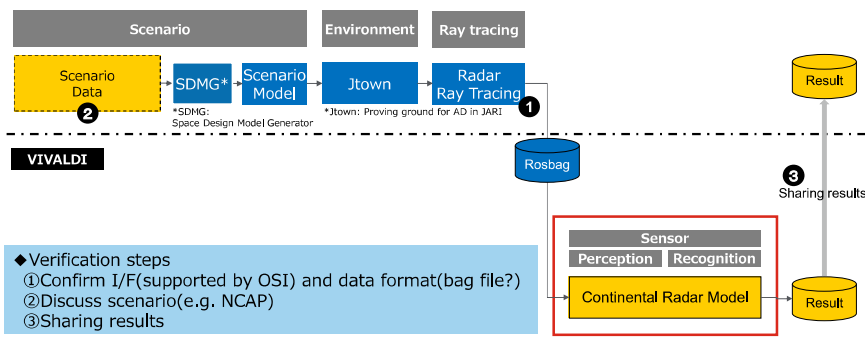
- Policy to standardize the output of space design and propose it to OSI
- In FY 2022, we will discuss the latter stage of the perceptual output IF and the perceptual output IF by the exchange of the LiDAR model.



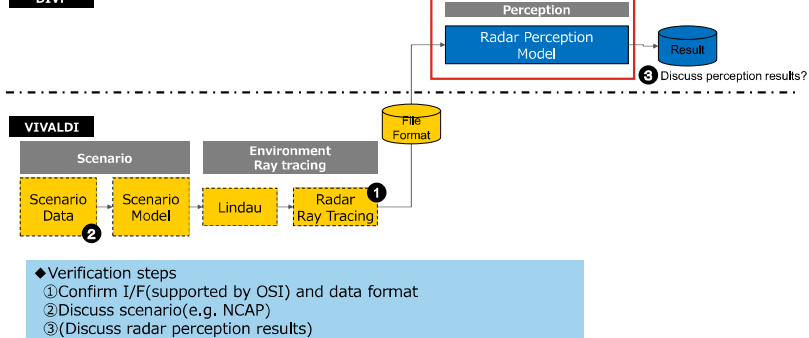
Evaluate validity of I/F through exchange of Radar ray tracing data, and propose to OSI as standardized I/F

JTTT3.3 Scope

① Input DIVP® radar ray tracing data into Continental radar model.

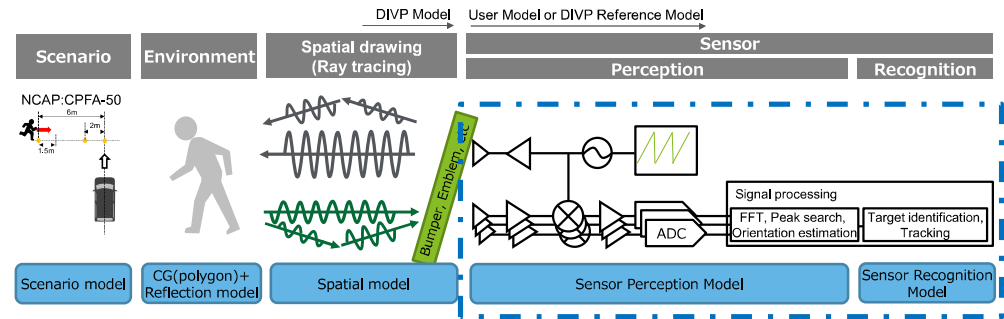


② Input Continental radar ray tracing data into DIVP® radar model.



Exchange models and joint validation

Share & align I/Fs for joint proposal to OSI



- Standardization and validation of Environment Ray tracing I/Fs
- Expected outcome :OSI proposal

国際連携・標準化

■ 独ASAM参画を通じた国際標準化

■ 日独連携プロジェクトVIVIDの推進

■ JTTT1

■ JTTT2

■ JTTT3.1~3.3

■ JTTT3.4

■ JTTT5

■ JTTT6

[JTTT3.4 V&V testing framework] Aim for joint proposal on metrics and toolchains through discussion on measurement methodology from modeling to consistency verification and HiLS/ViLS validation methodology

Joint study topics

① Measurement methodology from modeling to consistency verification

Modeling	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D model shape ● Light, millimeter wave reflection ● Sensor noise ● RCS
Consistency verification	<ul style="list-style-type: none"> ● Static test in lab-condition ● Static & Dynamic test in Proving Ground ● Sensing weakness condition verification on Community Ground(Odaiba, Tokyo-C1)

② HiLS validation methodology

Validation methodology	<ul style="list-style-type: none"> ● Each sensor models' ● Multiple Camera ● Injection & OTA technology research
-------------------------------	---

		FY2021/2022			
Topic	①	Modeling	Consistency verification		
	②	Validation methodization	Injection / OTA		
		Test environments	Camera	Sensors Radar	LiDAR
①	SiLS		○	○	○
	HiLS		With Injection △	×	×
②	HiLS (ViLS)		With Screen △	×	×
	Car driving test (NCAP)		△	△	△

国際連携・標準化

■ 独ASAM参画を通じた国際標準化

■ 日独連携プロジェクトVIVIDの推進

■ JTTT1

■ JTTT2

■ JTTT3.1~3.3

■ JTTT3.4

■ JTTT5

■ JTTT6

DIVP®'s competitiveness lies in its environmental parameters based on real measurement that can be applied to simulations with high level of consistency. DIVP® aims to standardize relevant physical parameter and extend its virtual environment through exchanges of parameters and sensor weakness scenario with VIVALDI

Summary and proposals



Proposals

Share parameters are to be set in each environmental model

[Parameters in typical traffic scenario]

- Driving behavior of ego vehicle
- Driving behavior of other vehicles
- Pedestrian path, speed
- Road path
- Traffic signals, lane marks, road markings
- Road geometry(slope/ cant)

[Candidate Parameters in sensor weakness scenario]

- The attitude of traffic participants
- Control behavior of the ego vehicle components
 - ✓ Wiper
 - ✓ Sensor mounting position, attitude
 - ✓ Behavior of sensors
- Reflective Properties of traffic participants
- Reflective Properties of road surface
- Reflective properties of surrounding structures
- Detailed weather, atmosphere conditions

Goals (under consideration *1)

- Standardize relevant physical parameter and extend DIVP®'s virtual environment
 - ✓ Exchange parameter with VIVALDI, aiming to globally standardize DIVP®'s environmental parameter structure
 - ✓ Exchange sensor weakness scenario with VIVALDI, gain more information on user interface, and remaster scenario interface to satisfy global user demands

Steps

- The next step towards harmonization would be to understand the similarities and discrepancies between GER/JPN:
 - ✓ Exchange list of relevant-cum-open parameters of models, containing names/ types and without value
 - ✓ Investigate if the exchanged parameters can be directly used in each side's model
 - ✓ Conduct comparative study of the used parameters

*1: Goals yet to be confirmed



Traffic participant models and 3d map models have accurate 3D shapes and reflective properties obtained by measuring the actual objects

[Cf] 3D shapes and reflective properties in DIVP® models



Accurate 3d shape:

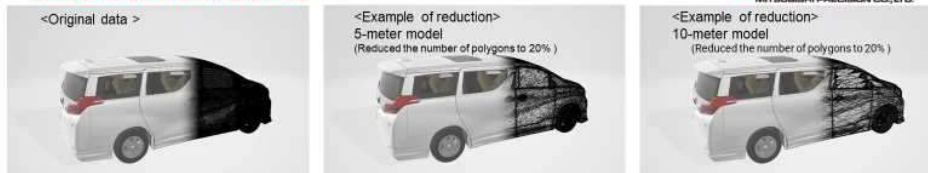
Compared to typical CG models, DIVP® 3d models has much accurate shape in order to minimize the angular errors of ray tracing

Reflective properties:

BRDF of each surface material type has been measured with the actual object sample
Additional conversion of surface conditions (e.g. wet surface) and extrapolation are also performed as needed

By reducing the amount of information while ensuring the precision of the model shape, the precision and speed of the simulation are both achieved

Development of information volume reduction tool (*1) using sensor resolution as an error tolerance



*1 It is possible to set thresholds/conditions, such as number of polygons, direction of normal before and after reduction, preservation of holes/boundaries, priority of blurring angle, etc.



The amount was reduced by paying attention to information that is too detailed and does not affect the sensor, resulting in a high-speed simulation.

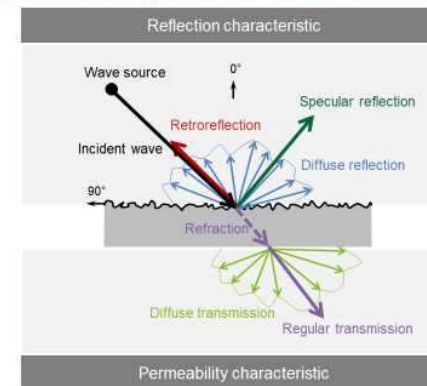
* The data is reduced to the extent that the difference cannot be recognized from the video.

Source : Copyright © CARLA Team 2019. MITSUBISHI PRECISION CO., LTD. DIVP® Consortium

FY2020 Year-end report 77

Reflective and transmission characteristics exist in material properties, and highly consistent reflection is reproduced by modeling based on experimental measurements

Reflection and transmission characteristics of the material



Nihon Unisys, Ltd. SOKEN

For each model in the measurement characteristics Can be set to any property.



Source : SOKEN, INC. Nihon Unisys, Ltd. DIVP® Consortium

FY2020 Year-end report 78



DIVP[®] project scenarios were selected based on the criteria of whether scenario proves to be “simulatable” and “high impact to safety assurance”

[Cf] Scenario selection in DIVP[®] project



DIVP[®] “sensor weakness scenarios” are selected for proving that DIVP[®] platform is “able to perform verification related to the sensor output under the autonomous driving situations”

Remark: In Japan, as a comprehensive safety assurance framework, “Automated Driving Safety Evaluation Framework” has been discussed and published by JAMA. In VIVID framework, it would be discussed in JTTT6.

The scenario selection criteria is based on the expert knowledge on the following:

“Simulatable”

Is the real phenomena modeled by DIVP[®] simulation which is mainly implemented with ray-tracing?

Does the verification with the simulation have more advantages than actual vehicle verification?

“High impact to safety assurance”

First, some prior phenomena were selected based on the expert knowledge of the sensor maker experts.

After that, some scenarios in which the selected phenomena are supposed to be occurred were chosen.

(It means “the sensor weakness scenarios” are not necessarily critical scenarios in the traffic situations.)

Example sensor weakness scenarios

in DIVP[®]:

Sensor	Phenomena	Scenario
LiDAR	<ul style="list-style-type: none">Blackspot caused by the objects with low near-infrared reflectance, such as black leather jacket	CPNA like scenario with a pedestrian who wears a black leather jacket
Radar	<ul style="list-style-type: none">Multipath caused by the wall, such as tunnel wallDifficulty in identification of the objects with the same speed	Driving in a tunnel Driving behind two vehicles in parallel at the same speed
Camera	<ul style="list-style-type: none">Halation due to the backlightingBlurred lane marks (white lines)	Driving west in the evening Driving on the road with blurred lane marks
Other environment	<ul style="list-style-type: none">RainSnow	Driving in the rain Driving in the snow

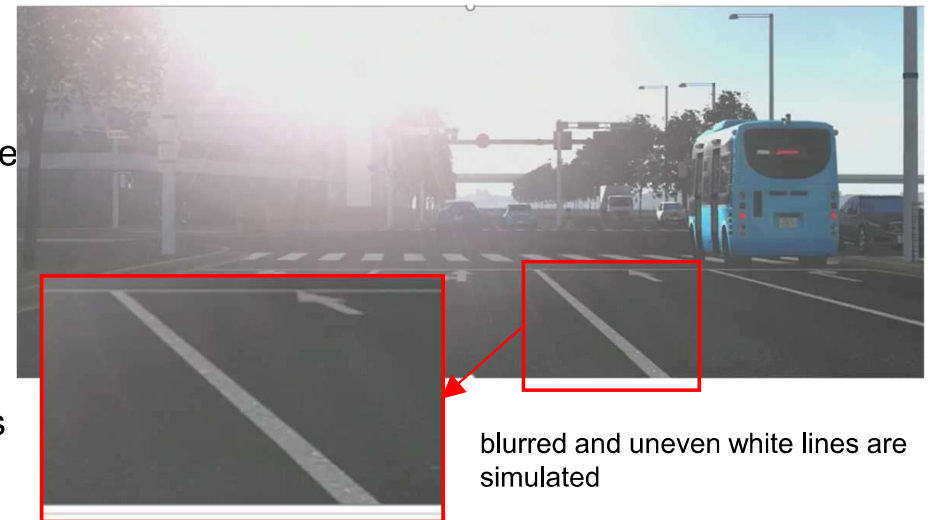


In current DIVP[®] scenarios, we choose environmental parameters and 3D models with detailed properties. Other environmental parameters are only in module settings

[Cf] DIVP[®] scenario parameters



- Environmental and physical phenomenon related parameters which can be set in scenario
 - ✓ Date, traffic participants models, 3D map models (with latitude/longitude), weather (sunny/cloudy/rainy/snowy), precipitations
 - Sun altitude / azimuth
 - DIVP[®] environmental module calculate position of the sun based on the date parameters and latitude/longitude parameters of selected 3D map model
 - Traffic participant models with accurate 3D shape and reflective properties
 - Select ego vehicle model because its shapes and its properties affect phenomena
 - 3D map models with accurate 3D shape and reflective properties of all structures of the town including roads, traffic signals, blurred lane marks, buildings...
 - Ego vehicle / sensors settings
 - type/model/number of sensors, front/brake lamp lighting



国際連携・標準化

■ 独ASAM参画を通じた国際標準化

■ 日独連携プロジェクトVIVIDの推進

■ JTTT1

■ JTTT2

■ JTTT3.1~3.3

■ JTTT3.4

■ JTTT5

■ JTTT6

Sensing weakness scenario validates 4-state of perception

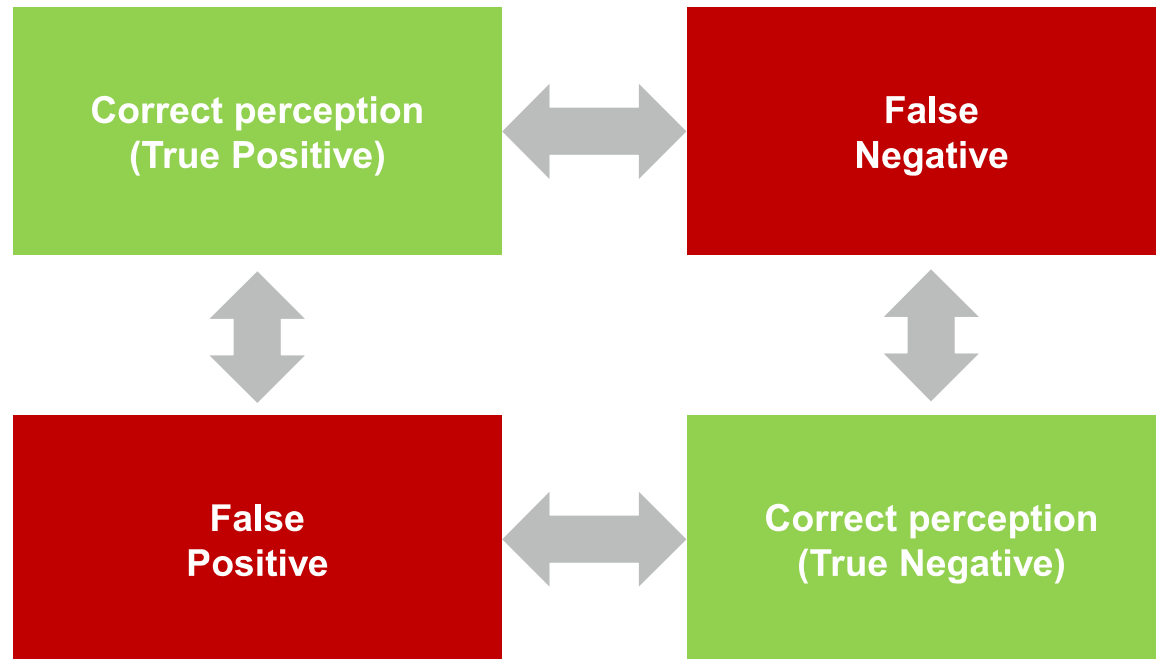
Perception cases

		Sensor perception				
		Exist	Not			
Target	Exist	 Correct perception (True / Positive)	 False Negative	Camera Object not visible due to darkness & backlight 	Radar Multiple objects are not able to be segmented & percept as one object 	LiDAR Not able to percept due to wearing black leather. 
	Non exist	 False Positive	 Correct perception (True Negative)	 Flare or ghost could be percept as objects 	 Reflection of the gradient path leads to false perception of non-existent objects 	 False perception due by miller reflection  

Source : MITSUBISHI PRECISION CO., LTD., SOKEN, INC, Pioneer Smart Sensing Innovations Corporation

During the scenario transition, perception state will be fluctuating in time being

Perception state variance with “specific” sensor performance

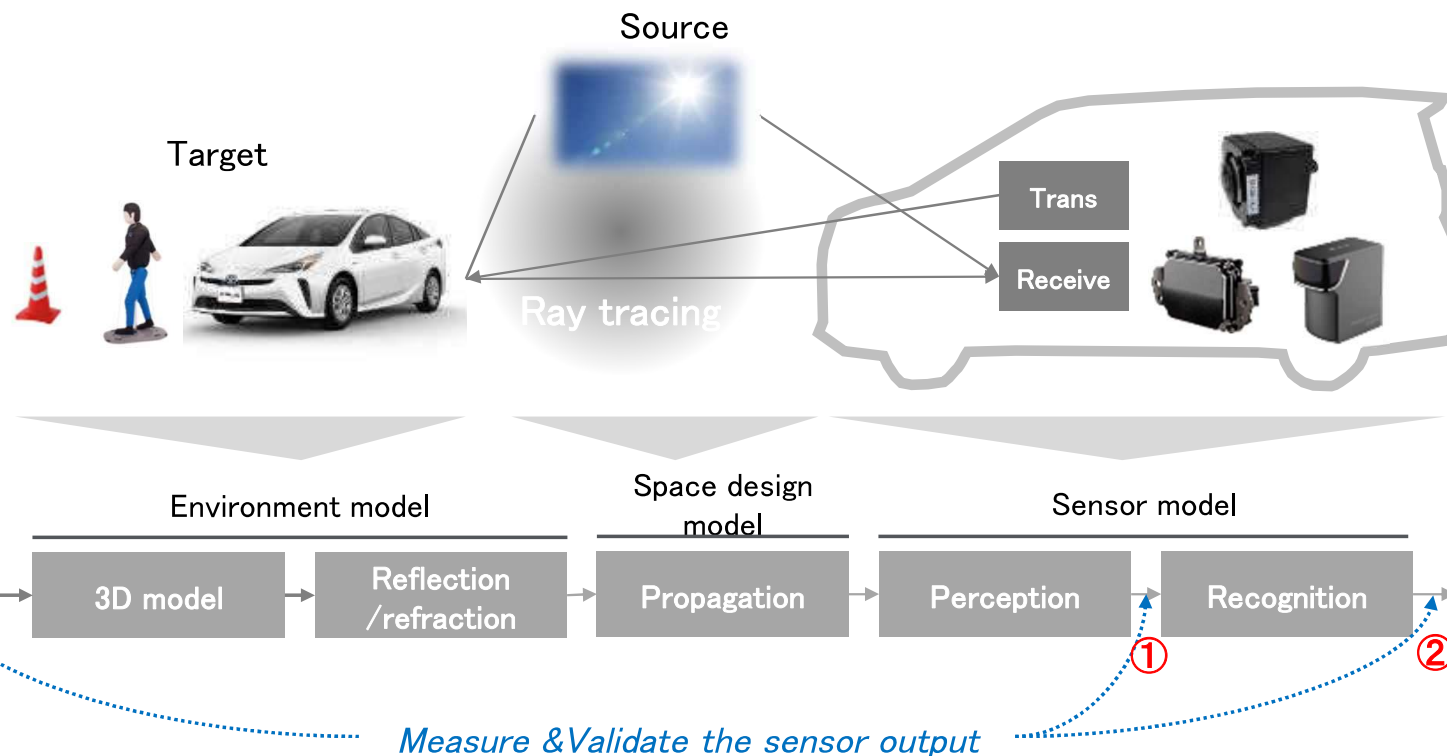


**“Correct perception” , “False positive” , “False negative”
3-state is needed to validate & define the sensing perception status**

For the perception validation, sensor output “Measure-ability” is the mandatory threshold

Validation procedure

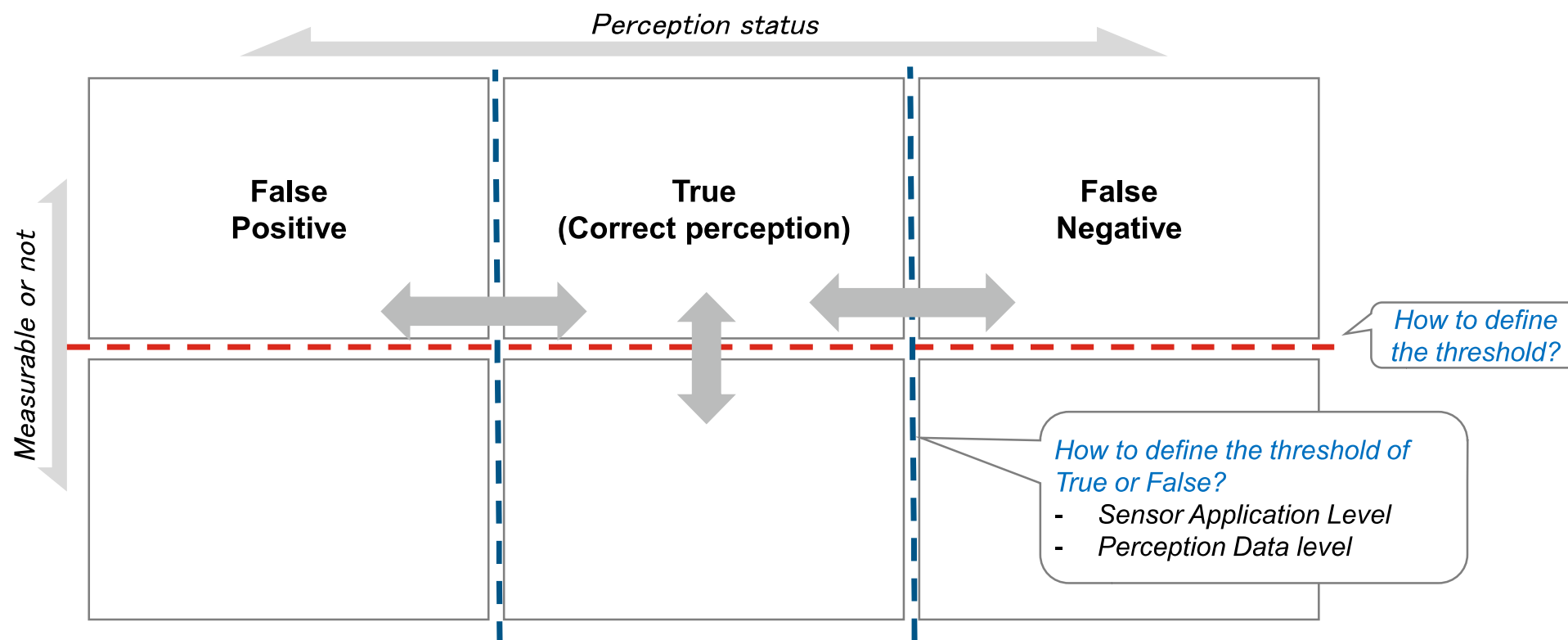
Sensing weakness scenario



Measurable or not is also the key feature for sensing limit definition

DIVP® would like to propose Scenario portfolio for sensing performance validation

Scenario portfolio



SIP臨海部実証実験及び外部連携

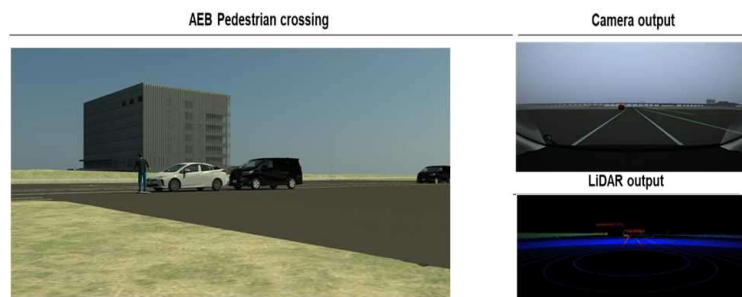
DIVP® の評価プログラムとして臨海部実証実験を、11月2日からのSTEP1【シミュレーション体験】と22年1月央からのSTEP2【実践版】の2本立てで実施することを計画。

提供環境

■ J-town、東京臨海部におけるVirtual評価環境と評価パターンを提供

- シナリオパターン: 実測にもとづく評価シナリオのモデル化
- センサ不調: 環境要因の組み合わせによるセンサ弱点の再現

J-town/Eur-NCAP
試験プロトコル



お台場環境での
センサ弱点シーン



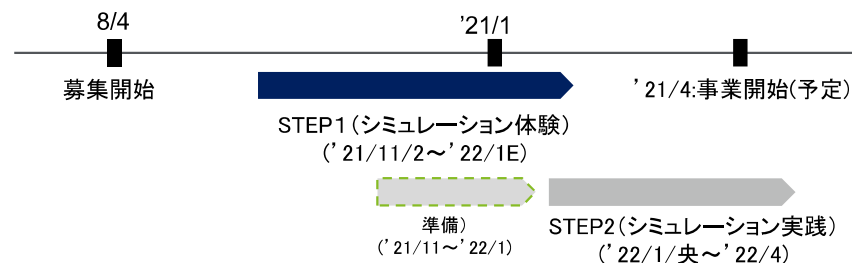
参加者の体験内容

- **STEP1【シミュレーション体験】**: 2021年11月2日～22年1月末 専用のポータルサイトにアクセス。 ツール使用性とシミュレーション実行結果を体験
- **STEP2【実践版】**: 2022年1月央～4月央 個社環境での、DIVP®接続検証

参加予定者

- AD研究開発を行う国内外の自動車OEM、サプライヤ、
- 関連システム及びツールベンダ
- 大学等の法人
- 研究機関、認証機関等。

スケジュール



Source: 「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期/自動運転(システムとサービスの拡張)/仮想空間での自動走行評価環境整備手法の開発」に係る「東京臨海部実証実験(シミュレーション体験)」の参加者募集について」(NEDO HP,2021年8月4日)

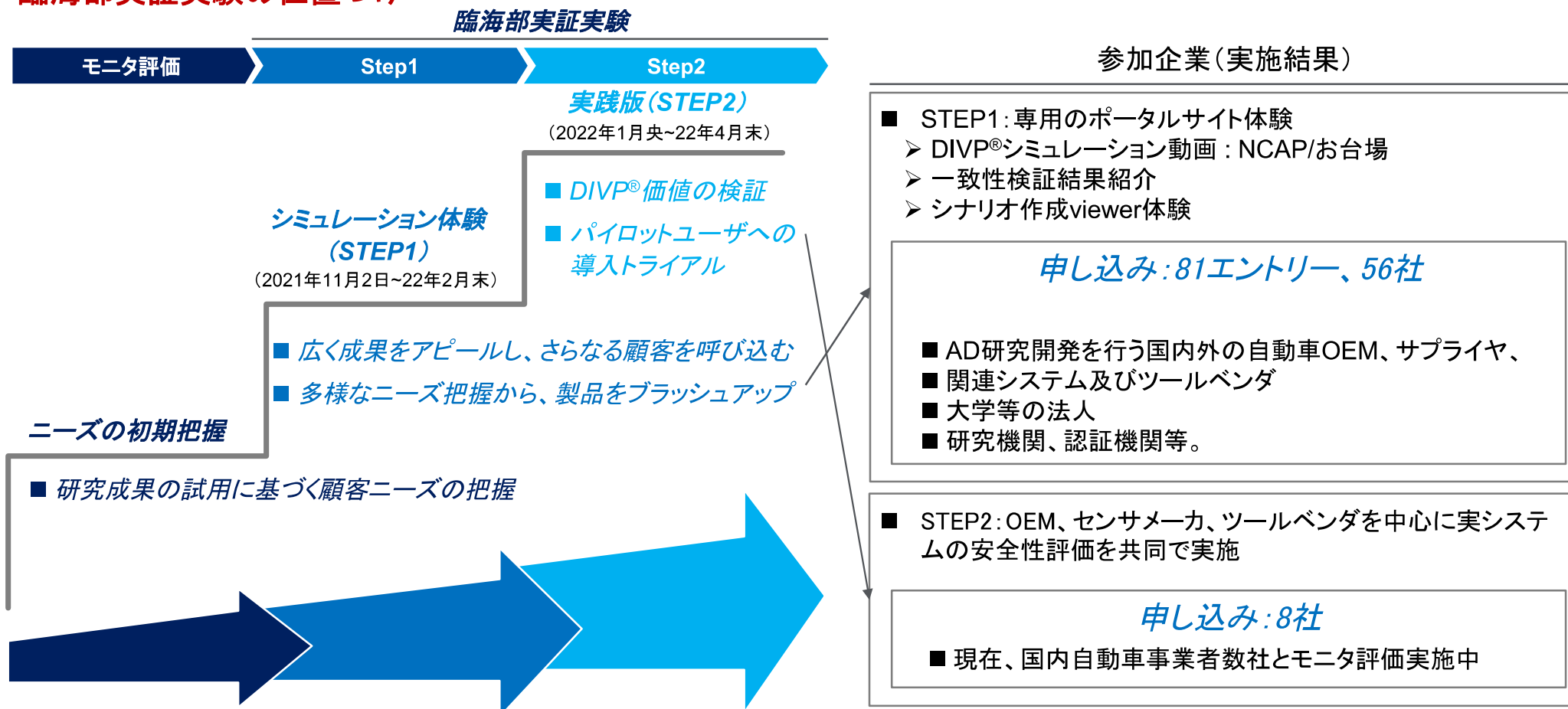


研究開発とモニタ評価に基づくプロトタイプを提供しつつ、**STEP1【シミュレーション体験】**を通じDIVP®を広く認知いただき、**STEP2【実践版】**でパイロットユーザの導入を推進。

■ 臨海部実証実験

Nihon Unisys, Ltd

臨海部実証実験の位置づけ

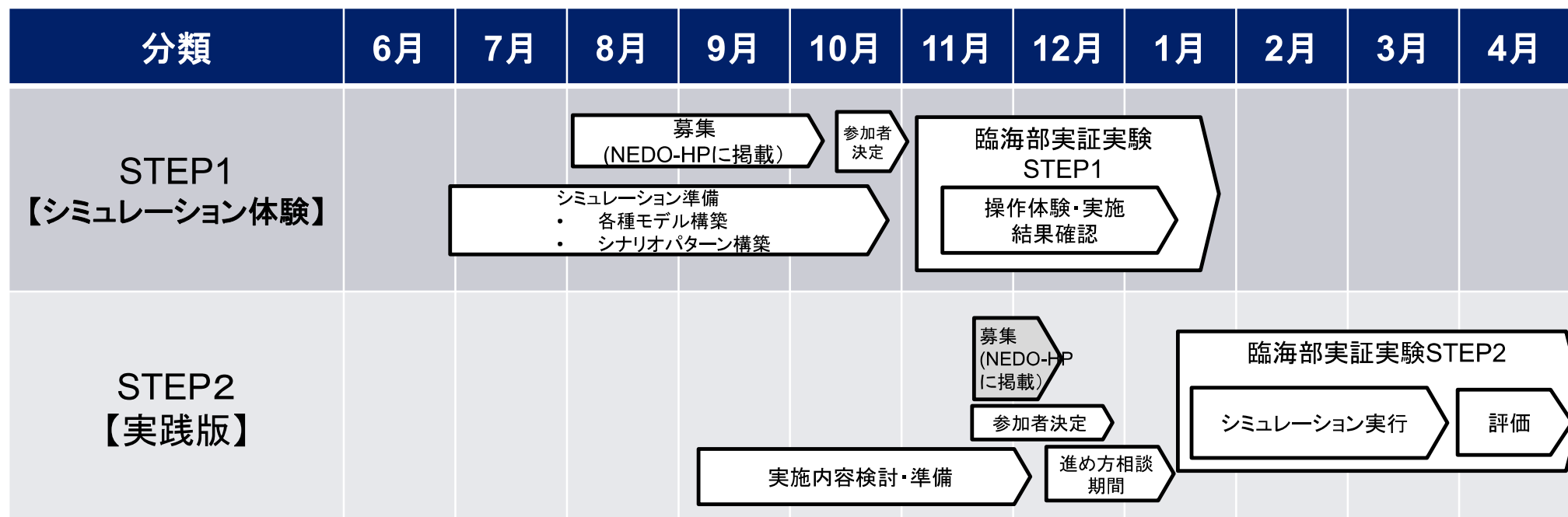


以下のスケジュールで実施。

STEP2【実践版】は22年4月末まで。その後パイロットユーザとしての評価へとつないでいく予定。

Nihon Unisys, Ltd

臨海部実証実験スケジュール案



SIP臨海部実証実験及び外部連携

■STEP1の成果

■STEP2の実施状況

■分析結果の考察と今後の方向性

実証実験STEP1【シミュレーション体験】内容はこちらを参照ください。

<https://demo.monitor-divp.net/>

ID: User01 Pass: User01@AWS


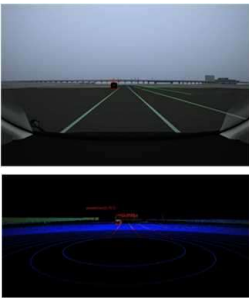




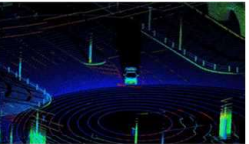




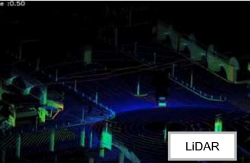

STEP1【シミュレーション体験】では、シナリオパッケージに対する様々なセンサ弱点となる環境要因を組み合わせた検証を可能とすることで、効率的に自動運転システムの保証・検証を実施

Step1 Nihon Unisys, Ltd

提供するシミュレーション環境 :STEP1【シミュレーション体験】

シナリオパッケージ

様々なセンサ弱点シーン

Eur-NCAP試験プロトコル			検出困難な対象物	同一距離、同一相対速度の物標 	黒皮服 	黒色車両 
	お台場環境				反射や伝播に影響する環境	上方構造物 
				逆光、背景光 		フロントガラスへの映り込み 
				かすれた白線 	遮熱塗装路面 	壁面マルチパス 

Source : 「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期/自動運転(システムとサービスの拡張)/仮想空間での自動走行評価環境整備手法の開発」に係る「東京臨海部実証実験(シミュレーション体験)」の参加者募集について」(NEDO HP,2021年8月4日)

実証実験の題材として、お台場や首都高の走行取材によりセンサ弱点シーンをシナリオパッケージとして再現、約20本程度のシナリオを臨海部実証実験を通じたユーザー受容性検証に供する

Step1 Nihon Unisys, Ltd

センサ弱点シナリオの一例(基本物理モデル - カメラ)

臨海部実証実験で提供予定:約20パターン(バリエーション含む)

Layer	街路樹影による白線誤認識	信号機の配光再現	低床キャリア 認識できない
サンプル			<p>■ 後方から認識したときに、車間距離を誤って認識</p> 
L1:道路形状	<p>お台場青海駅付近(西向き)</p> 	<p>お台場 青海一丁目交差点</p> 	<p>お台場 東京国際交流館北側</p> 
L2:物標/交通ルール	白線、街路樹	信号機(赤、青、黄、矢印、歩行者)	直線路
L3:一時的な変化	-	-	-
L4:移動物体	-	-	自車前方を先行している低床キャリア
L5:環境条件	昼	昼/夜	-

Source : Kanagawa Institute of technology, Google map, AD-URBAN

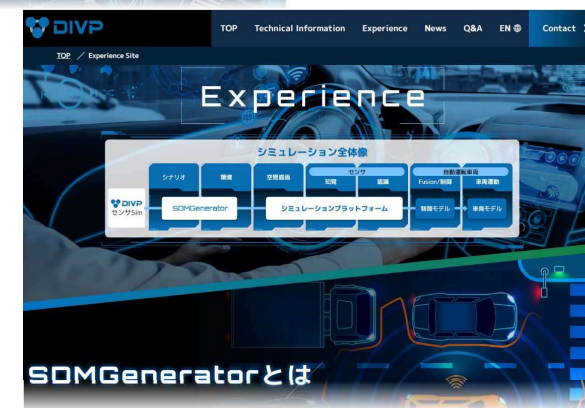
実証実験STEP1【シミュレーション体験】では、専用ポータルサイトを開設。物理現象の再現と実測による一貫性検証に裏付けられたDIVP®の高い一貫性を発信し、広く参加者に認知された。

専用ポータルサイトによる情報発信

Nihon Unisys, Ltd

URL : <https://demo.monitor-divp.net/> ID : User01 Pass : User01@AWS

※臨海部実証実験におけるDIVP®紹介ポータルです。Technical Informationには動画等多数掲載。ぜひご覧ください



ポータルサイトでは、DIVP®の特徴、特に一緻性について技術情報とシミュレーション結果動画を中心に解説。

Nihon Unisys, Ltd

ポータルサイト情報提供のための構成

URL : <https://demo.monitor-divp.net/> ID : User01 Pass : User01@AWS

ページ構成	ページのコンテンツ	記載内容
Top	コンセプト	自動運転の信頼性と安全性検証の効率化
	ビジョン	DIVP®シミュレータの特徴 • 環境モデル×空間モデル×センサモデルによる精緻なシミュレーション
	今回の実証実験の狙い	シナリオパッケージ(NCAP、お台場や首都高速C1)を用いた自動運転システムの開発、評価における有用性の訴求
Technical Information	一緻性に関する説明	各種センサーに関するモデルの解説および一緻性エビデンス説明
	実証例に関する資料およびムービー	• シナリオパッケージ • お台場や首都高速C1におけるセンサー不調
	開発中	開発中のセンサー不調パターン
	開発ロードマップ	FY2021～2022の研究計画
Experience (出来得る環境でのシミュレーション体験)	SDMGenerator (シナリオ作成機能)	• 機能紹介 • 操作説明動画
	シミュレーションプラットフォーム	• 機能紹介 • ブラウザViewer操作体験

56社、81エントリーの申し込みを得て、専用ポータルによる情報提供を実施。
参加各社とはリレーションをキープして、DIVP®の情報発信 を継続していく予定。

Nihon Unisys, Ltd

ポータルサイト申し込みの各社

【合計】56社(81エントリー)応募

・2022年1月17日にウェビナー開催。

・参加各社とはリレーションをキープして、DIVP®の情報発信 を継続していく予定。

(順不同)

OEM (13社)	自動車関連(サプライヤ他) (28社)			IT (3社)
トヨタ自動車	ティアフォー	デンソー	三菱重工機械システム	日本アイ・ビー・エム 新農林社 セリオ
マツダ	金沢大学	アイシン	豊田自動織機ITソリューションズ	
三菱	名古屋大学	京セラ	エイヴィエルジャパン	DIVP®関連 (12社)
SUBARU	ヴァレオジャパン	古河電工	トヨタテクニカルディベロップメント	
ヤマハ発動機	キャン	古河AS	あいおいニッセイ同和自動車研究所	
いすゞ自動車	ランスタッド	住友電気工業	損害保険ジャパン	
三菱ふそうトラック・バス	トヨタシステムズ	日立Astemo	パシフィックコンサルタンツ	
スズキ	日本工営	豊田自動織機	アイサンテクノロジー	
ダイハツ工業	トヨタ車体精工	NXPジャパン	J-QuAD DYNAMICS	
本田技術研究所	筑波大学		Toyota Technological Institute	
本田技研工業			MathWorks Japan	
日産自動車			コンチネンタル・オートモーティブ	
Woven Core				

2021/11/4～2022/2/28の期間中に1032件のアクセス
(1社あたり18アクセス)があった。



実証実験STEP1【シミュレーション体験】では、ウェビナーによる情報発信を実施。
関係者含め75名の参加を得た。

Nihon Unisys, Ltd

22年1月17日ウェビナーの実施

Driving
Intelligence
Validation
Platform

DIVEP WEB セミナー

開催日時 : 2022年1月17日(月) 13:00~17:30
アーカイブ配信 : 2022年1月24日~2月28日

参加者	計75名 OEM6社11名 自動車関連19社38名 IT1社1名 主催関係者17名
その他	パネリスト9名 司会・運営3名

主催	DIVEP®コンソーシアム
事務局	DIVEP®事務局代理代表 日本ユニシス株式会社 今村 康 info@monitor-divp.net
参加費	無料
申込方法	本セミナーは申込制(定員100名)となります。 1つの企業・団体から複数名のご参加も可能ですが、参加者様ごとにお申込みをお願い致します。 申込URL: https://unisys-ip.zoom.us/webinar/register/WN_UFw_VWvnQwSjhPkIcDpckw 参加URLは、開催日前に改めてメールにてご案内いたします。
注意事項など	<ul style="list-style-type: none"> WEBセミナーの内容は録画し、後日アーカイブとして公開致します。これには参加者様の発言・質問も含まれますので、予めご了承ください。 他の参加者へはお名前を公開しない状態で、ご参加・ご質問が可能です。 Session4~6の内容は、Session3が前提となります。必ずご視聴くださいますようお願いいたします。 WEBセミナー中に回答できなかったご質問については、後日実証実験ポータルサイトへ回答を掲載致します。 ご視聴のためのインターネット回線および通信費用はお客様のご負担となります。 ご視聴にはZoomアプリケーションのインストールが必要です。これに伴うパソコンのトラブルなどについては、補償・サポートを致しかねます。 タイムスケジュール、講演内容は、予告なく変更される場合がございます。ご了承ください。

ウェビナーでは、DIVP®に関し、その特徴の紹介から始め、シミュレーションシナリオ製作機能、環境モデル、各センサーの一致性を中心にDIVP®参加企業のエキスパートから説明を実施。

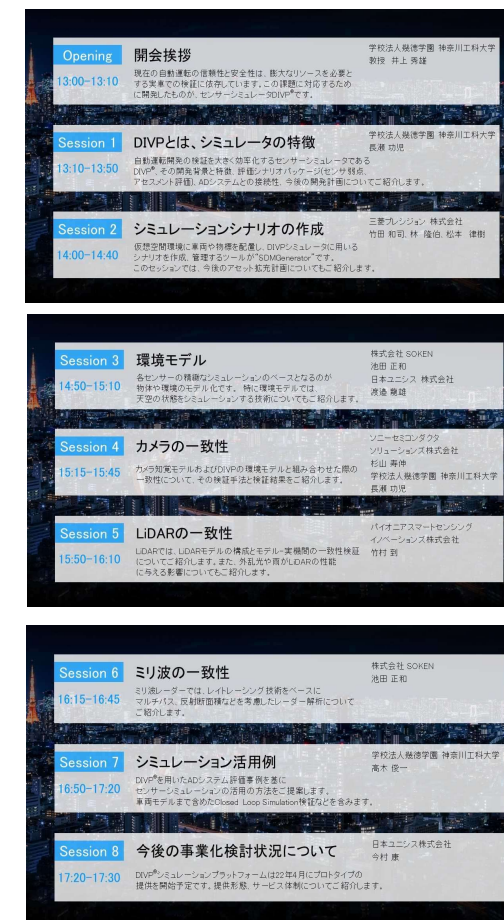
Nihon Unisys, Ltd

ウェビナーの実施

開催日時 2022.1.17(月) 13:00-17:30
 形態 Zoomウェビナー
 講演内容 実証実験ポータルサイトの内容に沿って
 実証実験参加者の割合を考慮。主にOEMをターゲットとした内容で実施

セッション	講演タイトル	講演者
Opening Session	開会挨拶	KAIT井上先生
Session1	DIVPとは、シミュレータの特徴	NUL猪股、KATI長瀬様
Session2	シミュレーションシナリオの作成	MPC竹田様、林様、松本様
Session3	環境モデル	SOKEN池田様、NUL渡邊
Session4	カメラの一致性	SSS杉山様、KAIT長瀬様
Session5	LiDARの一致性	PSSI竹村様(ビデオ)
Session6	ミリ波の一致性	SOKEN池田様
Session7	シミュレーション活用例	KAIT高木様
Session8	今後の事業化検討状況について	NUL今村

セミナー後の対応 1.21(金) アーカイブ公開
 1.31(月) Q&A公開



ウェビナーの参加者アンケートでは33名から回答を回収し、いずれのSessionでも大変満足・満足との回答が80%以上を占め、ポータルサイトによる発信を効果的に補強することができた。

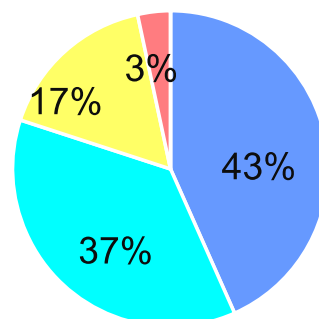
Nihon Unisys, Ltd

ウェビナーのアンケート結果

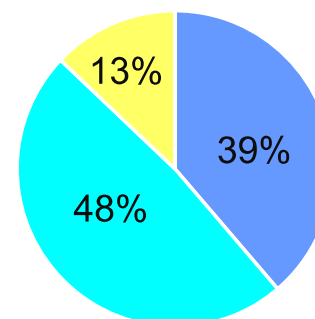
【凡例】各Session共通

- 大変満足
- 満足
- 普通
- 不満足
- かなり不満足

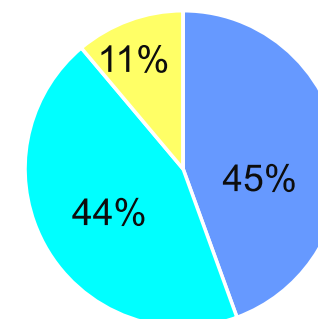
Session1
「DIVP®とは、シミュレータの特徴」



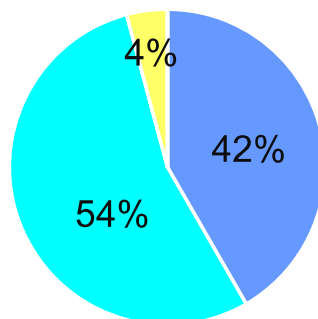
Session2
「シミュレーションシナリオの作成」



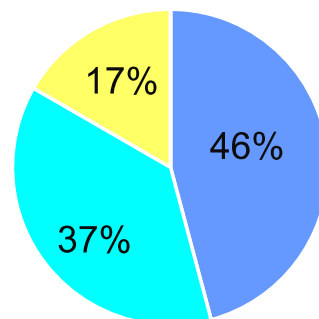
Session3
「環境モデル」



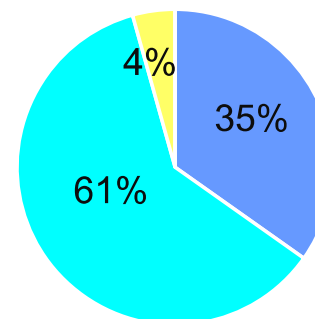
Session4
「カメラの一致性」



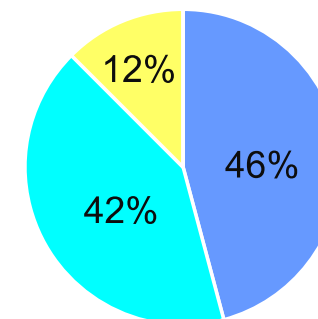
Session5
「LiDARの一致性」



Session6
「ミリ波の一致性」



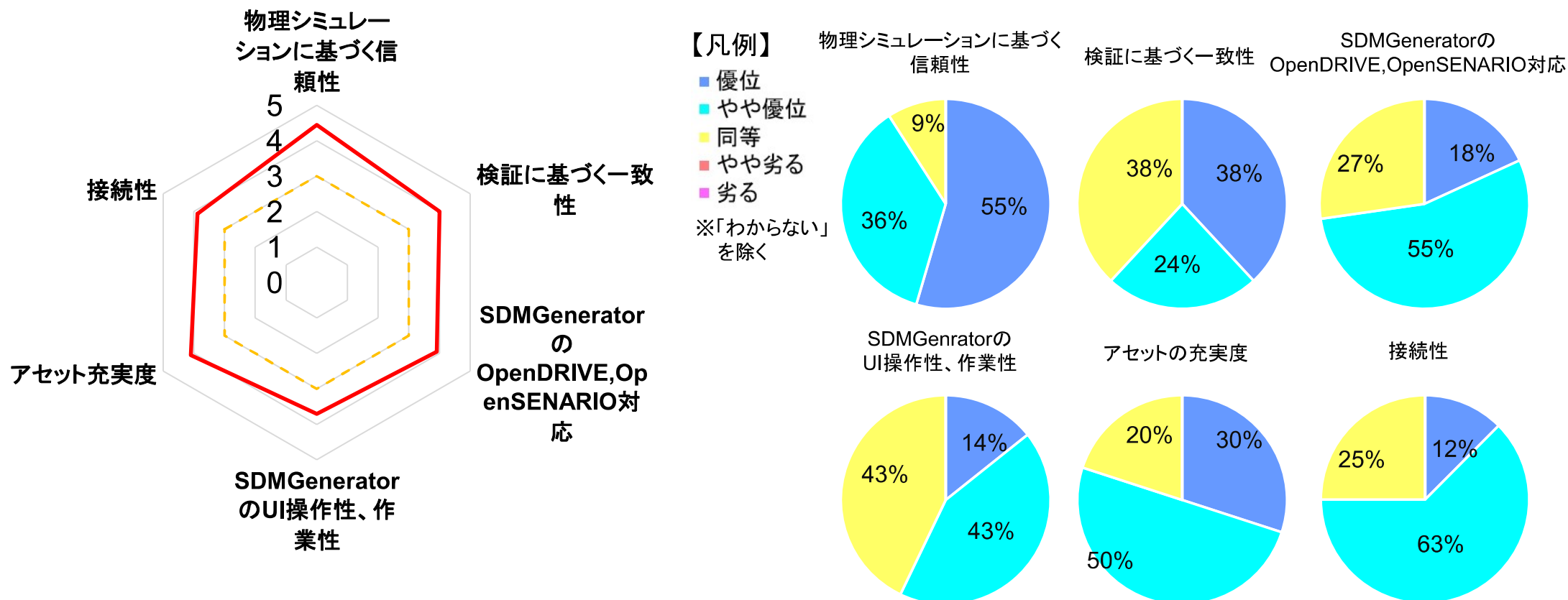
Session7
「シミュレーション活用例」



臨海部実証実験STEP1【シミュレーション体験】のアンケートでは44名(2月末時点)から回答を回収し、DIVP[®]シミュレーションの信頼性、アセットの充実度などについて他のシミュレータに比べて高い評価を得た。

Nihon Unisys, Ltd

実証実験STEP1【シミュレーション体験】のアンケート結果



臨海部実証実験STEP1【シミュレーション体験】では、DIVP®シミュレータの業務適用可能性についてアンケートを実施した。

Nihon Unisys, Ltd

【実証実験アンケート】DIVP®シミュレータの業務適用

Q. 下図の適用可能な業務(担当業務以外も含めて)に☑を付けてください。

(回答方式としては、複数選択可能とし、44名から回答を得た。)

	研究	事業企画	車両開発・設計	車両販売	車両利用
OEM	<ul style="list-style-type: none"> ●新センサーアルゴリズム研究 ●新センサーシステム検討 ●センサーシステム評価 	<ul style="list-style-type: none"> ●RPO作成・ソーシング評価 	<ul style="list-style-type: none"> ●安全性評価 ●認証・NCAP等の外部評価結果の予測 ●センサー・システム適合 ●各種評価環境組合せによる評価計画の検討 ●センサー・システム要件定義 ●センサー・システム評価 	<ul style="list-style-type: none"> ●安全性評価 ●認証・NCAP等の外部評価結果の予測 	<ul style="list-style-type: none"> ●安全性評価 ●市場不具合解析支援
サプライヤ	<ul style="list-style-type: none"> ●新センサーアルゴリズム研究 ●新センサーシステム検討 ●センサーシステム評価 	<ul style="list-style-type: none"> ●RPO作成・ソーシング評価 	<ul style="list-style-type: none"> ●安全性評価 ●認証・NCAP等の外部評価結果の予測 ●センサー・システム適合 ●各種評価環境組合せによる評価計画の検討 ●センサー・システム要件定義 ●センサー・システム評価 	<ul style="list-style-type: none"> ●安全性評価 ●認証・NCAP等の外部評価結果の予測 	<ul style="list-style-type: none"> ●安全性評価 ●市場不具合解析支援
評価・研究・認証機関	N/A			<ul style="list-style-type: none"> ●評価・弱点シナリオ生成(自動化含む) 	N/A
その他(保険会社など)	N/A	<ul style="list-style-type: none"> ●センサーシステム要件定義 	<ul style="list-style-type: none"> ●安全性評価 ●評価・弱点シナリオ作成 ●ミシジョンロード評価計画検討 ●センサー・システム適合 ●センサー・システム要件定義 	N/A	<ul style="list-style-type: none"> ●安全性評価・保険料算定 ●評価・弱点シナリオ生成

SDMGeneratorには、「研究」以上に「車両開発・設計」での適用が期待されており、開発実務におけるシミュレーションの普及の現れか。同時に、SDMGは実務を想定の上で使えるレベルであることが確認できた。

【実証実験アンケート】SDMGeneratorを適用可能な業務

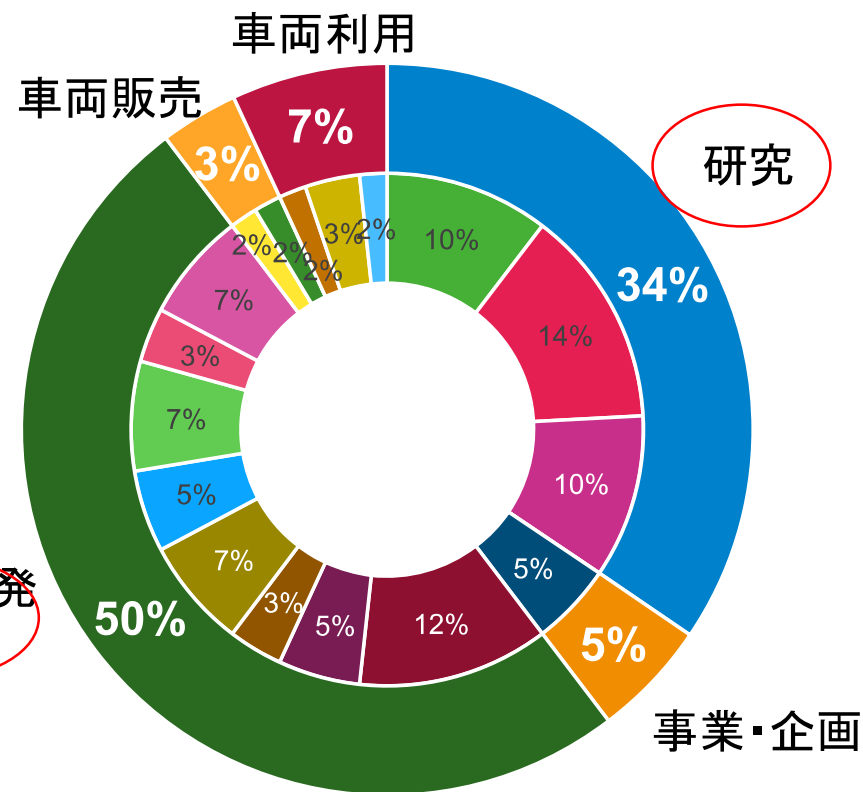
Nihon Unisys, Ltd

(回答方式としては、複数選択可能とし、44名から回答(全数56に対して回収率80%))

【凡例(内周)】

安全性評価に関する箇所

- 研究) センサ・システム評価
- 研究) 新センサ・システム検討
- 研究) 新センサ・アルゴリズム研究
- 事業・企画) RFQ作成・ソーシング評価
- 事業・企画) センサ・システム要件定義
- 車両開発・設計) センサ・システム評価
- 車両開発・設計) センサ・システム要件定義
- 車両開発・設計) 各種評価環境組み合わせによる評価計画の検討
- 車両開発・設計) センサ・システム適合
- 車両開発・設計) 認証・NCAP等の外部評価結果の予測
- 車両開発・設計) 安全性評価
- 車両開発・設計) パブリックロード評価計画検討
- 車両開発・設計) 評価・弱点シナリオ作成
- 車両販売) 認証・NCAP等の外部評価結果の予測
- 車両販売) 安全性評価
- 車両販売) 評価・弱点シナリオ作成(自動化含む)
- 車両利用) 市販不具合解析支援
- 車両利用) 安全性評価
- 車両利用) 評価・弱点シナリオ作成(自動化含む)
- 車両利用) 安全性評価・保険料算定



他方で、DIVP®の重要な狙いであり、自動運転の社会受容性醸成の鍵でもある安全性評価:「評価・弱点シナリオ作成」関連、「安全性評価」への適用の期待が予想より低調。(参加者が損保、IT関連など幅広い業種に渡ることの影響か)

シミュレーションPFは、「研究」と「車両開発・設計」でほぼ同等レベルの期待感。「研究」では、新システム、アルゴリズム研究開発、「車両開発・設計」では評価から適合への一連のプロセスで適用可能との評価

【実証実験アンケート】シミュレーションPFを適用可能な業務

Nihon Unisys, Ltd

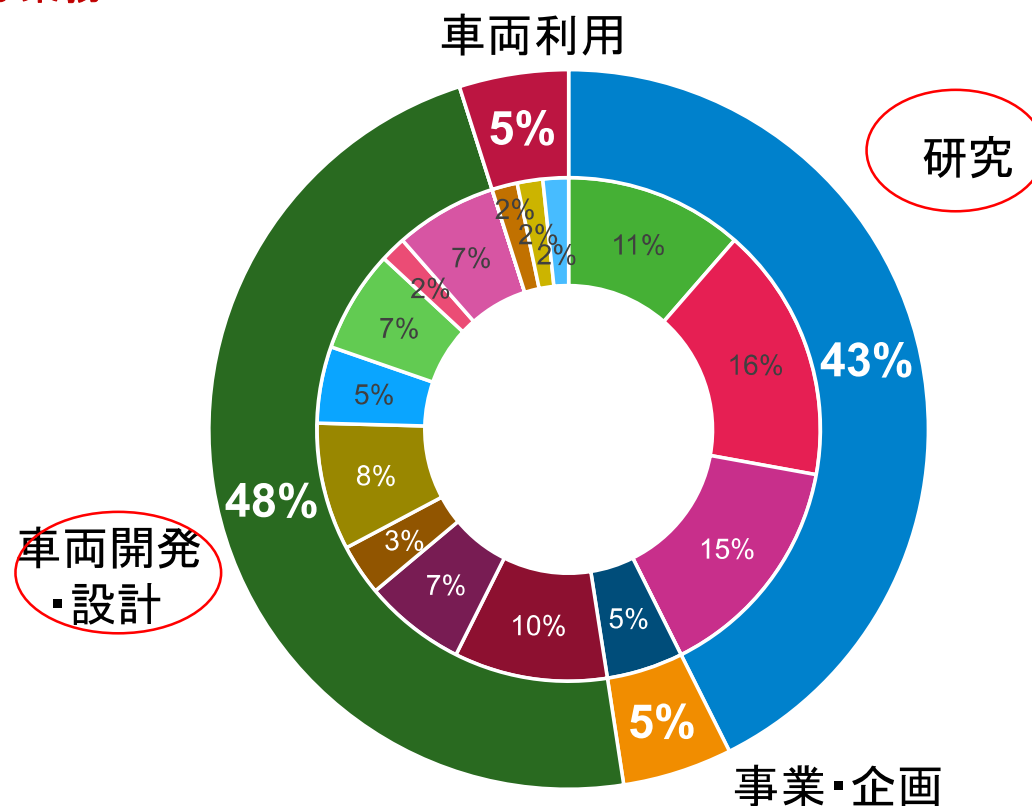
(回答方式としては、複数選択可能とし、44名から回答(全数56に対して回収率80%))

【凡例(内周)】

シミュレーションPFの適用に関する箇所

安全性評価に関する箇所

- 研究) センサ・システム評価
- 研究) 新センサ・システム検討
- 研究) 新センサ・アルゴリズム研究
- 事業・企画) RFQ作成・ソーシング評価
- 事業・企画) センサ・システム要件定義
- 車両開発・設計) センサ・システム評価
- 車両開発・設計) センサ・システム要件定義
- 車両開発・設計) 各種評価環境組み合わせによる評価計画の検討
- 車両開発・設計) センサ・システム適合
- 車両開発・設計) 認証・NCAP等の外部評価結果の予測
- 車両開発・設計) 安全性評価
- 車両開発・設計) パブリックロード評価計画検討
- 車両開発・設計) 評価・弱点シナリオ作成
- 車両販売) 認証・NCAP等の外部評価結果の予測
- 車両販売) 安全性評価
- 車両販売) 評価・弱点シナリオ作成(自動化含む)
- 車両利用) 市販不具合解析支援
- 車両利用) 安全性評価
- 車両利用) 評価・弱点シナリオ作成(自動化含む)
- 車両利用) 安全性評価・保険料算定



「評価・弱点シナリオ作成」関連、「安全性評価」での傾向はSDMGと同様。(参加者が損保、IT関連など幅広い業種に渡ることの影響か)

シミュレーションPFとしては、評価の高い物理シミュレーションによる不調表現に係る機能を充実させるとともに、SDMGとのツールチェーンを安全性評価のための切り札としてアピールしていく必要がある。

アンケートにおいては、その他に、以下の様な自由意見を得た。シミュレーションを使った認証への期待感や、接続したい他シミュレータ、自社への適用イメージと言った具体的な意見を頂くことができた。

【実証実験アンケート】実証実験の運営など自由意見

Nihon Unisys, Ltd

Q. その他にご意見、ご要望があればお聞かせください。

- 以前の経験から、シミュレーションはモデルの精度が大切なのは言うまでもないですが、それ以上にどのように使うことができるかが重要と感じています。**DIVP®についても開発・評価だけでなく認証にまで使える様になれば、自動運転の社会実装の加速に役立つと思われ、ぜひスタンダードなツールとして、より一層の発展を期待します。**
- 車両モデルとして**IPG CarMaker**、制御モデルとして**Simulink**と接続してほしい。
- **CARLA**の上位互換とうたえる作りであってほしい。接続性、センサモデル、API など。
- **道路インフラレーダ研究のために、街路樹(ミリ波特性込み)アセットと、空間描画機能が欲しい。**
- 本シミュレータは**一致性検証がされ、弊社にとっても非常に有用なシミュレータになると感じております。しかしながら現状では、弊社で使われている魚眼カメラ及びソナー機能が搭載されていない為、是非センサー拡充をお願い出来ればと思います。また駐車場シーン(平面駐車場・立体駐車場・地下駐車場)等もシミュレーションシーンとして拡充頂けると活用に繋がります。**
- 現時点では自動運転と呼べる車両はほぼ無い状況だが、**今後自動運転車が出てきた場合に、個別車種毎の再現ができる**と嬉しい
- 今後FY2022で製品化されると共に、**開発現場のユーザーからの利用者目線でのフィードバックが多数寄せられることが期待されます。**できれば現場作業者の声も聞きつつ、特に**先行開発の分野にてどのような活用事例が検討されてゆくか、随時情報展開されることを望みます。**
- 海外ツールや海外サプライヤに対抗できるよう、**国内OEMで実績を上げる必要がある。**
- 提供価格を安価に
- **コスト、やりたいことをスピード感持って行えるツールであること、入出力の接続性、カスタマイズ性などを気にしております。**
- **どのような試験シナリオ、及びマップが用意できるのか、シナリオ・マップ準備にかかる時間・費用コストはどのくらいか、相談できる場があるとありがたい。**

SIP臨海部実証実験及び外部連携

■STEP1の成果

■STEP2の実施状況

■分析結果の考察と今後の方向性

STEP2【実践版】では、準備した仮想空間をベースにアレンジを加えたシナリオ、環境で、DIVP®シミュレーションの実行結果の出力と参加者の持つ各種モデル、システムとの接続にトライ

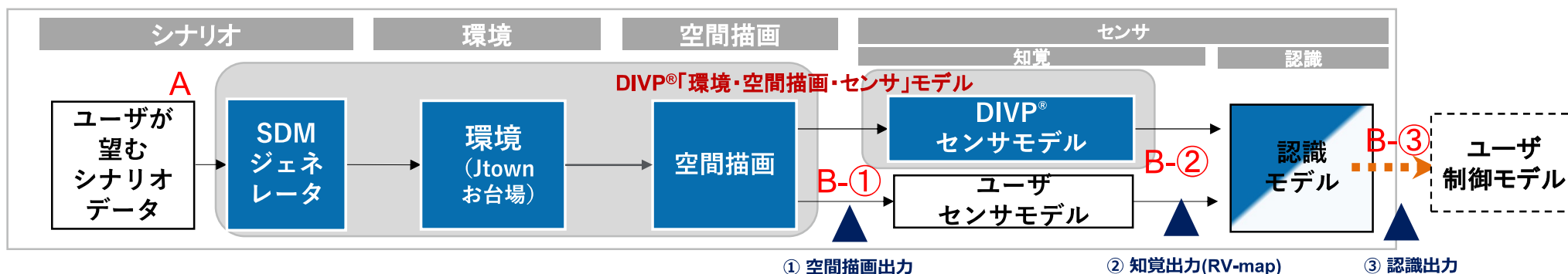
- A. DIVP®プラットフォーム上に構築された仮想環境をベースにシミュレーションのシナリオ、環境を参加者のニーズに合わせて個別にアレンジが可能
- B. DIVP®プラットフォームの「走行環境-電波伝搬-センサ」モデルのシミュレーションによる実行結果の様々な出力(カメラ、ミリ波、LiDAR)を参加者が持つ各種モデル、システムと接続することが可能(ファイル渡し形態)。

Nihon Unisys, Ltd

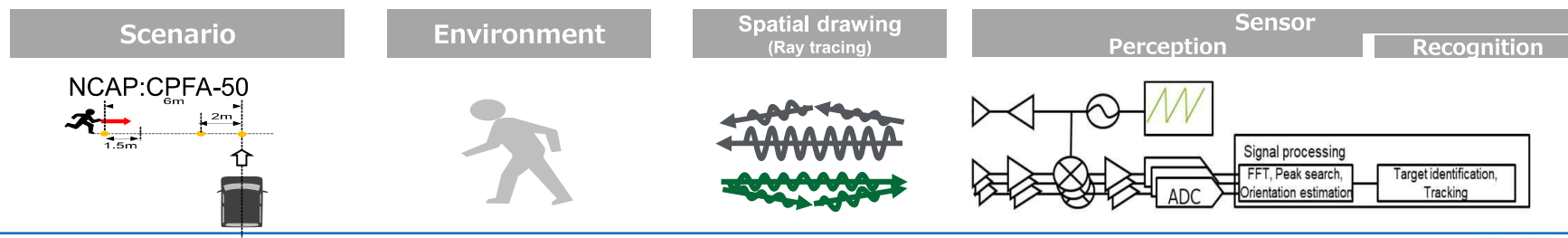
- B-① 仮想環境出力の活用 : DIVP®空間描画出力をユーザ側センサモデルへ
- B-② 仮想環境出力の活用 : DIVP®センサ知覚出力をユーザ側認識モデルへ
- B-③ シミュレーション(結果)連携

DIVP®提供

ユーザモデル



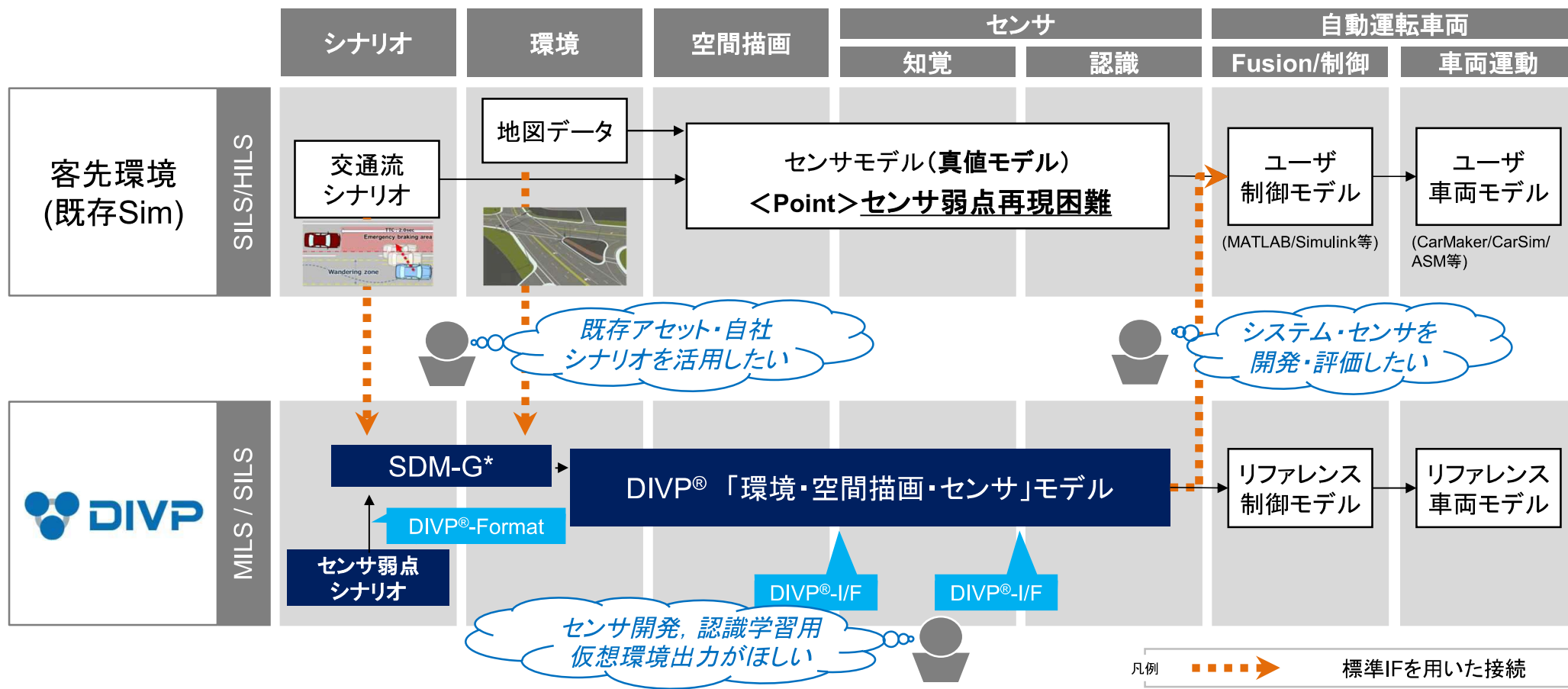
(例:ミリ波シミュレーションでの機能)



顧客導入を促進するため、複数の既存Sim環境との**接続性**確保の実施を実現することにもトライする。

Step2 Nihon Unisys, Ltd

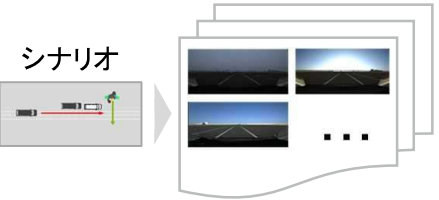

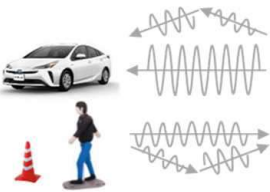
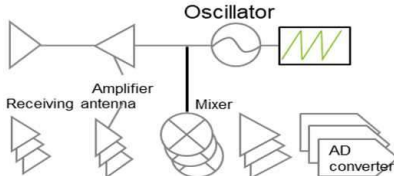
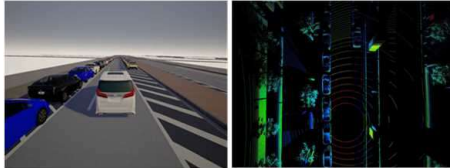
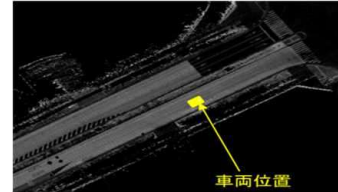
客先環境との接続トライ



これまでの評価活動で、OEM、サプライヤ、大学等によるDIVP®の仮想環境、空間描画出力の活用に関する各種 **システム顧客ニーズ**を受領。DIVP®の仮想空間で各種のヴァリアブルな評価を実現。

Step2 **Nihon Unisys, Ltd**

STEP2【実践版】でトライする顧客ニーズ例

ユーザニーズ例	センサ	DIVP®仮想空間の生成	出力形式	評価
<p>■ AI学習用データ生成</p> <p>➢ Deep-learning用教師データを条件やシナリオを変え大量に生成</p>	複数カメラ	<p>■ 大量の画像生成(リアルな画像)</p> <p>シナリオ</p> 	カメラ知覚出力	<p>■ 認識SW(AI)開発、評価</p> <p>機械学習</p>  <p>認識SWの性能向上</p>
<p>■ 自社センサモデル評価</p> <p>➢ 空間描画出力データでOEM及びサプライヤの持つセンサモデルの性能を評価</p>	ミリ波レーダ	<p>■ DIVP®(ミリ波)空間描画</p> 	ミリ波空間描画出力	<p>■ 独自のミリ波モデル性能評価(OEM、サプライヤ)</p> 
<p>■ 自己位置推定等のアルゴリズム評価</p> <p>➢ 仮想環境で自己位置推定、軌跡生成等アルゴリズムを評価</p> <p>AD-URBAN連携:次項で事例紹介</p>	LiDAR(+IMU)	<p>■ 現実では設定が困難な悪条件をシミュレーション上に構築</p> 	LiDAR知覚出力	<p>■ 自己位置推定アルゴリズム評価</p>  <p>車両位置</p>

Source : Kanagawa Institute of technology, Mitsubishi Precision co., Ltd, AD-URBAN

臨海部実証実験:STEP2【実践版】には、8社のエントリーを頂いた。
4月末までの期間、各社の独自の要望に合わせて、DIVP®の具体的な評価作業を実施中。

Nihon Unisys, Ltd

【実践版】:STEP2 応募状況

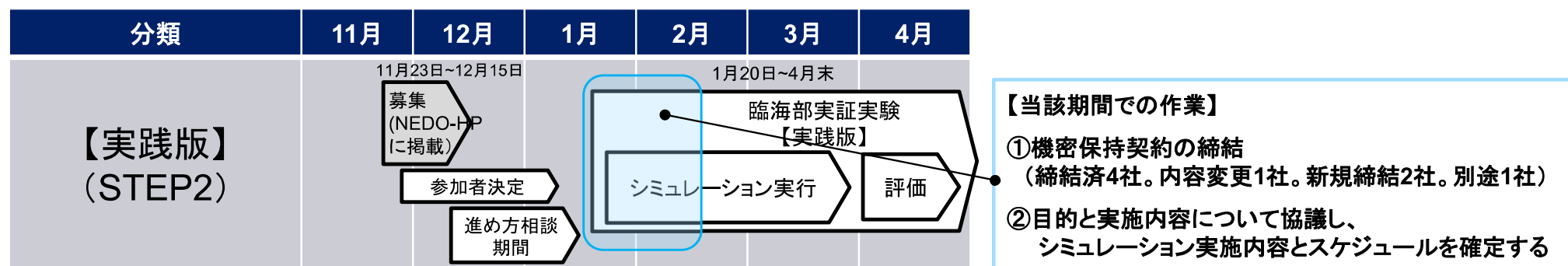
【合計】8社エントリー

- 個別の要求にあわせて評価実施。独自のシナリオ利用、自社モデルとの接続等にトライ
- 時期、内容等調整中。できる限りエントリーの各社にはご参加頂く方向で検討中。

業種		センサタイプ	ニーズ
OEM	A社	■ カメラ	■ DIVP®知覚出力(画像)を使いDL用学習データ生成の可能性確認
	B社	■ カメラ/LiDAR	■ DIVP®空間描画を使い自社認識モデル経由で実機比較評価
	C社	■ ミリ波	■ DIVP®空間描画(ミリ波)を使い自社でのパターンを評価
サプライヤ	D社	■ ミリ波	■ DIVP®空間描画(ミリ波)を使い自社でのパターンを評価
	E社	■ カメラ	■ 自社カメラ(ステレオ)の評価(自社認識SWとの接続)
	F社	■ ミリ波カメラ	■ DIVP®空間描画を使い自社センサユニットを評価
センサ	G社	■ カメラ/LiDAR	■ 自社開発のセンサをDIVP®の(リアル)な空間描画環境で評価を目指す
開発ツール	H社	■ 全般	■ MBD開発標準PF上でDIVP®を利用。各種SWとの連携による評価

【実践版】:STEP2 実施計画

- 柔軟に支援作業の内容、時期等を検討し、リソース調整の上で、基本的にはエントリー各社にはご参加頂く方針
- 実験開始(1月20日)の前後に、各社とのヒアリングを実施。
目的や狙いも様々であり、実施において必要とされる工数、技術課題等、それぞれに差異がある状況。
1月20日からの約1か月で要件を絞り込み、リソース配分の上で、実施計画として確定する予定。



臨海部実証実験STEP2【実践版】:22年2月末時点での実施概況は以下の通り

・青字は22年2月末時点での現状

Nihon Unisys, Ltd

業種・会社名	センサ	目的	KickOff	状況（実施内容、進捗）	機密保持契約	
OEM	A社	■ カメラ	■ DIVP®知覚出力をDL教師データとしての利用可能性を検証	■ OEMモニタ評価から継続	<ul style="list-style-type: none"> ■ (実施内容):実機カメラ位置に合わせシミュレーション出力画像を生成。認識アルゴリズムにかけて、実車画像との比較検証(認識率など)を開始。 ■ (進捗):2月末に現在の出力レベル(パラメータ、位置等調整の上)での差異結果を確認。今後の物標やシナリオの追加の追加実施を検討する。 	■ 締結済
	B社	■ カメラ ■ LiDAR	■ 知覚出力において実機(データ)との比較評価を行いDIVP®活用の可能性を検証	■ 1月20日	<ul style="list-style-type: none"> ■ (実施内容):カメラ⇒実機とDIVP®(RAW)出力結果を、自社の認識アルゴリズムにおいて、類似シナリオベースで比較。 LiDAR⇒実機とDIVP®出力(点群)を、類似シナリオをベースで比較。 (※カメラ、LiDARとも傾向評価) ■ (進捗):利用するセンサパラメータ設定項目、実施シナリオの確認を開始 	
	C社	■ ミリ波	■ DIVP® SIM環境において、自社製品実機/モデルとの比較評価を行い、DIVP®活用の可能性を検証(C+D社)	■ 2月10日	<ul style="list-style-type: none"> ■ (実施内容):D社実機とDIVP®(D社モデル利用)出力結果を基礎的な環境で比較。 (※ラボ環境と走行状態で、精度:受信レベル、角度、距離、速度等を確認) ■ (進捗):D社との間で、DIVP®出力内容、IF仕様の確認を開始。 C社にて基本検証シナリオを準備 	■ 一部変更調整中
サプライヤ	D社グループ				■ 締結済	
	E社	■ カメラ	■ ステレオカメラへの適用可能性を検証	■ 1月12日	<ul style="list-style-type: none"> ■ (実施内容):新PF環境をE社内に構築し、自社認識SW環境と接続する。単眼カメラにおける評価手法(DIVP®成果)をステレオに応用し検証を進める。 ■ (進捗):環境構築の準備完了 	■ 内容確認済(捺印待ち)
	F社	■ ミリ波 ■ カメラ	■ 国際連携の状況を共有しつつDIVP®活用を検討	■ 当面は情報共有	<ul style="list-style-type: none"> ■ まずは国際連携での情報を共有しながら、情報収集。 (徐々に日本でも独自シナリオ等で使ってみたい意向) 	—
センサメーカー	G社	■ カメラ ■ LiDAR	■ シミュレーションによる自社センサ評価の実現に向け、知見をUP。	■ 1月12日(機密保持契約に関して)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 機密保持契約における、情報の利用目的に関し交渉中。 (SimuLINK環境でのSIM利用に関し並行して検討中) 	■ 内容協議中
開発ツール(ソフトウェア)	H社	■ 全般	■ (MBD開発の標準PFとも言える)SimuLINK上でDIVP®と各種SWとの連携事例作成	■ 1月21日	<ul style="list-style-type: none"> ■ (実施内容):SimuLINK上で、DIVP®の代表的不調シーンをMathWorks社の保持する認識(AI)やFUSIONのアルゴリズムと組み合わせ、具体的な活用事例を作成。 ■ (進捗):相互が提供可能な出力例で具体的な実施内容の検討を開始 	■ 内容確認待ち

Source : Nihon Unisys, Ltd,

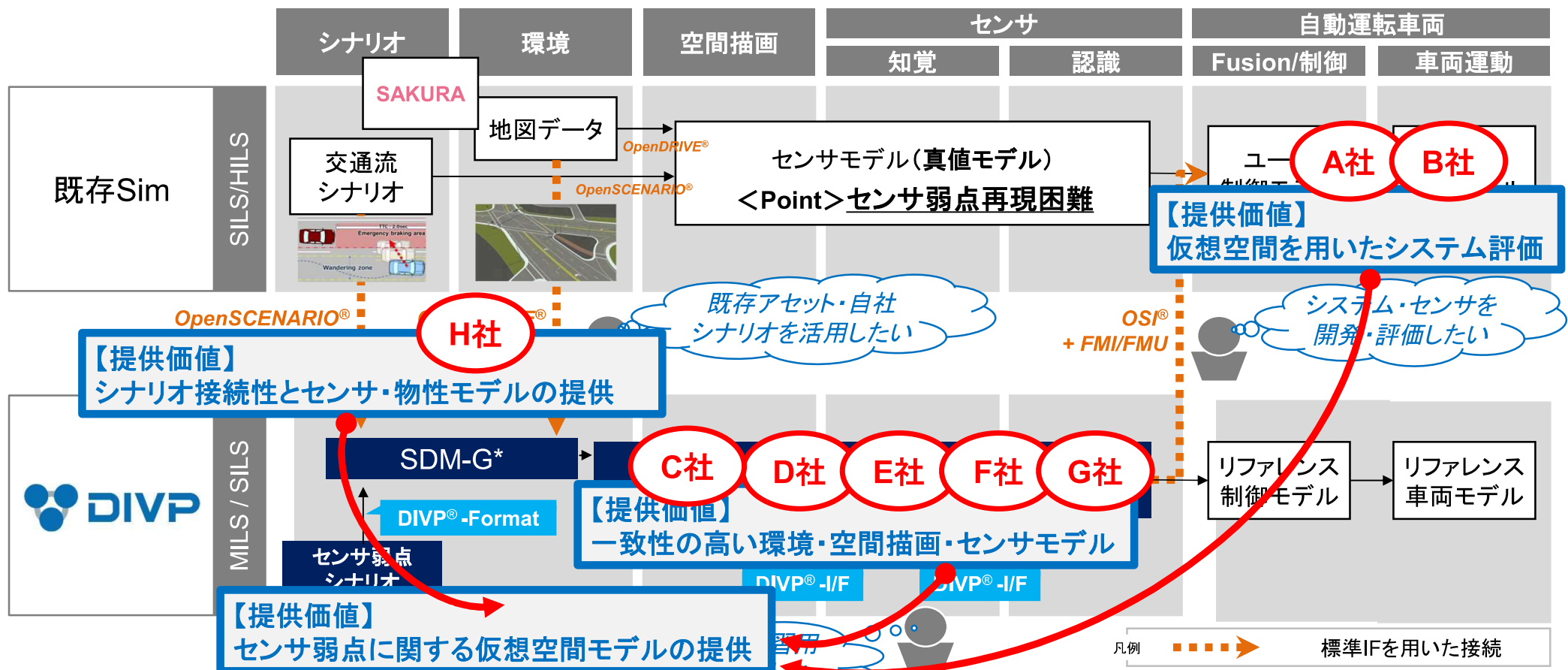
297 2021年度_研究成果報告



実験の狙いとしては、最初のステップでは、自社環境へのDIVP®適用のトライが中心。次のステップとして、各社ともセンサ弱点に関する多様なシナリオを、仮想空間モデルとして評価を進めたい意志が明確。

目的に応じたシミュレーション類型の整理 (Co-Sim.連携) と実証実験での狙い

Nihon Unisys, Ltd



次ステップでの期待

* SDM-G : Space Design Model Generator



SIP臨海部実証実験及び外部連携

■STEP1の成果

■STEP2の実施状況

■分析結果の考察と今後の方向性

各種要望に対しては、研究開発と事業化課題に分けて具体的にアクションに向けて検討して行く。
 継続する実証実験STEP2や今後のユーザ評価においても、積極的に要望の取り込みを行いたい。

ユーザーアンケートからの要望まとめ (今後の計画への反映を検討)

Nihon Unisys, Ltd

		検討項目
研究開発		<ul style="list-style-type: none"> ・実環境の再現 <ul style="list-style-type: none"> - 道路状況：濡れ路面、水溜まり、積雪、太陽光反射 - 気象状況：雨、霧、雪、月夜 - センサー：他車・対向車センサーの影響、センサー汚れ・着雪
		<ul style="list-style-type: none"> ・不調シーンの再現 <ul style="list-style-type: none"> - 歩行者蒸発、逆光信号機など
		<ul style="list-style-type: none"> ・車両の再現 <ul style="list-style-type: none"> - 車両振動、姿勢変化など
事業化に向けた課題	製品	<ul style="list-style-type: none"> ・SDMGeneratorの機能向上 <ul style="list-style-type: none"> - 操作性、経路やシナリオ生成のための更なる機能充実 - 実環境の再現のためのアセット充実
		<ul style="list-style-type: none"> ・シミュレーションPFの機能向上 <ul style="list-style-type: none"> - 計算速度の向上 - 他システム連携IF整備 - リファレンスモデル(パラメータ設定)
	スキーム	<ul style="list-style-type: none"> ・他ベンダ連携体制の構築 <ul style="list-style-type: none"> - センサモデルの充実 - シミュレーション連成パートナー
		<ul style="list-style-type: none"> ・DIVP®シミュレータ活用支援、業務適用支援の体制構築

実証実験STEP1とSTEP2(継続中)を経て、ユーザの状況と期待、DIVP®の評価をフィードバックとして得た。ユーザ/市場を見越して、DIVP®製品の方向性について考察。

実証実験からのフィードバックと今後の方向性についての考察

Nihon Unisys, Ltd

	実験概要	フィードバック	
		ユーザの状況と期待	DIVP®への評価(O)
実証実験 STEP1	<ul style="list-style-type: none"> 参加56社 (OEM、センサメーカ、その他(損保等)の各業種。) DIVP®の特徴をポータルサイト閲覧で理解頂き、期待感や 自社業務に照らした適用可能性等をアンケートによりヒアリング。 	<ul style="list-style-type: none"> AD開発におけるシミュレーションはそこそこ普及を見ている (特にOEM)。 シミュレーション環境構築において、アセットの充実と、OPEN-X対応へのニーズは高い。 不調シナリオの必要性は共感レベル。 ⇒安全性評価への意識は醸成されつつある 接続性へのニーズは高い。(シミュレーションやモデルを連携させたい) 	<ul style="list-style-type: none"> SDMG <ul style="list-style-type: none"> アセットの充実とOPEN-X(シナリオ、ドライブ両方)への対応 操作性 シミュレーションPF <ul style="list-style-type: none"> 物理シミュレーションによる信頼性、検証による一貫性 (不調シーン) 接続性(IF準備、Simulink対応)
実証実験 STEP2	<ul style="list-style-type: none"> 5社(8社エントリー)によるユースケース想定でのDIVP®(出力)利用評価。 DIVP®の性能、機能を確認し、自社モデル、自社環境への接続にトライ。 センサ評価の方法について具体的なヒアリングを実施した。 	<ul style="list-style-type: none"> 実車評価は早晩限界との意識。シミュレーションでどこまで可能か見極めたい。 自社アルゴリズム(OEM)、自社モデル(サプライヤ)を保有しており、シミュレーション環境でそれら进行评估、開発したいとのニーズは高い。 	<ul style="list-style-type: none"> (例カメラ)32色×32Bitでの圧倒的な現実表現 ⇒不調再現、センサ性能評価の決定打 環境×不調シーン(シナリオパッケージ)によるバリエアブルな評価環境 柔軟な接続性(特にSimulinkの期待感が高い)
今後の計画への反映			
		ユーザ/市場の期待(シミュレーション活用) <ul style="list-style-type: none"> AD開発における更なるQCD向上 安全性評価手法の確立、獲得 	DIVP®(シミュレーションPF & SDMG)製品 <ul style="list-style-type: none"> ※AD開発と安全性評価に関する絶対無二のシミュレータとしての位置付けを確保する 真値+物性シミュレーションの為の環境構築 不調シーン、不調シナリオの強化、整備 接続性の確保(OPEN-X、シミュレーションIF)



成果の発信

研究成果の対外的な発信や知財化についても事業化をにらみ取組みを加速していく

対外的な発信

年月日	発表媒体	発表タイトル	発表者
2021.6.29	ASAM Regional Meeting Japan 2021	OpenDRIVE Concept Project and Other OpenX Projects From a Tool Vendor Perspective	三菱プレジジョン 竹田 和司
2021.7.1	安全工学シンポジウム 2021	自動運転の安全性・機能評価(2) 仮想空間での自動運転安全性評価環境の構築—DIVP®(Driving Intelligence Validation Platform)プロジェクトの紹介—	井上秀雄
2021.7.26	群馬大学次世代オープンイノベーション協議会	高齢者の自立を支援し安全安心社会を実現する自律運転知能システム—自動運転・運転支援における安全技術の進化と評価について—	井上秀雄
2021.9	CASE研究会セミナー	自動運転を支える車載製品の技術開発	日立Astemo 村松彰二
2021.9.21	FAST-zero '21	VALUATION OF APPARENT RISK BY USING HARDWARE-IN-THE-LOOP SYSTEM	神奈川工科大学 小山 翔太郎 上原 健一 井上 秀雄
2021.9.30(JP) 2021.12.6(EN)	SIP第2期 自動運転(システムとサービスの拡張)中間成果報告書	「仮想空間における自動走行評価環境整備手法の開発」、p91-p97(JP)、p89-94(EN)	井上秀雄
2021.10.21	第11回 豊田工業大学スマートビークル研究センターシンポジウム	スマートビークル研究センター 活動状況報告	豊田工業大学 秋田 時彦
2021.11.10	SIP-adus Workshop 2021	Driving Intelligence Validation Platform for Automated Driving Safety Assurance 研究成果報告	井上秀雄
2021.12.8	第9回 自動運転機能安全カンファレンス 2021	仮想空間での自動走行評価環境整備手法の開発; DIVP®プロジェクト	井上秀雄
2022.2.1	学術の動向 2022年2月号, VOLUME 27, NUMBER 2,	自動運転車の安全性評価のためのシミュレーション技術—DIVP®プロジェクト, p87-91	井上秀雄
2022.2.10	CAEフォーラム2022 招待講演, 井上秀雄	仮想空間での自動走行評価環境整備手法の開発	井上秀雄

論文発表

年月日	媒体	論文タイトル	執筆者
2022.2.1	学術の動向 2022年2月号, VOLUME 27, NUMBER 2,	自動運転車の安全性評価のためのシミュレーション技術—DIVP®プロジェクト, p87-91	井上秀雄
2022.3.8	ICCVE2022 Coference, IEEE, Technical program: ADAS/AD System Development /Cybersecurity	Vehicle-in-the-Loop Testing – a Comparative Study for Efficient Validation of ADAS/AD Functions	Christian Schyr 井上秀雄 Yuji Nakaoka (AVL Deutschland GmbH/Kanagawa Institute of Technology/ AVL Japan K.K.)

知財の蓄積

出願日	受付番号	出願に係る特許等の標題	出願人
2021.03.23	特願2021-048977	車載カメラシミュレータの一致性検証方法とシステム (昨年度報告書作成時点、未出願だったため今年度記載)	ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社

END



東京お台場 → Virtual Community Groundへ



本報告書は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)が管理法人を務め、内閣府が実施した「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期 / 自動運転 (システムとサービスの拡張) 」(NEDO管理番号：JPNP18012)の成果をまとめたものです。