DIVP

Driving Intelligence Validation Platform

仮想空間での自動運転安全性評価環境の構築

神奈川工科大学　教授　井上 秀雄

Weather Forecast



AD safety Assurance*



For Validation & Verification Methodology

* AD : Automated Driving

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 DIVP

Public Road



Proving Ground

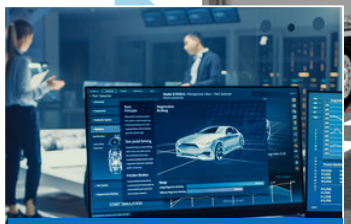


SILS／MILS
（Software in the Loop／Model in the Loop）



Connect

Connect



HILS
（Hardware in the Loop）



VILS
（Vehicle in the Loop）

Camera



Radar



LiDAR



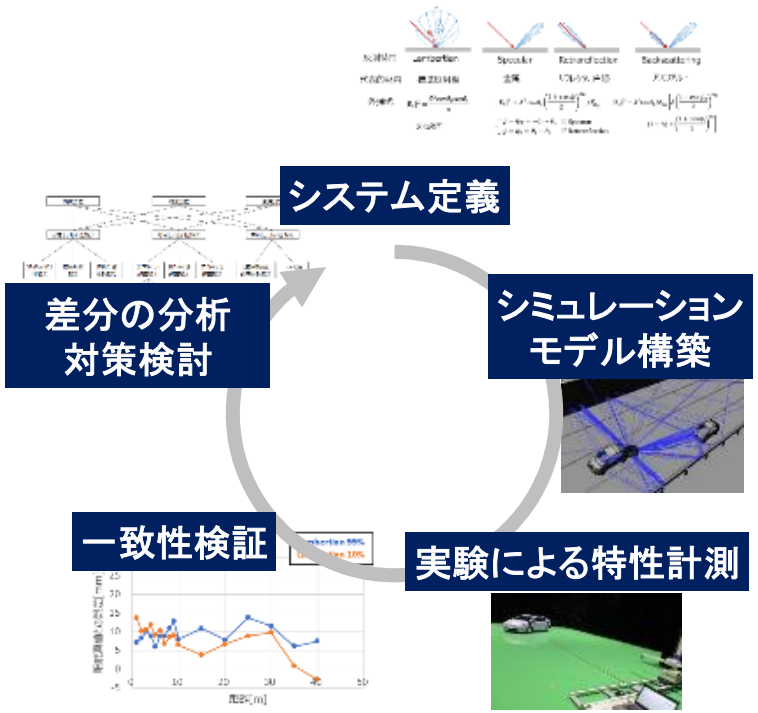
実現象と一致性の高い
センサモデル構築

Source : Kanagawa Institute of technology, MITSUBISHI PRECISION CO.,LTD., DENSO Corporation, Pioneer Smart Sensing Innovations Corporation, Hitachi Automotive Systems, Ltd.

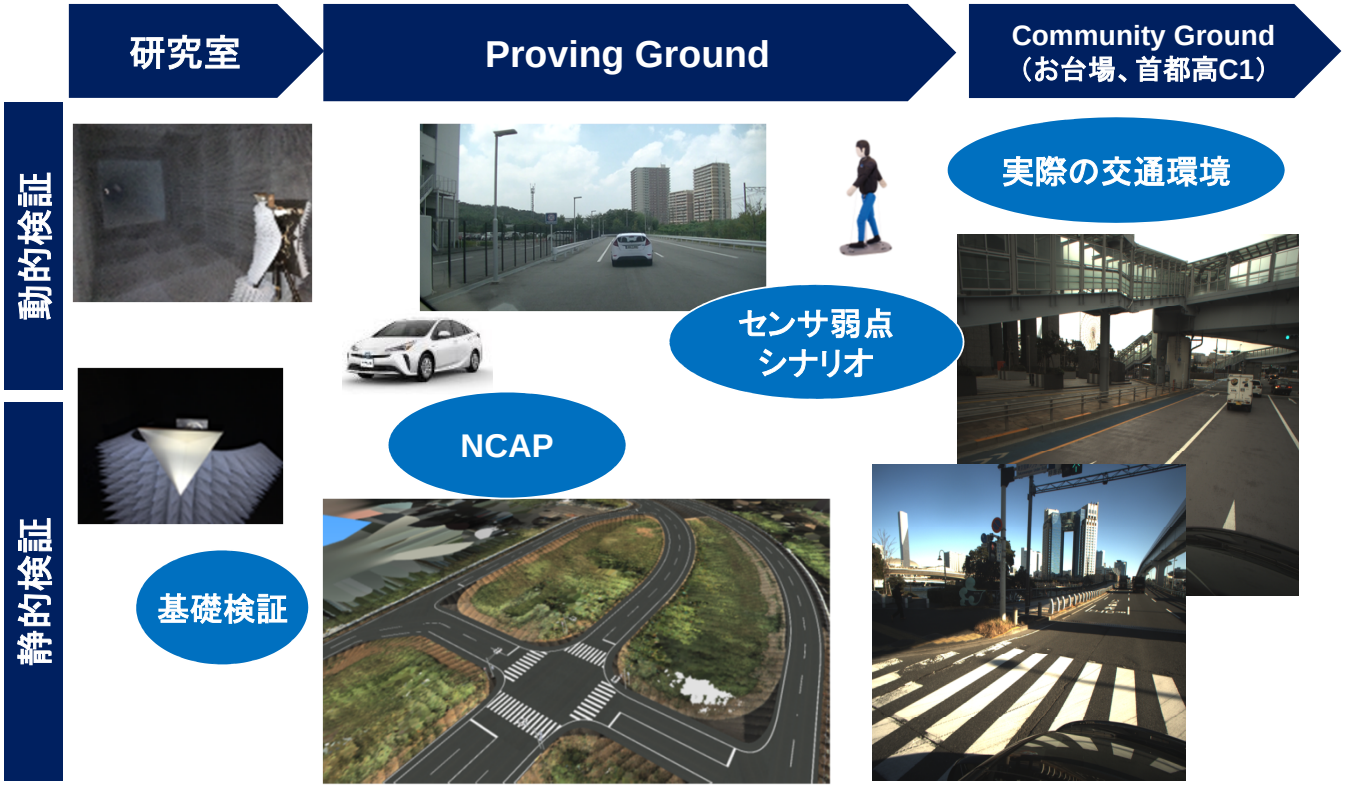
物理現象に基づく一致性の高い評価環境を構築、FY21迄にVirtual-PGにおけるアセスメントシナリオパッケージ、首都高速C1やお台場等Virtual-CGにおけるセンシング弱点シナリオパッケージを構築した

検証のフレームワーク

現実の物理現象ベースの取組み



拡張のロードマップ



Source : DENSO Corporation, SOKEN, INC, MITSUBISHI PRECISION CO.,LTD.

一致性の高いセンサモデル

DIVP®ではセンサ原理を詳細にモデル化、個々のモジュールIn/Outの検証により高い一致性を実現

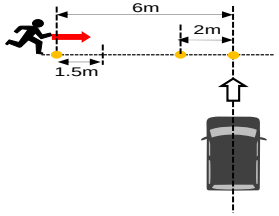
■ 一致性の高いセンサモデル

センサモデル化(Radarの例)

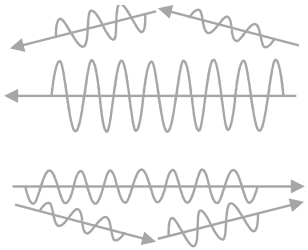
凡例 ▲: I/F

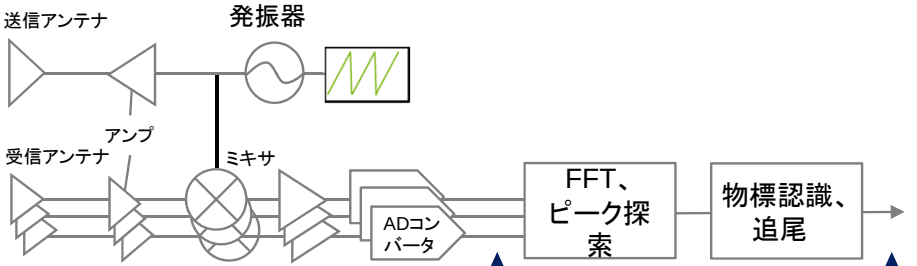
	シナリオ	環境モデル		センサモデル	
		環境	空間描画	知覚	認識
センサシグナルフロー	ジオメトリック情報	物性データ	空間レイトレース	送信アンテナ / 発振器 / 受信アンテナ / アンプ / ミキサ / ADコンバータ / FFT、ピーク探索	物標認識、追尾

NCAP:CPFA-50



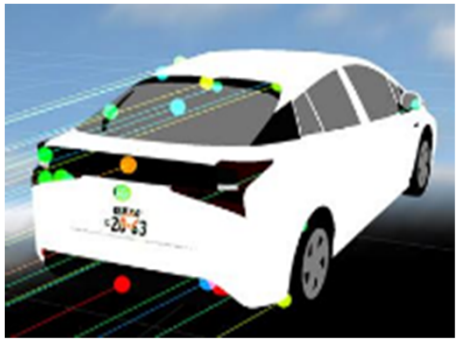




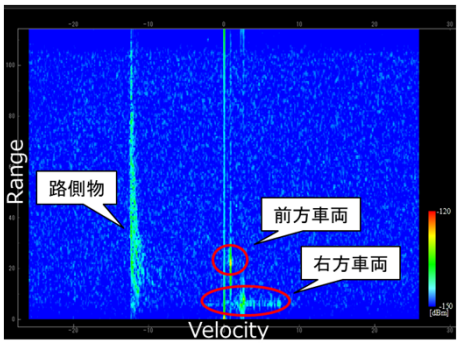


I/F出力

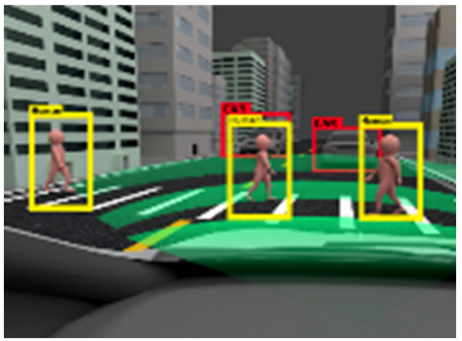
① 空間描画出力



② 知覚出力(RV-map)



③ 認識出力



Source : SOKEN, INC

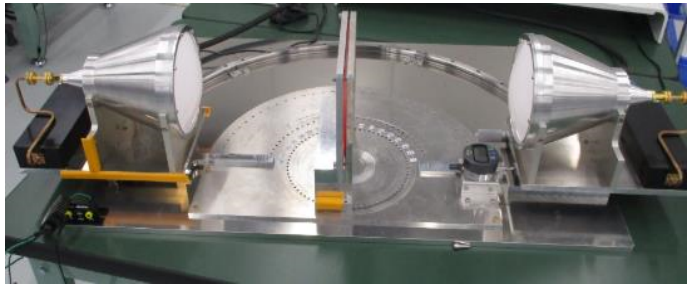
知覚・認識出力を使った一致性検証を通じ、センサ評価のための環境・空間モデルを再現

■ 一致性の高いセンサモデル

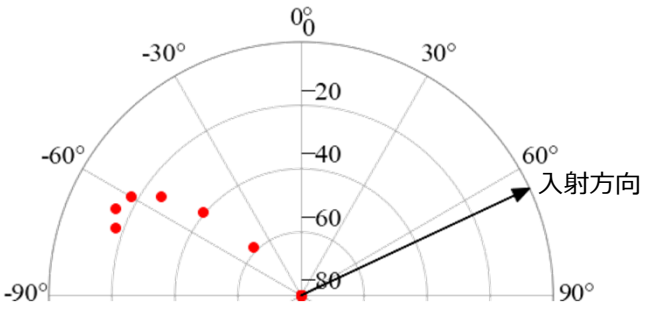
Radar出力Sample

特性計測

■ 計測器具

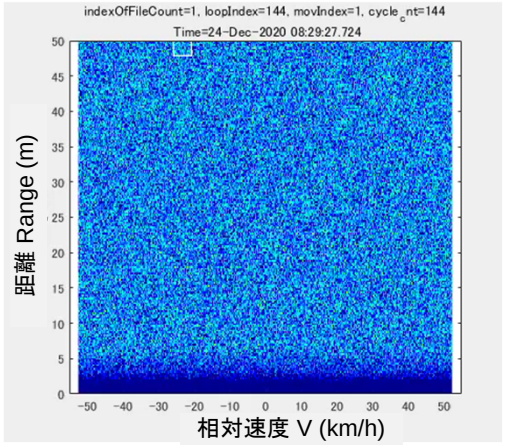


■ 反射特性



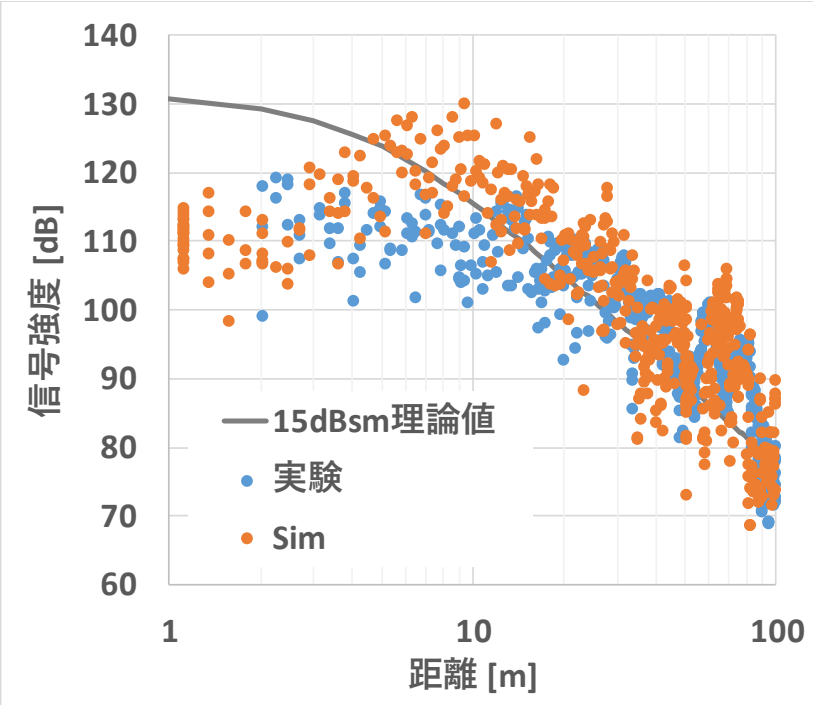
実車計測・シミュレーション





Real/Virtual一致性検証

■ 最大反射点の信号強度比較例



Source : SOKEN, INC, DENSO, INC, Kanagawa Institute of technology

屋内/屋外晴天時での一致性は20%程度の差、シミュレーションを用いた性能評価の有効性を確認

■ 一致性の高いセンサモデル

Cameraシミュレーション結果*

実機撮影結果	シミュレーション結果 （天空データ：晴れ）



明るさはほぼ近い印象

* 24bit中の8bitを表示

Source : Sony Semiconductor Solutions Corporation, SOKEN, INC

シナリオパッケージでの仮想空間シミュレーション

- アセスメントシナリオパッケージ
- センシング弱点シナリオパッケージ
- ユーザーニーズ対応・接続性の拡充

Virtual-PGでのEuro-NCAPシミュレーションを実現．既存プロトコルの80%をFY21に達成．拡張予定．

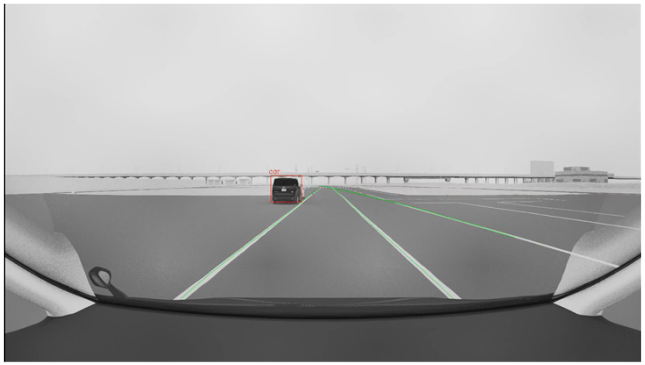
■ アセスメントシナリオパッケージ

Euro-NCAPシミュレーション例；歩行者車影飛び出しシナリオ

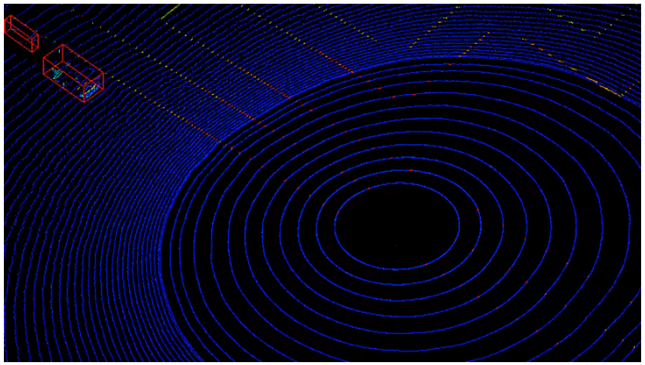
歩行者車影飛び出しシナリオシミュレーション



Cameraシミュレーション



LiDARシミュレーション

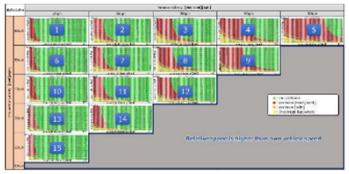


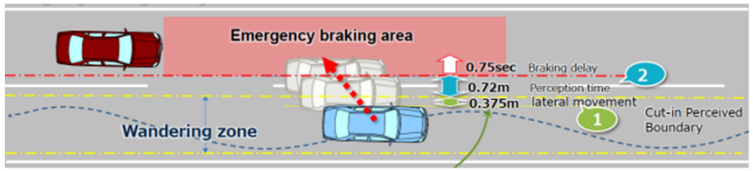
Source : Kanagawa Institute of technology

ALKS カットインシナリオを再現、カメラ、Radar、LiDARを使ったアセスメント評価が可能に

■ アセスメントシナリオパッケージ

ALKS カットインシナリオ シミュレーション





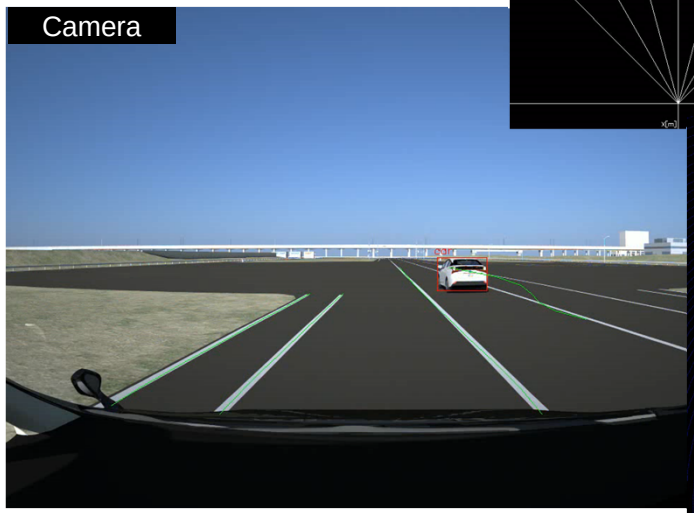
具体シナリオ（JARI/JAMA）

Scenario

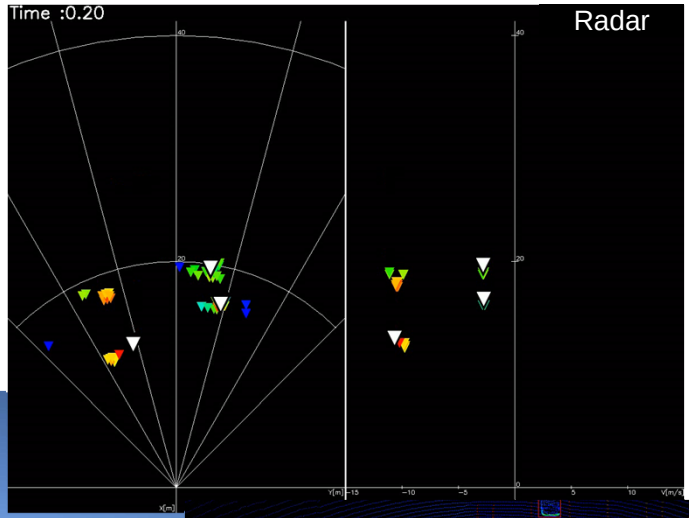


シナリオシミュレーション（Geometry）

Camera



センサシミュレーション（Physical Property）



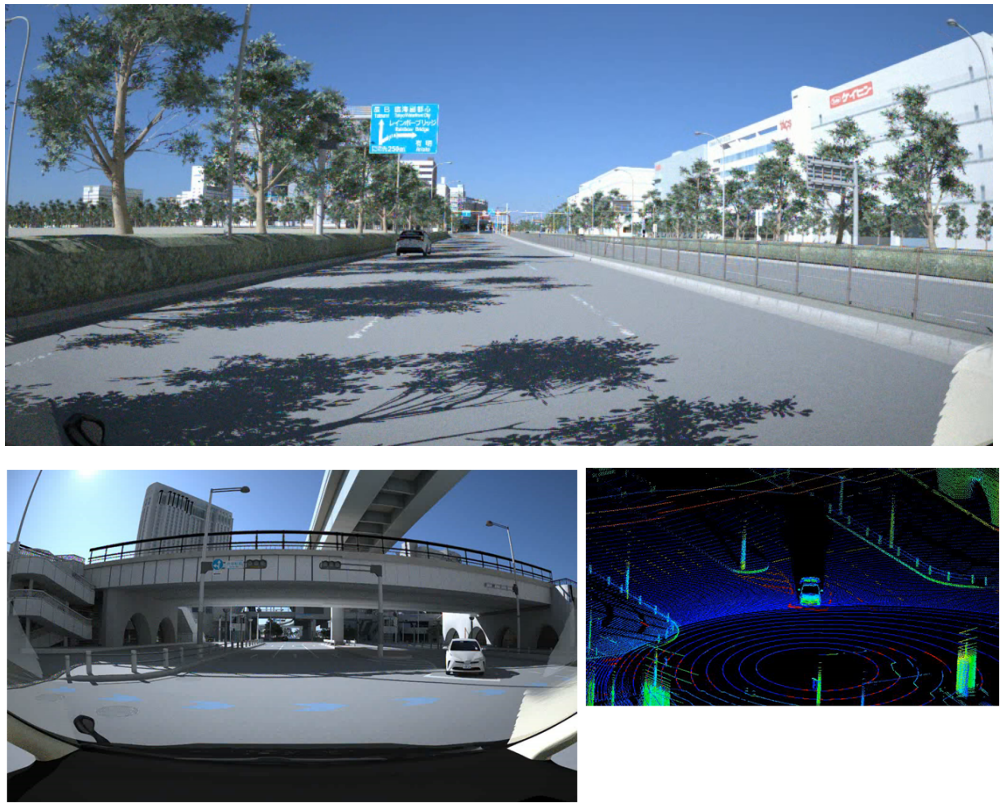


臨海部実証実験では，DIVP®シミュレーション体験を計画、
お台場・C1高速道でのセンシング弱点シナリオパッケージにて，自動運転のバーチャル検証を実施

■ アセスメントシナリオパッケージ

提供するシミュレーション環境

センシング弱点シナリオパッケージ_お台場・C1



様々なセンサ弱点シーン



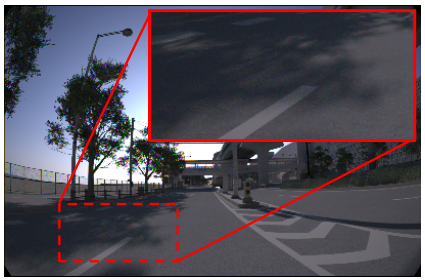
Source : NEDO-HP <https://www.nedo.go.jp/english/news/ZZCD_100017.html>

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

■ アセスメントシナリオパッケージ

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）*

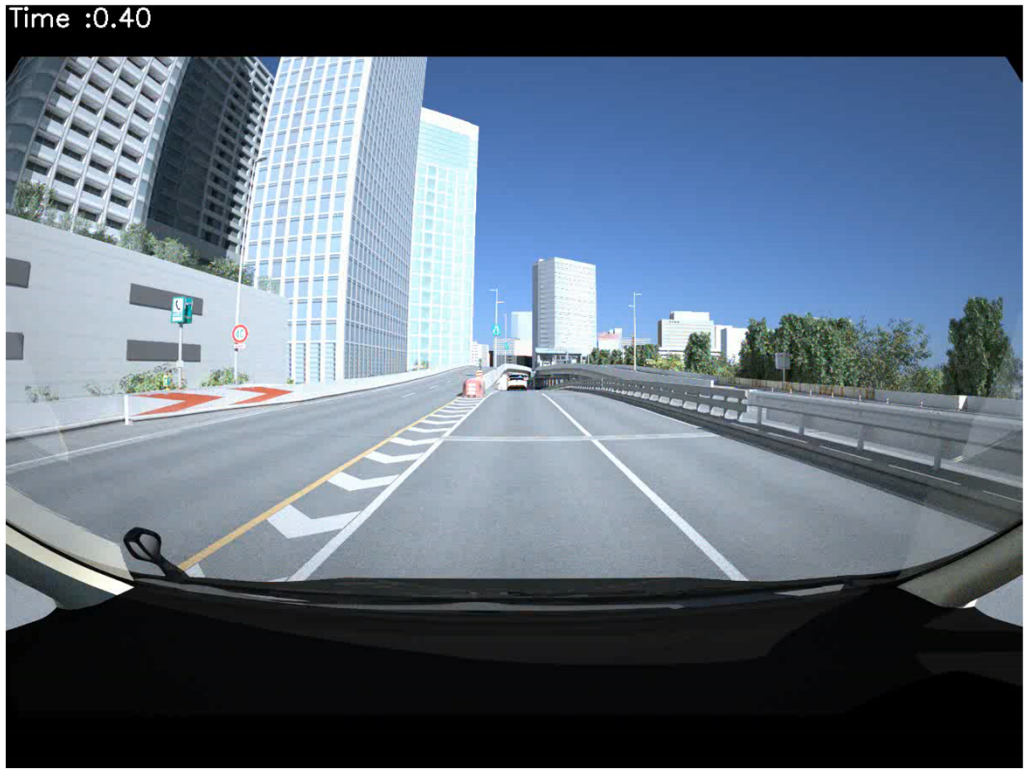
Layer	街路樹影による白線誤認識	信号機の配光再現	低床キャリア　認識できない
サンプル			■ 後方から認識したときに、車間距離を誤って認識 
L1:道路形状	お台場青海駅付近（西向き） 	お台場　青海一丁目交差点 	お台場　東京国際交流館北側 
L2:物標/交通ルール	白線、街路樹	信号機（赤、青、黄、矢印、歩行者）	直線路
L3:一時的な変化	-	-	-
L4:移動物体	-	-	自車前方を先行している低床キャリア
L5:環境条件	昼	昼/夜	-

首都高C1のトンネルを再現、Radarマルチパスの評価が可能に

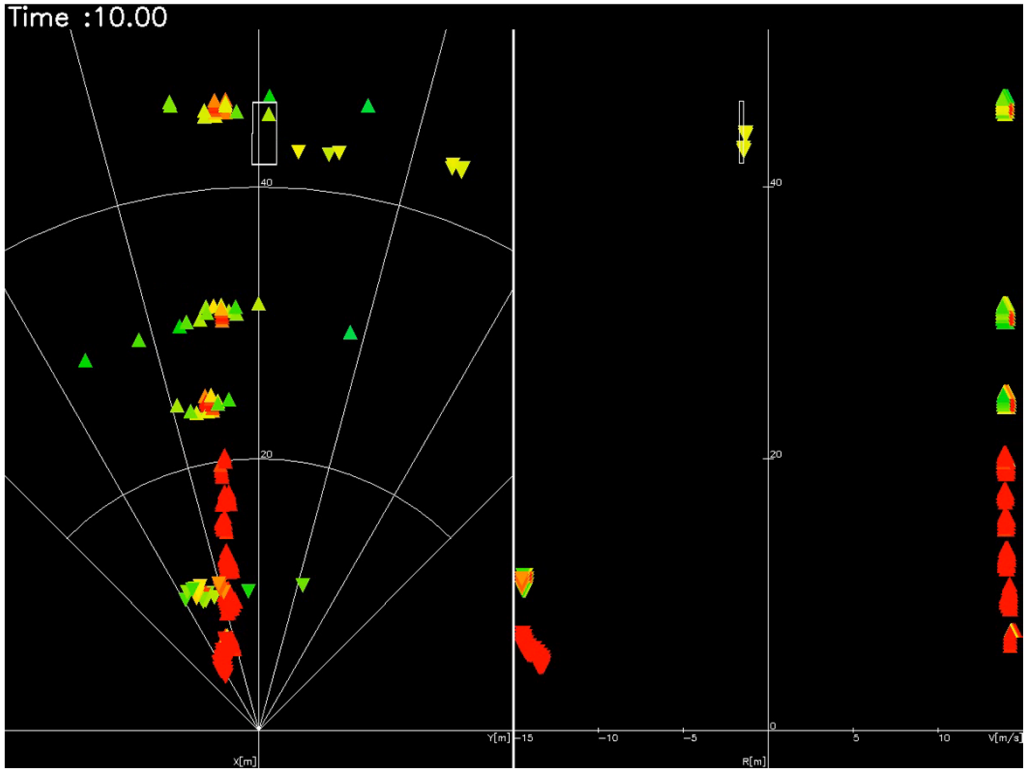
■ センシング弱点シナリオパッケージ

首都高C1トンネル シミュレーション

Camera model view



Radar model view



太陽光による日陰の影響を再現、白線が擦れている場合は特にカメラ認識が困難なことがわかる

■ センシング弱点シナリオパッケージ

お台場、太陽光による影の影響(かすれた白線)



この他、多様なシミュレーション評価に対応するための広範なアセットモデル拡充を推進

■ センシング弱点シナリオパッケージ

準備を進めているアセットの一例

自動車

大型/中型自動車	大型/小型特殊自動車	特殊車両
		
hankyubus.co.jp	trafficnews.jp	amazon.com
バス	タンクローリー	ロードローラー
トラック	6tトラック	ブルドーザー
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
カーキャリア	低床トレーラ	フォークリフト
マイクロバス	軽トラから飛びでている丸太	ショベルローダー
		ダンプカー

特殊車両		
		
gazoo.com	morita119.jp	
除雪車	消防車	
軍用車両	パトロールカー	
路面電車	ゴミ収集車	
セグウェイ	…	
救急車		

バイク

大型/普通自動二輪車

kurashi-no.jp
大型オートバイ
サイドカー
ビッグスクーター

原動機付自転車

第一/二種原動機付自転車

yamaha-motor.co.jp
スクーター
バイク
特定二輪車(三輪車)

自転車

自転車

yamaha-motor.co.j
子供用自転車
大人用自転車
子供載せ自転車
ロードバイク

歩行者

歩行者

大人＊12
子供＊5
車いす
ベビーカー
ペット連れ

…		
	傘	…
	鞄	…
	黒ランドセル	…

工事設備

看板	道路保安用品	照明	交通誘導
			
nogyo-shizai.com	search.rakuten.co.jp	item.rakuten.co.jp	sigotojob.biz
工事看板	セイフティコーン	保安灯	誘導員
トラ柵	クッションドラム	回転灯	誘導ロボット
	バリケード	作業灯	誘導ディスプレイ
	ロードポール		
	キャッツアイ		
	カーブミラー		

道路障害物

駐車車両	落下物	その他
		
	askul.co.jp	restlessmood.com
小型車	段ボール	横臥者
大型車	板	動物死骸
トラック	脚立	マンホール
事故車/故障車	電柱	発煙灯
	倒木	
	タイヤ	

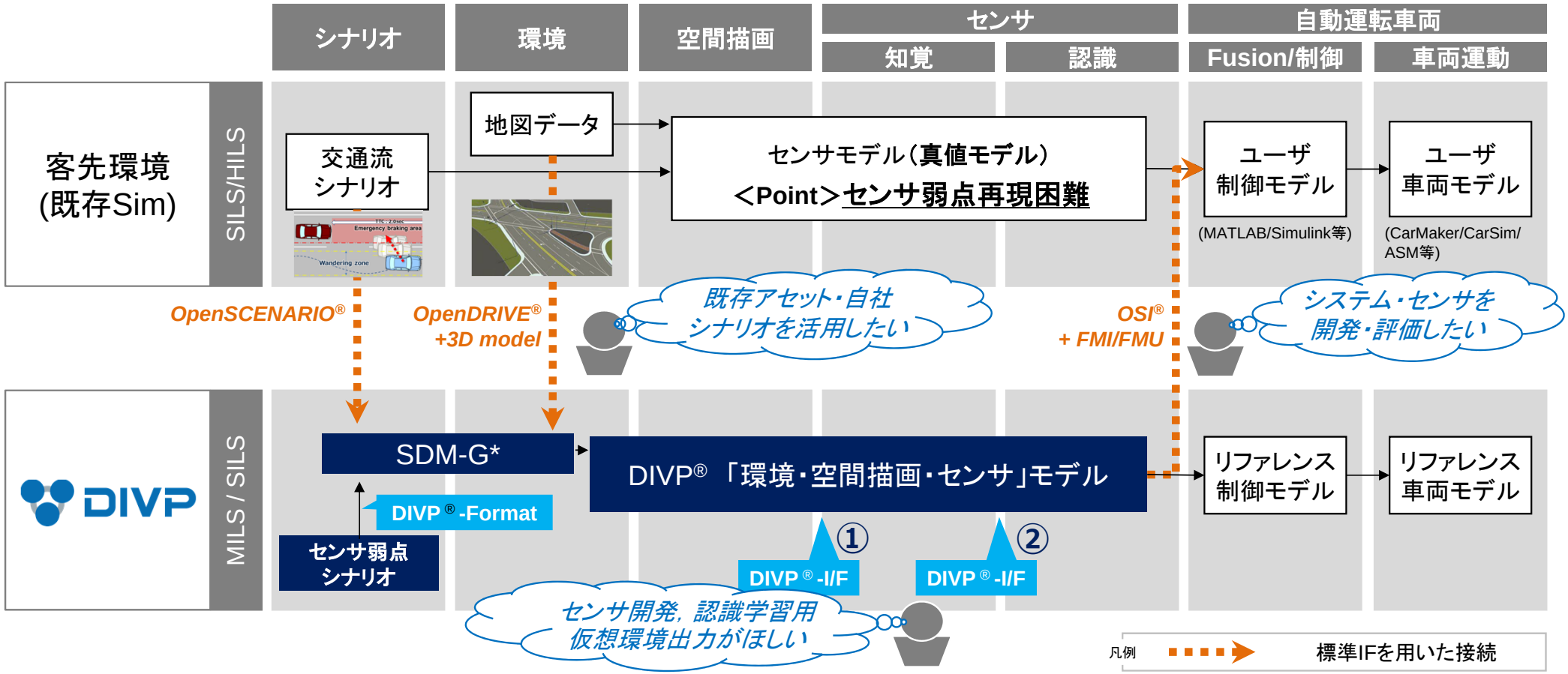
その他

大型動物	小型動物	飛来物	…
			
	earthgale.ram.ne.jp	seikatsu110.jp	
猪	猫	鳥	…
鹿	狸	サッカーボール	…
大型犬	小型犬	ドローン	…
		ビニール袋	

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により広範な顧客ニーズに対応する

■ ユーザーニーズ対応・接続性の拡充

目的に応じたシミュレーション類型の整理（Co-Sim.連携）



* SDM-G : Space Design Model Generator

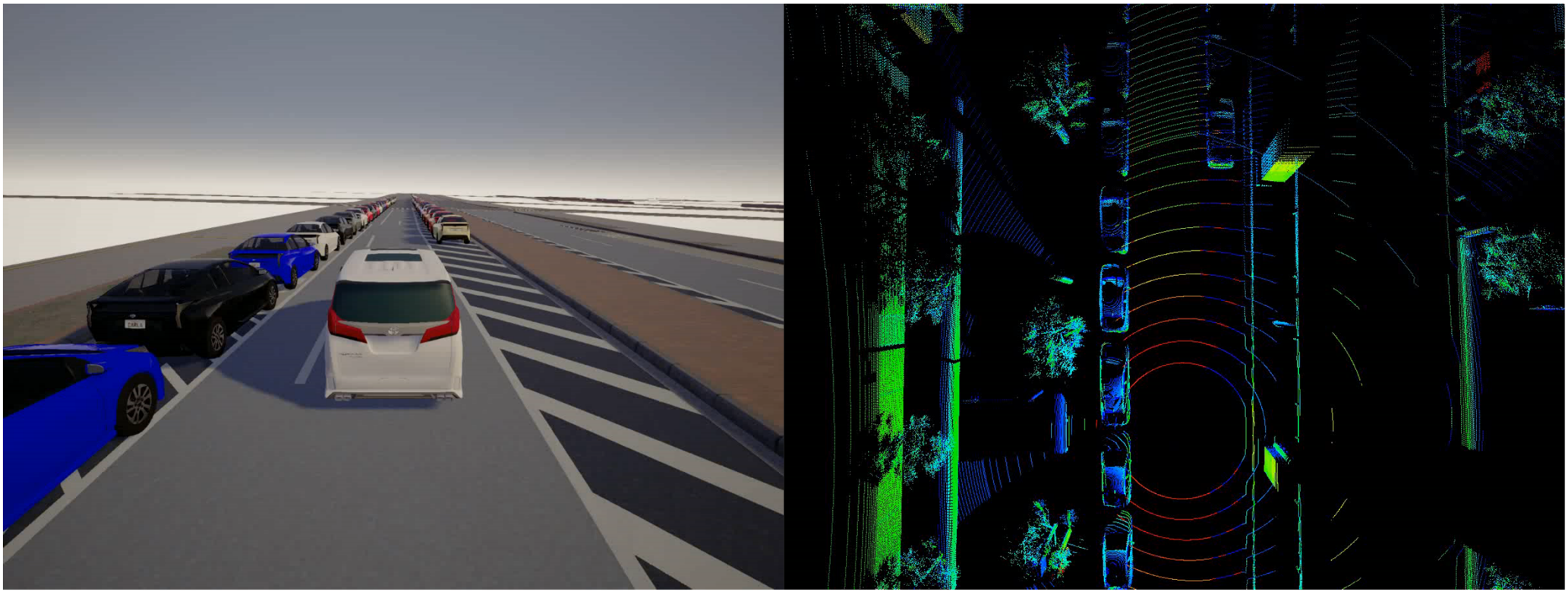
【自己位置推定評価：AD-URBAN（金沢大学proj.）での事例】

*LiDAR*知覚出力利用

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

■ ユーザーニーズ対応・接続性の拡充

駐車車両多数時の路面隠れの影響評価シナリオ



自己位置推定アルゴリズムのロバスト性評価が可能に

※LiDAR Simでは周辺構造物も含んでいる

【自己位置推定評価：AD-URBAN（金沢大学proj.）での事例】

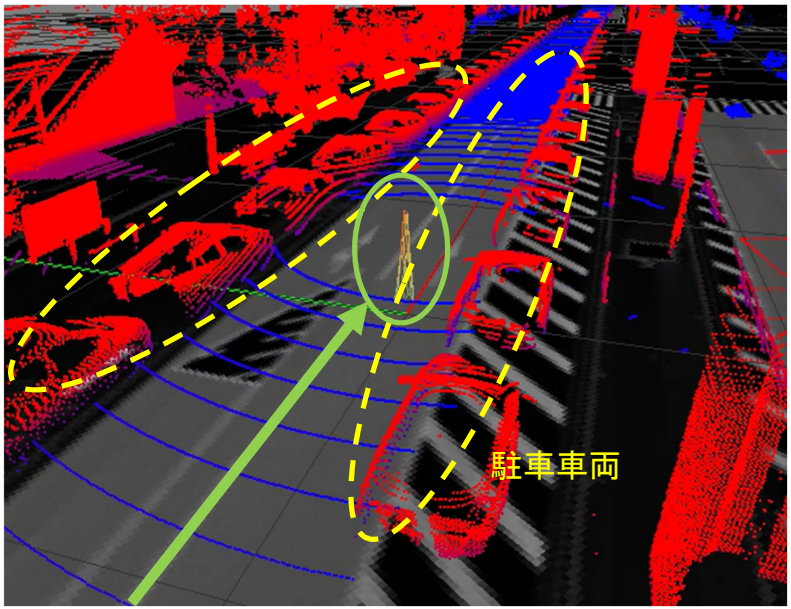
*LiDAR*知覚出力利用

現実では再現が困難な多数の駐車車両による路面の隠れについて、大きな影響無きことを確認した

■ ユーザーニーズ対応・接続性の拡充

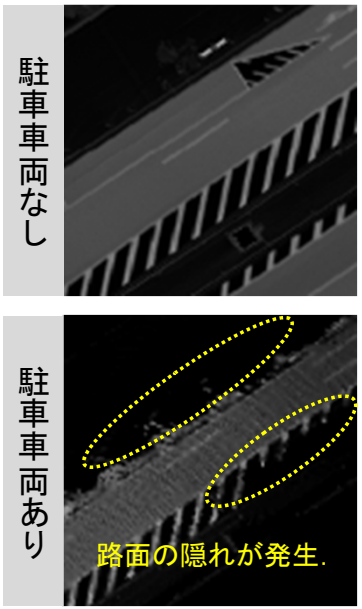
自己位置推定アルゴリズム ロバスト性検証

LiDAR出力

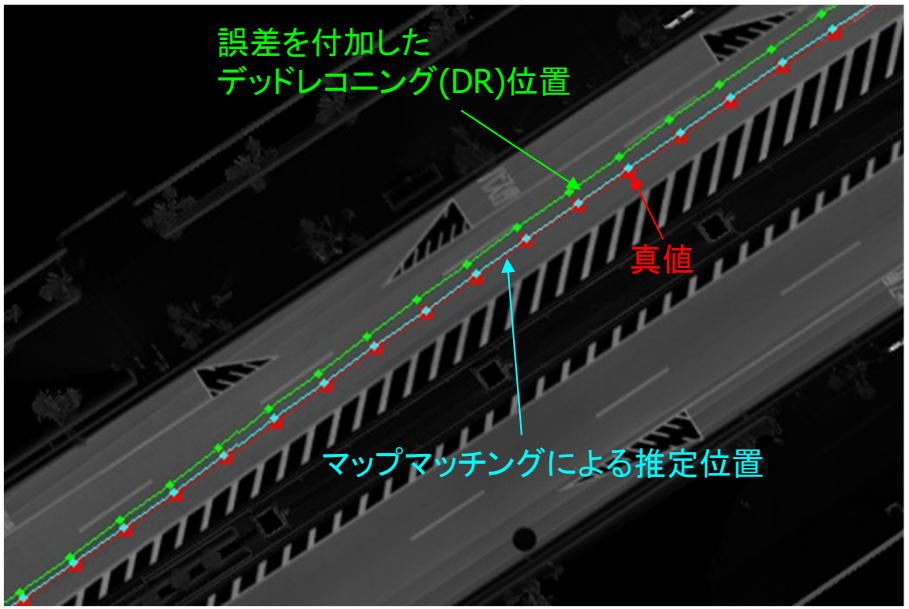


推定位置（事後確率密度分布）

駐車車両の影響



自己位置推定精度への影響



AD-URBANシステムの自己位置推定アルゴリズムが高いロバスト性を有することが検証できた
→今後、雨などの様々な環境要因やDR誤差等を付加し安全性の検証を実施

Source：金沢大学提供資料

SIPならではの情報流通に支えられた信号モデル化に基づき、高精度なお台場Virtual-CGを構築

SIPならではの情報収集に基づくお台場Virtual-CG

信号機モデル化に向けた情報収集体制

②該当団体の調査

臨海部実証実験TF

①モデル化
情報の依頼

③DIVP®紹介

⑤情報
提供

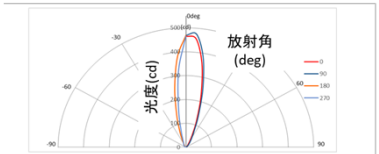
警察庁

信号機メーカ

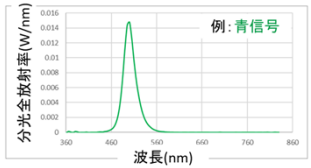
DIVP

⑥信号機モデル化

④スペック開示、実験計測

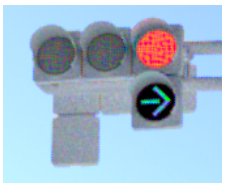


配光特性：放射角ごとの光度→光の広がりを定義



分光特性：波長ごとの放射エネルギー→光の色を定義

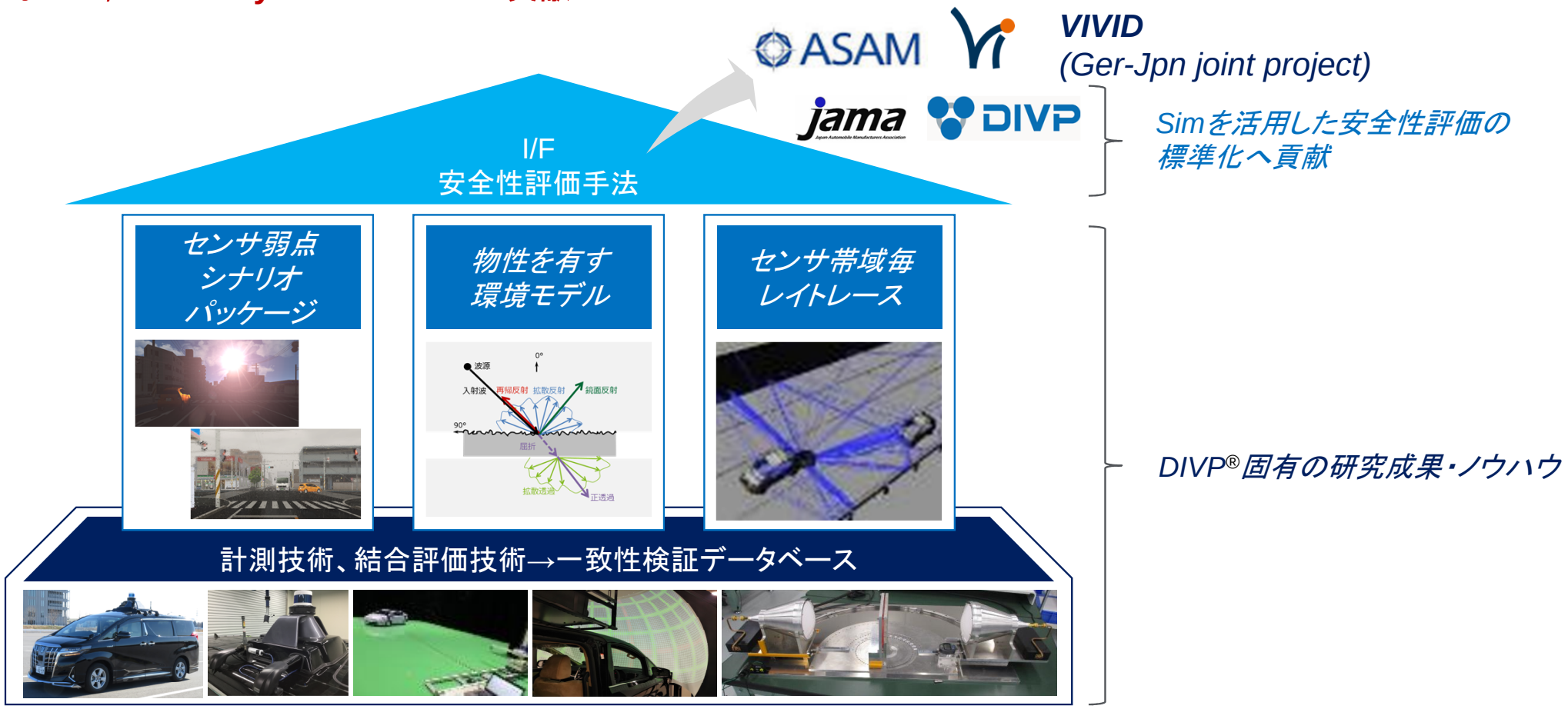






研究成果に基づき国内外ステークホルダと連携し、Simを活用したAD Safety assuranceに貢献する

まとめ；AD-Safety assuranceへの貢献



Source : SOKEN, INC, Mitsubishi Precision, co, ltd, Kanagawa Institute of technology



END

東京お台場　→　Virtual Community Groundへ

