

令和2年度 成果報告

Weather Forecast



AD safety Assurance*



For Validation & Verification Methodology

Index

- 背景と目的

- 令和2年度研究成果

- Virtual-PG/CG*の構築

- ユーザー評価

- 国際連携、成果の発信

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)

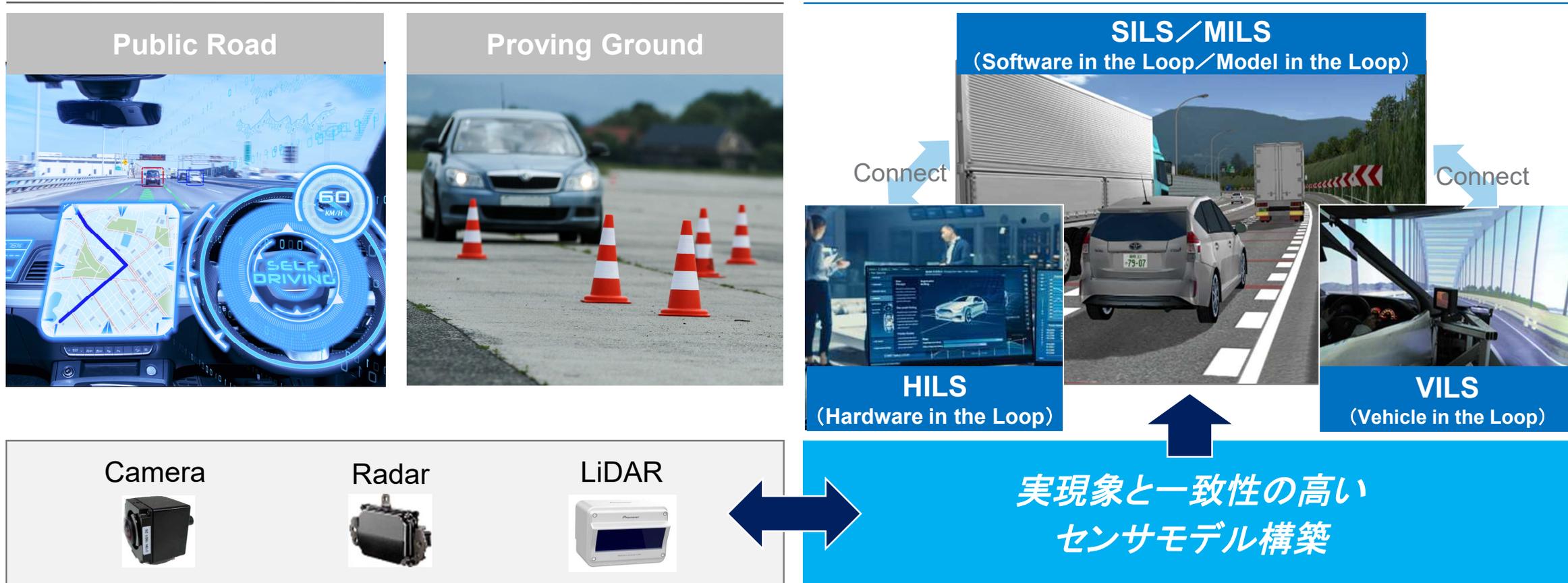
背景と目的

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 

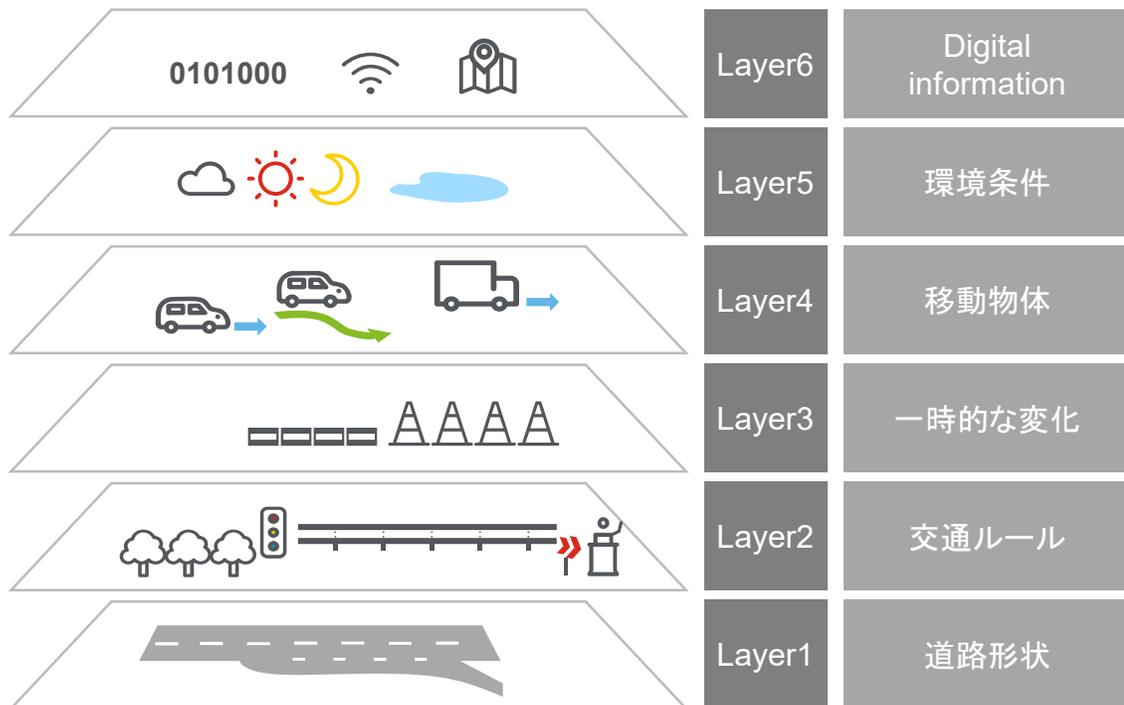


多様な走行条件における安全性検証を複数の実験評価手法の組合せにより評価するAD安全性評価手法の確立が、社会受容性の醸成を進める要諦に

AD安全性評価体系

評価条件(評価シナリオ)

■ 各種条件の組合せによる評価条件の生成



安全性評価方法

■ 各種実験手法を組合わせた試験マネジメント



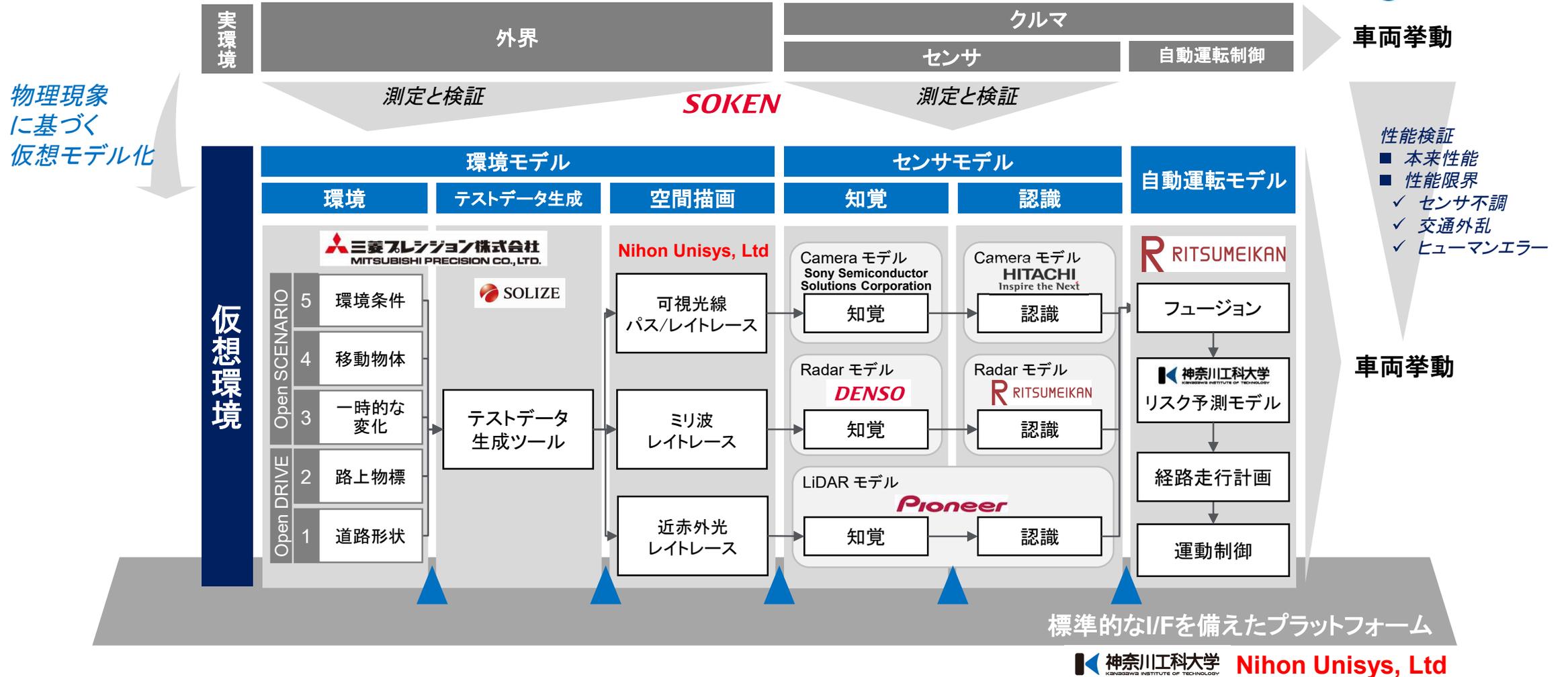
Safety report

シミュレーションによる試験の代替可能性が肝要

評価試験の実用性を考慮すると、シミュレーション評価の精度向上とシーン拡大が求められる

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、 センサメーカーを含む産学エキスパート10団体により研究開発を進める

DIVP® 設計



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

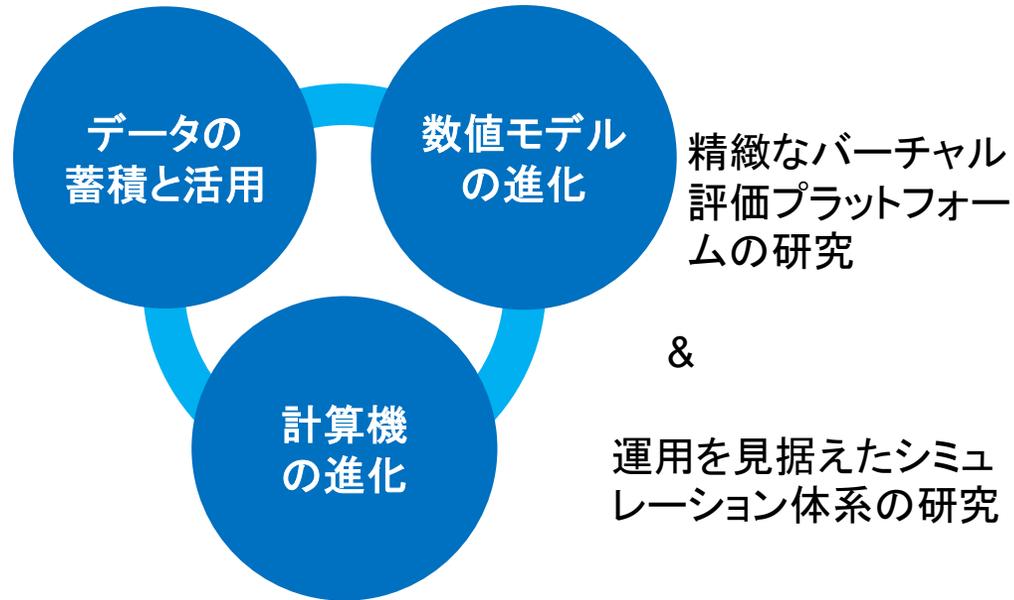
DIVP®の目指す姿



取り組みの範囲

目的

三位一体の取り組み



■ 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

令和2年度研究成果

FY20ではVirtual-PG(Proving ground)でのNCAPシーン・不調シーンを再現、さらに首都高速C1やお台場の計測結果に基づくVirtual-CG(Community Ground)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



Euro-NCAPプロトコルをVirtual-PGに再現、さらにNCAP2025の情報に基づき必要アセットを整理した

Euro-NCAPプロトコル

2020対象
NCAP2025予測
対象外

AEB*1

LSS*3

		Pedestrian	Cyclist	PTW	Car	白線	Car/PTW
評価目的		前方の歩行者横断、直進を検知して安全に停止 (夜間条件あり)	前方の自転車横断、直進を検知して安全に停止	-	前方の車両を検知して安全に停止 (追従、右左折時の直進車両)	各種白線での車線維持支援、車線逸脱時アラートの動作	対向車両、追越車両とのすれ違い時の車線維持支援の動作
NCAP2025拡張見込み		<ul style="list-style-type: none"> 右左折時の歩行者横断 後退時の後方の歩行者 AEB・AES*2協調制御 	AEB・AES協調制御	<ul style="list-style-type: none"> 右左折時のPTW直進 見通しの悪い道路での飛出しなど 	<ul style="list-style-type: none"> 正面衝突シーン 見通しの悪い道路での飛出しなど 	-	PTWの対向、追越シーン
概要							
必要なアセットの整理	5 環境条件	昼間 夜間	昼間 夜間	昼間 夜間	昼間 夜間	昼間 夜間	昼間 夜間
	4 移動物体	大人 子供 自転車 自動車 バイク モペット	大人 子供 自転車 自動車 バイク モペット	大人 子供 自転車 自動車 バイク モペット	大人 子供 自転車 自動車 バイク モペット	大人 子供 自転車 自動車 バイク モペット	大人 子供 自転車 自動車 バイク モペット
	3 一時的な変化	停車車両	停車車両	停車車両	停車車両	停車車両	停車車両
	2 物標	区分線 横断歩道 信号機 路側壁	区分線 横断歩道 信号機 路側壁	区分線 横断歩道 信号機 路側壁	区分線 横断歩道 信号機 路側壁	区分線 横断歩道 信号機 路側壁	区分線 横断歩道 信号機 路側壁
	1 道路形状	直線 交差点 一字路	直線 交差点 一字路	直線 交差点 一字路	直線 交差点 一字路	直線 交差点 一字路	直線 交差点 一字路

*1 AEB : Automatic Emergency Braking, *2 AES : Automatic Emergency Steering, *3 LSS : Lane Support System / PTW : Powered Two Wheeler

Source : EuroNCAP2025(<https://cdn.euroncap.com/media/30700/euroncap-roadmap-2025-v4.pdf>)

Virtual-PGでのEuro-NCAPを再現、NCAP2025に向けて継続的な拡張を実施

Euro-NCAPシミュレーション；歩行者車影飛び出しシナリオ

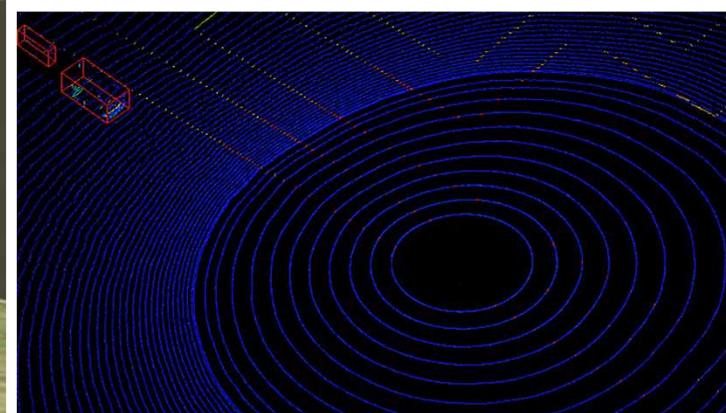
SOKEN

歩行者車影飛び出しシナリオ

Cameraシミュレーション



LiDARシミュレーション

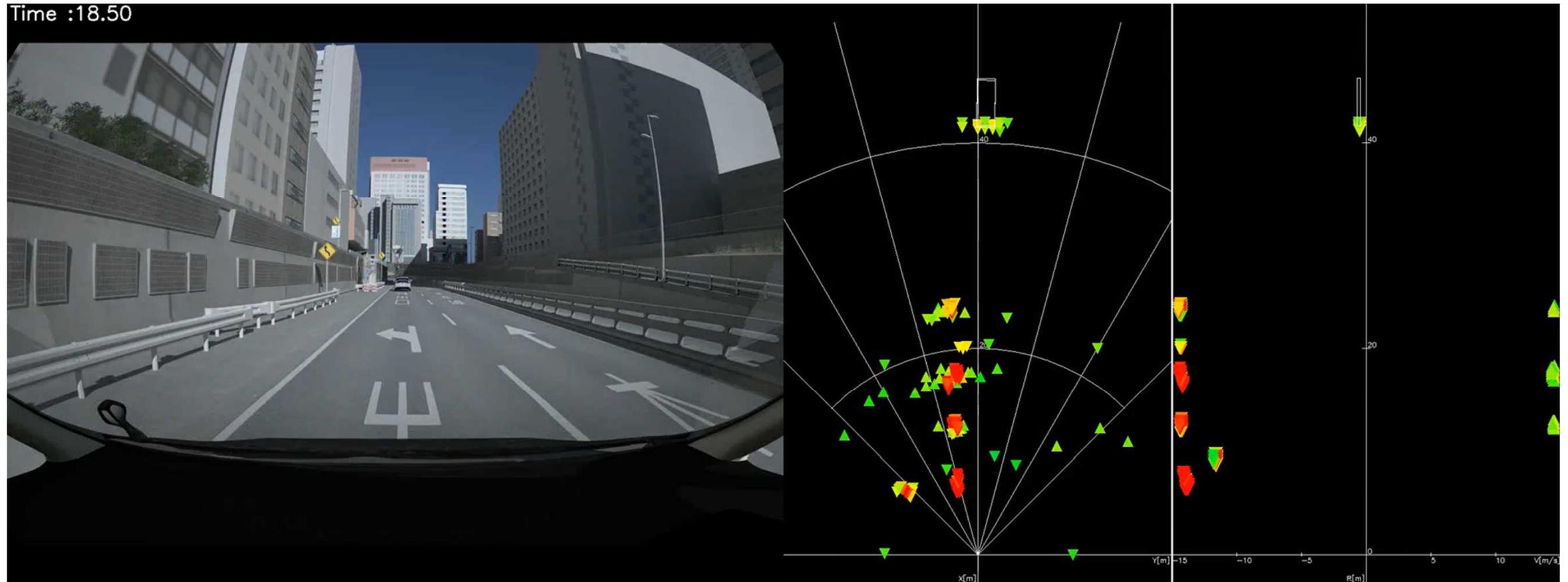


首都高C1やお台場をVirtual-CGに再現、実際の交通環境を用いたセンサ不調評価を可能に、 首都高C1のトンネル区間におけるカメラ、Radar出力を精緻に再現した

シミュレーション結果 例) C1内回り 浜崎橋JCT→江戸橋JCT <カメラ vs Radar>

カメラ出力

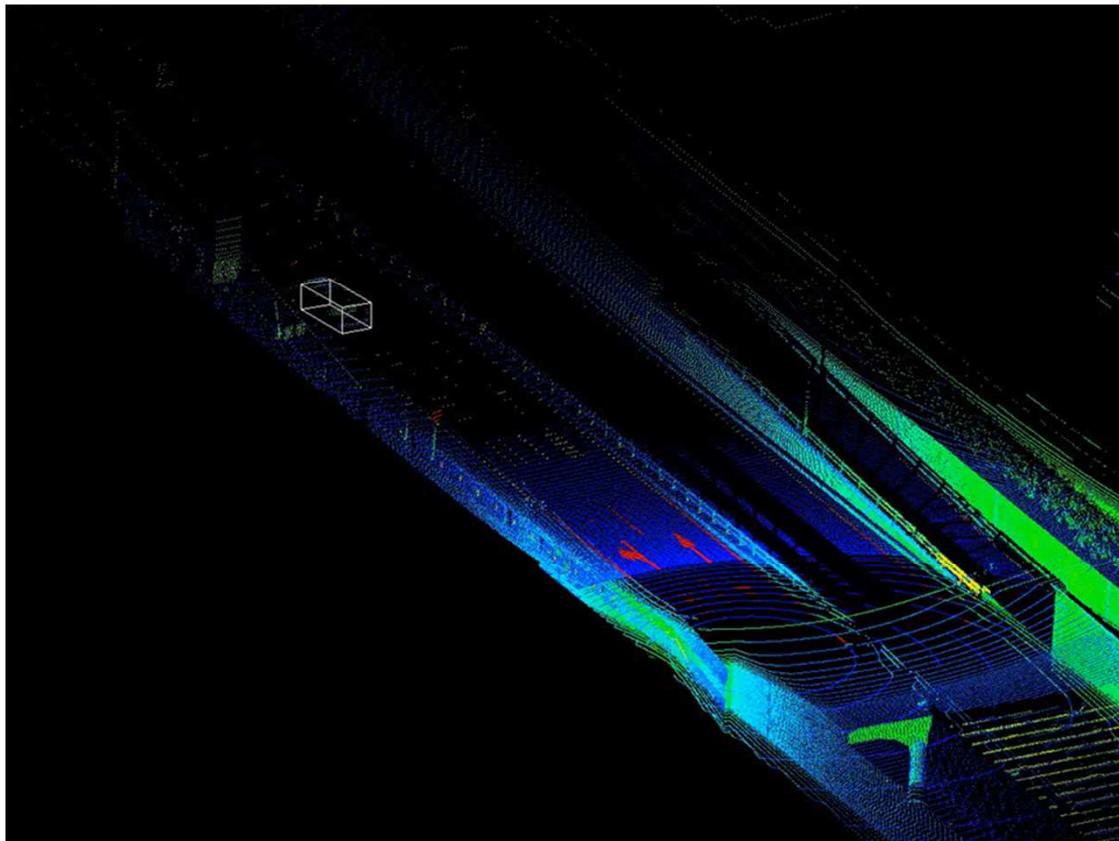
ミリ波出力



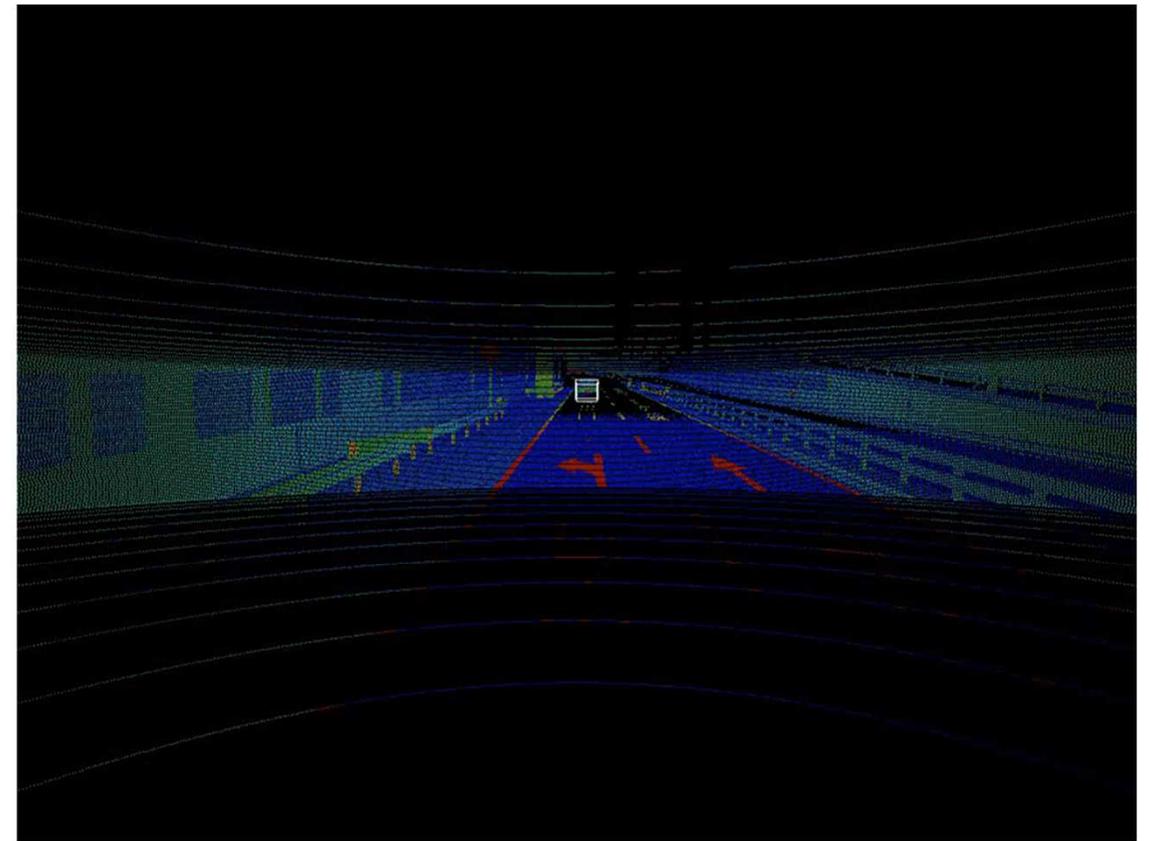
首都高C1やお台場をVirtual-CGに再現、実際の交通環境を用いたセンサ不調評価を可能に、 首都高C1のトンネル区間におけるLiDAR出力を精緻に再現した

シミュレーション結果 例) C1内回り 浜崎橋JCT→江戸橋JCT <LiDAR>

LiDAR出力



LiDAR出力



首都高C1やお台場をVirtual-CGに再現、実際の交通環境を用いたセンサ不調評価を可能に、お台場地区の木陰による白線の隠れ等の事象を再現した

シミュレーション結果 例)お台場 青海縦貫道をテレコムセンター方向へ北上

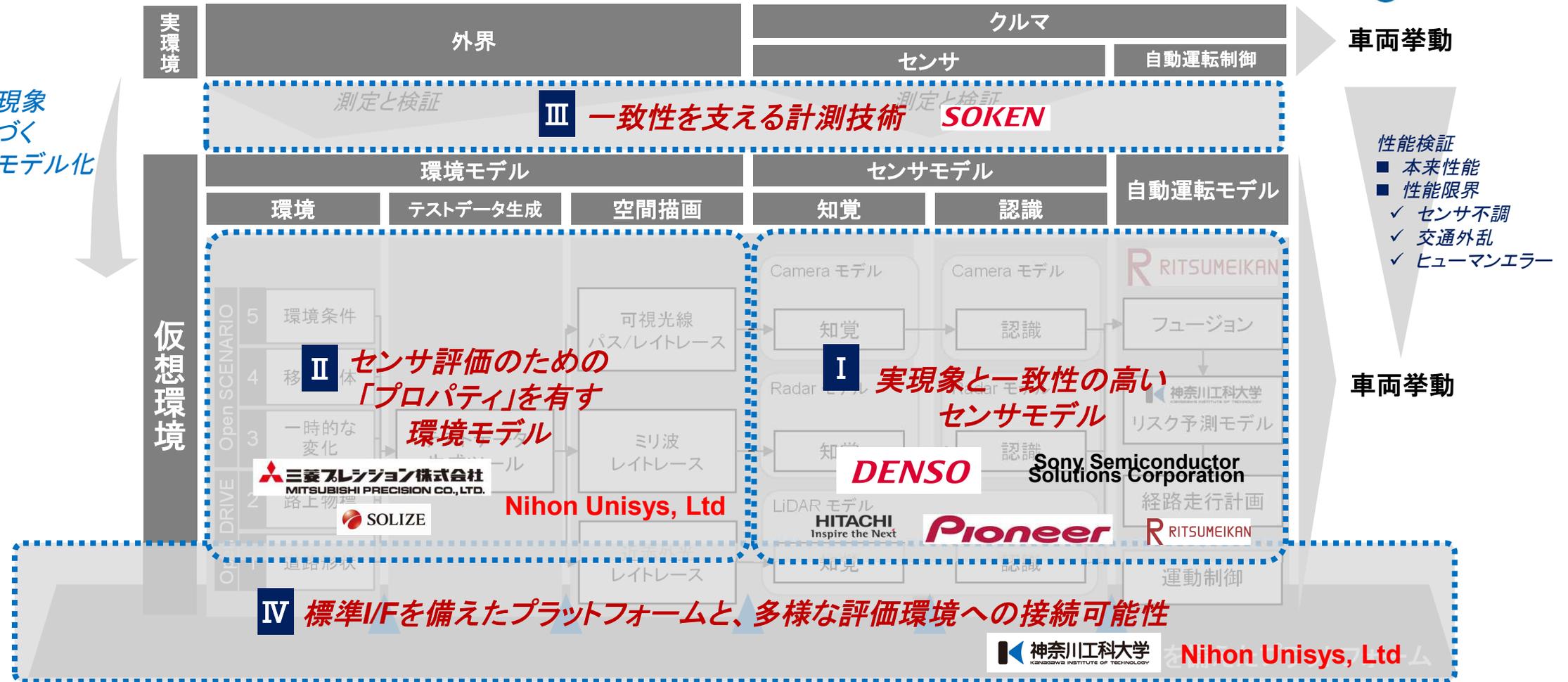


研究を通じ **I** 一致性の高いセンサモデルと、**II** センサ入力のための環境モデル、精緻なモデルづくりを支える **III** 計測技術と **IV** 汎用なI/Fを備えたプラットフォームから成る評価環境を構築した

FY20研究成果



物理現象
に基づく
仮想モデル化



”実現象と一致性の高い環境 & センサのペアモデル“を構築している他のシミュレータは存在しない

ベンチマーク結果 (Camera)

現象区分	現象	DIVP®	IPG CarMaker 9.0	Siemens PreScan 2020.1	VIRES VTD 2.2.0	ANSYS VRX R2.2020
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)	○	△	×	×	×

凡例

- ◎: 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

競合に対するDIVP®の優位点

- ① 実験計測に基づく検証
- ② CarMaker: 反射、透過に対応
PreScan: 反射のみに対応
VTD: 動的対象物 (車両等) は非対応
VRX: 天空光の放射輝度に一部対応
- ③ 車両挙動の影響を再現

”実現象と一致性の高い環境&センサのペアモデル“を構築している他のシミュレータは存在しない

ベンチマーク結果 (Radar)

現象区分	現象	DIVP®	IPG CarMaker 9.0	Siemens PreScan 2020.1	VIRES VTD 2.2.0	ANSYS VRX R.2020
光源	他車両光源(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	自光源(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	×	×	×	×	×

凡例

- ◎: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

競合に対するDIVP®の優位点

- ① 実験計測に基づく検証
- ② ミリ波の干渉を再現
- ③ 反射、散乱、透過すべてを再現
- ④ 付着物による影響、反射時の位相・偏波変化を再現
- ⑤ 複数回反射・透過を再現
- ⑥ 車両挙動の影響を再現

”実現象と一致性の高い環境&センサのペアモデル“を構築している他のシミュレータは存在しない

ベンチマーク結果(LiDAR)

現象区分	現象	DIVP [®]	IPG CarMaker 9.0	Siemens PreScan 2020.1	VIRES VTD 2.2.0	ANSYS VRX R.2020
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	ビームの広がり	◎	○	※	※	×
伝達	空間中での散乱(=減衰)	◎	×	○	×	△
センサ	自光源	◎	×	×	×	○
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)	×	×	×	×

凡例

- ◎: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

競合に対するDIVP[®]の優位点

- ① 実験計測に基づく検証
- 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、複数回反射・透過を再現
- ③ 自光源、走査、車両挙動による影響を再現
- ④ センサの付着物を再現

FY22の事業化を目指し、継続的な研究開発と併せ、AD安全性評価のためのDB構築に取り組む



FY21以降の研究計画

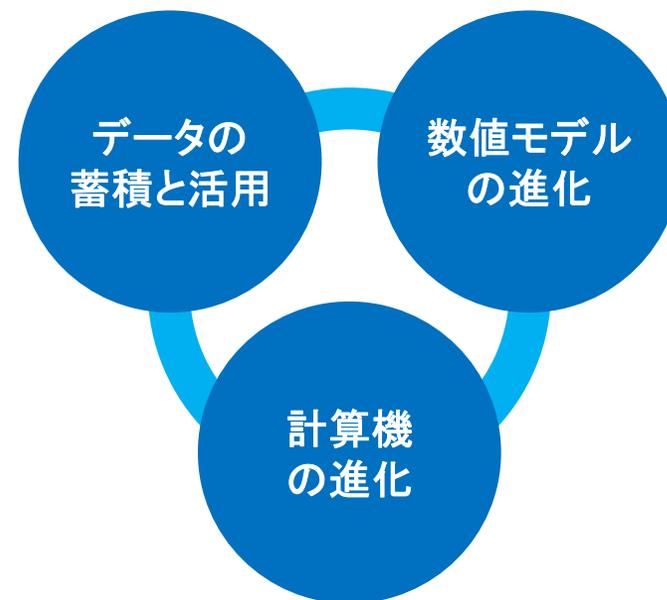
社会実装を目指した継続研究

- FY2020迄の研究成果に基づき、社会実装を目指したSim-PFの性能向上、プロセス化



エコシステム構築にむけたデータベースの構築

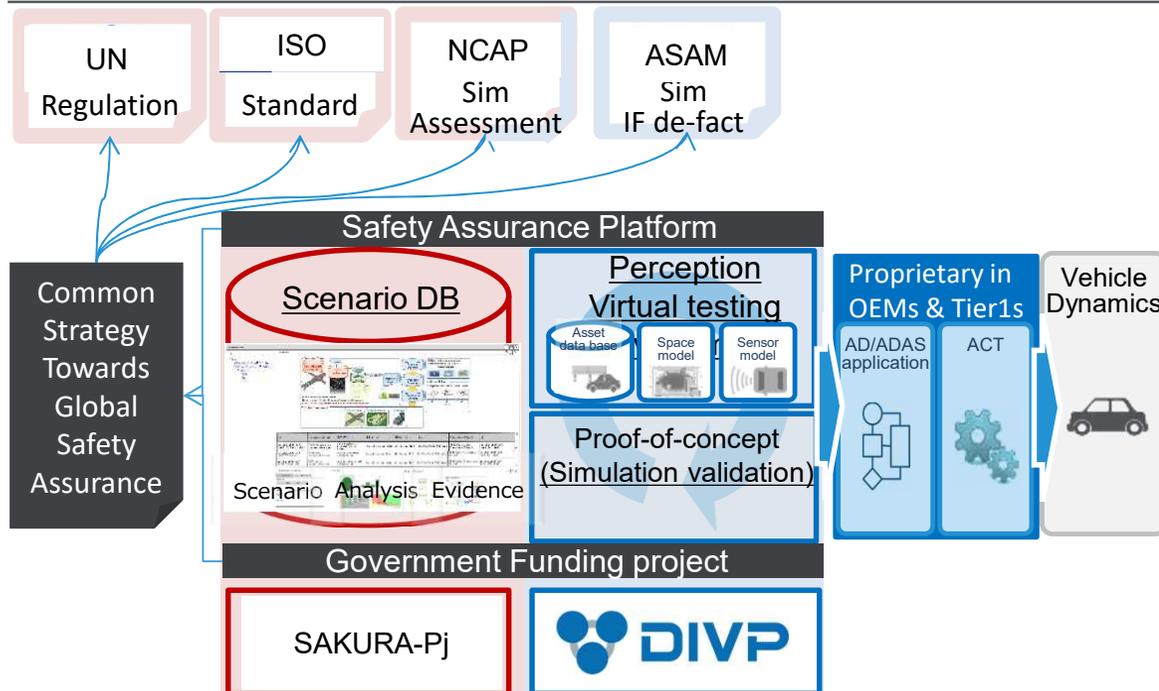
- FY2020迄の研究ではScope外であったデータベース構築に着手、お台場を始めとしたAD安全性評価のためのVirtual-CGを構築する



まとめ

- DIVP®は、実現象と一致性の高いセンサモデルを要諦とする現実の物理現象ベースのアプローチによって、より安全なAD/ADASモビリティ社会構築に貢献する
- DIVP®は志を同じくする国際的団体と連携をしながら、インターフェース、及びリファレンスモデル構築手順の国際標準化に貢献する

AD安全性論証における位置付け

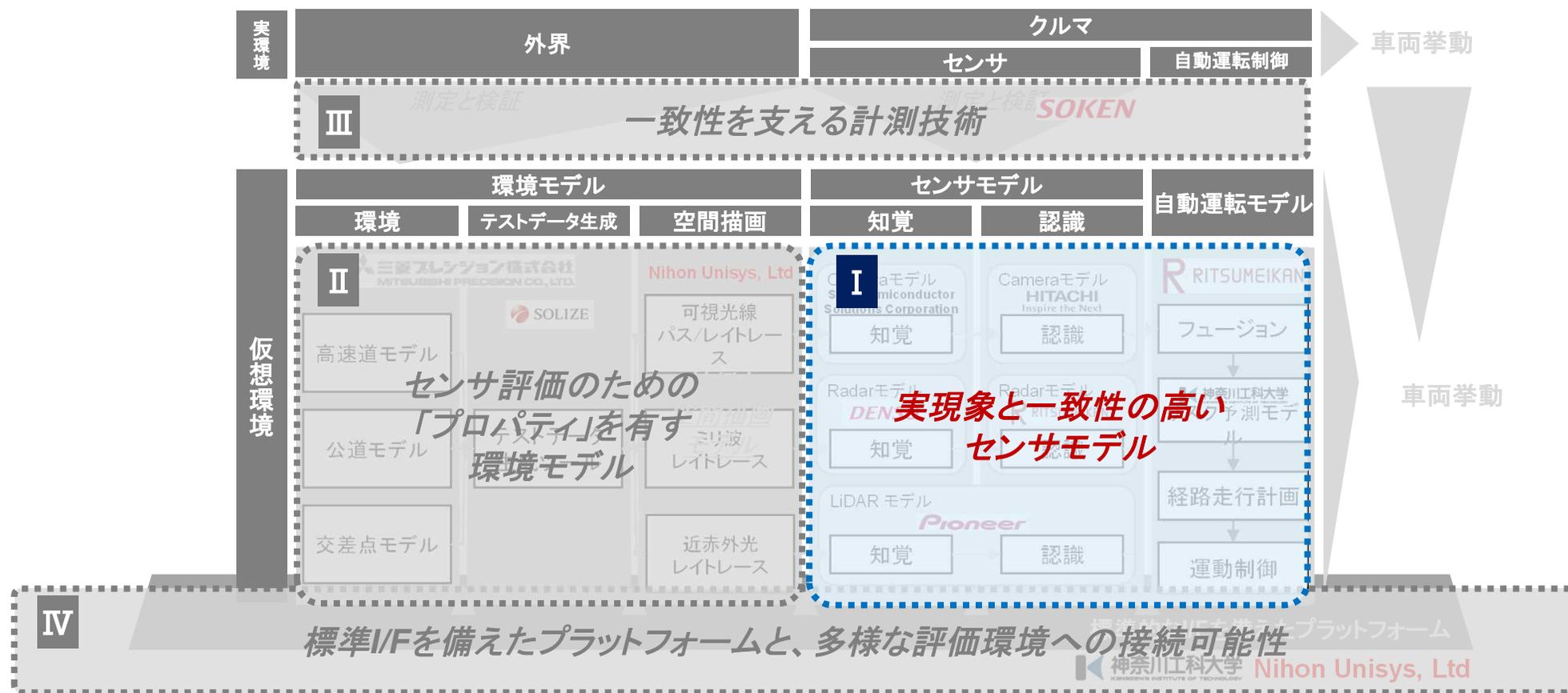


DIVP®の目的

- 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組み

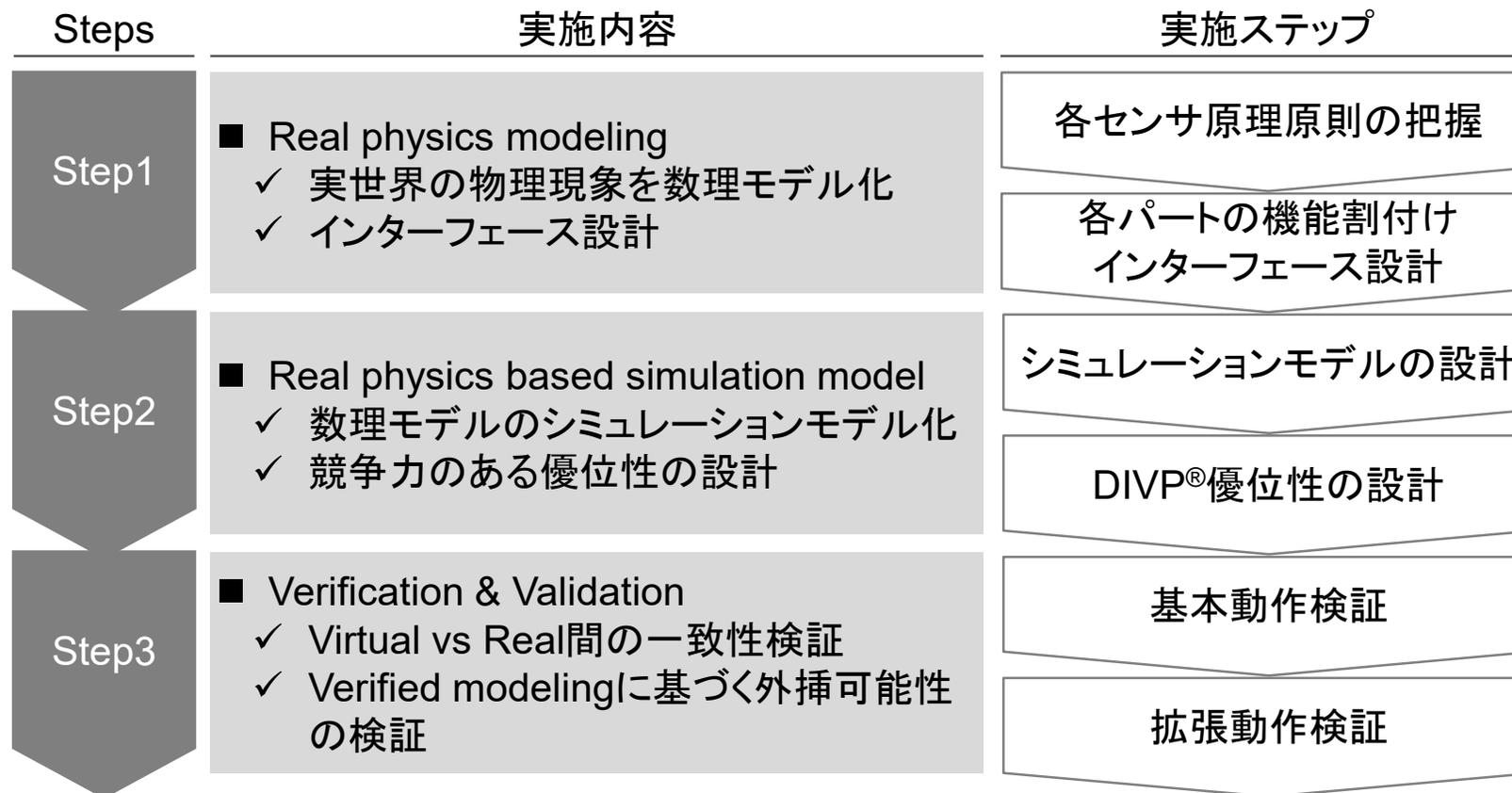
令和2年度研究成果

令和2年度研究成果



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



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

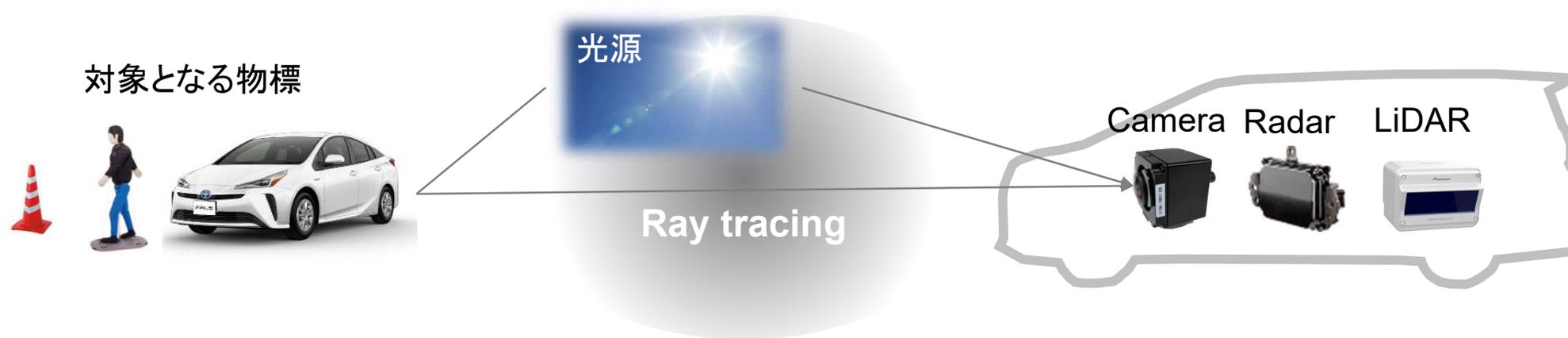
Camera検出原理の例

HITACHI
Inspire the Next

Sony Semiconductor
Solutions Corporation

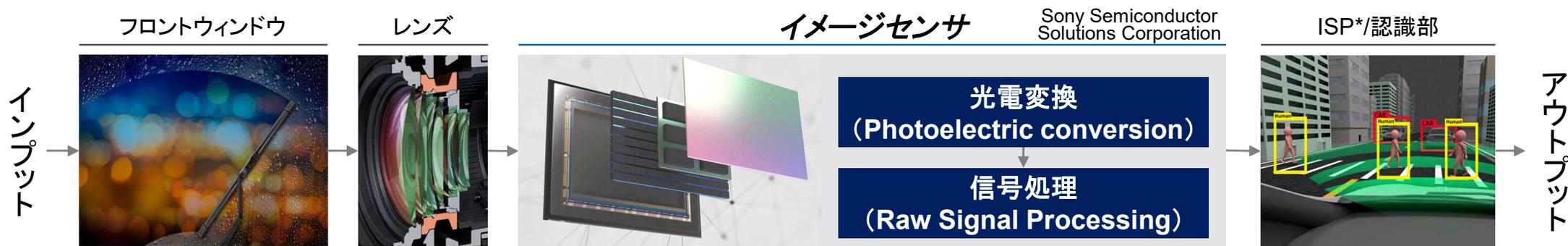
DENSO SOKEN Pioneer

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
DIVP® Consortium

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

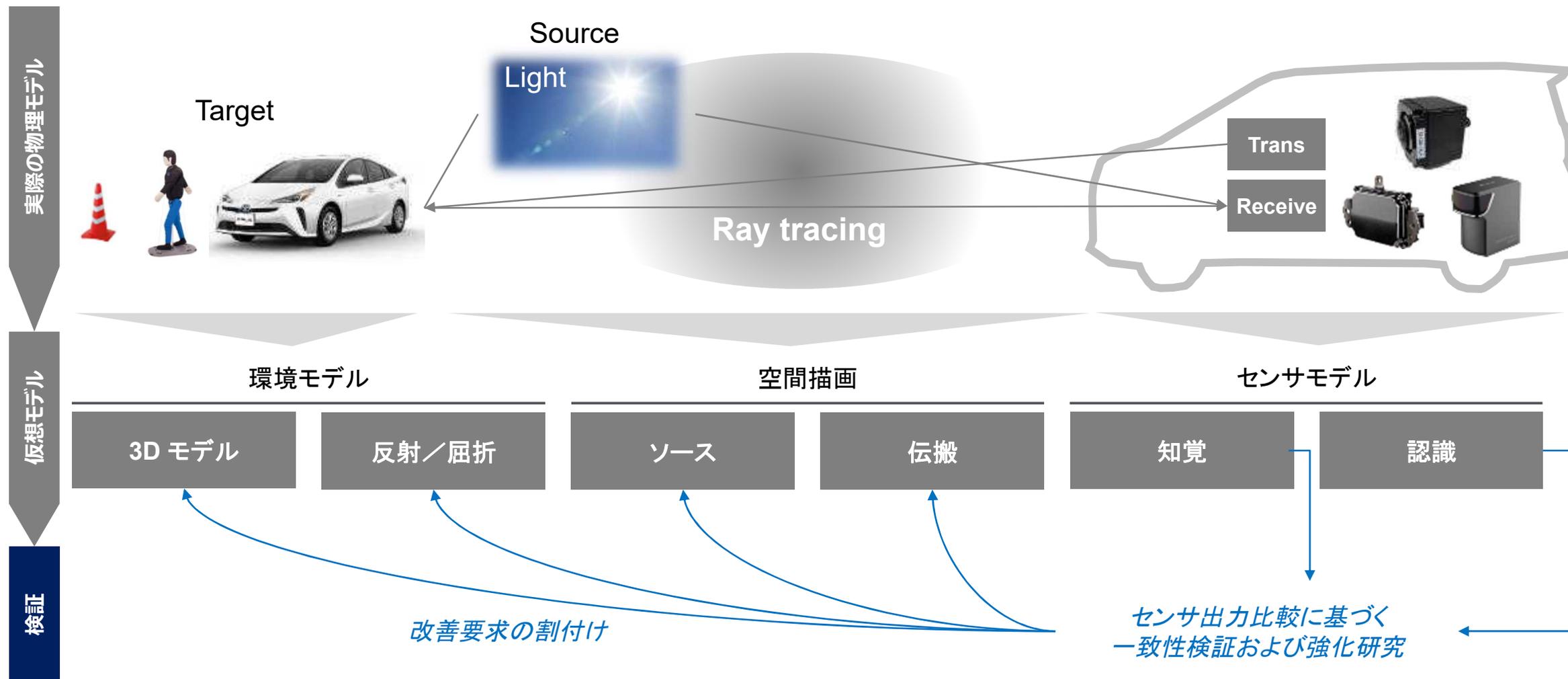
Sony Semiconductor Solutions Corporation

HITACHI Inspire the Next

DENSO

SOKEN

Pioneer

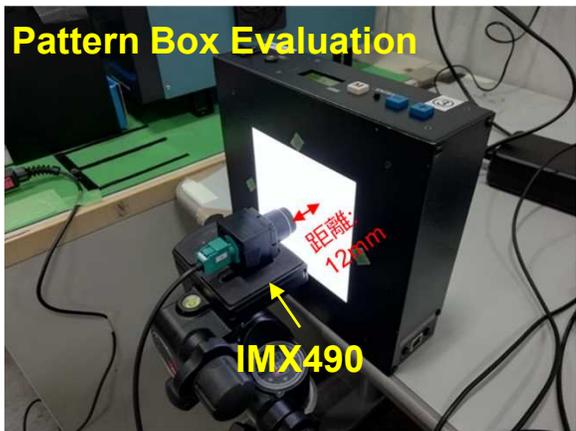


基礎検証では、実験室環境を使ってセンサ原理のモデル化を検証、その後の拡張検証に供した

実験室での基礎検証

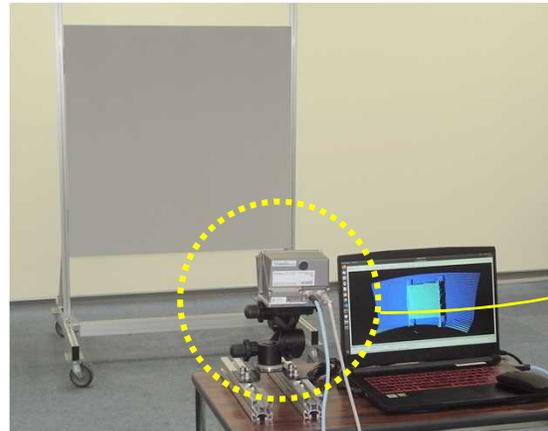
Camera検証

Sony Semiconductor Solutions Corporation



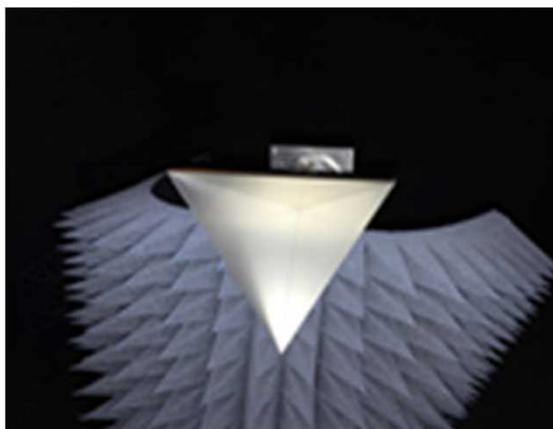
LiDAR検証

Pioneer



Radar検証

DENSO SOKEN

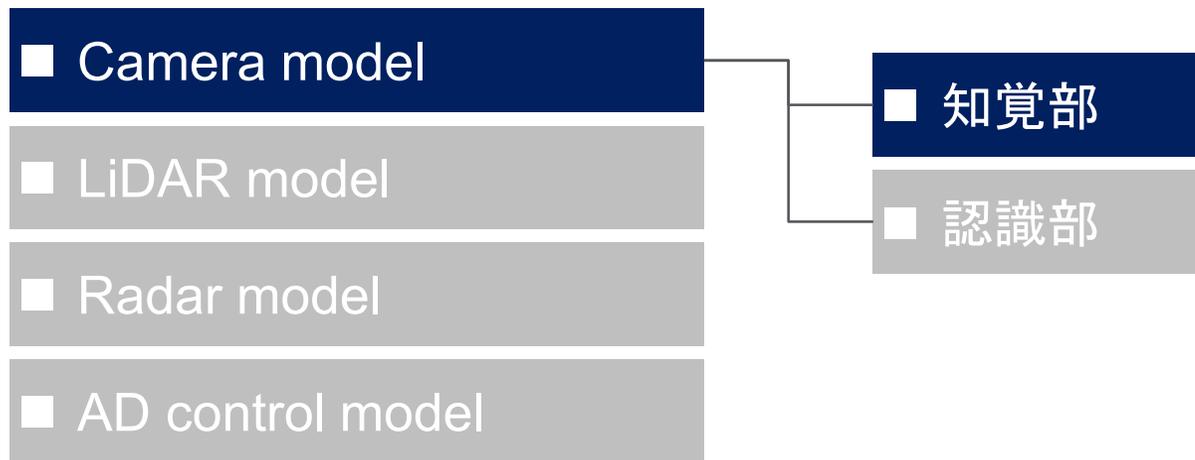


車両検証

SOKEN



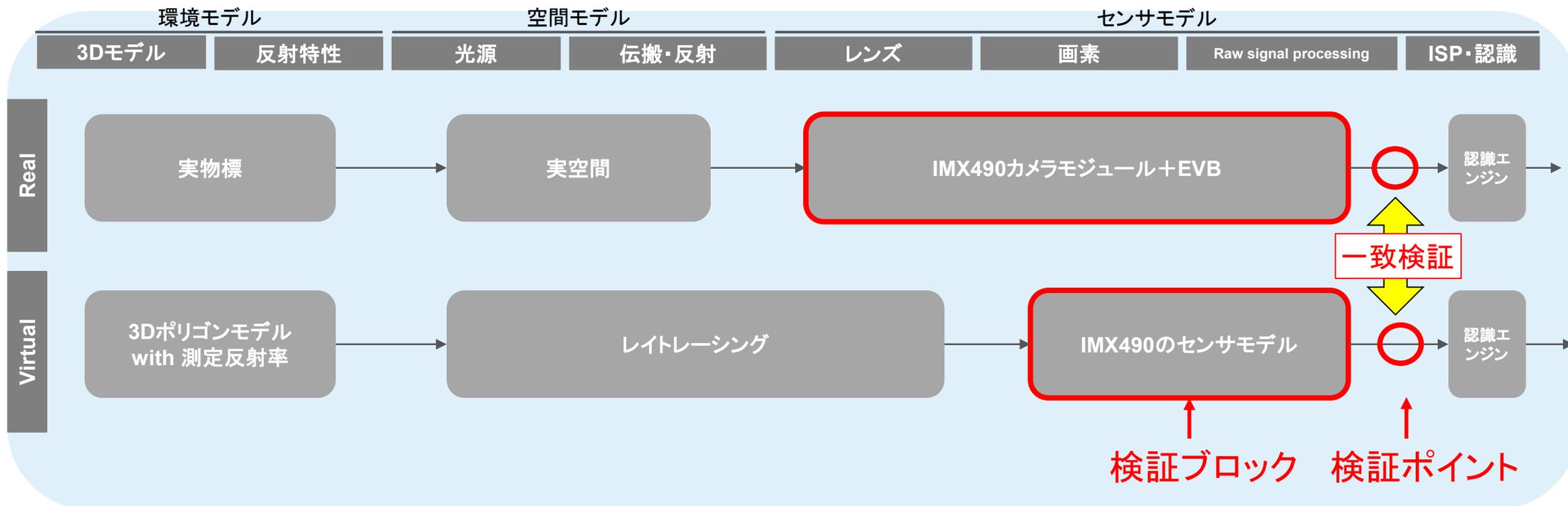
実現象と一致性の高いセンサモデル



【カメラ一致性検証】 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、要因を明らかにすることで一致性検証～改善のサイクルを回す

一致性検証概要

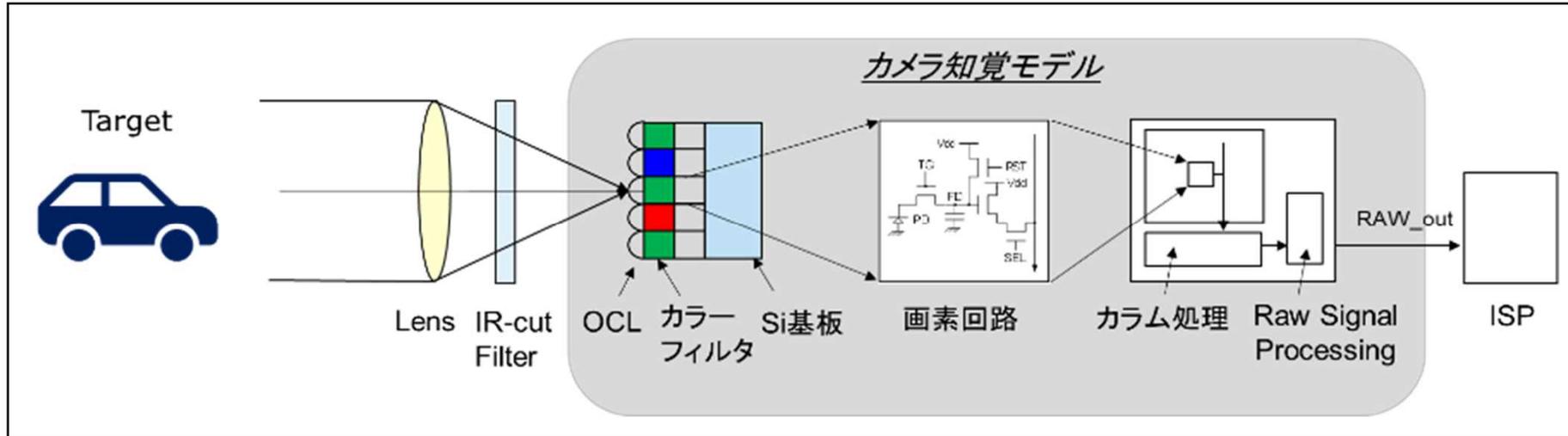
- IMX490センサを用いて、センサモデル出力結果と実機撮影データを比較する
- データの比較により、差が発生するシーンと発生箇所、それらの要因を明らかにする



【カメラ一致性検証】

一致性検証にあたり、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



	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"> ■ 照度 ■ 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 ■ 光ショットノイズ ■ フロアノイズ 	<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 ■ PWL圧縮
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】

既知の対象物を起点に、ヒストグラムの比較を行う検証手法を構想

一 一致性検証手順

■ 検証プロセス

① 屋内（スタジオ）評価

- 白板による検証
 - 面内均一レベル被写体による確認
- グレイチャート、カラーチャートによる検証
 - コントラスト、色再現性の確認

② 屋外評価

- 実環境シーン、不調要因シーン

■ 検証方法

● ヒストグラム比較

- 全画面または領域ごと（像高、色、距離、被写体毎）に抽出
 - 平均値（Signal）、ばらつき（Noise）、分布形状を比較
- ###### ● 差の大きい領域から要因解析、フィードバックを行う

屋内・および屋外晴天時での一致性検証により、実機とSIMの信号レベル差はおよそ20%であることが確かめられた。これより、Camera性能評価への有効性を確認した

Cameraシミュレーション結果*

Sony Semiconductor
Solutions Corporation

実機撮影結果



SIM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

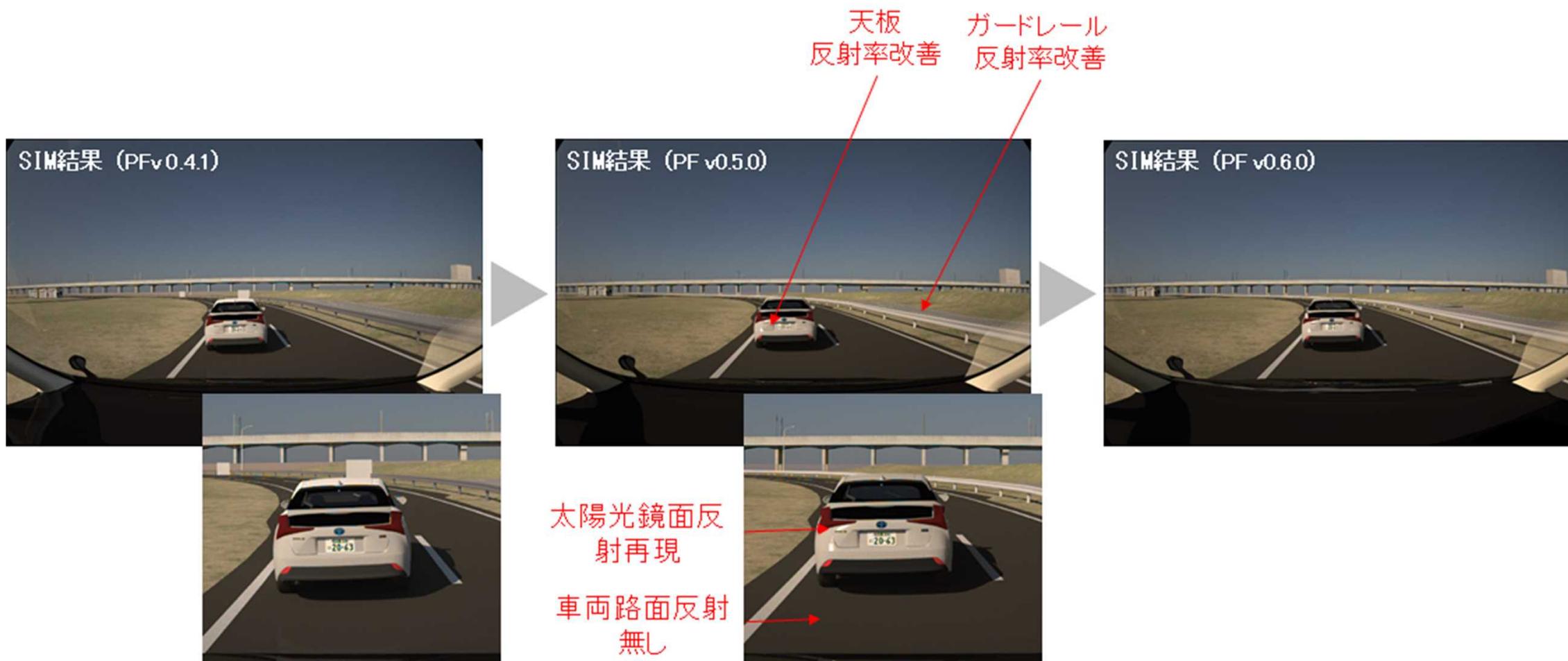
Source : Sony Semiconductor Solutions Corporation, SOKEN, INC

DIVP® Consortium

シミュレーションPFのバージョン更新毎に一致性が向上していることを確認

基本検証の一致性検証結果

Sony Semiconductor Solutions Corporation



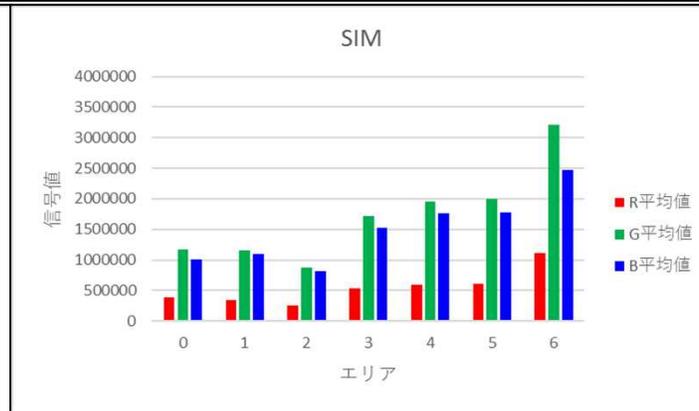
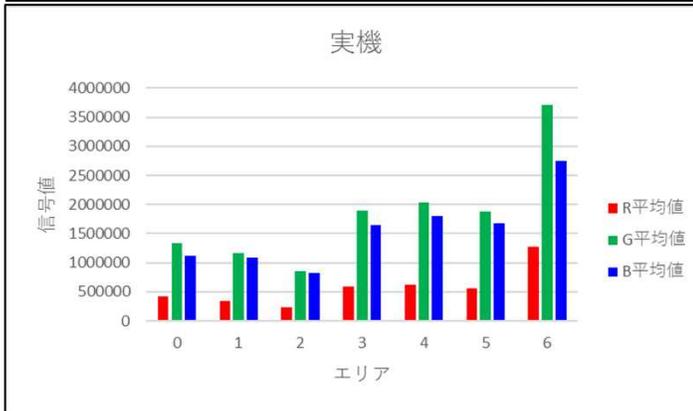
【天空の一致性評価結果】

高いレベルで一致性が得られていることを確認

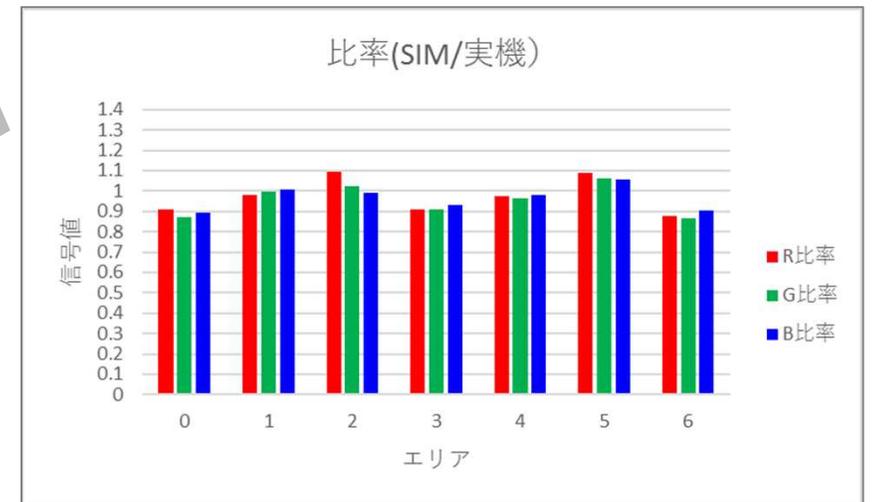
基本検証の一致性検証結果 例1

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結果



画素	比率平均(SIM / 実機)
R	0.98
G	0.97
B	0.96

【アスファルトの一致性評価結果】 高いレベルで一致性が得られていることを確認

基本検証の一致性検証結果 例2

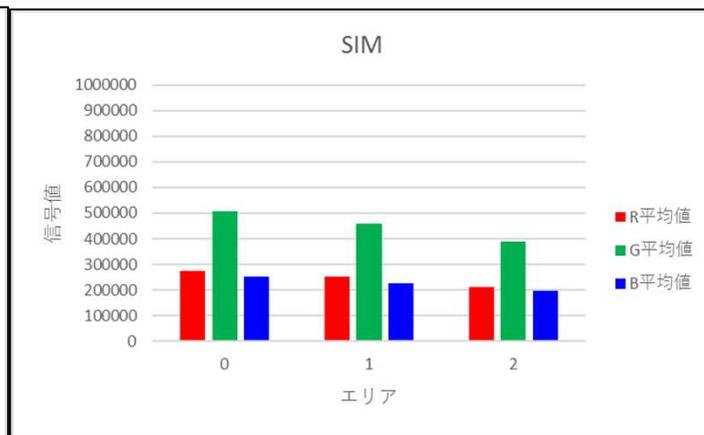
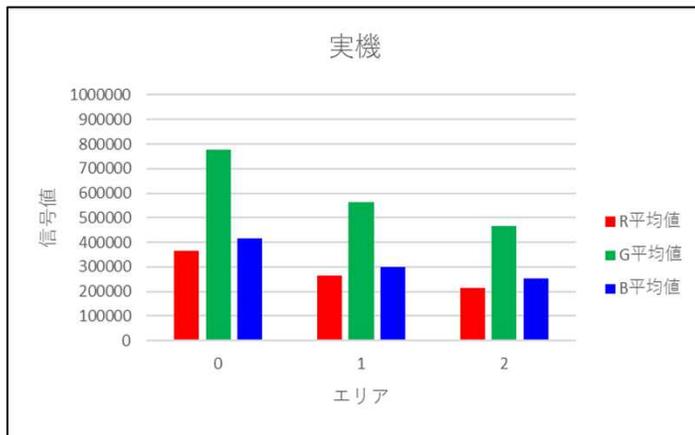
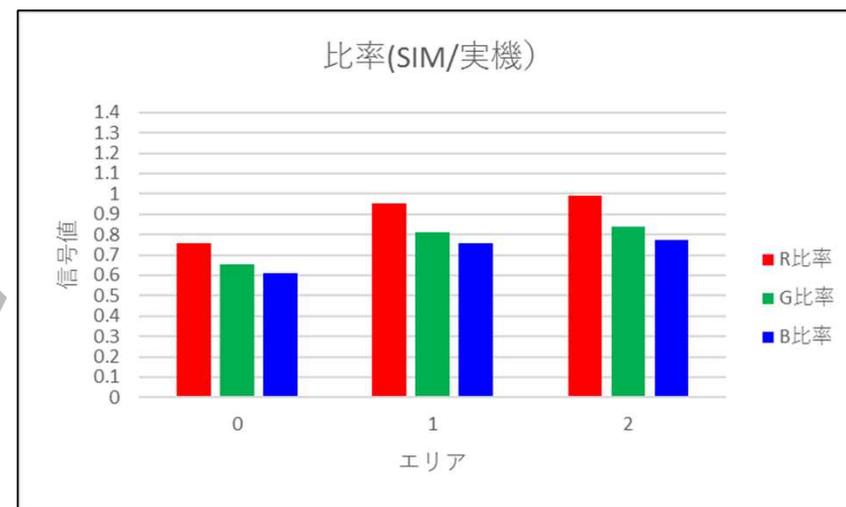
Sony Semiconductor Solutions Corporation

実機取得画像

シミュレーション(SIM)結果

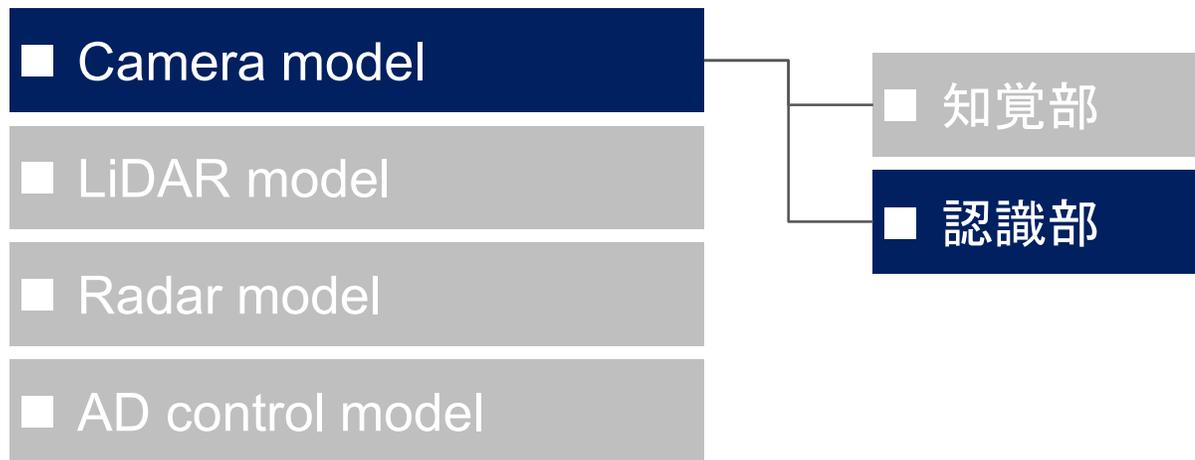


アスファルトの一致性結果



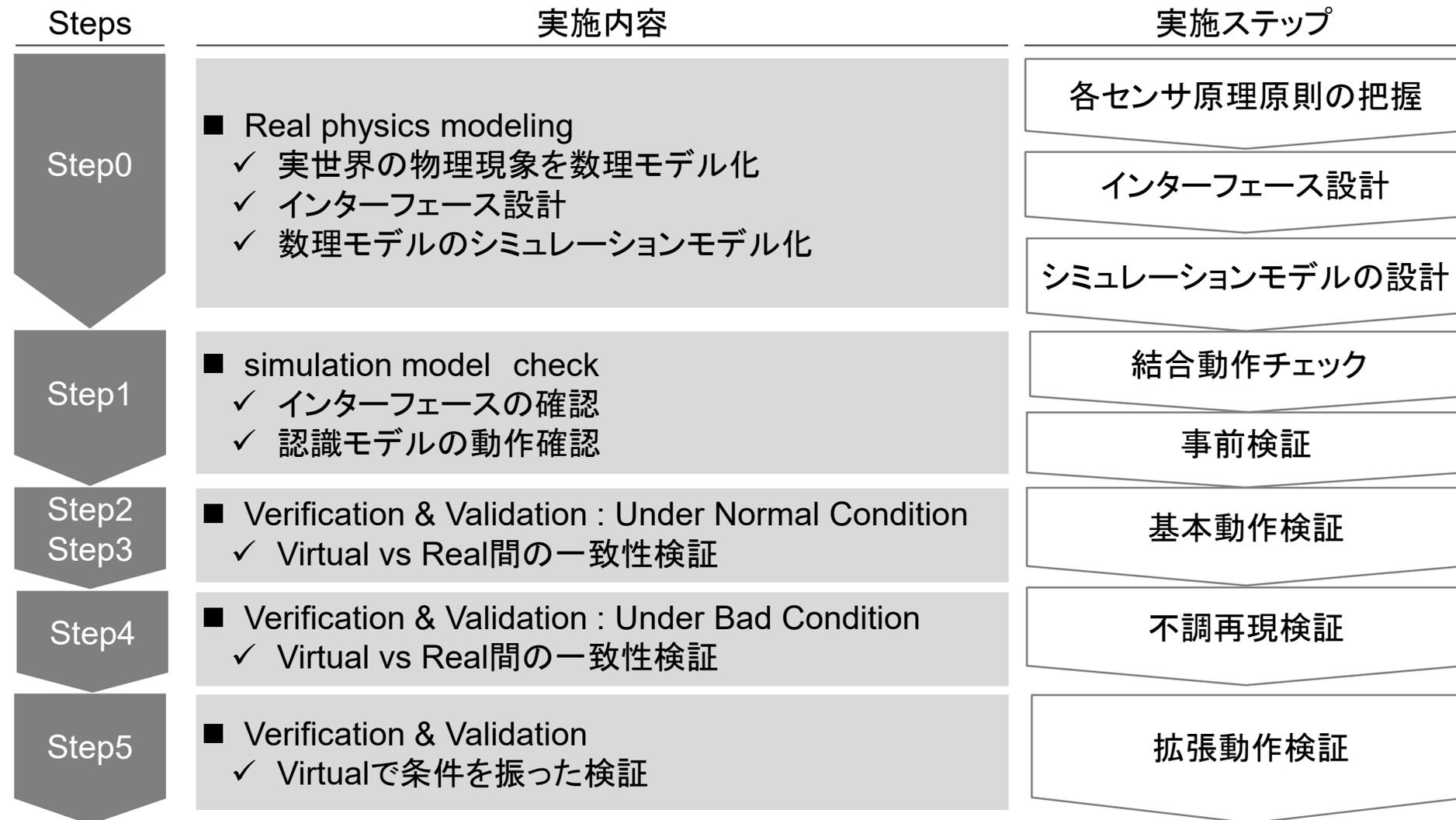
画素	比率平均(SIM / 実機)
R	0.90
G	0.77
B	0.71

実現象と一致性の高いセンサモデル



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致性検証を実施

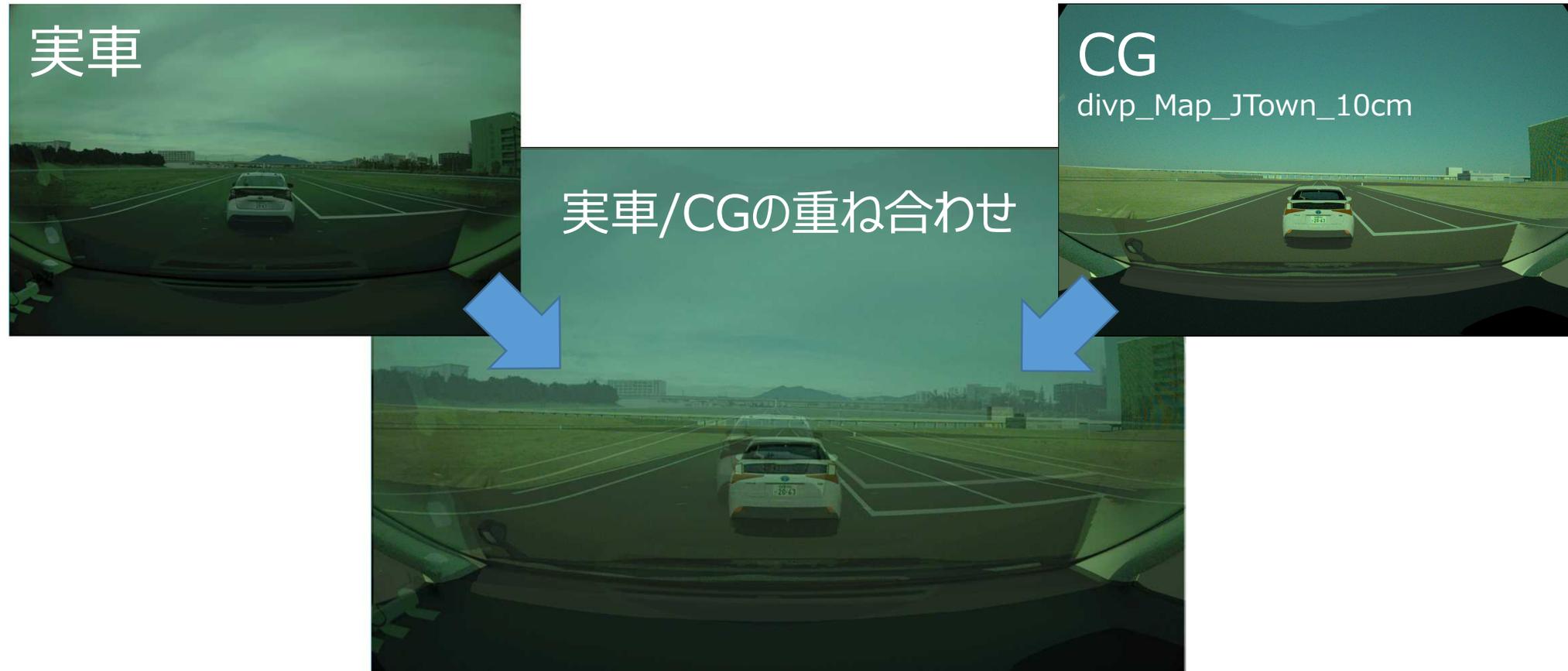
モデル化のアプローチ



カメラ認識における、一致性検証においては、実車の位置や向き、カメラの取り付け位置を正確に再現する必要がある。GPS情報からの単純再現では出来ない調整を実施し、シナリオの誤差成分を除去。

シナリオの誤差成分除去前

HITACHI
Inspire the Next

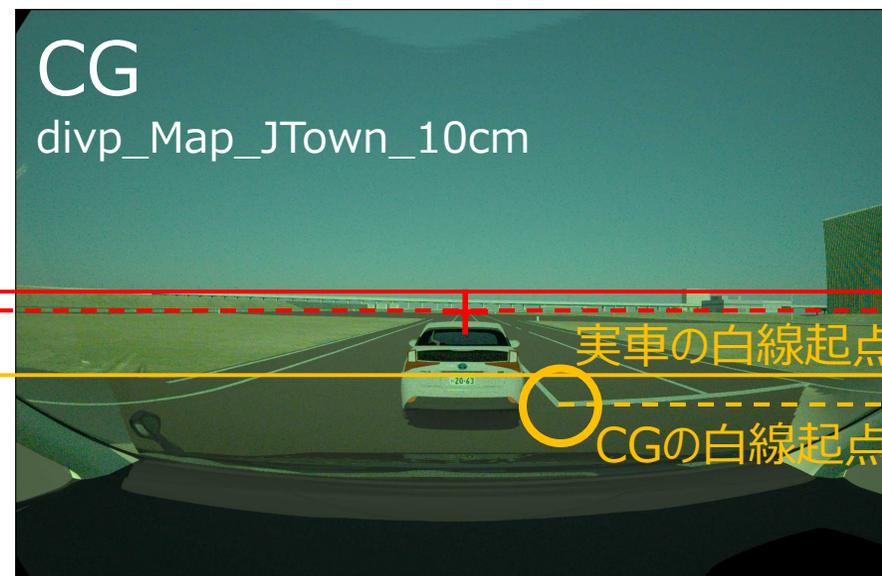
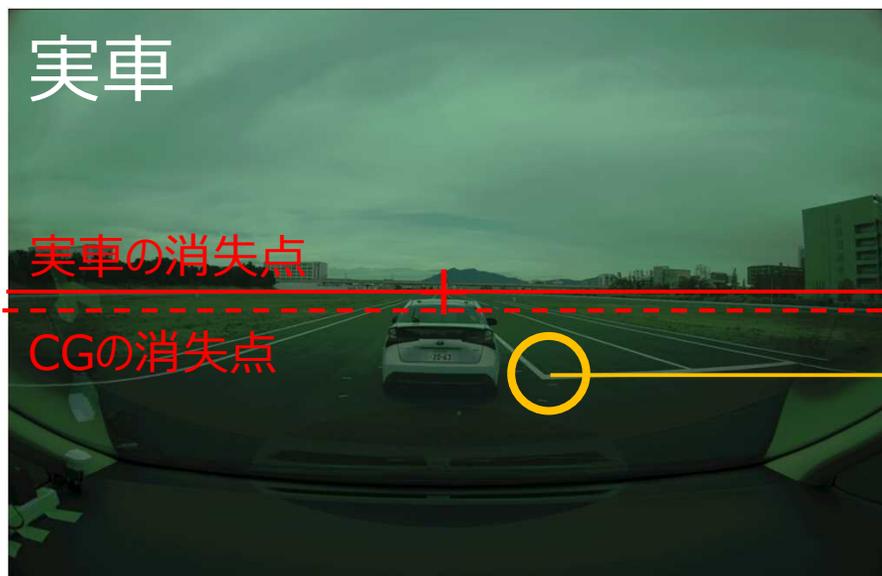


カメラ認識における、一致性検証においては、実車の位置や向き、カメラの取り付け位置を正確に再現する必要がある。GPS情報からの単純再現では出来ない調整を実施し、シナリオの誤差成分を除去。

最も大きな誤差成分

HITACHI
Inspire the Next

1. 消失点の差異
2. 白線起点の差異



カメラ認識における、一致性検証においては、実車の位置や向き、カメラの取り付け位置を正確に再現する必要がある。GPS情報からの単純再現では出来ない調整を実施し、シナリオの誤差成分を除去。

シナリオの誤差成分除去後

[除去前]



[変更内容]

pitch[deg]	
調整前	-2.08459
調整後	0.21541

[除去後]



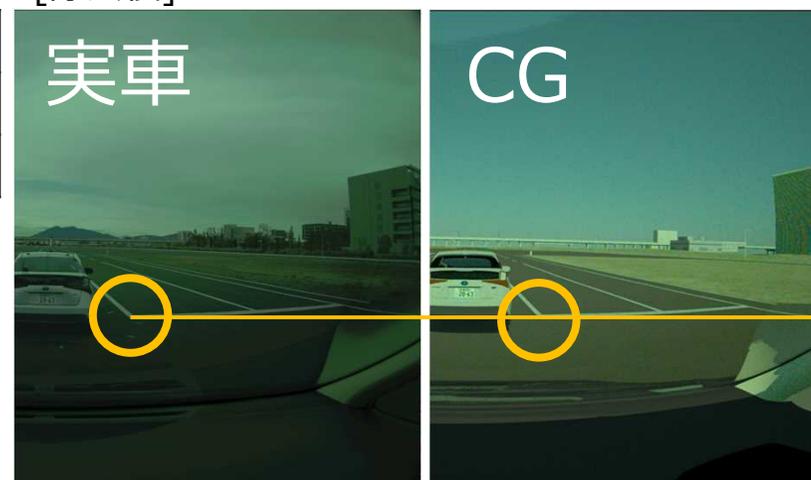
[除去前]



[変更内容]

Pos_x[m]	
調整前	424.02715
調整後	423.12715

[除去後]



カメラ認識における、一致性検証においては、実車の位置や向き、カメラの取り付け位置を正確に再現する必要がある。GPS情報からの単純再現では出来ない調整を実施し、シナリオの誤差成分を除去。

認識結果 物標(抜粋)

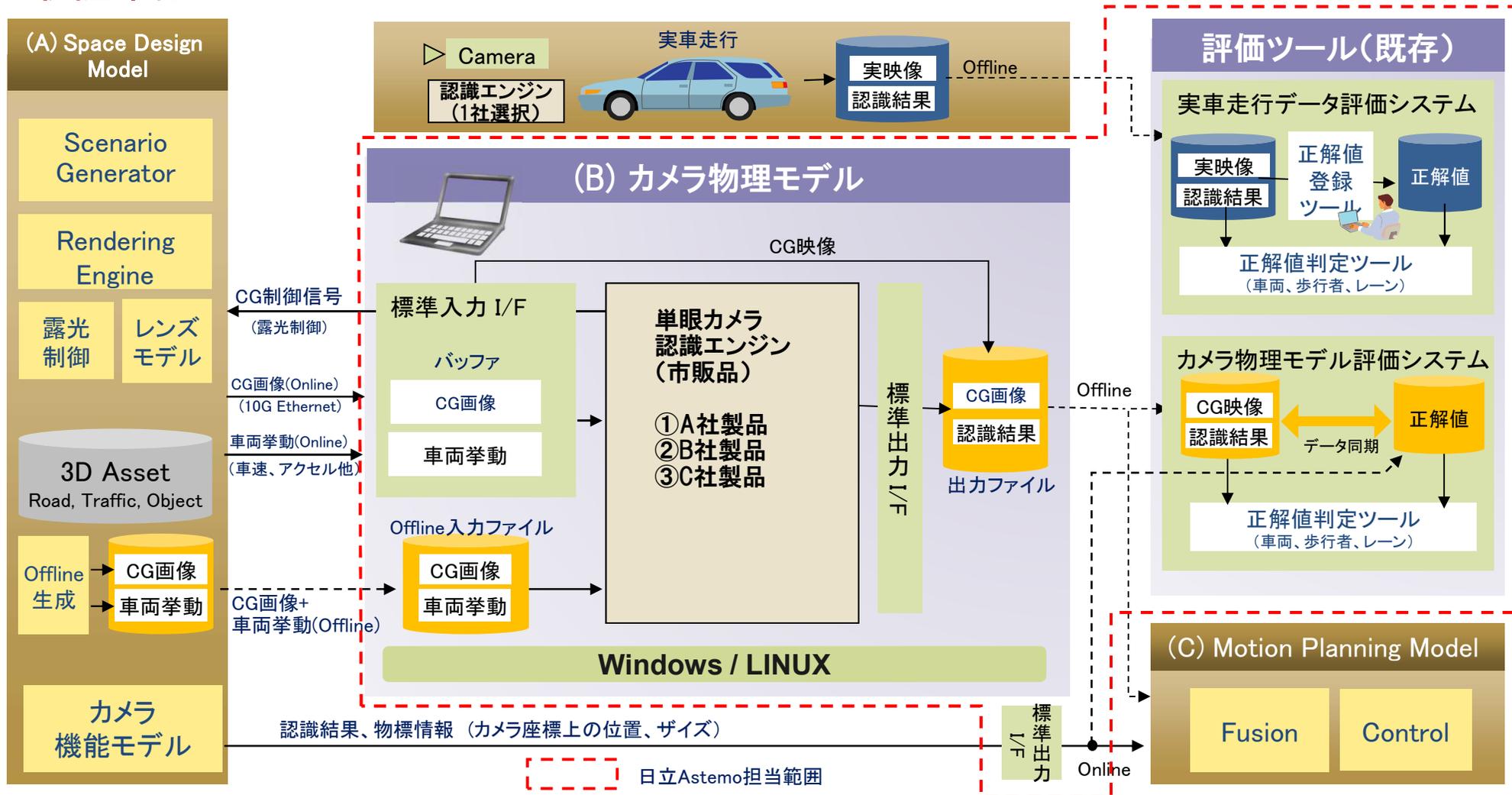
データ			実車	CG	誤差	誤差率
物標サイズ	画面座標	X	381	368	-13	-3%
		Y	333	301	-32	-10%
	センサ座標	X	0	0	0	0%
		Y	1.75	1.8	0.05	3%
		Z	1.52	1.48	-0.04	-3%
物標位置情報	画面座標	X	1421	1424	3	0%
		Y	1132	1131	-1	0%
	センサ座標	X	4.93	5.3	0.37	8%
		Y	0.14	0.13	-0.01	-7%
		Z	-0.83	-0.86	-0.03	4%
	ワールド座標	緯度	2147483648	2147483648	0	0%
		経度	2147483648	2147483648	0	0%
		高度	0.76	0.73	-0.03	-4%
信頼度	規格化	-	99	99	0	0%
	検出数	-	251	251	0	0%

■ 評価結果
誤差成分除去の結果、
最大誤差±10%以内にする事ができた。

考察 不調のない静止状態においては、実用に耐えうるものとする。
今後は、動的状態および不調付加した状態にて評価を実施し、継続して実用性を検討していく。

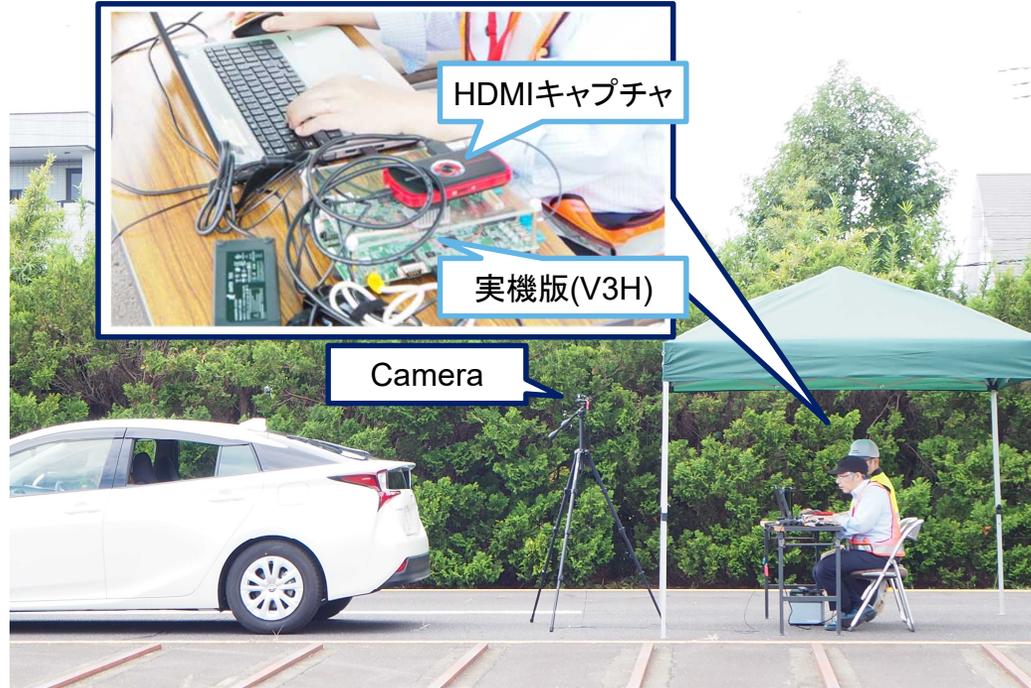
各社の評価環境への取込み容易化を実現するツール群を開発(標準I/Fへの適合容易化含む)。
OEM向け動作保証ツールとしての適用へ。⇒ステレオ視やマルチカメラシステムへの拡張を考慮

Camera検証環境



各社の評価環境への取込み容易化を実現するツール群を開発(標準I/Fへの適合容易化含む)。 OEM向け動作保証ツールとしての適用へ。⇒ステレオ視やマルチカメラシステムへの拡張を考慮

■実車検証



■CG検証



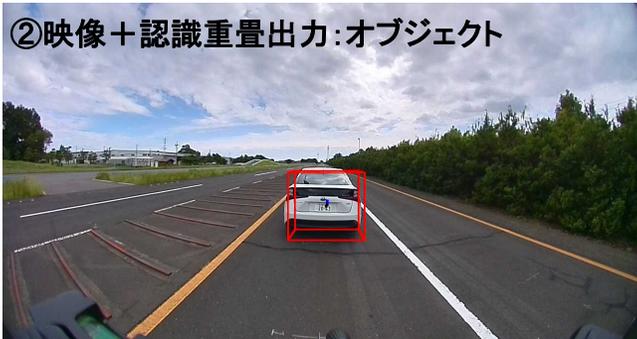
HITACHI
Inspire the Next

■実車検証結果

①映像記録



②映像+認識重畳出力:オブジェクト



③映像+認識重畳出力:レーン



実現象と一致性の高いセンサモデル

■ Camera model

■ **LiDAR model**

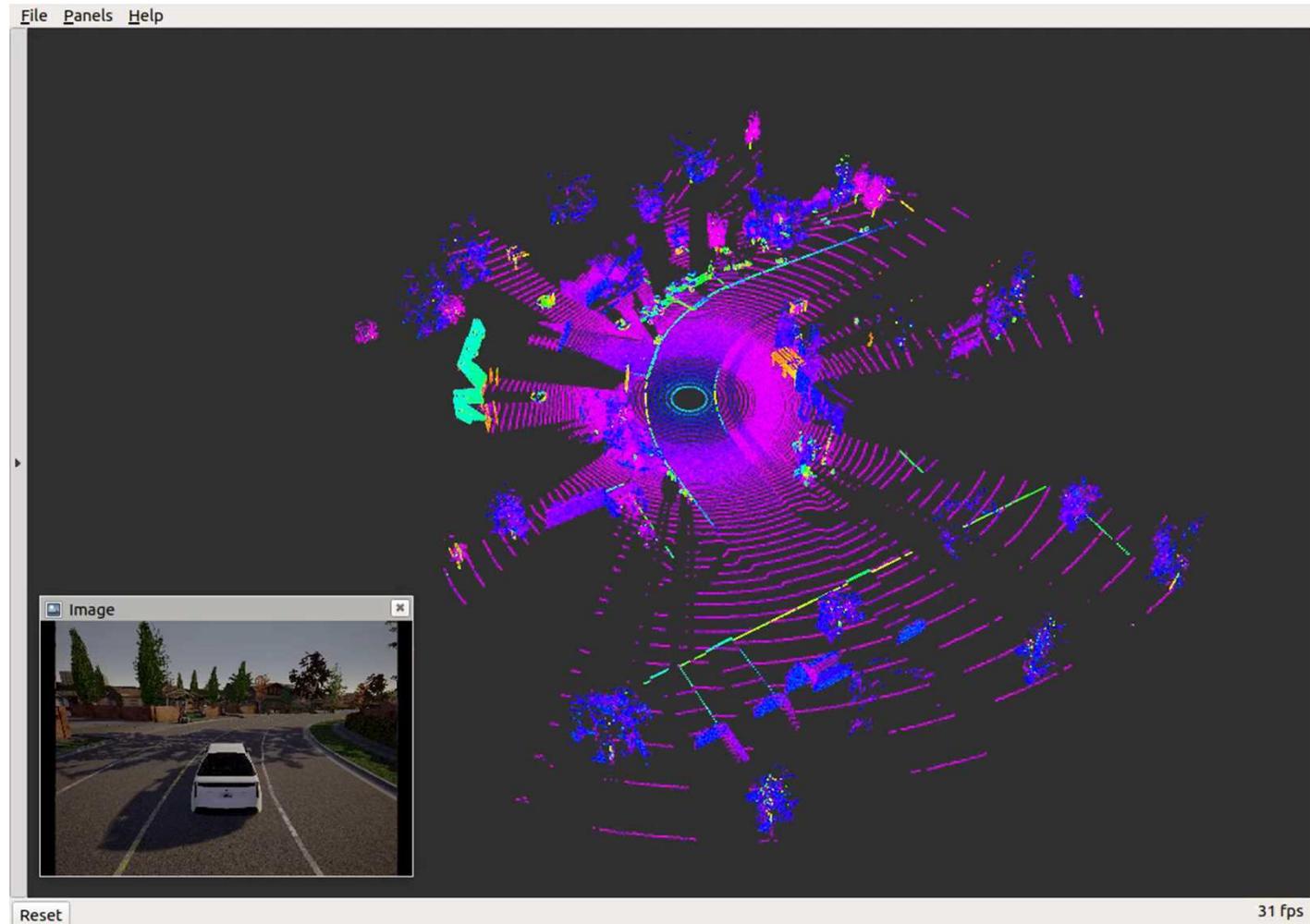
■ Radar model

■ AD control model

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*



【LiDAR一貫性検証】

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貫性検証を実施



LiDAR一貫性検証のプロセス

Step	検証の目的	評価対象出力	評価パラメータ	評価指標
LiDARモデル一貫性検証	<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)の一貫性を評価 	<ul style="list-style-type: none"> RXモデル出力 (PSSIのみ) 	<ul style="list-style-type: none"> 受信信号の強度分布 ノイズの強度分布 	<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、分散の一貫性 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、分散の一貫性
		<ul style="list-style-type: none"> 知覚モデル出力 	<ul style="list-style-type: none"> 角度 距離 強度 測距限界 	<ul style="list-style-type: none"> 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)の一貫性 形状・反射特性が既知である物標の各距離における精度、確度の一貫性 形状、反射特性が既知であるターゲットの検出確率の一貫性
環境モデル+LiDARモデル一貫性検証	<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)の一貫性を評価 	<ul style="list-style-type: none"> 知覚モデル出力 	<ul style="list-style-type: none"> ターゲットまでの最短距離 ターゲットに当たる点数 ターゲットサイズ ターゲット点群の強度 	<ul style="list-style-type: none"> 距離の精度、確度の一貫性 点数の精度、確度の一貫性 物体サイズの精度、確度の一貫性 強度分布の一貫性
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

拡張性検証

今後継続した検証の実施

■ PSSI-LiDARモデルのみで実施

本年度研究ではV社製、PSSI製LiDARを評価、V社製では不調のない条件下で一定の一致性を確認、PSSI LiDARに関しては不調条件下の評価を実施し一部課題あり、次年度活動で課題の解決を図る

一致性検証のまとめと課題



評価項目	V社 機種 (b)	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	○	未実施
距離	○	○
強度	△ (近方で不一致)	○
遠距離測距限界	未実施	○
環境モデル+LiDAR知覚モデル一致性検証		
ターゲットサイズ	○	未実施
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	△ (遠方で不一致)	○
ターゲット点群の強度分布	△ (近方で不一致)	○
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	× (周辺点群が影響を与えることを確認)	○ ※2

※1 外乱光ありの不調条件下で計測手法に起因する課題があり

※2 不調条件となる黒革ジャケットNCAPでは不一致。

【V社機種(b)の一致性検証】

強度分布の遠方での一致性を確認、点数は遠方で不一致あり

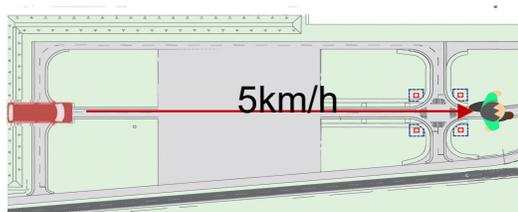


環境モデル+LiDAR知覚モデル一致性検証

検証シナリオ

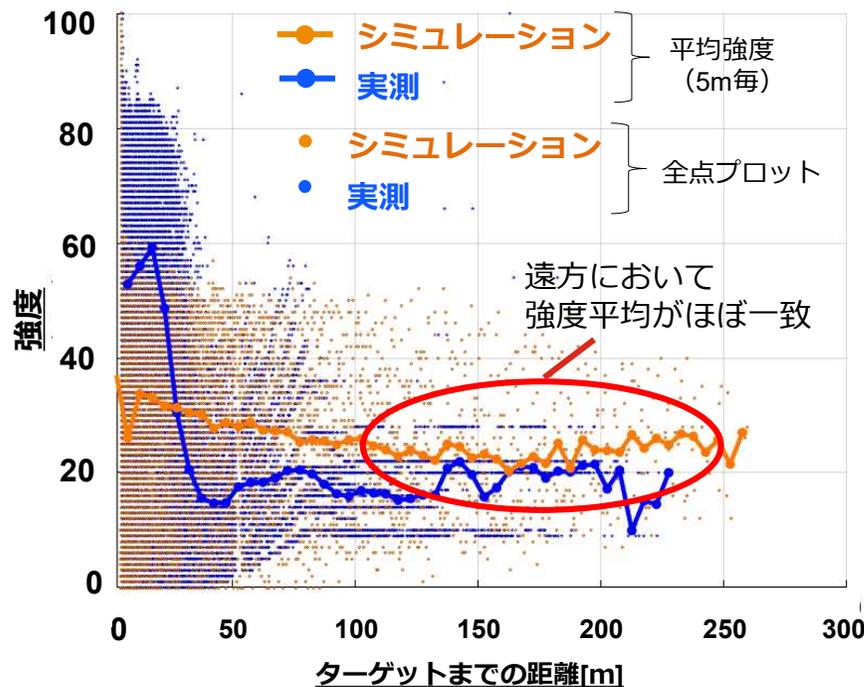
- センサ搭載車両5km/hで走行し、ターゲットに近づくシナリオ

- センサ搭載車両：アルファード
- ターゲット：NCAP用ダミー人形



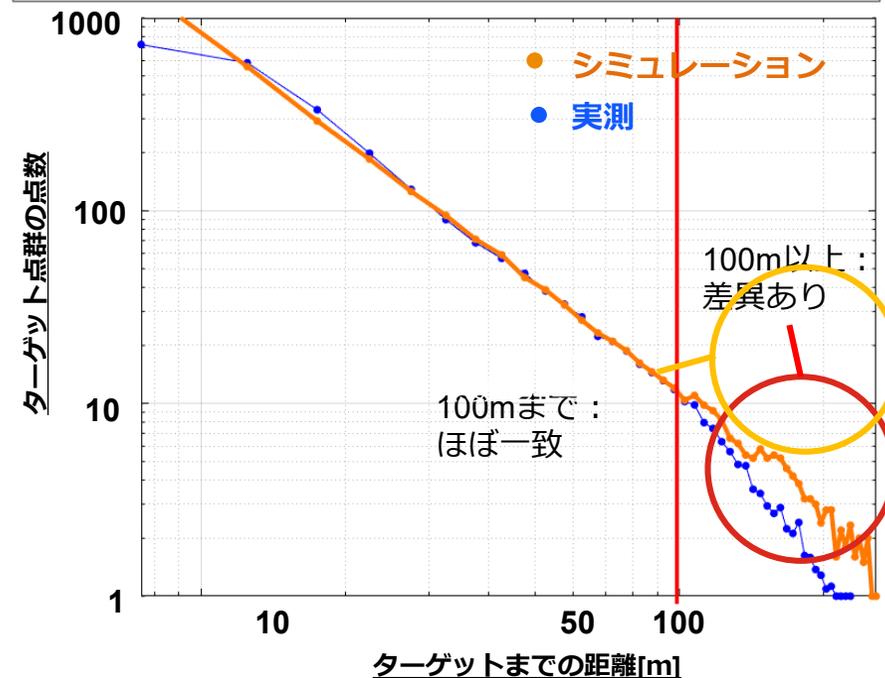
【強度分布の一致性】

- 遠方において反射強度はほぼ一致
- 近方の強度分布は大きく異なるが、物体検出/認識部に与える影響はないと考える。



【点数一致性】

- 100mまでは、ターゲット検出点数はほぼ一致
- 100m以上でターゲット検出点数に差異あり。



遠方における点数の不一致要因はLiDARの測定距離限界の差異と考えられる

【V社機種(b)の一致性検証】

認識モデル出力での遠方ターゲット検出限界に10m以上の差異あり

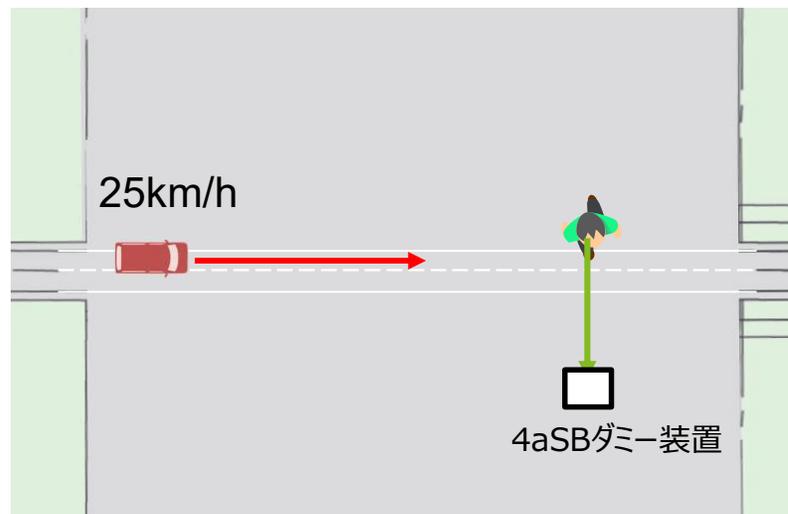
ターゲットの遠距離検出限界評価



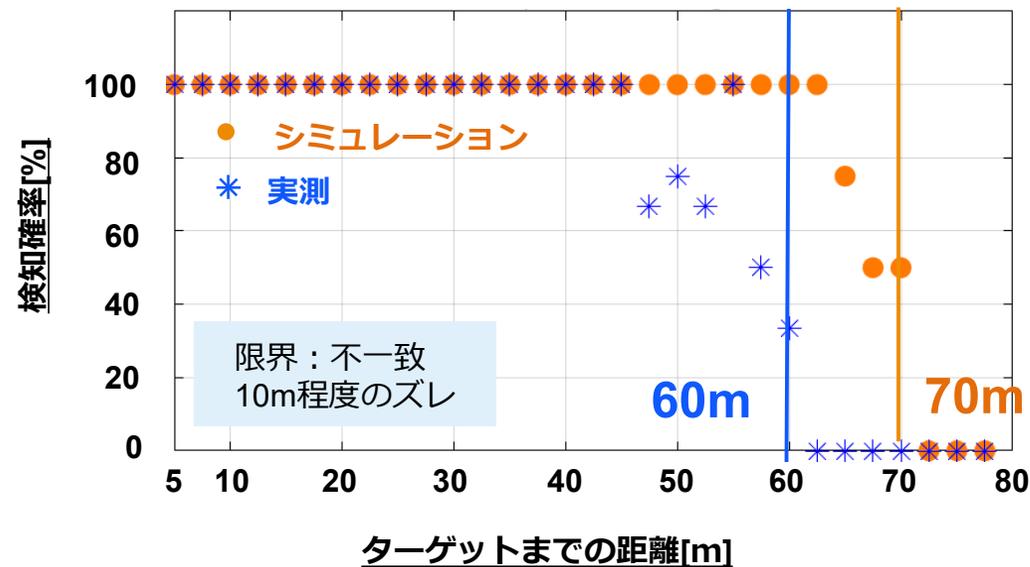
【計測条件】

【ターゲットの遠距離検出限界】

歩行者横断シナリオで評価を実施



- センサ搭載車両：アルファード
- ターゲット：NCAP用ダミー人形



実測とシミュレーションの遠距離物標検出限界に10m以上の大きな差異がみられた。
(差異要因詳細：次頁)

【V社機種(b)の一致性検証】 遠距離物標検出限界の差異要因

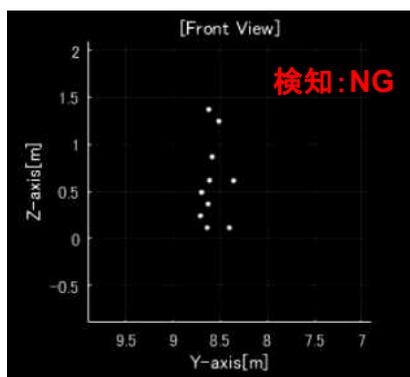


ターゲットの遠距離検出限界: 差異要因

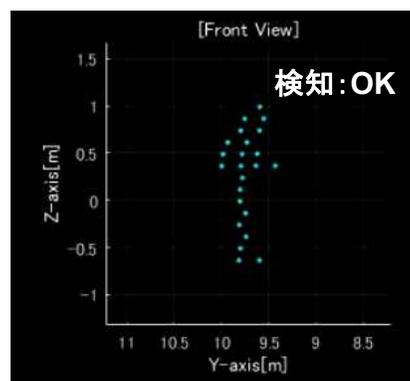
[要因①]: ターゲット点群の形状不一致

65m先のターゲット点群の比較

実測



シミュレーション

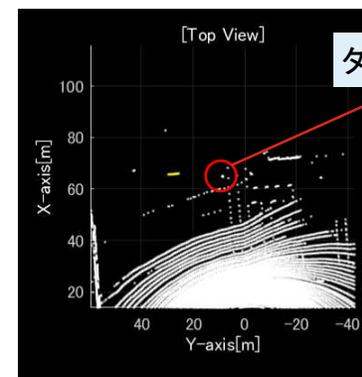


ターゲット点群の形状に差異があり
⇒ 差異要因の可能性あり

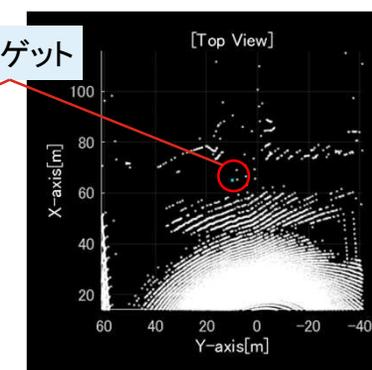
[要因②]: 周囲点群影響

ターゲット周辺点群の比較 (ターゲット位置: 65m先)

実測



シミュレーション



ターゲット周辺点群の形状に差異があり
⇒ ターゲット周辺点群の影響を調査 (次頁)

【V社機種(b)の一致性検証】ターゲットの周辺点群は、 ”ターゲット周辺の点群がターゲットの遠距離検出限界に影響している”との仮説を検証

ターゲットの遠距離検出限界: 周囲点群の与える影響評価

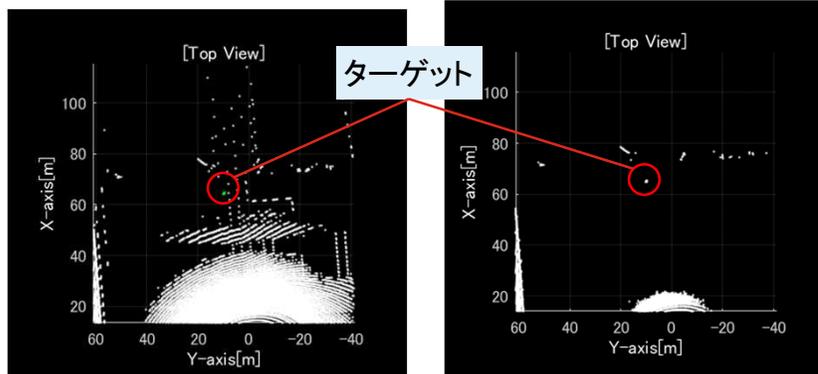


ターゲット周辺点群の差異(物標位置: 65m先)

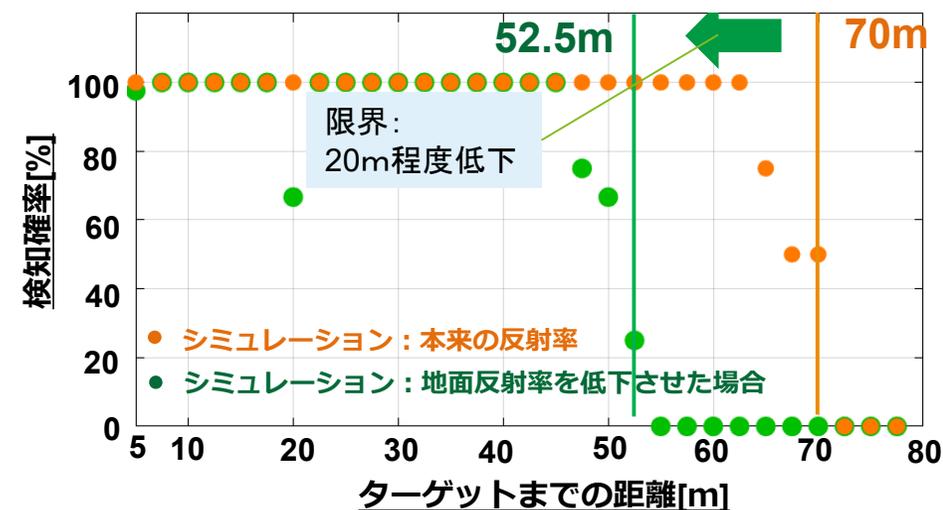
■ 検証内容:
地面のみの反射率を意図的に変更することで、ターゲットの検出限界に影響するか調査

シミュレーション:
本来の反射率

シミュレーション:
地面反射率を低下させた場合



ターゲット周辺点群の差異による遠距離物標検出限界の差異



ターゲット周辺点群(地面反射率)の差異により、
ターゲットの遠距離検出限界が大きく低下

⇒ターゲットの遠距離検出限界がターゲット周辺点群の影響を受けることが確認された。

【PSSI LiDARの一致性検証】 まずLiDARモデル単体の一致性を検証、ラボ内環境で、環境モデル、シナリオに起因する誤差をできるだけ排除し、PSSI-LiDAR(Rxモデル・測距モデル)の一致性を評価した

LiDAR知覚モデル一致性検証

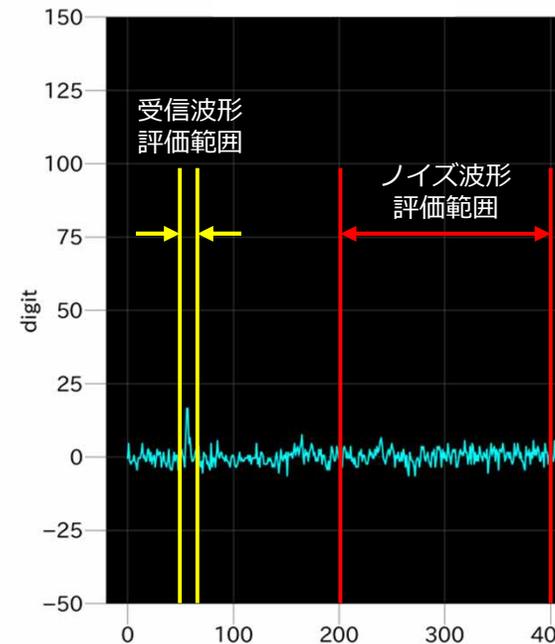
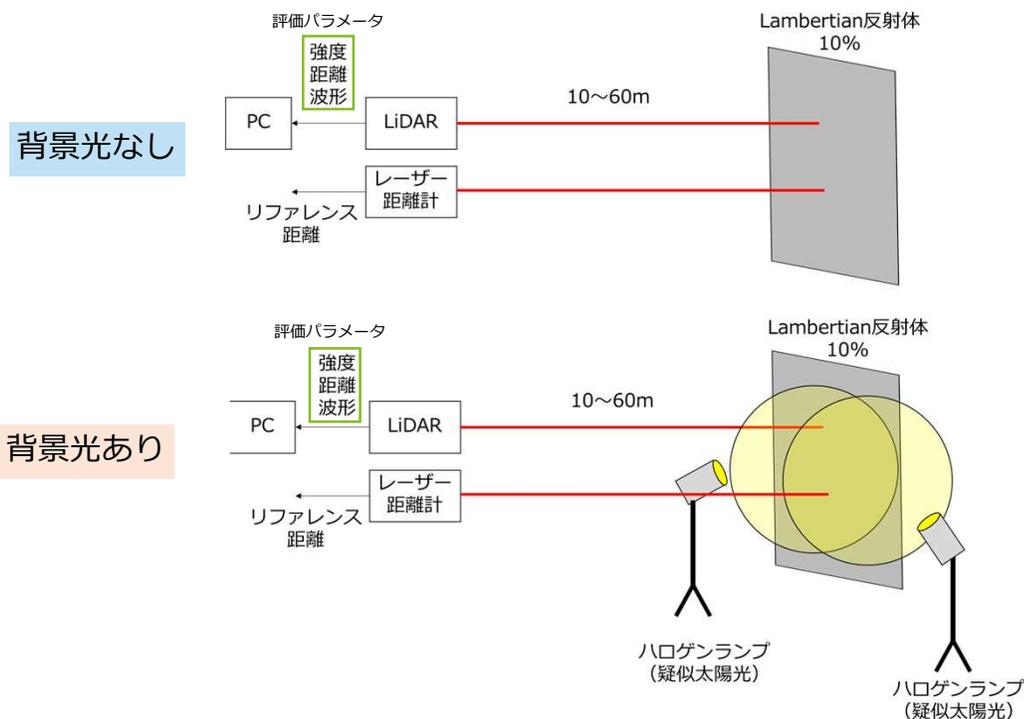


PSSI LiDARの一致性評価における評価環境

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

Rxモデル出力（波形）評価

- ノイズ波形はターゲットからの受信波形の影響を受けない範囲を使用
- 受信波形はリファレンス距離から既定の距離の間の最大ピークを使用



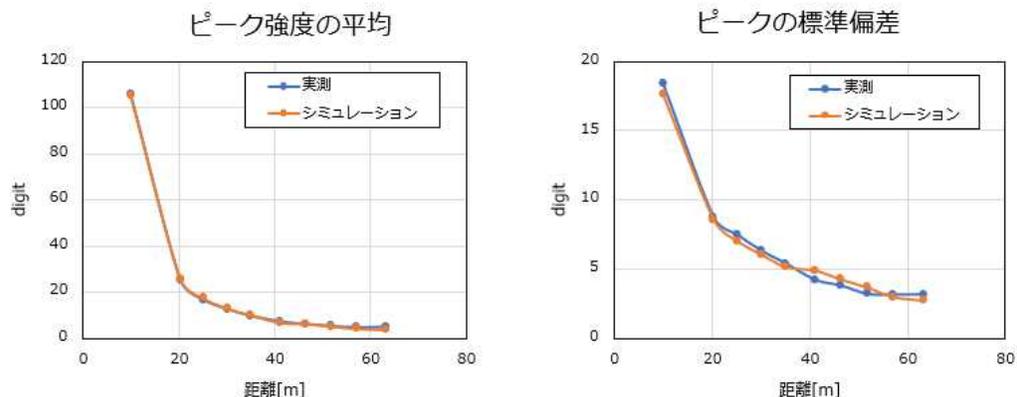
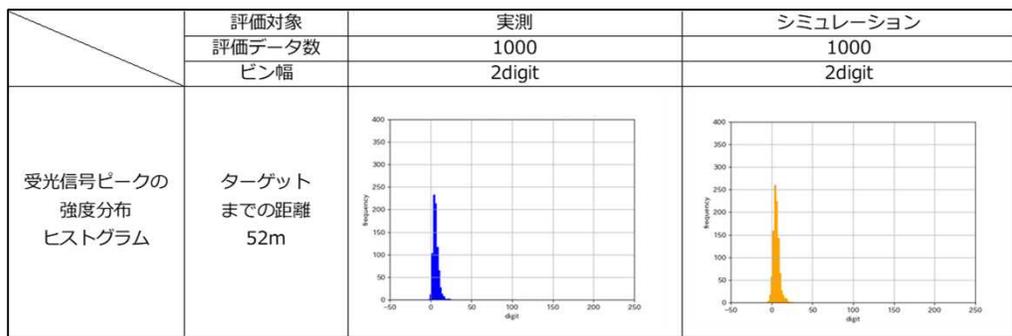
【PSSI LiDARの一致性検証 Rxモデル(波形)評価】

背景光なしについてはRxモデル(波形)の一致性を確認

Rxモデル(波形)の一致性検証(検証結果)

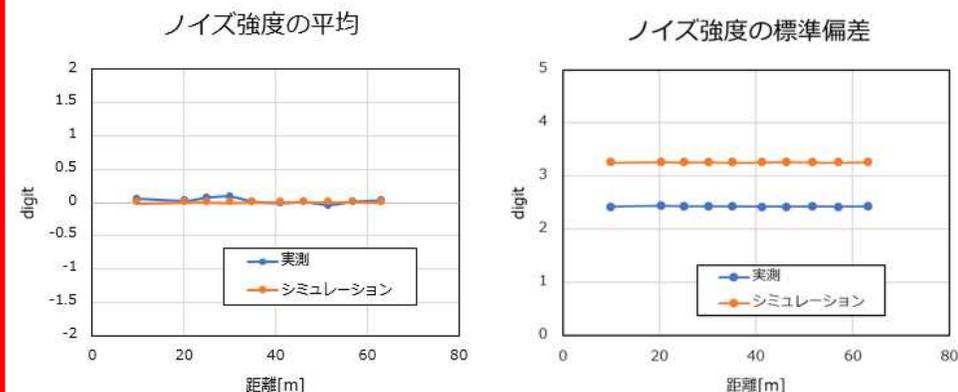
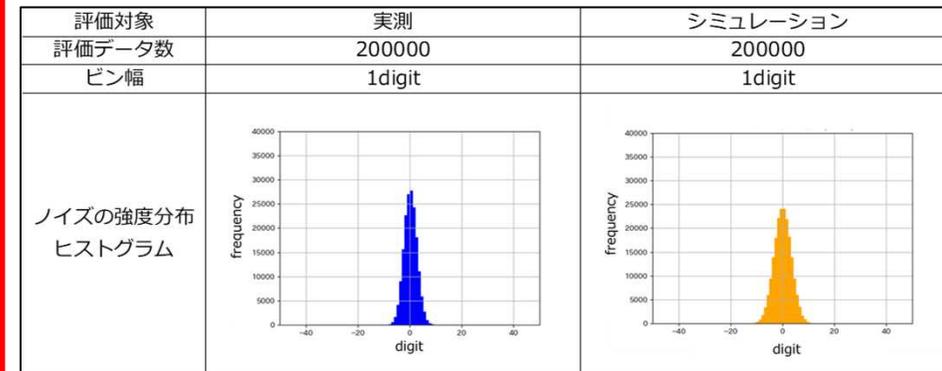


● 受信信号ピーク波形強度の一致性検証結果



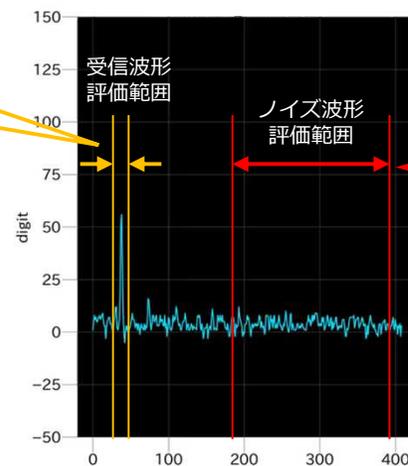
受信信号ピーク波形強度について、ヒストグラム、平均、標準偏差の一致性を確認

● ノイズ波形強度の一致性検証結果



ノイズ波形強度について、ヒストグラム、平均、標準偏差の一致性を確認

<波形一例>
背景光なし
Lambertian反射体 (10%)
ターゲット位置20m



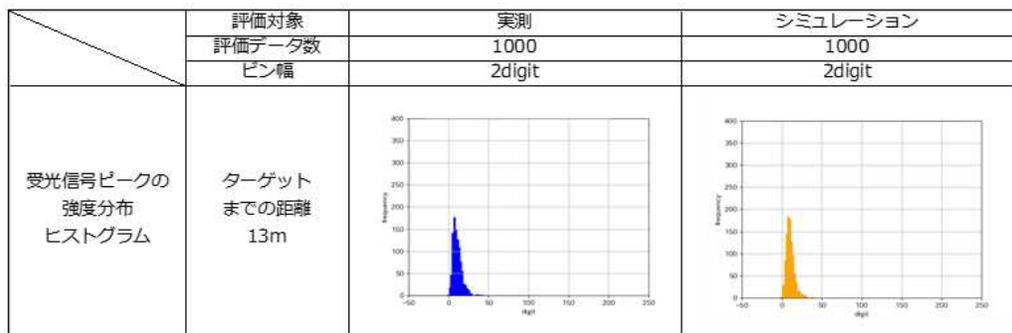
【PSSI LiDARの一致性検証 Rxモデル(波形)評価】

背景光ありについてはRxモデル(波形)のノイズ成分が不一致。

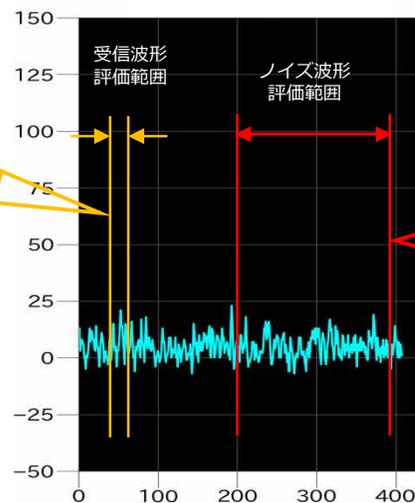
Rxモデル(波形)の一致性検証(検証結果)



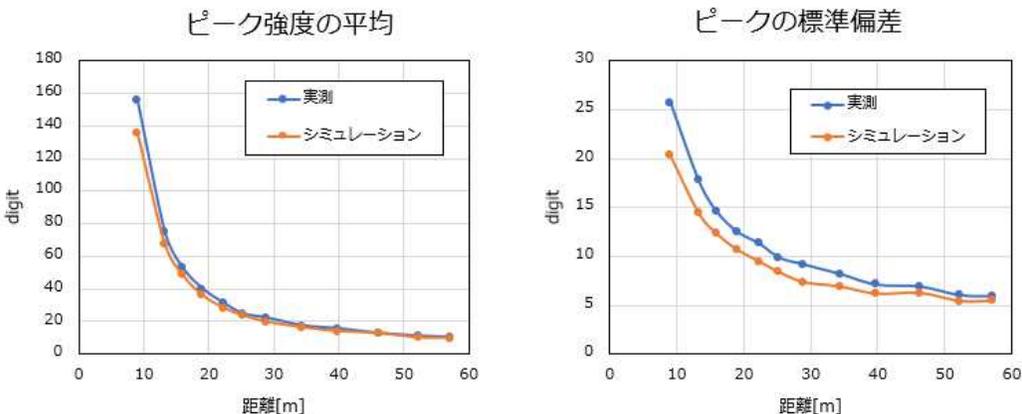
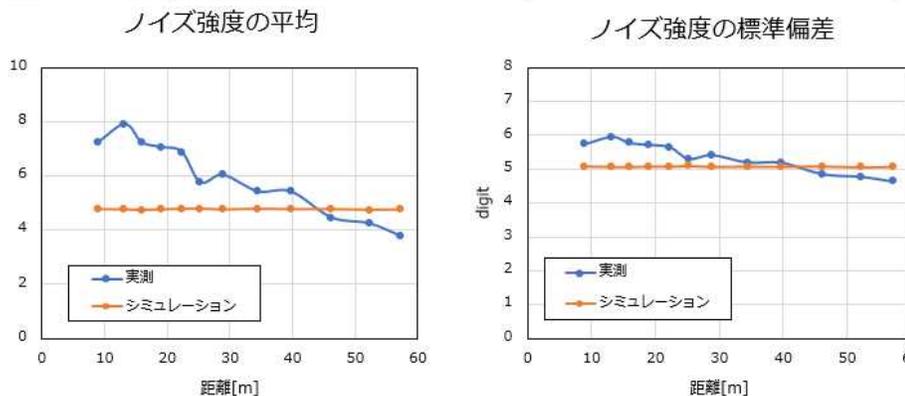
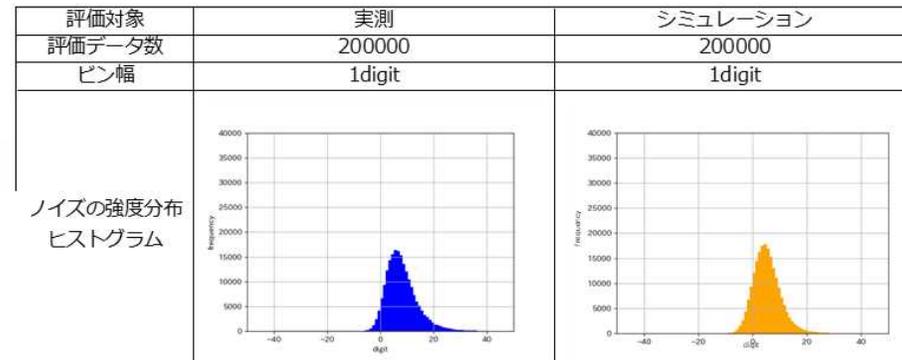
●受信信号ピーク波形強度の一致性検証結果



<波形一例>
背景光あり
Lambertian反射体 (10%)
物標位置13m



●ノイズ波形強度の一致性検証結果



受信波形ピークについて、ピーク強度の平均・標準偏差ともに実測がモデルより多少大きい結果となったもののある程度の一致性を確認

ノイズ波形強度について、実測方法(背景光の再現)の課題が明らかになった。遠距離ほどビーム視野角が大きくなるため、視野角内のターゲットにハロゲン光が一様に照射できていないことが不一致要因と推測

【PSSI LiDARの一致性検証】

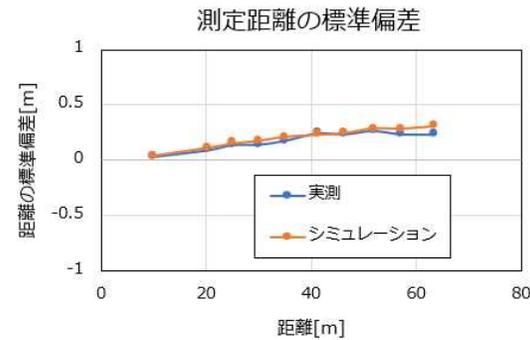
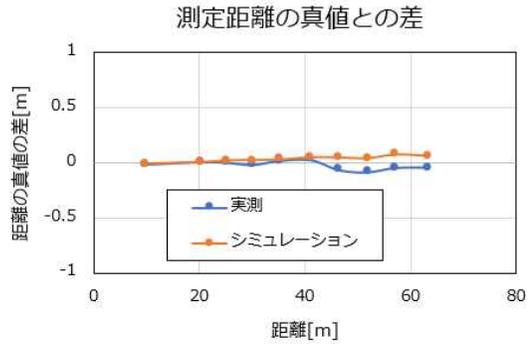
背景光なしの測距モデル(点群)の一致性を確認。



測距モデル出力(点群)の一致性検証(検証結果)

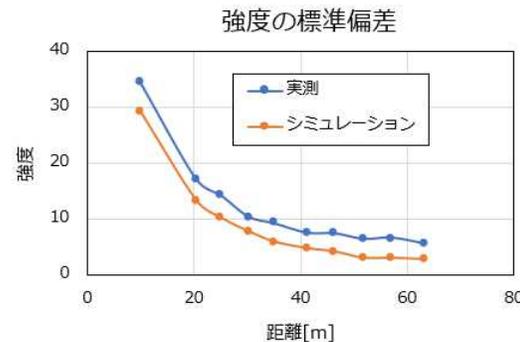
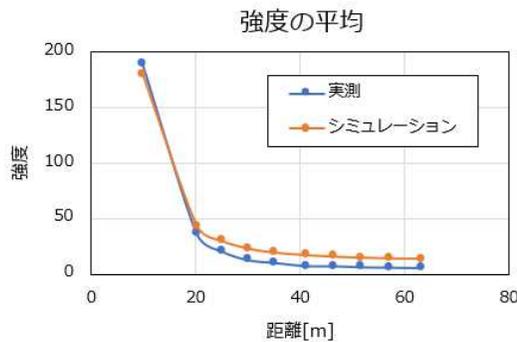
● 距離の一致性検証結果

背景光なし



精度、確度ともに十分な一致性が確認できた

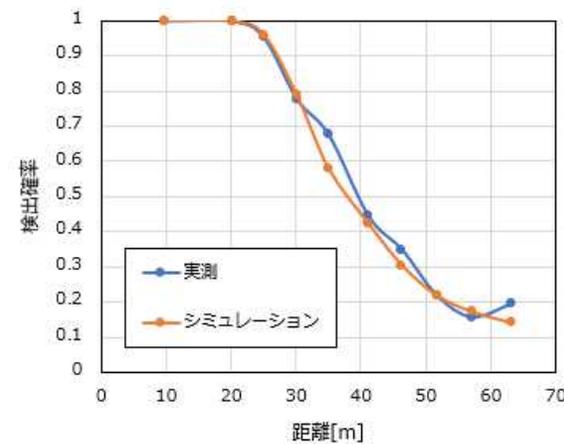
● 強度の一致性検証結果



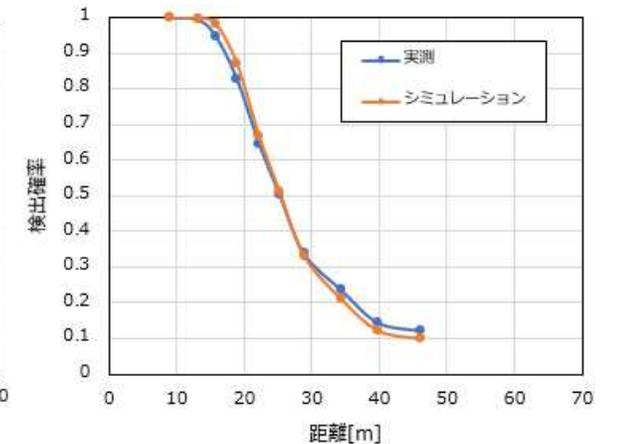
精度、確度ともに微小ではあるが実測が高めの傾向あり。

● 検出確率の一致性検証結果

背景光なし



背景光あり



背景光なし/ありの両条件化で測距限界(検出確率)の一致性を確認

【PSSI LiDARの一致性検証】

ターゲット点群の強度分布と点数の一致性を確認

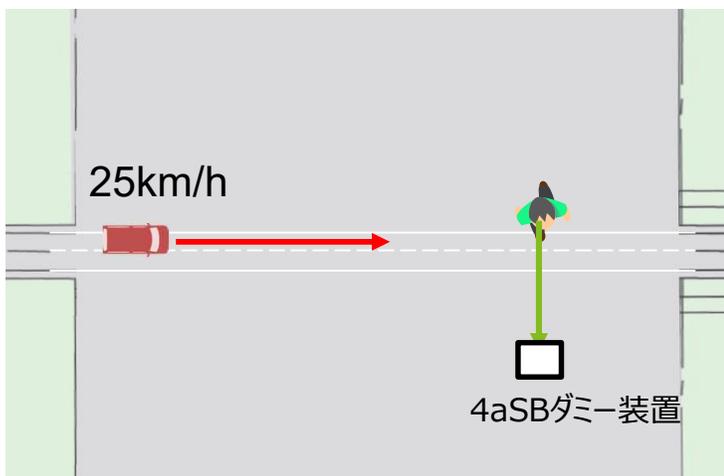


環境モデル+LiDARモデル一致性検証

《計測条件》

■ 歩行者横断の夜間シナリオで評価を実施

[評価条件] 背景光なし: 太陽光は不調要因のため、背景光なしで評価



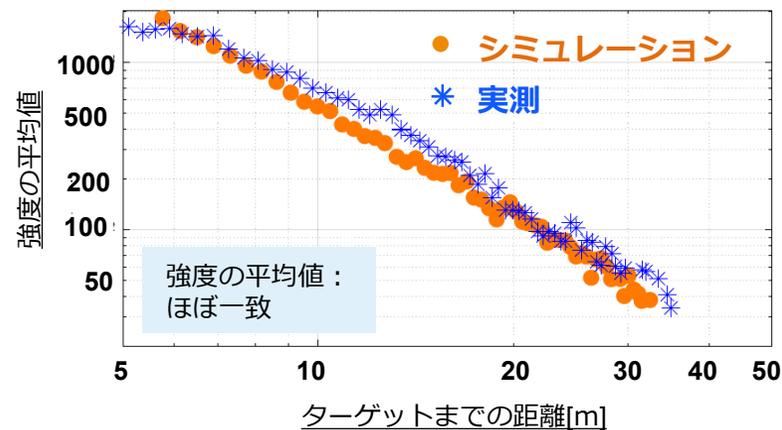
センサ搭載車両：アルファード

ターゲット：NCAP用ダミー人形

《評価結果》

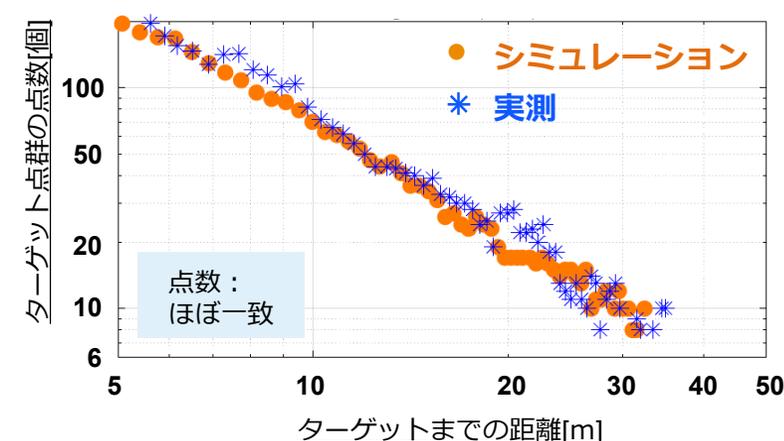
【ターゲット点群の強度分布】

各距離に対する強度の平均値



【ターゲット点群の点数比較】

各距離に対するターゲット点群の点数



ターゲット点群の強度分布、点数ともに一致性を確認

【PSSI LiDARの一致性検証】

黒革ジャケットNCAPダミーの場合、ターゲットの遠距離検出限界に不一致あり

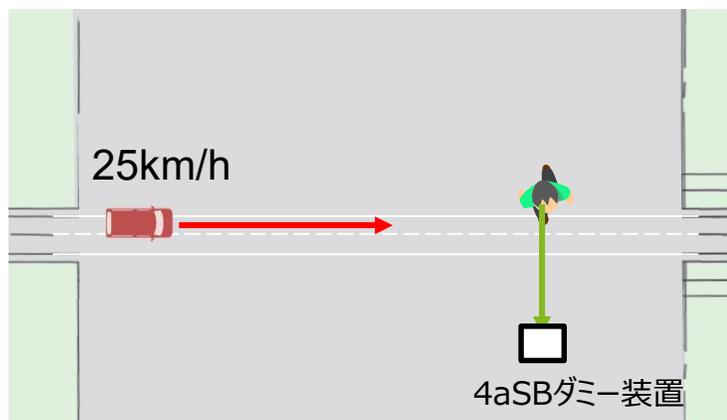


LiDAR認識モデル影響評価

《計測条件》

■ 歩行者横断の夜間シナリオで評価を実施

[評価条件] 背景光なし：太陽光は不調要因のため、背景光なしで評価



センサ搭載車両：アルファード
ターゲット：NCAP用ダミー人形

《評価結果》

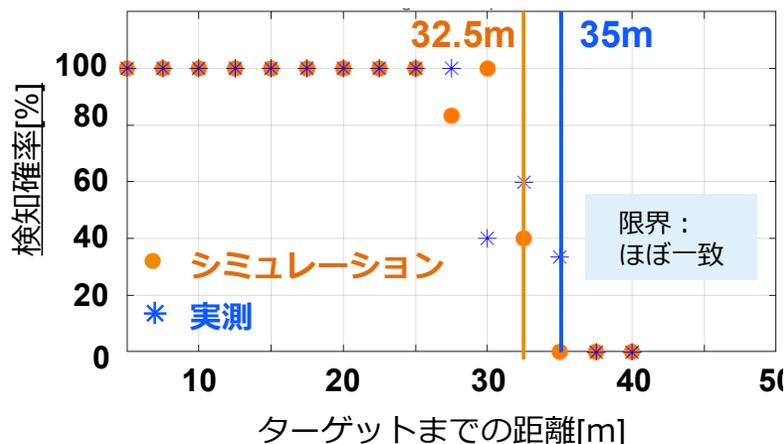
■ PSSI LiDAR認識モデルのターゲットの遠距離検出限界は取得点数に依存する。

■ 取得点数を決める要因としては大きく下記の2つがある

- ターゲットサイズおよびLiDARの分解能による検出限界 ⇒ NCAPダミー人で確認
- ターゲット反射率の影響による検出限界 ⇒ 黒革ジャケットNCAPダミー人で確認

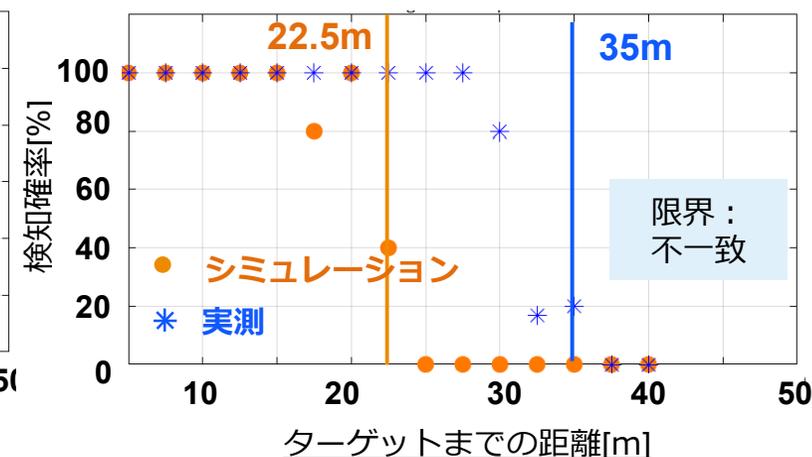
【ターゲットの遠距離検出限界】

(NCAPダミー人)



【ターゲットの遠距離検出限界】

(黒革ジャケットNCAPダミー人)



NCAPダミー人の遠距離検出限界の一致性を確認
不調となる黒革ジャケットの場合で不一致あり

【PSSI LiDARの一致性検証】

ターゲット点群形状と反射率のターゲットの遠距離検出限界に与える影響を評価

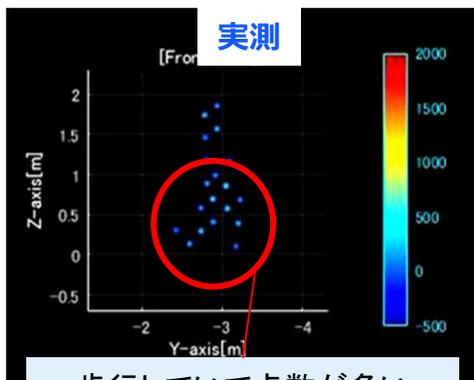


【ターゲットの遠距離検出限界: 差異要因調査】 (黒革ジャケットNCAPダミー人)

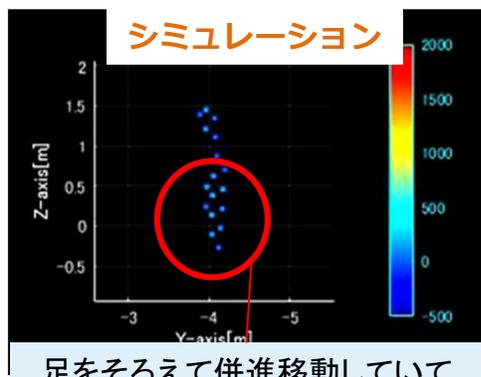
[要因①]: 下半身点群形状の差異

[要因②]: 黒革ジャケット反射率影響

下半身点群形状差異



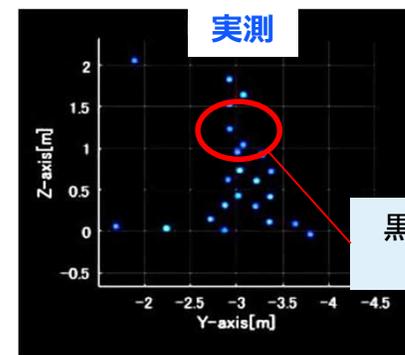
歩行していて点数が多い



足をそろえて併進移動していて
点数が少ない

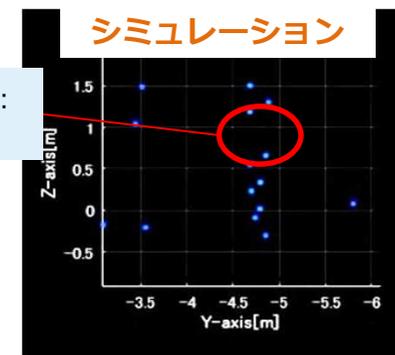
実測とシミュレーションでターゲットの下半身形状が大きく異なる ⇒ 差異要因の可能性あり

■ 黒革ジャケット部の点群差異(ターゲットまでの距離22m)

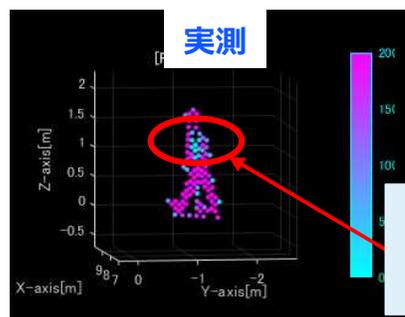


黒革ジャケット部:
取得点群なし

黒革ジャケット部:
数点取得

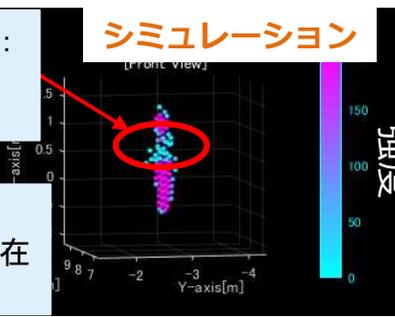


■ 黒革ジャケット部の強度差異(物標までの距離8m)



黒革ジャケット部:
強度が低く一様
(シアン)

黒革ジャケット部:
強度が高い部分が存在
(マゼンタ)



黒革ジャケットには鏡面反射成分があるが、モデルでは再現されていない ⇒ 差異要因の可能性あり

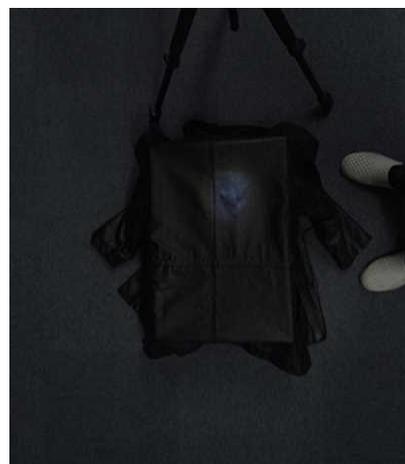
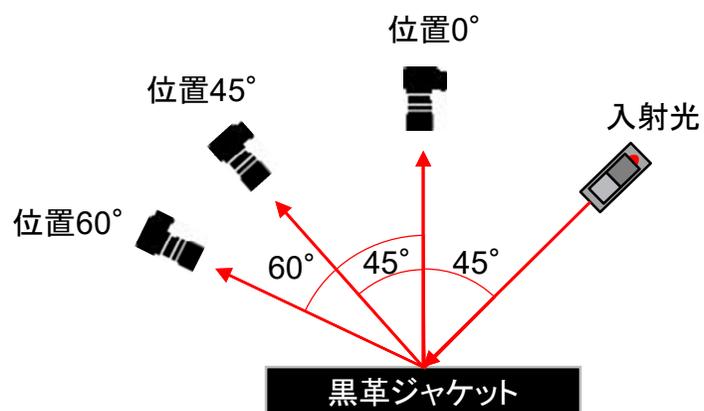
【PSSI LiDAR認識モデル影響評価】 黒革ジャケットの鏡面反射特性の調査

【ターゲット(黒革ジャケットNCAPダミー人)の遠距離検出限界：差異要因調査】



[要因②: 黒革ジャケット反射率影響]

カメラ角度を変化させたときの黒革ジャケットの反射光強度の変化(入射光は約45°)



位置0°



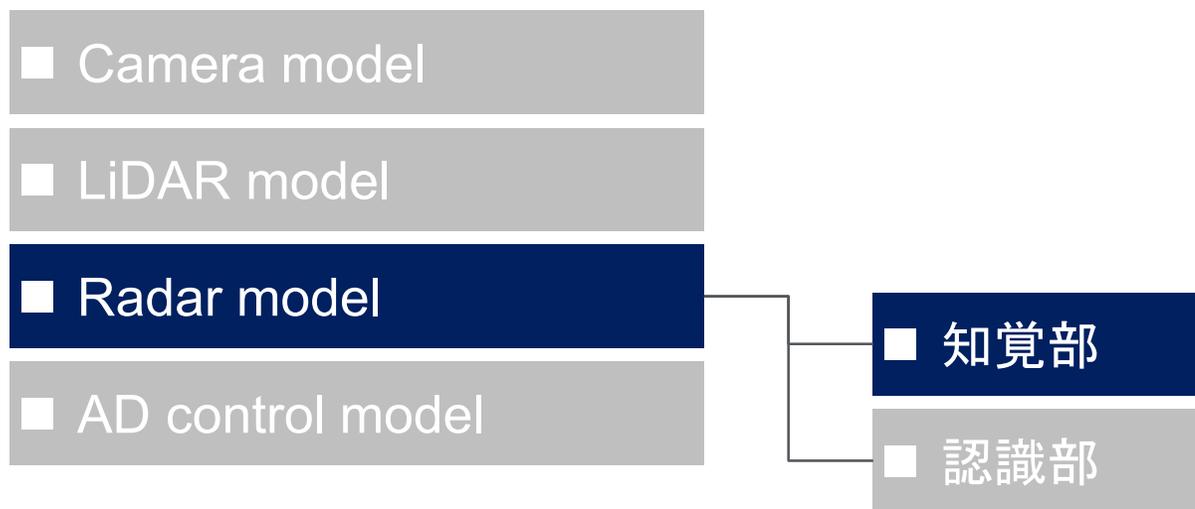
位置45°



位置60°

黒革ジャケットに拡散反射成分より著しく大きな鏡面反射成分が含まれることを確認

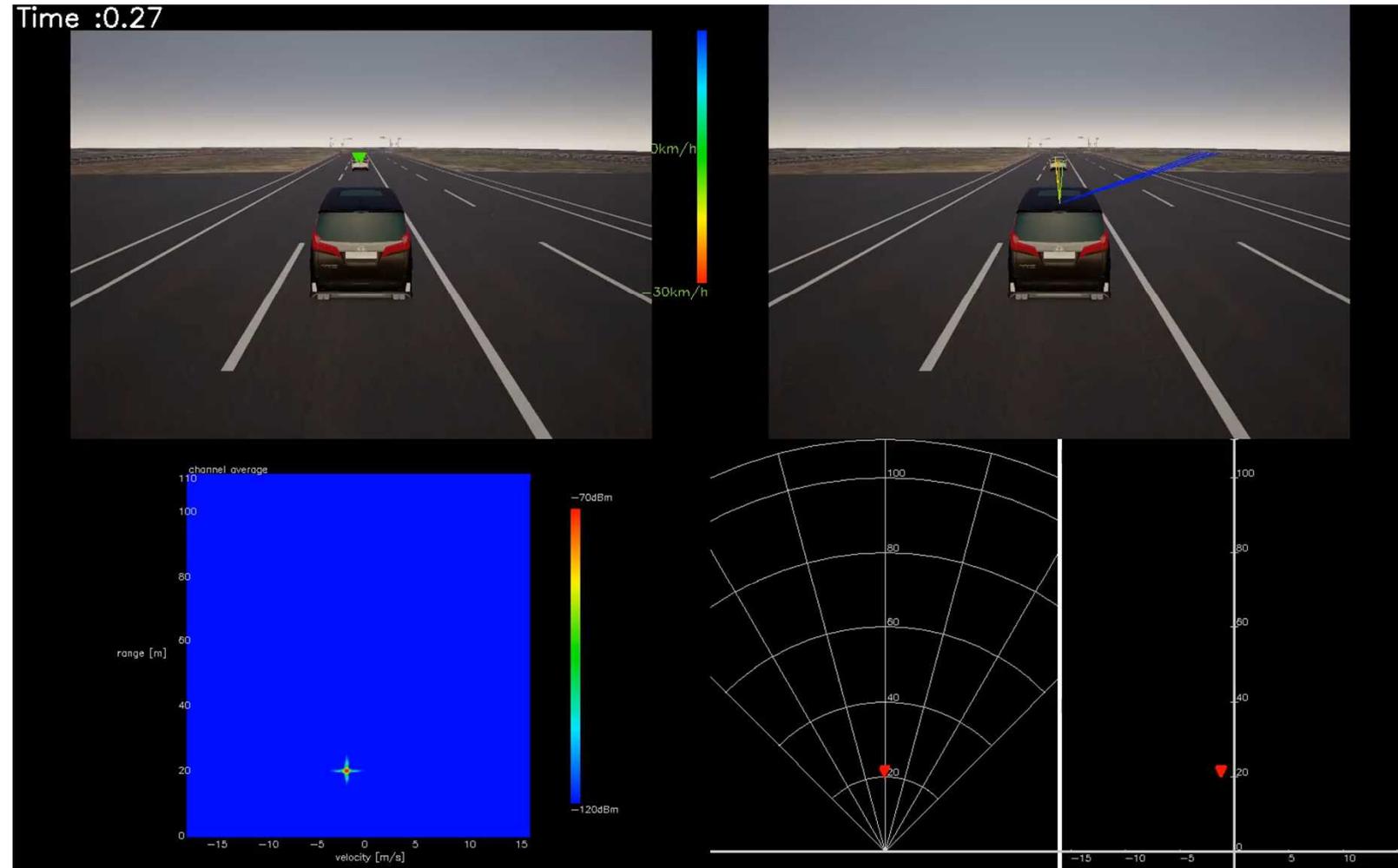
実現象と一致性の高いセンサモデル



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



【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

DENSO SOKEN Nihon Unisys, Ltd

一 致 性 検 証

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）	<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 路面マルチパス 	<ul style="list-style-type: none"> 距離・速度・方位に対する信号強度分布 コーナリフレクタ・プリウス信号強度の距離依存性
基本検証 （移動物）		<ul style="list-style-type: none"> マイクロドップラー 	<ul style="list-style-type: none"> 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
NCAPシナリオ 検証	<ul style="list-style-type: none"> 基本的な複数物標（プリウス・アルファード・NCAPダミー人などの組合せ）の検証 	<ul style="list-style-type: none"> 多重エコー 物体による遮蔽特性 	<ul style="list-style-type: none"> 自車ープリウス間でのエコーによるゴーストの発生状況 車影飛出し・CUT OUTシナリオでの影にある物標の見え始め時刻
不調再現 検証	<ul style="list-style-type: none"> 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 実際の交通環境での検証 	<ul style="list-style-type: none"> 信号強度 	<ul style="list-style-type: none"> マンホール・段ボールの信号強度
拡張性検証		<ul style="list-style-type: none"> トンネル壁によるマルチパス 周辺構造物の反射強度、反射点分布 	<ul style="list-style-type: none"> 追越し車両に対するゴーストの発生状況 トンネル・陸橋の距離・速度・方位に対する信号強度分布

Radarモデルへの実測に基づくセンサ特性・誤差要因の組み込みにより、不調再現の仕組みを構築

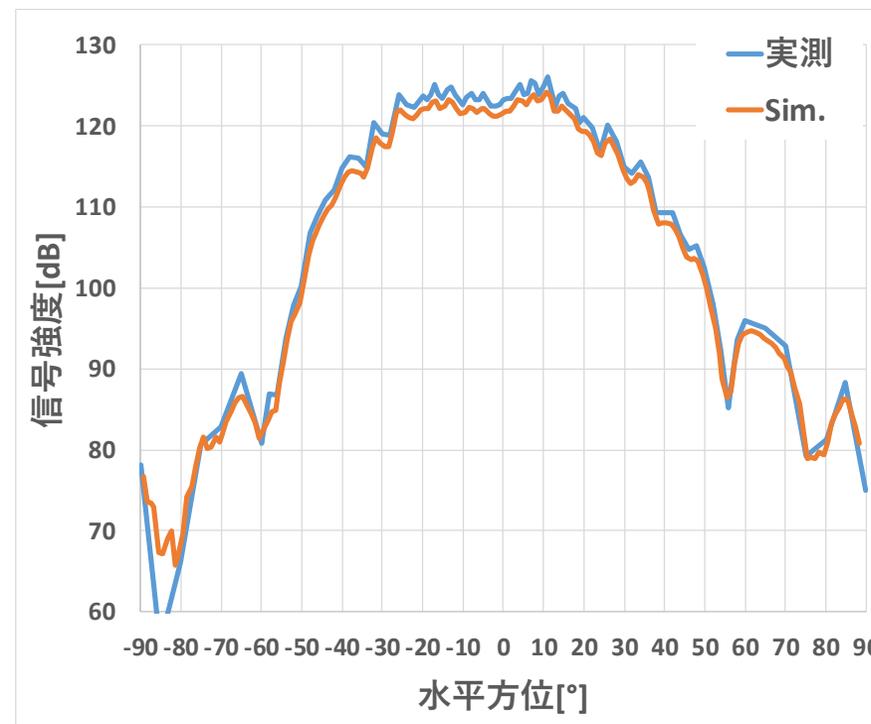
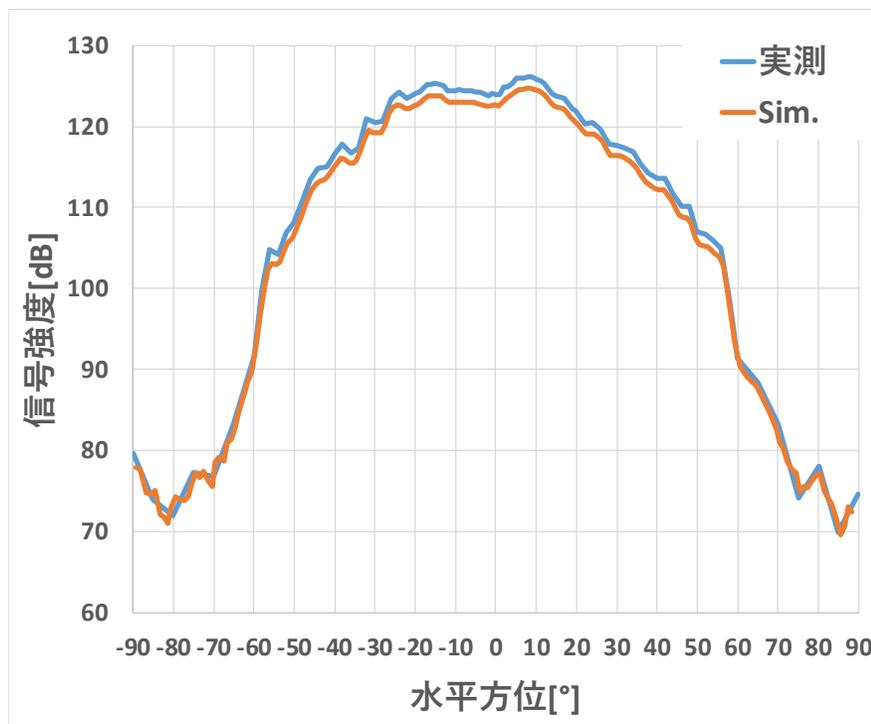
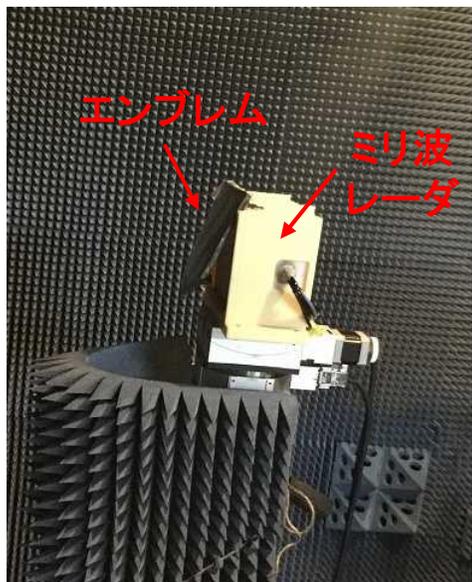
信号強度のセンサ水平方位依存性

DENSO SOKEN Nihon Unisys, Ltd

エンブレム無し

エンブレム有り

実測環境



物理光学近似適用や実測に基づく反射率の割り当てにより、車両の距離・速度・方位に加え、信号強度のレベル、距離減衰が概ね一致することを確認した

プリウス離間シナリオでの一貫性検証

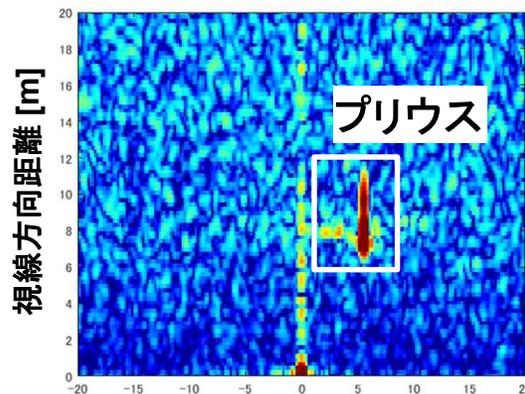
DENSO SOKEN Nihon Unisys, Ltd

知覚レベル<距離、速度、方位、信号強度>の一貫性確認

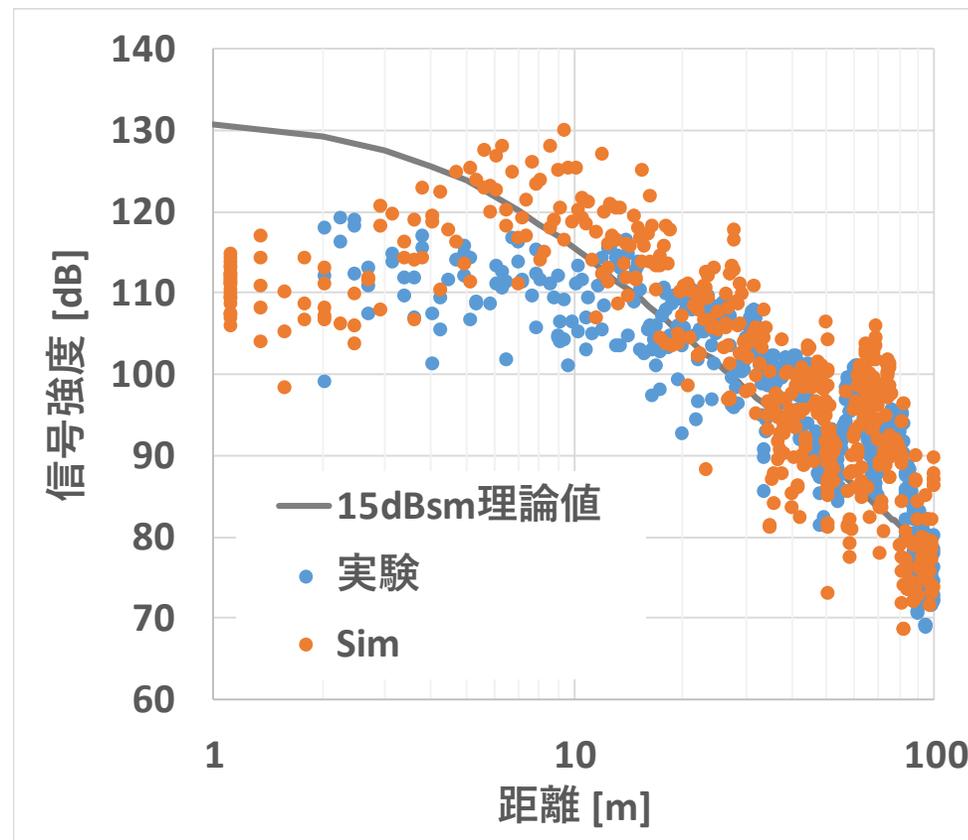
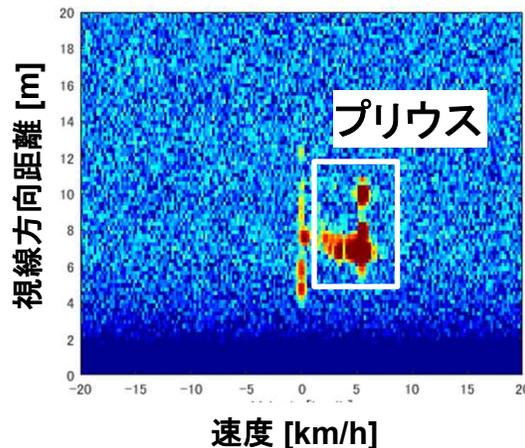
最大反射点の信号強度比較



実測



Sim.

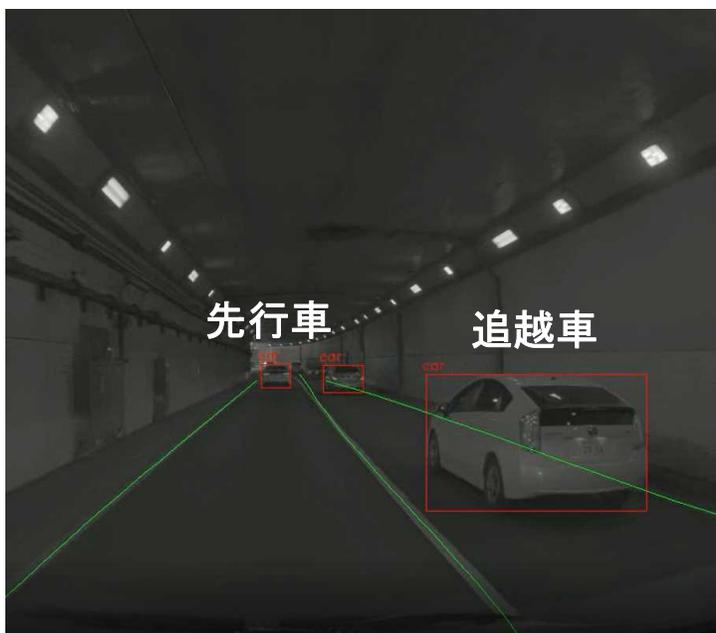


シミュレーション環境・モデル構築手法の確立により、複雑な実走行シーンにおけるシミュレーションが可能となり課題を抽出することができた

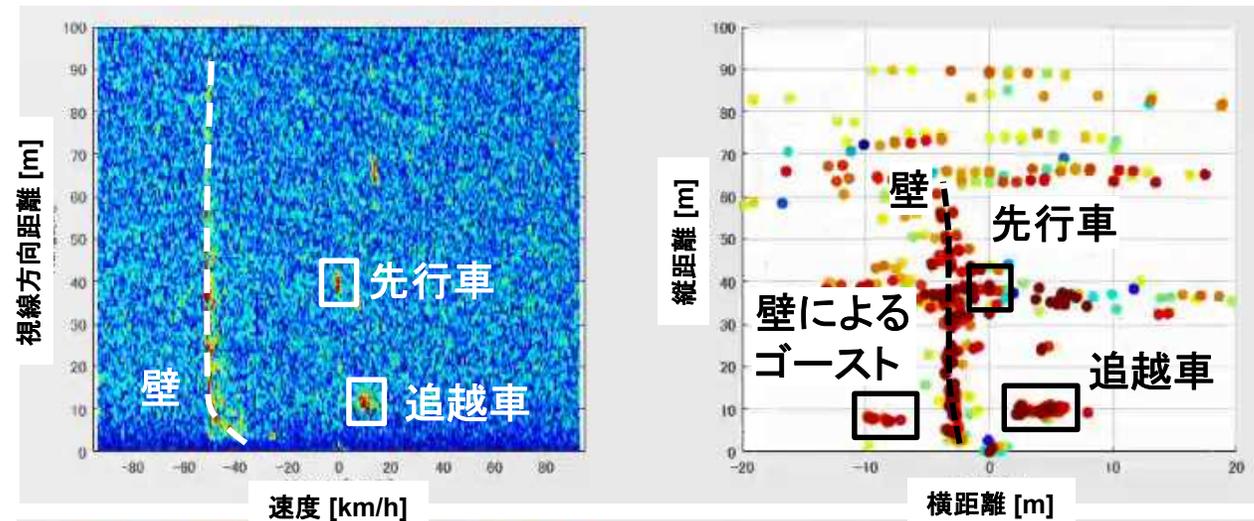
首都高C1での一致性検証

DENSO SOKEN Nihon Unisys, Ltd

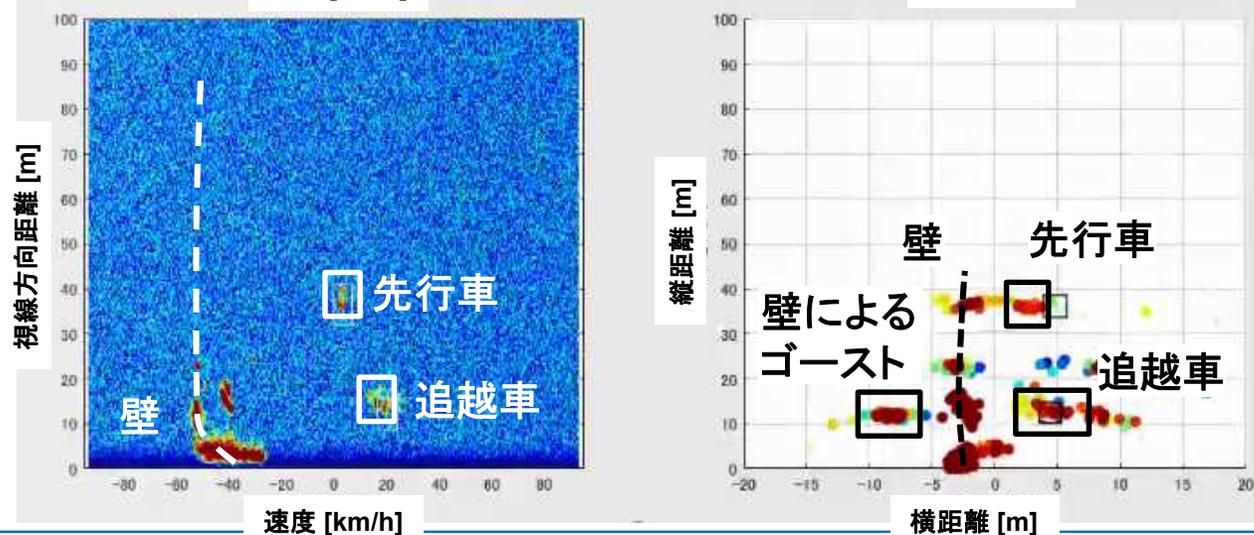
検証シナリオ



実測



Sim.



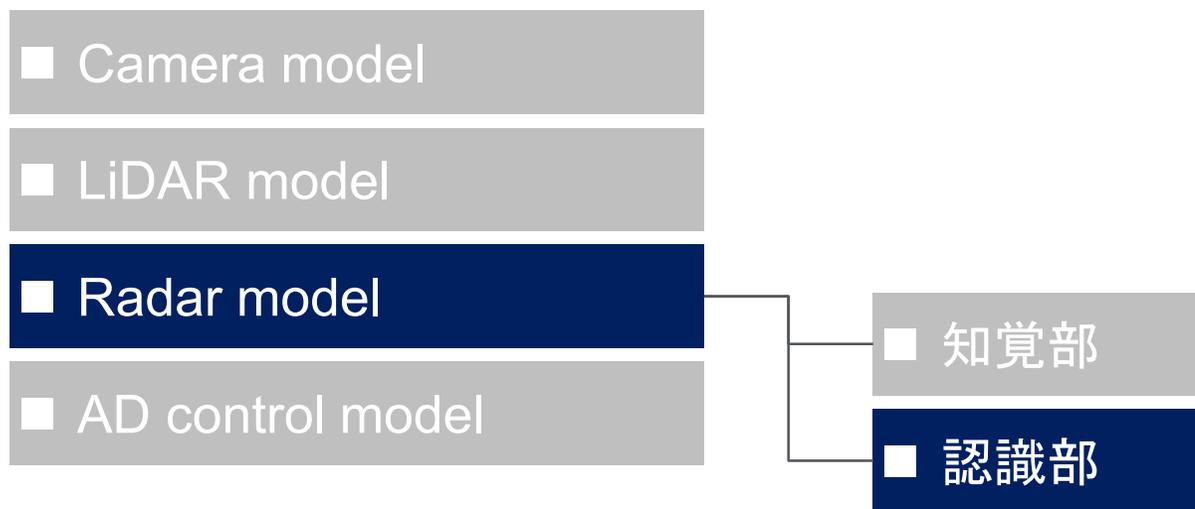
ミリ波Radarモデルの一致性を確認し、現状の課題を抽出した

ミリ波Radarモデル一致性確認結果

DENSO 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
認識対象の反射特性	プリウス・歩行者・段ボール・マンホールに対する知覚出力	<ul style="list-style-type: none"> ■ 距離・速度・方位は概ね一致 ■ プリウス・歩行者・マンホールの信号強度はシーンにより概ね一致 	<ul style="list-style-type: none"> ■ アセットの分割方法と反射特性の割当て方法 ■ 段ボールのような不規則な面からなる構造物のモデル化
周辺構造物の反射特性	トンネル・陸橋の知覚出力	-	<ul style="list-style-type: none"> ■ 周辺構造物の反射再現
物体による遮蔽特性	車影飛出し・CUT OUTシナリオで影にある物標の見え始め時刻	<ul style="list-style-type: none"> ■ 見え始めの時刻は概ね一致 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 回折・透過の原理と照らした妥当性の確認
マルチパス特性	路上コーナーリフレクタ・プリウス信号強度の距離依存性	-	<ul style="list-style-type: none"> ■ 路面マルチパス影響の再現
	トンネル壁でのゴースト発生	<ul style="list-style-type: none"> ■ ゴーストの発生を確認 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 信号強度の再現確認
多重エコー特性	近接プリウスと自車間の多重エコーによる信号	<ul style="list-style-type: none"> ■ 多重エコーによる信号発生を確認 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 信号強度の再現確認
センサ搭載環境の影響	エンブレムによる方位推定誤差	<ul style="list-style-type: none"> ■ 方位推定誤差は概ね一致 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 搭載環境ごとのモデル化
マイクロドップラー	タイヤの回転・歩行者の足振りに対する知覚出力	<ul style="list-style-type: none"> ■ 歩行者の足振りによるマイクロドップラーの発生 	<ul style="list-style-type: none"> ■ アセット分割方法、レイ設定の最適化

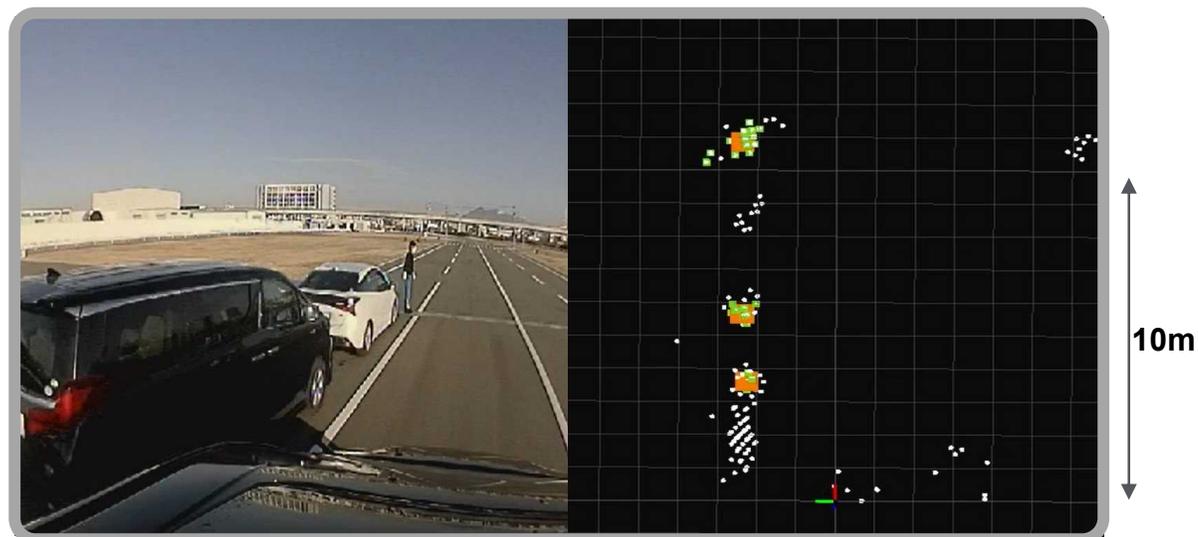
実現象と一致性の高いセンサモデル



ミリ波レーダ認識モデルの評価が可能に。
位置・相対速度・反射強度から、認識モデルの構築・検証ができる。

NCAP車影飛び出しシナリオ(自車速25km/h)におけるミリ波認識モデル出力(位置)

Real



DIVP[®] simulation



※シミュレーション条件: 反射体OFF、反射回数1回、知覚点上限200

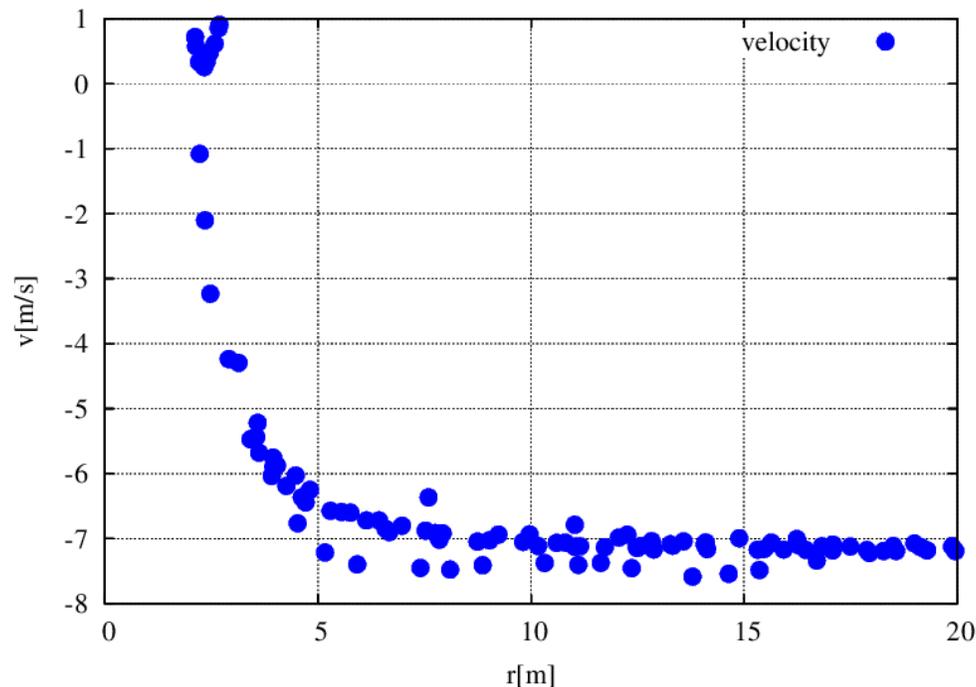
○ 知覚出力点 ■ ノイズ除去後知覚点 ■ 認識出力点

ミリ波認識モデルの位置推定精度に課題が残る。
「アセットの分割方法、反射特性の割り当て方法」の影響が大きい。
→ミリ波知覚出力の残課題が解決されれば、さらなる一致性が期待できる。

ミリ波レーダ認識モデルの評価が可能に。
位置・相対速度・反射強度から、ミリ波認識モデルの構築・検証ができる。

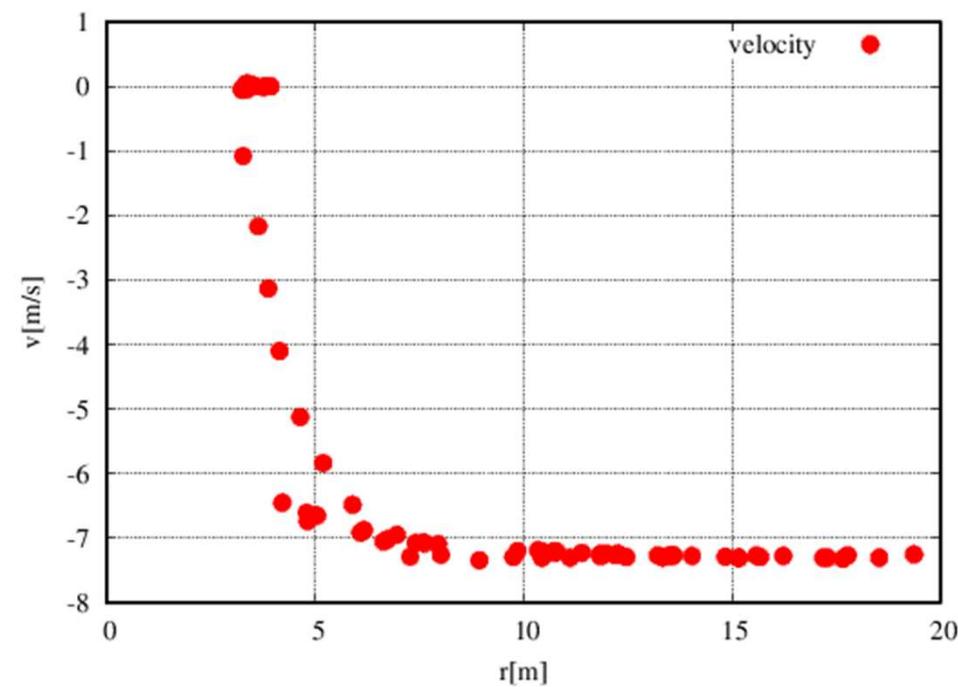
NCAP車影飛び出しシナリオ(自車速25km/h)におけるミリ波認識モデル出力(相対速度)

Real



物標までの距離に対する相対速度出力(実車)

DIVP® simulation



物標までの距離に対する相対速度出力(Sim.)

相対速度出力については物標までの距離に関わらず実機とシミュレーションで概ね一致していることが確認できる。

実現象と一致性の高いセンサモデル

■ Camera model

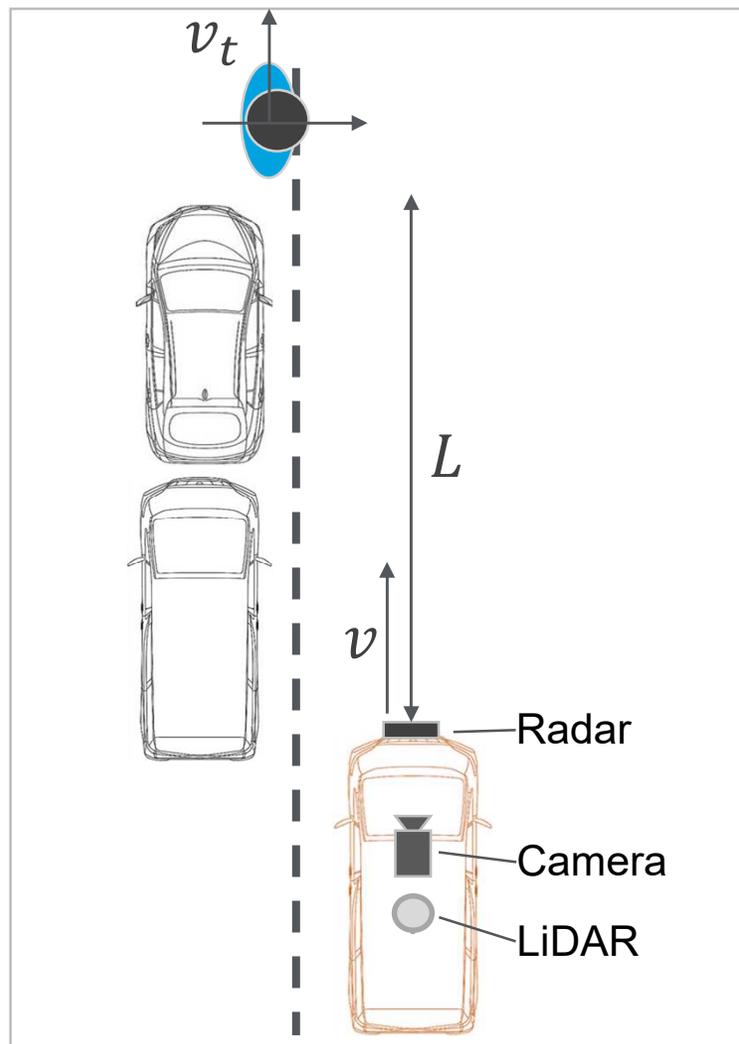
■ LiDAR model

■ Radar model

■ AD control model

各センサの誤検出に対応するために、Camera・LiDAR・Radarの情報を組み合わせたフュージョンモデルを設計、物標までの高精度な距離計測が可能に。

Camera・LiDAR・Radarを組み合わせたNCAP-AEB制御実験のためのフュージョンモデル設計



各センサの役割とフュージョン設計

	Camera	LiDAR or Radar
役割	方位推定・物標識別	方位推定・距離計測
Camera+LiDAR		
Camera+Radar		

TTC(Time to Collision)によるAEB作動タイミングの設計

$$TTC = \frac{L}{v - v_t}$$

I/Fとモデルの入念な設計により短期間で車両制御まで実験可能に。地道な実験検証からリアル特有の問題点をシミュレーションに反映し、車両挙動の一致性まで確認できた。

車両挙動に関する一致性検証

歩行者認識地点

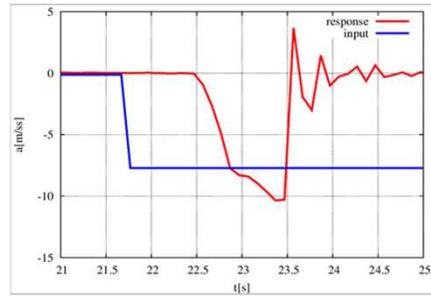
Real



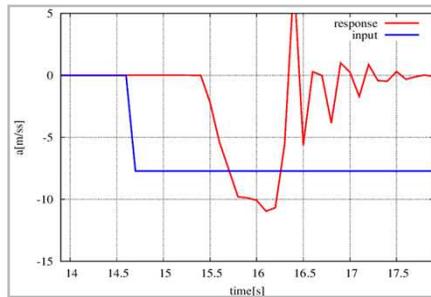
sim.



ブレーキ入力遅延の再現



Input delay (Real)



Input delay (Sim.)

制動開始

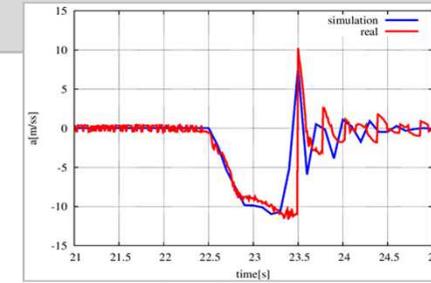
Real



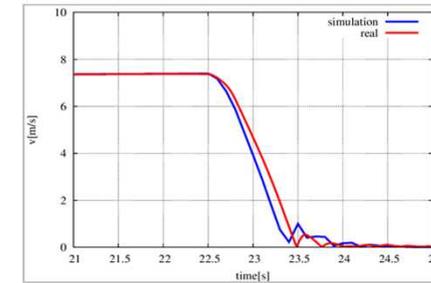
Sim.



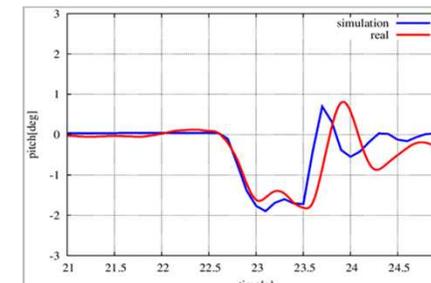
車両挙動に関する一致性



Acceleration



Velocity



Pitch

制動終了

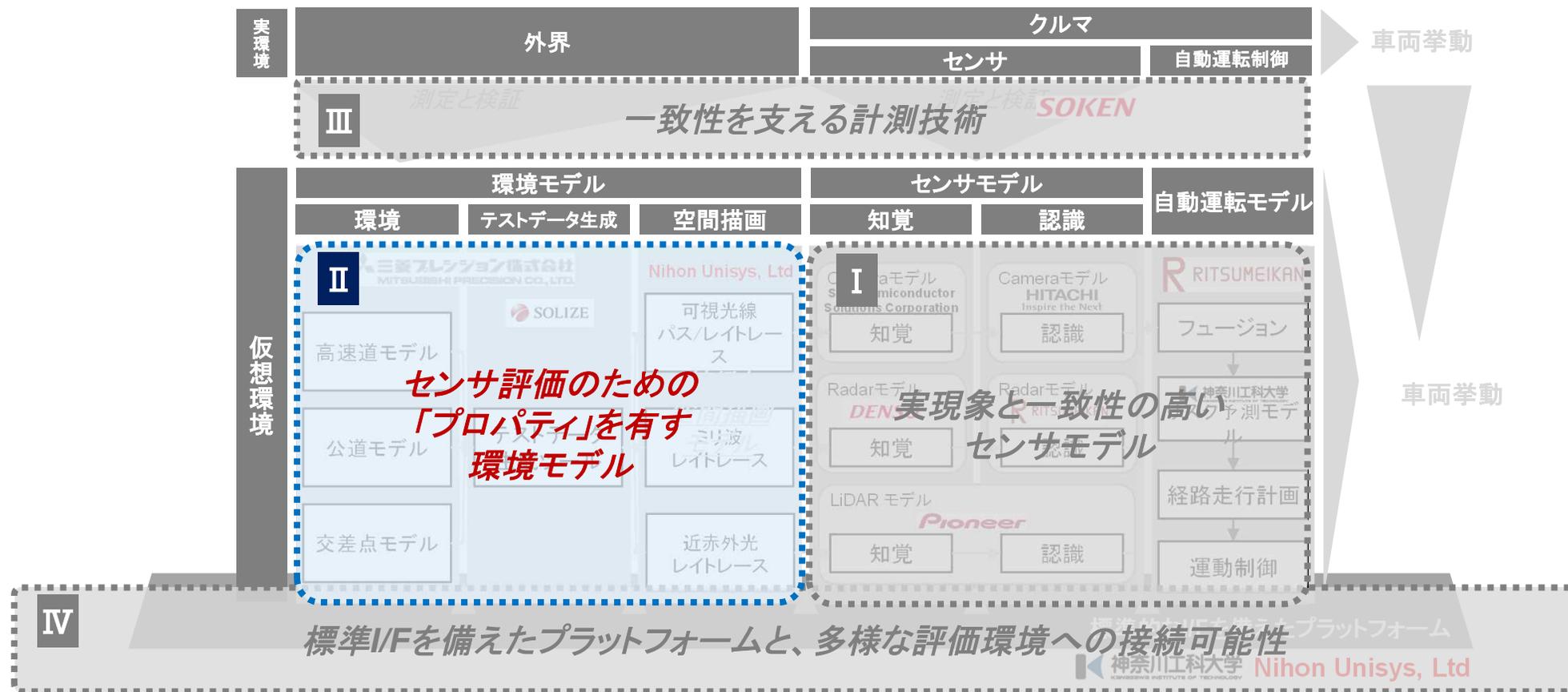
Real



Sim.



令和2年度研究成果

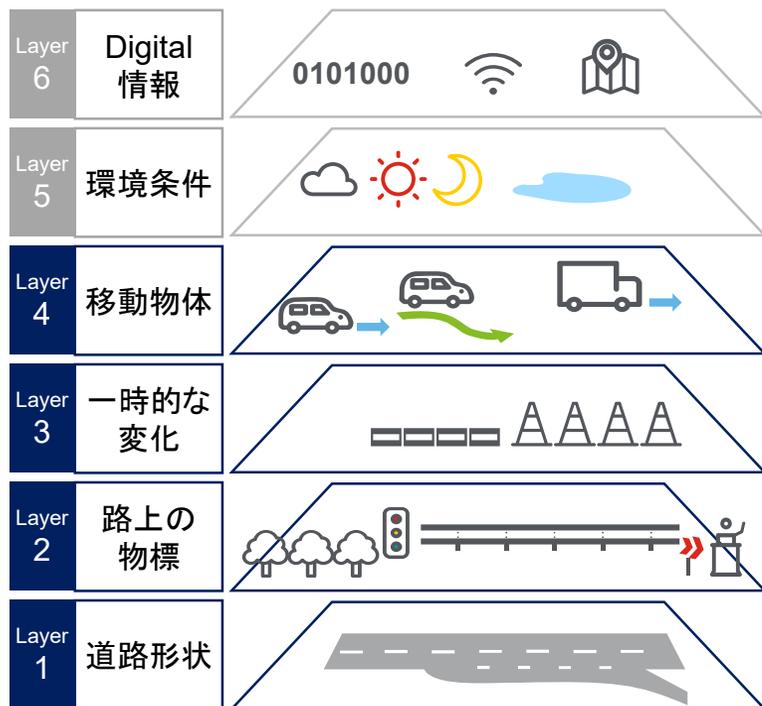


SDM(Space Design Model)-generatorにより、時間や場所、気象条件等の制約に縛られず、必要な交通環境モデルをいつでも自由に組み立てることが可能に

便利な交通環境モデル作成技術

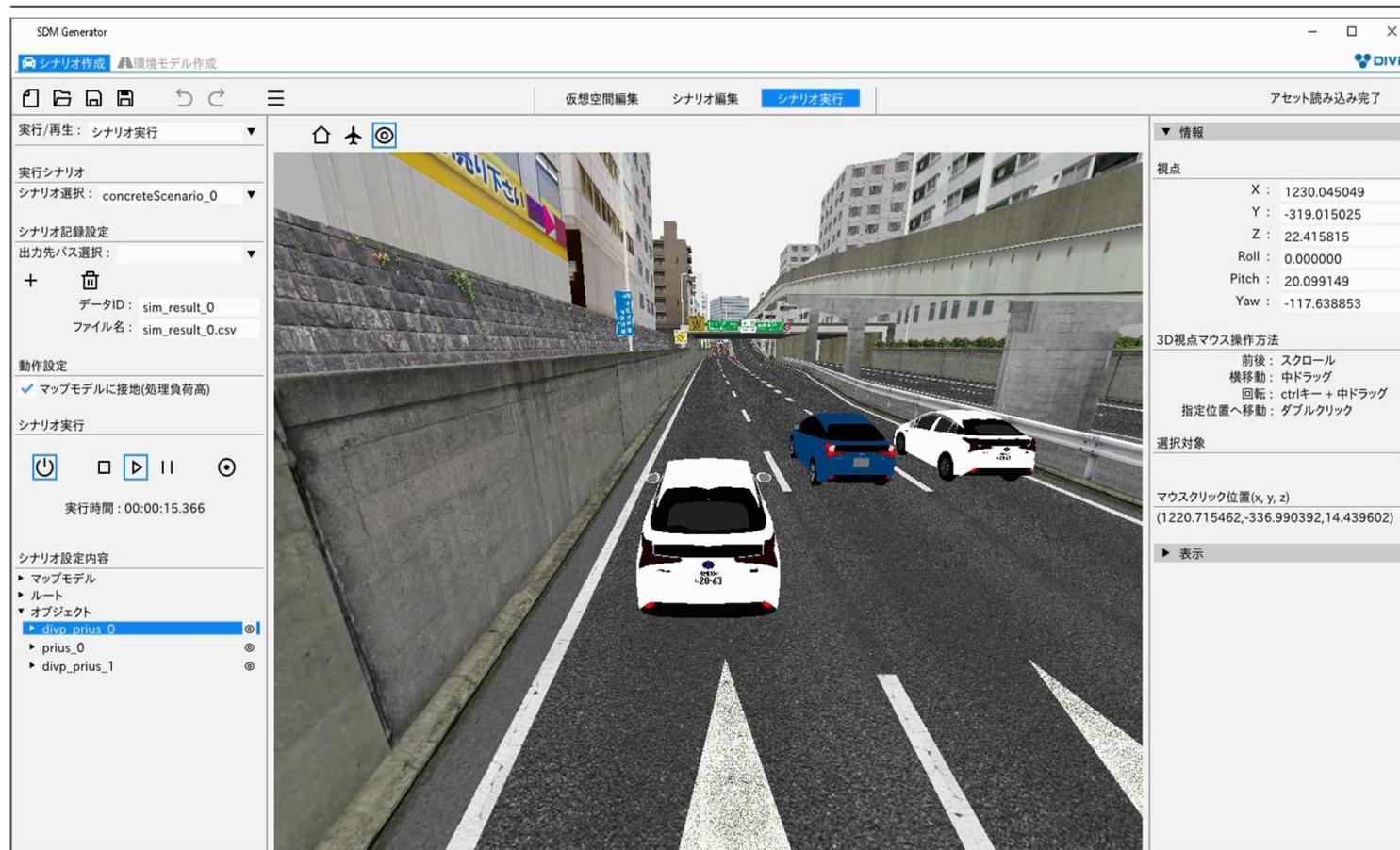


走行環境モデルのLayer



SDM-Generatorを使って

SDM-generatorを使った交通環境モデルの生成



■ 気象条件、時間、周辺交通環境等に左右され膨大な実験リソースが必要、実験では再現が困難なケースも存在、そもそもの評価網羅が難しい

国内OEM担当者

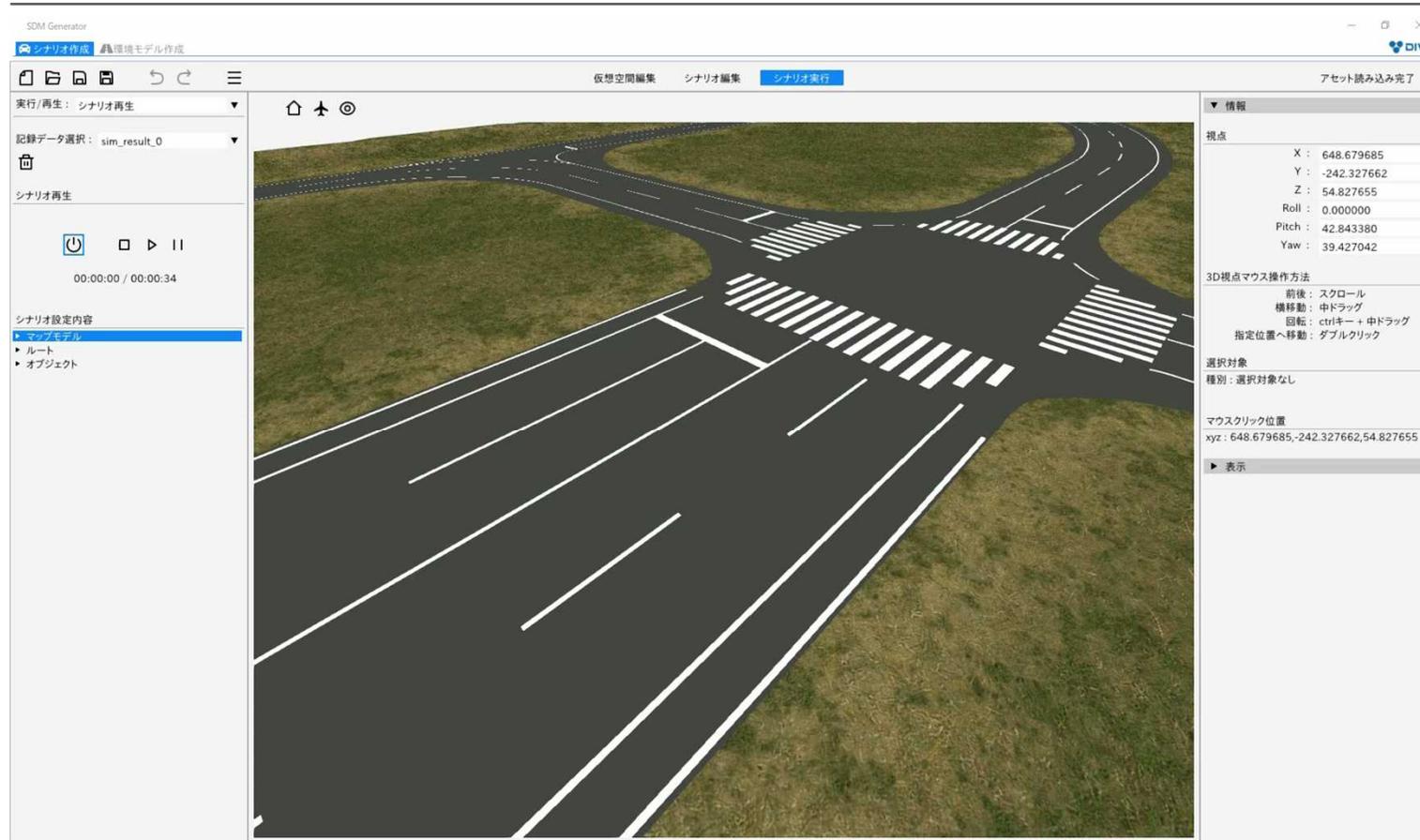
道路形状から交通参加者の配置と動きの設定まで、任意の交通環境の組み立てが可能に 並行して雨や逆光等の環境因子のモデル化も進める

Virtual-PGの構築

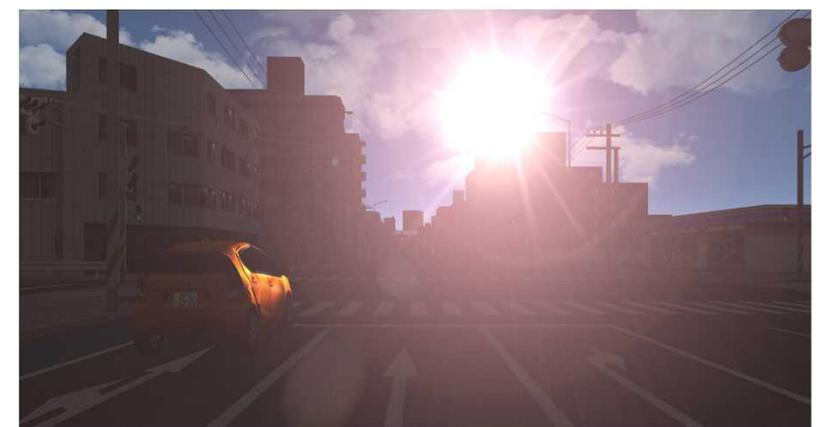


J-town交差点における交通環境の再現

雨の再現



逆光の再現



センサ評価のための「プロパティ」を有す環境モデル

- 精緻な環境モデルと空間描画
- センサ不調のモデル化
- センサ不調シナリオの体系化

プロパティを有する環境の各モデルは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可能とする

高精細なポリゴンモデル

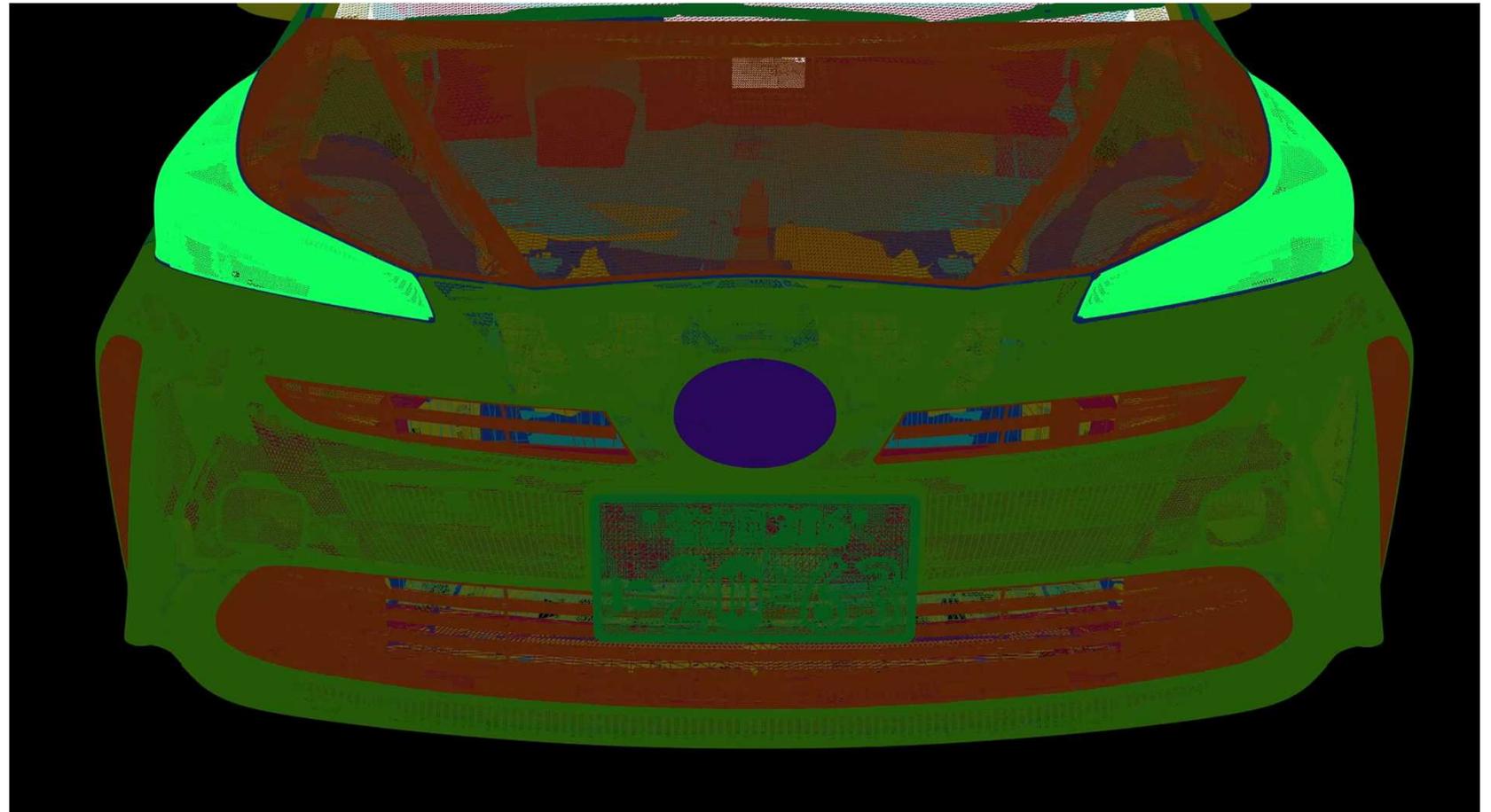


レーザー測定



実計測に基づく
高精度なモデル化

ポリゴンモデル化

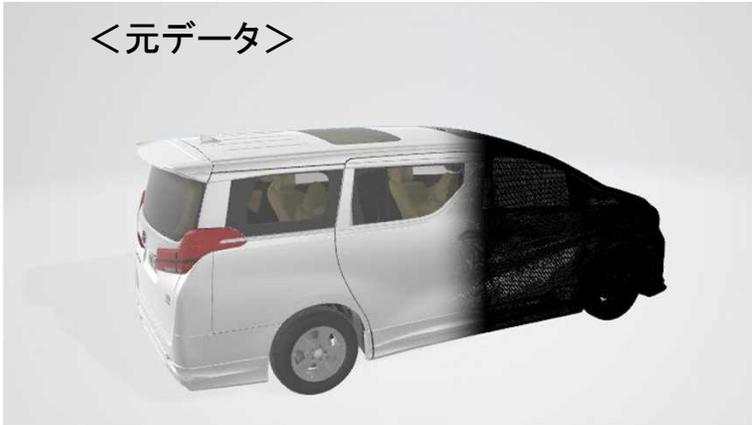


モデル形状の精度を確保しつつ情報量を削減することで、シミュレーションの精度と高速化を両立した

センサ分解能を許容誤差とした情報量削減ツールの開発(※1)



<元データ>



<削減例>

車間距離5mモデル(ポリゴン数20%)



<削減例>

車間距離10mモデル(ポリゴン数5%)



車間距離 : 5m
処理速度比率: 122%



車間距離 : 10m
処理速度比率: 259%



車間距離 : 20m
処理速度比率: 328%



センサに影響しない、詳細すぎる情報に注目して量を削減し、シミュレーションの高速化を実現した。

※映像から差異が認識不可能な範囲でデータを削減している。

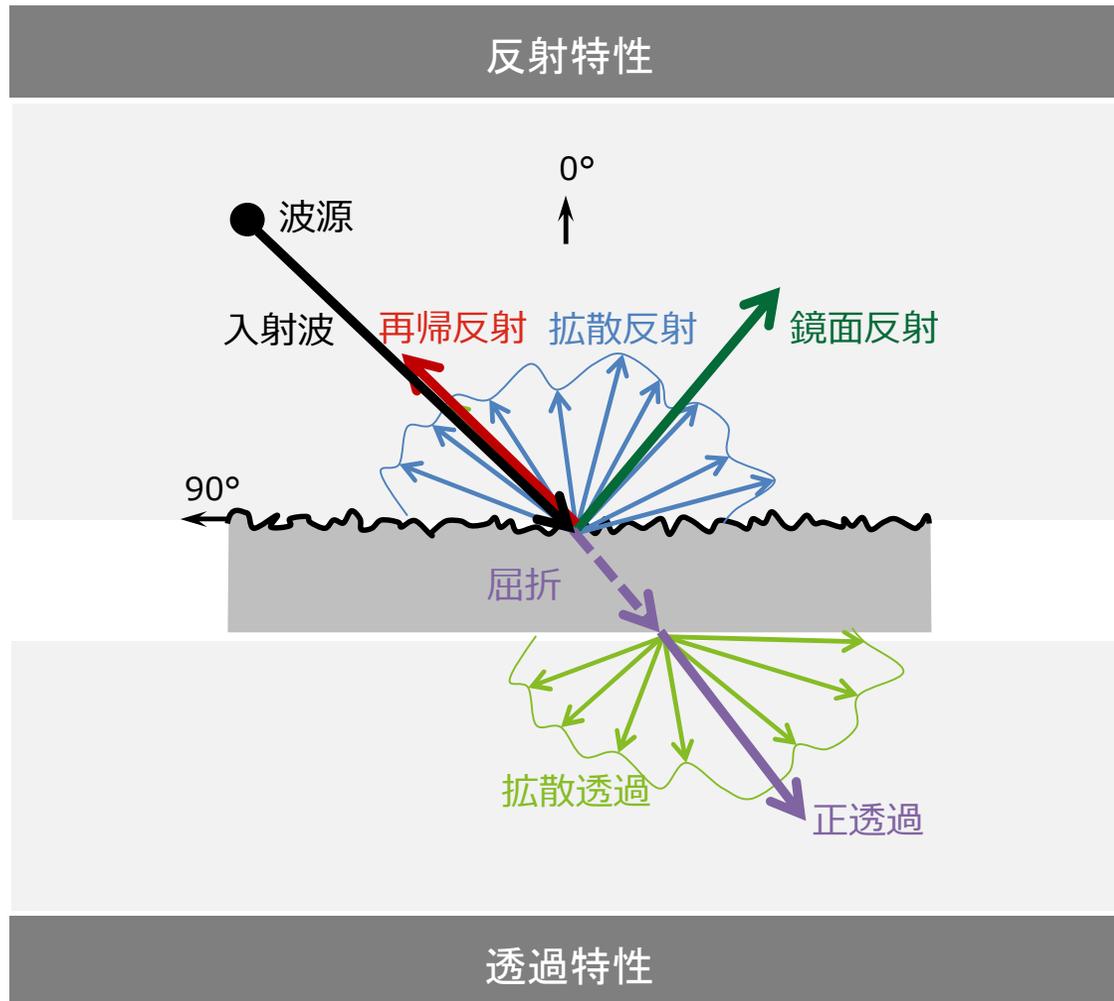
※1 ポリゴン数、削減前後の法線の向き、穴/境界の保存、鈍角化優先、などの閾値/条件を設定可能

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

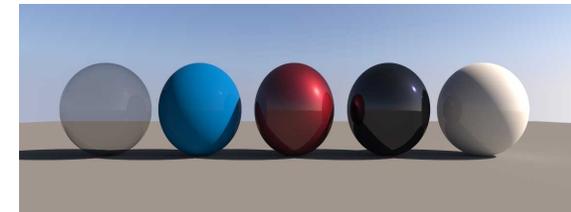
材料特性には反射特性・透過特性が存在、実験計測に基づくモデル化により、一致性の高い反射を再現

材料の反射・透過特性

Nihon Unisys, Ltd **SOKEN**



計測特性は各モデルのプロパティへ任意に設定が可能



各モデルの「プロパティ」に材料特性を設定することで精緻な物体の再現が可能に

精緻な交通環境を再現するためのプロパティ

Nihon Unisys, Ltd **SOKEN**  三菱プレジジョン株式会社
MITSUBISHI PRECISION CO., LTD.

プロパティ無

色や質感が無く、のっぺりとした結果になる



プロパティ有

材料の特性が再現され、色・反射の強弱・透明感が再現できる



RGB3原色に基づく空間描画を行う一般的な従来シミュレータに対し、 可視光の反射率や、太陽光の輝度を精緻に再現し、実環境に近いカメラ知覚出力を再現

DIVP®の空間描画

SOKEN Nihon Unisys, Ltd

DIVP®

太陽光や物標反射率による精緻な環境再現



一般的なシミュレータ(CARLA)

限定的(RGB3原色)の反射による非現実的な空間描画



実際の太陽光の動きをシミュレートにより、実環境と同等の光の再現が可能に

天空光シミュレーション



Nihon Unisys, Ltd

晴れ 07:00 → 17:00



曇り 07:00 → 17:00



センサ評価のための「プロパティ」を有す環境モデル

- 精緻な環境モデルと空間描画
- センサ不調のモデル化
- センサ不調シナリオの体系化

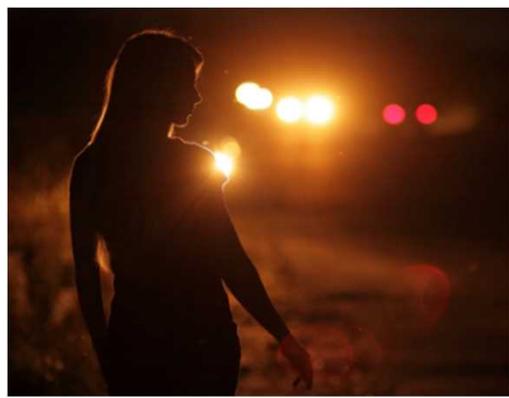
AD安全性検証の要諦である、対象物が“見えている”・“見えていない”を評価可能とする為に、センサ不調シーンのシナリオデータを構築

センサ不調条件例

濡れた路面の反射



対向車ライトによる歩行者消失



橋脚構造物によるマルチパス



複数車両によるマルチパス



降雨による光・電波の減衰



逆光による対象物の消失



高反射塗装による誤認識



アンダーパスによるマルチパス



二輪車

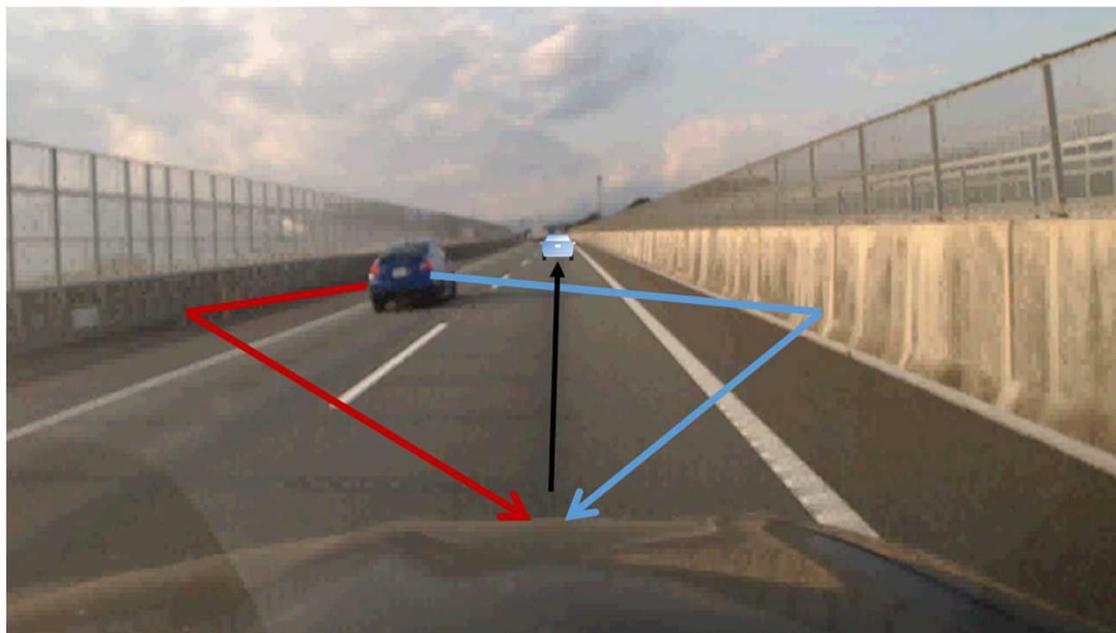


ミリ波を発信し反射を受信することで対象を認識するRadarは、ミリ波の特性と分解能の低さにより反射点の認識処理に課題が、Simで精緻に現象を再現することでこれら技術課題の研究開発に貢献する

Radar不調のメカニズム

DENSO SOKEN

ミリ波のマルチパス事例1

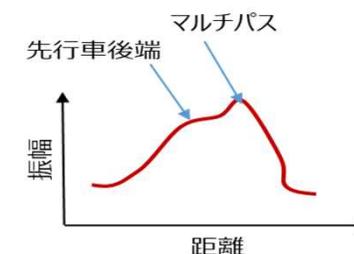


- マルチパスの合成によって、先行車が存在すると誤認識

ミリ波のマルチパス事例2



- 工事パイロンのマルチパスの信号、先行車信号を分離・認識できず、先行車両をロスト、もしくは遠方にあると誤認識



【不調の再現】

雨のLiDARに与える影響をリスト化

雨のLiDARに与える影響

Pioneer

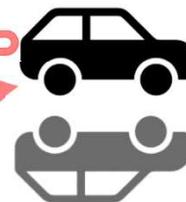
① センサ前面に付着する雨滴の影響

④ 雨滴での反射による虚像(偽点)の発生

③ ターゲット面での雨滴付着による光の反射特性変化



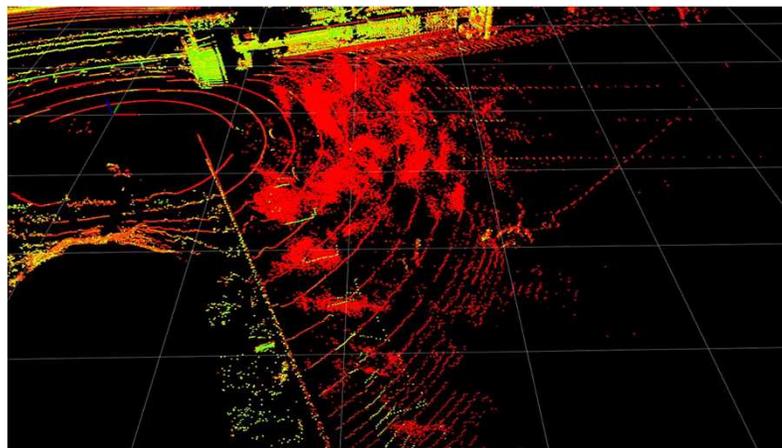
② 雨による信号光の減衰



⑤ 濡れた路面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

確認された影響事象



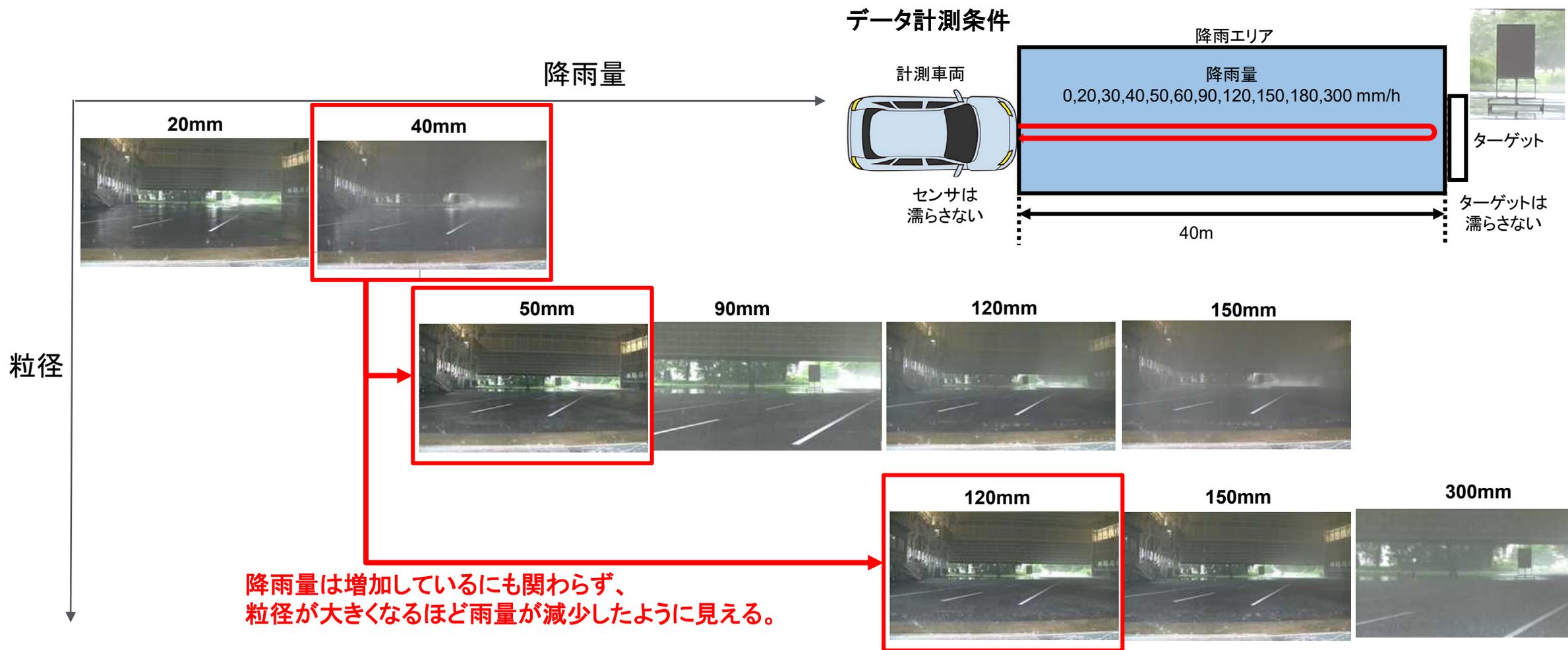
- ① センサ前面に付着する雨滴の影響
- ② 降雨による信号光の減衰
- ③ ターゲット面での雨滴付着による光の反射特性変化
- ④ 雨滴での反射による虚像(偽点)の発生
- ⑤ 濡れた路面での鏡面反射による虚像(偽点)の発生

- ➡ 未検出(False Negative)
- ➡ 未検出(False Negative)
- ➡ 未検出(False Negative)
- ➡ 誤検出(False Positive)
- ➡ 誤検出(False Positive)

【不調の再現】

降雨量を変化させ、ターゲットで反射する信号強度と空間中に発生する偽点の発生頻度を調査

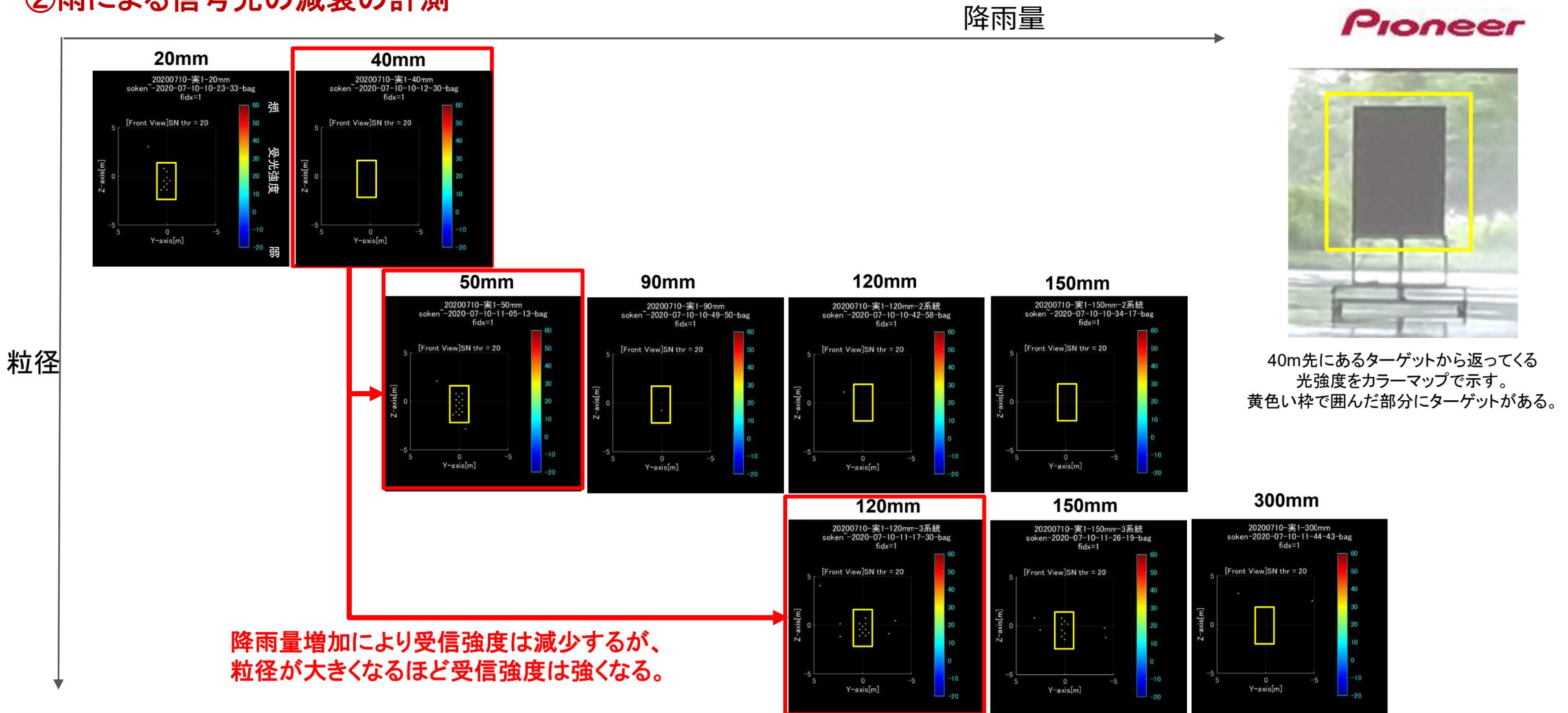
降雨実験施設での現象把握



【不調の再現】

降雨量を変化させ、ターゲットで反射する信号強度を調査

②雨による信号光の減衰の計測



【不調の再現】

LiDARにて計測される反射強度と降雨量から光の空間減衰率を算出

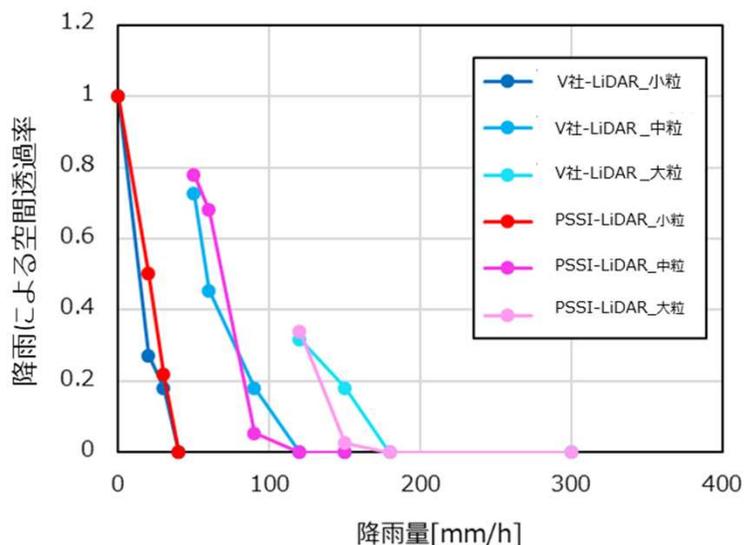
雨による信号光減衰のモデル化



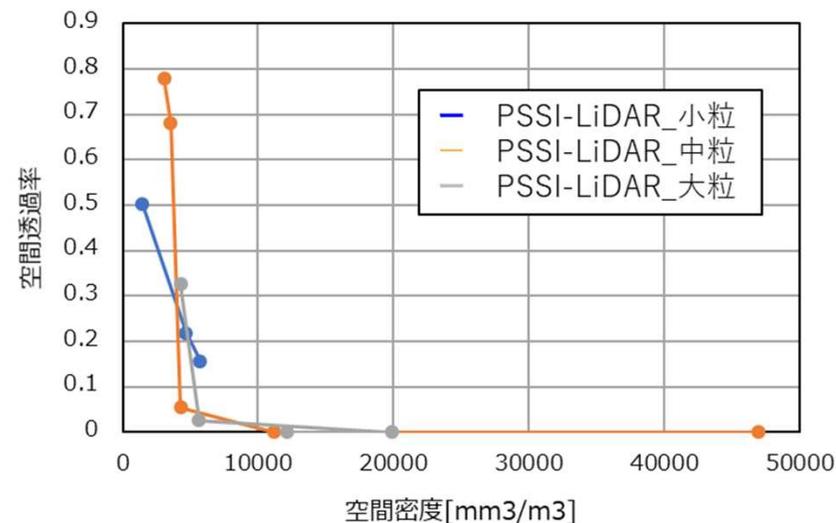
ディストロメータにて計測される雨滴の個数、粒速、粒径から単位時間・単位体積に含まれる雨滴の量(雨滴空間密度)を算出

雨滴空間密度と光の空間透過率の関係を実測より統計モデル化。

降雨による空間透過率



雨滴空間密度による空間透過率



■ 流速・粒径・雨滴の数から雨滴空間密度 ($D[\text{mm}^3/\text{m}^3]$) を算出

$$D = \frac{V}{S * t * v}$$

V : 雨滴の体積 [m^3]
 S : ディストロメータの計測面積 [m^2]
 t : 計測時間 [sec]
 v : 粒速

■ 空間中の雨による光の減衰モデル

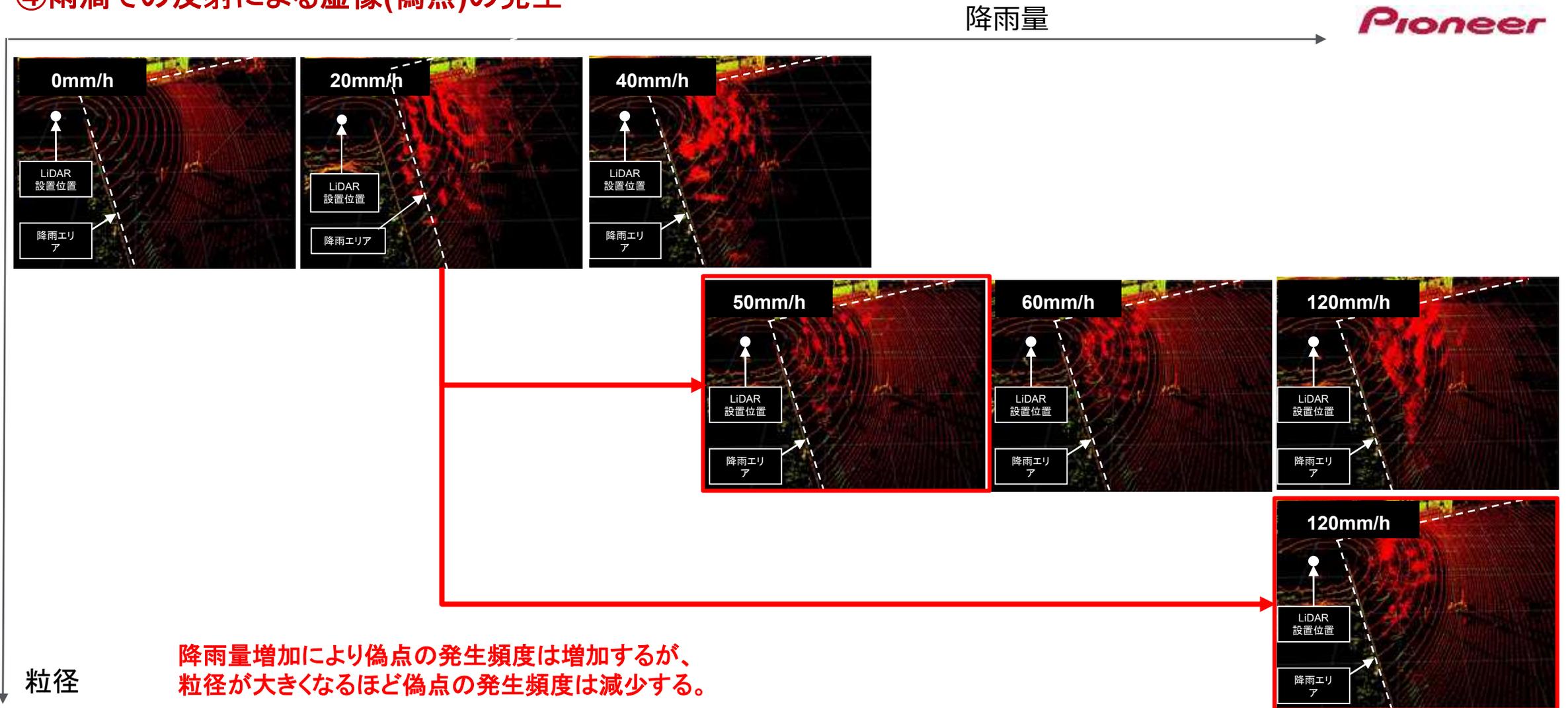
$$\rho = 10^{\left(\frac{-0.00003 * R * D}{10}\right)}$$

ρ : 受光強度空間減衰率
 R : ターゲットまでの距離
 D : 雨滴空間密度

【不調の再現】

降雨量を変化させ、空間中に発生する偽点の傾向を調査

④雨滴での反射による虚像(偽点)の発生



【不調の再現】

夜間の歩行者横断シナリオについて一貫性検証を実施

街灯下、夜間NCAP人形横断シナリオ(J-town)の一貫性検証結果*

Sony Semiconductor
Solutions Corporation

実機撮影結果



シミュレーション結果



- 路面や白線について、実機撮影データと比較してシミュレーション結果の信号レベルが低目に再現される
 - 街灯照明の精度、環境光の影響が考えられ、環境モデルパートに対しフィードバック実行

* 24bit中の8bitを表示

Source : Sony Semiconductor Solutions Corporation, SOKEN, INC

DIVP® Consortium

センサ評価のための「プロパティ」を有す環境モデル

- 精緻な環境モデルと空間描画
- センサ不調のモデル化
- センサ不調シナリオの体系化

センサ不調の発生に影響する道路上の構造物、環境要素、交通関係要素を洗い出した上で、FMEA的アプローチを利用して、再現すべき不調とそのシナリオの優先度を決定した

優先的に再現すべき不調再現シナリオの決定

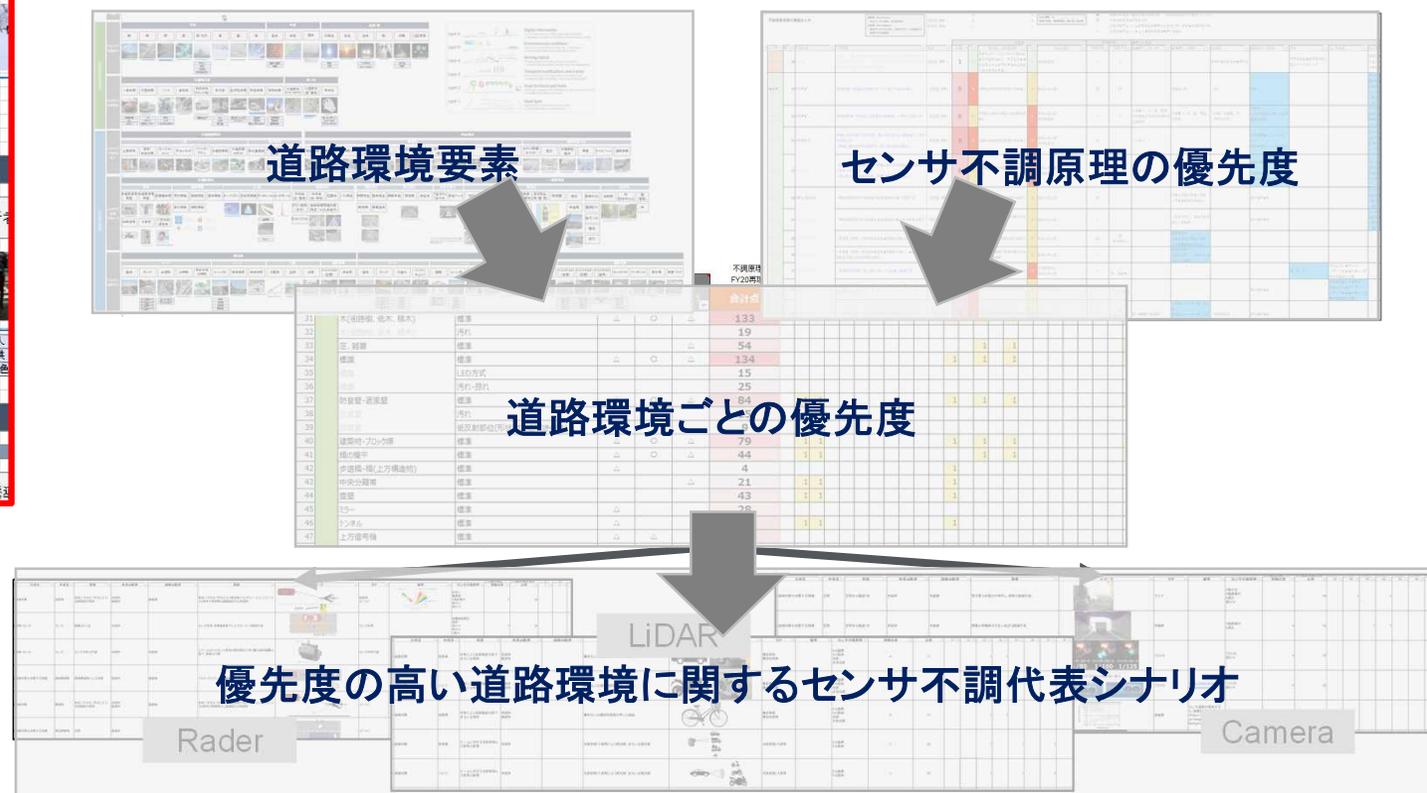


① 日本の道路環境に必要な要素の洗い出しを実施



日本の道路環境要素を洗い出した上で、シナリオ化への活用および国際連携を見据えて、PEGASUSの階層化に基づき分類した

② センサ不調原理の優先度(次頁参照)と①の道路環境要素の情報から、道路環境ごとのセンサ不調発生への影響度や発生するセンサ不調の深刻度を推定。センサごとに、優先的に再現すべき「センサ不調シナリオ」を決定した

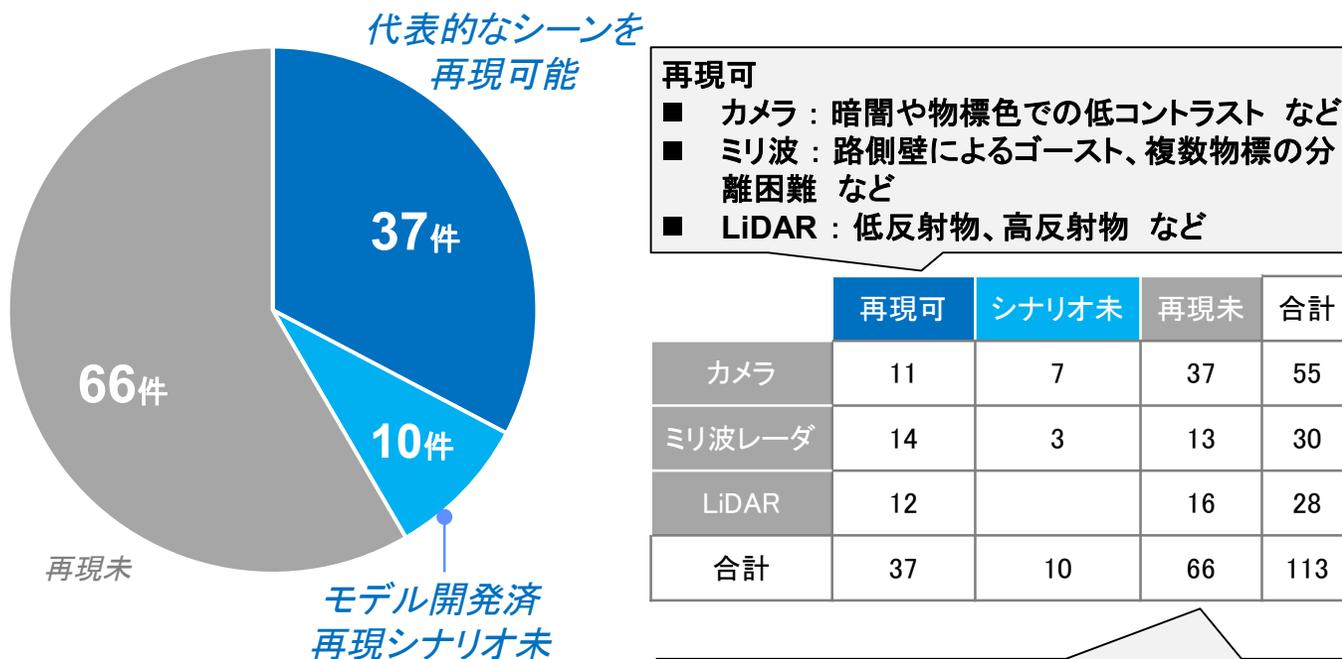


FY20にはセンサ弱点原理全体の42%、センサ弱点シナリオの43%の再現が可能

FY20時点の再現状況

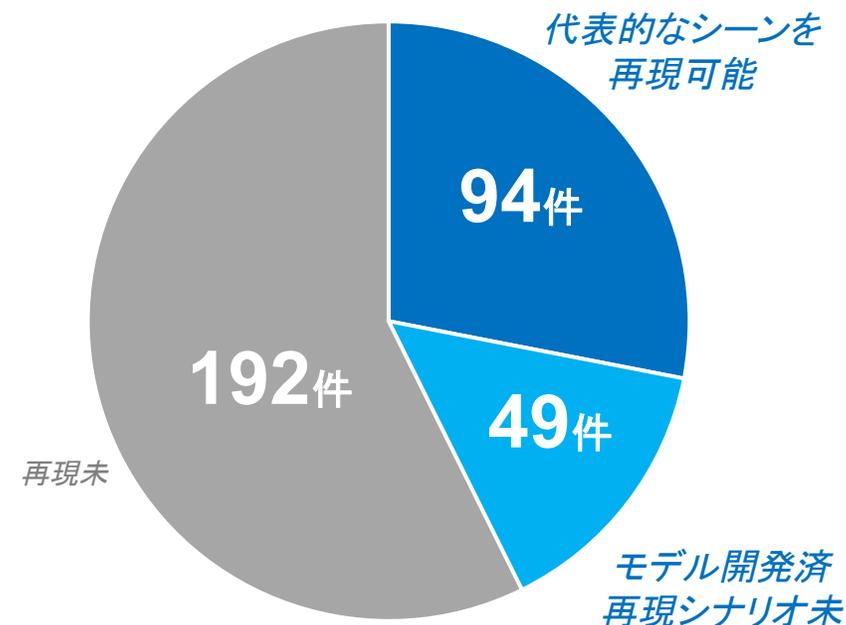


センサ弱点原理の再現進捗



FY20で全不調原理の42%をカバー予定

センサ弱点シナリオの再現進捗



センサ弱点シナリオ全335件のうち、143件(43%)の再現が可能

- 残課題**
- カメラ：フリッカ、フレア、汚れ、逃げ水 など
 - ミリ波：空間障害物のノイズ、他車レーダ電波の干渉 など
 - LiDAR：透過、鏡面反射、他車LiDARレーザーの干渉 など

走行条件シナリオを網羅的に展開・実行する手法がセンサ不調シナリオにも適用できるか検討し、センサ不調シナリオへの適用への課題を洗い出した

走行条件シナリオ展開手法

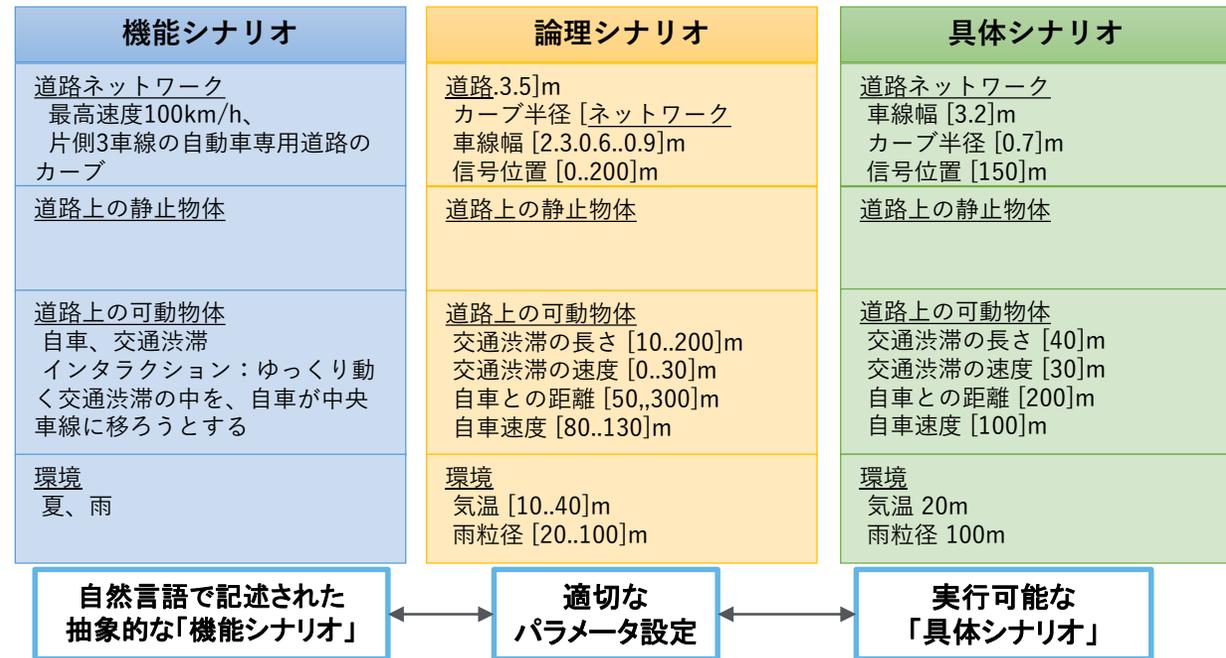


走行条件シナリオの展開・実行のために提案された手法がセンサ不調のシナリオにも適用できるか調査し、その適用可能性を検討した。

対象とした手法は、独PEGASUSプロジェクトによる手法である。これは、機能シナリオ、論理シナリオ、具体シナリオというシナリオの3階層モデルであり、自然言語で記述された機能シナリオを、パラメータ設定を伴う論理シナリオに展開し、最終的に実行可能な具体シナリオに展開する考え方である。

PEGASUSシナリオ体系の概念図

抽象的な機能シナリオを具体シナリオまで展開することで、網羅的なシナリオ実行を実現しようとする試み。



走行条件シナリオを網羅的に展開・実行する手法がセンサ不調シナリオにも適用できるか検討し、センサ不調シナリオへの適用への課題を洗い出した(続き)

走行条件シナリオ展開手法のセンサ不調シナリオへの適用検討



センサ不調の機能シナリオ表現に必要なオントロジー(用語とその関係)、および、自然言語の構文を検討し、論理シナリオへの展開ができるかの検討を実施した。

		Functional	Logical	
Layer 1	道路	レイアウト	片側一車線道路	幅 [3.25m, 3.5m]
			片側二車線道路	幅
			片側一車線×片側一車線交差点	幅 なす角 半径
		形状	面線	長さ
			カーブ	曲線半径
			平坦	[0%, 1%]
	表面	アスファルト	均一	
			ひび割れ 穴(くぼみ)	
		コンクリート	均一	
			ひび割れ 穴(くぼみ)	
		実線	幅	
			色	
	残面積			

		服装	上半身	下半身	時刻	
Layer 5	vs他車	動作	黒革	ジーンズ	表面積	
			先行		表面積	
			追従			
	環境	天候と時間帯	日中	晴れ	照度	[2000lux, ∞)
				曇り	太陽高度	
				雨	太陽方位角	
			夜間	晴れ	照度	
				曇り	照度	
				雨	降水量	(0mm, 20mm)
		気候	温暖	気温	[5°, 40°C]	
			無風	風速	(0m/s, 10m/s)	
			強風	風速		
		光源				

センサ不調要因	からのアプローチ	Layer 1	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4
雨-急な上り坂-アスファルト	からのアプローチ 雨-急な上り坂-アスファルトのシナリオを作成したい場合								
Layer 5	Layer 1	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4
雨の	片側一車線道路を	定速60km/hで	道なりに走る	他車を	定速55km/hで	道なりに走る	自車が	追従する。	
	上り坂								
	アスファルト								
	均一								
指定されたセンサ不調要因について、単体で発生するものを加え、属性として発生するものを付与して作成									
センサ不調原理	からのアプローチ マルチパスのシナリオを作成したい場合								
Layer 2	Layer 1	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4
路側壁のある	片側一車線道路を	定速60km/hで	道なりに走る	他車を	定速55km/hで	道なりに走る	自車が	追従する。	
Layer 1	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4
片側一車線道路を	定速60km/hで	道なりに走る	他車を	定速55km/hで	道なりに走る	自車が	追従する。		
平坦									
アスファルト									
均一									
マルチパスを発生させるセンサ不調要因(単体/属性)をシナリオに加えて作成									
センサ不調名称	からのアプローチ 未知のシナリオを作成したい場合 未知知を発生させるセンサ不調要因(単体/属性)をシナリオに加えて作成								
逆光も同様									
センサ不調要因	からのアプローチ								
Layer 5	Layer 1	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4	Layer 4
日中・晴れ・逆光の	片側一車線道路を	定速60km/hで	道なりに走る	他車を	定速55km/hで	道なりに走る	自車が	追従する。	
用語集・シナリオに登場する用語はすべて数値化される必要がある。 「逆光」はどのように数値化されるかが争点。 逆光になるタイミング(太陽の方位+自車の経路)と高度で定まる?									

センサ不調に関するオントロジー表現の例

センサ不調を表現では、走行条件には不要な様々な情報(形状、色、材質、天候、時間帯)を破綻なく追加する必要がある。

また、センサ不調は一つの事象が数多くの影響を与えることがあるため、その影響関係も表現する必要がある。例えば雨は、路面やセンサ表面の濡れ、水たまり、水しぶきなどが関係する。そのような複雑な関係性をオントロジーとして表現することは、現象そのものの正確な理解と多くの工数が必要な作業である。

センサ不調シナリオ表現の例

オントロジーの複雑さに伴い、シナリオ表現も複雑になる。表現のための構文も複雑化し、表現テンプレートとして機能しづらくなる。

シナリオを展開・実行する手法がDIVP®プラットフォームに適用できるか確認するため、プロトタイプを実装した。センサ不調のシナリオへの適用については、実装上でも課題があることを確認した

シナリオの展開機能プロトタイプ構築

自然言語で記述したシナリオを、データベースを模したXMLファイルから、実行可能なシナリオに変換できることを確認した。

機能シナリオ記述の例

夕方、雨の中を、ライトを点灯させて走行する自車の前を横切る歩行者に衝突しそうになる



自然言語処理を用いて、機能シナリオの記述からシナリオ化に必要なアセットの情報や動作、環境情報などを抽出

条件のデータベースから、抽出した情報にあった環境設定、走行経路を検索

検索したデータを網羅する具体シナリオを生成

- シナリオ展開関係: (前, 自車, 歩行者) - Generated by [自動運転シナリオ: AEB]
- アセット動作: (歩行者, 横切る) - Generated by [自動運転シナリオ: AEB]
- アセット動作: (自車, 走行する) - Generated by [自動運転シナリオ: AEB]
- アセット属性: (歩行者) - Generated by [自動運転シナリオ: AEB]
- アセット方向: (歩行者) - Generated by [自動運転シナリオ: AEB]
- シナリオイベント: (シナリオ, 衝突する) - Generated by [自動運転シナリオ: AEB]
- シナリオ天候: (シナリオ, 雨) - Generated by [自動運転シナリオ: 天候]
- シナリオ時間帯: (シナリオ, 夕方) - Generated by [自動運転シナリオ: 時間帯設定]
- ライト
- 歩行
- 車

抽出されたシナリオ情報



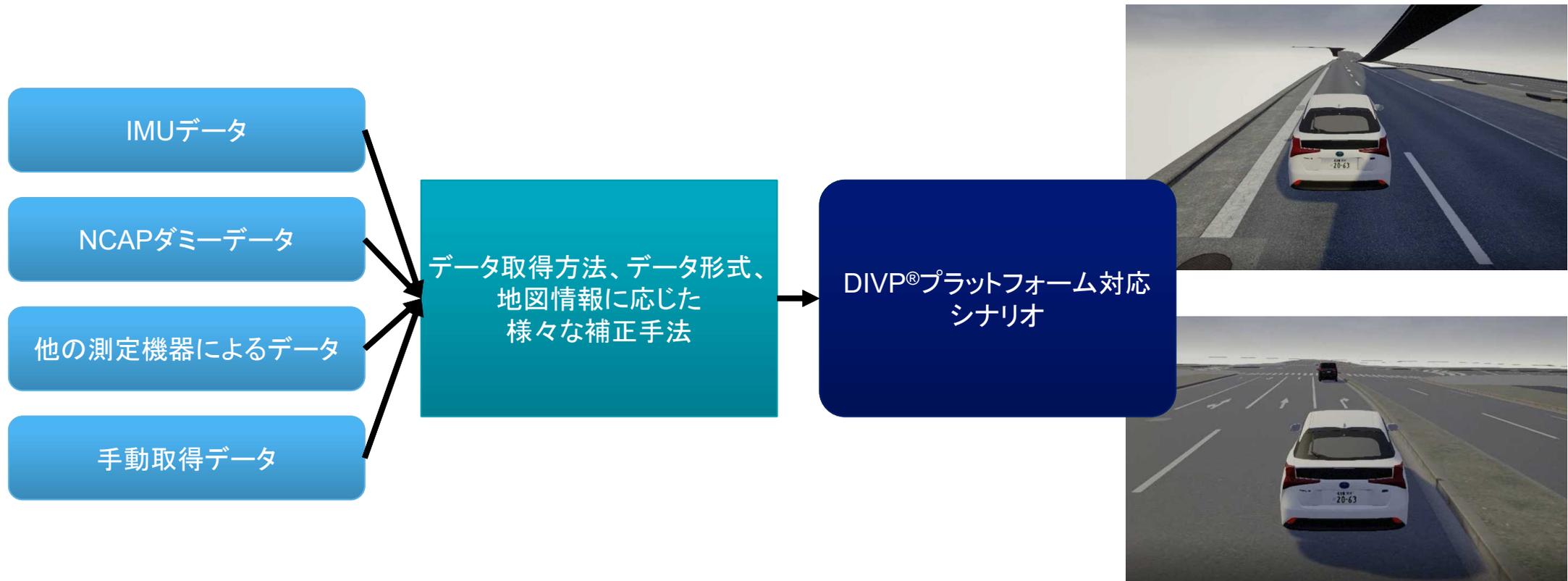
シナリオ実行
(SDMジェネレータでの簡易実行)

これをセンサ不調シナリオに拡張するには、センサ不調現象の関係性がわかる情報源(データベース)などが必要となる

プロジェクト期間中に取得された実測データをプラットフォームで実行できるようにするために、 実測データの変換スクリプトを作成し、変換作業を行った

実測データの変換スクリプト作成と変換

事前検証、基本検証、不調検証、拡張性検証の各フェーズで、様々な測定手法を用いて取得されたデータをプラットフォームで実行することのできるシナリオに変換するスクリプトを構築し、変換作業を実施した



EURO NCAPをベースとしたシナリオ展開の検討およびプロトタイプ作成を実施した 今後、さらに複雑な状況・シナリオへの拡張を進める



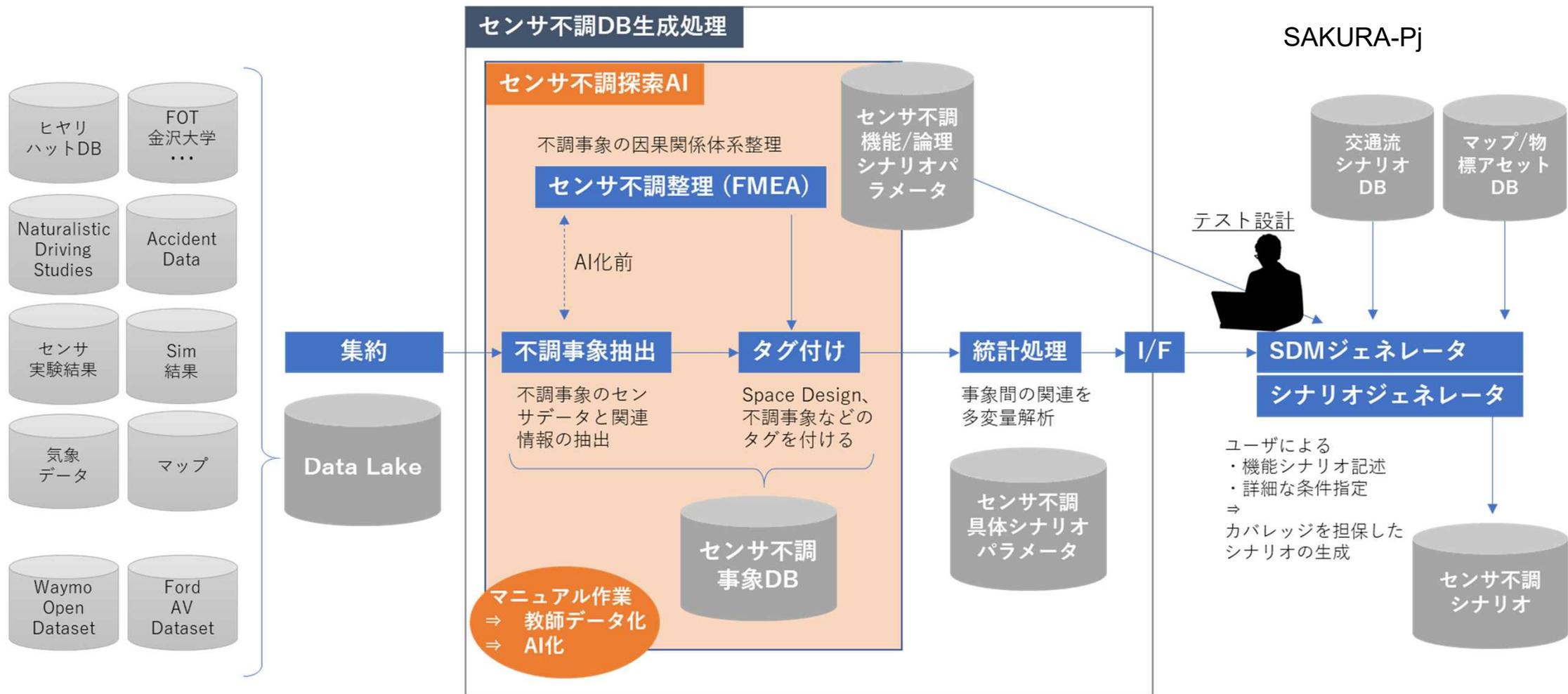
シナリオ展開機能の全体の進捗・達成状況

シナリオ展開については、現在EURO NCAPの一部シナリオなどの展開が実装されている。展開したシナリオのプラットフォームにおける実行方法については未対応の部分が多く、さらに検討する必要がある。

実施項目	当初目標	達成度
センサ不調シナリオの要求分析	センサ不調シナリオのリストアップ、優先順位付け、評価方法を決定する	センサ不調シナリオのリストアップ、優先順位付けは実施済み。センサ不調の評価については、残課題あり。
センサ不調の記述方法の検討	優先度の高いセンサ不調シナリオの展開のための記述方法の検討を完了する	センサ不調を伴わないEURO NCAPの一部のシナリオの記述方法については完了。センサ不調シナリオについては手法の変更も含めた検討が必要。
不調スクリプトの生成ツールの作成	実測データのシナリオ変換ツールを実装する。優先度の高いセンサ不調シナリオの展開のためのスクリプト生成ツールを実装する	実測データのシナリオ変換ツールは実装済み。EURO NCAPの一部のシナリオの記述方法検討にとどまる。今後複雑なシナリオについて検討する。
不調シナリオの実行	展開した優先度の高いセンサ不調シナリオをプラットフォームで実行できるようにする	SDMジェネレータとの連携のみ実施。プラットフォームとの連携によるシナリオ実行の部分は今後の課題である。

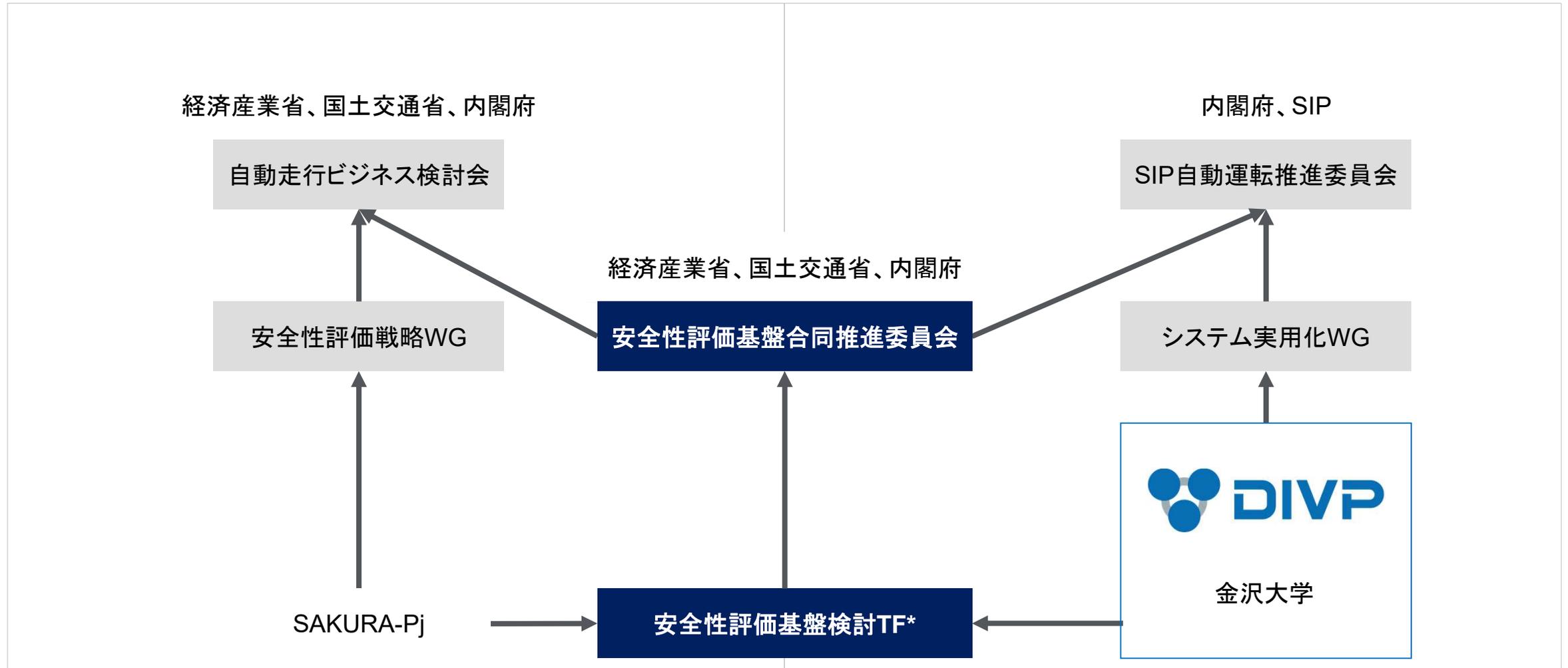
DIVP®ではセンサ不調に着目したDBの構築を進める

DB生成処理



SIP内他プロジェクトやSAKURAプロジェクトと協調した安全性評価基盤検討TFを設置、連携を深める

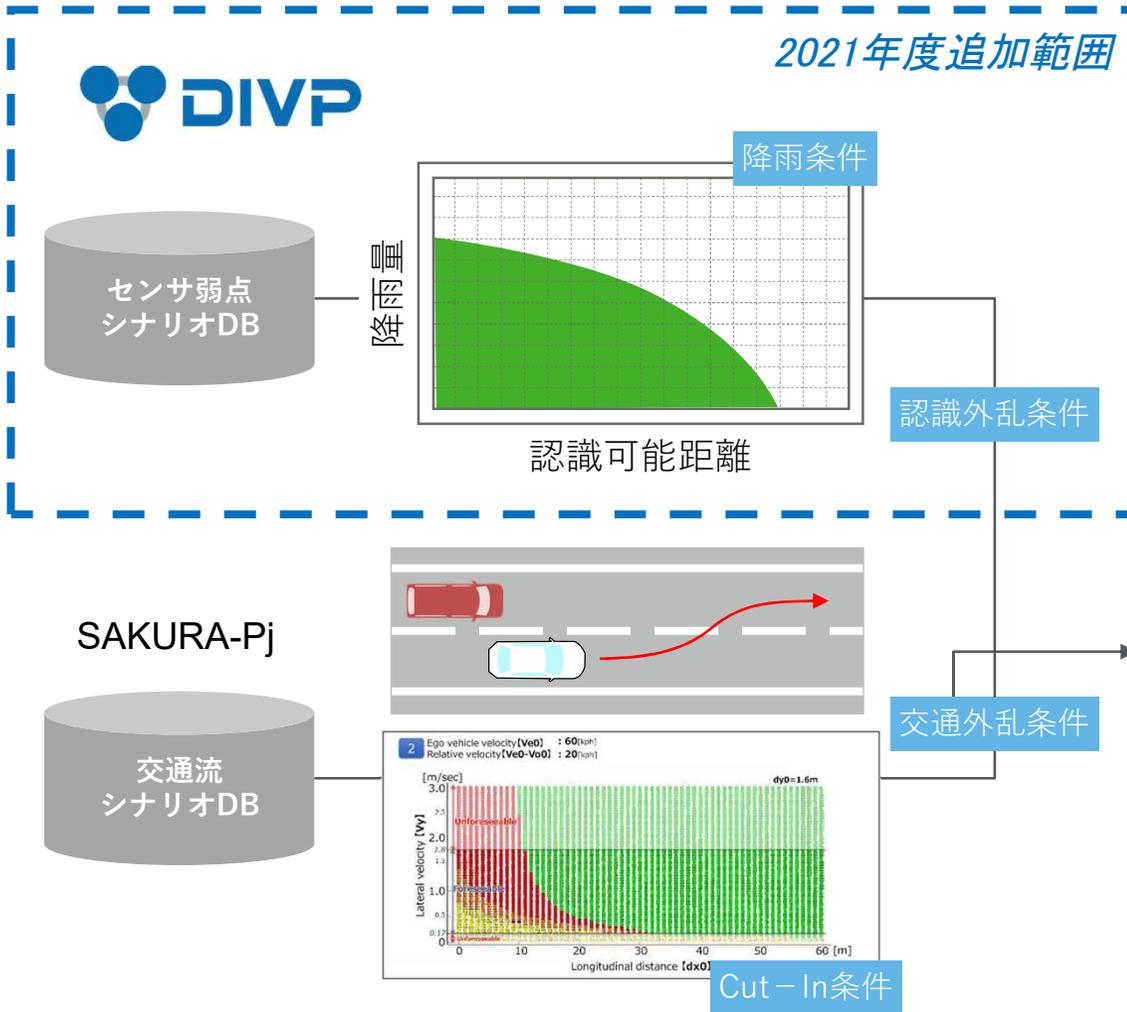
安全性評価に係る連携体制



センサ弱点に基づいたシナリオデータベース(センサ弱点シナリオDB)の構築、SAKURAプロジェクトとの連携によりシミュレーションを用いた交通外乱+認識外乱の評価環境構築を目指す

データベース連携 例)降雨+Cut-Inシナリオ評価

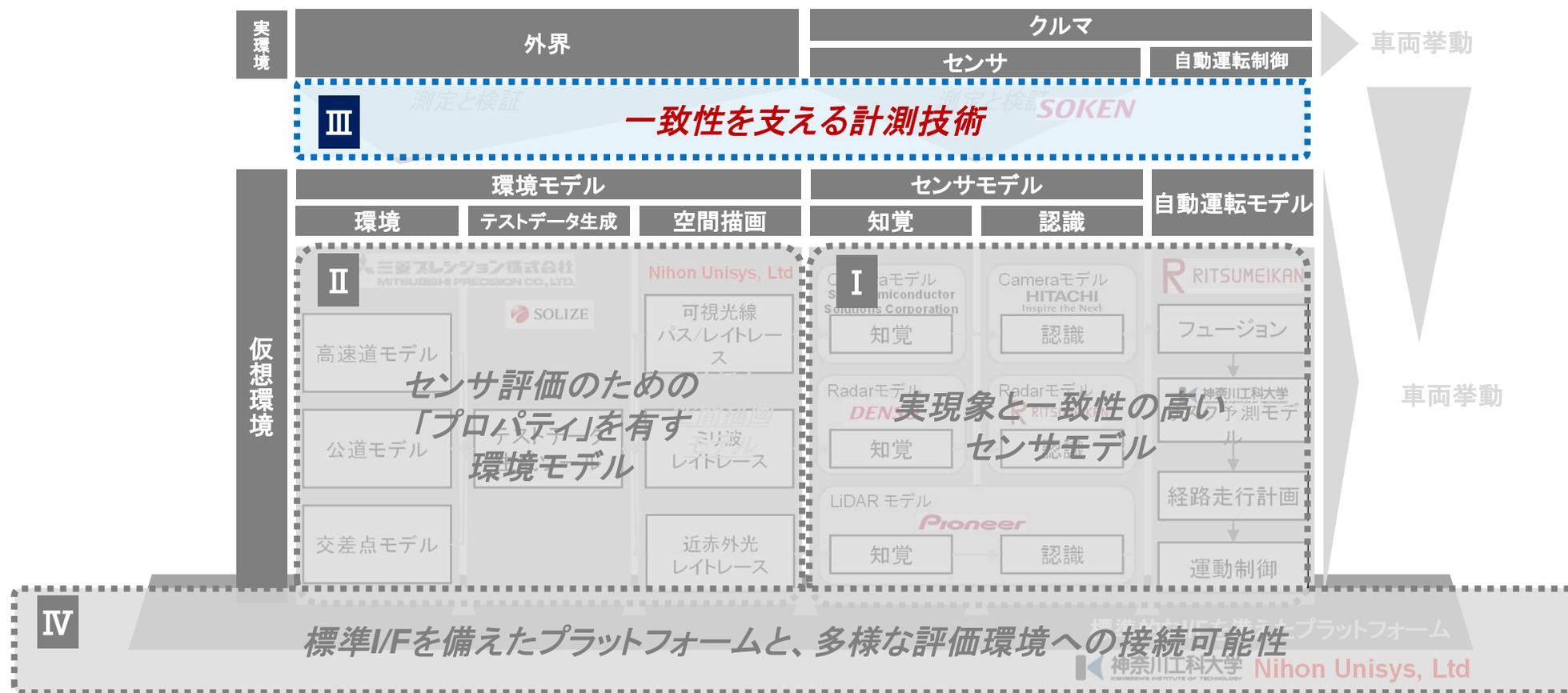
2021年度追加範囲



降雨Cut-Inシミュレーション 

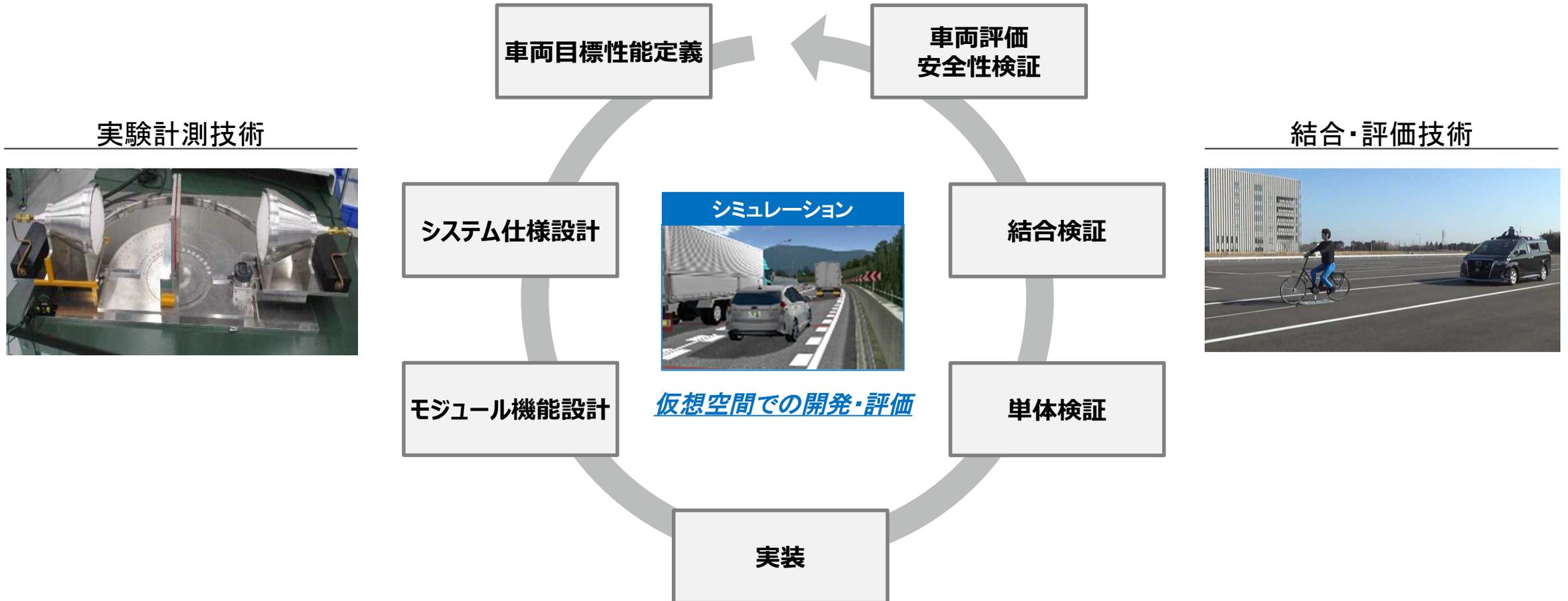


令和2年度研究成果



「実験計測に基づくモデル化」、「実験評価によるモデル検証」により、モデル生成をプロセス化

モデリングプロセス

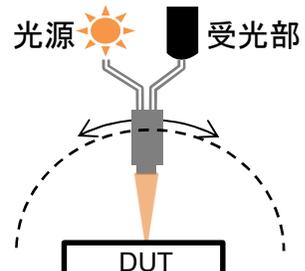
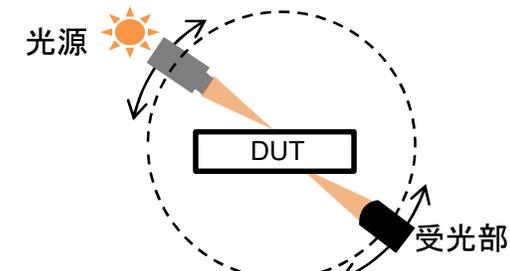


【高レベルの一致性を保証する計測技術】

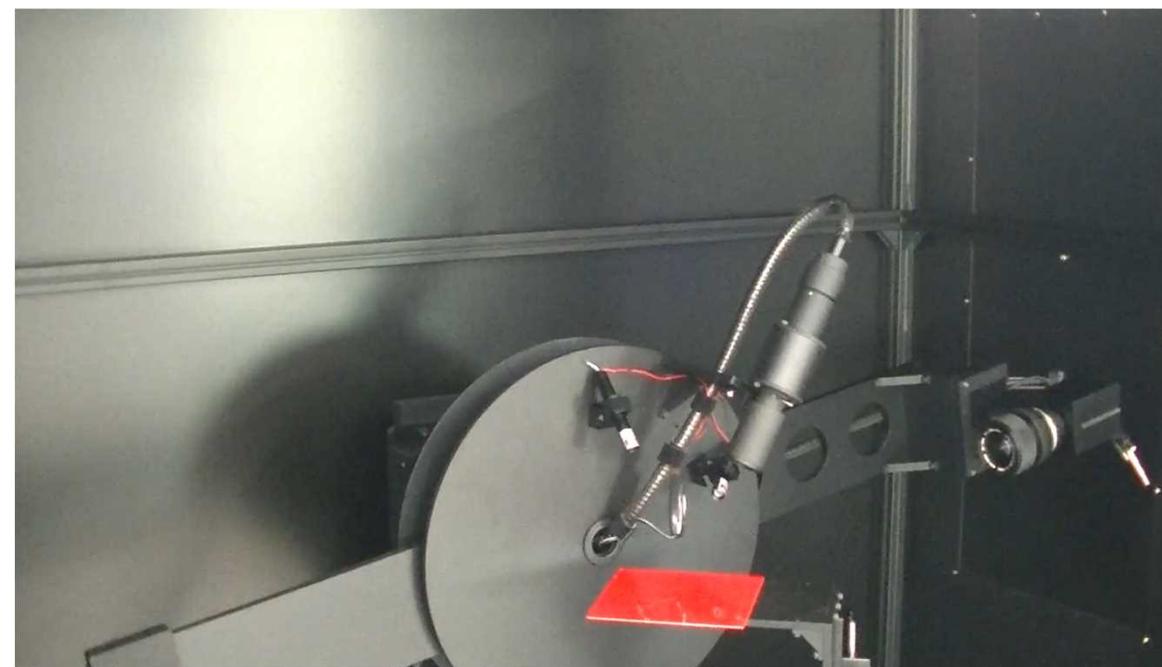
各プロパティモデルは, DIVP®の高度な計測技術により、実現象と一致性が高レベルで保証されている

可視光・赤外光の測定系

SOKEN

測定条件	<ul style="list-style-type: none">■ 測定波長: 360-1000nm■ 測定角度: 光源 0度~90度■ 受光 0度~±180度■ 光源/受光間角度 >10度
再帰反射	<ul style="list-style-type: none">■ 光源/受光一体型の光プローブで再帰反射を直接計測  <p>The diagram shows a probe with a sun icon labeled '光源' (light source) and a black rectangle labeled '受光部' (receiver) at the top. The probe is positioned above a box labeled 'DUT'. A dashed semi-circle indicates the measurement area.</p>
測定手法 拡散反射 拡散透過	<ul style="list-style-type: none">■ 光源及び受光部を回転させて拡散反射/透過を計測  <p>The diagram shows a probe with a sun icon labeled '光源' (light source) and a black rectangle labeled '受光部' (receiver) positioned around a box labeled 'DUT'. A dashed circle indicates the rotation path of the probe components.</p>

測定風景

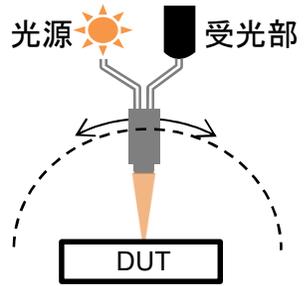
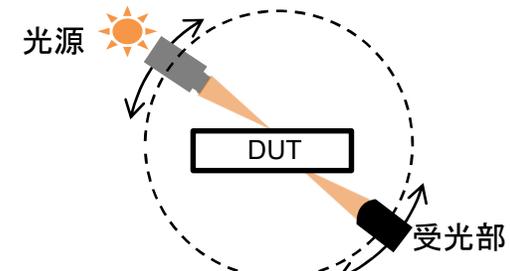


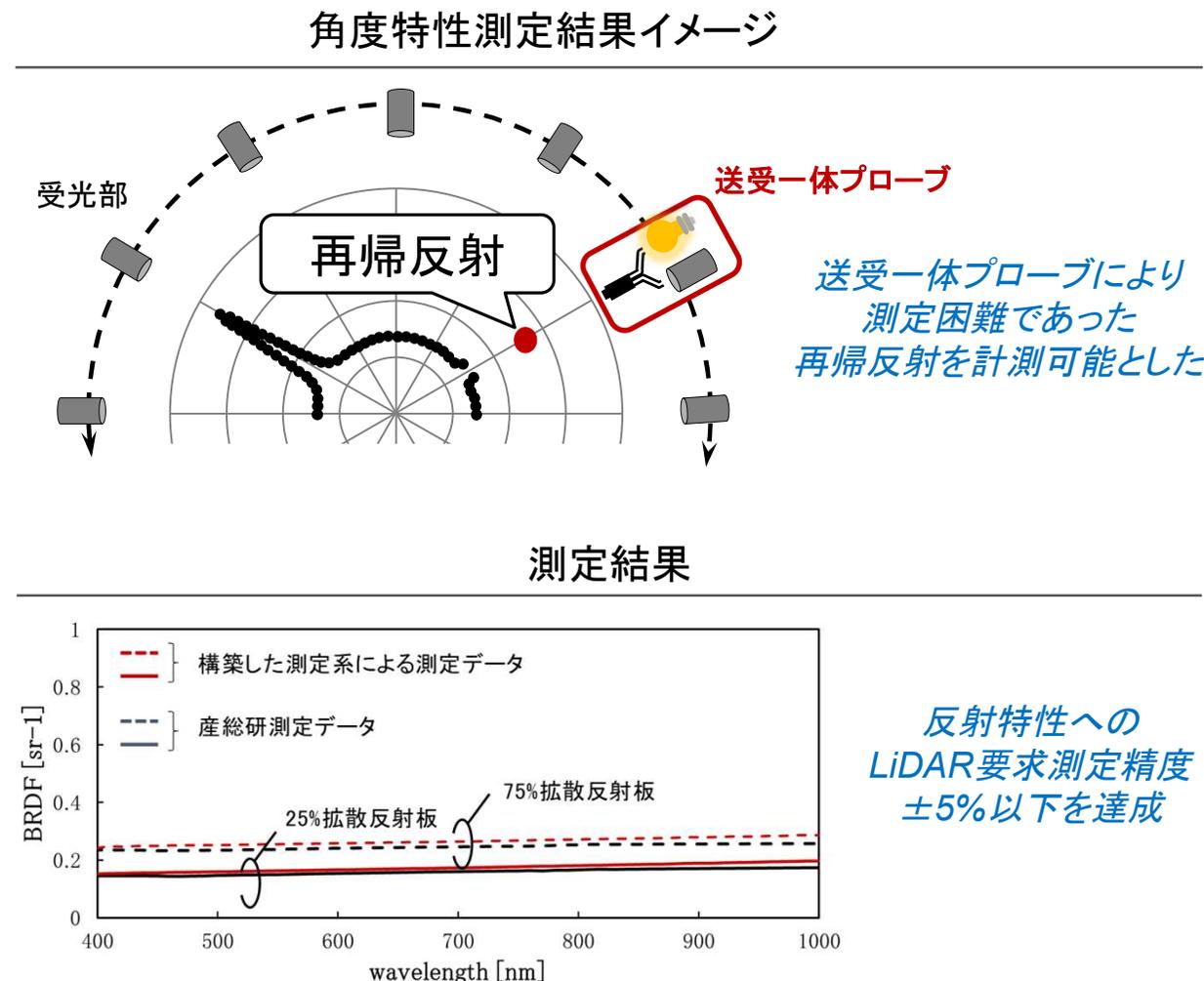
【高レベルの一致性を保証する計測技術】

測定系を設計・試作し計測を実施、センサー一致性検証に十分な測定精度を達成

可視光・赤外光の測定系

SOKEN

測定手法	測定条件	<ul style="list-style-type: none">■ 測定波長: 360-1000nm■ 測定角度: 光源 0度~90度■ 受光 0度~±180度■ 光源/受光間角度 >10度
	再帰反射	<ul style="list-style-type: none">■ 光源/受光一体型の光プローブで再帰反射を直接計測 
	拡散反射 拡散透過	<ul style="list-style-type: none">■ 光源及び受光部を回転させて拡散反射/透過を計測 

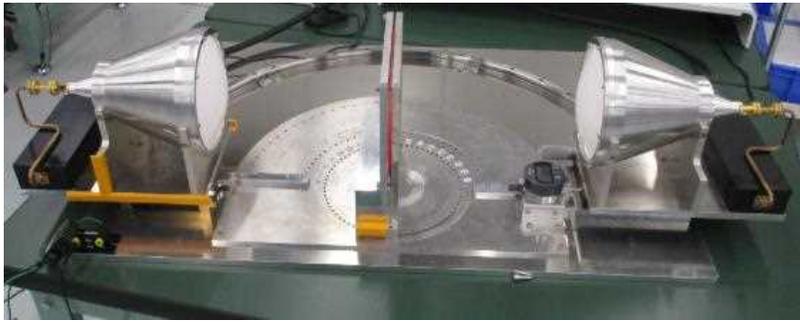


環境モデル構築にあたり、従来Simに見られる理論式によるモデリング手法に対し、実験計測による補間処理を行うことにより、一致性の高い反射特性を備えた環境モデリングを実現

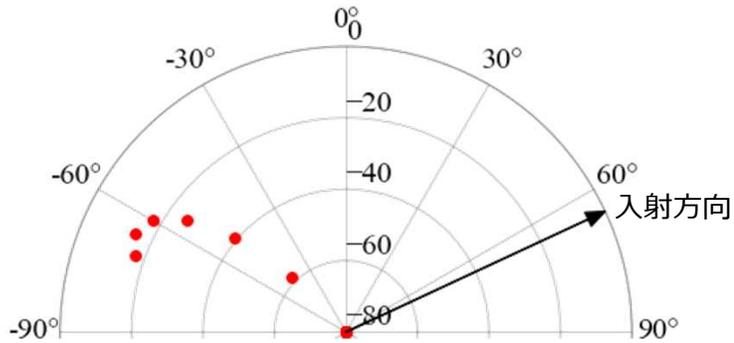
ミリ波の反射率データ作成の取り組み

SOKEN

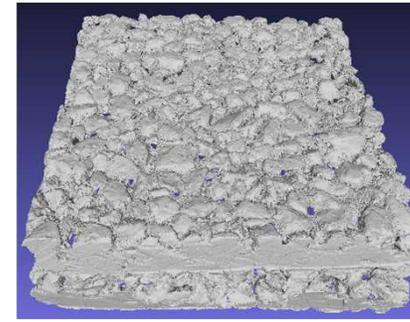
実験による特性計測



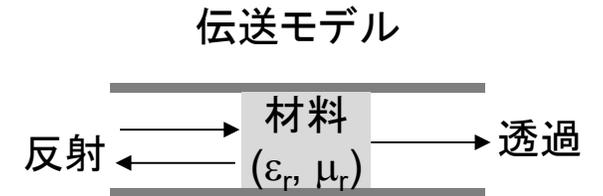
反射特性計測



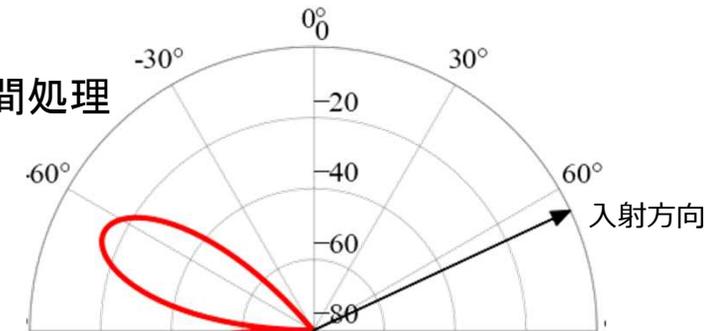
計測結果に基づく理論式の補間処理



表面粗さ計測



補間処理



材料の反射特性だけでなく、表面・材質特性を測定
理論式に基づいて、補間処理して反射データを作成

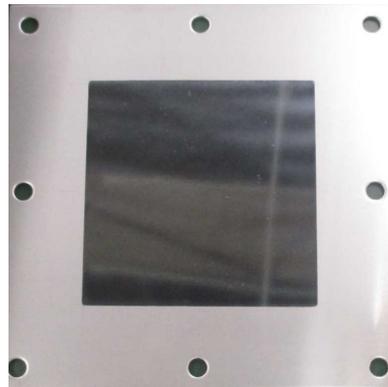
「見えないものを視えるようにする」ものづくり・計測/可視化技術が重要な支えに

DIVP®を支える計測技術

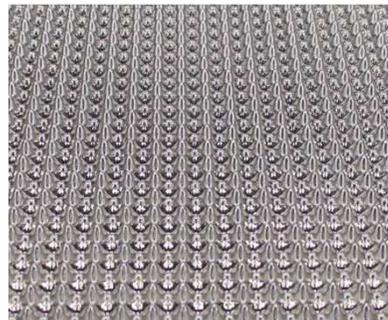
SOKEN

ものづくり技術

- 世界最高峰の精密加工技能を持つ人材と設備を揃え、他社では作れないオリジナルの計測装置や、試験サンプル作成が可能



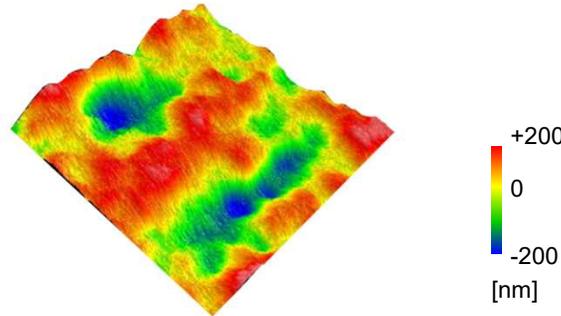
nm単位の表面処理



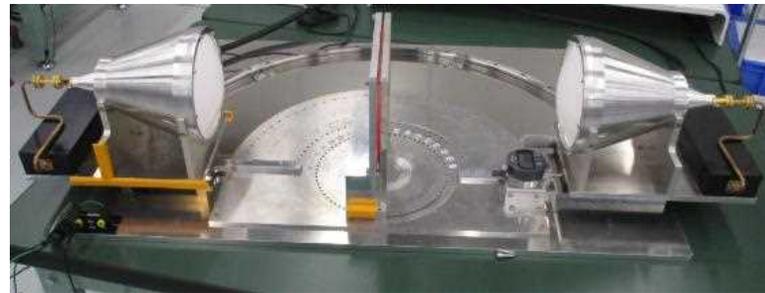
3Dプリンタ+メッキ処理
ミリ波レーダ用表面粗さサンプル

計測/可視化技術

- 高精度の測定技術やオリジナルの測定設備/センサを有しており、他社では計測できない項目が計測可能



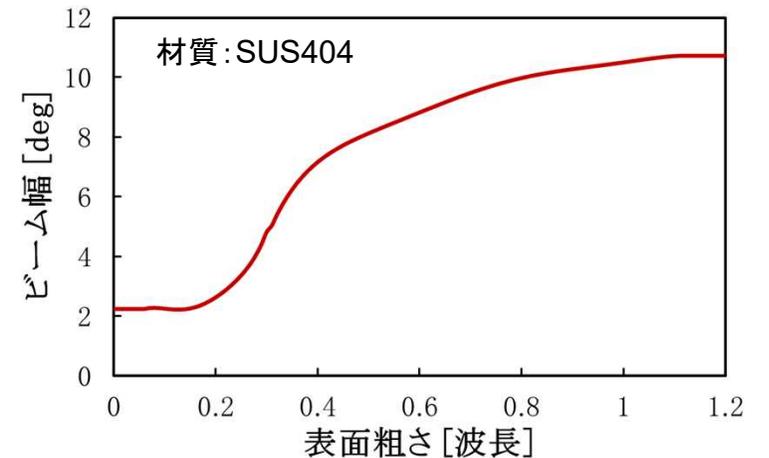
nm単位の表面粗さ計測



フリースペース法による誘電率・透磁率計測

分析・発見

- 計測結果を多角的に分析し、今までは得られなかった新たな知見や関連性を発見



例)表面粗さと反射ビーム幅の関係性

シミュレーションと実測結果との比較検証を行うために必要となる 各センサ波長(可視光領域、赤外光領域、ミリ波帯域)における材料反射特性を計測

SOKEN

反射率計測物標

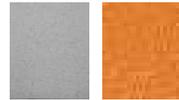
路面

アスファルト(透水性、非透水性)
遮熱アスファルト
コンクリート



路面標示素材

白線
オレンジ線



路面塗装

赤
青
緑



道路標識(再帰反射性)

白
赤
青
黄
緑



視線誘導標(デリニエータ)

リフレクタ白
リフレクタ橙



NCAPダミー、

黒
ベージュ
青

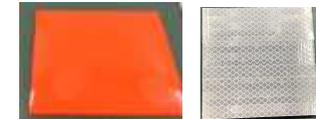


ボディ部
電波吸収体部



ロードポール

赤色部
リフレクタ



カラーコーン(リフレクタ付)

赤色部
リフレクタ部



車両

ボディ塗装(代表色)
ガラス



歩行者・自動車ダミーと連携したNCAP/ALKS評価から公道でのセンサ不調再現まで、シミュレーションー致性検証に向けた高精度データ計測用実験車両を構築

DIVP®を支える計測技術（実験車両）

SOKEN



NCAP試験



公道でのセンサ不調再現実験



自動車ダミー(GST)を使ったAEB実験



自動ブレーキ制御ロボット



高精度GNSS/
車両慣性装置IMU



高速大容量
データ計測システム



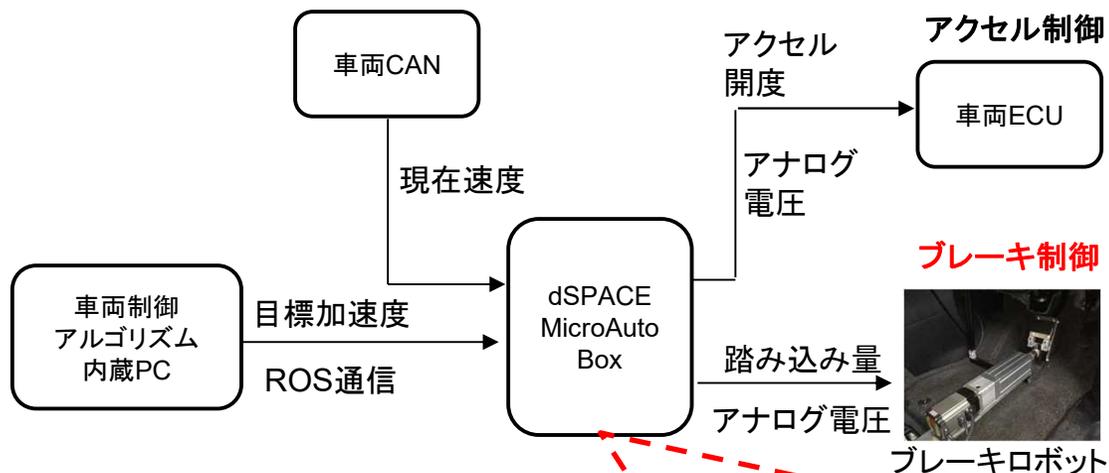
車検対応のセンサ車載技術

NCAP AEB評価に向け、実際のドライバーの緊急ブレーキ操作に必要な条件を抽出し、車両搭載が容易な構造にて、自動ブレーキ制御システムを実現

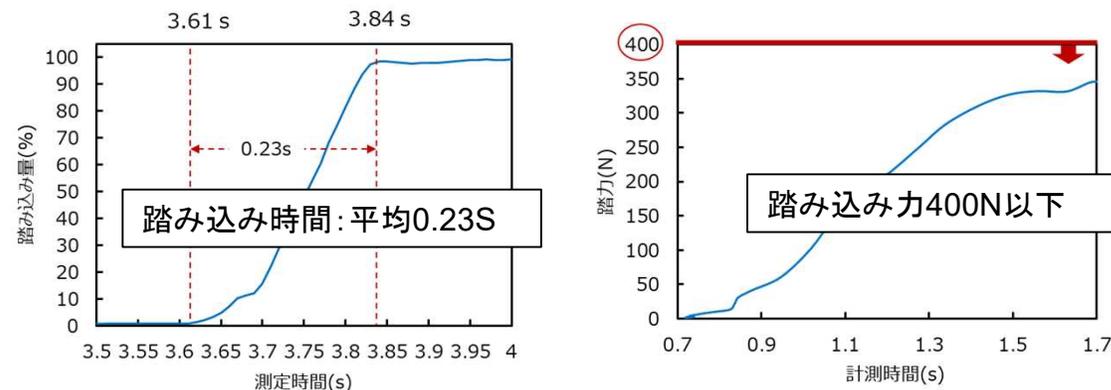
DIVP®を支える計測技術（自動ブレーキ制御システム）

SOKEN

自動ブレーキ制御システムの構成

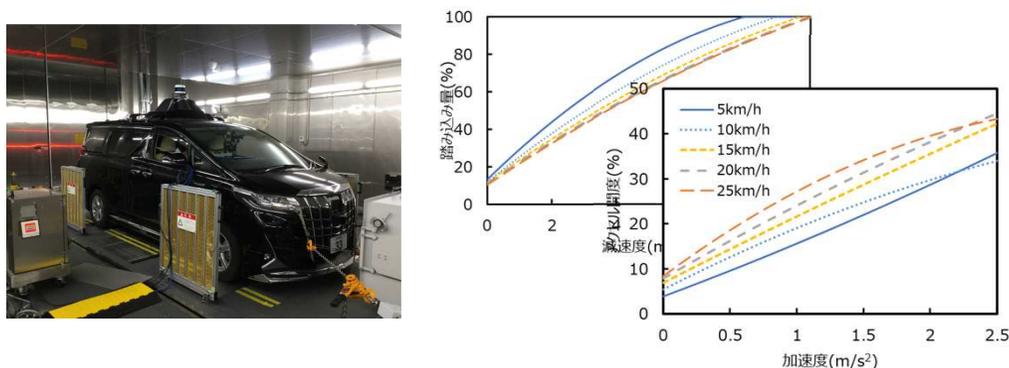


実際のドライバーの動きを再現するためのブレーキロボットユニット



人のブレーキ踏み込み時間と踏み込み量の関係

ブレーキ/アクセルマップ

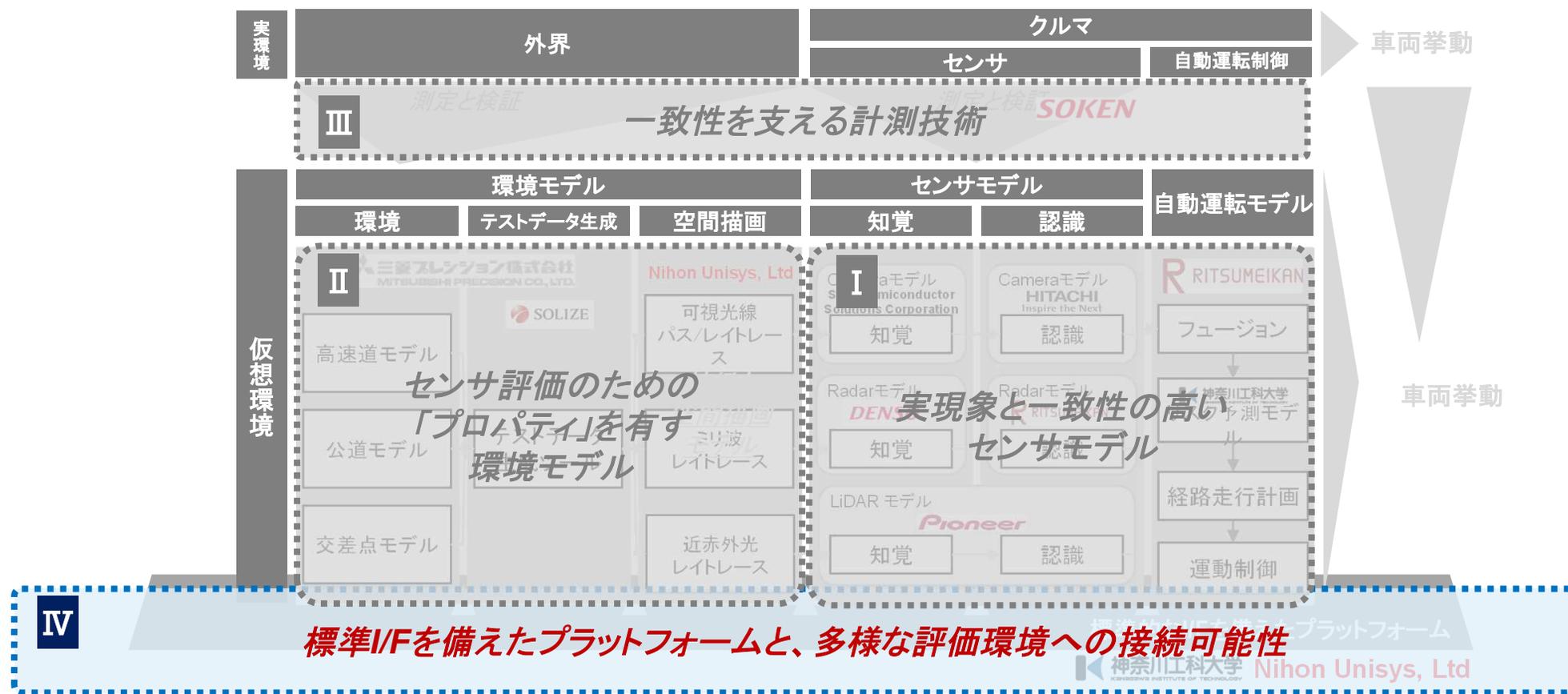


(a) 踏み込み動作時

(b) 正常時

ペダルアタッチメント

令和2年度研究成果



現在V0.7までのシミュレーションPFをリリース済、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 ✓ 夜間NCAP用街灯 	<ul style="list-style-type: none"> ■ PSSI製LiDARモデルが動作可能 (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"> ■ -

※ 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

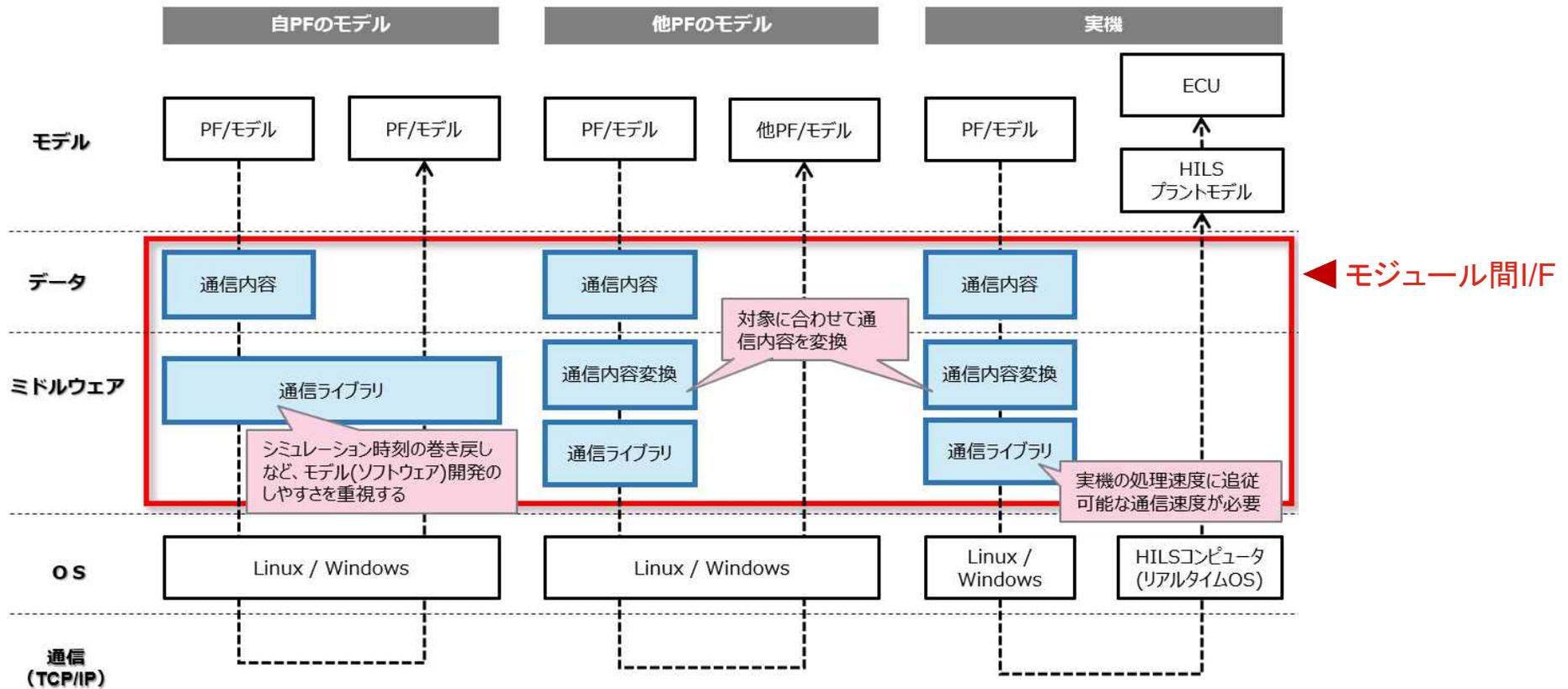
標準I/Fを備えたプラットフォームと、多様な評価環境への接続可能性

- 標準I/Fの検討
- 多様な評価環境の構築

将来の要素技術の進歩やシミュレーションPFの利用用途の拡大に対する互換性・拡張性を考慮 シミュレーションPF、モデルに依存しないモジュール間I/Fの仕様を検討

多様な検証評価環境間でのScalabilityを確保したモジュール間I/Fの仕様検討

Nihon Unisys, Ltd



モジュール間I/Fの仕様検討にあたり、モジュール間の通信/制御のプロトタイプを作成

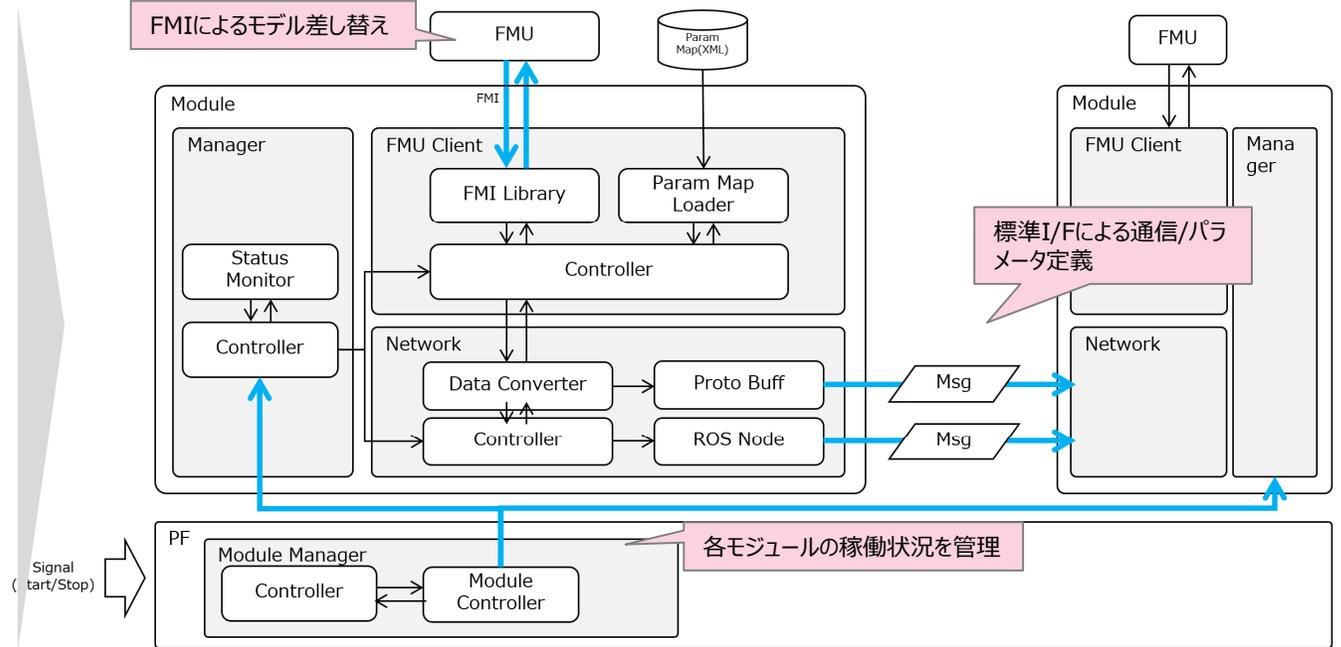
モジュール間I/Fのプロトタイプ

Nihon Unisys, Ltd

モジュール間I/Fの要件

- シミュレーションPFに依存せずモデルの差し替えができること
- シミュレーションPFや通信方式に依存しない形式で入力/出力パラメータを定義できること
- ネットワークを介して複数の計算機に分散したモジュールや他システム上のモジュールと接続できること
- 他システム上のモジュールと通信する際、シミュレーションPF上のモジュールからはその差異を意識せずに通信できること
- 各モジュールの稼働状況を管理(異常検知、死活監視、起動・停止)できること

プロトタイプの概略図

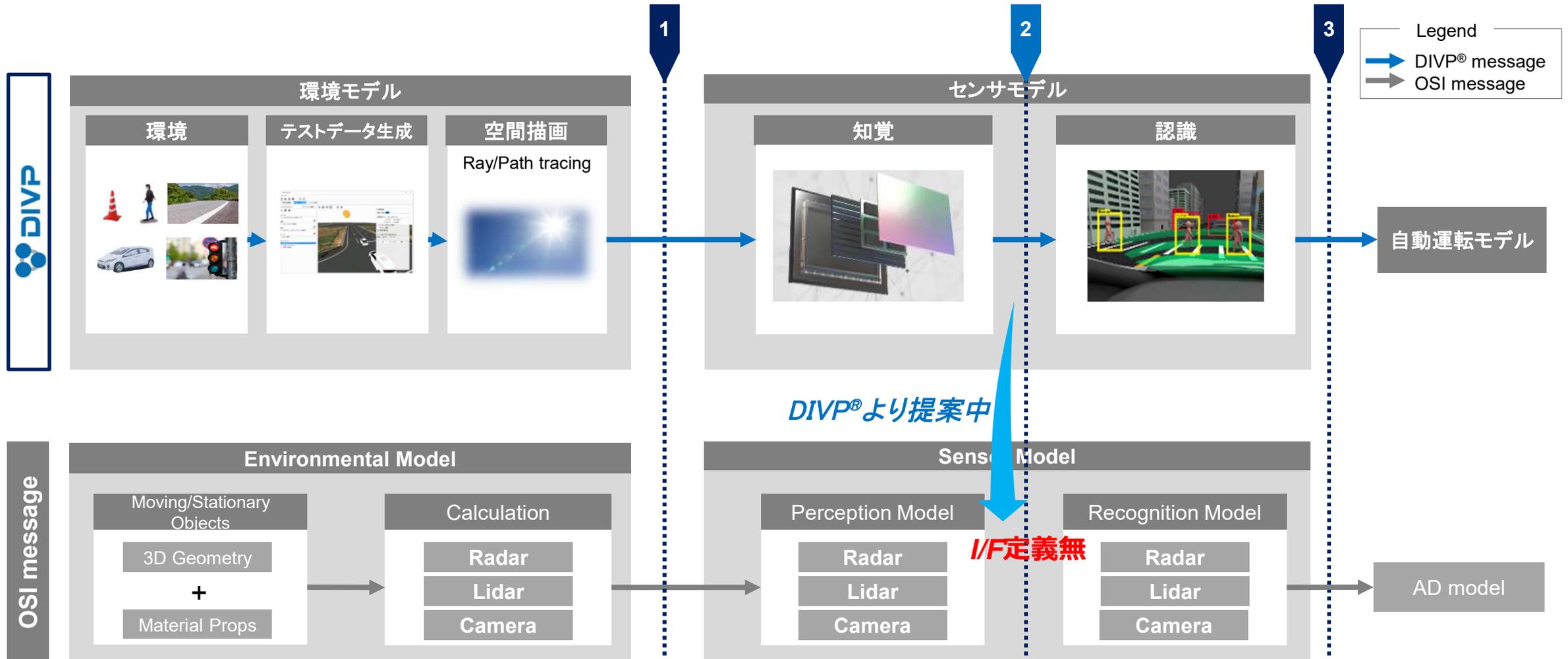


プロトタイプ作成で得られた知見をもとに、モジュール差し替えの仕組みを
今後のシミュレーションPF開発へ反映予定

独VIVALDIとの国際連携プロジェクトVIVID、及び国際標準活動ASAMへ参画し、センサに着目したAD安全性評価のためのI/F仕様を提案

I/F国際標準化に向けた活動

Nihon Unisys, Ltd



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

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

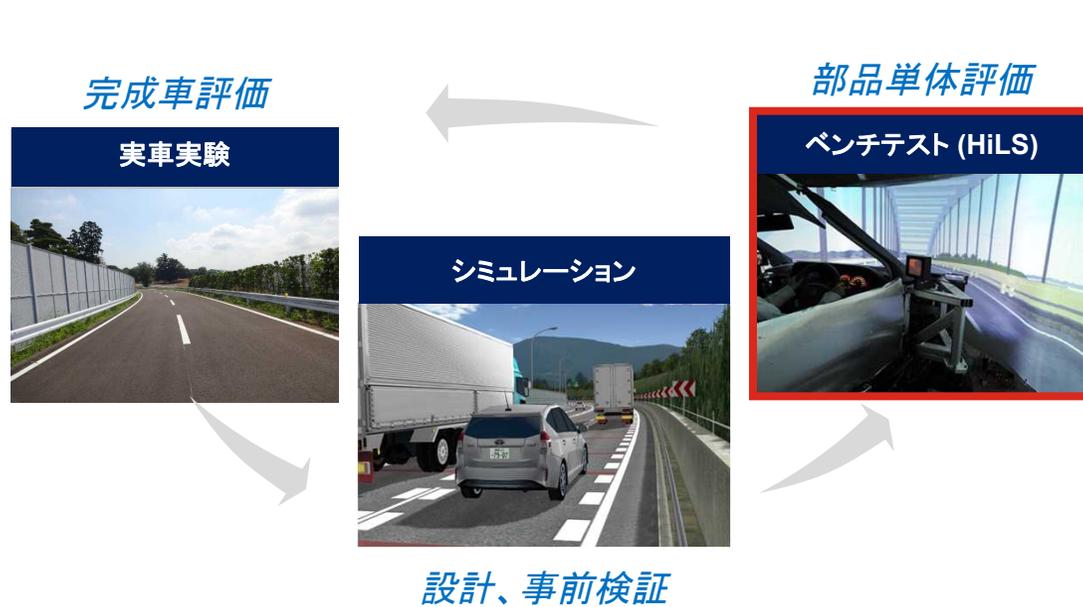
- 標準I/Fの検討
- 多様な評価環境の構築

将来のブラックボックス評価に備えインジェクション技術を用いたHiLS*を構築、評価可能性を検討実施

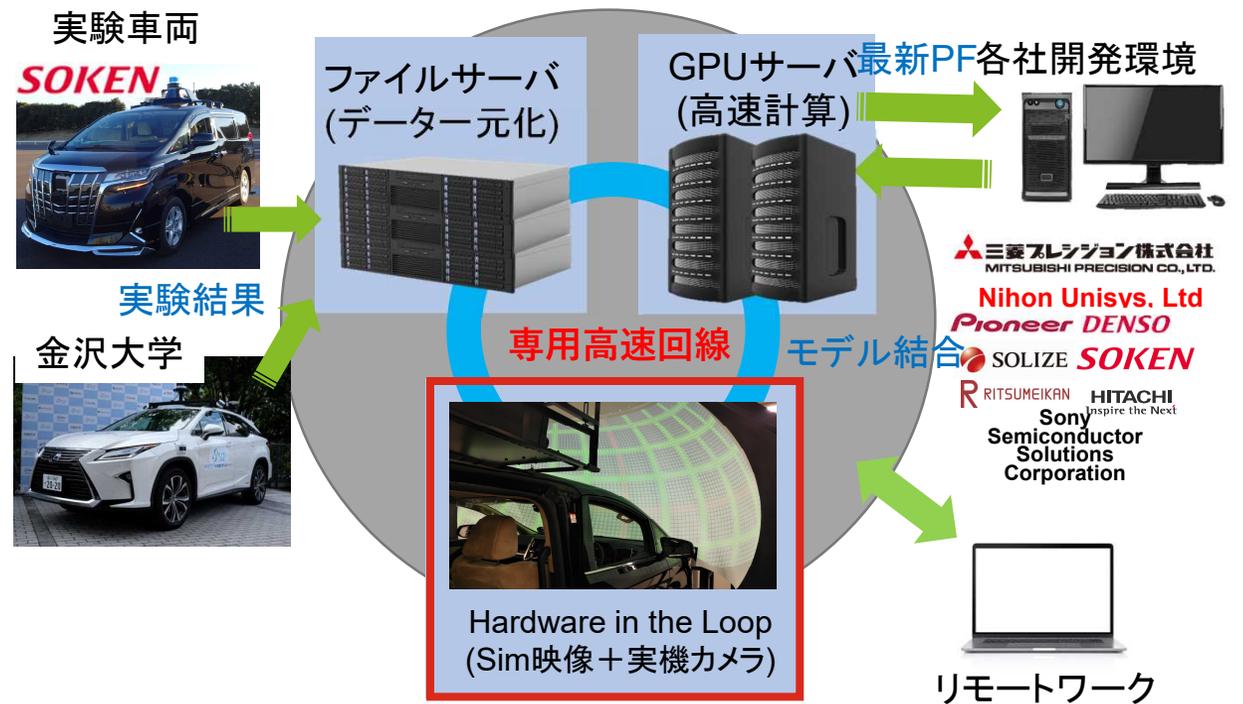
HiLSを備えた評価環境の構築



Automated Drive(AD)安全性保証のエコシステム



本プロジェクトの開発環境

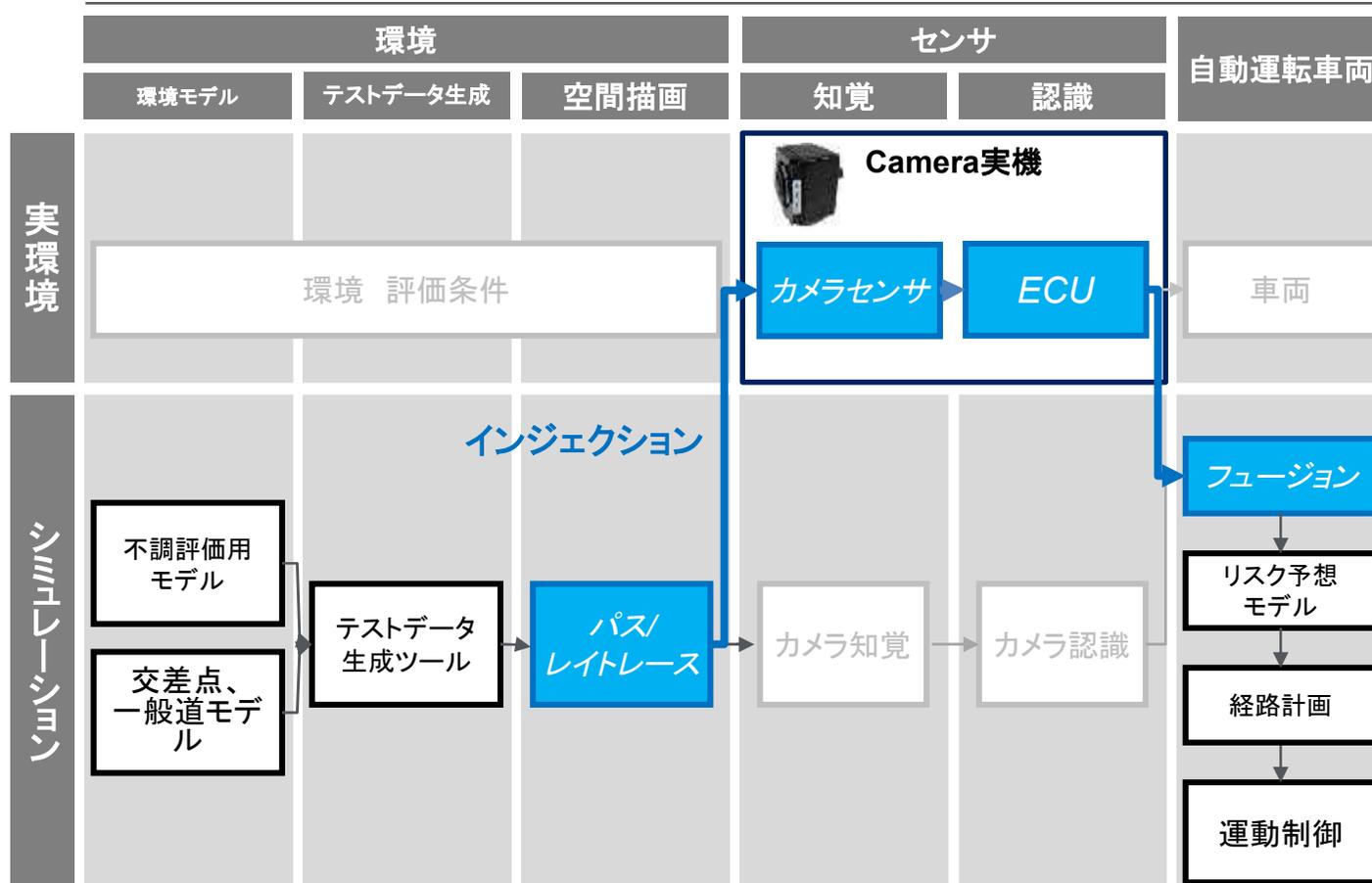


*HiLS ; Hardware in the loop Simulation
 Source : MITSUBISHI PRECISION CO.,LTD., Kanagawa Institute of Technology,
 DIVP® Consortium

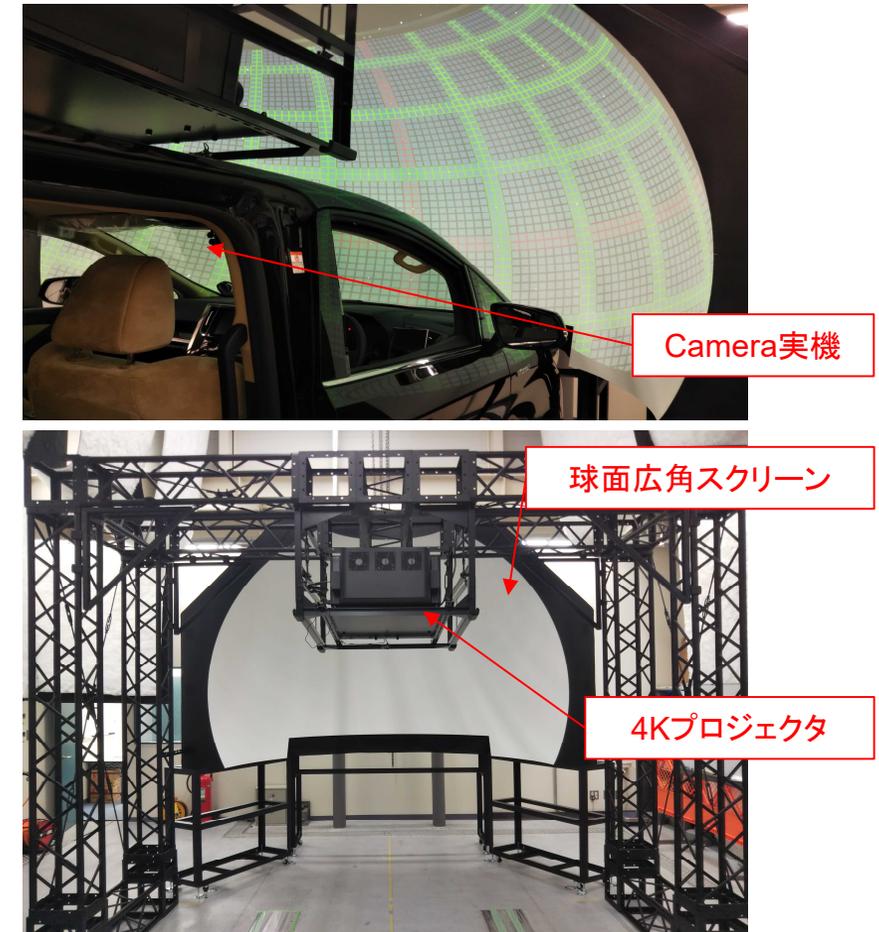
将来のブラックボックス評価に備えインジェクション技術を用いたHiLSを構築、評価可能性を検討実施

Camera HiLSの構想

HiLS環境



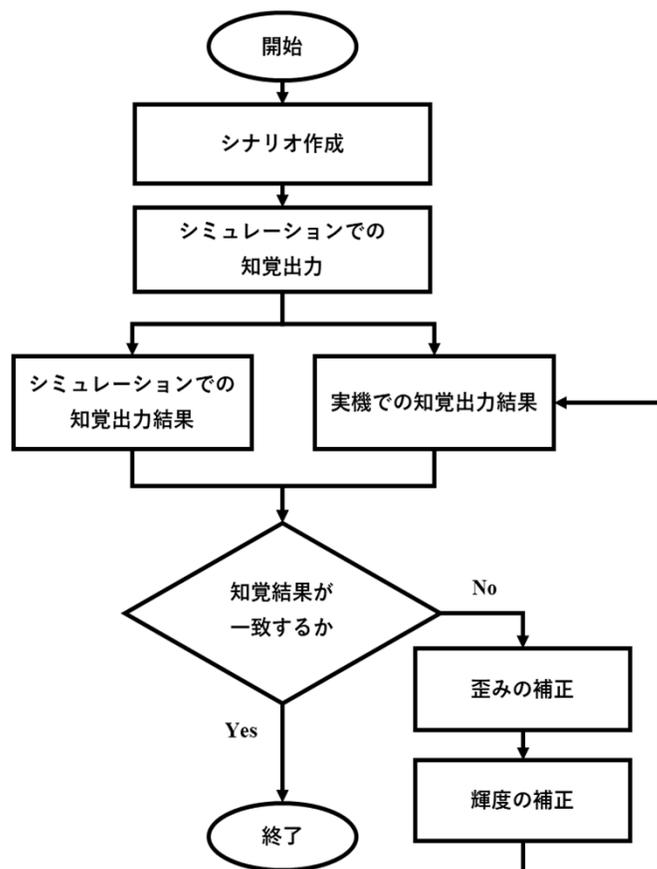
実機構成



シミュレーションとカメラ実機の知覚出力結果を比較

知覚情報の一貫性検証

知覚検証フロー



歪み補正手順

Phase	概要
1	画像データ(クロスハッチ)から交点情報を検出
2	交点情報から誤検出箇所を削除
3	交点情報に上下左右の隣接点情報を付加
4	交点情報に上下左右の歯抜け情報を付加
5	交点情報を読み込み歪み補正(射影変換)
6	歪み補正後の画像データから交点情報を検出
7	歪み補正の一貫性を検証

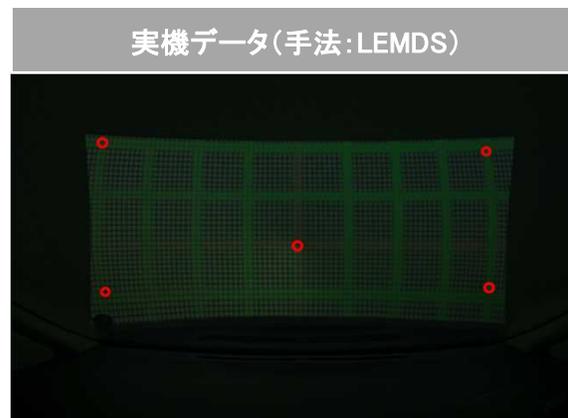
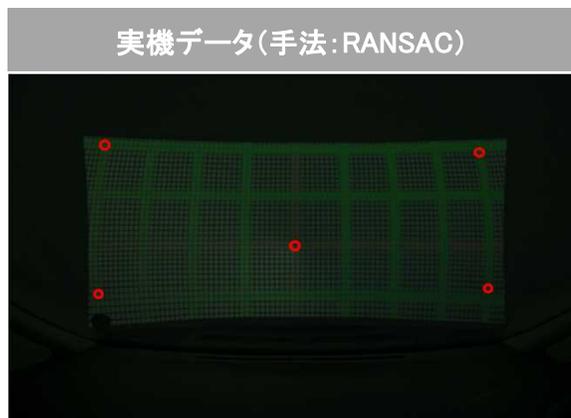
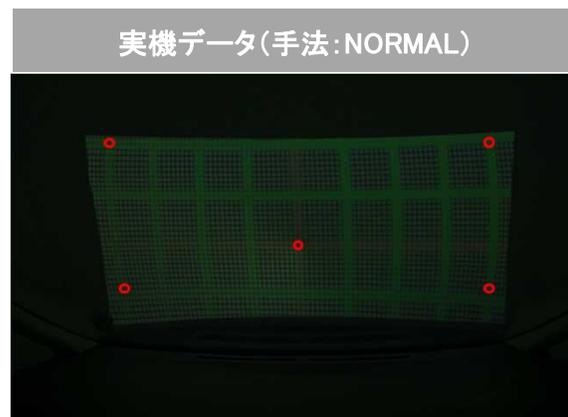
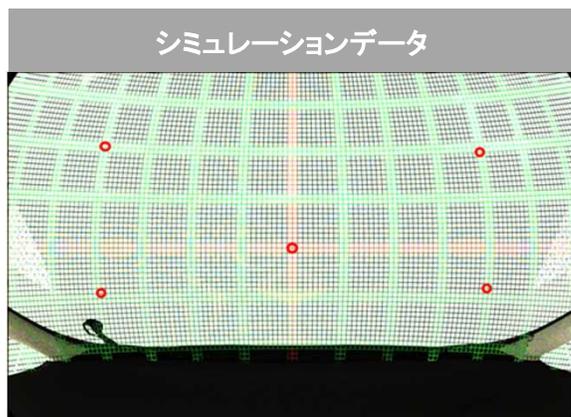
輝度補正手順

Phase	概要
1	画像データからピクセル単位のRGB情報を取得
2	グラフ化によりゲイン誤差とオフセット誤差を算出
3	ゲイン誤差とオフセット誤差より輝度補正
4	輝度補正後の画像データからピクセル単位のRGB情報を取得
5	輝度補正の一貫性を検証

RANSACのロバスト推定のアルゴリズムを用いた歪み補正

知覚比較結果(歪み補正)

歪み補正アルゴリズムの比較



歪み補正アルゴリズム比較結果

位置	補正前	補正後(NORMAL)	補正後(RANSAC)	補正後(LEMDS)
左上	37	41	22	26
左下	41	17	16	113
中心	52	24	24	25
右上	46	20	9	61
右下	35	15	10	10

誤差(単位:ピクセル)

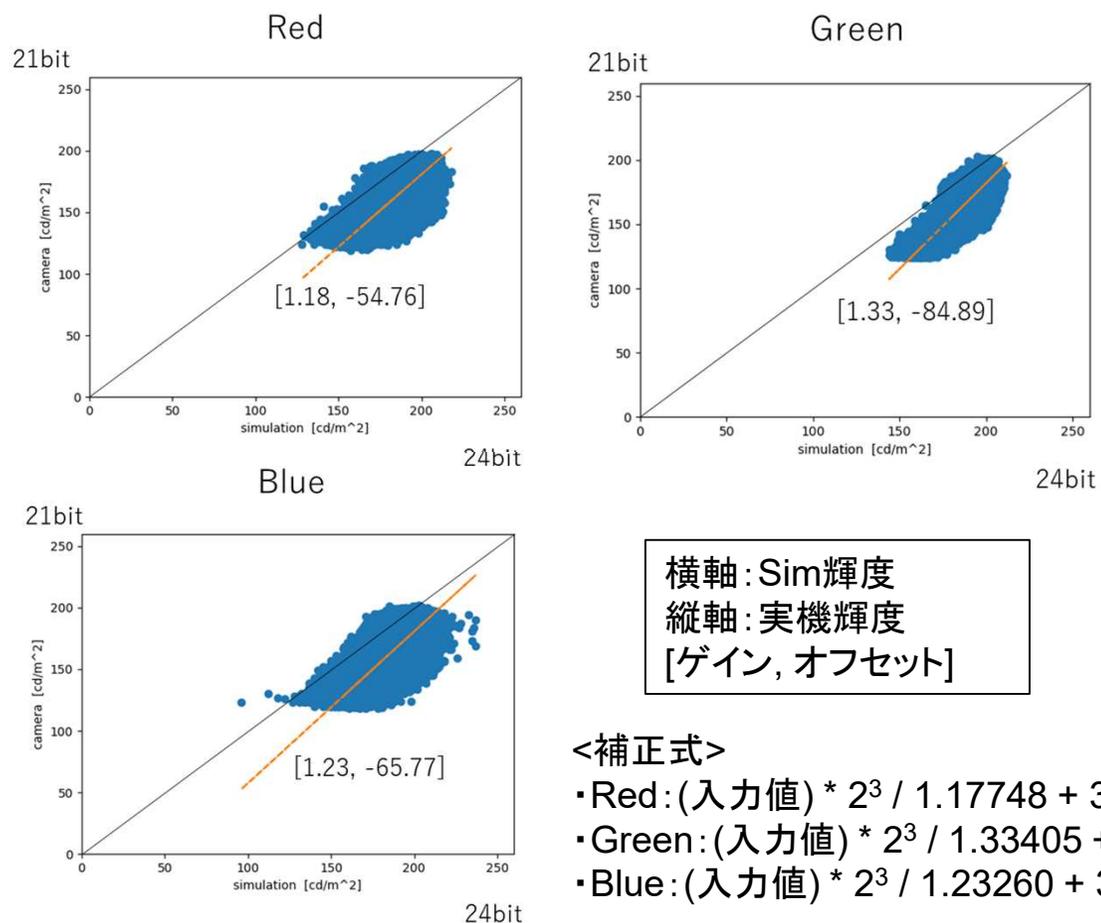
RANSACのロバスト推定のアルゴリズムを用いた
補正が最もシミュレーションに近い結果となった

RGB補正式を用いた輝度補正

知覚評価結果(輝度補正)

RGB毎の輝度比較

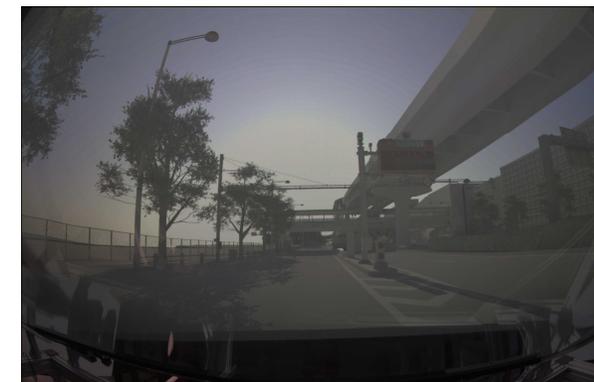
輝度補正結果



シミュレーション結果



HiLS結果



RGB毎の補正式適用により輝度補正が可能

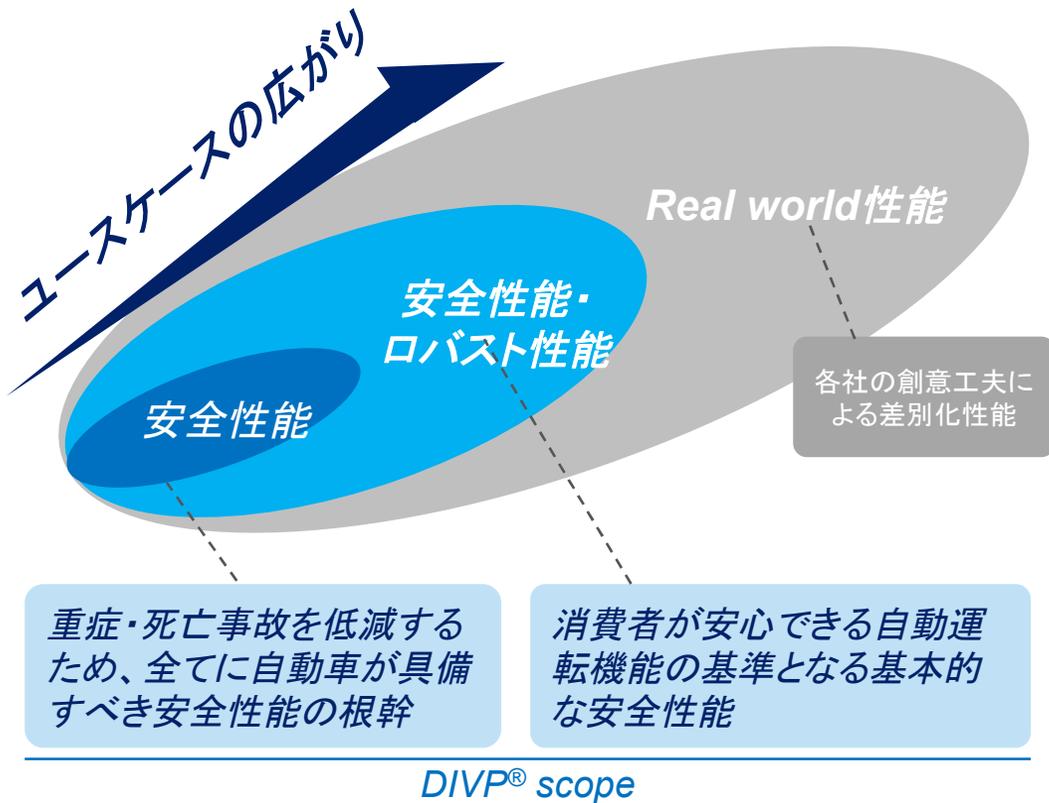
Virtual-PG/CGの構築

FY2020では一貫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



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

2

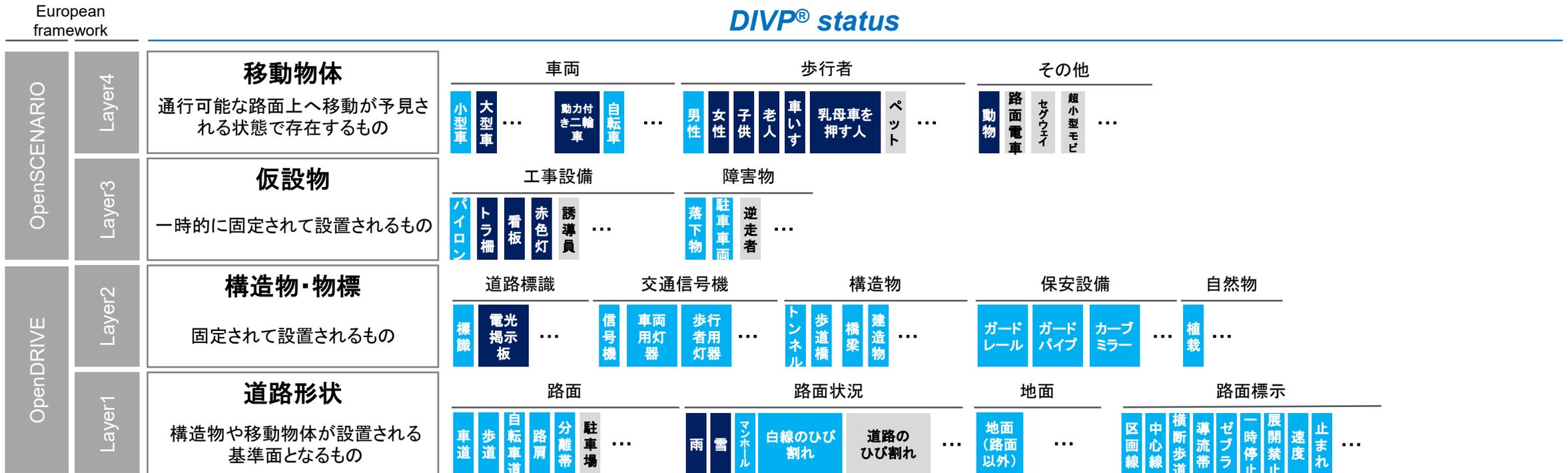
安全性能・ロバスト性検証

- 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

【Virtual-PGの生成】 シミュレーションに必要なアセットの検討と並行してライブラリの構造化を検討、国際連携を進めながら標準化を目指す

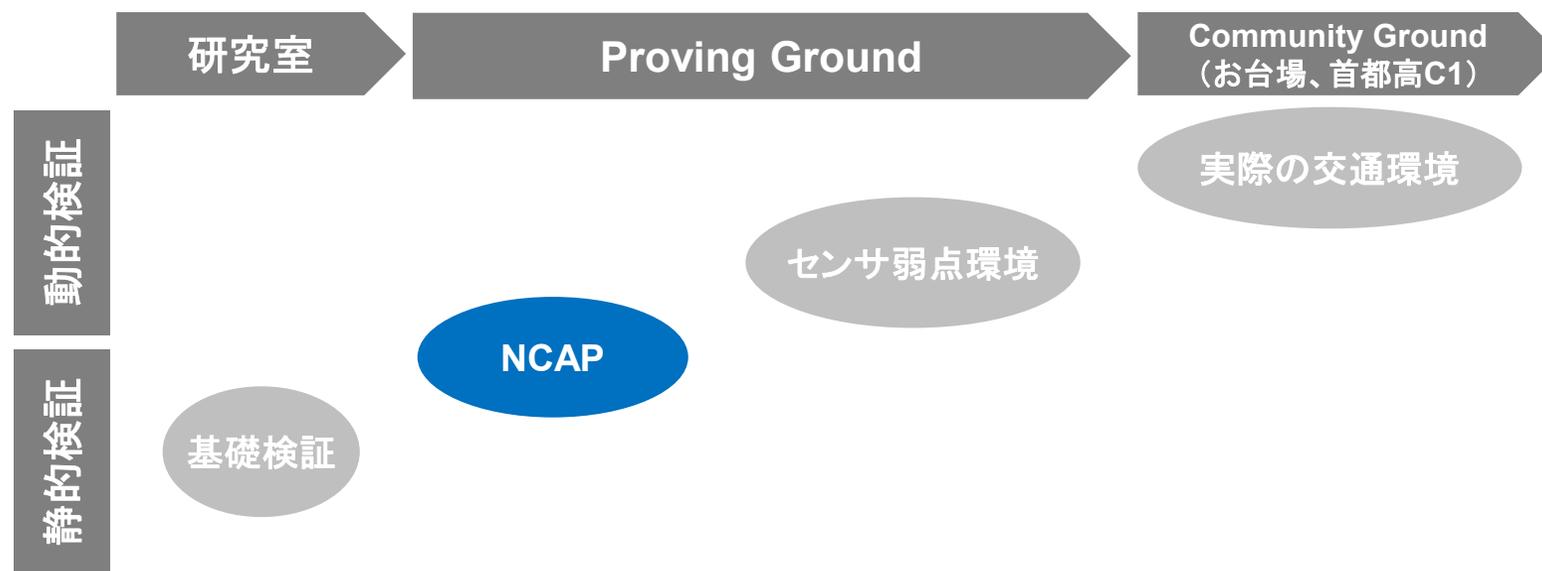
データベースの構造化



凡例

2020年度内で実施
2021年度以降で実施
優先度低

Virtual-PG/CGの構築



JAMA殿との不調要件の優先度整合結果に基づき9月に実験計測を実施、 強く要望をいただいたALKSの試験プロトコルを追加、試験条件についてはJARI殿と協議を行った

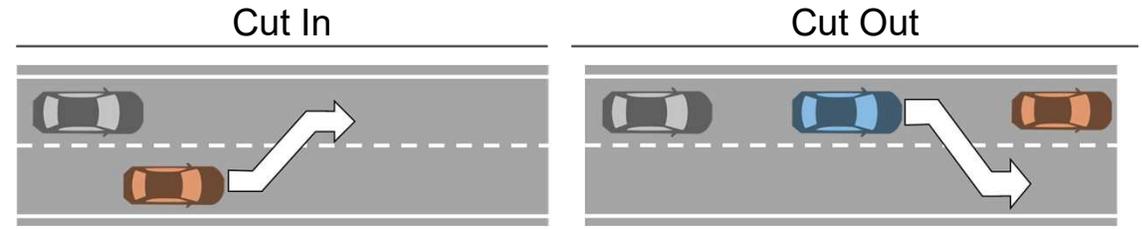
認識不調 実験条件(9/7~9/18)

SOKEN

実験で扱う不調シナリオとアセット

走行 プロ トコ ル	AEB-Pedestrian	AEB-Cyclist	AEB-Car
	<ul style="list-style-type: none"> 歩行者横断シナリオ 	<ul style="list-style-type: none"> 自転車追従シナリオ 	<ul style="list-style-type: none"> 右直衝突シナリオ 

ALKS試験プロトコルの追加



試験風景



ア セ ッ ト	項目	Camera					Radar			LiDAR				
		5	環境条件	昼間	夜間	雨霧	逆光	順光	昼間	夜間	雨	昼間	夜間	雨霧
4	移動物体	歩行者	黒服	車両	黒色	NCAP	ダミー	複数車	歩行者	黒服	車両	黒色		
3	一時的な変化							段ボール	ポール	マン				
2	物標	ガラス	フロント	ボード	ダッシュ	白線	かすれ	ガード	路側壁	白線	かすれ	アルト	アスファ	遮熱塗装
1	道路形状	直線	交差点					直線	交差点					

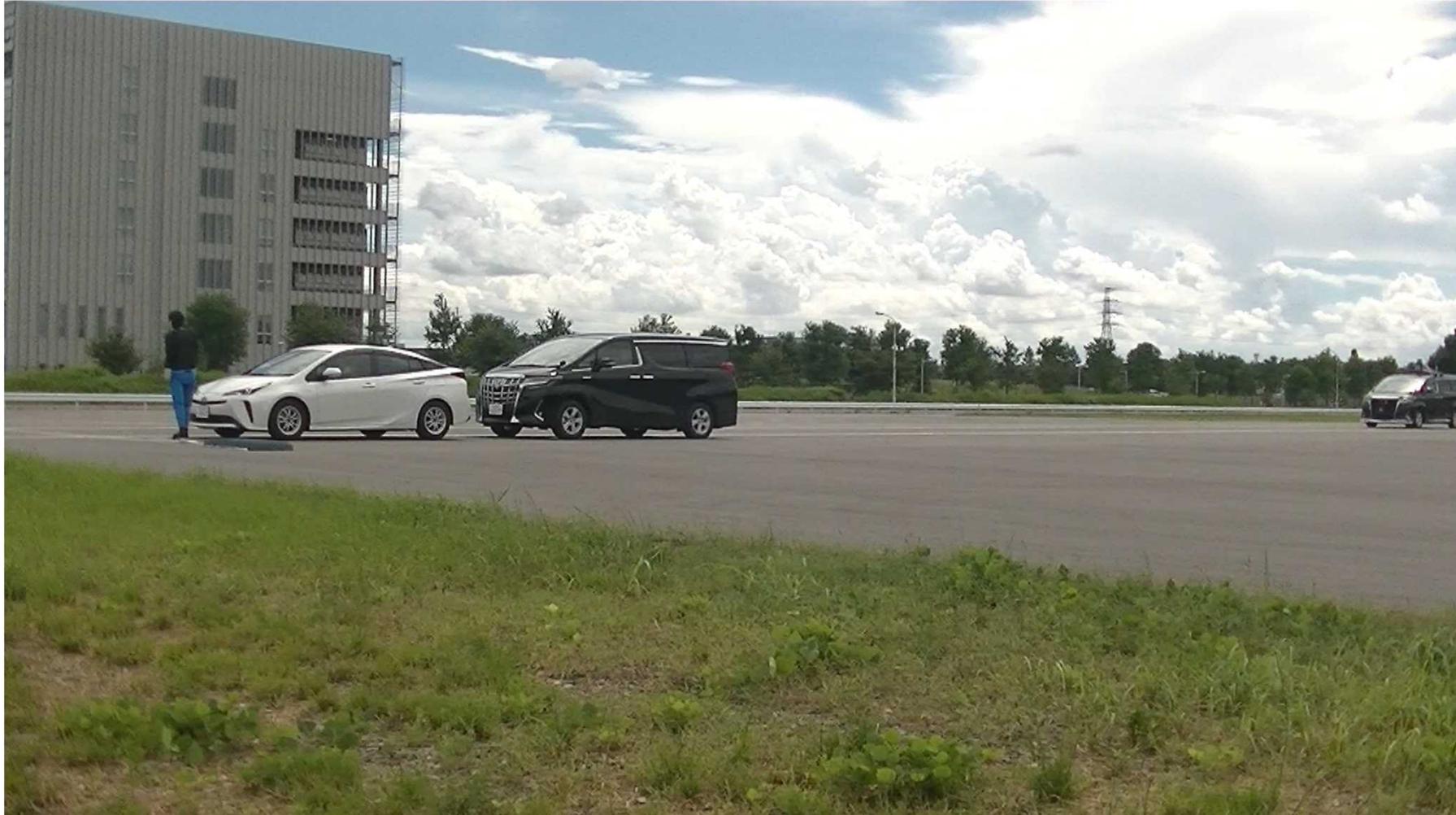
凡例

- JAMA要望
- センサ要件
- 拡張計画

Proving Groundにおける実験計測により、NCAP「車影飛び出し」の再現に着手

NCAP車影飛び出し

SOKEN



Proving Groundにおける実験計測により、NCAP「車影飛び出し」の再現に着手

NCAP車影飛び出し(シミュレーション)

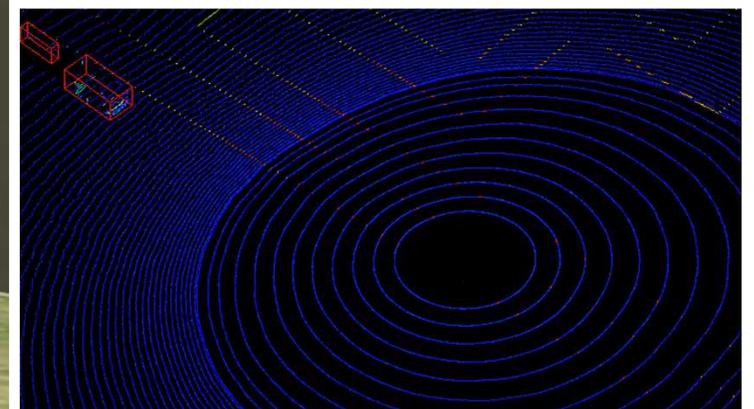


歩行者車影飛び出しシナリオ

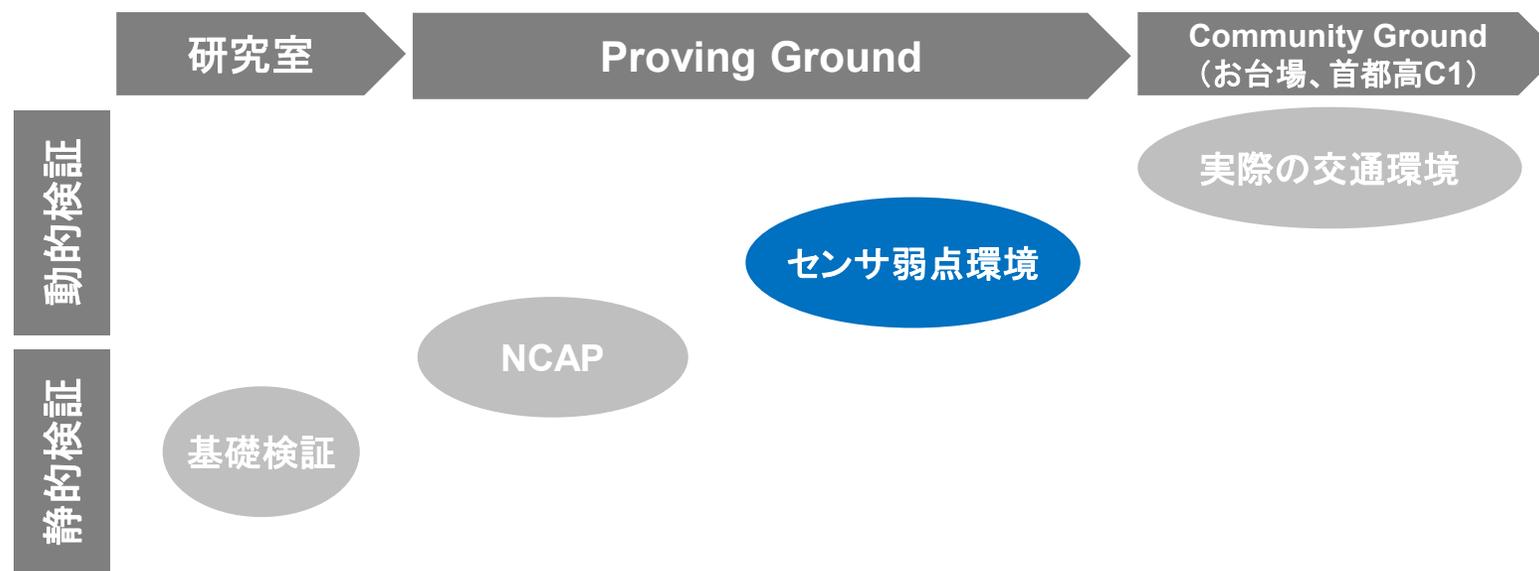
Cameraシミュレーション



LiDARシミュレーション



Virtual-PG/CGの構築



PG試験ではセンサ不調を引き起こす事象についてもデータ計測を実施、Virtual-PGへ再現していく

PGにおける不調評価

SOKEN



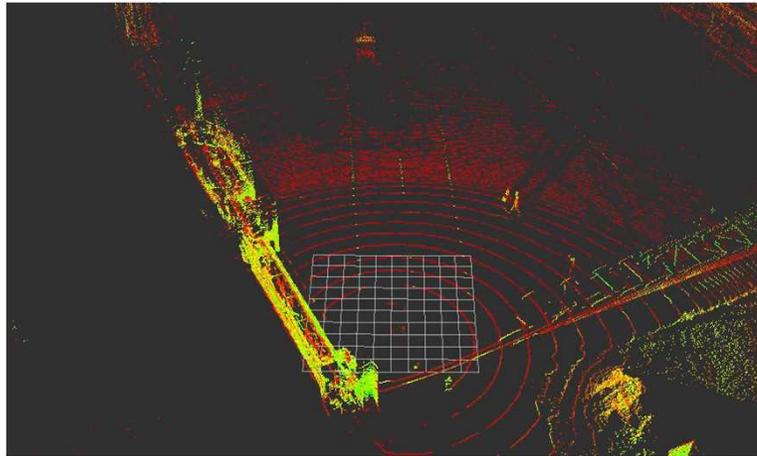
天候(PEGASUS*¹ Layer5)について太陽と雨の再現に取り組む、NIED*²降雨試験に基づきモデル化の要素研究を実施、降雨特有の現象や不調要因を計測することができた

実験で検出されたLiDARの弱点条件



LiDAR(雨で疑点が発生)

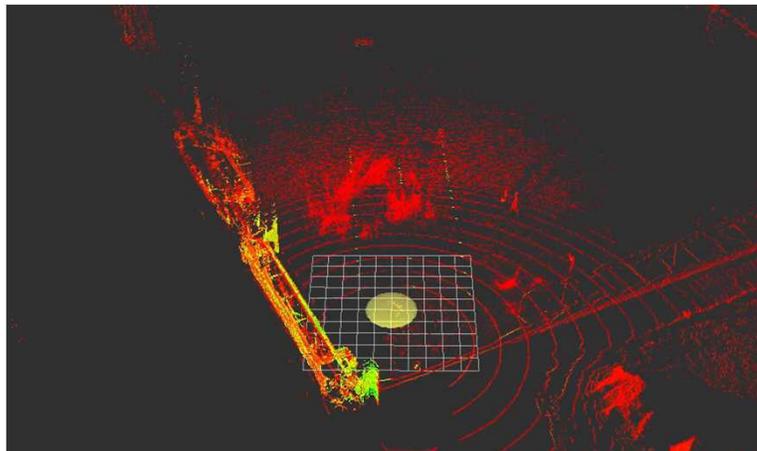
LiDAR(路面が鏡のようになり反射)



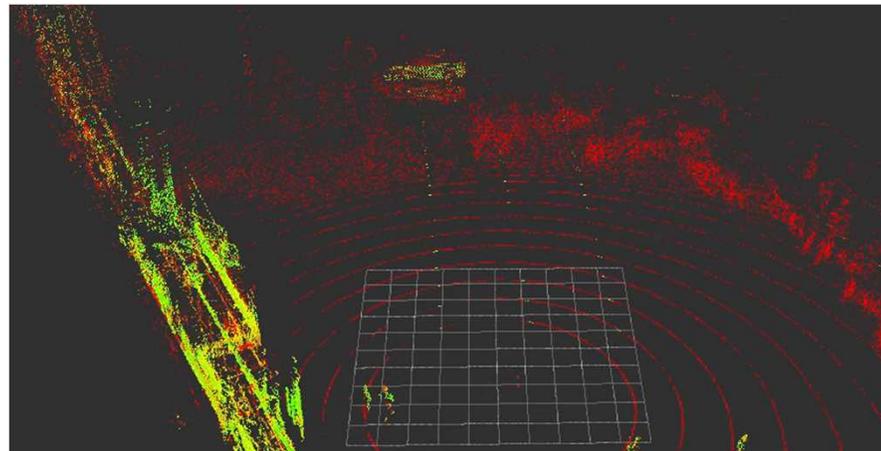
■ 降雨量20mm/h



■ 20m先のプリウスを撮影、路面に車両が投影されている



■ 降雨量180mm/h

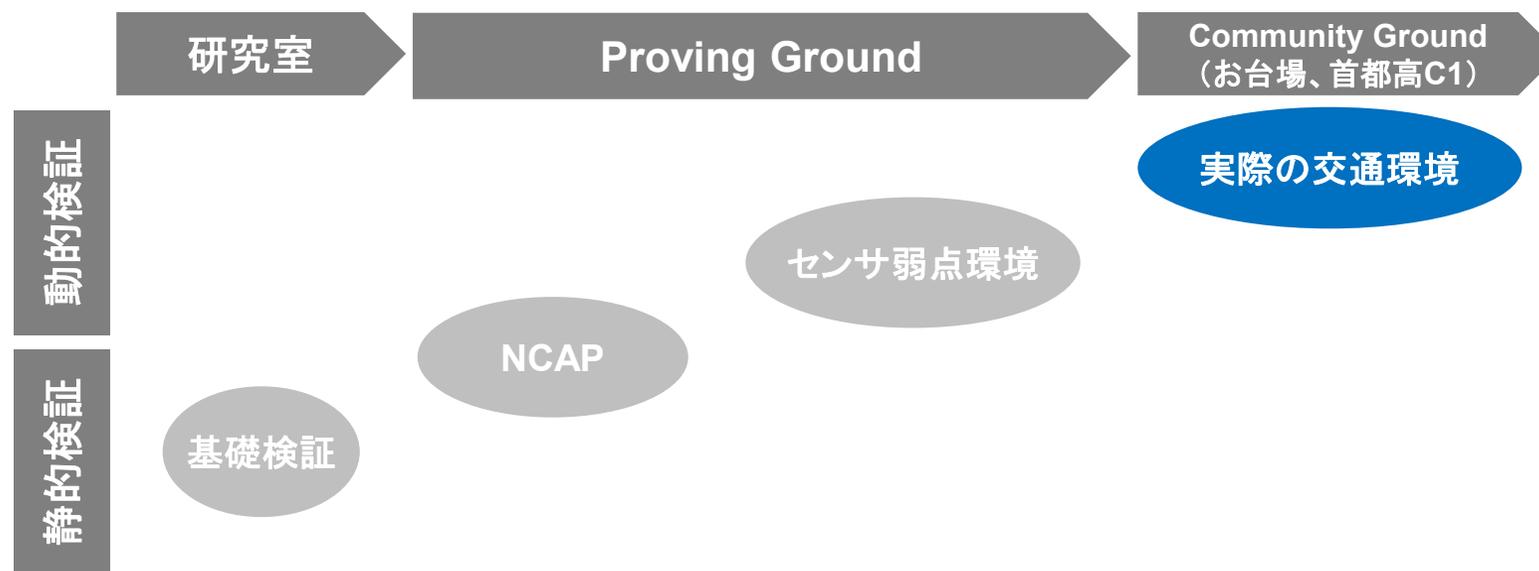


■ LiDAR出力においても路面反射が検出されている

*1 : PEGASUS : 独国家プロジェクト、安全論証におけるシナリオベースドアプローチを提唱、*2 : National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience

Source : Kanagawa Institute of technology, SOKEN, INC

Virtual-PG/CGの構築

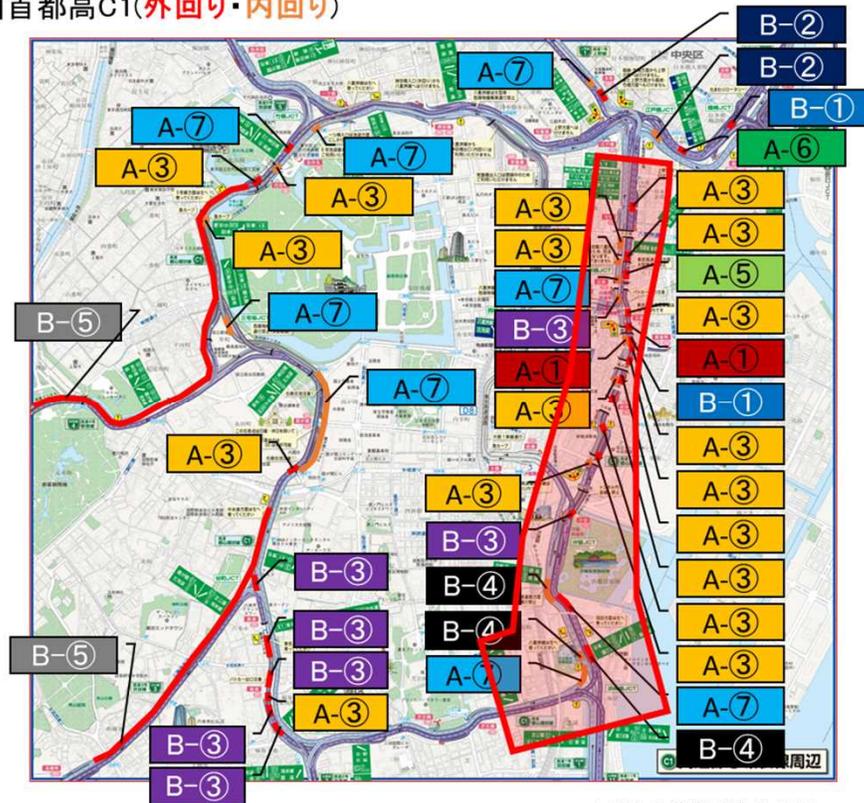


首都高C1、お台場の取材走行に基づきかすれ白線等の不調要因を特定、Virtual-CGを構築していく

首都高C1、お台場の取材に基づくモデル化

【認識不調発生ポイント一覧】首都高C1(外回り・内回り)

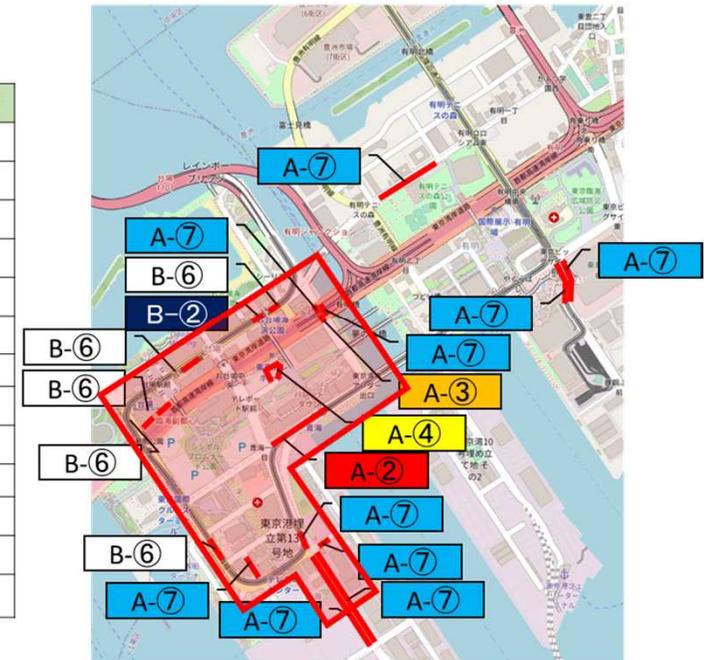
不調No.	小分類	難易度
A-1	防音壁の影	易
A-2	街路樹の影	難
A-3	映り込み	中
A-4	道路模様	中
A-5	白線幅が広い	易
A-6	路上障害物	難
A-7	かすれ	難
B-1	防音壁の影	易
B-2	高架橋の影	易
B-3	日の光	中
B-4	道路模様	中
B-5	縁石	易
B-6	路上障害物	(易)



出典元: 首都高速道路株式会社

【認識不調発生ポイント一覧】お台場

不調No.	小分類	難易度
A-1	防音壁の影	易
A-2	街路樹の影	難
A-3	映り込み	中
A-4	道路模様	中
A-5	白線幅が広い	易
A-6	路上障害物	難
A-7	かすれ	難
B-1	防音壁の影	易
B-2	高架橋の影	易
B-3	日の光	中
B-4	道路模様	中
B-5	縁石	易
B-6	路上障害物	(易)

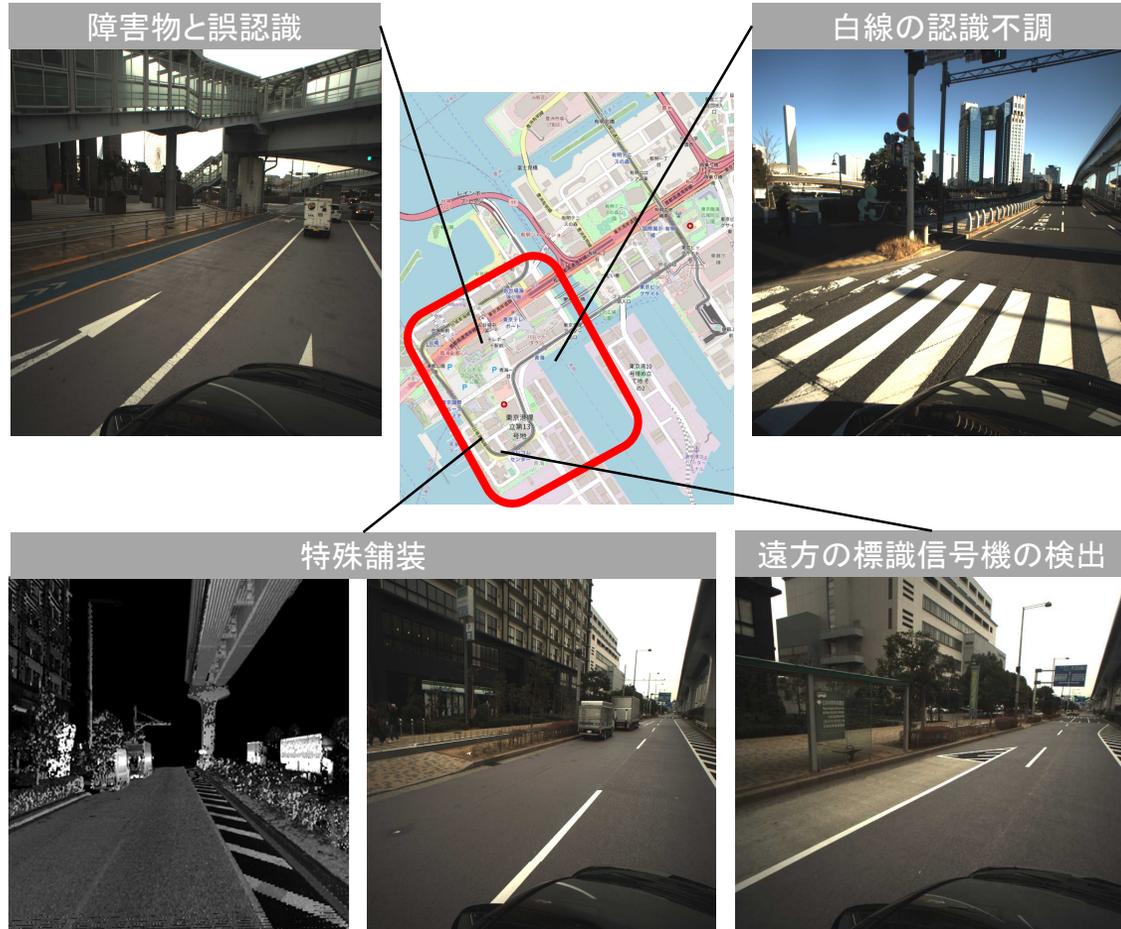


© OpenStreetMap contributors

公道(お台場、首都高C1)を走行し、センサ認識的に厳しい場所で妥当な結果が得られるか確認予定 SIP内の協調活動として、金沢大学のカメラ認識機能を利用した一致性検証も実施予定

公道での評価

公道での実験予定

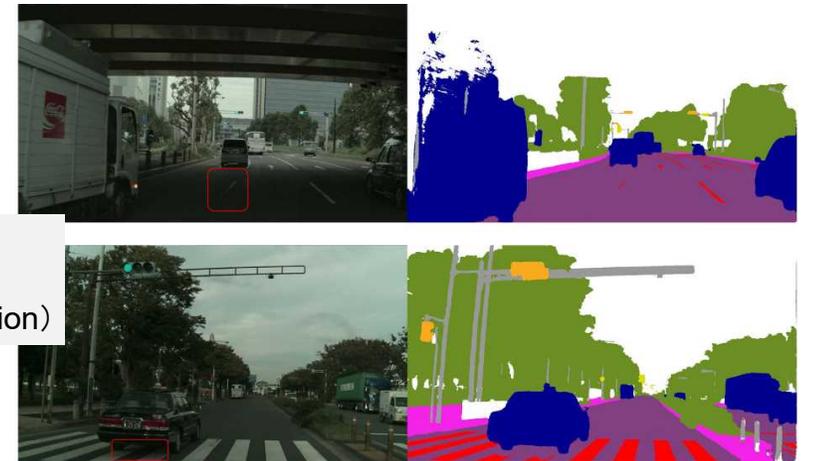


金沢大学・中部大学との協調



金沢大学の
自動運転車両

金沢大学・中部大学の
カメラ画像認識
(Semantic Segmentation)



自動運転実証事業で発生したセンサ不調事象をVirtual-CGへフィードバック、SIP研究事業内の協調成果に

「自動運転技術(レベル3, 4)に必要な認識技術等に関する研究」との連携

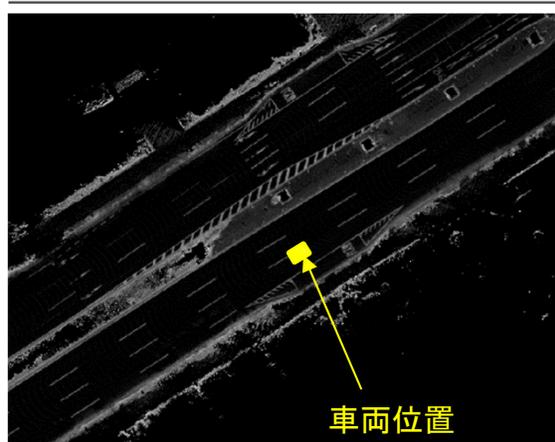
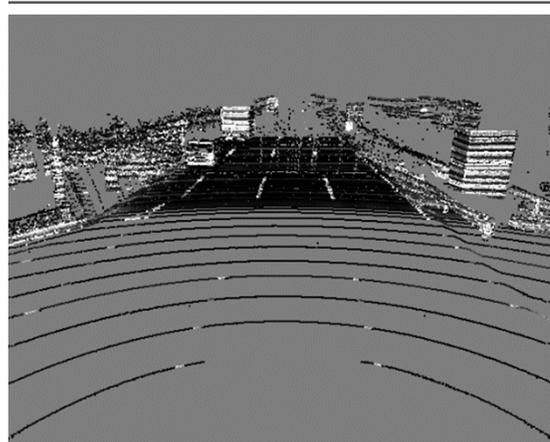
通常のアスファルト(ビッグサイト付近)

■ アスファルトと白線の反射率に違いがあるため、白線検出可能



LiDAR点群

LiDARオルソ地図



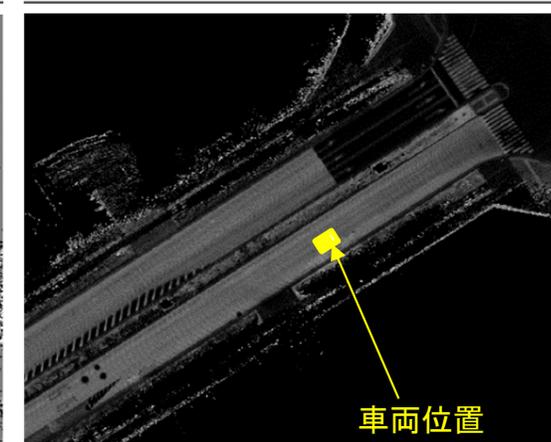
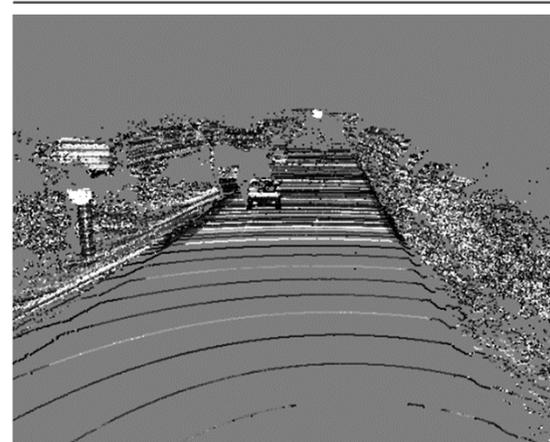
遮熱性塗装(テレコムセンター前)

■ アスファルトと白線の反射率が同等で白線検出困難



LiDAR点群

LiDARオルソ地図



取材走行で特定された不調要因個所を実測し、首都高C1、お台場のVirtual-CG構築を進める

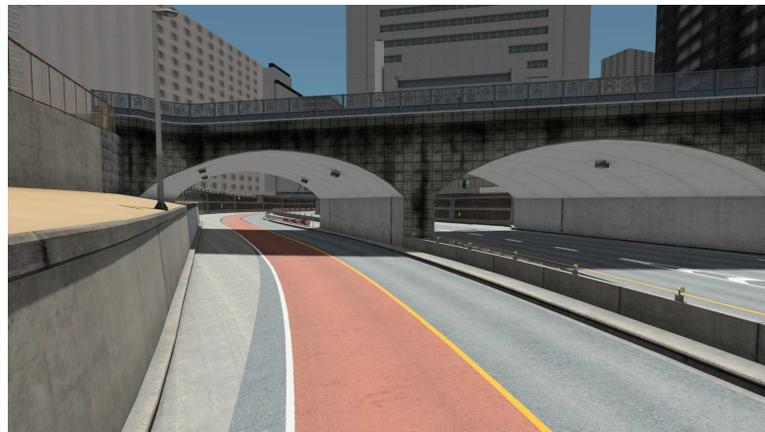
Virtual-CG構築



首都高C1 京橋JCT付近



首都高C1 采女橋付近



首都高C1 汐留トンネル付近



お台場 青海三丁目付近



お台場 テレコムセンター前



お台場 お台場中央



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-CGを構築、AD安全性検証を支える

Virtual-CGでの不調映像

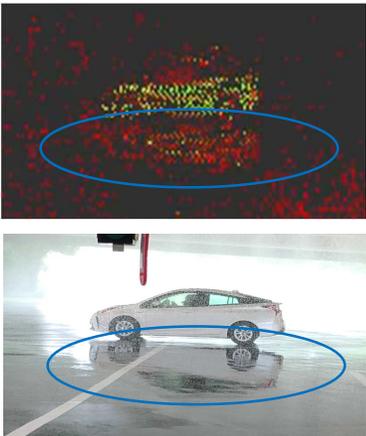


※映像は開発中のものにつき、実際の仕様とは異なる場合があります。
Source：三菱プレジジョン(株)提供画像

ユーザー評価

AD安全性検証では、 センサが“見えているか”、“どこまで見える必要があるのか”を明らかにした上での基準化が必要に

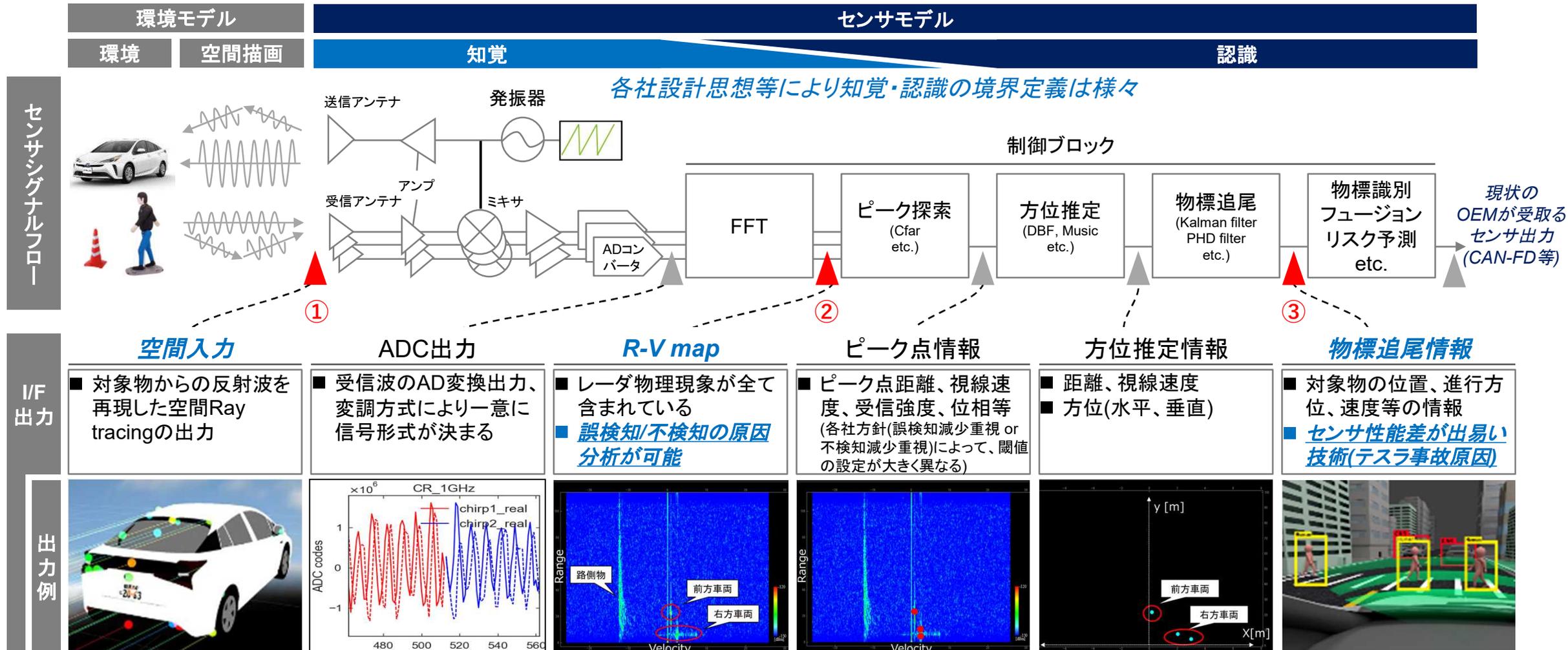
センサ知覚評価の重要性

		センサ知覚				
Target		Exist	Not	Camera	Radar	LiDAR
	Exist	対象が見えている	未検出 ・ 対象が見えていない	暗闇・逆光により対象が見えない 	複数対象が切り分けられずに一つの対象に見えてしまう 	黒革の歩行者が見えない 
	Non exist	誤検出 ・ 存在しない対象が誤って見えている	対象が存在しない	フレアにより存在しない対象が誤って見えてしまう 	勾配路の反射により存在しない対象が誤って見えてしまう 	鏡面反射により物体を誤って検知(疑点) 

センサモデルには内部の制御ブロックに応じたI/Fが複数存在するため、標準的なI/F定義が必要 DIVP[®]では安全性評価のために3つのI/F部での入出力評価を提案したい

ミリ波レーダにおけるI/F

凡例 ▲ : I/F ▲ : DIVP[®]提案 I/F



* 出力例はあくまでも参考例、実際の出力とは異なる

Source : SOKEN, INC

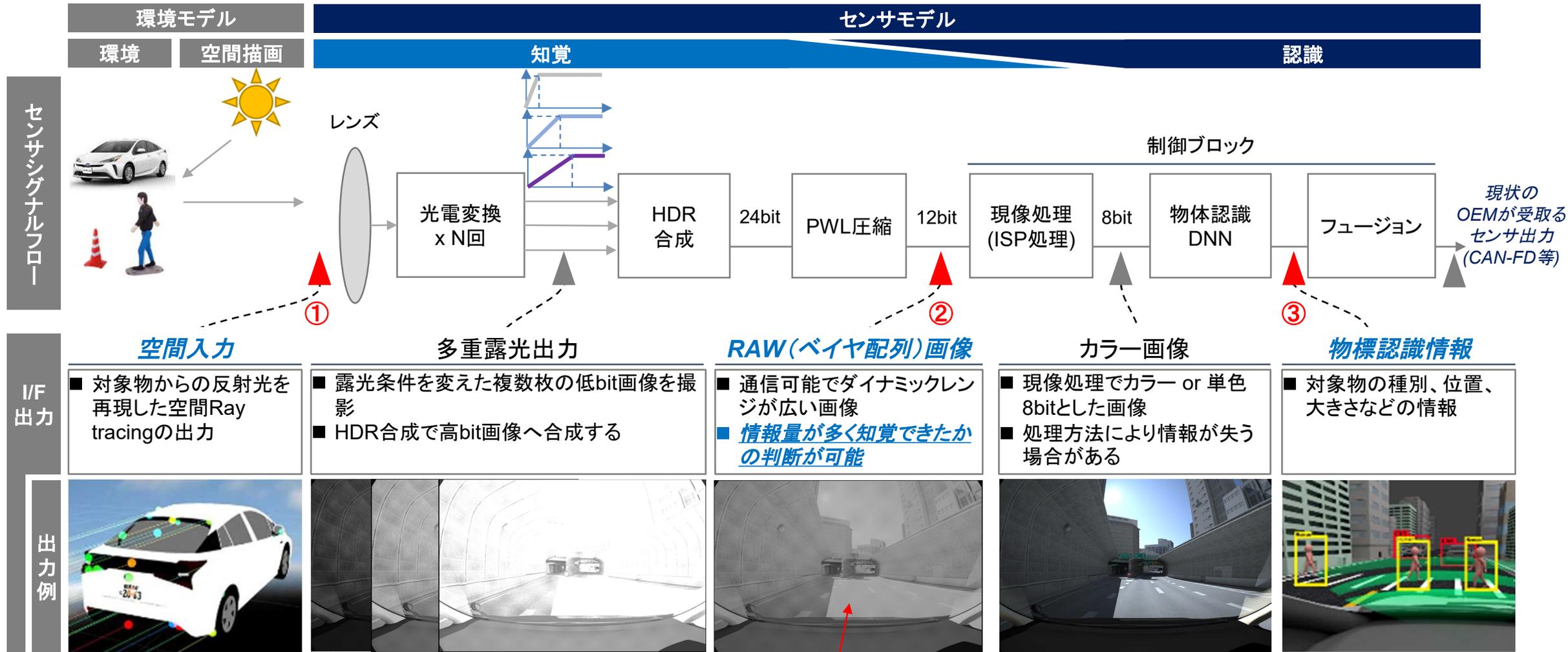
DIVP[®] Consortium

センサモデルには内部の制御ブロックに応じたI/Fが複数存在するため、標準的なI/F定義が必要

DIVP[®]では安全性評価のために3つのI/F部での入出力評価を提案したい

カメラセンサにおけるI/F

凡例 ▲ : I/F ▲ : DIVP[®]提案 I/F



* 出力例はあくまでも参考例、実際の出力とは異なる

Source : SOKEN, INC

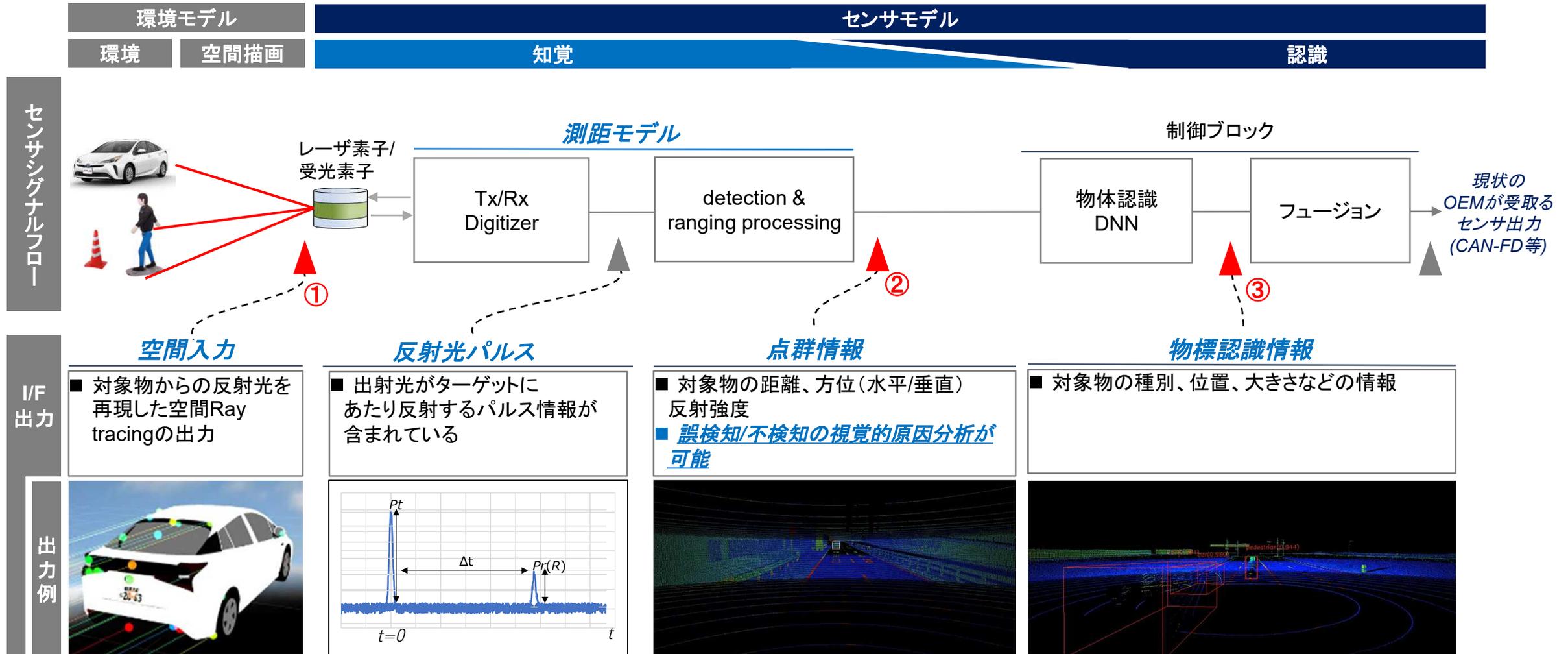
DIVP[®] Consortium

カラーフィルタ配列 (ベイヤ配列)

センサモデルには内部の制御ブロックに応じたI/Fが複数存在するため、標準的なI/F定義が必要 DIVP[®]では安全性評価のために3つのI/F部での入出力評価を提案したい

LiDARセンサにおけるI/F

凡例 ▲ : I/F ▲ : DIVP[®]提案 I/F



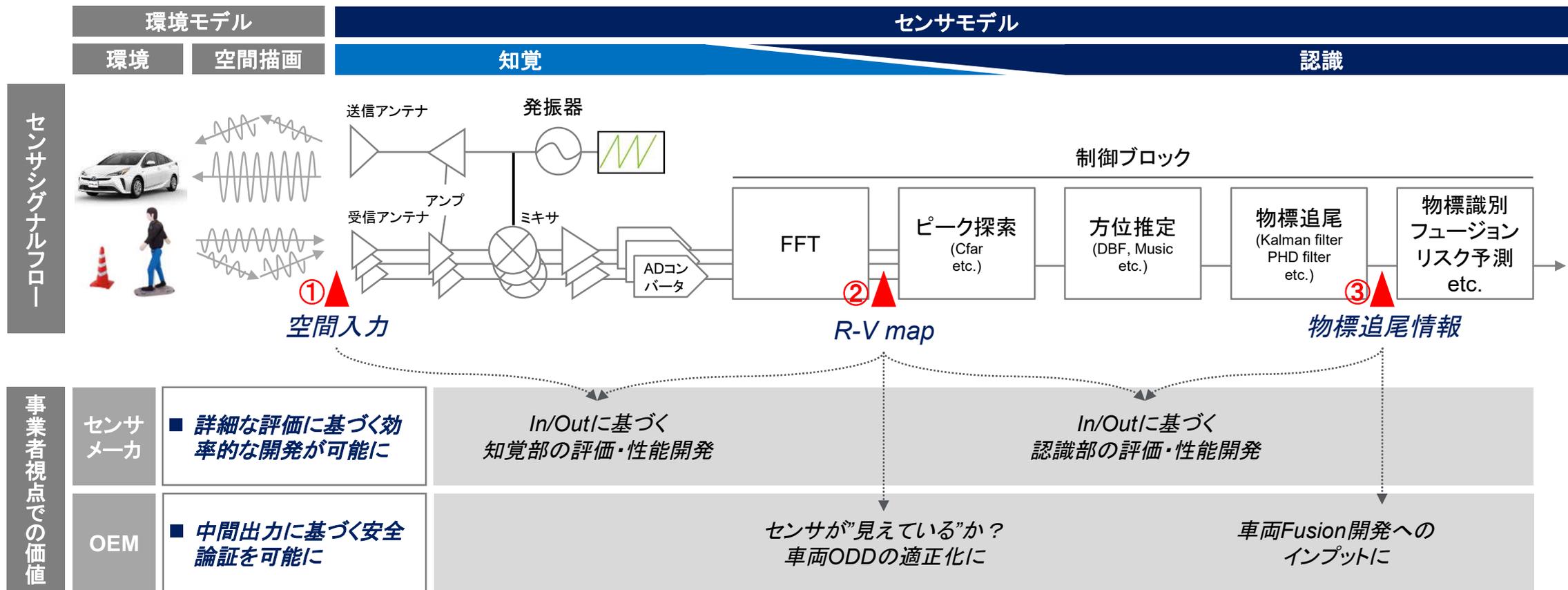
* 出力例はあくまでも参考例、実際の出力とは異なる

Source : SOKEN,INC

DIVP[®] Consortium

安全性評価のために3つのI/F部での入出力評価を提案したい そのために今後OEM(JAMA)・センサメーカ各社とモニタを通じてI/F標準化と評価指標の協業を進める

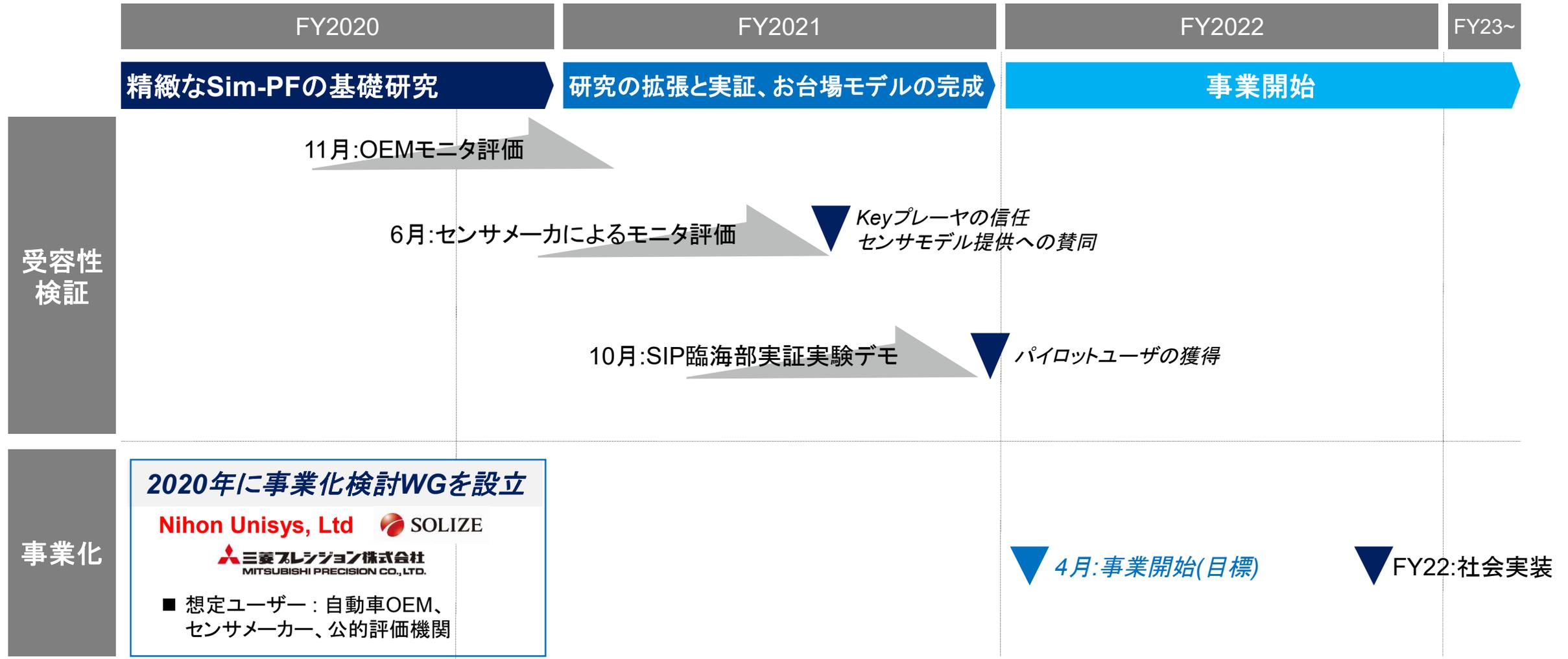
事業者毎、I/Fの価値



Simを共通言語に事業者の枠を超えた技術検討をDIVP®が促進し、
国際標準化を狙う

今後、OEM・センサメーカーとのモニタ評価を通じた接続性の検討を進めた上で、
臨海部実証試験を通じ有効性を発信、2022/4月に試供版提供により事業の開始を目指す

事業化に向けたロードマップ



ユーザー評価

- コンソーシアム参加企業による評価
- 外部モニター評価

【Camera】精緻な交通環境モデルを用いると、カメラ性能差のシミュレーションが可能に

Camera性能評価の例

- HDRカメラを使うと暗がりの対象物の検知が可能なことをシミュレーションにて確認

Normal (NML) モード



High Dynamic Range (HDR) モード



【Camera】精緻な交通環境モデルを用いると、カメラ性能差のシミュレーションが可能に

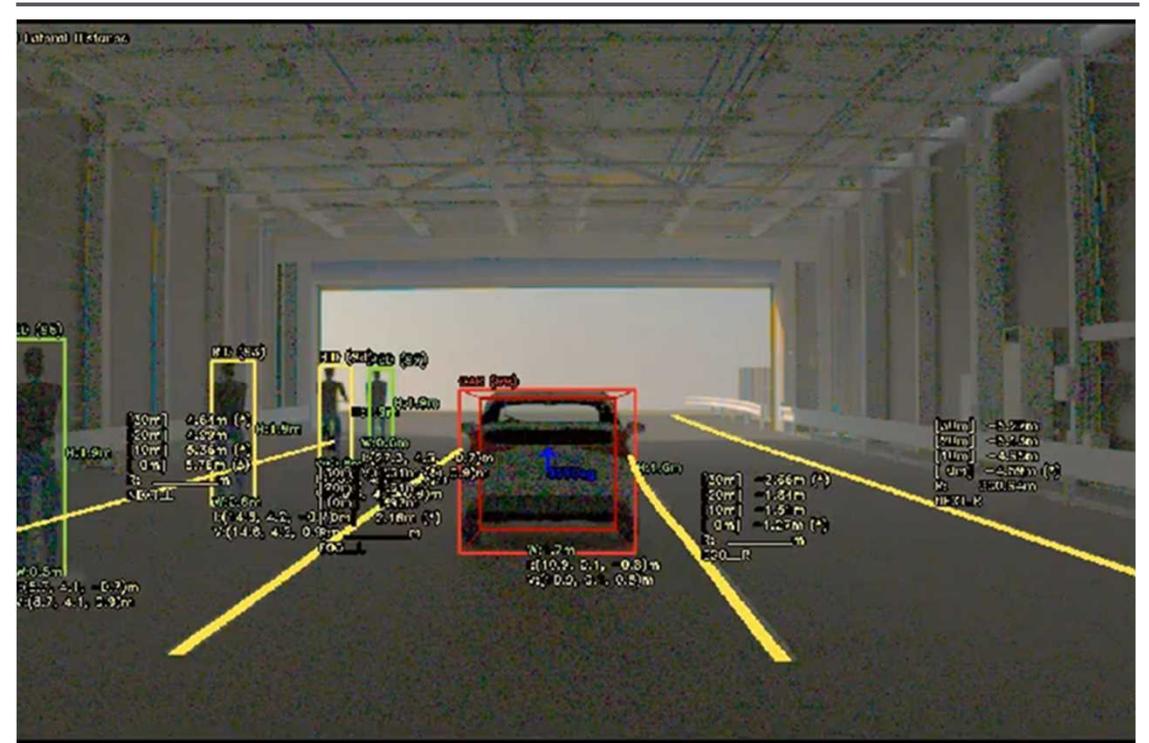
Camera性能評価の例

- 高い検知性能は認識性能にも影響することがシミュレーションにて確認可能

Normal (NML) モード



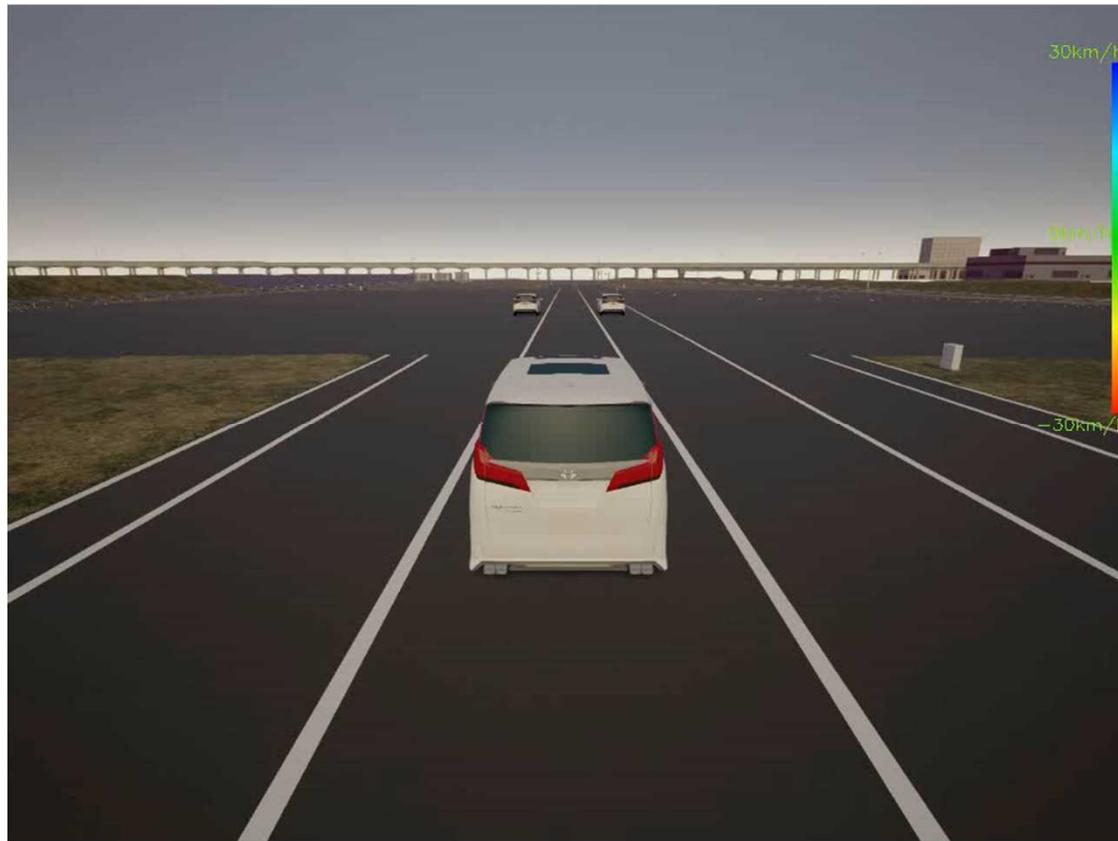
High Dynamic Range (HDR) モード



【Radar】 代表的な不調である、車両間のすり抜けシーンで、低分解能Radarでは、正しい位置に知覚出力が得られないことが再現でき、センサの性能評価が可能に

Radar性能評価の例

低分解能



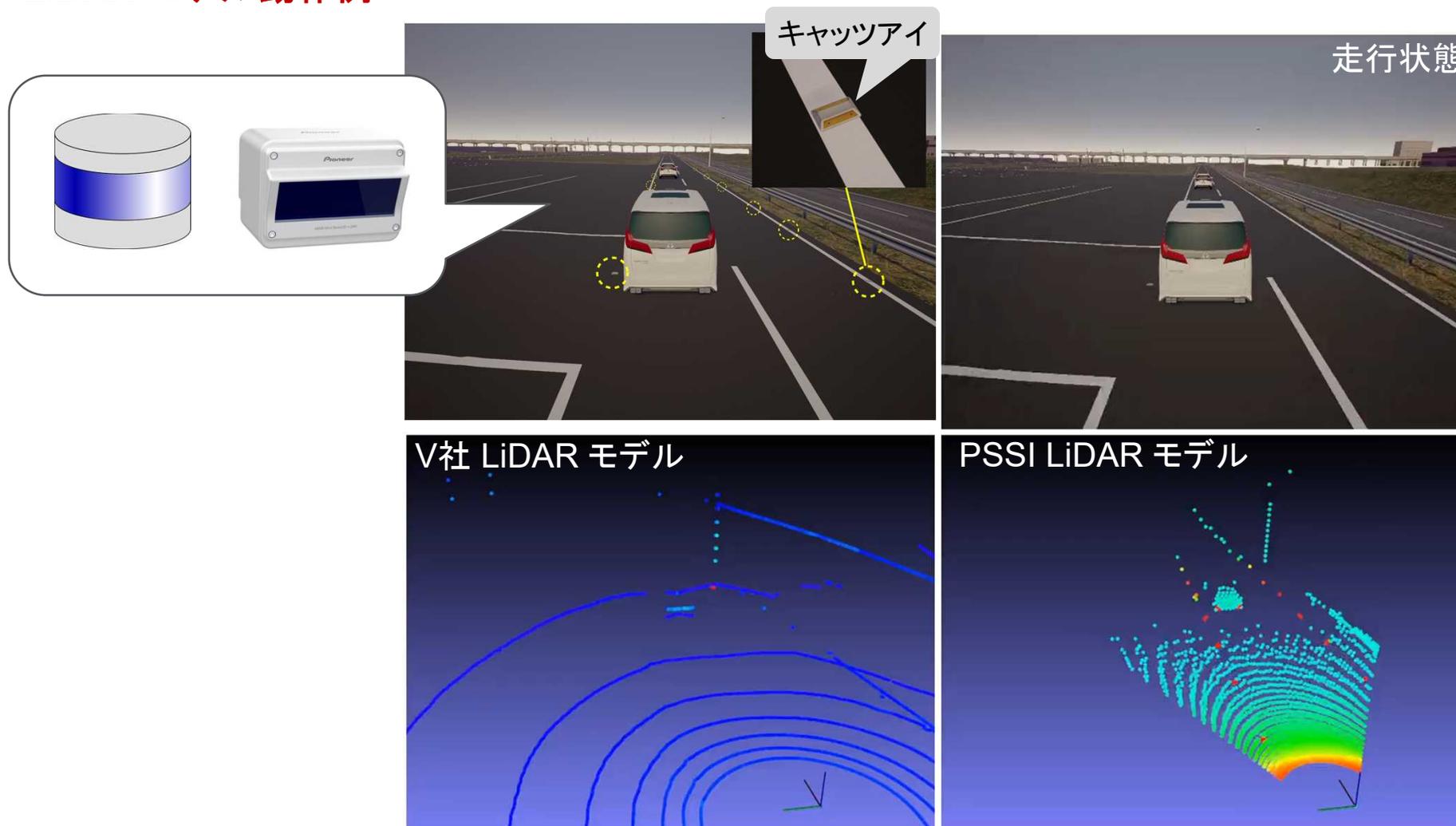
高分解能



【LiDAR】DIVP®シミュレーションを用いることで、PSSI製LiDARの特長である近距離での高密度な点群の再現が可能に、各社の特長を比較できるツールとしての有効性が確認された

LiDAR モデル動作例

Pioneer



センサメーカー各社からは、センサ出力の一致性やI/Fの標準化について好評価であり各社のビジネスへの活用が期待される一方、再現すべき現象や評価環境のさらなる広がりが求められている

各社によるDIVP®成果に対する自己評価

	Sony Semiconductor Solutions Corporation	DENSO	Pioneer	HITACHI Inspire the Next
成果の価値評価	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自社イメージセンサモデルとカメラ実機との一致性を評価する環境 ■ ASAMIに対するカメラ知覚モデルのインターフェース提案 ■ 精緻な走行環境を再現した環境モデルパートとの協調により、自社製イメージセンサモデルとカメラの一致性を高い精度で再現することができた。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ I/Fが標準化されることにより、シミュレータやモデルの組換えが可能となり、多様な条件での検証が可能となる。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 実機との一致性を検証したシミュレータであること ■ IF標準化により、LiDARモデル入れ替えが可能な設計であること 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 入出力I/Fの標準化による各社のセンサモデル導入の容易化。 ■ 実世界との一致性
自社ビジネスへの活用・貢献可能性	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自社開発のイメージセンサについて、実機との一致性を示す際に有効と考えられる 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ミリ波レーダの製品開発において、潜在的な不調の早期発見やパラメータ変更による傾向を確認でき、製品開発の効率化が期待できる。 	<ul style="list-style-type: none"> ■ センサ開発のためのツール ■ 認識SW開発のための学習データ生成ツール ■ 認識SW評価用の真値データ生成ツール ■ OEMへのセンサプロモーションツール 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 危険や再現性の困難な試験の実現による実車試験の代替。 ■ 実世界との一致性による、OEMへの動作保証ツール。
残課題 今後への期待値	<ul style="list-style-type: none"> ■ IR(近赤外)領域への対応 ■ ノイズレベルの検証 ■ 高速現象(ブラ、ローリングシャッタ、フリッカ)対応 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 多様な環境に対応できるシミュレーションの構築 	<ul style="list-style-type: none"> ■ センサ不調条件の拡充 ■ 物体認識観点でのLiDAR知覚モデル一致性レベルの見極めとそこに向けた一致性向上 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 不調要因を含むアセットの拡充。 ■ 早期の事業化。

実車実験は人的・時間的コストが非常に大きい。
 DIVP®では高い一貫性が担保されている上に少ないリソースで繰り返しデータ取得が可能に。

EURO-NCAP AEB制御実験におけるリソース比較※



Real 総人員 × 総時間 = 396h

	人員	時間
事前動作確認	5人	24h
車両輸送	2人	24h
実験準備	5人	9h
実験	8人	24h (8h × 3days)
実験後片付け	5人	3h

DIVP® Simulation 総人員 × 総時間 = 15h

	人員	時間
シナリオ作成	1人	3h
実験	1人	12h

※計算中は監視する必要なし



- 実験準備の例: 4aSB装置設置, 各種センサキャリブレーション
- ハード面の問題例: ブレーキディスク摩耗, タイヤ摩耗



※2020年12月23日～2020年12月25日にJARIで実施したAEB制御実験のデータをもとに算出

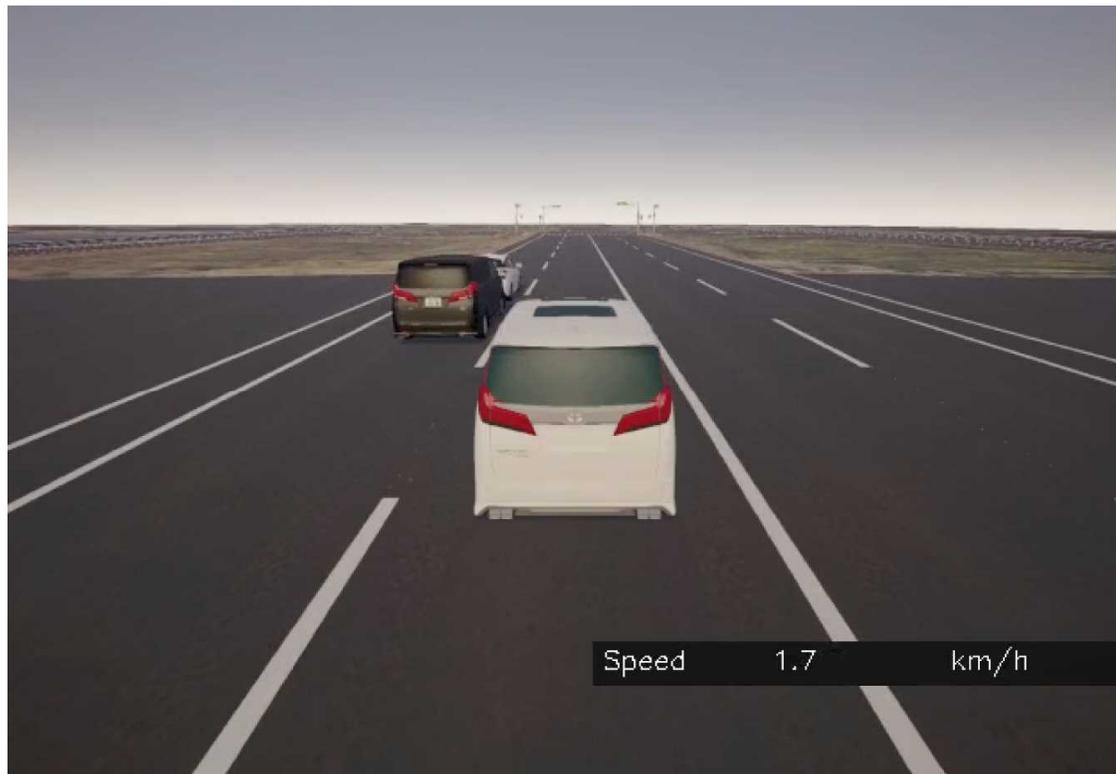
Source : SOKEN, INC, Ritsumeikan University

標準的でセンサ評価が可能なI/Fを備えたDIVP[®]ではセンサフュージョンモデルの検証も可能に。
フュージョンモデルや車両制御手法まで評価可能なプラットフォームへ。

フュージョンモデルの誤検出によるAEB誤作動と改善事例

- 隣車線の黒アルファードに反応してAEBが誤作動。
- ミリ波認識モデルの位置誤差により、自車線内に黒アルファードが存在すると判断されたことが原因。

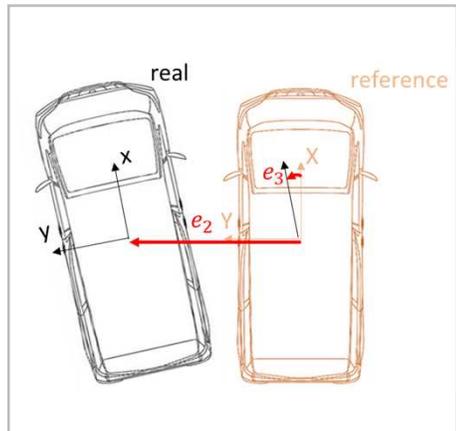
- フュージョン手法を改良しAEBの誤作動を修正。
- さらに実際の入力遅延量も考慮し、人間が踏んでも間に合わないギリギリのタイミングまでAEBが作動しないよう設計



標準的でセンサ評価が可能なI/Fを備えたDIVP[®]ではセンサフュージョンの検証も可能に。
 フュージョンモデルや車両制御手法まで評価可能なプラットフォームへ。

レーンキープ、速度キープのための制御則のSim.実装

レーンキープ



誤差システムを定義

$$\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta & 0 \\ -\sin \theta & \cos \theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_r - x \\ y_r - y \\ \theta_r - \theta \end{bmatrix}$$

誤差ダイナミクスを定義

※参照車と常に並走している仮定

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} e_2 \\ e_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v \sin e_3 \\ w - w_r \end{bmatrix}$$

Lyapunovの安定定理に基づく設計

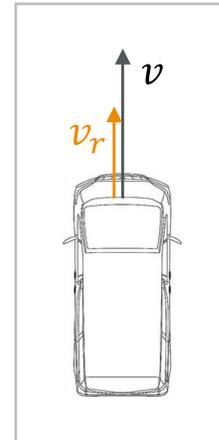
$$V = \frac{1}{2} e_2^2 + \frac{1 - \cos e_3}{K_3}$$



Path Following Control

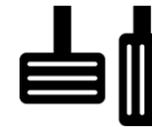
$$\omega = \omega_r - K_2 e_2 v - K_3 \sin e_3$$

速度キープ



v : 自車速度[m/s]

v_r : 目標速度[m/s]



Speed Keep Control

$$u = K_f v + K_p (v_r - v) - K_d (\dot{v}_r - \dot{v})$$

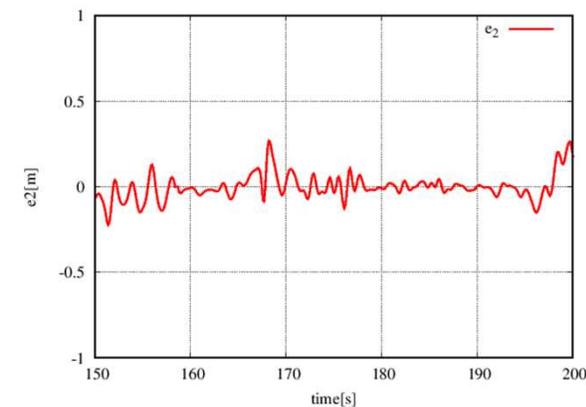
目標経路や目標速度との誤差が少ない制御を行うためには設計パラメータの地道な調整が必要である。

DIVP[®]では高い一致性で実際の環境が再現されており、実践的な環境でコントローラの設計パラメータ調整が可能に。実車での調整を最小限に抑えられる可能性も。

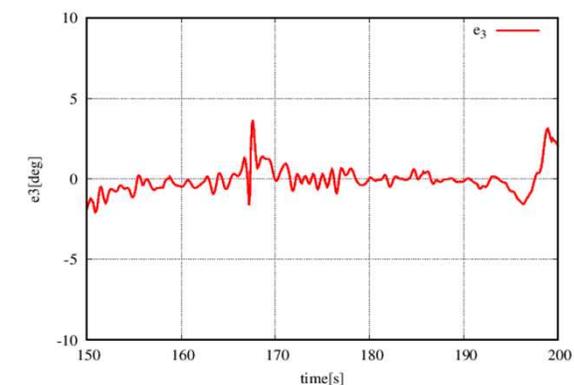
首都高C1コースでのレーンキープ制御



横方向誤差の推移



角度誤差の推移



設計パラメータの調整の結果、
自車線中央に対して横方向誤差25cm以内、角度誤差4°以内の精度で走行

ユーザー評価

- コンソーシアム参加企業による評価
- 外部モニター評価

一貫性を高めた「環境～伝搬～センサモデル」出力データの有用性の確認、ならびに今後のシミュレーションモデル改良のためのフィードバックを目的とし、OEMモニタ評価を実施した。

実施概要

Nihon Unisys, Ltd

目的

- 国内自動車OEMを対象にモニター企業を募り、DIVP®シミュレータ研究成果物のプロトタイプ版を用いた有効性検証のためのモニター評価を実施。
- 一貫性を高めた「環境～伝搬～センサモデル」出力データの有用性の確認、ならびに今後のシミュレーションモデル改良のためのフィードバックを目的とし、事業化への足掛かりとする。

応募について

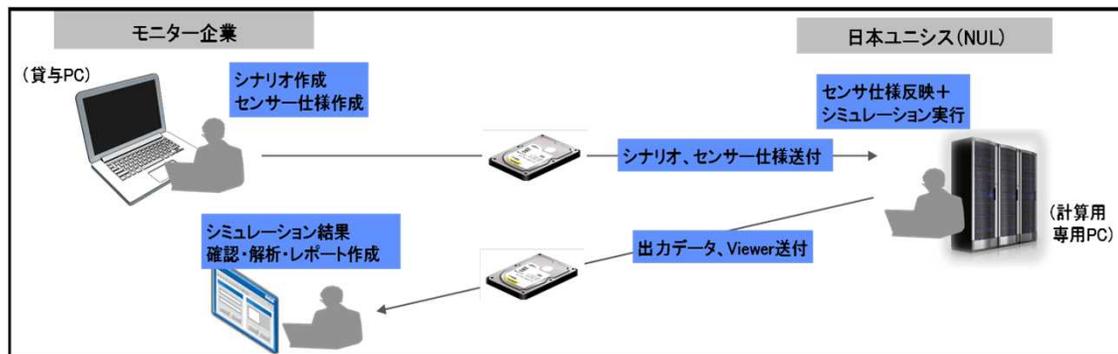
- NEDO-HPにて、「戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第2期／自動運転(システムとサービスの拡張)仮想空間での自動走行評価環境整備手法の開発」に係る「『走行環境～電波伝搬～センサーモデル』出力データの自動運転性能シミュレーションにおける有効性に関するモニター検証」として、10月9日より10月18日まで募集。
- [トヨタ自動車様、本田技研工業様、マツダ様](#)の3社より応募をいただきモニター評価を実施いただいた。

リモート環境での自由なシミュレーションの実行は困難なため、各OEMにPCを貸与してシナリオを作成。送付後ユニシスにてシミュレーション実行し結果を返送する形態にて実施。

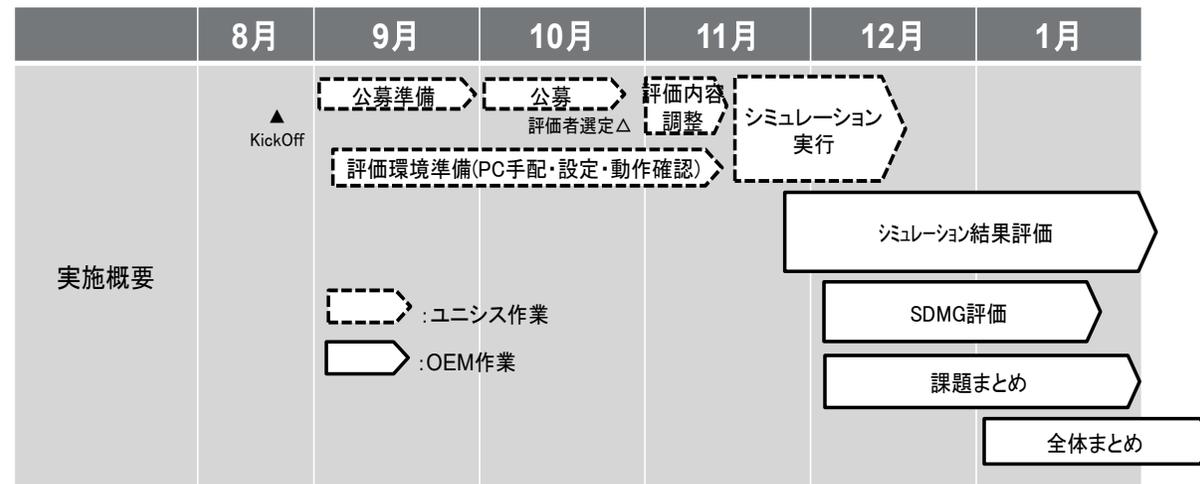
OEMモニター評価実施概要

Nihon Unisys, Ltd

実施概要



スケジュール/実績



- 将来、シミュレーションシステムはクラウド環境での運用を想定。(但し今回はシステムインフラが整備できていないため、)モニター企業がシミュレーションシナリオを貸与されたPC(専用環境)にて作成。
- 作成したシナリオは(NEDOより委託を受けた)日本ユニシスが受け取り、準備したシミュレーション計算環境でシミュレーションを実行。
- 結果をモニター企業へと返し確認頂く。

一貫性に代表される、各OEMのDIVP®に対する期待感を具体的に把握することができた。
 但し、今回は初歩的な評価パターンに留まり、再現すべき現象や評価環境の発展が求められている。

各OEMの評価サマリー(3社分)

Nihon Unisys, Ltd

要請されたシミュレーションシナリオ	<ul style="list-style-type: none"> ■ (ADAS)実際の事故発生シーンを想定した3シナリオ <ul style="list-style-type: none"> ①右折時歩行者 ②縦列駐車列からの合流 ③前方歩行者 ■ (AD)LiDARの減衰を評価する5シナリオ <ul style="list-style-type: none"> ①標準 ②小雨 ③大雨 ④歩行者黒革服 ⑤遮熱塗装路面 ■ 標準シナリオにおけるロービーム、ハイビーム時の知覚・認識比較 ■ DIVP®標準シナリオにおける各種パラメータ変化時の知覚・認識比較
評価	<ul style="list-style-type: none"> ■ カメラ、LiDARは感覚・傾向としては○(正式判断困難) ■ 業務利用を想定するとSDMGeneratorやビューアは要改善 ■ ロー/ハイビームの差は評価できず ■ カメラ、LiDARは、レンズ歪が再現されているなど、感覚的には再現性○ ■ ミリ波:感覚と合わない部分がある ■ 定性的な一貫性は確認(実機との定量評価未) ■ 視覚面でのOutputも良くできている
残課題 ・ 今後への期待値	<ul style="list-style-type: none"> ■ 一貫性の担保 ■ アセットの充実 ■ 各種現象への対応 ■ 中間IFの活用に期待 ■ 検証パターンの網羅性 ■ シミュレーション高速化 ■ SDMG、ビューアの改善

- シミュレーション一貫性、業務利用を想定した適用範囲拡大、各種アプリケーションの操作性改善などへの期待感を感じていただけた
- しかし、具体的な利用シーンや想定する評価手法は手探り状態であり、その確立に向けて、DIVP®としてのリードが必要

事故想定シナリオについて評価し、カメラ・LiDARについては感覚的に可との評価を得た。業務利用に向けては、一致性の提示・検証とアプリケーション操作性改善が必要。

評価パターン1

Nihon Unisys, Ltd

評価シナリオ

#	概要	条件
①	■ 右折車歩 (右折した先の横断歩道に歩行者)	晴/15時
②	■ 駐車車発進 (縦列駐車列から急に車が発進・合流)	同上
③	■ 歩行者群 (前方横断歩道に歩行者群)	同上

評価結果

■ OEMコメント

- カメラ、LiDARは感覚的には○ (但し一致性に関するデータがない状況では正式な判断は難しい)
- 多物標の試験を低コストで実施可能なのは良い
- 車両軌跡を他のオブジェクト基準で作成したい(車線中央、他車両と等距離で並走など)

■ まとめ

- カメラ、LiDARについては、感覚的には可との評価を得たが、一致性の根拠を示す必要がある
- ミリ波については、OEM単独では評価できず、センサーメーカーを巻き込んで実施する必要がある
- 業務利用を想定した、SDMGeneratorおよびビューアについての要望を多数得られたため、DIVP®開発計画へ反映して行きたい。

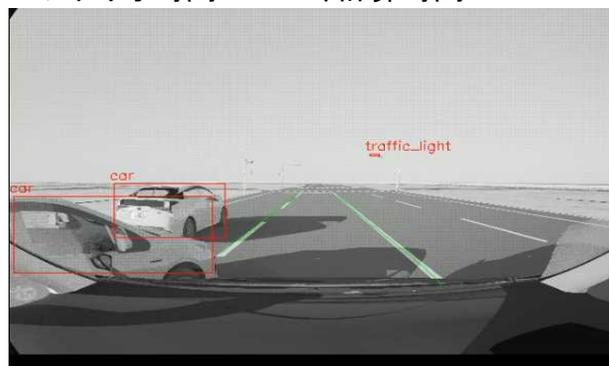
①(カメラ)

シナリオ時間=7sec、計算時間=45min



②(カメラ)

シナリオ時間=5sec、計算時間=31min



基本シナリオをベースに種々の条件を変更し評価した。雨などによるLiDARの減衰傾向の再現については感覚的に可との評価を得た。今後はLiDAR不調シーンの対応拡大、アセット充実が必要。

評価パターン2

Nihon Unisys, Ltd

評価シナリオ

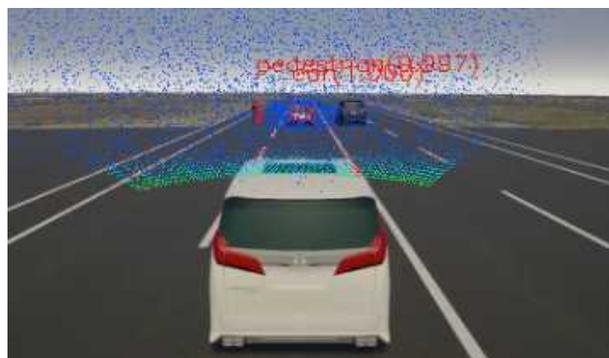
#	概要	条件
①	■ 基本	曇／12時
②	■ 雨・霧による信号減衰	小雨20mm/h／12時
③	■ 同上	大雨40mm/h／12時
④	■ 黒革服による不調	曇／12時
⑤	■ 遮熱塗装路面の白線知覚不調	同上

評価結果

- OEMコメント
 - SDM Generatorが直感的で使いやすい
 - シミュレーション結果は、雨などによるLiDARの減衰の傾向を再現できている
- まとめ
 - アセットの充実が要望されている(NCAP子供、防音壁、バイクなど)
 - LiDAR不調シーンへの対応充実が要望されている(逆光、水跳ね、霧、対向車のLidar(波長の同じビーム))

②LiDAR

シナリオ時間=10sec、計算時間=62min



③LiDAR

シナリオ時間=10sec、計算時間=61min



要望された評価シナリオの大部分が、現状のDIVP®は対応できなかったが、カメラ・LiDARについては精度について良評価を得た。今後は様々な条件・シナリオへの対応が必須。

評価パターン3

Nihon Unisys, Ltd

評価シナリオ

#	概要	条件
①	■ 自車直進、前方に車両と人	晴／17時／ロービーム
②	■ 同上	晴／17時／ハイビーム

評価結果

■ OEMコメント

- ロービーム・ハイビームの差異については、評価できず(ヘッドライトの配光特性が反映できていないため)
- SDM Generatorの画面表示はシンプルで感覚的につかみやすい
- カメラ:レンズ歪みが綺麗に再現されており、(実データと比較しない範囲では)よく再現されていると感じた
- ミリ波:実データと比較しないと何とも言えないが、出力に違和感あり
- LiDAR:形状はよく取れている。路面による車両の傾きを加えて再現するとさらに良いと思う

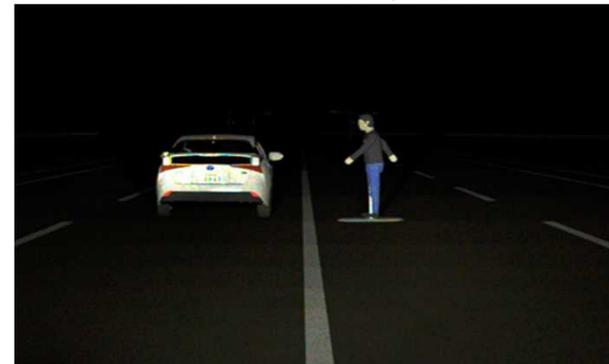
①(カメラ、認識Off)

シナリオ時間=5.6sec、計算時間=52min



②(カメラ、認識Off)

シナリオ時間=5.6sec、計算時間=52min



■ まとめ

- 要望を多数得られた(路面凹凸・車体振動の再現、アセットの充実、雨・雪・霧などの気象条件、白線カスレ等)
- 一致性については言及されなかった。また、知覚について精緻な評価がされず、定性的な評価にとどまった
- 実施したロー/ハイビーム比較も含め、当初希望頂いたパターンの大部分が実現できず、期待に十分答えられなかった

NCAP等DIVP®標準シナリオをベースに、各種パラメータ変化時の知覚・認識比較を中心に評価。カメラを中心に各センサ出力については定性的(感覚的)には可との評価を得た。

Nihon Unisys, Ltd

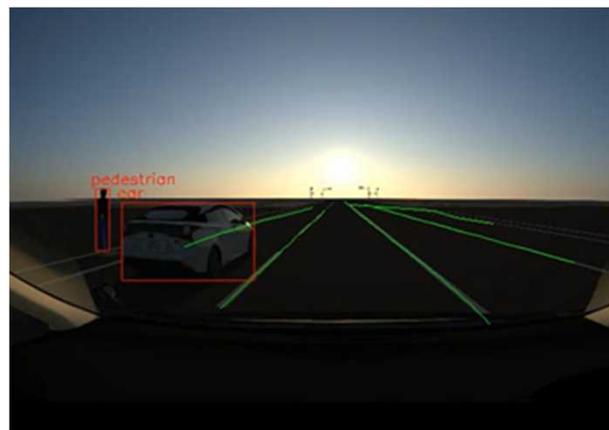
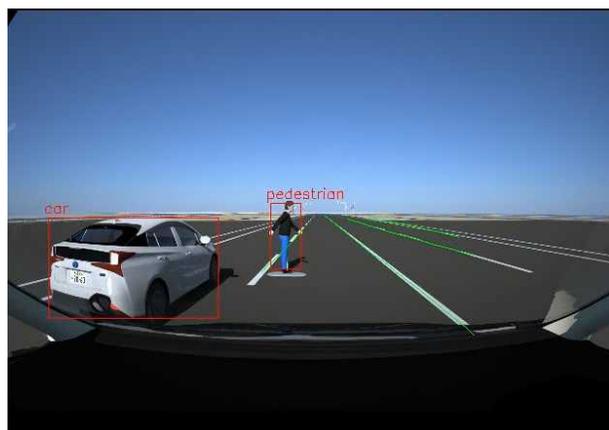
評価パターン4

評価シナリオ

#	概要	条件
①	■ NCAP歩行者横断(停止車両=黒)	晴/0時/ハイビーム
②	■ 同上 (停止車両=白)	晴/12時
③	■ ミリ波不調	晴/12時
④	■ カメラ/LiDAR不調	晴/0時
⑤	■ 同上	晴/明け方

②(カメラ)

⑤(カメラ)



評価結果

■ OEMコメント

- カメラ、ミリ波、LiDARとも定性的には○。特にカメラは逆光によるダイナミックレンジ越え等再現。
- 実機との比較が必要。実機データとの乖離具合を評価した上で、各種危険シーン等に対しどの程度適用が可能かを数値化することが課題か。
- SDMジェネレータのユーザビリティについては見やすく使いやすい。

■ まとめ

- 各センサとも定性的(感覚的)には可との評価を得たが、一致性の根拠を示す必要がある。
- 中間インタフェース出力の意義、活用については賛同を得た。
- 様々な活用シーンでのシミュレーションへの期待感を感じることができた。

国際連携、成果の発信

2020年11月より独VIVALDIとの国際協調プロジェクトVIVIDが発足、シミュレーション評価環境に基づく国際的なAD-Safety assuranceの実現を目指す

日独連携VIVID

Key objectives

- Simulation and test chains: Fidelity metrics
- Complementary methods from simple to realistic: SiL, HiL, ViL, FoT
- Multi-sensor platforms: Radar, lidar, camera
- Open interfaces: Scenario generation, sensor and environmental models, co-simulation
- Building a reference architecture => creating a knowledge base

Jointly study toward,,

■ How safe is safe enough?

■ How realistic is realistic enough?

Key contributors



Mercedes-Benz



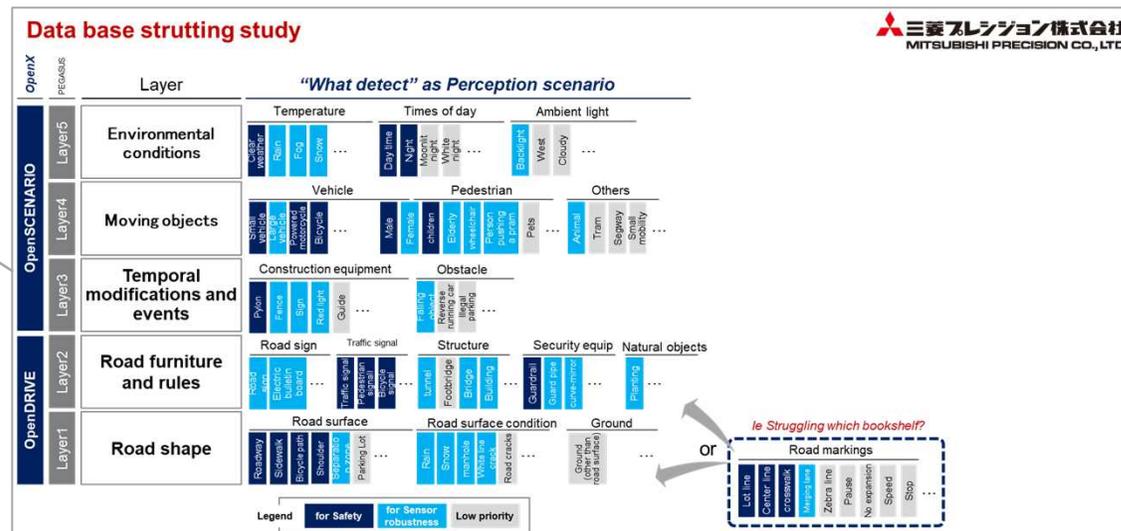
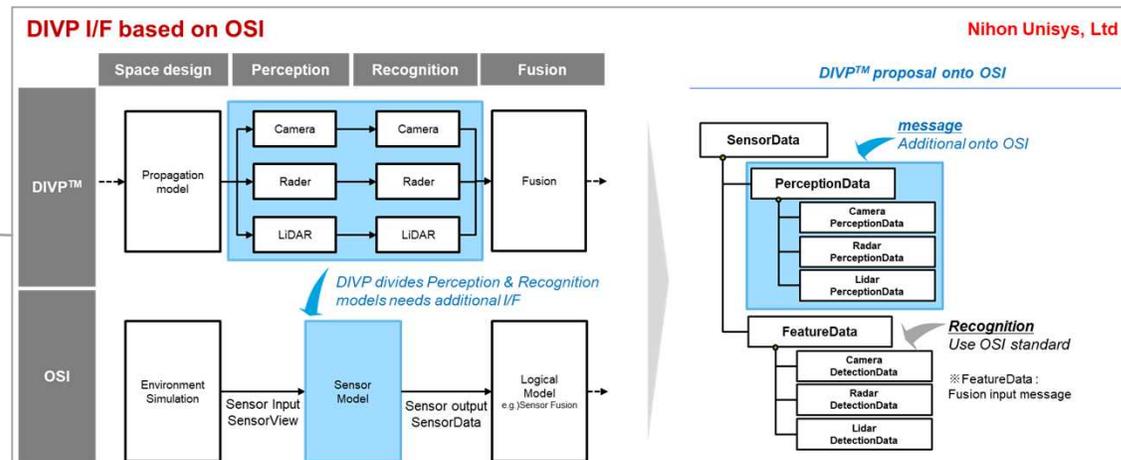
JAMA



DIVP[®]コンソーシアムから4団体が独ASAMへ参画し、I/Fや環境モデル等の研究成果の標準化を推進

独ASAM参画を通じた標準化活動の推進

OpenX	Contribution
<ul style="list-style-type: none"> OSI (OpenStandardI/F) 	<p>Nihon Unisys, Ltd</p> <p>知覚出力I/Fの提案</p>
<ul style="list-style-type: none"> OpenSCENARIO / OpenDRIVE OpenX ontology 	<p>三菱プレジジョン株式会社 MITSUBISHI PRECISION CO., LTD.</p> <p>SOLIZE</p> <p>交通環境モデルの構造を提案</p>
<ul style="list-style-type: none"> OpenODD 	<p>神奈川工科大学 KANAGAWA INSTITUTE OF TECHNOLOGY</p>



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
2020.10.20	SIP第2期自動運転 研究拠点視察	研究成果報告	井上秀雄
2020.11.10	SIP-adus Workshop 2020	Driving Intelligence Validation Platform	井上秀雄
2020.11.13	Workshop for virtual simulation on VIVID	講演	井上秀雄
2020.11.25	Motor Fan illustrated Volume 171, 2021.1.28発行	取材:ぶつからないクルマ 進化論(記事) <ul style="list-style-type: none"> 自動運転における未来 センサーシミュレーションシステム, p074-077 そのADAS/AD技術はきちんと作動しているか 完成車における定量評価手法の確立とその意義, p078-081 	井上秀雄
2020.11.25	VIVID expert workshop, 4th Bilateral expert workshop on connected and automated driving Virtual meeting, German-Japan joint virtual validation methodology for intelligent driving systems	-VIVID Virtual validation - Technological progress	井上秀雄
2020.12.10	第8回自動車機能安全カンファレンス	講演:SIP第2期自動運転 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
2021.02.17	第6回オートモーティブ・ソフトウェア・フロンティア 2021	SIP第2期自動運転「仮想空間での安全性評価手法の開発」について	長瀬 功児
2021.03.23	【自動車技術会】第14回自動車制御とモデル部門委員会	講演:SIP第2期自動運転 仮想空間における安全性評価環境の構築; DIVP® Proj.について	井上秀雄

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
2021.03.03	特願2021-033887	車載カメラ評価用ドライビングシミュレータ	三菱プレジジョン株式会社 学校法人幾徳学園
出願準備中	-	(仮)カメラ知覚モデルの一致性検証手法	ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社

SIP評価委員の方々への研究成果報告を実施、各種ご意見をいただいた

評価WG委員等による研究拠点視察の結果

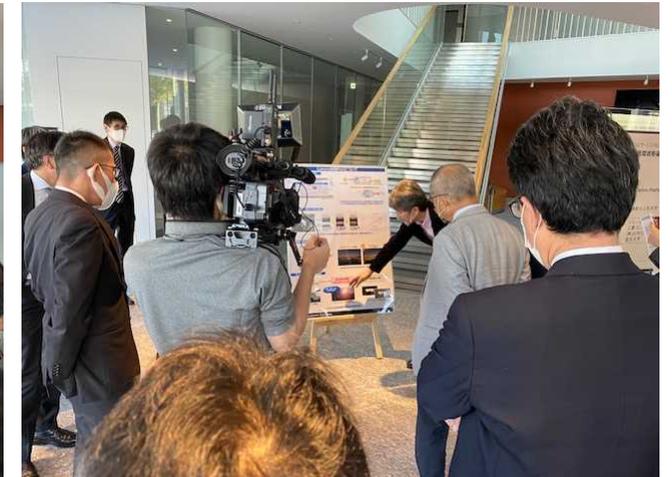
■ 実施概要

日時：令和2年10月20日(火)

場所：学校法人幾徳学園神奈川工科大学 先端技術研究所

参加者：須藤統括、小豆畑委員、岡崎委員、白井委員、
藤野委員、上山議員、梶原議員、五十嵐委員、
君嶋委員、竹中委員、林委員)他

概要：有識者議員、評価WG構成員等の理解を深めるため、
研究拠点を視察。



■ 参加委員の方々からのコメント抜粋

- ✓ SIP第2期の取り組みとして、安全性評価のためのシミュレーション技術を入れたことはSIPらしく、日本独自の開発ができるものと期待している
- ✓ 自動運転実現に向け、リスクを考慮した開発を前面に出して、国民のコンセンサス作りを進めて欲しい
- ✓ ベンチマークとしてアメリカ・ドイツは何を目指して自度運転を推進しているのか確認して、方向性が間違っていないかを確認していただきたい



END



東京お台場 → *Virtual Community Ground*へ

