

# Driving Intelligence Validation Platform (DIVP<sup>®</sup>) for AD Safety Assurance

神奈川工科大学 井上秀雄

*Weather Forecast*



*AD\* safety Assurance*



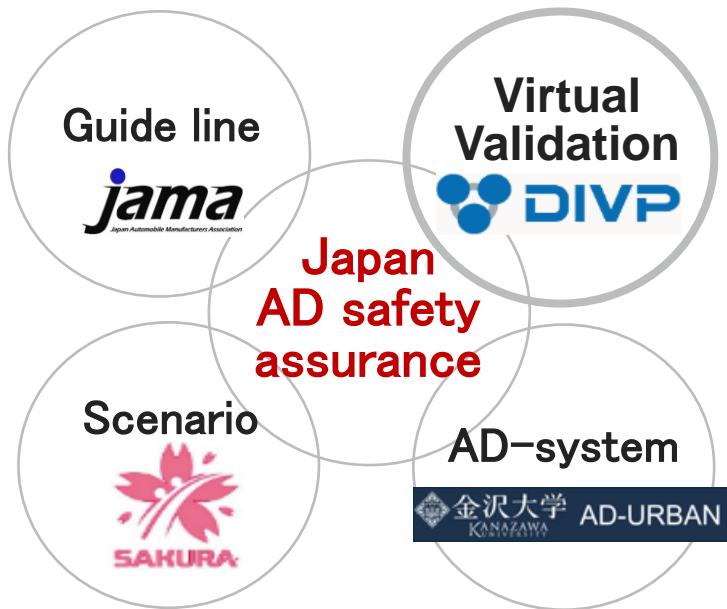
*For Validation & Verification Methodology*

# AD-safety assuranceの取り組みに関して、日本としては国際連携を軸に、AD-safetyに関する活動を強力に推進、DIVP®はシミュレーションによる安全性評価を担当

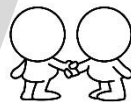
## 日本におけるプロジェクト連携の自動運転(AD)安全性評価活動



## 国際協力



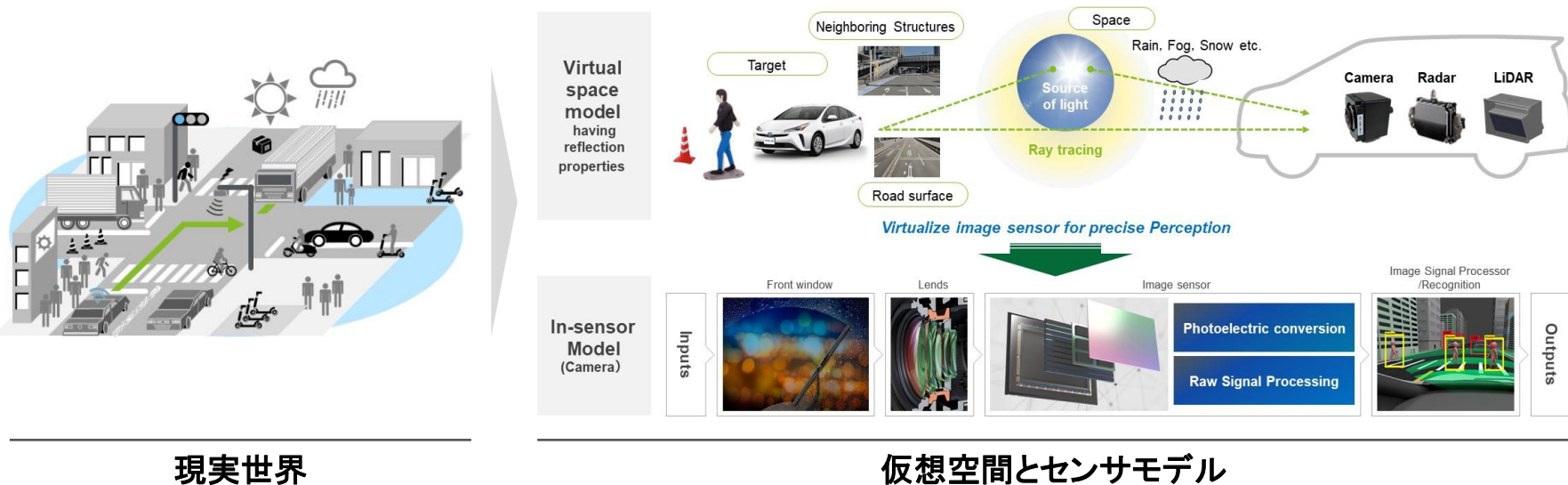
AD safety



# 仮想空間を使った自動運転の安全性評価に実現するするため、実現象と一致性の高い走行環境とセンサモデルを持つ、シミュレーションプラットフォームを構築

## DIVP® 研究のモチベーション

- 実現象と一致性の高いセンサシミュレーションモデル
- 「シナリオ作成」「認識性能評価」「車両制御検証」を一貫して評価を可能にするプラットフォーム
- 既存のシミュレーションソフトウェアとの接続性を強化



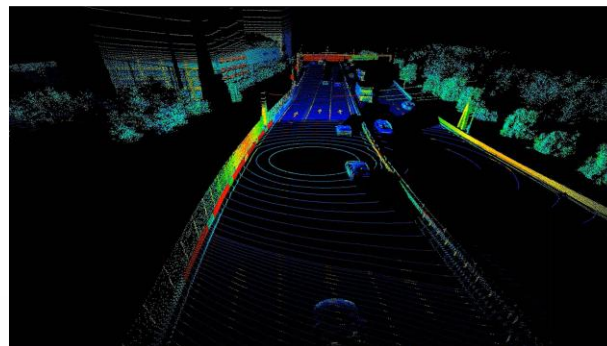
# DIVP®シミュレータで作成した首都高C1 & お台場FOTエリアの仮想空間とセンサモデル出力例

## DIVP®のシミュレーション結果

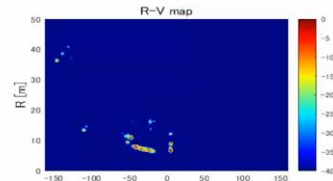
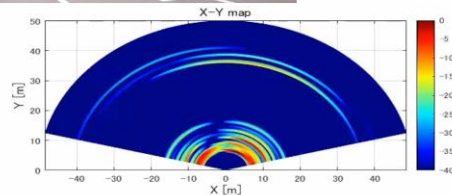


Camera

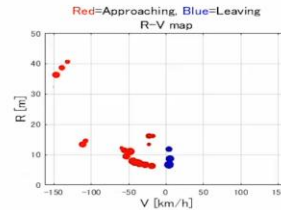
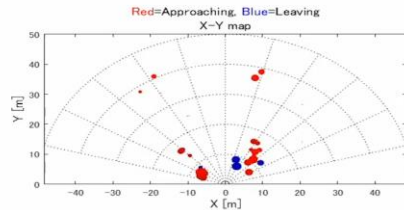
Time=0[sec]



LiDAR

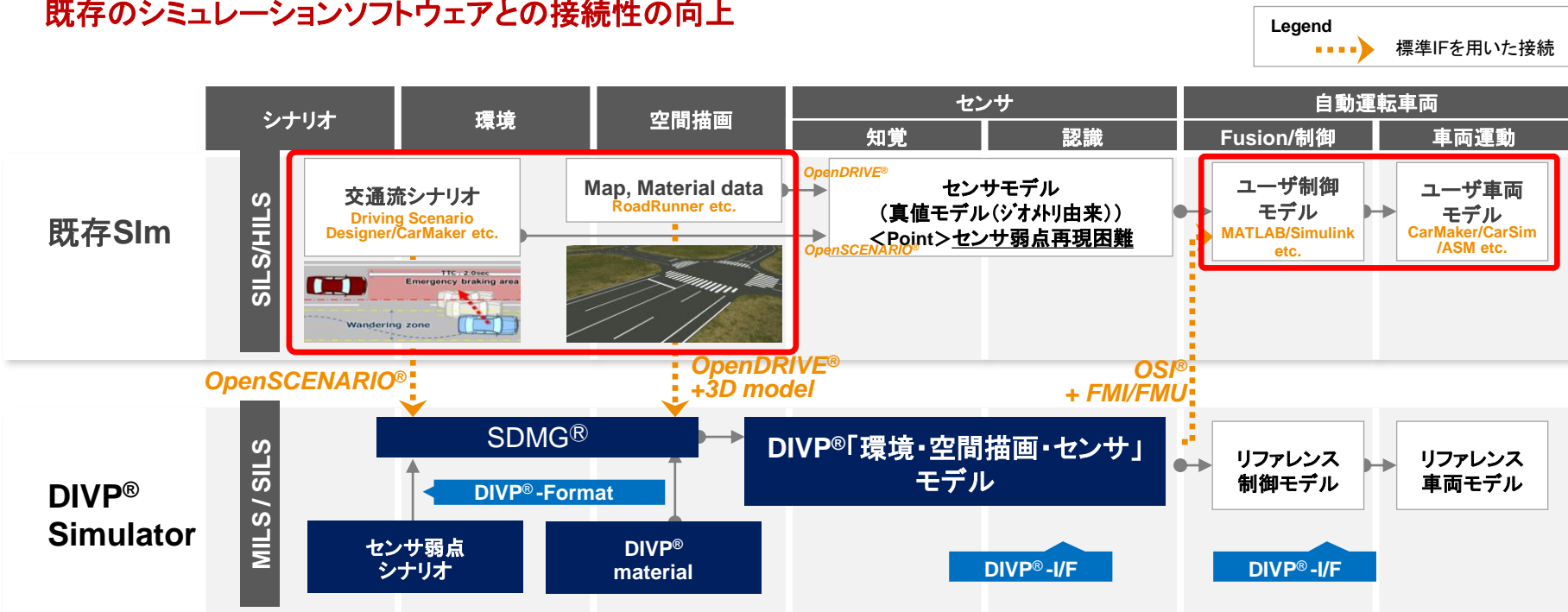


Radar



# OpenSCENARIO<sup>®</sup>、OpenDRIVE<sup>®</sup>、その他ASAMの規格に準拠 既存のシミュレーションソフトウェアとの接続性を確保したツールチェーンを提供

## 既存のシミュレーションソフトウェアとの接続性の向上



ASAMに標準フォーマットを提案するなど、国際標準化活動に貢献  
 例：日本=ドイツの協力枠組みを活用

ASAM2) : Association for Standardization of Automation and Measuring Systems / OSI3) : Open Simulation Interface

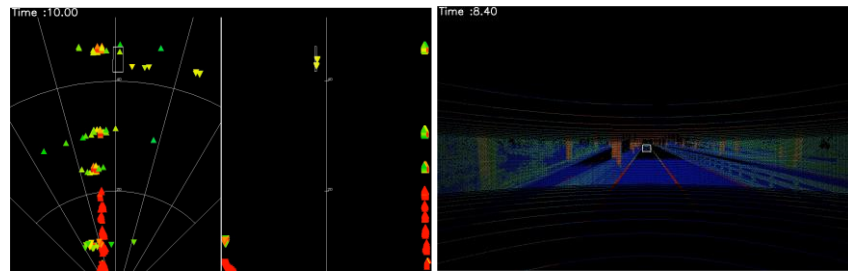




# お台場や、首都高C1でのセンサ弱点シナリオモデルを作成し、 AD仮想検証のDIVP<sup>®</sup>シミュレーション実証実験を東京臨海部のFOTで計画

## シナリオパッケージのシミュレーション検証

### お台場C1のセンサ弱点検出シナリオパッケージ



### 様々なセンサ弱点シーン

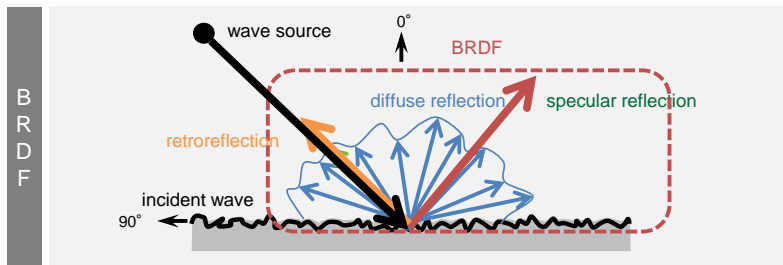
検出困難なオブジェクト	隣接車両間の通行	黒革ジャケット	黒い自動車
	上方構造	低反射道路物標ト	反射率の高い道路物標
	バックライト	フロントガラスの反射	雨の状況
	白線のかすれ	遮熱性塗装路面	壁マルチパス
	反射や伝播に影響を与える環境		

# 走行環境のモデリングでは、実測を基に反射特性をモデル化し、精緻な仮想空間を再現

## 物理特性に基づくモデリング

### 反射特性のモデリング

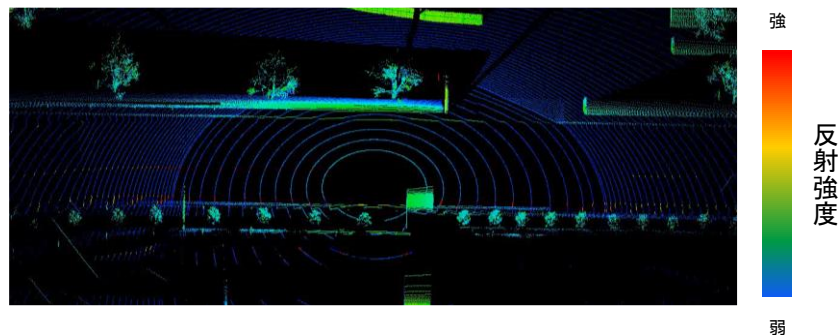
#### ■ 計測特性



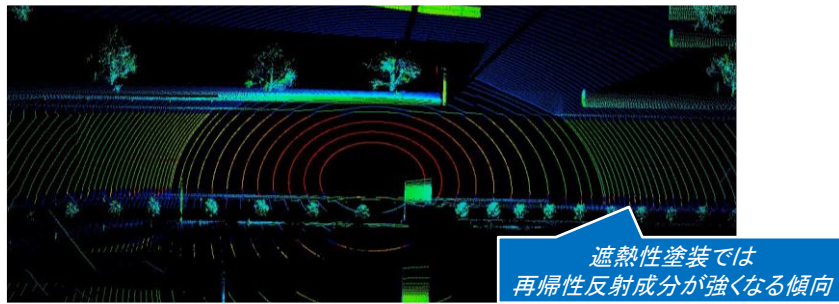
#### ■ 現地で使用されているアスファルトの測定



### DIVP® Sim (通常アスファルト)



### DIVP® Sim (遮熱性塗装)



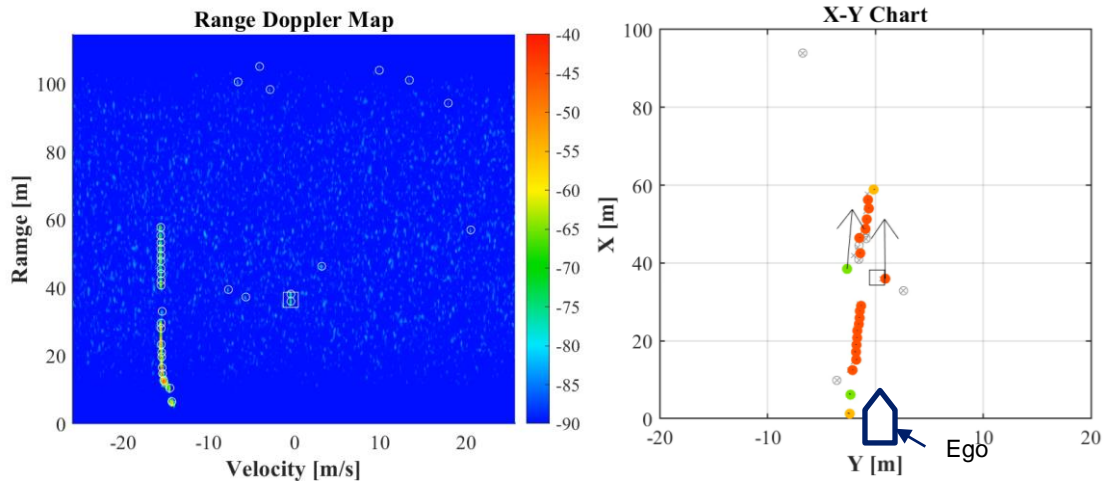
# DIVP®仮想空間上では、複雑の交通環境シナリオの評価が可能

## ミリ波レーダのシミュレーション例(マルチパス, ゴースト)

### Camera Simulation



### Radar Simulation



DIVP®シミュレーションはミリ波レーダーのトンネル壁でのマルチパスと前方車両のゴーストを、正確に再現している



# AD-URBANで計測された東京臨海部のセンサ弱点の結果をもとに、シミュレーションの再現と安全性評価を実施

## DIVP<sup>®</sup>シミュレーションによる自動運転車評価の有効性検証

Real world; Autonomous Vehicle Systems



Virtual world; Space and Sensor Modeling



① Sharing sensing weakness conditions observed in real world



Traffic light undetected



Self-position indeterminate

② Factor analysis and construction of simulation model



Traffic Participants/3D Map Model

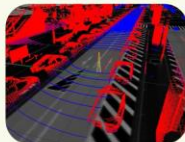


Material model (painting and asphalt)

⑤ Safety evaluation of autonomous vehicle model



Traffic light recognition performance

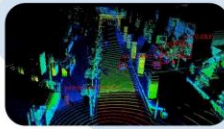


Self-positioning performance

④ Reproduction and provision of sensor weakness scenes



Backlight (traffic light)



Thermal barrier coating road surface

③ Consistency verification of simulation model



Camera model verification (Real / Virtual)

# 雨天時の交通信号認識： 仮想空間シミュレーションで認識限界性能の検証が可能

## 仮想空間モデルを用いたADシステム評価の安全性評価への貢献

降雨条件レベルの制御不足により、公道での  
信号認識限界条件の把握が困難

DIVP® シミュレーションにより激しい降雨設定が可能  
→信号認識限界検証可能



外挿による評価  
が可能

公道テスト

通常の天候

雨天  
(数mm/h)

認識率

0.982

0.984

DIVP® シミュレーション

通常の天候

激しい雨

認識率

0.989

0.868

全体的な認識率は、DIVP®シミュレーションでの降雨量の増加と共に悪化した

- ・雨粒による遮蔽で未検出
- ・色の変化などによる誤認識

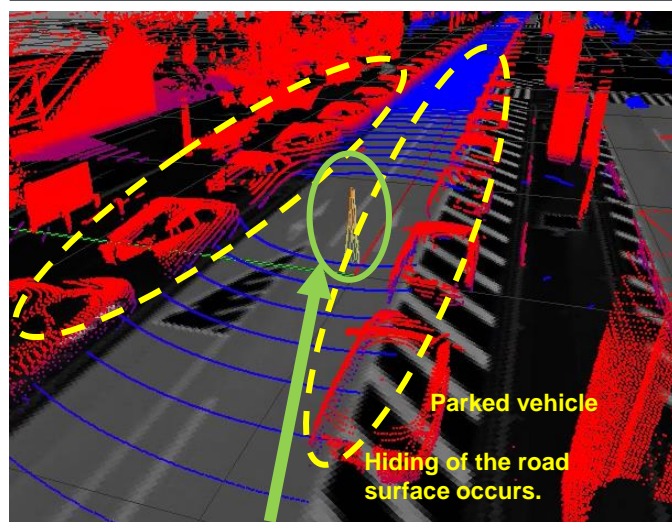
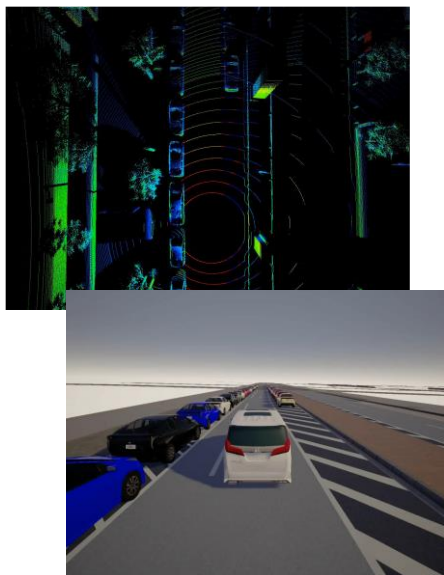
# センサを利用したエッジケース条件下でのシステム制御ロバスト性と限界性能の検証を実施

## DIVP<sup>®</sup> sim.利用の自己位置推定アルゴリズム評価

DIVP<sup>®</sup> LiDAR & Camera Sim. →

LiDAR & Algorithm output →

Effect on localizing accuracy



Estimated location  
(posterior probability density distribution)

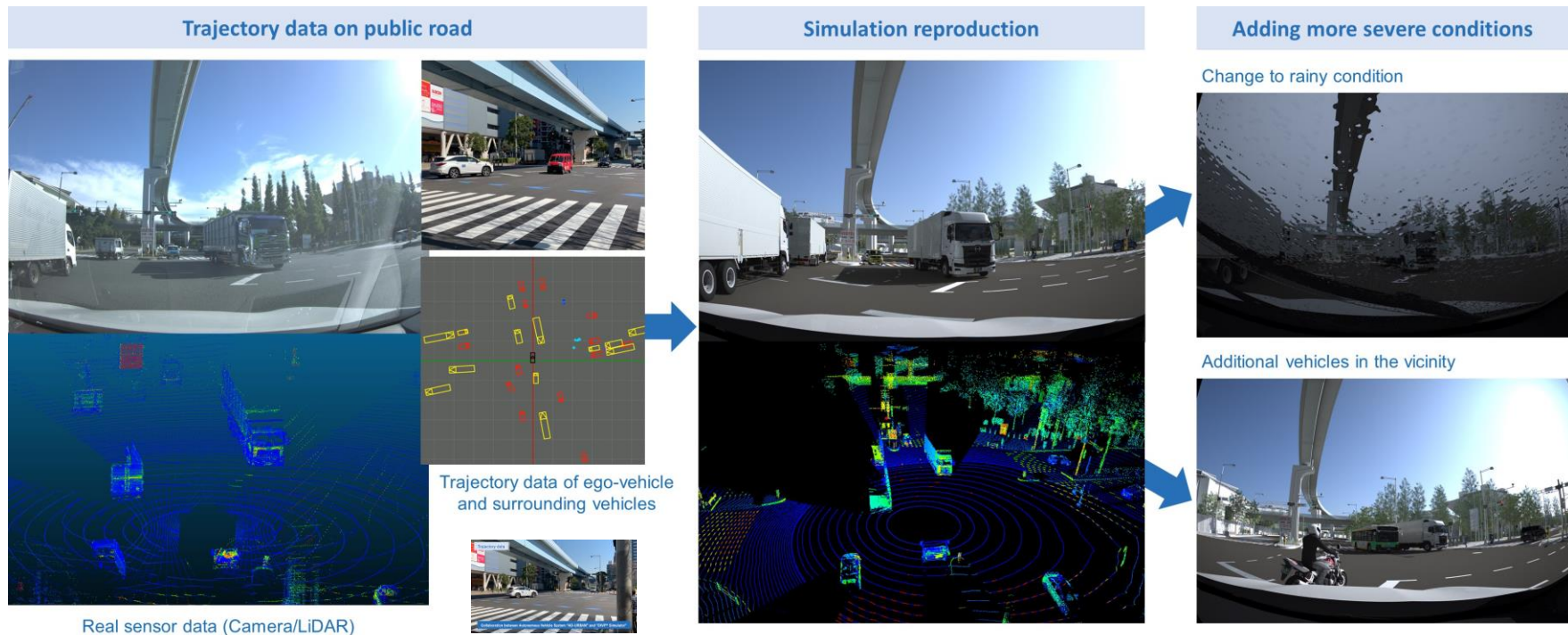


現実では設定困難な悪条件を、DIVP<sup>®</sup>シミュレーションが提供し評価を実施。  
AD-URBAN(金沢大学Proj.)の自己位置推定アルゴリズムの高いロバスト性を検証できた



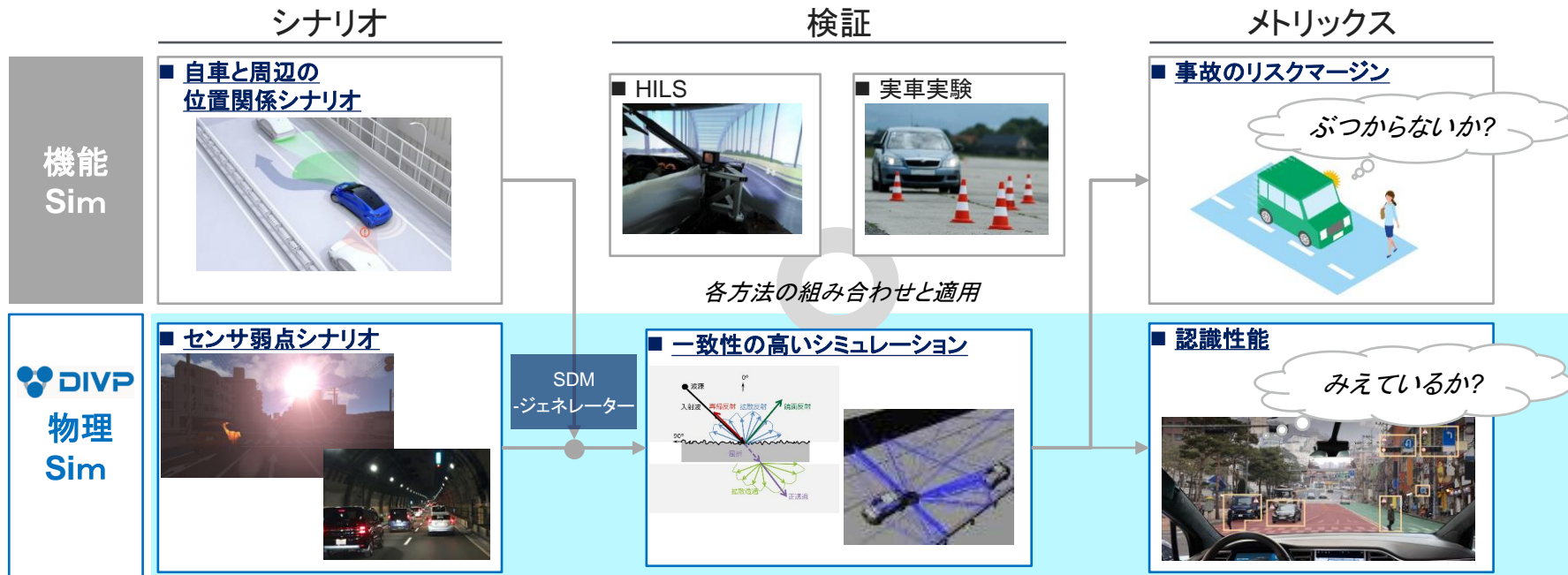
# AD車両のFOTからの交通データをもとにDIVP®シミュレータを用いて交差点走行シナリオを再現し、様々な環境条件下で安全性を評価

## ケーススタディ: 交差点の公道で得られた軌道データの再現と活用



# AD安全性検証のためには構造化結合物理・機能シミュレーションが必要 DIVP®はセンサの物理的特性のモデリングに焦点を当てている

## AD安全性保証のための総合的な検証フレームワーク





# VIVIDとの協業を通じ、DIVP®はシミュレーションベースでのAD安全性評価手法のグローバルな標準化への取り組みを加速

## Summary; DIVP® contributions

インターフェース標準化  
AD安全性保証

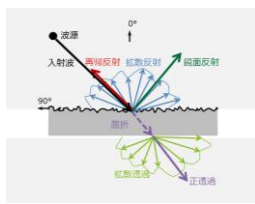


$$\text{VIVALDI} + \text{DIVP} = \text{VIVID\_JTs}$$

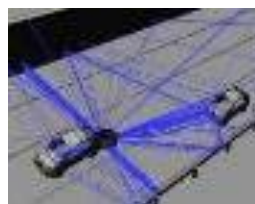
センサ弱点検出シナリオパッケージ



物理特性を持つ環境モデル



各センサのレイトレーシング



測定技術 / 検証技術 → 一致性検証DB



- センサ弱点シナリオ: JT2
- 環境モデル物理ライブラリ: JT2
- インターフェース: JT3
- レイトレーシングを使用したセンサモデル:
  - Camera: JT3.1
  - LiDAR: JT3.2
  - Radar: JT3.3
- センサ測定とテスト: JT4
- ツールチェーン: JT1

# ご清聴ありがとうございました

Tokyo Odaiba → Virtual Community Ground

**END**

