

# 「DIVP反射物性の重要性 ～ ASAM OpenMATERIAL標準化への反映」

## 発表者プロフィール



■ 昼間 詔仁

■ norihito.hiruma@biprogy-uel.co.jp

CAD/CAMを中心とした3Dデータ処理システムの開発に30年強従事、現在DIVP参画に至っております。  
我々BIROGYグループは、1965年よりCAD/CAMやCGシステム等の、ものづくりシステム開発継続しており、さらにDIVPプロダクトの開発・販売を行うV-Drive Technologiesを設立。ADS/ADASを中心とした市場ニーズに応えて参ります。



## 経歴

- 1990年日本ユニシス(現BIROGY)入社。  
以後、CAD/CAMシステムの開発に従事。
- 2021年DIVPプロジェクトに参画。  
クラウド版DIVPシミュレーター開発。
- 2023年よりDIVP Materialの設計と、  
ASAMへの標準化提案を担当。

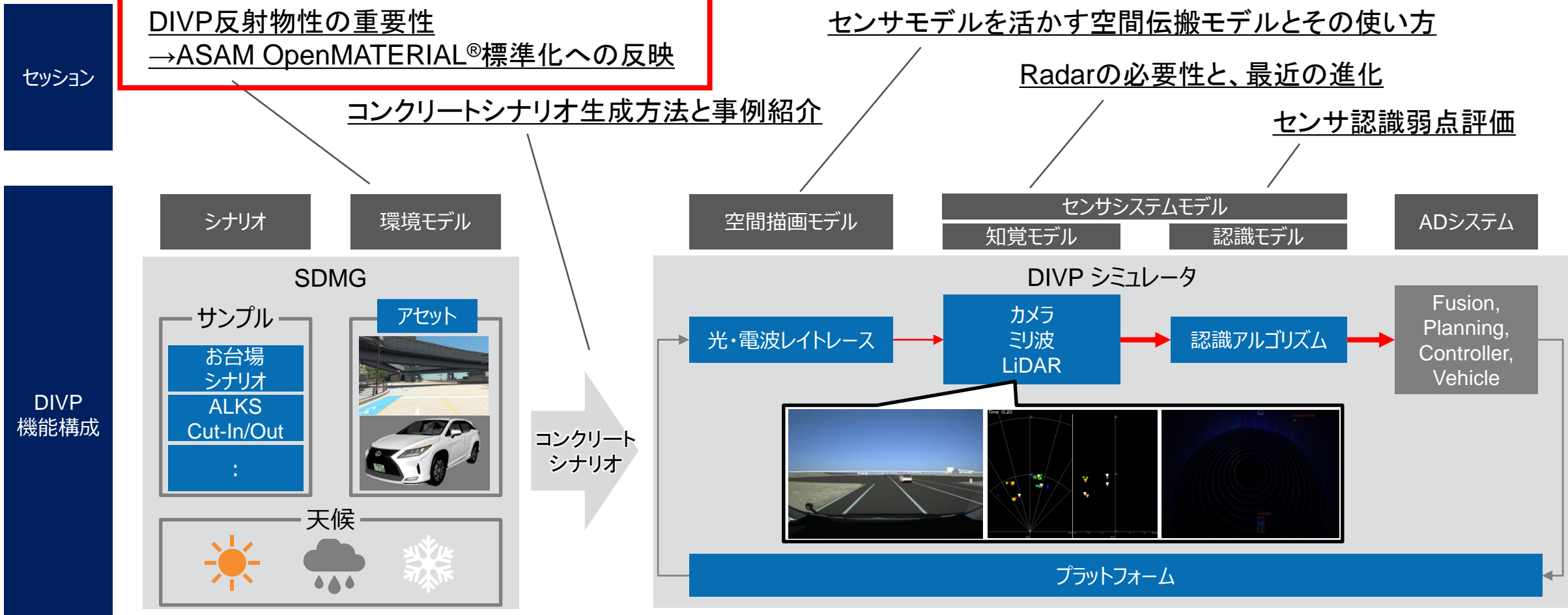
## 背景 / 目的

- ADS/ADASの安全性評価に向けたデジタルツイン要望が高まっており、その為には精緻なセンサーシミュレーションが重要と考える。
- DIVPのセンサーシミュレーション状況と、それらを根底で支える各物標の物性データ内容に加えて、さらなる物標データ流通にむけた標準化の取り組みを紹介する。

## 骨子

- DIVPの空間描画
- DIVPの材料特性
- DIVP Material
- ASAM OpenMATERIALへの反映

# DIVP機能構造とセッション位置づけ





## DIVP反射物性の重要性

# ～ ASAM OpenMATERIAL標準化への反映

2024.04.22 BIPROGY

*Weather Forecast*



*AD safety Assurance*

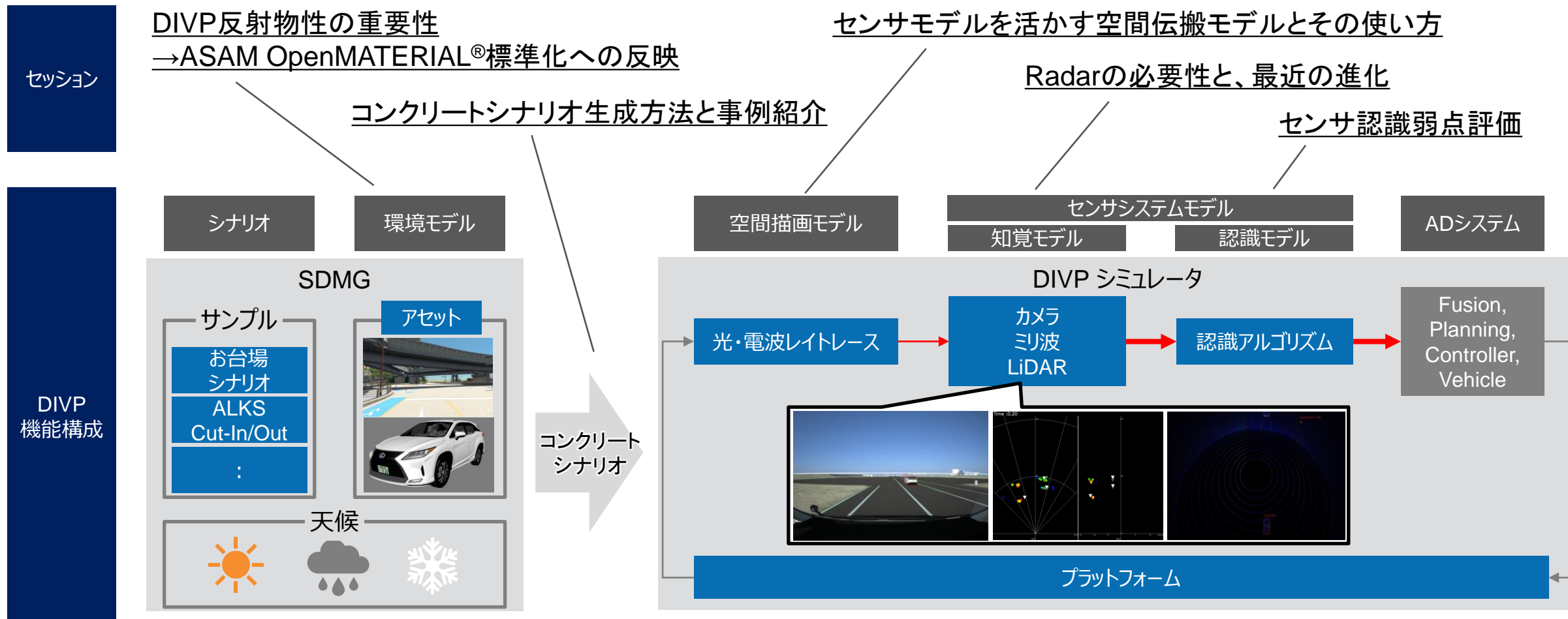


*For Validation & Verification Methodology*

\*AD : Automated driving

# 以降のセッションは、DIVPの機能構成に対応した技術紹介・活用事例紹介となっている

## DIVP機能構成とセッション位置づけ



# Agenda

---

- 1 **DIVPの空間描画**
- 2 **DIVPの材料特性**
- 3 **DIVP Material**
- 4 **ASAM OpenMATERIALへの反映**

---

**1**    **DIVPの空間描画**

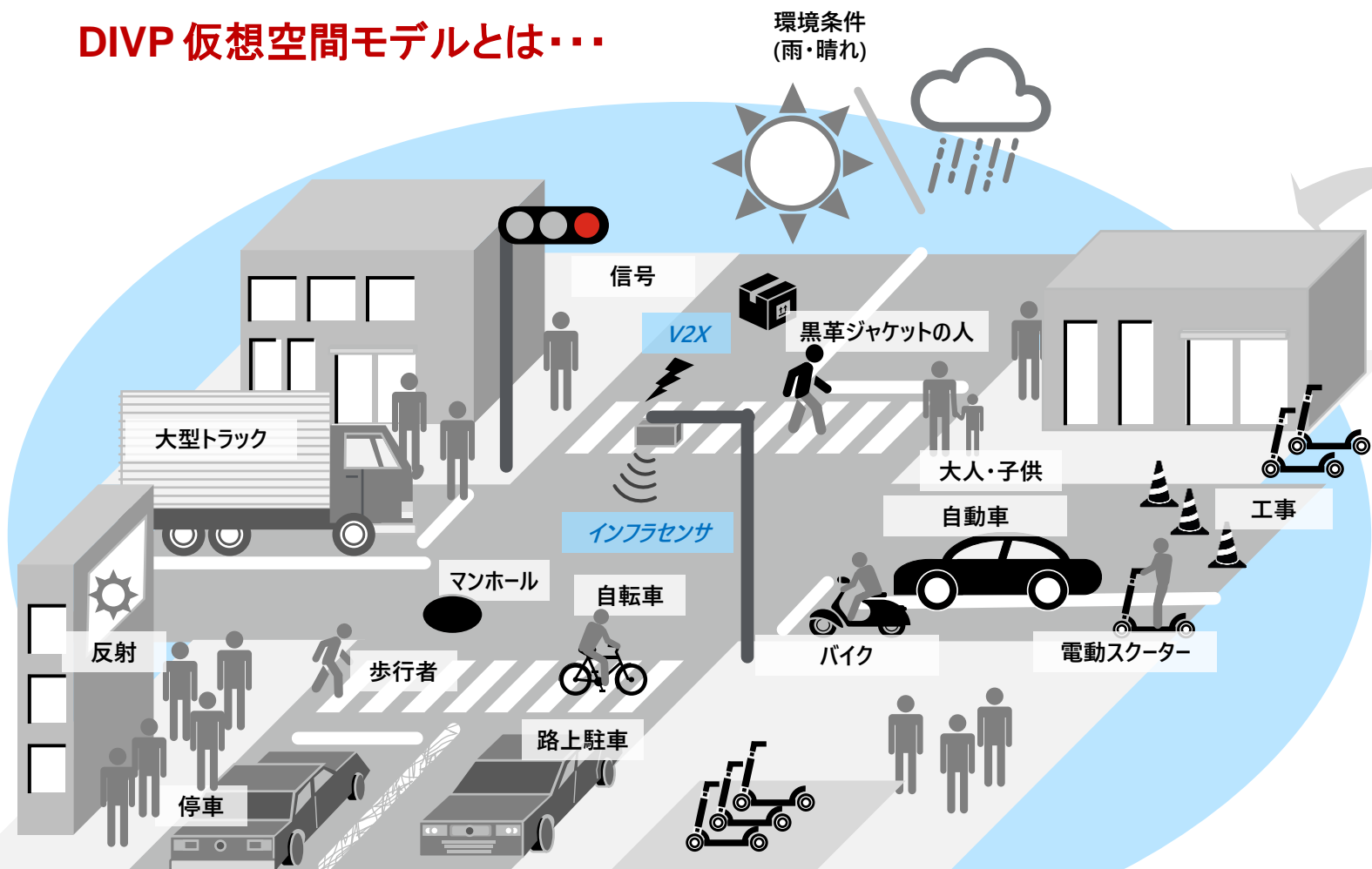
**2**    **DIVPの材料特性**

**3**    **DIVP Material**

**4**    **ASAM OpenMATERIALへの反映**

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

## DIVP 仮想空間モデルとは・・・



交通環境のLayerと評価可能範囲

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

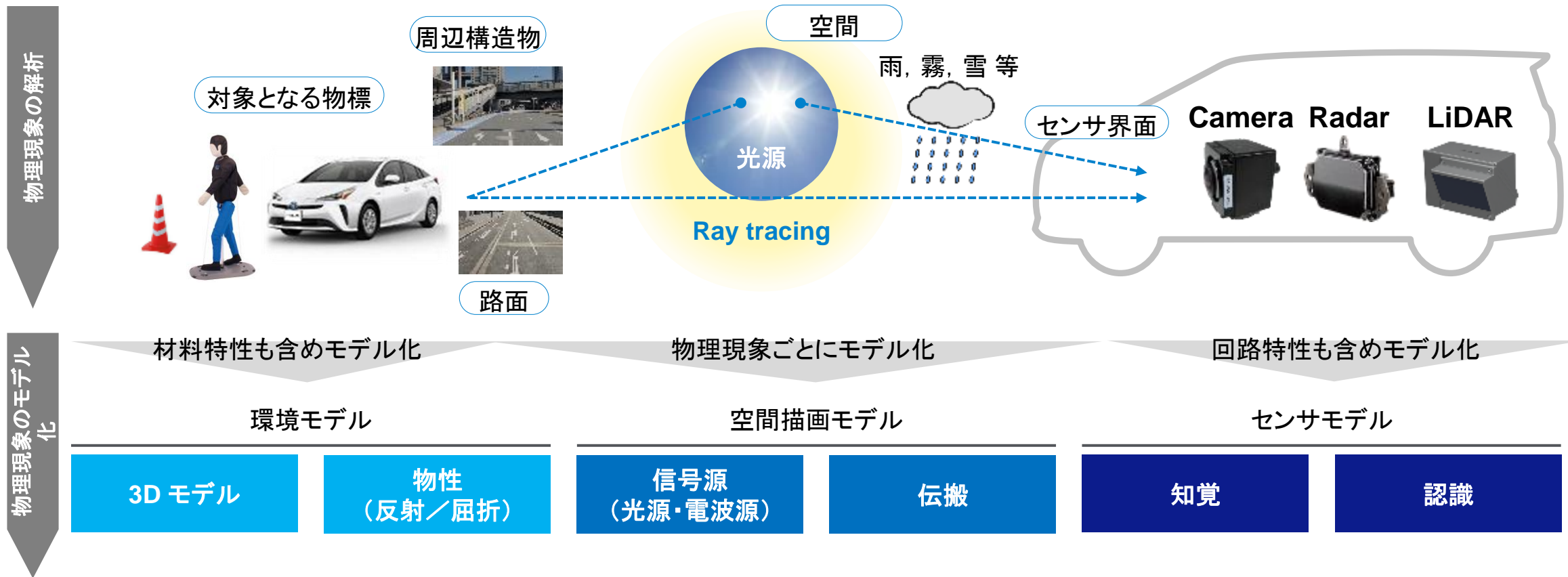


センサ知覚モデルを通して  
交通環境を捉える

仮想空間モデル  
(ジオメトリ+反射・空間伝搬物性)

# 【センサーシミュレーション】 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化

## センサーシミュレーション実現の為のモデル化構成

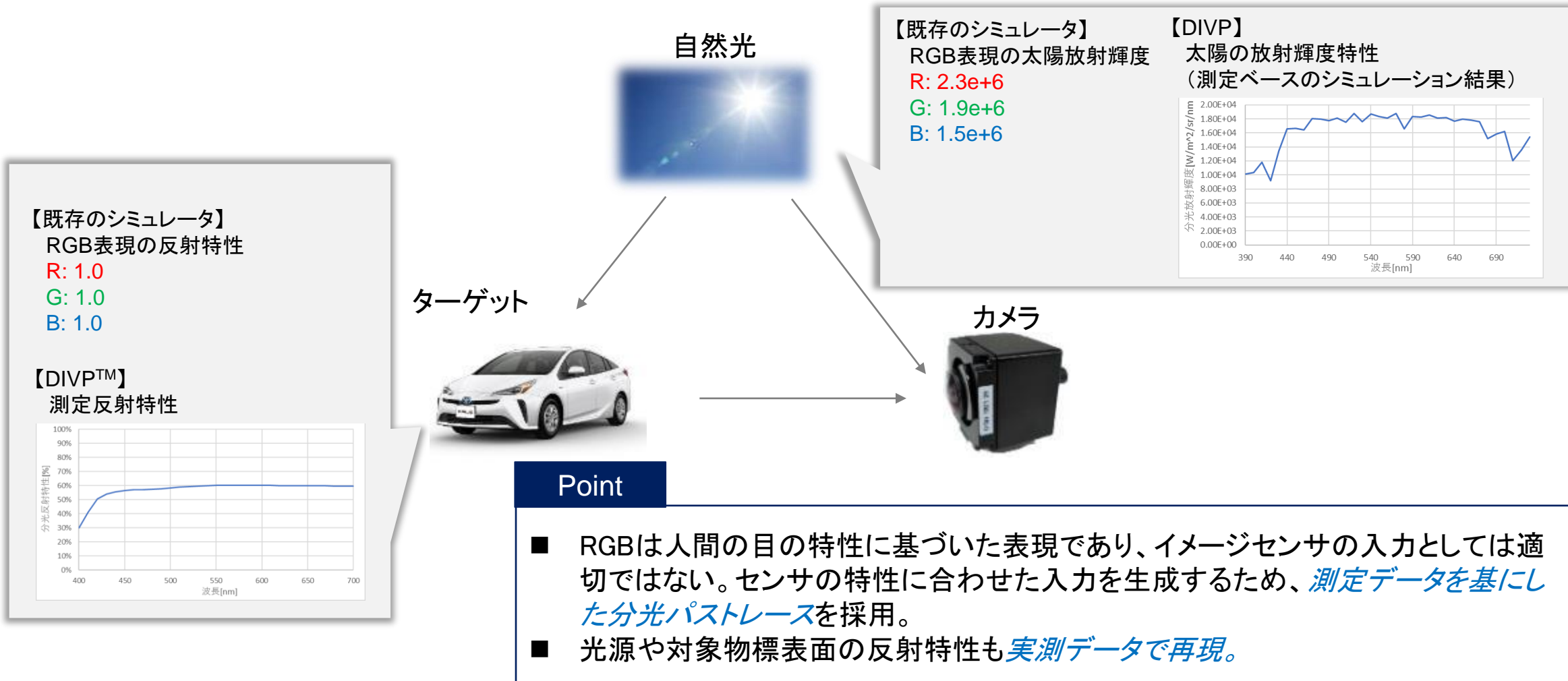


センサーシミュレーション実現の為には、原理原則に基づいたモデル化が重要



# 【空間描画モデル】 センサ特性に合わせた入力を生成するために、光源やターゲット表面の反射特性を 実測ベースで再現。測定値を利用した分光パストレースを採用。

## DIVP の空間描画(カメラセンサー)



# 【空間描画モデル】 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

### 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



### DIVP

太陽光や物標反射率による精緻な環境再現



# 【空間描画モデル】 実機センシング結果とシミュレーション結果の一致性を検証

## Cameraシミュレーション結果

実機撮影結果



SIM結果（天空データ:晴れ）



実機とシミュレーションの信号レベル差は、最大で約20%と、Camera性能評価への有効性を確認済。

## 【空間描画モデル】 センサ不調シーンの再現

実測ベースで空間描画をシミュレーションすることにより、センサ不調シーンを精緻に再現

### 西日の再現



# 【空間描画モデル】 再現したセンサ不調シーンの実機との比較

## 特定条件でのみ発生する認識不調の再現

実画像 (AD-URBAN※)



※ : 金沢大学 AD-URBAN project

DIVP® Sim画像

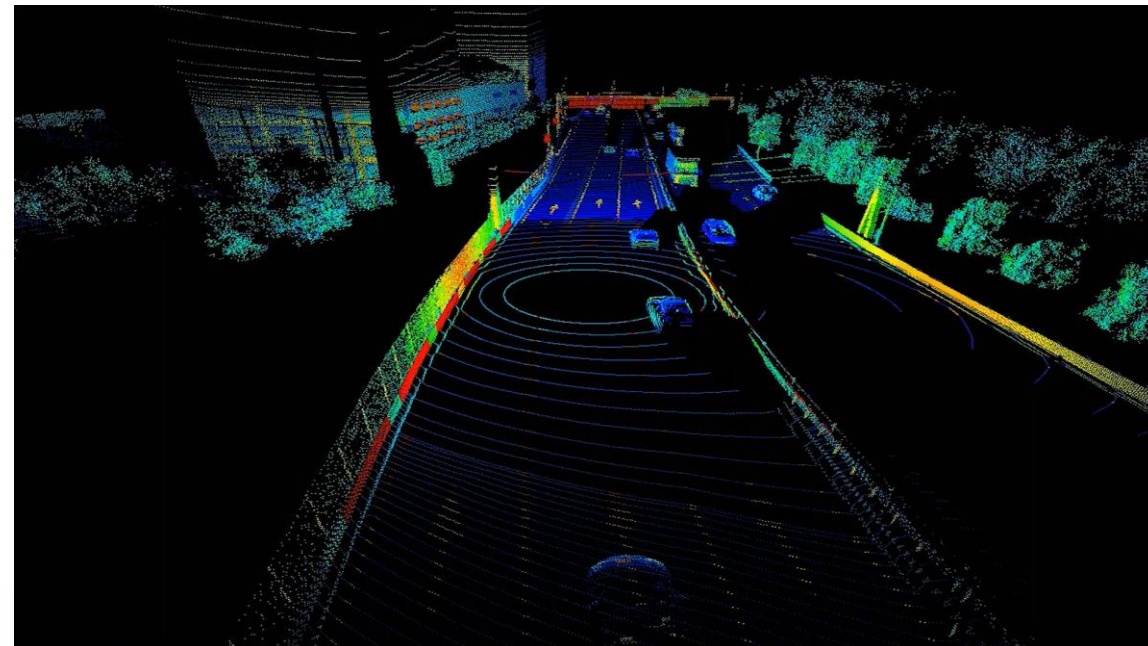


# 【空間描画モデル】 ミリ波Rader及びLiDARセンサーでも、一致性の高いシミュレーションが可能に

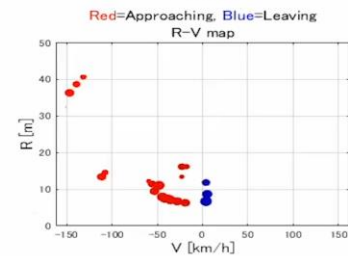
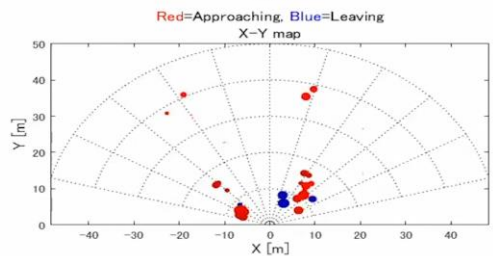
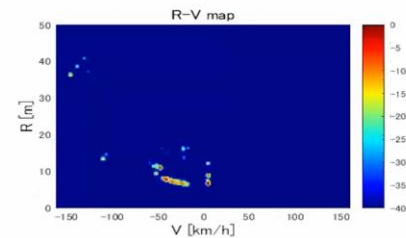
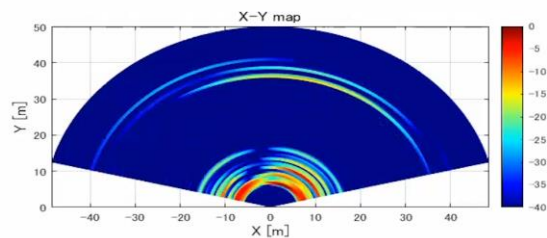


Time=0[sec]

Camera



LiDAR



Radar

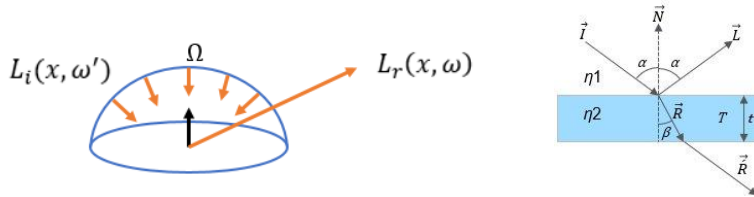
# 【空間描画モデル】 各センサの使用帯域の物理原理に基づいた処理を行う

## 各センサに対する空間描画手法

### カメラ

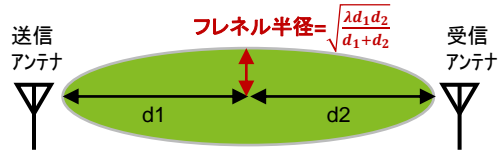
レンダリング方程式、スネル法則を用いて、反射波、屈折波の計算を行う

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



### ミリ波レーダ

物体の大きさを考慮した伝搬



$$P_r \propto \frac{1}{R^2} \quad \text{or} \quad P_r \propto \frac{1}{R^4}$$

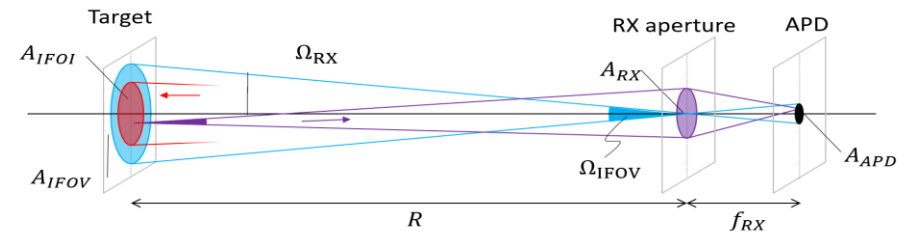
ポリゴンごとに反射近似式を適用

$$E_s(r, \theta, \phi) = -\frac{jkZ_0}{4\pi r} e^{-jkr} (J_x'' \hat{x}'' + J_y'' \hat{y}'') \iint_A e^{jk(g+h)} dS_p$$

### LiDAR

パルス波と物標の交点と反射波のパワーを求める。

$$P_r = \frac{\rho A_{RX}}{\pi R^2} P_t$$



$A_X$  : area of X [m<sup>2</sup>]  
 $\Omega_X$  : solid angle of X [sr]

$R$  : range [m]  
 $f_{RX}$  : focal length of RX optics [m]

---

**1**    **DIVPの空間描画**

**2**    **DIVPの材料特性**

**3**    **DIVP Material**

**4**    **ASAM OpenMATERIALへの反映**



# 【DIVPの材料特性】 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

### 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



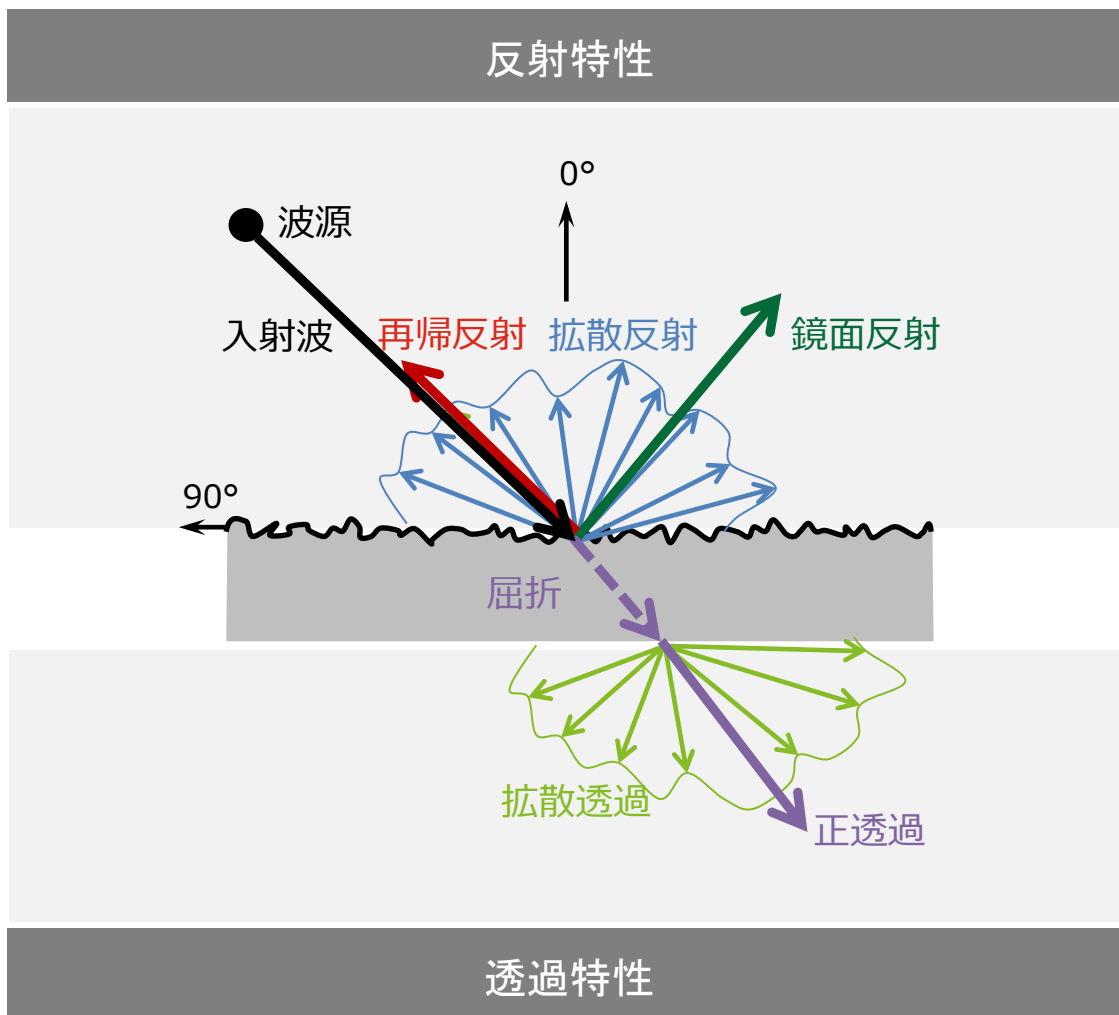
### プロパティ有

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

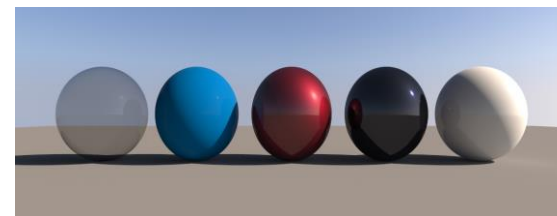


# 【DIVPの材料特性】 物標の材料特性には反射特性・透過特性が存在、 実験計測に基づくモデル化により、一致性の高い反射を再現

## DIVPの材料特性 = 材料の反射・透過特性




計測特性は各モデルの  
プロパティへ任意に設定が可能



## 【DIVPの材料特性】 材料特性パラメータ例

### For Camera/LiDAR sensor

- 測定反射率データ（入射角と反射角、波長別の振幅や位相）
- 測定屈折率データ（波長毎の複素屈折率[n,k]）
- 板厚
- 透過率



入射角	出射角	波長1	波長2	.....	波長N
$\theta_i$	$\theta_r$	振幅 $\theta_i\theta_r-1$	振幅 $\theta_i\theta_r-2$	.....	振幅 $\theta_i\theta_r-N$
$\theta_{i2}$	$\theta_{r2}$	振幅 $\theta_{i2}\theta_{r2}-1$	振幅 $\theta_{i2}\theta_{r2}-2$	.....	振幅 $\theta_{i2}\theta_{r2}-N$
			⋮		
			⋮		

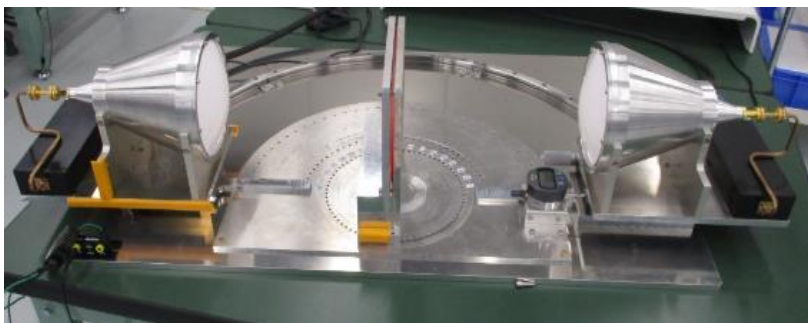
### For Radar sensor

- 測定反射率データ（水平および垂直方向の、入射角と反射角、波長別の振幅や位相）
- 抵抗率
- 比誘電率
- 比透磁率

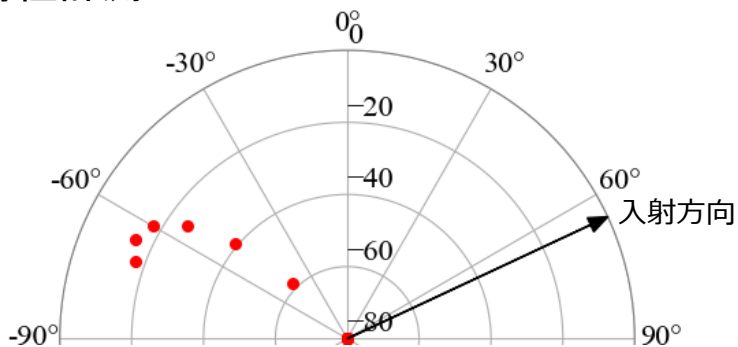
# 【DIVPの材料特性】 環境モデル構築にあたり、従来Simに見られる理論式によるモデリング手法を用いて、実験計測の補間処理を行うことにより、一致性の高い反射特性を備えた環境モデリングを実現

## ミリ波の反射率データ作成の取り組み

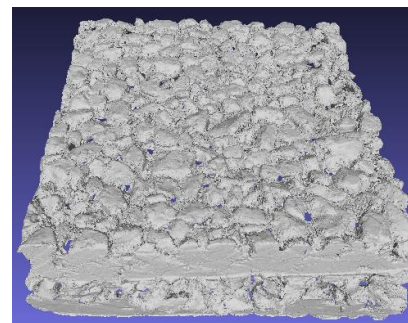
実験による特性計測



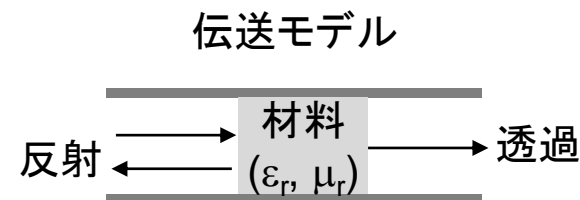
反射特性計測



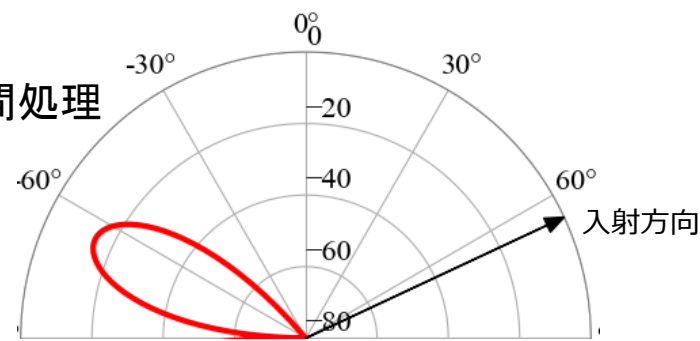
計測結果に基づく理論式の補間処理



表面粗さ計測



補間処理



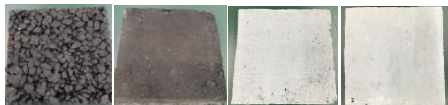
表面・材質特性も含めた材料の反射特性を測定  
理論式に基づいて、補間処理して反射データを作成

# 【DIVPの材料特性】 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

## 反射率計測物標例

### 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



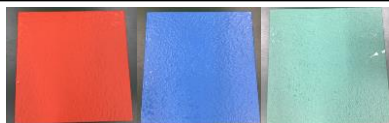
### 路面標示素材

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

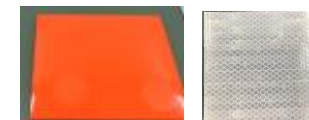


ボディ部  
電波吸収体部



### 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



# 【DVPの材料特性】

## 車両塗装サンプル(約200種)を計測し、反射モデルをデータベースとして準備

### 車両カラー



---

**1**    **DIVPの空間描画**

**2**    **DIVPの材料特性**

**3**    **DIVP Material**

**4**    **ASAM OpenMATERIALへの反映**

# 仮想ADS/ADASにおけるMAP/ASSETデータに関する各種課題認識

精緻な物理シミュレーションを行える属性データが必要。

カメラセンサー向けでも一般CG用属性だけで良いのか？

LiDAR及びミリ波レーダー用属性をどの様に格納する？

対象物固有の動作情報等が、独自形式の別ファイルとなっている為、他システムで利用不可。



手元にある3Dデータを仮想AD/ADASシステムに使いたい

MAP上の樹木等、同じデータを複数配置可能にしたい。

作成したMAP/ASSETデータを商用にライセンス保護したい。

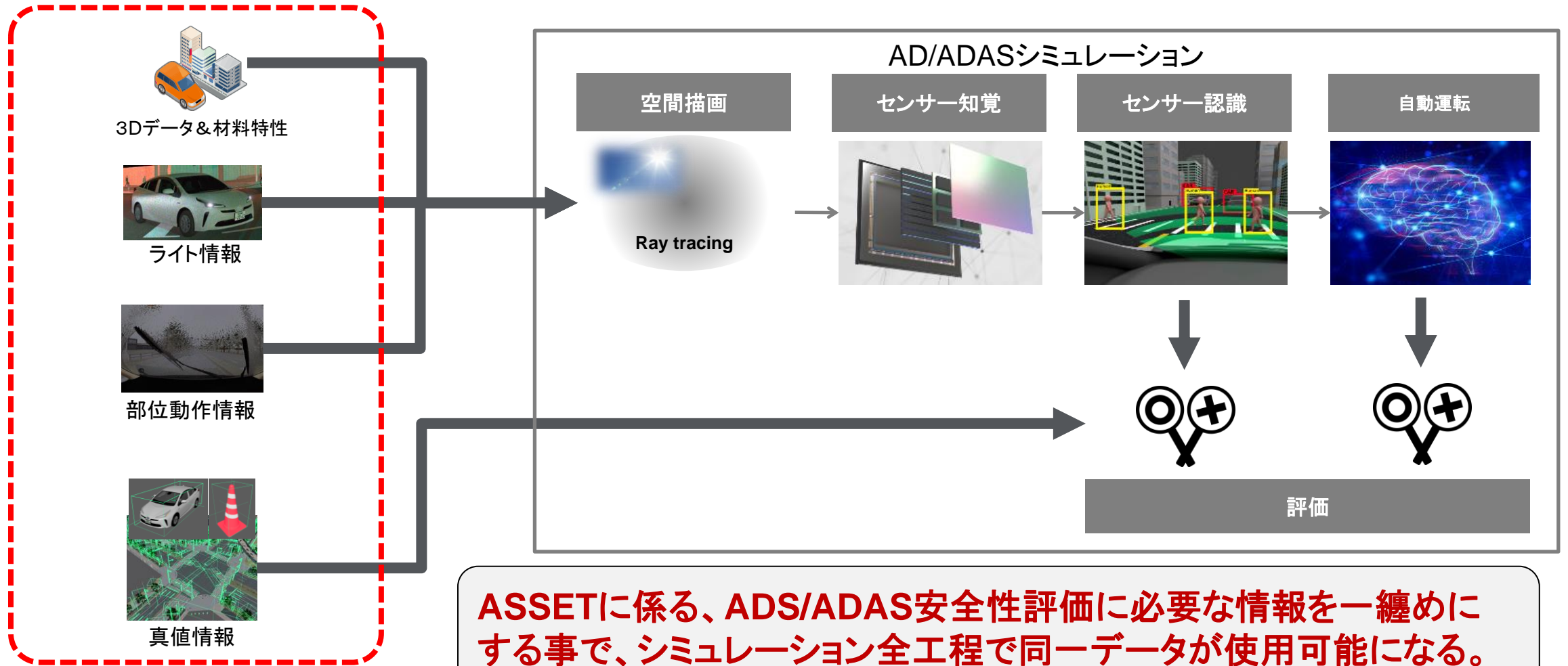
作成済データの内容は、対応Viewerで表示しないと判らない。

**DIVPでは、これら課題を解決する仮想ADS/ADASシステム向け新MAP/ASSETデータ「DIVP Material」を設計**



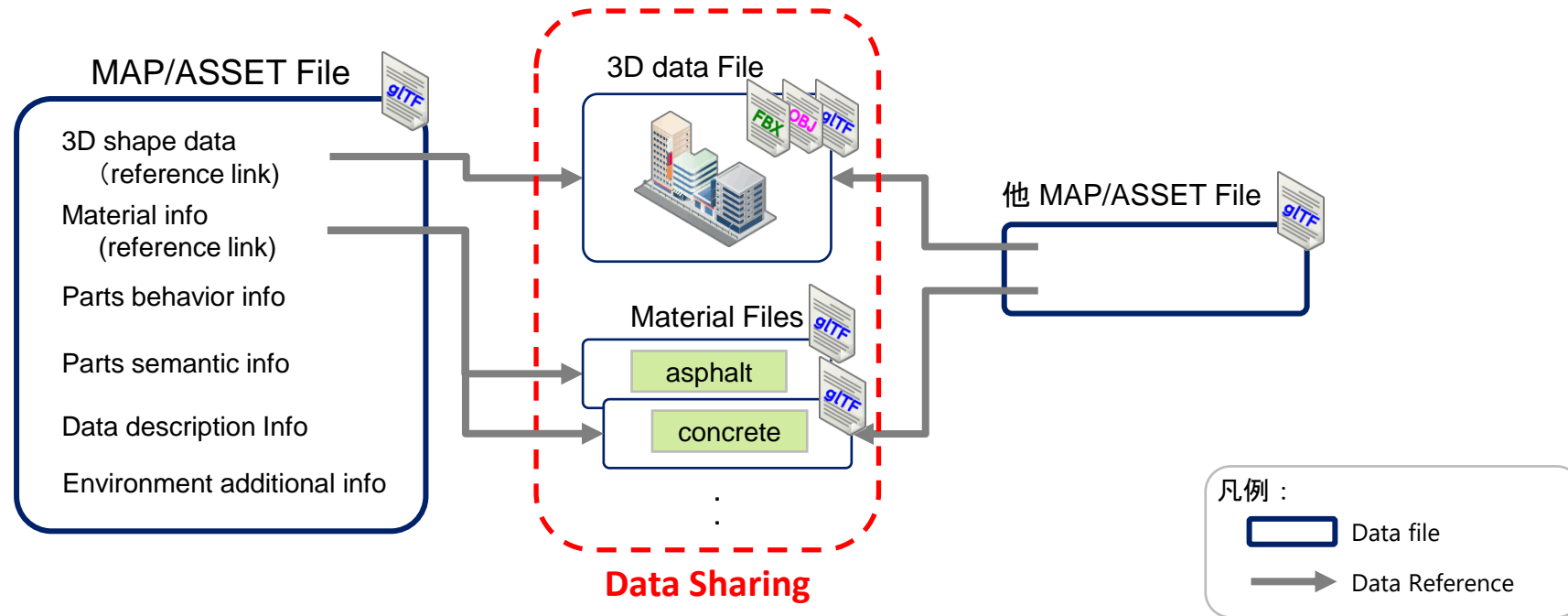
# 【DIVP Material】 格納データ

仮想ADS/ADAS安全性評価の為に、3Dデータ及び材料特性以外にも各種情報が必要



## 【DIVP Material】 ファイル構造

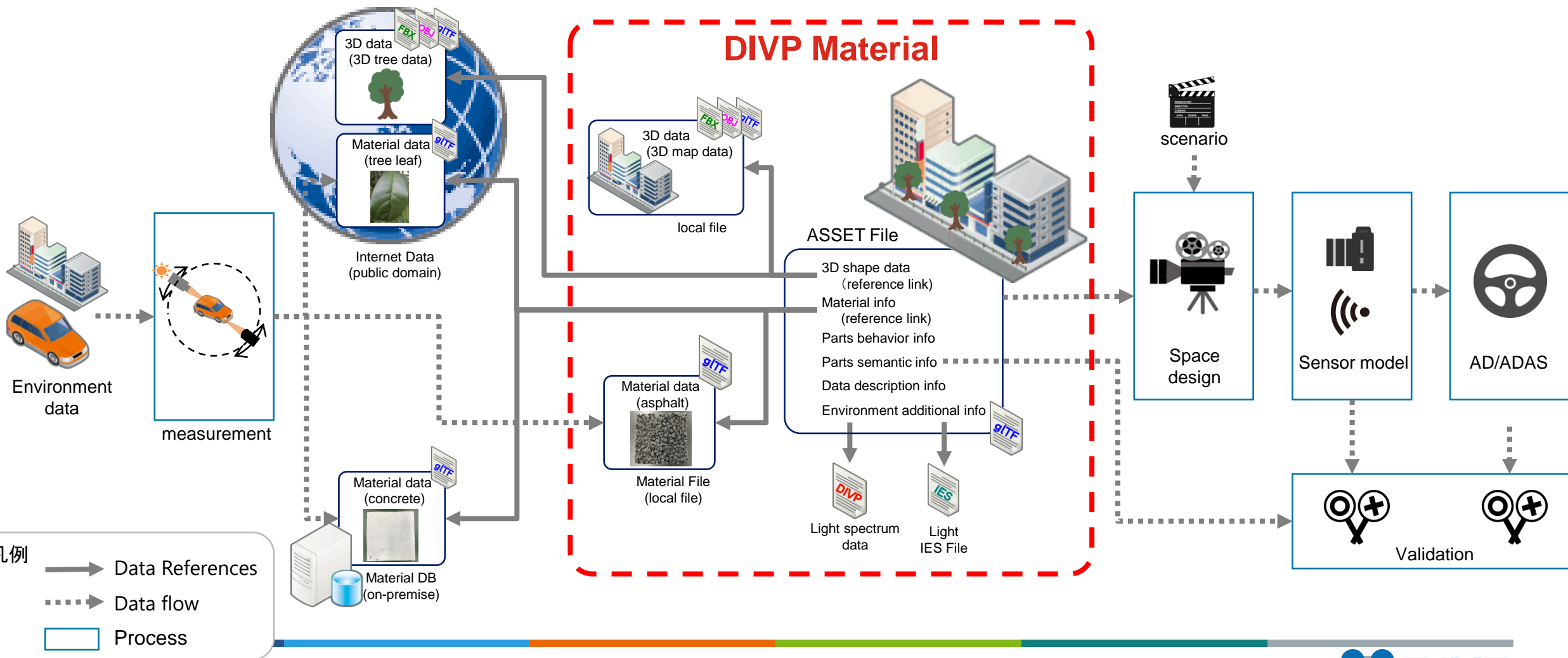
3D形状データや、材料特性データを別ファイル構成可能とする。  
MAP/ASSETファイル及び材料特性ファイルは、拡張性を考慮しgITFフォーマットを採用。



3Dデータや測定材料特性データを他データとの共有が可能となる。  
また、3Dデータに関しては、FBXやOBJ等の既存データも利用可能とし、データ準備性向上を図る

# 【DIVP Material】 俯瞰図

DIVP Materialの普及は、ADS/ADAS開発効率向上に寄与すると考えます。



## 【DIVP Material】 普及の利点

**DIVP Material の普及により、以下が期待できます。**

- 既存の3Dデータを利用して、ADS/ADASシミュレーション向けASSETデータを構築可能(3Dモデルと材料データを後付け可能)。
- 空間描画(レンダリング)、センサーシミュレーション、運転シミュレーション及び安全性評価の全てにおいて、同一のASSETデータが使用可能となるため、一貫した結果を得られ易くなる。
- 複数システム間で同一データを用いてシミュレーションが可能となるので、それらシステム間の結果評価・比較が容易になる。
- 拡張可能なglTFをベースとする事で、今後追加されるユースケースにも対応可能。
- 世界中に存在する3Dモデルと材料データを利用した、拡張可能でスケーラブル且つオープンなASSETデータベース構築が可能になる。  
→ユーザーが利用可能なデータの選択子が増える。

---

**1**    **DIVPの空間描画**

**2**    **DIVPの材料特性**

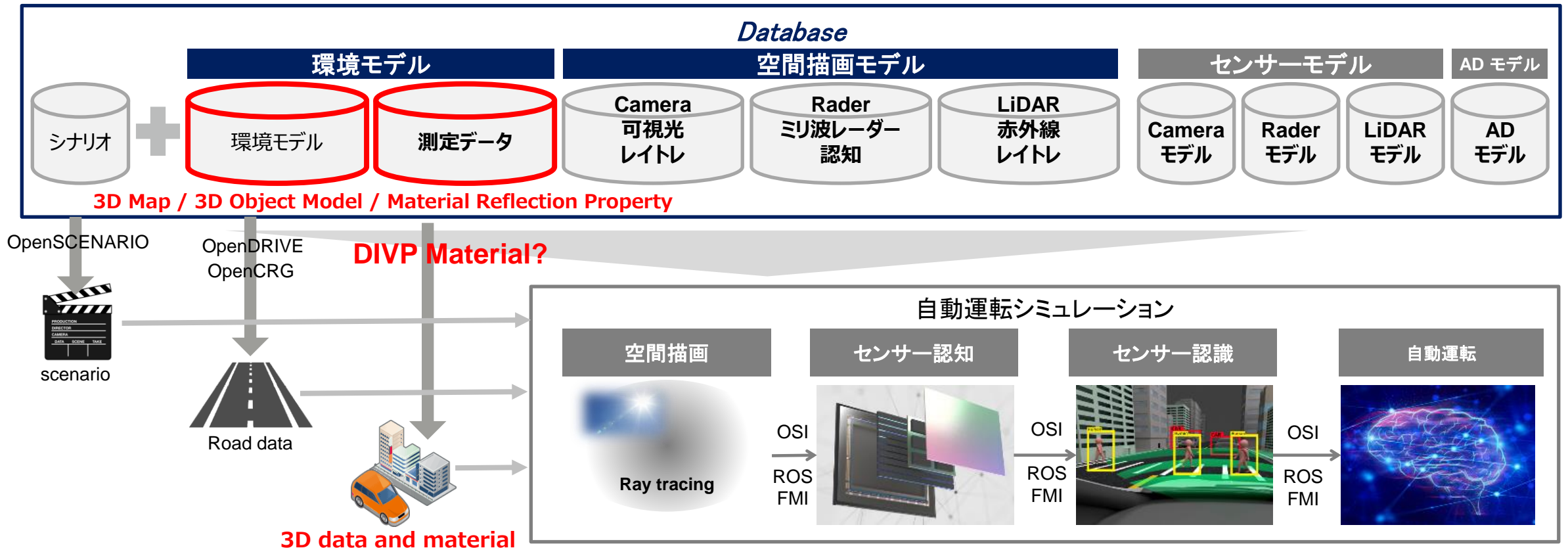
**3**    **DIVP Material**

**4**    **ASAM OpenMATERIALへの反映**

# 【ASAM OpenMATERIALへの反映】 DIVPが目指すエコシステム

多種の流通モデル群に支えられた高度なシミュレーション環境こそが、DIVPの目指しているエコシステム。

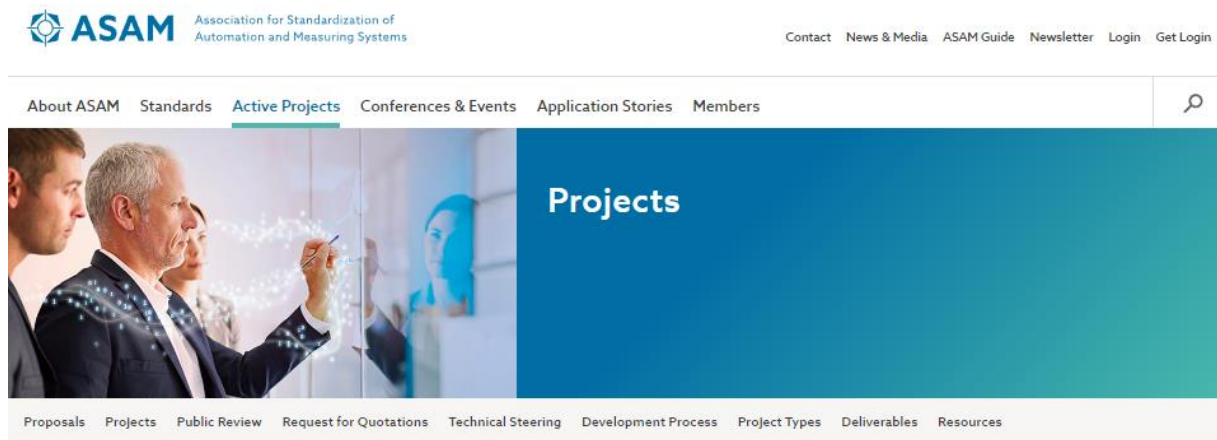
→ データ流通性や他システム連携性確保が非常に重要



**DIVP Materialを元に標準化プロジェクトをASAMへ提案。  
2023年12月に採択された。**

# ASAM OpenMATERIAL

## 2024年2月より、「OpenMATERIAL」がスタート



Active Projects > P\_2023\_05 ASAM OpenMATERIAL®

### P\_2023\_05 ASAM OpenMATERIAL®

PROJECT NUMBER	P_2023_05
PROJECT TYPE	New Standard Development
PROPOSAL SUBMITTER	BMW Group
DOMAIN	Simulation
PROPOSAL	<a href="#">Download here</a>
PROPOSAL WORKSHOP	Nov 20, 2023 (Review)
ENROLL BY	Jan 15, 2024
PROJECT START	Jan 2024
PUBLIC REVIEW	Nov 2024
PROJECT END	Jan 2025
RELEASE	Feb 2025

#### Request for quotations

ASAM is looking for a service provider to support the project group. Tasks include technical writing, compiling a glossary and generating Schema Validation files for the material data format.

[READ MORE](#)

<https://www.asam.net/project-detail/asam-openmaterial/>

ADS/ADAS安全性評価にむけたデジタルツイン需要に答えるため、さまざまなテスト方法と環境間で一貫したデータ規定を目指す。

## 参加企業（2024.04.22現在9カ国25社65名）

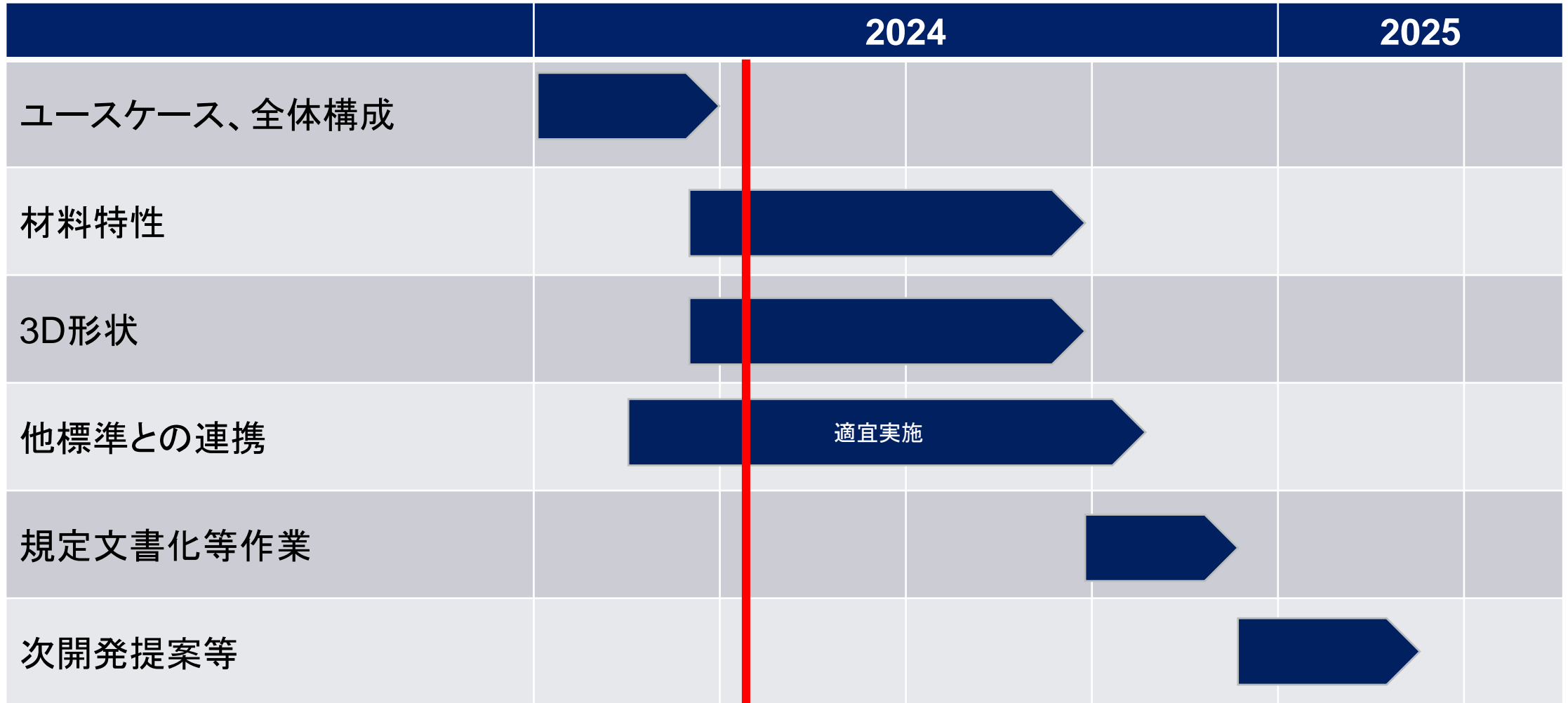
51WORLD High Technology Co.,Ltd.  
Advanced Data Controls Corp.  
Ansys, Inc.  
Automotive Data of China (Tianjin) Co., Ltd  
BIPROGY Inc.  
BMW AG  
CATARC  
Continental AG  
dSPACE GmbH  
Foretellix Ltd.  
Fraunhofer IESE  
Hexagon Manufacturing Intelligence  
IAE Suzhou Technologies Co., Ltd.

IPG Automotive GmbH  
Kanagawa Institute of Technology  
Mitsubishi Precision Co., Ltd.  
Persival GmbH  
Pilodt Automotive (Shanghai) Co., Ltd.  
rFpro Limited  
RWTH Aachen  
Shanghai Jiao Tong University  
TrianGraphics GmbH  
Virtual Vehicle Research GmbH  
Volvo Technology AB  
WMG

出所: ASAM OpenMATERIAL

# ASAM OpenMATERIAL

## Project Plan (2024.04.09 現在)



出所: ASAM OpenMATERIAL

スライドマスター テキストの書式設定





*Thank you for your kind attention!*

*Tokyo Odaiba → Virtual Community Ground*

**END**

