

# Standardization Project: ASAM OpenMATERIAL with DIVP®

Norihito Hiruma  
(DIVP® Project, BIPROGY)

25.June 2024



Association for Standardization of  
Automation and Measuring Systems

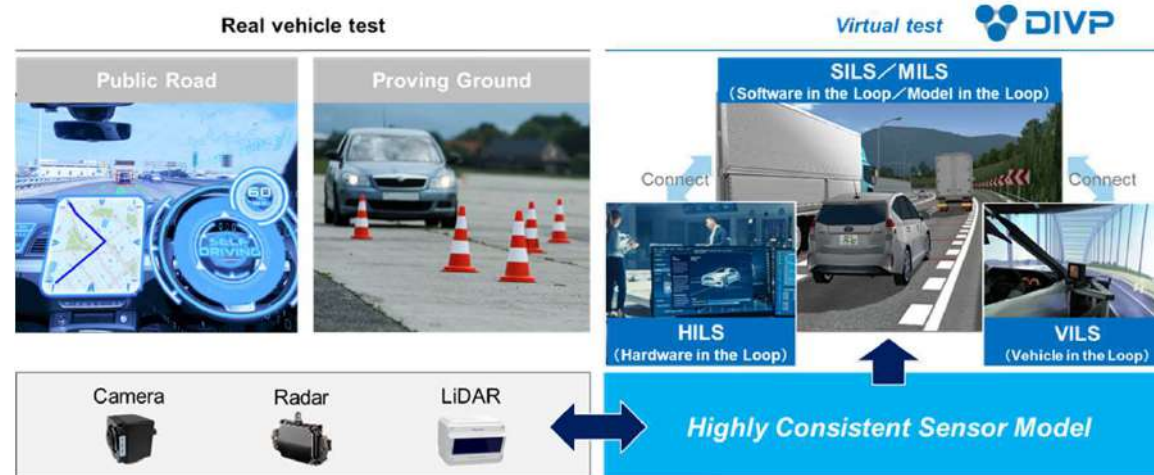
# Agenda

|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| 1 | DIVPの空間描画                             |
| 2 | DIVPの材料特性                             |
| 3 | DIVP Material ~ ASAM OpenMATERIAL 活動へ |

# DIVP® Project

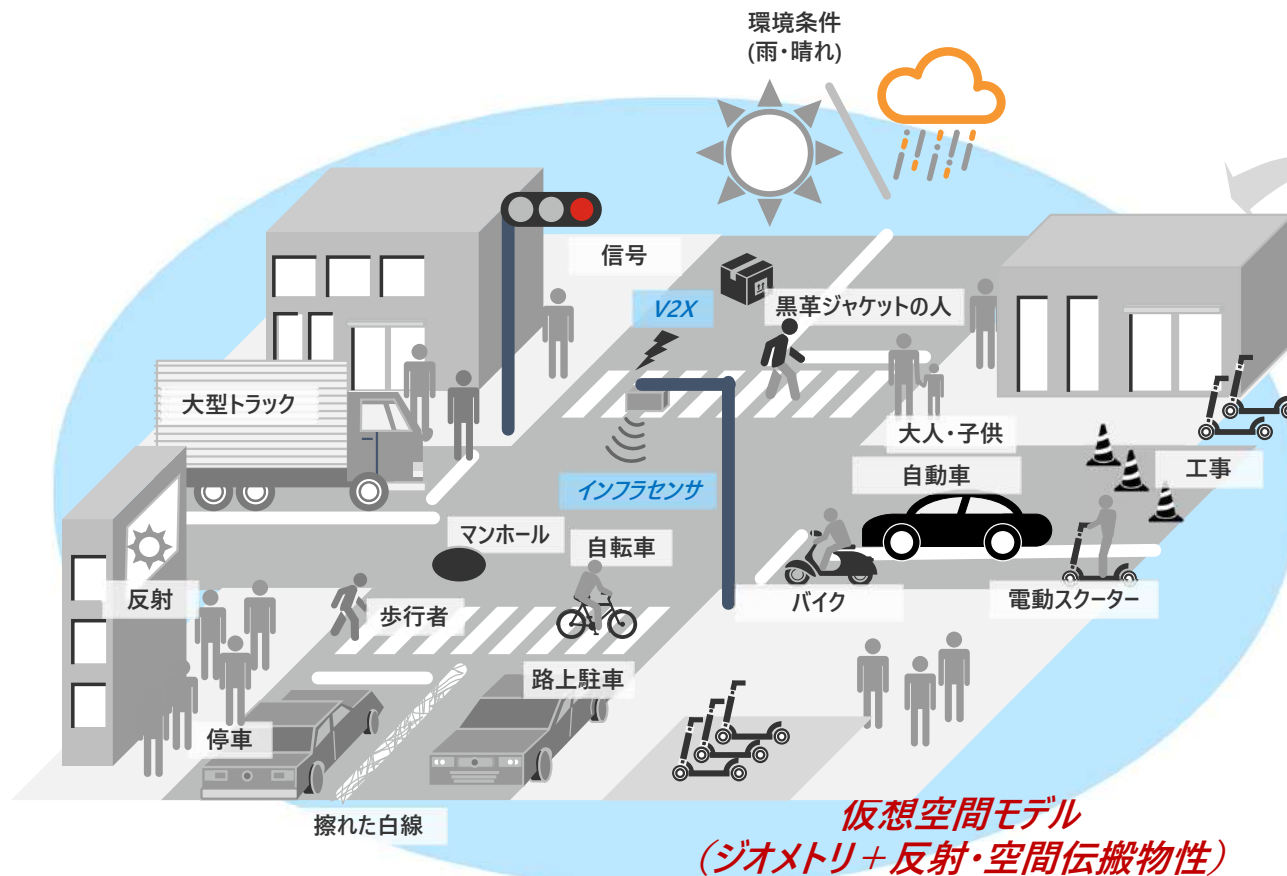
- Driving Intelligence Validation Platform**

Driving Intelligence Validation Platform (DIVP®)プロジェクトは、戦略的イノベーションプログラム(SIP)フェーズ2: 自動運転(システム・サービス拡充)の助成を受けて開始されました。本DIVP®プロジェクトでは、現実の現象と整合性の高い「走行環境物体-電磁波伝搬-センサ」の一連のモデルを特徴とする仮想空間上に検証プラットフォームを構築します。これにより、幅広い環境下での自動運転の安全性確保を正確かつ効率的に実現することを目的としています。



## DIVP®仮想空間モデルとは・・・

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



**仮想空間モデル**  
(ジオメトリ+反射・空間伝搬物性)

交通環境のLayerと評価可能範囲

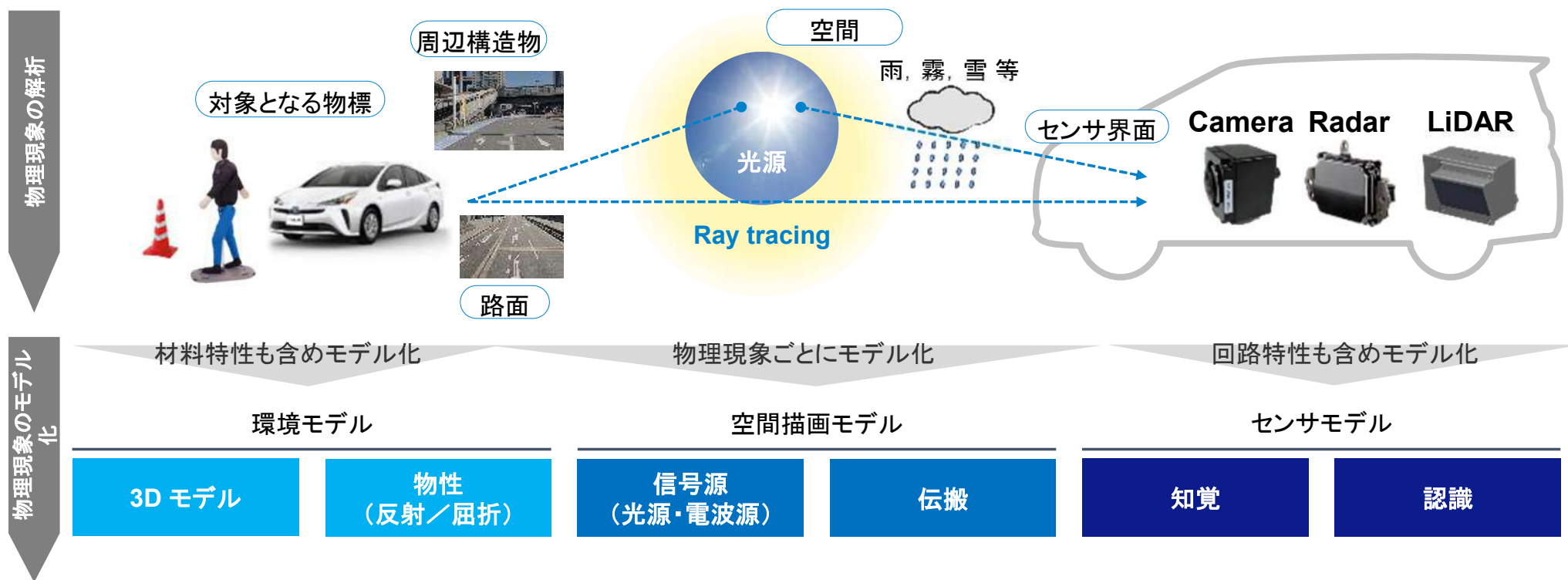
|   |           |  |                            |
|---|-----------|--|----------------------------|
| 6 | V2X, インフラ |  | ③インフラセンサ評価                 |
| 5 | 環境条件      |  |                            |
| 4 | 移動物体      |  |                            |
| 3 | 一時的な変化    |  | ①自動運転Lv2~3<br>②Lv4,5サービス実装 |
|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



## 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

## DIVPの空間描画モデル

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）

自然光

【既存のシミュレータ】

RGB表現の太陽放射輝度

R: 2.3e+6

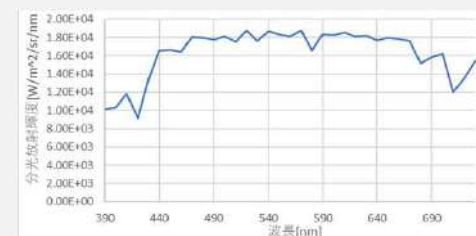
G: 1.9e+6

B: 1.5e+6

【DIVP】

太陽の放射輝度特性

（測定ベースのシミュレーション結果）



【既存のシミュレータ】

RGB表現の反射特性

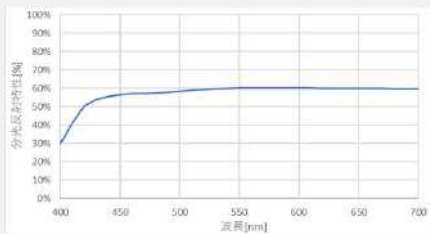
R: 1.0

G: 1.0

B: 1.0

【DIVP™】

測定反射特性



ターゲット



カメラ



### Point

- RGBは人間の目の特性に基づいた表現であり、イメージセンサの入力としては適切ではない。センサの特性に合わせた入力を生成するため、**測定データ**を基にした分光パストレースを採用。
- 光源や対象物標表面の反射特性も**実測データ**で再現。



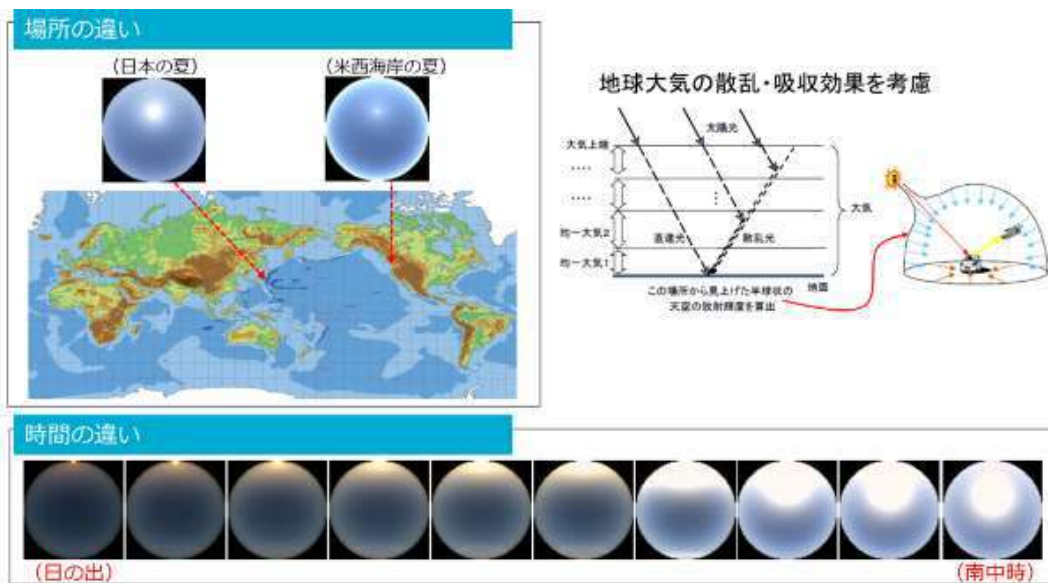
## DIVPの空間描画モデル

光源については実測ベースの天空光輝度特性、ヘッドランプの配光特性を利用

- DIVPの空間描画

太陽光・天空光シミュレーション

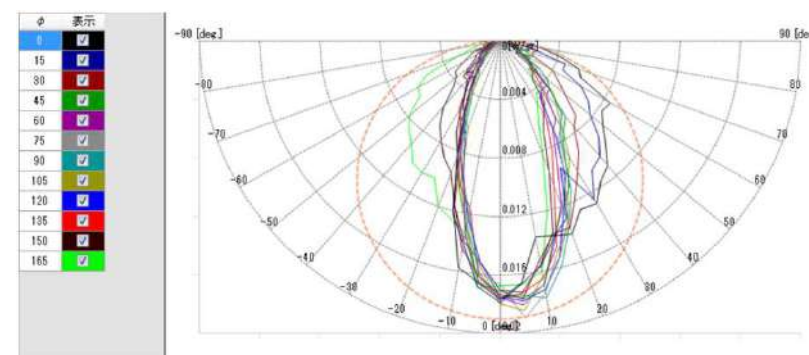
任意の場所、時間の太陽の可視光・赤外光の輝度を表現  
(実測を基にした精緻なシミュレーション)



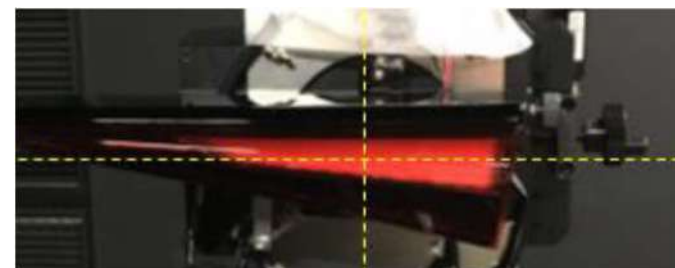
ランプ特性の計測

車両のヘッドランプやテールランプの配光特性を測定

プリウステールランプの配光特性データ



実測したプリウステールランプ



## DIVPの空間描画モデル

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

### 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





## DIVPの空間描画モデル

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。

## DIVPの空間描画モデル

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

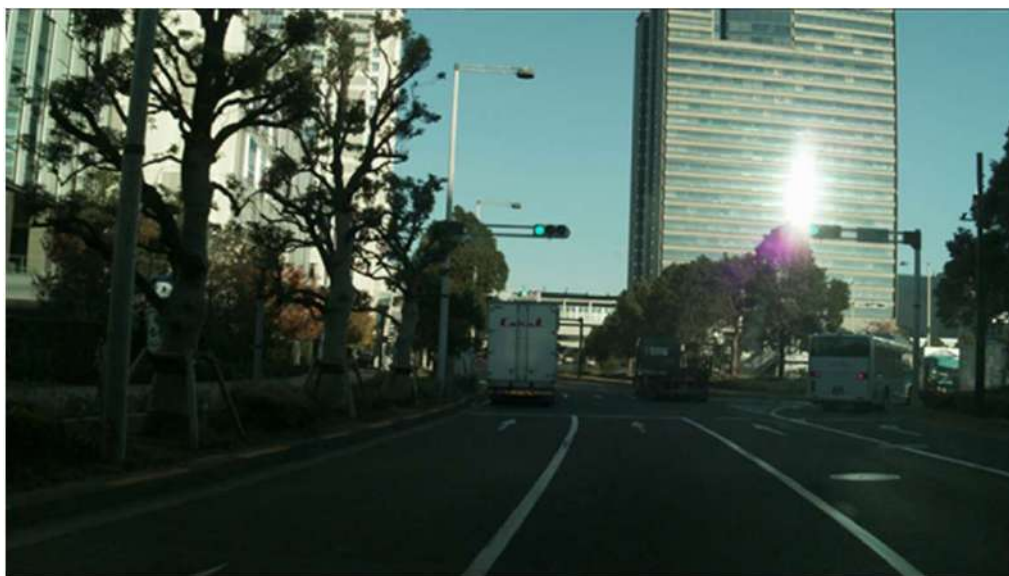


## DIVPの空間描画モデル

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



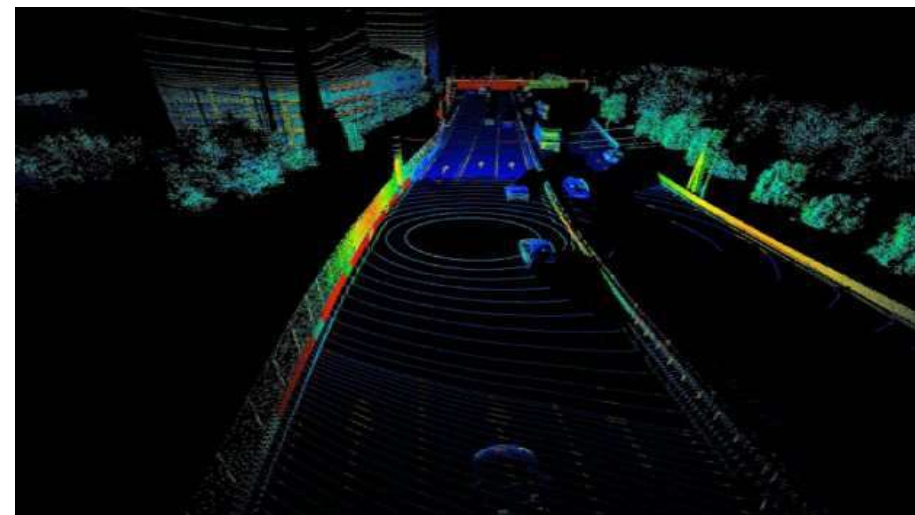
## DIVPの空間描画モデル

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

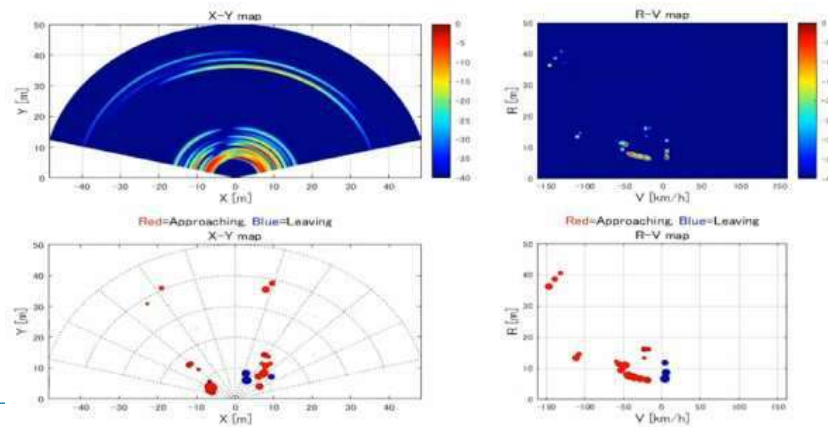
発表時は各画像が動画となります。



Camera



LiDAR



Radar

# DIVPの空間描画モデル

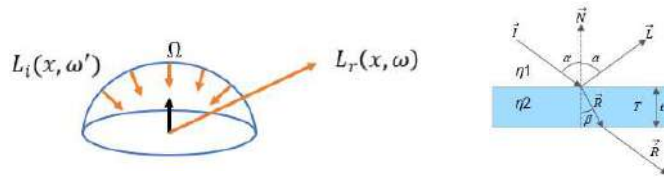
各センサの使用帯域の物理原理に基づいた処理を行う

- 各センサに対する空間描画手法

## カメラ

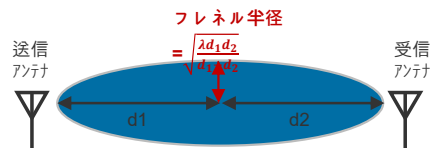
レンダリング方程式、スネル法則を用いて、反射波、屈折波の計算を行う

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



## ミリ波レーダ

物体の大きさを考慮した伝搬



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

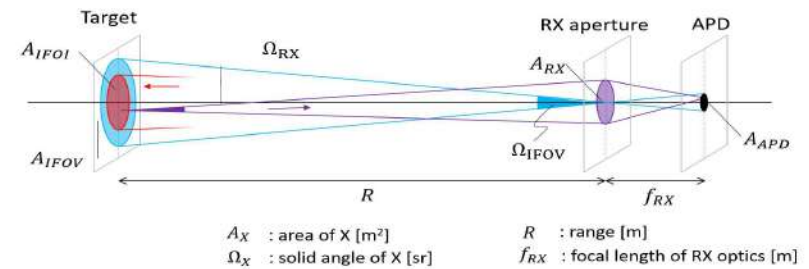
ポリゴンごとに反射近似式を適用

$$E_s(r, \theta, \phi) = -\frac{jk_0}{4\pi r} e^{-jkr} (J_x \hat{x}'' + J_y \hat{y}'') \iint_A e^{jk(g+h)} ds_p$$

## LiDAR

パルス波と物標の交点と反射波のパワーを求める。

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



- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| 1 | DIVPの空間描画                             |
| 2 | DIVPの材料特性                             |
| 3 | DIVP Material ~ ASAM OpenMATERIAL 活動へ |



## 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

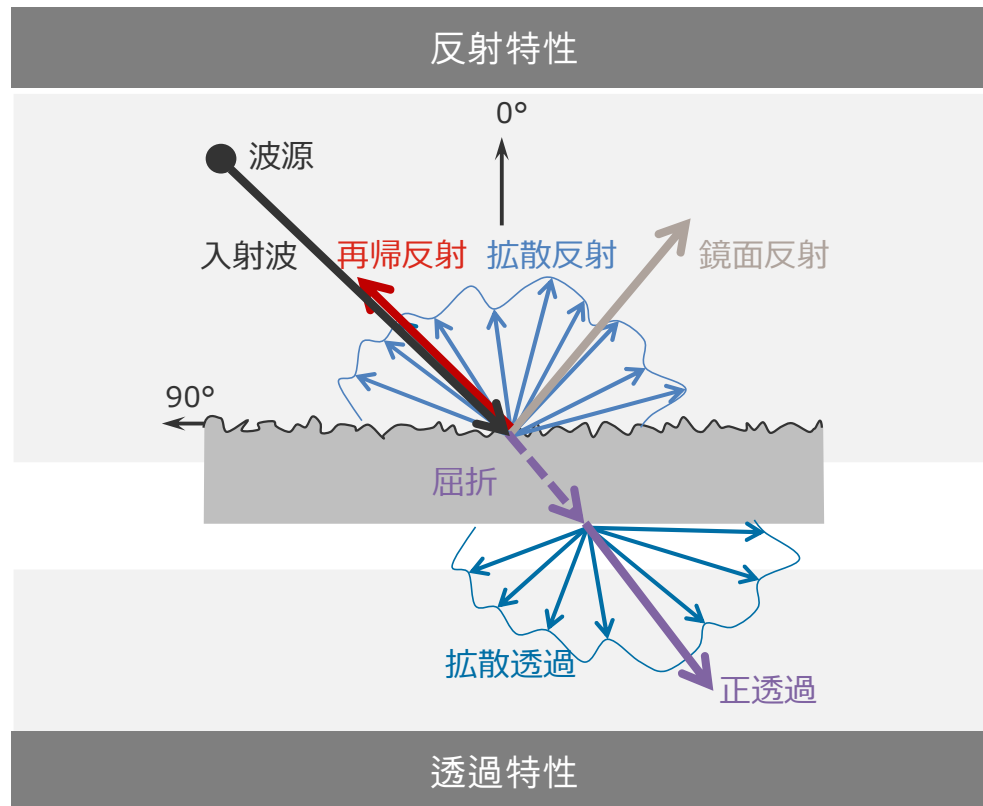
材料の特性が再現され、色・反射の強弱・透明感が再現できる



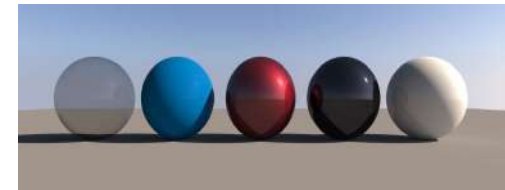
## DIVPの材料特性

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 $\theta_{i2}\theta_{r2}-N$ |
|               |               |                               | .                             |       |                               |

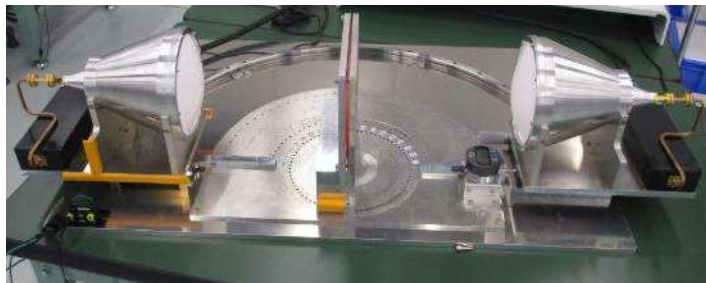
## For Radar sensor

- 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

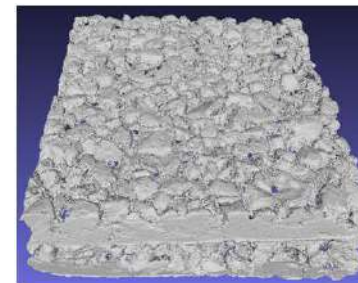
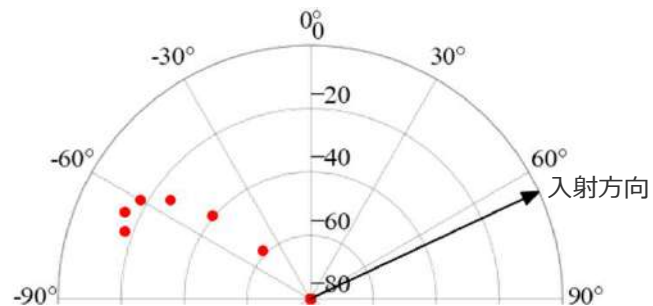
## DIVPの材料特性

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



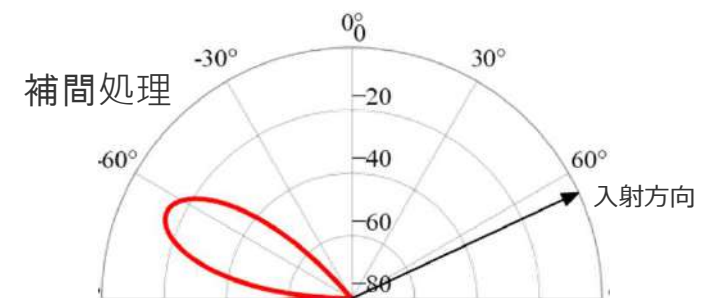
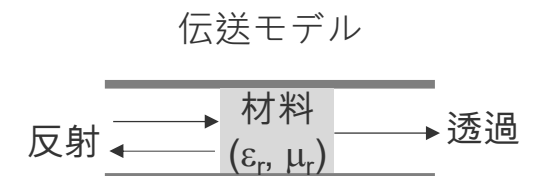
反射特性計測



表面粗さ計測



計測結果に基づく理論式の補間処理



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



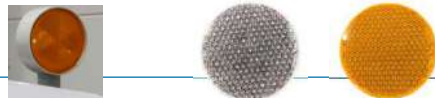
#### 道路標識(再帰反射性)

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

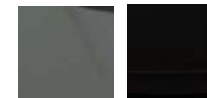


#### NCAPダミー、

黒  
ベージュ  
青

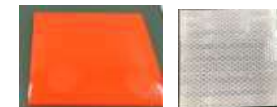


ボディ部  
電波吸収体部



#### 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





# DIVP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





## DIVPの詳細については。。。。

下記DIVPホームページか、販売を担当するV-Drive Technologiesのサイトをご覧ください。

DIVP サイト



<https://divp.net/>

V-Drive Technologies



<https://www.vdrive-tech.com/>

|   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| 1 | DIVPの空間描画                             |
| 2 | DIVPの材料特性                             |
| 3 | DIVP Material ~ ASAM OpenMATERIAL 活動へ |

## 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。

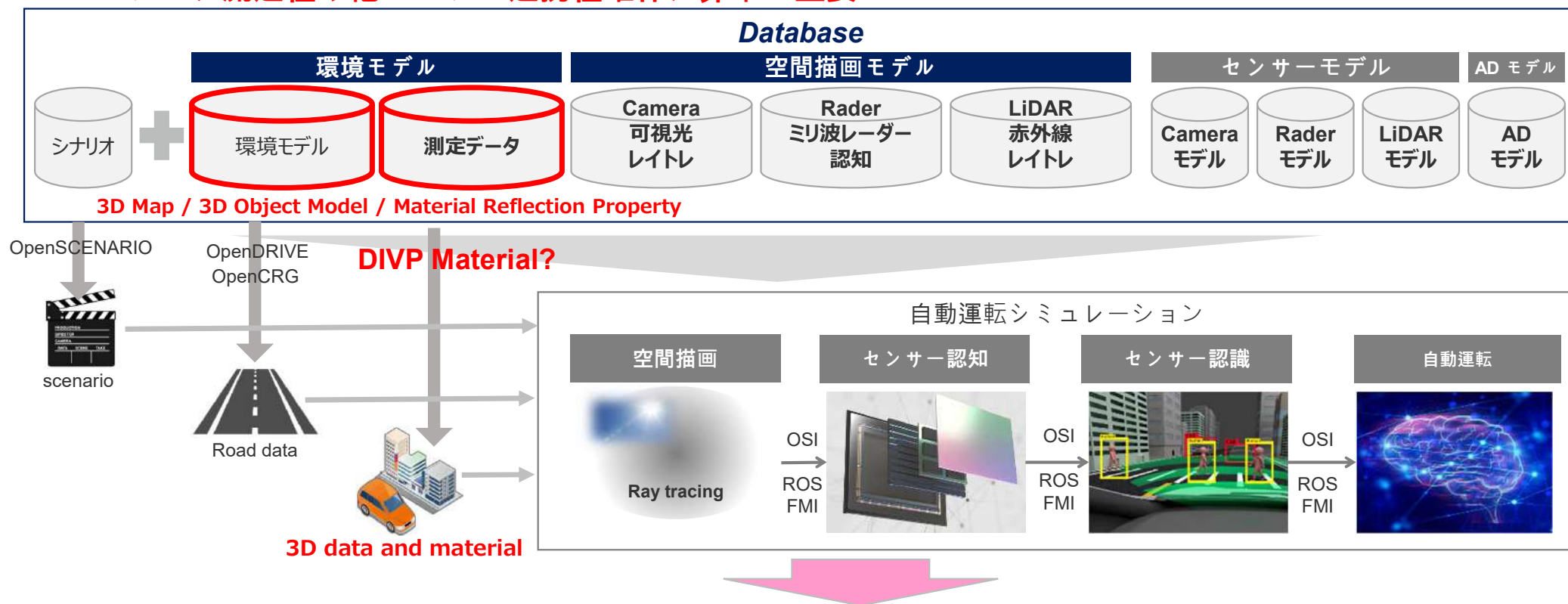
DIVPでは、これら課題を解決する仮想ADS/ADASシステム向け  
新MAP/ASSETデータ「DIVP Material」を設計

## ASAMへの標準化プロジェクト提案

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**



# OpenMATERIAL proposal

## 2 Overview

### 2.1 Motivation

Accurate sensor simulation that can replicate physical phenomena is necessary for safety evaluation of AD/ADAS in virtual space.

However, previous simulations were heavily limited by computational power and available memory, and while they appeared visually believable, they were not physically accurate. As a result, previous simulations were primarily used during the early stages of development, where precise physical modeling was not necessarily required.

With increased computing power and streamlined simulation techniques, virtual testing plays a more powerful role at all stages of system development. This correlates with the growing need to accurately represent the real world in simulations, so-called digital twins, especially as the need for physical sensor simulation increases.

One fundamental step to describing the real world virtually is a full physical description of all objects. This includes their material properties, their geometries, and also other environmental effects. To ensure a focused scope, this project will target material property and geometry definition. Additional initiatives will be necessary to address other aspects needed for the definition of a digital twin.

It is extremely important to standardize the representation of data and attributes, such as scenarios, road data, and ASSET data, necessary for AD/ADAS simulation in order to promote the circulation of these data and to obtain consistent results among different systems.

Here, road data is the geometry data of objects such as roads, lanes, and road markers on roads. ASSET data is 3D geometric shape data of road surfaces, surrounding structures, and traffic participants such as vehicles.

Standardization activities have been conducted for scenarios and road data using OpenSCENARIO, OpenDRIVE, OpenCRG, and other standards. It is also necessary to advance standardization for ASSET data and their attribute data.

Therefore, we propose "OpenMATERIAL" which retains various information required for AD/ADAS simulation.

## 3 Technical content

This chapter provides an overview of the proposed OpenMATERIAL data structure.

### 3.1 Data contents

To achieve the goal of obtaining consistent test results among all stages of AD/ADAS simulation (rendering, sensor simulation, autonomous driving, and result validation) and across different systems, OpenMATERIAL aims to standardize data structure for ASSET. Therefore, it is necessary to include not only 3D data and accompanying material characteristic information but also information relevant to AD/ADAS simulation related to the ASSET in the structure.

As examples of data types to include in this structure, the following are listed.

- 3D Shape data  
3D geometric information such as polygons and basic animation information such as bones.
- Material parameters  
Material properties data associated with 3D shapes.
- Parts behavior information  
Behavior information of parts in ASSET.
- Part semantic information  
Semantic information of ASSET components.
- Data description information  
Data feature information.

"Part semantic information" refers to the metadata of the elements within the file. This metadata includes various attributes of the components, such as the part type, coordinates, orientation, and color. This enables the system to read the

### 3.2 Data Structure

Among the contents data mentioned above, "material parameters," are likely to include data obtained by measuring physical phenomena for the purpose of conducting physical simulations. Generally, such measurement data consists of tables of tens of thousands of rows and it is not practical to include all material measurement data in a single ASSET data file from a maintainability and data size perspective. The same applies to 3D shape data, and by adopting a separate file structure, it becomes possible to share data among multiple ASSET data files. In OpenMATERIAL, it is also possible to separate 3D shape data and associated material property data into a separate file structure from the ASSET file.

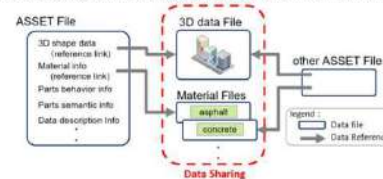


Fig1: Data Structure.

### 3.3 3D data structure and associating with material data.

As mentioned earlier, in OpenMATERIAL, it is possible to separate ASSET files and 3D shape files. In that case, we do not specify the format of the 3D shape file. The format must be a general scene graph structure where each node that becomes a hierarchical structure has a node name and information such as material name and UV information can be added to those nodes.

Material characteristic data needs to be associated with the target 3D model. If 3D shape data files and material data files are separated from the ASSET data in the manner shown in Figure 1, within the ASSET data file, the 3D shape data and material data will only be in the form of link information to external files. In this case, the association between the 3D shape and material information can only be done by linking the material name set in the 3D shape and the material name declared in the material data.

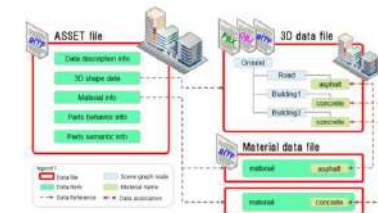


Fig2: 3D data structure and associating with material data

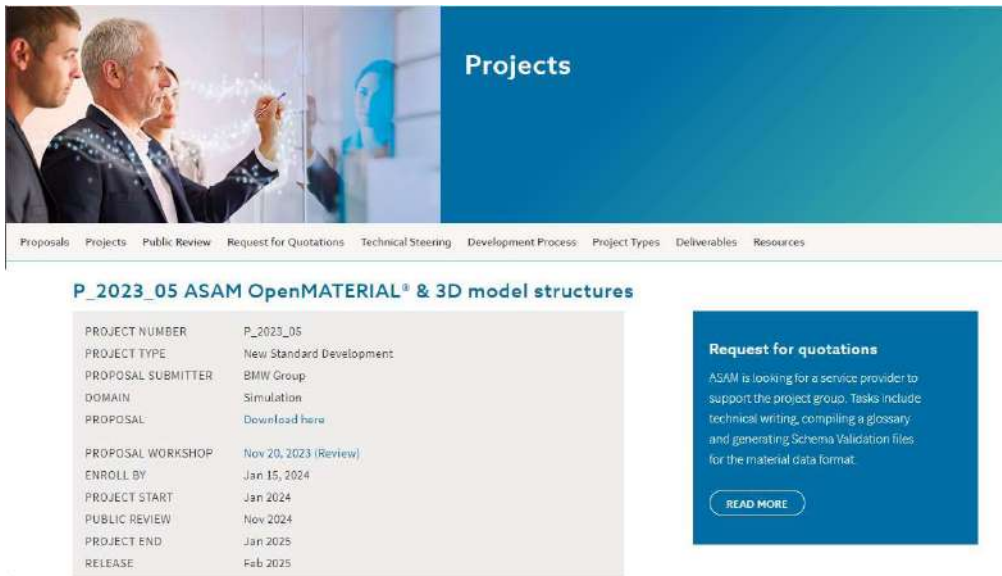
## DIVP Materialを基に以下の内容を提案

- ・ センサーシミュレーションを可能にする、詳細な属性保持（各波長毎の反射・屈折属性等）。
- ・ データ利用性向上の為、データ内容説明情報や、その他仮想ADS/ADASで必要な情報も格納。
- ・ 3D形状ファイルとマテリアルファイルは別ファイル構成が可能。
- ・ 3D形状は、FBX等の一般形式も利用と可能。
- ・ 3D形状とマテリアルは、マテリアル名を介した紐づけを基本とする。

2023年12月に proposal が採択され、  
2024年2月から標準化プロジェクトを OpenMATERIAL が開始された。



# ASAM OpenMATERIAL



The screenshot shows the ASAM OpenMATERIAL website interface. At the top, there's a navigation bar with links: Proposals, Projects, Public Review, Request for Quotations, Technical Steering, Development Process, Project Types, Deliverables, and Resources. The main header area features a large image of people in a meeting and the word "Projects". Below this, the specific project title "P\_2023\_05 ASAM OpenMATERIAL® & 3D model structures" is displayed. A table lists project details, and a blue box on the right contains a "Request for quotations" section with a "READ MORE" button.

| PROJECT NUMBER     | P_2023_05                |
|--------------------|--------------------------|
| PROJECT TYPE       | New Standard Development |
| PROPOSAL SUBMITTER | BMW Group                |
| DOMAIN             | Simulation               |
| PROPOSAL           | Download here            |
| 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。

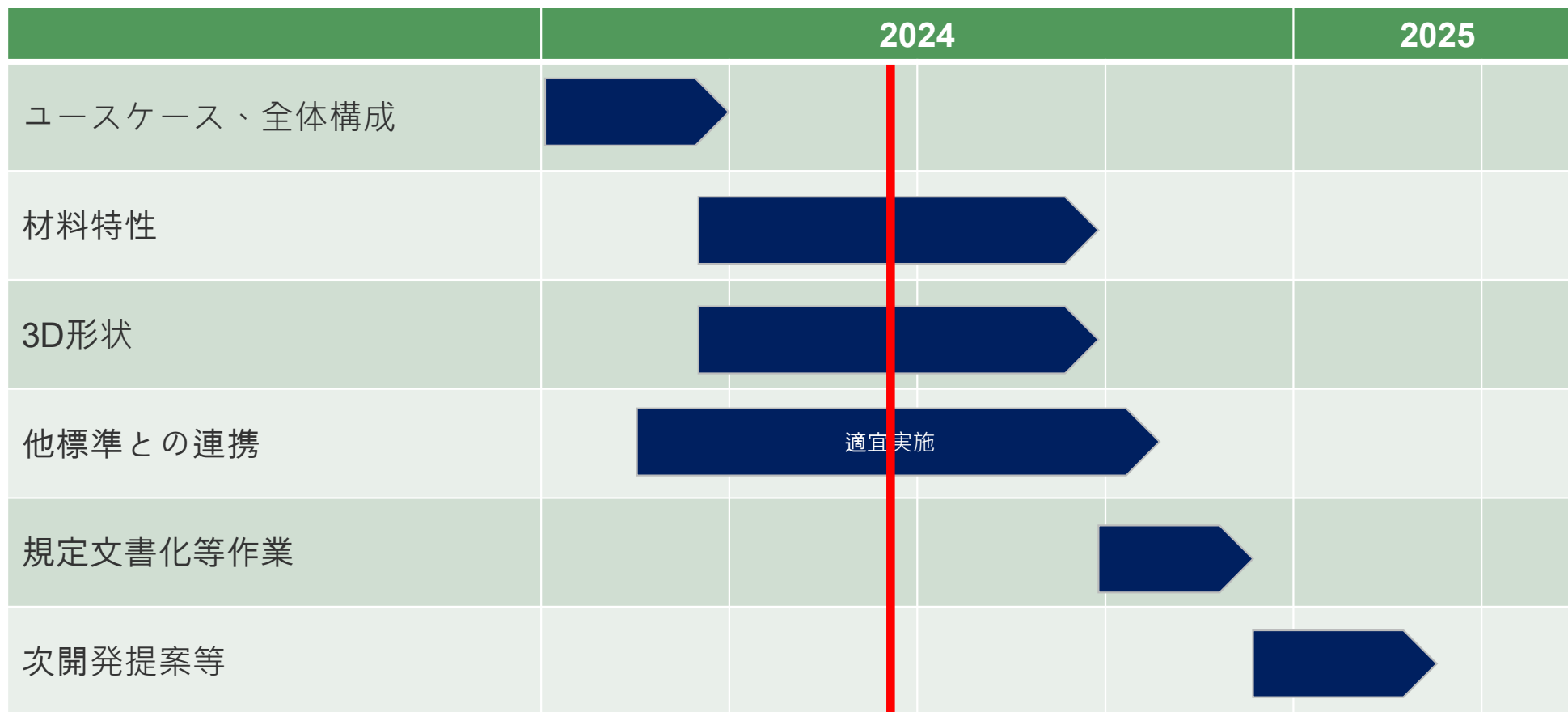
## 参加企業/団体 (2024.05.27現在10ヵ国25社70名)

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

Kanagawa Institute of Technology  
Mitsubishi Precision Company  
Persival GmbH  
PilotD Automotive (Shanghai) Co., Ltd.  
rFpro Limited  
RWTH Aachen (MMI)  
Shanghai Jiao Tong University  
Shanghai Waylancer Automotive Technology Co.  
TrianGraphics GmbH  
Virtual Vehicle - Das virtuelle Fahrzeug Forschungsgesellschaft GmbH  
Volvo Group India Private Limited  
WMG, University of Warwick

出所：ASAM OpenMATERIAL

## ASAM OpenMATERIAL

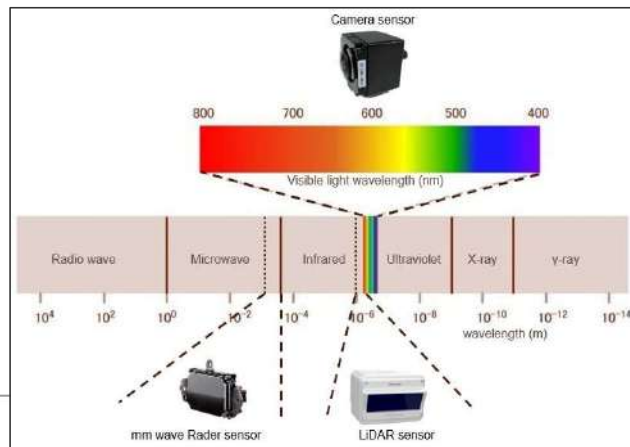


出所：ASAM OpenMATERIAL

6/25

# OpenMATERIAL 検討状況

Material会議の中では、改めてOpenMATERIALに対するDIVPの考えを説明



## 2 Overview

### 2.1 Motivation

Accurate sensor simulation that can replicate physical phenomena is necessary for safety evaluation of AD/ADAS in virtual space. However, previous simulations were heavily limited by computational power and available memory, and while they appeared visually believable, they were not physically accurate. As a result, previous simulations were primarily used during the early stages of development, where precise physical modeling was not necessarily required.

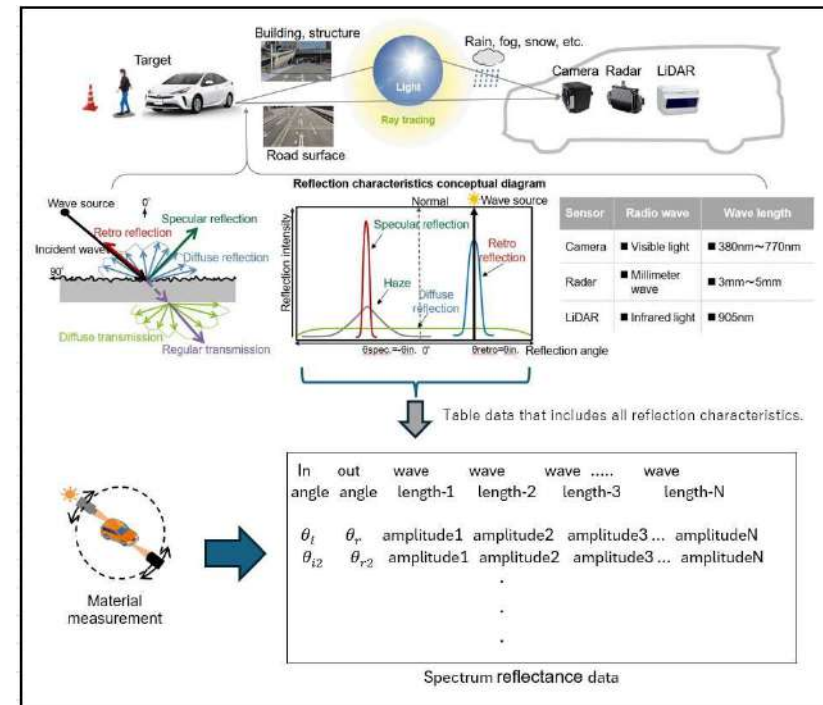
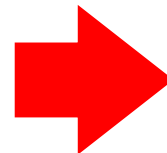
With increased computing power and streamlined simulation techniques, virtual testing plays a more powerful role at all stages of system development. This correlates with the growing need to accurately represent the real world in simulations, so-called digital twins, especially as the need for physical sensor simulation increases.

One fundamental step to describing the real world virtually is a full physical description of all objects. This includes their material properties, their geometries, and also other environmental effects. To ensure a focused scope, this project will target material property and geometry definition. Additional initiatives will be necessary to address other aspects needed for the definition of a digital twin.

It is extremely important to standardize the representation of data and attributes, such as scenario, road data, and ASSET data, necessary for AD/ADAS simulation in order to promote the circulation of these data and to obtain consistent results among different systems.

Here, road data is the geometry data of objects such as roads, lanes, and road markers on roads. ASSET data is 3D geometric shape data of road surfaces, surrounding structures, and traffic participants such as vehicles. Standardization activities have been conducted for scenarios and road data using OpenSCENARIO, OpenDRIVE, OpenCRG, and other standards. It is also necessary to advance standardization for ASSET data and their attribute data.

Therefore, we propose "OpenMATERIAL", an ASSET data format (or formats) that retains various information required for AD/ADAS simulation.



proposalにも記載したとおり、精緻なセンサーシミュレーションを実現する為には、測定データを基にした波長毎反射・屈折属性が必要である。

# OpenMATERIAL 検討状況

## 基本構造

単位：メートル

座標系：ISO 8855(右手系)

拡張子：Asset File→xoma、Geometry→xmog

ファイルフォーマット：json

基本保持情報：

- 全体共通メタデータ
- 3D形状データ (外部参照含む)
- マテリアル情報 (外部参照含む)
- その他  
(品質/セマンティック/アニメーション/マテリアル構造)など

## ファイル全体保持情報 (Metadata)

格納候補として出ているのは、以下の通り。

- 「著作者情報」「作成・更新日時」「データID (Universal-ID)」「OpenMATERIALバージョン」
- 「データ検索用タグ」「データ一般名称」「データ内容説明情報」「データバージョン」
- 「対応センサー情報」
- 「作成元S/W情報」
- 「品質情報(データサイズ情報、メッシュ/テクスチャ解像度、簡易解析向き/詳細解析向き、etc..)」
- 「データ種別 (シーン / 単一OBJ / アニメーション / Materialのみ、etc...)」
- 「著作権情報 (ライセンスタイプ(CCO,GPL,etc...)等)」
- 「3Dデータ階層等の対応情報」

# OpenMATERIAL 検討状況

## 「3D形状」 サブグループ状況

基本となる3D形状の構造規定を議論中。  
規定対象となる標準物標は「車、歩行者、路面、樹木、動物 など」  
その他、「LOD」や「Instance」等の処理効率向上対応等も議論予定。  
サポート対象の3Dデータフォーマットは、「glTF」「FBX」「USD」

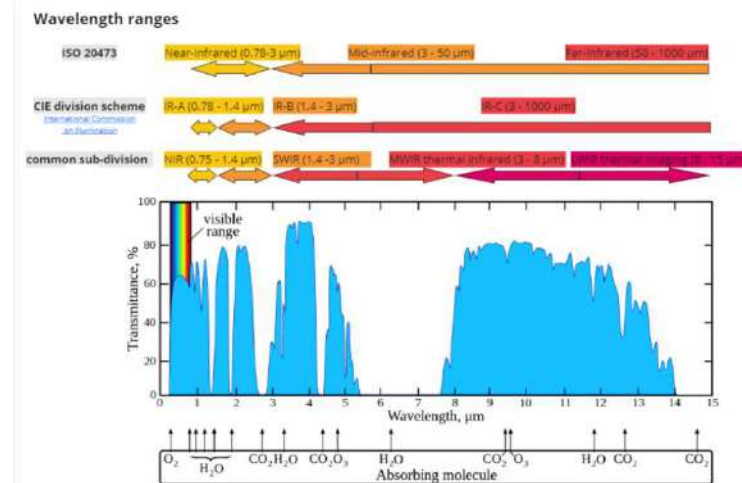
以下に関しては、後での検討とする。  
「Displacement/Normal/Bumpマップ」  
「Texel Density」「特別なUV座標考慮」  
「推奨3Dモデリング手順」

検討中の3D形状基本構造

```
-----Floor
|-----Grp_Vehicle_Part_<keyword>_<vehicle_part_idx> (T)
|-----Grp_Exterior
| |-----Grp_Exterior_Static
| |-----Grp_Exterior_Dynamic
| | |-----Grp_Wheel_<axle_idx>_<wheel_idx> (T)
| | | |-----Grp_Wheel_<axle_idx>_<wheel_idx>_Steering
| | | |-----Grp_Wheel_<axle_idx>_<wheel_idx>_Steering_Rotating (T)
| | |-----Grp_Door_Front_<door_front_idx> (T)
| | |-----Grp_Door_Left_<door_left_idx> (T)
| |-----Grp_Light_Day_Left_<day_left_idx> (T)
| |-----Grp_Light_Day_Right_<day_right_idx> (T)
| |-----Grp_Light_Low_Beam_Left_<low_beam_left_idx> (T)
| |-----Grp_Light_Low_Beam_Right_<low_beam_right_idx> (T)
| |-----Grp_Light_High_Beam_Left_<high_beam_left_idx> (T)
| |-----Grp_Light_High_Beam_Right_<high_beam_right_idx> (T)
|-----
```

## 「材料特性」 サブグループ状況

現在、格納するマテリアルを議論中。格納候補として出ているのは、  
「BaseColor(RGBA)」「Reflectivity」「Roughness」「Metallic/Specular」  
「Albedo Map」「Normal Map」  
「Spectral BRDF/BTDF ( LookupTable ) 」  
「Measurement Reflectivity」「Permittivity」「Permeability」  
など。  
マテリアルの階層構造に関しても、色々な案が出ている。  
その他、温度 / 赤外線 / 超音波センサーのパラメータも検討中。  
また、他標準/規格 (ISO/MDL)の考慮も必要との意見も出ている。



OpenMATERIALではPhase2以降としている光源情報もDIVP Materialでは格納対象。  
DIVPは今後も積極的な提案を継続して参ります。

# ASAM OpenMATERIAL

皆様も是非ご参加ください

OpenMATERIAL サイト



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

OpenMATERIAL proposal



[https://www.asam.net/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=7965  
&token=e8652f9e5fbd81240416d83806b273f606c163bd](https://www.asam.net/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=7965&token=e8652f9e5fbd81240416d83806b273f606c163bd)





*Thank you for your kind attention!*

*Tokyo Odaiba → Virtual Community Ground*

**END**

