

# 自動運転安全性評価合同推進 T F の概要

自動車工業会 A D 安全性評価分科会  
谷口悟史

2021年12月6日

# 日本における安全性評価推進体制

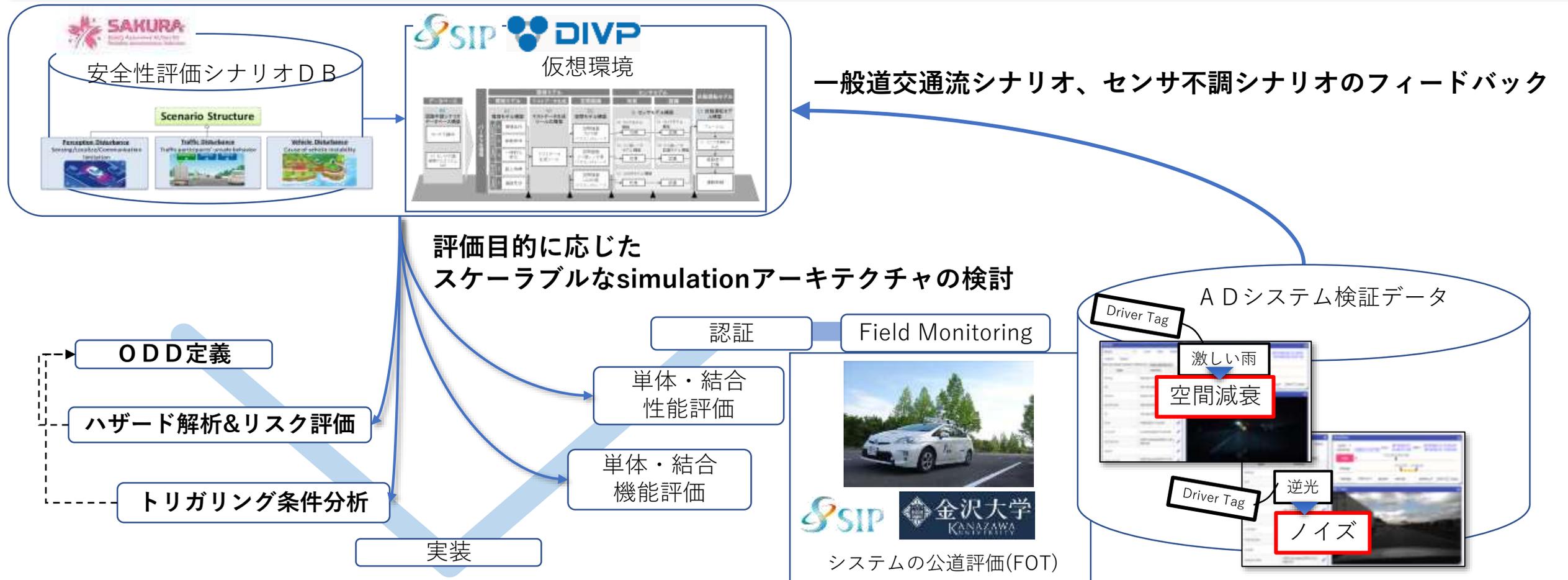


## ◆シナリオDBと仮想環境の実用化加速

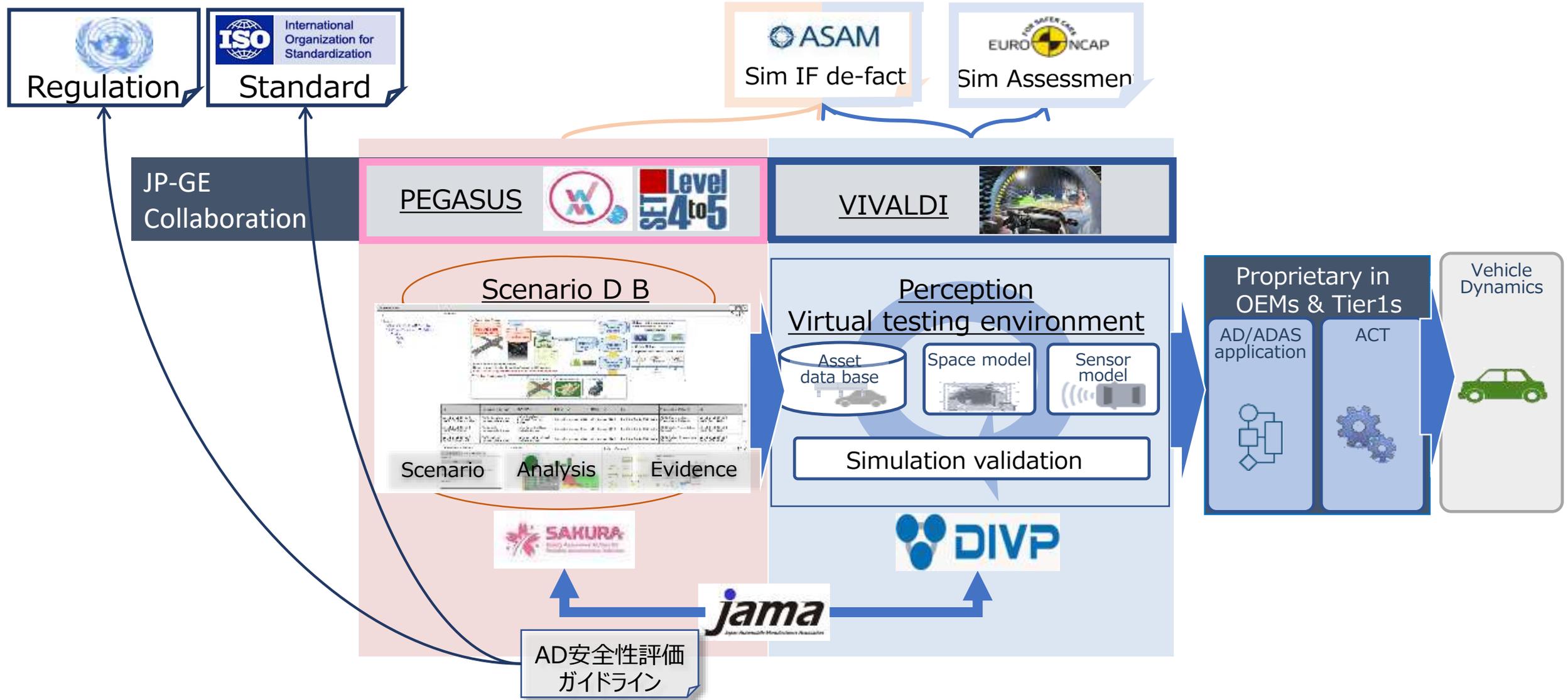
シナリオDBと仮想環境を結合し実際のシステム開発に適用し、実用化を加速。

## ◆一般道MaaS安全性保障技術の拡張

シナリオDB/仮想環境CIのシステム適用、実証実験DB活用（シナリオ十分性検証）

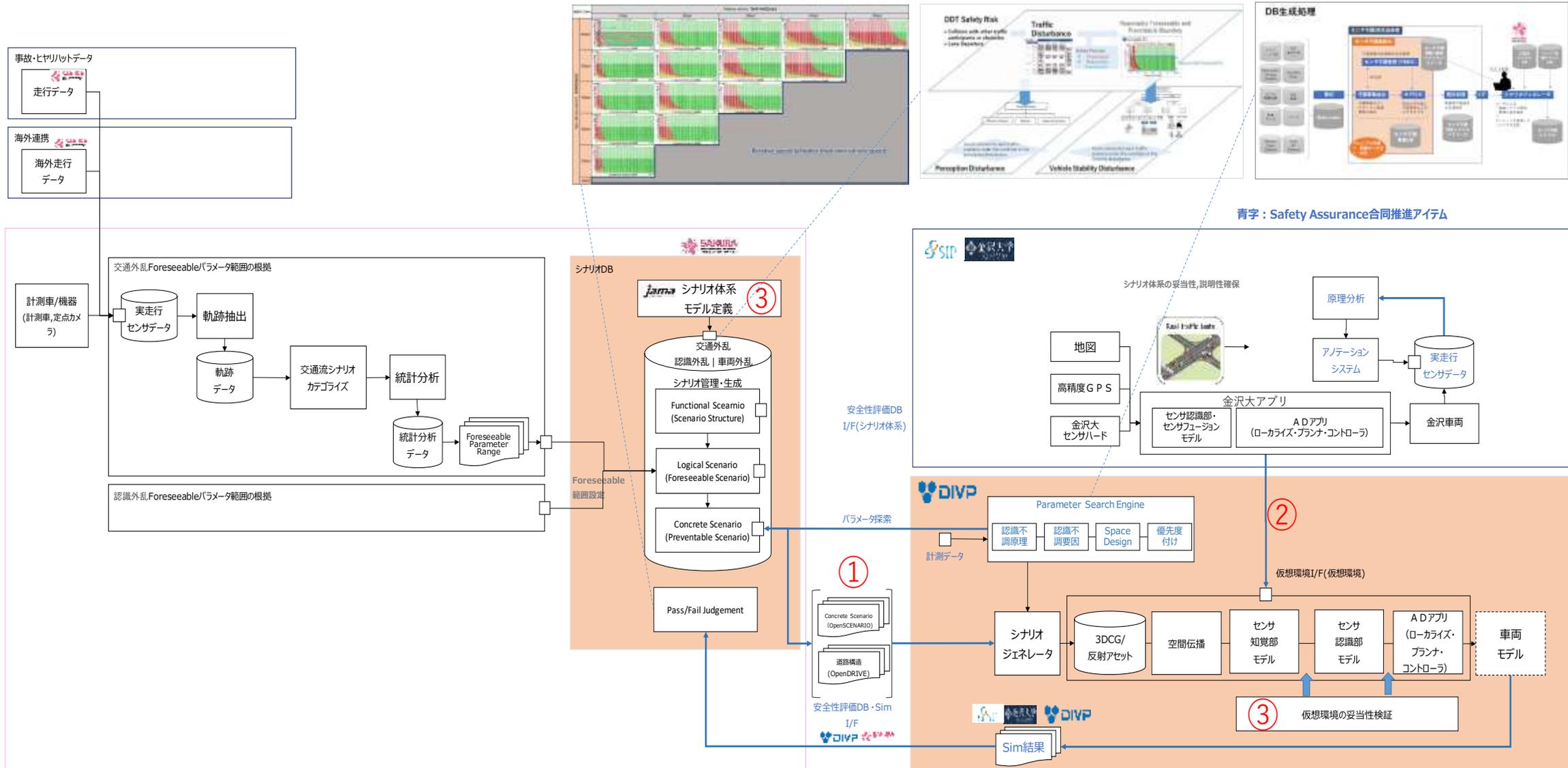


- ✓ 国際連携を通じてシミュレーションIF, 安全性評価体系の標準化を目指す。
- ✓ UN、NCAP等の動向に応じた活動計画を立案、国内外へフィードバック。



# 安全性評価基盤TFの全体アーキテクチャ

実務間での集中検討を行い、全体アーキテクチャを整理  
 ⇒ 3つの活動トピックに分けてチームを組成



3つのチーム毎に活動OP、成果物イメージを作成

## チーム

## 活動OP

## 成果物イメージ

	チーム	狙い	メンバ(下線がリーダー)
①	Sim-シナリオIFチーム	標準シナリオフォーマット定義	SAKURA(CV, JARI), DIVP(三菱プレジジョン, SOLIZE), JAMA, SIP(金沢大学)
		自動実行環境の構築 (CI環境)	
②	Sim要件・アーキ検討チーム	ユーザ要件定義 (オープン・クローズ、リアルタイム未満・以上それぞれの用途・活用方法整理)	DIVP, SIP(金沢大学), SAKURA(JARI, CV) JAMA(OEM・サプライヤ有志)
		アプリとの結合IF・API構築	
③	シナリオ・モデル検討チーム	アセット・不調モデル要件定義	DIVP, JAMA, SAURA(JARI)
		妥当性検証 (評価基準/手法、データ計測/解析)	

2021年度			
4-6月	7-9月	10-12月	1-3月
安全性評価基盤合同推進委員会#1▲	安全性評価基盤合同推進委員会#2▲	安全性評価基盤合同推進委員会#3▲	安全性評価基盤合同推進委員会#4▲
	ALKS評価基盤プロト (認識部は真値)	SIP-adus2021▲ SIP臨海部実証実験デモ▲	ADAS性能評価基盤プロト (優先10シナリオ ※右図)▲
①-1.交通流データフォーマット統一	①-2.交通外乱評価CI (認識は真値)	①-3.認識外乱On性能評価データフォーマット統一	①-4.認識On性能評価CI
②-1.認識部真値ベースの結合アーキテクチャ定義 (closed sim)	②-2.認識部は真値として金沢大システムと結合	②-3.システムとの標準結合アーキテクチャ定義	
③-1. ALKS交通外乱Sim結果/付定義	③-2. CI環境上でのUI要件定義	③-一般通向け機能評価観点含むUI改善	
On性能アセット要件定義 (雨、特殊車両・歩行者、等)	基本シナリオアセット構築 お台場アセット構築	On性能評価アセット構築1	On性能評価アセット構築2
On評価指標・プロセス定義	基本シナリオ一致性検証	On性能シナリオ一致性検証1 (優先10項目の不調要因一致性確認)	On性能シナリオ一致性検証2 (優先10認識境界要因の一致性確認)

The deliverables section contains several images illustrating the project's outputs:

- Flowcharts:** Diagrams showing the integration of various systems and data flows, such as the connection between simulation environments and external systems.
- Data Tables:** Screenshots of spreadsheets or databases containing simulation parameters, results, and configuration details.
- UI Mockups:** Visual representations of the user interfaces for the simulation and evaluation tools, including control panels and data visualization elements.
- Architecture Diagrams:** High-level diagrams showing the overall system architecture and the roles of different components.

# 【自工会要望】 仮想評価実用化に向けた優先代表シナリオ

予防安全分科会のADAS系要件とAD安全性評価分科会のAD系要件を踏まえ、以下の通り自工会として仮想環境実用化の優先シナリオを定義。  
⇒DIVPと連携して実用化に向けた妥当性検証手法・基準の検討を推進。

## 2020年度の目標

## 2021年度の目標

### 基本シナリオ：10 シナリオ

#### ◆アセス

- ・ 車両追従
- ・ 車陰歩行者
- ・ 歩行者横断
- ・ 右直、出会い頭
- ・ 歩行者追従
- ・ 自転車/自動二輪追従
- ・ 対向車(Virtual Assess候補)

#### ◆ALKS

- ・ Cut In (隣接車線車両)
- ・ Cut Out (先行車カットアウト後に静止先行車)
- ・ (Deceleration⇒NCAP条件で兼ねる)

#### ◆ALKS拡張

- ・ 自車レーンチェンジ

### 認識限界要因：10要因

#### ◆空間

- ・ 夜間
- ・ 路面・上方・側方の構造物からの反射
- ・ 背景色、ターゲット車のコントラスト
- ・ 光源；自然光源(逆光含む)、人工光源(ヘッドランプ、トンネル出口)
- ・ 雨、雪、霧 (走行中含む白い車との組み合わせ)
- ・ 巻き上げ

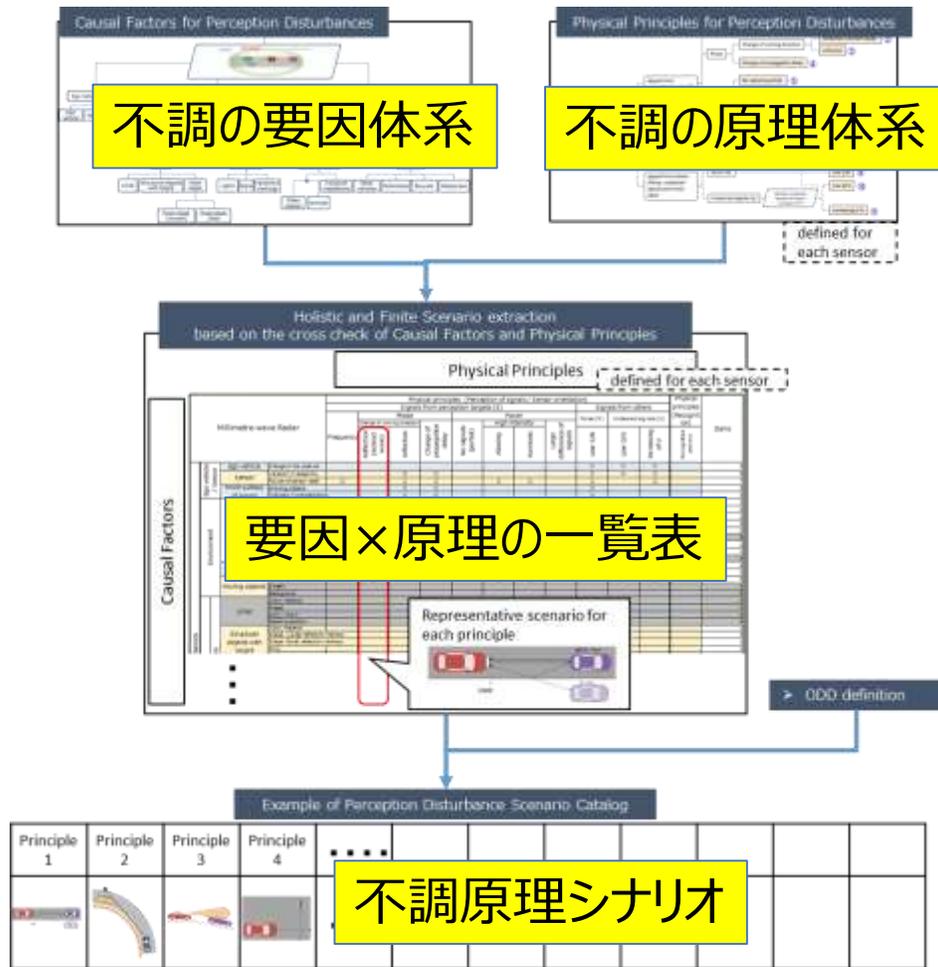
#### ◆物標

- ・ NCAP：、車両、歩行者、自転車、バイク
- ・ 特殊車両 (タンクローリー、ローボイ)

#### ◆センサ表面・搭載 (フロントガラス、エンブレム、等)

- ・ 雪付着、雨滴
- ・ 車両姿勢変化

### <認識外乱シナリオの導出プロセス>

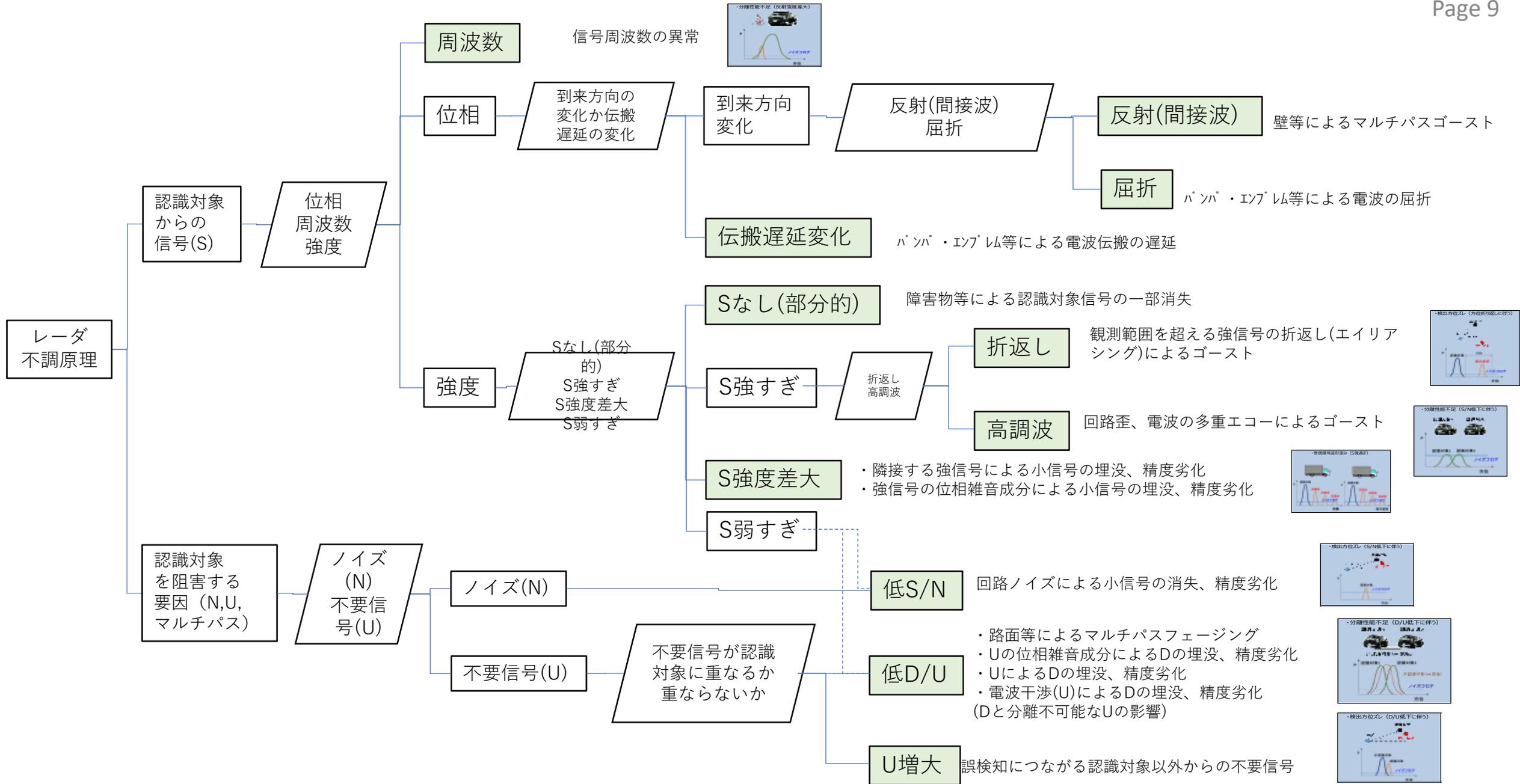


### <仮想環境への要望の検討状況>

認識不調が発生するメカニズムを書き下し、安全性検証に必要な仮想環境への要求を検討中

1. 認識外乱の現象と原理
  - 1.1 認識外乱の現象
  - 1.2 認識外乱の原理
2. 認識外乱の原理と外乱要因との関係
  - 2.1 原理に基づいた外乱要因
  - 2.2 外乱要因パラメータ範囲
  - 2.3 評価シナリオ
3. 仮想環境の妥当性検証

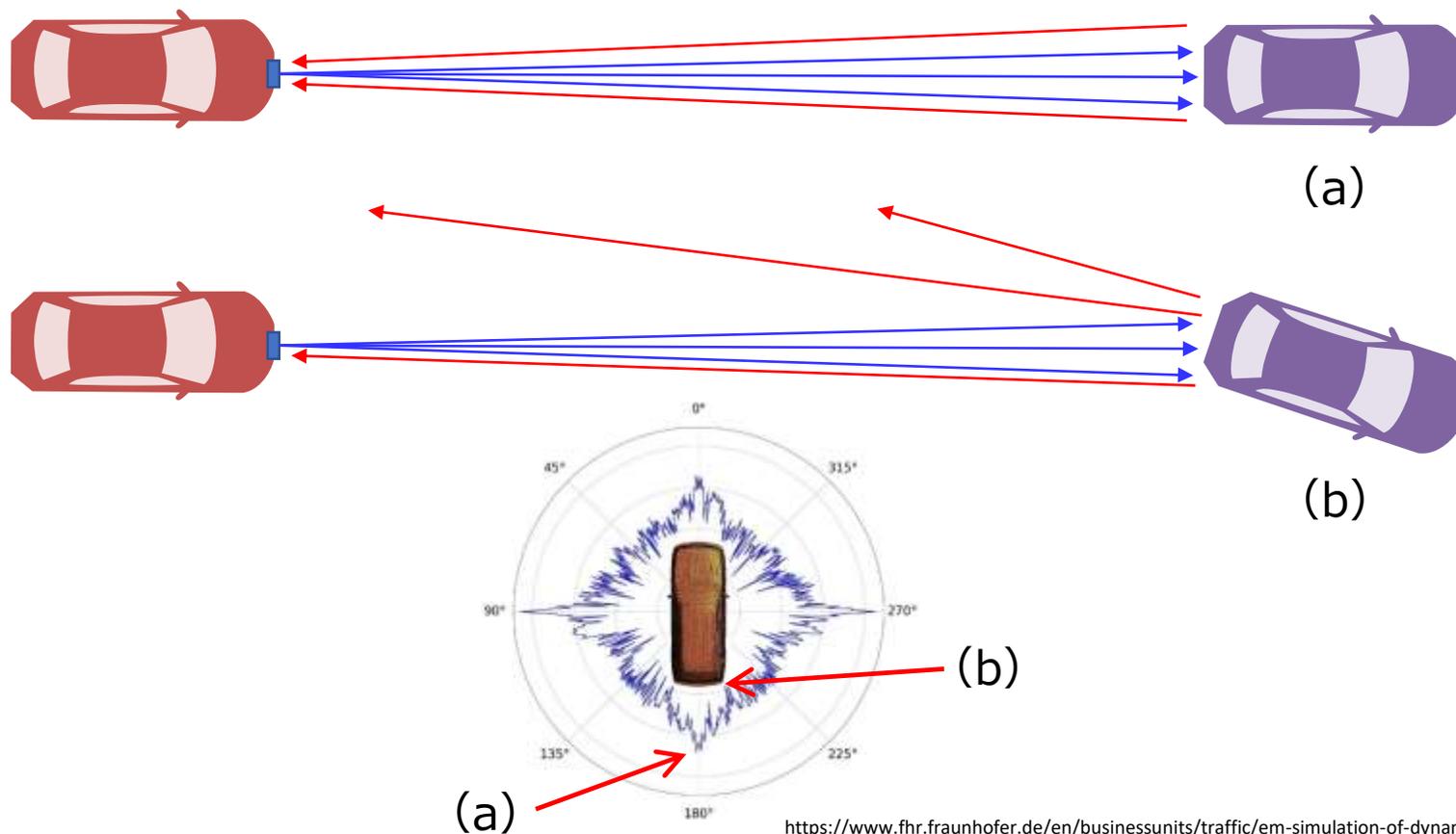
# Radar 不調原理体系



## Radarでの仮想環境の要件・妥当性検証の事例

# 1.1 現象

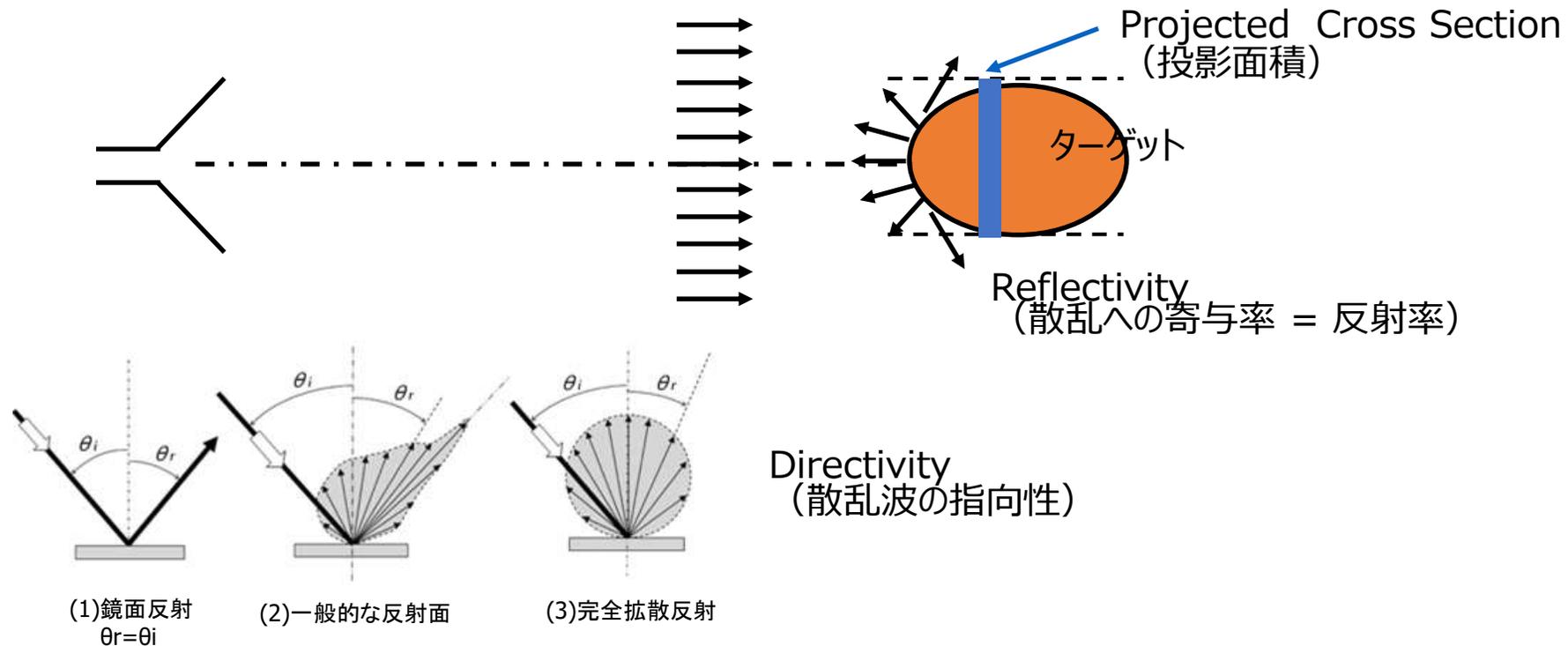
レーダから照射された電磁波は、対象物の投影面積、反射率、面の向きに依存した反射強度の電磁波がレーダの方向に戻ってくる。同一の車両でも、向きが変わることによって反射強度が極めて小さくなり、FOV内であっても車両が検出できなくなる場合がある。



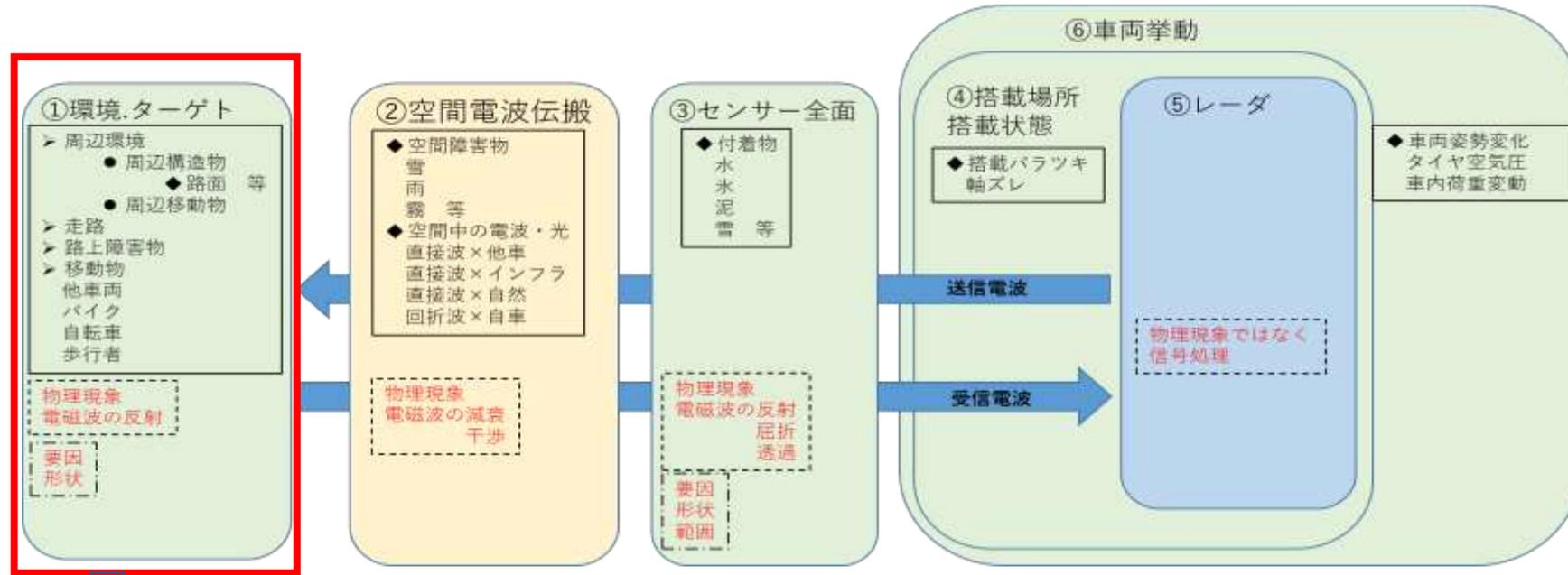
## 1.2 原理

対象物からの反射強度を表す指標としてレーダ反射断面積 ( $\sigma$ ) がある。  
 $\sigma$ は、(a)対象物の投影面積、(b)散乱への寄与率、(c)散乱波の指向性の積で表すことができ、同じ材質の物体であれば指向性すなわちレーダと対向している箇所ほど反射強度が大きくなる。  
 なお、散乱への寄与率 (= 反射率) は、金属  $\approx 1$ 、 $0 \leq$  非金属  $< 1$  となる。

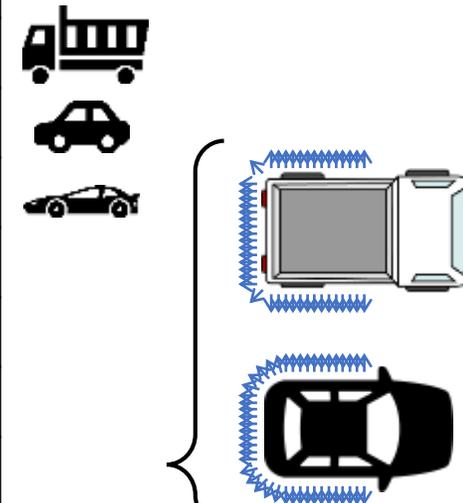
**レーダ反射断面積  $\sigma$  = Projected Cross Section  $\times$  Reflectivity  $\times$  Directivity (m<sup>2</sup>)**



# 2.1 原理に基づく外乱要因



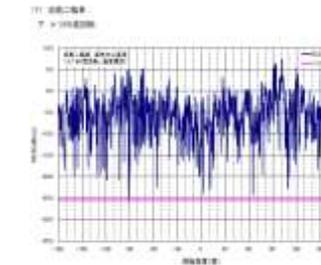
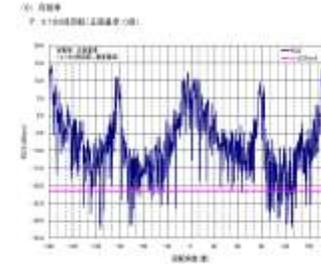
モデル分類	外乱要因		
①環境・ターゲット	認識対象物	(a) 投影面積	大型車
		(b) 散乱への寄与率 (反射率)	普通車
			低背車両
	(c) 散乱波の指向性	金属ボディ	樹脂ボディ
			車両の向き
		車両の形状	



# 2.2 パラメータ範囲

モデル分類	外乱要因		
①環境・ターゲット	認識対象物	(a)投影面積	大型車
			普通車
			低背車両
		(b)散乱への寄与率 (反射率)	金属ボディ
			樹脂ボディ
		(c)散乱波の指向性	車両の向き
車両の形状			

先行研究事例（実測結果）



出典) 車両周辺障害物の電波反射特性に関する調査研究報告書 (H16 JARI)

車両など複雑形状の対象物の場合、投影面積、反射率、指向性が複雑に関係するため、先行研究などから、レーダ反射断面積 ( $\sigma$ ) の大、中、小の各条件を選定



$\sigma$  : 大(a:大 b:大 c:大)



$\sigma$  : 中(a:中 b:中 c:中)



$\sigma$  : 小(a:小 b:小 c:小)

## 2.3 評価シナリオ

- 直線路において、自転車線前方の認識対象物（静止車両）に一定速で接近する。



パラメータ項目	変化／固定	範囲	説明
対象物の種類	変化	・投影面積（大、中、小） ・散乱への寄与率= 反射率 （金属多用、非金属多用） ・散乱波の指向性 （一様、偏りあり）	・面積は大まかに3水準とする ・内部まで全て非金属の車両は無く、 3水準 ・車両の微小部位における法線ベクトル の密度に依存し3水準
対象物の向き	変化	0°~45°	道路線形（カーブR）に準ずる
対象物までの距離	変化	〇〇~△△m	
相対車速	固定	〇〇 kph	

# 3. 仮想環境の妥当性検証 ～概要～

Real

実世界 実車走行 (@ FOT, T/C, Lab)



センサ感知



ADX認識



車両制御

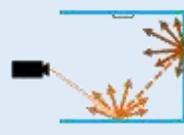


動的シナリオ  
静的シーン

環境・アセット



レイトレーシング  
(幾何光学近似)



センサモデル



認識モデル



車両制御モデル



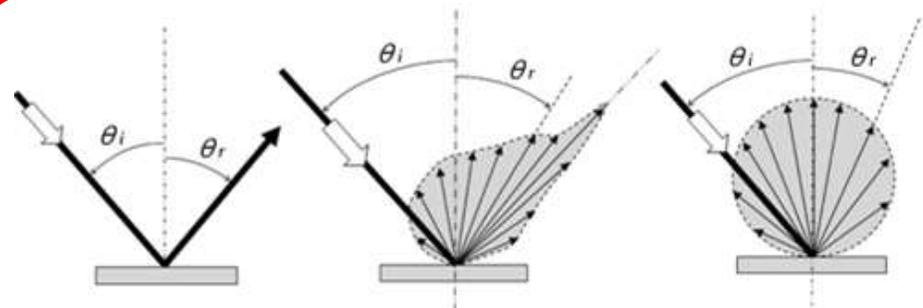
Simulation

①外界

②知覚部

③認識部

④車両制御部



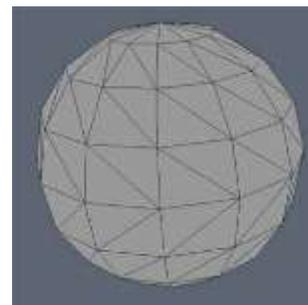
(1)鏡面反射  
 $\theta_r = \theta_i$

(2)一般的な反射面

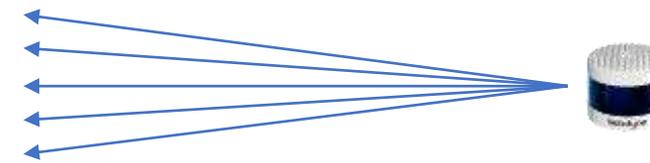
(3)完全拡散反射

※波長に対する表面粗度等に依存

反射特性 (測定により取得)



アセット  
(ポリゴン)



空間伝搬  
(レイトレ)

センサ

## 3. 仮想環境の妥当性検証 ～ノミナル検証項目～

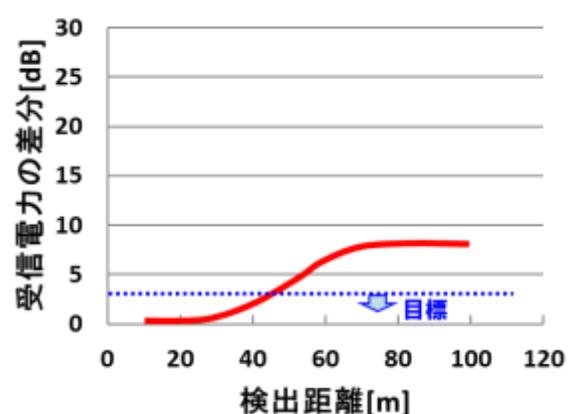
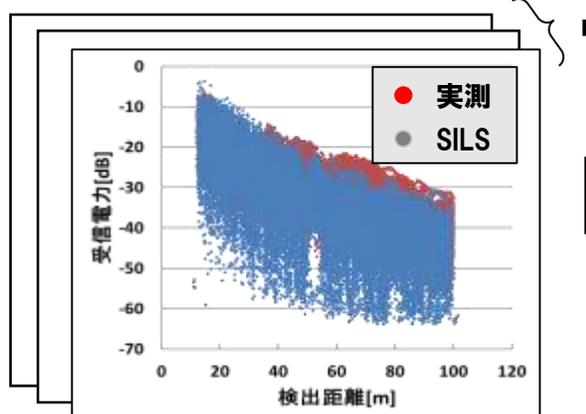
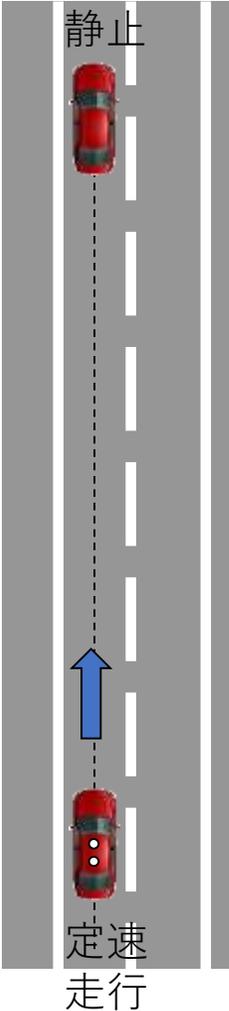
			不調原理							
基準/ 車両	動的/ 静的	検証方法	屈折 バンパ透過	低D/U 上方看板	低D/U 路面反射	低S/N 車両向き	低S/N 雨・霧	...	...	
正常系評価	基準	静的	0-1 距離・方位	○						
	↑	動的	0-2 相対速度							
	↑	↑	0-3 受信電力(自由空間)					○		
	↑	↑	0-4 受信電力 (アスファルト路面)		○	○				
	↑	静的	0-5 分離能							
	車両	↑	1 アセットの妥当性1				○			
	↑	↑	2 アセットの妥当性2							
	↑	動的	3 実評価シナリオ							

# 実評価シナリオ検証

手法： 実機とSILSとで受信電力を比較。

受信電力を上端の包絡線で比較

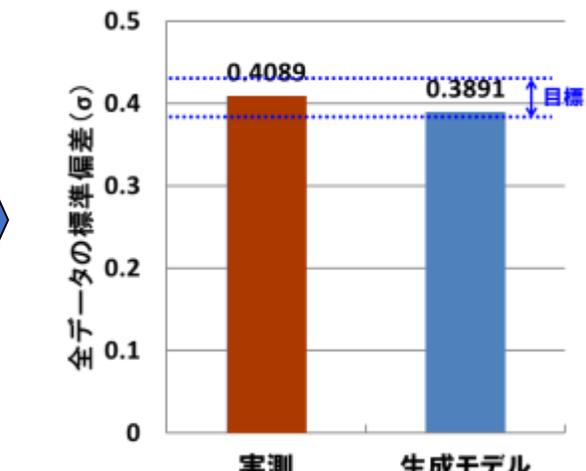
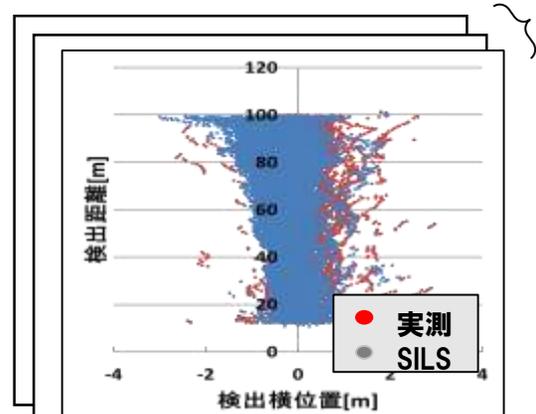
目標： 実測との誤差3dB以下

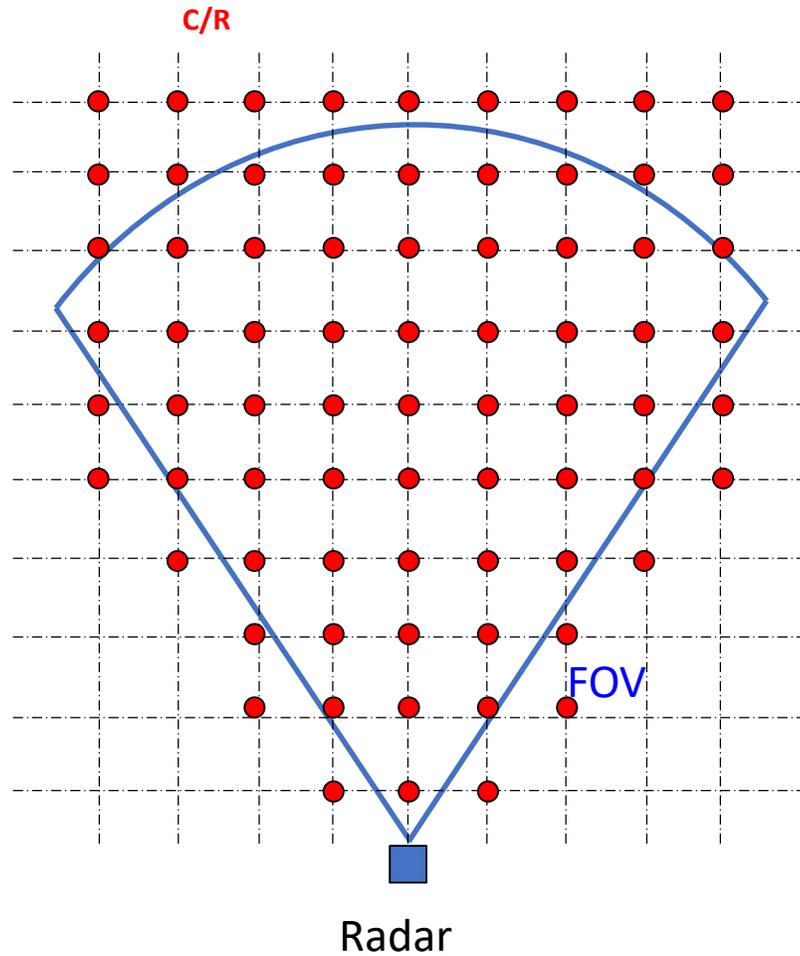


手法： 実機とSILSとで検出距離、検出横位置を比較。

検出位置のバラツキを標準偏差 ( $\sigma$ ) で比較検証

目標： 実測との誤差5%以下



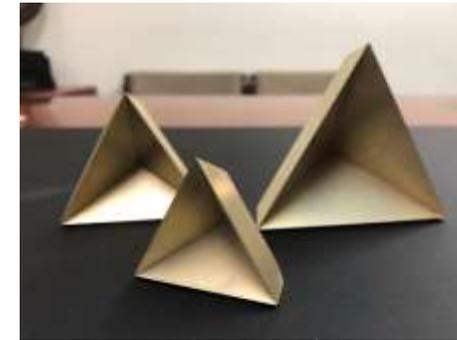


## 手法

- ・ FOV内の各点における基準反射体 (C/R) の検出位置をレーダで取得 (C/Rは1箇所ずつ移動)
- ・ 設置位置 (距離・方位) と検出位置との誤差を評価

## 良品条件の判定基準

- ・ (例) 設置位置との誤差  $\pm 5\%$ 以下



出典) <https://www.everythingrf.com/community/what-is-a-corner-reflector>

## Trihedral Corner Reflector (C/R)

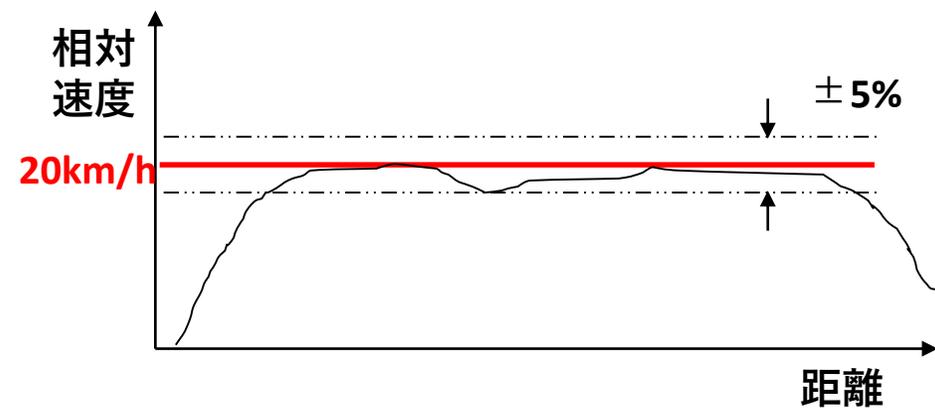
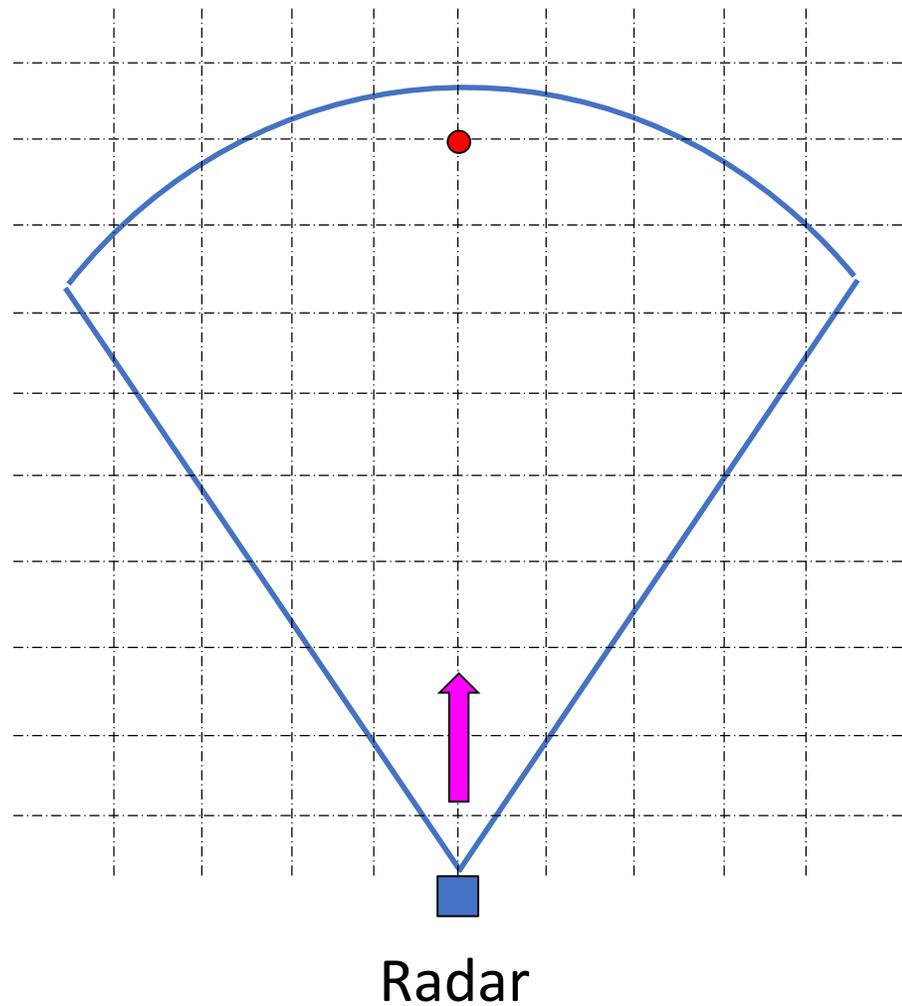
- ・ RCSが既知
- ・ 再帰反射特性

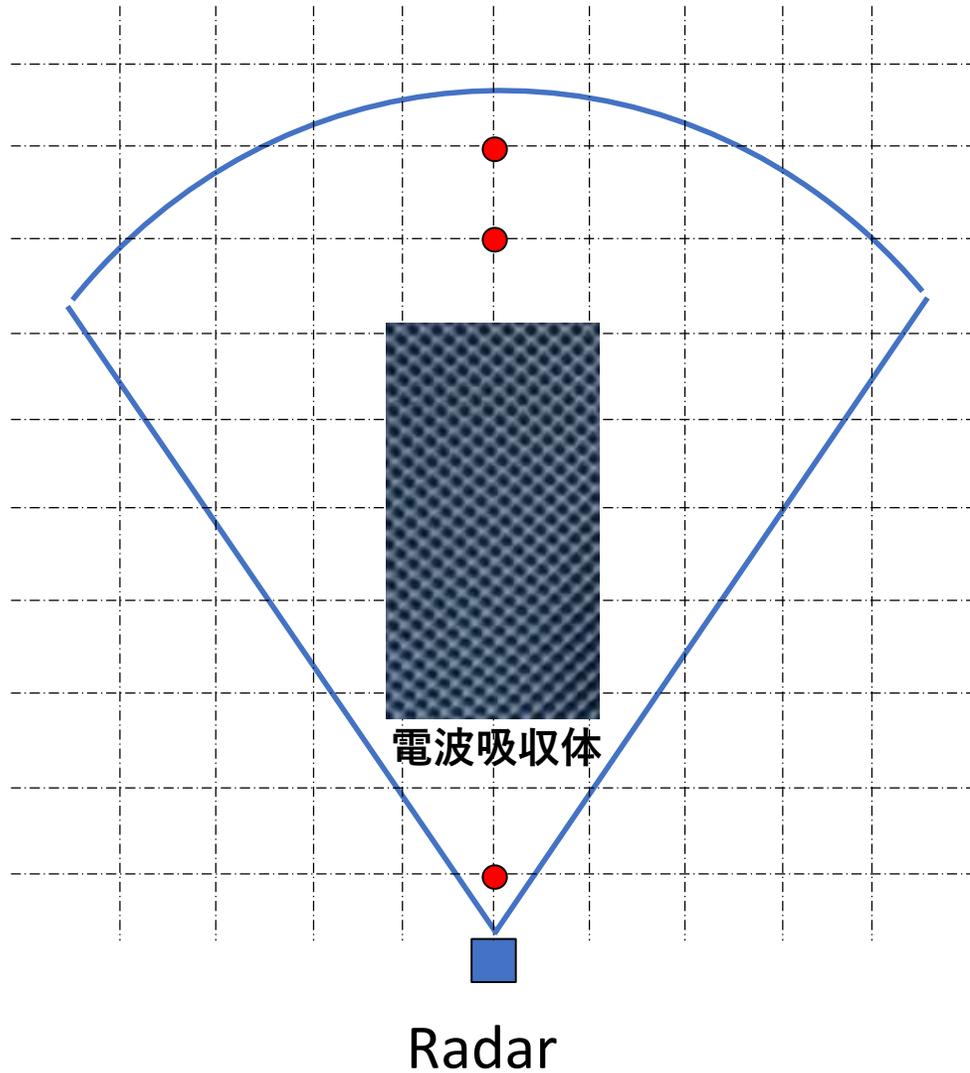
## 手法

- ・ Radar正面にC/Rを設置し、C/Rに向かってRadarを一定速度で移動

## 良品条件の判定基準

- ・ (例) 設置相対速度との誤差 $\pm 5\%$ 以下



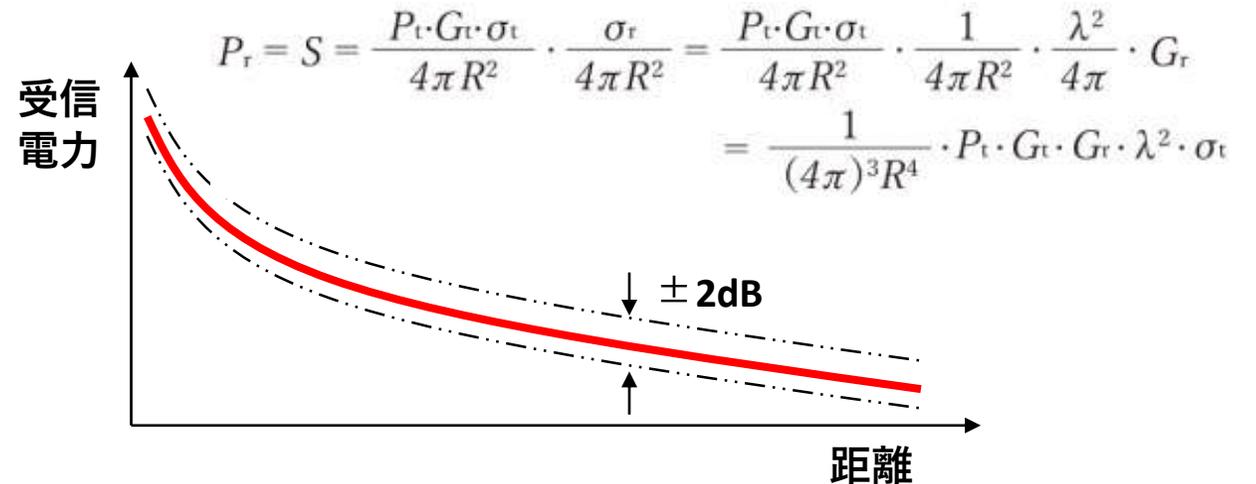


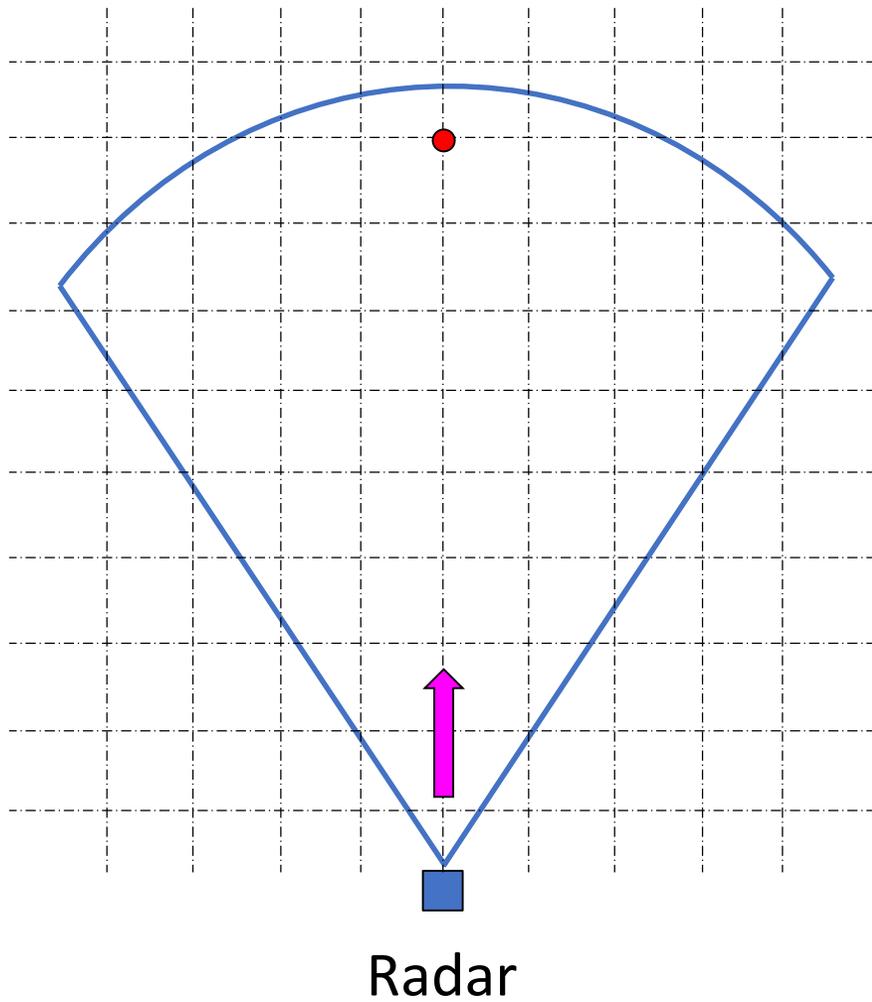
手法

- Radar正面にC/Rを設置し、C/Rの設置距離を変化させた場合の各距離における受信電力を計測  
(路面反射波の影響を除去するため、電波吸収体を路面反射点付近に設置)

良品条件の判定基準

- (例) レーダ方程式での理論値もしくは実験値との誤差 ±2dB以下



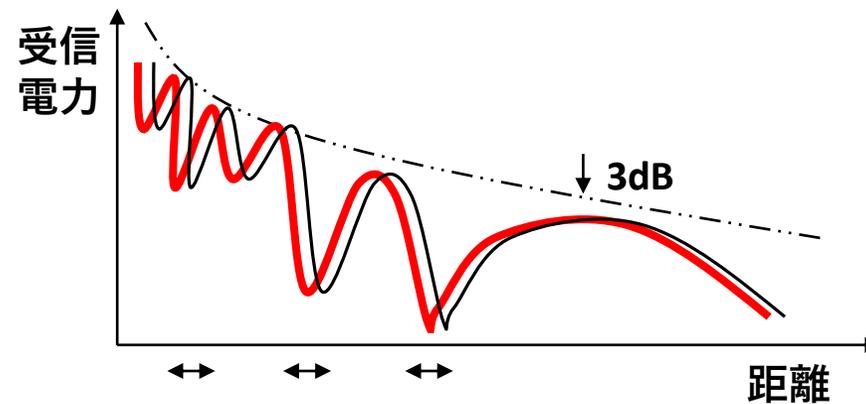


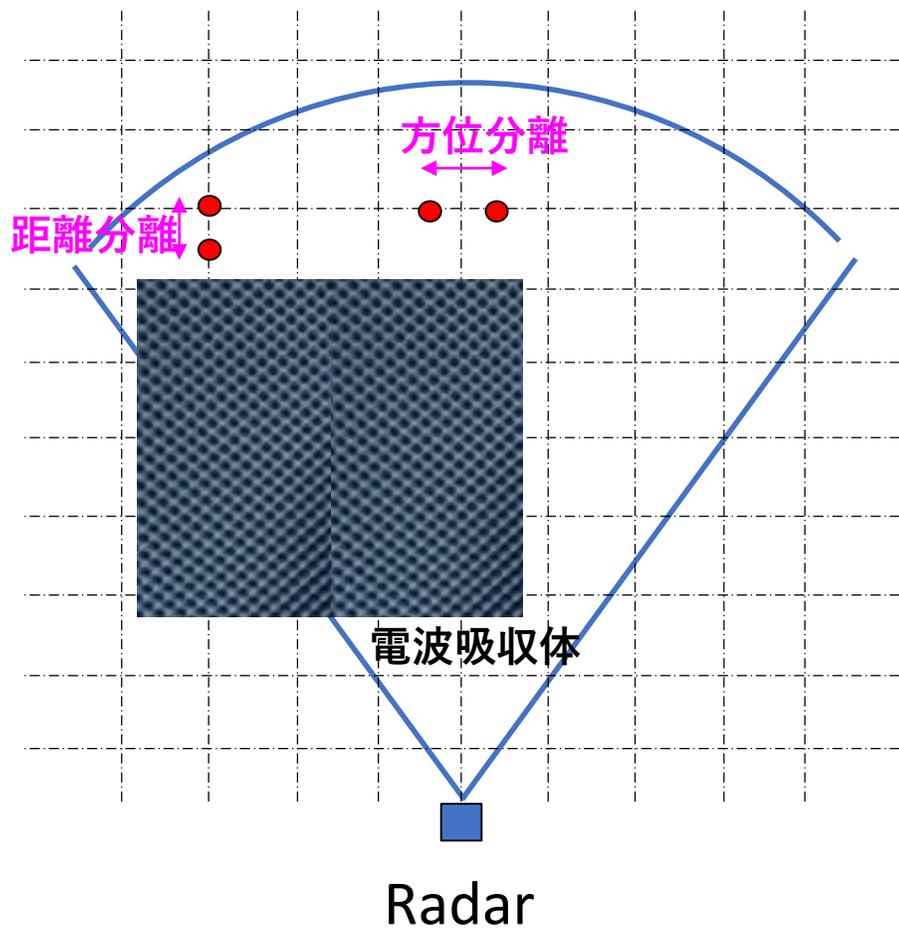
### 手法

- Radar正面にC/Rを設置し、C/Rに向かってRadarを一定速度で移動

### 良品条件の判定基準

- (例) エンベロープの誤差3dB以下
- ノル点の距離誤差±5%以下



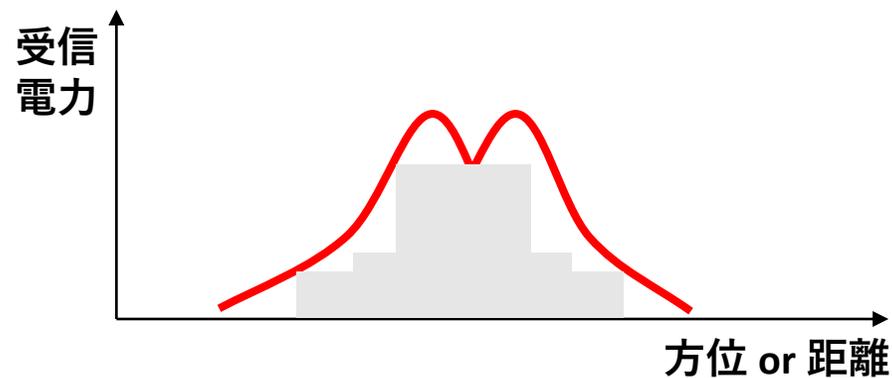


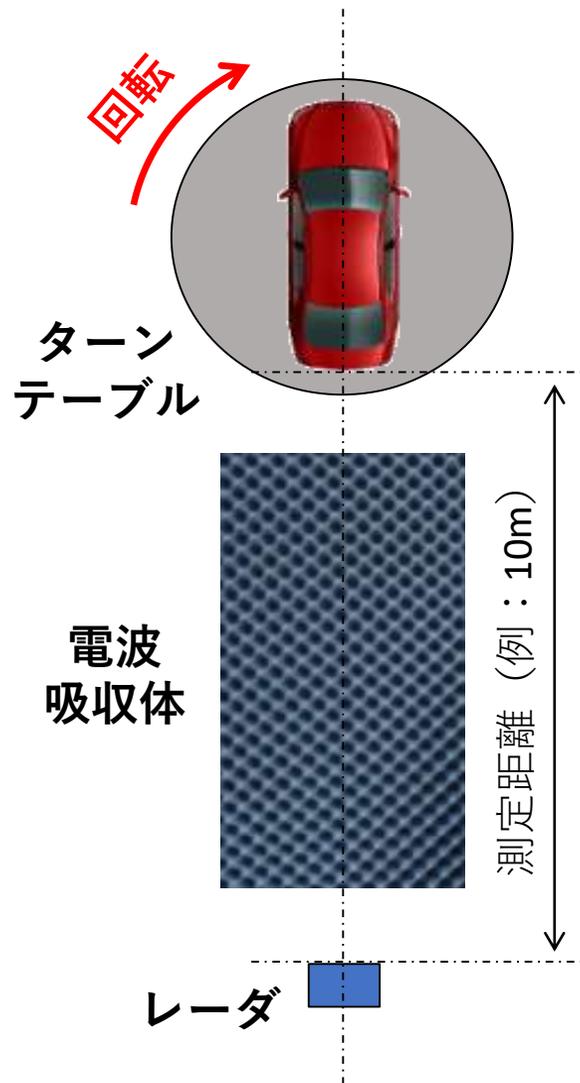
### 手法

- RadarのFOV内に2つのC/R（同一仕様）を距離もしくは方位を近接して設置し、各々の物標の分離能力を検証

### 良品条件の判定基準

- (例) 最小分離角度 (or 距離) 誤差  $\pm 10\%$ 以下



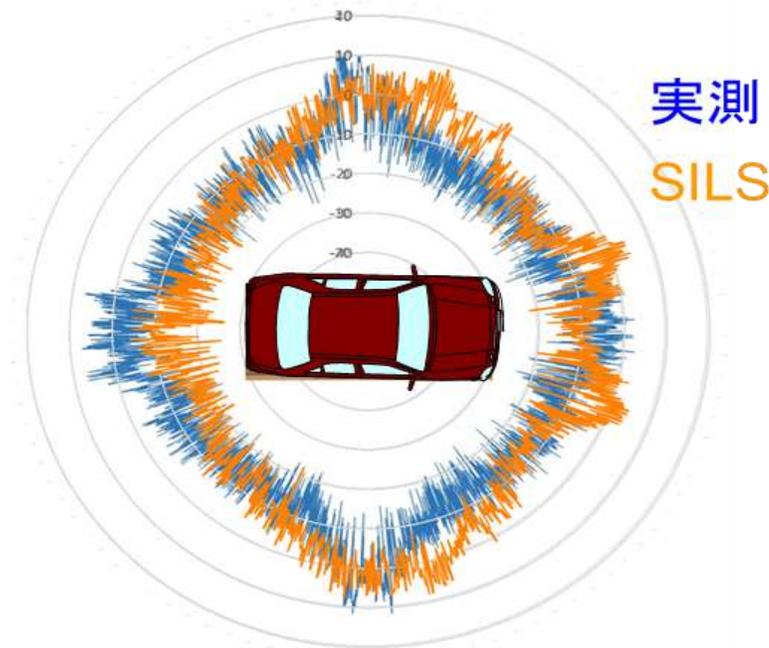
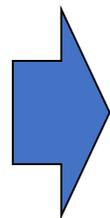


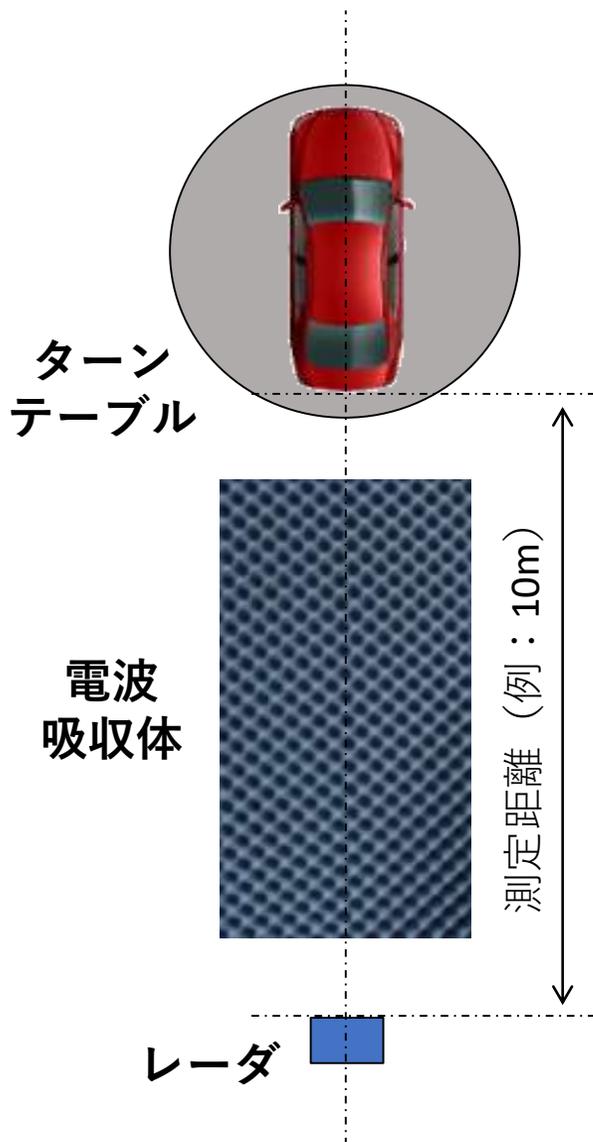
### 手法

- 対象物 (車両) の全周囲からRadarの電磁波を照射し、角度毎の受信電力をプロット。  
実機とSILSとでプロファイルと比較

### 良品条件の判定基準

- (例) 受信電力差5dB以下





### 手法

- 対象物 (車両) のある角度から高分解能Radarの電磁波を照射し、レーダイメージを生成。  
実機とSILSとでレーダイメージを比較。

### 良品条件の判定基準

- (例) 反射強度ピーク位置での受信電力差3dB以下

