

安全性評価基盤の提供価値

(シナリオDB－仮想評価環境－実システム接続)

令和3年12月6日

本日のワークショップのプログラム

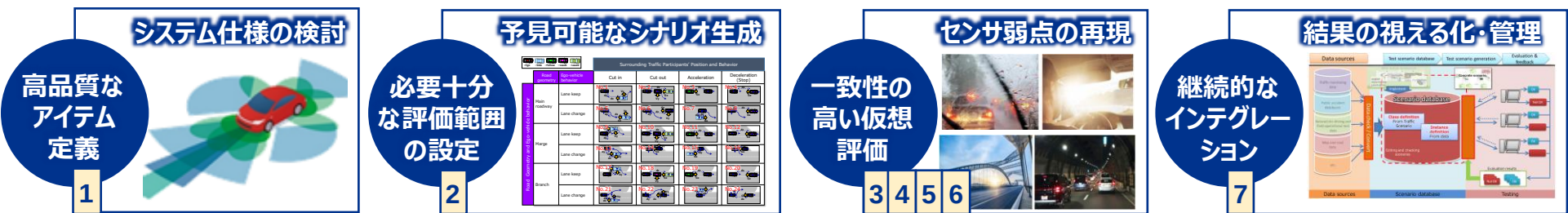
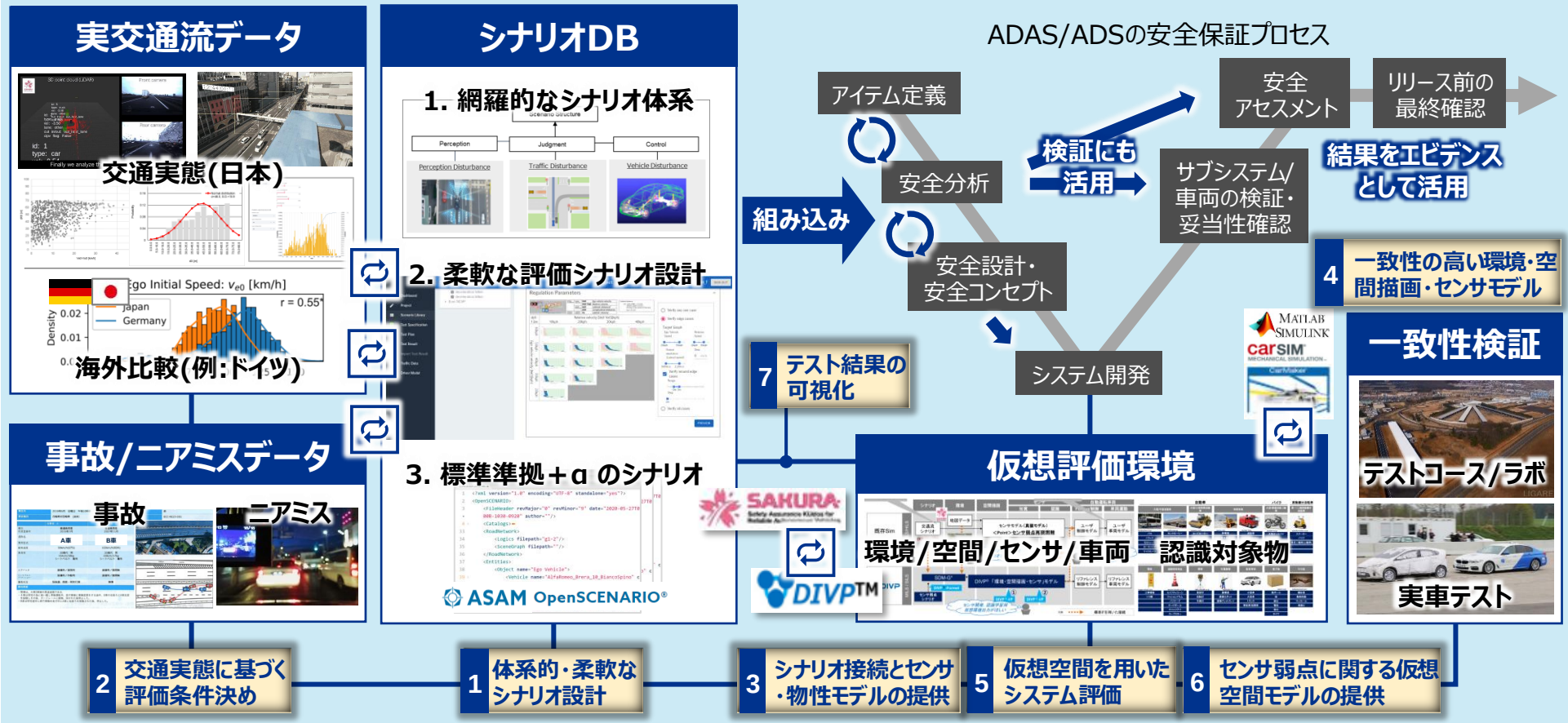


	項目	時間	説明者
A M	1. ワークショップ開催にあたって	10:30-10:35	谷口 悟史氏（日本自動車工業会）
	2. 自動運転車の安全性評価に関わる取り組み	10:35-11:10	
	Safety Assurance合同推進TF	10:35-10:45	谷口 悟史氏（日本自動車工業会）
	SAKURAプロジェクト（シナリオDB）	10:45-10:55	北島 創氏（日本自動車研究所）
	DVPプロジェクト（仮想評価環境）	10:55-11:10	井上 秀雄先生（神奈川工科大学）
	3. 安全性評価基盤の提供価値ごとの説明・Q&A	11:10-14:20	
	1 体系的かつ柔軟なシナリオの設計	11:15-11:35	岩永 寿来氏（株式会社チェンジビジョン）
P M	2 交通実態に基づく評価条件の設定	11:35-11:55	中村 弘毅氏（日本自動車研究所）
	3 シナリオ接続性とセンサ・物性モデルの提供	11:55-12:15	竹田 和司氏（三菱プレジジョン株式会社）
	【休憩】	（12:15-13:00）	
	4 一致性の高い環境・空間描画・センサモデル	13:00-13:20	増井 真悟氏（株式会社ネクスティエレクトロニクス）
	5 仮想空間を用いたシステム評価	13:20-13:40	長瀬 功児氏（神奈川工科大学）
	6 センサ弱点に関する仮想空間モデルの提供	13:40-14:00	長瀬 功児氏（神奈川工科大学）
	7 テスト結果の可視化	14:00-14:20	岩永 寿来氏（株式会社チェンジビジョン）
	全体Q&A	14:20-14:40	北島氏・長瀬氏
	【休憩】	（14:40-14:50）	
	4. 今後の開発プランの説明・Q&A	14:50-15:20	北島氏・長瀬氏

安全性評価基盤の提供価値（全体像）

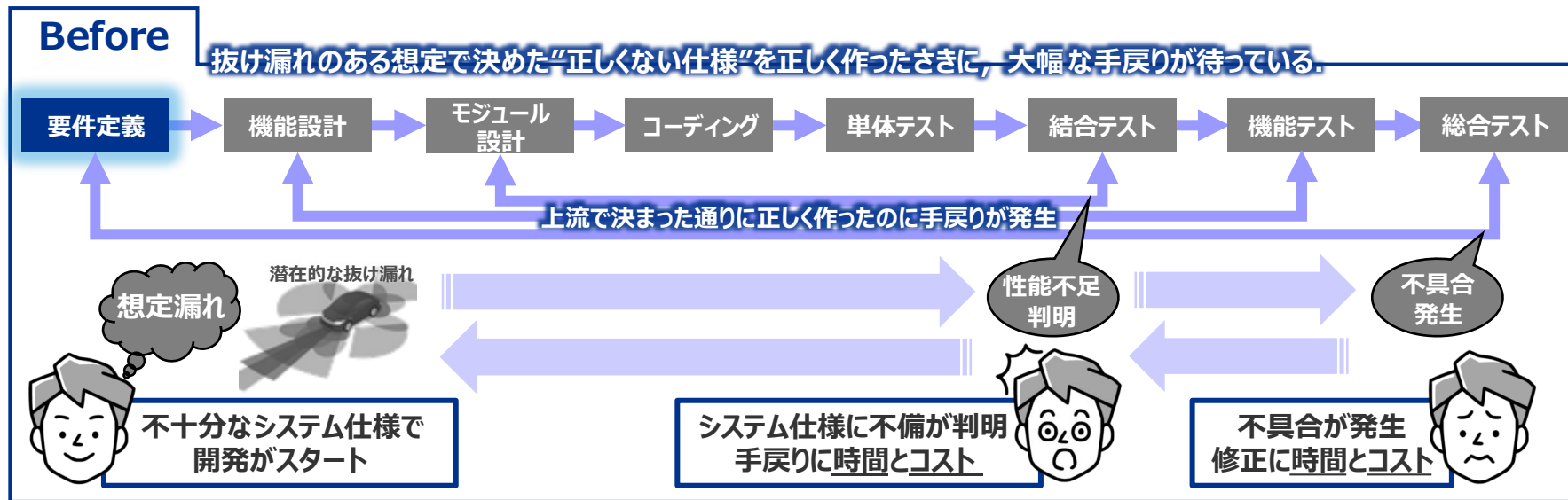
安全性評価基盤の提供価値（全体像）

開発前半からシナリオベースの検証を行い、手戻りの少ない効率的なシステム開発を実現



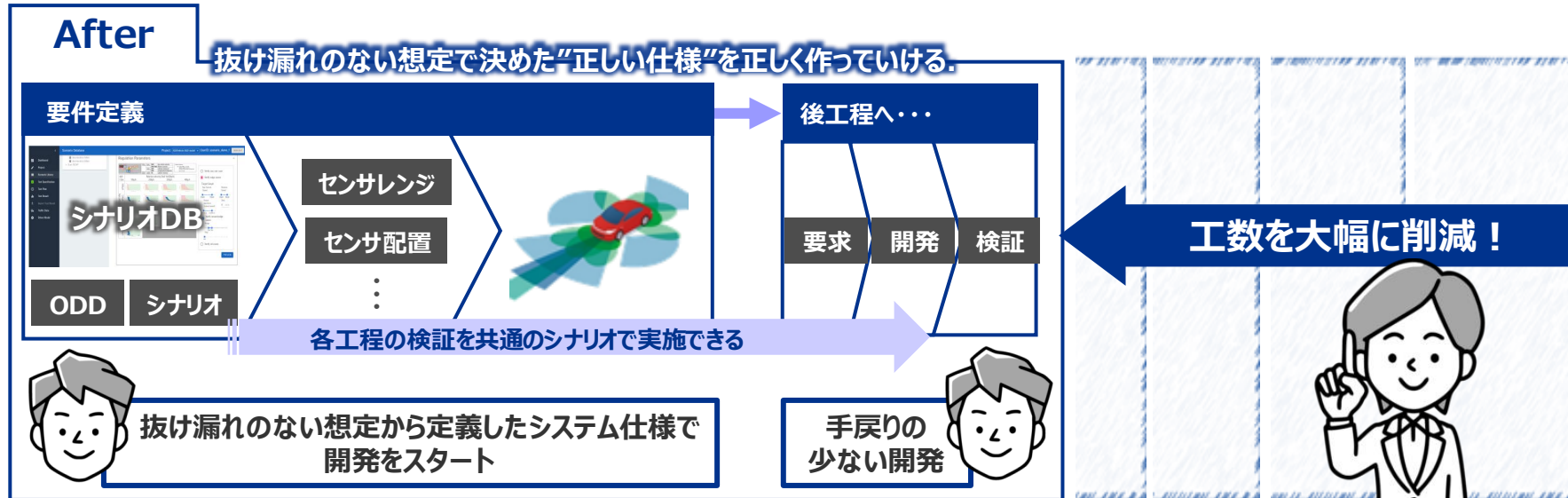
嬉しさ【その1】（Before/After）

I 高品質なアイテム定義：センサセットアップ



提供価値

1 体系的・柔軟な
シナリオ設計



Ⅱ 必要十分な評価範囲の設定：予見可能なシナリオ生成

Before

運行設計領域内の必要・十分な検証範囲が設定できず、ヌケ・モレが引き起こす問題への対処に苦労する。



自動運転車が満たすべき安全性

自動運転車の運行設計領域において、自動運転システムが引き起こす人身事故であって合理的に予見される防止可能な事故が生じないことと定める。

経験則から合理的に予見可能な範囲を設定

想定したつもり

設定した検証範囲にヌケ・モレ

検証範囲の説明性が乏しく、ヌケ・モレへの対処に苦労

問題発生

提供価値

2

交通実態に基づく
評価条件決め

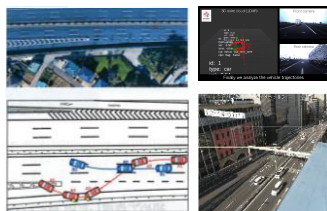
After

運行設計領域と交通実態に即した評価シナリオを柔軟に生成できる。

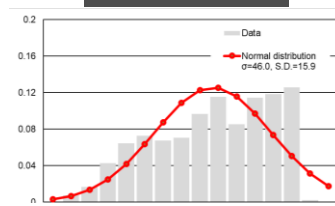
シナリオ体系



実交通流データ



パラメータ範囲



なぜその検証範囲でよいのか根拠を示しながら各工程に活用できる

交通実態に基づいて将来起こり得る範囲まで予見可能であると設定

明確な根拠と併せて検証範囲の説明が可能

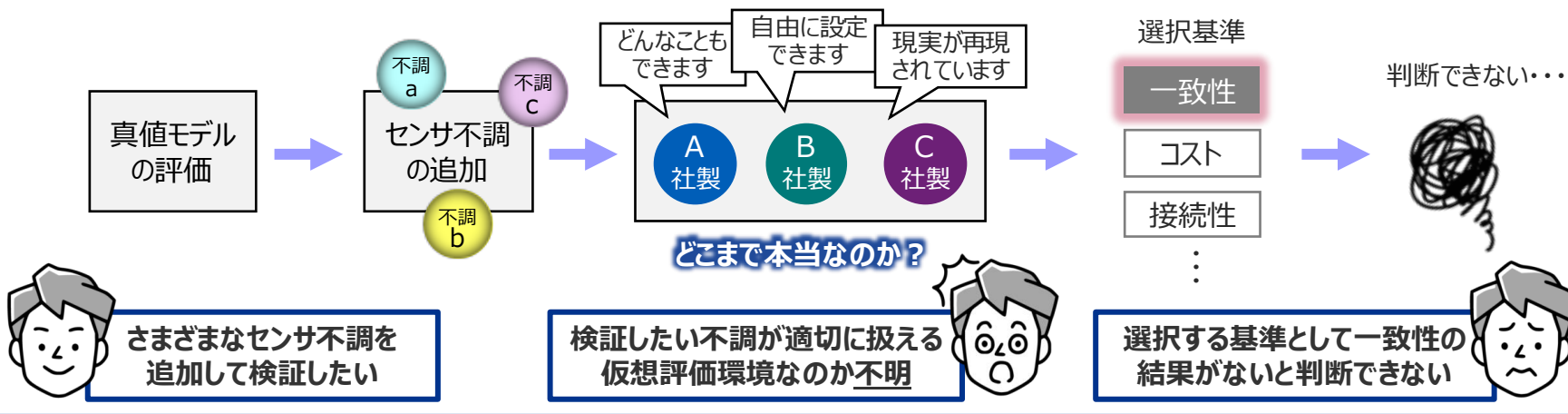
UP

説明性・透明性を向上！

Ⅲ 一致性の高い仮想評価：センサ弱点の再現

Before

実車テストでは多様なセンサ不調を検証しきれないが、仮想評価環境を用いた検証の妥当性を説明することも難しい。



提供価値

After

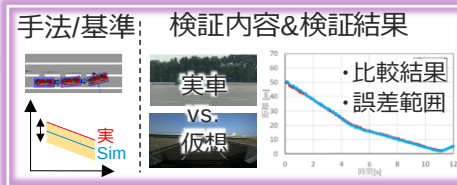
検証したい不調が再現できることを解ったうえで検証を進められる。

モデル開発

一致性検証（手法/結果/精度）



原理	項目別の要求
不調要因	確認項目
○	1.基本 No.X-n
○	2.伝搬 .
○	3.反射 .
○	4.交通流 .



適切な環境を用いて検証できる！

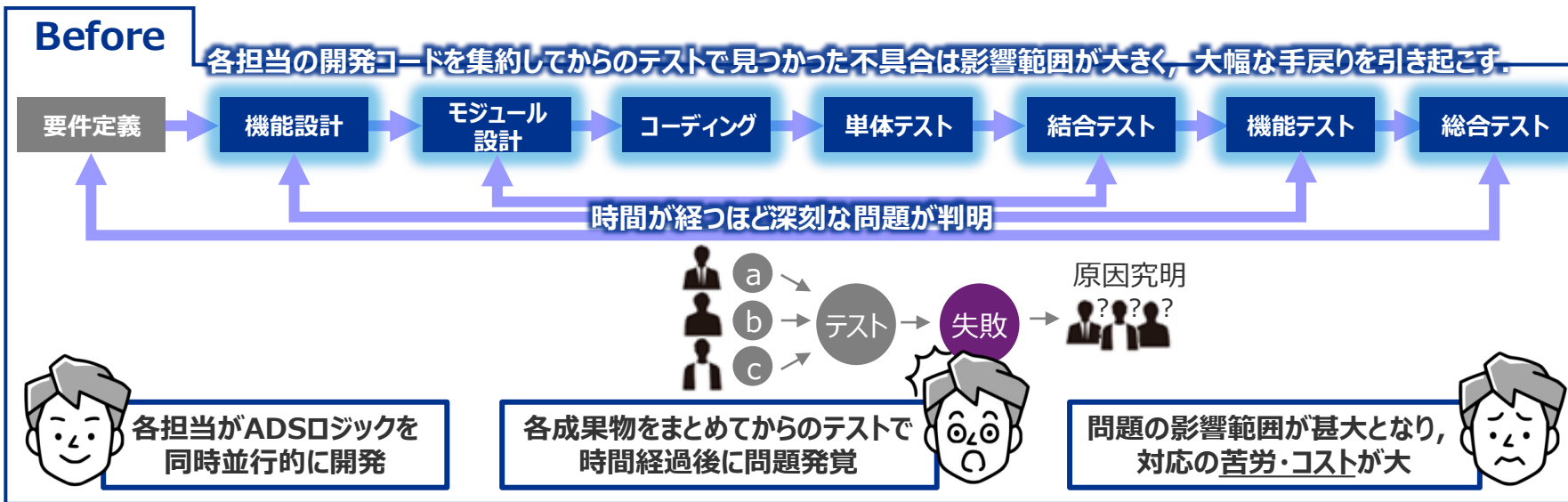


検証したいセンサ不調を適切に扱えることを確かめて活用できる

確認をもって効率的に仮想評価を進められる



IV 継続的なインテグレーション：結果の見える化・管理



提供価値

7 テスト結果の可視化



提供価値 1

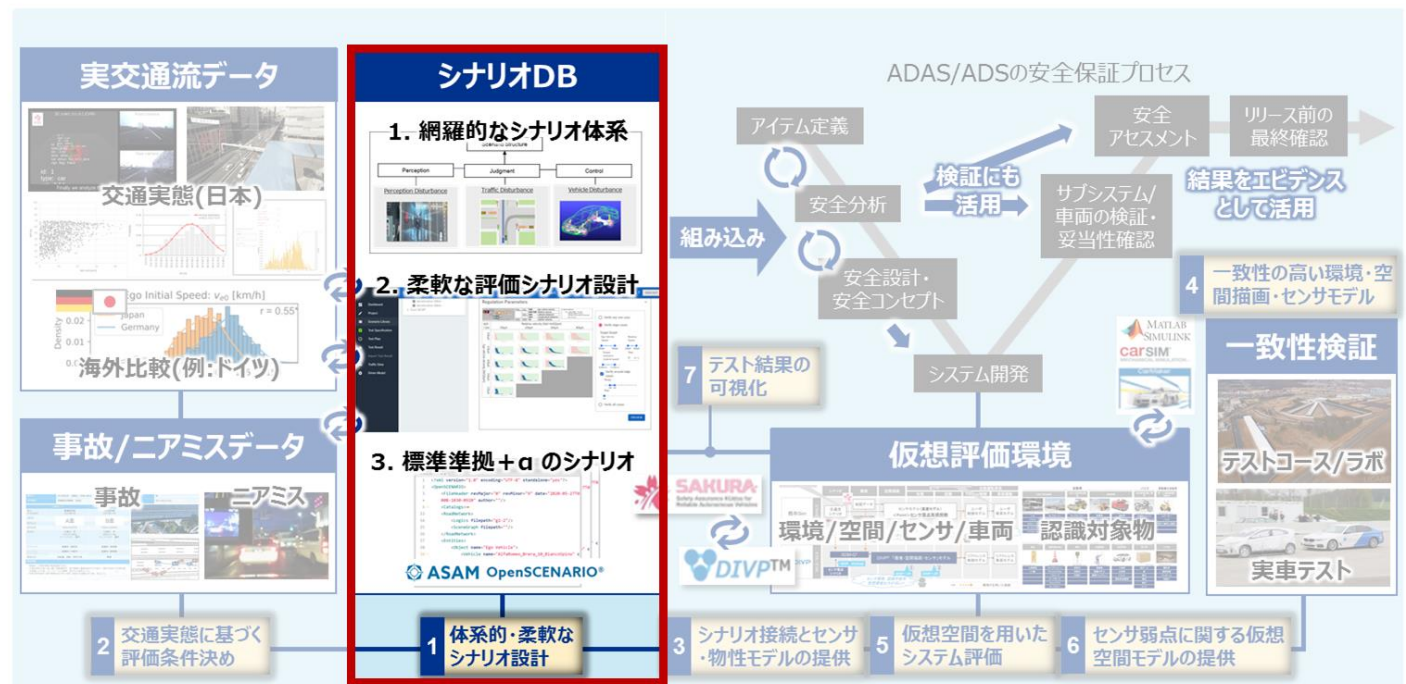
体系的・柔軟なシナリオの設計

交通実態に基づく評価条件決め

シナリオ接続性とセンサ・物性モデル提供

一致性の高い環境・空間描画・センサモデル
仮想空間を用いたシステム評価

センサ弱点に関する仮想空間モデルの提供
テスト結果の可視化



-
- The diagram illustrates the overall architecture of the DIVEP system. It shows the flow from input data to simulation results.
- Data Sources:** The process starts with "シナリオDB" (Scenario DB) and "アセットデータ登録" (Asset Data Registration). The Scenario DB feeds into the "シナリオモデル (FS)" (Scenario Model - Functional Specification).
 - Simulation Setup:** The "シナリオモデル (FS)" feeds into "シナリオ生成 (LS/CS)" (Scenario Generation - Logical Specification / Control Specification), which also receives input from the "アセットDB". This leads to the generation of "Concrete Scenario (OpenSCENARIO)" and "道路構造 (OpenDRIVE)" (Road Structure).
 - Conversion and Execution:** These scenarios are processed by "振舞" (Behavior) and "道路環境" (Road Environment) modules. They feed into the "Convert" module, which performs "各Sim向けに OpenXを変換" (Conversion to OpenX for each simulation). The output goes to the "Sim実行" (Simulation Execution) module, which performs "定期/継続的に シナリオ評価" (Periodic/Continuous Scenario Evaluation).
 - Simulation and Results:** The "Sim実行" module feeds into the "DIVEP Simulator". The simulator outputs "Sim結果" (Simulation Results) and provides feedback to the "シナリオ生成 (LS/CS)" module via "シミュレーション結果可視化" (Visualization of Simulation Results).
 - External Interaction:** The "Application" layer interacts with the "DIVEP Simulator" and the "地図" (Map) component.

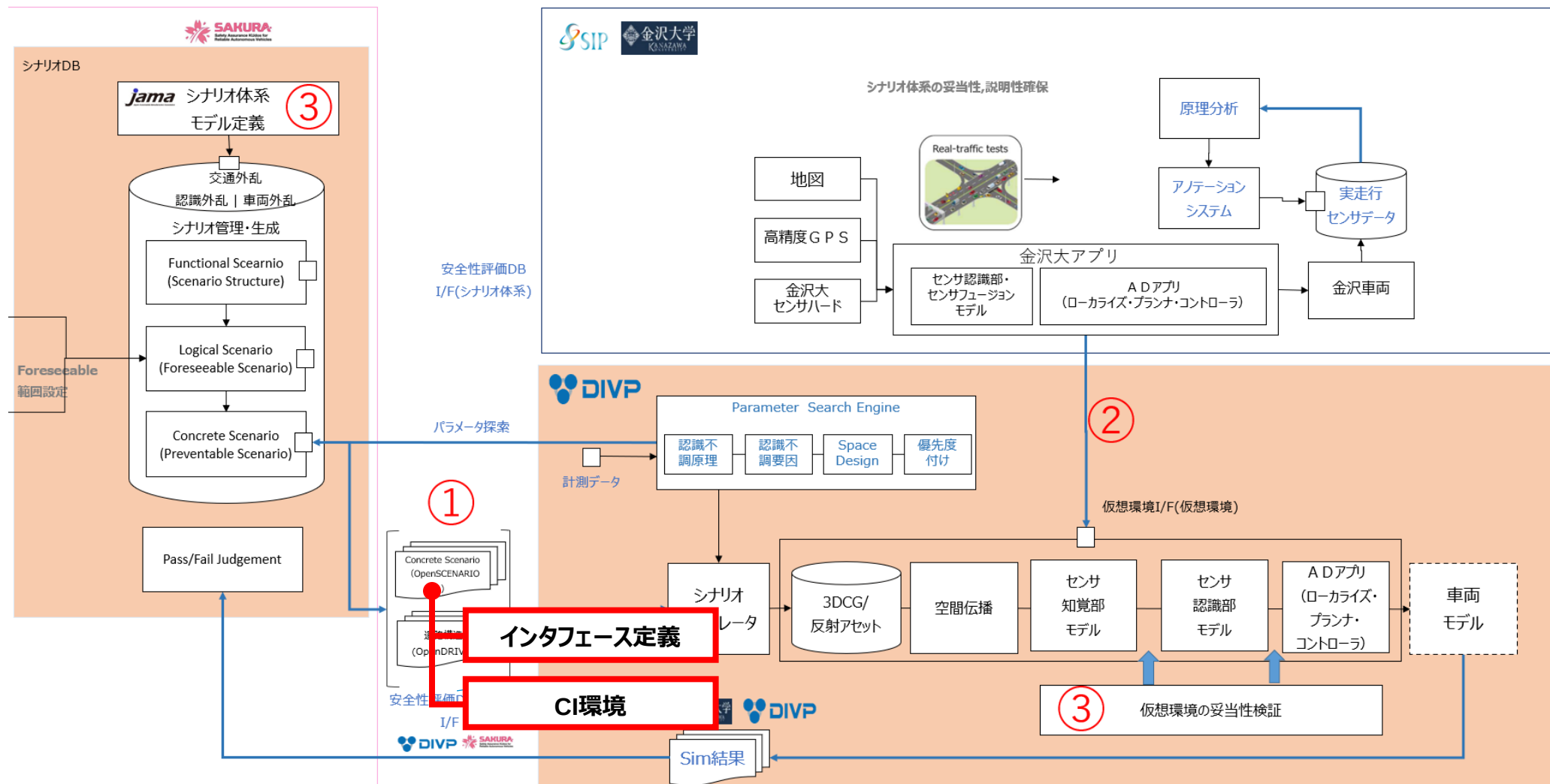


An introduction to Scenario Database

The SAKURA Project(Safety Assurance KUdos for Reliable Autonomous vehicles)

提供価値1における SAKURA/DIVP連携

- シナリオDBと仮想環境とのインターフェースとしてASAM OpenXを念頭にしたフォーマット定義
- シナリオDB・DIVP Simulatorを連携させ、シナリオフォーマットの妥当性や課題を検証



Simulationへのシナリオインタフェース(OpenSCENARIO/OpenDRIVE)を定義、DIVPアセットを反映したシナリオで妥当性を検証

■ Simulation・シナリオインタフェース定義書

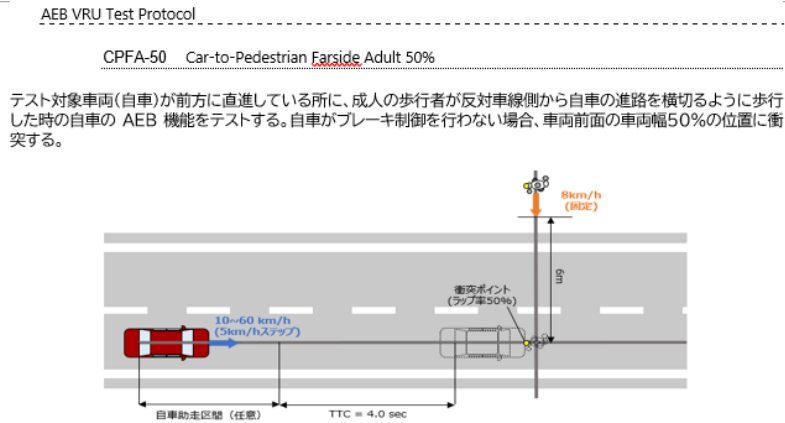


図 10 CPFA-50 シナリオ概要

表 4 CPFA-50 パラメータ

対象	パラメータ	UI
自車(テスト対象車両)	進行方向	固定(前方)
	助走区間[m]	直接入力
	速度[Km/h]	選択式(10~60Km/h、5km/h ステップ)
歩行者	種別	固定(大人)
	速度[Km/h]	固定(8km/h)
	衝突時 RAP 率	固定(50%)
光	昼間/夜間	固定(昼間)
	High beam/Low beam	固定(昼間:指定なし)
	街灯有無	固定(昼間:指定なし)

表 5 CPFA-50 OpenSCENARIO 対応

シナリオカテゴリ	パラメータ項目	OpenSCENARIO タグ
CPFA-50	自車 初期位置[m]	Storyboard/Init/Actions/Private/PrivateAction/TeleportAction/Position/LanePosition@s ※ 0 固定
	自車 速度[m/s]	Storyboard/Init/Actions/Private/PrivateAction/LongitudinalAction/SpeedAction/SpeedActionTarget/AbsoluteTargetSpeed@value
	歩行者 軌跡	Storyboard/Story/Act/ManeuverGroup/Maneuver/Event/Action/PrivateAction/RoutingAction/FollowTrajectoryAction/Trajectory/Shape/Polyline
	歩行者 速度[m/s]	Storyboard/Init/Actions/Private/PrivateAction/LongitudinalAction/SpeedAction/SpeedActionTarget/AbsoluteTargetSpeed@value
	昼/夜間	Storyboard/Init/Actions/GlobalAction/EnvironmentAction/Environment/Weather/sun@elevation.intensity

■ DIVPアセット情報(歩行者抜粋)

No	FBX_NAME	MODEL_NAME	Body height (+shoes) [cm]	HIP Point height [cm]	HIP Point CenterX [cm]	Leg Rotation CenterX [cm]	Shoulder width [cm]	Shoulder height [cm]
3	divp_Tgt_NcapDoll_low	NCAP人形 (低分解能)	179.7	86.3	-0.7	-3.7	51.0	150.3

アセット名

サイズ

```
<OpenSCENARIO>
  <FileHeader revMajor="1" revMinor="1" date="2021-06-08T10:00:00.000" description="CPFA-50">
  <Entities>
    <ScenarioObject name="target">
      <Pedestrian name="divp_Tgt_NcapDoll_low" pedestrianCategory="pedestrian" model="" n
        <ParameterDeclarations/>
        <BoundingBox>
          <Center x="0.00703" y="0" z="0.898255"/>
          <Dimensions width="0.61221" length="0.7939" height="1.79651"/>
        </BoundingBox>
        <Properties/>
      </Pedestrian>
    </ScenarioObject>
  </Entities>
```

■ DIVPアセットに対応したシナリオDBが生成するOpenSCENARIO

提供価値 1 のふりかえり

抜け漏れのない体系的なシナリオ一覧から、ODDに合わせた評価シナリオを選択して評価に繋げる

1. 論理的・網羅的なシナリオ体系から対象シナリオの選定

(例：自専道本線×レーンキープ, NCAP)

		Surrounding Traffic Participants' Position and Behavior			
		Cut in	Cut out	Acceleration	Deceleration (Stop)
Road Geometry and Ego-vehicle behavior	Road geometry				
	Ego-vehicle behavior				
	Main roadway	No.1	No.2	No.3	No.4
	Lane keep				
	Lane change	No.5	No.6	No.7	No.8
	Lane change				
	Merge	No.9	No.10	No.11	No.12
	Lane keep				
	Lane change	No.13	No.14	No.15	No.16
	Lane change				
Branch	Lane keep	No.17	No.18	No.19	No.20
	Lane change	No.21	No.22	No.23	No.24

選定

2. ヌケモレのないシナリオ（道路形状・他車位置・振る舞い）

1 lane

1st lane

2 lanes

1st lane

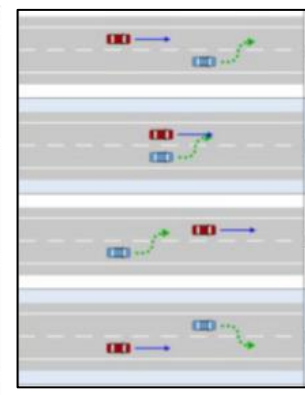
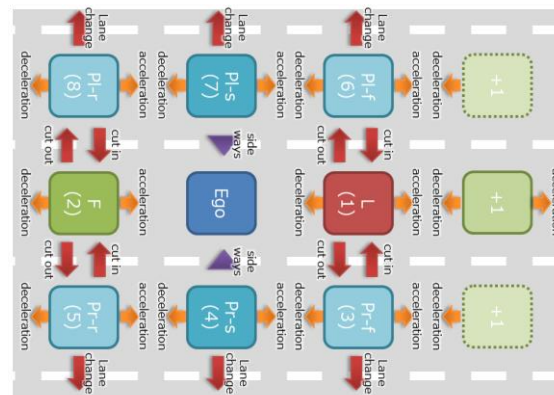
2nd lane

3 lanes

1st lane

2nd lane

3rd lane



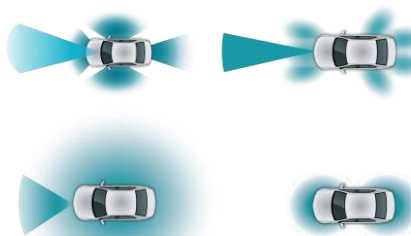
3. センサセットアップ

定義

各センサ配置

フュージョン

センサ仕様



体系的なシナリオ設計の対応状況

自工会シナリオ体系とNCAP(Euro NCAP)の一部に対応。順次対応範囲の拡大を予定

Scenario Structure				対応状況		
Class1	Class2	Class3	Class4	FS	LS/CS	
自工会シナリオ (ISO 34502)	交通外乱	高速道	四輪車	✓	✓(*1)	
			二輪			
			回避			
		一般道			✓(*2)	
	認識外乱	センサ不調		✓(*3)	✓(*4)	
		死角	周辺車両			
			道路構造物			
			坂道			
車両外乱				✓(*5)		
NCAP	ANCAP		— (*6)			
	ASEAN NCAP					
	C-NCAP					
	Euro NCAP	Adult Occupant Protection				
		Child Occupant Protection				
		Vulnerable Road User Protection			✓(*7)	
		Safety Assist			✓(*7)	
	IIHS rating U.S.NCAP					
	JNCAP					
	KNCAP					
	Latin NCAP					

- FS : Functional Scenario
LS : Logical Scenario
CS : Concrete Scenario
- *1 ALKS(本線,自車LaneKeep)のみ対応
*2 対車両/対歩行者,単路/交差点
*3 Camera/LiDAR/ミリ波の要因体系のみ
*4 代表10要因(実施中)
*5 2022/3末に向け実施中
*6 FSは自工会シナリオ体系のみ
*7 VRU Car-to-Motorbike, LSS PTW除く

補足) 2. 柔軟な評価シナリオ設計

ALKSシナリオパラメータ設計



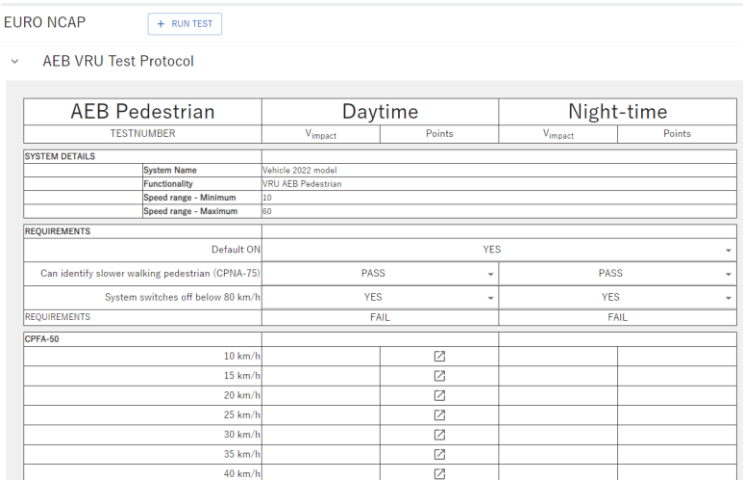
UNR157 Appendix C&C Driver Modelを利用した
パラメータ設計が可能。
例えば、自車速度は50kphの範囲まで、衝突・回避のエッ
ジ周辺のパラメータを...などの設計が可能

認識シナリオパラメータ設計



自工会 代表10要因の認識シナリオのパラメータ
設計、OpenSCENARIO(日本提案仕様含む)
の生成が可能

NCAPシナリオパラメータ設計



Euro NCAP VRU, LSSの実車評価同様のレ
ポート形式のパラメータ設計が可能

Q&Aセッション 【提供価値1】

提供価値 2

体系的・柔軟なシナリオの設計

交通実態に基づく評価条件決め

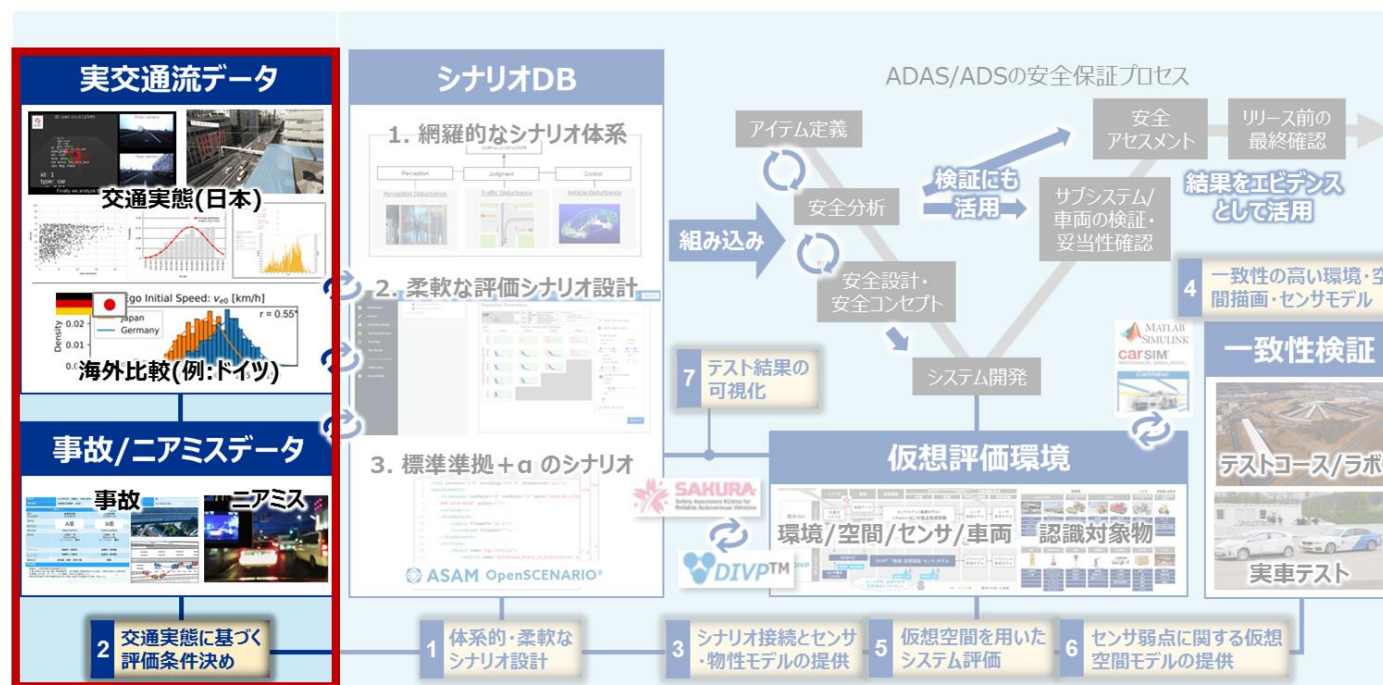
シナリオ接続性とセンサ・物性モデル提供

一致性の高い環境・空間描画・センサモデル

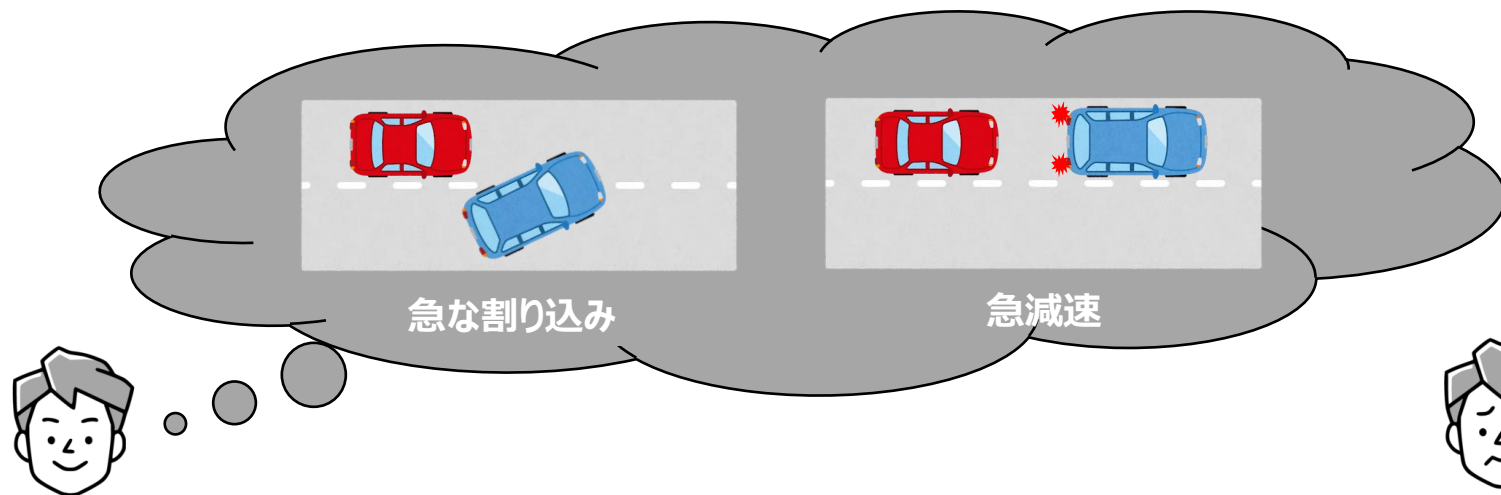
仮想空間を用いたシステム評価

センサ弱点に関する仮想空間モデルの提供

テスト結果の可視化



どこまでが合理的に予見可能 (Reasonably Foreseeable) ?



- ・明らかに避けられない割り込み
- ・相対速度100km/hで接近する先行車
物理的には想定できるが、これは合理的？

交通実態に基づく合理的予見可能範囲の定量化

合理的に予見可能 $\equiv$ 妥当な曝露 (Relevant Exposure)

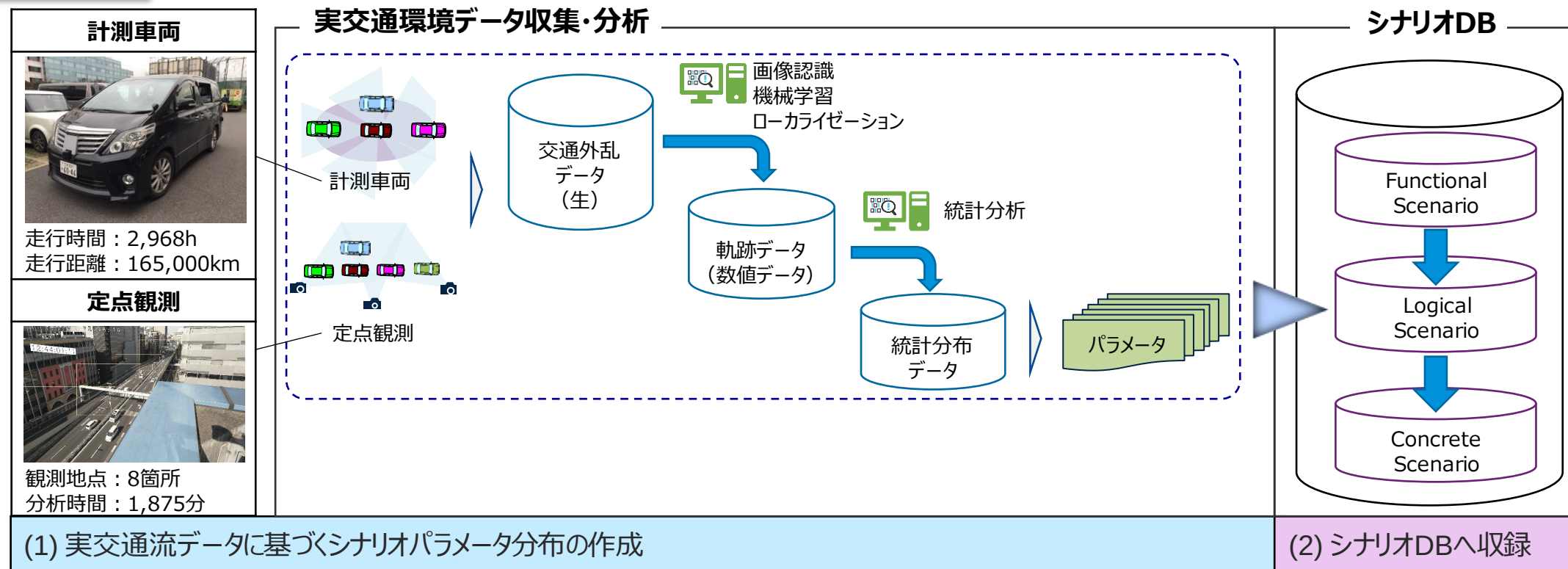
実交通流の統計的な遭遇頻度から妥当な範囲を想定可能

- ・複雑な実交通を有限個のパターンに類型化したシナリオ体系 (提供価値1で紹介)
- ・各シナリオのパラメータ化による遭遇頻度分布の作成
- ・パラメータの遭遇頻度分布から妥当な遭遇範囲を想定
- ・事故・ニアミス事例のシナリオ作成 (将来の拡充)



実交通流の特徴を参照したシナリオの設計

実交通流（計測車両・定点観測）データの収集・分析によってパラメータ分布を作成し，シナリオDBに収録



実交通流データの特徴を参照して開発・評価の目的に応じてシナリオを設計できる仕組みを実装（一部）

Item		SAKURA 計測車	定点計測 カメラ	JARI 運転行動DB	農工大ヒヤリハット データベース※1	Ika/fka High-D※1
計測範囲						
運転者属性		職業運転手 (相対的に慎重)	一般運転者	一般運転者	タクシー運転手	一般運転者
計測 データ	自車データ	GNSS/IMU	カメラデータ (映像解析)	GNSS/IMU	GPS (位置) + 3軸加速度、前後速度	カメラデータ (映像解析)
	他車データ	LiDAR + mobileye(車線)	カメラデータ (映像解析)	mobileye	カメラデータ (映像解析)	カメラデータ (映像解析)

計測車の特長

定点カメラ計測の特長

○：広範囲の観測地点をカバー可能（一般化）
×：常に移動するため、地点特有の挙動をとらえにくい

○：ある地点の多様な車両の挙動を観測可能
×：場所に依存するため一般化には複数地点での計測が必要
※ドローン計測は国内では法律上の制約あり

データソース	新東名高速 首都高	場所：首都高速・ 東名高速ほか 主に合流・分岐	全国14箇所の 協力企業営業所付近	場所：全国5地点 東京、静岡、札幌、秋田、 福岡	6地点（ドイツ）
--------	--------------	-------------------------------	----------------------	--------------------------------	----------

※1 ホームページ公開情報から
<http://web.tuat.ac.jp/~smrc/drcenter.html>
<https://www.ika.rwth-aachen.de/en/research/projects/automated-driving/2895-highd-dataset.html> 21

Functional Scenario



収録済みのシナリオパラメータの設計変更例(デモ)

シナリオパラメータの設定を変更（自車速度，相対速度など）する際に交通実態が参照可能

<

Scenario Database

Project: XXXVehicle 2022 model UserID: scenario_demo_f SIGN OUT

Dashboard

Project

Scenario Library

Test Specification

Test Plan

Test Result

Import Test Result

Traffic Data

Driver Model

edgecase

Non-conflict range+10m

Non-conflict range+30m

Cutin_Ego60_Relative40-forDIVP

edgecase-for-divp

Cutout

edgecase

Non-conflict range+10m

Non-conflict range+30m

Deceleration

deceleration 10km

deceleration 20km

deceleration 30km

deceleration 40km

deceleration 50km

deceleration 60km

Euro NCAP

AEB Pedestrian

FsImage

Legend

red car : Ego

blue car : Target

50km/h

60km/h

Scenario ID *
LS-THC-G1-2-E1-10-00B-3030

SELECT

PARAMETER

REGULATION GRAPH

Regulation Parameters

Initial condition

Initial velocity

Vehicle position

Initial velocity

Initial distance

Lateral position

Ve0 Ego vehicle velocity

Ve0-Vo0 Relative velocity

dy0 Lateral distance

dx0 Longitudinal distance

Vy Lateral velocity

Lateral distance

ex) Lane width : 3.5 [m]

Vehicle width: 1.9 [m]

Driving in the center of the lane

dy=1.6 [m]

dy0-1.6m

10kph

Relative velocity [Ve0-Vo0][kph]

20kph

30kph

40kph

60kph

50kph

40kph

30kph

20kph

Ego vehicle velocity [Ve0][kph]

Verify any one case

Verify edge cases

Target Graph

Ego Vehicle Speed

20kph

50kph

Output resolution (Lateral speed)

0.05m/s

3m/s

Verify around edge cases

Range

-5m

5m

Step

1m

Verify all cases

Relative Speed

10kph

40kph

Step

0.05 m/s

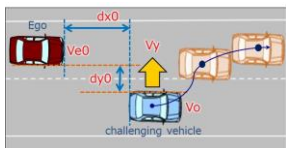
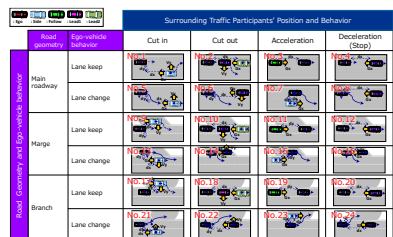
PREVIEW

23

運行設計領域に対応した評価条件の設定

収録済みのシナリオパラメータから運行設計領域（自車速度など）に基づいて遭遇しやすいシナリオを出力

ユーザが入力



本線カットイン(シナリオ選択)

・道路種別 (or 設計速度)

第一種 ☒
第二種 ☐

・道路曲率

曲線：急 ☐
曲線：緩 ☒
直線 ☒

・自車速度範囲

○ ~ △ [km/h]

・予見可能範囲閾値

◇回/年 (10^{-6} /年)

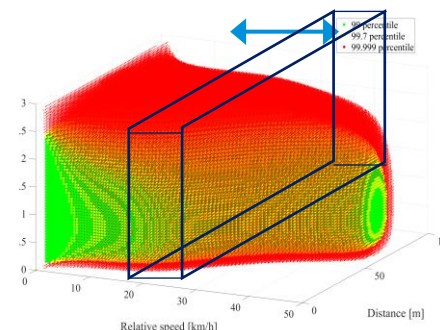
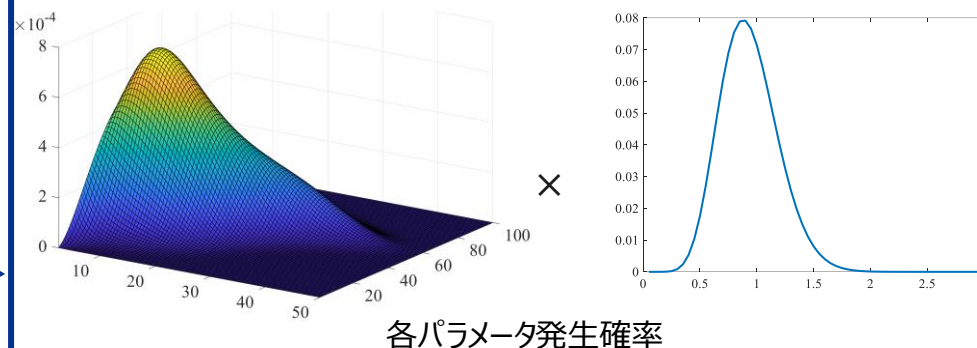
各国の社会受容性によって決める値
 $10^{-4} \sim 10^{-6}$ が一般的

処理

処理

該当件数：（分布推定の母集団）

信頼区間：（件数に応じた分布の精度）



運行設計領域内で合理的に予見可能な領域

出力

運行設計領域
で遭遇しやすい
シナリオ

金沢大学
KANAZAWA
UNIVERSITY

実交通流
と
高リスク事例
の比較

A diagram illustrating the lane change maneuver of a vehicle (A車) from a solid lane to an adjacent dashed lane. The vehicle's trajectory is shown as a red line, starting from the solid lane and moving into the dashed lane. The initial speed is 101.8[km/h], and the speed at the start of the lane change is 59.9[km/h]. The lane change starts at a timing of -2.14s (estimated). The diagram also shows the position of vehicle B (B車) at the start of the lane change, indicated by a blue line. The distance between the centers of the two vehicles at the start of the lane change is 22.5m, and the distance between the vehicles at the end of the lane change is 18.6m.

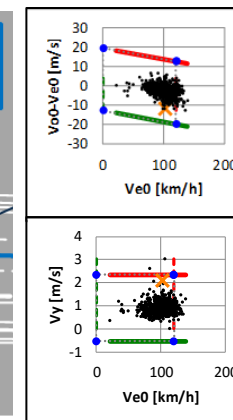
A車カッタイン開始タイミング
 -2.14s(推定)

A車カッタイン開始時のB車の位置

59.9[km/h]
 101.8[km/h]

カッタイン開始時の
 重心間距離：22.5m
 (車間距離：18.6m)

※PCMデータから推定した暫定的なカッタイン条件



PCM : Pre-Crash Matrix

事故事例と予見可能な範囲の比較

実交通流データから外挿した予見可能な範囲と事故事例の関係を確認（事故/ニアミス事例の拡充を予定）

■ 本線×自転車レーンキープ×他車カットイン



発生月	2019年6月	日曜日	午後10時台	天候	雨
事故種別	四輪車対四輪車（追突）			SIP事故パターン	ECC-RE23-DS1
当事者	A		B		
種別	普通乗用車		普通乗用車		
初度登録年	2016年7月		2007年11月		
通称名	A車		B車		
車両型式					
衝突速度	59km/h(GTS)		102km/h(EDR)		
乗員等	20歳代 男 164cm/58kg シートベルト 着用		30歳代 男		
エアバック	装備有／展開有		装備有／展開無		
シートベルト プリテンショナー	装備有／作動有		装備有／展開無		
傷害状況	脳振盪、顔面・肩肘打撲		無傷		
事故概要	事故事例 ・現場は、片側3車線の高速道路である。 ・A車は帰宅の為に追い越し車線運転中、走行車線に車線変更をする途中、B車の右後ろとA車左前を接触しその後、ガードレールに接触、弾かれた後停止した。 ・B車は帰宅途中に走行車線を走行中にA車に右後ろを接触された後、停止した。				

