



無人自動運転等のCASE対応に向けた実証・支援事業

自動走行システムの安全性評価基盤構築に向けた 研究開発プロジェクト(SAKURA project)

—R5年度の成果報告—

(一財) 日本自動車研究所

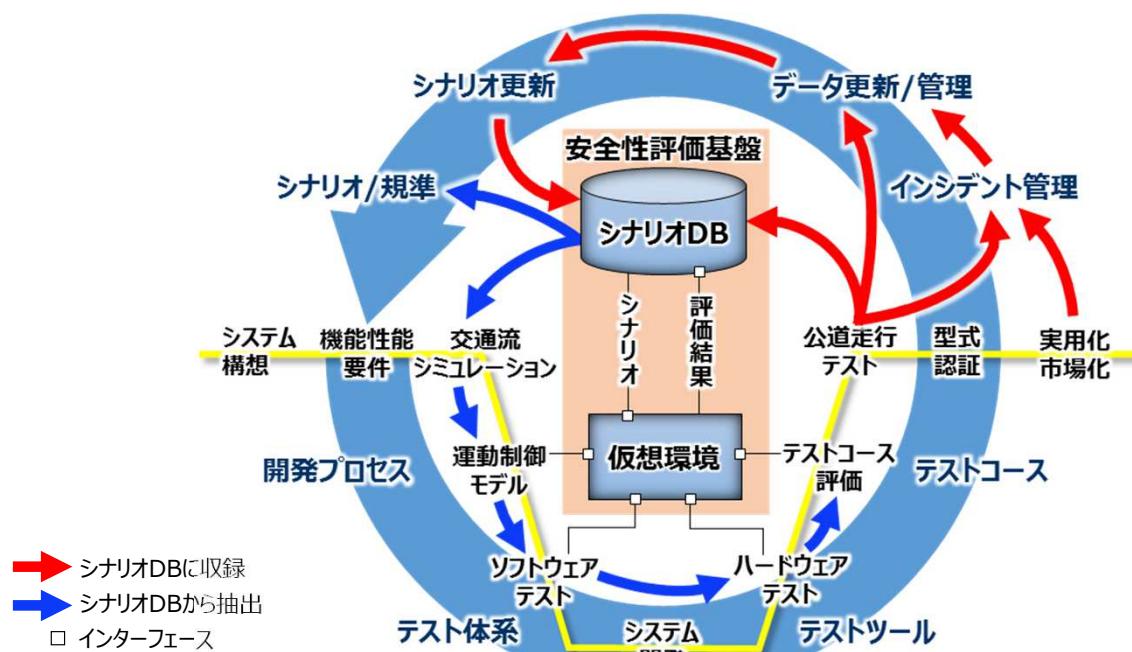
1. SAKURAプロジェクト提案内容

2. R5年度の活動成果

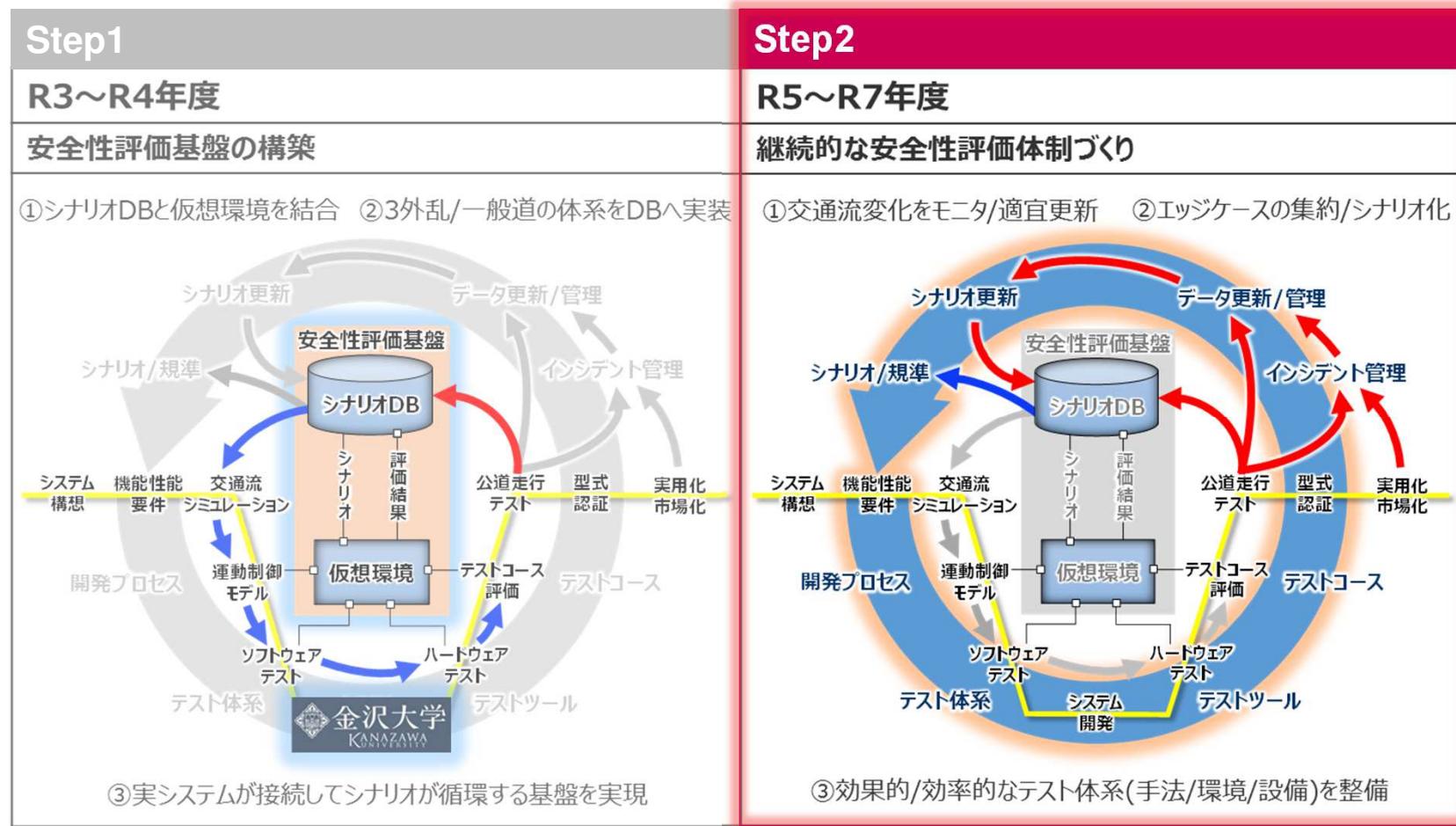
3. まとめと課題

目指す姿：自動運転車の継続的な安全性評価体制

- ✓ シナリオDBから出力されたシナリオが仮想環境へInputされ、各シナリオの評価結果がシナリオDBにフィードバックされる安全性評価基盤を構築する
- ✓ この基盤を核とし、国内外のステークホルダーの技術/データ/知見が連携する仕組みを整備し、自動走行システムの社会実装を加速するとともに、継続的な安全性評価体制づくりを推進する



目指す姿を実現するステップ[®]（R5年度の位置づけ）



安全性評価基盤の実践と自動運転の社会実装を支援する評価体制づくりを推進

目的・実施項目：事業全体（FY23）

◆ 目的

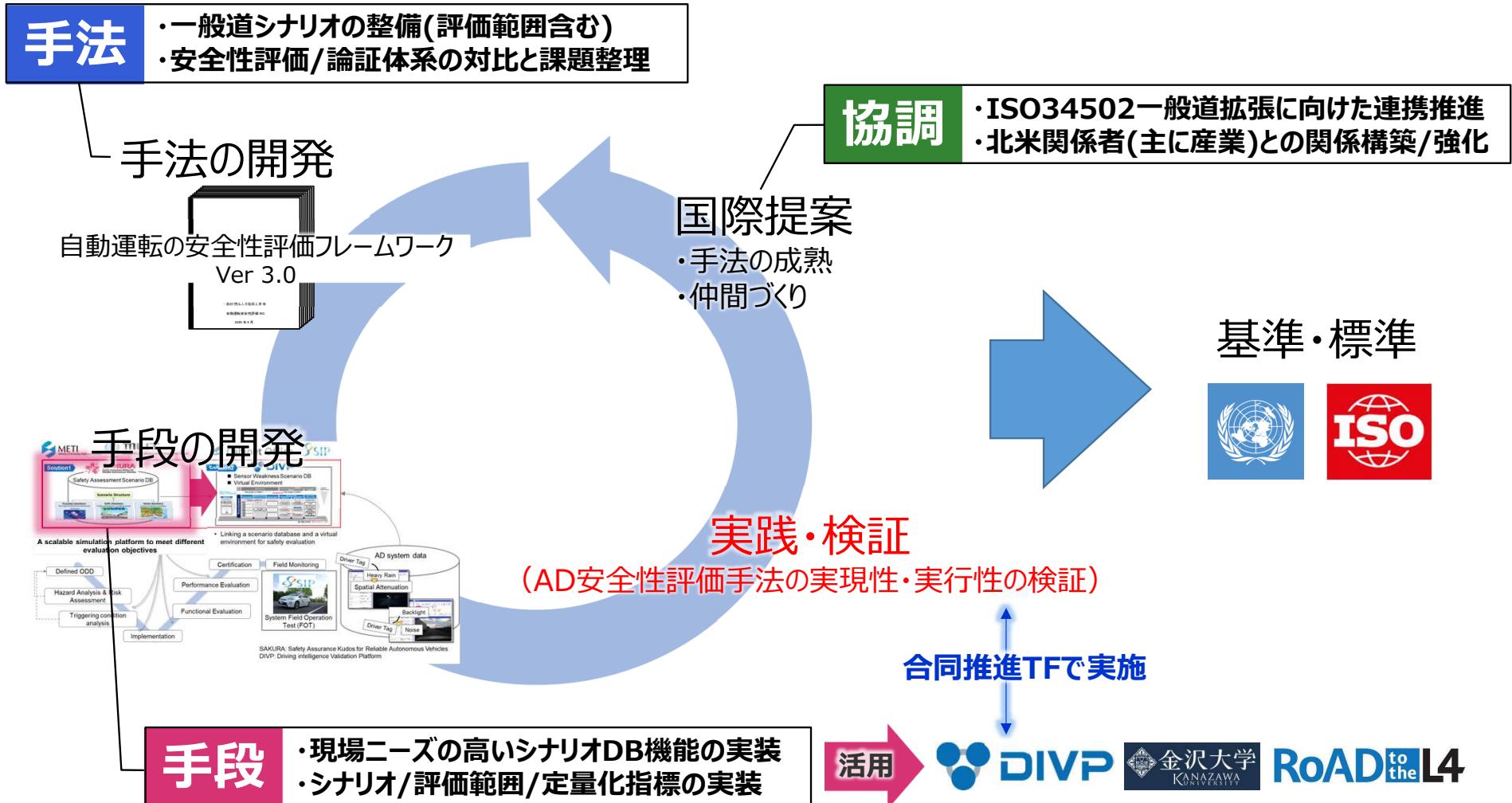
- 自専道で確立した安全性評価手法を一般道に拡張し、自工会の「自動運転の安全性評価フレームワーク Ver3.0」を実践可能にするシナリオデータベースを開発する
- これまでに構築した安全性評価基盤を実際の開発・評価に適用することに加え、シナリオを更新できることを含めた継続的な安全性評価体制について検討する



- (1) 自動運転車の社会実装を支援する安全性評価基盤の構築
- (2) 交通外乱シナリオDBの分析/検討
- (3) 国際協調・標準化活動及び海外動向調査

自動運転の社会実装を支援する安全性評価手法の開発と評価シナリオの提供

AD安全性評価手法の課題に対する取組み



1. SAKURAプロジェクト提案内容

2. R5年度の活動成果

3. まとめと課題

手法 一般道に対応する安全性評価手法の開発(1/4)

■ 対車両と同じ手法/考え方を適用できるか見極めるため、対歩行者シナリオ体系を整備(8パターン)

対歩行者シナリオ体系案(8パターン)

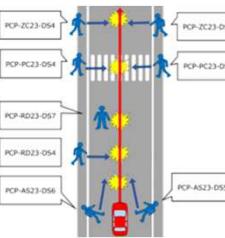
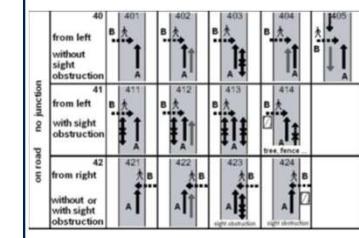
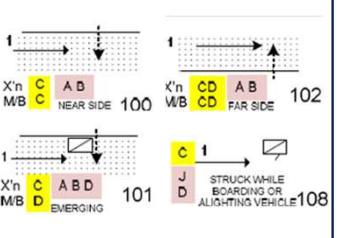
道路形状×自車のふるまい×歩行者の位置とふるまいで記述

		歩行者の位置とふるまい	
		進路上に存在	進路内へ进入
道路形状×自車のふるまい	直進	P01 	P02 
	車線変更	P03 	P04 
	直進	P05 	P06 
	交差点	P07 	P08 

※Driving pathについては「車線幅」もしくは「車幅+α」とする

国内外の事故類型との対比

歩行者が関与する事故パターンに対応しているか検討

内閣府SIP	Initiative for the Global Harmonization of Accident Data	Australian Road Research Board
 ITARDA   ITARDA(2018)	 INITIATIVE FOR THE GLOBAL HARMONISATION OF ACCIDENT DATA  IGLAD (2020)	  B.J.Krajewski et al. (2020)

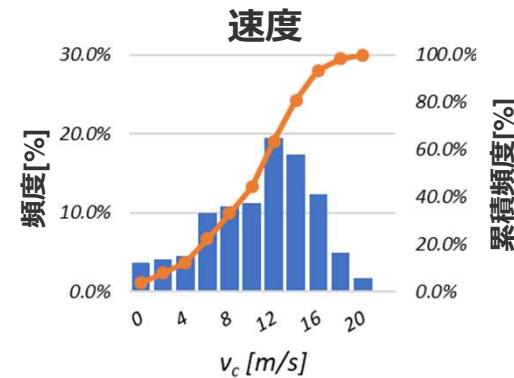
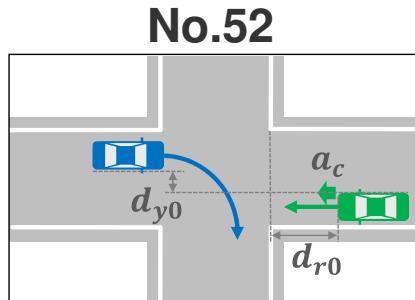
単路・交差点で発生する事故パターンをカバーすることを確認

対車両シナリオの考え方を踏襲し、8パターンの対歩行者シナリオ体系を作成

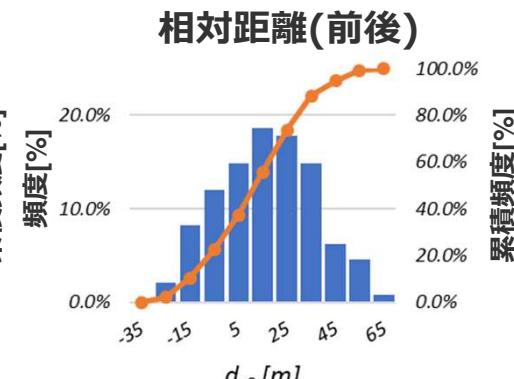
手法 一般道に対応する安全性評価手法の開発(2/4)

■一般道交差点シナリオの評価条件として、右折対直進/出会い頭のパラメータ範囲を分析

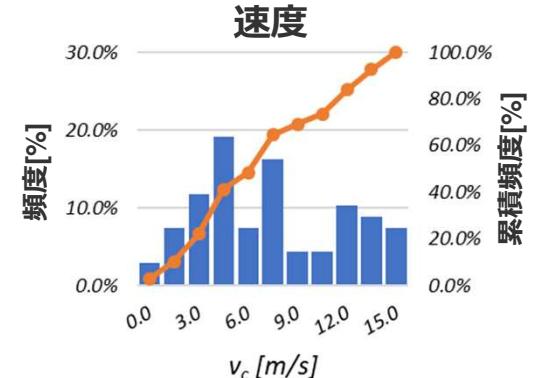
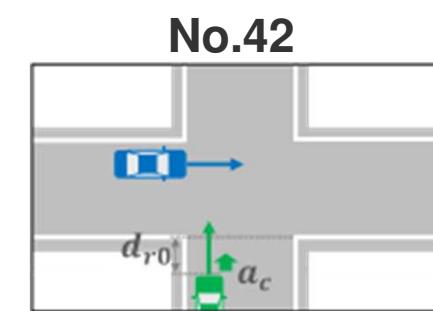
右折×直進のシナリオ



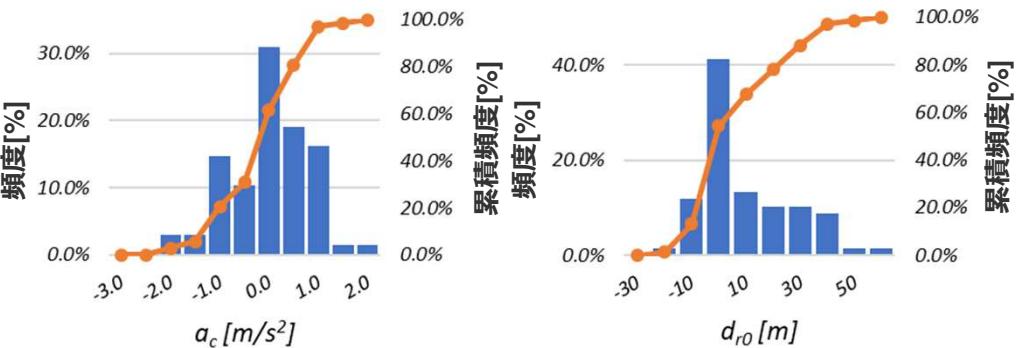
加速度



直進×直進のシナリオ



加速度



ドイツ既存データ(ドローン計測)の分析結果を安全性評価条件として活用

手法 一般道に対する安全性評価手法の開発(3/4)

■ 非優先側から交差点に進入するケースの安全性判断の水準案をDS実験によって提示

3種類の時間差を設定したDS実験の実施

5秒差



3秒差

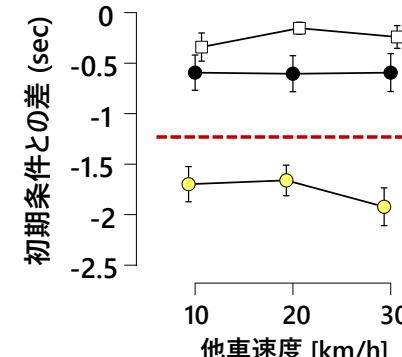


1秒差

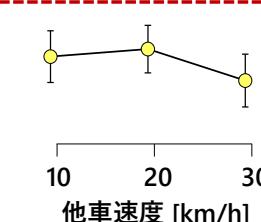


出会い頭シナリオで手動運転ドライバが期待する時間差

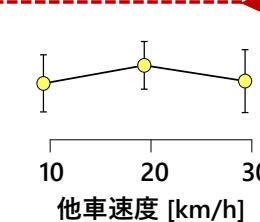
自車速度 : 20 km/h



自車速度 : 40 km/h



自車速度 : 50 km/h



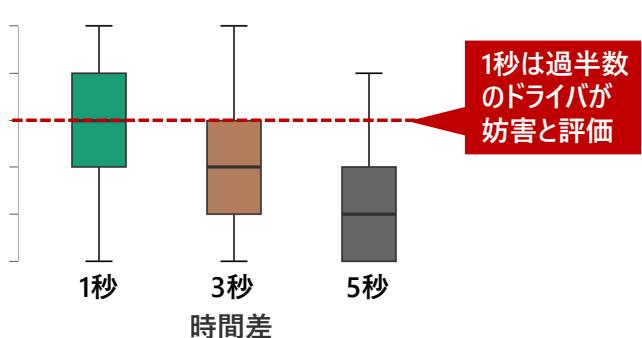
時間差

- 5 sec
- 3 sec
- 1 sec

3秒以上と
1秒で反応
が異なる

妨害と感じた度合い

非常に妨害された
妨害された
やや妨害された
余り妨害されていない
妨害されていない
全く妨害されていない



1秒は過半数
のドライバが
妨害と評価

出会い頭シナリオにおいて優先側ドライバは3秒前後の時間差を期待する傾向

手法 一般道に対応する安全性評価手法の開発(4/4)

■ 北米の市街地サービス運用中システムと各社の安全論証/安全性評価の取組みを調査

北米ロボットタクシー実態調査



・広範囲を認識している状態を表示
・複雑な状況で素早く行動を決定



・自車周辺の認識状況は開示せず
・複雑な状況で判断・制御が不安定

Waymo社の安全論証/安全性評価の取組み



Safety Determination Lifecycle

Time >



継続的な
安全性向上

F. Favaro et al.(2023)



Conceptual illustration of collision avoidance performance

COLLISION AVOIDANCE PERFORMANCE



平均的なドライバよりも
優秀なドライバと比較

25種類の
技術資料
を公表

J. Scanlon et al.(2022), J. Engstrom et al.(2022), K. Kusano et al.(2022)

[<https://waymo.com/safety/>]

北米ロボットタクシー実用化が進む中、Waymo社の安全性評価の取組みが先行

手段 安全性評価基盤に向けたシナリオDBの開発(1/5)

■ ADの開発・評価に役立つシナリオDBの開発（一般道シナリオ体系対応も含む）

～R4年度

ニーズ集約
【開発目線ニーズ】 JAMA各社ニーズヒアリング
【認証目線ニーズ】 国土省ニーズヒアリング
【海外動向調査】 海外8プロジェクト調査

ニーズの
優先順位
付け

'23.2.22
戦略WG
ご報告

R5年度

ニーズに応えるシナリオDB公開
現場ニーズの高いユースケースに 応えられるシナリオDBを開発 ↓ JAMA各社に公開し, 使い勝手/改善点を フィードバック

R6～R7年度

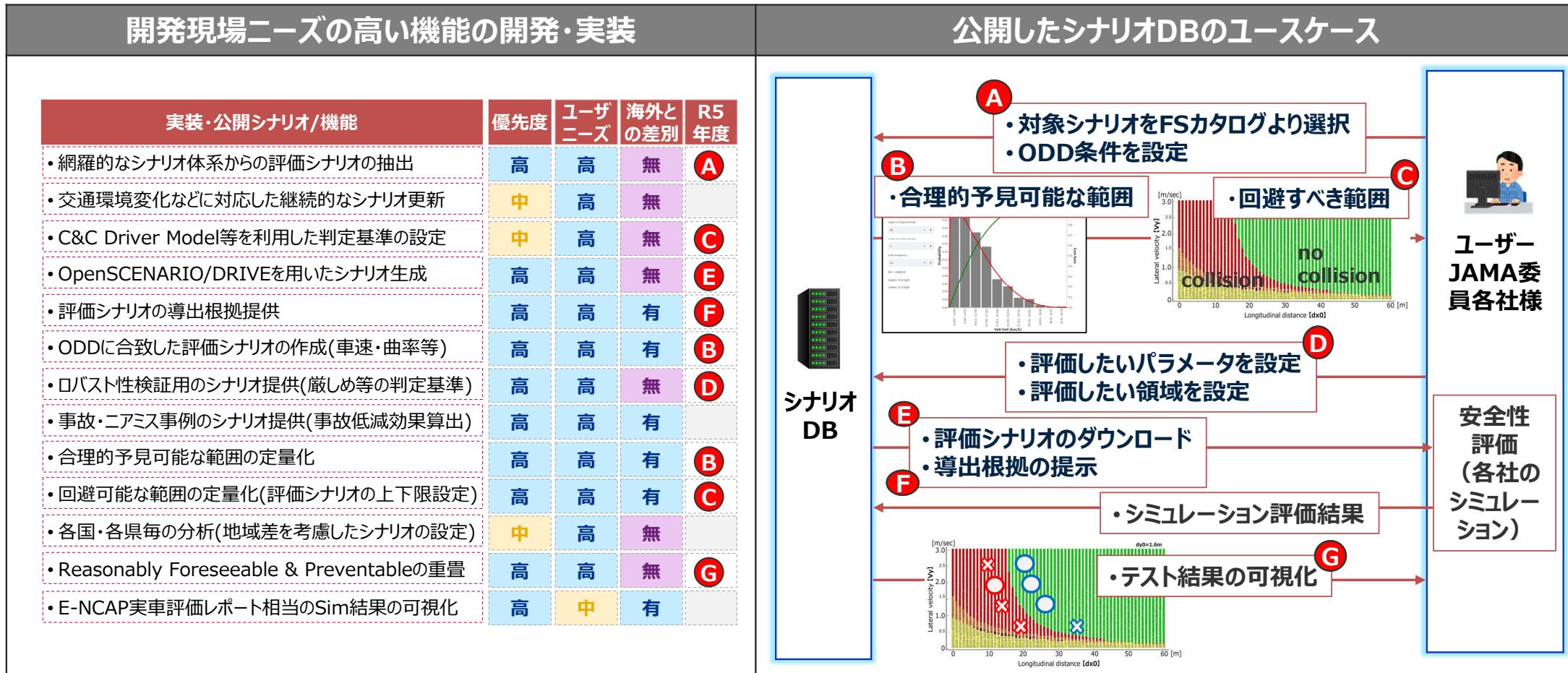
更なる公開と提供価値向上
・公開範囲拡大 (サプライヤ/MaaS事業者へ)
・継続的なシナリオ更新の基盤構築
・一般道シナリオ
・事故/ニアミスシナリオ

▼前回戦略WG



手段 安全性評価基盤に向けたシナリオDBの開発(2/5)

■ ADの開発・評価に役立つシナリオDBの開発（一般道シナリオ体系対応も含む）



■ ADの開発・評価に役立つシナリオDBの開発（一般道シナリオ体系対応も含む）

フィードバック・要望(代表的・共通的なもの)

● 現状の進め方に関するもの

- ① 認可を得るために安全であること（条件やクライテリア）を示す必要があり、**第三者機関が示す合理的予見可能範囲、回避可能範囲はそのリファレンスとして有効である。**
- ② これらの信頼性向上を図るため、データ・シナリオ数の拡充を期待。（海外も、継続的に）
- ③ 大型車を対象にしたC&Cドライバーモデル構築（回避可能範囲に関連）やパラメータ分析（合理的予見可能範囲に関連）を期待したい。
- ④ タグ情報を用いた検索条件が充実されると、開発システムの弱点・課題となるシナリオの特徴や分布が把握できることで開発に活かせる。

● 今後の期待に関するもの

- ⑤ 合理的予見可能範囲と回避可能範囲が重畳表示されたものを参照して効率的にシナリオを作成したい。
- ⑥ 現実の事故(責任分担)やヒヤリハットとの関係も重畳できると有効な根拠となる。
- ⑦ 実交通環境シーンを忠実にシナリオ化し、シミュレーション評価につなげられるとより良い。
- ⑧ コンクリートシナリオ（OpenSCENARIO）が汎用的なシミュレーションでも変換無しで入力できると良い。

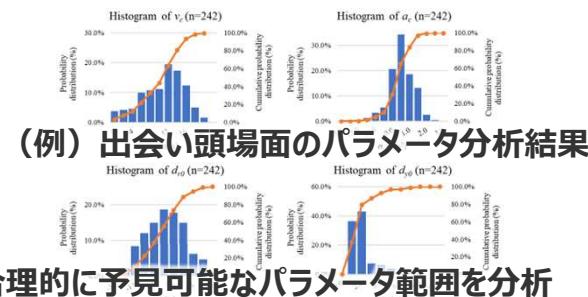
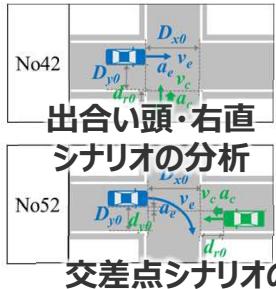
開発の方向性と合致しており、さらなる期待も寄せられた

手段 安全性評価基盤に向けたシナリオDBの開発(4/5)

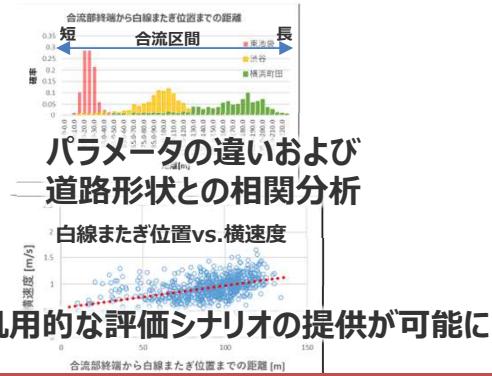
■ ADの開発・評価に活用できる安全性評価シナリオの拡充(実交通流・高リスク)

安全性評価シナリオパラメータの更新

◆ 一般道シナリオの更新 (交通流データ分析)



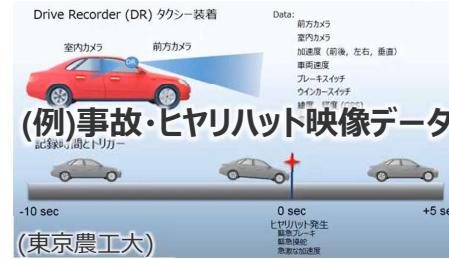
◆ 道路形状の違いに対する交通外乱シナリオ一般化の検討



一般化モデルを構築し汎用的な評価シナリオの提供が可能に

事故・ニアミス事例のシナリオ化の取組み

- ◆ 高リスク(事故・ニアミス)のシナリオ化の技術検証を実施
- ◆ 検証用としてシナリオDBへの格納を実施予定
- ◆ 実事例を基にした帰納的な安全性評価にも貢献

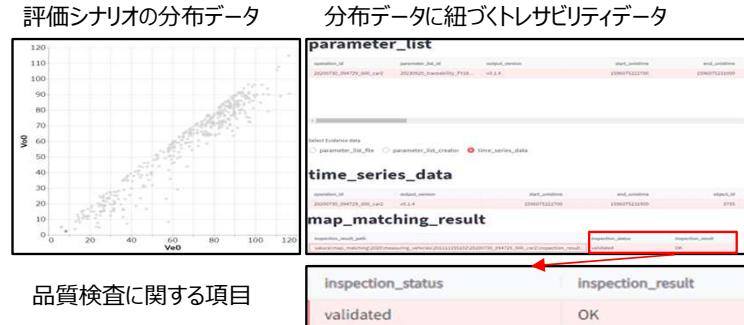


多様なデータに基づいて生成した安全性評価用シナリオを提供

手段 安全性評価基盤に向けたシナリオDBの開発(5/5)

■ シナリオDBに収録されたシナリオの品質の見える化(トレーサビリティ・精度)

評価シナリオの透明性/説明性の向上



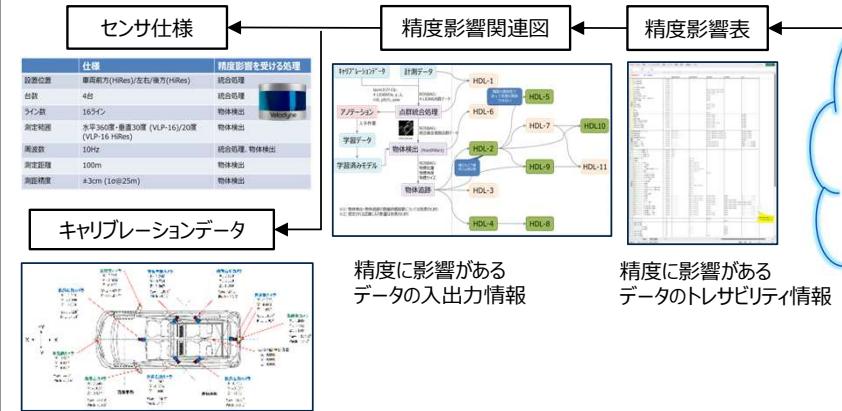
inspection_status : 品質検査実施状況

draft／未実施、validated／実施済

inspection_result : 品質保証結果

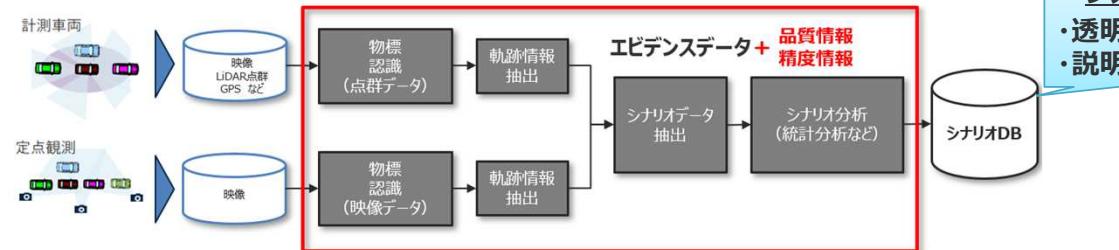
OK／合格、NG／不合格、NA／出力フォーマットエラー

データ/分析結果の精度情報の見える化



品質情報を含めたトレーサビリティデータを可視化

シナリオを導出したエビデンスデータの精度情報がトレース可能



テストシナリオの品質の見える化により用途に応じたデータの利用・提供が可能

協調 国際標準化に向けた国際連携・成果公表(1/2)



■シナリオベースの安全性評価手法に関する国際標準化の動向調査

ISO3450Xシリーズの策定状況

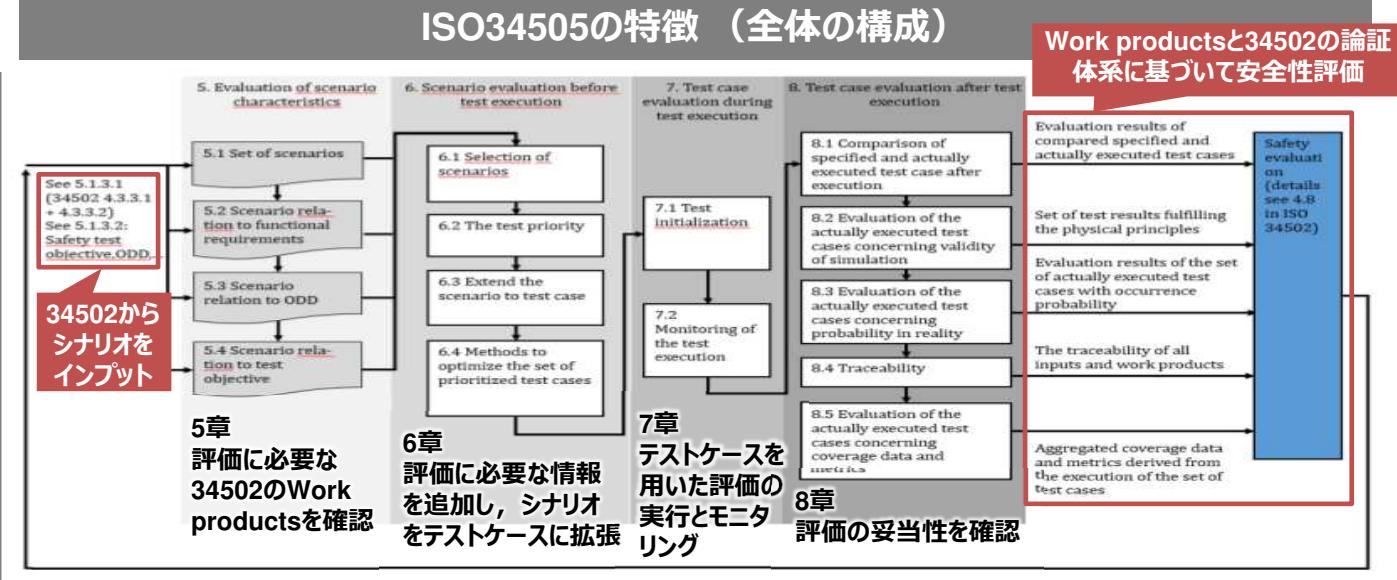
ISO	タイトル	概要
34501	Vocabulary	安全性検証用のテストシナリオの用語と定義
34502	Scenario based safety evaluation framework	シナリオベースの安全性評価の枠組み
34503	Taxonomy for operational design domain	運行設計領域の階層的分類と基本要件
34504	Scenario categorization	テストシナリオの属性とカテゴリ分類
34505	Scenario evaluation and test case generation	安全性評価の方法論とテストケース生成手順

✓ 34501-04はIS化, 34505はCD議論中

ISO3450xシリーズの新規提案

1	FSをセミフォーマル化した自然言語で記述し、担当者間の解釈性やシステム接続性の向上についての提案	英・中
2	仮想環境を用いた安全性評価方法の標準化についての提案	英・加
3	AI技術を搭載した自動運転の安全性をシナリオベースで評価する手法の標準化についての提案	中

ISO34501～34504はIS化, 34505は2025年11月発行を目指しCD議論中 + 新規提案審議中



- ✓ 34505は、シナリオからテストケース生成に至るプロセスの整理、テストケースを仕様通りに実施するための要件を示したもの
- ✓ 34502と34505のWork productsを統合することで安全論証のエビデンスとする

■ SAKURA事業のPresence & Global Networkの向上

国際会議・イベントにおける成果PR/技術協議

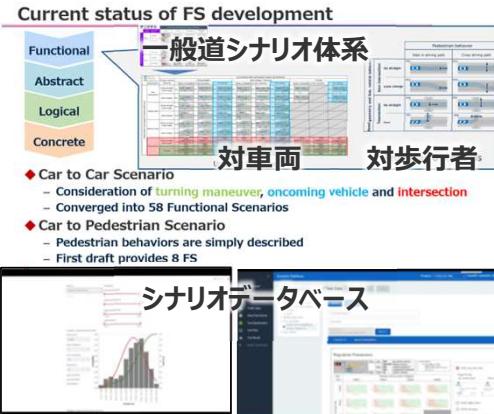
プロジェクト成果のPR (23年5, 7, 11月)



日本の最新の取組みを紹介するとともに、各国専門家と協議

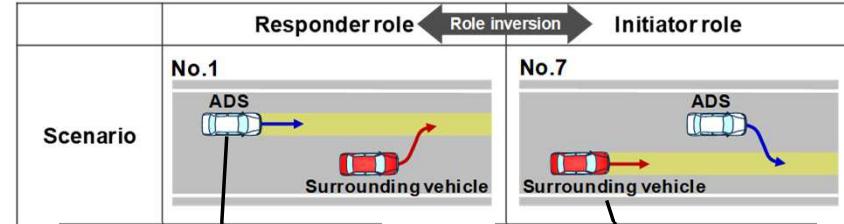
今後の議論のリードに向け、シナリオ体系/シナリオDBをPR

手法・手段の取組み

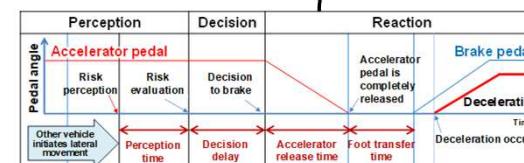


安全性判断クライテリアの考え方の論文

防止可能性を定義するドライバモデルの考え方

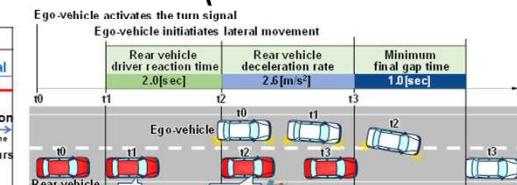


自車のふるまいをモデル化



衝突を回避できるかを評価

他車のふるまいをモデル化



他車を妨害するかを評価

S. Kitajima et al.(2023)

クライテリア議論に向け、日本の考え方を示す技術資料を作成

一般道の安全性評価手法の標準化の議論をリードするための連携・成果PR

1. SAKURAプロジェクト提案内容

2. R5年度の活動成果

3. まとめと課題

Q: Q&Aセッション

まとめと課題

◆ R5年度の成果まとめ

- 対歩行者シナリオ体系を新たに作成するとともに、**交差点シナリオの評価範囲・安全性判断クライテリア案**を提示し、一般道を走行する自動運転システムの安全要件を評価する手法を継続的に開発した
- 58パターンの対車両シナリオ体系と一部の定量的な評価シナリオを実装したシナリオDBのプロトタイプを試供し、自動運転システム開発・評価プロセスとの結合に向けた見通しと課題点を抽出した
- 国際会議等で日本の取組みとして、**手法面(一般道シナリオ/クライテリア整備), 手段面(プロジェクト連携による安全性評価基盤構築)**をPRし、欧州SUNRISEと評価手法調和ドキュメントの共同作成について合意した

今後の課題

1. 自動運転システムの開発・評価プロセス結合に向けたシナリオDB実用化推進
2. 安全性評価手法の標準・基準に関する国際議論対応(手法/手段/データ/実例)



ご静聴ありがとうございました.

JARI