

安全性評価基盤検討TF

Team1 進捗状況

2023/12/18



AD-URBAN



Team1では、実事例をユースケースとしたシナリオの特定と安全性評価指標の策定を行い、Team2で実施するシミュレーションによる自動運転安全性評価環境の評価条件として提供する。

Team1の役割

目指す姿 ■ 自動運転技術導入に対する地域ニーズ ■ サービス向上にむけた一般道対応等のODD拡張 ■ オナーカーの自動運転技術のレベルアップ



成果の発信



プロジェクト間の連携を通じた
安全性評価基盤の構築



基盤開発を支える
要素技術の開発

Team0

- 各地域実証やOEMとの連携によるニーズ・UCの収集
- 研究成果に基づく地域実装者や技術開発者への発信

Team1

- UCに基づくシナリオと評価指標の検討

SAKURA
シナリオ・評価指標

DIVP
シナリオモデル生成

Team2

- Virtual評価結果とシステムの結合による、2-stage評価の確立

DIVP
Virtual評価結果

AD-URBAN
refシステム

SAKURA

- AD開発動向に応じたシナリオDB更新や安全性評価体制構築

DIVP

- 安全性評価Sim構築及び2ステージの安全性評価指標の構築

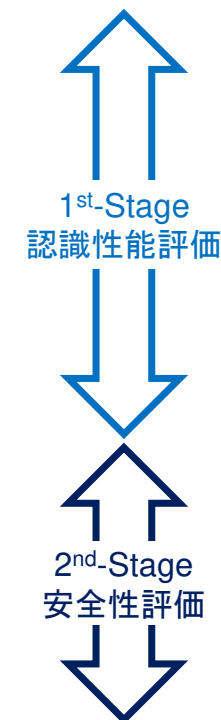
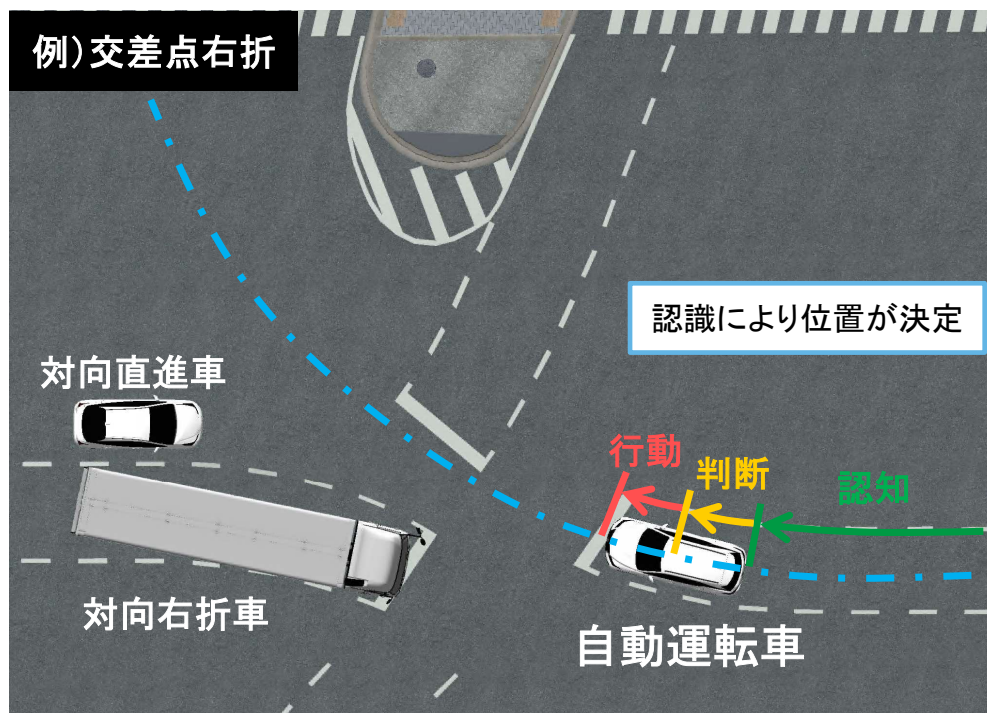
AD-URBAN

- 認識技術、システム制御の研究開発

FY22までに自動運転機能のうち認知機能評価を「1st-Stage認識性能評価」、判断・行動機能評価を「2nd-Stage安全性評価」と定義し、それらを連携して評価する重要性を示してきた。

#1転記

2-Stage評価の重要性



どこで認知できたのか(認識性能評価)、どこで止まれたのか(安全性評価)を共に評価することが重要

フレームワークに基づく安全性評価を進める上では、地域実験を推進されている現場の皆様との情報交換が肝要、ユースケースをもとにシナリオ定義～シミュレーション評価の手法確立を目指す

地域実証Prjと安全性評価Prjとの関係性



「危険なシーン・レアシーン」を含めた網羅的な安全性評価が効率的に実施可能

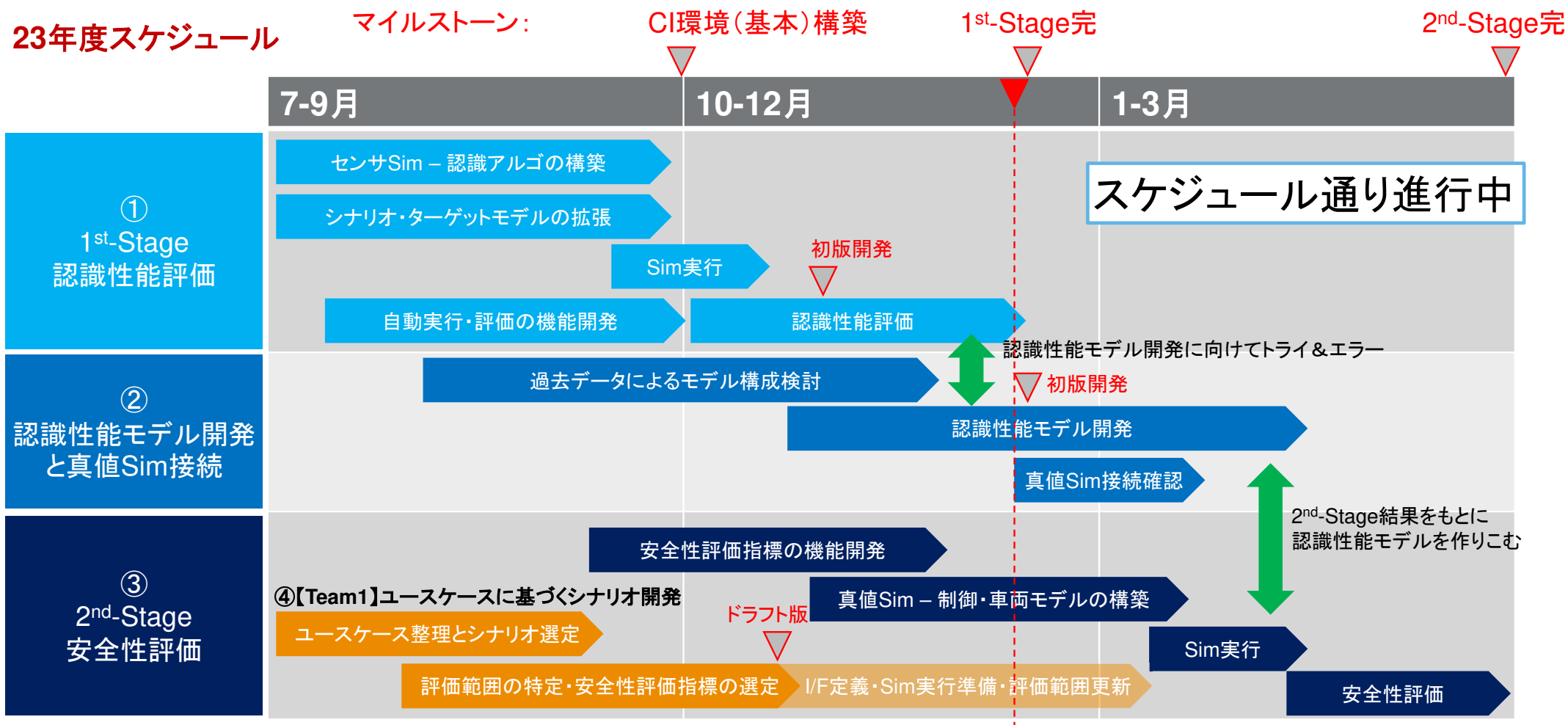
フレームワークに基づく安全性評価を進める上では、地域実験を推進されている現場の皆様との情報交換が肝要、ユースケースをもとにシナリオ定義～シミュレーション評価の手法確立を目指す

地域実証Prjと安全性評価Prjとの関係性



「危険なシーン・レアシーン」を含めた網羅的な安全性評価が効率的に実施可能

真値Sim実施に向けて、一般道交差点シナリオのインタフェース定義・評価条件の特定を実施した。
7月頭にご報告のスケジュール通りに進行中である。



■シナリオ-SIM接続に関する技術課題の解決

■交差点シナリオの評価範囲/評価基準案の作成

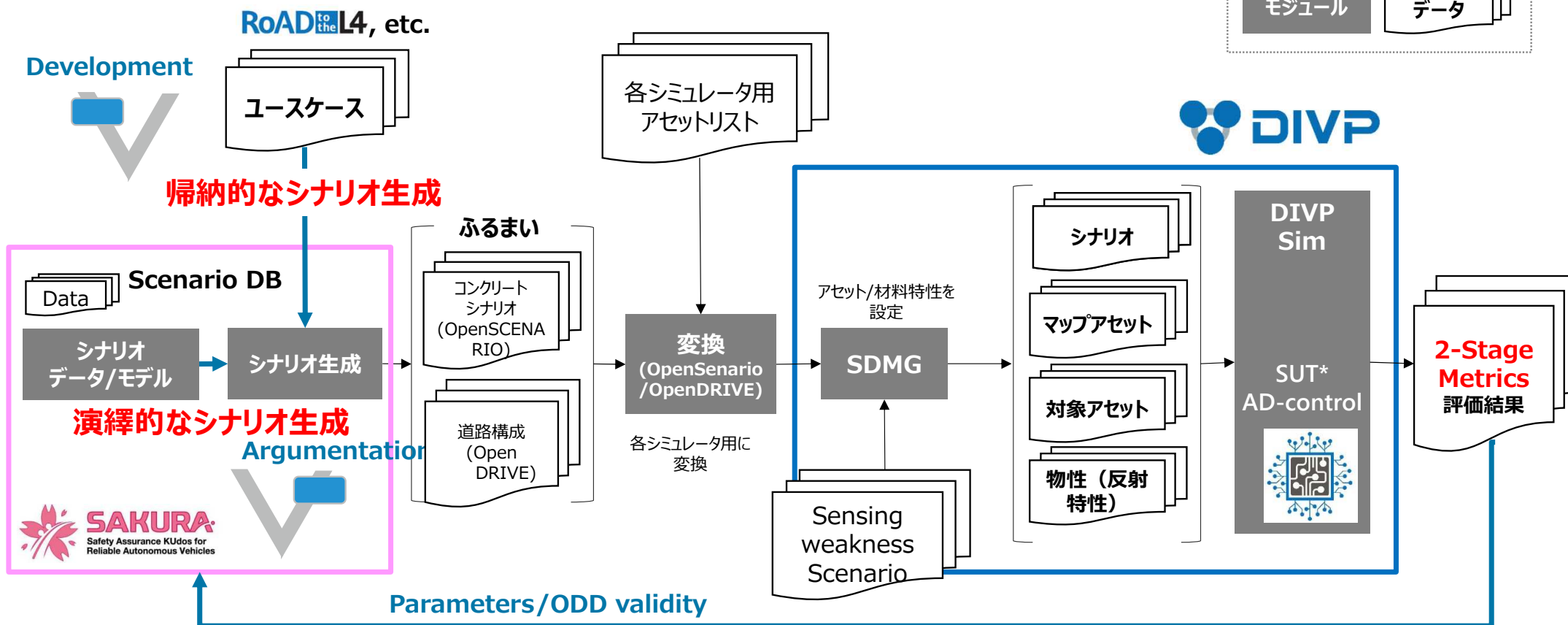
演繹的なアプローチ(網羅的な体系)と帰納的なアプローチ(個々のユースケース)を併用した評価用のシナリオを生成し、継続的に自動運転の安全性が向上する基盤を目指す。

演繹的なアプローチと帰納的なアプローチの併用

凡例

モジュール

データ



DIVPアセットリストに基づいて、SAKURA交差点出会い頭シナリオをOpenSCENARIO形式で定義した。
定義したフォーマットは、DIVP Simulatorで再現できることを確認した。

アセットリスト連携

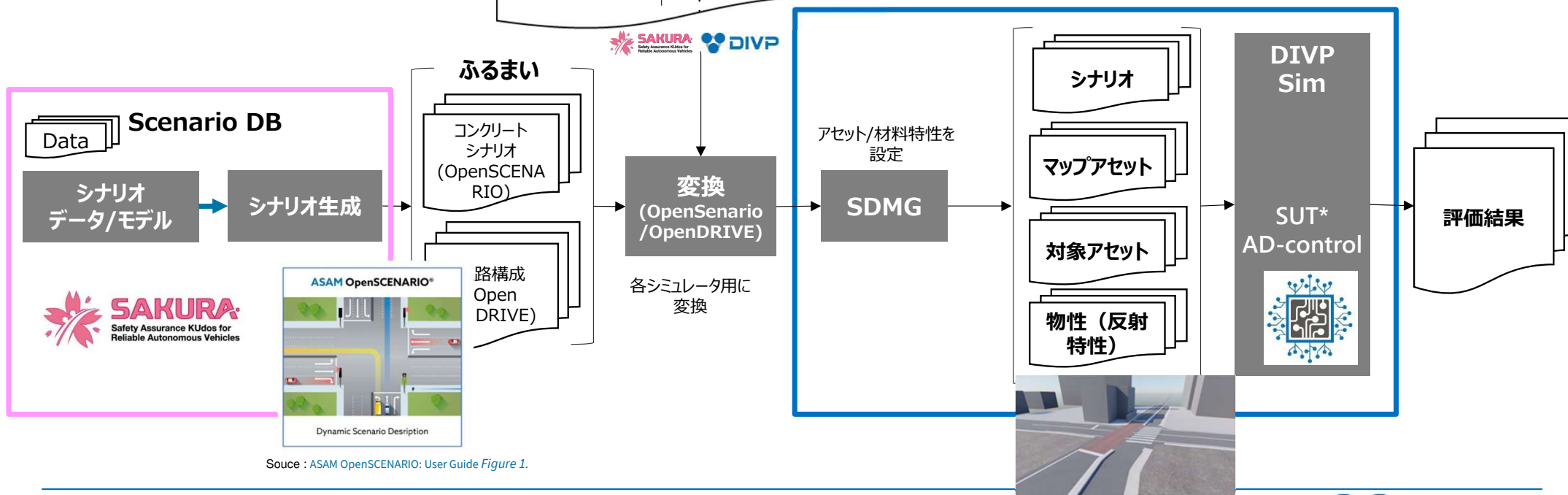
各ツール用アセットリスト

OpenSCENARIO model3d	アセット/モデル名
divp_Veh_ToyotaPrius_hi	プリウス(白)(高分解能)初期モデル
divp_Tgt_NcapBalloonCar	NCAPダミーバルーン
divp_Veh_HondaStepwgn	ホンダステップワゴン
divp_Veh_NissanXtrail	日産エクストレイル
divp_Veh_SubaruLevorg	スバルレヴォーグ
divp_Veh_MazdaCx3	マツダCX-3
divp_Veh_IsuzuErga	いすゞエルガ

凡例

モジュール

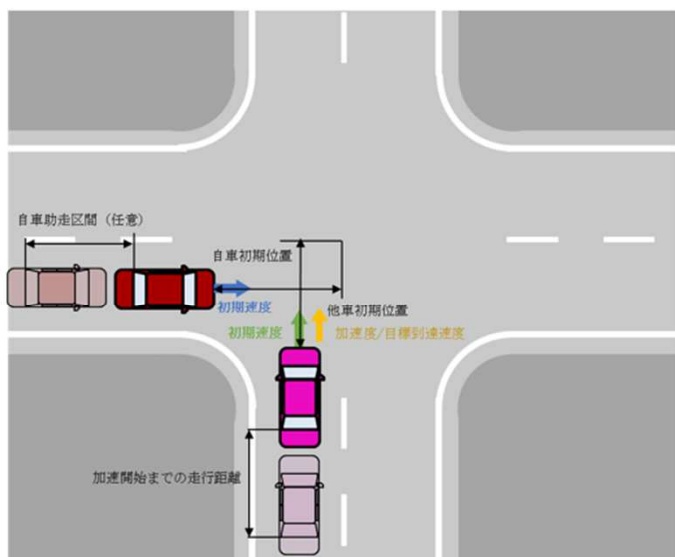
データ



JAMAが定義する58パターンの一般道シナリオ体系の交差点出会い頭シナリオについて、評価を実行するために必要なパラメータをリストアップした。

交差点出会い頭シナリオのパラメーター一覧

シナリオ概要



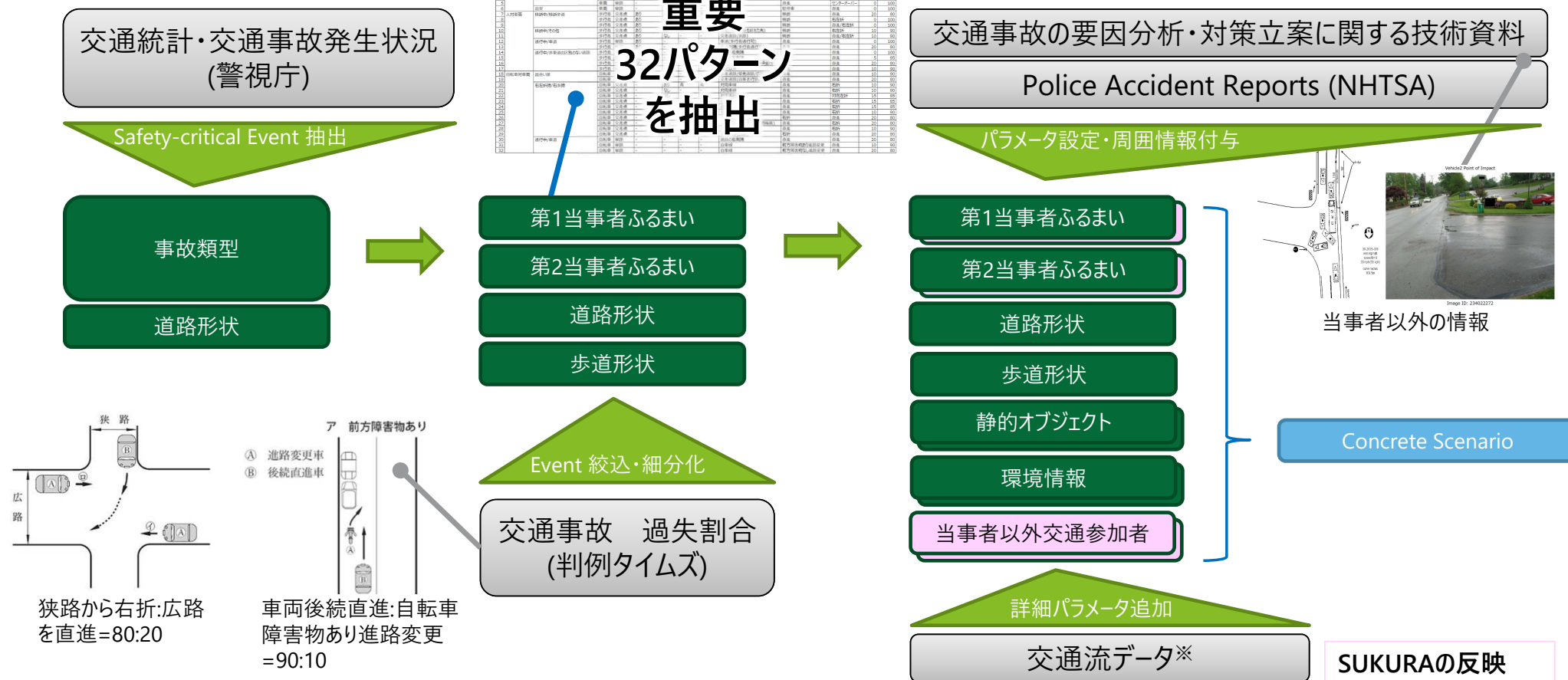
シナリオパラメーター一覧

対象	パラメータ	変数名	UI
自転車	初期位置[m]	-	直接入力
	初期速度[km/h]	Ve0	直接入力
他車	初期位置[m]	-	選択式 [直接入力/自動計算] ※非入力の場合は車両同士が衝突する位置で自動計算
	加速開始までの走行距離[m]	-	選択式 [直接入力/自動計算] ※非入力の場合は車両同士が衝突する位置で自動計算
	初期速度[km/h]	Vo0	直接入力
	加速度[m/s ²]	ac	直接入力
	目標到達速度[km/h]	-	直接入力

定義したパラメータを実交通流データの分布を参照し、シナリオを生成(P14と関連)

帰納的なアプローチとして、死亡事故の多さ、自車の過失割合などの観点から32パターンを抽出した。重大事故につながるケースと演繹的なアプローチで生成したシナリオの関係を整理していく。

重大事故の特徴に基づくシナリオ検討



■シナリオ-SIM接続に関する技術課題の解決

■交差点シナリオの評価範囲/評価基準案の作成

交差点の出会い頭シナリオの評価範囲案をドイツのドローンデータを用いて分析し、安全性の判断基準案についてDS実験データの取得・分析を通して考察を行った。

一般道シナリオ(出会い頭)の評価範囲案・評価基準案

交差点×出会い頭のシナリオ作成

交差点を非優先側から通過する際の安全要件を定量化



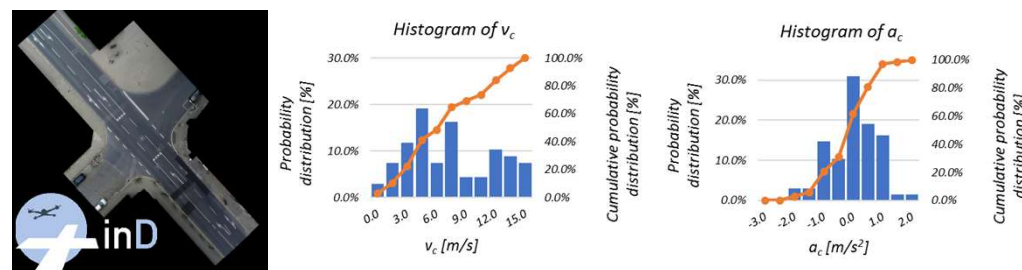
■ 評価範囲案

- 交差点通過時の交差車両のパラメータを特定
- 利用可能データとして独・inDデータを分析
- 他車速度・加速度のパラメータ分布を作成

■ 評価基準案

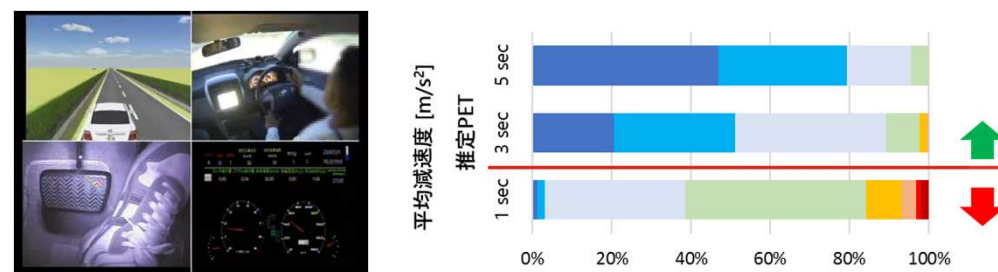
- 交差車両ドライバが妨害と感じる度合いを調査
- 3種類の時間差を設定したDS実験を実施
- 約3秒の時間差を確保することが必要(暫定案)

1. 他車のふるまいを定義するパラメータ分布



他車のふるまいを定義するための定量的なエビデンス

2. AD車の安全性を判断する評価基準

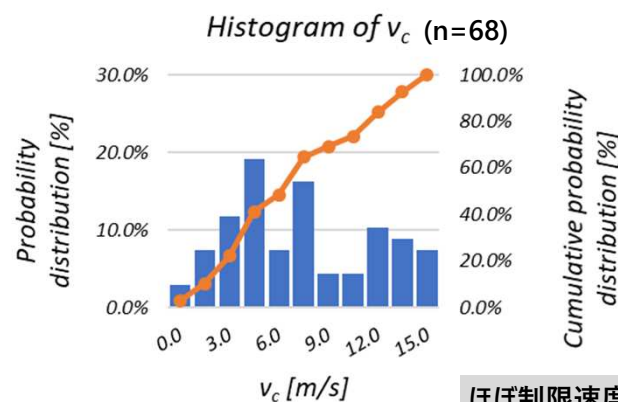


自車が交差点通過後に確保すべき余裕度の目安

他車のふるまい(無信号交差点を優先側から接近・通過)を定義するパラメータ分布を分析し、出会い頭シナリオの評価条件の設定に活用する。

交差点×直進×直進のシナリオパラメータの分析結果

速度

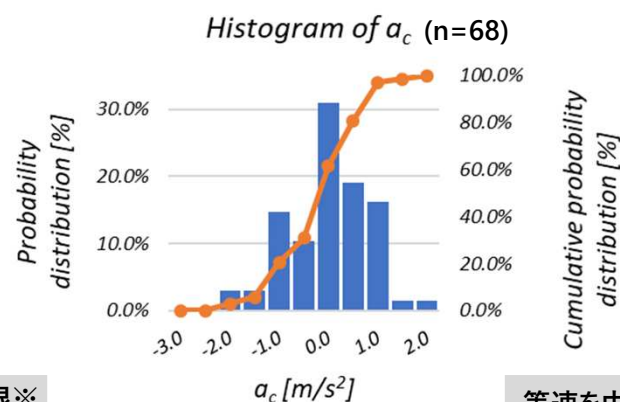


v_c	max	14.42	m/s
	95%ile	13.84	
	75%ile	10.60	
	50%ile	6.22	
	25%ile	3.16	
	5%ile	0.61	
	min	-0.05	

ほぼ制限速度が上限※

※ドイツ特有の可能性あり

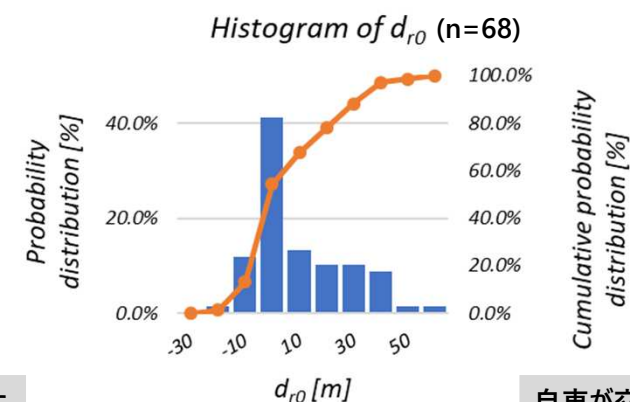
加速度



a_c	max	1.61	m/s ²
	95%ile	0.77	
	75%ile	0.20	
	50%ile	-0.19	
	25%ile	-0.66	
	5%ile	-1.67	
	min	-2.47	

等速を中心に
-2.5~1.6m/s²

交差点からの距離



d_{r0}	max	57.99	m
	95%ile	36.17	
	75%ile	16.54	
	50%ile	-2.45	
	25%ile	-7.70	
	5%ile	-18.08	
	min	-20.07	

自車が交差点
境界到達時に
-20~58m

自車が交差車より先に通過した後に確保すべき余裕の目安をドライビングシミュレータ実験データに基づいて考察した。実験では3種類の時間差を設定し、時間差とドライバ反応の関係を調査した。

3種類の時間差を設定したDS実験の実施

DS実験の概略

- 内容：2台の車両が交差する際に、ドライバが妨害されたと感じる条件をDS実験により調査
- 狙い：手動運転ドライバが妨害されたと感じる条件の特定と期待できる反応の定量化

実験条件

自車速度[km/h]	他車速度[km/h]	時間差(PET)[sec]
20	10	1
40	20	3
50	30	5

条件別のドライバ反応/主観評価データを収集(28名)

PET: Post Encroachment Time(交差する時間差を示し、絶対値が小さいほど危険)

時間差5秒



時間差3秒



時間差1秒

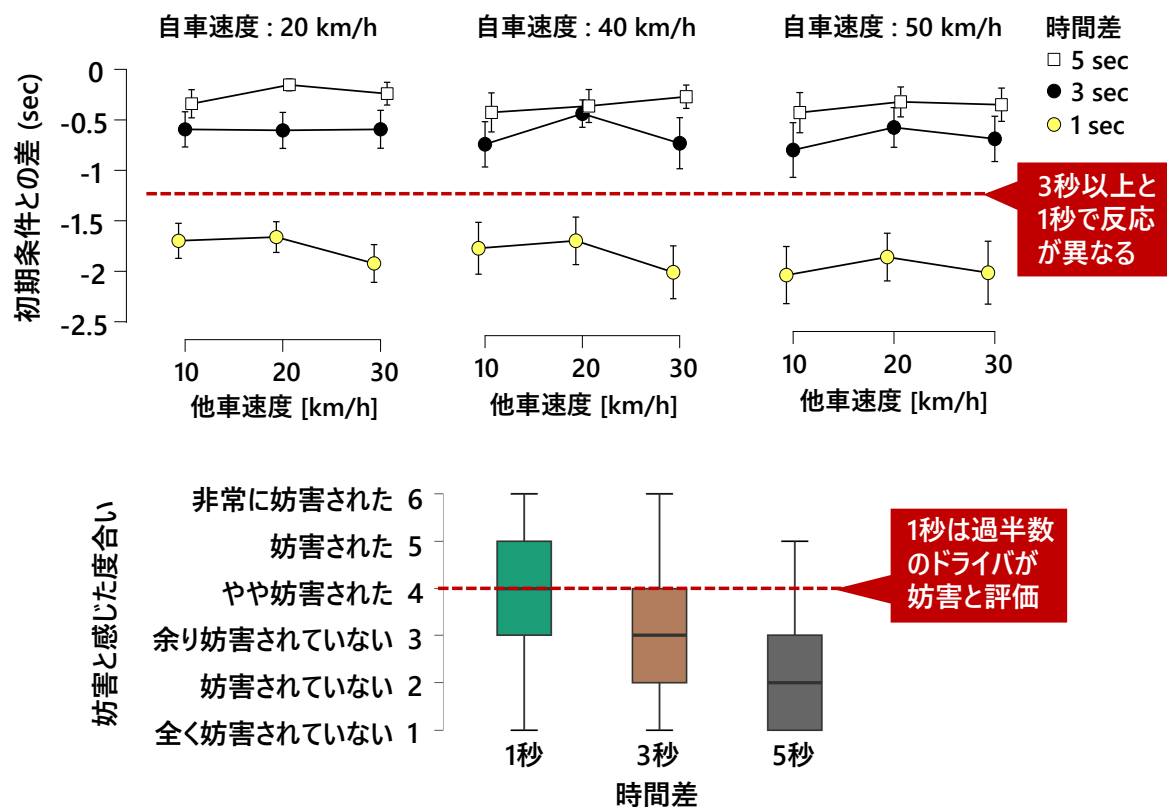


- 自車：50km/h
- 他者：30km/h

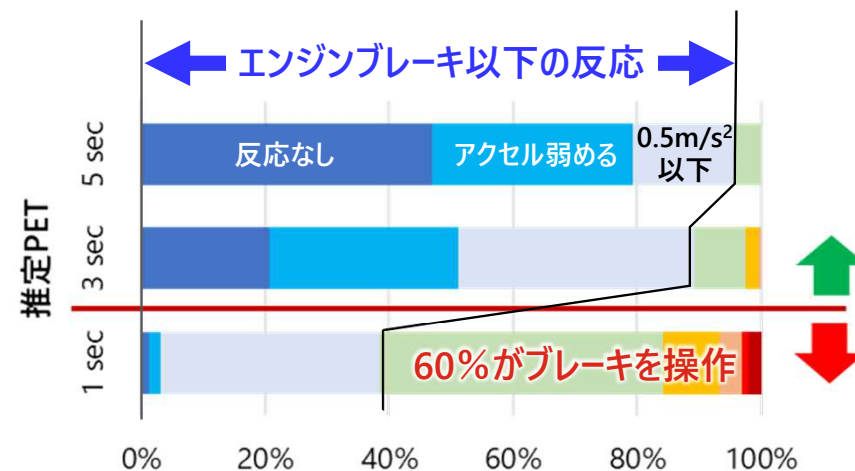
ドライバは交差時の時間差として3秒程度を期待する傾向と、エンジンブレーキ以下の反応であれば受け入れやすい傾向がみられた。これらの傾向に基づいて安全性を判断する基準案をまとめる。

1秒/3秒/5秒の時間差に対する実験データ分析結果

時間差別のドライバ反応・主観評価



時間差別のペダル操作状況・ブレーキ操作量



- ・ドライバは交差時間差として3秒程度を必要とする
- ・アクセルオフ(エンジンブレーキ)の反応が期待できる

今後、認識性能モデルを用いた真値シミュレーション環境を構築し、磯坪交差点シナリオと安全性評価指標に基づくADシステムの安全性評価を実施する

24年3月までの計画: 2nd-Stage安全性評価

Team1

12~1月

シナリオ定義

交通シナリオ



交差車両のふるまい

- ・速度
- ・加速度

Team2

12~1月

2nd-Stage構築

真値Sim



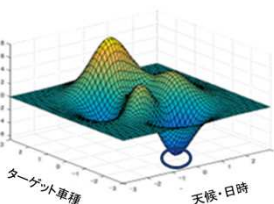
距離

車種・色

天候条件

認識性能モデル

認識距離の誤差[m]



認識結果

制御・車両モデル



1~3月

安全性評価

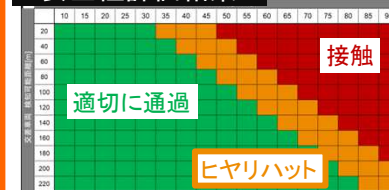
安全性指標



衝突回避・衝突余裕など

集約・時間差

安全性評価結果



高速クローズドループシミュレーション

自車の移動

高速な認識性能モデルにより、認識性能を考慮したADシステムの安全性評価が実施できる

一般道シナリオ体系に沿って評価範囲と評価基準の整備が必要であるが、協調領域に活用できる日本国内の交通流データの整備と総合的な視点で安全性を評価できる手法が課題といえる。

今後の課題(Team1目線)

日本における一般道データ収集

- 現状：日本国内の一般道の交通流データが少ない
→ 海外のオープンデータを活用中
(国別の規制と実勢の差などが不明)
- 今後：既存データ活用×新規データ取得の両面から
優先度の高い一般道シナリオ用データを整備



自動運転の安全性評価指標の発展

- 現状：最低限求められる安全性の評価指標の準備
→ 道路交通法に基づく安全要件の具体化
(最終的に確保された余裕度に着目)
- 今後：社会受容性の高い自動運転の実現に向けて、
安全を確保する過程に着目した評価を実施

安全性評価結果



+ α

END

Tokyo Odaiba → Virtual Community Ground

