

# 安全性評価基盤検討TF

Team1 活動成果報告

2024/03/01



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
- オーナーカーの自動運転技術のレベルアップ

  
成果の発信

### 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

  
プロジェクト間の連携を通じた  
安全性評価基盤の構築

### Team1

- UCに基づくシナリオと評価指標の検討

   
シナリオ・評価指標 → 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

   
Virtual評価結果 → refシステム

  
基盤開発を支える  
要素技術の開発



- 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



- 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

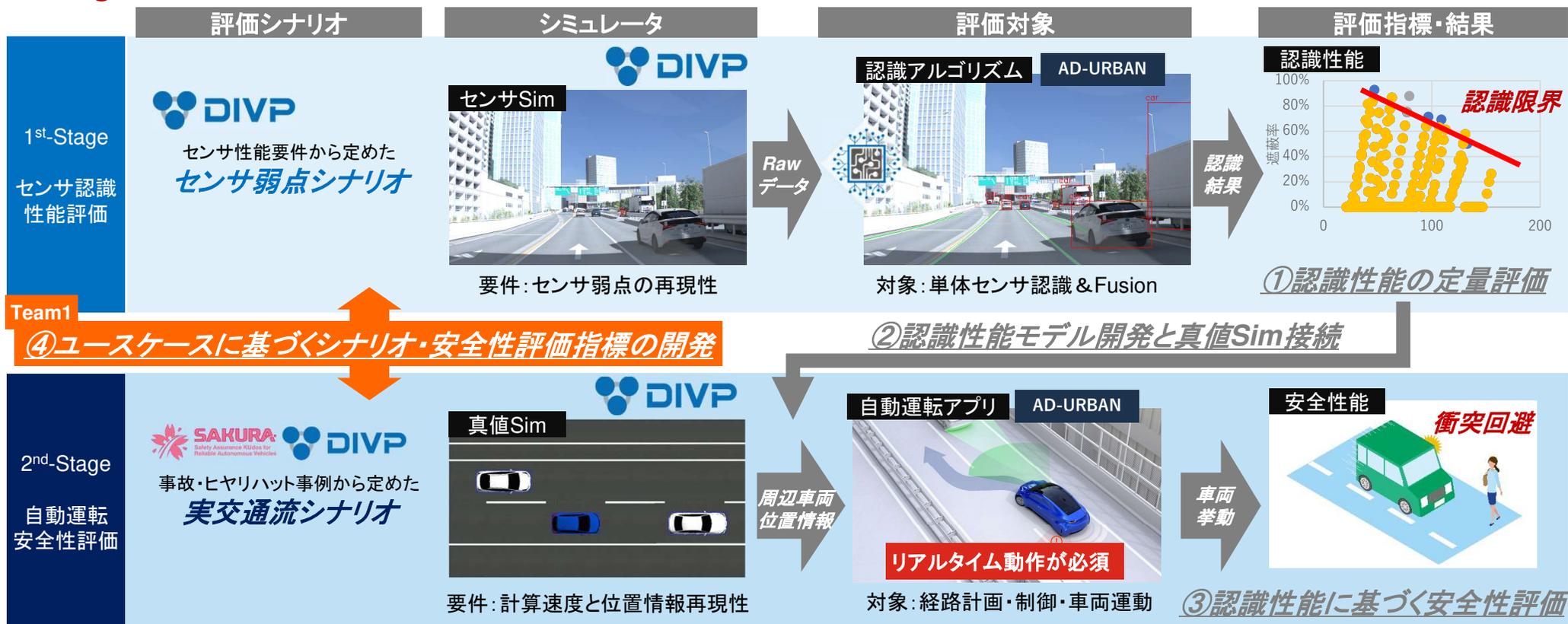


- 認識技術、システム制御の研究開発

FY23では、各Stageをつなげる重要なモデルとして「認識性能モデル」を定義し、真値Simも活用した2-Stage評価体系の確立を目指す。

**Team1実施項目**

**2-Stage 評価体系と評価指標の確立**



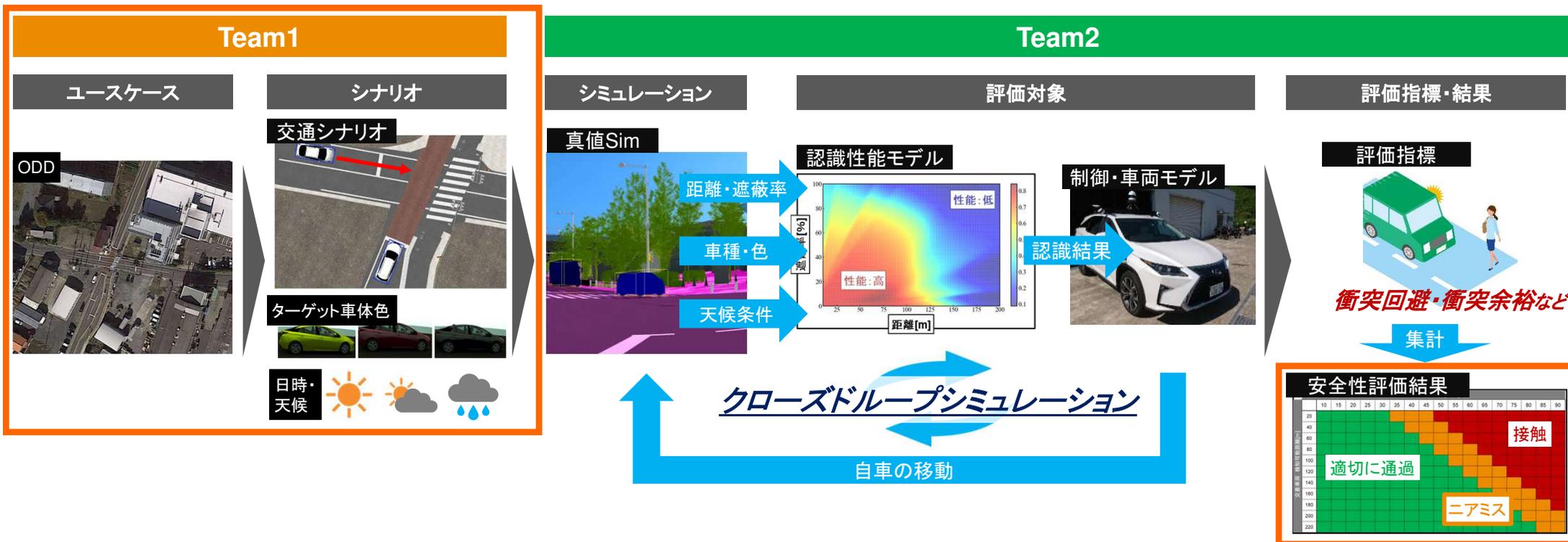
国際標準でも議論が進む、仮想空間によるデジタルツイン検証を世界に先駆け確立

■交差点通過の安全性評価範囲/基準案の具体化

■帰納的なアプローチに基づくシナリオの作成

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：2<sup>nd</sup>-Stage安全性評価

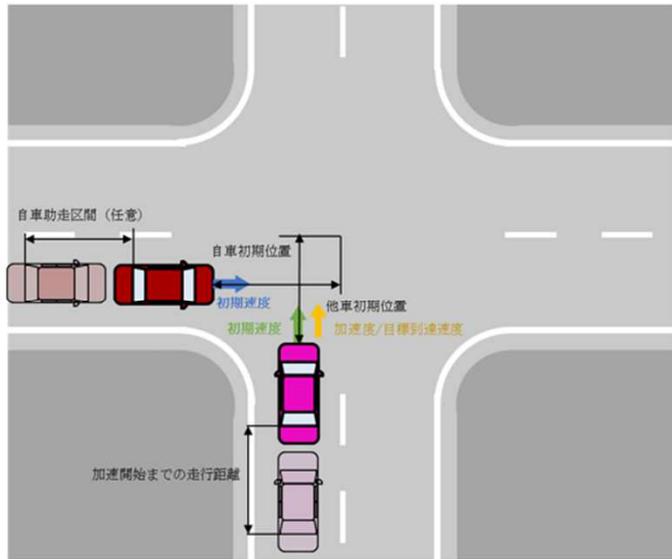


高速な認識性能モデルにより、認識性能を考慮したADシステムの安全性評価が実施できる

JAMAが定義する58パターンの一般道シナリオ体系から交差点出会い頭シナリオを対象に選定し、シミュレータ上で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 <sup>2</sup> ]	ac	直接入力
	目標到達速度[km/h]	-	直接入力

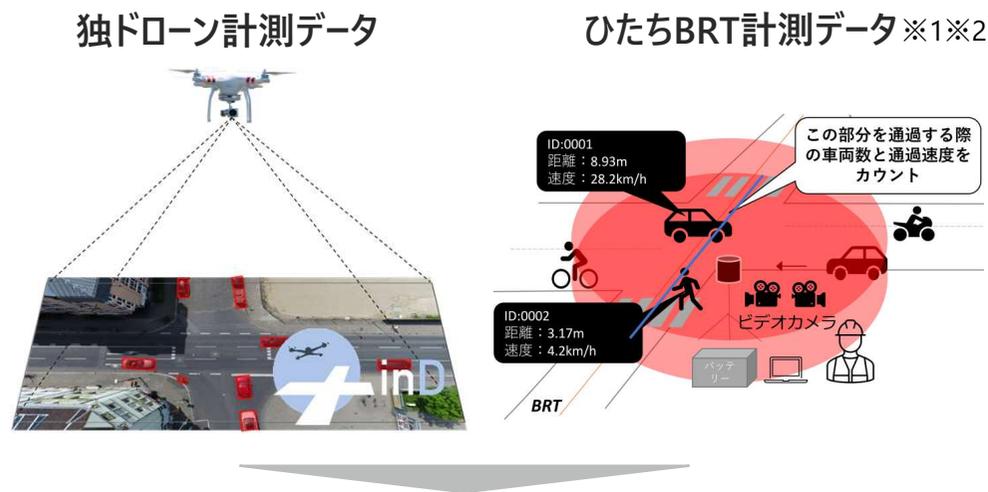
定義したパラメータを実交通流データの分布を参照し、シナリオを生成(P7と関連)

交差点評価用シナリオを具体化するため、海外既存データ・RoAD to the L4テーマ2計測データを分析し、交差車のふるまいについて定量的な範囲を定義した。

## 交差点を非優先側から安全に通過する性能評価

### 交差車のふるまいの定義(暫定)

#### 実交通流データ分析に基づいて定義



- ・法定速度/実勢速度の両面の考慮が必要
- ・85%ile値や最高速度の観点で範囲を検討

※1 バスとの錯綜のない車両単独走行データの結果が多い点に留意が必要。  
 ※2 バスと錯綜時の交差車ドライバーによる反応を考慮することが別途必要。

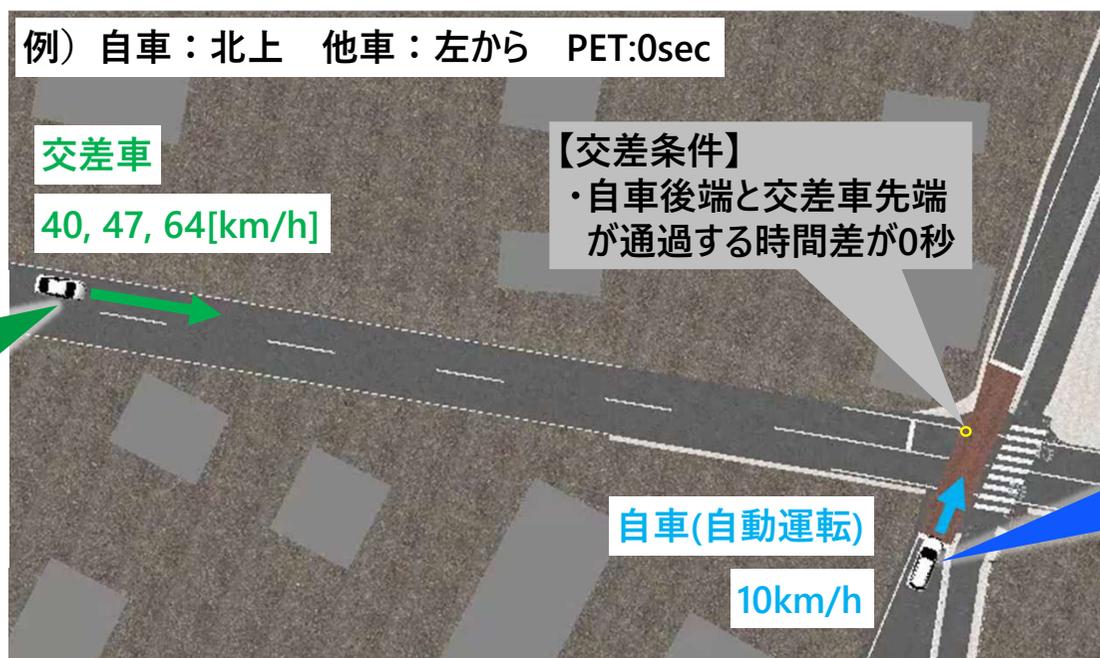
### 安全性評価用シナリオの範囲(暫定)

#### 自転車・交差車のふるまいの組み合わせ

分類	項目	値	設定数
自転車	進行方向	北上、南下	2
	速度[km/h]	0(停車) → 10	1
他車	進行方向	自転車基準で左から、右から	2
	速度[km/h]	40, 47, 64 ※1※2	3
	距離[m]	PETによって決定	-
	PET[s]	6.0 ~ -2.0 (0.5刻み)	17
	色	白、黒、青、黄緑、赤	5
環境	日時	12月 10:30、13:00、15:40	3
	天候	晴れ、曇り、雨	3

Team1において交差点評価シナリオを具体化し、Team2のシミュレーションによって評価される自動運転システムの安全性評価の前提条件を設定した。

### 交差点通過の安全性評価に関する前提条件（交通参加者のふるまいと初期の交差条件）



- ・二車両が予め設定された時間差で通過(余裕のある条件から衝突する条件)
- ・自動運転システムの認識・判断によって安全な通過を実行できるか評価
- ・安全な通過の評価の観点：「衝突しないこと」「交差車を妨害しないこと※」

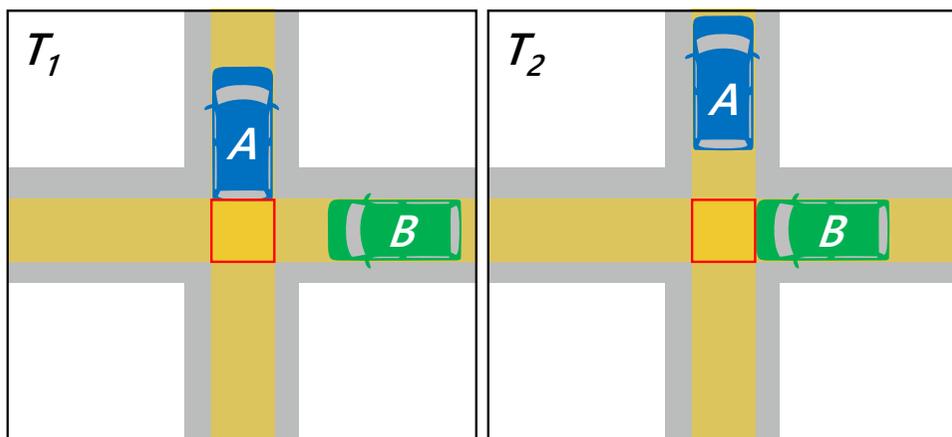
※妨害の定量的な定義・判断基準は確定していないため、今回の評価では交差車のドライバが妨害と感じやすい水準を暫定的に設定。

安全性指標の一つとして二車両が交差する危険度合いを時間の単位で示すPETを採用した。  
 「衝突しないこと」・「交差車が期待する時間差を確保すること」の観点でADSの安全性を評価する。

## 2<sup>nd</sup>-Stage：安全性を判断する評価基準案の提示

### PETの定義

二車両の交差する危険度合いを時間で表現



車両Aが通過して車両Bが差し掛かるまでの時間

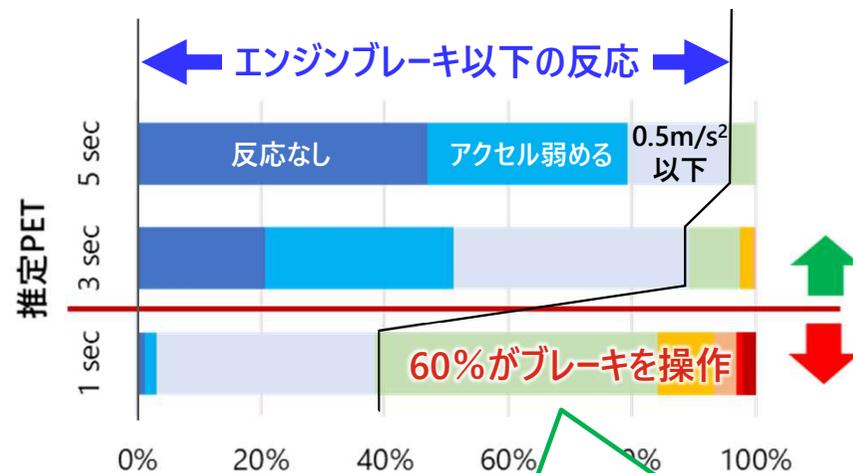
$$PET = T_2 - T_1 \quad (\text{事後結果を示す指標})$$

今後：交差点を通過する過程を評価できる指標を検討する

### 安全性判断の閾値案の作成

交差車(手動走行)が妨害と感じやすい水準の分析

DS実験(1/3/5秒の3水準のドライバ反応を調査)



PETが3秒以上確保されることを暫定的な評価基準とする

自車が交差車より先に通過する場合の確保すべき時間差をドライビングシミュレータ実験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

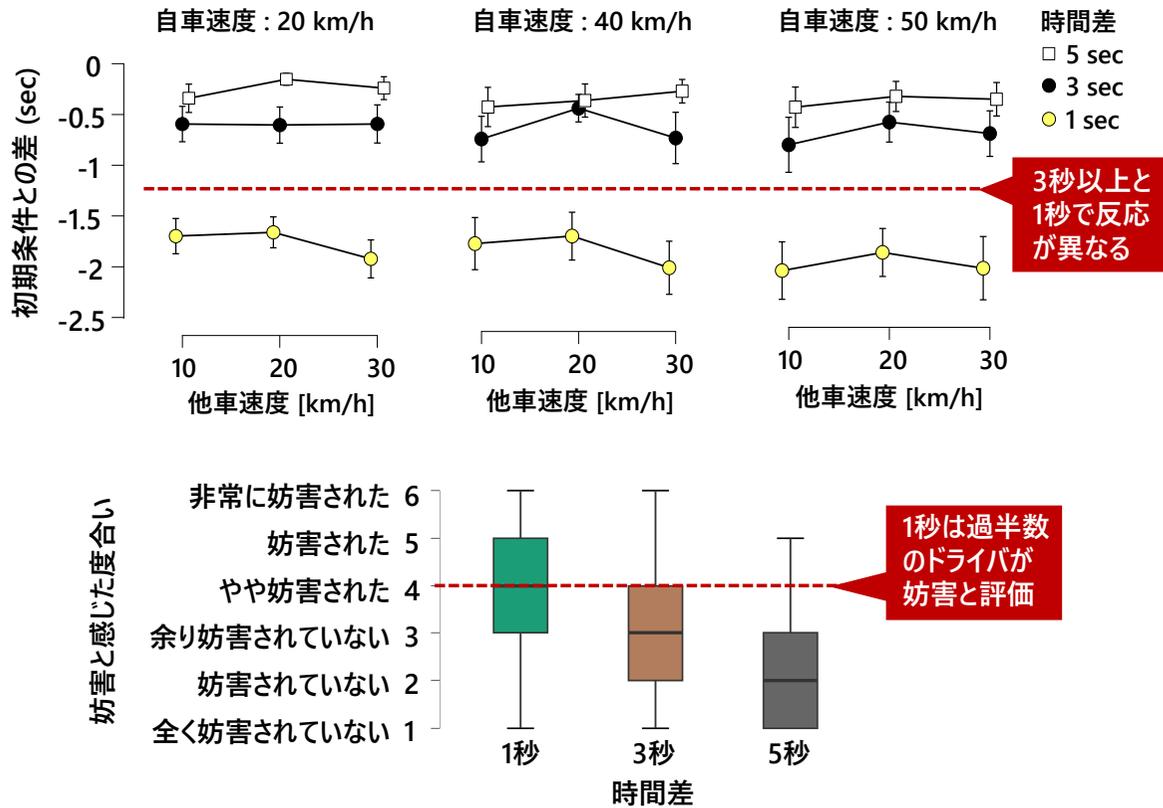


- 自車：50km/h
- 他者：30km/h

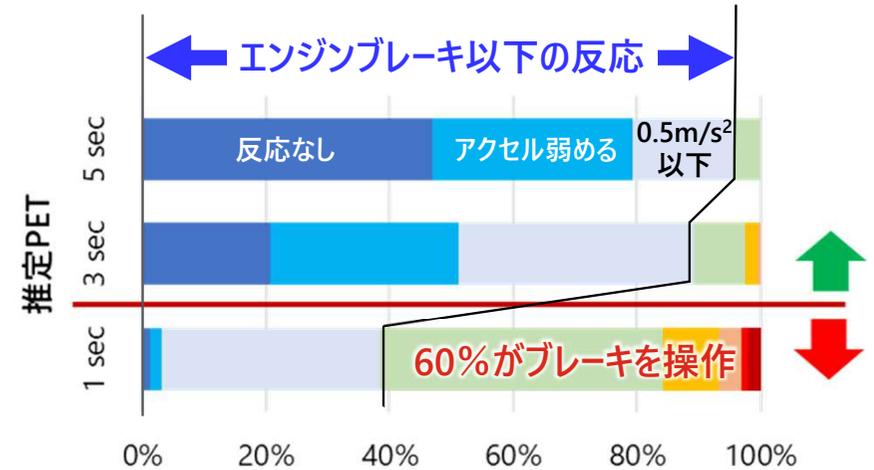
ドライバは交差時の時間差として3秒程度を期待する傾向と、エンジンブレーキ以下の反応であれば妨害と感じにくい傾向がみられた。これらの傾向に基づいて安全性を判断する水準案を示した。

## 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

■交差点通過の安全性評価範囲/基準案の具体化

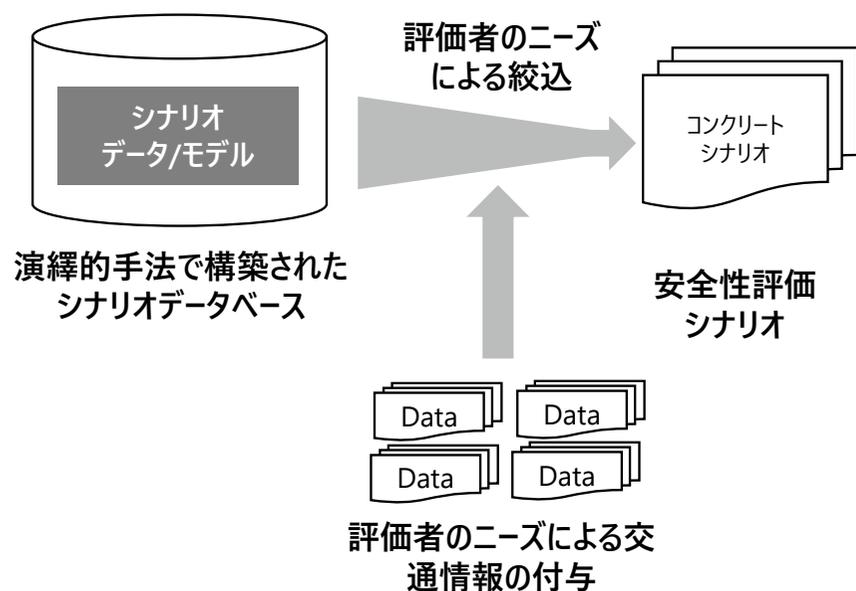
■帰納的なアプローチに基づくシナリオの作成

将来の多様な開発・評価ニーズに応えるため、演繹的・帰納的なアプローチで評価シナリオを準備する。それぞれで作成したシナリオを相互に参照することで安全性評価条件の充実を図る。

## 演繹的・帰納的なアプローチによる評価シナリオの準備

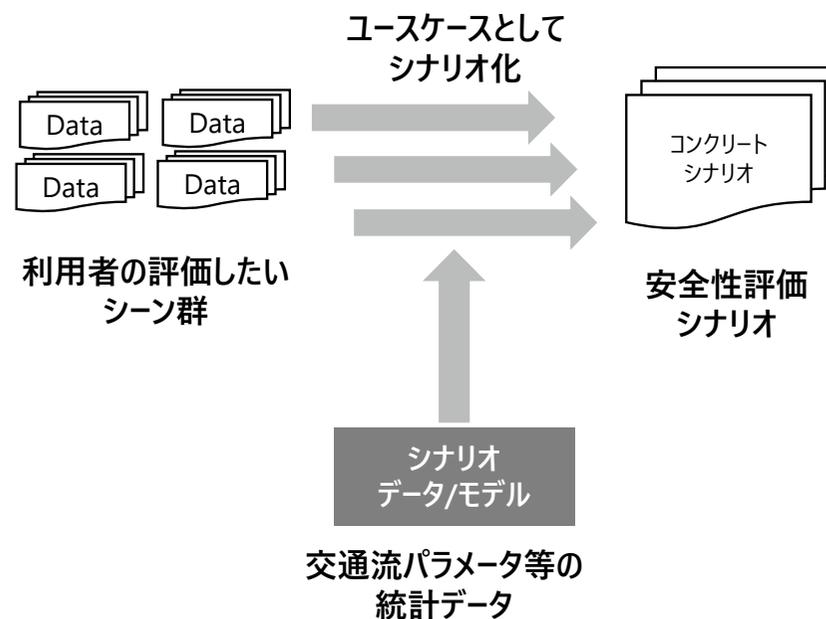
### 論証(Argumentation)目的のプロセス

- 演繹的アプローチによるシナリオ生成
- 各パラメータの組み合わせでコンクリートシナリオを生成



### 開発 (Development) 目的のプロセス

- 帰納的アプローチによるシナリオ生成
- 発生した危険事例からコンクリートシナリオを生成



## 帰納的なシナリオ生成に向けて、実際に発生した事故事例を再現・模擬する戦略を採用した。

### 帰納的なシナリオ作成用のユースケース選定基準

- 死亡事故件数
  - 自動運転時の深刻な事故を避けるため、死亡事故につながりやすい事故類型に分類される事例をユースケースとして扱うことが、安全性評価のために一定の意味を有する。
- 自車の過失割合
  - 自車の過失が高くなる事故類型及び当事者の行動をユースケースとして扱うことが、自車が避けるべき事故事例を扱うという意味で安全性評価を行うものの興味を引く内容となる。
- 事故要因となる環境
  - i. 多様な事故の要因となる交通環境(道路形状、周辺構造物、交通参加者)をユースケースとすることで、センサでの検出に与える影響を評価できる。
  - ii. 実事故データより事故要因を確認し、ユースケースに取り入れる。

警視庁 交通統計・交通事故発生状況  
[https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/about\\_mpd/jokyo\\_tokei/tokei\\_jokyo/index.html](https://www.keishicho.metro.tokyo.lg.jp/about_mpd/jokyo_tokei/tokei_jokyo/index.html)

判例タイムズ 交通事故 過失割合

国総研 交通事故の要因分析・対策立案に関する技術資料  
<https://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0787.htm>

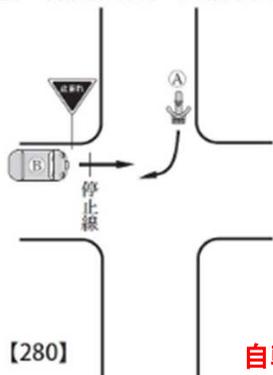
NHTSA Crash Viewer  
<https://crashviewer.nhtsa.dot.gov/>



交通事故の判例タイムズに掲載されている車両相互事故から重要パターンを選定した。

## 自転車対車両

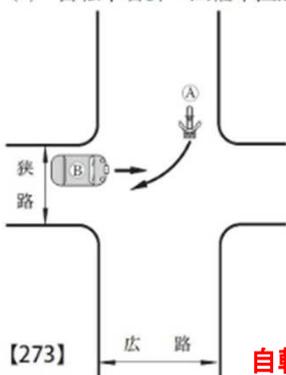
(b) 自転車右折・四輪車直進



【280】

自転車右折・車両直進

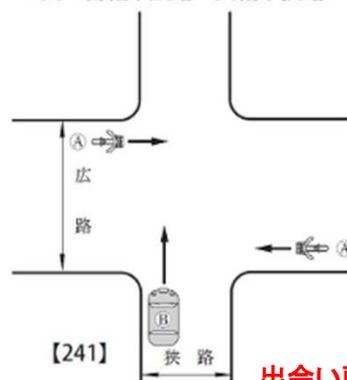
(a) 自転車右折・四輪車直進



【273】

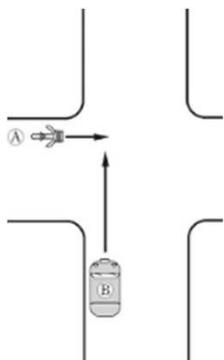
自転車右折・車両直進

(ア) 自転車広路・四輪車狭路

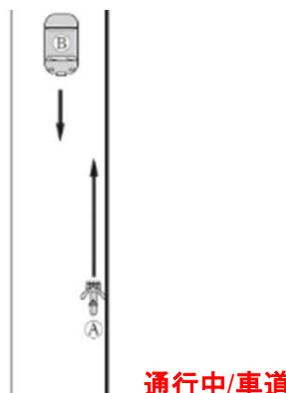


【241】

出会い頭



出会い頭



通行中/車道

ア 前方障害物あり

- Ⓐ 進路変更車
- Ⓑ 後続直進車

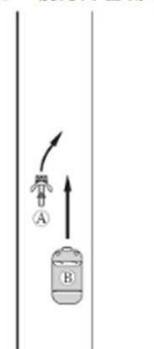


【306】

通行中/車道

イ 前方障害物なし

- Ⓐ 進路変更車
- Ⓑ 後続直進車



【307】

通行中/車道

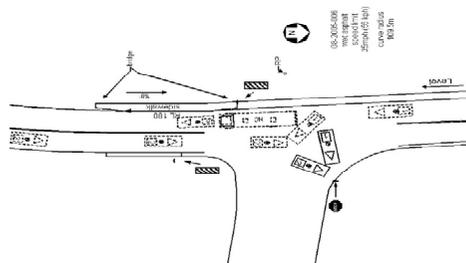
(引用元:判例タイムズ)

# KAIT ユースケース作成戦略

事故報告書等のデータベースより、任意の事故パターンと一致する事故報告書を抽出し、シナリオ化する。

- NHTSA Crash ViewerのDBから抽出する場合 - 車両相互事故

[NMVCCS Case Viewer - CaseID:2005008586081 \(dot.gov\)](https://www.nhtsa.gov/nhtsa/crash-viewer/caselist/caselist.html?caseid=2005008586081)



事故概要図



現場写真



Image ID: 23402272

Pre-Crash Events		
Vehicle	Movement Prior to Critical Crash Envelope	Critical Pre-Crash Event
1	Gong straight	This Vehicle Traveling- Turning left at intersection
2	Negotiating a curve	Other Vehicle Encroachment- From opposite direction - on
Pre-Crash Details		
Vehicle	Attempted Avoidance Maneuvers	Stability of Vehicle
1	Braking with lock-up	Sliding longitudinally->rotation less than 30 degrees
2	Braking with lock-up	Sliding longitudinally->rotation less than 30 degrees
Vehicles		
Vehicle	Year	Make
1	2002	DODGE
2	2000	HONDA
Persons		
Vehicle	Occupant	Occupant's Role
1	1	Driver
2	1	Driver

事故ステータス

第1当事者ふるまい

第2当事者ふるまい

道路形状

歩道形状

静的オブジェクト

当事者以外交通参加者

環境情報

- 事故事例集、裁判判例等から抽出する場合 - 自転車対車両

[引用] ITARDA INFORMATION

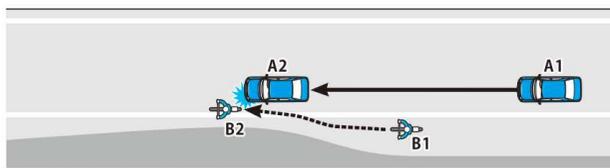


図16 自転車の進路変更に対応できずに発生した追突事故

事故概要図

2件目の事故は、**自転車の進路変更に対応できずに**発生した追突事故です。この事故も夜間に発生した事故で、事故が発生した時刻は**22時を過ぎ**で、小雨が降っていました。20代の男性が運転する普通乗用車(以下、A)は、制限速度40km/hの**片側1車線の直線道路を約50km/h**で走行していました。Aは前方に60代の女性が乗った自転車(以下、B)を認知しましたが、Bが左側の歩道上を通行していたため、あまり気にせずに行っていました。しばらくしてBは左側から私有地がせり出して、徐々に歩道がなくなったため、**道路線形に沿って進路を少しずつ右**に移したところ、AはBの進路変更に気付くのが遅れ、Bと衝突してしまいました。

事故ステータス

# 車両相互（車両対自転車）のユースケースシナリオ作成状況報告

## 作成シナリオ詳細

#	シナリオ名
1	単路-自転車対車両-通行中/車道

### 参考事故データ

ITARDA INFORMATION No.125 ⑤事件事例の紹介

### 認識不良要因

- 自転車進路変更の未認識

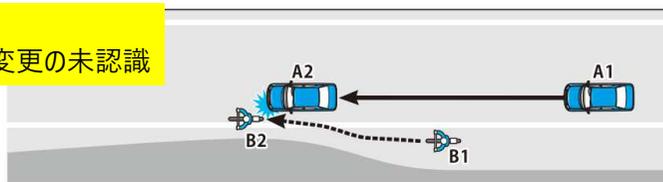
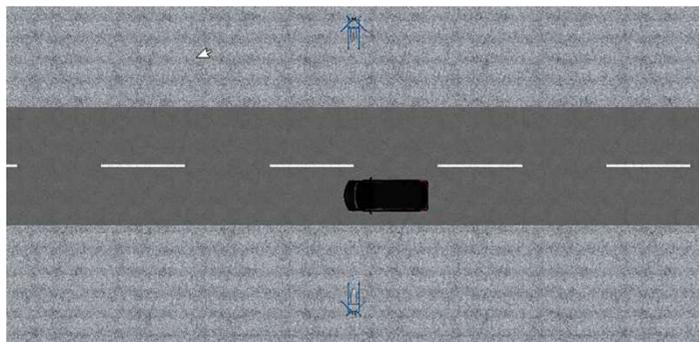
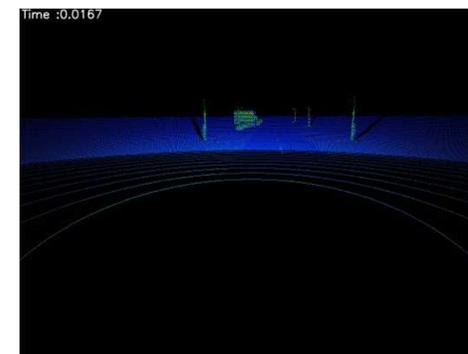


図16 自転車の進路変更に対応できずに発生した追突事故



## DIVP-PFでのシナリオ実行・認識結果



事故要因の解析結果から別の要因を付与  
→進路変更の要因が駐車車両の場合



**END**

*Tokyo Odaiba → Virtual Community Ground*

