

自動運転の安全性評価フレームワークの狙い

物理原則に基づく安全性保証へのアプローチ (Physical Principle Approach)

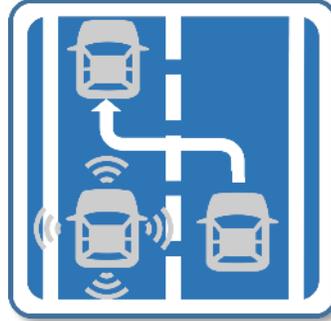
日本自動車工業会
自動運転部会 AD安全性評価分科会長

佐藤 秀亮

1. AD安全性評価 分科会

2018年4月～

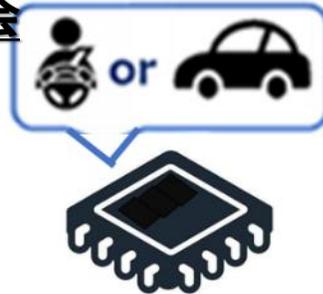
- ・シナリオベース安全性評価
実環境観測DB
安全性論証基準
安全論証シナリオ体系



2. DSSAD対応検討 分科会

2018年6月～

- ・自動運転車に関する
作動状況記録保持
- ・使用目的、運用手法
関連部会との連携



3. AD法規対応 分科会

2019年3月～

- ・WP29国際基準調和対応
(GRVA, IWG等)
- ・日本国の安全ガイドライン
保安基準対応



4. AD道交法対応 分科会

2018年12月～

- ・日本国の交通ルール
に関する条文の業界統一解釈
- ・運転者の存在を前提としない
自動運転の実現に向けた意見集約



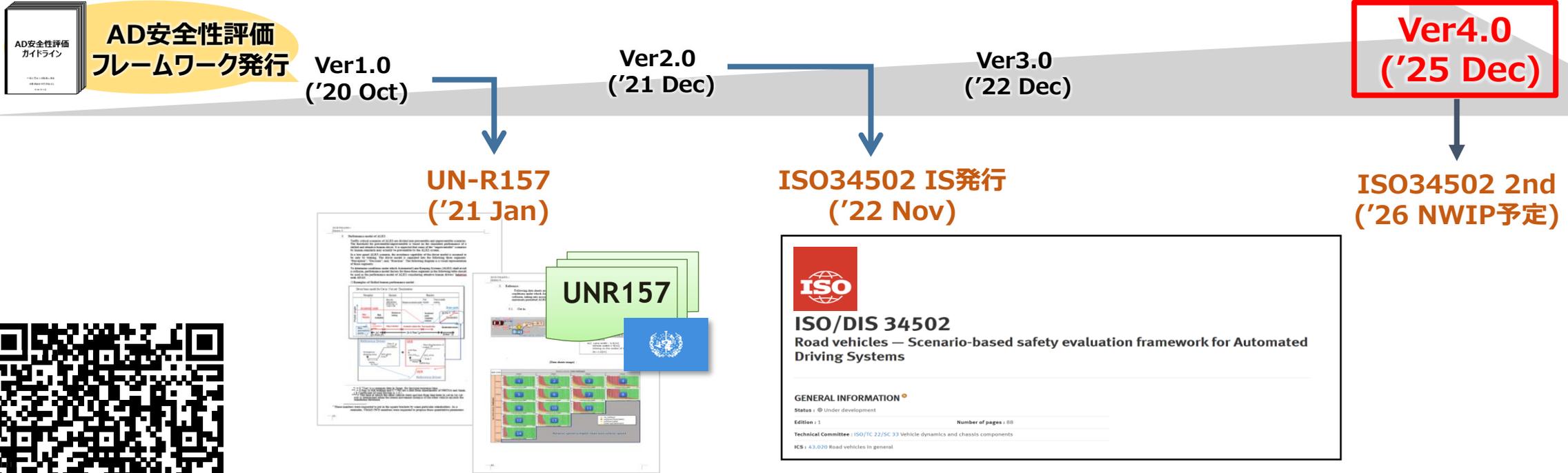
5. AVP ワーキンググループ

2024年4月～

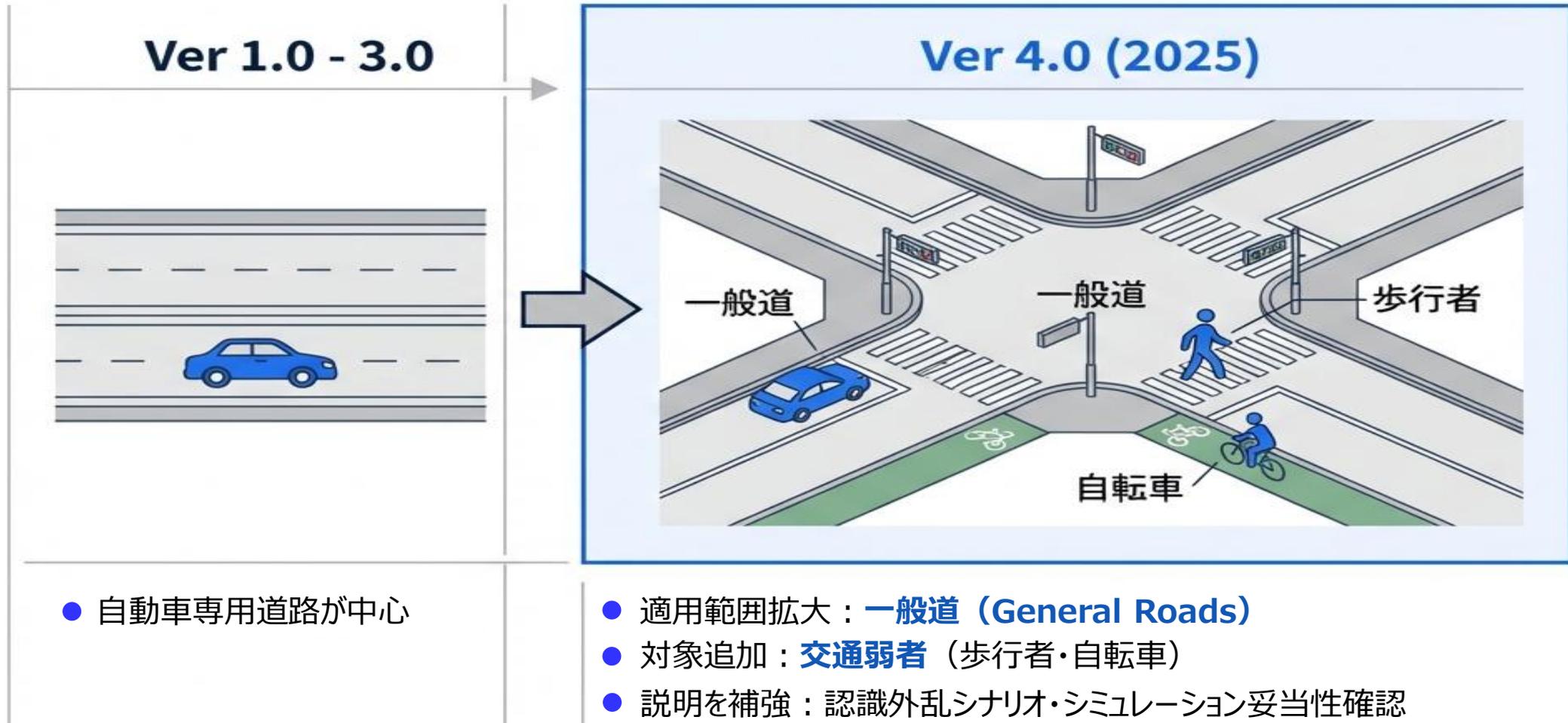
- ・AVP社会実装に向けた機能分類と
ユースケースの整理
- ・AVPに係る国内外の制度整備への
業界対応



- 【狙い】**
- ✓ 自動運転の安全性評価手法について、実際の開発プロセスをふまえた**自工会が考える最適解**
 - ✓ ホワイトペーパーとして公知のドキュメントとし、ISOの標準化をはじめとする**国際連携への提案力強化**



■ 安全性評価の適用範囲を自動車専用道から一般道へ拡張



手法

シナリオベースアプローチによる安全性評価手法の開発

協調

・ISO3450x策定、日欧米White paper発行
・GRVAへの日本案インプット

手法の開発

自動運転の安全性評価フレームワーク



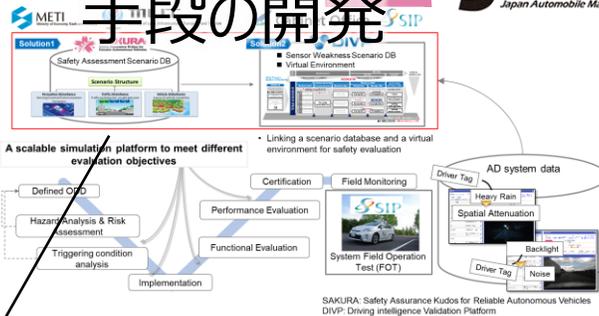
国際提案

・手法の成熟
・仲間づくり

基準・標準



手段の開発



実践・検証

(AD安全性評価手法の実現性・実行性の検証)

All Japan体制で実施

手段

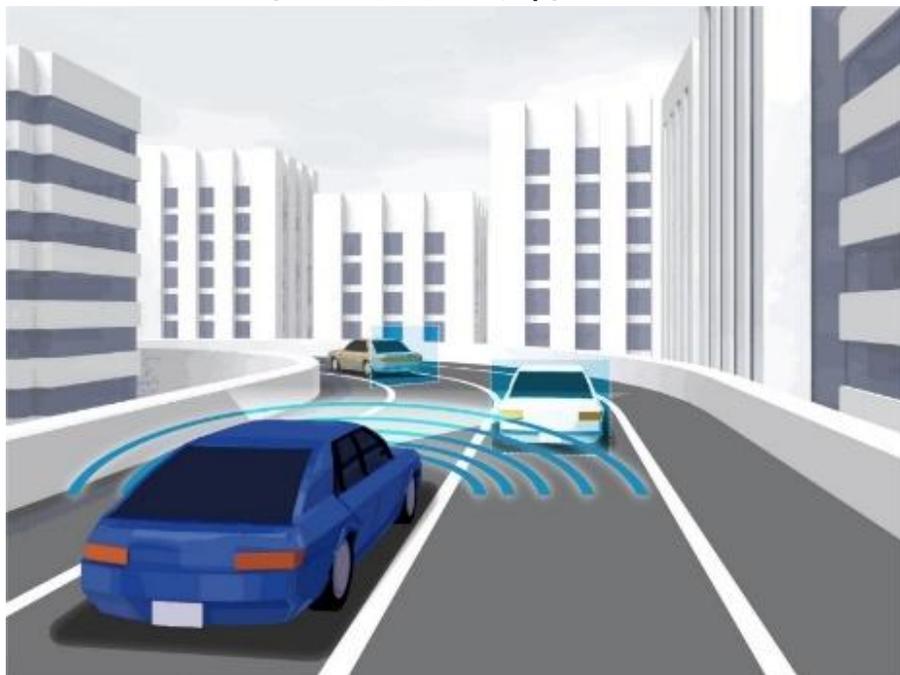
・シナリオDB (予見&防止) の実装・出力
・MLIT保安基準/ガイドライン具体化に対応

活用



■ 自動運転の安全性は、長距離の耐久走行試験だけでは確保できない

フィールドでの動作テスト



様々な交通条件・環境条件



自動運転が社会受容されるためには・・・

自動運転システムが安全であることを、高い「透明性」と「説明性」をもって周知することが求められる

Challenge

実際に起こりうる安全関連の現象に対して、検証範囲を定義すること

合理的に予見可能かつ防止可能な交通事故を防ぐ

自動運転車両は、その運行設計領域（ODD）において、合理的に予見可能かつ防止可能な交通事故を発生させてはならない。（WP29安全原則）

(UN/WP29, 2019, WP29-177-19, Framework document on automated/autonomous vehicles)

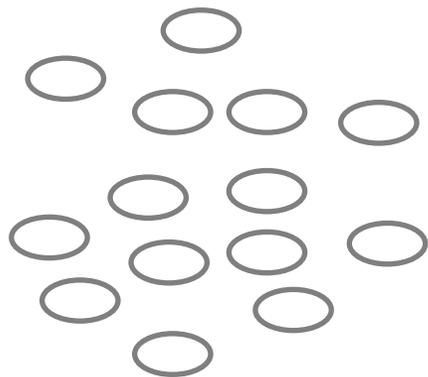


運転行動の3要素である

「**認識外乱（認知）**・**交通外乱（判断）**・**車両運動外乱（操作）**」でシナリオを体系化

原理原則が異なる3要素毎に安全観点で網羅的なシナリオ体系を構築

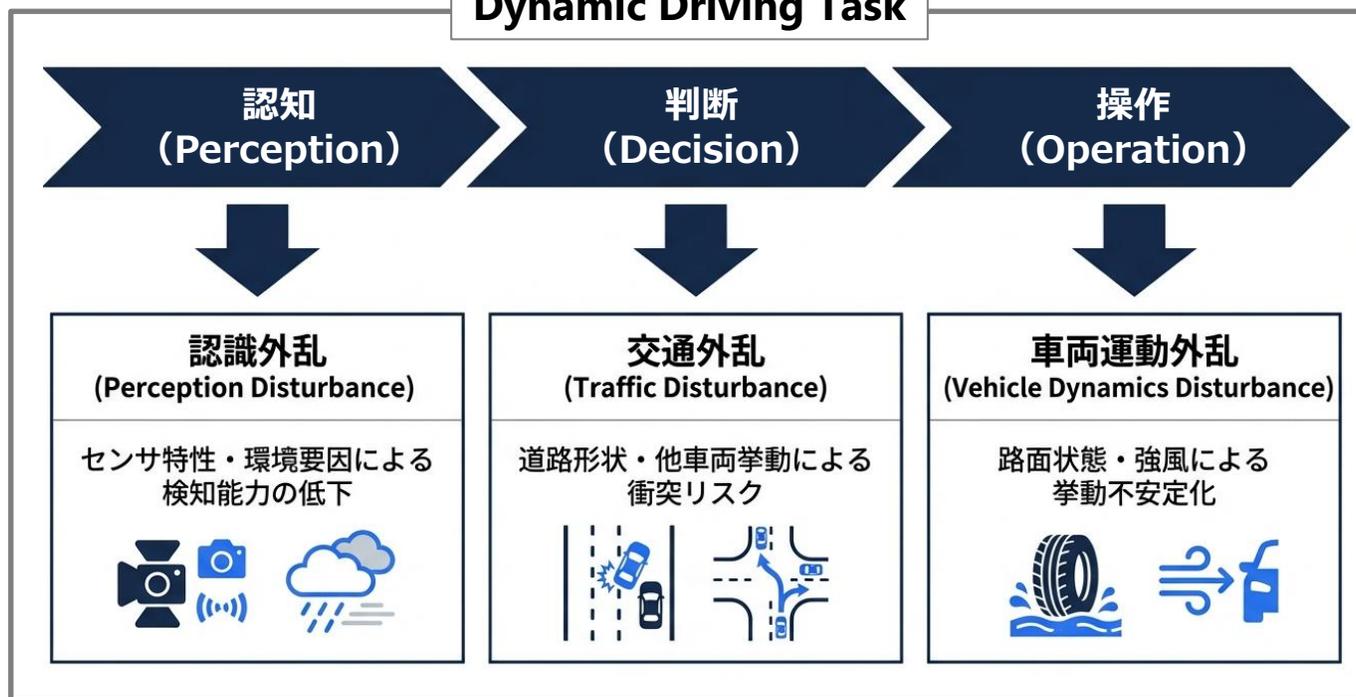
非決定論的システム



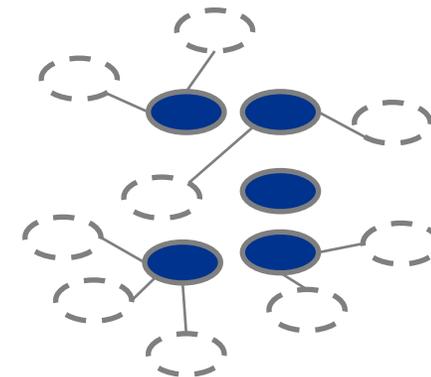
交通や自然現象との因果関係が複雑で、
検証範囲は**“不特定”**である



Dynamic Driving Task



決定論的システム

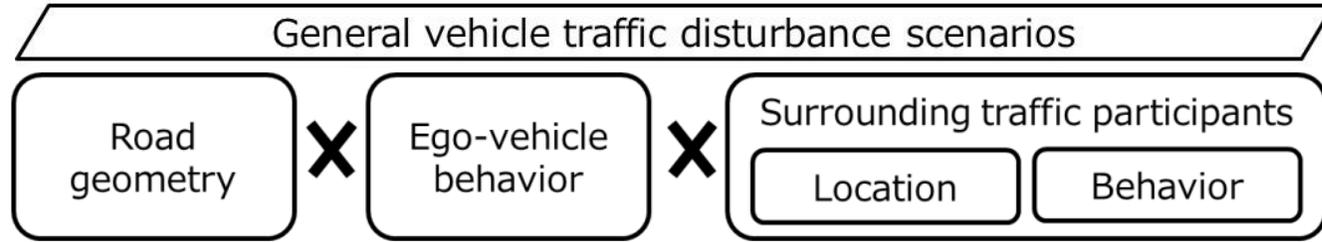


根本原因を特定することで、
検証範囲の**“特定”**が可能

Scenario Structure: Traffic-related critical scenarios

交通外乱シナリオは安全に関連する物理的要因の組み合わせ ⇒ 58シナリオを定義

▶ 網羅的で有限のシナリオを抽出する



Vehicle specific traffic-related critical scenario structure schematic

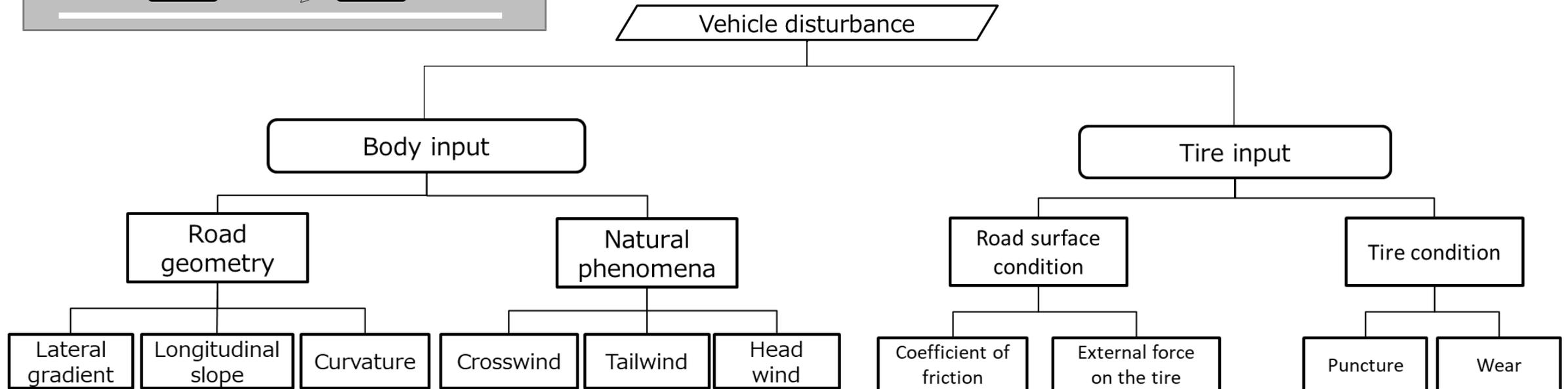
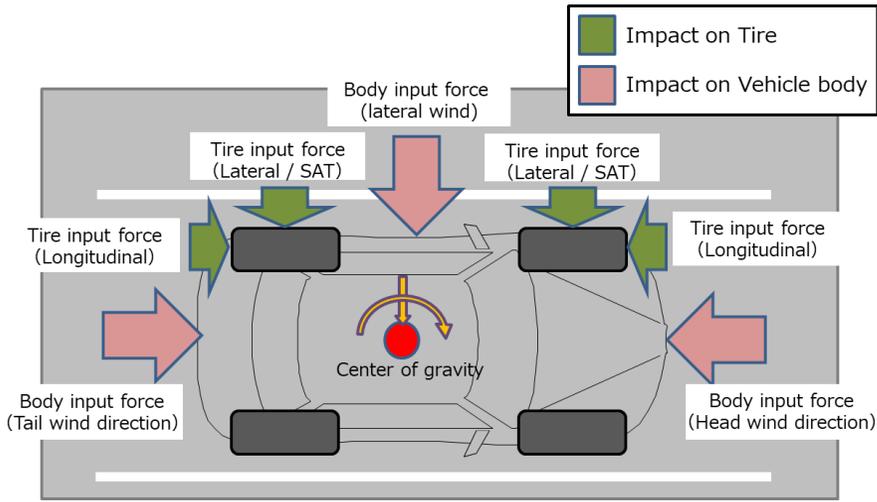
Road sector and subject-vehicle behaviour	Subject-vehicle behavior	Surrounding traffic participants location and behaviour											
		Going straight			Lane change / Swerving			Turning					
		Same / Crossed(from R/L) direction	On coming	On coming	Same / Crossed(from R/L) direction	On coming	On coming	Same / Crossed(from R/L) direction	On coming	On coming	On coming	On coming	
non-intersection	Going straight (Lane keep)	No1	No2	No3	No4	No5	No6	No7	No8	/			
	Lane change	No9	No10	No11	No12	No13	No14	No15	No16				
Merge zone	Going straight (Lane keep)	No17	No18	No19	No20	No21	No22	/					
	Lane change	No23	No24	No25	No26	No27	No28						
Branch zone	Going straight (Lane keep)	No29	No30	No31	No32	No33	No34	/					
	Lane change	No35	No36	No37	No38	No39	No40						
Intersection	Going straight (Lane keep)	No41	No42	No43	No44	No45	No46	No47	No48	No49	/		
	Turning	No50	No51	No52	No53	No54	No55	No56	No57	No58			

車×車（自専道&一般道）シナリオ

Road geometry and Ego vehicle behavior	Ego vehicle behavior	Pedestrian behavior	
		On driving path	Into driving path
Non intersection	Go straight		
	Lane change		
Intersection	Go straight		
	Turn		

車×歩行者シナリオ

安全状態：「突発的な外乱により車両運動が変化しても事故を起こさない」と定義



安全基準の基本的な考え方は・・・

『合理的に予見可能な範囲において、Competent and Careful Human Driver が回避可能なレベルと比較し、自動運転システムは同等以上の回避性能を具備していること』

Competent and Careful Human Driver (C&C Driver)

必要な技能・知識を備え、道路交通法を遵守し、常に覚醒状態であり周辺車両等に注意し的確な能力と慎重さを持つ人間ドライバーのことである

出典元) 自工会HP：自動運転の安全性評価フレームワーク Ver4.0

HUMAN DRIVER

A driver who may become inattentive and violate traffic rules due to fatigue or other factors.



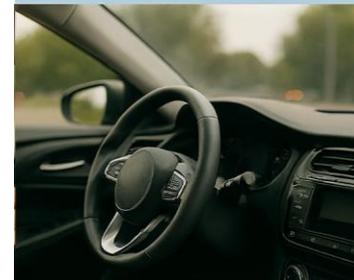
COMPETENT AND CAREFUL HUMAN DRIVER

A human driver who possesses the necessary skills and knowledge, complies with traffic laws, remains alert, pays attention to surrounding traffic, and drives with sound judgment and care.



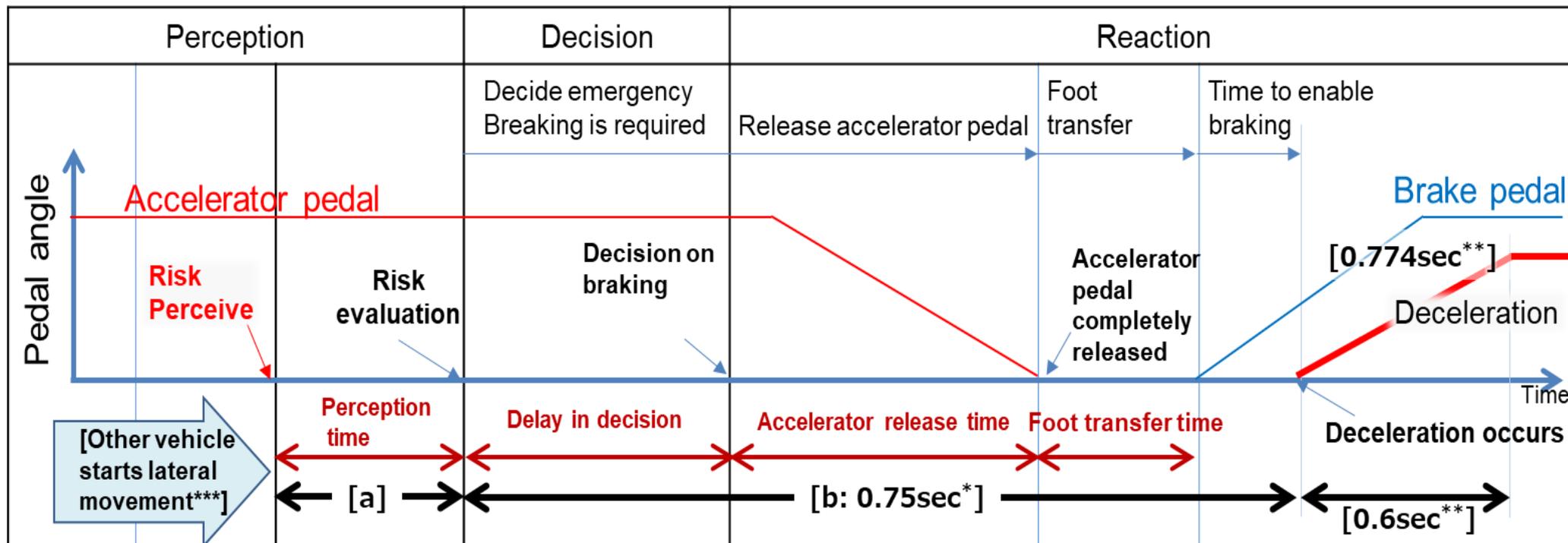
AUTOMATED DRIVING

A driving function that automatically performs all or part of driving tasks without direct human operation.



自車に対して迫りくる衝突リスクをブレーキ操作によって回避を実行する

Competent and Careful Human Driverモデルを構築



出典元) 自工会HP: 自動運転の安全性評価フレームワーク Ver4.0 https://www.jama.or.jp/operation/safety/automated_driving/pdf/framework_ver_4_0.pdf

ISO 34502のCL.4.2では、ADSにおける安全性テストの目標を定義するプロセスについて記載されており、安全目標を定義するための1つの手法として**UN R157で定義**されている「Competent and careful human driverのパフォーマンスモデル」を参照する形を推奨しています。

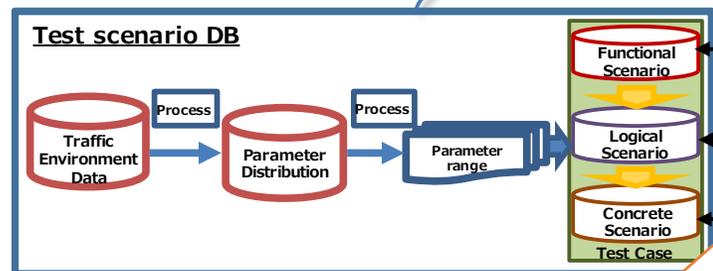
シナリオベースの安全保証プロセス

V字プロセスの右側で検証するだけでなく...

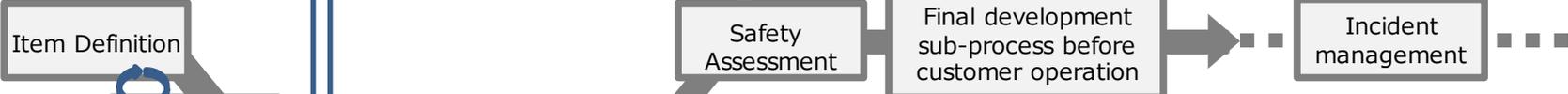
開発前半の安全分析・安全設計フェーズのプロセスに組み込むことで、開発の効率化に貢献

認可機関による安全目標を開発サイクルに組み込み、**安全設計をフロントローディング**

リスク分析結果とODDから**クリティカルなシーンに局所化**



Socially acceptable top safety goals defined by authorities

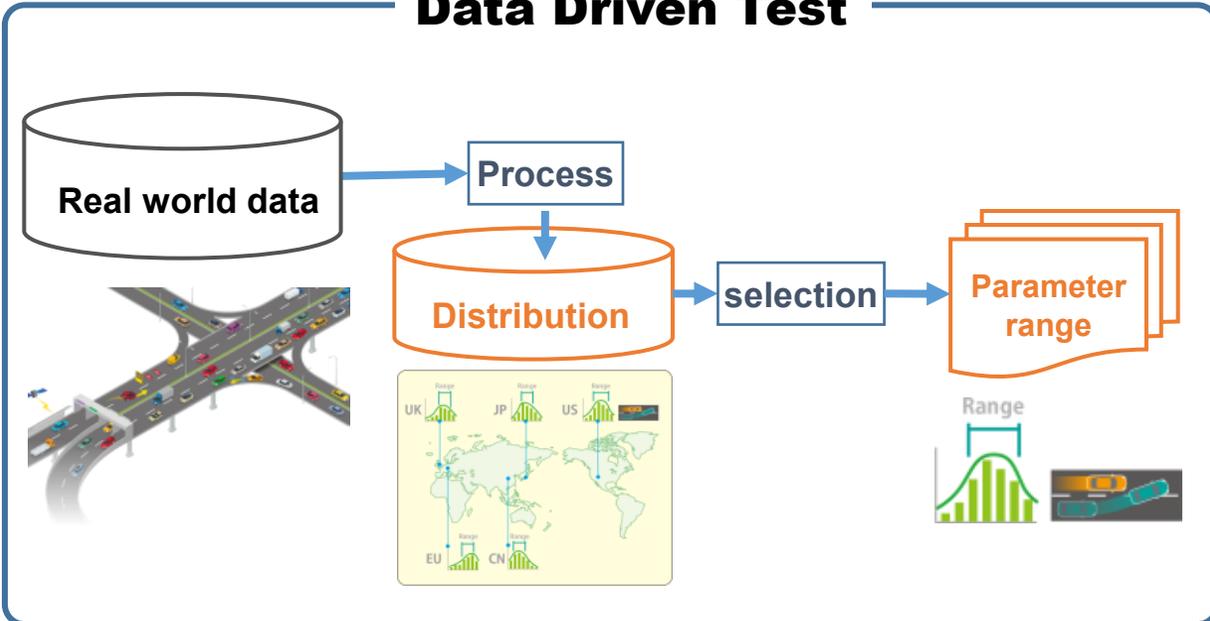


シミュレーション評価 } カバレッジ100%
実車評価 }
不調の原因を網羅し、各原因について人身事故となる致命的な衝突がおこらないことを検証し結果に残す

安全保証プロセスの全体スキーム

危険度が高い箇所の**解像度を上げシナリオ分析と設計対応の検討、安全目標の達成目途付け**を実施

Data Driven Test



Functional Scenario

Logical Scenario

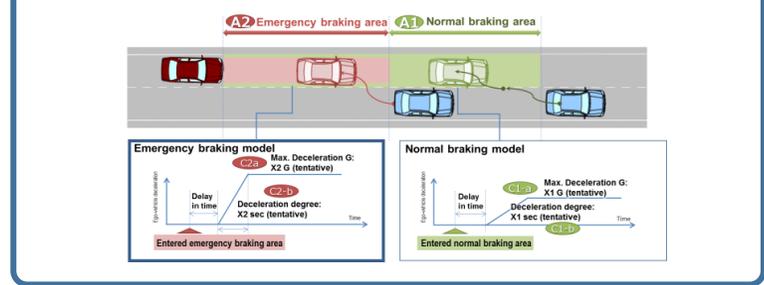
Concrete Scenario

Scenario Structure

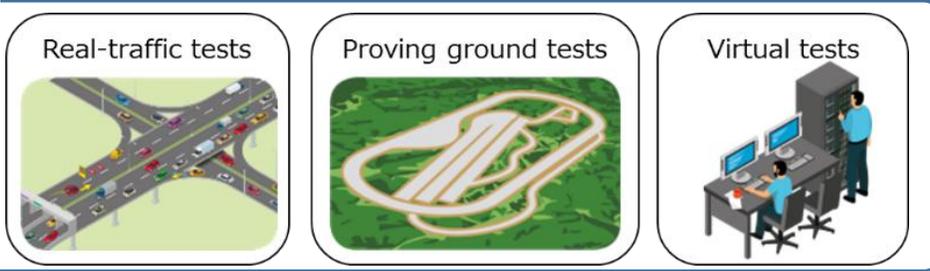


Comparison between...

Competent and Careful Driver and AD Collision avoidance



Evaluation Environment



■ 自工会では自動運転車両の安全性評価手法について検討を進捗

✓ 安全性評価フレームワークVer4.0を発行

(自専道から一般道、交通弱者にスコープを拡張)

✓ オールジャパンの枠組みを構築し、安全性評価のインフラを整備

(SAKURA、DIVP、AD-URBANの協力)

✓ 安全性評価手法について

- 安全原則：合理的に予見可能で防止可能な事故を発生させない
- 運転行動の3要素（認知・判断・操作）に基づくシナリオ構造
- Competent and Careful Human Driver モデルに基づく安全判断手法 (C&C Driver model)



✓ 自動運転システムはルールベースからE2E（End-to-End）へと移行・・・

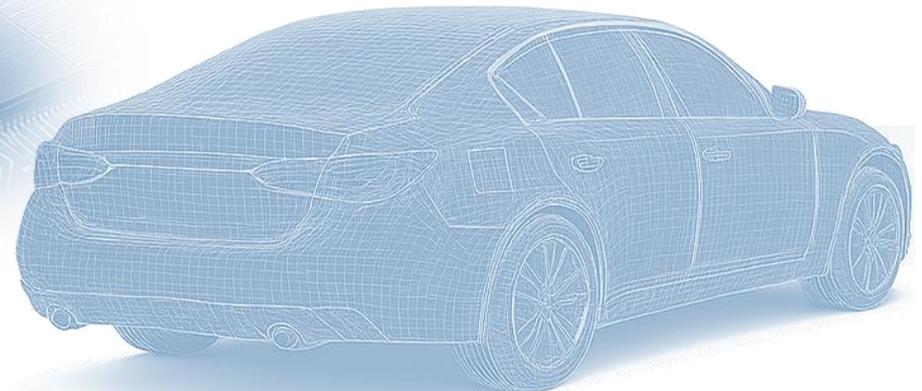
安全評価フレームワークのE2E適用検討 (協調領域の明確化、シミュレーション妥当性確保など・・・)

PERCEPTION

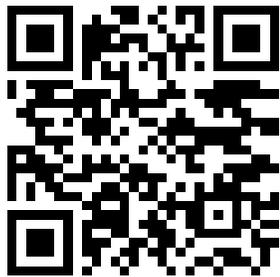
DECISION

CONTROL

AI



ご清聴ありがとうございました



hideaki_satoh@mail.toyota.co.jp