

安全性評価のための自動運転実験装置 の実行方法に関する考察

Considerations on how to execute an automated driving
experiment system for safety evaluation

1731014 上原達輝

1731025 川上智己

目次

1. 背景・目的
 2. 日本の交通事項発生状況と自動車アセスメントの動向調査
 3. 実験装置の調査
 - 3.1 ダミー車のシステム構成と動作方法
 - 3.2 ロボット運転装置による評価車両の制御方法
 - 3.3 ダミー歩行者の構成と動作方法
 4. 実験結果及び考察
 - 4.1 交差点右直AEB評価試験
 - 4.2 交差点左折時横断歩行者AEB評価試験
 - 4.3 カットイン時のALKS評価試験
 5. まとめ
- AEB; Automated Emergency Brake
ALKS; Automated Lane Keeping System

1. 背景・目的

背景

多様な交通環境において、事故回避・自動運転システムにおける安全性能の評価には、多岐にわたる試験シナリオの実施が必要。

→試験項目が膨大。

→欧州では、アセスメントEuro-NCAP等に向けダミー車、ダミー歩行者等の自律動作ツールを開発。



目的

① 「日本の交通事故発生状況と自動車アセスメントの動向」の調査。

→日本のアセスメント課題を示す。

② 欧州等のダミーを自律動作させる実験装置の調査。

→原理，使用方法等，技術特徴を把握する。

③ 実際にテストコースにて装置を稼働させ，3つの想定シナリオ

(1)右直事故 (2)左折時の横断歩行者 (3)カットイン(並走車の割込み)での実験装置の有効性(再現性等)を検証する。



2. 日本の交通事故発生状況と自動車アセスメントの動向調査

・死亡事故 (図1)

横断歩行者, 出会い頭, 人対車, 右左折時で
54.1%をしめる。

・死亡重傷事故割合(車vs車)(表1)

正面衝突, 右直, 出会い頭, 等の順で, 顕著。
→減り難い事故形態に対し, 自動運転等の
事故回避技術に期待が高まっている。

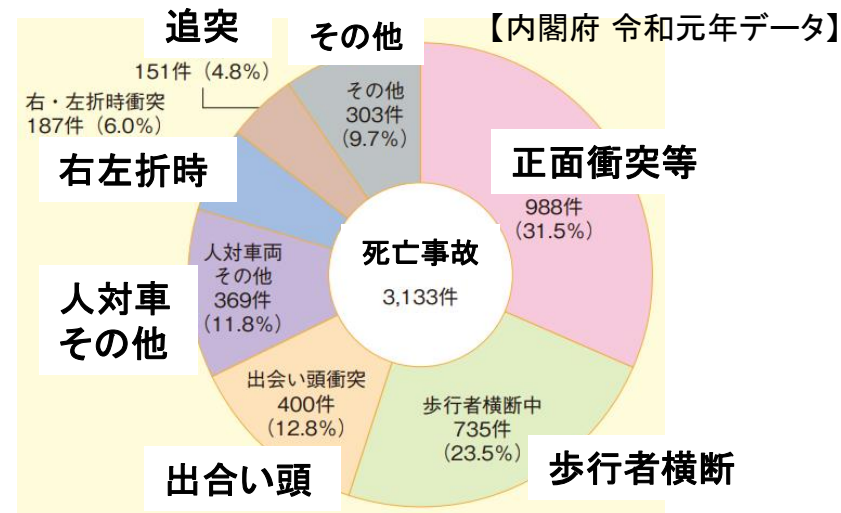


Fig.1 Fatalities accidents (含む交通弱者)

Table 1 Casualties accidents ratio (Car to Car)

		死傷事故件数	死亡重傷事故件数	死亡重傷事故割合(%)
正面衝突		④ 95,988	② 19,224	① 20.0
追突		① 1,942,032	③ 19,217	1.0
出会い頭		② 640,099	① 29,167	③ 4.6
左折時		22,031	446	2.0
右折時	右折対直進	③ 123,680	④ 8,537	② 6.9
	その他	38,490	859	2.2
追越追抜時		26,383	712	2.7
すれ違い時		30,838	1,099	④ 3.6
その他		283,024	5,914	2.1

ITARDAマクロデータ_2009~2018年

2. 日本の交通事象発生状況と自動車アセスメントの動向調査

・日本は、出会い頭、**交差点右左折時**の**対歩行者**等の死亡事故比が多いにも拘らず、Euro-NCAPに比べ**J-NCAP**は、自動運転システム_事故回避システムのアセスメント **新シナリオの検討が不十分**。

Table 2_ **J-NCAP** Active Safety System Test Protocols

評価項目	
衝突被害軽減ブレーキ	対車両 (2014年度~)
	対歩行者: 昼間 (2016年度~)
	対歩行者: 夜間: 街灯あり (2018年度~)
	対歩行者: 夜間: 街灯なし (2019年度~)
車線逸脱抑制 (2018年度~) ただし、車線はみ出し警報試験は2014年度~	
後方視界情報 (2015年度~)	
高機能前照灯 (2018年度~)	
ペダル踏み間違い時加速抑制装置性能 (2018年度~)	

出典: NASVAホームページ



Table 3_ 2018 **Euro-NCAP**

Assisted Driving Test Protocols (Extracts.)

分類	試験シナリオ		説明
AEB VRU Systems (対歩行者・サイクリスト AEB)	Car-to-Pedestrian Farside Adult		遠方の成人
	Car-to-Pedestrian Nearside Adult		近傍の成人
	Car-to-Pedestrian Nearside Child		近傍の子供
	Car-to-Pedestrian Longitudinal Adult		縦方向に移動する成人
	Car-to-Pedestrian Turning Adult		交差点右左折時の成人の横断
	Car-to-Pedestrian Reverse Adult		バック時の成人
※VRU: Vulnerable Road User (交通弱者)	Car-to-Bicyclist Nearside Adult		近傍のサイクリスト
	Car-to-Bicyclist Nearside Adult Obstructed		近傍のサイクリストと障害物
	Car-to-Bicyclist Farside Adult		遠方のサイクリスト
	Car-to-Bicyclist Longitudinal Adult		縦方向に移動するサイクリスト
AEB Car-to-Car systems (対車両 AEB)	Car-to-Car Rear stationary		前方静止車両への追突
	Car-to-Car Rear moving		前方走行車両への追突
	Car-to-Car Rear braking		前方走行の減速への対応
	Car-to-Car Front turn-across-path		右直事故
Lane Support Systems (車線維持システム)	Emergency Lane Keeping tests	Road Edge tests	路肩
		Solid line tests	白線(実線)
		Oncoming vehicle	対向車存在時
		Overtaking vehicle	追い越し車両存在時
	Lane Keep Assist tests	Dashed line tests	白線(破線)
		Solid line tests	白線(実線)
		Lane Departure Warning tests	車線逸脱警報

3. 実験装置の調査 3.1 ダミー車両のシステム構成と動作方法

- ・衝突の可能性のある実験のためダミー車はウレタン部材で構成。
→衝突してもバラバラになり評価車両へのダメージがない上に再生可能(図2).
→ミリ波センサやカメラの検出の為に, サイドミラー, テールランプ, 後方ナンバープレート付近に反射板が設置されている.



ABDynamics社製

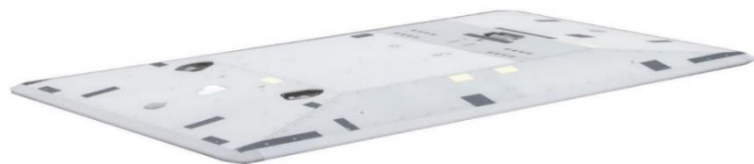
Fig.2 Overview of a renewable dummy car

3. 実験装置の調査 3.1 ダミー車両のシステム構成と動作方法

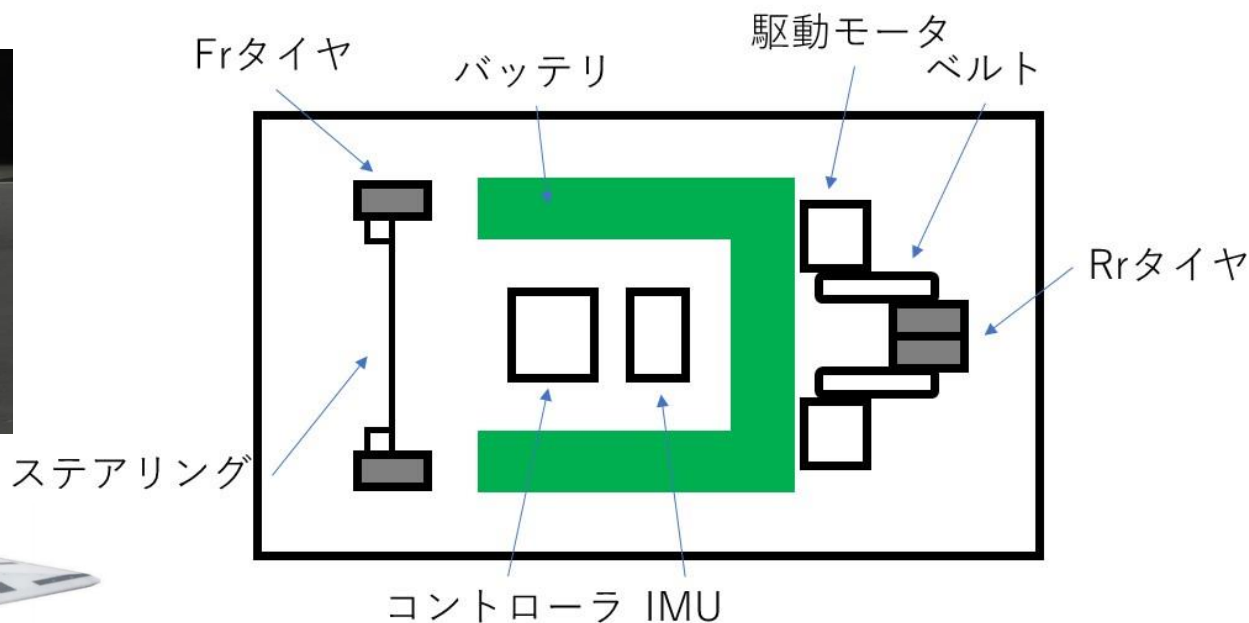
✓ 走行可動部は図2に示す平板プレート部に構成され走行制御装置が内蔵されている。



ダミー車外観



走行制御部プレート



※GNSSアンテナ、Wi-Fiアンテナは外装に取り付ける

Fig.3 Control system configuration of a dummy car

3. 実験装置の調査 3.1 ダミー車両のシステム構成と動作方法

- ✓ 自動走行制御は主にRTK-GNSS, IMUにより自己位置を計測し, 予め設定した目標コースと速度プロファイルによって制御される.
- ✓ WiFi通信(5GHz帯使用)によりそれぞれの相対的位置関係も制御する.



Fig.4 Control methodology of a dummy car running plate

3. 実験装置の調査 3.2 ロボット運転装置による評価車両の制御方法

- ✓ 評価車両にステアリングロボットとペダルロボット(ブレーキ, アクセル)を人間ドライバの代替として装着,
- ✓ 評価車両のAEB等の作動直前まで, 本操作ロボットが制御, 制御方法は, ダミー車プレート部と同じ. →再現性の良い運転操作を可能とする.
- ✓ シナリオ実施上の周辺車両の役割も可能.



Fig.5 Evaluation vehicle equipped with a steering and pedal robot

3. 実験装置の調査 3.2 ロボット運転装置による評価車両の制御方法

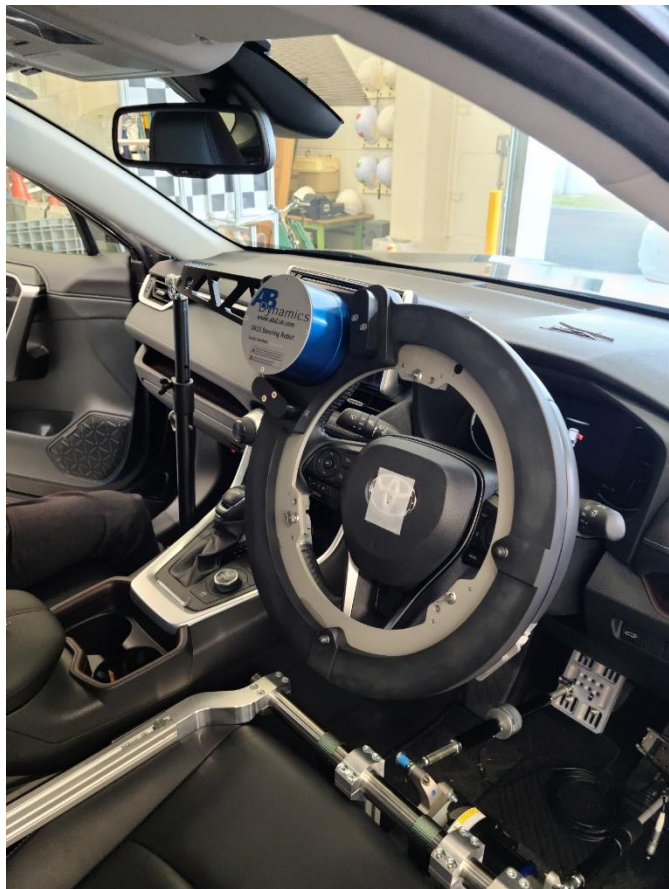


Fig.6.1 A steering robot



Fig.6.2 A pedal robot

3. 実験装置の調査

3.3 ダミー歩行者の構成と動作方法

- ✓ NCAPの駐車車両陰からの歩行者飛出し時のAEB評価で使用構造の歩行者ダミーを図7に示す. ワイヤで台座プレートを作動. 足も動く.
- ✓ 歩行者ダミーのスタートは, マニュアル操作で人為的技量を要する.



Dummy



Controller



Moving plate



Fig.7 Overview of a pedestrian dummy

4. 実験結果・考察

4.1 交差点右直AEB評価試験

- ✓ AEB装着の評価車両が交差点を右折するタイミングで車両ダミーが直進してくるシナリオ。
→この評価車両のAEBは作動せず。
- ✓ 両車の走行条件が制御。
→5回のテストは再現性が良い結果。



- ✓ 評価車両 侵入速度; 10km/h
- ✓ ダミー車 侵入速度; 30km/h
- ✓ 評価車両が10km/hのまま右折した両車が衝突するタイミングでダミー車が侵入



Fig.8 AEB evaluation of a collision scene with a vehicle going straight ahead when turning right at an intersection

4. 実験結果・考察

4.1 交差点右直AEB評価試験

両車の軌跡データ

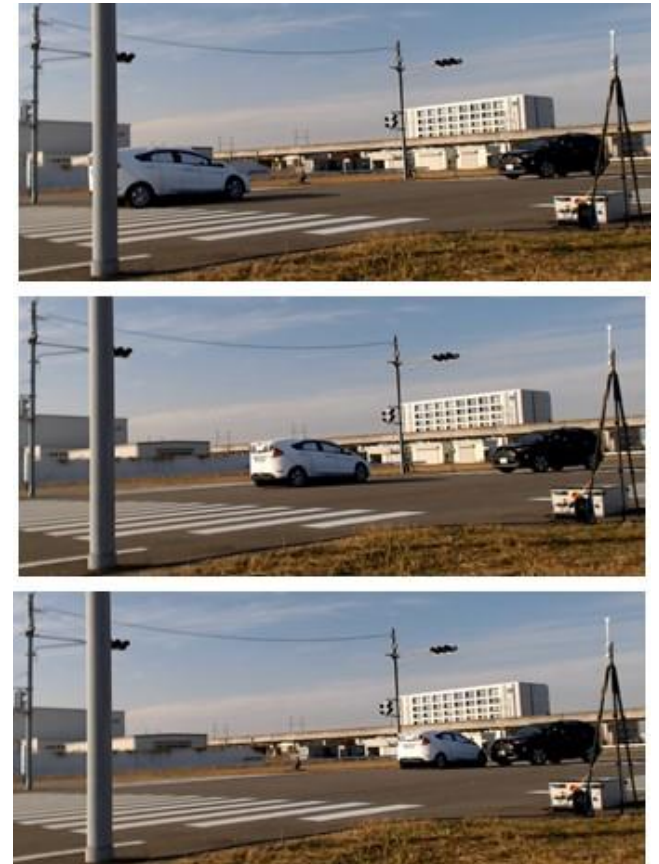
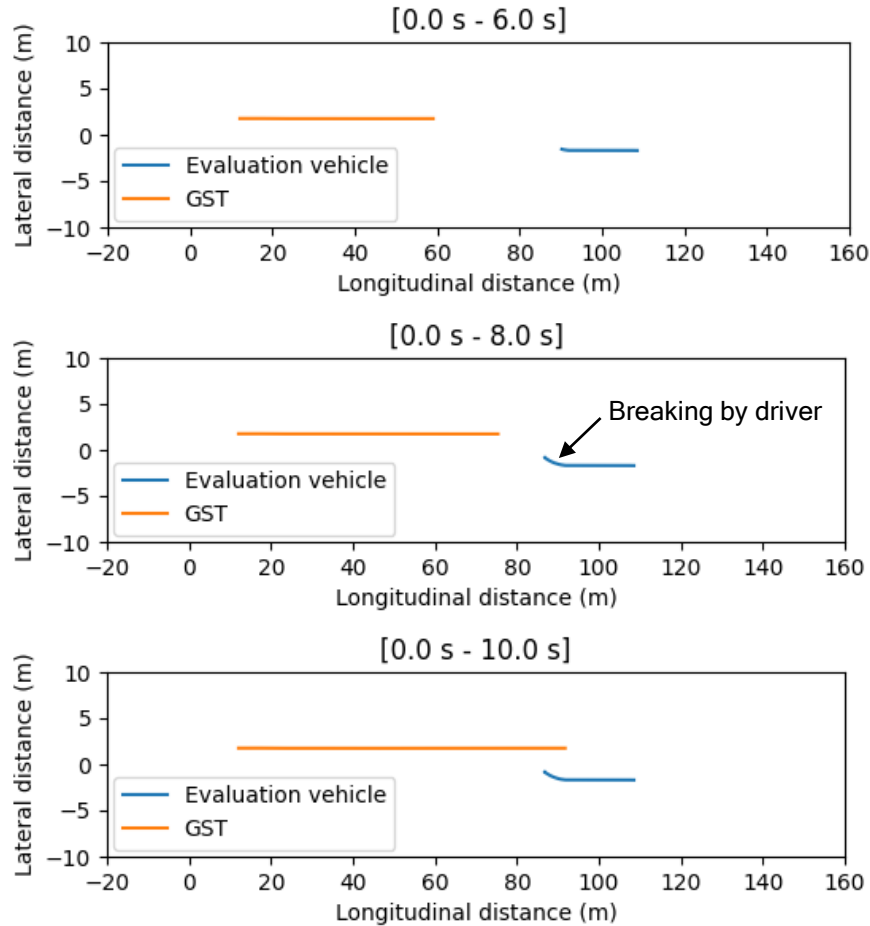


Fig.9 Both vehicles' trajectories of AEB evaluation of a collision scene with a vehicle going straight ahead when turning right at an intersection

4. 実験結果・考察

4.2 交差点左折時歩行者AEB評価試験

- ✓ 本評価でも評価車両のAEBは作動せず.
- ✓ 5回とも, 安定した評価が可能であったが, 歩行者ダミーの実験装置は, 人為的な技量を要し手間がかかった.
→歩行者ダミー装置も自動化が望まれる.



- ✓ 評価車両 侵入速度; 10km/h
- ✓ 歩行者ダミー速度 ; 約5km/h, リモコンでスタート起動
- ✓ 評価車両が10km/hのまま左折した場合に評価車ノーズ中央に衝突するタイミングで歩行者ダミーが侵入

Fig.10 AEB evaluation of a collision scene with a pedestrian crossing when turning left at an intersection

4. 実験結果・考察

4.2 交差点左折時歩行者AEB評価試験

歩行者ダミーと評価車両の軌跡データ

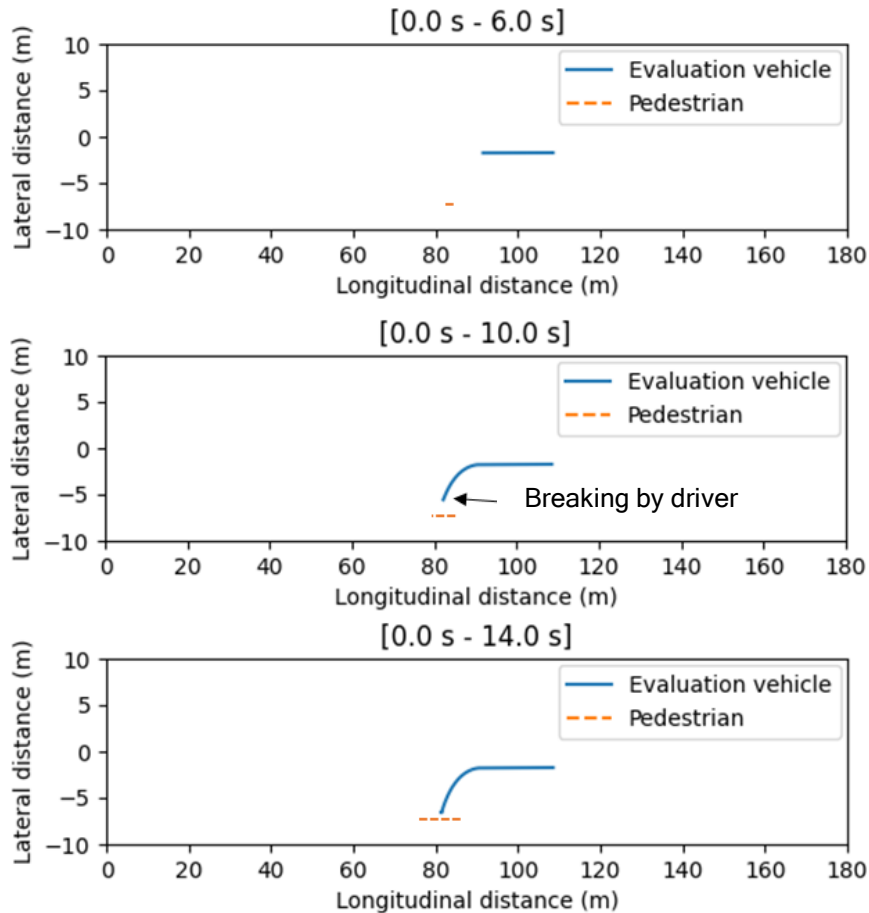


Fig.11 Pedestrian D. and Vehicle trajectories of AEB evaluation of a collision scene with a pedestrian crossing when turning left at an intersection

4. 実験結果・考察

4.3 カットイン時のALKS評価試験

- ✓ ダミー車両は、ロボット操作の評価車両の相対位置を制御しながら、前側方から無理に割り込んでくる状況を模擬。→ALKS実験車の評価。
→20回の試験を行い大変再現性の良い実験結果を得た。

ALKS; Automated Lane Keeping System.
初期レベル3の自動運転。60km/h以下で作動。
自動車専用道路の渋滞時などを想定した自動運転。

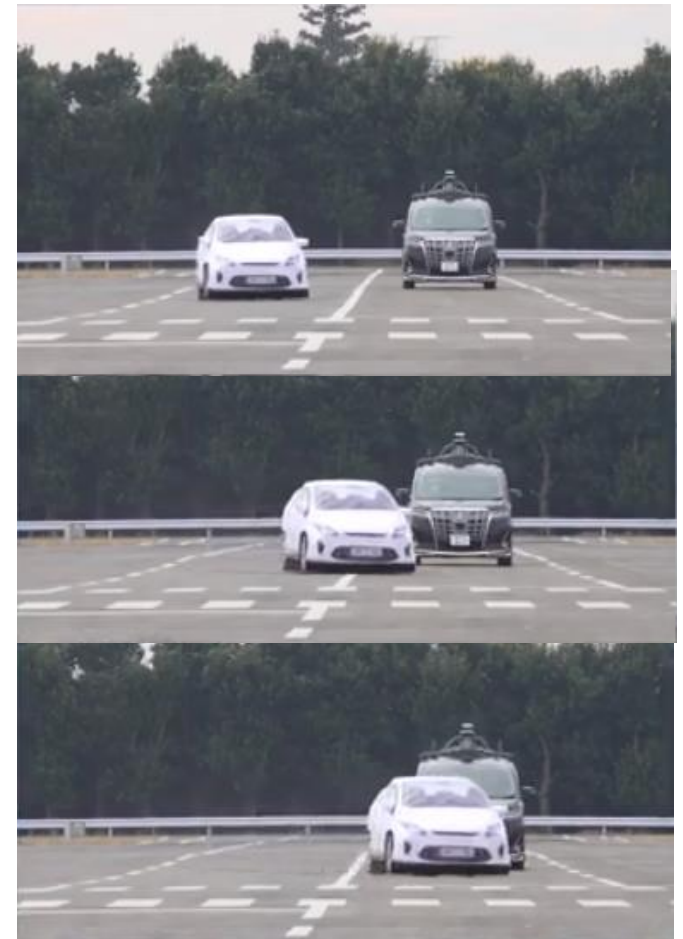
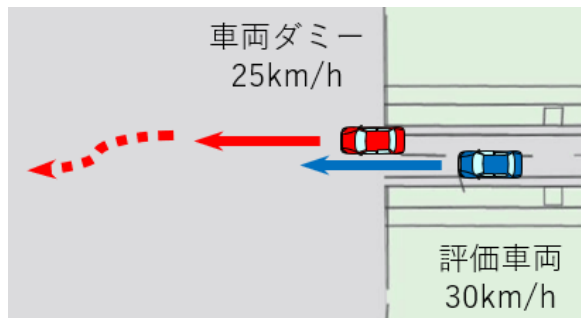


Fig.12 Experimental results of ALKS evaluation at cut-in

4. 実験結果・考察

4.3 カットイン時のALKS評価試験

ダミー車両と評価車両の軌跡データ

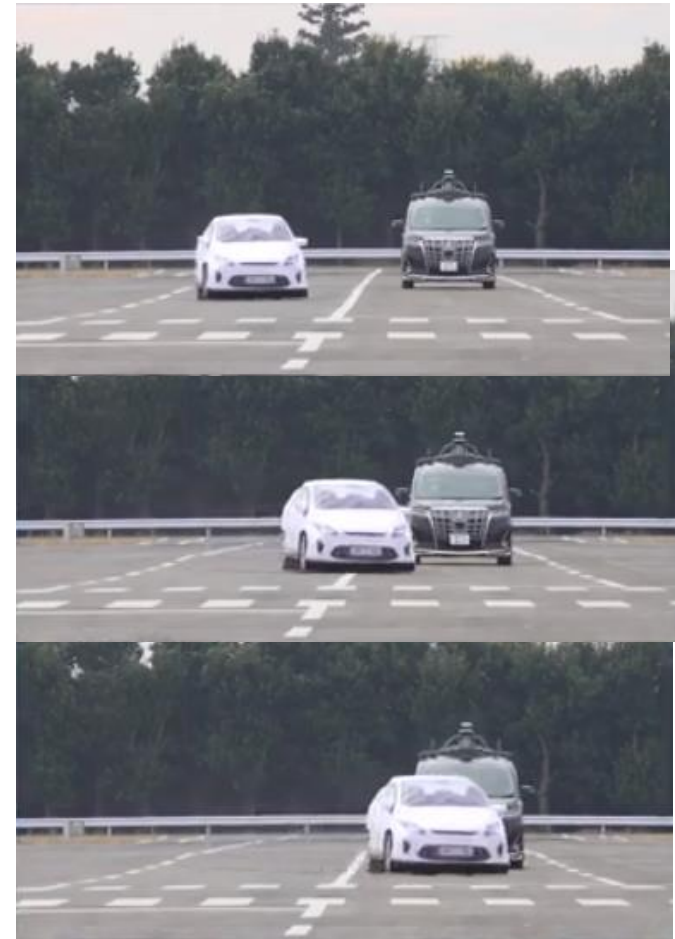
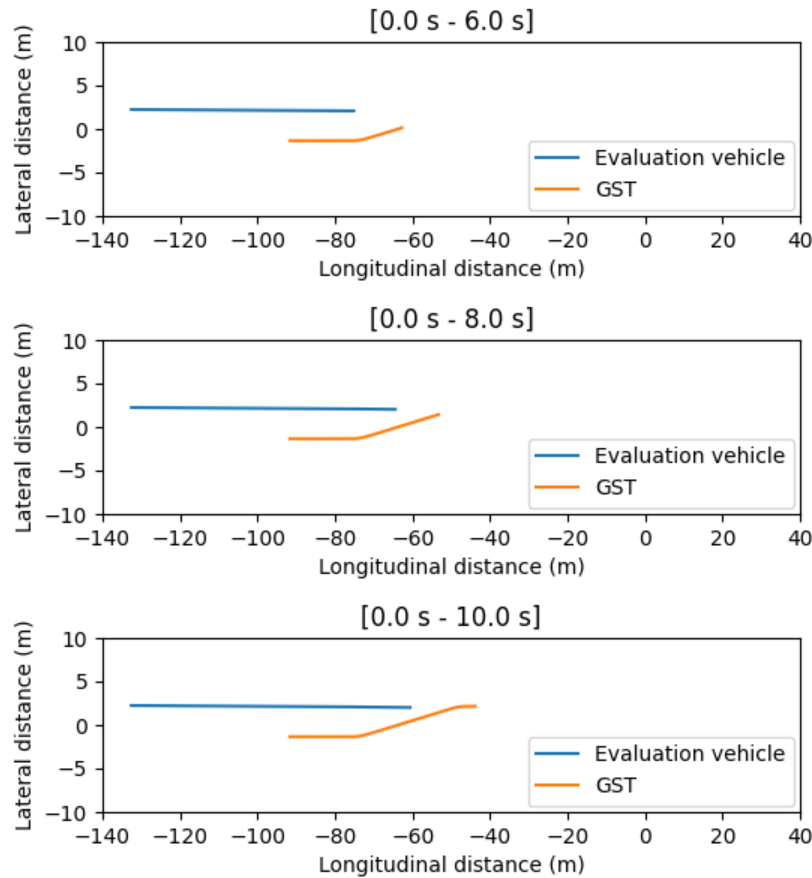


Fig.12 Trajectories of dummy vehicle and ALKS vehicle on evaluation at cut-in scenario

5. まとめ

1. NCAPでの使用拡大が予想される自律動作装置

- ・ダミー車
- ・評価車両用ステリング／ペダルロボット制御
- ・ダミー歩行者

は、「レーダ反射板」「衝突しても再利用可能なウレタン構造」「台座プレート of 自動走行制御」等 様々な工夫がされており、大変有効な手段であることが確認できた。

2. 3つのシナリオ(右直, 左折時歩行者横断, カットイン)における実験では, 再現性の高い評価が可能であることが検証でき, AEB, ALKS等の効率的評価に有効である.

3. 歩行者ダミー装置は, マニュアル部分があり人為的技量を要する課題がある. →本件も, 自律動作装置の導入が望まれる.

→今後, JNCAPでも安全性評価シナリオの拡張に装置の導入が必要.
