

保物セミナー2019

福島第一原子力発電所における自動運転EVバスの 実用化と課題認識について

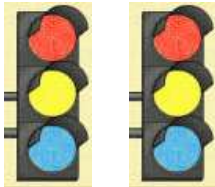
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

- 1． 福島第一原子力発電所の交通環境
- 2． 福島第一原子力発電所への自動運転車両の導入
- 3． 自動運転EVバスの運用における課題
- 4． 人工知能技術への期待
- 5． 自動運転技術の今後の活用、取り組み

1. 福島第一原子力発電所の交通環境

1-1. 福島第一原子力発電所構内の概要

作業員		約4,000人 / 日
視察者		約55人 / 日
一般車両		約2,000台
バス・マイクロバス		約70台
制限速度		20km/h 一部40km/h
信号機		2 箇所

1-2. 福島第一原子力発電所構内の鳥瞰写真



1-3. 福島第一原子力発電所構内の主要道路



2. 福島第一原子力発電所への 自動運転車両の導入

2-1. そもそも自動運転車両とは？ ～概要～

人間の「認知」「判断」「制御」の機能をセンサー、人工知能等が代替する技術。
超高速でグラフィック演算をするGPUの登場で開発が加速している。



認知

×

判断

×

制御

- センサー等による障害物検知
- 3D地図、GPSによる正確な位置把握

- 人工知能およびプログラムによる周辺状況の適切な判断

- ハンドル、アクセル、ブレーキの適切な制御

2-1. そもそも自動運転車両とは？ ～自動運転レベル～

自動運転レベル		操作の主体	限定領域	例
レベル0	運転自動化なし	運転手	—	—
レベル1	運転支援		限定的	クルーズコントロール、 レーンキーピング
レベル2	部分的運転自動化			クルーズコントロール＋ レーンキーピング
レベル3	条件付き運転自動化	システム (場合により 運転手)	限定的	アウディA8
レベル4	高度運転自動化	システム		実証実験レベル
レベル5	完全運転自動化		限定なし	

※自動車用運転自動化システムのレベル分類及び定義(JASO TP 180043)を基に作成

2-1. そもそも自動運転車両とは？ ～型分け～

	ドライバー支援型	箱庭型
目的	ドライバーの運転支援	無人での自動運転
アプローチ の特徴	有事には人間が判断・制御することを前提にした技術。 事前のルート設定はしない。	予め走行範囲とルートを設定し、 記憶したルート内の無人運転を目指す技術。
代表的な 車両	 出典：マイナビニュース 2017.10.30	 出典：https://navya.tech/en/

- 1 構内移動をより便利で効率的に**
テクノロジーの活用で、「行きたいときに行きたいところへ」移動できる環境を段階的に実現
- 2 将来的な車両管理の負担を軽減**
システムによる運行状況の一元管理や、従来型車両の油漏れなどのトラブルを低減
- 3 作業員の誇り**
最新テクノロジーによる作業環境改善を国内外に発信
- 4 作業環境に更なる安全と安心を**
バス運転手の被ばく量をできる限り減らすなど、作業環境改善を更に促進

2-3. 福島第一原子力発電所に導入した自動運転EVバス

TEPCO



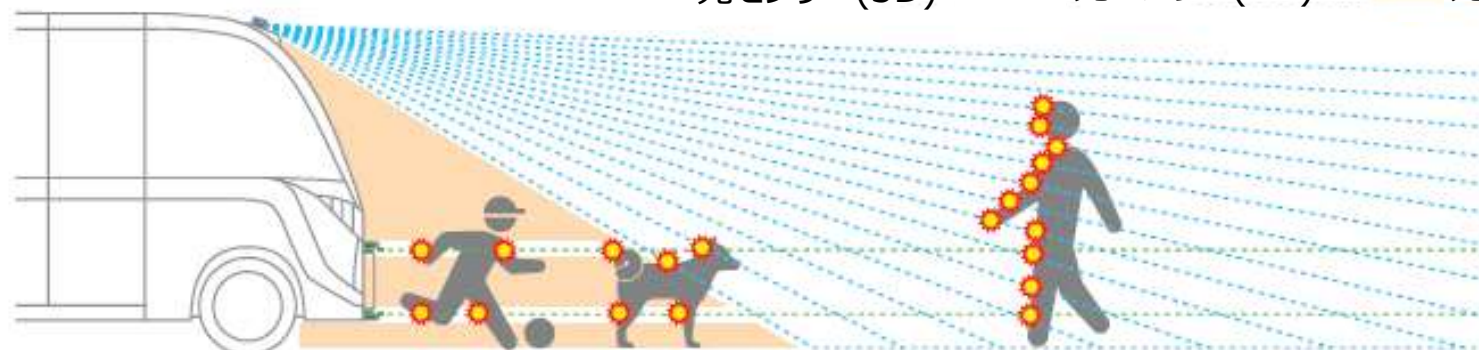
<主な設計仕様>

製造国	フランス
定員	15名※1
全長	4.75m
全幅	2.11m
全高	2.65m
最高速度	45km/h※2
車両総重量	3,450kg
バッテリー容量	33kWh

※1：構内での運用では着席10名

※2：構内での運用では約18km/h

光センサーで人・障害物を検知 - - - - 光センサー(3D) - - - - 光センサー(2D) 死角



至近距離の子供を検知

中距離の歩行者を検知

2-4. 福島第一原子力発電所構内での運行ルート

- ・公道と同レベルの交通環境であるが、交通弱者となる方はいない
- ・構内の周知がし易い（＝交通のルールメイキングがし易い）



2-5. 自動運転EVバスの用途

導入時期	2018年4月 ※1
主な用途	構内移動用（平日12便／日）、構内視察用
走行ルート	3ルート（合計約11km） ※2
乗車人数	2,500名超（累計）
総走行距離	5,000km超（3台合計）
主な利用者・ 試乗者	構内作業員の皆さま、 内堀福島県知事、世耕前経産相、小泉環境相、地元首長、 大学・研究者、自動車メーカーの皆さま 等
主なご意見	思ったより速くて良い／初めて乗ったので自慢したい／ 夜も走って欲しい／お尻が痛いので座布団があるといい／ 席幅が狭い／ブレーキがきつい／スピードが遅い／ 専用の通路を作り運行して欲しい／よく止まっている・・・

※1 日本で初めて実用用途として導入。3台所有は福島第一のみ。

※2 NAVYA社の車両では世界最長ルート

2-5. 自動運転EVバスの用途 ～移動用途、視察用途の様子～ **TEPCO**

移動用途にて作業員さんをご乗車



視察用途にてご乗車の様子



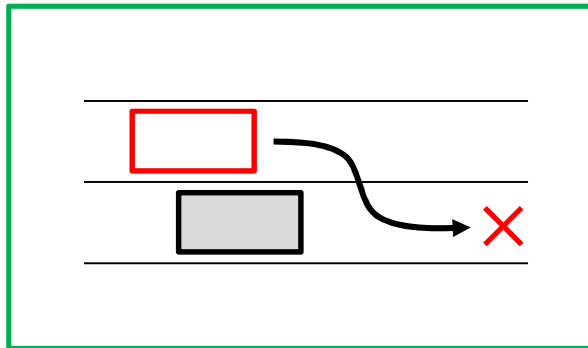
2-6. 自動運転EVバスの安全運行に向けたパートナーシップ **TEPCO**



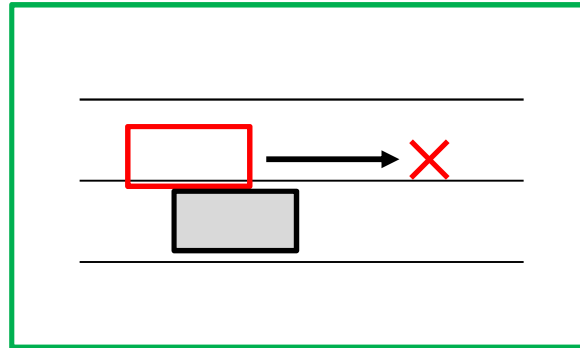
車両、IT、損害保険・リスクマネジメントの専門企業や地元のバス会社、整備工場など、様々なパートナー企業の力を合わせて、安全運行を実現

2-7. 安全運行のための発電所構内への周知

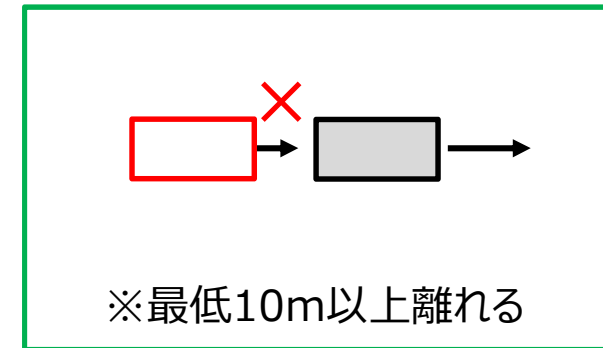
追い越しをしない



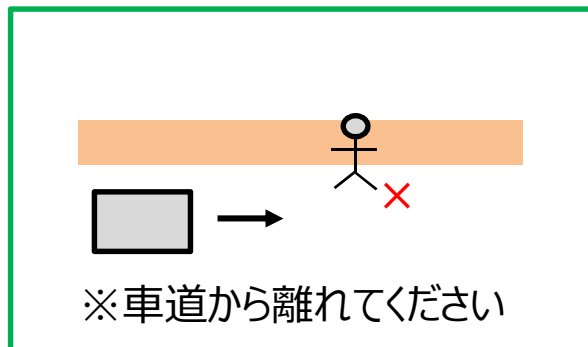
接近して追い抜かない



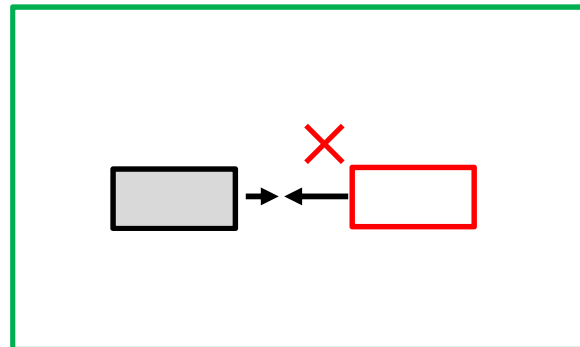
車間距離をつめない



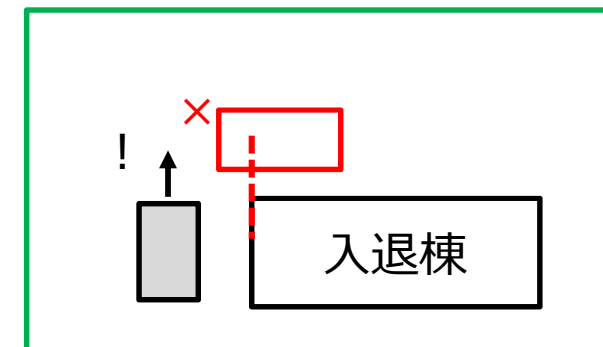
歩道からはみださない



バックで近づかない



はみだして駐停車しない



3. 自動運転EVバスの運用における課題

3-1. 運用における課題の抽出

運転日誌



「運転日誌」にエラー等を記録



関係者へ共有、分析



課題として抽出



分類を行い対策を実施

- ①車両側で改善
- ②運用側で改善・工夫
- ③インフラ側で改善・工夫

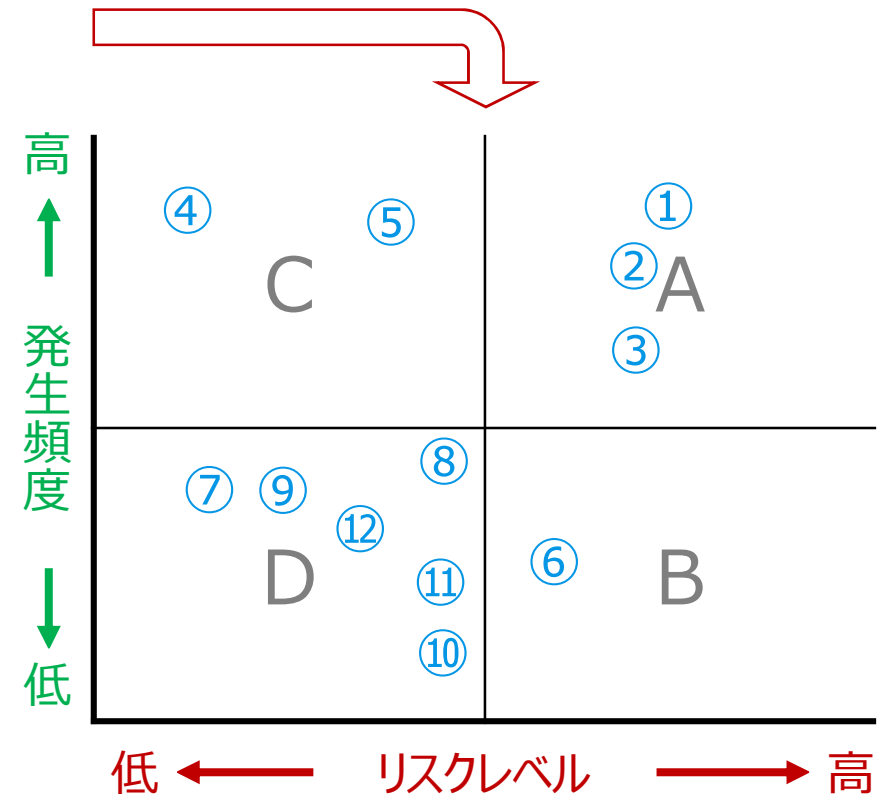
3-2. 課題整理 ～リスクマップ化～

- これまでの走行で判明した事象（課題）をリスト化し、リスクマップを作成
- リスクマップを元に優先順位をつけて安全対策を実施

課題リスト（例）

ID	課題	対策案	難易度	発生頻度	リスクレベル
①			4	高	高
②			3	高	高
③			3	中	高
④			3	高	低
⑤			2 3 1	低	低
⑥			2 5	低	中
⑦			2	低	低
⑧			4	中	中
⑨			3	中	低
⑩			2	低	中
⑪			5	低	中
⑫			5	中	中

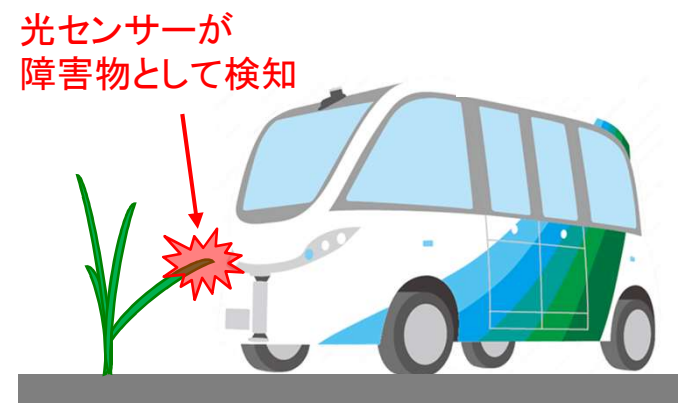
リスクマップへの整理・分類



3-3. 安全運行に向けた課題 ～植物の誤検知～

課題：植物（道端の草等）を誤検知

	分類	内容
課題	環境	道路脇の雑草は、風でなびいたときに障害物として検知されることで急ブレーキがかかり、衝突等の事故原因となる
対策案	運用	定期的に草刈りを実施する

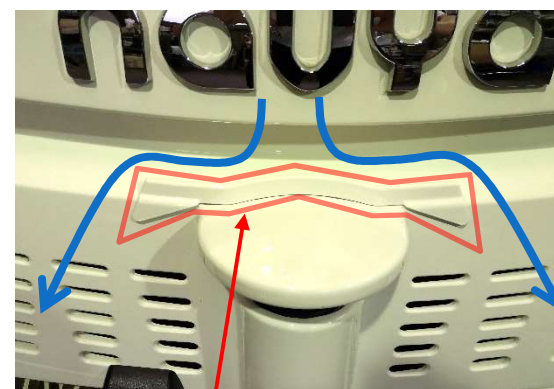
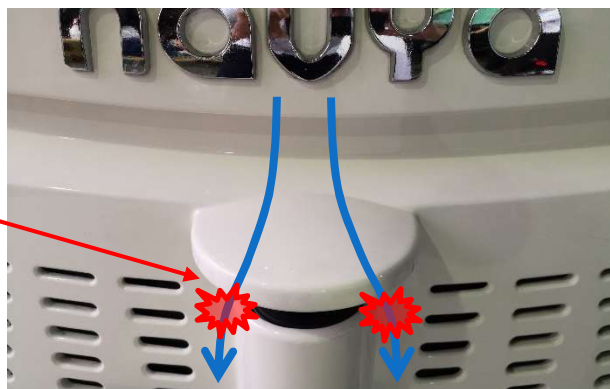


3-3. 安全運行に向けた課題 ～雨天時の急ブレーキ～

課題：雨天時に走行が不安定になる

	分類	内容
課題	車両	・走行中にセンサーが雨粒を障害物として誤って検知し、急ブレーキやクラクションが鳴る ・センサー上部の車体に溜まった雨水が衝撃等により一気に滴下することでも急ブレーキがかかる
対策案	運用車両	・走行前にクロスで水滴をふき取る ・走行が不安定になる状況のノウハウを蓄積する ・水滴がセンサー部に垂れないようなパーツを取り付ける

光センサーが
雨水を障害物
として検知



雨避け設置

3-3. 安全運行に向けた課題 ～歩行者の過剰検知～

課題：歩道上の歩行者を過剰に検知

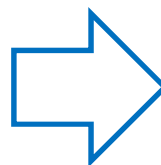
	分類	内容
課題	車両運用	・歩行者が歩道をはみ出して歩いていると、わずかな挙動で検知範囲に入ってしまう、急ブレーキがかかる ・歩道からはみ出して歩いている作業員がいる
対策案	運用車両	・歩道の内側を歩くようにお願いする ・検知範囲の設定を変更する



3-3. 安全運行に向けた課題 ～歩行者等とのコミュニケーション～ **TEPCO**

課題：歩行者や他車両とのコミュニケーションができない

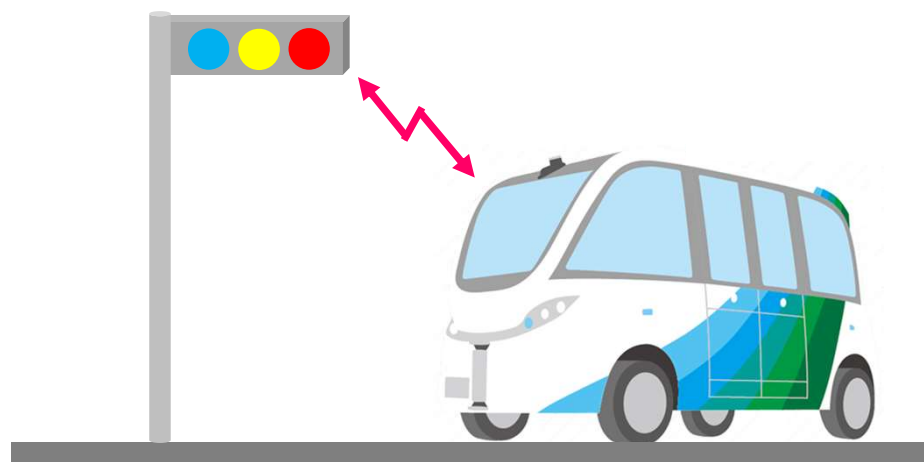
	分類	内容
課題	運用	・歩行者や他車両とお見合いをしてしまうケースがある。 自動運転車両を優先してくれるが、相手が先にいってくれないと自動運転車両は発進できないこともある。
対策案	運用	・コミュニケーションボードにて意思表示を図る。



3-3. 安全運行に向けた課題 ～交差点でのリスク低減～

課題：交差点での課題への対策案

分類		内容
課題	車両	・車両が信号情報を識別できないため、青信号でも一旦停止する運用にしている。周知を行っているが、追突リスクがある ・後続車両が多い場合、渋滞の原因となる
対策案	インフラシステム	・車両が信号情報を識別できるシステムの導入



4. 人工知能技術への期待

4-1. 自動運転を運用する中で、人工知能に期待すること

自動運転の「何に」対して、人工知能を活用するか？

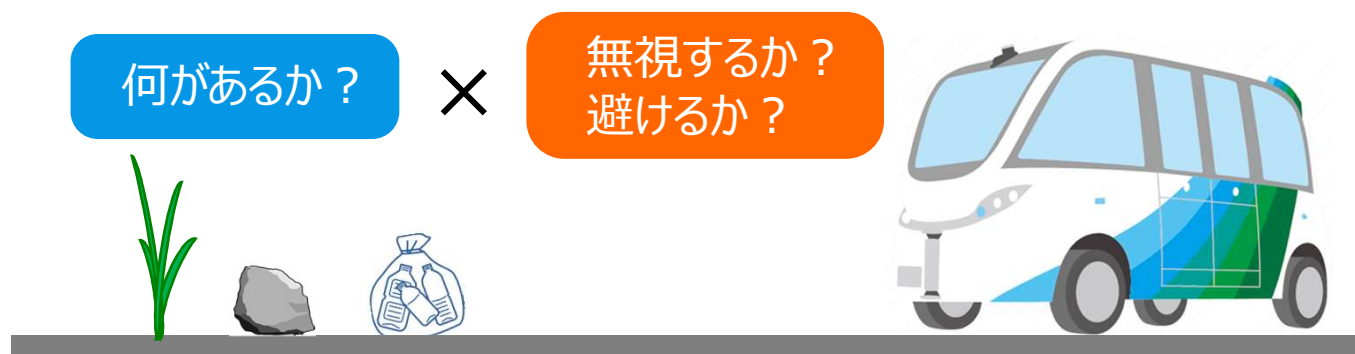


認知には「何が」求められるか？

判断には「何が」求められるか？

4-2. 人工知能技術への期待 ～道路の障害物～

- ・道路上での障害物を考えた場合



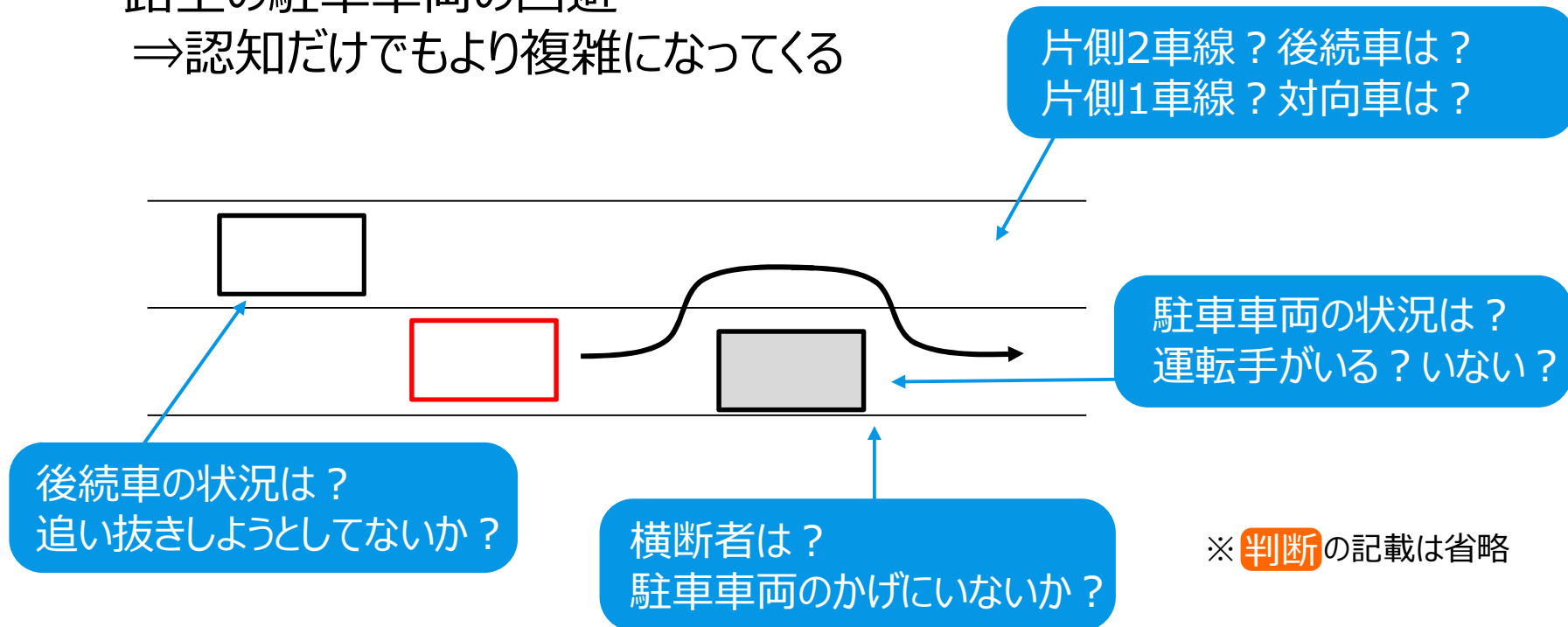
道路上は、障害物以外にも・・・
穴ぼこの場合は？
水たまりの場合は？



- ・道路以外にも、気象条件も考慮が必要
濃霧や大雨の場合は？
⇒自動運転は技術的には、視界に影響されず走行も可能だが・・・

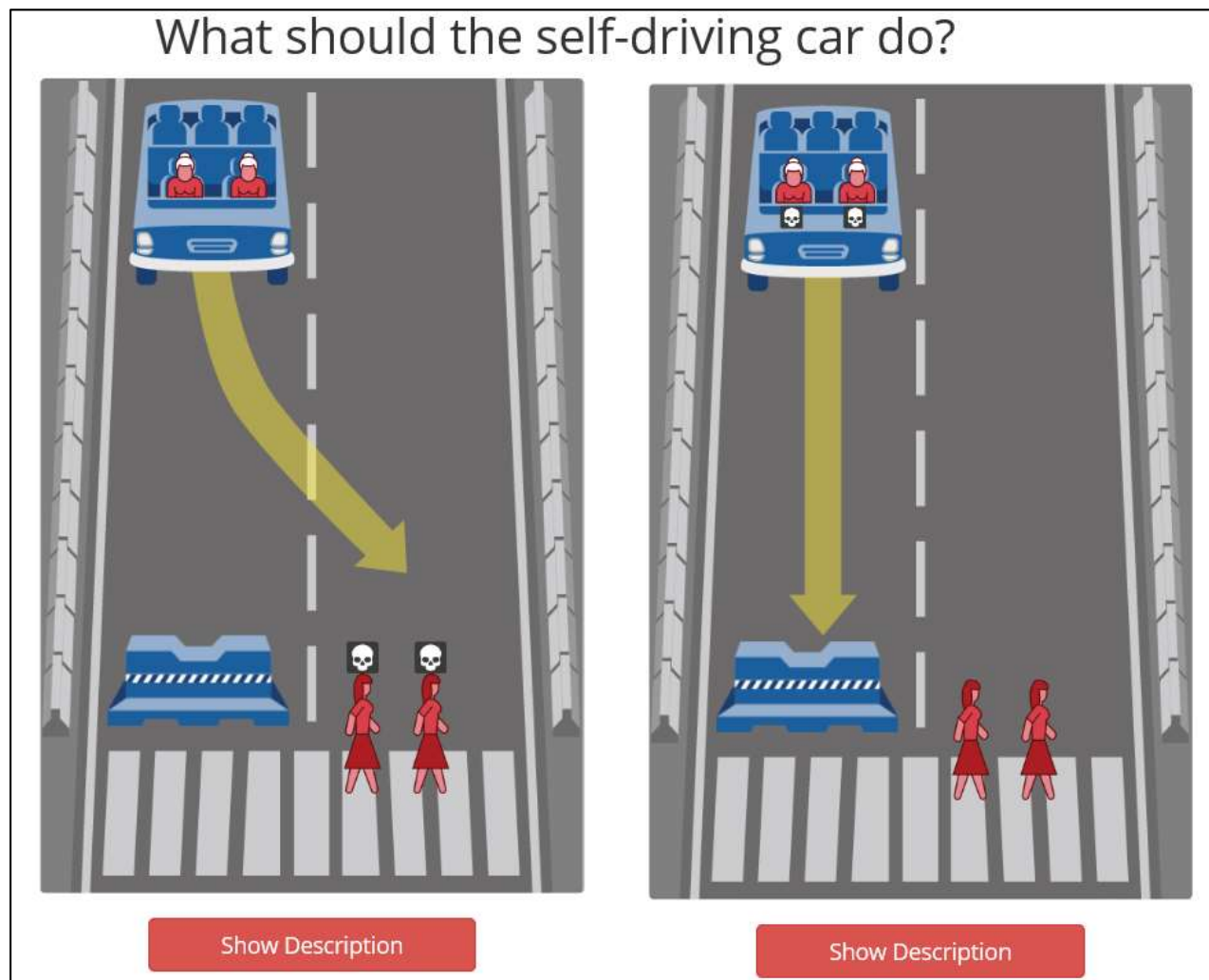
4-2. 人工知能技術への期待 ～車両の回避～

- ・路上の駐車車両の回避
⇒認知だけでもより複雑になってくる



- ・複雑な状況となり得るケースは他にも
交差点の右折、駐車場での走行、車両の追い越し・・・
- ・認知、判断が複雑となると、計算処理の負荷も大きくなっていく

4-3. 人工知能技術でも難しい??



出典：MIT Media Lab “MORAL MACHINE”
<http://moralmachine.mit.edu/>

5. 自動運転技術の今後の活用、取り組み

5-1. 自動運転技術の今後の活用、取り組み

福島第一原子力発電所における自動運転の実績を積み重ね、そのノウハウを国や地元自治体の皆さまへ積極的に提供し、浜通り地域の交通サービスに貢献および復興に努めてまいります。

