



University of Tsukuba
筑波大学

第4回日本安全運転・医療研究会

2019年12月14日

高齢者・障がい者の安全な移動を支える 運転支援と自動運転

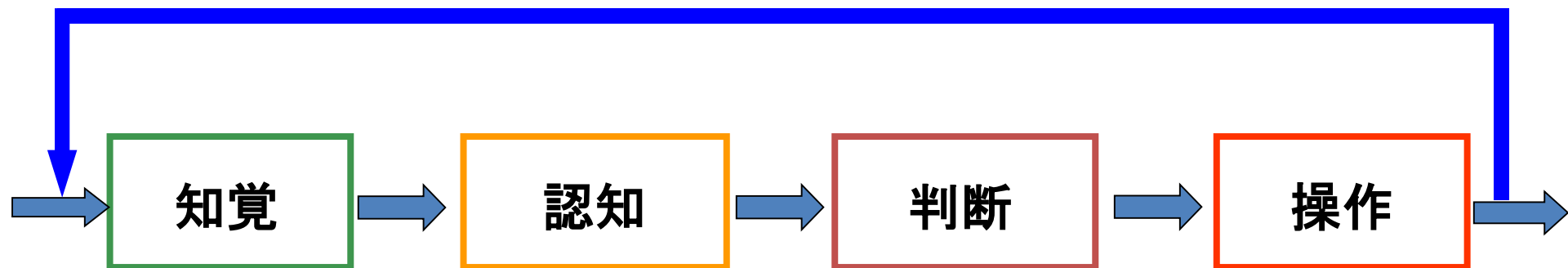
筑波大学副学長・理事

稲垣 敏之

inagaki.toshiyuki.gb@un.tsukuba.ac.jp

<http://css.risk.tsukuba.ac.jp/project/kakenhiS.html>

情報処理過程で生じるさまざまな失敗



- 見落とし、聞き落とし
- 能力の限界で見えない、聞こえない
- 実体のないものが見える、聞こえる

- 情報の意味が理解できない (知識ベースミスイク)
- 過去の経験を誤用 (ルールベースミスイク)

- 不適切な行為を選択 (知識ベースミスイク、ルールベースミスイク)
- 不適切な不作為 (リスクの過小評価)

- 意図せぬ行為による置換 (スリップ)
- 手順の一部の欠落や失念 (ラプス)
- 行為実行不能 (能力の限界)

代表的な技術(1): 知覚・認知の支援



代表的な技術(2): 知覚・認知・判断の支援



代表的な技術(3): 判断・操作の支援

衝突被害軽減ブレーキ

前方の障害物との衝突を予測して警報し、衝突被害を軽減するために制動制御する装置

システムあり



警報により自分でブレーキ



警報に気付かない時は…

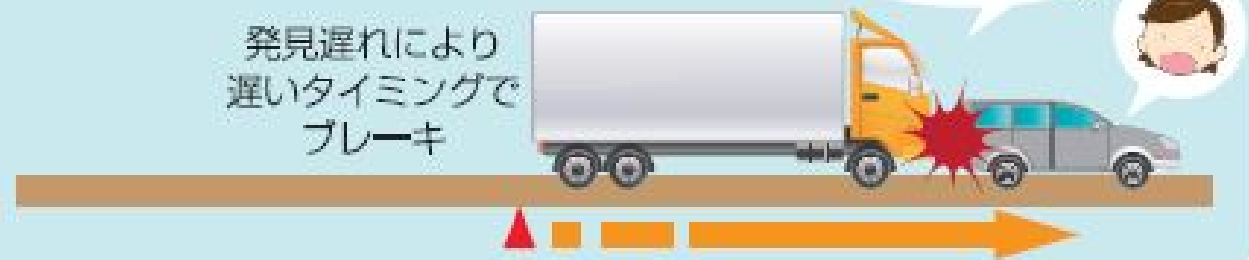
自動ブレーキ

ブレーキの制御

システムなし

発見遅れにより
遅いタイミングで
ブレーキ

間に合わない!

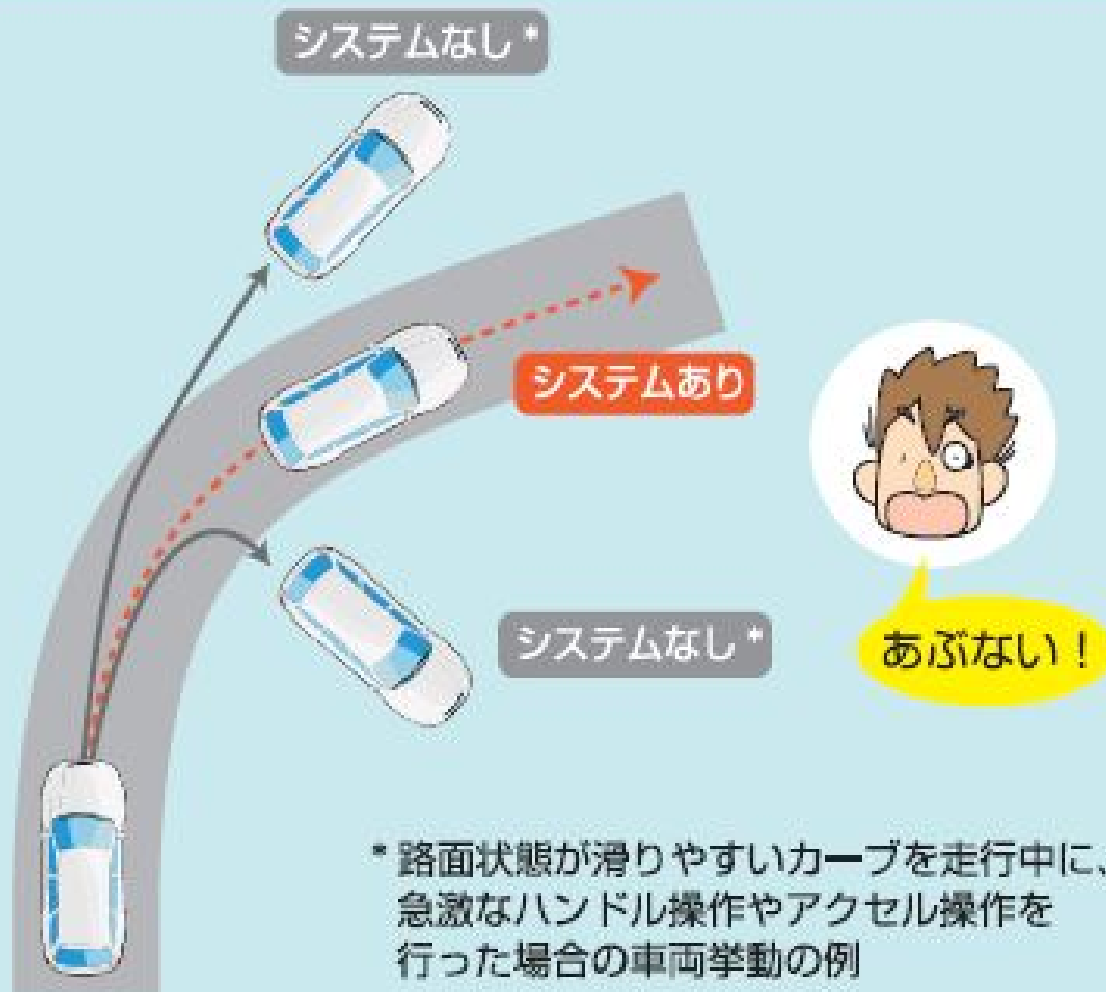


代表的な技術(4): 操作の支援

ESC

(Electronic Stability Control)

車両の横滑りの状況に応じて、制動力や駆動力を制御する装置



縦方向制御の自動化: Adaptive Cruise Control

ACC (Adaptive Cruise Control)

一定速で走行する機能および車間距離を制御する機能を持った装置

先行車なし

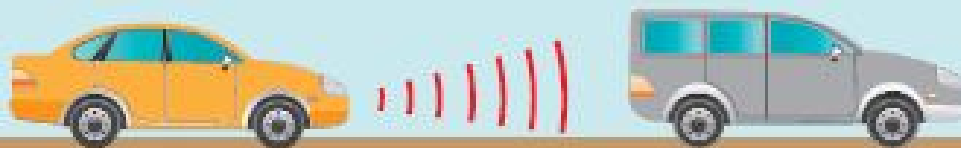
設定した速度で走行



運転負担軽減

先行車あり

車間距離を一定に保って走行

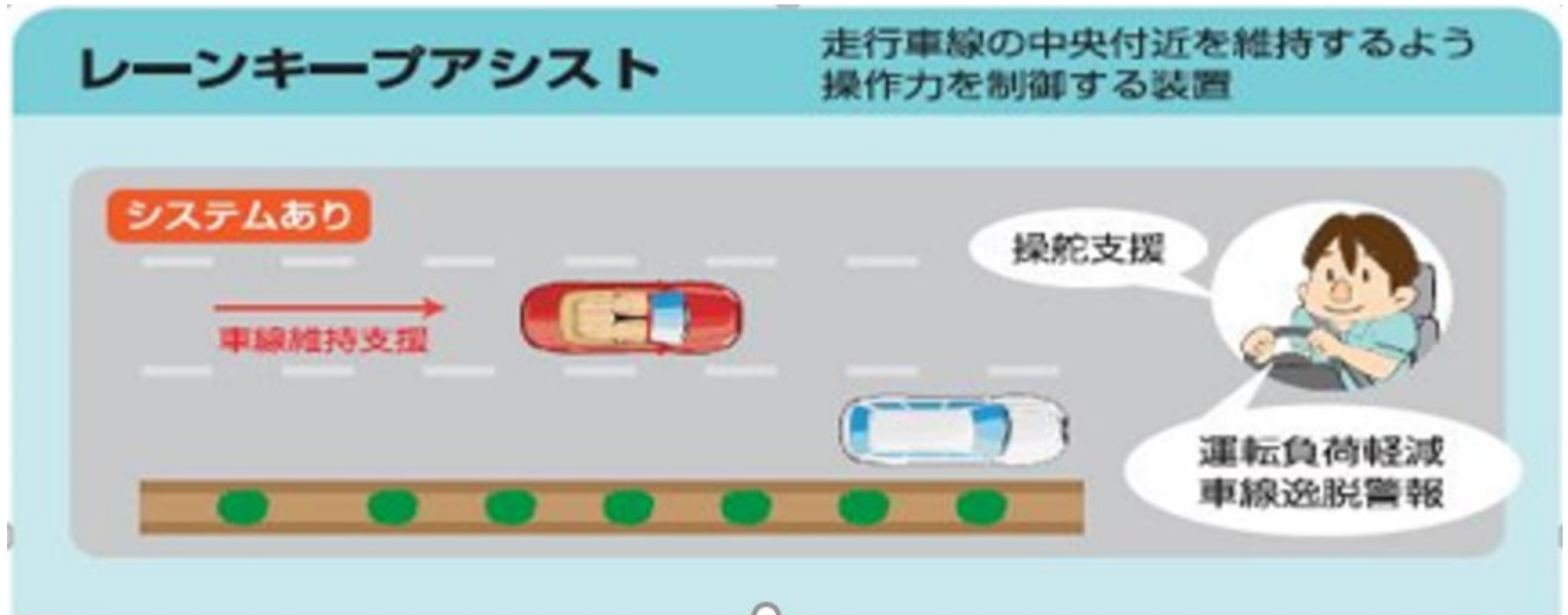


運転負担軽減



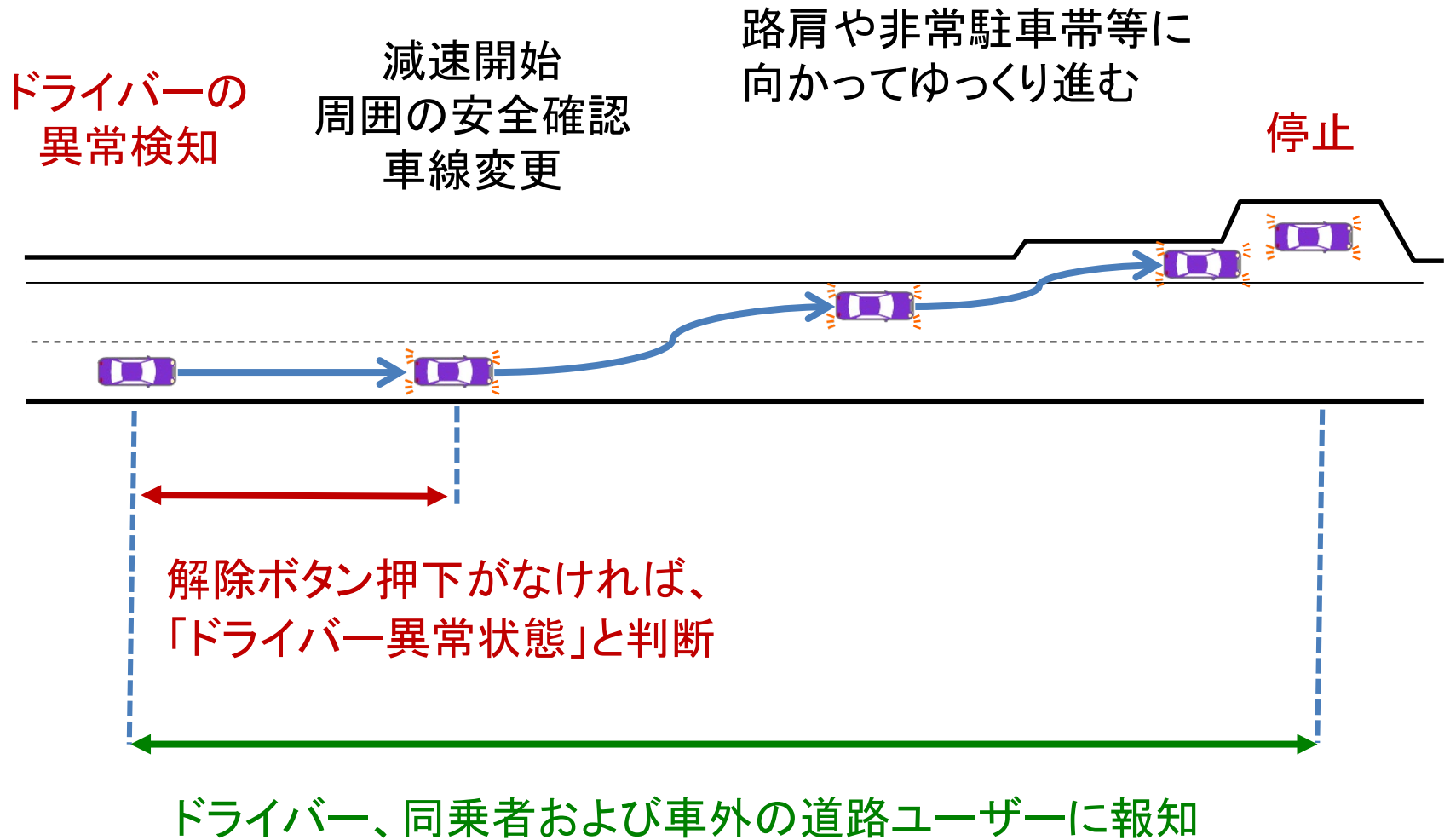
先行車に続いて停止

横方向制御の自動化: Lane Keeping Assist



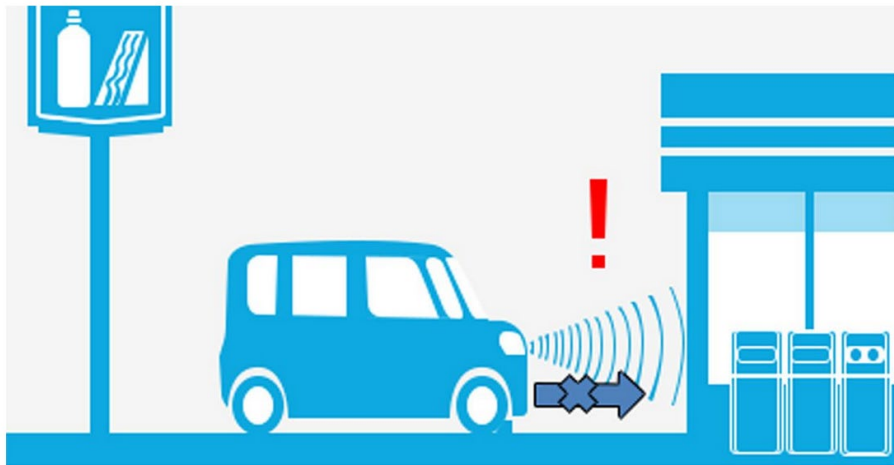
(注) つねに車線中央を走行するように操舵制御を行うものは、Lane Centering System と呼んで、LKA と区別している

ドライバー異常時対応システム



ペダル踏み間違い事故の防止

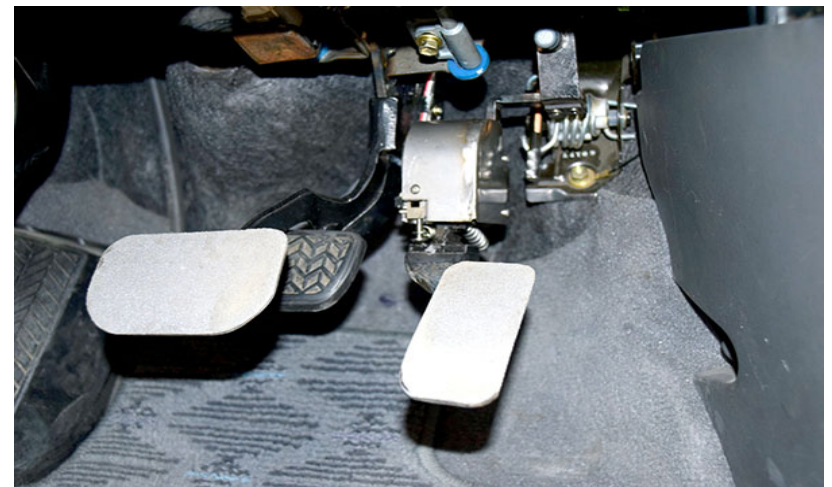
(1) 障害物検知機能付き
ペダル踏み間違い
急発進等抑制装置



(出典: ダイハツ工業)

駐車場等での低速走行時(～15 km/h)
において、ペダル踏み間違いによる急
発進を抑制

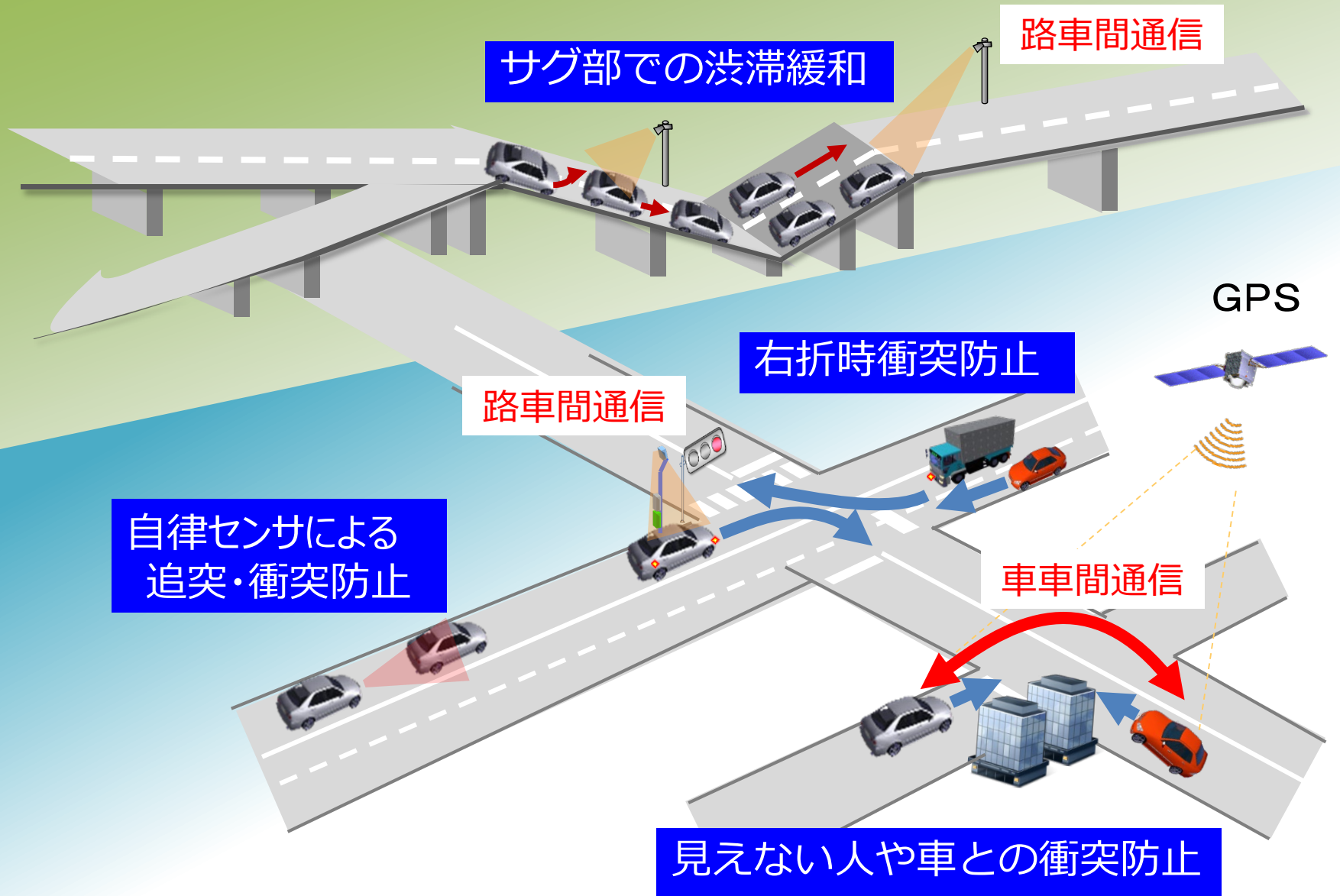
(2) ペダル踏み間違い
防止装置



(出典: ナンキ工業)

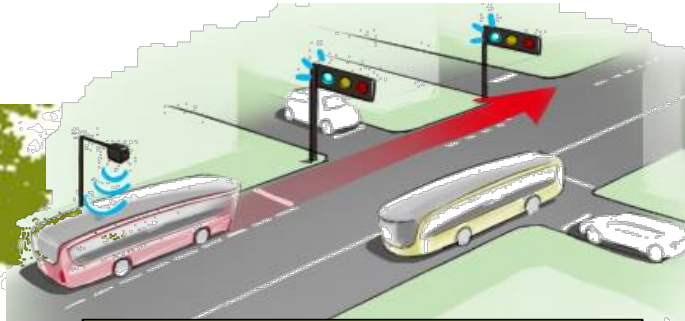
アクセルペダルが強く踏み込まれて
「ベタ踏み」状態になると、ブレーキ
ペダルが機械的に連動して踏み込
まれ、ブレーキが作動

自動運転による交通事故・渋滞の軽減

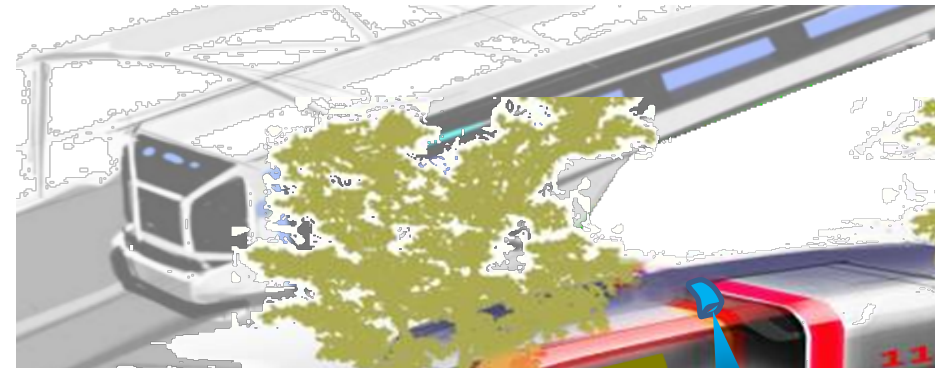


自動運転を活用した次世代都市交通(1)

スムーズな加減速、乗客転倒防止



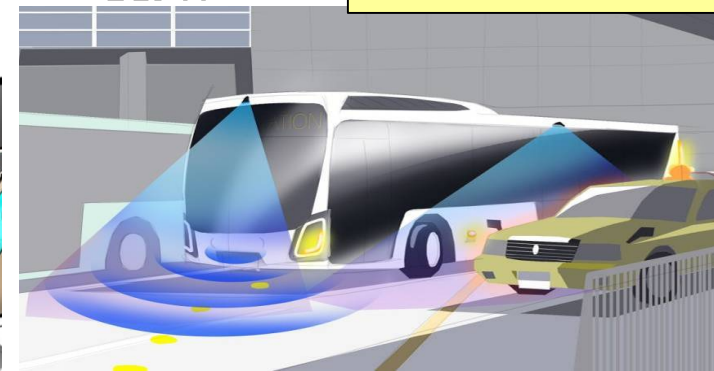
統合的・有機的な運行



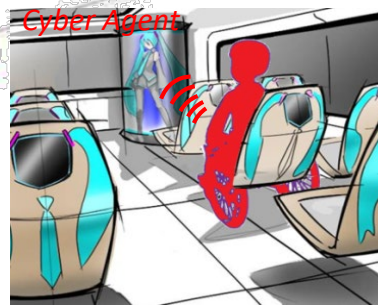
交通流整流、定時運行



事故低減
運転負荷軽減



乗降時間短縮
乗降安全性向上



自動運転を活用した次世代都市交通(2)



法定速度上限から減速、幅寄せを行い、
ほぼ隙間なくバス停に横付け(正着)

自動運転を活用した地方における移動サービス(1)

ラストマイル自動運転

①【市街地モデル】 石川県輪島市
(小型カート利用) 2017.12~



②【過疎地モデル】 福井県永平寺町
(小型カート利用)



③【観光地モデル】 ^{ちやたん}沖縄県北谷町
(小型カート利用)



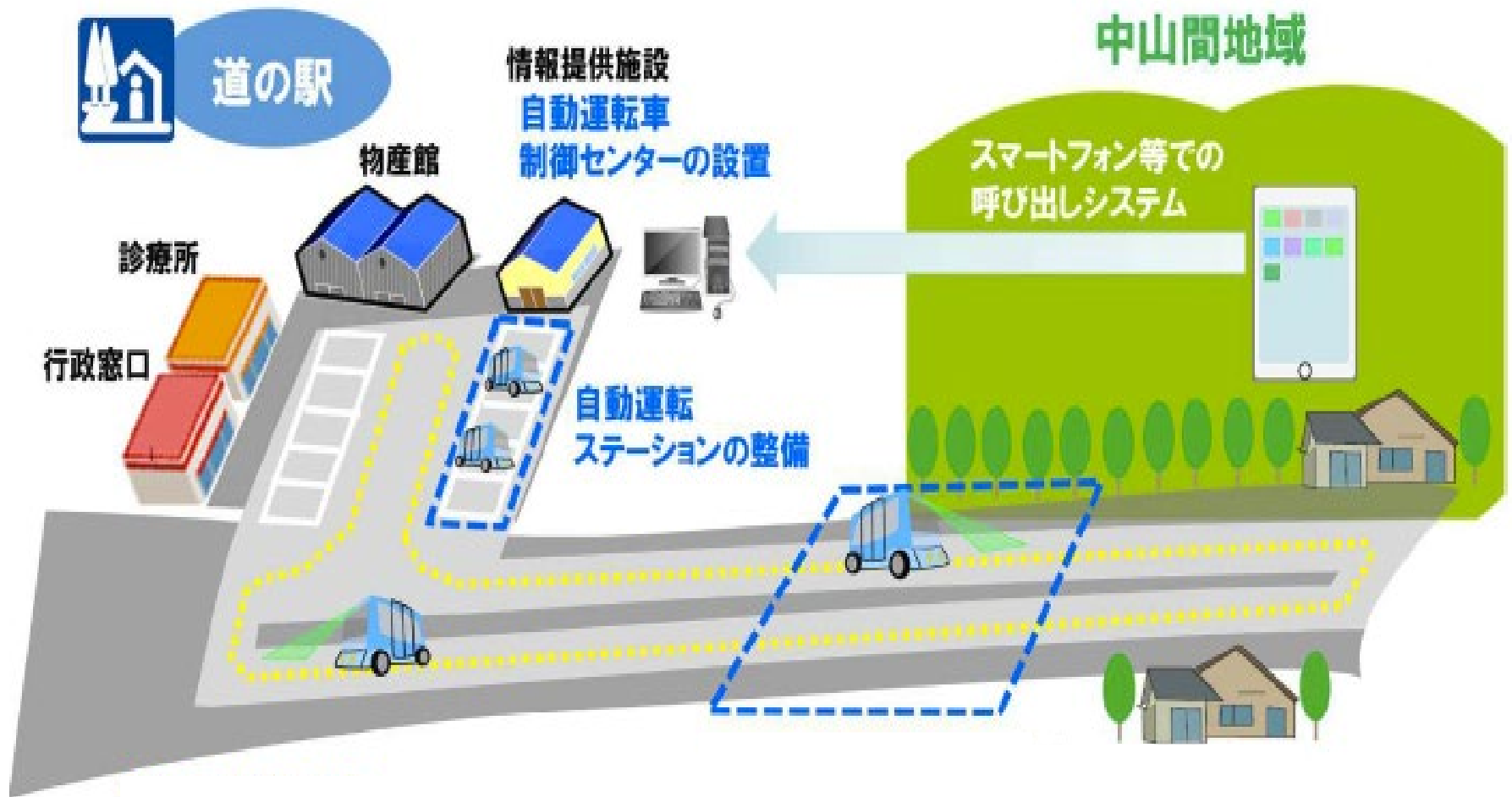
④【コミュニティバス】 茨城県日立市
(小型バス利用)



写真の出典：
国交省

自動運転を活用した地方における移動サービス(2)

中山間地域における道の駅を拠点とした自動運転サービス



自動運転技術を活用して豊かな未来を！

- **交通事故の低減、渋滞の削減**
運転者によるヒューマンエラーを防止
- **自動運転で交通社会の最適化**
公共交通を補完し、都市と地方の移動格差を解消
- **物流の効率化、無人化を目指す**
ドライバー不足の解消、コスト削減への期待
- **新しい移動体験で運転者の負担軽減**
未来モビリティで移動時間と空間をもっと自由に
- **次世代モビリティと未来社会**
すべての人が移動の自由を手にした未来都市を実現

ひとくちに「自動運転」といっても、形態は多種多様



ハンズオフ vs ハンズオン

Photo:
BMW



Photo:
Volvo

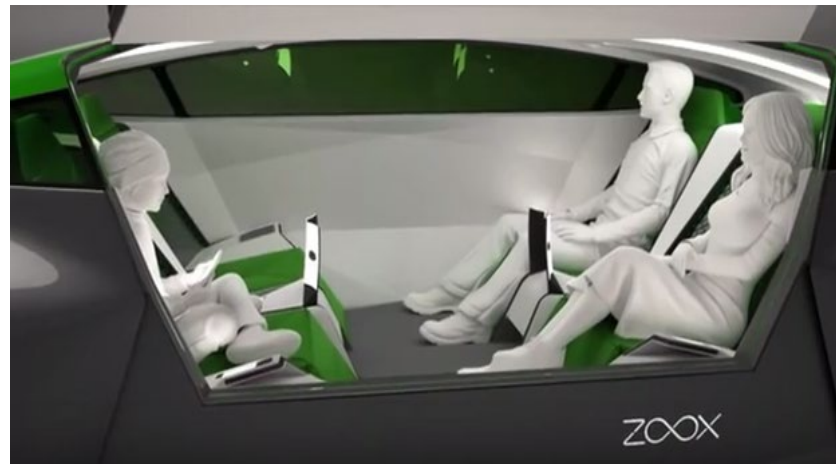


Photo:
Zoox

自動運転レベル (Levels of Driving Automation)

ドライバーは動的運転タスクの一部を担当（環境及びシステムの監視ならびに必要な応じての介入はドライバーの役目）

1	Driver Assistance	特定の運行設計領域においてシステムは縦方向又は横方向のいずれか一方の車両運動制御を担当。ドライバーは動的運転タスクの残余分を担当。
2	Partial Driving Automation	特定の運行設計領域においてシステムは縦方向及び横方向の車両運動制御を担当。ドライバーは動的運転タスクの残余分と監視制御を担当。

システムは動的運転タスクのすべてを担当

3	Conditional Driving Automation	特定の運行設計領域においてシステムが全ての動的運転タスクを担当。作動継続が困難なとき、システムは十分な時間余裕をもってドライバーに運転交代を要請。ドライバーはその要請に適切に対応すること。
4	High Driving Automation	特定の運行設計領域においてシステムが全ての動的運転タスクを担当。作動継続が困難なときも、システム自身で適切に対応。
5	Full Driving Automation	運行設計領域に限定されることなく、システムが全ての動的運転タスクを担当。作動継続が困難なときも、システム自身で適切に対応。

レベル2の自動運転

システム： 縦方向と横方向の車両運動制御を担当。

ドライバー： 動的運転タスク残余分と監視制御を担当。



Photo: BMW

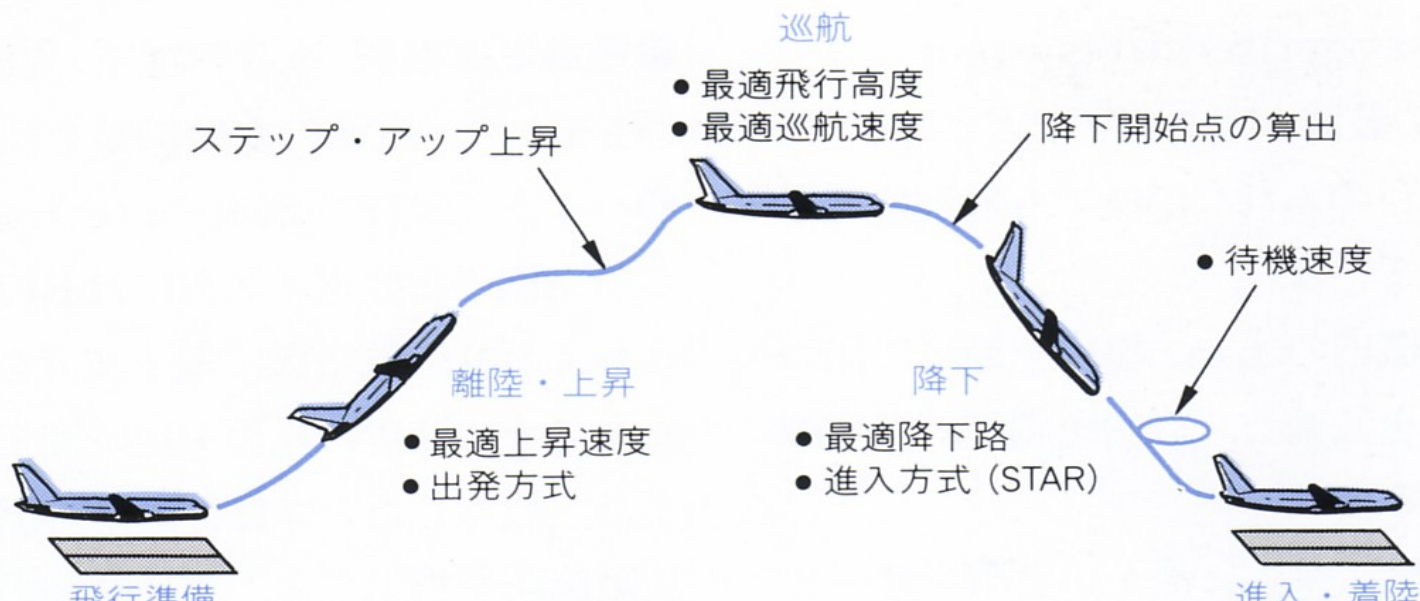
【監視制御 (supervisory control)】

- 人が何をなすべきかを決め、システムに指示
- システムは、人の指示に沿って制御を実行
- 人は、システムによる制御が適切かどうかを**継続的に監視**。場合に応じて**適時に介入**

ハンズオフを可とする流儀 vs **ハンズオンを求める流儀**

システムの動作原理、能力限界、サブシステム間の相互干渉等に関する正確な理解が必要

航空機の自動化はレベル2の自動運転と同等



年間飛行時間 800-900時間の国際線パイロットの場合、
手動操縦は 3時間程度

システムの動作原理、能力限界、
サブシステム間の相互干渉等に
関する正確な理解が必要

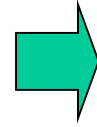


パイロットは、このために
厳しい教育・訓練を受ける

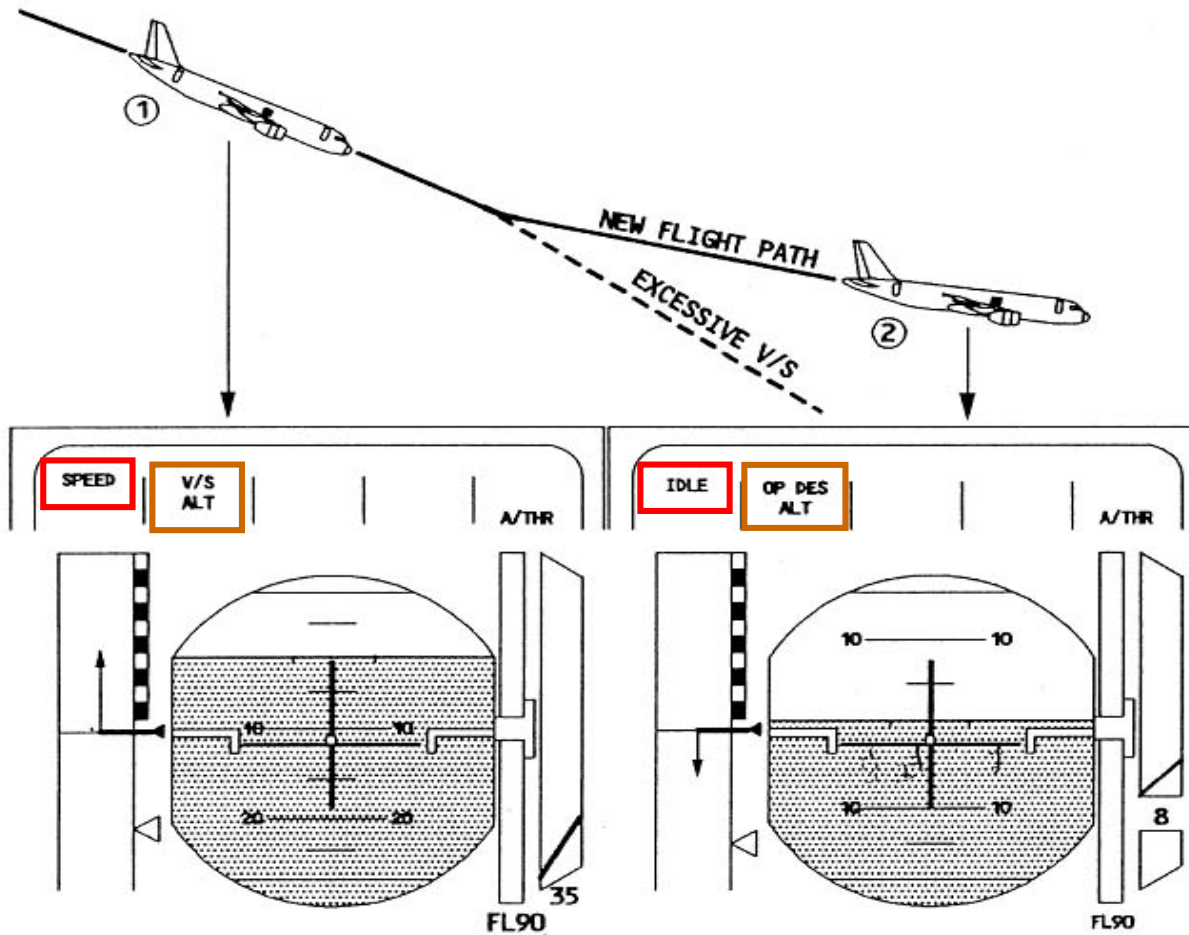
航空機における賢い機械がもたらす光と影

● 賢い機械

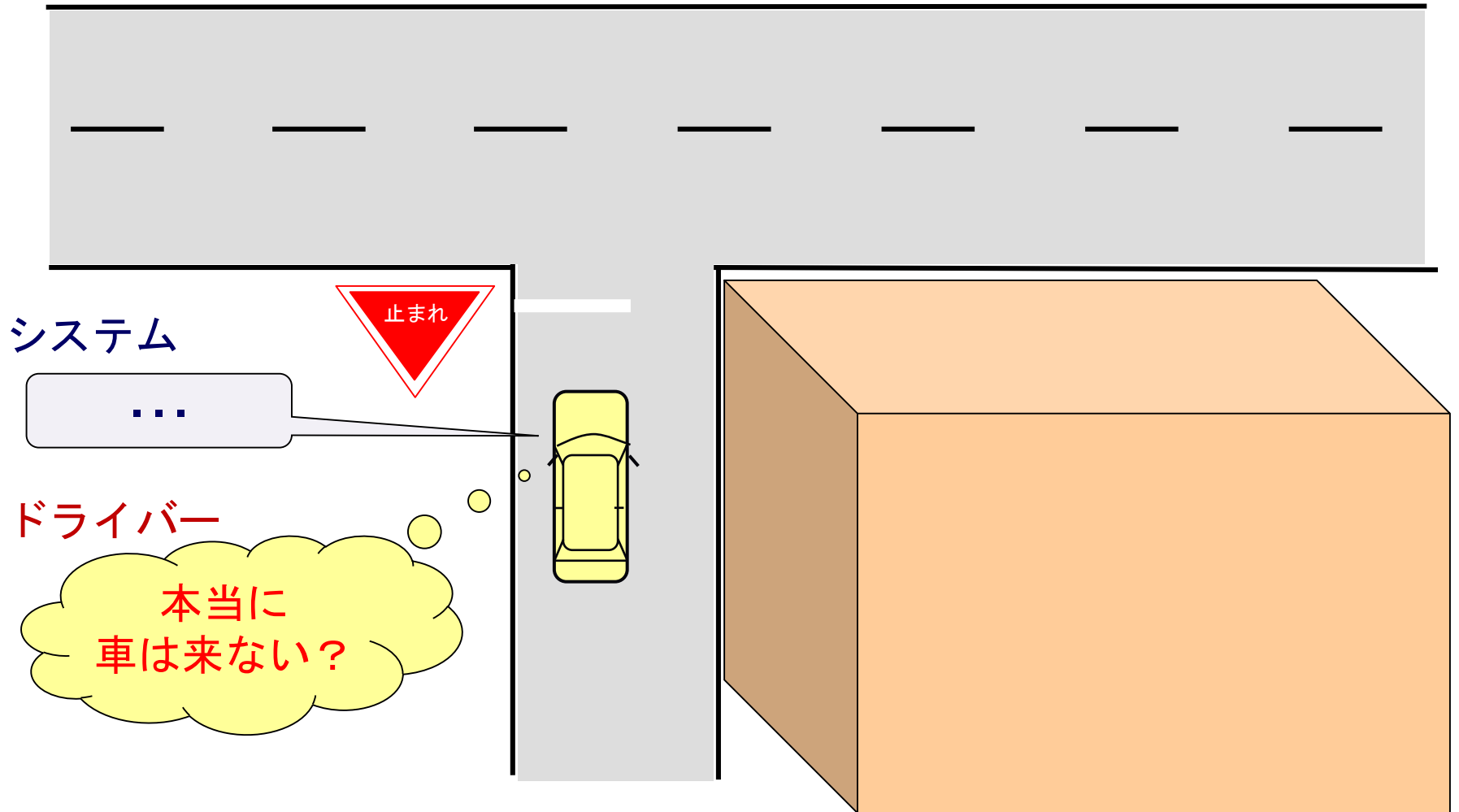
- 状況センシング
- 状況理解
- 何をなすべきかを決定し、実行



状況認識の喪失
機械への過信と不信の交錯
オートメーションサプライズ

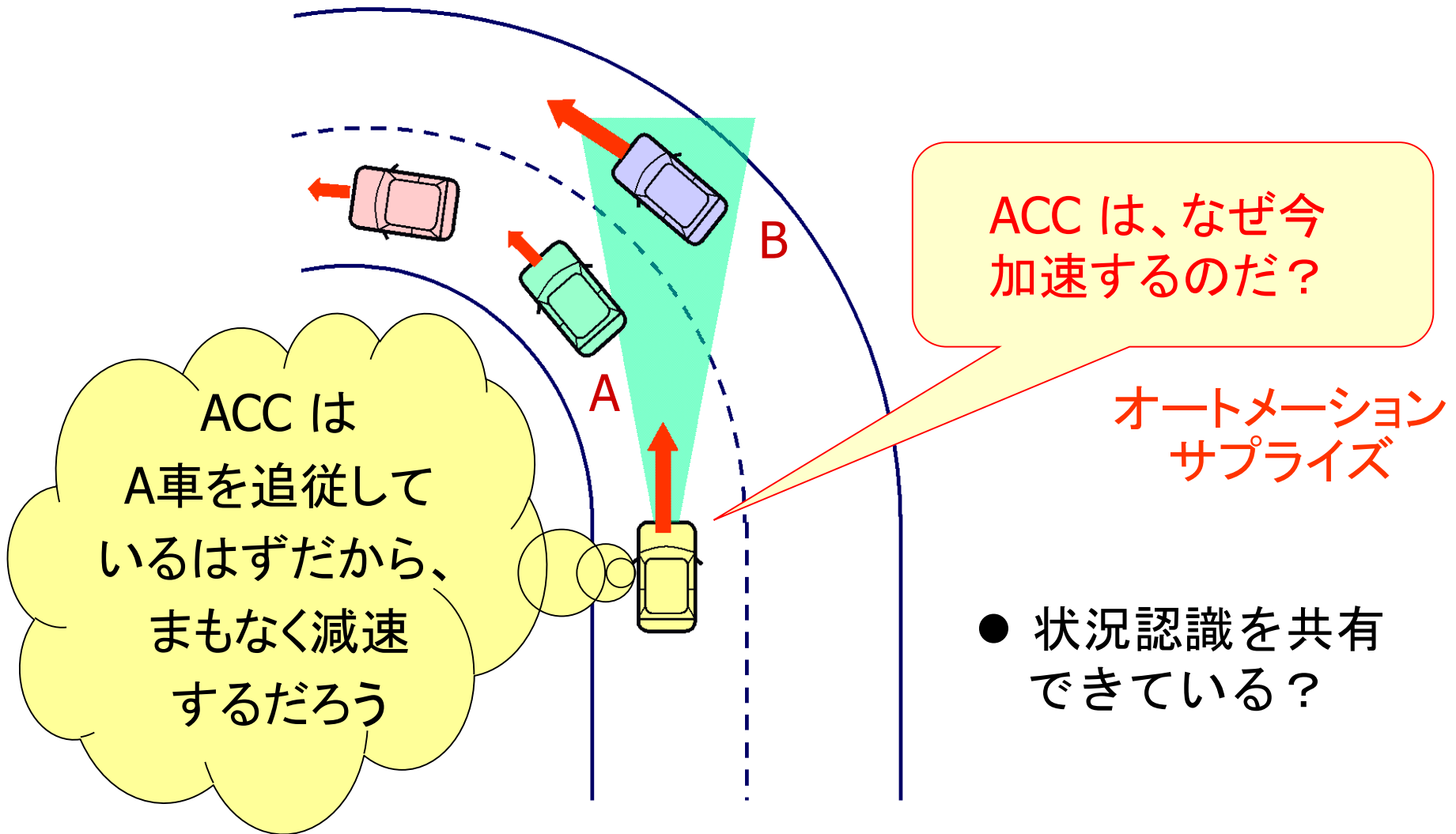


注意喚起も警報も出ていないから大丈夫？



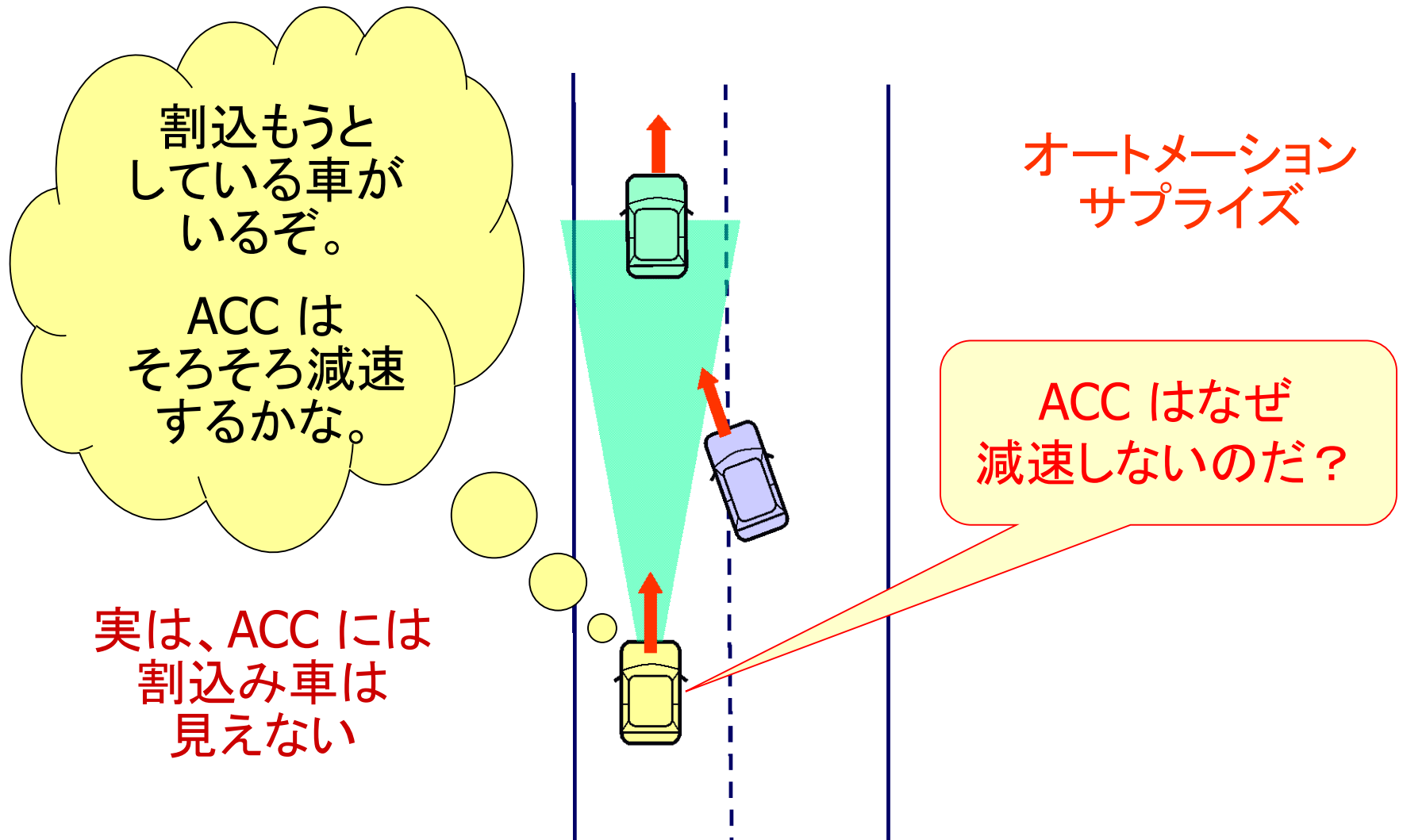
- システムは作動している？
していない？

人が見ているもの ≠ 機械が見ているもの



実は、ACC が見ているのは B車

機械の能力限界が分からないと...



- 能力限界はどこにある？

レベル2の自動運転は人に優しくない！



Photo: BMW

【監視制御 (supervisory control)】

- 人が何をなすべきかを決め、システムに指示
- システムは、人の指示に沿って制御を実行
- 人は、システムによる制御が適切かどうかを**継続的に監視**。場合に応じて**適時に介入**

システムの動作原理、能力限界、サブシステム間の相互干渉等に関する正確な理解が必要

↑
← 高齢者を含めた一般ドライバーにも厳しい教育・訓練を課す？

レベル3の自動運転

システム： 走行環境の監視を含め、全ての動的運転タスクを担当。
作動継続が困難なとき、十分な時間余裕をもって
ドライバーに運転交代を要請。

ドライバー： システムの要請に適切に対応すること。



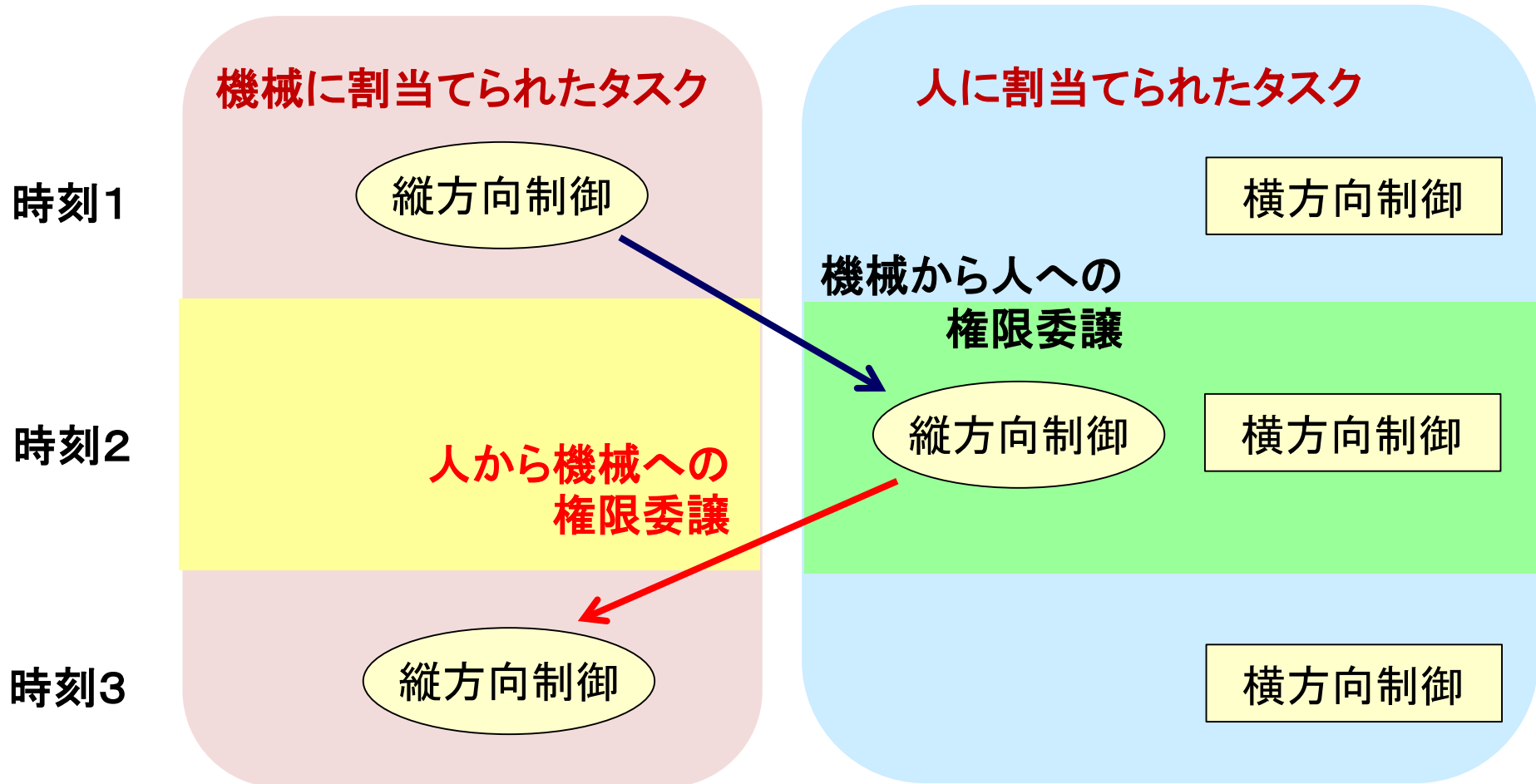
Photo: Volvo

- 「十分な時間余裕」とは、どれくらい？
- 運転交代を要請してから一定時間が経過すれば、システムは機能を停止させてよい？
- レベル3の自動運転の狙いは、移動時間を有効に使えるようにすることではなかったのか？

運転主体の交代: 権限委譲(trading of authority)

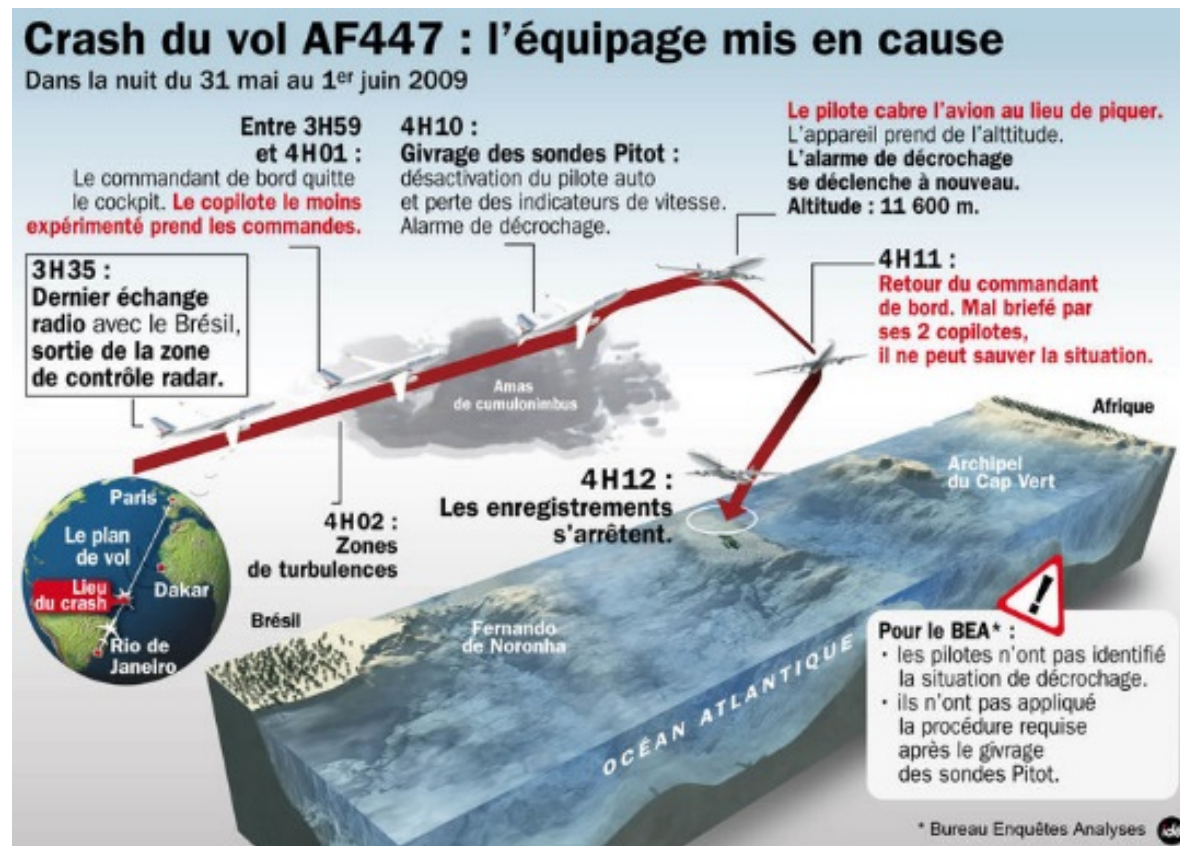
(1) 誰から誰への権限委譲?

(2) 権限委譲の要否と実行タイミングを決定するのは誰?



機械の判断による、機械から人への権限委譲は 成功するとは限らない！

高高度を飛行中に対気速度に矛盾が生じ、オートパイロット解除。
その後のパイロットの操作が不適切であったため異常姿勢に陥り、墜落。



運転交代要請(RTI)を発して機械から人へ権限委譲

ドライバー：運転操作は行わず、走行環境の監視もしていない。
システムから運転交代を求められたとき、
瞬時に状況を見極め、適切に車両を制御できる？



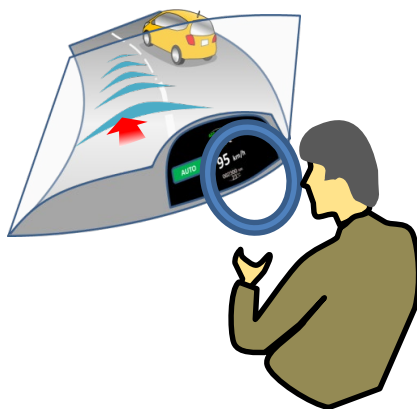
Photo: Volvo

運転を交代
してください

RTI
(request to intervene)



RTI に対して適切に
対応してくれれば
よいのだが . . .



RTI を発しても
ドライバーが対応して
くれなかったら . . .

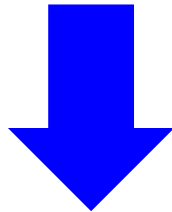
運転交代要請 (RTI) メッセージのデザイン

SAE J3016 「運転を交代してください」

所定の時間が経過した時点で、システムは自動走行モードを解除

事故発生リスクを最小にする RTI

運転を交代してください。運転が引継がれたことが
確認でき次第、自動走行モードを解除します



所定時間の経過後も、運転者が運転を
引継いだことが確認できないなら...

システムは「権限委譲は不可能」と判断し、
自身の機能範囲内で車両停止へ向けて制御を実行

(Inagaki & Sheridan 2018)

(注) ミニマム・リスク・マヌーバ

「自動運転車の安全技術ガイドライン」 (国交省 2018)

レベル3の自動運転も人に優しくない！



Photo: Volvo

ドライバーは、運転操作は行わず、走行環境の監視もしなくてよいが...

システムから運転交代を要請されたときは、適切に対応することが必要。



- 瞬時に状況を理解し、何をしなければならないかを即断し、それを実行に移すことは容易？
- 「システムの手に残るときは人に対応させよう」という設計思想は妥当か？
- その対象者は、厳しい教育・訓練を受けるとは限らない一般ドライバーなのだが...

レベル4の自動運転

システム： 全ての動的運転タスクを担当。
作動継続が困難なときも、システム自身で適切に対応。



Photo: Volvo

- 「システムだけで対応できる」とは、「人に関与を求めなくてもよい」こと
- 「何が起きているか」、「システムがどのように対応しようとしているか」を人に知らせなくてもよいのではない

【移動サービスへの応用可能性】

- 道路交通に関する条約(ジュネーブ条約)との整合性を図ったうえで、限定的な地域において無人自動運転移動サービスを実現させれば、高齢者のモビリティ向上へ繋がる

レベル4の自動運転を活用した移動サービス

ラストマイル自動運転

①【市街地モデル】石川県輪島市
(小型カート利用) 2017.12~



②【過疎地モデル】福井県永平寺町
(小型カート利用)



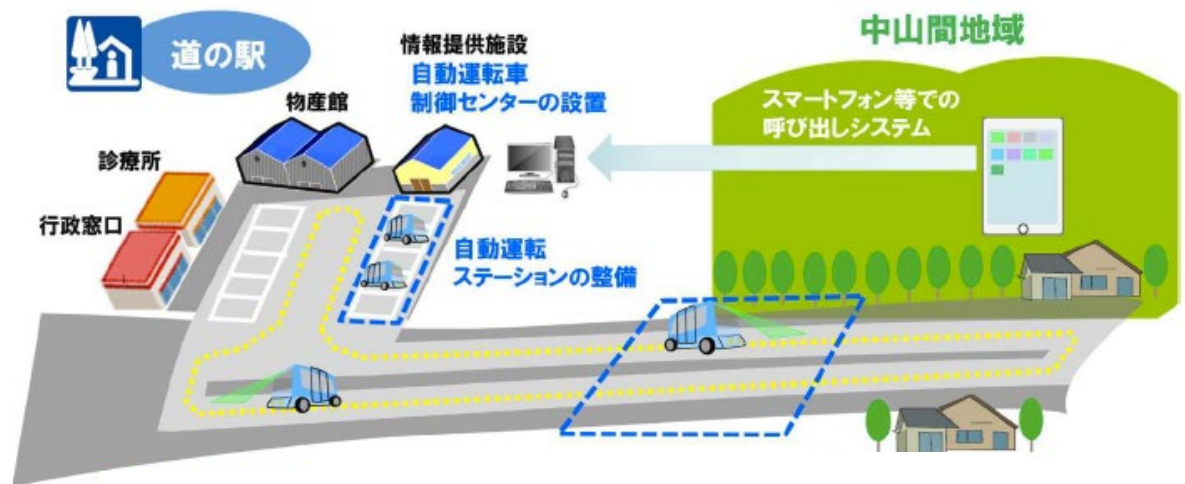
③【観光地モデル】^{ちやたん}沖縄県北谷町
(小型カート利用)



④【コミュニティバス】茨城県日立市
(小型バス利用)



中山間地域における
道の駅を拠点とした
自動運転サービス



写真・図の出典：国交省

高齢者等移動困難者の移動手段確保は喫緊の課題

- 高齢者による免許返納数の急増
- 過疎地域等での公共交通の路線廃止
- バス等のドライバー不足の深刻化



限定地域における無人
自動運転移動サービス



- 「車内にドライバーがない」という意味で「無人」（レベル4）
- 実は、**遠隔型自動運転システム**
- 車両外にドライバーの役割を果たす遠隔監視・操作者が存在（レベル2）
- ジュネーブ条約の存在

写真：産総研

遠隔型自動運転システムによる移動サービス



- 低速(10~30 km/h)で、予め定められたルートを走行
- 搭乗可能な乗客は少人数。
特定の場所で乗降
- 運行設計領域の設定:(例)運行は天候条件の良い日中に限定
- 運行状況は、遠隔監視・操作者が監視。

遠隔型自動運転システムの課題

- 1人の遠隔監視・操作者で何台の自動運転車を監視するのか?
- 遠隔監視・操作者に届く映像には「通信遅延」がある。
監視・操作者の制御コマンドが車両に届くまでにも「通信遅延」がある
- 遠隔監視・操作者の知識・技量は、これに対応するに十分か?
- 遠隔監視・操作者に提供される画像で状況を正確に把握できるか?

自動運転の社会実装のための公道実証実験

2 中山間地域における道の駅等を拠点とした自動運転サービス

<地域指定型：5カ所>

内閣府(科技イノベ)、国交省

中山間地域モデル

⑤秋田県
上小阿仁村
ヤマハ

中山間地域モデル

⑥栃木県
栃木市西方町
DeNA

中山間地域モデル

⑦滋賀県
東近江市蓼畑町
先進モビリティ

中山間地域モデル

⑧島根県
飯石郡飯南
アイサテクノロジー

中山間地域モデル

⑨熊本県
葦北郡芦北町
ヤマハ

<公募型：8カ所>

⑩北海道
大樹町

⑪山形県
高島町

⑫茨城県
常陸太田市

⑬富山県
南砺市

⑭長野県
伊那市

⑮岡山県
新見市

⑯徳島県
三好市

⑰福岡県
みやま市

上記のほか、ビジネスモデルの更なる具体化に向けてフィージビリティスタディ（机上検討）を行う箇所として、

- ① 新潟県長岡市
- ② 岐阜県郡上市
- ③ 愛知県豊田市
- ④ 滋賀県大津市
- ⑤ 山口県宇部市の5箇所がある。



1 ラストマイル自動走行

経産省、国交省

観光地モデル

①沖縄県
北谷町
ヤマハ
(小型カート)

市街地モデル

②石川県
輪島市
ヤマハ
(小型カート)

過疎地モデル

③福井県
永平寺町
ヤマハ
(小型カート)

コミュニティバス

④茨城県
日立市
SBドライブ
(小型バス)

3 沖縄におけるバス自動運転、大規模実証実験

内閣府(科技イノベ)

バス自動運転

⑱沖縄県
宜野湾市・北中城村
先進モビリティ、SBドライブ

※2017年11~12月

大規模実証

⑲関東地方等の
高速道、東京臨海部
自動車・部品メーカー、大学等

※本年秋に開始(~2019年3月)

4 高速道路におけるトラックの隊列走行

経産省、国交省

⑳新東名高速道路
(調整中)
豊田通商、
先進モビリティ等



(NEDOエネルギーITS事業)

公道実証実験から確認された課題(1)



▲進路上の路上駐車による手動介入
183件



▲進路上の歩行者による手動介入
68件



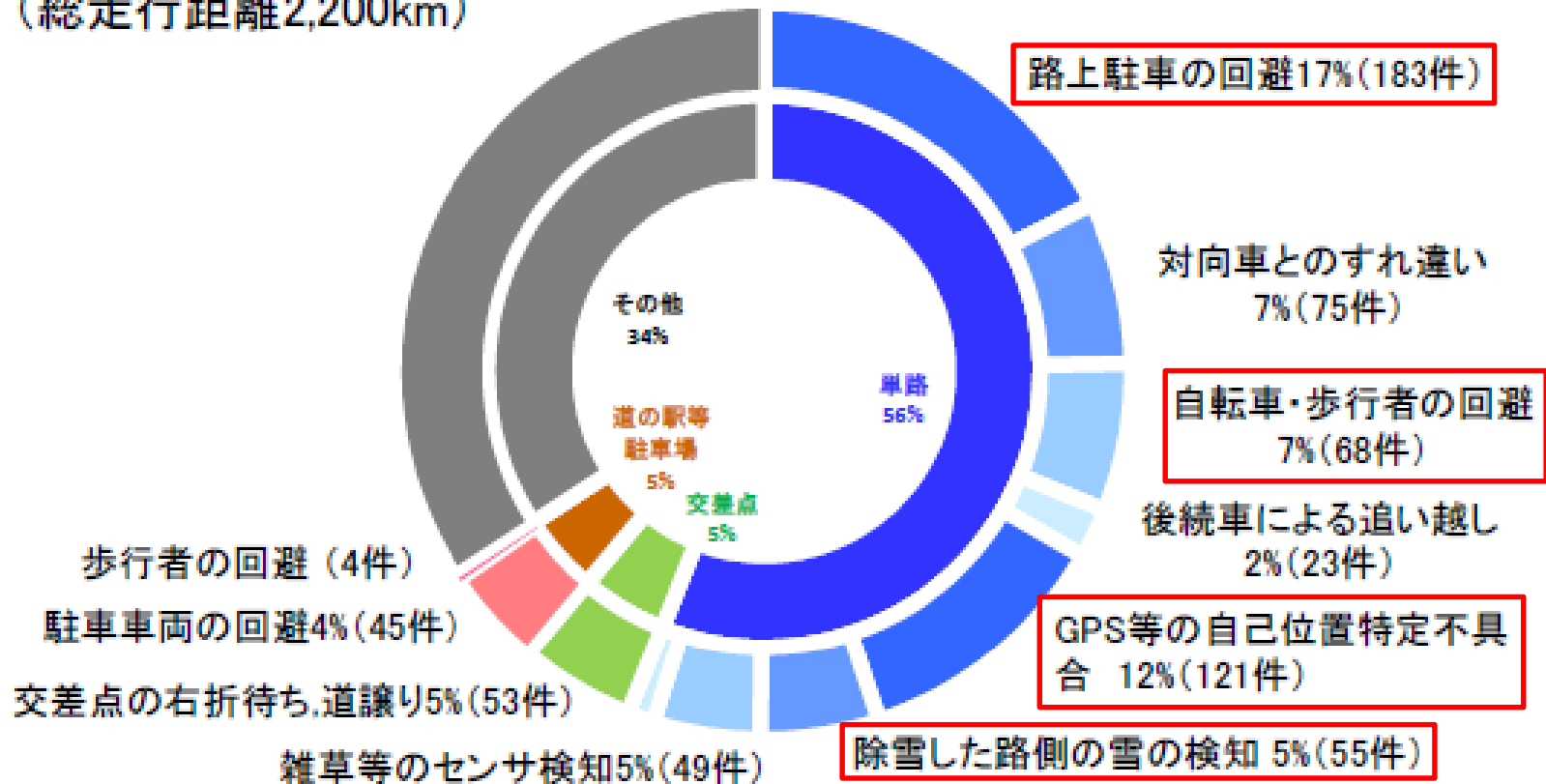
▲GPS等の自己位置特定不具合
121件



▲除雪後の路側の雪による手動介入
55件

公道実証実験から確認された課題(2)

○自動運転が継続できない事象による手動介入発生 (総走行距離2,200km)



▲手動介入の要因別・道路構造別発生割合 N=1,046
(H29年度の実証実験)

視覚に障がいを持つ人の移動を支援する

視力障がい： 網膜の中心部が見えないため字は読めないが、周りは見えてふつうに生活することができる

- レベル2の自動運転において、システムによる状況認識とシステムの意図を音声で説明する機能があれば・・・
- 限定免許が認められるようにできないか？

視野障がい： 網膜の中心部はよく見え視力は良好であるが、周辺部が見えない

- システムによる状況認識と、どこにどのようなリスクが存在するかを音声で説明する機能があれば・・・
- 自動車運転の安全性向上が図れないか？