

講演 4

自動運転技術を見据えた予防安全支援システムの 性能及び効果評価のあり方について

自動車安全研究領域 主任研究員

田中 信壽

自動運転技術を見据えた 予防安全支援システムの性能及び効果評価 のあり方について

自動車安全研究領域 主任研究員 田中信壽

講演内容

1. 自動運転へのアプローチ
2. 予防安全支援システムの潜在的な課題
3. 予防安全支援システムに求められる新たな評価軸
4. 自動ブレーキに対する性能評価、効果評価の提案
5. まとめ

1.自動運転へのアプローチ(1)

総合科学技術・イノベーション会議*

SIP 戦略的イノベーション創造プログラム

Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program

10個のプログラムが策定

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の対象課題、PD、26年度配分額

革新的国際技術 (配分額 20億円) 杉山 隆男 トヨタ自動車 技術開発 部長 最先端技術の革新的国際技術(現在40%程度)を世界トップクラスの国際競争力を持つ研究開発体制の構築によって実現。省エネ、CO2削減、安全、日本の自動車産業の競争力を維持・強化。	次世代バーレーン・エレクトロニクス (配分額 22億円) 大崎 達夫 三菱電機 開発本部 部長 5G、6G等の次世代無線技術を中心としたエレクトロニクスの性能向上、用途と普及の拡大を図り、一層の省エネとエネルギー効率の向上と産業競争力の強化。
革新的国際技術 (配分額 20億円) 岸 博雄 東京大学 名誉教授、物質・材料研究機構 顧問 最先端技術の革新的国際技術(現在40%程度)を世界トップクラスの国際競争力を持つ研究開発体制の構築によって実現。省エネ、CO2削減、安全、日本の自動車産業の競争力を維持・強化。	工業先進・省エネ(省エネルギー) (配分額 33.06億円) 村本 茂 東京ガス 取締役 副社長 再生可能エネルギー等と組み合わせた省エネ・省資源による、クリーンで持続的で省エネ・省資源社会を構築し、世界に向けて発信。
次世代海洋資源調査技術 (配分額 61.6億円) 渡辺 隆夫 東京大学 名誉教授、国際資源開発研究センター 顧問 シンセティックバイオマス生産技術の高度化・実用化による海洋資源の持続可能な利用と、省エネ・省資源による省エネ・省資源社会の構築。省エネ、CO2削減、安全、日本の自動車産業の競争力を維持・強化。	自動走行(自動運転)システム (配分額 25.35億円) 渡辺 隆夫 トヨタ自動車 顧問 自動走行(自動運転)も含む新たな交通システムを実現。事故や渋滞を抜本的に削減、移動の利便性を飛躍的に向上。
インフラ維持管理・更新・デジタル化 (配分額 58億円) 野村 浩一 国土交通省 国土・交通政策研究センター 部長 インフラの高度化による国土の持続可能な利用と、省エネ・省資源による省エネ・省資源社会の構築。省エネ、CO2削減、安全、日本の自動車産業の競争力を維持・強化。	自動走行(自動運転)システム (配分額 25.35億円) 渡辺 隆夫 トヨタ自動車 顧問 自動走行(自動運転)も含む新たな交通システムを実現。事故や渋滞を抜本的に削減、移動の利便性を飛躍的に向上。
次世代材料・産業製造技術 (配分額 36.2億円) 西尾 健 法政大学 生命科学 教授 最先端技術の革新的国際技術(現在40%程度)を世界トップクラスの国際競争力を持つ研究開発体制の構築によって実現。省エネ、CO2削減、安全、日本の自動車産業の競争力を維持・強化。	革新的設計生産技術 (配分額 25.5億円) 佐々木 達雄 日立製作所 研究開発グループ 統括部長 最先端技術の革新的国際技術(現在40%程度)を世界トップクラスの国際競争力を持つ研究開発体制の構築によって実現。省エネ、CO2削減、安全、日本の自動車産業の競争力を維持・強化。



自動走行(自動運転)システム (配分額 25.35億円)
渡辺 隆夫 トヨタ自動車 顧問
 自動走行(自動運転)も含む新たな交通システムを実現。事故や渋滞を抜本的に削減、移動の利便性を飛躍的に向上。

出典:戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)概要(内閣府)

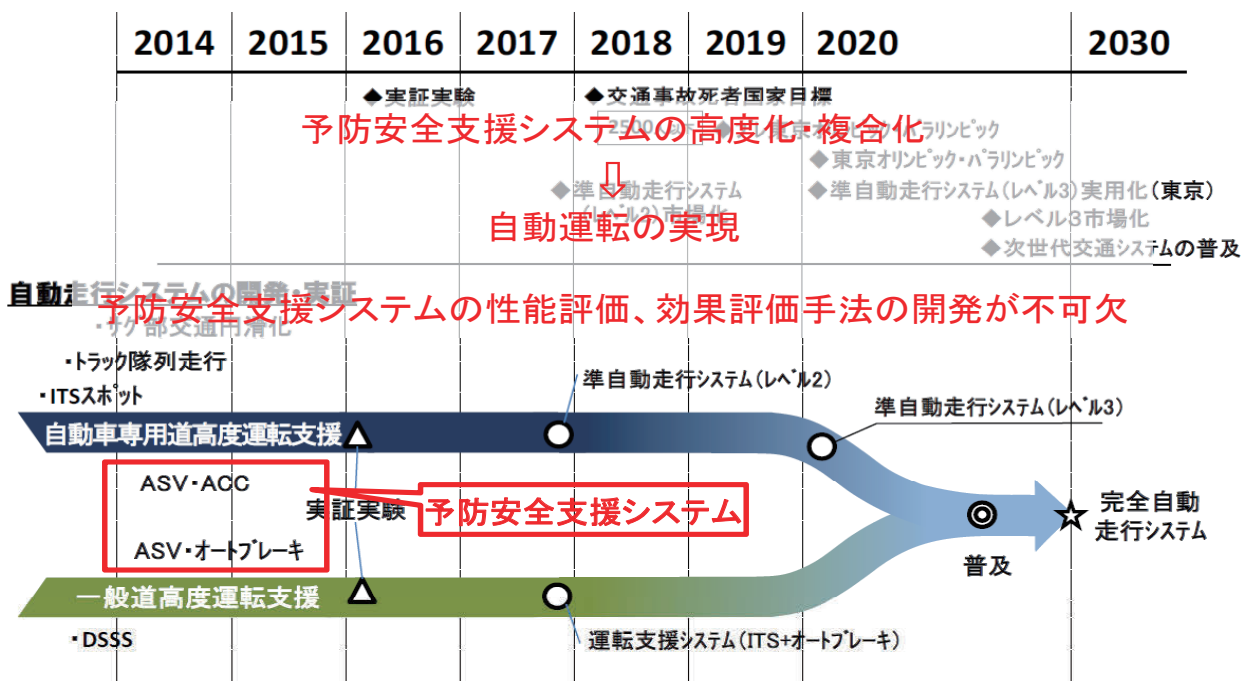
H27年度

対象課題	プログラムディレクター	研究開発計画の基本的事項	配分額(億円)
自動走行システム	渡辺 隆夫 トヨタ自動車 顧問	自動走行(自動運転)も含む新たな交通システムを実現。事故や渋滞を抜本的に削減、移動の利便性を飛躍的に向上。	23.2

出典:総合科学技術・イノベーション会議(第9回)平成27年4月13日(月)配布資料
 平成27年度戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の実施方針(案)(内閣府)から抜粋

* 総合科学技術・イノベーション会議:内閣総理大臣、科学技術政策担当大臣のリーダーシップの下、各省より一段高い立場から、総合的・基本的な科学技術・イノベーション政策の企画立案及び総合調整を行うことを目的とした重要政策に関する会議

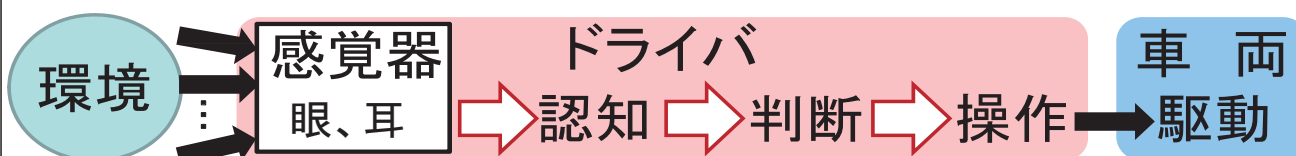
1.自動運転へのアプローチ(2)



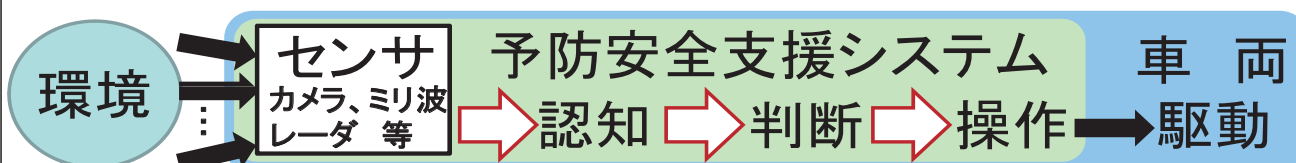
出典:SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)自動走行システム研究開発計画(内閣府)2014年11月13日

2. 予防安全支援システムの潜在的な課題(1)

これまでの運転



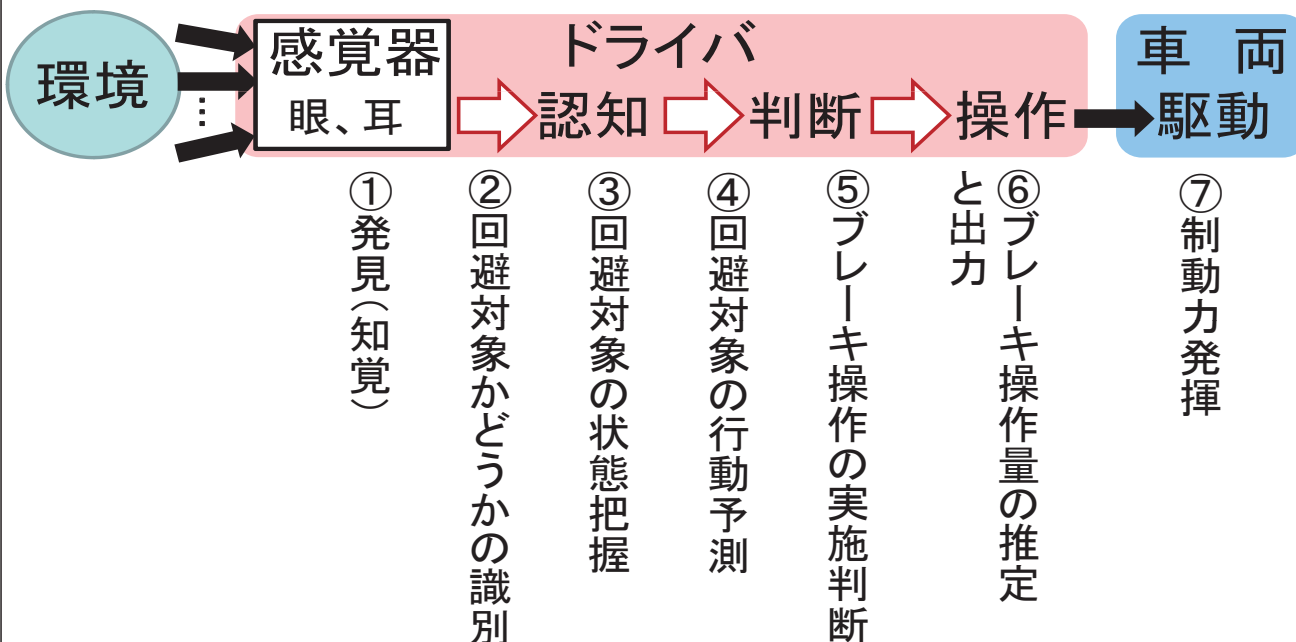
自動運転を見据えた予防安全支援システムが介在する運転



自動運転を見据えた予防安全支援システムを実現する
 = ドライバを代行するシステムを車両に実装する

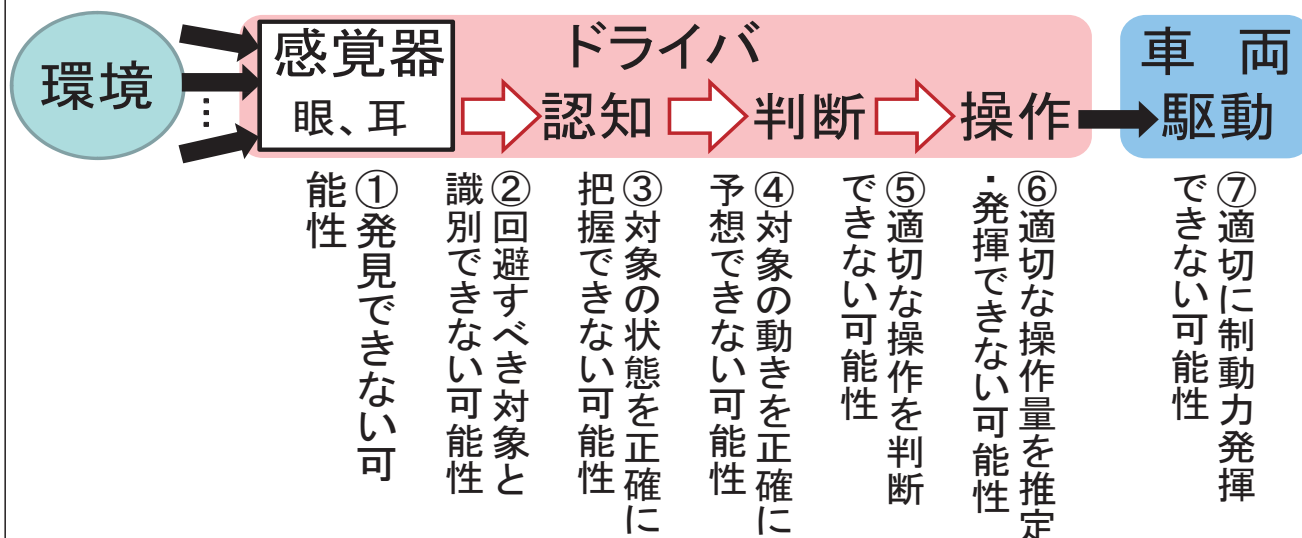
2. 予防安全支援システムの潜在的な課題(2)

これまでの運転の具体例:ブレーキ操作



2. 予防安全支援システムの潜在的な課題(3)

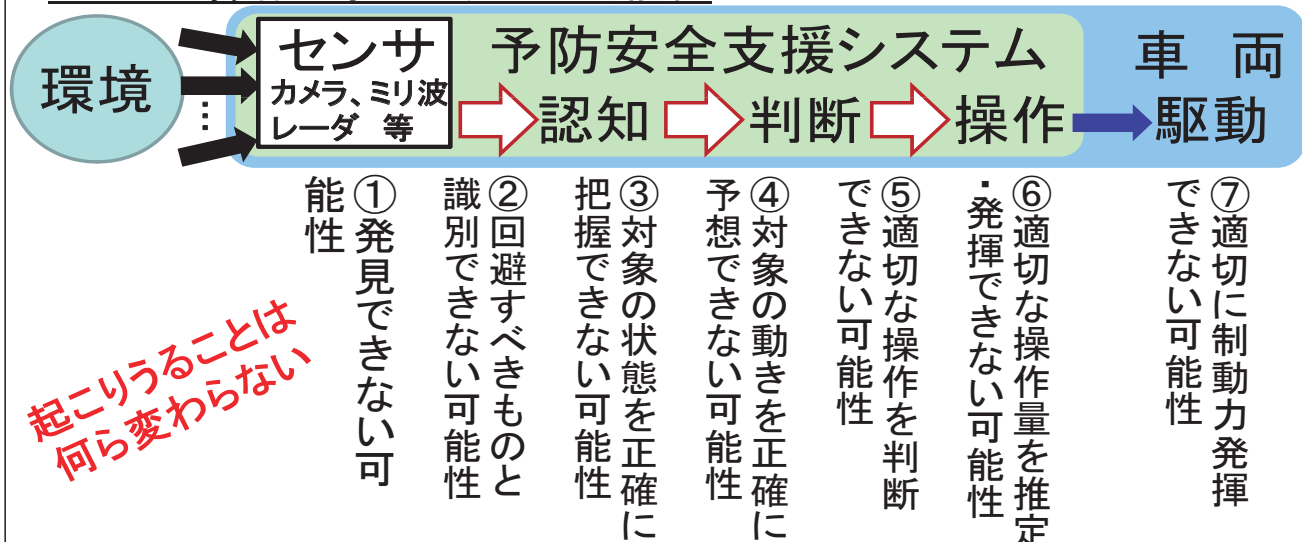
ブレーキ操作で事故が起こる可能性



ドライバの能力が、直面するすべての環境(気象状況等)に対して、これらの可能性をすべて打ち消すことは不可能である以上、事故を回避できるかどうかは**確率的な事象**とならざるを得ない。

2. 予防安全支援システムの潜在的な課題(4)

ブレーキ操作で事故が起こる可能性



起こりうることは
何ら変わらない

予防安全運転支援システムがドライバの代行を目指し、システムがドライバ同様すべての環境に対応することは不可能である以上、事故を回避できるかどうかも同様に**確率的な事象**とならざるを得ない。

AEB: Autonomous Emergency Braking system

The diagram illustrates the three levels of vehicle-to-pedestrian communication:

- 警報 (Warning):** Represented by a red arrow pointing left. It shows a pedestrian on the left and a car on the right. The car's "ミリ波レーダ" (Millimeter-wave radar) is shown as a blue cone, and the pedestrian's "車載カメラ" (On-board camera) is shown as a red cone. A speech bubble from the pedestrian says "はっ!!。危なかった。" (Hah!! That was dangerous). The car's speech bubble says "強い自動ブレーキ" (Strong automatic brake) with "ピ——!!" (Pe——!!) and "キッ——!" (Kee——!).
- 注意喚起 (Attention):** Represented by an orange arrow pointing left. It shows a pedestrian on the left and a car on the right. The car's speech bubble says "弱い自動ブレーキ" (Weak automatic brake) with "ピピピ!" (Pepepe!) and "キ・キ..." (Kei-kei...).
- 情報提供 (Information Provision):** Represented by a yellow arrow pointing left. It shows a pedestrian on the left and a car on the right. The car's speech bubble says "ピ・ピ・ピ。" (Pe-pe-pe.).

At the bottom, there is a green bar with the text "制動の自動ブレーキ" (Automatic braking) and "注意を促す自動ブレーキ" (Automatic braking to prompt attention). The logo of the National Traffic Safety and Environment Research Laboratory (NTSEL) is on the left, and the text "平成27年度 交通安全環境研究所講演会" (2015 Traffic Safety and Environment Research Institute Lecture) is on the right.

自動ブレーキの作動の安定性

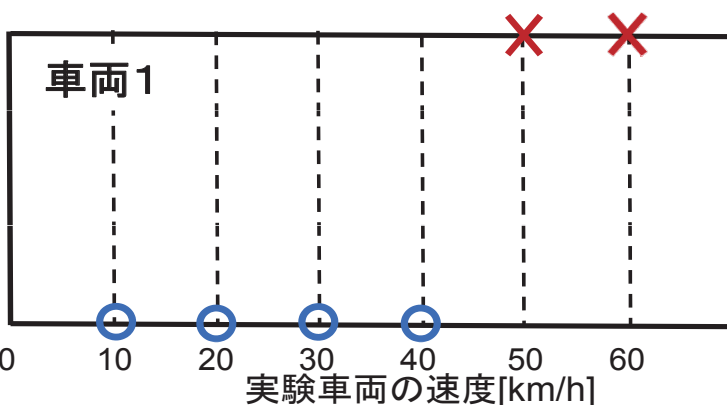
✖: 衝突(1)
○: 回避(0)

衝突回避能力が確率的である

車両A (カメラ、レーザおよびレーダの複合システム)

車両B (カメラシステム))

衝突(1)

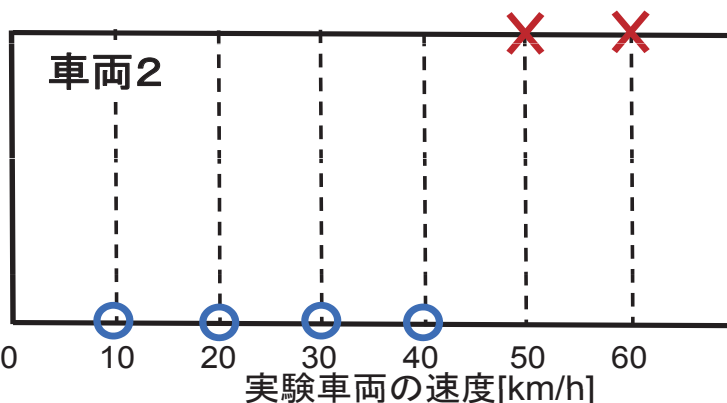


×: 衝突(1)

○: 回避(0)

回避(0)

衝突(1)

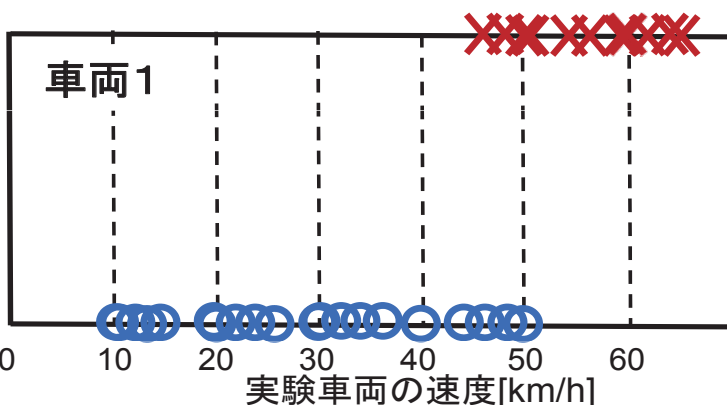


性能評価試験を
1サイクル実施

結果は、まったく
同じだった。

しかし、
性能評価試験を
数サイクル繰り返
すと……

衝突(1)

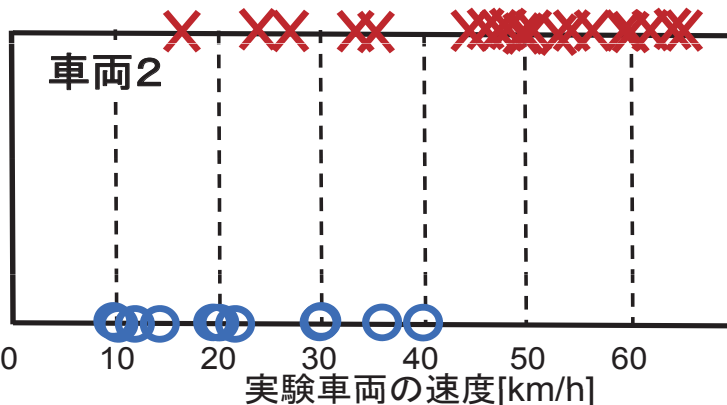


×: 衝突(1)

○: 回避(0)

回避(0)

衝突(1)



車両1と車両2は
同じ性能?

【作動状況が確率的
な事象となってい
た場合】

1サイクルの評価試
験では、性能を正し
く評価できない可能
性がある。

3. 予防安全支援システムに求められる新たな評価軸(1)

予防安全支援システムは、今後の進化によって対応できる環境が増えるだろうが、どこまで行ってもその作動の可否は確率的事象となることから逃れられない。

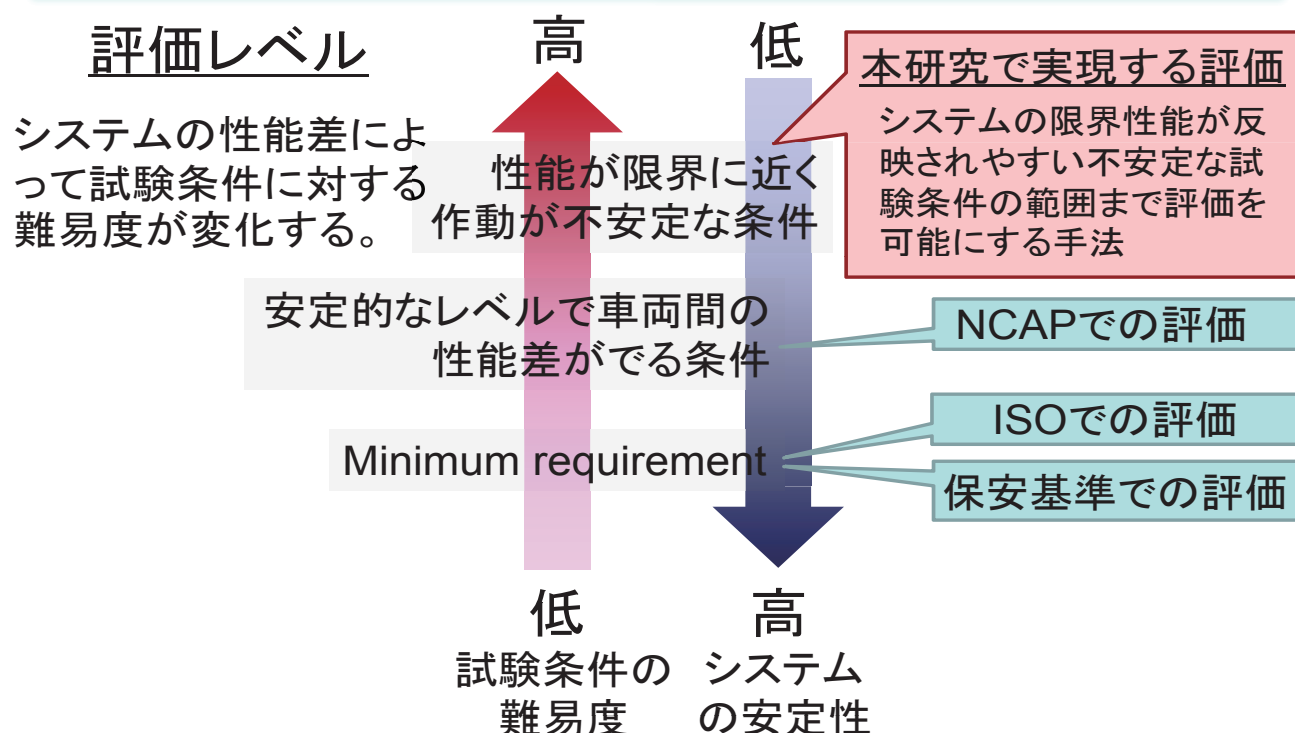


予防安全支援システムの性能は、
「衝突回避・被害軽減性能」
という従来の視点に加え、
「作動の安定性」
という新たな視点で評価する必要がある。



作動時に効果があるシステムでも、**それが安定的に発揮されなければ意味がなく**、予防安全支援システムでは、新たな評価軸として**「作動の安定性」**を定量的に評価する必要がある。

3. 予防安全支援システムに求められる新たな評価軸(2)



4.自動ブレーキに対する性能評価、効果評価の提案(1)



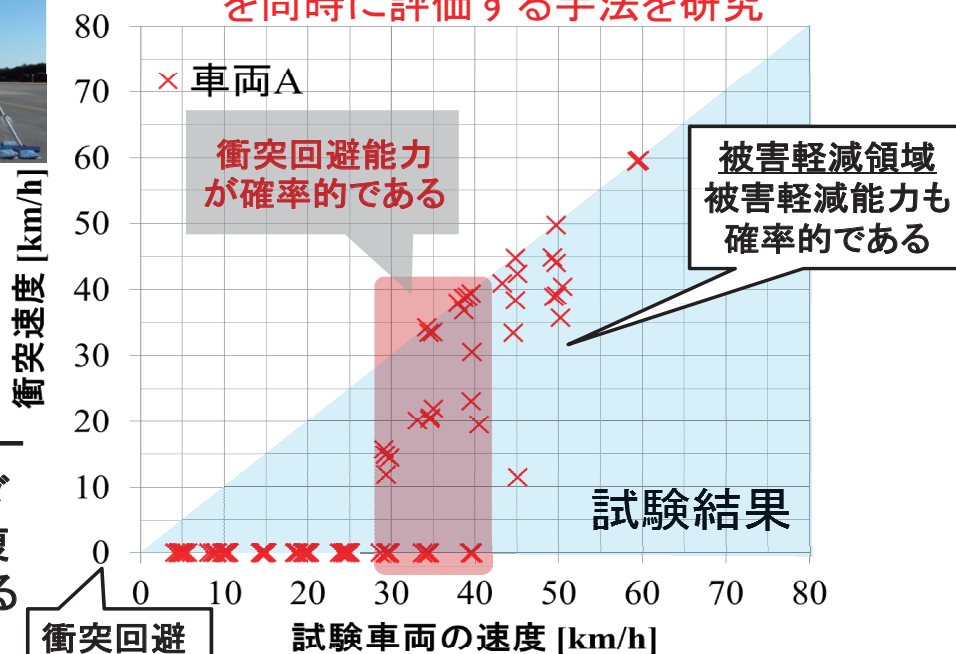
【実験条件】

乾燥、昼間

試験速度：5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60 [km/h]

車両A：ミリ波レーダ、レーザーレーダおよびカメラの複合システムによるAEBを搭載

「衝突回避・被害軽減性能」と「作動の安定性」を同時に評価する手法を研究

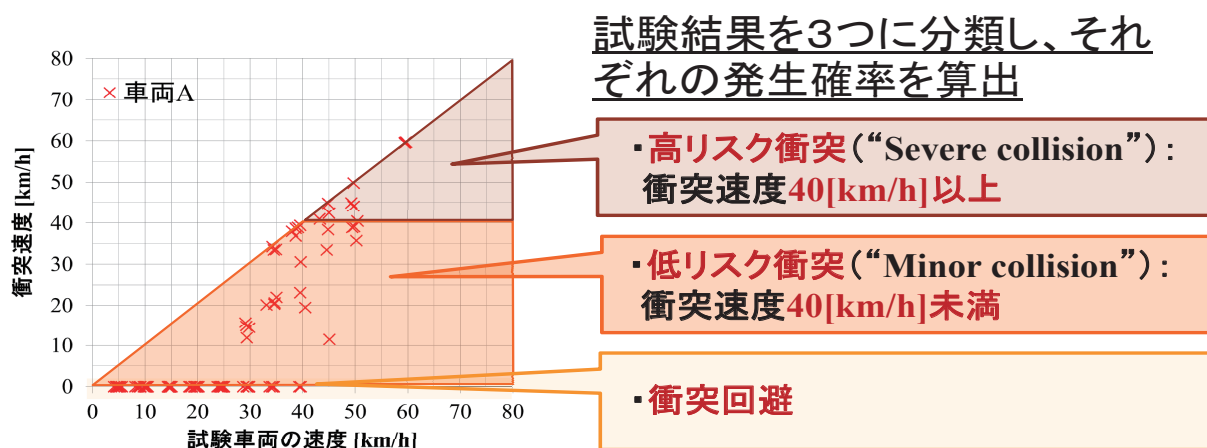


4.自動ブレーキに対する性能評価、効果評価の提案(2)

歩行者事故の衝突速度(10[km/h]毎)と傷害の程度との関係进行分析



重篤な傷害(AIS $\geq$ 4)を発生する確率は、衝突速度が30[km/h]と40[km/h]との間で大きく変化する



4.自動ブレーキに対する性能評価、効果評価の提案(3)

多項ロジスティック回帰分析

$P(Y=0|x)$:速度 x km/hで**高リスク衝突(Severe collision)**となる確率

$P(Y=1|x)$:速度 x km/hで**低リスク衝突(Minor collision)**となる確率

$P(Y=2|x)$:速度 x km/hで**衝突回避(Avoid collision)**となる確率

$$P(Y=0|x) = \frac{1}{1 + \exp[g_1(x)] + \exp[g_2(x)]}$$

$$P(Y=1|x) = \frac{\exp[g_1(x)]}{1 + \exp[g_1(x)] + \exp[g_2(x)]}$$

$$P(Y=2|x) = \frac{\exp[g_2(x)]}{1 + \exp[g_1(x)] + \exp[g_2(x)]}$$

$$g_1(x) = \ln \left[\frac{P(Y=1|x)}{P(Y=0|x)} \right] = \beta_{10} + \beta_{11}x$$

$$g_2(x) = \ln \left[\frac{P(Y=2|x)}{P(Y=0|x)} \right] = \beta_{20} + \beta_{21}x$$

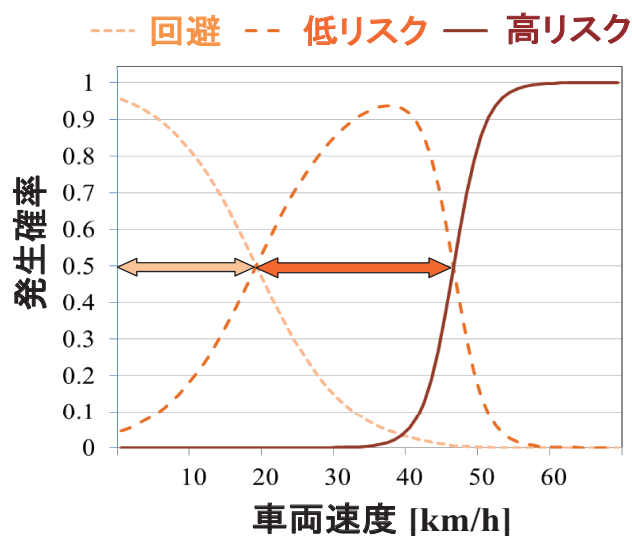
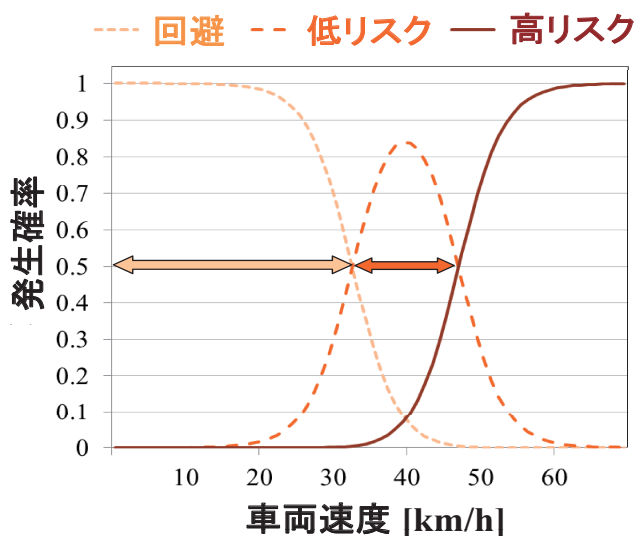
$$P(Y=0|x) + P(Y=1|x) + P(Y=2|x) = 1$$

4.自動ブレーキに対する性能評価、効果評価の提案(4)

多項ロジスティック回帰分析を用いて、試験車両の
衝突回避確率、低リスク衝突発生確率、高リスク衝突発生確率を算出

車両A

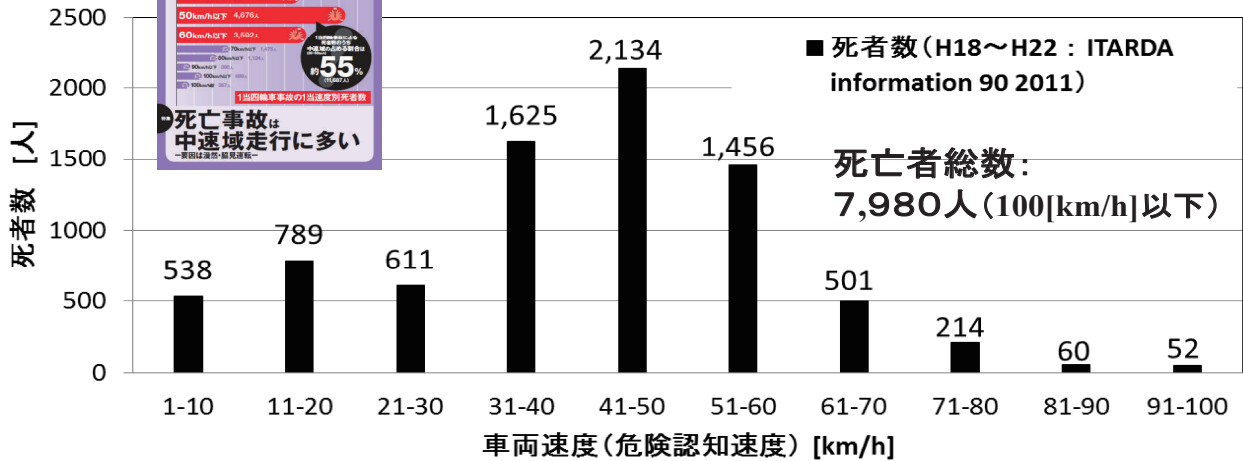
車両B



4.自動ブレーキに対する性能評価、効果評価の提案(5)

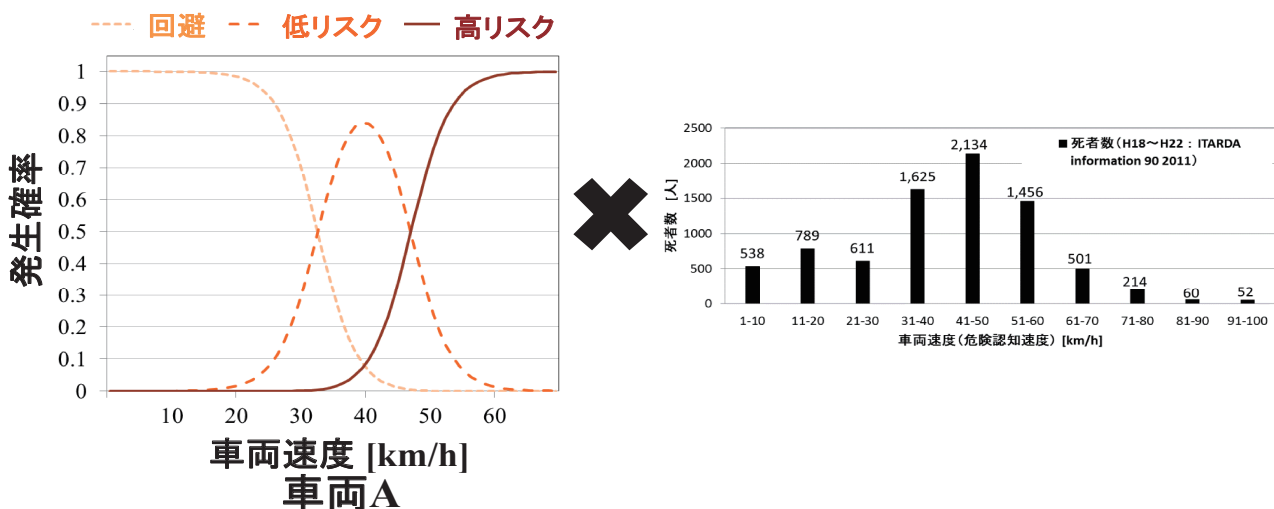
ITARDA information 90 (2011)

5年間(H18～H22)の第一当事者が四輪車の事故における死者数(第一当事者の死者含む)で状態が歩行中のもの(10km/h毎)



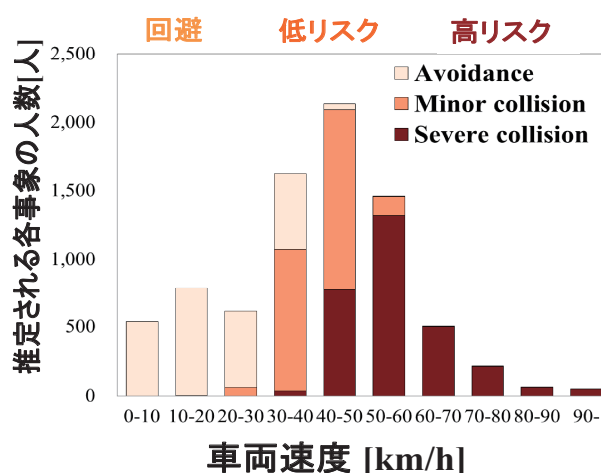
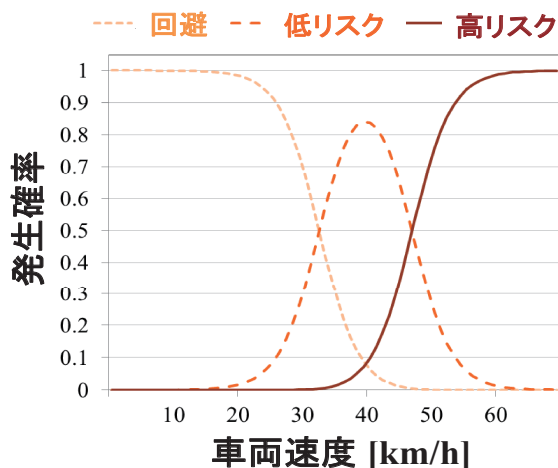
4.自動ブレーキに対する性能評価、効果評価の提案(6)

車両A : ミリ波レーダ、レーザーレーダおよびカメラの複合システムによるAEB搭載車両



4.自動ブレーキに対する性能評価、効果評価の提案(7)

衝突回避確率、低リスク衝突発生確率及び高リスク衝突発生確率を死者数データに乗じることで、衝突事象(死亡事象)が回避される人数(“Avoidance”)、死亡事象から低リスク衝突事象となる人数(“Minor collision”)及び死亡事象から高リスク衝突事象となる人数(“Severe collision”)をそれぞれ推定する。

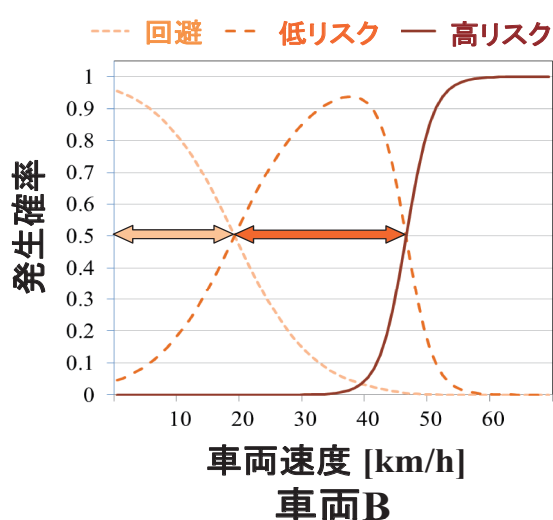
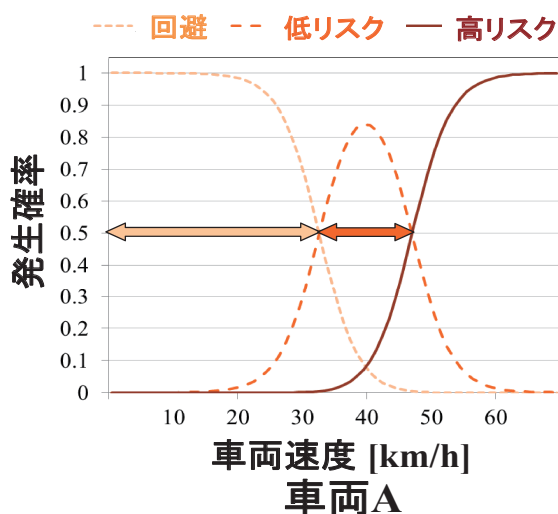


車両A :ミリ波レーダ、レーザレーダおよびカメラの複合システムによるAEB搭載車両

4.自動ブレーキに対する性能評価、効果評価の提案(8)

車両A :ミリ波レーダ、レーザレーダおよびカメラの複合システムによるAEB搭載車両

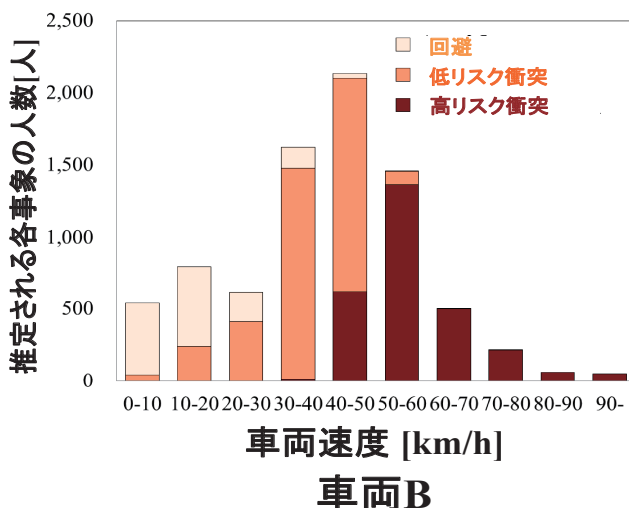
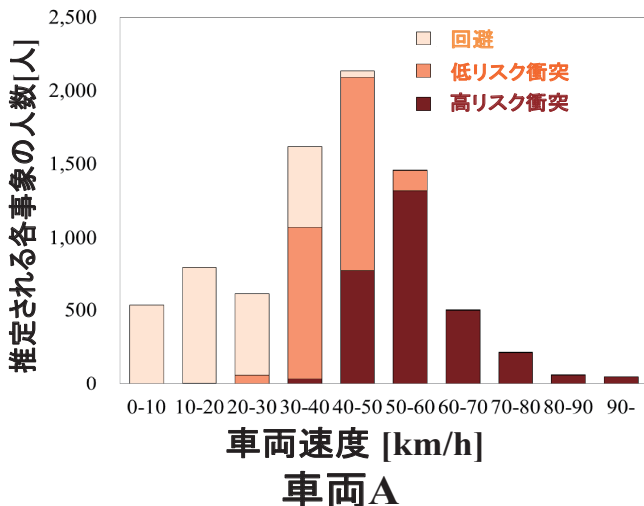
車両B :カメラシステムによるAEB搭載車両



4.自動ブレーキに対する性能評価、効果評価の提案(9)

車両A: 車両Bと比較して低速度域(30km/h未満)で衝突回避性能が高いために、低速度域で死者数を大きく削減できる可能性があることが特徴。

車両B: 車両Aと比較して低・中速度域(30km/h以上60km/h未満)で被害軽減性能が高く、かつ、高リスク衝突の発生を中速度域から抑えることができるため、低・中速度域で死亡事故を軽度の傷害事故とできる可能性が高いことが特徴。



まとめ

自動運転技術は、予防安全支援システムの高度化・複合化の先にある技術として国内外で開発が進められている。



予防安全支援システムには、ドライバーが行ってきた認知・判断・操作の代行が求められるためその性能は確率的事象となる。



予防安全支援システムの性能評価は、衝突回避・被害軽減性能に加え、新たな評価軸として**作動の安定性**についても行う必要がある。



自動ブレーキの性能方法として
衝突回避・被害軽減性能と作動の安定性を同時評価する手法を開発、
この方法の特徴を活かした事故削減効果評価手法も合わせて開発。