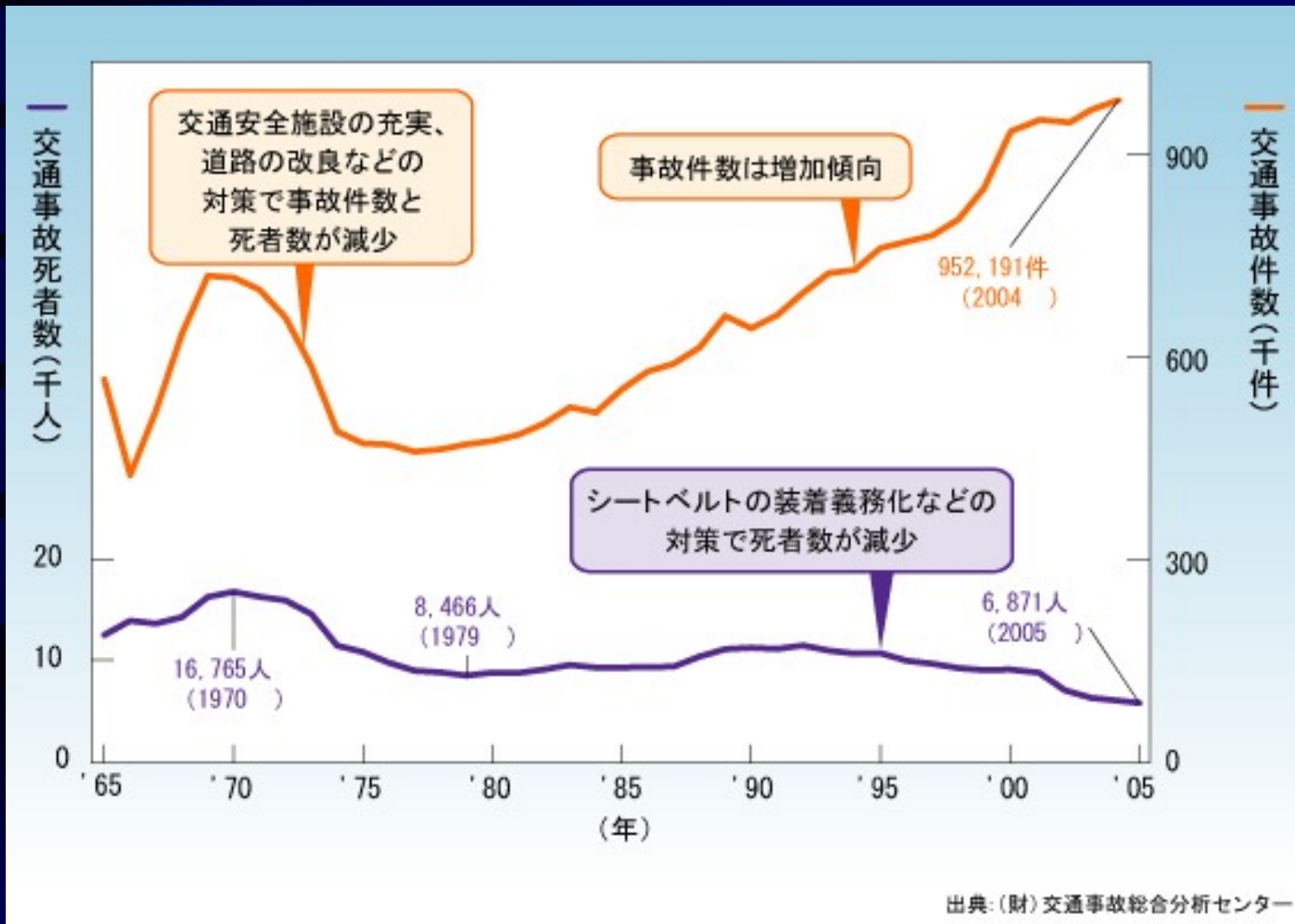


# 路車間協調による 安全運転支援サービスの実現へ

東京大学生産技術研究所  
上條 俊介

# 事故削減への努力



# 事故削減への努力

## IT新改革戦略 H18.1.19

## 今後のIT施策の重点

ITの構造改革力の追求(ITによって日本社会が抱える課題を解決)

- 医療
- 環境
- 災害
- **世界一安全な道路交通社会(ITSを活用し交通事故を未然防止)**

2012年末に交通事故死者数5000人以下

「インフラ協調による安全運転支援システム」の実用化による  
死者数・件数の削減

交通事故の覚知から負傷者の医療機関等収容までの時間の短縮

2006年早期に官民連携会議、2008年までに実証試験、

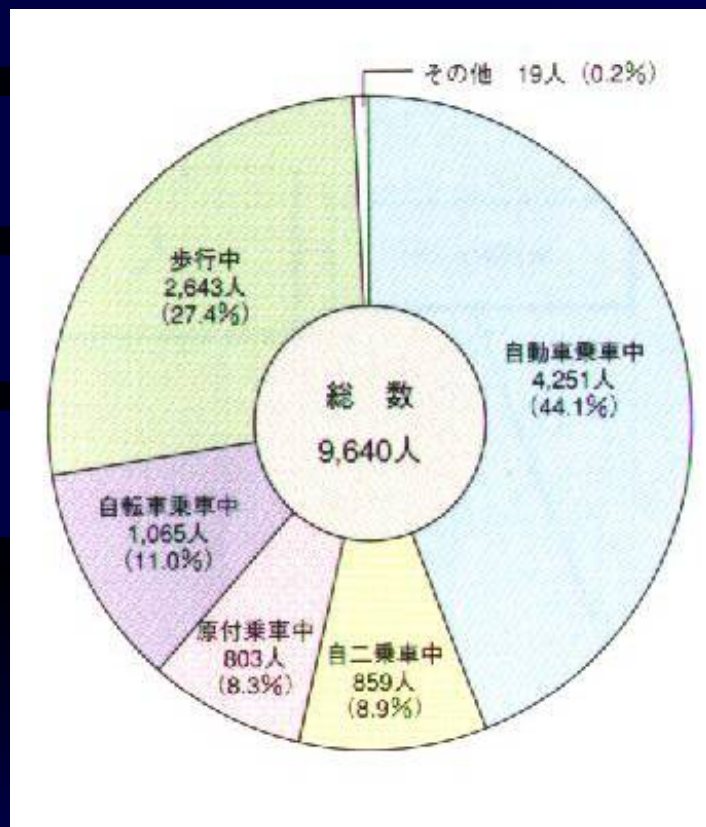
2010年から全国展開

電子行政

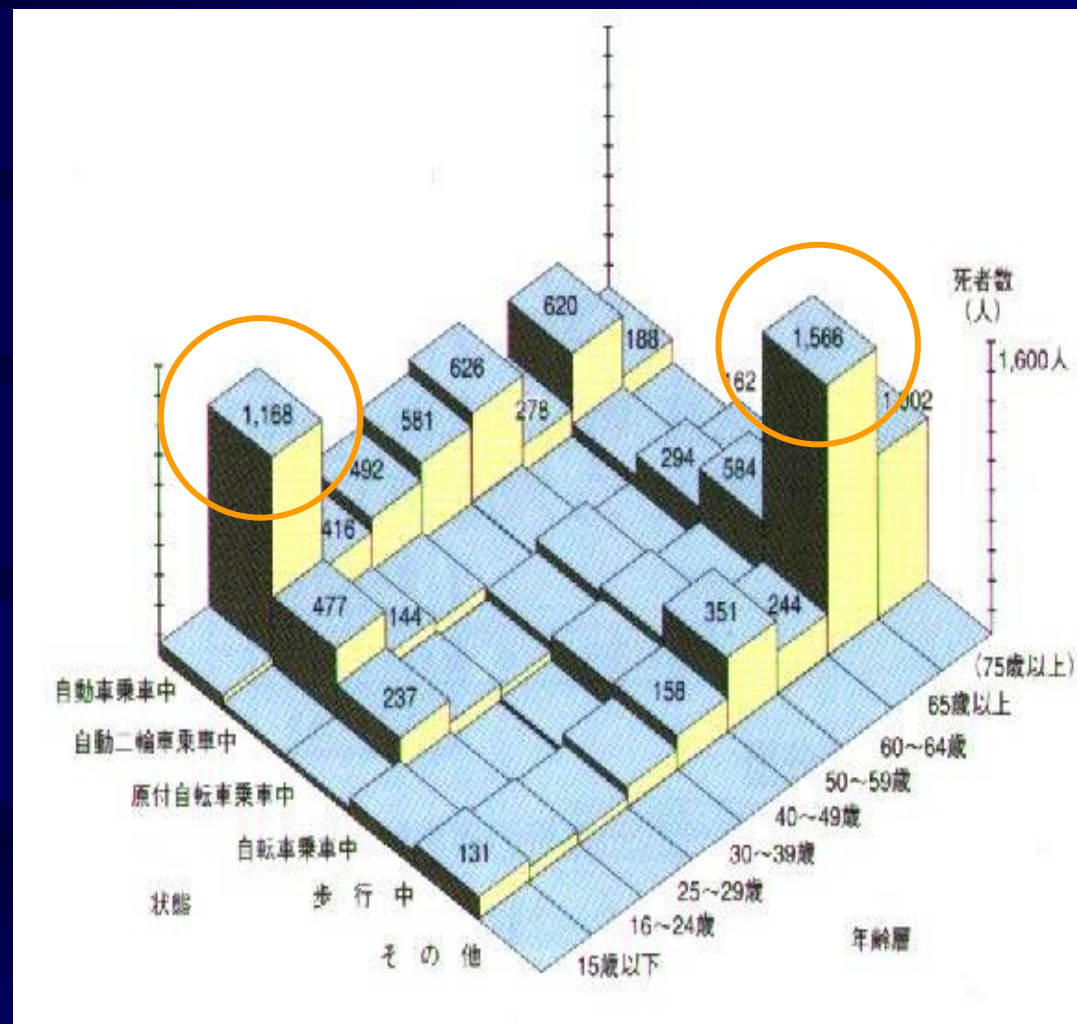
.....

# 事故削減への努力

状態別交通事故死者数(平成9年)



状態別、年齢層別死者数(平成9年)



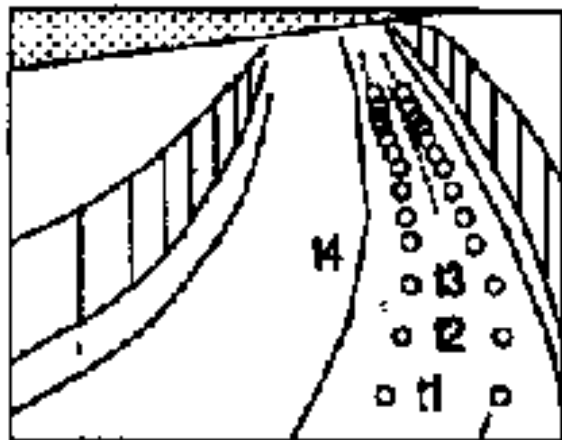
# 高速道路での事故防止

出展 : 安全走行支援サービス参宮橋地区社会実験検討会資料

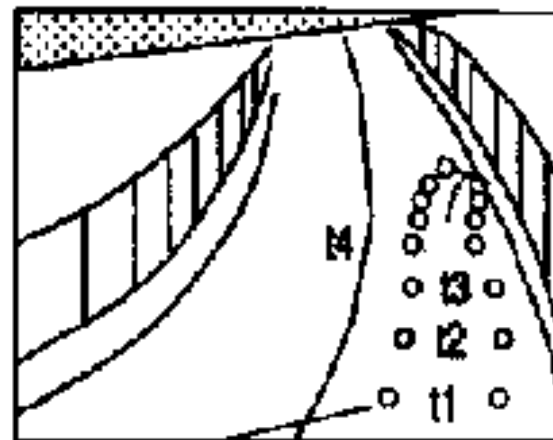
# 阪神高速阿波座カーブ



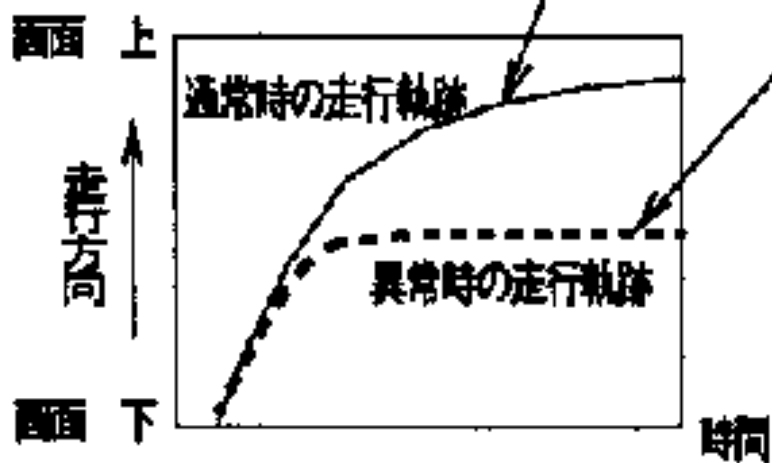
# 検出原理



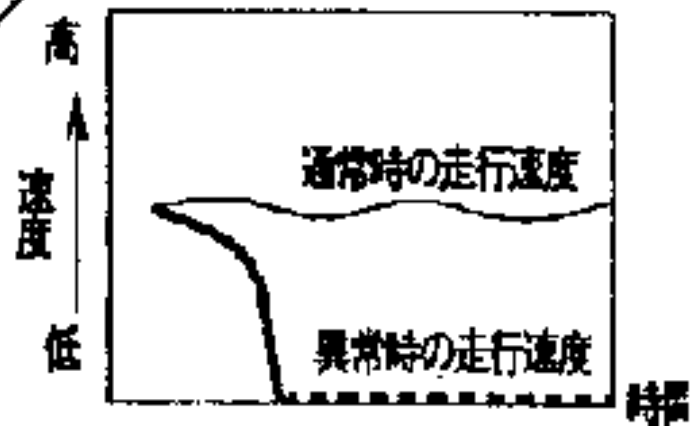
a) 通常時の走行軌跡



b) 異常時の走行軌跡



c) 通常時と異常時の走行軌跡の差



d) 通常時と異常時の速度変化の違い

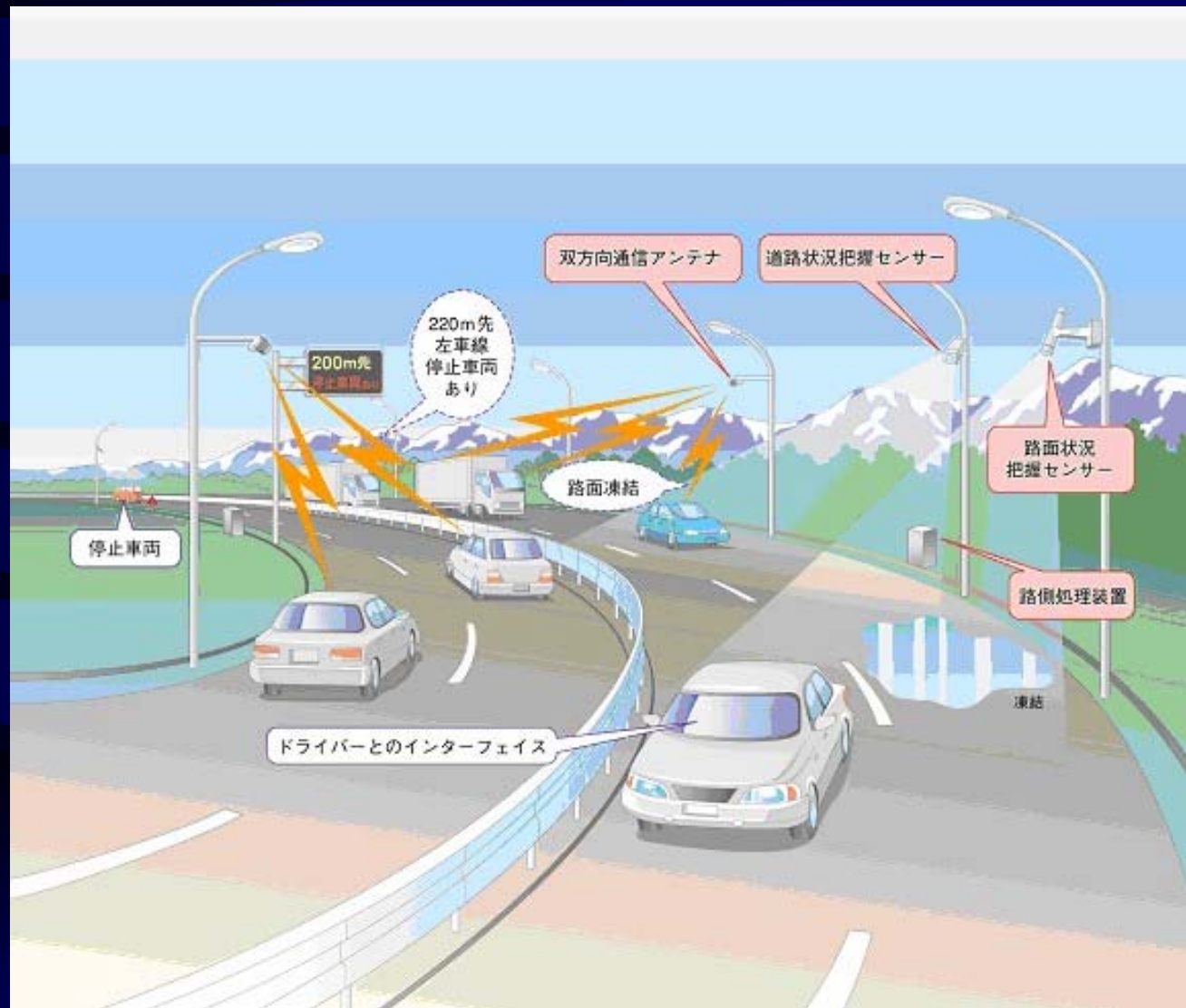
# 検出結果





# 高速道路での事故防止

出展 : 安全走行支援サービス参宮橋地区社会実験検討会資料



AHS技術の概念図

# AHSサービス

## ■サービス概要

### (1) 前方障害物衝突防止支援

見通し不良地点において車両や落下物等の障害物を検知し、車両に通知。車両はドライバーに対し情報提供、警報、操作支援を行う。

### (2) カーブ進入危険防止支援

カーブ手前においてカーブまでの距離やカーブ形状を車両に通知。車両はドライバーに対し情報提供、警報、操作支援を行う。

### (3) 車線逸脱防止支援

路面に設置されたレーンマーカーにより車線内の横方向位置情報を車両に提供。車両はドライバーに対し情報提供、警報、操作支援を行う。

### (4) 出合い頭衝突防止支援

交差点において優先道路側の接近車両を検知し車両に通知。車両はドライバーに対し情報提供、警報を行う。

### (5) 右折衝突防止支援

右折可能な交差点において、対向車両を検知し右折しようとする車両に通知。車両はドライバーに対し情報提供を行う。

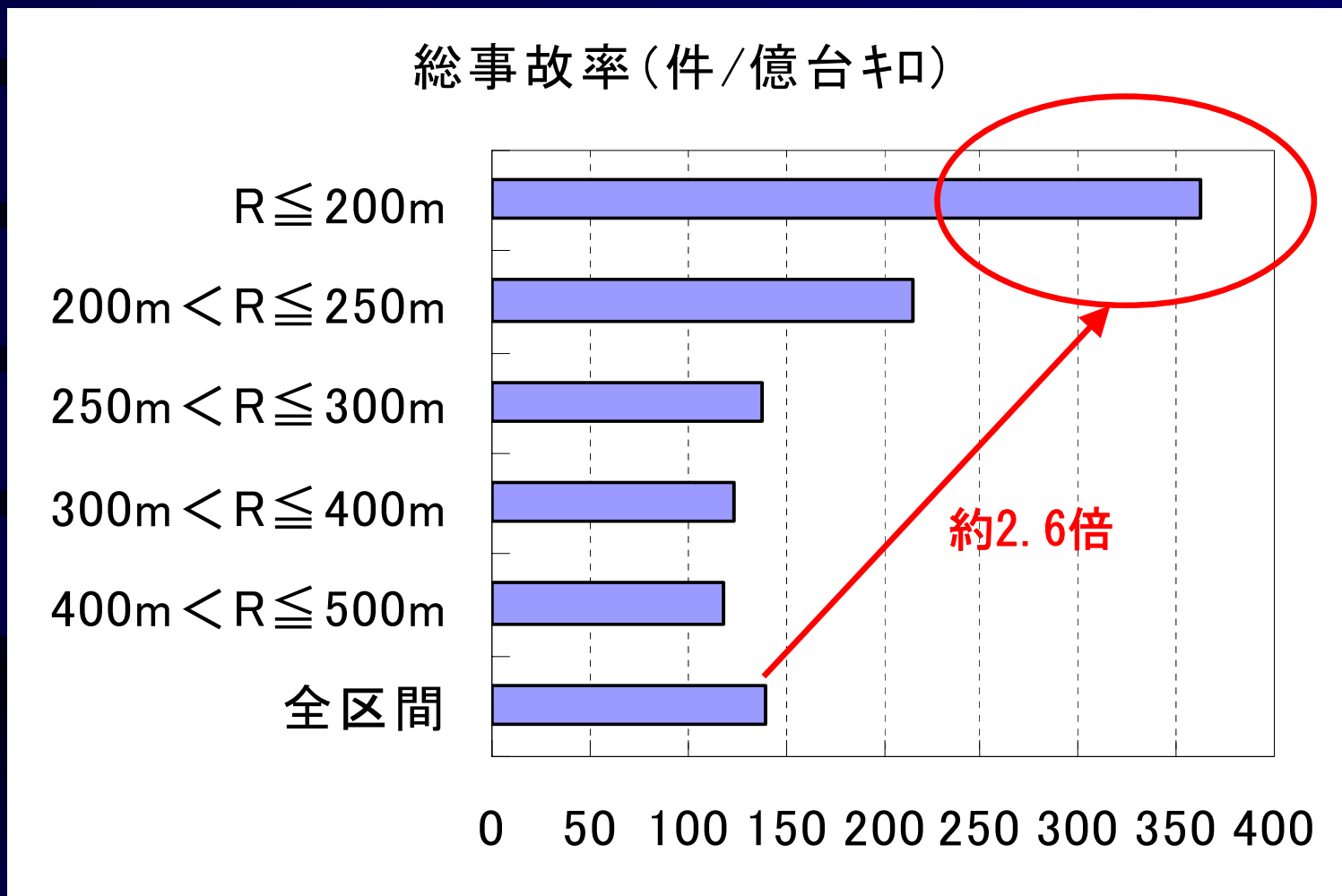
### (6) 横断歩道歩行者衝突防止支援

横断歩道上の歩行者を検知し車両に通知。車両はドライバーに対し情報提供を行う。

### (7) 路面情報活用車間保持等支援

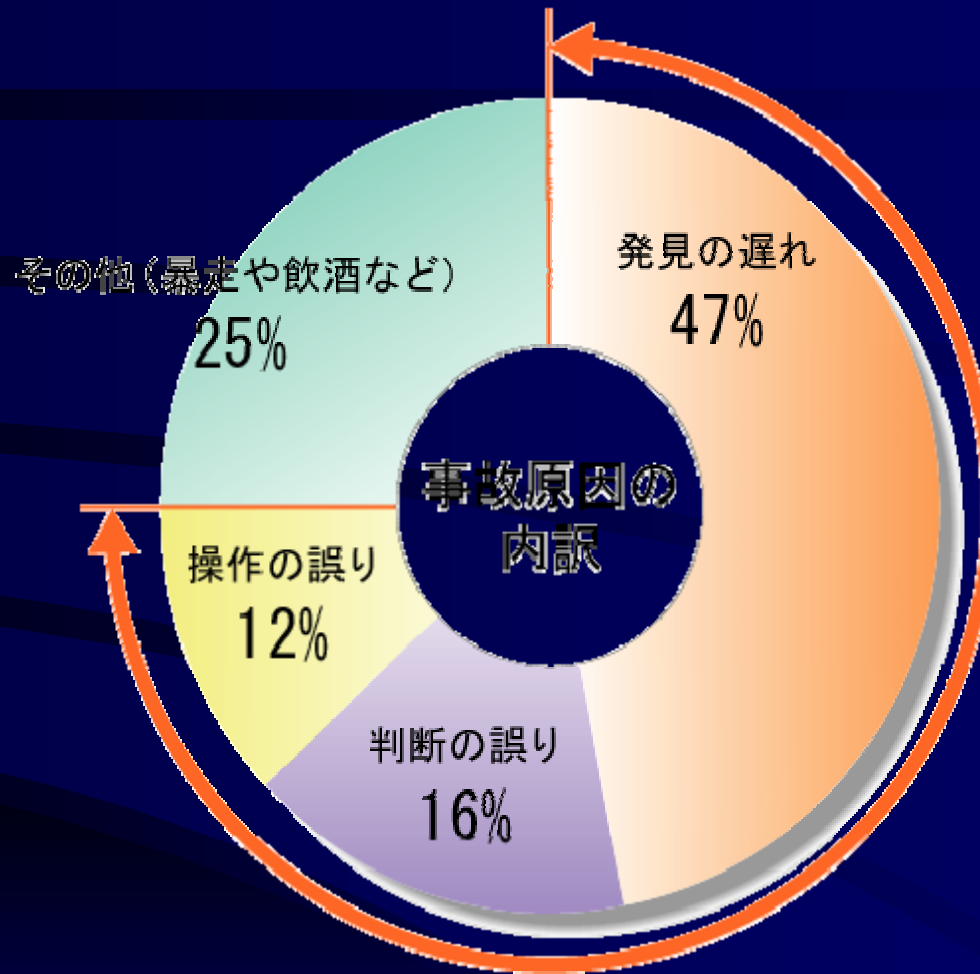
路面状況等の情報を把握し車両に提供。車両は車間保持等の各種サービスに活用する。

# 日本の都市高速における曲線半径別の事故率



出典: 首都高速、阪神高速、名古屋高速、福岡北九州高速における交通事故データ、道路線形データより算定  
(交通事故データは首都高速のみH11~H13年度、他の3高速はH12~14年度)

# 日本における事故要因の内訳

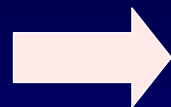
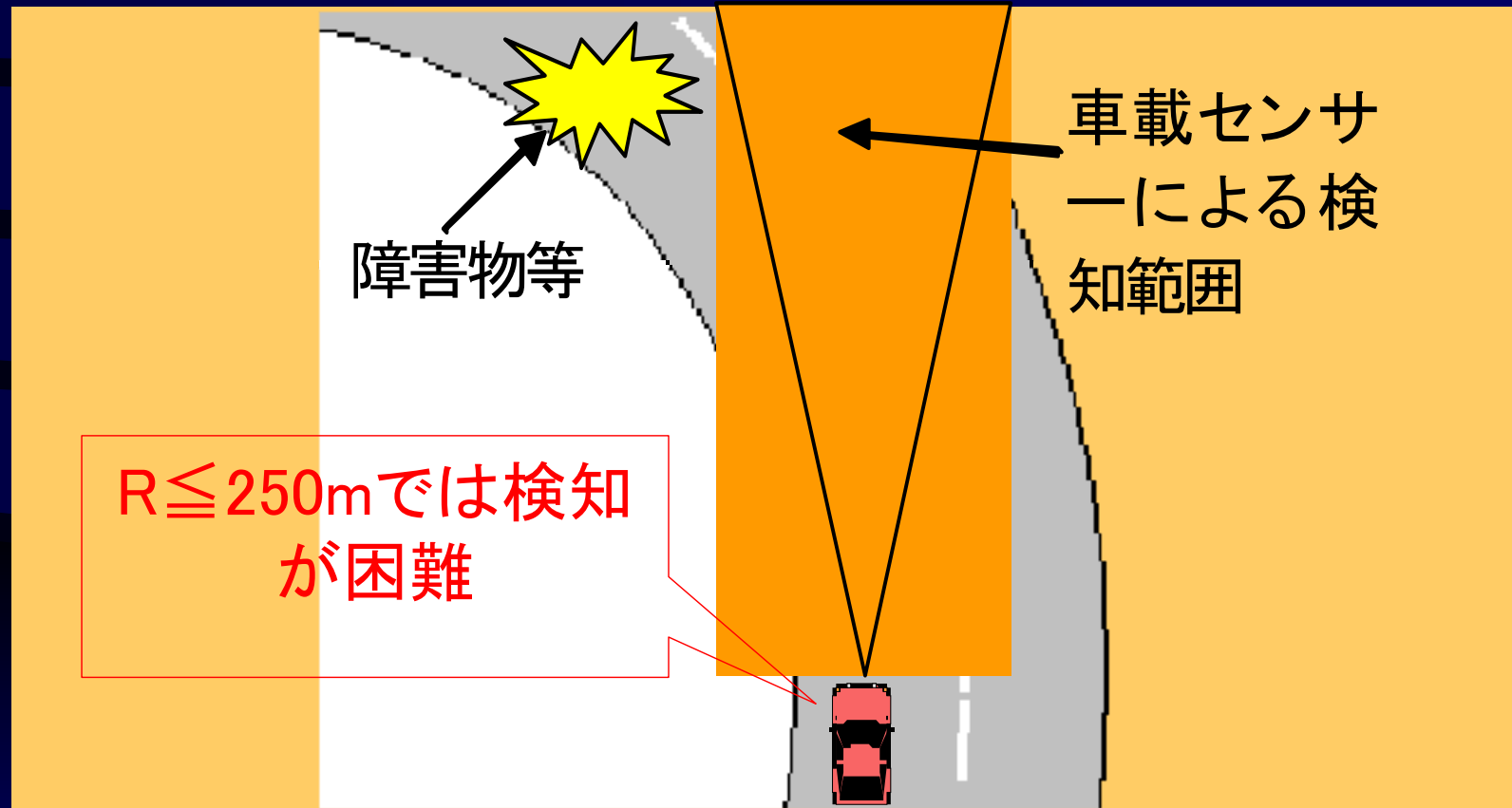


事故原因の3/4  
はドライバーの事故  
直前の行動

出典:「2000年交通事故統計データ」  
(財)交通事故総合分析センター

# 車載センサーによる検知の限界

急カーブ区間では車両単独での前方障害物発見が困難



路車協調システム(AHS)が必須

# 首都高・参宮橋社会実験

## 首都高速道路4号新宿線上り参宮橋カーブ区間

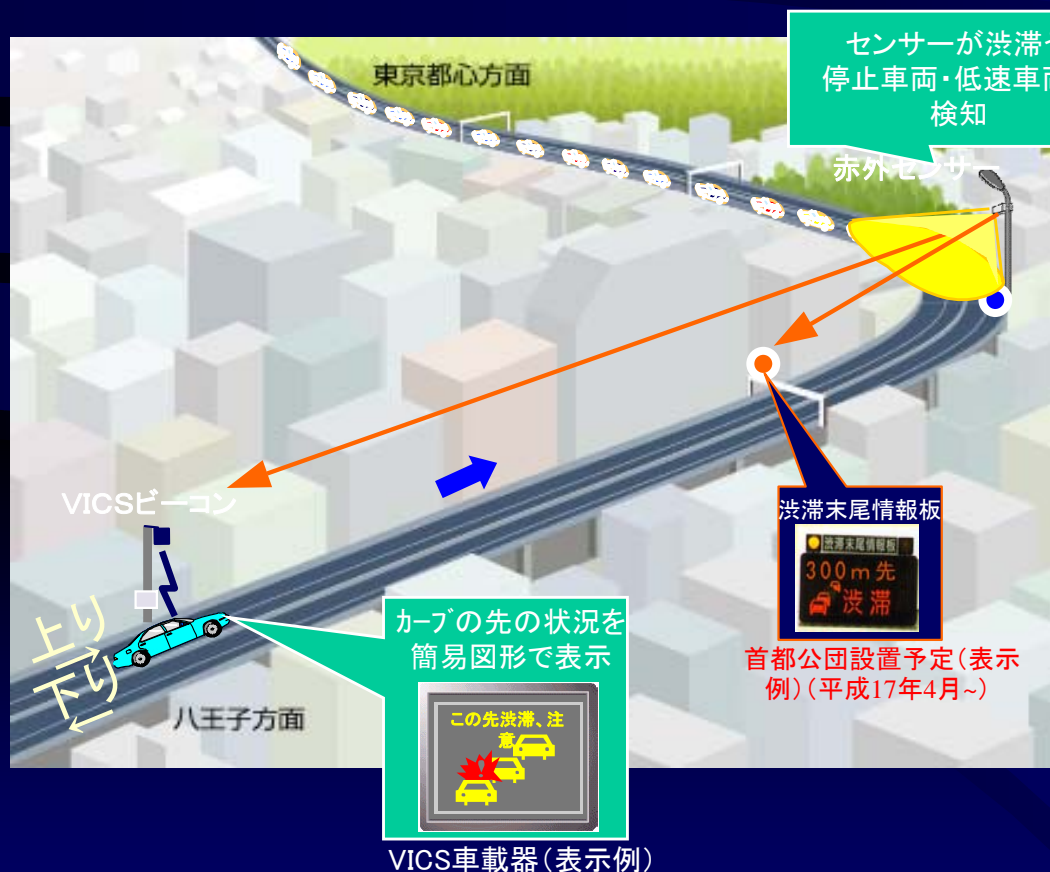


# 首都高・参宮橋社会実験

平成17年3～5月実施

首都高速道路で事故が最も多い参宮橋カーブにおいて、センサーが収集した停止・低速車情報を既存のVICS車載器を用いて一般ドライバーに提供

## 参宮橋で実施するサービスの概要



参宮橋カーブでは、停止・低速車に起因する事故が多発

センサーが収集した停止・低速車情報を、既存提供手段(情報板やVICS車載器)を用いて、ドライバーにリアルタイムで提供が可能

本サービスにより、停止・低速車に起因する事故の減少とヒヤリハット減少によるドライバーの安心感向上が期待



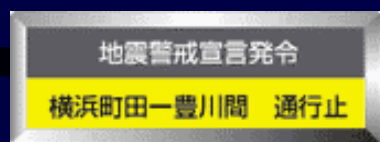
# 首都高・参宮橋社会実験

## VICS車載器の活用について

### (1) VICS車載器は安全運転支援情報の提供を当初から想定

#### レベル1: 文字表示型

注意警戒情報 (ID=21)

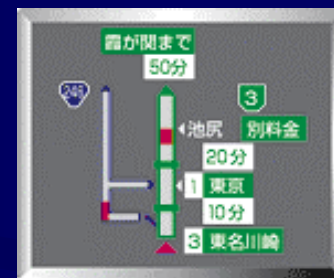


障害情報 (ID=27)



#### レベル2: 簡易図形表示型

簡易図形 (ID=23) による  
渋滞・旅行時間情報



### 【VICS車載器を活用した事例】

DSSS (安全運転支援システム) の実証実験の例



H15年度豊田市で実際のVICS車載器を活用して実験

VICSセンターに登録されているH16年度の情報提供例 (ビーコンによる提供)

#### 速度注意喚起の提供例



ビーコン 415  
地点名称 室) 登別町2-19北

#### 前方カーブに対する注意喚起の提供例



ビーコン 1412  
地点名称 大磯IC

#### 路面凍結の提供例



ビーコン 44343004  
地点名称 新潟県湯沢町神立



ビーコン 45750004  
地点名称 長野県下伊那郡平谷村観

### (2) VICS車載器を活用するメリット

#### ①ドライバーにとって気づきやすい

- 情報を車内で提示でき、情報板に比べドライバーが気づきやすい  
(ドライバー反応率は、情報板で5割程度、車載器では9割に向上\*)

\* ドライビングシミュレータによる実験結果

#### ②安価なコストで路側機設置が可能

- 大型情報板に比べ、機器費、工事費ともに安価であり、設置場所を選ばない

#### ③既に普及が進んでおり、かつサービス向上が可能

- VICS車載器(ビーコン対応)は通行車両の10台に1台\*まで普及
- VICS車載器のサービス向上につながる

\* VICS利用率(3メディア対応)首都圏最大値(警察庁調べ)

### (3) 情報提供内容

今回のサービスでは、首都高速の渋滞末尾情報板システムで使用されている文言＋図形をVICS車載器で表示することとし、簡易図形を使用する。

車載器への表示例



VICS車載器による情報提供方法には、文字、音声読み上げ、簡易図形の3種類がある。

#### ①文字による情報提供 (ID=21、27)

- ・ドライバーによる消去操作が必要な機種がある(注意警戒情報: ID=21)
- ・対応している車載器が10機種中1機種のみ(障害情報: ID=27)

今回のサービスには不適當

#### ②音声読み上げによる情報提供 (ID=21)

- ・メーカーアンケートで回答の得られた全ての車載器が対応していない

今回のサービスには不適當

#### ③簡易図形による情報提供 (ID=23)

- ・メーカーアンケートで回答の得られた全ての車載器が対応(喚起音つき)
- ・画面表示の処理時間は1～5秒程度で可能
- ・ドライバーによる表示画面の消去操作は不要
- ・首都高速の渋滞末尾情報板システムで使用されている文言＋図形に近いものが表現でき、ドライバーになじみがある

今回のサービスへの対応が可能

# 首都高・参宮橋社会実験

## VICS車載器の活用について

### (4) 情報提供位置の考え方

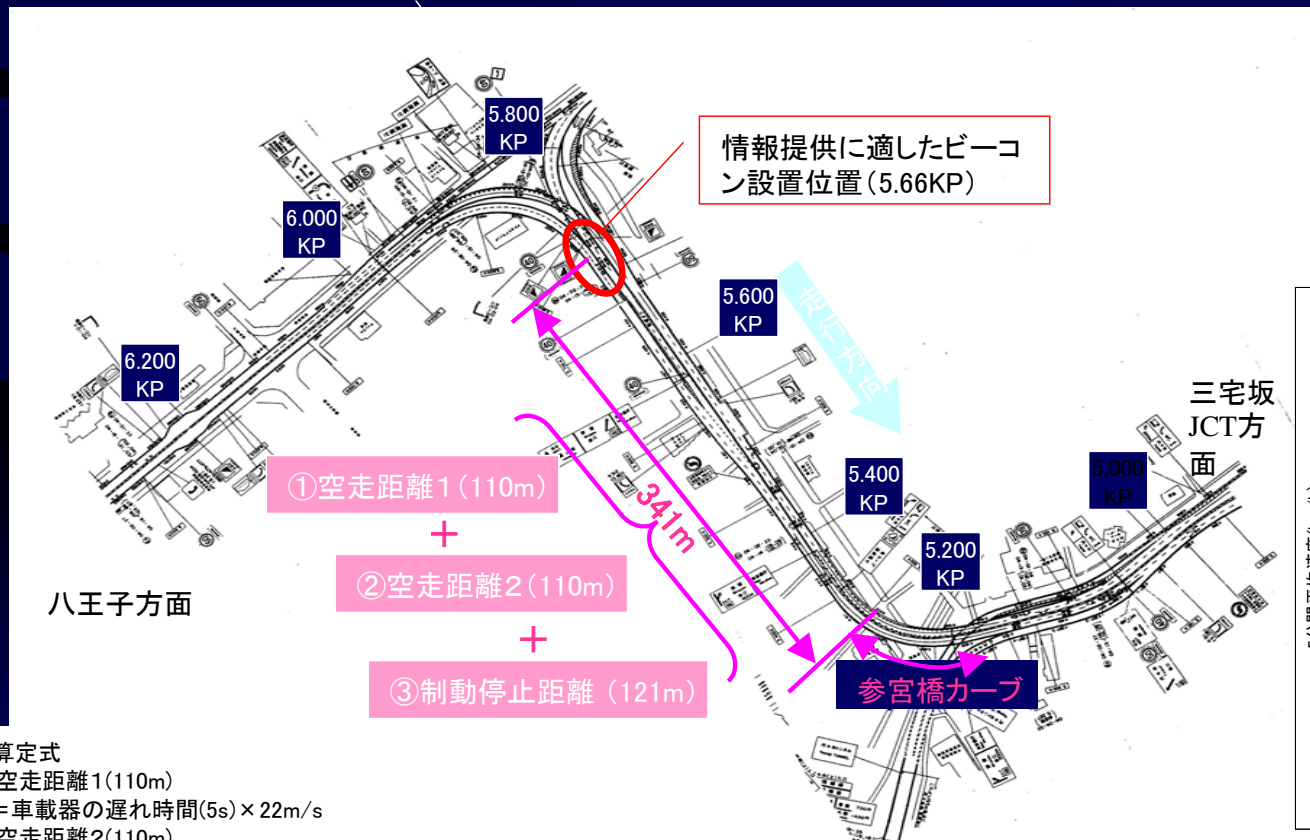
VICS車載器への情報提供位置は、車載器の遅れ時間、ドライバーの認知遅れ時間を実験および調査結果に基づくことで、見通し不良開始地点(5.32KP)から約340m手前(5.66KP)に設定

#### 設計の前提

- ・システム設計基準速度 80km/h(=22m/s) <sup>1)</sup>
- ・車載器の遅れ時間 5s <sup>2)</sup>
- ・ドライバーの認知遅れ時間 5s <sup>2)</sup>
- ・通常減速度 2.0m/s<sup>2</sup> <sup>2)</sup>

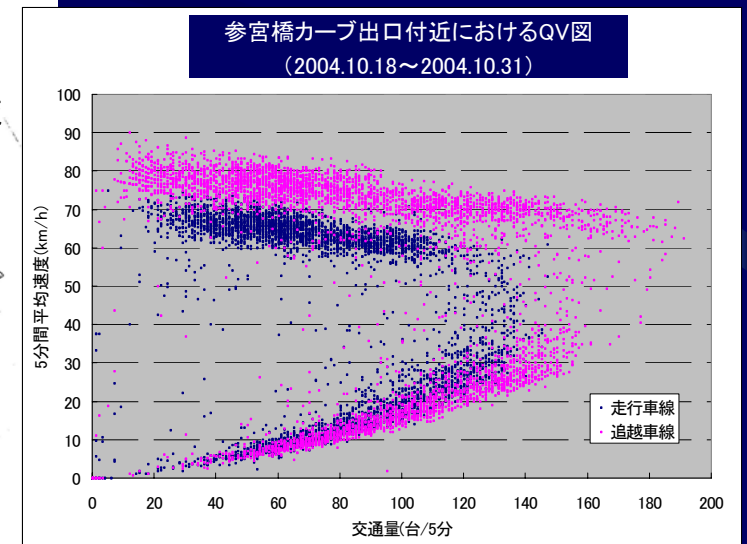
1)QV図参照

2)実験および車載器調査で確認



注)算定式

- ①空走距離1(110m)  
= 車載器の遅れ時間(5s) × 22m/s
- ②空走距離2(110m)  
= ドライバの認知遅れ時間(5s) × 22m/s
- ③制動停止距離(121m)  
=  $(22\text{m/s})^2 / (2 \times 2\text{m/s}^2)$



注) 新宿カーブ出口のトラカンは無く、参宮橋カーブ出口のトラカンデータで推定

センサーとVICS車載器の組合せによる一般ドライバーへのサービス導入にあたり、以下の検証項目がある。

分類		検証項目
情報収集		<ul style="list-style-type: none"><li>●センサーの検知性能(⇒H15実道実験において検証済み)<ul style="list-style-type: none"><li>・停止・低速車両を十分に検出できているか。</li></ul></li></ul>
情報提供	認知	<ul style="list-style-type: none"><li>①情報に対する視線移動<ul style="list-style-type: none"><li>・車載器表示画面への視線移動は安全に行われているか。</li></ul></li><li>②情報内容の理解<ul style="list-style-type: none"><li>・提供内容は問題なくドライバーに理解されているか。</li></ul></li></ul>
	判断	<ul style="list-style-type: none"><li>③情報確認後の行動内容<ul style="list-style-type: none"><li>・情報を受けてから、何らかの運転行動に結びつけているか。</li></ul></li></ul>
	操作	<ul style="list-style-type: none"><li>④情報確認後の走行挙動<ul style="list-style-type: none"><li>・停止・低速車両の視認前に減速を行っているか。また、それは急減速等の危険な挙動になっていないか。</li></ul></li></ul>

事前に検証するため、ドライビングシミュレータ(DS)および国総研のテストコースで被験者実験を実施。

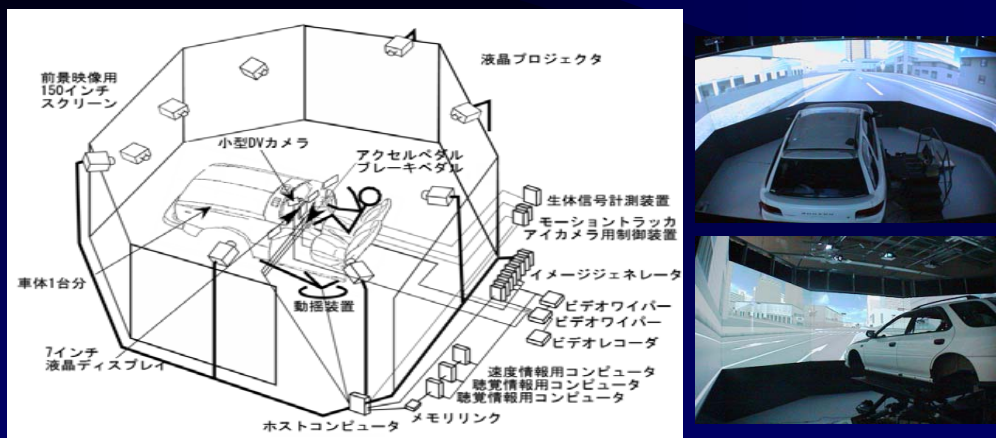
### 検証方法と検証項目

調査方法	検証方法と検証項目	
	ドライビングシミュレータ(DS)	テストコース
アイカメラ等の映像データ	①情報に対する視線移動(認知)	—
アンケート	②情報内容の理解(認知) ③情報確認後の行動内容(判断)	⑤驚いた人の行動内容(判断)
走行データ	④情報確認後の走行挙動(操作)	⑥驚いた人の走行挙動(操作)

### ドライビングシミュレータ(DS)

本実験では慶応大学のDSを使用。

ドライビングシミュレータの概要



### テストコース

本実験では国総研のテストコースを使用。

運転席からの視認状況



停止車両手前での停止状況





AHS画像処理センサーの性能(赤外線)

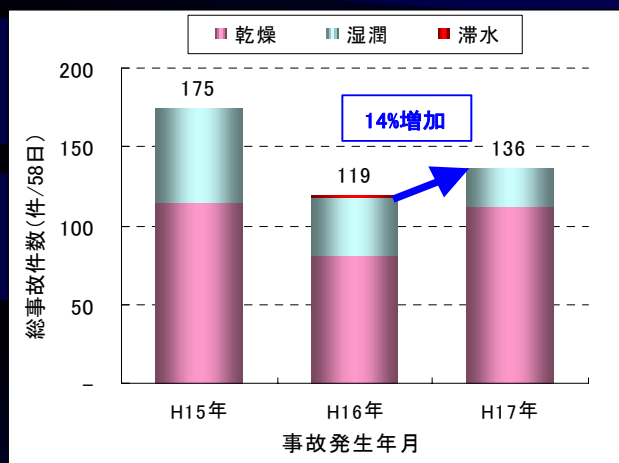
検出時間		100ms
車両位置精度	縦	±5m
	横	±1m
速度精度		±5km/h
事象検出率		96%以上

# 首都高・参宮橋社会実験

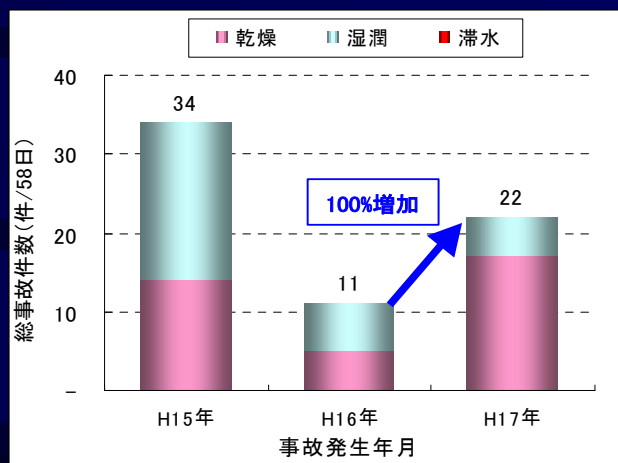
## 実験結果① 事故件数の減少

### 参宮橋カーブを含む4号新宿線の事故発生状況

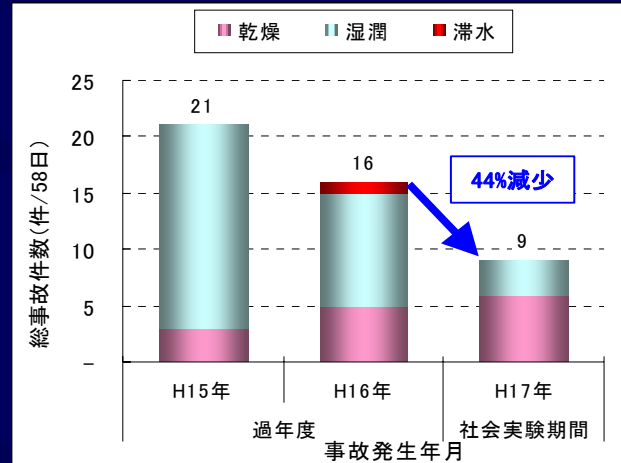
4号上り全線(13.5km)



4号上り類似急カーブ(4箇所)



参宮橋カーブ(上り)



注1)MEXデータ(本線)による件数。各年とも3/1~4/27 21:00を集計

注2)類似急カーブは曲線半径200m以下の区間で発生した事故を対象。



# 首都高・参宮橋社会実験

## 実験結果② ヒヤリハット状況の減少

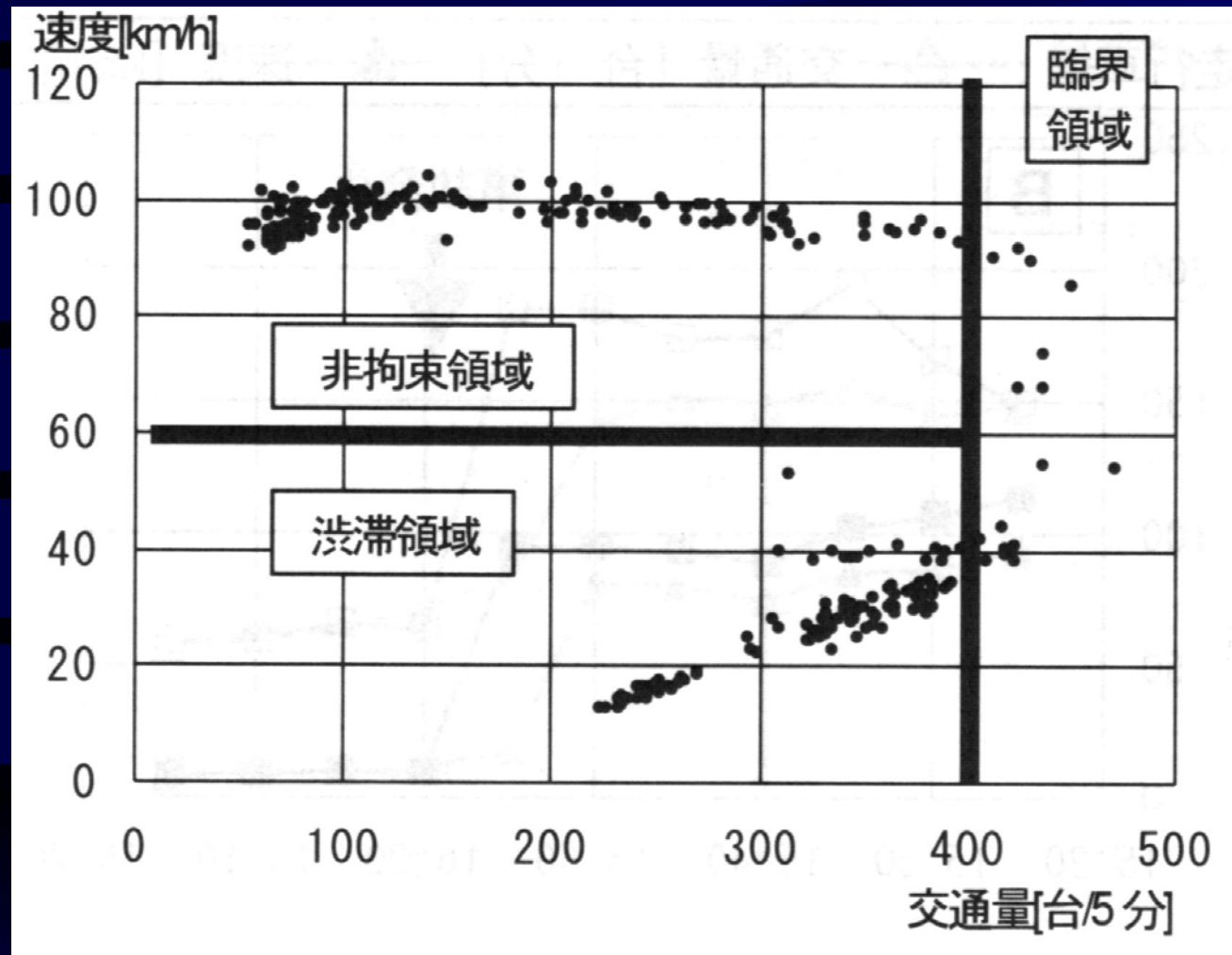
サービス導入前／後のセンサーデータによる車両挙動の比較

区 分	カーブ前方に渋滞や停止・低速車がある時		
	30km/h以上の 進入車 有効サンプル 数 (台/19日)	急減速挙動の 発生頻度	高速での カーブ進入頻度 (進入速度60km/h 以上の車両)
		0.5G以上	
サービス導入前 2003年10月～11 月のうち28日間	10,344	18.1%	4.9%
VICSサービス 2005年3月～4月 のうち28日間	13,181	15.9%	4.2%
効果		12%減	14%減

# 高速道路での事故防止

出展 : 交通工学(交通工学研究会)

# 最新の交通工学研究



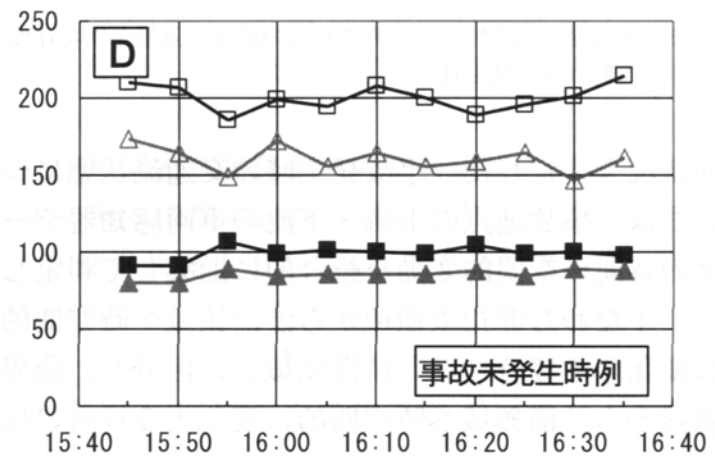
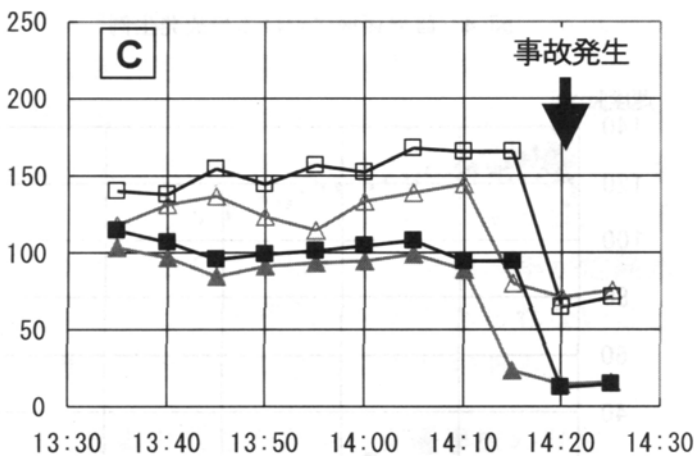
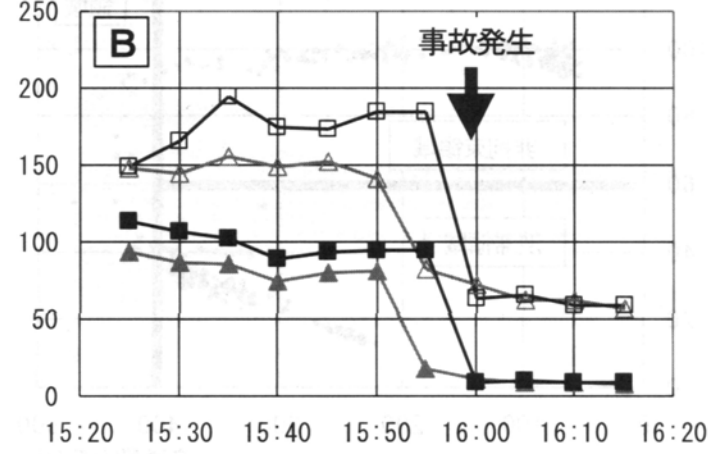
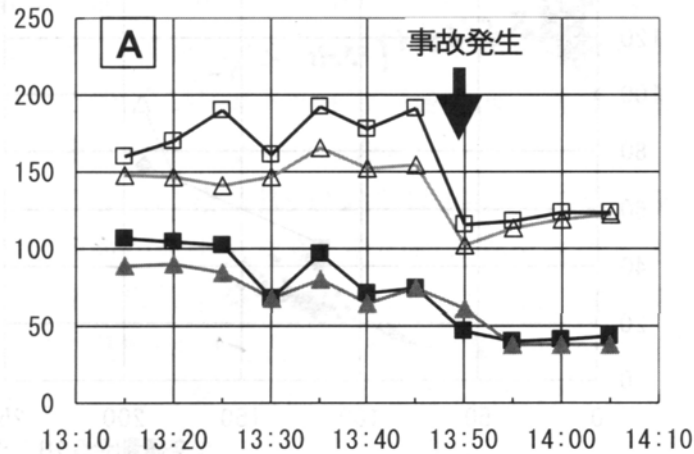
東名高速道路  
綾瀬バス停付近

車両感知器  
5分間集計の交通量・  
平均速度データ

- 46件のうち臨界領域で24件、渋滞領域で21件、非拘束領域で1件の分布
- 臨界状態では、19/24件が追い越し車線で発生(極めて高密度な車群が形成)  
事故率(件/億台キロ)は臨界(396)、渋滞(316)、非拘束(7.7)

# 最新の交通工学研究

追越車線：□—交通量 [台/5分] ■—速度 [km/h] 第二走行車線：△—交通量 [台/5分] ▲—速度 [km/h]



- 一般(D)には、交通量が増大すると速度が低下、交通量が低下すると速度が増大
- 事故例(ABC)では、交通量が増大しても速度が増大した場合もある  
これにより交通流が乱れ、車頭時間が極端に短くなる
- 臨界状態に陥らない制御：交通需給調整（非拘束領域の上限まで）、自動追従？  
赤羽・大口（交通工学2004, No.3）より

# 高速道路での事故要因分析

東大生研 上條 の研究より

# 事故死者ゼロへの取り組み

---

例えば、

- ◆首都高での事故件数は、約1万3千件／年
- ◆事故処理の平均時間は、約65分  
∴事故渋滞による経済的損失大

これに対し、

- ◆わが国 2010年までに交通事故死者半減
- ◆欧州 e-safety

そこで、

- ◆事故の原因の詳細解析  
構造物の欠陥による静的要因を修正  
車群挙動による動的要因を認識し運転支援

# 首都高速道路公団の取り組み

## ◆ 事故形態分類(平成14年 13,704件中)

- 追突(6,391)件、施設接触(3,253)件、車両接触(3,016件)が全体の92%を占める
- 料金所、分合流(折り込み含む)カーブ区間、雨天時に多い傾向だが詳細な原因を究明中

## ◆ 事故多発区間に対する安全対策

- 利用者への影響度を考慮した事故多発区間の選定
- 事故件数に加え、事故渋滞の累積渋滞長を指標化
- 渋滞末尾情報版による注意喚起
- カーブ区間等の施設接触への安全対策  
カーブ警戒ゼブラ板、段差舗装、高機能(排水性)舗装
- 合流のチャネルリゼーション変更(しかし、渋滞助長が懸念)
- 雨天時の安全な対策として、排水性(高機能)舗装
- トンネル内の安全対策  
視認性向上のためプロビーム照明、内面の高輝度白色塗装  
異常事象検出システムによる早期検知(千代田、新宿線トンネル)
- 料金所安全対策のためのETCレーン最適配置

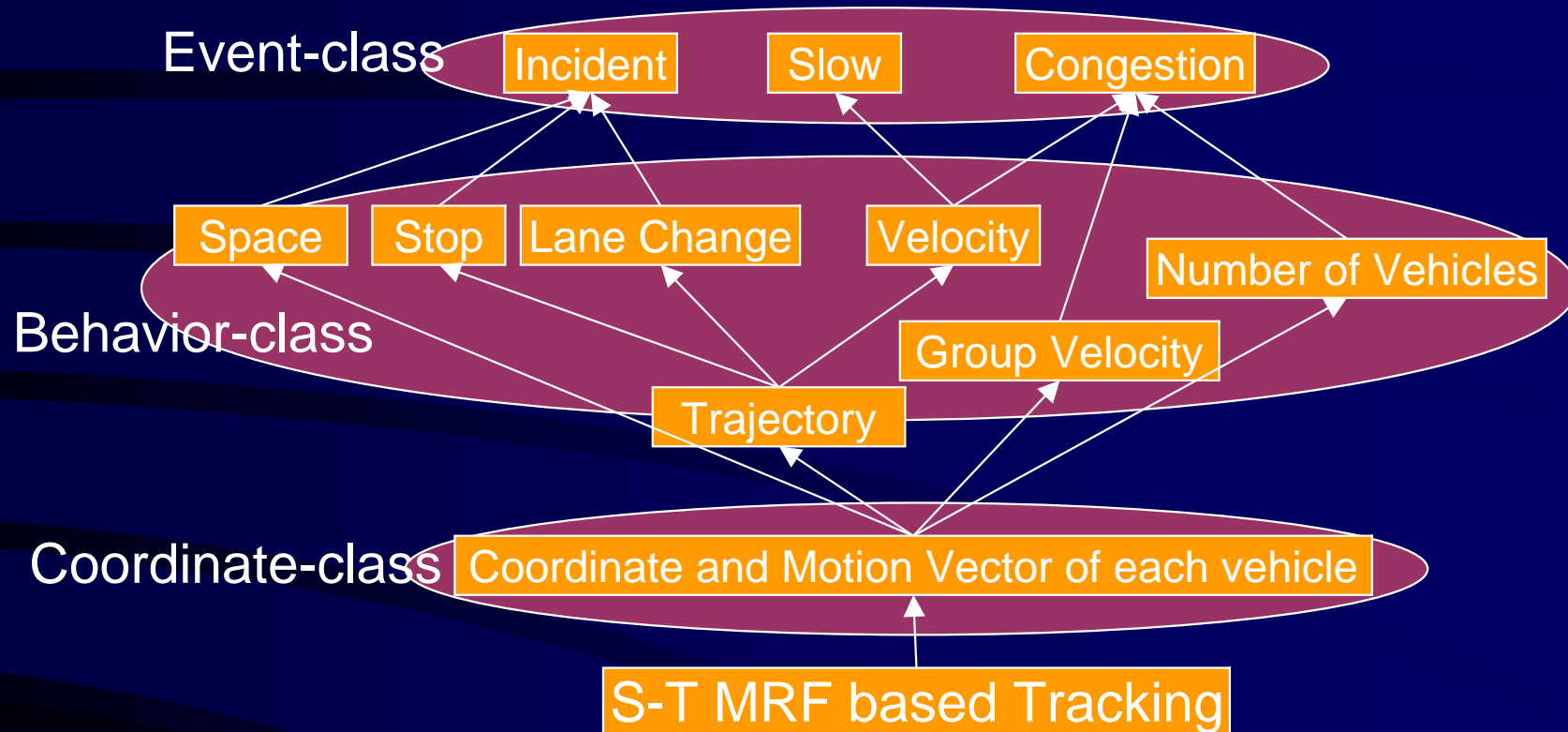
# 首都高・リアルタイム監視システム



事故検出システム(左) と 画像記録システム×2系統(右)



# 首都高・リアルタイム監視システム



- Advantage
  - Ease of maintenance
  - Good adaptability for new location and new traffic



- 各車両の詳細な軌跡を取得
- 渋滞中でも停車車両と避走(車線変更)を検知



事故

トンネル入り口



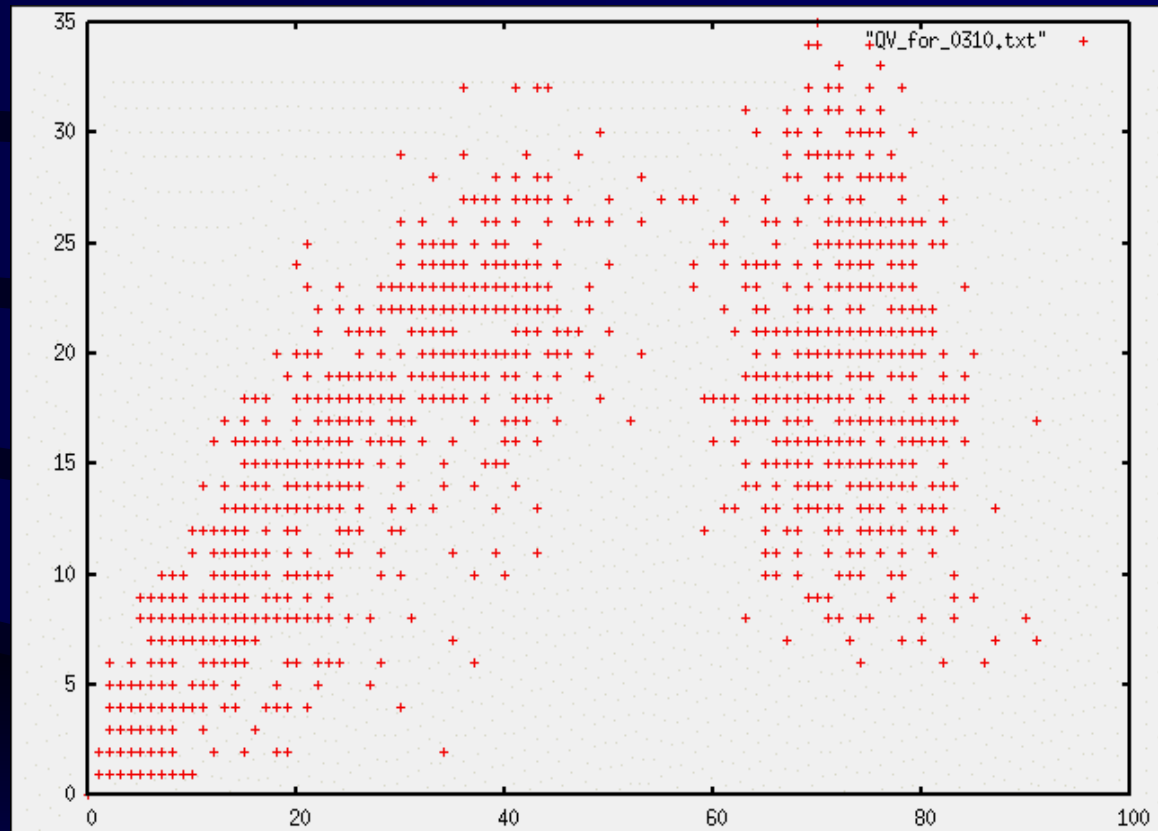
トンネル内部

# 首都高・リアルタイム監視システム

ダンプ画像



# QV図の取得



- 時空間MRFとエッジパターン認識の協調アルゴリズムで分離
- 速度計測は、領域枠の左下端

# 交差点での事故防止

## TAAMS, ジレンマ感応制御

出展 : 交通工学(交通工学研究会)

# 交通事故自動記録装置 TAAMS

- ◆ 交通事故やニアミスに起因する衝突音・ブレーキ音を周波数解析により検知
- ◆ メモリダンプ機能により事故の瞬間以前の画像から記録
- ◆ 取得画像は事故要因解析に利用

# ジレンマ感応制御

## ジレンマゾーンとは

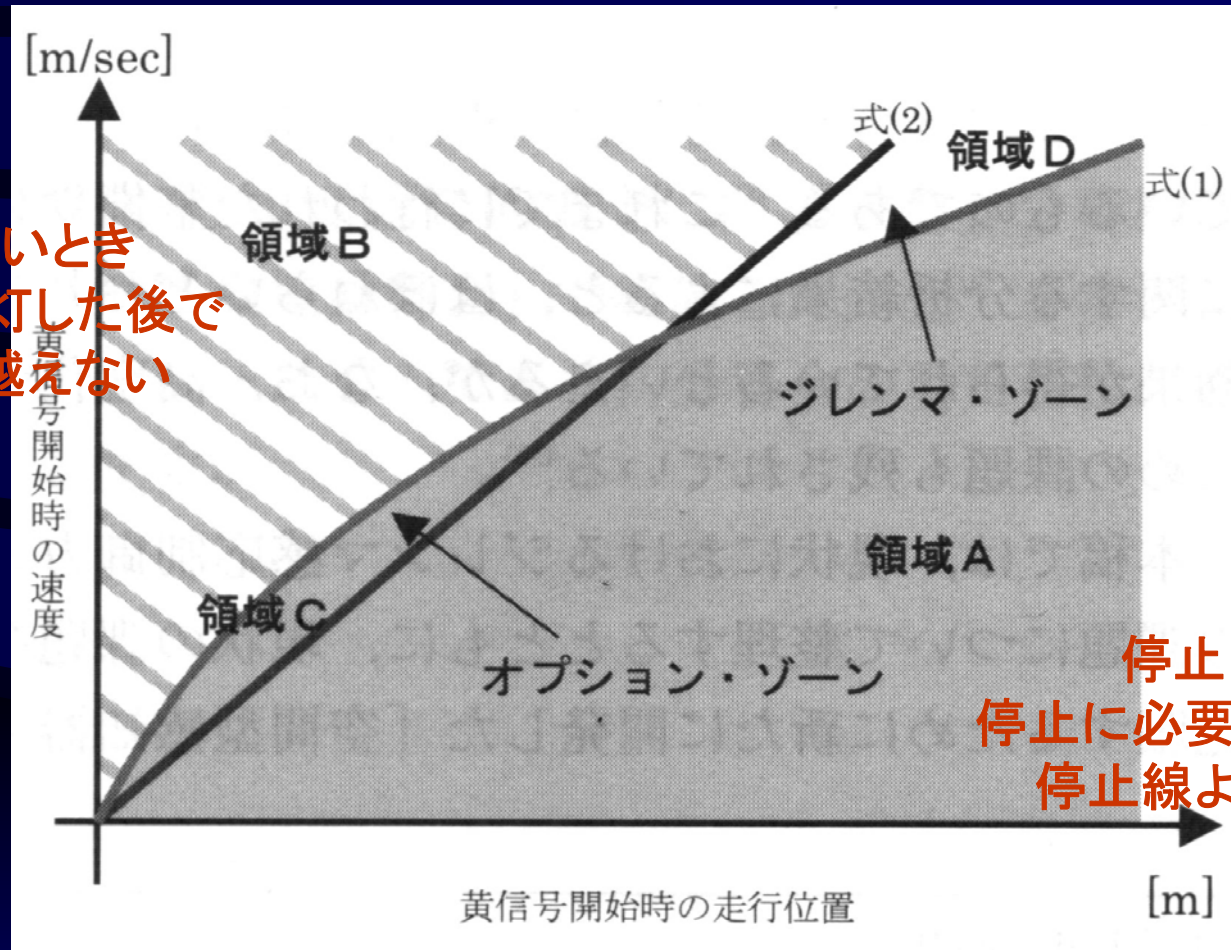
領域A: 通常挙動で停止可能

領域C: 両方可能

領域B: 通常挙動で通過可能

領域D: 両方不可能

通過したいとき  
赤信号が点灯した後で  
停止線を越えない



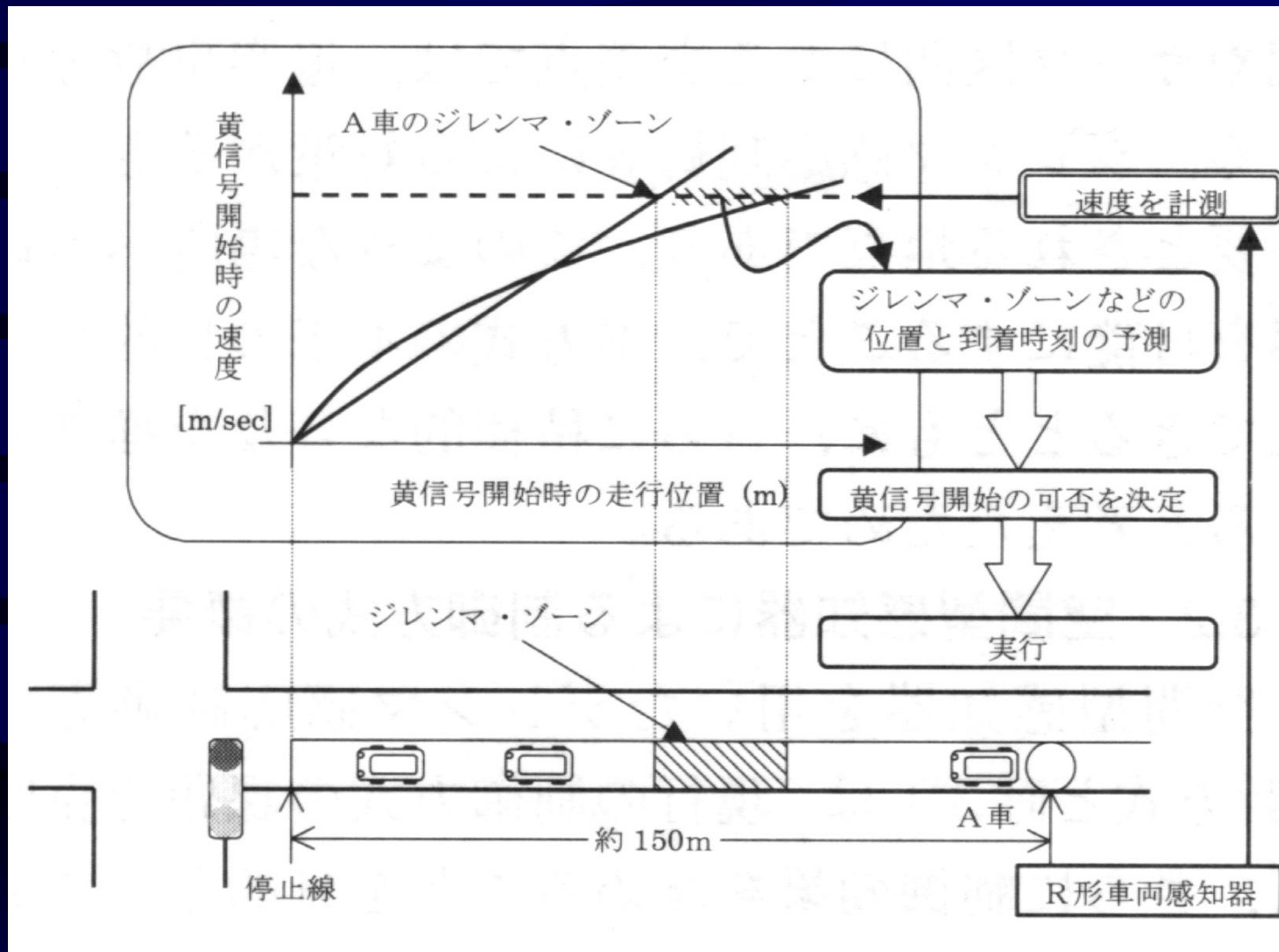
停止したいとき  
停止に必要な距離の分だけ  
停止線より上流を走行

- ジレンマゾーンでは、無理な進入や急停止が発生
- オプションゾーンでは、車両による通過・停止の判断が異なる



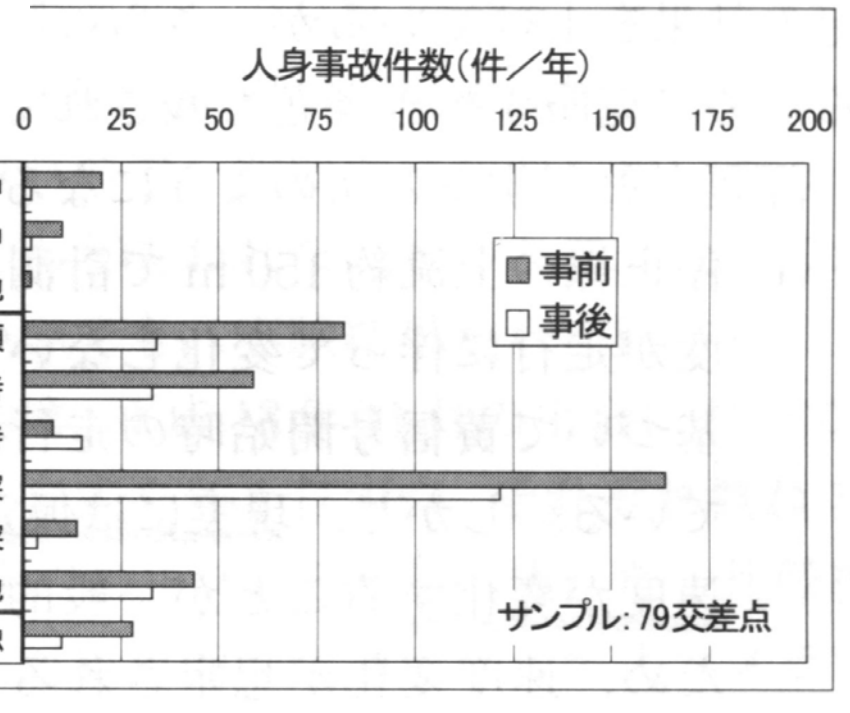
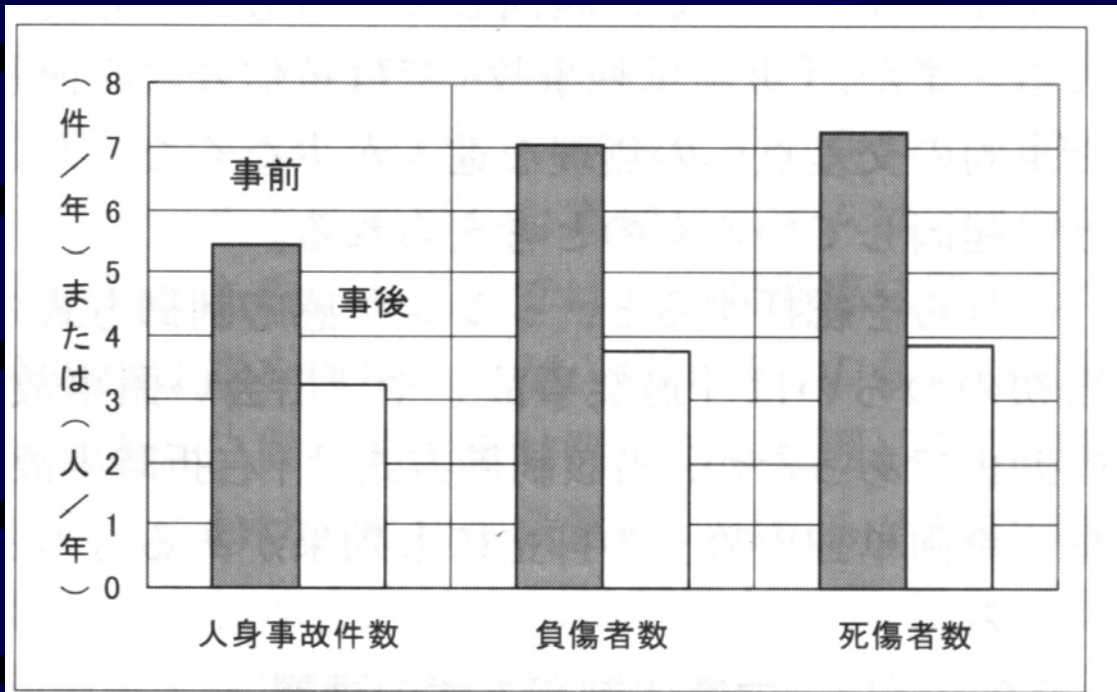
# ジレンマ感応制御

## 地点型感知器による制御



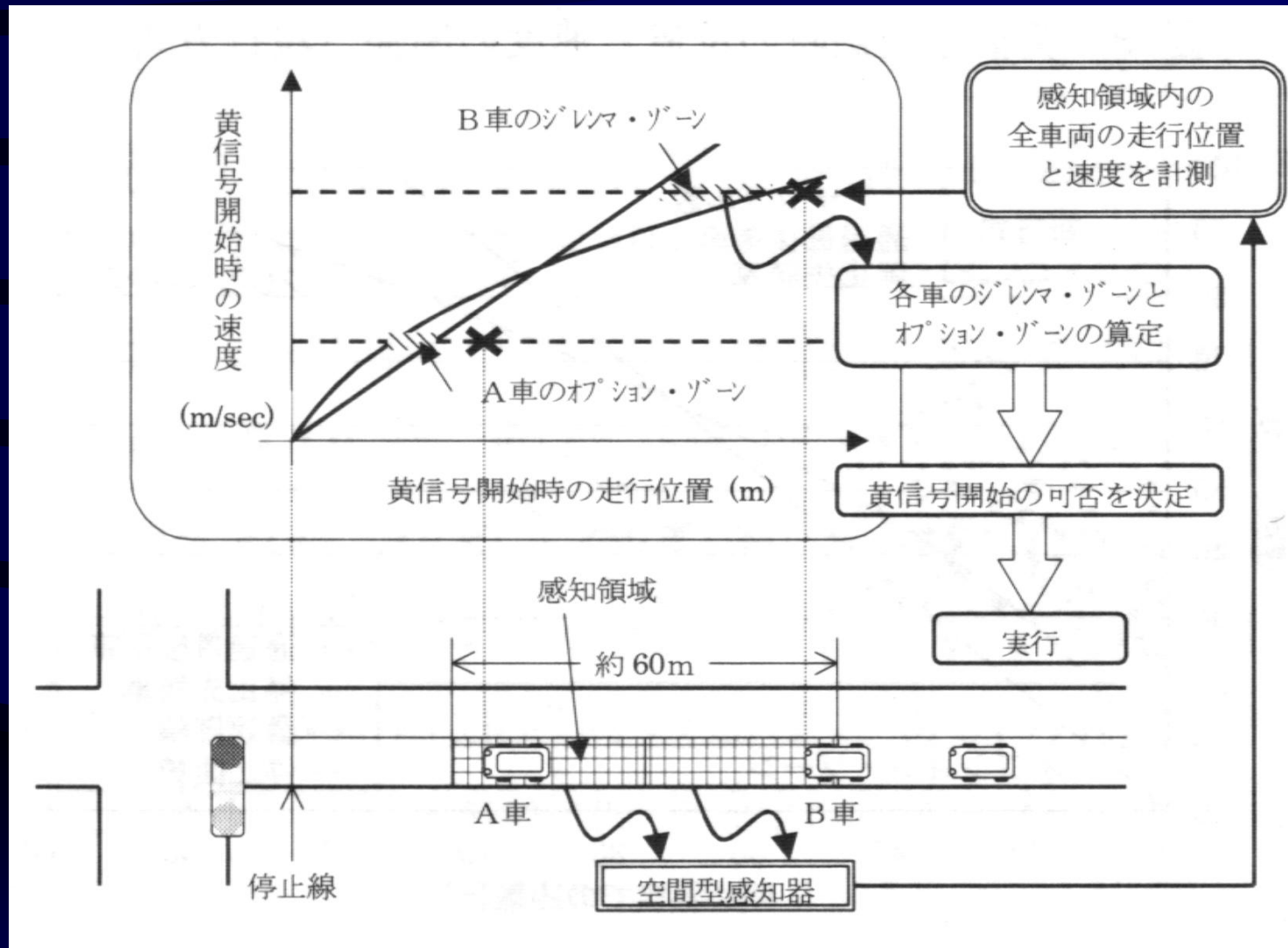
- 局所型感知器(超音波)で感知、計測した速度に基づき、ジレンマゾーンに車両が存在するか否かを判定 (等速で通過を仮定)
- 存在する場合は、黄信号にせずに青信号を継続

## 人身事故件数が減少



# ジレンマ感応制御

## 空間型感知器による制御



局所型感知器では速度一定と仮定、計測誤差を考慮して感応機会抑制  
空間型感知器(画像)により、走行位置と速度を空間的に直接計測

### ジレンマ回避状況

制御	サンプル数: $n$ (台)			オプション・ゾーン内 存在台数: $Op$ (台)		ジレンマ・ゾーン内 存在台数: $Dl$ (台)		$Op$ + $Dl$ (台)
	通過 最後尾車	停止 先頭車	計	通過 最後尾車	停止 先頭車	通過 最後尾車	停止 先頭車	
現行方式	114	105	219	15 (13.2%)	20 (19.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	35 (16.0%)
新方式	111	107	218	10 (9.0%)	12 (11.2%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	22 (10.1%)

# 交差点での事故防止

## 運転支援技術

筑波大 大田教授 の研究より

## NaviView

道路監視カメラ映像を視点変換し  
運転者の目線と時間軸に適合した  
提示映像を生成



運転者の  
死角削減  
判断支援

## Highway System



自車の上空からの  
鳥瞰映像を生成

- 視界の縮小や外部制御に対する不信感のある運転者の不安感, ストレスの軽減

## NaviView @ 交差点

右折衝突事故防止

Driver turning right can't see moving traffic behind truck

Image displayed on mini LCD or projected onto windscreen

On-board computer switches perspective to driver's view, but makes foreground vehicles transparent, revealing hidden traffic

Video from camera shows position of obscured traffic and broadcasts it to car



## 実験結果

シンボルを表示か  
画像を表示か





# 交差点での事故防止

## 歩行者の安全確保

出展 : 交通工学(交通工学研究会)  
および  
東大生研 上條 の研究より

### ◆ 歩車分離式信号

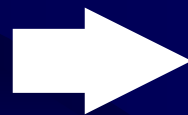
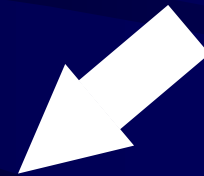
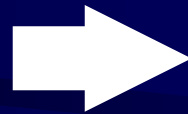
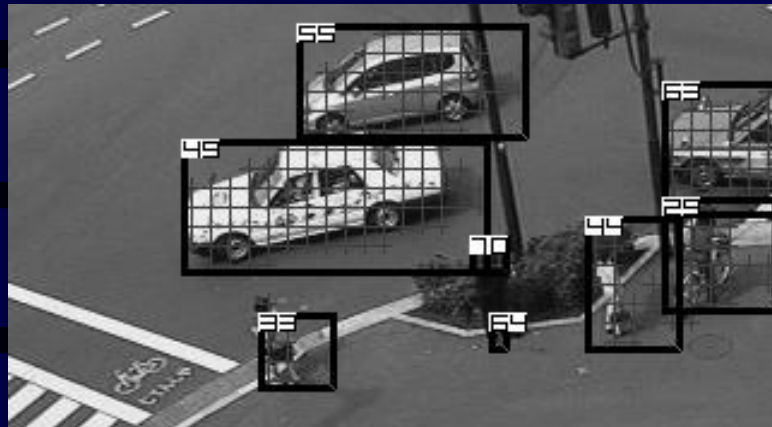
- 歩車完全分離式、歩車一部分離式(従道路のみ分離)
- 長所: 歩行者と車両の接触危険性が無くなる
- 長所: 右左折車両が歩行者に妨害されることによる滞留が無くなる
- 短所: 信号切り替えによるロスが発生
- 短所: 車両に割りあてられる青時間が減るため渋滞発生、事故誘発

### ◆ 交通弱者対策

- 高齢者、身障者(白杖、車椅子)
- 弱者押しボタン、ペンダント利用時に青時間延長
- センシング+挙動解析による交通弱者の検出  
画像/レーザーセンサー
- センシングデータ解析による弱者分類の可能性?  
タグの利用(白杖、高齢者手帳等)または併用

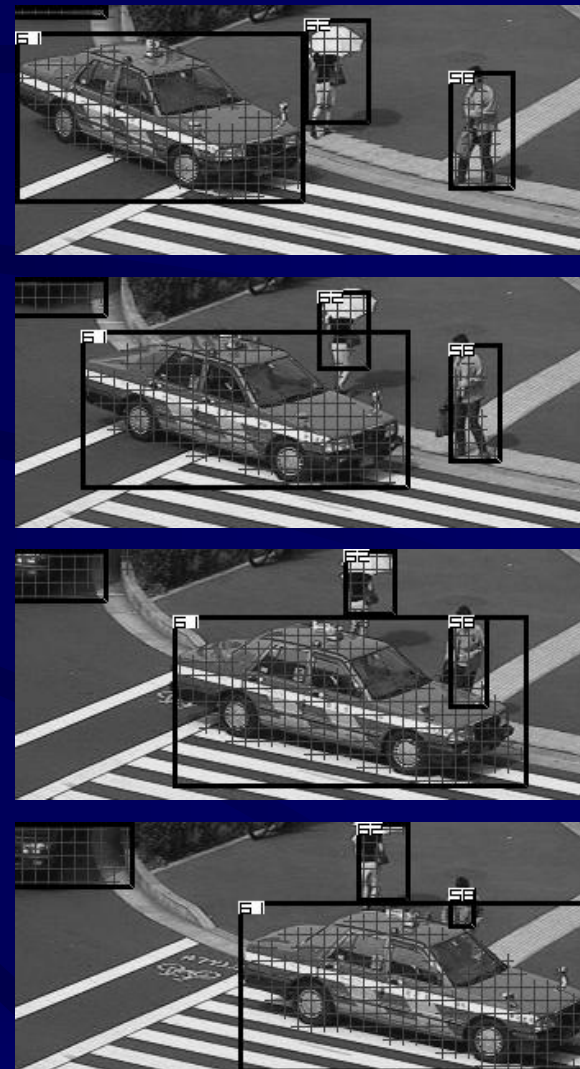
# Simultaneous Tracking of Pedestrians and Vehicles

## Occlusion : Vehicle vs. Vehicle



# Simultaneous Tracking of Pedestrians and Vehicles

Pedestrian vs. Bicycle : Pedestrian vs. Vehicle



# Occlusion Robust Tracking of Pedestrians



Original Image



Tracking Result Image