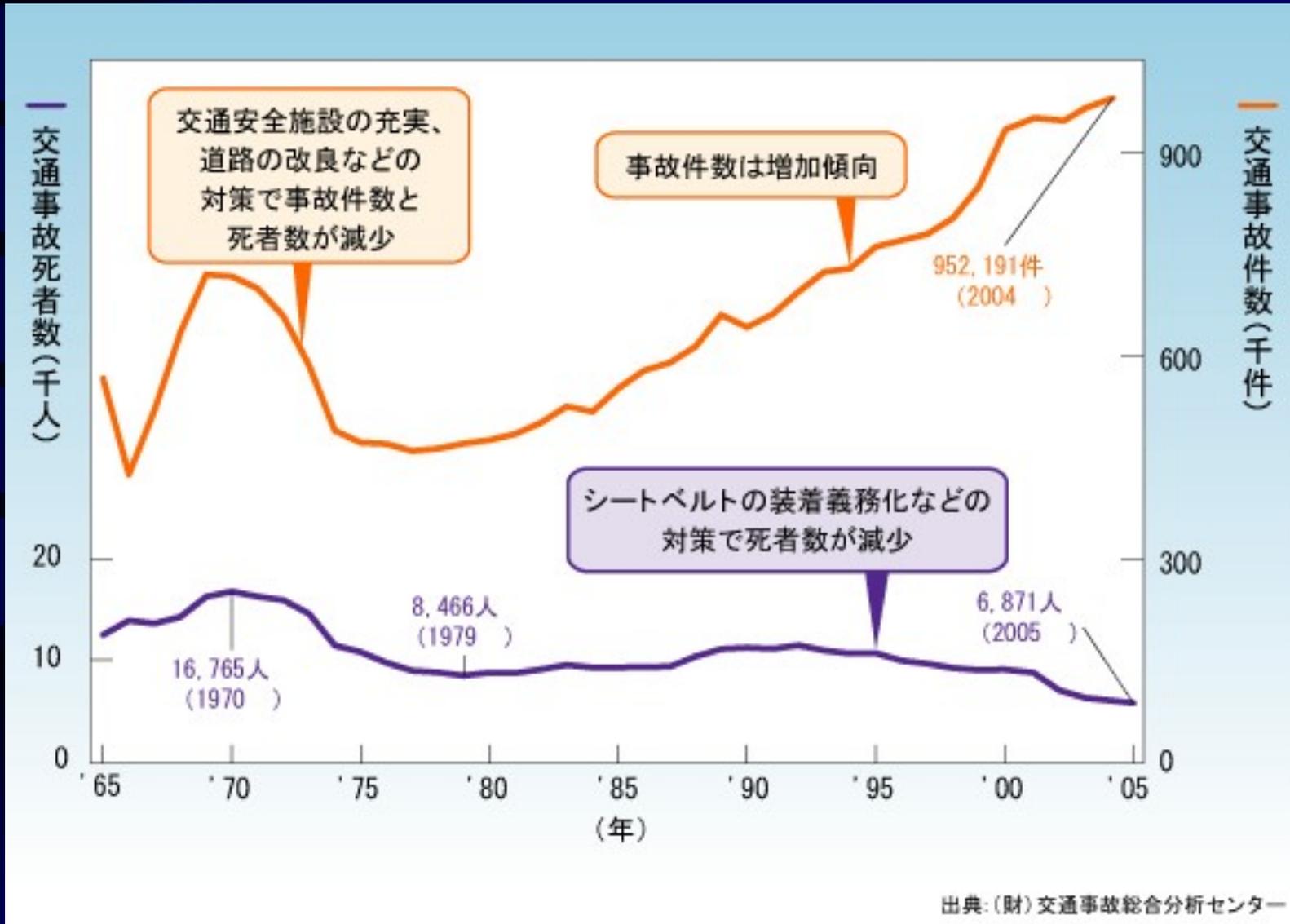


路車間協調による 安全運転支援サービスの実現へ

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

.....

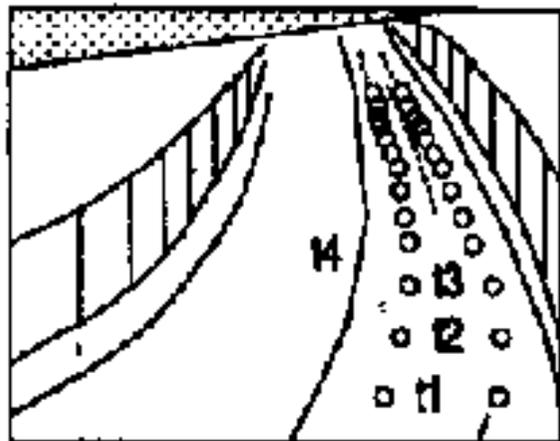
高速道路での事故防止

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

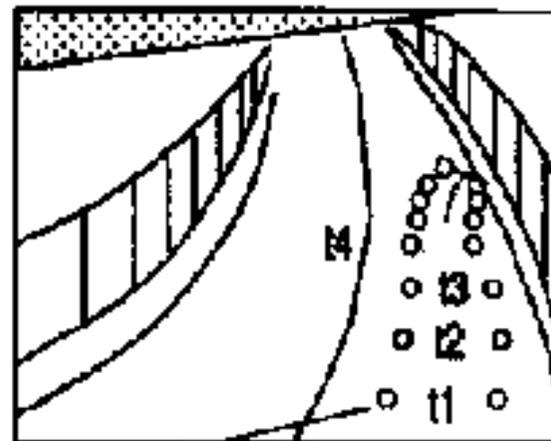
阪神高速阿波座カーブ



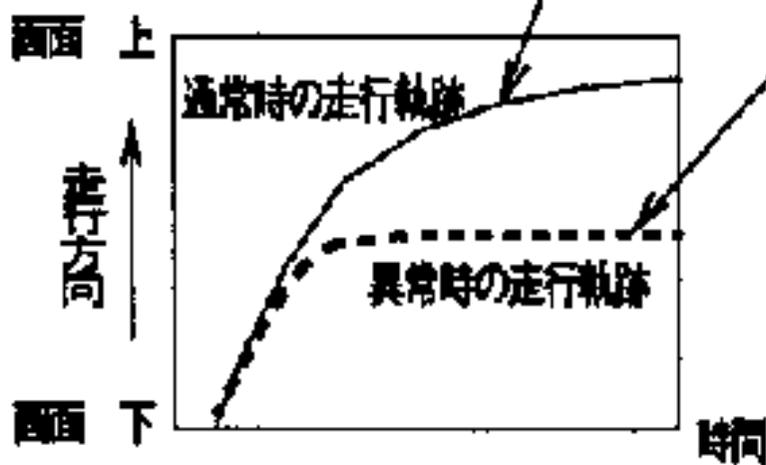
検出原理



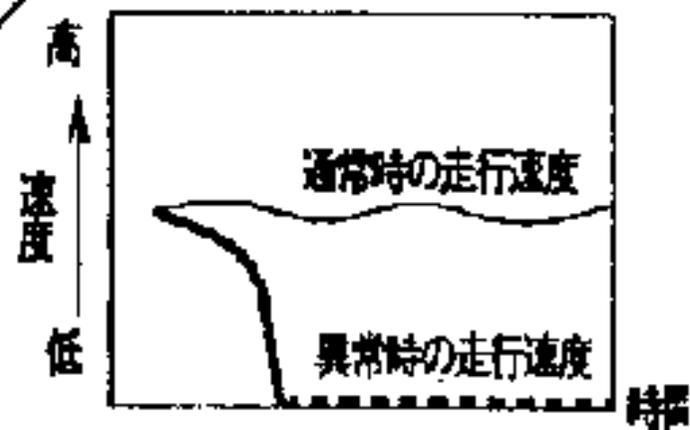
a) 通常時の走行軌跡



b) 異常時の走行軌跡



c) 通常時と異常時の走行軌跡の差



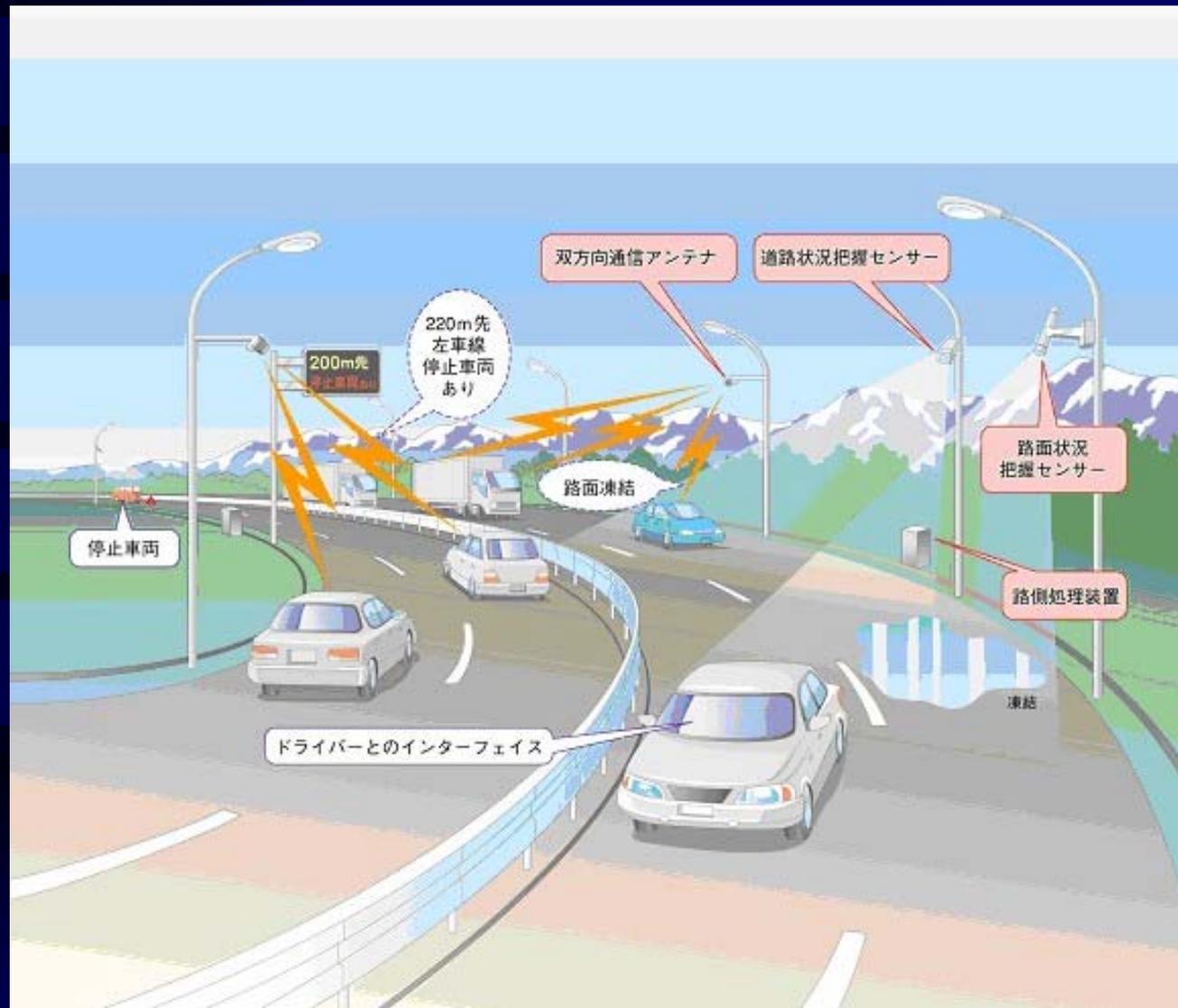
d) 通常時と異常時の速度変化の違い

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。

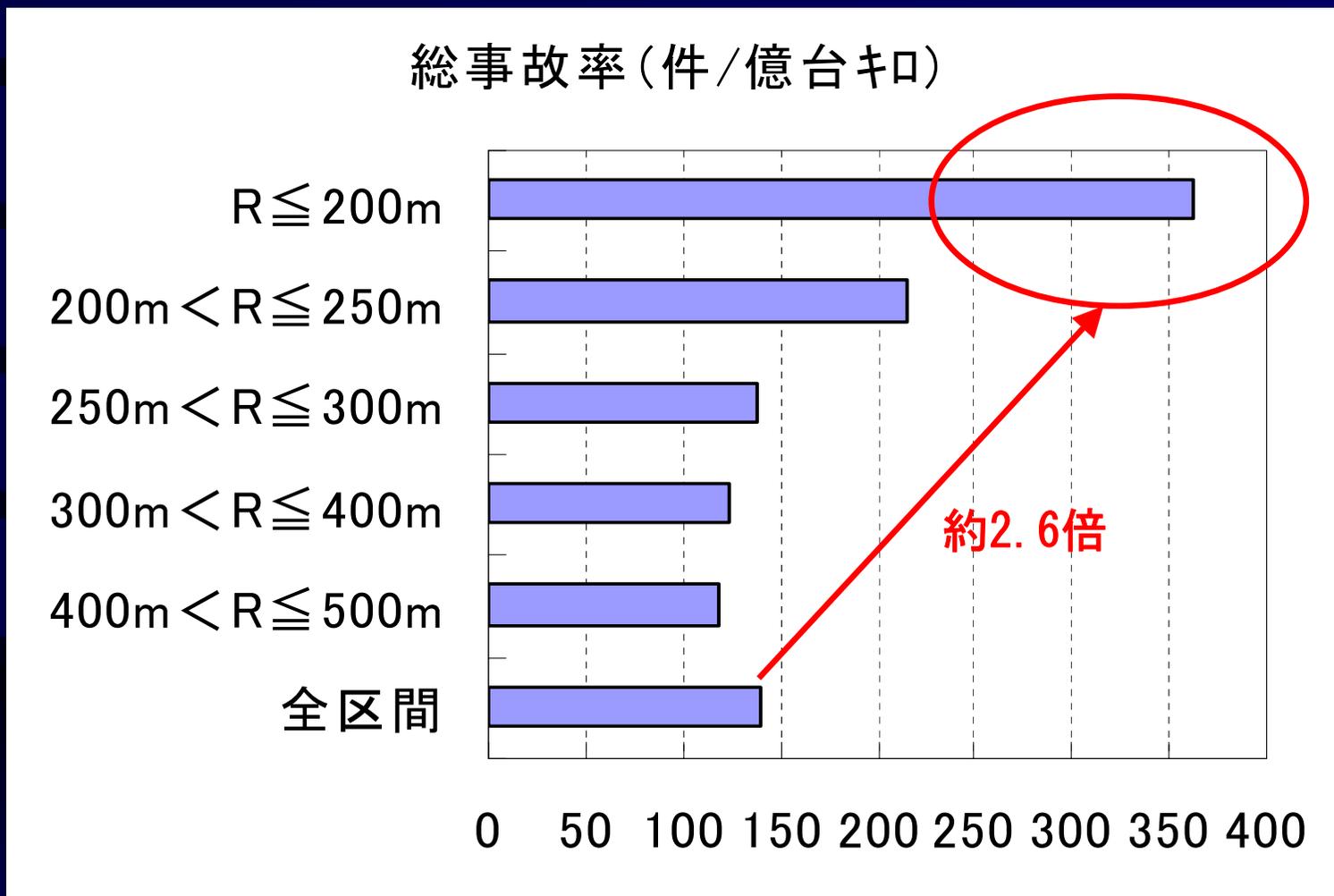
(6) 横断歩道歩行者衝突防止支援

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

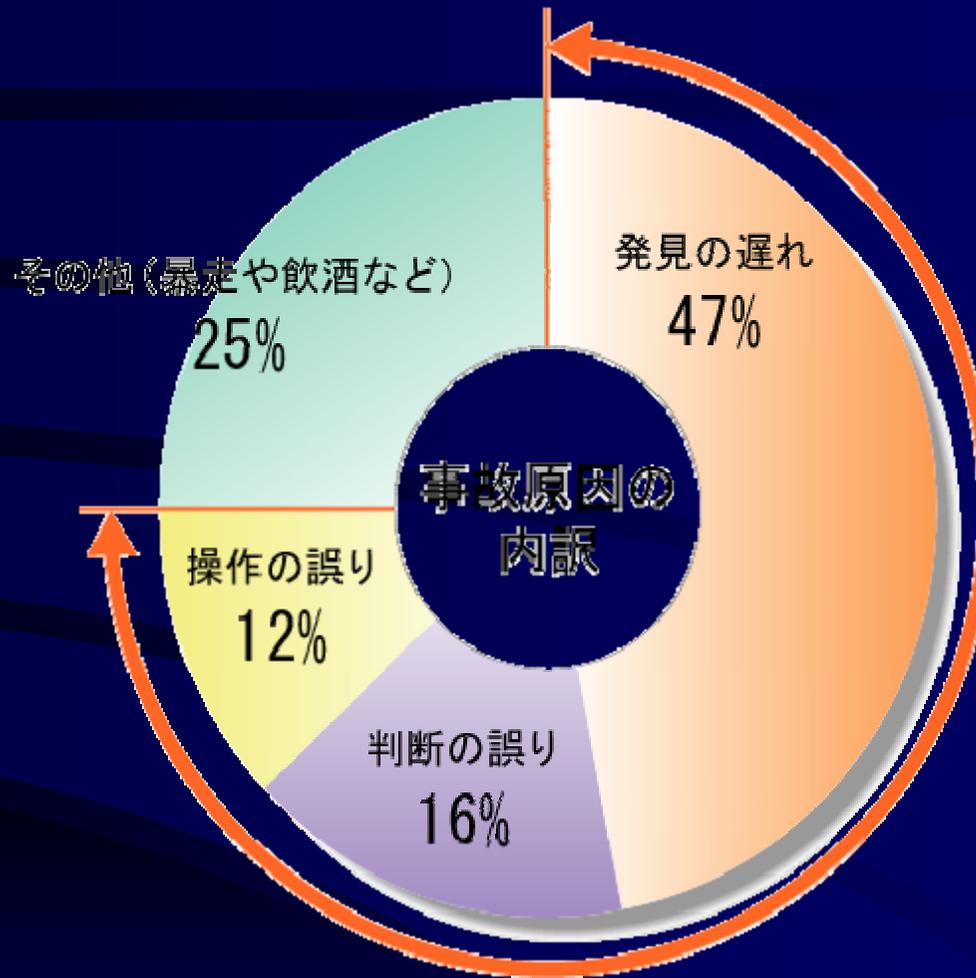
路面状況等の情報を把握し車両に提供。車両は車間保持等の各種サービスに活用する。

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

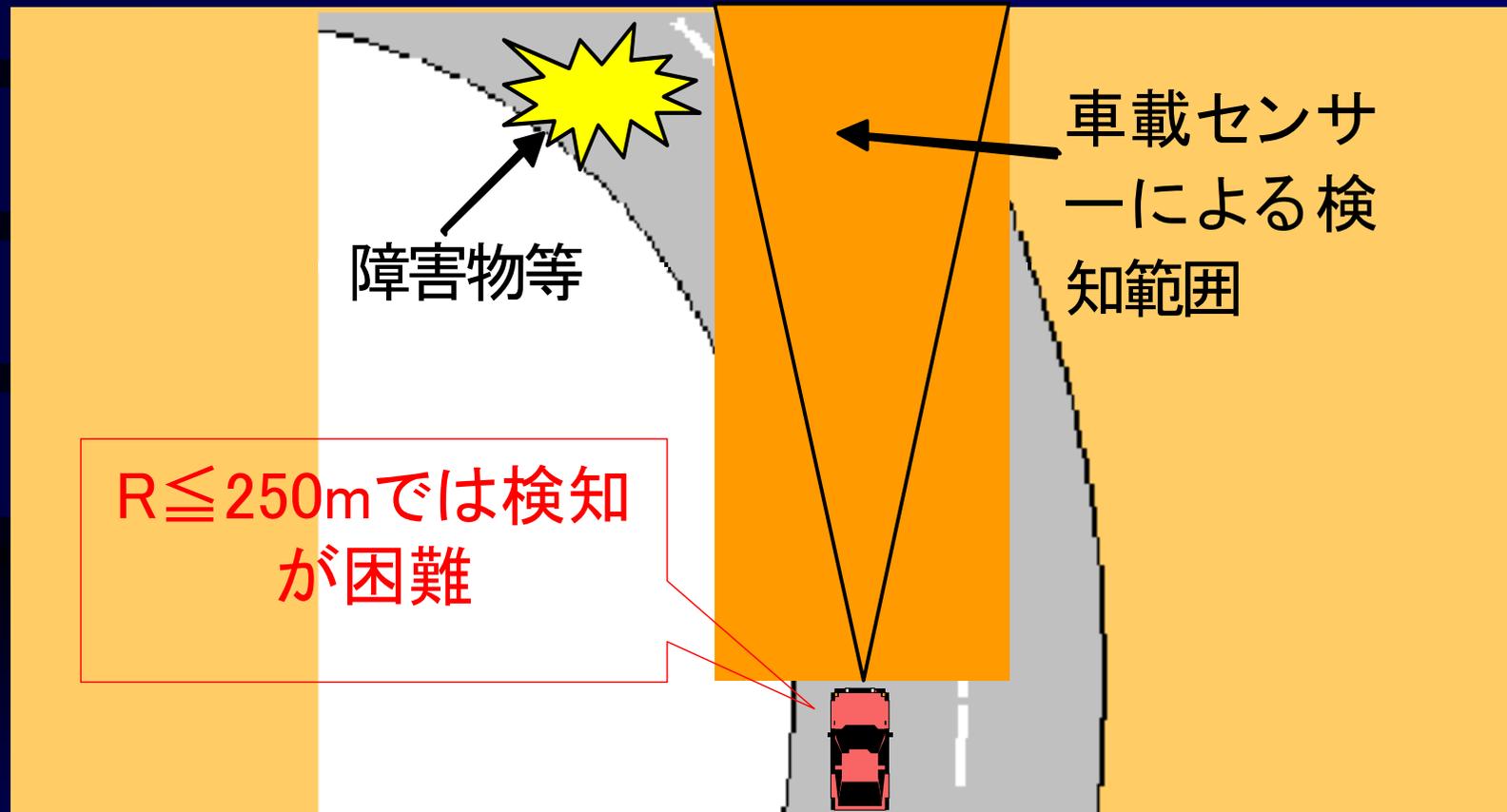


事故原因の3/4
はドライバーの事故
直前の行動

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

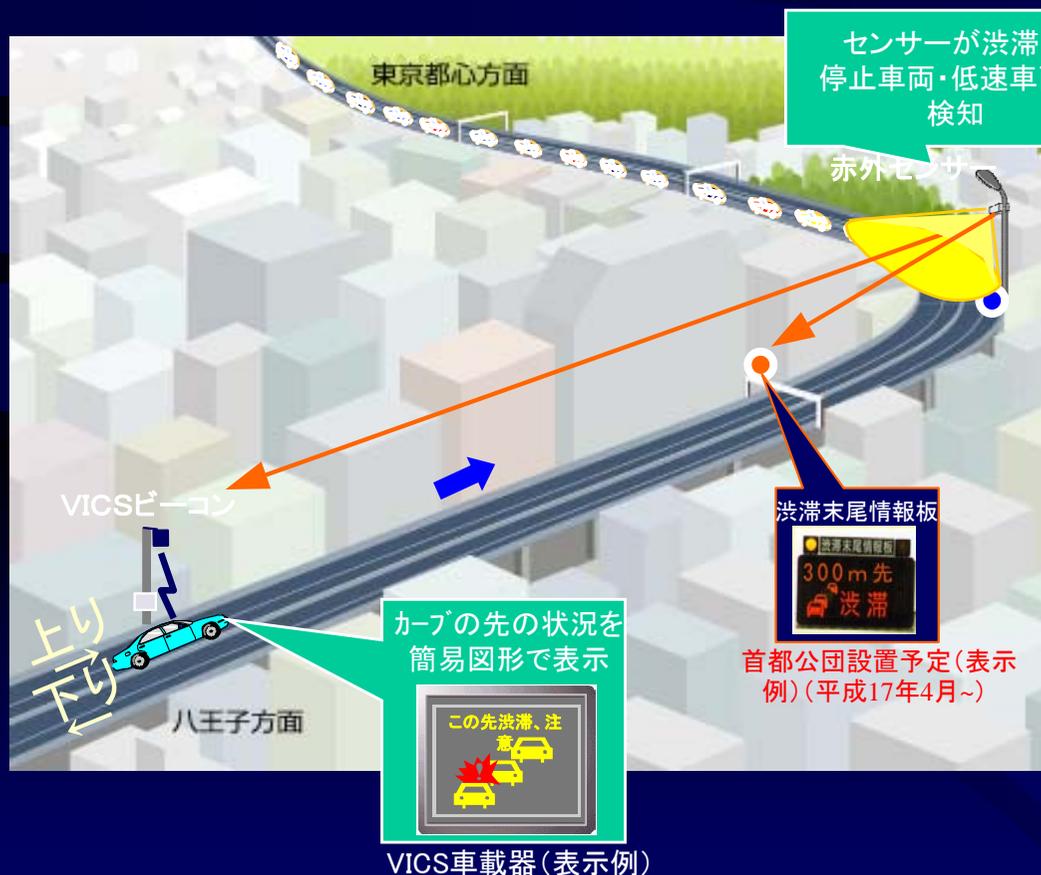


首都高・参宮橋社会実験

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

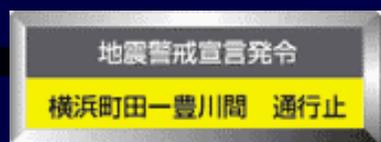
首都高・参宮橋社会実験

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) 鶯別町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

(4) 情報提供位置の考え方

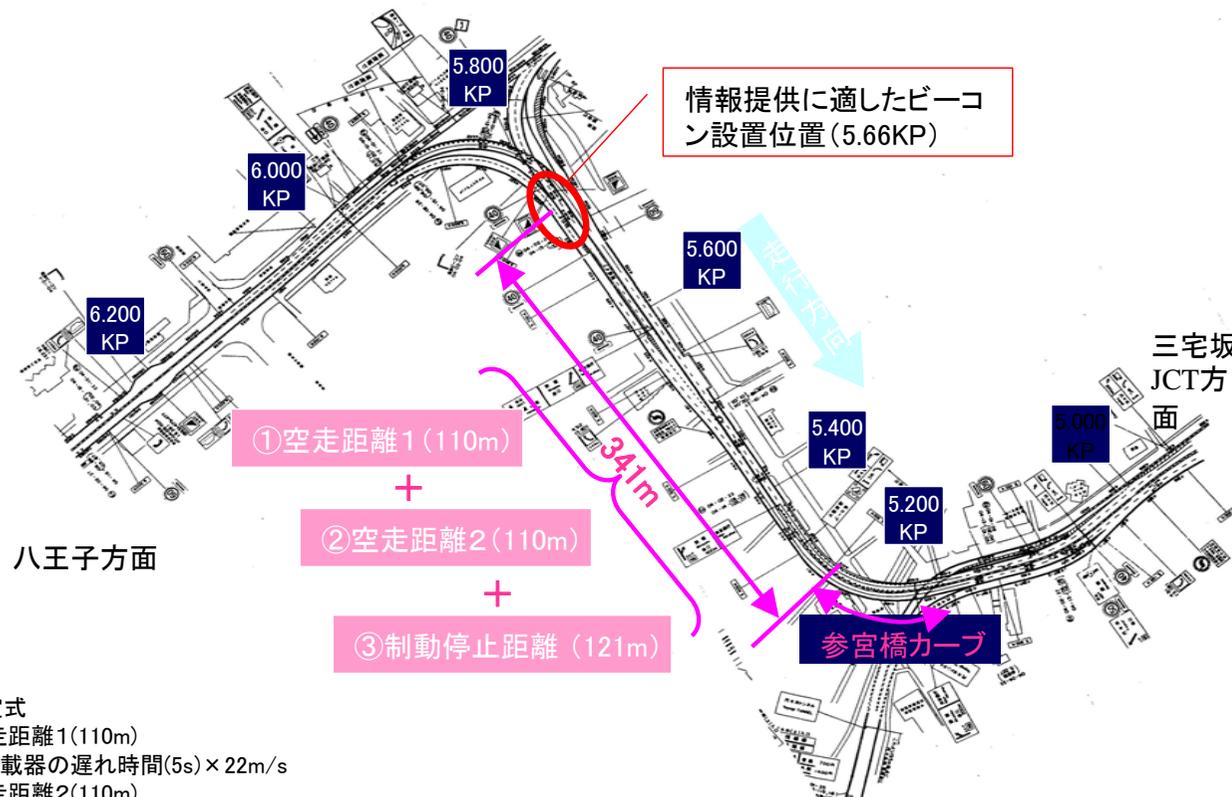
VICS車載器への情報提供位置は、車載器の遅れ時間、ドライバーの認知遅れ時間を実験および調査結果に基づくことで、見通し不良開始地点(5.32KP)から約340m手前(5.66KP)に設定

設計の前提

- ・システム設計基準速度 80km/h(=22m/s) ¹⁾
- ・車載器の遅れ時間 5s ²⁾
- ・ドライバーの認知遅れ時間 5s ²⁾
- ・通常減速度 2.0m/s² ²⁾

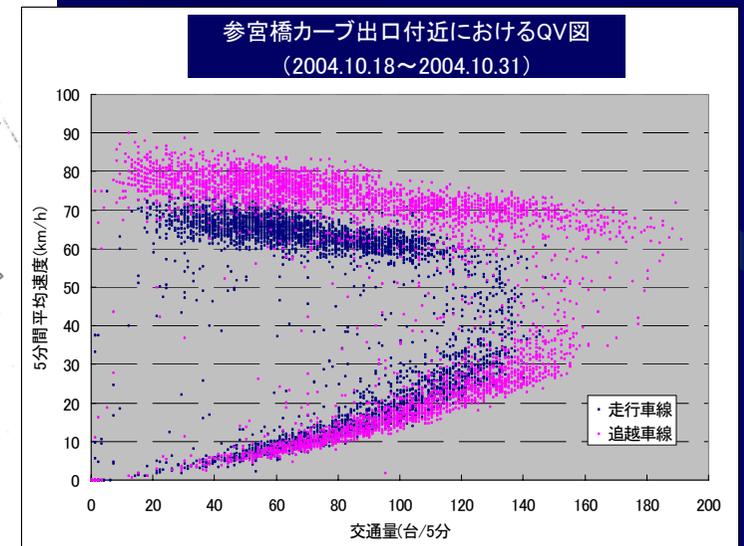
1)QV図参照

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のデータで推定

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">●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">・停止・低速車両を十分に検出できているか。
情報提供	<p>①情報に対する視線移動</p> <ul style="list-style-type: none">・車載器表示画面への視線移動は安全に行われているか。
	<p>②情報内容の理解</p> <ul style="list-style-type: none">・提供内容は問題なくドライバーに理解されているか。
	<p>③情報確認後の行動内容</p> <ul style="list-style-type: none">・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。
	<p>④情報確認後の走行挙動</p> <ul style="list-style-type: none">・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。

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。

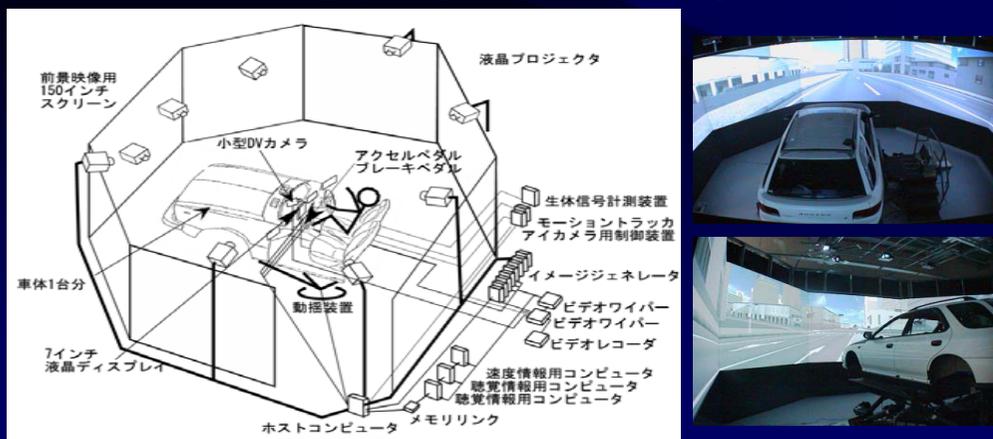
検証方法と検証項目

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)

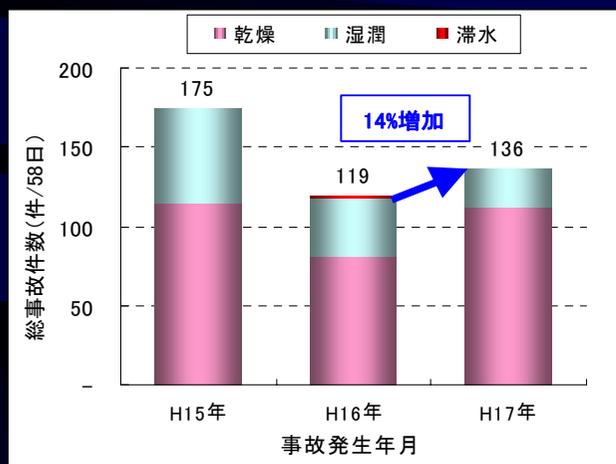
検出時間		100ms
車両位置精度	縦	±5m
	横	±1m
速度精度		±5km/h
事象検出率		96%以上

首都高・参宮橋社会実験

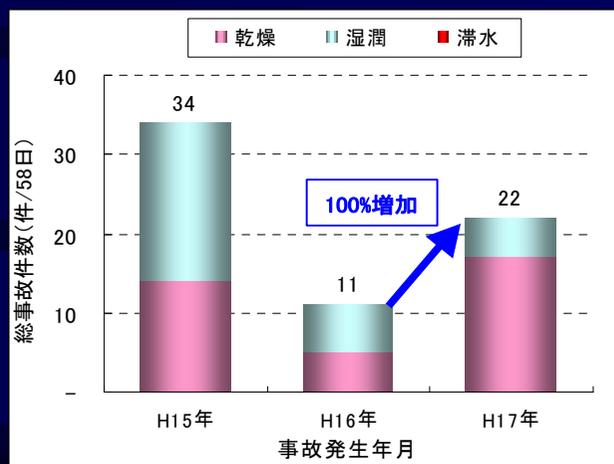
実験結果① 事故件数の減少

参宮橋カーブを含む4号新宿線の事故発生状況

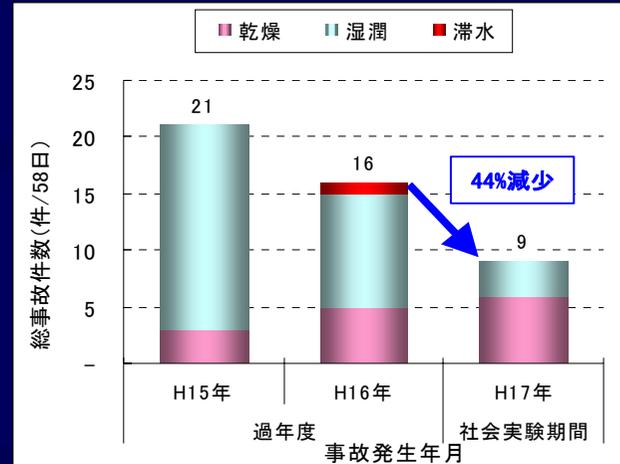
4号上り全線(13.5km)



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

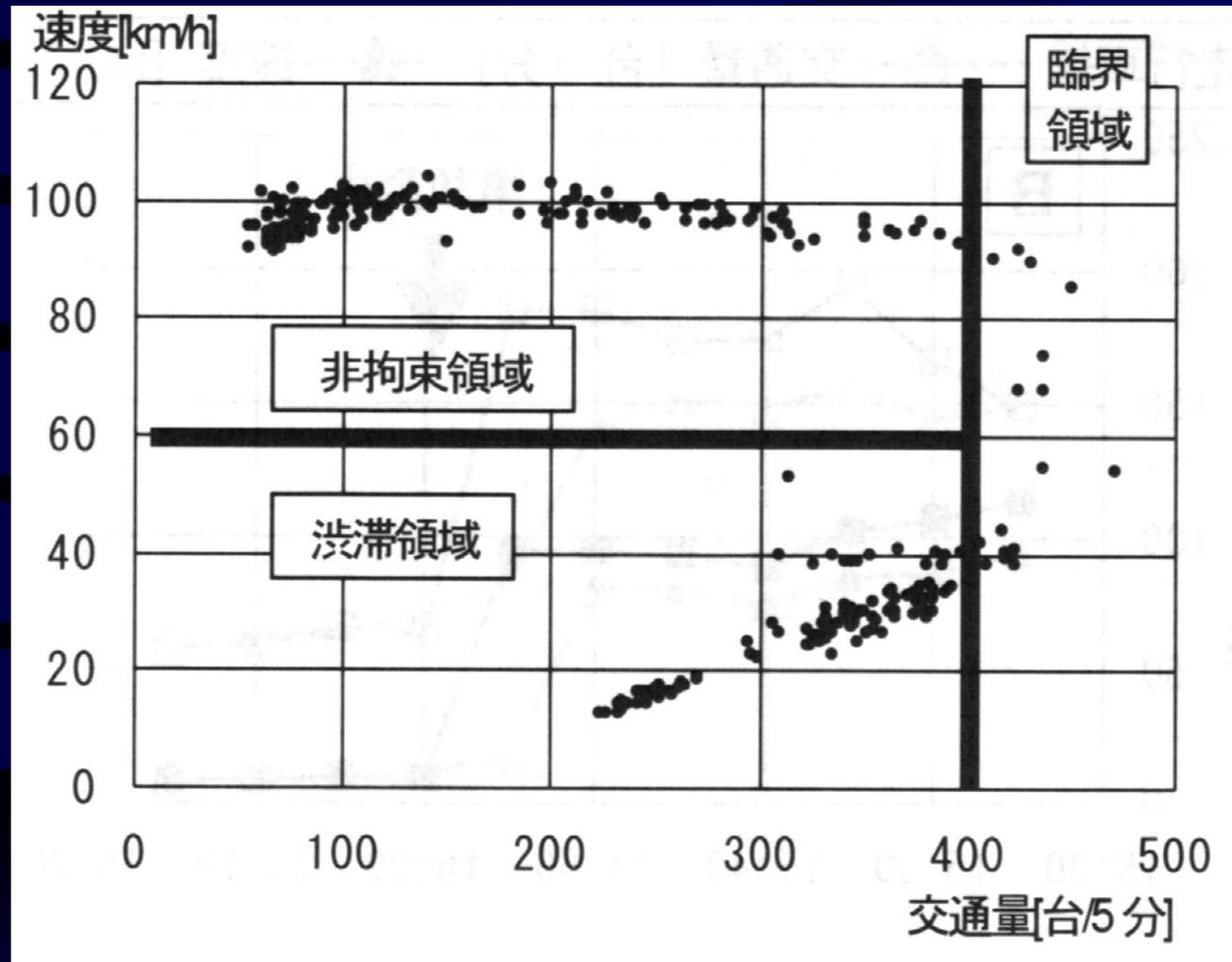
サービス導入前／後のセンサーデータによる車両挙動の比較

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



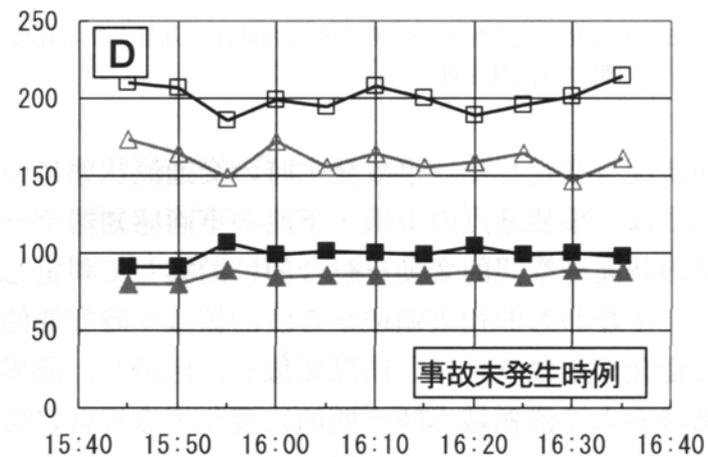
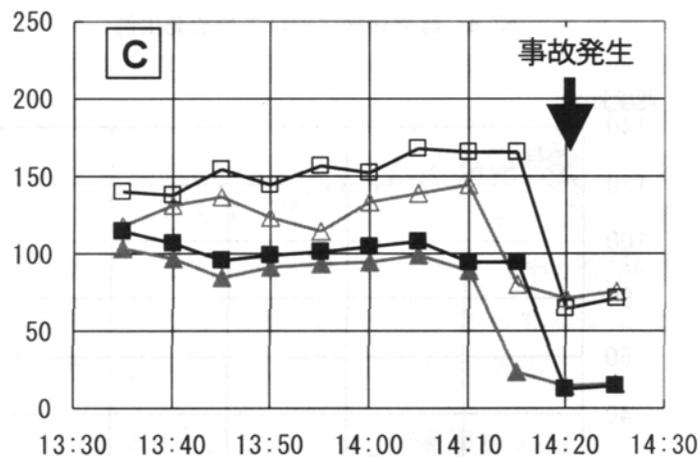
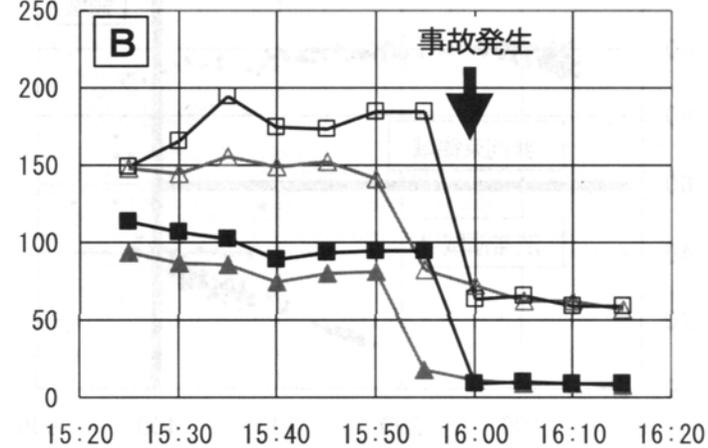
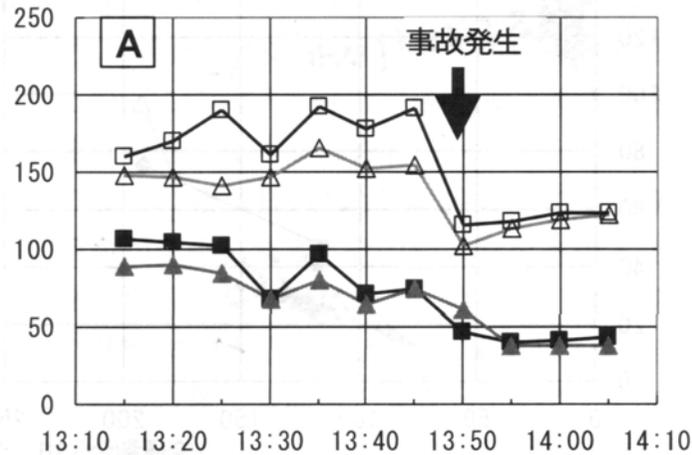
東名高速道路
綾瀬バス停付近

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

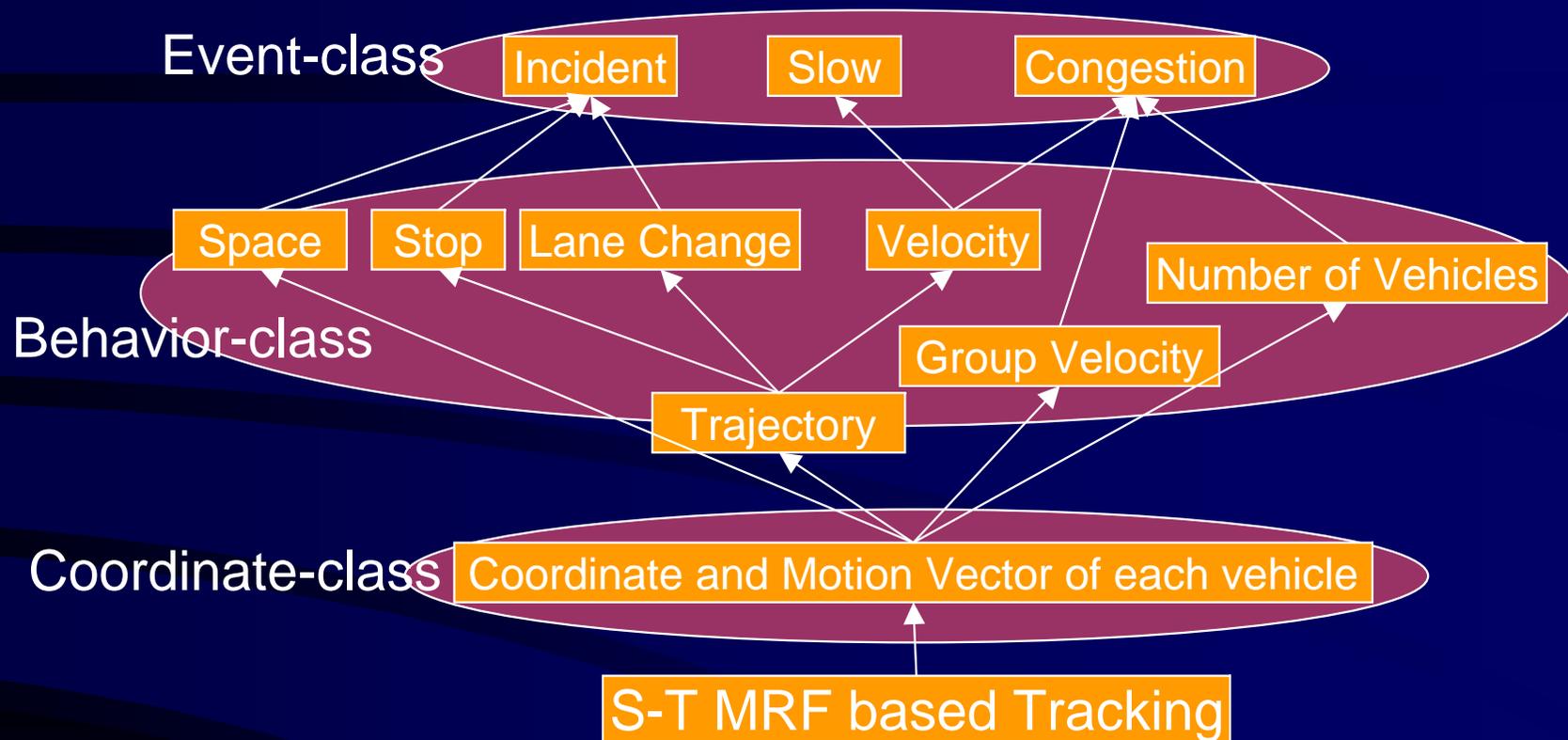
- 利用者への影響度を考慮した事故多発区間の選定
- 事故件数に加え、事故渋滞の累積渋滞長を指標化
- 渋滞末尾情報版による注意喚起
- カーブ区間等の施設接触への安全対策
カーブ警戒ゼブラ板、段差舗装、高機能(排水性)舗装
- 合流のチャネリゼーション変更(しかし、渋滞助長が懸念)
- 雨天時の安全な対策として、排水性(高機能)舗装
- トンネル内の安全対策
視認性向上のためプロビーム照明、内面の高輝度白色塗装
異常事象検出システムによる早期検知(千代田、新宿線トンネル)
- 料金所安全対策のためのETCレーン最適配置

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

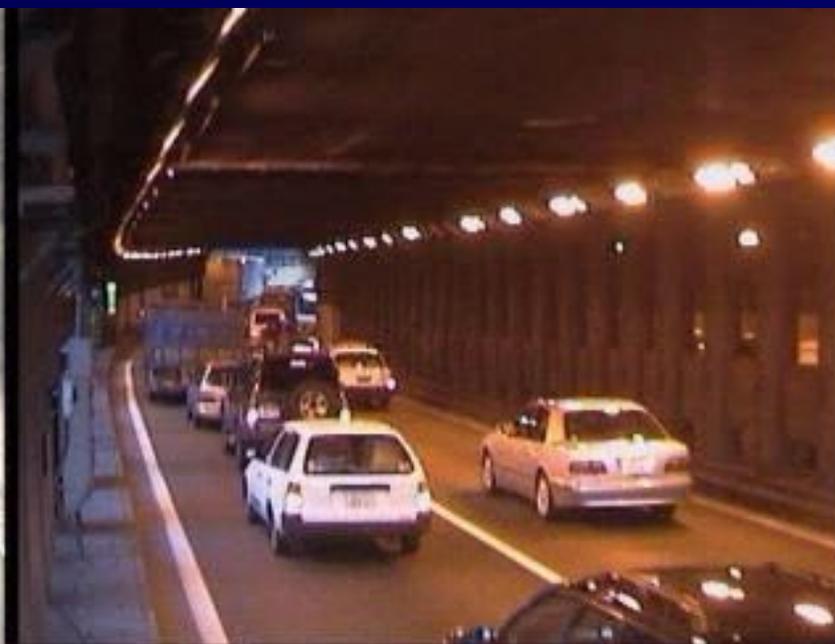


- 各車両の詳細な軌跡を取得
- 渋滞中でも停車車両と避走(車線変更)を検知



事故

トンネル入り口



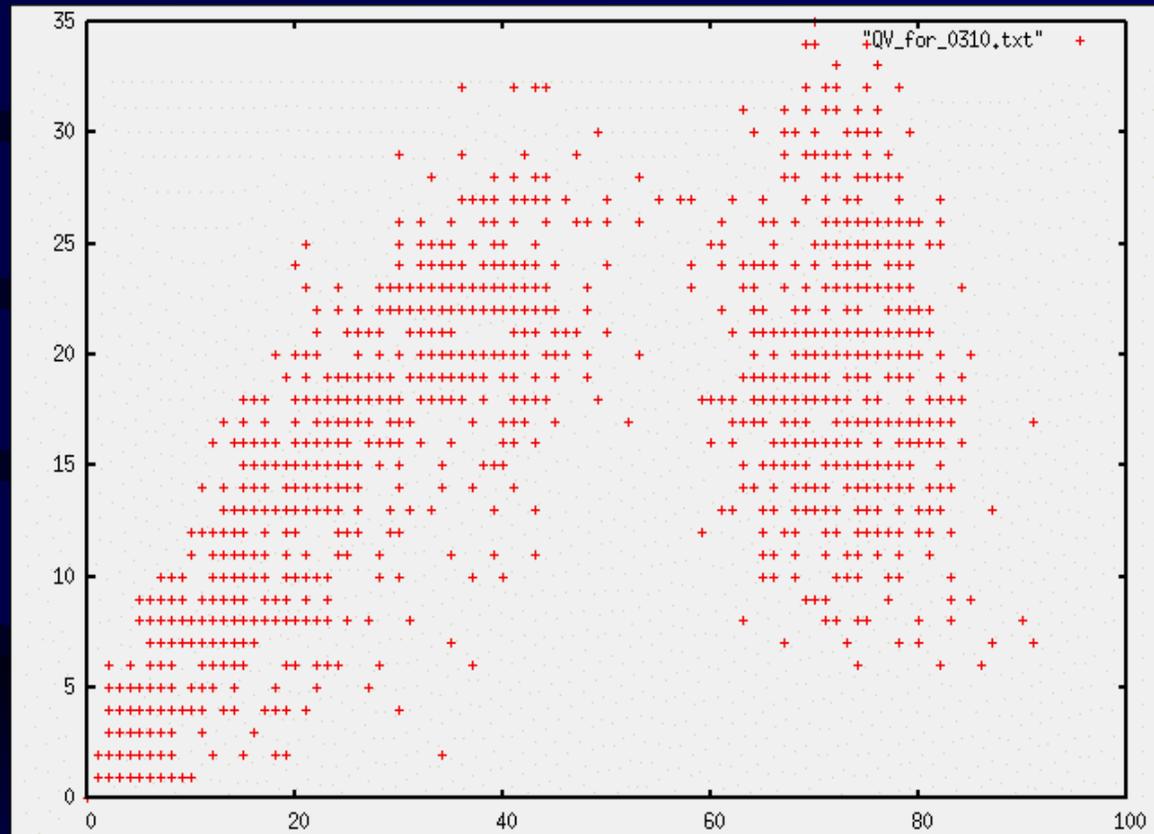
トンネル内部

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

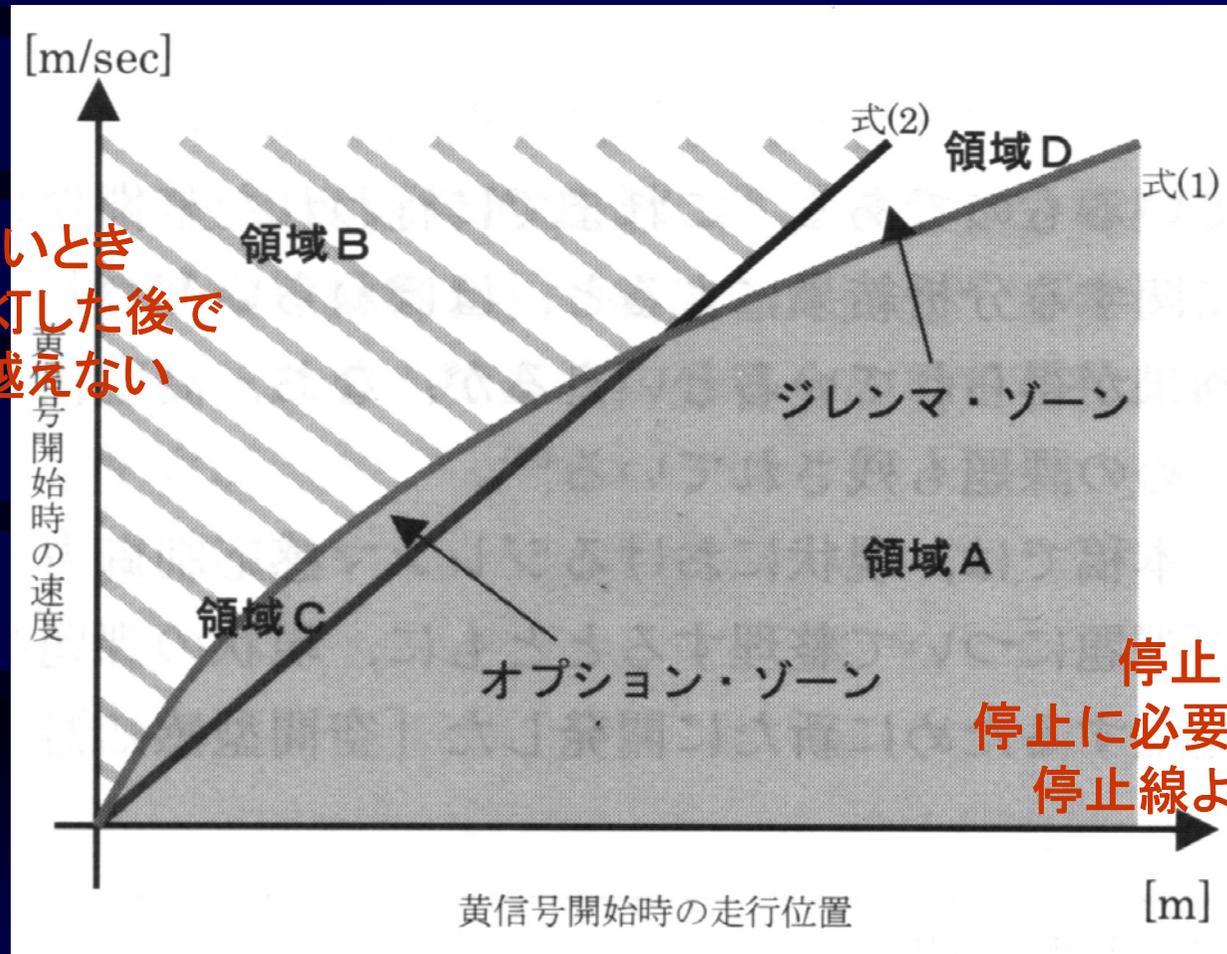
領域A: 通常挙動で停止可能

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

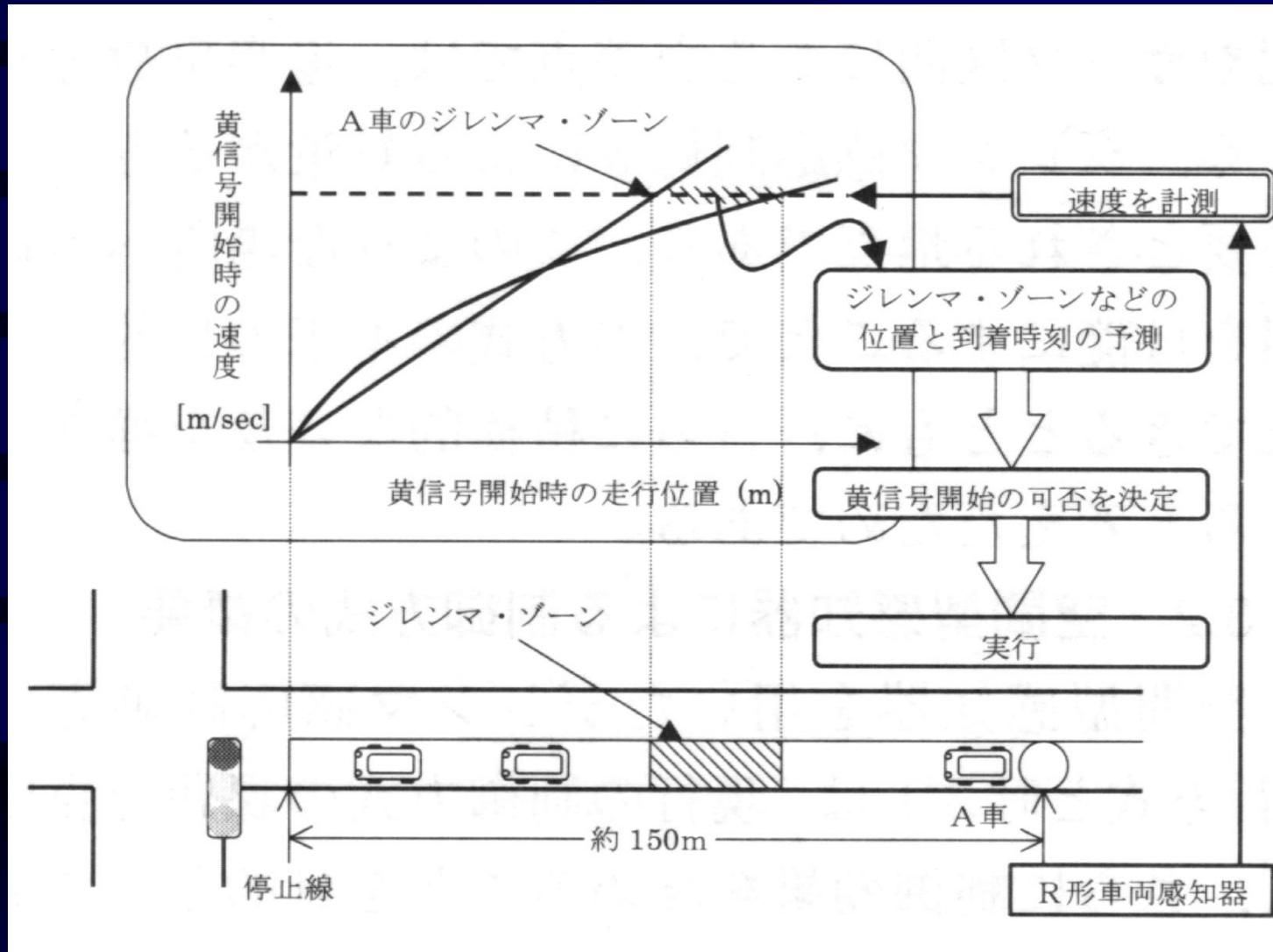


停止したいとき
停止に必要な距離の分だけ
停止線より上流を走行

- 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

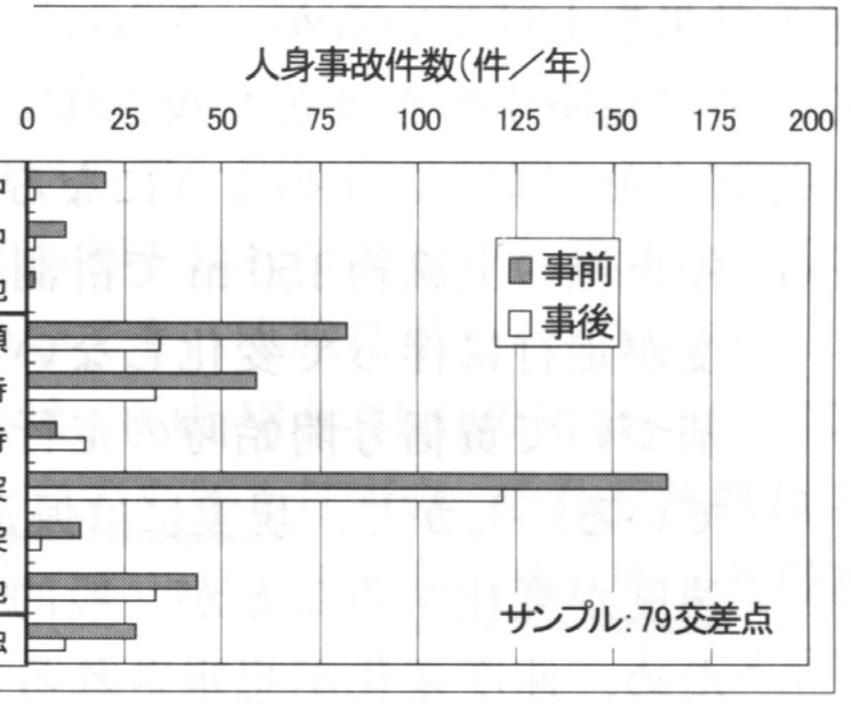
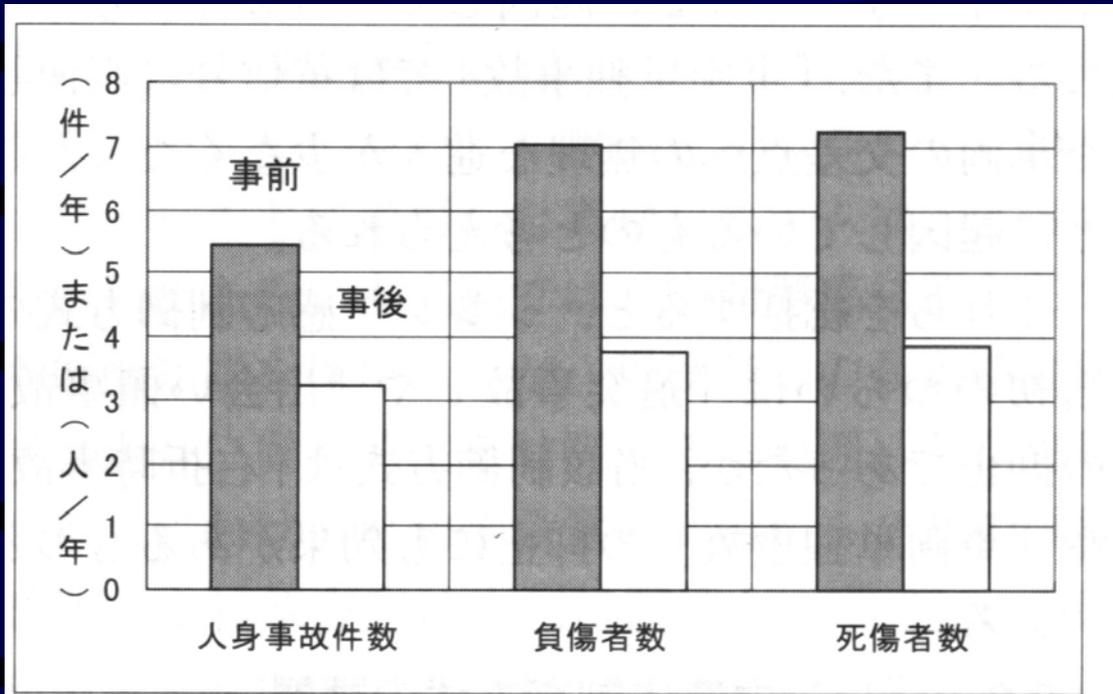
ジレンマ感応制御

地点型感知器による制御



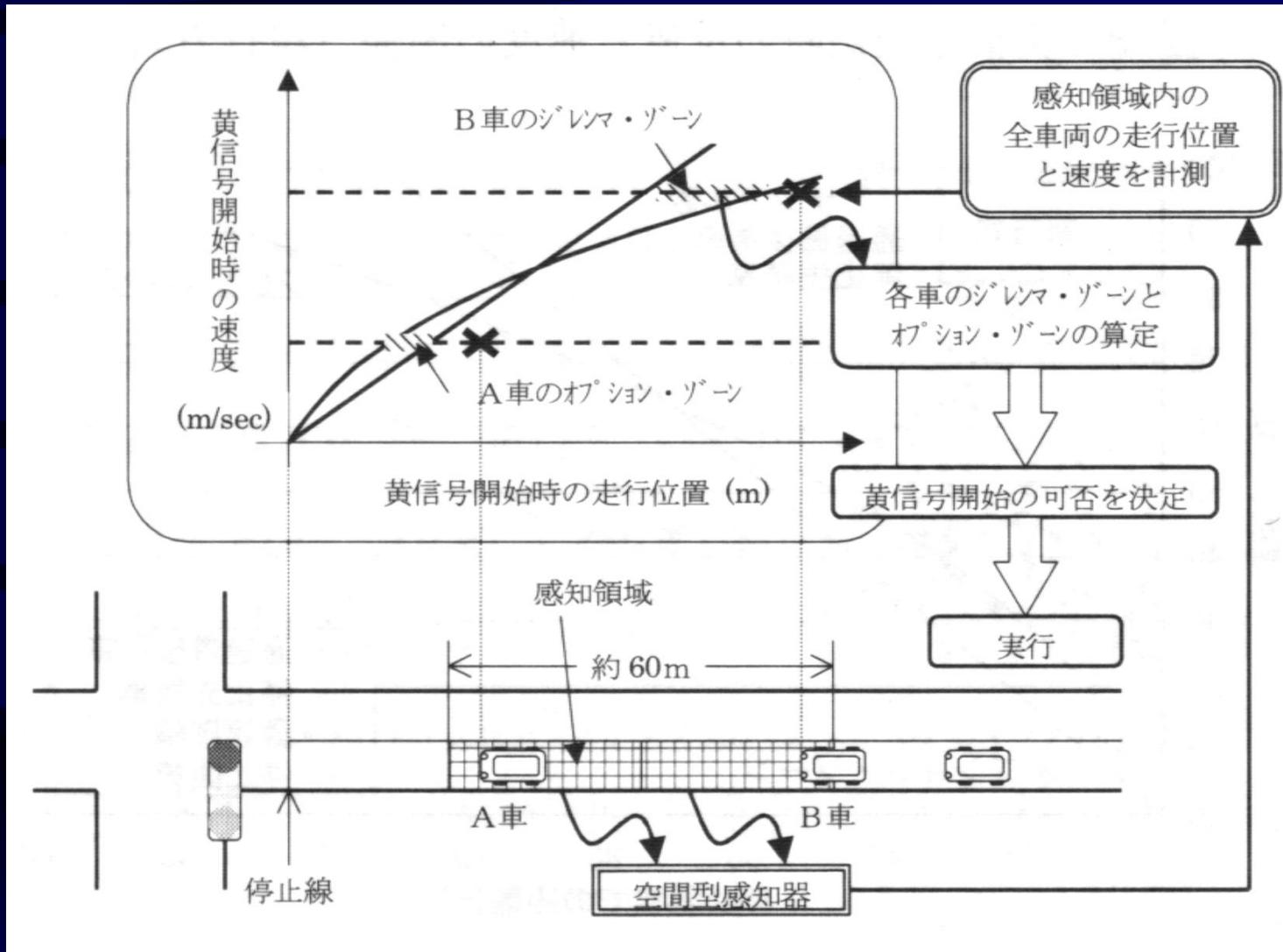
- 局所型感知器(超音波)で感知、計測した速度に基づき、ジレンマゾーンに車両が存在するか否かを判定 (等速で通過を仮定)
- 存在する場合は、黄信号にせずに青信号を継続

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

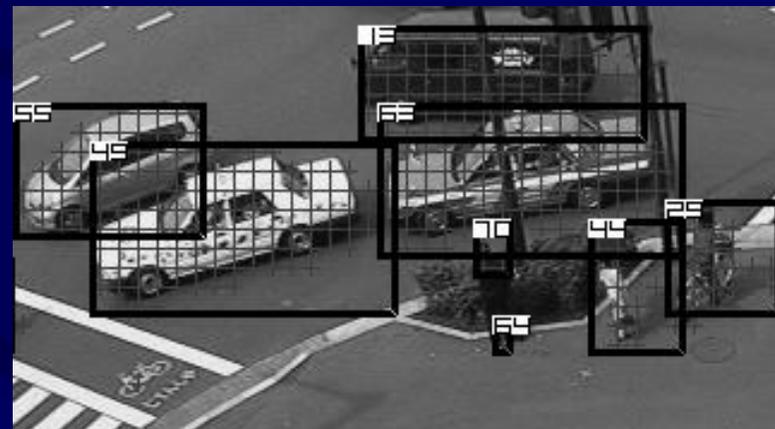
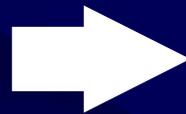
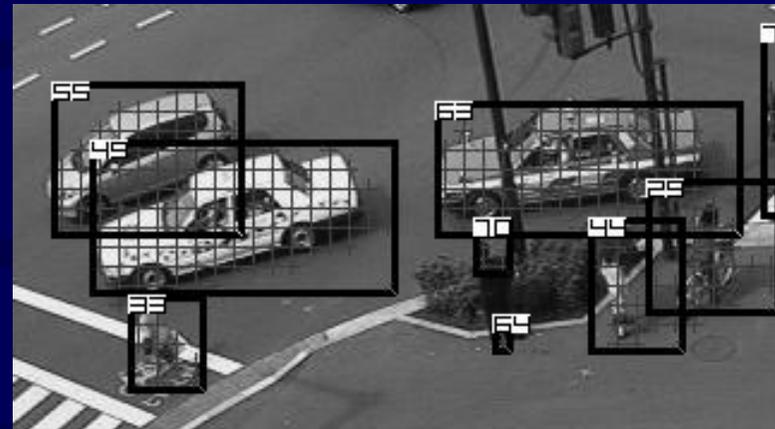
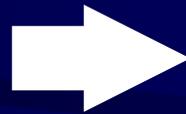
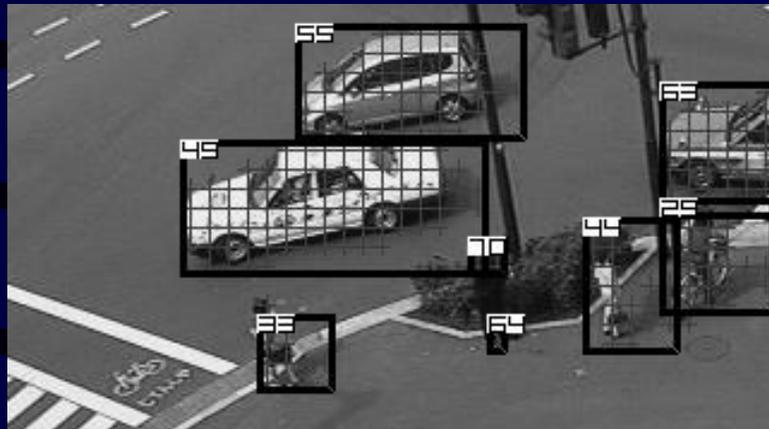
- 歩車完全分離式、歩車一部分離式（従道路のみ分離）
- 長所： 歩行者と車両の接触危険性が無くなる
- 長所： 右左折車両が歩行者に妨害されることによる滞留が無くなる
- 短所： 信号切り替えによるロスが発生
- 短所： 車両に割りあてられる青時間が減るため渋滞発生、事故誘発

◆ 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

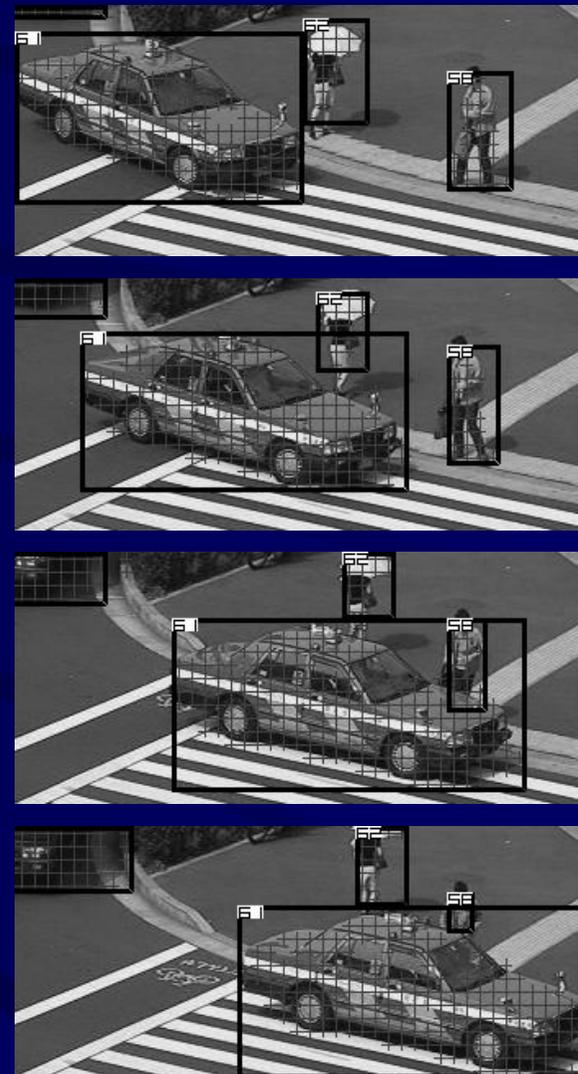
Simultaneous Tracking of Pedestrians and Vehicles

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