

# 自動車の予防安全システムの評価

ー ドライビングシミュレータを用いた評価について ー

自動車安全研究領域

廣瀬 敏也



独立行政法人 交通安全環境研究所

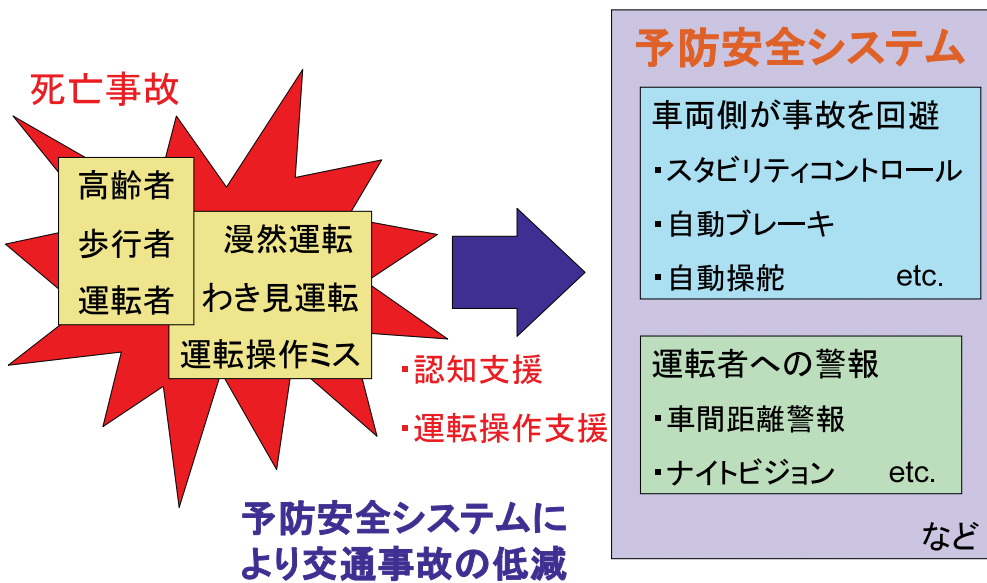
## 概要

- 予防安全システムの効果評価
- ドライビングシミュレータ (DS: Driving Simulator)
- 並進機構付き先進型DS
- 急制動時における倍力装置 (ブレーキアシスト) に係る基準策定のための調査
  - ・ドライバの緊急ブレーキ特性の調査
  - ・緊急時以外にブレーキアシストが作動する頻度の調査
- DSによる今後の研究課題



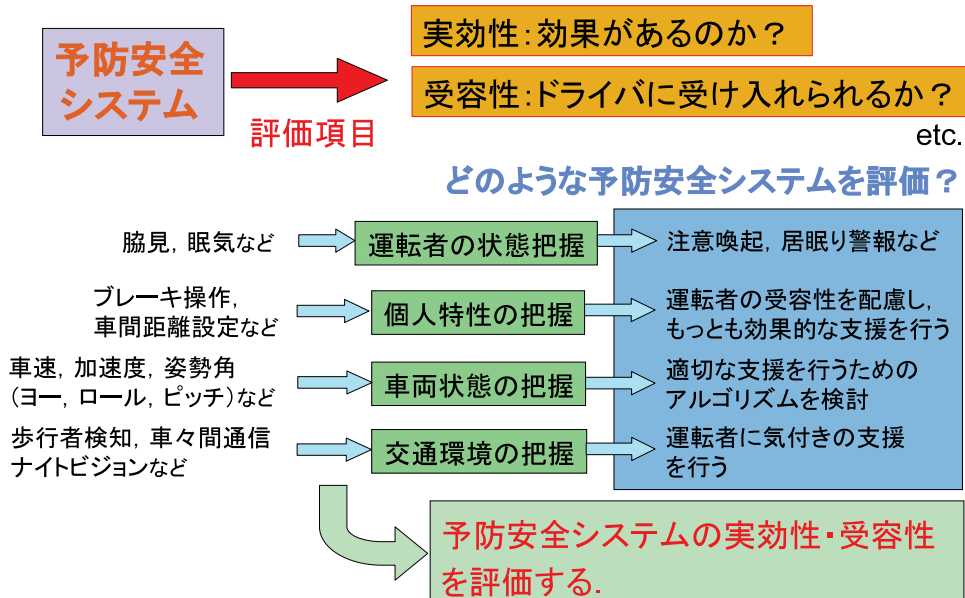
独立行政法人 交通安全環境研究所

## 予防安全システム



NTSEL 独立行政法人 交通安全環境研究所

## 予防安全システムの効果評価



NTSEL 独立行政法人 交通安全環境研究所

## 予防安全システムの効果評価

テストコースにおける予防安全システムの効果評価

危険な場面における効果評価を実施することは、安全性を担保することが難しい。



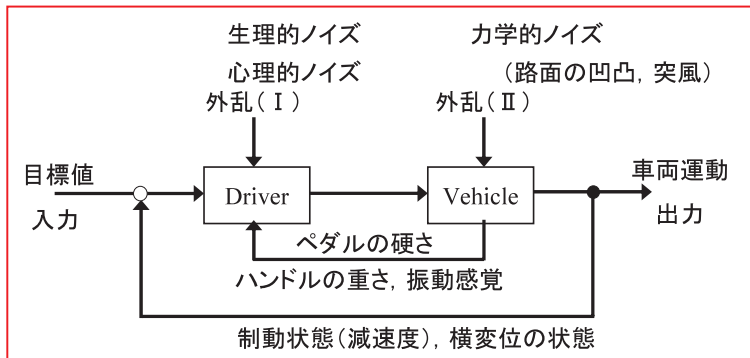
安全性を担保しつつ、どのように効果評価を実施するか？

ドライビングシミュレータ(DS)は、室内で運転状況を再現でき、一般の被験者を集めて通常運転、急ぎ運転、緊急事態に至るまでの実験を容易にかつ安全に実施することができる。したがって、予防安全システムの有効性および効果の検証に最適な装置である。



独立行政法人 交通安全環境研究所

## 予防安全システムの評価のためのドライビングシミュレータ



ドライバは、車両から減速度、横変位などの情報をフィードバックして車両をコントロールしているので、実走行環境を模擬しないとドライバの操作に影響を及ぼす。

実走行環境の車両運動を模擬し、ドライバに提示できるドライビングシミュレータ



独立行政法人 交通安全環境研究所

## 予防安全システムの評価のためのドライビングシミュレータ

### 予防安全システムのグレード

通常走行時における支援

危険な場面における警報

緊急時における支援

予防安全システムの実効性および受容性を評価するためのドライビングシミュレータに求められる要件

- ・通常時から緊急時に至るまでの車両運動を模擬し、ドライバーに提示しなければならない。
- ・緊急時を対象とした大きな減速度を発生する状況を模擬する必要がある。

緊急時の運転状況を模擬できるドライビングシミュレータ

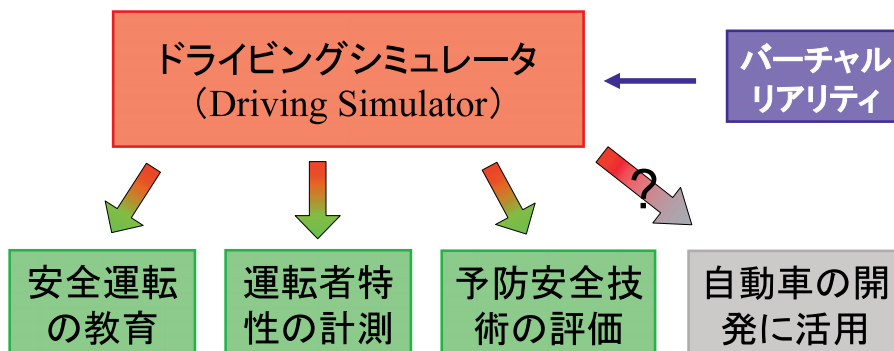


独立行政法人 交通安全環境研究所

## ドライビングシミュレータ (Driving Simulator)

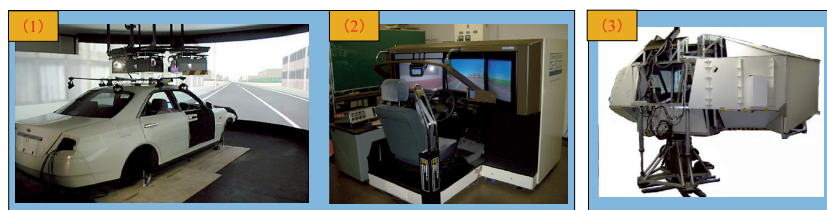
1930年代に航空機のパイロット養成用として開発される。

自動車用のシミュレータは、研究目的の実験設備として着目される。(1980年代)



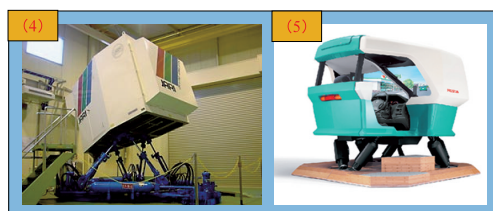
独立行政法人 交通安全環境研究所

## ドライビングシミュレータ(DS)(1)



定置型DS

傾斜型DS



6軸モーション装置付きDS

- (1), (4) 日本自動車研究所 <http://www.jari.or.jp> より
- (2) 独立行政法人 交通安全環境研究所
- (3) 芝浦工業大学
- (5) 本田技研工業株式会社 <http://www.honda.co.jp> より



独立行政法人 交通安全環境研究所

## ドライビングシミュレータ(DS)(2)

### 並進機構方式DS

- ・リニアモータなどにより並進台の上を移動させる構造
- ・動揺装置や運転席の回転機構などを組み合わせる
- ・大きい加減速度を提示することが可能



並進機構方式DS(NADS)

(NADS at the University of Iowa <http://www.nads-sc.uiowa.edu> より)

並進装置は、傾斜による加減速度の提示ではないので、実走行環境下にて発生する加減速度と同様に提示することができる。



独立行政法人 交通安全環境研究所

## 並進機構付き先進型DS -メリット-

### これまでの安全システムの評価

- ・テストコースにおいて限られた被験者によって実施
- ・センサーシステム装着など試験用車両が高コスト化
- ・安全デバイスの設定値を変更不可  
ex. ブレーキアシストの作動タイミング

### DSによる安全システムの評価

- ・通常時から緊急時までの運転状態をシミュレーション可能
- ・プログラム変更により安全システムをDS上に構築可能
- ・多くの被験者のまとまった運転操作データを取得できる
- ・同一の運転場面が再現可能(計画的にデータ計測が可能)
- ・安全性の観点から実走行では、難しい運転場面が再現可能



独立行政法人 交通安全環境研究所

## 緊急時運転操作を模擬できる ドライビングシミュレータの主要な設計目標

### 緊急時運転の模擬

- (1) 高い運動再現性能
- (2) 走行環境模擬性能の確保

#### ・運動感覚

最大加速度: 短時間**6.0m/s<sup>2</sup>**, 連続**5.0m/s<sup>2</sup>**

加速度の立上り速度(ジャーク): **10.0m/s<sup>3</sup>**

応答周波数: 5Hz

#### ・視覚

視点-スクリーン間距離: 2.5m

視野角: 210° 以上

映像更新レート: 60Hz

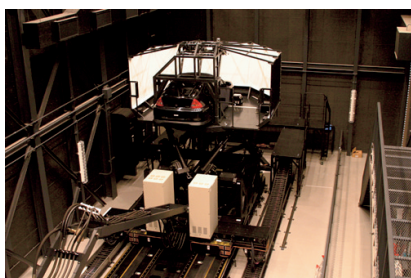
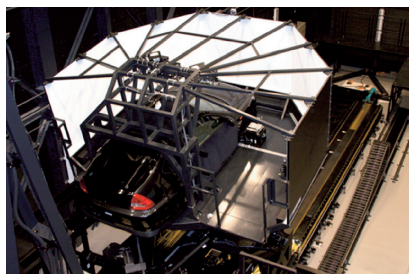
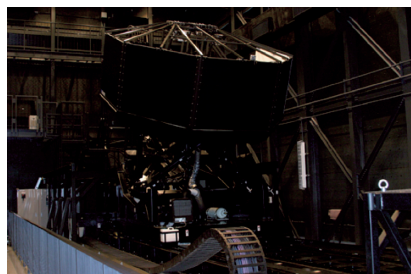
これまでの並進機構を有さないDSでは、緊急時運転操作等の高い減速度を発生させることができなかった。


### 並進機構付きドライビングシミュレータ(DS)



独立行政法人 交通安全環境研究所

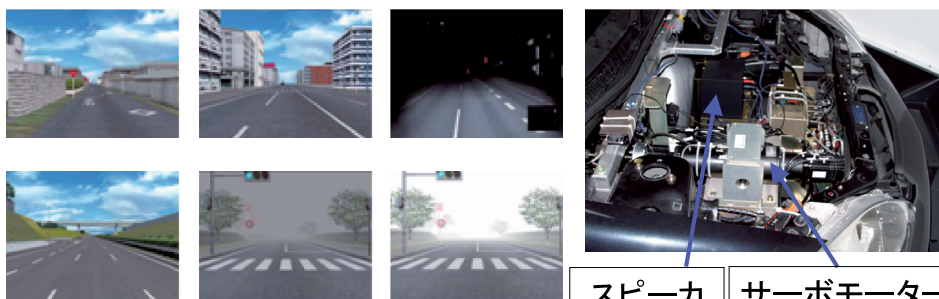
## 並進機構付き先進型ドライビングシミュレータ




 独立行政法人 交通安全環境研究所

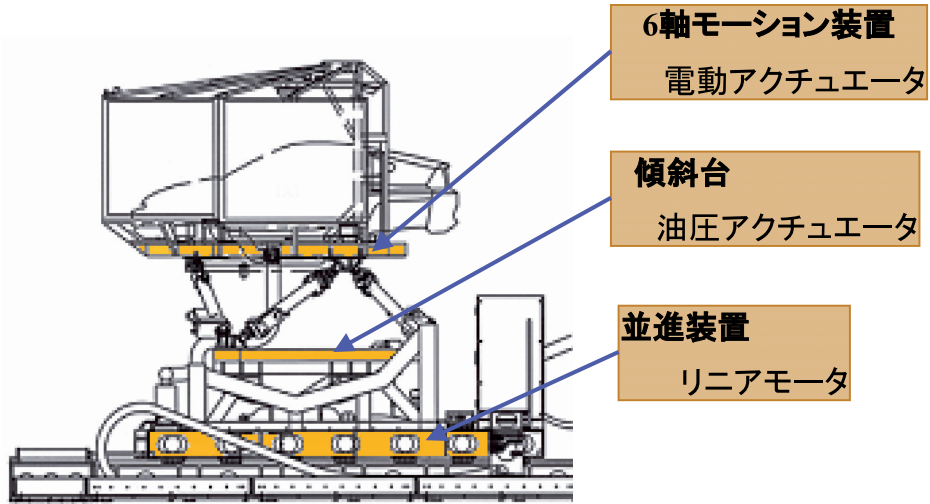
## DSによる運転状態の模擬

- **視覚** : 運転時の風景 (スクリーン・プロジェクタ画面)
- **運動感覚** : 加速度 (モーション装置)
- **聴覚** : 運転状況音 (スピーカ再生)
- **力覚** : ハンドル力・ブレーキ力 (サーボモーター)・振動



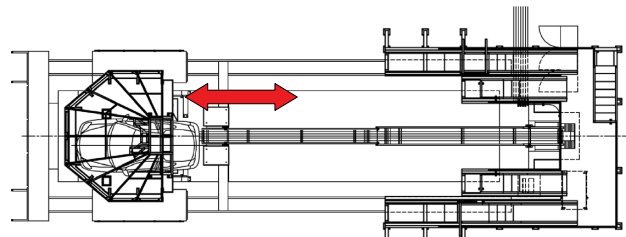
 独立行政法人 交通安全環境研究所

## 並進機構付き先進型DS — モーション装置 —

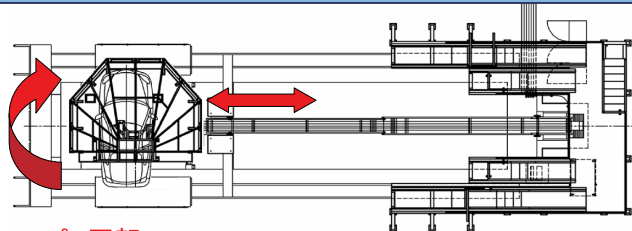


NTSEL 独立行政法人 交通安全環境研究所

## 並進機構付き先進型DS -加速度の模擬(1)-



前後方向に移動(前後加速度の再現)



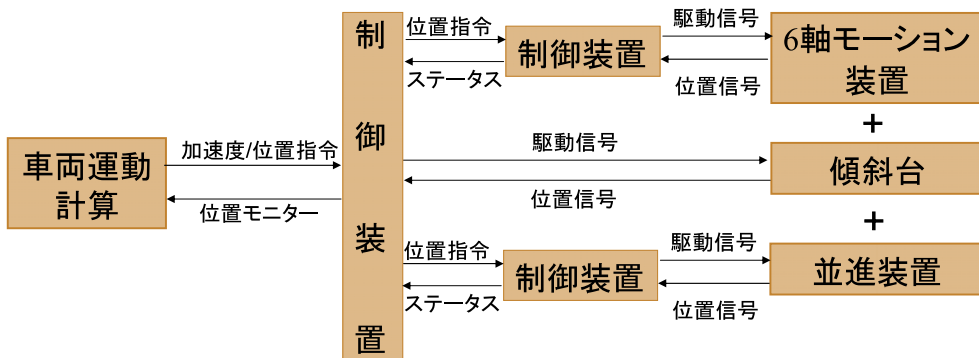
90° 回転

横方向に移動(横加速度の再現)

NTSEL 独立行政法人 交通安全環境研究所



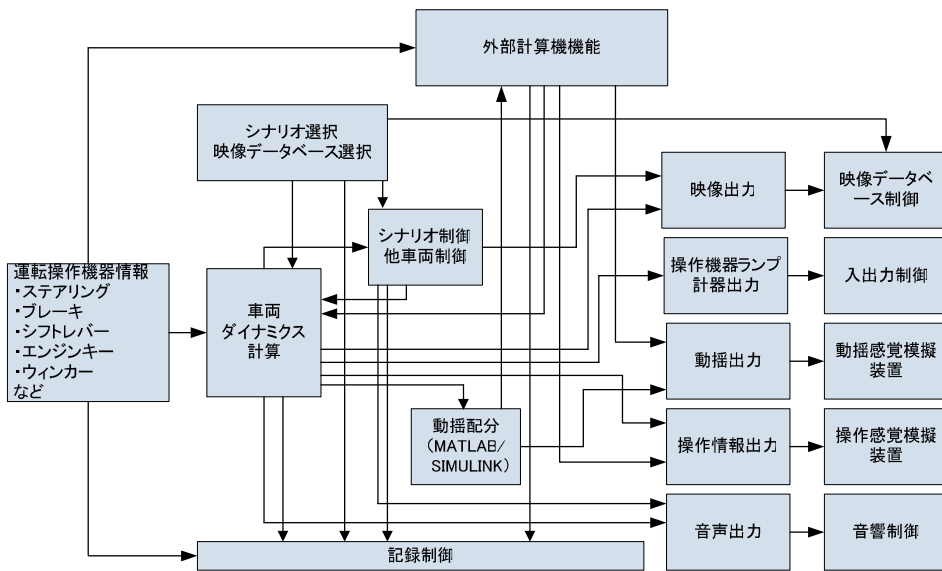
## 並進機構付き先進型DS - 加速度の模擬(2) -



並進装置のみでは、ストローク(8m)に限りがあるので定常的に加減速度を得ることは困難である。

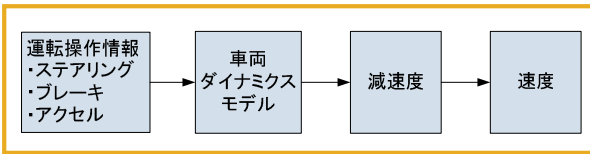
6軸モーション装置, 傾斜台, 並進装置を組み合わせることで実走行環境を模擬できる加減速度を得る。

## 並進機構付き先進型DSのシステムブロックと主要信号の流れ

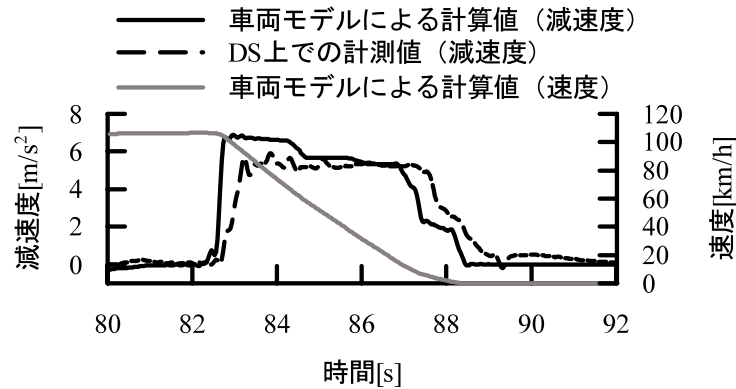
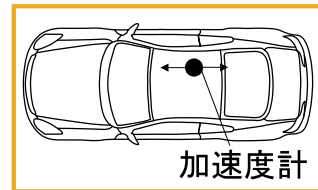


## 並進機構付き先進型DS — 緊急制動の模擬 —

### 車両モデルによる計算値



### DS上での計測値



## DSによる予防安全システムの効果評価

ドライビングシミュレータを用いることで各種安全システムの評価を計画的・低コストで実施可能

### 予防安全システム

- ・警報提示システム
- ・アダプティブ・クルーズ・コントロール
- ・**ブレーキアシストシステム**
- ・追突防止システム
- ・スタビリティコントロール

通常走行時に作動するシステムから緊急時に作動するシステムまで効果評価が可能

DS上に各種予防安全システムを構築し、効果評価を実施

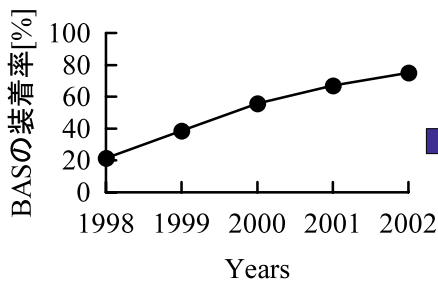
実効性のある予防安全システムの構築

## 急制動時における倍力装置(ブレーキアシスト)に係る基準策定のための調査

緊急時に必要な踏力でブレーキを踏込めないドライバは、ブレーキの性能を十分に発揮できない。



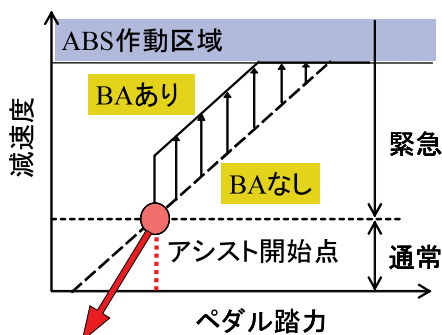
急ブレーキ時に車両側が自動的にブレーキ力を増加させるブレーキアシストシステム(BAS)がある。



日本では、1997年からBASを生産し始め、5年間の間にその装着率は既に販売される乗用車全体の75%に達している。

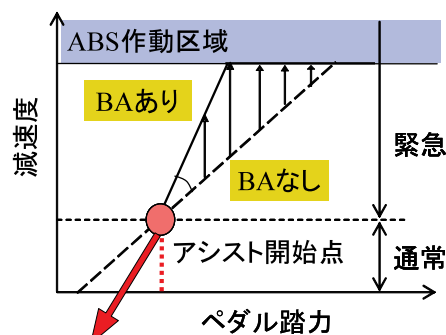
## ブレーキアシストシステム(BAS)の種類

踏込み速度検知型BAS



アシストを開始する踏込み速度 [mm/s]

踏力検知型BAS



アシストを開始するペダル踏力 [N]

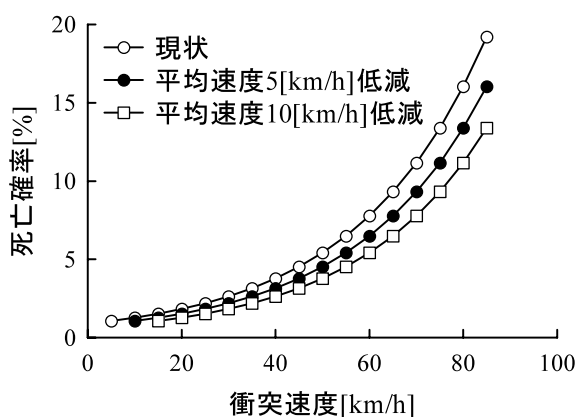
## 歩行者との衝突事故における 衝突速度低減の効果

ブレーキアシストの作動



衝突速度の低減

効果



	死亡者数の 推定値	救命効果
現状	878.0人	-
平均速度 5km/h低減	721.9人	17.8 %
平均速度 10km/h低減	591.6人	32.6 %

(自動車安全シンポジウム(第2回)平成13年6月より)



独立行政法人 交通安全環境研究所

## BASのアシスト開始点の設定

### BASのアシスト開始に関する性能要件

- 効果のあるBASは、2つの性能要件を備える必要がある
  - ドライバーの緊急ブレーキ操作により作動できること  
(BASの作動のしやすさ)
  - 緊急時以外の場合にBASの不要作動を少なくする  
(受容性の向上)

### 調査目的

- ドライバーの緊急ブレーキ特性の把握
- 緊急時以外においてBASが作動する頻度



独立行政法人 交通安全環境研究所

## 調査内容

### (1) 緊急ブレーキ実験によるドライバ特性の調査

緊急時におけるドライバの踏み込み速度、ブレーキ踏力、ブレーキペダルストロークはどのくらいか？

### (2) ドライビングシミュレータによるBASの評価

BASの作動タイミングを変更した場合、緊急時以外においてどのくらい作動するか？

項目	検討課題	検証方法
(1) ドライバ特性	BASのアシスト開始点が緊急時のドライバのブレーキ特性に適合するか	ドライビングシミュレータによる緊急ブレーキ実験
(2) BASの評価	緊急時以外においてBASが作動する頻度	ドライビングシミュレータによる追従走行実験

## ドライビングシミュレータのチューニング



(a) 前方左側から模型車両の飛び出し

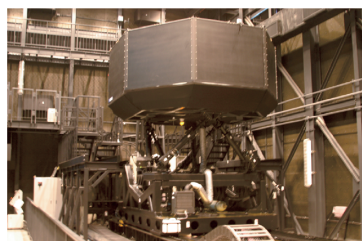


(b) 運転者が飛び出し車両を認知



(c) 緊急ブレーキ

テストコースでのデータを反映



チューニング

ブレーキペダル反力  
操舵反力  
発生加速度 (X, Y, Z) など

## ドライバの緊急ブレーキ特性の調査



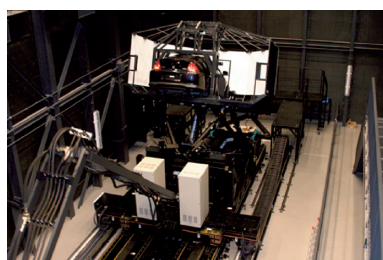
(a) 前方左側から車両の飛び出し



(b) 運転者が飛び出し車両を認知



(c) 緊急ブレーキ



緊急ブレーキ実験



解析

ブレーキ踏力  
踏み込み速度  
ブレーキペダルストローク  
前後加速度



BASのアシスト開始のタイミングを検討する資料



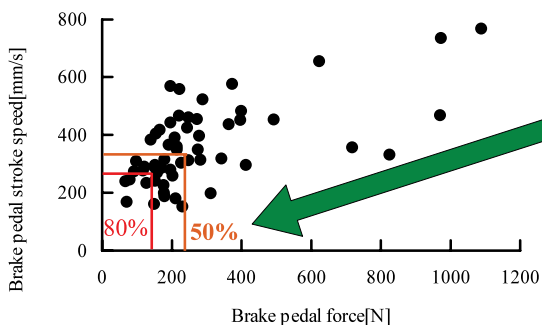
独立行政法人 交通安全環境研究所

## ドライバの緊急ブレーキ特性の調査(実験結果)

緊急ブレーキ試験

運転者の踏み込み速度および踏力はどのくらいか？

BASのアシスト開始条件(踏み込み速度と踏力)をどのくらいに設定すれば効果的か？



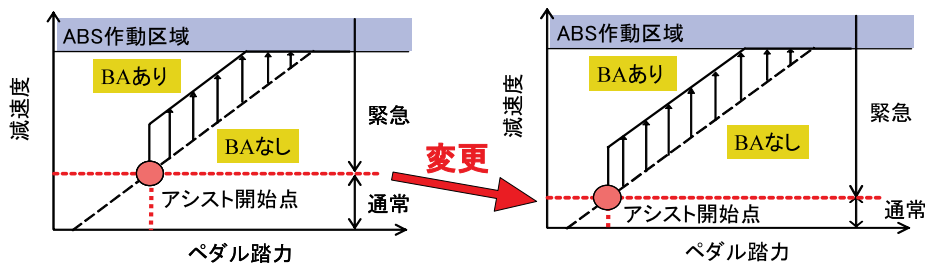
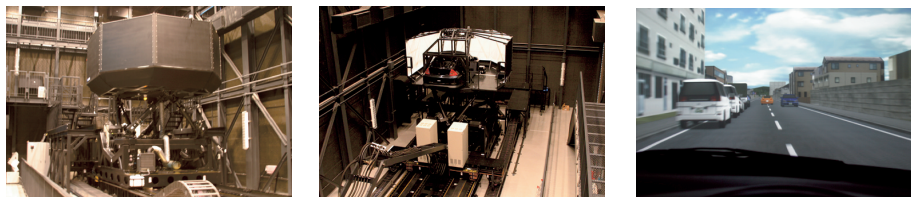
全運転者の50%(半分), 80%の人がBASのアシストを開始させることのできる設定値を検討する

運転者の踏み込み速度および踏力の関係により検討することが可能



独立行政法人 交通安全環境研究所

## 緊急時以外にBASが作動する頻度の調査



DSを用いることにより, BASの作動閾値を容易に**変更**可能

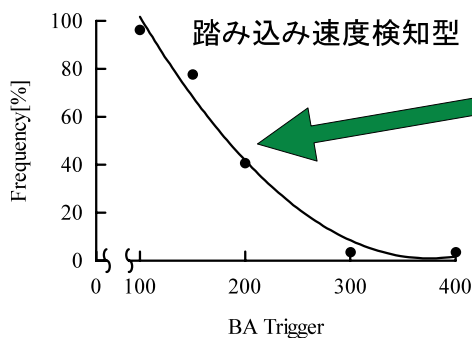
緊急時以外にBASが作動する頻度

## 緊急時以外にBASが作動する頻度の調査(実験結果)

DSによる走行試験

緊急時以外にBASが作動する頻度  
(不要作動)はどのくらいか?

BASのアシスト開始条件(踏込み速度と踏力)をどの  
くらいに設定すれば不要作動を起こさないか?



BASの作動閾値の変化  
により, 不要作動を起こ  
す頻度を検討する.

不要作動を起こす頻度より, BAS  
が不要作動を起こさないアシスト  
開始条件を検討することが可能

## ブレーキアシストシステムの 調査研究のアウトプット

国際基準にて提案されているBASの作動閾値

	作動させてはいけない	作動させなければならない
踏み込み速度検知型	XX [mm/s] 以下	YY [mm/s] 以上
踏力検知型	XX [N] 以下	YY [N] 以上



日本の運転者に対してどのくらい効果があるかを評価する

国際基準にて提案されているBAS作動閾値の効果を推定

	踏み込み速度検知型		踏力検知型	
	XX [mm/s]	YY [mm/s]	XX [N]	YY [N]
効果	〇〇 %	〇〇 %	〇〇 %	〇〇 %
緊急時以外に作動する頻度	〇〇 %	〇〇 %	〇〇 %	〇〇 %

アウトプットを国際基準  
へ情報の発信



独立行政法人 交通安全環境研究所

## DSによる今後の研究課題

- 運転者特性の計測**  
 運転者モデルの構築, 運転支援システムの設計に反映
- 運転支援システムの評価**  
 BA (Brake Assist) やESC (Electric Stability Control) の有効性および運転者に与える効果
- 交通事故発生過程の再現**  
 DSにより交通事故に至る状況を再現し, その時のドライバ挙動を測定することにより, 事故要因となるパラメータを分析
- DSの性能評価法の策定**  
 運転支援システムなどの効果評価を行うために各種DSの保持すべき基本性能を明示



独立行政法人 交通安全環境研究所