

講演 2

歩車間・車車間通信を活用した 自動走行システムのドライバ受容性に関する研究

主席研究員

児島 亨

歩車間・車車間通信を活用した 自動走行システムのドライバ受容性 に関する研究

自動車安全研究部 主席研究員 児島 亨

講演内容

1. 背景・目的
2. 実験方法
3. 実験結果
4. まとめ

1. 背景

- 自動走行システムによる交通事故の削減を更に進めるためには、自律型の先進安全技術の更なる高度化に加え、**通信と車両制御を融合させた協調型の自動走行システムの早期実用化が重要**
- 自動走行システムにおいては、市街地を走行する場合等、周囲に複数の歩行者や車両が存在する状況では、**危険対象となり得る歩行者や車両の精度良い検知がより重要**
- 一方で、危険対象の検知については、ある程度の**不確実性を伴う可能性**がある。

例: ドライバから見えない対象物との衝突リスクを低減するために速度を低下したが、目の前には現れなかった。

⇒ 自動走行システムによる危険回避策(速度低下)について、**ドライバ受容性の低下を招く可能性**

1. 目的

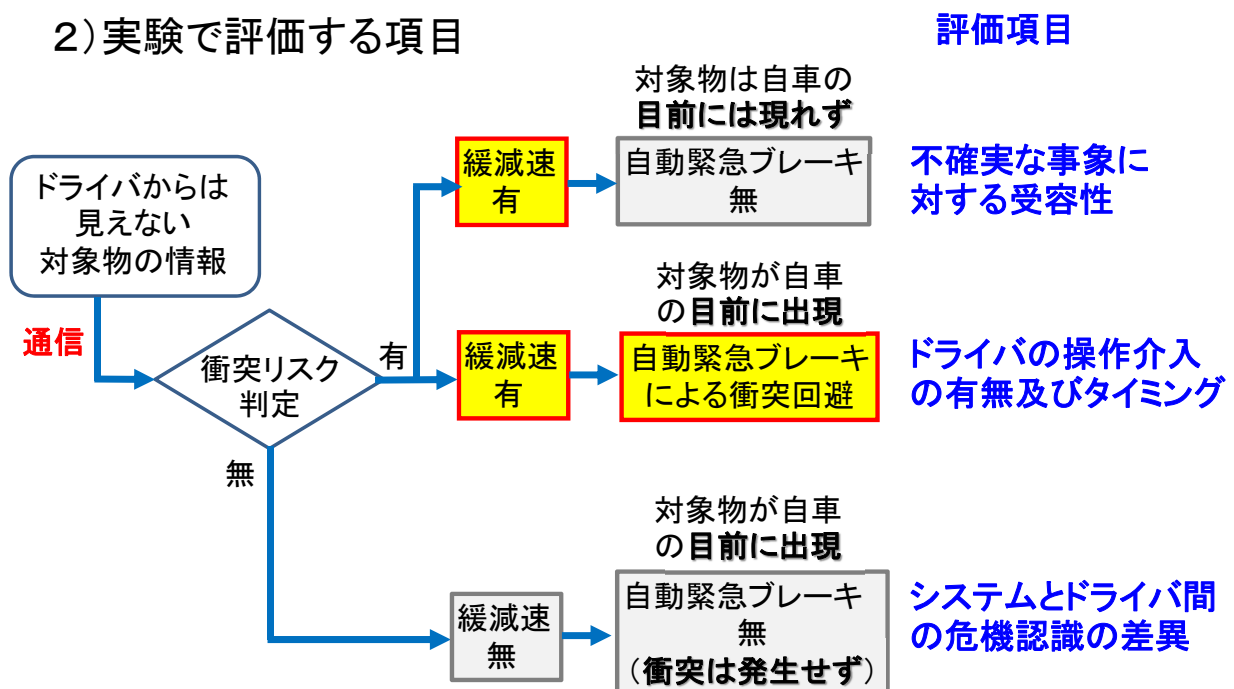
- 本研究では、歩車間・車車間通信を活用し、ドライバから見えない歩行者や車両の情報を取得し、速度を制御することによって衝突リスクを低減する自動走行システムをドライビングシミュレータ(DS)上で再現し、システムを使用中のドライバの行動から、主にシステムが実行する速度低下等に対する受容性への影響を明らかにする。
- 高齢者の傾向についても把握する。

2. 実験方法

1) 本研究で対象とする自動走行システム

- 市街地の自動走行が可能。
- ドライバの操作介入によるオーバーライドが可能。
- 通信によってドライバーから見えない歩行者や車両の情報を取得し、危険であると判定した場合には速度制御を実行。
 - a) 緩やかな減速による速度低下(緩減速)
 - b) 急制動による減速・停止(自動緊急ブレーキ)

2) 実験で評価する項目



3) 交通場面及び実験条件

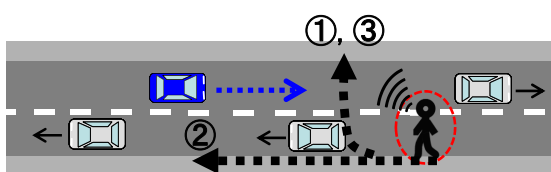
下記の2つの交通場面を基に、具体例を設定。

交通場面A: ドライバが**歩行者または車両との衝突の危険性を特段に警戒することは無い**と考えられる場面

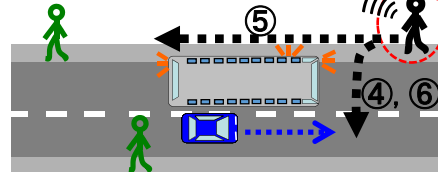
交通場面B: ドライバが**歩行者または車両との衝突の危険性をより警戒しやすい**と考えられる場面

情報取得する対象を**歩行者**とした実験場面

交通場面: A (特段に警戒しない)



交通場面: B (警戒しやすい)



◆ 実験番号①、④

システムが**緩減速により速度を低下**※した後、歩行者が自車の目前を横断、**自動緊急ブレーキにより衝突を回避**

◆ 実験番号②、⑤

システムが**緩減速により速度を低下**※するが、歩行者は自車の目前に現れない

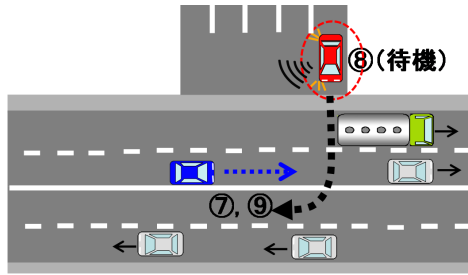
◆ 実験番号③、⑥

歩行者が自車の目前を横断するが、システムは**衝突のリスクは無いと判定**、緩減速も自動緊急ブレーキも行わない(衝突は発生せず)

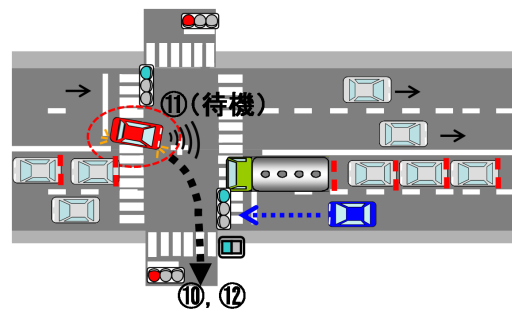
※緩減速を開始した時点ではドライバーは対象物を目視できない設定とした。

情報取得する対象を**車両**とした実験場面

交通場面: A (特段に警戒しない)



交通場面: B (警戒しやすい)



◆ 実験番号⑦、⑩

システムが**緩減速により速度を低下**※した後、他車両が自車の目前を通過、**自動緊急ブレーキにより衝突を回避**

◆ 実験番号⑧、⑪

システムが**緩減速により速度を低下**※するが、他車両は自車の目前に現れない

◆ 実験番号⑨、⑫

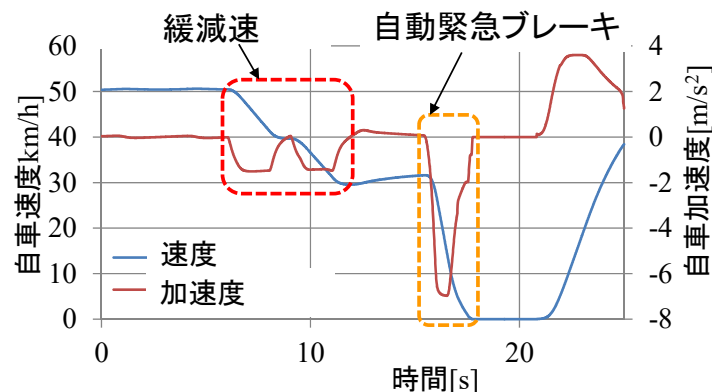
他車両が自車の目前を通過するが、システムは**衝突のリスクは無いと判定**、**緩減速も自動緊急ブレーキも行わない**(衝突は発生せず)

※緩減速を開始した時点ではドライバは対象物を目視できない設定とした。

4) 緩減速及び自動緊急ブレーキの仕様

緩減速: 50km/hから30km/hまで、段階的に速度を低下
(2秒間で10km/h減速)

自動緊急ブレーキ: 対象物に対しTTC(Time To Collision)
が2秒まで接近した時点で作動を開始。
最大減速度 約7m/s²



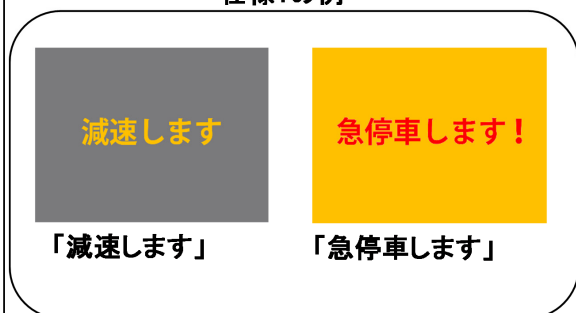
5) ドライバへの情報伝達

- ・ モニタ画面への表示及びスピーカからの音による情報伝達
- ・ 手動操作を促すことを目的とした情報伝達は対象外

<実験条件>

- ・ 情報伝達「無」
- ・ 仕様1: システムが実行する**行為を伝達**
- ・ 仕様2: システムが実行する**行為を、その背景も含めて伝達**

仕様1の例



仕様2の例

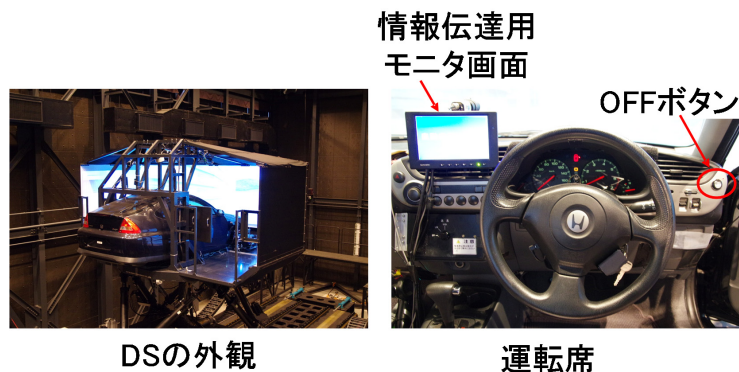


<ドライバへ情報伝達を行うタイミング>

- ・ **緩減速を開始する3.7秒前**※
- ・ **自動緊急ブレーキを開始する2秒前**※

※国土交通省「通信利用型運転支援システムのガイドライン」に記載されている情報提供反応時間及び警報反応時間を参考に設定。

6) 実験に使用したDS



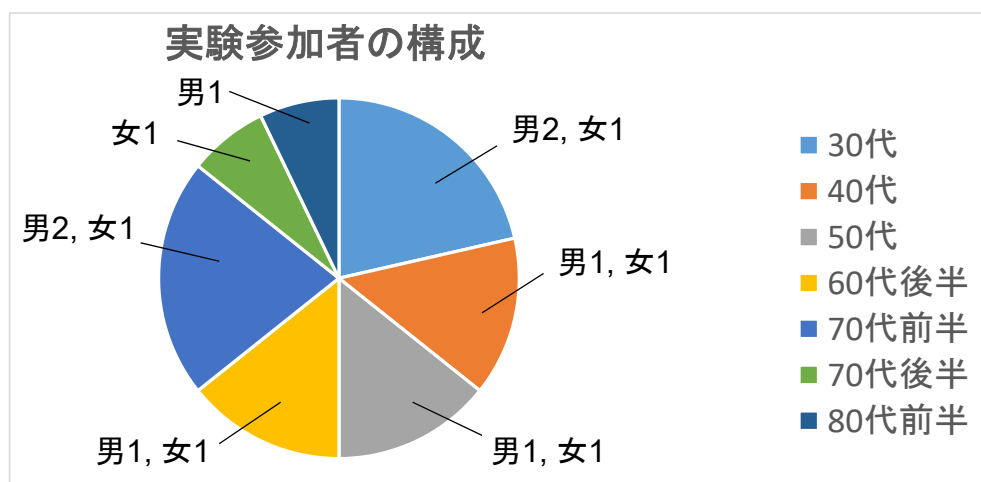
DSの外観

運転席

- 小型乗用車のクローズドボディを使用し、実車の運転環境を再現。
- 複数の動揺装置により、ドライバーは緩減速や自動緊急ブレーキの車両挙動をより現実に近い形で体感可能。
- ドライバーのOFFボタン操作により、自動走行中にシステムをOFFしたいとの意思表示を記録 (ボタン操作後も自動走行は継続)。
- 道路線形や車線変更の走行軌跡に合わせ、ハンドルを自動で転舵。

7) 実験参加者の構成及び手続き

- 日常的に運転する**非高齢の男女7名**及び**高齢の男女7名**で構成。



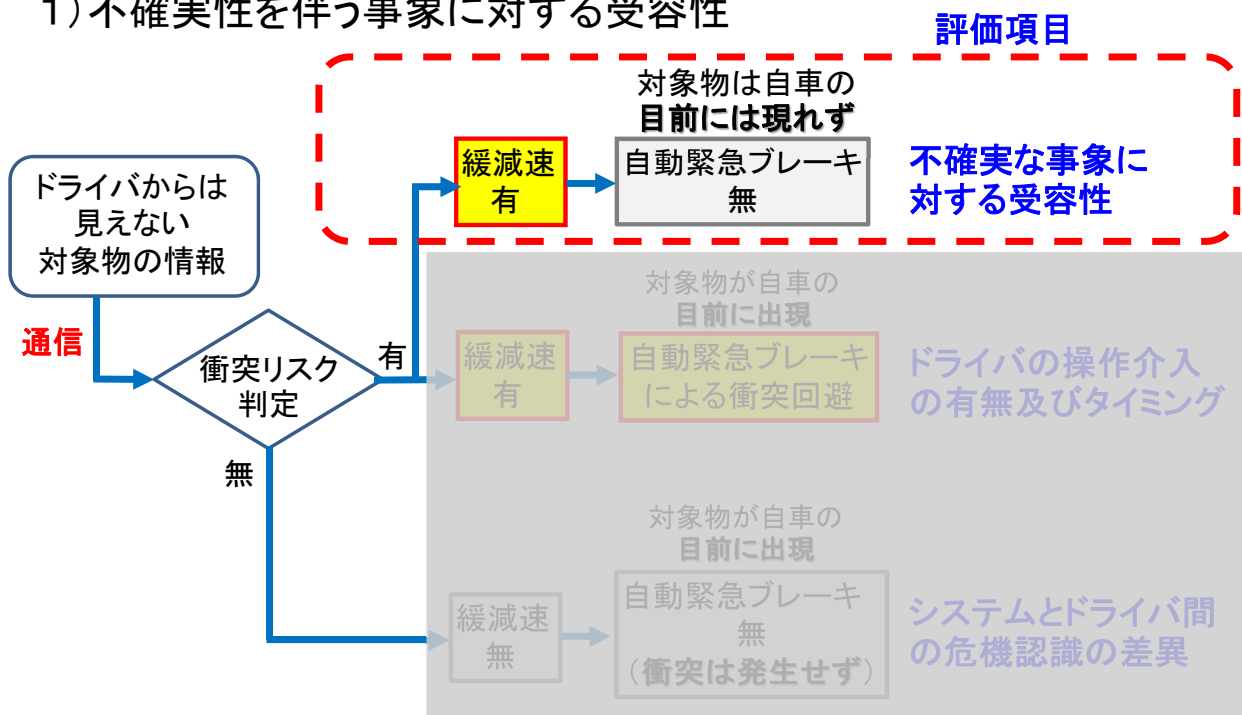
- 全員が**全ての実験に参加**(被験者内計画)。

<実験前の手続き>

- 当研究所の「人間を対象とする実験に関する倫理規程」に基づき、事前に実験内容について説明した上で、同意書への署名を実施。
- 通信による情報取得及び自動で減速・停止する機能を教示。
- 操作介入する意思を持った場合を除き、手動操作を行わない様、教示(ハンドルからは手を放した状態で使用)。
- システムをこれ以上使いたくないと思った場合には、OFFボタンを操作するよう教示。
- システムを使用中は前方の交通状況を目視するよう、教示。
- 練習走行を実施(危険事象は発生しない状況)。

3. 実験結果

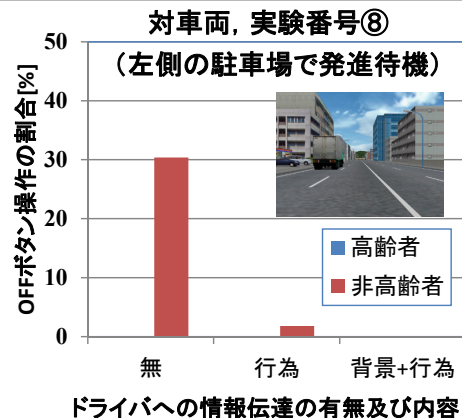
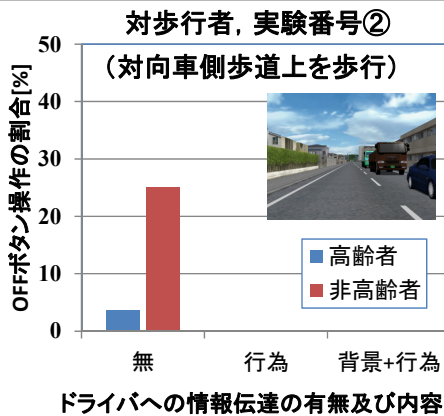
1) 不確実性を伴う事象に対する受容性



3. 実験結果

交通場面A (ドライバーが歩行者または車両との衝突の危険性を特段に警戒せず)

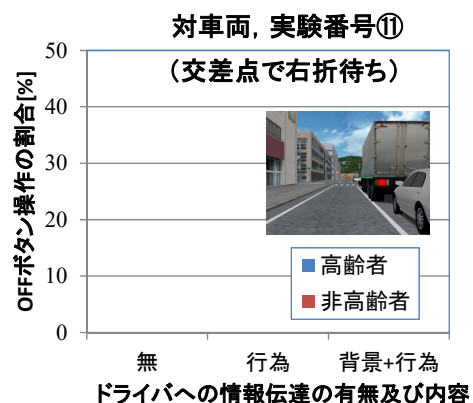
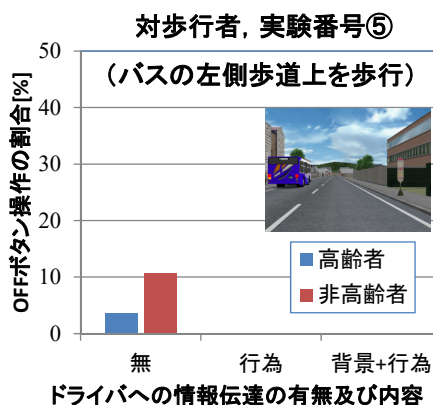
- **非高齢者**については、OFFボタンを操作する(速度低下を許容しない)ドライバーが一定の割合で存在。情報伝達を行うことでOFFボタン操作の割合は低下。(「無」に対し有意な差 ($p < 0.01$))
- **高齢者**については、OFFボタン操作の割合は低い。(「有」、「無」で有意な差は見られず ($p > 0.05$))



17

交通場面B (ドライバーが歩行者または車両との衝突の危険性をより警戒しやすい)

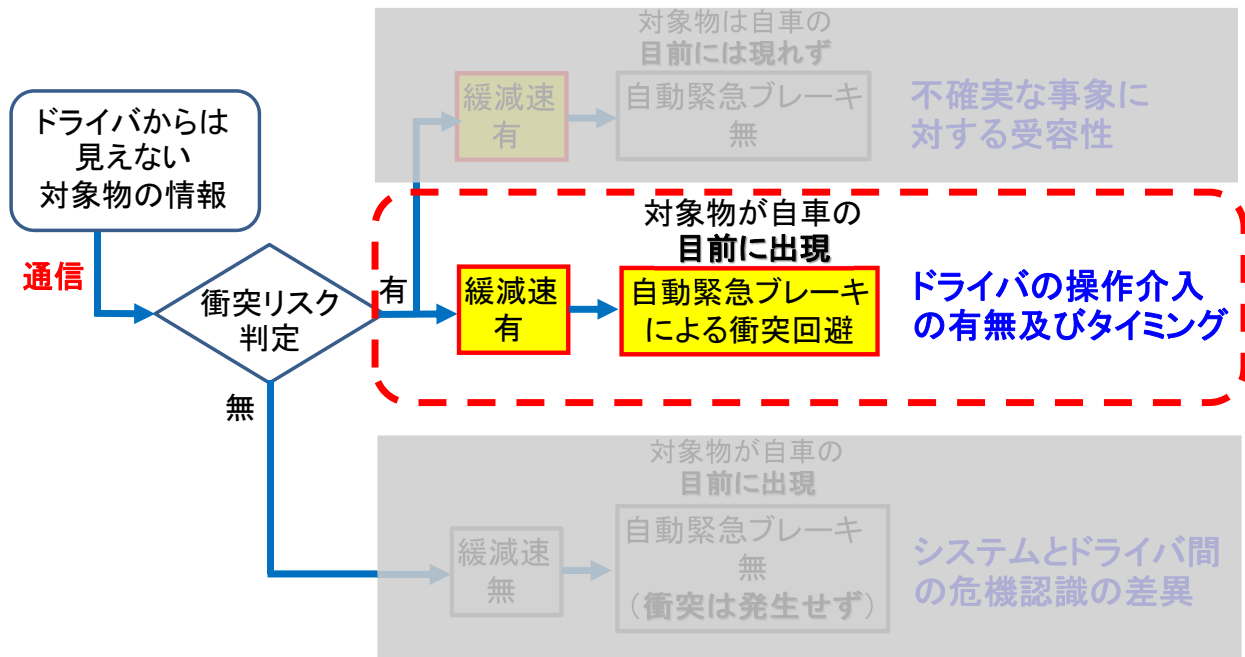
- **非高齢者**については、交通場面Aに対し、OFFボタン操作の割合が低下(速度低下を許容する割合が増加)。(交通場面Aの情報伝達「無」に対し有意な差 ($p < 0.01$))
- **高齢者**については、交通場面Aと同様にOFFボタン操作の割合は低い。



18

2) 危険事象発生時のドライバの操作介入

評価項目

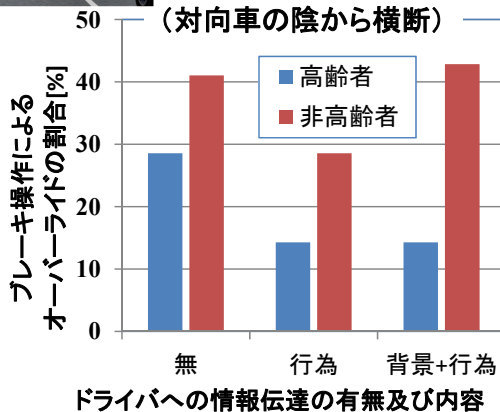


交通場面A(ドライバが歩行者または車両との衝突の危険性を特段に警戒せず)

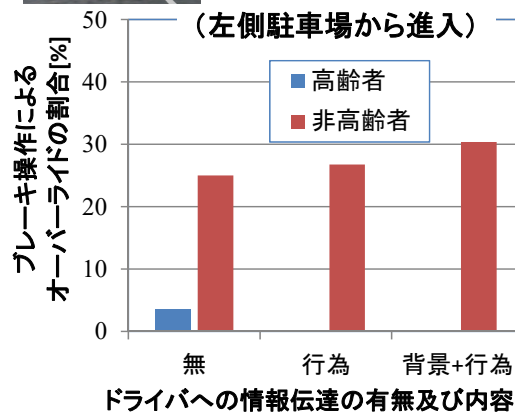
- ・ 自らブレーキ操作を行うドライバが存在。
- ・ 情報伝達の有無によらず、高齢者の方が非高齢者よりもブレーキ操作の割合は低い。(非高齢者に対し有意な差(p<0.01))



対歩行者, 実験番号①
(対向車の陰から横断)



対車両, 実験番号⑦
(左側駐車場から進入)

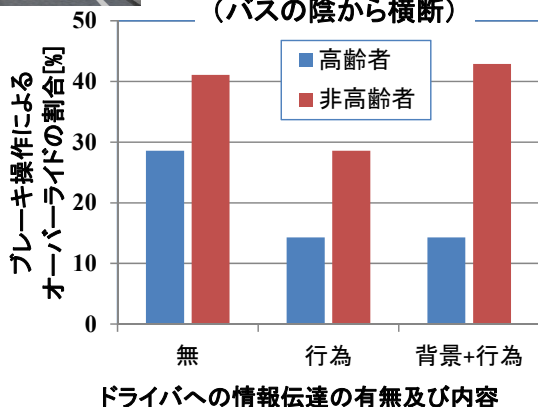


交通場面B (ドライバーが歩行者または車両との衝突をより警戒しやすい)

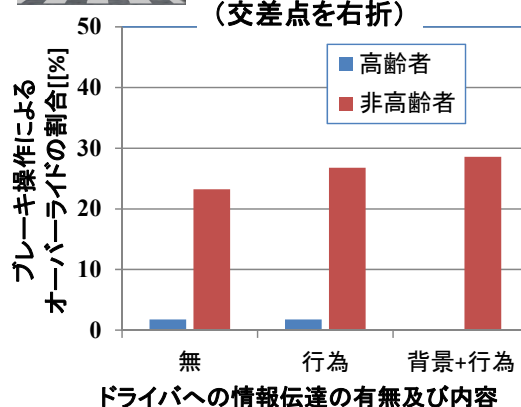
- 交通場面Aとほぼ同様の結果。



対歩行者, 実験番号④
(バスの陰から横断)



対車両, 実験番号⑩
(交差点を右折)

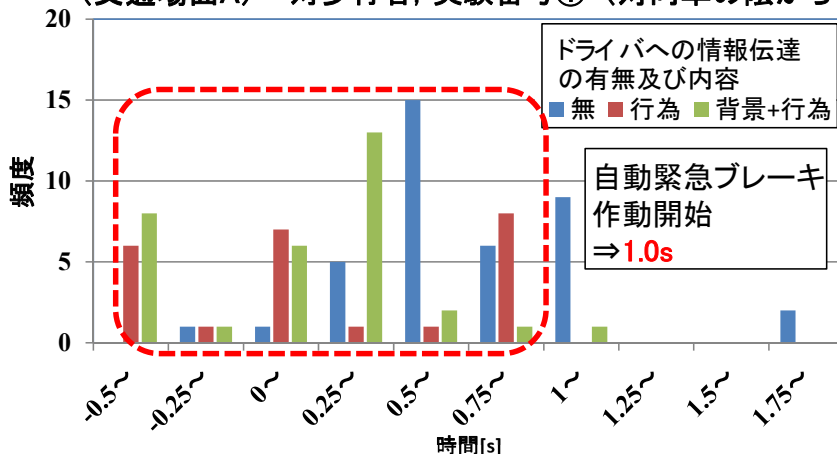


衝突の危険性が高い状況では自らのブレーキ操作によって衝突を回避しようとするドライバーが一定の割合で存在。

オーバーライドしたドライバーのブレーキ操作タイミング

オーバーライドされた事例の多くは、自動緊急ブレーキの作動開始前にブレーキ操作を開始。(破線部 [])

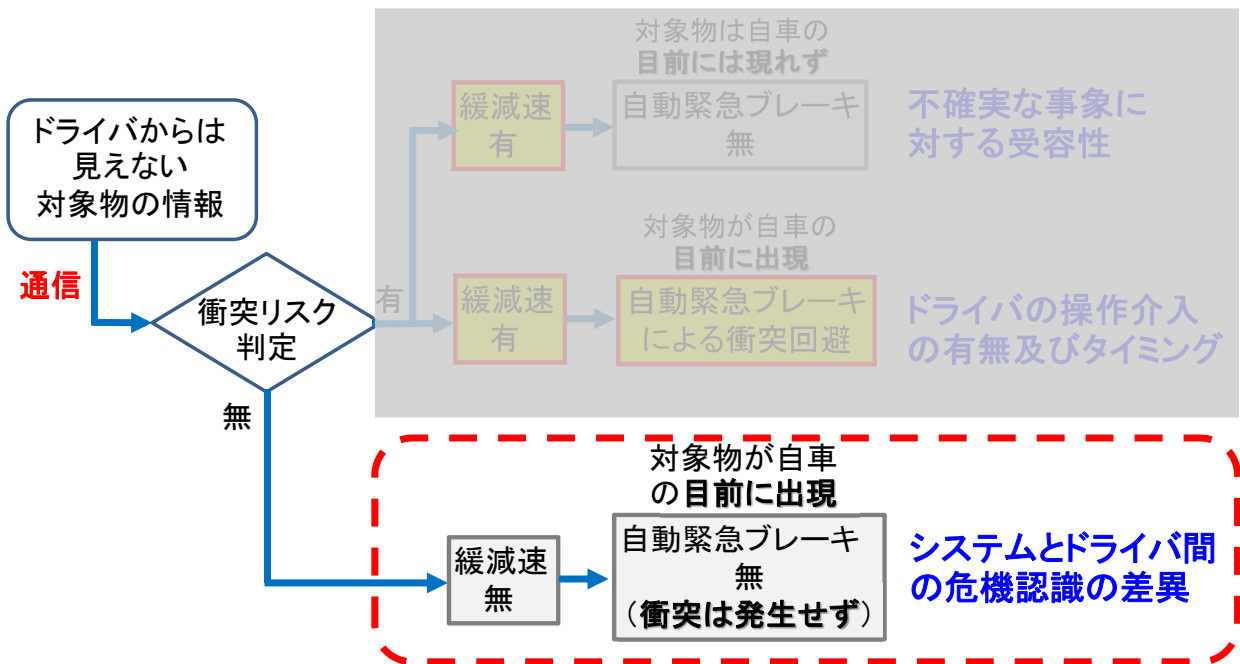
(交通場面A) 対歩行者, 実験番号① (対向車の陰から横断)



緩減速で30km/hまで速度を低下したことによってドライバーが警戒し、より早いタイミングでブレーキ操作介入が行われたものと推定

3) システムとドライバ間の危険認識の差異

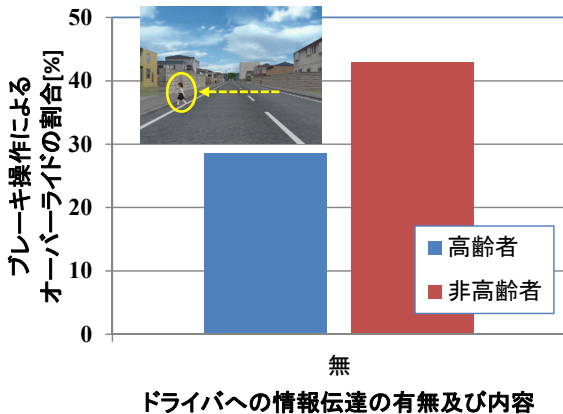
評価項目



- ・自らブレーキ操作を行う(システムの衝突リスク判定とギャップのある)ドライバーが一定の割合で存在。

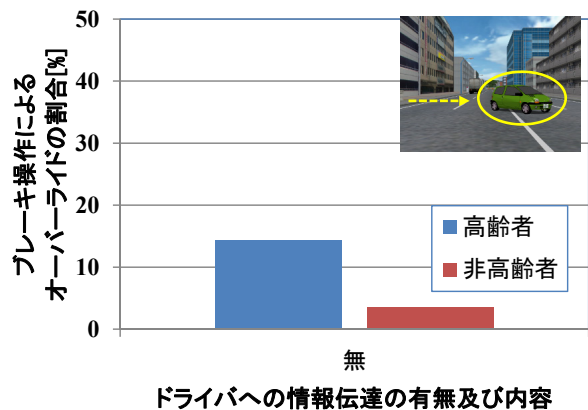
対歩行者, 実験番号③

対象物が自車の車線中央に位置する瞬間のTTC=1.6[s]



対車両, 実験番号⑨

対象物が自車の車線中央に位置する瞬間のTTC=1.5[s]



ドライバーによる衝突回避操作を期待しないシステムの場合、速度低下に対する判定は、物理的な衝突限界に対し、ある程度余裕を持たせることが望ましい。

4) 高齢ドライバーの傾向

- ・ 情報伝達「無」の条件における

OFFボタン操作の割合 **高齢者 < 非高齢者**

- ・ 自動緊急ブレーキが作動する場面における

ブレーキ操作の割合 **高齢者 < 非高齢者**

上記の結果から、高齢者は非高齢者と比較して、**システムに依存する度合いが高く、速度が低下することへの受容性は高い**と考えられる。

4. まとめ

- 見えない対象物との衝突をドライバーが特段に警戒することの無い交通場面では、**速度の低下を許容しないドライバーが一定の割合で存在。**
⇒システムはより精度の高い交通環境認識を行うことが重要。
- システムが実行する行為をドライバーへ情報伝達することによって**速度の低下に対する受容性は向上する。**
- 見えない対象物との衝突の危険性をドライバーが警戒している状態で、衝突の危険性が差し迫った場合、**自らのブレーキ操作で衝突を回避しようとするドライバーが一定の割合で存在。**
- ドライバーによる衝突回避操作を期待しないシステムの場合、速度低下に対する判定は、**物理的な衝突限界に対し、ある程度余裕を持たせることが望ましい。**
- 高齢者はシステムに依存する度合いが非高齢者よりも高い。

本研究は、内閣府が実施する戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）のうち、国土交通省の受託調査「歩車間通信の要求条件に関する調査」及び「車車間通信を利用した安全運転支援システムの実用化に関する調査」の一部をまとめたものである。