

5. 通信利用型運転支援システムの情報が運転行動に及ぼす影響に関する研究

ードライビングシミュレータを活用したヒューマンマシンインターフェース（HMI）に関する検証実験－

自動車安全研究領域 ※児島 亨 関根 道昭 波多野 忠 廣瀬 敏也
長谷川 智紀 安藤 憲一

1. はじめに

平成20年中の交通事故による死者数は5,155人で負傷者数は100万人に近く¹⁾、依然として深刻な状況にある。死傷者数の一層の削減のためには、衝突安全対策のような被害軽減のための対策に加え、予防安全技術の充実がきわめて重要となる。一方で新しい技術を用いた予防安全技術の実用化に向けては様々な課題があり、また、過剰な支援や運転者が期待していない作動等による過信・不信を及ぼす恐れもある。こうした課題を解決するため、予防安全に関する新技術を搭載した先進安全自動車（Advanced Safety Vehicle, 以下ASVとする）の開発・実用化・普及に向けた産学官の連携した検討が平成3年（1991年）よりASV推進計画として開始され、平成18年（2006年）より第4期に入っている。²⁾この間、様々な自律検知型^{注1}のASV技術（運転支援システム）が実用化されるとともに、通信利用型運転支援システム（2. 1. ～2. 2. 項参照）の実用化に向けた検討が行われてきた。いずれのシステムにおいても、安全な運転をすべき主体者はドライバーであり、ASV技術は側面からドライバーを支援するものであることから、運転中のドライバーが、システムより提供された情報を正しく理解できるようにするため、機械から人間への情報伝達の手法（Human Machine Interface, 以下HMIとする）が重要となる。

本研究は通信利用型運転支援システムにおいて、ドライバーへ提示する情報の内容や方法によって過信・不信等による運転行動への影響の有無を調査すること等、HMIに係わる検討課題について検証実験を行い、実用化に資するデータを得ることを目的とする。

注1 自律検知型：車載センサーで検知した情報を用いて支援するシステム

2. ASV推進計画及び通信利用型運転支援システムの概要

2. 1. ASV推進計画の概要

図1に第1期～第3期までの検討経緯を示す。自律検知型運転支援システム（以下、自律検知型とする）については第1期より検討が開始され、様々なASV技術が実用化された。一方、通信利用型運転支援システム（以下、通信利用型とする）に分類される、インフラ協調により安全運転を支援するシステムについて

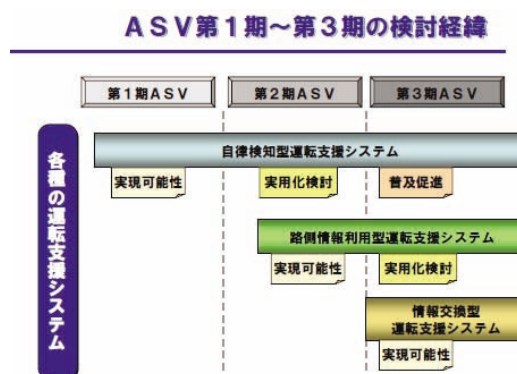


図1 ASV第1期～第3期の検討経緯²⁾



図2 通信利用型運転支援システムの概念図³⁾

ては、路側間通信により道路インフラからの情報を利用する「路側情報利用型」の検討が第2期より開始された。「車車間通信」や「歩車間通信」により他車両や歩行者からの情報を利用する「情報交換型」の検討については第3期より開始された。図2にシステムの概念図を示す。また、第2～3期では安全運転の主体者はドライバであるとする「ASV基本理念」、及びこれを具体化した「運転支援の考え方」(図3参照)の策定等も行われた。

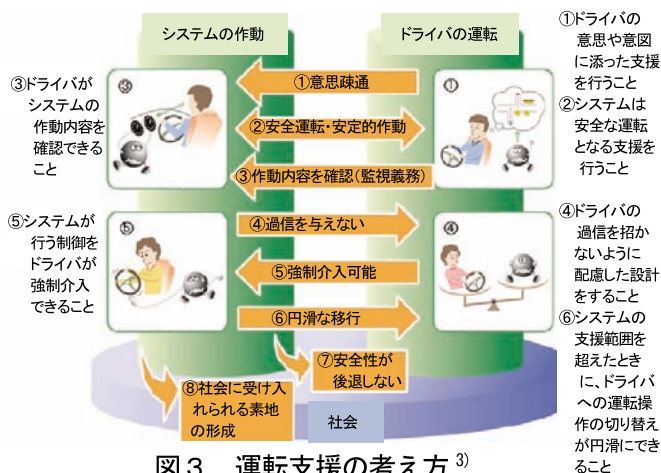


図3 運転支援の考え方³⁾

図4に第4期推進計画の検討項目と目標を示す。自律検知型のASV技術を本格的に普及させるための効果評価を始めとする普及促進と、通信利用型を5年間で一部実用化させるための技術開発の促進が行われている。特に通信利用型に関しては、平成19年度以降、安全運転支援システム等の開発・実用化を官民統一した方針に基づいて進めるべく関係省庁および産業界の代表で構成された組織であるITS推進協議会が公道において実施する実証実験へ参画し、機能の確認や効果の評価等の実験が行われている。²⁾



図4 第4期ASV推進計画 検討項目と目標²⁾

2. 2. 通信利用型運転支援システムの狙い

通信利用型は、例えばドライバからは見えにくい位置にいる接近車両の存在をドライバに知

らせること等、より広範囲な運転支援を狙いとするものである。図5に車車間通信を用いた運転支援システムの例を示す。図の例では、交差点を右折しようとする自車両(緑色)のドライバからは見えにくい位置にいる他車両(白色)との車車間通信により、前もって他車両の接近をドライバに知らせることで、ドライバは他車両が接近する間は右折の開始を見合わせ、自車両から離れたことを確認してから開始することで、十分な余裕代を持って衝突を回避させるという効果が期待できる。なお、システムはドライバ自身による安全の確認をサポートするという位置付けであり、ドライバが直接他車両を目視確認することが前提となる。

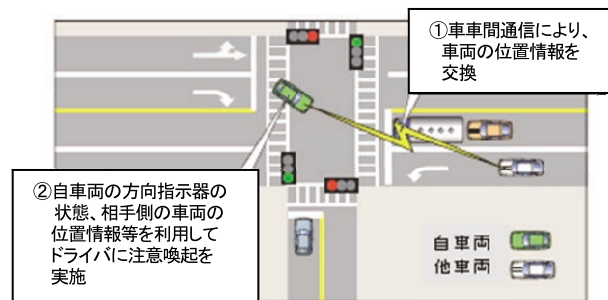


図5 通信利用型運転支援システムの一例
(右折時衝突防止システム)

3. HMIに関する配慮事項及び検討課題

3. 1. 通信利用型のHMIに関する配慮事項

通信利用型におけるHMIは、ドライバが路側インフラや他車両から受け取った情報から状況を正しく理解し、適切な判断及び操作が行えるように配慮することが重要であり、これまで実用化のための検討においても論議されてきた。通信利用型のHMIに関して配慮すべき事項と具体例について、これまでの検討の結果をまとめた資料の一つに、ITS推進協議会大規模実証実験WGが平成19年に発行した「インフラ協調による安全運転システムに係るHMIの配慮事項について」(以下、「HMIの配慮事項」とする)⁴⁾がある。本資料では以下の5項目について配慮すべき事項と具体例がまとめられている。

(1) 作動状況等の確認

ドライバがシステムの作動状況や支援内容を確認できるように配慮する。

(例: 車車間通信の場合は、他車両から支援のために必要な情報を取得していることをドライバへ提示する)

(2) 分かりやすい情報伝達

ドライバにとって分かりやすく、使いやすいシステムであるとともに、安心して使えるよう配慮する。

(例：文字表示をする場合は、支援レベルに応じ、文字数等の情報量に配慮する。)

(3) 確実な情報伝達

安定した情報伝達となるよう配慮する。

(例：警報、注意喚起を行う場合にあっては、音とともに視覚や触覚により情報を伝達する)

(4) 緊急度の容易な理解

ドライバが支援レベル（情報提供、注意喚起及び警報）を容易に理解できるようにする。

(例：警報は赤色系統、注意喚起は黄色系統、情報提供はその他の色を主として使用する)

(5) 過信・不信の防止

ドライバがシステムに過度な依存や不信を招かないよう適正な信頼が得られるように配慮する。

(例：路車間通信の場合は、路側機から情報を取得していることをドライバに提示することにより、サービス場所であることを提示する)

上記(1)と(5)の例示部分については、支援に必要な情報を受けられる状態（サービスイン）であるか否かをドライバに提示することにより、例えばサービスインが提示された場所では、全ての接近車両の存在が知られることをドライバが期待し、支援があることを前提とした運転行動になる等、依存、過信、不信等による影響について、実験等により検証することが課題となっている。

また、上記(3)の例示部分についても、複数の伝達手段、例えば視覚情報と聴覚情報を用いた場合に、ドライバが視覚情報を注視することで、危険回避の行動が遅れる等、安全性を後退させることがあるか否かについて実験等により検証することが課題となっている。

これらの検討課題に対して検証するための実験方法として、例示の方法を用いた場合と用いなかった場合における、ドライバの運転特性を計測し、比較する方法が考えられる。比較評価を行うために一般ドライバの運転特性を安全かつ効率的に計測するための手段として、ドライビングシミュレータ（以下DSとする）の活用が有効である。上記検討課題について当研究所のDSを用い、一般ドライバを対象とした実験を実施した。

本発表では上記2つの検討課題のうち、サービスイン・サービスアウト（以下、サービスインとする）の影響について調査した実験について以下に報告する。

3. 2. サービスイン機能について

本実験ではサービスインの機能について、車車間通信と路車間通信とでそれぞれ以下のように定義した。いずれの場合にも、サービスインには他車両の接近をドライバに知らせる等の支援の機能は含まない。

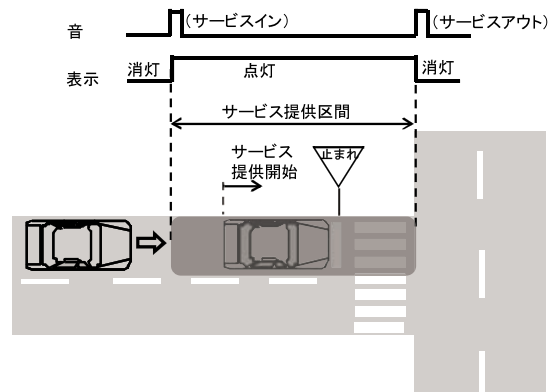


図6 路車間通信におけるサービスインの概念図

【車車間通信のサービスイン】

近辺の他車両と通信中であることをドライバに伝達する。

【路車間通信のサービスイン】

路側インフラを用いた支援が行われる場所であることをドライバに伝達する。

路車間通信におけるサービスインの概念図を図6に示す。

表1 サービスインに対する懸案項目（机上検討）

□ 本発表での報告の対象	
サービスインを提示する場合の懸案項目	サービスインを提示しない場合の懸案項目
車車間通信	
A) 通信車両の前後を走行する非通信車両の接近に対しても支援が行われるものと思ひ込む可能性がある。 →非通信の接近車両に対する安全マージンが低下する。	(非通信の接近車両に対しても支援が行われるものと思ひ込む可能性がある。) (→非通信の接近車両に対する安全マージンが低下する。)
B) 接近してくる車両とは別の車両(駐車車両等)との通信によりサービスインした場合に、接近車両に対し支援が行われるものと思ひ込む可能性がある。 →非通信の接近車両に対する安全マージンが低下する。	⇒懸案項目から除外注2)
路車間通信	
C) サービスインが提示された場所では全ての接近車両に対し支援が行われることを期待し、待ち構える可能性がある。 →路側インフラが車両を検知できない場合等、支援が行われずに接近した車両に対する安全マージンが低下する。	D) 路側インフラが無い(支援非対象)場所であるにもかかわらず、支援対象場所であると思ひ込む可能性がある。 →支援非対象の交差点等で、接近車両に対する安全マージンが低下する。 E) 路側インフラが設置されていることをドライバが学習している場所において、全ての接近車両に対し支援が行われることを期待し、待ち構える可能性がある。 →路側インフラの休止時等、支援が行われない場合に、接近車両に対する安全マージンが低下する。

上記検討の前提条件：ドライバが通信利用型の運転支援システムに十分慣れていること。

注2) 通信車両と非通信車両が混在することをドライバは認識していると考えられるため、懸案項目からは除外可能。

表1にサービスインに対する懸案項目を机上検討した結果を示す。車車間通信と路車間通信でそれぞれに懸案項目が考えられることから、車車間通信、路車間通信のそれぞれに対し実験条件を設定し、検証実験を実施した。本発表では特に断りが無い限り、より懸案項目が多い路車間通信の実験について、実験データを用いて報告する。

4. 検証実験

4. 1. 実験方法

図7に実験に使用したDSの外観図を示す。6軸モーション装置と傾斜台により、ドライバの運転操作によって車両に発生する前後／横方向の加速度、及びピッチ／ロール／ヨー方向のモーメントを再現し、並進装置により、最大約8mまで車両を並進運動（本実験では横移動）させることが可能である。

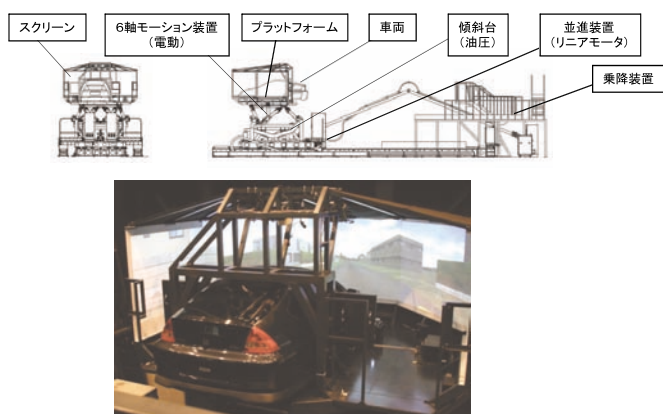


図7 DSの外観図

図8に本実験で用いたシナリオの模式図を示す。被験者に、一時停止交差点で停止後、右側から接近してくる車両を目視にて確認し、自分が行けると判断したタイミングで発進、左折して接近車両の前に入るタスクを実行させた。図9に一時停止交差点で発進待機中のスクリーン画像の例を示す。

サービスインを提示するタイミングは、停止線直前の所定位置に到達した時点とした。

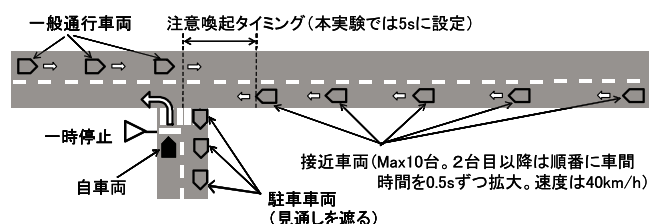


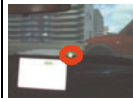
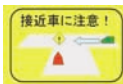
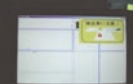
図8 実験シナリオの概要



図9 DSのスクリーン画像の例

表2に本実験に用いたサービスインのHMIの仕様を、路車間通信と車車間通信について示す。サービスインに対する機能の違いを考慮して仕様を使い分けた。なお、支援が行われるケースでは、表2に示す視覚と聴覚を組み合わせた注意喚起を提示し、右方向からの車両の接近を知らせた。

表2 実験に使用したHMIの仕様

情報	視覚		聴覚	
	路車間	車車間	路車間	車車間
サービスイン	なし	ランプ点灯 	ピンボーン 「ここは支援対象の交差点です」	ピンボーン 「近くの車と通信中です」
サービスアウト	なし	ランプ消灯	ピンボーン	ピンボーン
注意喚起			ビビビビ「右側からの車に注意しましょう」	ビビビビ「右側からの車に注意しましょう」

$$\text{タイムギャップ}(1) = L_{\text{cin}} / V_c$$

L_{cin} : 時刻 T_{ain} (発進待機していた自車両Aが発進するためにアクセル操作を開始 (アクセルペダルストローク $\geq 1/10$) した時刻) における、支援対象車両Cから衝突可能性エリアまでの距離 (重心点座標ベース)。
 V_c : 2当車両Cの速度 (時刻 T_{ain} では40km/h一定)

$$\text{タイムギャップ}(2) = T_{\text{ain}} - T_{\text{bout}}$$

T_{bout} : 支援対象車両Bが衝突可能性エリアから退出した時の時刻 (重心点座標ベース)。

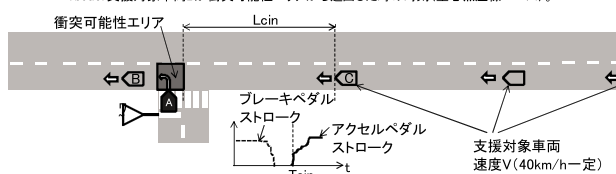


図10 評価指標の概念図

図10に本実験で用いた評価指標の概念図を示す。自車両 (図のA) が発進を開始した時点における、接近車両 (図のC) との衝突に対する時間的な余裕代をタイムギャップ (1) とし、見送った車両 (図のB) が通過してから自車両が発進を開始するまでの時間差をタイムギャップ (2) とした。タイムギャップ (1)、(2) とともに値が大きいく、接近車両との衝突に対する時間的な余裕代が大きいことを意味する。サービスインの有／無によってタイムギャップに変化が見られる場合には、過信・依存等による運転行動への影響が定量的に現れたものであると考えられる。な

お、評価は主としてタイムギャップ（１）で行い、タイムギャップ（２）は補足的に用いた。

サービスインを提示する／提示しない、支援を提示する／提示しない、の条件設定は交差点ごとに設定した。また、運転支援システムが無い場合についても測定を行い、被験者の通常の運転特性を把握した。

被験者は、日常的に自動車を運転する２０代～４０代の男性４名、女性２名で行った。また、各被験者に全ての実験条件を遂行し、同一被験者内で結果の比較ができるようにした。

4. 2. 実験結果

図１１は、表１の懸案項目C)、E)の影響について評価するため、いずれも路側インフラが設置された数箇所の交差点を繰り返し巡回するコースを走行し、正常に支援が行われる交差点を３～４箇所通過した後に支援が行われない（欠報）交差点に遭遇するという条件設定で、サービスインを提示した場合と提示しない場合について、タイムギャップ（１）の測定結果を、短い方から順に 0.5s 毎に累積（％）で示したものである。図中の折れ線グラフを比較すると、サービスインを提示しなかった場合は、正常支援時と欠報時とで明確な差は見られなかったが、サービスインを提示した場合には、欠報時にタイムギャップ（１）が 3s 以下となる比率がやや高くなった。欠報時にタイムギャップ（１）が 3s 以下となった被験者２名の個々の測定データを確認したところ、１名についてはシステム無し時と同等の値であったが、図１２に示す他の１

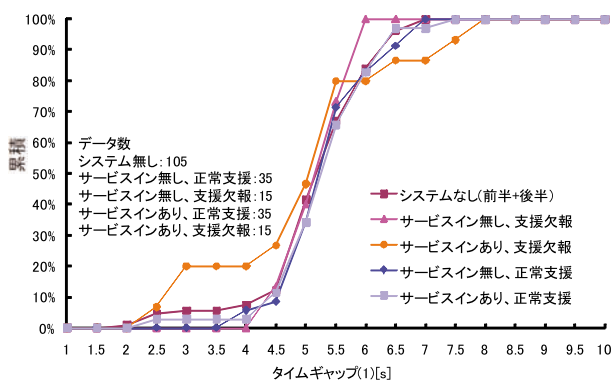


図１１ タイムギャップ（１）計測結果
（実験対象交差点を繰り返し走行時）

名については、初めて欠報に遭遇したケースにおいて、この被験者のシステム無し時の測定値よりも 1.5s 以上短い値となっており、差が見られた。

図１３は、表１の懸案項目D) に対する影響について評価するため、路側インフラが設置された交差点

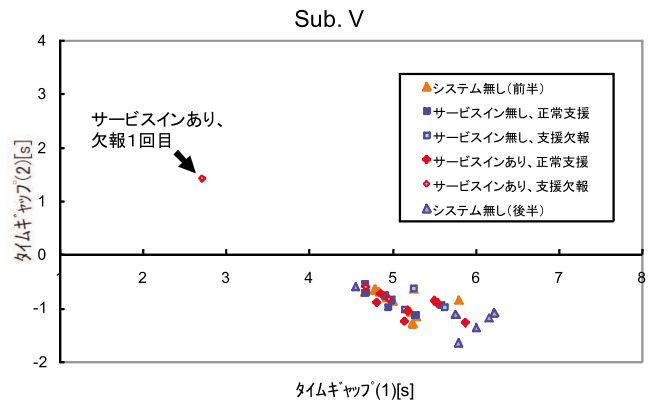


図１２ タイムギャップ（１）、（２）計測結果
（欠報時に影響が現れた被験者のデータ）

と設置されていない交差点を数箇所ずつ 1：1 の比率となるように組み合わせたコースを 1 回のみ走行した場合のタイムギャップ（１）の測定結果を、短い方から順に 0.5s 毎に累積（％）で示したものである。このケースでは全ての交差点においてサービスインは提示されず、支援が行われた場合のみ、被験者はその交差点が支援対象であることを知らされた。また、支援対象交差点では全ての接近車両に対し正常に支援が行われた。図中の折れ線グラフを比較すると、支援対象交差点と支援非対象交差点とでタイムギャップ（１）に明確な差は見られなかった。

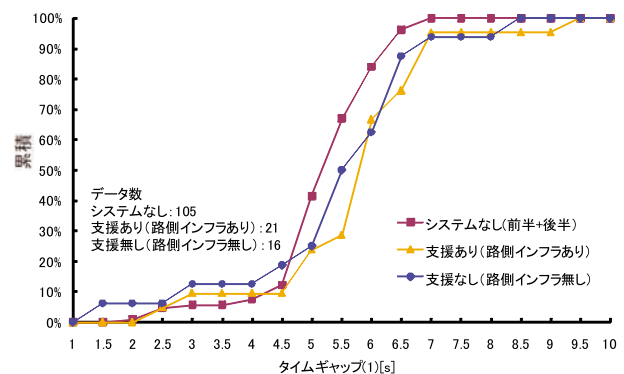


図１３ タイムギャップ（１）計測結果
（サービスイン無し、専用コースを 1 回走行）

図１４～図１６に実験終了後に実施したアンケート結果を示す。図１４より、サービスインの機能に対しては 8 割程度の被験者が良く理解できたと回答した。図１５より、混乱するので煩わしい等、サービスインに対し否定的な印象を持った被験者は 2 割弱であった。また、全体の約 1／4 がサービスインの機能に対し、「いざという時は車が教えてくれるので安全確認の負担が少なくなった」と回答しているが、この回答を選択した被験者は、サービスインが提示された場合に、接近車両に対する支援が行わ

れることを期待し、待ち構えていたことが考えられる。図12に示した被験者の欠報1回目は、サービスインの提示後にドライバの期待通りに支援が行われなかった場合の運転行動への影響が定量的に現れた一例と考えられる。また、図16より、サービスインが提示されない場合に、「注意喚起があるかもしれないと期待した」が4割強あった。定量的な差としては明確には現れなかったが、本実験のように路側インフラの設置率が比較的高い状況においてサービスインを提示しない場合には、支援対象交差点であるか否かが分からないにもかかわらず、支援が行われるものと思ってしまうドライバが存在する可能性があることを示していると考えられる。

5. まとめ

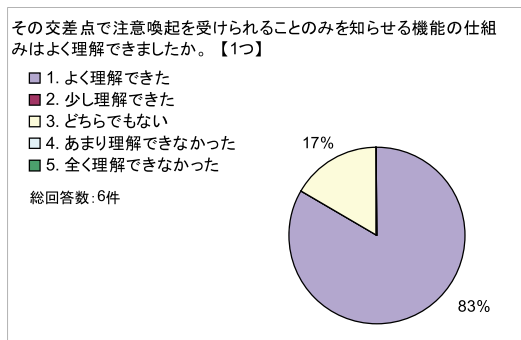


図14 実験終了後のアンケート結果（1）

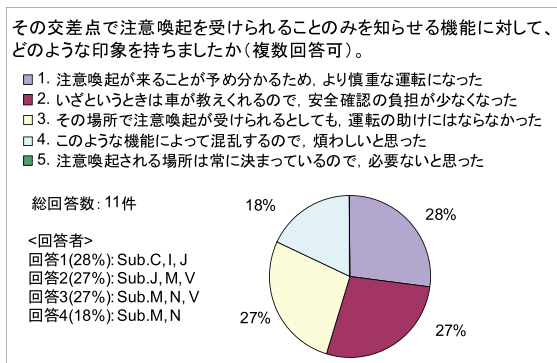


図15 実験終了後のアンケート結果（2）

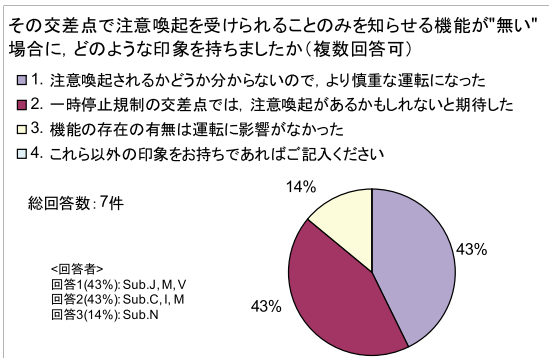


図16 実験終了後のアンケート結果（3）

通信利用型運転支援システムのHMIに関する検討課題のうち、サービスインの有無による運転行動への影響について確認するため、一般ドライバを対象に、DSを用いた実験を行った。一時停止交差点において、一旦停止して安全確認後に発進する際の、接近車両との衝突に対する時間的な余裕度を測定した結果、全体的な傾向としてはサービスインを提示した場合と提示しなかった場合とで明確な差は見られなかった。但し、一部の被験者において、サービスインを提示した後に支援が行われなかった場合に、衝突に対する時間的な余裕度が減少する傾向が見られた。

なお、本発表では路車間通信のサービスインを想定した実験結果について報告したが、車車間通信のサービスインを想定した実験においても、一部の被験者において、サービスインを提示した後に接近車両を知らせる支援が行われなかった場合に、衝突に対する時間的な余裕度が減少する傾向が見られた。

本実験の結果から、サービスインに対する一般のドライバにおける全体的な傾向、及び一部のドライバで見られる特徴的な傾向について把握することができた。

今後は被験者数を更に増やしデータの信頼性を向上させるとともに、他の通信利用型運転支援システム（例：右折時衝突防止システム）についても実験を行い、より客観性のあるデータを提示できるよう、実験を継続する予定である。

なお、本研究における実験は、国土交通省の受託調査の一部である。

参考文献

- 1)内閣府政策統括官共生社会政策担当,「平成21年交通安全白書」,2009.5
- 2)井口(先進安全自動車(ASV)推進検討会座長),「第4期先進安全自動車(ASV)推進計画について—ASV、それは交通事故のない社会への架け橋—」,第四期先進安全自動車(ASV)推進計画中間報告会(国土交通省自動車交通局),2009.2
- 3)国土交通省自動車交通局 ASV 推進検討会事務局,「第4期ASV推進計画パンフレット」,2007.3
- 4)ITS推進協議会大規模実証実験WG,「インフラ協調による安全運転支援システムに係るHMIの配慮事項について」,2007.11