

⑭ドライビングシミュレータを活用した通信利用型安全運転支援システムの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（続報）

自動車安全研究領域 ※児島 亨 波多野 忠 廣瀬 敏也 田中 信壽 桃井 恵美

1. はじめに

インフラ協調による安全運転支援システムとして、「路車間通信」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」や、「車車間通信」により他車両からの情報を利用する「情報交換型」の実用化が検討されている。これらのシステムにおいて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る。通信利用型安全運転支援システムのヒューマンマシンインターフェース（Human Machine Interface, 以下「HMI」とする）に関して配慮すべき事項と具体例についてまとめた資料として、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）¹⁾がある。本資料において検討課題となっていた以下の2項目について、平成20年度に国土交通省からの受託調査として、交通安全環境研究所のドライビングシミュレータ（以下、「DS」とする）を用い、一般ドライバを対象とした検証実験を実施した。

- 1) 支援に必要な情報を受けられる状態であるか否かをドライバに提示することによる影響の有無
→以下、「サービスイン実験」とする。
- 2) 複数の伝達手段を用いることが安全性を後退させる場合があるか否かについて
→以下、「複数の伝達手段実験」とする。

検証実験の結果、上記2)の複数の伝達手段実験については、カーナビのモニタ画面上への分かりやすく簡易な文字及び図形情報と、スピーカーからの報知音及び音声情報を用いる場合においては、複数の伝達手段を用いることによって、不安全な運転行動を誘発する様なデータは観測されなかった。

一方、上記1)のサービスイン実験については、サービスインの開始を提示することによる、過信・依存等の運転行動への影響について確認した結果、全体傾向としてはサービスイン情報の有無による明確な差は見られなかった。しかしながら、一部の被験者において、サービスイン情報を提示後、接近車両に対し支援が行われなかった場合に、接近車両との衝突回避のための時間的な余裕が安全運転支援システムが無い場合よりも減少する運転行動が見られた。本結果について国土交通省が推進するASV（Advanced Safety Vehicle）プロジェクトの中のASV大規模実証実験WGにおいて検討した結果、さらに被験者数を増やし、上記の運転行動がある比率で起こり得るものなのか検証が必要との結論に至り、平成21年度に追加調査を行うことになった。以下に平成21年度に実施したサービスイン実験の概要について報告する。

2. サービスイン機能について

2. 1. 実験に使用したサービスインの仕様

本実験に使用したサービスイン機能の定義は、平成20年度と同様に表1に示す仕様とした。

表1 実験に使用したサービスインの定義

	定義
車車間通信	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機能。
路車間通信	路側インフラを用いた支援が行われる場所であり、かつインフラが起動していることをドライバに伝達する機能。

2. 2. サービスイン機能に対する机上検討

サービスイン機能に対する懸案項目について机上検討した結果を表2に示す。路車間通信の場合と車車間通信の場合とでサービスインに対する懸案項目が異なることから、平成20年度と同様に、路車間通信、

車車間通信それぞれに対するサービスイン実験を実施した。

表2 サービスインに対する懸案項目（机上検討）

	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いつく可能性がある。 → 非通信の接近車両に対する衝突回避のための時間的な余裕代が低下する。	(非通信の接近車両に対しても支援が行われるものと思いつく可能性がある。) (→ 非通信の接近車両に対する衝突回避のための時間的な余裕代が低下する。)
	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いつく可能性がある。 → 非通信の接近車両に対する衝突回避のための時間的な余裕代が低下する。	→ 懸案項目から除外 注1
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、支援が行われず接近した車両に対する衝突回避のための時間的な余裕代が低下する。	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いつく可能性がある。 → 支援非対象の交差点等で、接近車両に対する衝突回避のための時間的な余裕代が低下する。
		E) 路側インフラが設置されていることをドライバー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、接近車両に対する衝突回避のための時間的な余裕代が低下する。

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1 通信車両と非通信車両が混在することをドライバー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。

3. 検証実験

3.1. 実験方法

一般ドライバーの運転行動を安全かつ効率的に計測するための手段として、DSの活用が有効であることから、平成20年度の検証実験と同様に、当研究所のDSを用い、実験を実施した。図1にDSの外観図を示す。モニター画面とスピーカーを車内に設置し、通信利用型安全運転支援システムからの情報(視覚情報及び聴覚情報)をドライバーに伝達できるようにした。

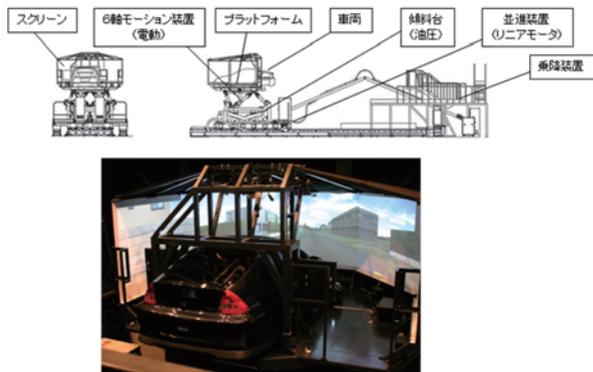


図1 DSの外観図

図2及び図3に本実験で用いたシナリオの模式図を示す。平成20年度と同様の出会い頭衝突防止システムを模擬した実験(以下、「出会い頭実験」とする)の他、平成21年度の実験では右折時衝突防止システムを模擬した実験(以下、「右直実験」とする)につ

いても実施した。

出会い頭実験(図2)では、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。また、右直実験(図3)では、被験者に信号のある交差点で、接近してくる直進車両に注意しながら右折するタスクを実行させた。

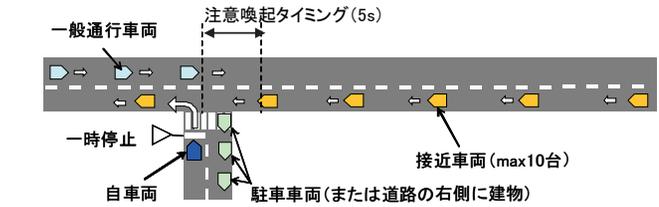


図2 出会い頭実験のシナリオ概要

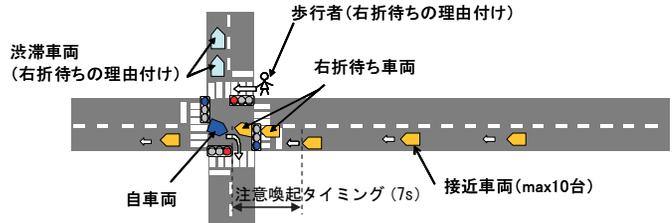


図3 右直実験のシナリオ概要

表3に本実験に用いたサービスインのHMIの仕様を示す。路車間通信と車車間通信におけるサービスイン機能の違いを考慮し、仕様を使い分けた。

表3 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	ピンポーン 「ここは支援対象の交差点です」	ピンポーン 「近くの車と通信中です」
サービスアウト	なし	ランプ消灯	ピンポーン	ピンポーン
注意喚起	出会い頭実験		ピピピピ「右側からの車に注意しましょう」	
		右直実験		ピピピピ「直進車に注意しましょう」

実験結果に対する定量的な評価指標として、対象交差点において自車両が発進または右折のためのアクセル操作を開始した時点における、接近車両との衝突に対する時間的な余裕代(以下、「タイムギャップ(1)」とする)を測定した。タイムギャップ(1)の

値が大きい程、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。図4に右直実験の場合における、タイムギャップ(1)の概念図を示す。

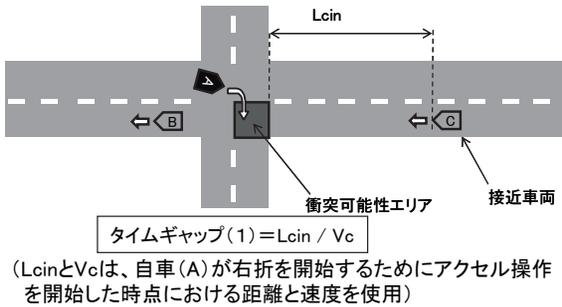


図4 評価指標の概念図(右直実験の場合)

表4に本実験に参加した被験者の構成を示す。平成20年度の実験では、表中の“一般ドライバー”のみを対象としたが、平成21年度の実験では、本システムが実用化された際にさまざまな層のドライバーが利用することを想定し、より幅広く設定した。

表4 実験に参加した被験者の属性

対象システム		被験者の属性 ^{注2}	人数
出会い頭衝突防止システム	路車間通信	一般ドライバー	5名
		ペーパードライバー	4名
		高齢者	4名
	車車間通信	一般ドライバー	5名
		ペーパードライバー	4名
		高齢者	4名
右折時衝突防止システム	路車間通信	一般ドライバー	3名
		ペーパードライバー	2名
		高齢者	3名
	車車間通信	一般ドライバー	3名
		ペーパードライバー	2名
		高齢者	3名

延べ42名

注2 一般ドライバー:20歳代~40歳代で日常的に自動車を運転する人
ペーパードライバー:20歳代~40歳代で自動車を運転する頻度が年間数回程度の人
高齢者:65歳以上で日常的に自動車を運転する人

3. 2. 実験結果

3. 2. 1. 路車間通信

表5に、路車間通信による支援が行われる交差点であることを被験者が学習している交差点において、サ

表5 路車間通信サービスイン実験結果(抜粋)

出会い頭実験	サービスイン	なし		あり	
	支援(接近車両に対する注意喚起)	正常支援	欠報	正常支援	欠報
	タイムギャップ(1)平均値(全被験者分)	5.70s	5.74s	5.48s	5.40s
	正常支援時と欠報時のタイムギャップ(1)平均値(全被験者分)に対する有意水準5%のt検定結果(P(T<=t)両側の値)	P=0.757 (有意な差ではない)		P=0.561 (有意な差ではない)	
右直実験	サービスイン	なし		あり	
	支援(接近車両に対する注意喚起)	正常支援	欠報	正常支援	欠報
	タイムギャップ(1)平均値(全被験者分)	4.79s	4.59s	4.75s	4.58s
	正常支援時と欠報時のタイムギャップ(1)平均値(全被験者分)に対する有意水準5%のt検定結果(P(T<=t)両側の値)	P=0.194 (有意な差ではない)		P=0.181 (有意な差ではない)	

ービスインを提示した場合としなかった場合とで、正常に支援が行われた時と支援が欠報した時のタイムギャップ(1)の平均値を示す。右直実験では欠報時のタイムギャップ(1)が正常支援時に比べ、0.2s程度短めになっているが、大きな差にはなっていない。また、出会い頭実験、右直実験ともに有意水準を5%としたt検定の結果では、サービスインの有無によらず、正常支援時と欠報時とで有意な差は見られなかった。

但し、個々の被験者のタイムギャップ(1)測定結果を、実験を実施した順に時系列に並べて確認した結果、出会い頭実験と右直実験で各1名ずつ、サービスインの有無によらず、正常に支援が行われた交差点の次の交差点で欠報した場合に、タイムギャップ(1)が顕著に短くなっており、システムに対する過信・依存等による影響と思われるデータが見られた。図5に出会い頭実験の例(サービスイン無し)を、図6に右直実験の例(サービスインあり)を示す。

以上の実験結果より、路車間通信においては、サービスインを提示することによって、それが直接的な要因と思われる様な運転行動への影響は見られなかった。但し、一部のドライバーでは、サービスインの有無によらず、支援が欠報した場合にシステムに対する過信・依存等によるものと思われる影響が現れた。

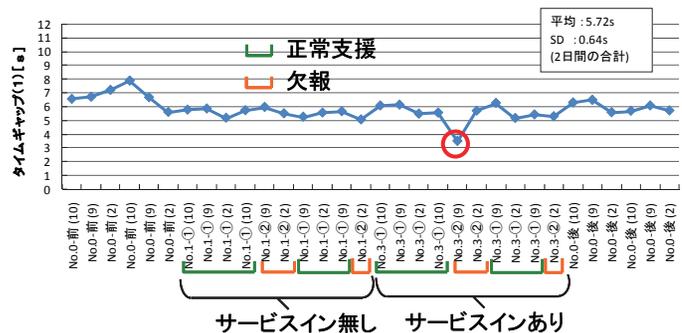


図5 支援欠報時のタイムギャップ(1)に変化が見られた被験者の例(出会い頭実験)

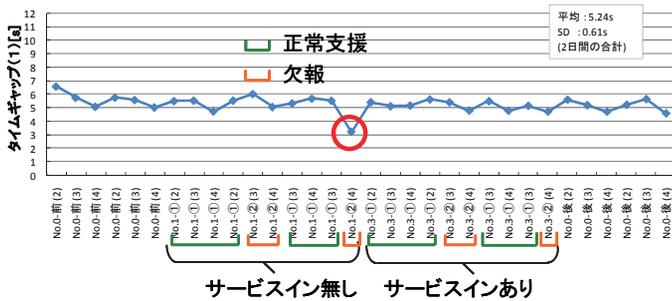


図6 支援欠報時のタイムギャップ(1)に変化が見られた被験者の例(右直実験)

3. 2. 2. 車車間通信

実験結果の中から、交差点ごとに接近してくる他車両のうちの1台(出会い頭実験は3台目、右直実験は2台目)のみが通信車両(支援が行われる)であった条件を抜粋し、サービスインを提示した場合となかった場合のタイムギャップ(1)の平均値を表6に示す。出会い頭実験についてはサービスインを提示した場合の方が提示しなかった場合よりもタイムギャップ(1)が短くなっており、有意水準5%のt検定においても有意な差が見られた。

表6 車車間通信サービスイン実験結果(抜粋)

	サービスイン	なし	あり
	出会い頭実験	タイムギャップ(1)平均値(全被験者分)	5.83s
	正常支援時と欠報時のタイムギャップ(1)平均値(全被験者分)に対する有意水準5%のt検定結果(P(T<=t)両側の値)	P=0.002 (有意な差である)	
右直実験	サービスイン	なし	あり
	タイムギャップ(1)平均値(全被験者分)	4.59s	4.46s
	正常支援時と欠報時のタイムギャップ(1)平均値(全被験者分)に対する有意水準5%のt検定結果(P(T<=t)両側の値)	P=0.441 (有意な差ではない)	

図7に出会い頭実験について、実験終了後に被験者に行ったアンケート結果の抜粋を示す。サービスインに対し、「近くに車両がいることが分かるため、自らによる安全確認の負担が少なくなった」の回答が11%となっているが、この回答を選択した被験者は、車車間通信のサービスインを正しく理解せず、サービスイン中は全ての接近車両に対し支援が行われるものと誤解していたことが考えられる。また、「混乱するので煩わしい」の回答が22%となっていることから、本実験で用いた車車間通信のサービスインは、運転者にとって誤解や混乱の要因となりやすい仕様であったことが考えられる。表6に示した出会い頭実験のタイムギャップ(1)の差も、車車間通信のサービスインに対する誤解や混乱によって生じた結果であると

考えられる。

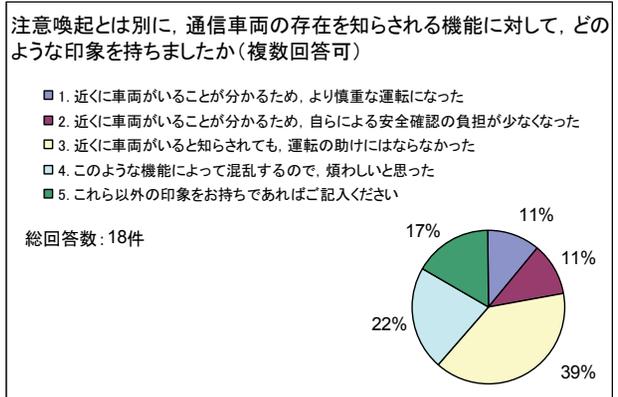


図7 実験後のアンケート結果抜粋(出会い頭実験)

4. まとめ

ドライビングシミュレータを用いて、一般ドライバーを対象に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の検証実験を行った。

実験の結果、路車間通信においては、サービスインを提示することによって、それが直接的な要因と思われる様な運転行動への影響は見られなかった。但し、一部のドライバーでは、サービスインの有無によらず、支援が欠報した場合にシステムに対する過信・依存等によるものと思われる影響が現れた。このことから、路車間通信においては、支援対象交差点であっても、支援実施が100%保証されるとは限らないことを運転者が理解できる様、情報の提示方法等について配慮することが重要であると考えられる。

これに対し、車車間通信のサービスインについては、本実験で用いた、他車両と通信が成立した時点でサービスインを提示し、通信が終了するまでの間、サービスイン状態を保持し続ける仕様では、ドライバーの誤解や混乱を生じやすいことが分かった。今後、車車間通信のサービスインを実施する方向で実用化検討する場合には、例えば通信の相手車両が支援を行う対象であることが分かってからサービスインを提示する、あるいは対象車両と衝突の危険性が無くなった時点で速やかにサービスアウトさせる等、ドライバーにとってより理解しやすくするための配慮が必要であると考えられる。

参考文献

1) 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