

4. 通信利用型安全運転支援システムについて

－先進安全自動車（ASV）推進計画における検討概要－

自動車安全研究領域 ※児島 亨 塚田 由紀

1. はじめに

交通事故を削減するための車両安全対策として、1991 年度より産学官連携の先進安全自動車（ASV）推進計画が開始され、現在第5期（2011 年度～2015 年度）に至っている。ASV とは先進技術を利用してドライバの安全運転を支援するシステムを搭載した自動車のことであり、ASV 推進計画では、ドライバの安全運転を支援する技術の開発・実用化・普及の促進に取り組んでいる。

安全運転を支援するシステムのうち、道路インフラや他車両との間で通信を行う通信利用型安全運転支援システムは、ドライバから見えない、または見え難い事象の情報を車載システムが入手し、注意喚起や情報提供の形でドライバに伝達することにより事故のリスクを低減させることを目的としている。

ASV 推進計画においては、第2期（1996 年度～2000 年度）で道路インフラからの情報を活用した路車間通信システムの検討に着手した。また、通信を利用して車両同士がお互いに情報を交換し合い、それぞれのドライバの安全運転を支援する車車間通信システムの検討を第3期（2001 年度～2005 年度）に着手した。現在も通信利用型安全運転支援システムに関する検討は継続しており、交通安全環境研究所（以下、当研究所）においても、課題に対する検証実験等、ASV 推進計画に資するための調査・研究を実施している。

以下、ASV 推進計画における検討概要と当研究所で行った実験の概要について紹介する。

2. ASV 推進計画における検討概要

2. 1. 第2期～第3期 ASV 推進計画

第2期では、道路インフラから提供される情報を利用する路車協調型の運転支援技術（路側情報利用型運転支援システム）について、インフラと連携した検討に着手した。この当時の路車間通信としては連続通信

を想定しており、警報や車両制御なども含めたより高度な支援に発展し得ることも視野に入れ、車載システムの機能について実証実験が行われた。^{(1)、(2)}

第3期の推進計画では、第2期に続き路側情報利用型の開発がインフラと連携して行われ、路車間通信が連続通信からスポット通信に変更になった為、より高度な支援から、主として注意喚起を想定したシステムに変更された。また、車車間通信を利用するシステムの開発に着手した。事故分析に基づいてシステムの役割やあり方を検討し、検討結果をコンセプト仕様書としてまとめるとともに、実車で車車間通信を行ってシステムの機能を確認するための検証実験を（独）北海道開発土木研究所の苫小牧寒地試験道路にて行い、実験の公開及び内外関係者と意見交換する国際シンポジウムを開催した。図1に公開実験の状況を示す。⁽¹⁾



図1 公開実験の状況（第3期）

2. 2. 第4期～第5期 ASV 推進計画

2. 2. 1. 第4期 ASV 推進計画

第4期では通信利用型安全運転支援システムの実用化に向けた検討を促進することを目的とした活動を行った。交通事故の実態に基づき、総合的観点からより効果的・効率的な対策を系統的に整理するため、平成17年の全国交通事故統計データ（マクロデータ）を用いて事故分析を行い、対策の方向性について整理した総合安全戦略を策定した。この中で通信利用型安全運転支援システムによってドライバを支援する場面のうち、優先的に検討を行う場面を抽出した。また、第4期では、ITS 推進協議会の大規模実証実験に参画

する形で、次の実証実験を行った。

- ①テストコースにおける電波伝搬・伝送特性実験
- ②地域公道走行実験（効果評価）
- ③公道総合実験及び公開デモ

上記①は（財）日本自動車研究所模擬市街路において車車間通信用メディアの候補である2種類の電波（700MHz 帯、5.8GHz 帯）を対象とした、電波伝搬・伝送特性の測定を総務省と共同で行った。実験の結果、通信エリア及びパケット到達率に関して、いずれのメディアも実用化を検討している支援システムを実現するための要件を満足することを確認した。図2に、1対1及びN対N通信実験結果から算出した支援システムごとの積算パケット到達率を示す。

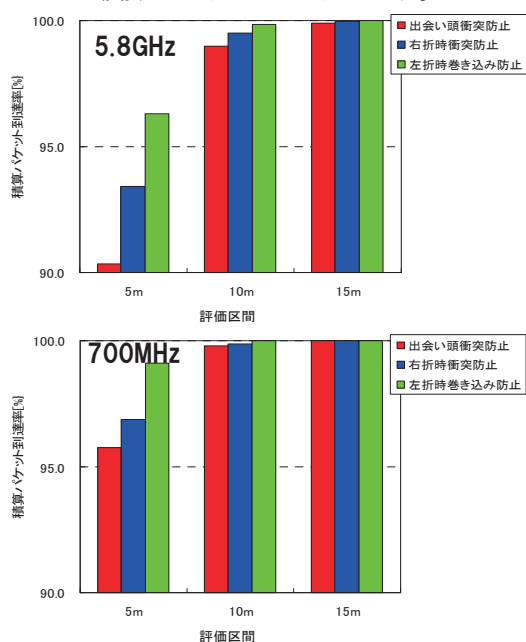


図2 支援システムごとの積算パケット到達率

上記②では、東京（神奈川）、愛知、栃木、広島の4地域において、実用化を検討している支援システムの有効性について、実車実験を行った。図3に検証実験を行った支援システムの例として、出会い頭衝突防止システムの模式図を示す。また、実験の結果から、提供された支援をドライバが有効に利用することにより、設計の狙い通りの効果が得られる割合を推定したものを表1に示す。支援システムによって値は異なるが、0.4～0.6程度となった。

第4期の成果として、上記の検証実験の結果から抽出された技術課題を踏まえ、設計上の留意事項やユーザーへの配慮事項等についてまとめた「通信利用型実用化システム基本設計書」を策定した。

2. 2. 2. 第5期 ASV 推進計画

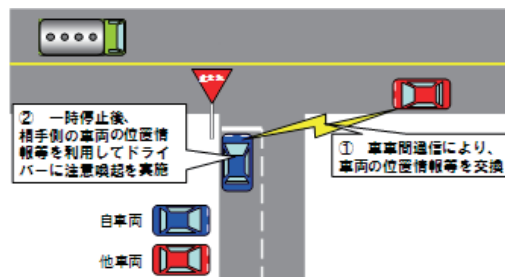


図3 検証実験を行った支援システムの例（出会い頭衝突防止システム）

表1 効果評価の結果（支援の効果が得られる割合）

システム名	支援したときの有効率を表すパラメータの推定値
右折時衝突防止システム	0.5程度
出会い頭衝突防止システム	0.4程度
左折時衝突防止システム	0.6程度
追突防止システム	0.6程度

第5期では主に以下の項目について検討を行っており、一部は実施した。

- ①次世代の通信利用型システムに関する検討
- ②歩車間通信システムに関する検討
- ③ITS 世界会議 2013 東京への参画

上記①では、第4期で検討した車車間通信による支援システムの更なる熟成や新たな支援システムの検討を行うとともに、メッセージセットを始めとする国際的に応用可能な協調システムの検討及び普及のためのシナリオ検討等を行っている。

上記②では、近年歩行者事故の対策が重要になってきていることから、歩行者事故の分析を行うとともに、歩行者と車両との間で通信を行う歩車間通信を利用した支援システムについて検討を行っている。

上記③では、2013年10月14日～18日に開催された ITS 世界会議東京において、ショーケースデモへ ASV として参加し、車車間通信及び歩車間通信を利用した計6種類の支援システムのデモを実施した。図4に ASV ショーケースデモのパフレットを示す。

3. 当研究所における実験の概要

3. 1. 実験の目的

当研究所では、ASV 推進計画における通信利用型安全運転支援システムの検討に資することを目的とし、安全運転のための支援情報を一般のドライバに提示した場合の運転行動の変化や受容性等について、ドライビングシミュレータ（以下、DS とする）を用いた実験を2008年度より実施している。図5に当研究所のDSの外観図を示す。以下、これまでに実施した実験の概要を報告する。



図4 ASVショーケースデモのパンフレット



図5 ドライビングシミュレータの外観

3. 2. HMIに関する実験（2008年度～2009年度）

ITS推進協議会大規模実証実験WGにて2007年に「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」が作成された。これは通信利用型安全運転支援システムのHMI（Human Machine Interface）に関して配慮すべき項目をまとめたものである。本資料の検討段階において、次の2項目は実験による確認が必要な課題とされたため、当研究所で確認実験を実施した。

- ①警報、注意喚起を行う場合、音と共に視覚や触覚により情報を伝達すること。（複数の伝達手段）
- ②車車間通信の場合は他車両から、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ーへ提示すること。（サービスイン）

上記①については、視覚情報と聴覚情報を組み合わせた場合に、ドライバーが視覚情報を注視することにより危険回避行動が遅れてしまうような事象が無いかどうか確認することを目的とした。DS上で実験参加者に高速道路を走行させ、前走車を追従走行中に、前走

車が任意のタイミングで減速する追従走行実験及び自車が単独で走行中、前方に低速車両が出現する低速車実験を行った。ドライバーへの情報提示は、「無し」、「聴覚のみ」、「視覚+聴覚」とした。表2に情報提示の内容を示す。実験の結果、追従走行実験、低速車実験ともに、視覚情報を注視し続けることによる危険回避の遅れは確認されず、簡易な図形と文字による視覚情報を聴覚情報と組み合わせて使用することに問題は無いことを確認した。図6に実験結果の例として、追従走行実験時のブレーキ反応時間の分布を示す。

表2 情報提示の内容

情報	視覚	聴覚
注意喚起		ビピビピ 「追突注意」

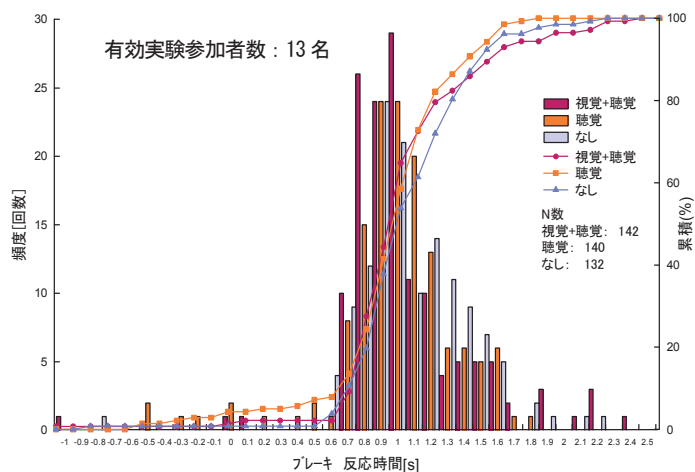


図6 実験結果の例（前走車追従実験）

上記②については、ドライバーに支援情報（他車両の接近に対する注意喚起）を提示する前に、他車両や路側機から情報を取得していることを知らせることにより、ドライバーが支援情報を得ることに對し過度に期待してしまい、期待通りに支援情報を得られなかった場合に危険な事象を誘発するようなことが無いかどうか確認することを目的とした。実験場面は、信号付交差点の右折（以下、右折実験とする）及び信号無し交差点における一時停止後の左折（以下、出会い頭実験とする）とした。図7に実験場面の例として出会い頭実験の模式図を示す。また、実験に使用したHMIの仕様を表3に示す。実験の結果、路車間通信については、右直実験及び出会い頭実験ともに、対象交差点における他車両との接近状況に関して、サービスインの

有無による有意な差は見られなかった（有意水準 5% の t 検定）。一方、車車間通信については、出会い頭実験において、サービスインを行った場合の方が、行わなかった場合よりも、対象交差点において、一時停止後に発進して交差点に進入する際に、右側から接近してくる非通信の車両との時間的な間隔がより短くなる（衝突に対するマージンが減少する）側に有意な差が見られた（有意水準 5% の t 検定）。これは接近する複数台の車両のうちの 1 台との情報交換によりサービスイン情報をドライバに提示すると、サービスインを提示している間に接近する車両全てに対して支援情報が提示されるものと誤解されやすい為であると考えられる。この結果から、車車間通信においてはサービスインの採択をより慎重に行う必要があることが分かった。車車間通信における出会い頭実験の結果の例を図 8 に示す。

3. 3. 位置精度の影響に関する実験（2010 年度）

車車間通信を用いた安全運転支援システムでは自車両及び相手車両の位置情報が重要であるが、走行環境やシステム構成の違い等により、システムが認識する位置情報に数メートル～数十メートル程度の誤差が生じる場合がある。通信利用型実用化システム基本設計書では 2010 年代前半に実用化可能な技術を用い

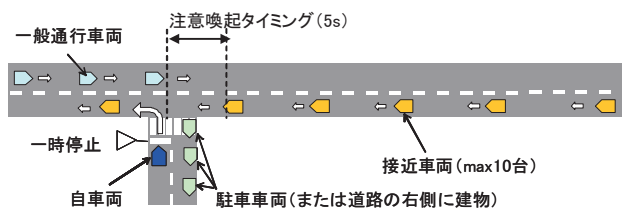


図 7 実験場面の模式図（出会い頭実験）

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			ビビビビ「右側からの車に注意しましょう」	
			ビビビビ「直進車に注意しましょう」	

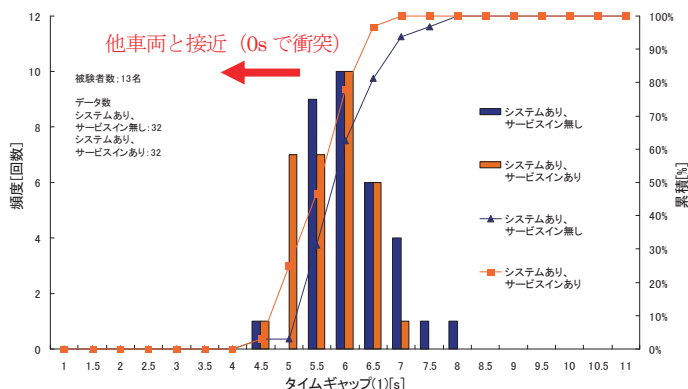


図 8 実験結果の例（車車間通信 出会い頭実験）

た位置標定方法に基づく 3 つの位置標定クラス（A～C クラス）と測位誤差の目安が定義されている。本実験では位置情報に含まれる誤差（以下、位置誤差とする）により想定される事象を DS 上で再現し、一般ドライバへ与える影響について実験による評価を行った。実験では位置標定クラスの中で位置誤差が比較的大きい B クラス（約 15m 目安）及び C クラス（約 30m 目安）同士の車両接近までを想定し、以下のケースについて、位置誤差が 0（基準）のケースと比較する形で実験参加者に支援情報を提示した。

- 位置誤差により、支援情報を提示するタイミングが基準よりも早くなるまたは遅くなるケース
- 位置誤差により、不要な支援情報がドライバへ提示されるケース

例：他車両が接近する交差点よりも 1 つ手前の交差点で支援情報が提示される。

- 位置誤差により、支援情報が提示されないケース

図 9 に実験を行った 4 種類の支援システムについて、DS のスクリーン画像の例を示す。

実験参加者は支援システム毎に設定し、日常的に運転する 15～19 名の男女とした。また、実験中及び実験終了後のアンケートにより評価を行った。

図 10 は実験中に支援情報提示タイミングの変化に気付いた人の割合を示したものである。実験に参加した人の 7 割程度以上の人々がタイミングの変化に気付いている。図 11 はタイミングの変化を正しく指摘した人のうち、タイミングの変化が気になると回答した人の割合をしめしたものである。いずれの実験においても、タイミングの変化が気になる、または少し気になると回答した人の割合は、早くなるケースの方が遅くなるケースよりも低くなっている。このことから、タイミングの変化に気付く人の割合が高い事象は

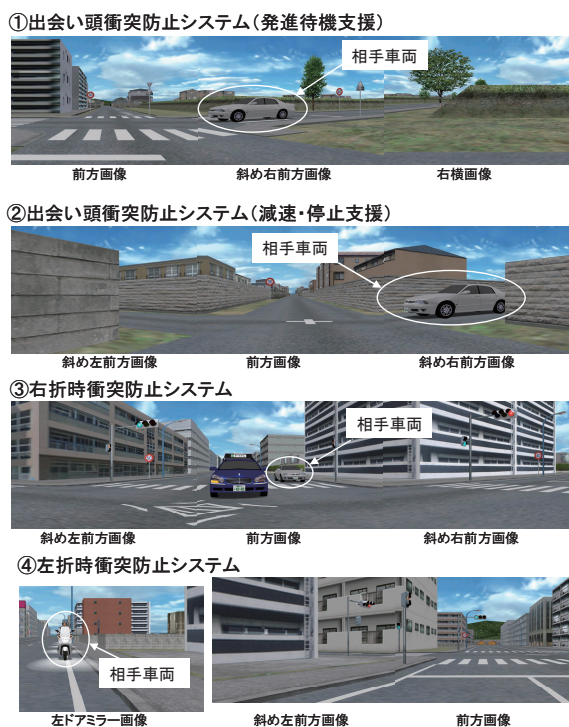


図9 DSスクリーン画像の例

ドライバにとって必ずしも受け入れ難い事象とは言えず、また、タイミングが早くなるケースの方が、遅くなるケースよりもドライバの受容性はより高いことが分かった。図12は不要な支援情報の提示（不要支援）及び支援情報の不提示（不支援）となるケースにおける実験中のアンケート結果の例として、図9の①の支援システムについて示したものである。

不要支援については、場面によって違和感を指摘する人の割合が大きく異なる結果となっており、提示された情報と実際の場面との乖離が大きい場合には大多数の人が違和感、不自然さを指摘するが、状況を理解しやすい場合には指摘する人の割合が少なくなることが分かった。一方、不支援については非通信車両だと思う人が多く、違和感を指摘する人の割合は相対

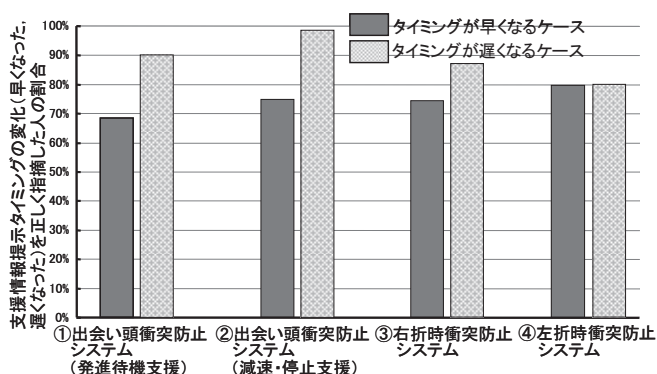


図10 実験中のアンケート結果の例
(情報提示タイミングの変化に気付いた人の割合)

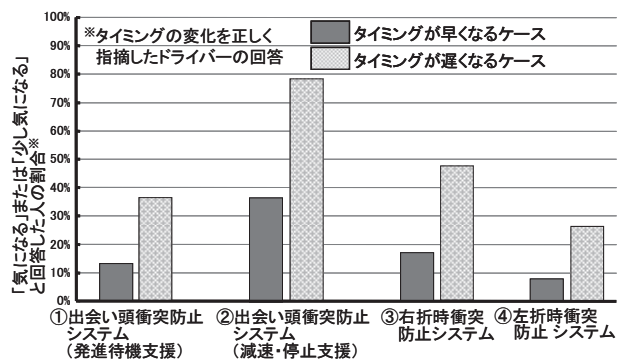


図11 実験中のアンケート結果の例
(タイミングの変化が気になると回答した人の割合)

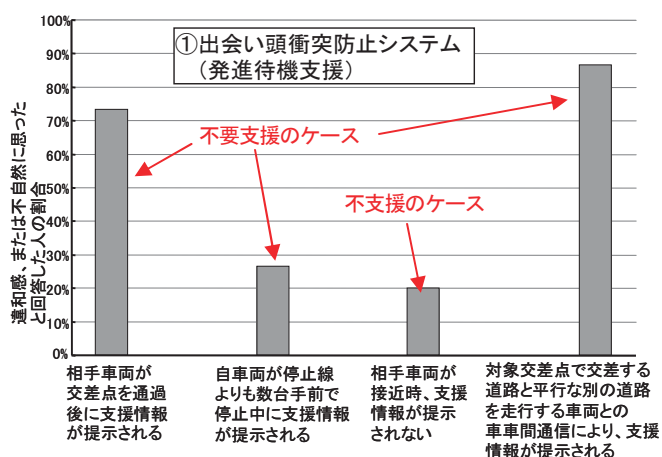


図12 実験中のアンケート結果の例
(不要支援または不支援のケース)

的に小さかった。以上を総括すると、ドライバは位置誤差による影響をある程度許容することが分かった。

3. 4. 歩車間通信の効果・受容性等に関する実験 (2011~2012 年度)

第5期 ASV 推進計画において歩車間通信システムの検討を開始したことを受け、歩行者の情報をドライバに提示することによる運転行動の変化や受容性について確認することを目的とした DS 実験を行った。

実験場面は、全部で8場面設定した。図13に抜粋を示す。ドライバへ情報提供する対象歩行者は、衝突回避が必要な歩行者（図中茶色）及び衝突回避が不要な歩行者（図中緑色）とした。また、HMI は音と表示を用いた。図14にHMI の例を示す。

2011 年度の実験では、主として衝突回避が必要な歩行者の情報をドライバに提示した場合の運転行動の変化について評価を行った。実験の結果、情報提供により衝突回避のためのブレーキ操作の開始が早くなる等の運転行動の変化が大部分の実験参加者に見られた。図15に情報提供により衝突回避のためのブレ

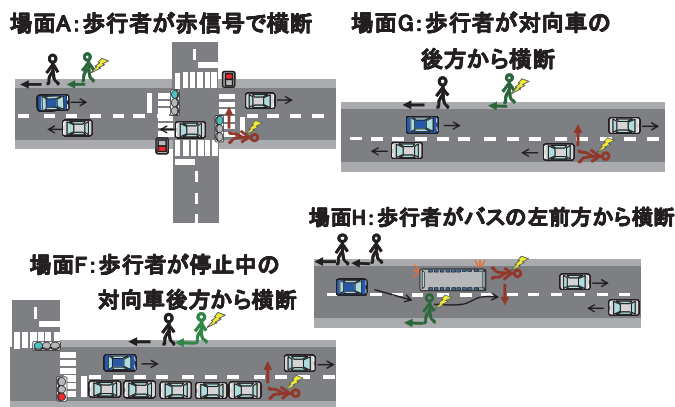


図 13 実験場面（抜粋）



「ピンポン、右に歩行者がいます」

図 14 HMI の例

ブレーキ操作開始が平均 0.9s 程度早くなった例を示す。

一方、現在の位置評定技術では、歩車間通信によって得られる自車周辺の歩行者情報のうち、衝突を回避する必要のある歩行者に限定してドライバーに情報提供することは困難であることから、2012 年度の実験では、衝突の回避が必要な歩行者の情報提供に対する衝突の回避が不要な歩行者の情報提供の頻度を増やしていき、効果・受容性の変化について確認した。図 16 に実験結果の例を示す。情報提供によって衝突回避のためのブレーキ操作開始が 1s 以上早くなった人の割合をプロットしたものである。横軸の右側に行くほど、実験開始からの時間が経過しており、情報提供を経験した回数が多くなっている。横軸の「パート 2、パート 3 の 1 回目」は、衝突回避が不要な歩行者の情報提供を経験する前の結果である。「パート 3 の 2 回目（最後）」は、衝突回避が必要な歩行者の情報提供と衝突回避が不要な歩行者の情報提供を 1:3 の比率で

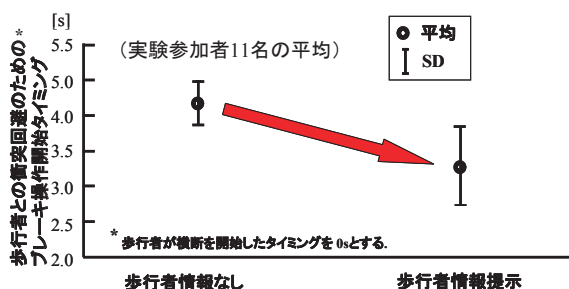


図 15 ブレーキ操作開始タイミングに関する実験結果の例（場面 A）

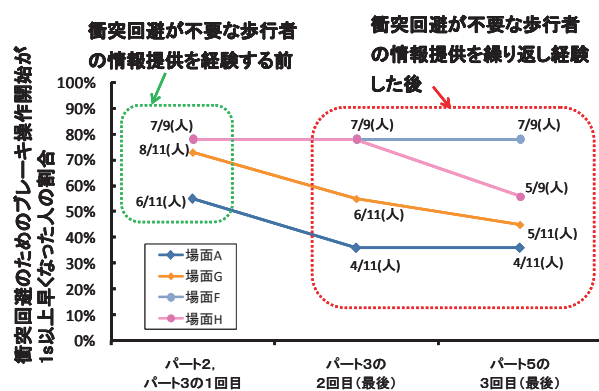


図 16 実験結果の例
（ブレーキ操作開始が 1s 以上早くなった人の割合）

行った後の結果である。同様に「パート 5 の 3 回目」は、1:6 の比率で行った後の結果である。実験場面による違いは見られるが、衝突回避が不要な歩行者の情報提供を繰り返し経験することにより、衝突回避が必要な歩行者の情報提供が行われた場合にブレーキ操作開始が早くなる人の割合が減少することが分かった。また、上記とは別に、衝突回避が不要な歩行者に対する情報提供が行われた直後に別の非通信の歩行者（衝突回避要）が横断するケースにおいて、後から出てきた歩行者と接触する事象が 1 件確認された。

これらの結果から、歩行者情報をドライバーに提示することにより、より安全サイドへの運転行動の変化が期待できるが、一方で衝突回避が不要な歩行者の情報を提示することを減らすための検討が重要であることが分かった。

4. まとめ

通信利用型安全運転支援システムについて、ASV 推進計画における検討概要について紹介するとともに、当研究所で行った実験の概要について紹介した。通信利用型安全運転支援システムは、特にドライバーから見えない（見え難い）場面において事故リスク低減のための重要な方策として期待されていることから、当研究所においても検討を続けていく予定である。

参考文献

- (1) 先進安全自動車推進検討会:先進安全自動車(ASV)推進計画 報告書一第 3 期 ASV 計画における活動成果について一国土交通省自動車交通局、(2006)
- (2) 先進安全自動車推進検討会:先進安全自動車(ASV)推進計画 報告書一第 4 期 ASV 計画における活動成果について一国土交通省自動車交通局、(2011)