

## 2. 通信利用型安全運転支援システムに関する検討

— 位置精度がドライバーへ与える影響について —

自動車安全研究領域 ※児島 亨 波多野 忠 田中 信壽 廣瀬 敏也（現 国土交通省）

### 1. はじめに

年間約80万件という高い水準で発生し続けている交通事故を削減するための車両安全対策として、先進安全自動車（ASV）推進計画が実施されており、2006年度～2010年度にかけて実施された第4期ASV推進計画では通信利用型運転支援システムの実用化に向けた取り組みが行われた<sup>(1)</sup>。

車車間通信を用いた安全運転支援システムにおいて、支援情報を適切にドライバーへ提供するために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って、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。第4期ASV推進計画で策定された通信利用型実用化システム基本設計書<sup>(2)</sup>には、2010年代前半に実用化可能な技術を用いた位置標定方法に基づく3つの位置標定クラスと測位誤差の目安が定義されている。本研究では位置情報の中に含まれる誤差（以下、「位置誤差」とする）によって想定される事象をドライビングシミュレータ（以下、「DS」とする）上で再現し、一般のドライバーへ与える影響について実験による評価を行った。

実験では上記の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、現実起こりうるさまざまなケースをDS上で再現しドライバーに提示した。

なお、本発表は国土交通省受託調査「平成22年度通信利用型安全運転支援システムの位置精度に関する影響調査」で実施した内容についての報告である。

### 2. 実験の対象としたシステム

本研究では車車間通信を利用した安全運転支援システムのうち、下記①～④を対象とした。

- ①出会い頭衝突防止システム（発進待機支援）
- ②出会い頭衝突防止システム（減速・停止支援）
- ③右折時衝突防止システム
- ④左折時衝突防止システム

上記①は自車両が非優先道路を走行中、一時停止規制のある出会い頭交差点において発進待機中に、直交道路を走行する他車両の接近をドライバーに知らせるシステムである。上記②は優先／非優先が明確ではない2つの直交する道路上の出会い頭交差点（一時停止規制無し）において、直交道路を走行する他車両の接近をドライバーに知らせるシステムである。また、上記③は自車両が交差点を右折時に対向直進車両の接近をドライバーに知らせるシステムであり、上記④は自車両が交差点を左折時に後方からの2輪車の接近をドライバーに知らせるシステムである。上記のうち、①、③、④については前記のシステム基本設計書<sup>(1)</sup>において、2010年代前半に実用化が可能なシステムとして定義されている。また、②については、第4期ASV推進計画においてコンセプト等が検討された。

上記①～③の実験では車車間通信の相手車両を乗用車とし、④の実験では2輪車とした。

## 3. 実験方法

### 3. 1. 実験参加者

実験参加者は、日常的に運転を行う20代～40代の男女とし、①及び②の実験については同一の15名（男性5名、女性10名）で実施した。また、③の実験については19名（男性10名、女性9名）、④の実験については16名（男性6名、女性10名）で実施した。

実験参加者に対し、各人が参加した実験において設定した全ての実験ケースを実施した。

### 3. 2. 運転タスク及び支援情報を提示するケース

実験を実施する際の運転タスクは、①は一時停止規制のある交差点を左折（相手車両は右方向から接近）、

②は一時停止規制の無い交差点を直進（相手車両は右方向から接近）、③は信号付交差点を右折（相手車両は対向方向から接近）、④は信号付交差点を左折（相手車両は後方から接近）とした。

表1に①～④の実験で実施した情報提示のケースを示す。①～④ともに、最初に位置誤差が無く、相手車両の接近に対し誤差の無いタイミングで支援情報が提示されるケースを実施した。本ケースは支援情報提示の基準となるものであることを実験参加者に告げ、位置誤差の無い支援に実験参加者が慣れることを目的に3回実施した。次に自車両と相手車両の位置誤差によって、支援情報が位置誤差0mの基準よりも早いタイミングで（相手車両がより遠くにいる時点で）提示されるケースを、位置誤差の異なる2条件（自車両と相手車両の位置誤差の合計が30m及び60m）について実施した。続いて自車両と相手車両の位置誤差によって支援情報が基準よりも遅いタイミングで（相

手車両がより近づいた時点で）提示されるケースを、位置誤差の異なる2条件（自車両と相手車両の位置誤差の合計が30m及び60m）について実施した。ここまでの各ケースについて、最初に相手車両が1台のみ接近する条件で実施し、その後に5台（車車間通信は3台目のみ）の相手車両が一定の車間時間（実験①～③は2s, 実験④は0.5s）で続けて接近する条件で、同様に一連のケースを実施した。

タイミングが変化するケースを全て終了した後、例えば①の実験において、直交道路を走行する相手車両が交差点を通過した後に接近情報が提示されるケースのように、位置誤差が大きいことによって、結果的に支援情報としての価値が無く不要な支援となる（以下、「不要支援」とする）ケース及び車車間通信システムを搭載した相手車両が接近しているにも関わらず支援情報が提示されないまま相手車両が通過する（以下、「不支援」とする）ケースを、①～④のシステムごとに場面を設定し実施した。不要支援及び不支援のケースでは、いずれも相手車両は1台で行った。

相手車両の走行速度は、実験に使用した道路の制限速度に合わせ、実験①は40km/h、実験②は30km/h、実験③は50km/hとした。実験④については、直線道路を制限速度付近で走行する自車両に、相手車両が後方から徐々に接近する状況を再現するため、制限速度より5km/h高い55km/hとした。

なお、本実験においては、1つのケースを実施する間の位置誤差の値は一定とした。

### 3. 3. 実験に使用したHMIの仕様及び支援レベル

実験に使用した Human Machine Interface（以下、「HMI」とする。）は、カーナビ用モニタ画面上への表示及び車室内スピーカーからの音とした。図1に実験に使用したHMIの仕様を示す。支援レベルは、支援

表1 実験を実施したケース

○：実験を実施

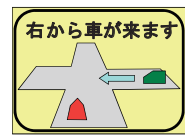
実験条件	①出会い頭衝突防止システム (発進待機支援)	②出会い頭衝突防止システム (減速・停止支援)	③右折時衝突防止システム	④左折時衝突防止システム
基準(位置誤差が無い条件で支援情報をドライバーに提示)				
誤差の無いタイミングで提示	○	○	○	○
位置誤差によって支援情報をドライバーに提示するタイミングが変化する条件				
基準よりも早いタイミング(相手車両がより遠くに存在)で提示	○	○	○	○
基準よりも遅いタイミング(相手車両がより近くに存在)で提示	○	○	○	○
位置誤差によって不要な支援情報がドライバーに提示される条件				
相手車両が交差点を通過後に支援情報が提示される	○	○		
自車両が交差点を通過後に支援情報が提示される		○		
自車両が停止線よりも数台手前で停止中に支援情報が提示される	○			
対象交差点で交差する道路と平行な別の道路を走行する車両との車車間通信により、支援情報が提示される	○		○	○*
* ④については別の道路を走行する車両に2輪車を使用				
相手車両が接近する交差点よりも1つ手前の交差点に自車両が近づいた時点で支援情報が提示される		○		
左後方から接近する相手車両(2輪車)が自車両の左横をすり抜けた後に支援情報が提示される				○
相手車両(2輪車)が自車両の左前方を走行中に支援情報が提示される				○
相手車両(2輪車)が自車両の右後方を走行中に支援情報が提示される				○
位置誤差によって支援情報がドライバーに提示されない条件				
相手車両が接近時、支援情報が提示されない	○	○	○	○

①出会い頭衝突防止システム  
(発進待機支援)



「ピンポン、右から車が来ます」

②出会い頭衝突防止システム  
(減速・停止支援)



「ピンポン、右から車が来ます」

③右折時衝突防止システム



「ピンポン、対向車が来ます」

④左折時衝突防止システム



「ピンポン、後ろから2輪車が来ます」

図1 実験に使用したHMIの仕様

を受けたドライバーが通常時の運転行動で対応することを想定し、「情報提供」とした。

### 3. 4. 支援情報を提示するタイミング

支援情報の提示は、自車両と相手車両の間の距離を相対速度で割った値（単位[s]）が設定値以下となった時点で開始する仕様とした（0s となった時点で終了）。

自車両と相手車両間の距離を計算する際に、双方の誤差を含んだ位置情報を用いることにより、支援情報提示タイミングの変化等、表1の各事象を再現した。

### 3. 5. 実験装置

図2に実験に使用したDSの外観図を示す。運転席に実際の車両を使用し、マルチスクリーンにより水平方向の視野角は216deg確保されるため、交差点等で安全確認を行う際の見通しを現実と近い形で再現可能である。後方から接近する2輪車については室内ミラー及び左右ドアミラーを通じて視認可能とした。また、複数の動揺装置により、車両運動をドライバーがより現実に近い形で体感することが可能である。

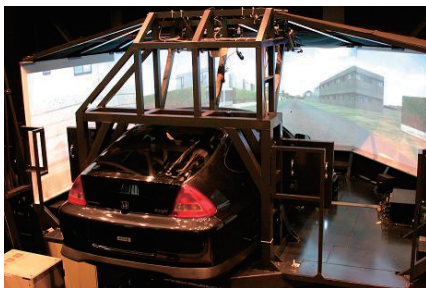


図2 実験に使用したドライビングシミュレータ

図3に①～④の各実験に用いたスクリーン画像の例を示す。①については比較の見通しが良く、一時停止後、停止線から1～2m程度車両を前進させれば相手車両が接近する様子を目視可能である。これに対し②は、道路脇のブロック塀が横方向の視界を遮るため、交差点の手前側では相手車両が接近する様子を目視できず、自車両が1m程度交差点内に進入することによって相手車両が接近する様子を目視可能となる。このため、相手車両の走行ラインを道路中央寄りに設定した。また、③については対向車線側に配置した右折待ち車両が視界を遮るため、交差点の手前側では対向直進車両が接近する様子を目視できないが、交差点の中央付近まで進入することによって相手車両が接近する様子を目視可能となる。④についてはミラーを通じて相手車両が後方から接近する様子を目視可能である。なお、①～④の各実験において、練習走行時に、交差点付近において相手車両と接触すること無く接

近する様子を目視可能な自車両の停止位置を実験参加者に確認してもらった。

#### ①出会い頭衝突防止システム(発進待機支援)



#### ②出会い頭衝突防止システム(減速・停止支援)



#### ③右折時衝突防止システム



#### ④左折時衝突防止システム



図3 スクリーン画像の例

### 3. 6. 実験参加者への実験前の教示内容

①～④の各実験の参加者に対し、システムからの支援情報は、情報で示された方向から他車両が接近中であることを意味することを教示した。なお、情報の提示によって、特定の運転行動をドライバーが強制されることはなく、判断はドライバー自身に委ねることを伝えた。加えて接近する相手車両を止まってやり過ごすか、あるいは自車両が相手車両に対し先行するかについても各自の判断に委ねることを伝えた。

また、相手車両にもシステムが搭載されている場合のみ支援情報が提示されることについても教示した。

### 3. 7. 評価方法

評価については主として実験中及び実験終了後に実施したアンケート結果を用いて行った。

実験中に実施したアンケートは、表1に示す位置誤差0mの基準以外の各実験条件を1ケース終えるごとに、運転席に座ったまま口頭で行った。支援タイミングが変化するケースについては、最初に基準と比較してタイミングが変化したか否か及び早くなったか遅くなったかを5つの選択肢（「早くなった」、「少し早くなった」、「同じ」、「少し遅くなった」、「遅くなった」）から選んでもらい、次にタイミングが変化したと回答した人を対象に、変化したことが自分自身の運

転にとって気になるか否かを5つの選択肢（「とても気になる」、「少し気になる」、「どちらとも言えない」、「あまり気にならない」、「全く気にならない」）から選んでもらった。最後に気になるという回答した人に具体的にどんな点が気になるかを説明してもらった。また、表1の不要支援または不支援のケースについては、最初に当該ケースについて違和感、不自然に感じたか否かを5つの選択肢（「非常にそう思った」、「少し思った」、「どちらとも言えない」、「あまり思わなかった」、「全く思わなかった」）から選んでもらい、次に違和感、不自然に感じた（または感じなかった）理由を説明してもらった。

実験終了後アンケートは、不要支援が行われることに対しどのように思うかについて、実験参加者が控室に戻った後に本人が用紙に記入する形で行った。

#### 4. 実験結果及び考察

##### 4. 1. 1. 実験中のアンケート結果

図4に①～④の各実験中に実施したアンケートのうち、支援のタイミングを変化させたケースについて、タイミングの変化を正しく認知した人、すなわちタイミングが早くなるケースで早くなったことに気付いた人及びタイミングが遅くなるケースで遅くなったことに気付いた人の割合を示す。また、図5に、タイミングの変化を正しく認知した人のうち、タイミングが早くなるケースで早くなったことが気になる、または少し気になるという回答した人及びタイミングが遅くなるケースで遅くなったことが気になる、または少し気になるという回答した人の、各実験の全参加人数に対する割合を示す。図4～5より、①～④のいずれの実験においても、タイミングが早くなるケース、遅くなるケースともに、タイミングの変化に気付いた人の割合よりも、変化したことが気になるという回答した人の割合の方が低くなっている。このことから、タイミングの変化に気付くことと、変化したことが運転する上で気になるか否かとは別のことであると考えられ、気付く人の割合が高い事象はドライバーにとって受け入れ難い事象であるとは一概に言えないことが分かった。また、図5より、①～④のいずれの実験においても、支援開始タイミングの変化が気になる、または少し気になるという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。両者の違いについて有意水準5%のt検定を行ったところ、

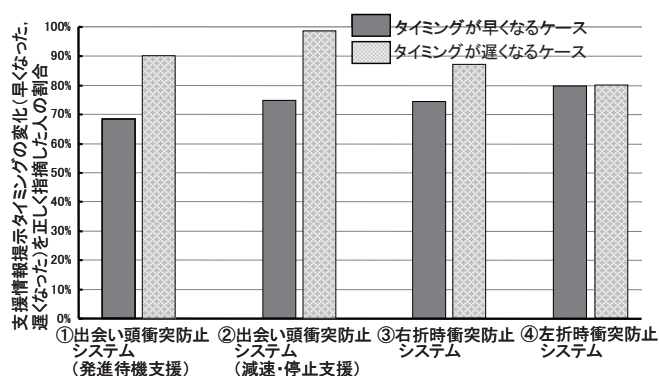


図4 実験中のアンケート結果 (情報提示タイミングの変化に気付いた人の割合)

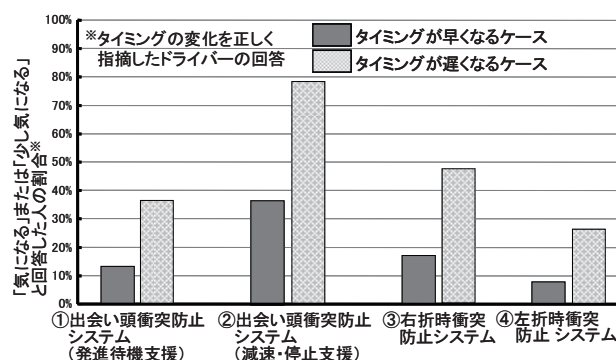


図5 実験中のアンケート結果 (タイミングの変化を正しく指摘した人のうち「気になる」または「少し気になる」と回答した人の割合)

①～④の全ての実験において有意な差となった。また、具体的に気になる点についての回答としては、タイミングが早くなるケースについては、「支援情報が提示されてから相手車両が通過するまでの間、余分に待たされた」という指摘が多かったのに対し、遅くなるケースについては、「遅すぎて情報として役に立たない」という指摘が多かった。支援情報を有効に活用して運転しようとする人にとって、遅くなるケースでは時間的な余裕が少なくなったため、気になるという回答した人の割合がより高くなったものと考えられる。よって今回の実験結果からは、支援の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ーの受容性は高いと考えられる。

#### 4. 2. 不要支援及び不支援のケース

##### 4. 2. 1. 実験①に対する実験中のアンケート結果

図6に実験①で実施した不要支援及び不支援のケースについて、実験中に実施したアンケートの結果として、ケースごとに違和感、不自然に感じた人の割合をまとめたものを示す。

不要支援については実施した3ケースのうち、相手車両が交差点を通過した後に支援が行われたケース

及び並走する別の道路上の車両との車車間通信によって支援が行われたケースについては、違和感、不自然に感じた人の割合が70%以上の高い値になっているが、停止線の数台後方で待機中に支援が行われたケースについては30%以下となっている。違和感、不自然に感じた人の割合が高いケースについて、理由として多かったのは、「システムからの情報で提示された方向を確認したが、相手車両が見つからなかったから」であった。これに対し、違和感、不自然に感じた人の割合が低かったケースについて、違和感、不自然に感じなかった理由として多かったのは、「交差点の状況が把握できるから」であった。

不支援については違和感、不自然さを指摘した人の割合は、不要支援の各ケースに比べ、より低い値となっている。指摘しなかった人の理由としては、「非通信車両であると思ったから」が過半数を占めた。

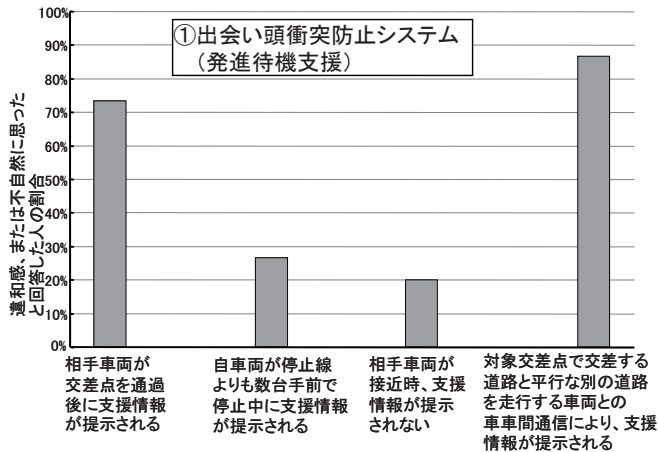


図6 実験中のアンケート結果 ①  
(不要支援または不支援のケースで違和感、または不自然に思ったと回答した人の割合)

#### 4. 2. 2. 実験②に対する実験中のアンケート結果

図7に実験②で実施した不要支援及び不支援のケースについて、実験中に実施したアンケートの結果として、ケースごとに違和感、不自然に感じた人の割合をまとめたものを示す。

不要支援については実施した3ケースのいずれも違和感、不自然に感じた人の割合が70%以上の高い値になっている。理由として多かったのは、「提示された方向から相手車両が近づいて来ると思い待機したが、来なかったから」であった。

不支援については違和感、不自然さを指摘した人の割合は、不要支援の各ケースに比べ、より低い値となっている。指摘しなかった人の理由としては、「非通信車両であると思ったから」が過半数を占めた。

「非通信車両であると思ったから」が過半数を占めた。

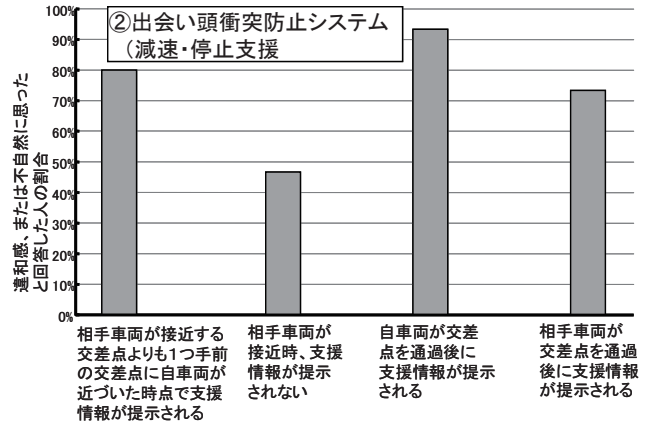


図7 実験中のアンケート結果 ②  
(不要支援または不支援のケースで違和感、または不自然に思ったと回答した人の割合)

#### 4. 2. 3. 実験③に対する実験中のアンケート結果

図8に実験③で実施した不要支援及び不支援のケースについて、実験中に実施したアンケートの結果として、ケースごとに違和感、不自然に感じた人の割合をまとめたものを示す。

不要支援については実施した2ケースのいずれも違和感、不自然に感じた人の割合が90%以上の高い値になっている。理由として多かったのは、「対向車が近づいて来るものと思いついたが、来なかったから」であった。また、「システムの誤作動ではないかと思った」との回答も複数見られた。

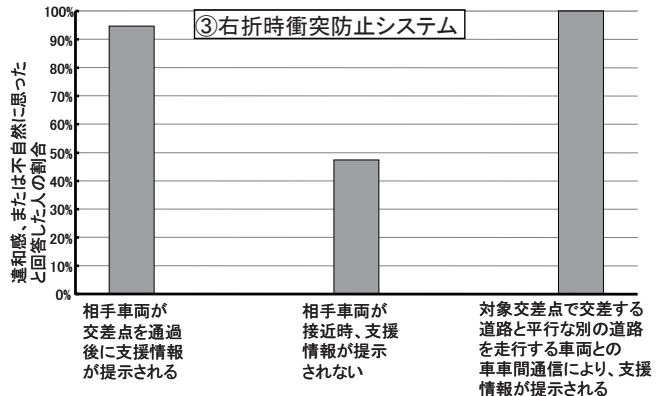


図8 実験中のアンケート結果 ③  
(不要支援または不支援のケースで違和感、または不自然に思ったと回答した人の割合)

不支援については違和感、不自然さを指摘した人の割合は、不要支援の各ケースに比べ、より低い値となっている。指摘しなかった人の理由としては、「非通信車両であると思ったから」が過半数を占めた。

#### 4. 2. 4. 実験④に対する実験中のアンケート結果

図9に実験④で実施した不要支援及び不支援のケ

ースについて、実験中に実施したアンケートの結果としてケースごとに違和感、不自然に感じた人の割合をまとめたものを示す。

不要支援については実施した4ケースのうち、相手車両が自車両の左横を通過して左前方に出た後に支援が行われたケース、相手車両が左前方を走行中に支援が行われたケース及び並走する道路上の車両との車車間通信によって支援が行われたケースについては、違和感、不自然に感じた人の割合が70%以上の高い値になっているが、相手車両が自車両の右後方を走行中に支援が行われたケースについては30%程度の低い値となっている。違和感、不自然に感じた人の割合が高いケースについて理由として多かったのは、「後方から2輪車が来ると思い確認したが見つからなかったから」であった。一方、違和感、不自然に感じた人の割合が低いケースについて違和感、不自然に感じなかった理由として多かったのは、「右後方の2輪車が情報提供の対象だと理解できたから」であった。

不支援については違和感、不自然さを指摘した人の割合は、不要支援の各ケースに比べ、より低い値となっている。指摘しなかった人の理由としては、「非通信車両であると思ったから」が過半数を占めた。

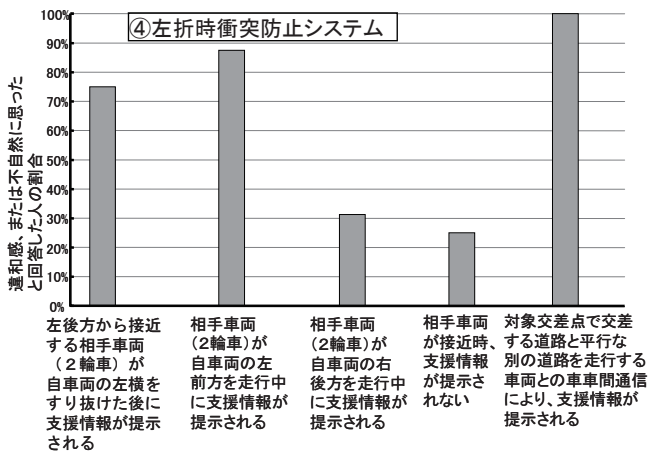


図9 実験中のアンケート結果 ④

(不要支援または不支援のケースで違和感、または不自然に思ったと回答した人の割合)

実験①～④のアンケート結果を総括すると、不要支援のケースについては、システムから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、システムから提示された情報に対し、ドライバーが状況を理解しやすい場合には違和感、不自然さを指摘する人はより少なくなることが分かった。一方、不支援のケースについては、相手車両が非通信車両であると解釈することによ

って、違和感、不自然さを指摘する人は、不要支援の各ケースに比べ、より少ないことが分かった。

### 4. 3. 実験終了後のアンケート結果

図10に実験終了後に実施したアンケートの結果を示す。①～④のいずれの実験においても不要支援に対し、「全く気にならない」、「やむを得ない」、「ごく稀であればやむを得ない」で全体の90%以上を占めている。今回の実験では、不要支援を経験した直後には違和感、不自然さを指摘する人でも時間が経つとやむを得ない事象として許容する人が多く見られた。

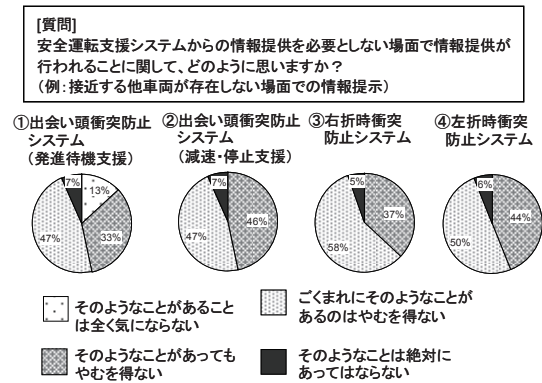


図10 実験終了後のアンケート結果

### 5. まとめ

位置誤差によって想定される事象をDSで再現し、一般ドライバーによる実験を行い、以下の知見を得た。

(1) 支援タイミングの変化については、タイミングの変化に気付く人の割合が高い事象はドライバーにとって受け入れ難い事象であるとは一概に言えない。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ーの受容性はより高い。

(2) 不要支援については、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が少なくなる。また、大多数の人は、ごく稀であれば不要支援を許容する。

(3) 不支援に対しては、非通信車両だと思う人が多い。

総括すると、不要支援及び不支援を含むBクラス及びCクラスの位置誤差で想定される事象に対し、ある程度許容されることが確認された。

### 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—第4期ASV計画における活動成果について—付録2-2通信利用型実用化システム基本設計書、国土交通省自動車交通局、(2011)