

# インフラ協調安全運転支援システムの受容性を高めるための 表示インターフェイス(第3報)

—情報伝達に対する煩わしさを低減するための視聴覚表示の呈示方法—

Human-Machine Interface to Increase Drivers' Acceptance of Vehicle-infrastructure Cooperative Safe-Driving Support Systems (Third Report)

—Visual and Auditory Displays to Mitigate Drivers' Perceived Annoyance with Information Presentation—

大谷 亮\*1  
Akira OHTANI

江上 嘉典\*2  
Yoshinori EGAMI

岩城 亮\*2  
Ryo IWAKI

中村 之信\*3  
Yukinobu NAKAMURA

## Abstract

This report describes designs of visual and auditory displays in a vehicle to mitigate drivers' perceived annoyance with information presented by a vehicle-infrastructure cooperative safe-driving support system. Twelve drivers drove through a curve on which a vehicle had been parked on a sequence of driving simulator. Drivers were unable to see the parked vehicle but were given information on the collision risk. The results indicated that information presented by auditory tone mitigated drivers' annoyance with the presentation in case of shorter times to collision with the parked vehicle. However, information presented by tones was associated with greater levels of driver annoyance for longer times to collision with the vehicle. Designs of the visual and auditory displays to mitigate the annoyance are discussed.

## 1. はじめに

前報では、ドライバから直接見えないカーブ先の渋滞車両との追突の危険性を知らせるインフラ協調安全運転支援システム(以下、「インフラ協調システム」という)を対象にして、情報伝達に伴う煩わしさの影響要因を検討した<sup>1)</sup>。その結果、カーブの進入直前に視聴覚表示を伝達することにより、主観的な煩わしさが大きく評価され、渋滞車両を回避するために強いブレーキが必要となるなどの負の影響が見られた。この結果は、視覚表示を呈示することで、カーブ走行や渋滞車両を回避するための前方注視が干渉されることによると推察される。

本稿では、前報と同様に、運転シミュレータ(以

下、「DS」という)にカーブ先の見えない箇所に渋滞車両が存在する状況を模擬して、情報提供に対する煩わしさを低減するための視聴覚表示による伝達方法を調査した。

## 2. 実験方法

### 2.1 模擬した交通状況と支援機能

前報と同様に、全方位視野 DS に曲線半径が 90m の左カーブを模擬し、道路両側に遮蔽物を配置して、見通しの悪い状況を設定した(Fig.1)。また、見通しの悪いカーブ先に渋滞車両を配置して、実験参加者(以下、「参加者」という)が 60km/h で定速走行した場合に、初めて視認可能(以下、「視認可能地点」という)となってから 3 秒後に衝突するように設定した。この状況において、渋滞車両との追突の危険性を知らせる渋滞末尾追突防止情報提供機能が作動するようにした。また、情報提供から渋滞車両が視認可能となるまでの時間間隔として、以下の 3 条件を設定した。

\* 1 一般財団法人 日本自動車研究所 安全研究部 博士(心理学)

\* 2 一般財団法人 日本自動車研究所 安全研究部

\* 3 一般社団法人 日本自動車工業会 HMI 分科会長

- ①タイミング遅：視認可能地点に自車先端が到達した時点で情報を提供.
- ②タイミング中：視認可能地点の 50m(自車が 60km/h で走行した場合 3 秒)手前に自車先端が到達した時点で情報を提供.
- ③タイミング早：視認可能地点の 100m(自車が 60km/h で走行した場合 6 秒)手前に自車先端が到達した時点で情報を提供.

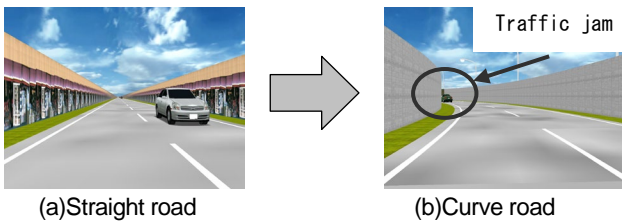




Fig. 1 Simulated road situation

## 2.2 視聴覚表示

本稿では、煩わしさを低減するための情報伝達方法として、感覚モダリティと物理的特性の目立ちやすさが異なる視聴覚表示を比較した(Table 1).

Table 1 Visual and auditory conditions

	Salient	No salient
Visual & auditory	 Tone : 「pi, pi, pi」 Voice : -	 Tone : 「piii」 Voice : -
Auditory(Tone & voice)	Visual display : - Tone : 「pi, pi, pi」 Voice : 「collision attention」	Visual display : - Tone : 「piii」 Voice : 「collision attention」
Auditory(Tone)	Visual display : - Tone : 「pi, pi, pi」 Voice : -	Visual display : - Tone : 「piii」 Voice : -

感覚モダリティについては、①視覚表示と聴覚表示を併用する条件(以下、「視覚と聴覚」という)、②聴覚表示のみで信号音の後に、音声によるメッセージの伝達を行う条件(同、「聴覚のみ(信号音と音声)」という)、および、聴覚表示のみで信号音だけ

を呈示する条件(同、「聴覚のみ(信号音)」という)の3条件を設定した。また、視聴覚表示の物理的特性として、ドライバの注意を喚起しやすい目立った色(黄色)や信号音(断続音：1.0kHz+1.5倍音/0.2秒周期 duty70%)を用いる条件(同、「物理的特性強」という)と、目立たない色(白)や信号音(連続音：1.0kHz+1.5倍音)を用いる条件(同、「物理的特性弱」という)の2条件を設けた。なお、視覚表示は文字と図形を用い、信号音とともに1秒間呈示した。さらに、音声は「この先追突注意」という文章を参加者が聞き取りやすい速度で呈示し<sup>2)</sup>、信号音呈示後0.5秒の間隔をあけて、約1.3秒で呈示した。

以上より、情報提供タイミング3条件と視聴覚表示条件6条件を併せた計18セッションを行った。さらに、渋滞車両が存在する場合と存在しない場合の2通りについて、機能を搭載しない状況を想定した走行を実施した。

## 2.3 測定指標

セッション毎に、情報提供や渋滞末尾車両に対する参加者の運転操作と車両挙動指標を30Hzサンプリング周期で測定した。運転操作として、情報提供からブレーキペダルを踏むまでの反応時間(同、「BPRT」という)、および、渋滞車両を回避するための最大ブレーキペダル踏力(同、「最大踏力」という)を集計した。また、走行中の参加者の顔面を撮影し、ビデオレコーダに記録した。録画した映像を30フレーム/秒でフレーム解析することで、一回の視認時間と視認回数を求め、ディスプレイへの総視認時間を算出した。さらに、車両挙動指標として、自車が停止した際の渋滞末尾車両までの距離(同、「最小距離」という)を記録した。加えて、セッション終了毎に、「表示のわかり易さ(Fig. 2)」を主観的に評価するよう参加者に求めた。

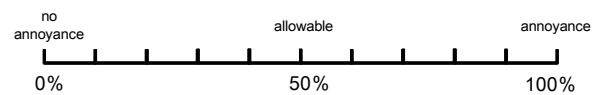


Fig. 2 Subjective rating for annoyance

## 2.4 手続き

本稿の実験手順は以下の通りであった。

- ・本稿の目的を参加者に説明し、インフォームド・コンセントを取得後、実験を行った。
- ・参加者に DS での走行速度(60km/h)を教示し、

日常と同様の運転を心がけて、他車両と衝突しない運転を行うように求めた。

- 支援機能について、本稿で設定したシステムから提供される情報の特徴と視聴覚表示について説明した。
- 実験の目的と機能の特徴について参加者が了解したことを確認した後、危険場面(渋滞車両)がない状況下で練習走行を行った。
- 参加者が DS での走行に慣れたことを確認した後、順序効果を相殺するため、18セッションおよび機能なしのセッションをランダム順に実施した。なお、情報が提供されるセッションでは走行前に呈示される視聴覚表示について参加者に説明した。各セッションの終了後に、主観評価(前掲 Fig.2 参照)への回答を求めた。

参加者は日常的に運転をする男性ドライバ 12 名(平均年齢 35.0 歳(標準偏差 10.1 歳);平均運転歴 15.7 年(同, 9.5 年))であった。

### 3. 結果

参加者 12 名分の各指標の平均値と標準偏差をセッション毎に算出し、分散分析または t 検定を行った。Table 2 に有意差が見られた項目を示す。また、タイミング早と遅の主観的な煩わしさの結果を Fig. 3 と Fig. 4 に例示する。

Table 2 より、タイミング早のセッションでは、聴覚のみ(信号音)の条件(Table 2 の 5,6)に比べて、視覚と聴覚および聴覚のみ(信号音と音声)の条件(同 1,2,3,4)は、主観的な煩わしさが小さく、機能なしと比べても、BPRT、最大踏力が小さく、最小距離が有意に大きかった。また、視覚と聴覚および聴覚のみ(信号音)の条件(Table 2 の 1,2,5,6)に比べて、聴覚のみ(信号音と音声)の条件(同 3,4)は、総視認時間が小さかった。次に、タイミング中のセッションでは、機能なしに比べて、全ての視聴覚表示条件(Table 2 の 1,2,3,4,5,6)は最大踏力が小さく、最小距離が有意に大きかった。また、視覚と聴覚の条件(Table 2 の 1,2)に比べて、聴覚のみ(信号音と音声)と聴覚のみ(信号音)の条件(同 3,4,5,6)は、総視認時間が有意に小さかった。さらに、タイミング遅のセッションでは、視覚と聴覚および聴覚のみ(信号音と音声)の条件(Table 2 の 1,2,3,4)に比べ、聴覚のみ(信号音)の条件(同 5,6)は、主観的な煩わしさと BPRT が小さく、最小距離が有意に大きかった。また、聴

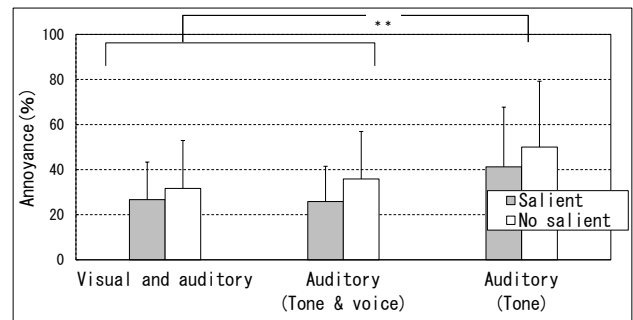
覚のみ(信号音)の条件(Table 2 の 5,6)は、機能なしとの間に最小距離に有意な差は見られなかった。加えて、視覚と聴覚の条件(Table 2 の 1,2)は、その他の条件(同 3,4,5,6)に比べて有意に総視認時間が大きかった。

なお、視聴覚表示の物理的特性による差は主観評価や運転行動に見られなかった。

Table 2 Significant differences in visual and auditory conditions

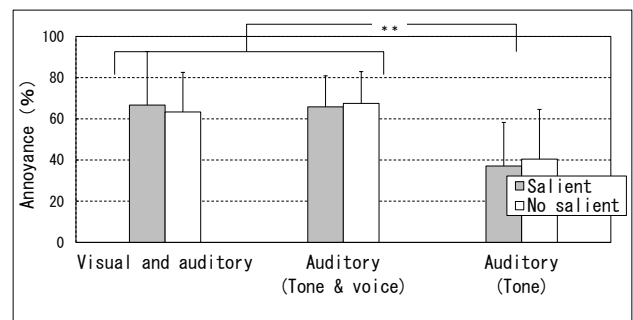
	timing	subjective annoyance	BPRT	max brake force	minimum distance	total glance time
hit	early	5,6> 1,2,3,4 **	5,6,7> 1,2,3,4 *	5,6,7> 1,2,3,4 **	5,6,7< 1,2,3,4 *	1,2,5,6> 3,4 **
	middle			7> 1,2,3,4,5,6, **	7< 1,2,3,4,5,6, **	1,2> 3,4,5,6 **
	late	1,2,3,4> 5,6 **	1,2,3,4> 5,6 ** 1,2,3,4,5,6 >7 **		1,2,3,4< 5,6,7 *	1,2> 3,4,5,6 **

1: Visual & auditory/Salient  
2: Visual & auditory/No salient  
3: Auditory (Tone & voice)/Salient  
4: Auditory (Tone & voice)/No salient  
5: Auditory (Tone)/Salient  
6: Auditory (Tone)/No salient  
7: No function  
\*: p>0.05  
\*\*: p>0.01



\* : p<0.05  
\*\* : p<0.01

Fig. 3 Perceived annoyance on early timing



\* : p<0.05  
\*\* : p<0.01

Fig. 4 Perceived annoyance on late timing

#### 4. 考察

本稿では、運転シミュレータ(DS)に見通しの悪いカーブ先の渋滞状況を模擬し、煩わしさを低減するための視聴覚表示による情報伝達方法について検討した。

DS 実験の結果、情報提供タイミングが遅く衝突までの余裕時間が小さい場合には、視覚表示や音声による伝達に比べて、聴覚表示の信号音のみで伝達する方が、主観的な煩わしさが小さかった。また、信号音は、情報提供に対する反応時間も早く、渋滞車両との最小距離も大きかった。視覚表示を呈示した場合には、車室内のディスプレイへの総視認時間が長くなる結果が示されており、カーブ進入時に視覚表示を呈示することで前方への注視が干渉されることにより、煩わしさが大きくなるとみられる。さらに、聴覚表示(信号音と音声)の条件では、約 1.3 秒の「この先追突注意」という音声を呈示したが、カーブ進入時の駐車車両との衝突が実際の状況では、この信号音と音声を聴取している間に交通状況が遷移して駐車車両が直接視認可能となり、音声で伝達しようとする情報内容の有用性が低下したために煩わしさが生じたと考えられる。一方、信号音のみで情報伝達する場合には、このディスプレイへの視認行動が不要となり、短時間で交通状況の緊急性を伝達できることから、煩わしさが低減されたと推察される。

衝突までの余裕時間が小さい場合とは対照的に、情報提供タイミングが早く衝突までの余裕時間が大きい場合には、信号音のみの場合に煩わしさが大きく評価された。また、ブレーキペダル反応時間と最大踏力が大きく、駐車車両との最小距離も小さく、視覚表示が呈示されていないにもかかわらず、ディスプレイへの視認時間が聴覚表示(信号音と音声)よりも大きかった。走行終了後のドライバーの内省報告によると、12名のドライバー中 7 名が信号音の意味を「事故多発地点」と考えたと回答し、他のドライバーは「何らかの故障」や「なぜ表示が呈示されたかよくわからない」との答えが見られた。信号音のみでは、情報の意味内容をドライバーに伝達することが不可能であり、カーブ先の渋滞車両が見えはじめるまでの時間が大きい段階では、信号音による情報伝達の意味がドライバーにとって理解できない、または、誤報が生じたと誤解したために、煩わしさが大きく評価されたと考えられる。これは、ドライバーから直接見えないまたは見え難い対象物に関する情報を伝達するインフラ協調システムの

情報伝達方法を考える上で、特に配慮することが重要な内容と考えられる。

なお、本稿の設定の範囲内では、視聴覚表示の物理的特性による差は認められなかった。過去の先行研究例では、視聴覚表示の物理的特性の差による運転行動などへの影響が示されている<sup>3)</sup>。この結果の差異は、本稿で比較した物理的特性がドライバーの印象に大きな影響を及ぼすことがなかったために生じたものと考えられる。

#### 5. まとめ

本稿では、インフラ協調安全運転支援システムを対象にして、支援に対する煩わしさを低減するための視聴覚表示による情報伝達方法について検討した。見通しの悪いカーブ先の渋滞車両に関する情報を提供するシステムを対象にした運転シミュレータによる実験の結果、情報提供タイミングなどに応じて、感覚モダリティや形態(信号音か音声かなど)に配慮して情報伝達することが重要とわかった。

前報では、危険な事象が生じないにもかかわらず、情報が提供される誤報時に、ドライバーは主観的な煩わしさを大きく評価した。システムの受容性を高めるためには、誤報の発生頻度を低減することが一義的に重要であるが、誤報の発生は避けられないことを考慮して、煩わしさを低減するための情報伝達方法を今後検討する必要がある<sup>4)</sup>。

#### 参考文献

- 1) 大谷亮ほか：インフラ協調安全運転支援システムの受容性を高めるための表示インターフェイス(第1報)―自車走行時の煩わしさの影響要因の検討―, JARI Research Journal 20131101 (2013)
- 2) 宇野宏：声メッセージによる聴覚情報提供に関する検討, 自動車研究, Vol.24(6), p23-26 (2002)
- 3) 大谷亮ほか：インフラ協調安全運転支援システムの表示インターフェイスに関する検討(第3報)―2種類の情報が提供される状況下における視聴覚表示の呈示方法―, 自動車技術会2010年秋季大会学術講演会前刷集, No.100-10, p.19-24(2010)
- 4) National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Crash warning system interfaces : Human factors insights and lessons learned(Final report), DOT HS 810 697(2007)