

特集 通信利用型運転支援システムにおける支援情報の 提示位置に関する実験的検討*

An Experimental Study on the Display Position of Support Information in Case of Network Assistance Systems

田内真紀子

河合政治

鈴木和彦

名切末晴

Makiko TAUCHI

Seiji KAWAI

Kazuhiko SUZUKI

Sueharu NAGIRI

The driving support systems using road or vehicle communication are studied. However, the HMI (Human Machine Interface) to inform the driver is very important for these driving support systems. In this paper, we examined a display position and method experimentally assuming some driving support systems with vehicle communication. As a result, there is little oversight of display at the scene which driver drives looking forward, but we understood that oversight of display on navigation position and meter position increased while the driver is waiting to right turn. In addition, we clarified that an appropriate display position and display method of depending on driving situation difference.

Key words: Safety, Driver behavior, Human-machine-interface/Driving support system, Display position

1. まえがき

交通事故による死者は1995年頃から僅かに減少し、2008年には5,155人になっている。しかし、死傷者数は95万人と多く、更なる事故低減に向けて様々な取り組みが実施されている¹⁾。今後の交通事故低減には、事故を未然に防ぐ予防安全技術が重要である。予防安全技術では、車両に装備したレーダやカメラを用いて周辺環境を認識し、危険状況を判断して回避を促すための警報を提示し、衝突が免れないと判断される場合に制動が行われるような自律型運転支援システムの他に、道路や車両と通信して危険情報を判断する通信利用型運転支援システムがある²⁾。この通信利用型運転支援システムの効果的なサービスやシステムのあり方を検証する「大規模実証実験」が、東京や愛知等の地域で行われた³⁾。

このような通信利用型運転支援システムでは、ドライバーが直接視覚的に認知できない情報が多いため、情報を提示するHMI (Human Machine Interface) 技術が重要となる。また、環境や快適利便の分野でもドライバーに提示する情報が増える傾向にあり、HMIの重要性が注目されてきている。これまで、HMIに関して音や表示内容に関する研究が多く行われ、音については提示するビーブ音の周波数が高く断続周期が短いほど、表示については赤>黄>緑の順および点滅>点灯がドライバーは重大性や緊急性を大きく感じるということ等が明らかになっている⁴⁾⁵⁾。高田らは、LEDを用いて色、大きさ、提示位置をパラメータとして気付きやすさを検討し、提示位置が中央から遠くなるほど検知が遅れること等を明らかにしている⁶⁾。液晶ディスプレイに

よる表示位置に関する研究は少なく、情報をドライバーが気付き難い場所に提示しても効果が少ない。

本研究では、通信利用型運転支援システムで想定されるいくつかの運転状況において、支援情報を液晶ディスプレイで提示する表示位置と表示方法に対する気付きやすさや表示に対する嬉しさを実験的に明らかにする。

2. 実験方法

2.1 実験装置

実験には、Fig. 1に示す定置型のドライビングシミュレータ(以下、DS)を用いた。このDSは、5面の平面スクリーン(水平視野角225°、垂直視野角37°)がドライバーの前方2.7mに設置されている。運転操作を入力として車両運動が演算され、その結果に基づいて画像(解像度: SXGA (1280 * 1024ピクセル)、更新周期: 60 Hz)がスクリーンに液晶プロジェクタで投影される。



Fig. 1 Driving simulator

* (社)自動車技術会の了解を得て、「自動車技術会誌学術講演会前刷集」20105271No.35-10 pp. 1-6より、一部加筆して転載

2.2 走行状況と情報提示シーン

情報提示は、Table 1 に示す八つの走行状況について行った。ただし、八つの走行状況において被験者が一度に表示に対する評価を行うことが困難と思われるため、実験1と実験2の2回に分けて実施した。情報提示は、Fig. 2 に示す7か所に小型の液晶ディスプレイを配置して行った。実験2のHUD (Head Up Display) 位置への提示は、情報画像をドライバの正面から俯角3°に走行映像とは別の液晶プロジェクタを用いて走行映像と重畳させた。この方法では、道路や先行車等の走行画像と情報提示画像との重なり方やHUDの焦点距離等が実車のHUDと異なると思われるが、表示位置の検討を行うことができるとされる。情報を提示する小型ディスプレイの輝度は、実験1では200 cd/m²、実験2では実際に使用することを考慮して輝度を下げ55 cd/m²とした。実験1の被験者は10人(年齢25～43歳)、実験2の被験者は13人(年齢25～46歳)である。実験1および実験2とも、表示に気付いたら直ちに「はい」と回答してもらい、1回の表示に対して表示に対する嬉しさと煩わしさを5段階で主観評価した。

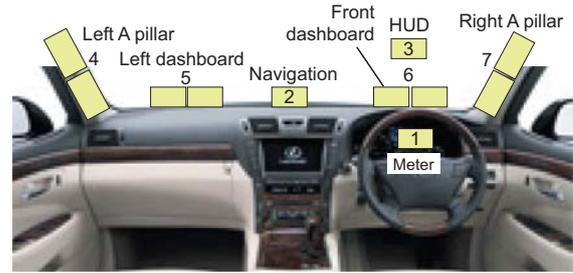


Fig. 2 Display position

表示方法は、3タイプとした。

- ・点灯表示：提示開始から提示終了まで同一の画像を提示
- ・点滅表示：提示開始から提示終了までの間に、画像の表示と非表示を500 ms 間隔で繰り返して提示
- ・移動表示：1個あるいは2個のディスプレイの中を車両等のアイコンが移動するように提示

(1) 実験1の走行状況と情報提示

① T字路交差点での交差点形状提示：T字路交差点の手前で自車が交差点までの到達時間 (= 交差点までの距離 / 自車速度、以下、TTC) が7秒になってから4秒間提示する。

② 一時停止交差点での一時停止標識提示：一時停止交差点の手前で TTC が5秒になってから4秒間提示する。この場合、一時停止標識の見落としを想定するため、走行画像から一時停止看板と路面標識を取り除いている。

③ 交差車両接近情報提示A：T字路交差点で右左折する場合に、左あるいは右から車両が接近していることを提示する。Fig. 3(a) に、右側から車両が接近している状況を示す。交差点の両側には建物があり、情報が提示された時にはドライバーから接近車両を認識することはできない。提示開始タイミングは自車が左右を確認する位置に来た時に、右側車両(車速40 km/h)の交差点までのTTCが4秒の地点とし、提示時間は4秒である。

(2) 実験2の走行状況と情報提示

④ 合流車両情報提示：2車線の高速道の走行車線を先行車に追従している時に、左からの合流車情報を提示する。提示タイミングは自車が合流地点までのTTCが4秒になった時とし、提示時間は4秒とした。

⑤ 交差車両接近情報提示B：見通しの悪い交差点の優先側道路を走行中に、一時停止を怠った交差車両が交差点に接近していることを提示する。提示開始タイミングは交差点までのTTCが7秒の地点とし、提示時間は4秒である。

⑥ 交差車両接近情報提示C：実験1の実験条件③と同じ状況である。ただし、小型ディスプレイの輝度を200 cd/m²から55 cd/m²に落としている。

Table 1 Driving condition & assist content

Exp. No.	Case No.	Driving condition & Assist content	Display position	Display method			
				Light	Blink	Move	
Exp. 1	(1)	Intersection shape display at T shape intersection	Meter	1	○	○	
			Navigation	2	○	○	
			HUD	3	○	○	
			Left A pillar	4			
			Left dashboard	5			
			Front dashboard	6	○	○	○
	Right A pillar	7					
	(2)	Road sign display short of suspended intersection	Meter	1	○	○	
			Navigation	2	○	○	
HUD			3	○	○		
(3)	Crossing vehicle display A at intersection	Left A pillar	4	○	○	○	
		Left dashboard	5			○	
		Front dashboard	6	○	○	○	
		Right A pillar	7	○	○	○	
		Meter	1	○	○		
		Navigation	2	○	○		
Exp. 2	(4)	Approach vehicle display at highway junction	HUD	3	○	○	○
			Left A pillar	4			○
			Left dashboard	5			○
			Front dashboard	6	○	○	○
			Right A pillar	7			
			Meter	1	○	○	
	(5)	Crossing vehicle display B at intersection	Navigation	2	○	○	
			HUD	3	○		
			Left A pillar	4	○	○	○
(6)	Crossing vehicle display C at intersection	Left dashboard	5			○	
		Front dashboard	6	○	○	○	
		Right A pillar	7	○	○	○	
		Meter	1	○	○		
		Navigation	2	○	○		
		HUD	3	○	○	○	
(7)	Oncoming vehicle display at right turn waiting	Left A pillar	4				
		Left dashboard	5				
		Front dashboard	6	○	○	○	
		Right A pillar	7				
		Meter	1	○	○		
		Navigation	2	○	○		
(8)	Crossing bicycle display of right turn direction	HUD	3	○	○	○	
		Left A pillar	4				
		Left dashboard	5				
		Front dashboard	6	○	○	○	
		Right A pillar	7				
		Meter	1	○	○		

⑦右折時対向直進車情報提示：片側2車線の道路で右折待ち時に、対向直進車の接近を提示する。この状況を Fig. 3(b) に示す。対向車線のセンターライン側車線には大型車両が右折待ちをしているため、直進する対向車両をドライバーは認識できない。提示開始タイミングは対向直進車が交差点までの TTC が4秒になった時とし、提示時間は4秒である。

⑧右折先横断歩道に接近する自転車表示：実験条件⑦と同様に右折待ちをしている時に、右折先の横断歩道に自転車が接近していることを表示する。提示開始タイミングは自転車が横断歩道に到達する TTC が4秒になった時とし、提示時間は4秒である。

3. 実験結果と考察

3.1 表示の見落とし

Fig. 4 に、実験1と実験2での表示に対する見落とし（被験者が「はい」と回答しなかったもの）を示す。同図の (a) と (b) の比較から、実験1では見落としは殆どないが実験2では見落としが多くなっている。この理由として、二つのことが考えられる。一つは、実験1に比べて実験2では表示用ディスプレイの輝度を約 1/4 に低下させたため、表示に気づき難くなり見落としが増加したと思われる。もう一つは、Fig. 3(b) に示したように、実験1に比べて実験2の方が提示される時の走行状況が複雑となっており、被験者は周辺の交通状況の把握に注意を向けているためと思われる。Fig. 4(c) に、実験2の右折場面（実験条件⑦、⑧）での見

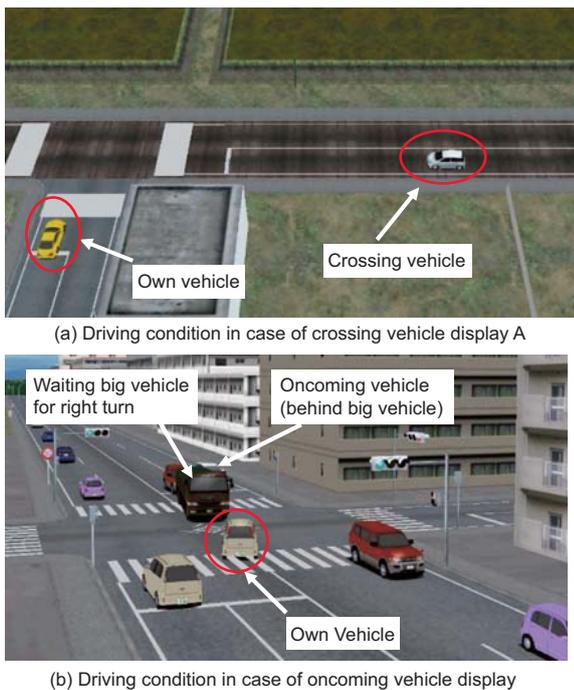


Fig. 3 Driving condition sample at information display

落とし数を示すが、実験2における見落としは右折場面が殆どであることが分かる。なお、この右折場面では、左Aピラー位置と左ダッシュボード位置には提示はしていない。

Fig. 4(c) に示した右折場面では、正面ダッシュボード位置、HUD 位置、右Aピラー位置では見落としは少ないが、ナビ位置とメータ位置は見落としが多くなっている。これは、ドライバーが右折待ち時に対向車の接近や右折先の横断歩道に視線を向けているため、視線方向から俯角が大きいメータ位置や少し左方向のナビ位置に情報を提示しても気づき難いためと思われる。これは、混雑した交通状況では有効視野が狭くなるという三浦⁷⁾らの結果も影響していると思われる。

3.2 表示に対する気づきの反応時間

表示開始から被験者が「はい」と回答するまでの時間を反応時間とし、実験条件①と②の反応時間を Fig. 5 に示す。図から、実験1で提示した全ての位置で反応時間の平均値は約1秒で標準偏差も小さいことが分かる。反応時間の平均値は、実験条件①と実験条件②の違いは少ない。反応時間の標準偏差が実験条件②の方が実験条件①より少し大きくなっている程度である。このように、実験条件①およ

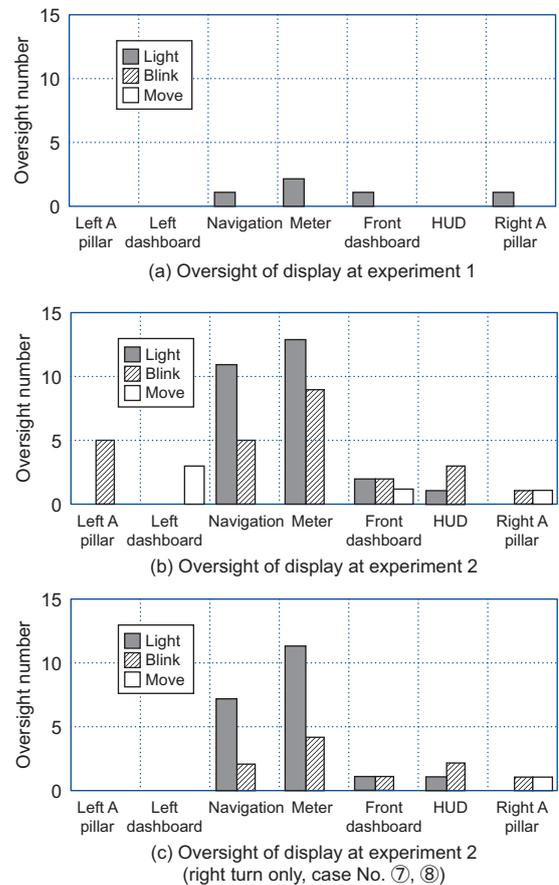


Fig. 4 Oversight number at information display

び②で表示される状況は、ドライバーは前方付近を見ていることが多いため、反応時間が小さく標準偏差も小さくなったものと思われる。また、これらの実験条件では点灯表示と点滅表示に違いが殆どないことも、同図から理解できる。

実験条件③のT字路交差点で左折する場合に、左から接近する自転車情報を提示する走行状況での反応時間をFig. 6に示す。メータ位置から右Aピラー位置では実験条件①や②と同様な反応時間の傾向を示すが、左Aピラーからナビ位置では反応時間の平均値と標準偏差が大きくなっている。これは、左折するために交差道路の交通状況を確認している状況でも、ドライバーは左方向に提示された情報に気づき難いことを示している。なお、点滅表示や移動表示にしても、この傾向はあまり変わらなかった。

Fig. 7に合流車の情報を提示する場合(実験条件④)での反応時間を示す。この走行状況でも、ドライバーは前方付近を見ていることが多いため、反応時間が小さく標準偏差も小さくなったものと思われる。

Fig. 8に非優先道路から一時停止を怠った車両の接近情報を提示する場合(実験条件⑤)での反応時間を示す。この走行状況は左右からの車両接近のため、左あるいは右A

ピラーに提示すると気づきが早いと想定したが、Fig. 8の結果から正面ダッシュボード位置やHUD位置の方が気づきは早い結果となっている。このことから、今回の実験条件のように見通しが悪い交差点までのTTCが7秒では、ドライバーの前方付近に情報を提示する方が良いと思われる。

Fig. 9に右折時対向直進車情報を提示する場合(実験条件⑦)と、右折先横断歩道への接近自転車情報を提示する場合(実験条件⑧)の反応時間を示す。正面ダッシュボード位置やHUD位置に点灯表示あるいは点滅表示した場合の反応時間は、約1秒で標準偏差もそれほど大きくない。しかし、それ以外のナビ位置、メータ位置、右Aピラーでは反応時間の平均値および標準偏差とも大きい。このよ

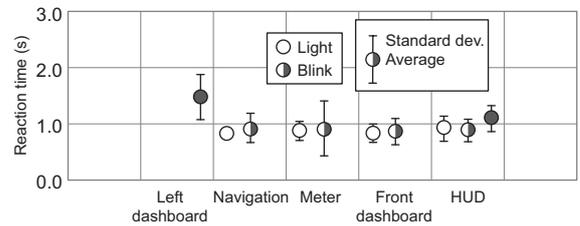
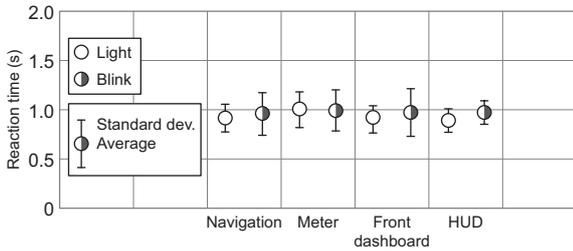
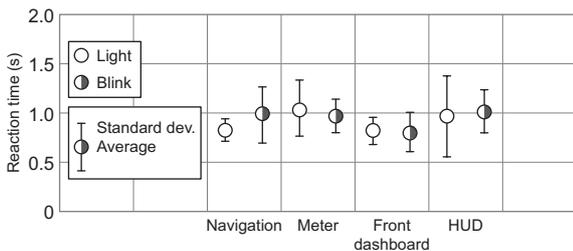


Fig. 7 Reaction time in case No. ④



(a) Case No. ①



(b) Case No. ②

Fig. 5 Reaction time in case No. ①, ②

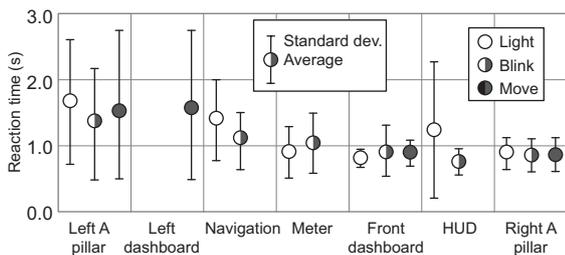


Fig. 6 Reaction time in case No. ③

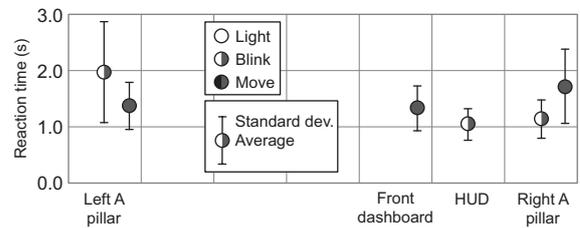
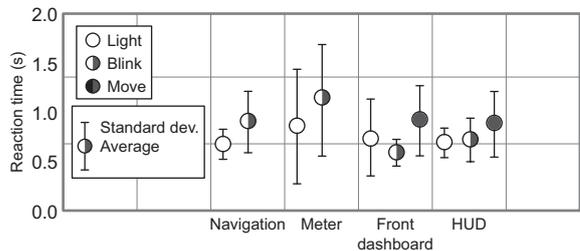
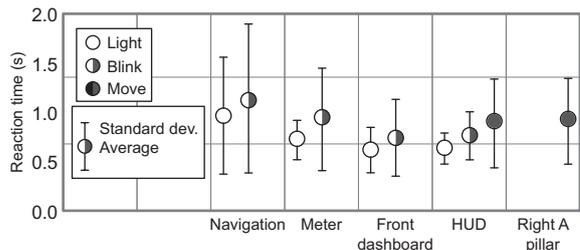


Fig. 8 Reaction time in case No. ⑤



(a) Case No. ⑦



(b) Case No. ⑧

Fig. 9 Reaction time in case No. ⑦, ⑧

うに、ナビ位置とメータ位置で反応時間は大きいこと、および Fig. 4(c) に示した右折時の表示の見落としが多かったことを考慮すると、右折待ち状況でナビ位置やメータ位置に情報を提示することは、あまり好ましくないと思われる。また、Fig. 9 に示したように、正面ダッシュボード位置や HUD 位置に移動表示した場合の反応時間が、点灯表示や点滅表示より平均値及び標準偏差とも大きくなっていることから、移動表示の必要性も少ないと思われる。

3.3 表示に対する主観評価

2.2 節で述べたように、実験1および実験2とも1回の走行毎に表示に対する嬉しさと煩わしさを5段階で主観評価した。Fig. 10 に実験条件①と②の場合の主観評価を示す。Fig. 10(a) に示すように、前方に T 字路交差点の存在を提示する場合(実験条件①) では、情報提示の嬉しさを感じなかった。また、この実験条件①では、約 50% の被験者が提示されることに対して煩わしく感じていた。これに対して、Fig. 10(b) に示す一時停止交差点であることを提示する場合(実験条件②) では、いずれの場所に提示しても約 50% 以上が情報提示を嬉しく感じているとともに、煩わしく感じる被験者も少なかった。

これらの結果から、前方に T 字路交差点が存在することを提示する必要性は少なく、前方が一時停止交差点であることを提示することは、ある程度効果的と思われる。

Fig. 11 に実験条件③の表示に対する嬉しさの主観評価を示す。この実験条件では、右から車両が接近する場合と左から自転車が接近する場合がある。図から、右からの車両接近には正面ダッシュボードから右 A ピラー位置に提示する方が、左からの自転車接近には左 A ピラー位置に提示する方が嬉しさは大きい。さらに表示方法では、点滅表示

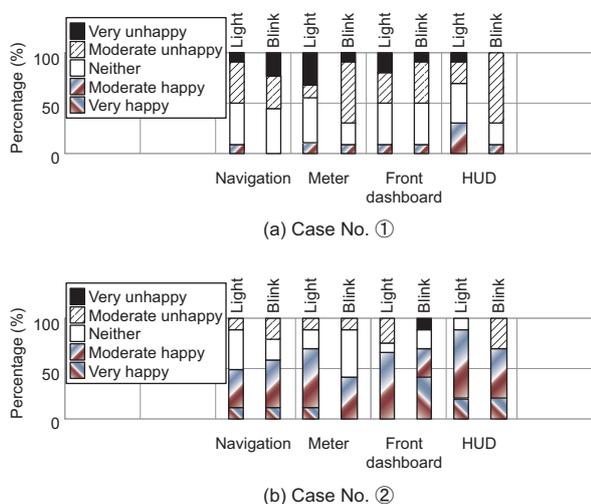


Fig. 10 Subjective evaluation of happiness in case No. ①, ②

が点灯表示や移動表示に比べて嬉しく感じている。ところが、Fig. 6 に示したように左 A ピラー位置に提示しても反応時間が大きかった。しかし、左からの車両接近に対しては左 A ピラー位置への表示を好ましく感じているため、音を併用する等の気付きを早める必要があると思われる。

実験条件④と⑤についての主観評価は同様で、提示位置に対して、「すごく嬉しい」と「まあ嬉しい」の合計割合(以下、嬉しさ割合)は 60%~90%で、「全く煩わしくない」と「あまり煩わしくない」の合計割合(以下、煩わしさを割合)は 50%~90%であった。

Fig. 12 に右折待ち時に対向直進車の接近情報を提示する場合(実験条件⑦) で、表示に対する嬉しさと煩わしさを主観評価を示す。図から、HUD 位置に点灯表示すると、嬉しさ割合および煩わしさを割合とも 100%であることが分かる。これに対し、点滅表示や移動表示では両割合とも低下することから、この実験条件では HUD 位置に点灯表示する方が好ましいと思われる。また、正面ダッシュボード位置に表示した場合も HUD 位置と同様に嬉しさおよび煩わしさを割合が大きい。

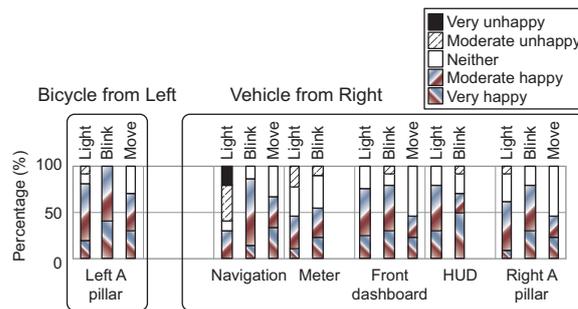


Fig. 11 Subjective evaluation of happiness in case No. ③

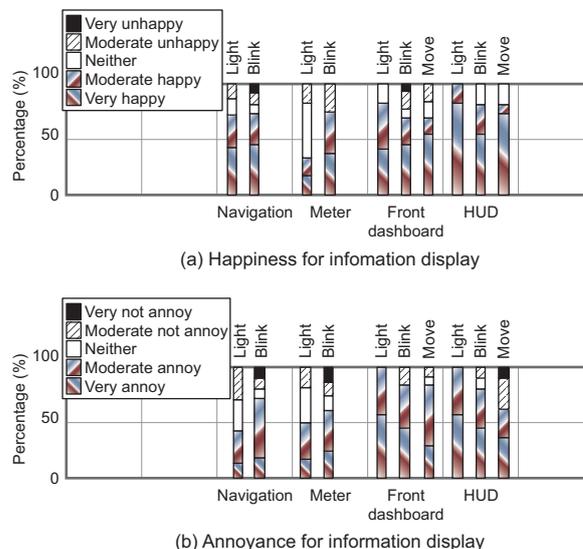


Fig. 12 Subjective evaluation in case No. ⑦

3.4 反応時間と主観評価から見た適切な表示位置の検討

ここまで、八つの通信型運転支援システムを想定し、DSを用いて七つの位置に支援情報を提示する場合における反応時間と主観評価の実験結果を述べた。表示に関するHMIとしては、それぞれの走行状況毎に対する表示位置や表示方法が異なることが分かった。ここでは、これまで得られた反応時間と主観評価の結果を基に、適切な表示位置を明らかにする手法を提案する。HMI表示は、提示された表示に早く気付く(=反応時間が小さい)ことと表示が嬉しくて且つ煩わしくない(=嬉しさ割合と煩わしさを割合が大きい)ことが重要と考える。そこで、主観評価の嬉しさ割合と煩わしさを割合の平均値を主観評価量とし、この主観評価量と反応時間の関係から適切な表示位置を検討する。

Fig. 13 に実験条件①と②での反応時間と主観評価量の関係を示す。図中には、主な表示位置を示している。以降の図では、左の上に位置するほど反応時間が小さく主観評価量が大きい表示位置となる。Fig. 13 では、Fig. 5 に示したように提示した全ての表示位置で反応時間は約1秒である。そして、Fig. 10 に示した嬉しさの主観評価と3.3 で述べた煩わしさを考慮した主観評価量から、実験条件①では全ての位置で表示に対する主観評価量が小さく、実験条件②ではメータ位置や正面ダッシュボード位置および HUD 位置が適切であることが分かる。

Fig. 14 は実験条件③で左から自転車が接近する情報を提示する場合の反応時間と主観評価量の関係である。図から、正面ダッシュボード位置やナビ位置が適切であることが分かる。ただし、左Aピラー位置に点滅表示した場合の主観評価量が極めて高く、音の併用で反応時間を小さくできると最適な表示位置になると思われる。

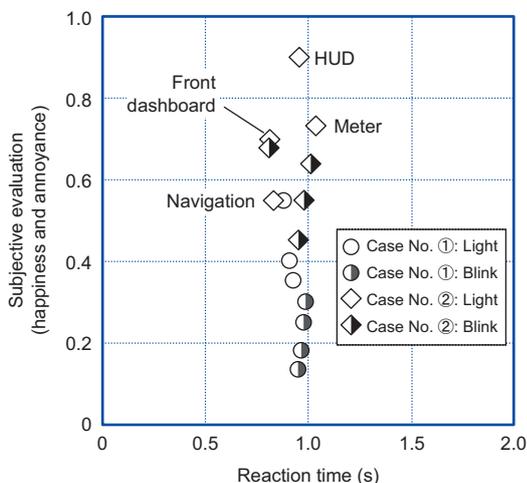


Fig. 13 Appropriate display position in case No. ①, ②

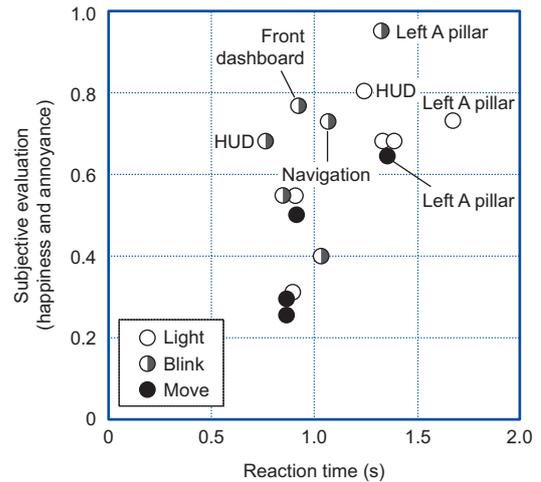


Fig. 14 Appropriate display position in case No. ③

Fig. 15 は実験条件④での反応時間と主観評価量の関係である。図から、正面ダッシュボード位置や HUD 位置に点灯表示あるいは点滅表示が適切であることが分かる。実験条件⑤と実験⑥の場合には実験条件④と同様な傾向であった。ただし、実験条件⑤ではナビ位置も正面ダッシュボード位置や HUD 位置に加えて適切な評価となった。

Fig. 16 は実験条件⑦での反応時間と主観評価量の関係である。図から、正面ダッシュボード位置や HUD 位置への点灯表示が適切であることが分かる。なお、これらの位置に点滅表示すると点灯表示に対して主観評価量が小さくなるため、点灯表示が良いことが分かる。また、実験条件⑧でも実験条件⑦と同様に正面ダッシュボード位置や HUD 位置が適切な表示位置となったが、点滅表示の方が点灯表示より主観評価量が高かった。

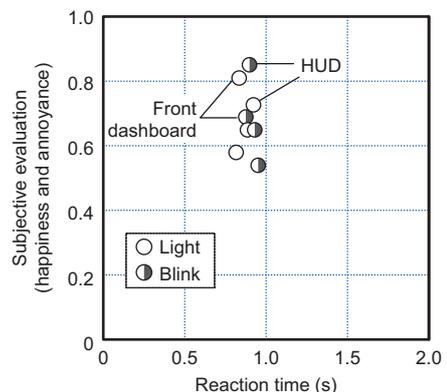


Fig. 15 Appropriate display position in case No. ④

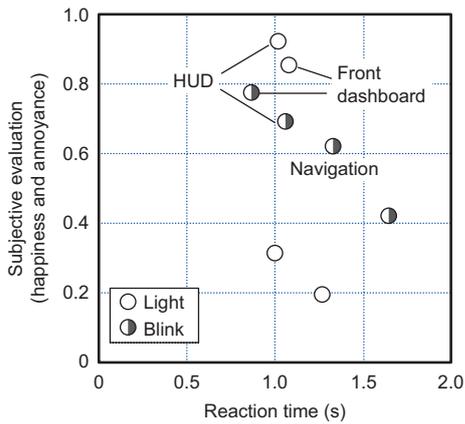


Fig. 16 Appropriate display position in case No. ⑦

4. まとめ

通信利用型運転支援システムを対象に、支援情報を提示する場合の表示位置と表示方法についてDS実験で検討した。この結果、ドライバが走行中に前方を見ている場面では表示の見落としは少ないが、右折待ち時はナビ位置やメータ位置での見落としが多くなることが分かった。また、表示に対する反応時間と嬉しさや煩わしくなさの主観評価量から、走行状況の違いに応じて適切な表示位置や表示方法を明らかにした。

<参考文献>

- 1) 永井正夫：車両の安全技術の最新事情と将来展望，自動車技術，Vol. 63, No.12, pp. 4-10 (2009).
- 2) 葛巻清吾：安全への取り組み，自動車技術，Vol. 63, No.12, pp. 11-16 (2009).
- 3) 報道発表資料：安全運転支援システムに係る実証実験の実施について，ITS 推進協議会，(2008).
- 4) 宇野宏他：視聴覚表示の物理特性を利用した主観的印象の伝達に関する研究，自動車技術会論文集，Vol. 31, No.4 (2000).
- 5) 宇野宏：シンボル図形による情報伝達に関する研究，自動車研究，Vol. 24, No.3 (2002).
- 6) 高田一他：ドライバへの危険認知支援法に関する研究，自動車技術会 学術講演会前刷集，No.4-06 (2006).
- 7) 三浦利章：行動と視覚的注意，風間書房.

<著者>



田内 真紀子
(たうち まきこ)
情報安全システム開発部 修士(理学)
HMI 製品企画&開発に従事



河合 政治
(かわい せいじ)
DP-S HMI 室
HMI 製品企画&開発に従事



鈴木 和彦
(すずき かずひこ)
(株)豊田中央研究所
安全・情報システム研究部
予防安全システムの研究に従事



名切 未晴
(なぎり すえはる)
(株)豊田中央研究所
安全・情報システム研究部
ドライビングシミュレータおよび
予防安全システムの研究に従事