

車内表示機器の視認負荷とドライバー運転行動の関係

Relationship between driver's visual performance to look at in-vehicle devices for displaying information and driving behavior

1061006

研究者代表 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 小坂 洋明

【研究の目的】

安全運転に効果があると期待されている Head-up display (以下 HUD) は、ドライバーに対して俯角が小さいため、優れた情報提示システムであると考えられる。しかし、HUD による情報提示に対して運転の安全性低下の危険性が示唆されている。本研究では、運転中のドライバーへの情報提示について、HUD を使った場合とカーナビゲーションシステムで使われる液晶カーモニタ (以下 LCM) をセンタークラスターパネルに配置した場合の 2 条件で実験を行ない、ドライバーの視認行動、運転動作、主観評価に関するデータを収集、解析し、異なる 2 種類のディスプレイからの情報取得がドライバーに与える影響について調べる。

【研究の内容、成果】

1. 視覚情報提示実験

1.1 実験装置

実験には HONDA ドライビングシミュレータ (以下、DS) を用いた。この DS は、6 軸のモーションが可能である。また、ミラーに映像が映し出される範囲は、運転席前方を中心に左右計 135° である。

運転席前方のダッシュボード上に車載用液晶カーモニタを設置した。同じくダッシュボード上にコンバイナリフィルムを貼ったガラス板を

設置し、フィルム部分にモニタ映像を投影することで、HUD を模擬した。HUD 画像を注視した場合とドライバーが運転席で正面を向いた場合の間の俯角は 15 度程度、映像中央と被験者の左右の目の中間点との距離は 0.9 m 程度であった。また、センタークラスターパネル内にドライバーが運転席で正面を向いた場合と比べて俯角 30 度程度の位置に設置した液晶カーモニタを LCM として利用した。LCM 中央と被験者の左右の目の中間点との距離は 0.65 m 程度であった。

1.2 提示情報

実験では、先行研究を参考に漢字・ひらがな・カタカナ・アルファベット (A~Z)・数字 (1~9) から成る 30 文字の文字情報を 3 行で表示した。提示情報の内容は、2005 年 10 月の主なニュースから引用した。このような提示情報を 72 種類作成し、実験に使用した。

1.3 被験者

被験者は合計 14 名 (男性 11 名、女性 3 名) で、年齢は 22~29 歳であった。被験者は全員裸眼で普通自動車免許を取得していた。

1.4 実験コース

本実験で用いた 2 通りの走行コースのうちコース 1 を図 1 に示す。被験者は図中の START 地点を出発し、①→②→③…→⑪の順に走行して、END 地点で停車する。①から⑪の近くに

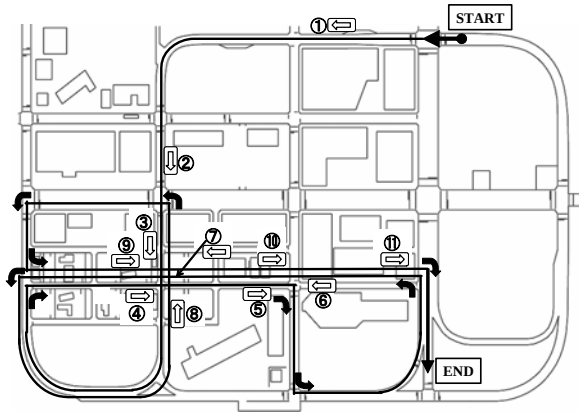


図 1 実験コース

ある四角で囲んだ矢印は、その番号付近の地点における進行方向を示す。コース 1, 2 とともに START 地点から END 地点までの所要時間は 6 分程度であった。図中の黒実線は走行経路を示す。交差点の太い矢印は音声指示により右・左折を指示した箇所を示す。

1.5 情報提示方法

情報提示は交差点手前で行った。交差点に制限速度で進入する約 8 秒前の地点に自車が来ると「ポーン」という合図音が流れ、その音を合図に実験者が即時にディスプレイに文字情報を表示させた。被験者は提示された文字情報を口頭で読み上げ、実験者は被験者の読み上げが終わった時点で表示を消去した。情報提示は図 1 で丸に囲まれた数字①～⑪の近くにある矢印の先端にある 11 箇所の交差点の手前で行った。

1.6 実験手順

被験者は練習走行後、運転のみの走行（この条件を DRV と呼ぶ）、LCM を使った提示情報の読み上げありの走行（LCM と呼ぶ）と HUD を使った場合の走行（HUD と呼ぶ）それぞれ 2 週の計 6 周行なった。データの収集はこの 6 周が対象である。計測走行は被験者ごとに順序を変更した。また、被験者は各周回終了後に NASA-TLX 評価シートとアンケート項目に回

答した。

2. 実験結果

実験前及び実験中の指示に従わなかったなどのケースに該当する被験者 4 名は今回の解析から除外した。従って解析対象被験者は 10 名 (S1～S10) である。

2.1 視線移動に関する特徴量の定義

被験者が LCM 及び HUD を視認する様子を観察した結果、読み上げ開始から終了までに視線が自車前方とディスプレイの間を何度か往復することが分かった。従って、被験者が提示情報を読む際に行った視線移動のパターンを図 2 のように表した。情報提示に対する視線移動の解析対象区間は、情報提示後に被験者のアイマークが前方からディスプレイへ移動開始した時刻 (t_1) から、提示情報の読み上げが終わる直前にアイマークがディスプレイから前方に戻った時刻 (t_{4n}) までとした。以下に図 3 中の記号を使って 6 つの特徴量を定義する。

①総視認時間 T_t

解析対象区間の時間

$$T_t = t_{4n} - t_1 \quad (1)$$

②ディスプレイ視認回数 N_d

解析対象区間でディスプレイを注視した回数

$$N_d = n \quad (2)$$

③ディスプレイ総視認時間 T_d

解析対象区間でドライバーがディスプレイを注視した時間の総和

$$T_d = \sum_{i=1}^n (t_{4i-1} - t_{4i-2}) \quad (3)$$

④1 回当たりのディスプレイ視認時間 T_{ds}

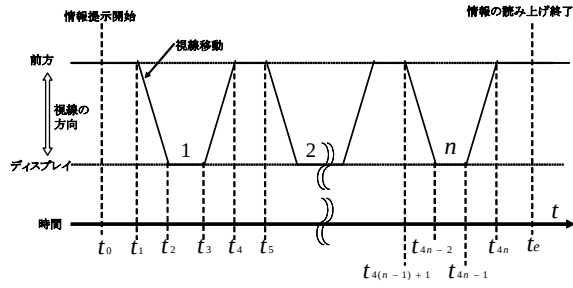


図 2 表示機器視認時のドライバー視線移動パターン

解析対象区間におけるドライバーのディスプレイ注視 1 回あたりの所要時間

$$T_{ds} = T_d / n \quad (4)$$

⑤前方総視認時間 T_f

解析対象区間でドライバーが前方を注視した時間の総和

$$T_f = \sum_{i=1}^{n-1} (t_{4i+1} - t_{4i}) \quad (5)$$

⑥1 回当たりの前方視認時間 T_{fs}

解析対象区間におけるドライバーの前方注視 1 回あたりの時間

$$T_{fs} = T_f / (n-1) \quad (6)$$

2.2 ディスプレイ視認回数の比較

ディスプレイ視認回数, N_d について, HUD と LCM の 2 条件で比較した結果, 9 名は LCM の方が多いことが分かった. 全被験者のデータで 2 条件間のデータ分布に差があるかを調べるため, Wilcoxon Signed-rank Test を行なった結果, LCM の方が HUD より有意 ($p < 0.01$) に視認回数が多かった. この理由として, LCM の場合はディスプレイを注視している間は前方がほぼ視野に入らないため前方の状況確認を何

度も繰り返す必要がありディスプレイ視認回数が多くなったと考えられる. 一方, HUD の場合被験者は道路状況などの情報がディスプレイを見ながらでも取得できていると感じるため前方を繰り返し注視しなかったと考えられる.

2.3 ディスプレイ視認時間の比較

ディスプレイ総視認時間, T_d と 1 回当たりのディスプレイ視認時間, T_{ds} について, LCM

と HUD の 2 条件で比較した結果, 9 名は HUD の方が有意に大きいことが分かった. 原因として LCM の場合ディスプレイを見ている間は前方がほぼ視界に入らないことから被験者が不安を感じ, ディスプレイ視認時間をできる限り短くしようとしたことが考えられる. これに対して HUD の場合, 被験者は運転中の前方確認がディスプレイを見ながらできると感じて, より長い時間ディスプレイを注視したと考えられる.

2.4 前方視認時間の比較

前方総視認時間, T_f と 1 回当たりの前方視認

時間, T_{fs} について, LCM と HUD の 2 条件で

比較した結果, すべての被験者は LCM の方がともに有意に大きい値であった. LCM の場合, ディスプレイを注視している間は前方が見えないため, 前方を注視したときに運転に必要な情報をより多く得ようと, より長い時間前方を注視したと考えられる. 一方, HUD の場合被験者は運転中の前方確認がディスプレイを見ながらできると感じて, 前方を注視する 1 回あたりの時間が短くなったことと, ディスプレイ視認回数も少ないため, 結果的に前方を注視した時間の総和が短くなったと考えられる.

2.5 総視認時間の比較

総視認時間, T_t について, LCM と HUD の 2 条件で比較した結果, 有意な差は見られなかつ

た．この原因として，前方総視認時間は LCM の方が有意に長い，ディスプレイ総視認時間は HUD の方が有意に長い．このため，それらの和とほぼ等しい総視認時間は，有意差がなくなったと考えられる．

3. 総合評価

2 章で述べた提示情報の読み上げにおける視認行動の結果と，主観評価の結果について，LCM と HUD を用いた場合の 6 つの特微量の大小関係を整理した．計測結果については，統計的検定で有意差があったもの（HUD < LCM または LCM < HUD），なかったもの（LCM = HUD）で分類した．

S1, S2, S5 は，主観評価において LCM と HUD の間で差がないと回答し，S3, S4 は特微量に関する回答を行っていない．一方，この 5 名に関する特微量の計測結果では LCM と HUD の間で差が出ている．例えば，ディスプレイ視認回数は LCM より HUD の方が少ない．この 5 名は視認行動の違いを自覚していない可能性がある．

S6, S8, S9, S10 の 4 名については，主観評価（感覚）と計測結果で大小関係が異なる特微量がある．この 4 名は主観評価で読み上げにかかる時間は HUD の方が短いと回答しているが，特微量の計測結果では LCM と HUD の総視認時間に差はない．この 4 名は HUD の場合，実際に視認していた時間と比べて短い時間しか視認していないと感じていることになる．この感覚のずれや「HUD を視認しながら前方も正しく視認することが可能である」と被験者が誤って解釈することが原因で，ドライバーが自覚なしに長く HUD を注視することで前方不注意になるケースが出てくるのではないかと懸念される．

[今後の研究の方向，課題]

今後の課題として，DS の加速度や被験者のブレーキペダル操作など最大減速度以外の運転行動を表す指標の解析や読み上げタスクのパフォーマンスを詳細に調べる必要がある．ディスプレイ読み取り時における視線移動や運転行動についても，その違いがあるかを調べる必要がある．本研究で取り上げた一時停止交差点以外の見通しのよい交差点，直線，カーブ等の道路条件において実験を行い，本研究の成果と照らし合わせて検証していくことも必要である．また，今回明らかになった LCM や HUD の問題点が，実際にどの程度安全運転に影響があるのかを具体的に検証する必要がある．

[成果の発表，論文など]

1. 小坂洋明、安藤史朗、野田賢、西谷紘一：車載情報表示機器使用がドライバの視線移動や主観評価に及ぼす影響、交通科学、Vol.37, No.1, pp. 36-45, 2006