

ナビゲーション・ディスプレイを用いた霧発生時における情報提供の問題改善策の検討*

Improving of the Problem on Traffic Information Service for Drivers in Fog*

飯田 克弘**・秋田 周作***

By Katsuhiko IIDA and Syusaku AKITA

1. はじめに

我が国の交通事故死者・重傷者数は、各種の被害軽減対策の効果により減少傾向にあるが、軽傷事故が大部分を占める全事故件数は依然として増加の一途をたどっている¹⁾。交通事故総合分析センター（イタルダ）は、300件の交通事故の事例からその原因の分析を行っており、運転者の認知遅れによる事故が最も多いことを明らかにしている²⁾。周知の通り、近年、この認知遅れを解消する手段として、道路線形や周辺車両の状況など、運転に必要な情報のうち、運転者が直接収集困難なものを道路あるいは車両に設置した各種センサーによって収集し、車内に設置したインターフェイスを通じて運転者にリアルタイムに提供を行う、走行支援システムの開発が進められている^{3),4)}。上記の背景から、この情報提供の有効性を安全性の向上、特に、運転行動に与える影響に着目して検証を行う必要がある。

筆者らは先行研究で、ドライビング・シミュレータ（以下、DS）に我が国の走行支援システムの考えに沿った情報提供装置を導入し走行実験を行った⁵⁾。対象交通場面は、認知遅れ発生率が高く、システム導入の効果が期待される霧発生時である。得られたデータを分析した結果、まず霧発生時の走行挙動にはa) 走行速度が低い、b) 前方車両接近時に車間が適切に保持できず急減速を伴う、c) 車線の逸脱が増加する、という特性があることを把握した。

次に、情報提供を行うことで、a') 恐怖感・不安感を緩和し、低速走行を緩和する、b') 前方車両接近時に車間を保持し、減速が緩やかになる、c') 車線の逸脱を防止する、という効果を仮定し分析したところ、

a'), b') についてはその効果を確認した。

ただしb')については、「ディスプレイの注視時間が短く注視回数が少ない運転者は、警告音が提示されるまで前方車両の存在を認知できず減速が急激になる」という問題（以下、問題1）が確認されている。またc')については、「ディスプレイを注視する際に走行がふらつく」という問題（以下、問題2）が発生しており、その効果は確認されなかった。

以上の結果は、実験で用いた情報提供が、霧発生時のドライバーの安全性向上に一定の効果を発揮しうることを示すとともに、事故誘発の要因ともなりうる情報提供の問題を改善する方法について検討の必要性を示唆している。

そこで本研究では、先行研究⁵⁾で示された問題点を改善を目指した情報提供方法について、DSを用いた走行実験結果に基づき検討する。

2. 情報提供方法の検討

(1) 問題1の改善策

問題1は、ディスプレイに安全に走行する上で重要な情報が提示されているにも関わらず、運転者のディスプレイを注視するタイミングが必ずしもそれに整合しないことが原因として考えられる。この対策としては、聴覚あるいは触覚による情報提供を利用し、ディスプレイから得られなかった情報を補完する、あるいはディスプレイへの注視のタイミングを伝達することが考えられる。そこで触覚の利用⁶⁾、聴覚の利用^{7),8)}による情報提供の特性を既往文献から整理した結果、提示内容・タイミング・長さを選定し、視覚情報の一部をメッセージで提示する方法が問題1の対策として適用可能と判断した。

(2) 問題2の改善策

問題2については、ディスプレイを注視する際に

キーワード：交通情報，交通安全，走行支援システム

** 正会員 博士(工) 大阪大学大学院工学研究科土木工学専攻
(〒565-0871 吹田市山田丘2-1, TEL/FAX: 06-6879-7611/7612)

*** 正会員 修士(工) 兵庫県但馬県民局県土整備部
(〒667-1366 兵庫県美方郡村岡町川川 69-3, TEL: 0796-95-0231)

視線を移動させて前方から目をそらす必要があることが原因として考えられる．つまり視線移動の負荷を軽減することで問題が改善されると考えられる．以下では，上記観点に基づく既往研究・対策をレビューし，問題2の対策を検討する．

(a) ディスプレイの設置位置の変更

以下，本研究では，先行研究でも使用した，ダッシュボード等に設置するナビゲーションディスプレイを従来型ナビと呼ぶこととする．従来型ナビの設置位置を変更し視線移動量を減少できる可能性を検討した例として，森田らは，図-1左に示す7つの従来型ナビの設置位置を設定し，各設置位置についてそれぞれ評価を行っている⁹⁾．その結果，設置位置2，3が最も前方車のブレーキ点灯に対する反応時間が短いことを明らかにしている．図-1右に示す通り，先行研究でのディスプレイは設置位置2，3とほぼ同位置となっている．つまり従来型ナビを使用する場合，先に述べた聴覚による情報提供を用い，視覚情報を一部代替することで視線移動の必要量を減少させ，負荷を軽減する方法を検討しなければならない．

(b) オーバーヘッドモニター（以下，OHM）¹⁰⁾

ディスプレイをルームミラーと同じ感覚で確認できるようにしたもので，視線移動の負荷が減り安全性が増すとされている．しかし，これまでにその効果を検証した例は無く，少なくとも対象とする霧発生時という場面において視線移動の問題が解消されるかどうか調査する必要がある．さらに，従来型ナビと同様，聴覚による情報提供と組み合わせで視線移動負荷を軽減する方法を検討する必要がある．

(c) ヘッドアップディスプレイ（以下，HUD）

ホログラムを用いて情報を浮かび上がらせる，あるいはフロントウィンドウに情報を投影することで運転者の正面前方に情報を提示するものである^{11), 12)}．HUDは従来型ナビよりも前景情報の視認性が優れ情報が受容しやすいことが確認されている¹³⁾が，一方で情報の提示位置が正面前方に来るほど煩わしさが増すことも明らかとなっている¹⁴⁾．また，これらの結果^{13), 14)}は速度表示のみの情報提供を想定したものであり，道路線形や周辺車両などの情報をHUDで提示する場合には情報量が多くなり煩わしさは増すと考えられる．したがって問題2の対策としてHUDを使用することは現時点では困難であると考えた．

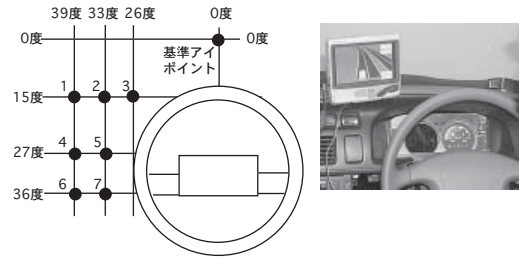


図-1 既往研究⁹⁾における設置位置（左）と先行研究における設置位置（右）

(3) 問題改善方法のまとめ

以上の結果から，以下の方法が問題の改善方法として適用可能ではないかと考えた．

- ・従来型ナビ+メッセージによる情報提供
- ・OHMによる情報提供
- ・OHM + メッセージによる情報提供

以下では，情報提供の具体的な提示内容についても検討する．ここで，先行研究⁵⁾で提示した情報（視覚情報と前方車両の接近警告音）については，その内容が原因となって問題が発生するという事象は確認されていない．よって，それらの内容は変更せず，本研究で新たに採用するメッセージの提示内容・タイミング・長さについての検討を行う．

提示情報のうち最も多く利用されていたものは，前方車両とカーブの状況に関する情報であることが確認できたため，これら2つの情報をメッセージで提示することとした．前者については，警告音が提示されるまでにディスプレイで前方車両の存在を認知しておくことが重要となるため，前方車両との車間距離が100m（実験で想定した最大検知範囲）以下になったときにメッセージで前方車両の情報を提示することとした．具体的には24音節以下⁷⁾となるように配慮し「100m先前方車があります」というメッセージを提示する．後者については，進入情報をカーブの100m手前¹⁵⁾で「100m先右（または左）カーブです」というメッセージによって提示する．

3. 室内実験の概要

(1) 実験システム

本研究で用いるDSの構成を図-2に示す．ディスプレイは図-3中・右のように設置し，移動中の自車両，周辺車両とその周辺の道路線形，20m間隔点をリアルタイムの画像として鳥瞰図方式で提示した（図-3左）．また，数値により走行速度(km/h)，前方・

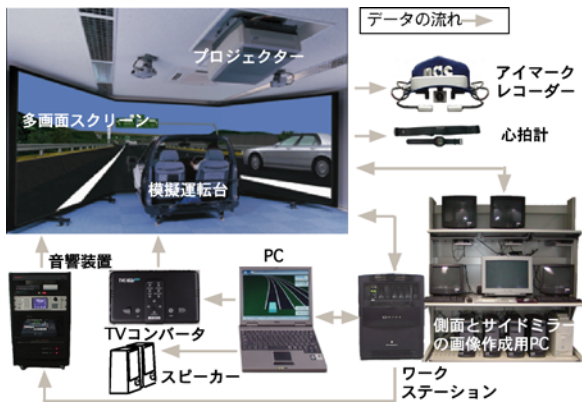


図-2 室内実験システムの構成

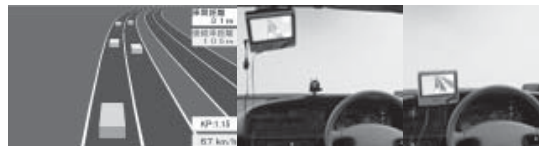


図-3 表示内容(左), OHD 設置位置(中), 従来型ナビ設置位置(右)



図-4 実験走行区間周辺図

後続車両との車間距離(m), 走行地点(kp)を提示した。なお, 検知範囲は自車両周辺 100m の範囲とした。

(2) 実験走行区間・実験条件

実験走行区間も先行研究と同様, 大分自動車道(速見 I.C. 方面) 1.54kp 地点から日出 JCT を経て 105.16kp 地点までとし(図-4), 視程 30m の霧を再現した CG を提示した。また実験走行条件も先行研究と同一とした。自車両は初期速度を 45km/h とし, 走行車線を走行し車線変更は行わないこととした。周辺車両は, ばらつきを持たせて初期配置し, 濃霧時の規制速度(50km/h)を考慮して, 車線別に目標速度を与えた。

実験走行は, 被験者を免許取得後 1 年以上経過している男子学生 24 名で構成し, 5 パターンからなる情報提供条件(1. 情報提供なし, 2. 従来型ナビ, 3. 従来型ナビ+メッセージ, 4. OHM, 5. OHM + メッセージ)を変化させ実施した。

走行は提示順序が実験結果に影響を及ぼすことを防ぐために上記 5 パターンをランダムに提示することとし, 各 1 回走行した。走行の際は, 走行速度(km/h), 車間距離(m), アクセル・ブレーキ使用量(%), 車

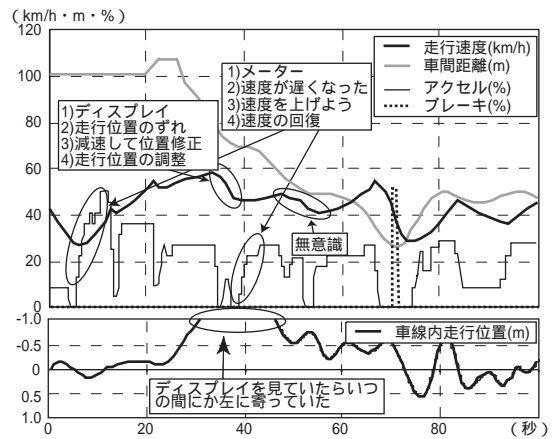


図-5 実験結果の統合図の例

線中心線からの車体中心のオフセット量(以下, 車線内走行位置 $X(m)$)のデータを収集した。同時に心拍計とアイマークレコーダにより被験者の心拍数(拍/分)と視線の移動を測定した。

(3) ヒアリング調査とアンケート調査

走行実験直後, 被験者に走行風景映像, および走行結果(図-5)を提示し, a) 10km/h 以上の速度低下, b) 速度低下後の最初のアクセル増加, c) ブレーキの使用, d) 前方車両との車間距離が 25m 以下となる接近, e) 車線の逸脱, という運行動変化を対象として, 1) 注視動機・注視対象, 2) 認知内容, 3) 評価・感情経験, 4) 行動選択・決定理由の各項目を質問した。

さらに, アンケート調査を行い, メッセージ提示による効果について補足調査を行った。

4. 実験結果の分析

表-1 に示す評価指標を用いて情報提供の効果を分析すると同時に, 視線移動に基づく注視点¹⁶⁾および(3)の結果を用いて被験者の挙動を分析する。

(1) 先行研究で確認した情報提供の効果

1. で述べた a), b), c) の効果を想定し, 最高速度, 平均心拍数, 最低車間距離, 最大減速度, 車線逸脱回数を指標としてパターン 1 と 2 の実験結果を比較したところ, 本結果でも a), b) の効果が確認された。c) についてはパターン 2 の方が車線逸脱回数が多くなる傾向が確認された。これに関し「ディスプレイを見て視線が横にずれた」という発言が得られており, 情報提供の問題 2 が本実験結果でも確認された。

表-1 評価指標の定義

最高速度
走行開始から終了までの速度の最大値(km/h)
最低車間距離
走行開始から終了までの車間距離の最小値(m)
減速度
速度の微小時間における変化量(速度変化率, km/h/s)に-1を乗じた値.
実際には, 1/30秒ごとに計測された速度 $v_i(i=1,2,\dots,n)$ と v_{i+1} を用い, $(v_{i+1}-v_i)$ に-30を乗じた値として算出している
最大減速度
分析対象区間内での減速度の最大値(km/h/s)
車線逸脱
車線内走行位置が d (m)の範囲を超過している状態
車線逸脱回数
車線逸脱の回数

次にパターン3, 4, 5についても, 同様の方法で効果を検証したところ, 効果a), b)が確認された。ただし, パターン4, 5において「ディスプレイが見にくい」という発話を得られた。本研究で用いたDSは運転台に普通乗用車の車体を用いており, OHMを注視する際には見上げる形となるため, こうした問題を回避することは難しい。よって, OHMによる情報提供は以下の分析対象から除外することとした。

(2) メッセージの効果

期待される情報提供の問題改善効果について, パターン2と3の実験結果を比較することで検証した。

問題1の改善効果について, パターン3の走行結果を見ると, 徐々に速度を落としながら前方車両へ接近していく行動およびそれを裏付ける発話が確認された。また, メッセージ提示直後の注視状況を見ると, 被験者24名中23名がディスプレイを注視していることが確認された。このうち2名は, メッセージが提示された直後ディスプレイで前方車両の存在を確認しているものの, その後の接近過程において情報収集を怠ったために前方車両に接近しすぎ, ブレーキを使用したことが分かった。この2名を除いて最大減速度を指標として比較した結果, パターン3の方が, 有意に小さいことが確認された。

問題2の改善効果は, 注視回数割合, 注視時間割合, 車線逸脱回数を指標として検証を行った。その結果, パターン2に比較しパターン3の方が注視回数割合, 注視時間割合ともに減少する傾向が確認された。ただし, いずれの検定結果にも統計的に有意な差は認められていない。しかし, アンケート調査結果からは「ディスプレイを頻繁に見る必要がなくなる」という内容の回答が得られており, ディスプレイへの過度な依存は低下していることが示唆された。車線逸脱回数に関してはパターン3の方が増加するという結果に至った。ヒアリング調査結果を見

ると, メッセージによりカーブの存在の認知は促されるが, 距離が把握できなかったことおよび, 車線逸脱に関する意識の低さが原因であると推測された。

5. まとめ

本研究では, 先行研究で課題として指摘された情報提供の問題を改善する方法を検討しその効果の分析を目的とした。このため, 先行研究と同様, DSを用いた走行実験を行うことでデータ収集した。その結果, 従来型ナビに加えメッセージで前方車両の接近情報とカーブ進入情報を提示することで, 視線移動負荷が軽減され, 前方車両およびカーブの認知が早まると同時に, 前方車両には緩やかに減速しながら接近できるようになること, つまり問題の改善効果が示された。しかし, 視線移動負荷は軽減されるものの, 車線逸脱回数の減少は認められなかった。これについては, 車線逸脱という交通法規に反する行動への意識の低さが, 発話から確認されており, 異なる視点からの対応が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 社団法人日本自動車工業会: JAMAGAZINE2002年8月号, <http://www.jama.or.jp/lib/jamagazine/200208/>
- 2) (財)交通事故総合分析センター: イタルダ・インフォメーション, No.33, 2001.
- 3) 技術研究組合走行支援道路システム開発機構ホームページ, <http://www.ahsra.or.jp/>
- 4) 岩崎泰彦・田中靖資: 走行支援道路システム(AHS)に関するリクワイアメント, 交通工学, 第34巻第6号, pp. 32-37, 1999.
- 5) 飯田克弘・池田武司・石山裕一・秋田周作: 視界不良時における走行挙動特性と情報提供の支援効果把握, 交通工学, 第38巻第2号, pp.59-69, 2003.3.
- 6) 宇野宏・鈴木桂輔: 触覚を利用した情報提供に関する考察, 自動車研究, 第24巻第7号, pp. 277-280, 2002.
- 7) 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, 第24巻第6号, pp. 225-228, 2002.
- 8) 北岡広宣・中野倫明・杉山和彦・山本新: 音声を主体とした経路案内法とその有効性評価, 信学技報, HIP97-8, pp. 57-62, 1997.
- 9) 森田和元・益子仁一・岡田竹雄: 自動車車室内表示装置を注視することによる反応時間の遅れについて, 照明学会誌, 第82巻第2号, pp. 121-130, 1998.
- 10) AUTOCRAFT: Super View Navigation for NEW RANGEROVER, <http://www.autocraft.co.jp/rr/navi.html>
- 11) 富士通研究所: トラックラムを用いたヘッドアップディスプレイ, <http://www.labs.fujitsu.com/News/1996/Feb/960202.html>
- 12) TOYOTA ホームページ: TOYOTA NAVIGATION, <http://www.toyota.co.jp/toyota-navi/plus/hud.html>
- 13) 岡林繁・古川政光・坂田雅男・畑田豊彦: 自動車ヘッドアップディスプレイにおける前景情報と表示情報の認識について, 照明学会誌, 第75巻第6号, pp. 267-274, 1991.
- 14) 森田和元・益子仁一・岡田竹雄: 自動車用ヘッドアップディスプレイの煩わしさ感に関する考察(第1報) - 表示位置と運転者の目の位置による影響 -, 照明学会誌, 第81巻第2号, pp. 89-95, 1997.
- 15) 技術研究組合走行支援道路システム開発機構: 走行支援システム実証実験募集要項, <http://www.netpark.or.jp/ahs/jpn/d01j/a02j/japanese.pdf>
- 16) 福田良子・佐久間美能留・中村悦夫・福田忠彦: 注視点の定義に関する実験的検討, 人間工学, 第32巻第4号, pp.197-224, 1996.