

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方法の検討*

Examination of the Method on Information Supply using Navigation Display in Fog Condition *

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 i) 走行速度が低い、ii) 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、iii) 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。

これに対し情報提供を行うことで、i') 恐怖感・不安感を緩和し、低速走行を緩和する（以下、効果Ⅰ）、ii') 前方車両接近時に車間を保持し、減速が緩やかになる（以下、効果Ⅱ）、iii') 車線の逸脱を防止する

（以下、効果Ⅲ）、という効果を仮定し分析したところ、効果Ⅰ、Ⅱについては実証することができた。

ただし効果Ⅱ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Ⅰ）が確認された。また効果Ⅲ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Ⅱ）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ているものの、事故誘発の要因ともなりうる情報提供の問題を克服する方法について検討・提案すること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しうる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Ⅰの改善策

問題Ⅰは、ディスプレイに安全走行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。しかし、触覚の利用については、提供される情報と運転者のステレオタイプが一致する場合には視覚や聴覚による情報提供より有利であるが、触覚による情報提供がステアリングホイールやアクセルペダルを介して提示される場合、操舵性に影響を与える可能性、操作すべき方向の誤解などドライバーに混乱を生む可能性が指摘されている⁶⁾。つ

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会69-3, TEL: 0796-95-0231)

まり、触覚による情報提供が効果的に作用しない場合、逆に問題2を助長する可能性がある。

聴覚の利用については、「視覚情報提供と異なり、聴覚による情報提供では視覚的負荷が基本的に存在しないため有利であり、中でもメッセージによる情報提供は内容を具体的に記述できるため、信号音よりも正確な伝達ができる」「視覚情報よりも運転への割り込みがきく」といった長所があると指摘されている⁷⁸⁾。これらの知見から、聴覚を利用した情報提供、特にメッセージでの情報提供が、問題1の対策として適用可能と考えられる。しかし一方で、「画像情報に比べ単位時間当たりに提示できる情報量が少なく、全ての情報を提示することは困難である」「形状など提示困難な情報もあるため画像情報による補助が必要」という点が短所として指摘されている⁸⁾。以上から、メッセージで情報を提示する場合、提示内容・タイミング・長さを選定し、視覚情報と組み合わせ、視覚情報の一部をメッセージで提示する方法が合理的であると整理することができる。

(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、視線移動の負荷軽減に関して、これまで行われた研究・対策をレビューし、そこで扱われた方法が問題2の対策として適用可能か検討する。

(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、対比のため従来型ナビと呼ぶ。まず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。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おり、既に安全性の高い位置に設置されていると言える。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

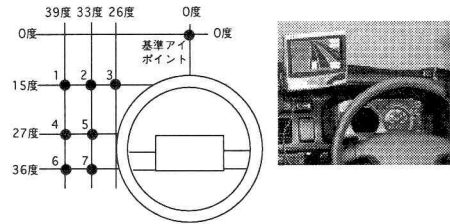


図-1 既往研究における設置位置(左)と先行研究における設置位置(右)

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 (OHD)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る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 (HUD)

HUDは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インドウに情報を投影することで情報を運転者の正面前方に提示できるようにするものである^{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感が増すことが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るが、走行支援システムのように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表示画像も大きくなるため煩わしさ感にはさらに増すと考えられる。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。

(3) 問題改善方法のまとめ

以上の結果をまとめると、以下の3通りの方法が問題の改善方法として適用ではないかと考えられる。

- ・従来型ナビ+メッセージによる情報提供
- ・OHDによる情報提供
- ・OHD+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検討する。ここで、先行研究⁵⁾ではディスプレイに

よる視覚情報と前方車両の接近警告音（ビーブ音、車間距離が40m以下になると発動）を提示している。既知の結果から、これらが原因となって走行上の問題は発生しないことが確認できているため、視覚情報と警告音についての提示内容の検討・変更は行わない。つまり、本研究で言う情報提供内容の検討とは、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指す。

提示される情報のうち最も多く利用されていたものは、前方車両の状況に関する情報とカーブの情報であることが確認できたため、本研究ではこれら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、問題1を考慮すると、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。これによりディスプレイへの注視を促し、前方車両を認知できるようになり前方車両に緩やかに接近できるようになると考えられる。

後者については、メッセージによりカーブ進入情報をカーブの100m手前¹⁵⁾で提示することとした。これについても24音節以下⁷⁾となるよう配慮し、「100m先右（または左）カーブです」というメッセージを提示する。これにより、ディスプレイを注視せずともカーブを認知できるようになるため視線移動負荷が減少するものと考えられる。

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、先行研究⁹⁾と同様、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)、前方車両との車間距離(m)、後続車両との車間距離(m)、走行地点(kp)を提示した。なお、検知範囲としては自車両周辺100mの範囲内の情報のみを提示することとした。

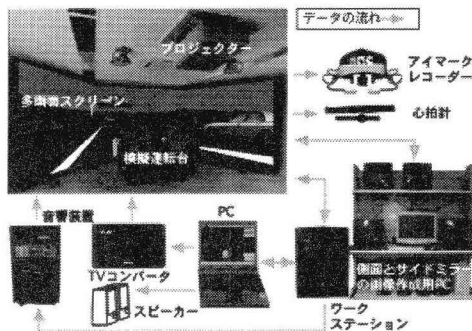


図-2 室内実験システムの構成



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

(2) 実験走行区間・実験走行条件

実験走行区間は先行研究と同様、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、濃霧時の規制速度(50km/h)を考慮して、巡航速度を走行車線で40~45km/h、追越車線で50km/とし、ばらつきを持たせて初期配置した。上記以外の実験走行条件も先行研究と同じとした。

(3) 実験走行

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、情報提供の条件を変化させ、以下の実験走行を実施した。被験者には、濃霧時の規制速度が50km/hであることを説明した。なお、走行時の速度や操舵の調節については特に指示を与えなかった。ここでパターン2は先行研究と全く同様の情報提供方法、パターン3~5は本研究で提案する3つの情報提供方法である。

- パターン1：情報提供なし
- パターン2：従来型ナビ
- パターン3：従来型ナビ+メッセージ
- パターン4：OHD
- パターン5：OHD+メッセージ

走行は各パターンについて1回ずつ行った。その際、走行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(%), 車線内走行位置(m)のデータを収集した。アクセル、ブレーキ使用量は、最も踏み込んだ状態を100%とした使用割合を示す。また、車線内走行位置は車線中心線からの車体中心のオフセット量を示し、±1.0mの範囲を超えると車線を逸脱していることを示す(右側が正)。同時に心拍計とアイマークレコーダーを用いて被験者の心拍数(拍/分)と視線の移動を測定した。この視線の移動は走行時の前方風景と合成され、ビデオテープに録画される。実験後、このビデオ映像を用いて注視対象の抽出を行った。なお、視線の移動速度から視線移動をサッケード(高速の視線移動運動)とそうでないものに分離し、視線移動がサッケードでなければ注視していると定義した。視線運動の閾値としては10deg/secの値を採用している¹⁶⁾。

(4) プロトコル法を用いたヒアリング調査

先行研究⁹⁾と同様、走行実験の直後、別室でヒアリング調査を行った。まず被験者に実験走行中にアイマークレコーダーにより録画した走行風景映像、および速度、アクセル・ブレーキ使用量、車間距離、車線内走行位置の推移図を提示し(図-5参照)、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。調査は以下の運転行動変化を対象として行い、得られた発言内容は、上述の1)から4)の順に推移図上に整理して記入した。

- 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(濃霧時の速度規制である50km/hで走行している時の制動距離)以下となる接近

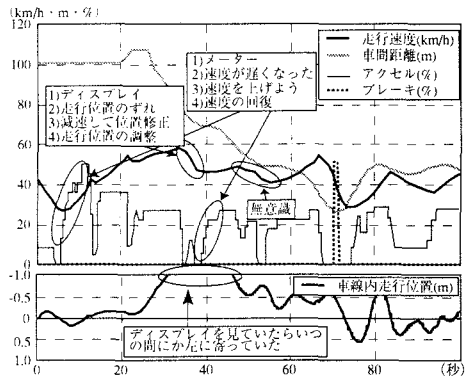


図-5 実験結果の統合図の例

e) 車線の逸脱(車線内走行位置が±1.0mの範囲を超過した場合と定義)

(5) アンケート調査

ヒアリング調査の対象となるのはあらかじめ想定したa)~e)5つの運転行動の変化が発生した状況のみである。また自発的な発言データを収集しているため、メッセージ提示によって運転行動の変化がなかった場合には運転意識の変化が発生したとしてもその状況を把握することができない。よって本研究では、ヒアリング以外に、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。調査では、「メッセージが提示されることで、メッセージがない場合と比べて走行に影響はあったか」について質問し、自由に回答させた。

4. 実験結果の分析

まず、パターン2の結果に着目し、先行研究⁹⁾で把握された情報提供の影響が本実験結果でも確認できることを検証する。次に、本研究で提案する3つの情報提供方法が先行研究で確認された走行支援効果を保持しているか検証する。

検証に当たっては、運転行動の意志決定過程についてヒアリング調査結果を用いて分析するとともに、先行研究で使用された評価指標を用い、その算定値から支援効果を把握する。なお、分析で用いた評価指標の定義を表-1に示す。この指標を走行パターン、被験者ごとに算出し、以下の手順で検定を行った(以下、断りが無い場合、評価指標算定値の検定には以下の手順を用いている)。

- ① 走行パターンごとに、評価指標算定値が正規分布に

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
速度の減少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 $v_i(i=1,2,...,n)$ 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 y_0 (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

従うことを帰無仮説として、Kolmogorov-Smirnov 検定 (有意水準: $\alpha=5\%$) を行う。

②比較する走行パターンについて、各指標の母平均が等しいことを帰無仮説として、①で正規性が棄却された場合は Wilcoxon の符号付順位検定、正規性が示された場合は対応のある t 検定を行う ($\alpha=5\%$)。

(1) 先行研究で確認した情報提供の効果

(a) パターン2における支援効果

第1章で述べた効果 I, II, III を想定し、情報提供なし (パターン1) と従来型ナビによる情報提供 (パターン2) の走行実験結果を比較した。

まず効果 I について、最高速度の平均値と平均心拍数を指標とし比較したところ、最高速度についてはパターン2の方が有意に大きく、低速走行が緩和される効果があることが確認された。平均心拍数についてもパターン2の方が有意に小さく、恐怖感・不安感が緩和されていることが確認された (表-2)。さらにヒアリング調査において「ディスプレイで前方車がない、道路線形がまっすぐであることが確認できたため速度を上げて大丈夫と判断」という意志決定過程を示す発話が確認された (2名)。以上のことから、本実験結果でも効果 I が確認された。

表-2 各指標の平均値と検定結果

	パターン1			パターン2			母平均の有意差
	平均値	標準偏差	正規性	平均値	標準偏差	正規性	
最高速度(km/h) (サンプル数24)	58.11	3.53	あり	62.84	6.64	あり	あり (t検定)
平均心拍数(毎分) (サンプル数23)	72.90	12.16	あり	71.98	12.25	あり	あり (t検定)

効果 II については、最低車間距離と最大減速度の平均値を指標とし比較を行った。その結果、最低車間距離についてはパターン2の方が有意に大きいことが確認された。一方、最大減速度については、その値は大きくなるものの、有意な差は確認できなかった (表-3)。ここでパターン2の方が最大減速度が小さくなった被験者に着目すると「ディスプレイ

で前方車との車間が詰まってきたことを確認し、急接近しないように徐々に速度を減速する」という発話が確認された (3名)。逆にパターン2の方が最大減速度が大きくなった被験者に着目すると、ディスプレイで前方車両の存在を確認していないために前方車に近づきすぎて急減速するといった行動が見られた (1名)。以上のことから、前方車両接近時に車間を保持し減速を緩やかにするという効果 II が確認されたと同時に、情報提供の問題1が本実験結果においても確認されたと判断した。

表-3 各指標の平均値と検定結果 (2)

	パターン1			パターン2			母平均の有意差
	平均値	標準偏差	正規性	平均値	標準偏差	正規性	
最低車間距離(m) (サンプル数21)	20.46	5.49	あり	25.04	6.43	あり	あり (t検定)
最大減速度(km/h/s) (サンプル数21)	4.21	3.26	なし	5.54	4.98	なし	なし (Wilcoxon)

最後に効果 III について車線逸脱回数を指標とし、比較を行ったところ、パターン2の方が大きくなる傾向はあるものの、有意な差は確認されなかった (表-4)。一方、ヒアリング調査では車線逸脱に関して「ディスプレイを見て視線が横にずれた」(1名) という発話が得られており、情報提供の問題2が本実験結果でも確認できた。

表-4 車線逸脱回数の平均値と検定結果

	パターン1			パターン2			母平均の有意差
	平均値	標準偏差	正規性	平均値	標準偏差	正規性	
車線逸脱回数(回) (サンプル数24)	0.25	0.66	なし	0.33	0.69	なし	なし (Wilcoxon)

以上から、本実験結果でも先行研究と同様に、情報提供方法の効果と問題点が確認された。

b) パターン3, 4, 5における支援効果

情報提供の問題改善を検討するためには新たに提案する方法が、パターン2と同様、情報提供の効果を有していることが前提となる。そこで、前項と同様の評価方法を用い、パターン3, 4, 5の走行で、支援効果 I, II が確認できることを検証する。

まず効果 I について、最高速度の平均値を指標としてパターン1とパターン3, 4, 5の比較をそれぞれ行った。その結果、いずれのパターンでも最高速度が大きくなる傾向が確認され、特にパターン3, 4については有意な差があることが確認された (表-5)。さらに、ヒアリング調査結果からは、「ディスプレイで前方車がない、道路線形がまっすぐであること

表-5 各指標の平均値と検定結果 (3)

最高速度(km/h) (サンプル数24)	平均値	標準偏差	正規性	平均心拍数(拍/分) (サンプル数23)	平均値	標準偏差	正規性
パターン1	58.11	3.53	あり	パターン1	72.90	12.16	あり
パターン3	62.26	7.98	あり	パターン3	72.75	12.03	あり
パターン4	61.65	7.43	あり	パターン4	72.93	13.14	あり
パターン5	59.91	4.85	なし	パターン5	72.40	11.19	あり

最高速度(km/h) (サンプル数24)	母平均の有意差	平均心拍数(拍/分) (サンプル数23)	母平均の有意差
パターン1と3の比較	あり (t検定)	パターン1と3の比較	なし (t検定)
パターン1と4の比較	あり (t検定)	パターン1と4の比較	なし (t検定)
パターン1と5の比較	なし (Wilcoxon)	パターン1と5の比較	なし (t検定)

が確認できたので速度を上げよう」という先行研究と同様の発話が得られており(パターン3:3名, パターン4:2名, パターン5:4名), 低速走行を緩和する効果があることが確認された。平均心拍数については顕著な傾向は見られなかった(表-5)。

効果Ⅱについて比較を行った結果, 最低車間距離はパターン3, 4, 5ともパターン1より有意に大きいことが確認された。しかし最大減速度には顕著な傾向は見られなかった(表-6)。ただし, 全てのパターンのヒアリング調査において「ディスプレイで前方車の存在を確認し急接近しないように徐々に速度を落とす, 車間を保つ」という発話の確認されており, 最大減速度に有意な差はないものの, 急減速を防止するような運転行動の意志決定過程が確認された。

以上のことからパターン3, 4, 5についても先行研究で把握された支援効果が確認されたと言える。

表-6 各指標の平均値と検定結果 (4)

最低車間距離(m) (サンプル数21)	平均値	標準偏差	正規性	最大減速度(km/h/s) (サンプル数21)	平均値	標準偏差	正規性
パターン1	20.46	5.49	あり	パターン1	4.20	3.26	あり
パターン3	24.48	7.05	あり	パターン3	4.38	3.00	あり
パターン4	23.99	5.20	あり	パターン4	4.89	4.53	あり
パターン5	26.54	5.78	なし	パターン5	4.72	4.19	あり

最低車間距離(m) (サンプル数21)	母平均の有意差	最大減速度(km/h/s) (サンプル数21)	母平均の有意差
パターン1と3の比較	あり (t検定)	パターン1と3の比較	なし (Wilcoxon)
パターン1と4の比較	あり (t検定)	パターン1と4の比較	なし (Wilcoxon)
パターン1と5の比較	あり (t検定)	パターン1と5の比較	なし (Wilcoxon)

(2) OHD の効果

OHD の採用による, 視線移動の負荷を軽減し, 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改善効果を検証するため, パターン2とパターン4, パターン3とパターン5について, 車線逸脱回数の比較を行った。さらに, それぞれの走行におけるディスプレイに対する注視回数と注視時間の累計

値を求め, 走行開始から終了までに要する時間で除した値(以下, 注視回数割合(回/sec), 注視時間割合(%)とする)を被験者ごとに算出し, 有意差検定を行った。

その結果, OHDによる情報提供(パターン4, 5)では従来型ナビによる情報提供(パターン2, 3)よりも注視回数割合, 注視時間割合ともに有意に小さいことが確認された。なお, 車線逸脱回数についてはOHDによる情報提供を行った場合少なくなる傾向が伺えるが, 有意な差は確認されなかった(表-7)。この結果より, OHDの導入により, 少なくとも視線移動負荷が軽減されたことが確認できる。

表-7 各指標の平均値と検定結果 (5)

	従来型ナビ (パターン2)			オーバーヘッド (パターン4)			母平均の有意差
	平均値	標準偏差	正規性	平均値	標準偏差	正規性	
注視回数割合(回/sec) (サンプル数24)	0.21	0.11	あり	0.06	0.05	あり	あり (t検定)
注視時間割合(%) (サンプル数24)	16.14	10.34	あり	5.97	6.36	なし	あり (Wilcoxon)
車線逸脱回数(回) (サンプル数24)	0.33	0.69	なし	0.29	0.61	なし	なし (Wilcoxon)

	従来型ナビ (パターン3)			オーバーヘッド (パターン5)			母平均の有意差
	平均値	標準偏差	正規性	平均値	標準偏差	正規性	
注視回数割合(回/sec) (サンプル数24)	0.20	0.12	あり	0.06	0.06	あり	あり (t検定)
注視時間割合(%) (サンプル数24)	15.69	10.21	あり	5.74	6.24	なし	あり (Wilcoxon)
車線逸脱回数(回) (サンプル数24)	0.42	0.64	なし	0.21	0.41	なし	なし (Wilcoxon)

ところが, OHDによる情報提供において, 「ディスプレイが見にくい」という発話を得られている(パターン3:3名, パターン4:2名, パターン5:4名)。すなわち, ディスプレイが見にくいために注視が減り, 根本的な解決ではないが視線移動負荷が減少した可能性が伺える。また, 車線を逸脱した理由に依然として「ディスプレイを見て(走行位置が)ずれた」という発話を得られており(パターン4:1名), ディスプレイを注視する際には走行がふらつき, 車線逸脱に至るといった情報提供の問題2が発現していることがわかった。以上から, OHDを導入しても, 本研究で想定したような情報提供の問題を改善する効果は得られないと判断し, 以下の分析の対象から除外することとした。

(3) メッセージの効果

先に述べた通り, 本研究ではメッセージによる情報提供により効果Ⅱ, Ⅲが得られると想定した。こ

れに基づき、前節までと同様の方法で分析を行った。具体的には、従来型ナビによる情報提供（パターン2）と従来型ナビ+メッセージによる情報提供（パターン3）の比較により上述した効果の検証を行うが、この際3.(5)で述べたアンケート調査の結果もあわせて使用する。

効果Ⅱについて、パターン3の走行記録を見ると、想定した通り、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が確認できた。その行動に対応した発話を確認したところ「メッセージが流れた後にディスプレイで確認し、前方車が近づいてきているとわかったので、徐々に減速しようと思った」という内容が確認できた（4名）。また、こうした発話を得られなかった被験者も含め、メッセージ提示直後の注視状況を確認したところ、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。次にこの23名を対象に、メッセージ提示後ディスプレイを確認することで前方車両接近時の急減速が緩和されているかどうか検証を行った。評価指標はメッセージ提示後の区間を対象とした最大減速度である。その結果パターン3ではパターン2と比較して最大減速度が小さくなる傾向が見られるものの、統計的に有意な差は確認されなかった（表-8）。

表-8 最大減速度の平均値と検定結果

	メッセージなし (パターン2)			メッセージあり (パターン3)			母平均の 有意差
	平均値 (km/h/s)	標準 偏差	正規性	平均値 (km/h/s)	標準 偏差	正規性	
最大減速度 (サンプル数23)	5.76	4.82	なし	4.15	2.94	なし	なし (Wilcoxon)

ここで有意な差が見られなかった原因について、パターン3での最大減速度が、パターン2に比べて極端に大きくなった被験者（2名）に着目し、最大減速度が発生した状況を見たところ、2名とも前方車両に接近した際にブレーキを使用していることが確認された。ブレーキを使用した理由として、1人目は「ルーズな感じで運転していたために近づきすぎた」という発話を得られている。つまりこの場合、最大減速度が大きくなったのはメッセージの提示によるものではなく、漫然とした運転行動が原因であると考えられる。また、2人目は、ブレーキを使用した理由として「(前方車両に接近する直前に) ディスプレイで前方車両の接近を確認していなかったため前方車両に近づきすぎてブレーキを踏んだ」と発話して

いる。このことから、メッセージで前方車両の情報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はいるものの、その後の接近過程においてディスプレイでの情報収集を怠ったために前方車両に接近しすぎたと考えられる。

実際にこの2名を除いて最大減速度の比較を行ったところ有意な差があることが確認できた（表-9）。

以上より、メッセージによる情報提供は、全ての運転者に対して効果的に作用するわけではないが、本研究で想定した効果を有することが確認された。

表-9 最大減速度の平均値と検定結果（2）

	メッセージなし (パターン2)			メッセージあり (パターン3)			母平均の 有意差
	平均値 (km/h/s)	標準 偏差	正規性	平均値 (km/h/s)	標準 偏差	正規性	
最大減速度 (サンプル数21)	5.98	4.98	なし	3.61	2.43	なし	あり (Wilcoxon)

次に効果Ⅲについて注視回数割合、注視時間割合、ハンドル回転量、車線逸脱回数を評価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（表-10）。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。ここで、アンケート調査結果を見ると、「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（4名）、メッセージの提示によってディスプレイへの過度な依存が低下していることは確認できた。

次に車線逸脱回数に関しては、パターン2に比較しパターン3の方が増加するという結果に至った（表-10）。ここで車線を逸脱した理由として「カーブ進入メッセージは聞いていたが100mという距離がわからなかった、気づいたらカーブに入っていた」という内容の発話を得られている（2名）。すなわち、メッセージでカーブの情報が提示されるもののカーブを認知できなかったことが車線逸脱を引き起こした原因であると考えられる。しかしアンケート調査結果では「(メッセージによって) 前方にあるカーブ

表-10 各指標の平均値と検定結果（2）

	メッセージなし (パターン2)			メッセージあり (パターン3)			母平均の 有意差
	平均 値	標準 偏差	正規 性	平均 値	標準 偏差	正規 性	
注視回数割合(回/sec) (サンプル数24)	0.21	0.11	あり	0.20	0.12	あり	なし (検定)
注視時間割合(%) (サンプル数24)	16.14	10.34	あり	15.69	10.21	あり	なし (検定)
車線逸脱回数(回) (サンプル数24)	0.33	0.69	なし	0.42	0.64	なし	なし (Wilcoxon)

を認知し前もってカーブへの対応を行えた」(2名)という回答が得られていることが確認できた。

ここで、車線逸脱が防止されなかった原因についてさらに分析を行うと、車線を逸脱した理由として、「無意識」「車線逸脱は気にしていない」「ボーっとしていた」などの発話が確認された。この発話は、全走行パターンにおいて共通して見られていることから(パターン1:3名,パターン2:1名,パターン5:2名)、情報提供による影響ではなく、実験における被験者が全体的に車線逸脱に対する意識が低かったために車線逸脱が起こったと考えられる。

5. まとめ

本研究では、先行研究で課題として残された情報提供の問題を改善する情報提供方法を提案し、その効果を検証した。検証に必要なデータは、先行研究と同様、室内実験システムを用いて走行実験を行うことで収集した。そして得られたデータを分析した結果、従来型ナビによる情報提供に加え、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、カーブを認知できるようになり前もってカーブに対応できるようになることを明らかにした。また、前方車両をディスプレイで確認できるようになり緩やかに減速しながら接近できるようになることも明らかにした。し

かし一部の被験者はメッセージが効果的に作用していないことも確認された。この原因について追及していくことが今後の課題となる。

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.ahsa.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：ホログ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.

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方法の検討

飯田 克弘・秋田 周作

本研究では、先行研究で課題として示された霧発生時の情報提供の問題を改善する法を提案し、その効果を検証した。検証に必要なデータは、先行研究と同様、仮想的な走行環境を3次元CGにより再現し、室内走行実験を行うことで収集した。得られたデータを分析した結果、従来型ナビによる情報提供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、①視線移動負荷が軽減され、前もってカーブを事前に認知できるようになり、運転操作が補助されること、②前方車両をナビゲーションディスプレイで確認できるようになり、緩やかに減速しながら接近できるようになることを明らかにした。また、オーバーヘッドモニターによって情報を提供した場合には、少なくとも本研究で想定した普通車の構造ではディスプレイが見にくいことが原因となり問題が改善されないことも明らかとなった。

Examination of the Method on Information Supply using Navigation Display in Fog Condition

By Katsuhiko IIDA and Syusaku AKITA

This subject of this study is to improve the problem of the driving navigation system under the fog condition. Conducting a laboratory test using a virtual-reality driving simulator collects required data, which verify the effect of the system proposed in this study. The message information for curve approach and front vehicles added to previous type navigation is showed the effectiveness. Using the information for curve approach, sight-moving load is mitigated, a curve can be recognized beforehand, and drivers can respond to a curve properly. And the information for front vehicles enable drivers to check front vehicles beforehand, and down the velocity gently in the approach to the front cars.