道路情報表示装置の視認性[†]

専門会員 藤井 克人* 専門会員 高橋 貞雄*

1. はじめに

道路交通情報としては、道路状況、交通状況、気象状況などに関するものがあるが、道路情報表示装置はこれらの情報を必要に応じて、道路利用者に可変的に提供するため設置されている。可変的という意味で、通常の固定された道路標識と異なっている。現在、わが国において道路情報表示装置には主として、字幕式、透光式、電光式という3種類の表示方式がある。

字幕式は縦または横行字幕で、照明はけい光灯の内部照明である。表示幕は無色で、文字は丸ゴシック体、黒色つや消しである。透光式は縦または横行字幕で、字幕後方の電球と、放物面反射鏡からの光を字幕文字を通じて表面パネル板の透光レンズなどに導き文字を形成する。地は黒色つや消しで、透光文字部分は通常無色である。書体は丸ゴシックである。電光式は表面に配置された電球により文字を形成するものである。

本報では、まず道路交通における道路情報の運転者による視認問題を概観し、ついで上記3種の表示方式の縮尺模型による人工霧中の見え方基礎実験について述べる。この基礎実験は、昭和51年度に本州四国連絡橋公団より照明学会に研究委託された「道路情報表示装置の霧の中の見え方に関する調査研究」(委員長 坊 博)において行なわれたものである。

2. 道路交通における視認システム

道路情報表示装置の見え方は、誘目-視認-判読-確認という一連のプロセスをたどり、これにより必要な運転操作という形に結びついていく。

2.1 誘目の段階

誘目性の点からは、運転者の表示装置に対する注視距離と注視時間が基本的に重要である。図1はオーバーハング式の案内標識に対する実験による注視距離分布である¹⁾。

図1 案内標識に対する注視距離分布
(和気, 小林, 1973)

平均注視距離は116 m、最ひん度は70 mであるが、200 m以上から注視を開始している。注視時間は1回当たり0.3秒程度で、1個の標識に対して3～6回注視しているといわれる。誘目のために、表示装置に赤色または黄色の点滅注意灯を取り付ける場合がある。

2.2 視認・判読・確認の段階

誘目の段階から、接近するに従って次には何かがあると感じ始め、さらに細部を認めようと必要な行動をとり、判読・確認へと進んでいく。この判読・確認という作業には、視野の中の中心くぼみが非常に優れているが、目の動きの研究から周辺もまた重要な能力をもっていることが知られている。それゆえ、表示文字の大きさ(文字の高さ、幅)、線の太さ、書体、文字と文字との間隔(余白)、字数、色、輝度など、パターン認識の問題として研究されてきている²⁾。特に文字の大きさは必要な視認距離を確保する点から重要な要素である。

建電協仕様³⁾によれば、表示に対する必要な確認距離 l は、

$$l = l_s + l_v$$

である。 l_s は表示機と消失点までの距離、 l_v は判読所要距離である(図2参照)。 l_s は運転者の限界視野と表示機の道路上の高さから決まり、運転席の上側限界視野を $\alpha=7^\circ$ 、目の高さから表示機の最上部までの高さを5 mとすれば、 $l_s=41$ mである。 l_v は、

$$l_v = \frac{V \cdot t}{3.6} (\text{m})$$

ただし、 V : 走行速度 (km/hr), t : 判読所要時間 (秒)

[†] Visibility of Highway Information Display

* 東芝電材株式会社 Katsuto Fujii, Sadao Takahashi

本報は、昭和54年10月2日電気四学会連合大会シンポジウムの発表内容に加筆したものである。

図 2 必要確認距離 l の説明

より計算される。 l は表示の文字数や画数、見る人の視力などに関係すると思われるが、15文字で約1.95秒、20文字で約2.5秒、25文字で約3.2秒とされている。図 3 は走行速度と必要確認距離 l を示している。このようなことなどを考慮して、文字高さが決められている。なお、同一の確認距離を得るのに、仮名は漢字の約60%の高さとされている。

図 3 必要確認距離と走行速度の関係

以上は良好な視環境における場合であるが、霧の発生などにより視程が低下した場合、また昼夜の条件や文字の輝度、画数などの見え方への影響が問題として残されている。

3. 情報の表示方式

参考として情報の表示方式について図 4 に示す。字幕式、透光式、電光式の光学系の大略で、それらに対する文字の大きさの建電協仕様を示している。

	字幕式	透光式	電光式
参考図			
文字の大きさ(標準寸法)	文字高さ 漢字 500mm 仮名数字 350mm 文字幅 高さの0.84倍 太さ 高さの1/10 文字間隔 幅の1/5以上 周囲の余白 100mm以上	文字高さ 漢字 500mm 仮名数字 350mm 文字幅 高さの0.84倍 太さ 20~30mm 文字間隔 幅の1/5以上	文字の大きさ 縦 450mm 横 390mm 電球配列 縦 15列 横 13列 電球配列 縦 15列 横 21列 電球間隔 30mm

図 4 各種道路情報表示装置の光学系(概略図)

4. 室内基礎実験

晴天時のいわゆる良視程条件における情報の視認・判読実験は、すでにいくつかの報告に見られるが、霧などの発生により視程が低下した条件については、あまり例がない

ようである。特に低視程時では文字の判読性が問題となる点で、通常の信号の見え方問題と異なると考えられる。筆者らはさきに述べた委託研究に参加する機会を得た。以下にその成果の一部を紹介する次第である。

実験は人工霧箱装置により、字幕式、透光式、電光式の各種表示方式について、種々の視野条件の中で観測を行ない、表示の照明要素と見え方との基礎的関係データの把握を目的として計画した。

4.1 見え方の要素

実験に先立ち、見え方に関する要素を検討すると、表 1 のようにまとめられる。視対象の表示条件、視認条件、環境条件と大別される。表中○印の要素は今回の実験で取り上げられている。

表 1 見え方の要因

環境条件	<ul style="list-style-type: none"> ○距離 ○背景輝度 ○大気透過率——気象視程——可視距離
表示の条件	<ul style="list-style-type: none"> ○文字の大きさ……運転者からの見かけの大きさは、距離により変化する。 ○文字の表示方式……文字の形状 ○文字の種類(画数)……複雑な文字ほど判読しにくい。 ○文字輝度……運転者が見る見かけの輝度は大気透過率により変化する。
視認条件	<ul style="list-style-type: none"> ○順応……背景輝度により影響される。 ○見え方レベル……判読に対する下限、適正、上限など。 ○運動条件……走行速度により影響される。 ○視覚能力……生理的、心理的個人差。

4.2 実験方法

(1) 人工霧箱装置

図 5 は実験に用いた霧箱の平面図である。外形寸法は間口 2.0 m × 奥行 7.0 m × 高さ 1.8 m である。模型表示装置は箱奥に設置され、エアーカーテンで仕切られた観測窓より観測する。霧の発生はあらかじめドライアイスで箱内空気を冷却しておき、適当量の高圧蒸気を注入して行なう。こうして得た霧粒の直径は 2 ~ 20 μm が大部分で、天然霧と同程度である。霧層 7 m に対する透過率は、100 V 650 W 映写用ハロゲン電球使用の大型スライドプロジェク

図 5 人工霧箱装置(平面図)

図 6 霧透過率(7m)の測定例

タと、光電管照度計とX-Yレコーダの組み合わせにより、0.02%まで検知でき自動記録される。図6は7mの距離に対する霧透過率の測定例である。

背景輝度はけい光ランプの調光により、0.02~4,000 ntまで調整できる。

(2) 各種情報表示装置の縮尺模型

図4の文字の大きさ、線の太さの規定を考慮して字幕式、透光式、電光式の表示装置の模型を製作した。ただし透光式においては、文字を構成する光点の大きさや配置条件は規定されていないので、いくつかの製品を調査してその平均的条件を定めて設計した。字幕式は光源にけい光ランプを用い、電光式と透光式は電球である。観測距離をシミュレートするため、縮尺1/7、1/14、1/28の大きさの文字をそれぞれ準備した。実際の距離に換算すると、それぞれ45.5 m、91.0 m、182.0 mとなる。

表2 使用文字の例

文字の種類	画数	文字
I	2~6	地 4 な
II	10~13	路 報 通
III	16~19	濃 霧 警

文字の種類は、各表示装置に実用されているものの中から、画数に応じて表2のような9文字を選び、種類ごとに3文字を一括提示するようにした。表示文字の輝度可変範囲は、字幕式および透光式：0~12,000 nt、電光式：0~40,000 ntである。ただし字幕式の場合は文字が黒色のため白地部分の輝度を文字輝度としている。

(3) 観測者と観測方法

観測者は両眼視力1.0~1.5の正常視覚者9名で、年齢は22~63歳にわたっている。実験は文字輝度を種々変化させた状況で観測し、霧なしの場合には、

- (a) なんとか判読できる.....下限
 - (b) ちょうどよい感じで判読できる.....適正
 - (c) まぶしさを感じ始める.....上限
- の3レベル、また霧ありの場合には
- (d) なんとか判読できる.....下限
 - (e) 大体満足である.....満足
- の2レベルを定め、それぞれの見え方レベルに対応する文字輝度を求めた。これにより判読という心理的な認知の問題を文字輝度に置き換え、この文字輝度が表示方式や文字の大きさや種類、背景輝度、視程条件などの要因によってどのように影響されるかを考察することにした。

4.3 実験結果と考察

実験変数が多いためやや繁雑になるが、主な結果を以下に示す。実験結果は個々の観測値の幾何平均で示している。

(1) 文字の画数と判読性

文字の画数が増すと、霧の有無、昼夜の別にかかわらず各方式ともに高い文字輝度が必要になる。一例として図7に夜間条件の画数と文字輝度の関係を示す。平がなの「な」、数字の「4」に比べ、漢字の「濃」、「霧」、「警」は約2~5倍の文字輝度を必要とする。これは、たとえば、

図7 文字の画数と文字輝度の関係

「霧」を「きり」と表示すれば、文字輝度を1/2~1/5に減少しうると考えられる。

(2) 文字輝度と見え方レベル

霧の有無にかかわらず、文字輝度の上昇に伴い、見え方レベルは霧のない場合：下限 (L_{min})→適正 (L_{opt})→上限 (L_{max})、霧のある場合：下限 (L_{min})→満足 (L_{sat}) のように移行する。()内はそのレベルに対する文字輝度の値を示す。これらの文字輝度の上昇比率を下限 (L_{min})の倍数で表わして、図8に霧なしの場合の一例を示す。昼間より夜間のほうが、見え方に対する文字輝度の許容範囲は約7倍も大きいといえる。一方、霧中では霧の散乱効果のためか、むしろ逆に昼間のほうが大きい。

図8 文字輝度と見え方レベル

(3) 文字輝度と背景輝度の関係

霧なしの場合の判読に必要な文字輝度 (L) と背景輝度 (L_b) の関係は、電光式と透光式ではほぼ同じ傾向で、 $L_b = 30 \sim 4,000$ nt の範囲において、 $L = K \cdot L_b^\alpha$ (ただし、 K と α は定数) の関係にある。 α は文字の画数で若干異なり、文字の種類I (画数2~6) で $\alpha = 0.25$ 、III (画数16~19) で $\alpha = 0.28$ であった。点光源の視認では、 $\alpha = 0.65 \sim 0.75$ であることに比べ興味深い。霧のある場合は、その濃度によって所要文字輝度が大きく変わり、複雑である。

(4) 霧なしの場合の文字輝度と判読距離の関係

文字の種類 (画数10~13) について、判読に必要な文字輝度の適正值 (L_{opt}) は、昼夜の違い、観測者と表示文字までの距離によって異なるが、各方式の傾向はおよそ図9のようである。図の横軸は縮尺に応じた実地換算距離である。

電光式は透光式に比べ L_{opt} は若干高いが、これは実験に用いた表示模型でみると、文字高さで約10%小さく、かつ文字の線幅も光点で構成されるため、透光式の約60%と狭いためと考えられる。

透光式は字幕式の字幕を反転した文字フィルムに、光点

図 9 霧なしの場合の距離と文字輝度 (L_{opt}) の関係

マスクを重ねているため、文字高さおよび線幅ともに字幕式と同一であるが、 L_{opt} は昼間条件で字幕式の約1/3、夜間条件では約1/4になっている。

字幕式は、白色の発光面に黒色の文字が表示されているため、昼間の場合には、文字輝度をたいして高めなくとも判読できる。

(5) 霧の濃度と文字輝度の関係

霧があると表示の文字輝度および輝度対比が、光の散乱現象により低下する。低下の状況を文字輝度の上昇で補うとすると、その程度は図10に見られるように、昼夜の条件で異なり、昼間のほうが高い。

図 10 霧濃度と各方式の文字輝度 (L_{min}) の上昇比率 (文字の種類Ⅱ、霧なしの L_{min} を1.0としている)

たとえば、気象視程 V (対比の識別限界値 2%) が 50m 以下のいわゆる「非常に濃い霧」では、昼間では夜間の場合のおよそ10倍 (字幕式)~100倍 (電光式および透光式) 以上の L_{min} が必要とされる。なお霧濃度を表すのに 100 m 当たりの透過率 $\tau(100)$ が用いられるので、気象視程 $V(2\%)$ との対応関係を表3に示し、図に併記している。

表 3 $\tau(100)$ と気象視程の関係

	気象視程 $V(2\%)$	$\tau(100)$
うすい霧	500~1,000 m	42~68%
中ぐらいの霧	200~ 500 m	13~42%
濃い霧	50~ 200 m	0.04~13%
非常に濃い霧	50m以下	0.04%以下

図10より、昼間条件では $\tau(100) = 2\%$ 以下の濃度になると急激に判読が困難になり、高い文字輝度を必要とする。夜間条件では昼間より若干濃い霧までよく、 $\tau(100) = 0.2\%$ 以下になると急激に判読が困難になるといえる。

(6) 霧ありの場合の文字輝度と判読距離の関係

文字の判読性は、霧濃度の程度によって著しく影響されるが、霧なしの場合の図9と同様に整理した結果を図11、図12に示す。いずれも文字の種類Ⅱの実地換算距離と文字輝度の関係を示している。

図 11 昼間の霧中における距離と文字輝度 (L_{sat}) の関係

図 12 夜間の霧中における距離と文字輝度 (L_{min}) の関係

4.4 今後の課題

見え方の基礎的要素の解明のために、シミュレータによる室内実験が一般的に有効であるが、実際の交通条件においてはその他の要因もあり、野外実験を行なってさらに検討を加え、信頼性のあるデータを確立することが必要である。本実験では、とりえず霧中の見え方について縮尺模型による基礎実験を行ない、大要を把握することができたが、今後は実際道路における自動車走行条件で、動的かつ人間工学的な実地実験の計画が期待される。

参考文献

- (1) 和気典二、小林 実：道路標識の視認性、交通工学 8 (昭48) 増刊号
- (2) 吉岡昭雄：道路標識のみえ方などについて、自動車技術 25-2 (昭46)
- (3) 建設電気技術協会道路情報装置委員会：道路情報表示装置仕様書 (昭47)
- (4) 照明学会：道路情報表示装置の霧の見え方に関する調査研究報告書 (本州四国連絡橋公団) (昭和52年3月)

(受付1980年1月16日)