

# 悪天候下での視線誘導設備の発光要件の検討 第1報

斎藤 孝（松下電工株式会社）

## 1 はじめに

濃霧や吹雪・地吹雪といった悪天候下は、前方の見通しが悪く道路線形が解り難い視環境になり、そのため路外逸脱事故や車両・構造物との衝突事故が発生しやすい。一方、最近の交通システム管理では、走行車両の安全・ドライバーの安心感の確保に加え、天候状態に左右されない道路交通運輸の円滑化の要求が増加している。

一般的に、道路線形を把握しやすくするため、ガードレールや中央分離帯の構造物に反射型の視線誘導設備(デリニエータやスノーボール)を設置しているが、悪天候下では視程が低下するため、それら視線誘導設備を視認することが困難である。そのため、悪天候下では視線誘導設備自らが積極的に存在を示す『自発光型視線誘導設備』が有効に機能する。ところが、自発光型視線誘導設備については、特に基準化されておらず、また、視線誘導設備の視認性向上に関する研究も非常に少ない。

そこで、悪天候下で使用する自発光視線誘導設備の視認性を向上させるための発光要件について検討した。今回は、特に視認性に大きく影響する発光色と光度について報告する。

## 2 視線誘導に適した発光色の検討

### 2.1 安全色による検討

JIS Z9101-1986(安全色彩使用通則)<sup>1)</sup>において、安全を促す目的で使用する際の色と)その一般的な意味(表示事項)を定めている。視線誘導設備も道路交通における安全設備であり、この通則に従うべきである。表1に安全色とその意味について示す。

視線誘導設備としての発光色を考えた場合、色の持つ意味から『青』や『紫』は使用しにくい。また、『赤』・『黄』・『緑』は3色交通信号灯に使用されており、交通信号灯と誤認する可能性がある。

表1 安全色とその一般的な意味

| 安全色   | 一般的な意味          |
|-------|-----------------|
| 赤     | 停止・禁止           |
| 黄赤（橙） | 危険              |
| 黄     | 注意              |
| 緑     | 安全・進行           |
| 青     | 指示              |
| 赤紫    | 放射能             |
| 白・黒   | その他の色との対比色（補助色） |

## 2.2 誘目性による検討

反射型の視線誘導設備については、視線誘導標設置基準・同解説<sup>2)</sup>で使用する色を下記欄に示すように厳密に規定している。また、解説には“一般的に言えば、白色の使用が普通であり、橙色は道路の右側及び分離帯等、または危険（特別）な区間を示す必要がある場合に使用する。橙色は白色に比し反射効率は悪いが、この色は一般に「注意」の意味で用いられるため、この基準でも同様の意味を持たせることとした”と記述している。

反射体の色は白色または橙色で、次に示す色度範囲にあるものとする。

白色： $0.31+0.25x \geq y \geq 0.28+0.25x$

$0.50 \geq x \geq 0.41$

橙色： $0.44 \geq y \geq 0.39$

$y \geq 0.99-x$  （ただし、 $x$ 、 $y$  は、JIS Z 8701 の色度座標を言う）

## 2.3 視線誘導設置基準による検討

誘目性とは人の注意をひくという機能のことである。神作はマンセル色相環の主要10色相について注意をひく色について調査した<sup>3)</sup>。その結果、『赤』、『黄赤』、『黄』などいわゆる暖色は誘目性が高く、『青緑』、『青紫』、『紫』などの冷色は低く、また、この傾向は無彩色背景では変わらないことを明確にした。図1に神作の実験結果を示す。

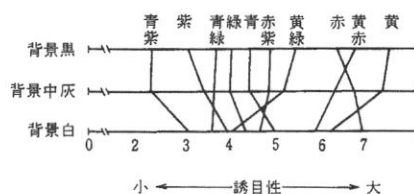


図1 誘目性の尺度値（神作，1969）

## 2.4 悪天候下での色光の視認性の検討

悪天候時においては、視線誘導設備を他の発光体と区別するため、色が正確に認識されなければならない。まず、大気中の水滴によって特定の波長の光が減衰するかを調査したところ、Arnulfらは、図2に示すような水滴の粒径と透過率の関係を導き、特定の波長の光が減衰するとは言えない事を明確にした<sup>4)</sup>。また、実際の大気中の水滴は大きさが一様ではなく蒸発などで変動することが知られている。

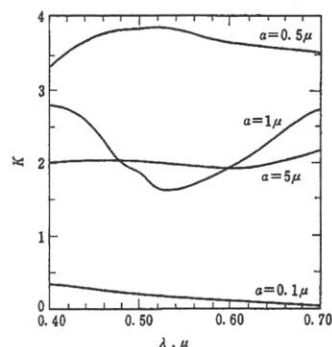


図2 水滴の透過・散乱特性と波長の光の関係 (Arnulf, et al, 1957)

また、Anon は天候状態での色光の視認性を調査し、全ての天候状態において赤色の視認性が優れていることを明確にしたが、その他の色について明確な特性は見出していない<sup>5)</sup>。ゆえに、天候による色光の視認性は、誘目性の観点から赤色が視認性が高くなることが推測されるが、その他の色については明確な差がないことが解った。

以上の4項目から判断した結果、悪天候下での自発光視線誘導設備の発光色は『橙（黄赤）』が最適であることが解った。

3. 悪天候で要求される光度の検討

視線誘導設備は色光を用いることが一般的であるため、色光に対応した算出手法が必要となる。色光は白色光に比べて色差の影響の分だけ見やすくなるため、白色光の所要光度に色光の見易さの影響分を考慮することで、所要光度を算出することにした。今回の検討では、視程の時間的な変化が小さい濃霧時のデータに対して検討を行った。満田らは土木研究所内の屋内霧発生実験施設にて発光体の視認性評価実験を行い、各視程での白色光の所要光度を明確にした<sup>6)</sup>。図3に実験結果の一例を示す。

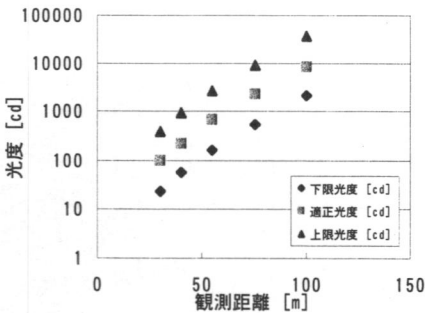


図3 濃霧での白色光の所要光度 (満田ら, 1985)

色差による低減許容度の算出については、Iwai らが導いた色差や順応輝度などの影響を考慮した発光体の視認性のレベル算出式を利用した<sup>7)</sup>。算出式を以下に示す。

$$V = a \times 10^{(-b \times \Delta E)}$$

V : 視認性のレベル

a, b : 見易さに関わる係数

(発光体の背景輝度やドライバーの順応輝度によって変化)

$\Delta E$  : 背景との輝度差

上記式を用いて、背景が白色の場合に白色光に比べて色光ではどの程度光度が低減できるかを計算すると、橙色では白色の約 50%、赤色では約 30%に低減しても同じ見え方をする事が解った。

以上の2つの研究データから求めた各視程での色光の所要光度を図4、5に示す。

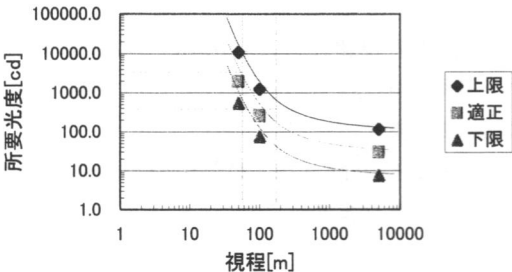


図4 色光の所要光度 (昼間、橙色)

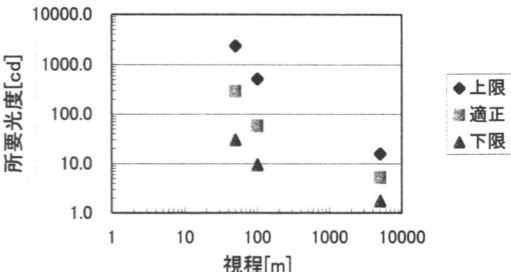


図5 色光の所要光度 (昼間、橙色)

次に算出された所要光度の妥当性を実際の霧が発生している空間を用いて評価した。図6に実験環境の様子の一部を示す。また、図4に検討した視程と視線誘導設備の光度を示す。実験結果の一例を示すと、視程約 50mの環境において光度 3000cd では3灯目まで視認でき、光度 300cd では1灯目しか視認できなかった。また、視程 150 ~ 200mの環境では、光度 300cd が4灯目まで視認できた。道路線形を知るためには3灯以上視認できることが望ましい。このような各視程で様々な光度で発光した視線誘導設備の視認性評価を行い、その結果、今回算出した所要光度が適切であることを検

証することができた。同様に夜間についても検討したところ、視程が低い状態においては図6に示した値ではまぶしさを感じる事が解り、今回の算出方法は視程が低い状態で所要光度よりも高い値になることが解った。



図6 霧内での視線誘導設備の視認性評価の一例  
(昼間、視程約50m、左写真：光度3000cd、右写真：光度300cd)

#### 4. まとめ

以上の検討から、悪天候下に適切な光色と各視程での色光の所要光度を明確にすることができた。しかし、今回の検討は濃霧時のデータを用いているため、吹雪・地吹雪時の視認性については検証できていない。濃霧時は視程の時間的变化が小さいが、吹雪・地吹雪時には視程の時間的变化が著しく激しい。また、透過特性についても濃霧時は均一に減少するが吹雪・地吹雪時は雪によって遮光され、かつその雪が移動して視覚ノイズになる。今後は、吹雪・地吹雪時の発光体の視認性データを用いて、吹雪・地吹雪時に最適化した発光要件を検討する。

#### 謝辞

本研究を推進するにあたり、悪天候下の発光体の視認性、及び濃霧・地吹雪の交通視環境についてご指導下さった北海道大学 萩原助教授、独立行政法人北海道開発土木研究所 道路部 交通研究室の各位に深く感謝致します。

また、本研究は北海道土木技術会 道路研究委員会で行った『道路付属物の霧発生時の視認性に関する研究』の結果の一部を引用しております。

#### 参考文献

- 1) JIS Z9101-1986 安全色彩使用通則
- 2) 視線誘導標設置基準・同解説, (社)日本道路協会, p.8, 1979
- 3) 神作博: 模擬自然背景と色彩の誘目性, セイフティダイジェスト, 15, pp.5-12, 1969
- 4) A.Arnulf, et al.: J.Opt.Soc.Amer., 47, p.491, 1957
- 5) 神作博: 照明の心理効果(照明学会・照明普及会編照明教室 59) p.67, 1984
- 6) 満田ら: "霧中用視線誘導灯の視認性", 土木技術資料, 27-12, 1985
- 7) W.Iwai, et.al.: "Brightness of Self-luminous Delineators in Different Colors", J.Illum.Engng.Soc., 27-1, pp.49-52, 1997