

IV-27 霧中における視線誘導灯の輝度・色による視認性に関する研究

北海道大学工学部 学生員 原田 泰成
 学生員 中西 真史
 正員 小野寺 雄輝
 正員 萩原 亨

1. はじめに

霧中では空気中に無数の水分子が散在しているため、光を遮り、どのような光に対しても散乱する特長を持っている。そのため霧中における視線誘導灯の光は見えずらく、周囲がぼんやりとした光膜で包まれたように見える。そのような状況において明確に視線誘導灯を運転者が認識することのできる視線誘導灯の輝度を調査することが必要である。また霧中において人間が認識するのに最も適当な色はどのような色であるのかも疑問である。そのため本研究では霧中において、正確な情報を運転者に伝達する視線誘導灯の輝度、色について検討する。

2. 研究内容

霧中における視線誘導灯の視認性を評価するための指標となるデータを得るために以下の測定を行った。

- (1) 視線誘導灯の輝度が霧による透過率の変化によってどのように変化するかを調査する。
- (2) 被験者の主観的評価を用いて、色が与える視認性への影響を調査する。
- (3) 霧中における視線誘導灯の輝度を推定する手法を考え、測定値との比較検討を行う。

3. 測定内容

(1) 測定場所

測定は建設省土木研究所屋内標識実験施設において1996年8月下旬に6日間の測定を行った。同施設では実験室内に霧を人工的に噴霧することができ、照明を操作することによって室内の照度を変化させることができる。本測定では0(lx)・2000(lx)の2段階の室内照度で測定を行った。透過率は備え付けの透過率計から測定した。また背景として視線誘導灯の後ろ3mに白・黒のカーテン(高さ2m×幅8m)を張った。それを室内照度に応じて白・黒に変化させた。また図1のよ

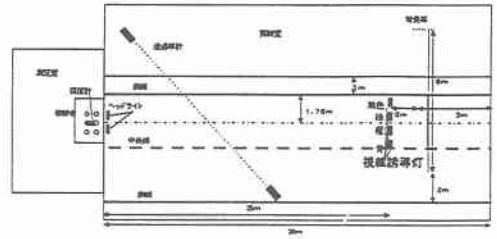
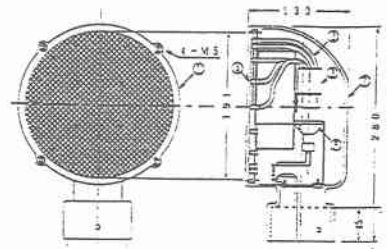


図1.実験室の略図



番号	項目	目
1	反射板	
2	光ファイバー	
3	入射金具	
4	射出金具	
5	ハロゲンランプ	

図2 視線誘導灯の図

表1.設定輝度と測定条件

設定輝度(cd/m ²)	霧	室内照度(lx)	色	設定輝度(cd/m ²)
100	有	0	無色	1000
350				10000
1000	無	2000	橙	100000
3500				100000
10000	有	0	青	1000
35000				10000
70000	無	2000	青	70000
100000 (青を除く)				

うに実験室内に視線誘導灯を配置した。

(2) 測定対象物

測定で用いた視線誘導灯の光源はハロゲン電球 (12v-20w) である。また表面形状は図2のように直径 3 mm の射出口が2つの同心円上に2カ所ある。視線誘導灯には、図2のように光源と射出口の間に光ファイバーを用いている。光源と光ファイバーの間にカラーフィルターを挿入することができる。本研究では青、橙、緑フィルターを挿入した。フィルターを挿入していない時の視線誘導灯を無色とした。視線誘導灯の輝度の設定は、射出口の前 70cm の位置に輝度計を設置し、射出口の輝度を測定し電圧を設定した。本研究では霧中における視線誘導に適した輝度を調査するため、また人間の輝度に対する感覚は対数に比例することから、表1のように8段階の明るさを考え、視認性を調査した。視線誘導灯の輝度は、測定室内より電圧を調節して変化させた。また視線誘導灯の高さは1.2mに設定した。

(3) 視線誘導灯の輝度測定手法

表2のように霧の有無、室内照度、色別で合計48通りの測定を行った。視線誘導灯の輝度の測定にはプリチャード輝度計 (PR-880) を用い、測定角は 1/8degree として、測定室内から視線誘導灯の表面全体を測定した。輝度計の設置は、自動車を運転している運転者の状態に近づけるため、測定室内の模擬運転台に設置し、高さは運転者の目線の高さとした。またヘッドライトは常時ロービームで点灯させた。

(4) 被験者の主観的評価に関する実験手法

本研究では被験者に、視線誘導灯の視認性を「見やすさ」で評価させた。5人の被験者を用いて、無色・青・橙・緑色の視線誘導灯の対比較実験を行った。実験手法は、室内照度に応じて、一方の視線誘導灯の輝度を固定し、他方の輝度を5段階にランダムに変化させ、「どちらのほうが見えやすいか」という評価をさせ、同時に視線誘導灯の光が見えているかどうかを評価させた。計12通りの実験を行った。

4. 測定結果

(1) 透過率と視線誘導灯の輝度の関係

無色・青・橙・緑色の視線誘導灯の輝度を 1000、10000、100000(cd/m²)に固定し透過率の変化に伴う視線誘導灯の測定輝度の変化を図に示す。各色の間に測定輝度の差異はなかった。透過率 0%付近では測定輝

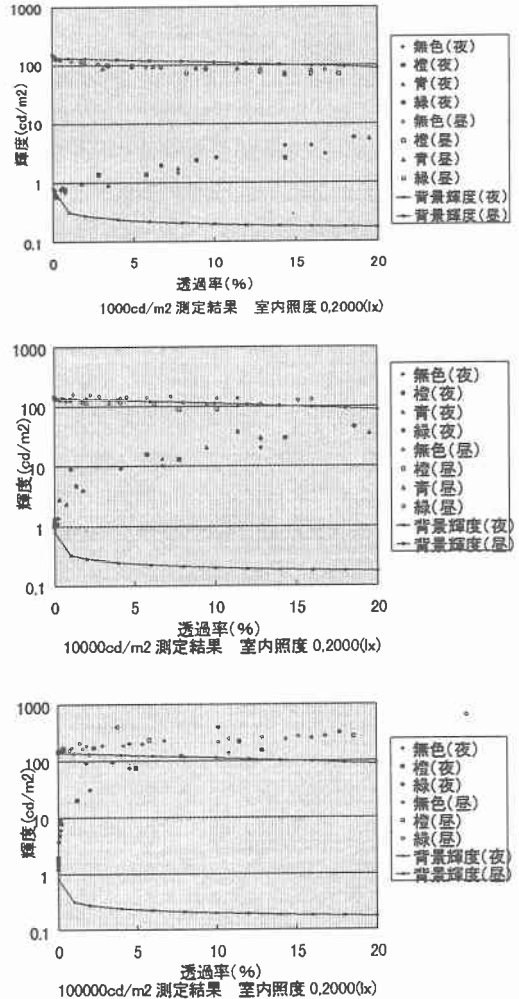


図3 1000,10000,100000(cd/m²)の霧中における輝度測定結果

度は、室内照度によらず、ほぼ背景輝度に等しくなっていた。これは霧によって視線誘導灯の光が遮られ、霧の明るさだけが測定されたためである。測定輝度の分布については室内照度が0(lx)の場合では、設定輝度が高くなれば測定輝度は高くなっている。しかし室内照度が2000(lx)の場合、1000,10000(cd/m²)では、透過率の上昇に伴って、測定輝度は上昇する事はなく、ほぼ横ばいであり、背景輝度の変化と同じように変化している。したがって背景が明るい場合における視線誘導灯の輝度は、霧による背景の明るさの影響が大きいと考えることができる。また視線誘導灯の表面全体を

測定したため、設定輝度と比べ低い輝度で測定された。

(2) 透過率と背景輝度の関係

背景輝度は視線誘導灯のそばの定点を背景輝度の測定点とした。霧中においては室内照度に応じて透過率と背景輝度の間には密接な関係が存在している。室内照度 0(1x)の場合、透過率が低い時の背景輝度の高さはヘッドライトの光が霧によって散乱していると考えられることができる。また 2000(1x)の場合、照明の影響も加わり背景輝度が高くなっていた。透過率が低い状態では、光の散乱が非常に大きいと考えられる。そのため、霧中においては周辺の明るさが増加し、視線誘導に困難を生じさせていると考えられることができる。

(3) 色の違いが視認性へ与える影響の調査

被験者の主観的評価に関する実験結果から、被験者の固定対象物の選択数と変対象物の選択数を比較した。例として、無色と橙の結果を図5に示す。それぞれの選択数の交点の変対象物の輝度を、固定対象物の輝度と同輝度と判断した変対象物の輝度とした。そして様々な色・透過率に対して、同様の手法で無色の輝度に対して他の色がどのくらいの輝度に相当するのかを検討した。その結果を図6に示す。図6から読み取れるように、無色に対して、青・緑・橙は若干低い値となっているが、これは一対一評価をさせ、どちらかを必ず選択させたため若干の差が生じたものと考えられる。以上のように、輝度が同じの時、色が視認性に大きな影響を与えるようなものではないと考えられることができる。

5. 霧中における視線誘導灯の推定輝度を用いた視認限界輝度差と被験者の主観的評価を用いた視認限界の検討

(1) 霧中において視線誘導灯などの発光体を運転

者が視認するとき、運転者の知覚する輝度は発光体の輝度に加えて視線誘導灯と運転者の目の間に存在する霧の輝度が加わる。視線誘導灯の輝度は $\tau \times B_{100}$ (B_{100} : 透過率 100%の時の視線誘導灯の輝度) で表される。一方、霧の輝度は霧の密度に反比例すると仮定し、運転者と視線誘導灯間の霧の輝度は $(1-\tau) \times B_0$ で表した。よって、霧中の視線誘導灯の輝度 B_1 は、 $B_1 = \tau \times B_{100} + (1-\tau) \times B_0$ (B_0 : 透過率 0%の時の背景輝度) となる。推定輝度と測定輝度の分布を図7に示す。これは無色 10000 (cd/m^2) の測定輝度と推定輝度を比較したものである。室内照度 0, 2000 (1x) ではほぼ推定輝度と、測定輝

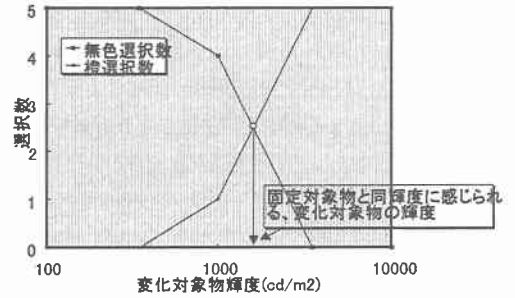
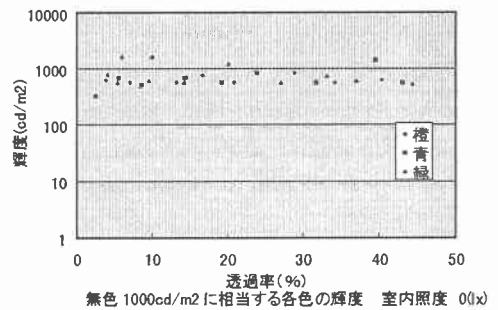
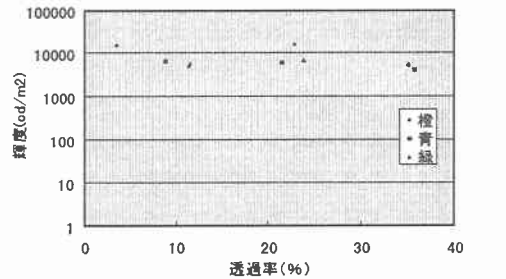


図5.無色と橙の選択率の変化



無色 1000cd/m²に相当する各色の輝度 室内照度 0(1x)



無色 10000cd/m²に相当する各色の輝度 室内照度 2000(1x)

図6.無色と同輝度を感じる各色の輝度

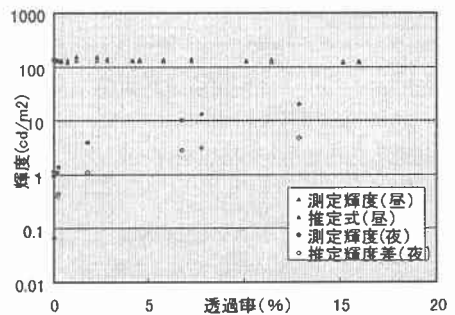


図7.無色 10000(cd/m^2)の測定輝度差と推定輝度差の比較

度は一致しており、この式による霧中での視線誘導灯の視認輝度は推定可能と判断できる。透過率の非常に低い状態において、測定対象物が視認できず、測定が不可能であってもこの推定式を用いて、視線誘導灯の輝度を推定し、視認限界を調査することが可能となる。

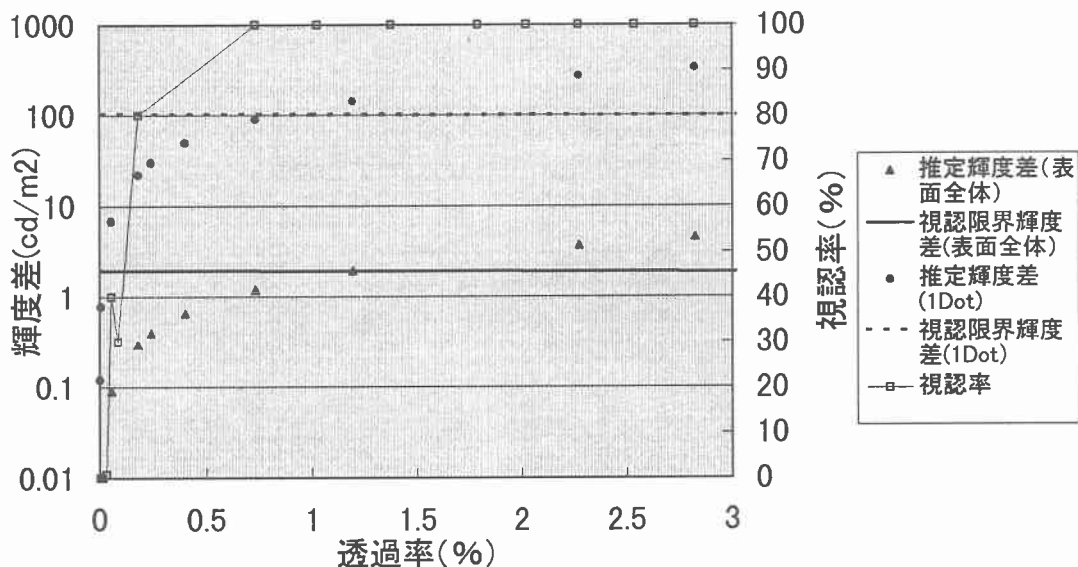
(2) 本研究ではこの推定式を用いて、測定対象物が視認できない時の、輝度差を推定することによって、霧中における視線誘導灯の視認限界を検討した。図8は無色 10000(cd/m²)の視認限界輝度差(表面全体、1Dot)、推定輝度差(表面全体、1Dot)、被験者の主観的評価を示した結果である。表面全体とは視線誘導灯の表面について考えたもので、1Dotとは視線誘導灯の1つの射出口について考えた。視認限界輝度差とはBlackwellの限界コントラスト曲線から求めた。図8の直線を下回る輝度差では、視認が困難であることを示している。表面全体と1Dotでは視覚対象物の表面積が異なるため、視認限界輝度差が異なる。推定輝度差は本研究の推定方法によりもとめた。被験者の主観的評価による視認率は、実験より様々な透過率のもとで被験者が視線誘導灯が「見える、見えない」の評価から求めたものである。図8から推定輝度差と視認限界輝度差から透過率約1%の時、無色10000(cd/m²)の視線誘導灯が視認できることを表している。また被験者の主観的評価から判断すると、透過率約0.7%の時から視

認できるという結果が得られた。次に1Dotについては透過率約1%において視認が可能であると判断できる。以上の結果から、10000(cd/m²)は透過率が1%前後において視認が可能であることがわかる。

6. まとめと今後の課題

視認限界輝度差からわかるように、0(1x)においては視線誘導灯の輝度が1000(cd/m²)でも透過率が上昇すれば視認は可能である。しかしながら2000(1x)の場合、視線誘導灯の輝度が1000(cd/m²)では、背景の明るさよりも暗いため、視線誘導灯の光によって視線誘導する事は困難である。従って、2000(1x)では10000(cd/m²)以上の輝度を必要とする。次に色の違いが視線誘導灯の視認性に及ぼす影響を調査したが、同輝度では特別に視認しやすい色はなかった。また本研究で霧中での視線誘導灯の輝度を推定したが、この手法を用いれば透過率100%における視線誘導灯の輝度、透過率0%における背景輝度を測定するだけで、視線誘導灯の輝度を推定できる。そのため霧中などの視程障害時における、測定不可能な状態においてもこの推定式により視線誘導灯の輝度を推定することが可能である。

最後になりましたが、本研究の実施にあたり(株)モリテックス、ロードセンター(株)、アズマシステムズ(株)の関係各位、御協力頂いたことを感謝いたします。



無色10000輝度差 室内照度2000(1x)

図 8 無色 10000(cd/m²)の推定輝度差、視認限界輝度差、被験者の主観的評価