

IV-9

吹雪時における視線誘導灯の視認に関する研究

北海道大学 学生員 香田 一哉
北海道大学 正員 萩原 亨

1. はじめに

本研究では、光の透過率を考えた理論から視認条件を求める。吹雪がなければ、視線誘導灯は、夜間において必ず視認できる。しかし、吹雪により光が届かなくなり、見づらくなっていく。このような状況下で、視線誘導灯の視認性を、コントラストを用いて評価する。

視線誘導灯が見えなくなるそのコントラストを、限界コントラストとして定義し、限界コントラストになる視程距離と視認距離の関係を、様々な視認条件下で求める。吹雪の程度から視線誘導灯の光の減衰を推定し、視線誘導灯の輝度を視程距離別に求める。そして、Blackwellの限界コントラストを用いて、理論上の視程距離別の視線誘導灯の視認限界距離を求めた。

2. コントラストと視認性

(1) 輝度

着目している面から、観測方向にどのくらい光が出ているかを表すもので、単位は $[cd/m^2]$ (カンデラ毎平方メートル) である。ある面を見たとき、明るいとか暗いと感じる度合いが輝度であり、テレビのように、その面自ら発光している場合と、壁や本のように、照明光を反射して光る場合がある。

(2) コントラスト

コントラストは、視覚対象物(発光体)の輝度と、その周囲の背景輝度の比である。コントラストを C 、発光体輝度を B_s 、背景輝度を B_o とおくと、 $C = |B_s - B_o| / B_o$ で表される。コントラストには、発光体輝度が、背景輝度よりも大きい場合 ($B_s > B_o$) と、小さい場合 ($B_s < B_o$) の2種類があり、後者を逆コントラストという。

視覚対象物の視認性は、コントラスト・背景輝度・視覚対象物の大きさで決定される。例えば、視覚対象物が大きければ、低いコントラストでも視認できる。周囲が明るければ、僅かなコントラストでも視認できる。また、夜間であれば、小さな光度の電球でも大きなコントラストを得ることができる。

(3) 限界コントラスト

背景輝度と、視覚対象物の大きさを一定にした状態で、視覚対象物の発光体輝度を、背景輝度よりも大きな値から徐々に小さくしていくと、ある輝度で視覚対象物が見えなくなってしまう。この時のコントラストを、限界コントラストといい、限界コントラスト以下のコントラストでは、視覚対象物を視認できない。

前述したように、視覚対象物の視認性は、コントラスト・背景輝度・視覚対象物の大きさで決定されるので、この3つの条件を変えることにより、あらゆる場合の限界コントラストを求めることができる。こうして求められたものに、Blackwellの限界コントラストがある。

Blackwellの限界コントラストは、視覚が、視覚対象物を視認するときに入り込む雑音を、極力抑える設備を持った視覚環境(実験室)の中で求められたため、理想的な値である。しかし、実際の運転中の視覚環境では、様々な雑音が考えられるため、限界コントラストは、Blackwellの限界コントラストより高い値となる。だから、実際に吹雪のもとで実験を行い、そのデータから限界コントラストを求める必要があり、これを視認性の判断に適用する。

Visual Perception of Illuminated Delineators in Low Visibility Conditions

by K.Kohda, T.hagiwara

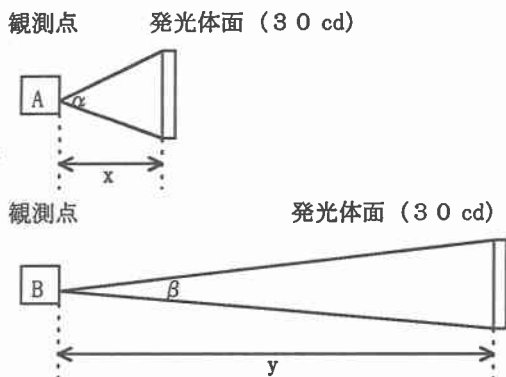


図1 視野角と輝度

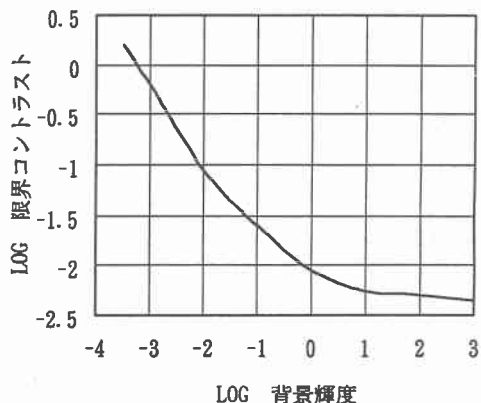


図2 Blackwellの限界コントラスト

3. 吹雪による視線誘導灯の輝度算定

視覚対象物の視認性は、コントラスト・背景輝度・視覚対象物の大きさで決定される。背景輝度を一定にしたとき、コントラストは視覚対象物の光度を変えると変わる。光度とは、発光体が特定方向に発する光の量で、単位は [cd] (カンデラ) である。視覚対象物の大きさは、測定角で表す。一定の面積を持つ発光体の測定角は、測定地点から発光体までの距離に依存する。

図1では、観測点A、Bから見た発光体輝度は等しい。発光体面大きさは、その挟む角である α あるいは β で表され、視野角と呼ばれる。同じコントラストであれば視野角が大きいものほど見やすいことになる。

吹雪がどの程度激しいかといった程度を表す指数として、視程距離を用いる。単位は [m] で、数値が小さくなるにつれて、吹雪が激しくなり視界が悪くなることを表す。この値を用いて

$$\delta = (1/V) * \ln(1/0.05) \quad (1)$$

δ : 大気の減衰 V : 視程距離 (m)

V の値を決めると δ が求まり、これを (2) 式に代入する。

$$\tau = e^{(-\delta * x)} \quad (2)$$

τ : 透過率 x : 測定距離 (m)

求めた τ を (3) 式に代入する。

$$L = (I/A) * \tau \quad (3)$$

L : 発光体輝度 (cd/m²) I : 光度 (cd)

A : 発光体面積 (m²)

以上により、吹雪の影響を受け輝度の低下した発光体輝度が求まる。

4. 限界コントラストを用いた視認限界距離の算定

2節で示した、Blackwellによる限界コントラストを用いて、視線誘導灯の視認限界距離とそのときの視程距離の関係を算定した。

計算条件は、以下のようにした。

1) 視線誘導灯の光度 (cd) : 設置する視線誘導灯の明るさ。

-30 (cd) : 道央自動車道に設置されている自発光スノーポールの最大光度

-100 (cd) : 調光したときのハケソングラを用いた視線誘導灯

-400 (cd) : ハケソングラを用いた視線誘導灯
ただし、発光面積は全て直径 10cm の円形とした。

2) 背景輝度 (cd/m²) : 視線誘導灯の背景の明るさ。

-明るい夜間の背景 (0.01 (cd/m²)) ~ 夕暮れ時の空の輝度 (1000 (cd/m²))

3) 視程距離 (m) : 吹雪の程度を示す気象学的指標。

-非常に激しい吹雪時 (20 (m)) ~ ほとんど降雪のない状況 (1000 (m))

4) 測定距離 (m) : 何m前方から、視線誘導灯を見るかを示す。

-至近距離 (10 (m)) ~ 必要十分な視認距離 (1000 (m))

図3に視程距離とコントラストの関係を示す。3種類の光度の視線誘導灯別に示す。背景輝度は0.01(cd/m²)、視認距離は100(m)である。視程距離100(m)ぐらいから、急激にコントラストが低下する様子が分かる。Blackwellによる限界コントラストは、1. xx(cd/m²)であり、30(cd)の光源は視程距離20(m)のとき100(m)先から見えなくなると言える。

図4に光源の面積を一定とし光度を変えたときの、各視認距離における限界視程距離を求めた結果を示す。背景輝度は、0.01(cd/m²)である。限界視程距離は、図3に示すように、背景輝度を一定とし視程距離vsコントラスト曲線から限界コントラストとなる視程距離から求めた。光度を多少大きくしても、視認限界視程距離は小さくならないことが分かる。また、視認距離が長くなると大幅委に、視認限界視程距離は大きくなる事が分かる。

図5は、背景輝度と図4と同様に限界コントラストから求めた視認限界視程距離の関係を示した結果である。光源高度は、30(cd)の場合である。背景輝度が上昇すると、視認限界視程距離が長くなる事が分かる。特に、100(cd/m²)を上回ると、視認限界視程距離の増大が加速することが分かる。例えば、100(m)前方から30(cd)の視線誘導灯を背景輝度100(cd/m²) (夕方)見るとすると、視認限界視程距離は、200(m)となった。したがって、明るくなると僅かな視程障害でも、視線誘導灯は見えなくなることが分かる。

図6は、測定距離とコントラストの関係を計算した結果である。背景輝度は0.01(cd/m²)、光源高度は30(cd)である。視程距離別に計算した。図中の太線は、測定距離における限界コントラストを示している。測定距離が長くなると視野角が小さくなるため、限界コントラストの値が大きくなる。この図から、視程距離別に視線誘導灯が視認できる限界距離が分かる。一方、

背景輝度 0.01(cd/m²)、測定距離 100(m)

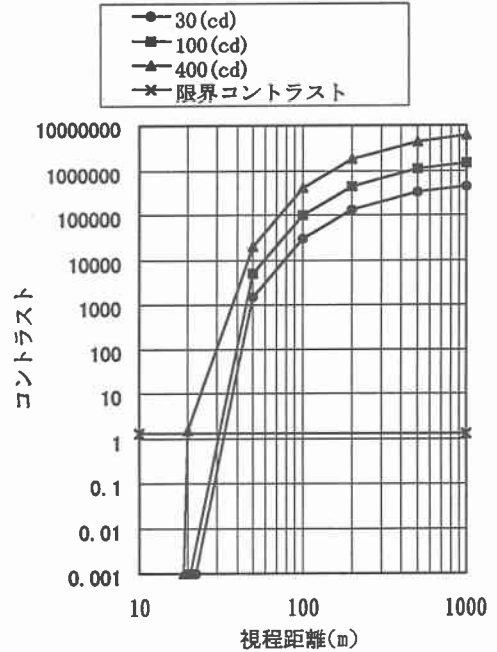


図3 背景輝度、測定距離が一定の時の視程距離とコントラスト

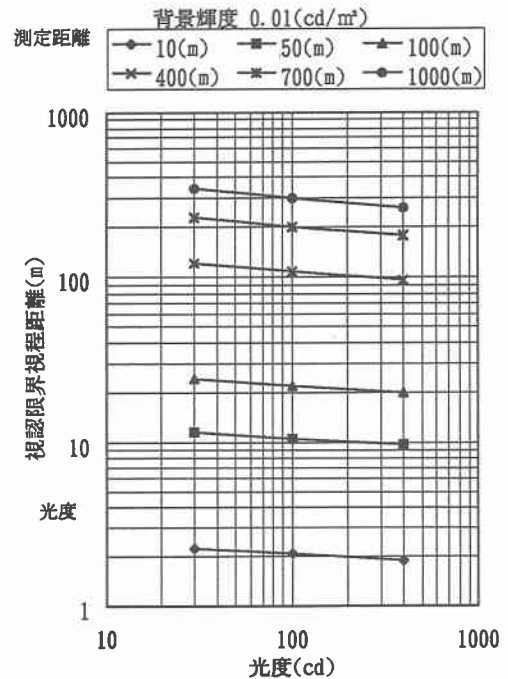


図4 背景輝度が一定の時の光度と視認限界視程距離

Blackwellによる限界コントラストは、最も小さい値であり、運転者の場合はもっと大きいコントラストで視認限界になると言える。図6から、限界コントラストの値が大きくなった場合について推定することもできる。もし、限界コントラストが100倍になったとすると視程距離50(m)で、120(m)付近から見えなくなることが分かる。Blackwellの場合に比べて60%ぐらいになることが分かる。

5. まとめと今後の課題

本研究では、吹雪による光の減衰を考慮して、視認限界コントラストを用いて視線誘導灯が視認できる限界距離を理論的に用いた。計算した結果、光度を大きくしても視認限界距離はそれほど大きくならないこと、背景が明るくなると急激に視認限界距離が短くなることが分かった。また、計算した結果は、実際の走行経験に近いものであった。例えば、視程距離50(m)程度のときに図6から視認限界距離は180(m)となるが、高速道路上にて自発光スノーポールを2本～3本程度見ることができ、経験に近いものと言える。

計算上ではあるが、明るい視線誘導灯を設置するよりも設置間隔を短くするほうが、視線誘導効果はあると言えた。今後の課題として、視認限界コントラストとして、Blackwellの実験結果を用いているが、吹雪時に走行している運転者についての視認限界コントラストを測定する必要がある。

参考文献

- 1) 社団法人照明学会、光をはかる
- 2) H. Richard Blackwell, Contrast Thresholds of the Human eye, Journal of the Optical Society of Amerika Volume 36. Number 11

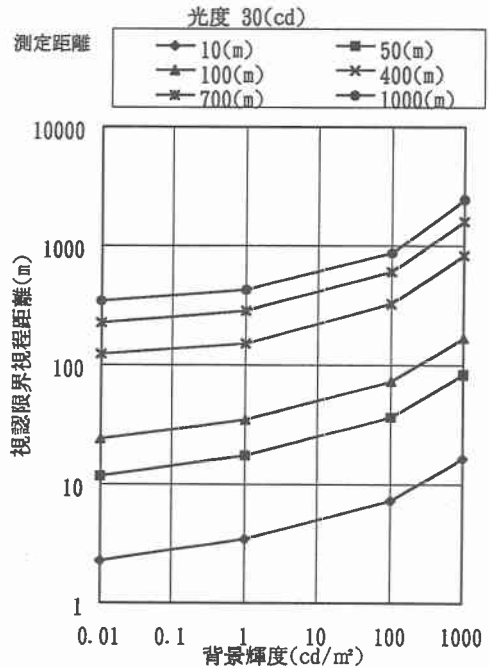


図5 光度が一定の時の背景輝度と視認限界視程距離

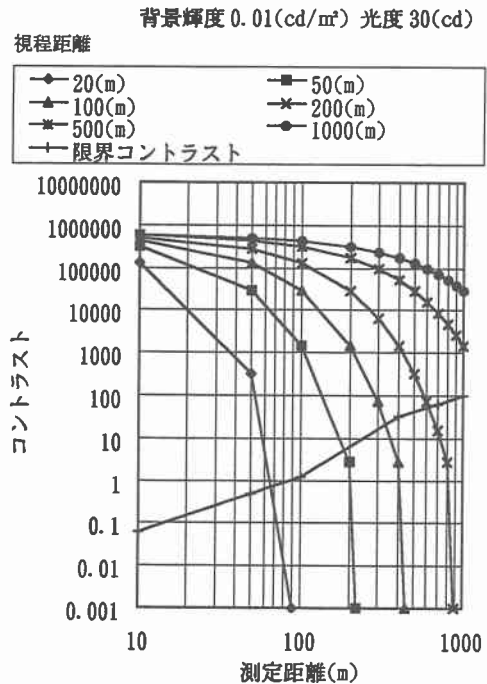


図6 背景輝度、光度が一定の時の測定距離とコントラスト