

IV-25

コントラストによる視認性評価モデルに関する研究

北海道大学工学部 学生員 中西 真史
北海道大学工学部 正員 萩原 亨

1. はじめに

ドライバーが信号や標識などの交通施設を認識する方法として、色や形状から認識する場合と光から認識する場合の2通りがある。光(輝度)により視認させる交通施設は、昼間では信号機と電光掲示板、吹雪時の視線誘導灯ぐらいであるが、夜間では上記のものに加え道路区画線や標識など交通施設のほとんど全てがそうであり、他車の存在までもが光に頼っている。そのため、昼間と夜間、さらには吹雪や濃霧時に各交通施設に一体どの程度の輝度が必要であるのかを探り、どの位の輝度の時にどのように見えるのかという関係を導き出していく必要がある。

本研究では、Blackwellのコントラスト実験の結果を用いて、認識できる最小の輝度差を求めた。さらにフィールドファクターという概念を取り入れることにより、運転中のドライバーの視認特性や年齢、視力等の条件に対応する輝度差を導き出す。

2. 研究目的

(1) 視認評価モデル

夜間は、交通施設の伝達、表示のほとんど全てを光に依存しているが、繁華街でもない限りほんの少しの輝度があれば視認できる。一方昼間では、逆光で見えづらいうことや西日で信号機が分からない等、夜間に比べて輝度の設定基準が複雑である。そこで、どの程度のコントラストを与えれば走行中のドライバーが視認できるかを、設定環境条件を入力するだけで簡単に算出できるように視認性評価モデルを作成することとした。

(2) 輝度差

昼間の濃霧や地吹雪においては、非常に大きい輝度の視線誘導灯を設置するのと樹木や黒い板を設置するのではどちらが有効であるか議論されている。こ

で注意しなければならないのは、夜間はポジティブ・コントラストであるのに対し、昼間の濃霧や吹雪時に樹木等を設置した場合にはネガティブ・コントラストとなることである。ここで、

$$\cdot \text{ポジティブ・コントラスト: } C_p = (L_t - L_o) / L_o \quad (0 < C_p < \infty)$$

$$\cdot \text{ネガティブ・コントラスト: } C_n = (L_o - L_t) / L_o \quad (0 < C_n < 1)$$

$$(L_t: \text{ターゲット輝度} \quad L_o: \text{背景輝度})$$

であり、ポジティブ、ネガティブに関わらず背景輝度(L_o)で除算しているため、それぞれの値の範囲が異なっている。これでは、ポジティブ・コントラストとネガティブ・コントラストの直接的な比較評価が困難である。

そこで、前出の式を背景輝度(L_o)で除算しない

$$\text{輝度差: } L_d(\text{cd/m}^2) = |L_t - L_o|$$

というもので比較や評価を行うことにする。本モデルでは根底はコントラストであるが、輝度差を用いて評価を行っている。

(3) フィールドファクター

現在までに限界コントラストを最も正確かつ緻密に測定したものはBlackwellのコントラスト室内実験である。Blackwellの実験は、室内においてターゲットを捜すことだけに専念できる環境で行われたので、実際の交通流の中での視認性としてそのまま適用することはできないものと考えた。そこで、運転時の心理的負担(ターゲットの探索のみに集中できない状況)、身体的負担(走行中の動体視力低下や総合的な反応能力低下等)、設定環境(背景の乱雑さ、探索の難易度等)、および被験者の固有値(年齢、視力、コントラスト感度、運転歴等)をフィールドファクターとして取り入れることにより、実際の交通流における視認性の評価に近づくようにした。

A Study on Visibility Model

by Masashi NAKANISHI, Toru HAGIWARA

3. モデルの構築

本モデルの概念図を図1に示す。本モデルではBlackwellのコントラスト室内実験の結果のグラフ(図2参照)からVisual Angle、背景輝度および限界コントラストの数値を読み取り、ブランクをラグランジュ補完で補うことにより、モデルの基本部分(図1の太矢印部分)を構築した。

このモデルではBlackwellの実験結果を用いているため、「Visual Angle」と「背景輝度」から限界コントラストを算出している。モデルでは実用性を高めるため、直接Visual Angleを入力するのではなく、「視覚対象物の直径」と「視点から視覚対象物までの距離」によりVisual Angleを表現している。

「視覚対象物の直径[D(cm)]」、「視点から視覚対象物までの距離[l(m)]」および「背景輝度[Lo(cd/m²)]」を入力すると、ラグランジュ補完式から「限界コントラスト(50%) [Cth₅₀]」が算出される。この50%の意味は、被験者のうち50%の人が視認できるコントラストということである。しかし、交通の現場において50%の人しか視認できないコントラストというのは意味が無く、ほぼ100%の人が視認できることが望ましい。そこで、標準偏差の2倍(2σ)までの97.5%の人が視認できるように限界コントラストを上げた[Cth₁₀₀]。

次に、「限界コントラスト(100%) [Cth₁₀₀]」に2節で述べた「フィールドファクター[FF]」をかけることにより、実際の運転状況や被験者の特性に合った、「必要なコントラスト[Crq]」が得られる。

最後に、コントラストの基本式($C = |Lt - Lo| / Lo$)の変形から「必要な輝度差[Ld(cd/m²) = |Lt - Lo| = Cth₁₀₀ * Lo]」が得られ、「評価したい輝度」と「背景輝度」の輝度差と[Ld(cd/m²)]との大小により、視認できるかどうか評価される。

現段階では、フィールドファクターの概念を取り入れられるように「フィールドファクター[FF]」の入力場所を設けてあるが、ある環境の時に[FF]がどのような値を取るのかということは全く算定できていない。逆にいえば、このような環境、条件のときにこんな[FF]になるということを経験的に探していく段階である。

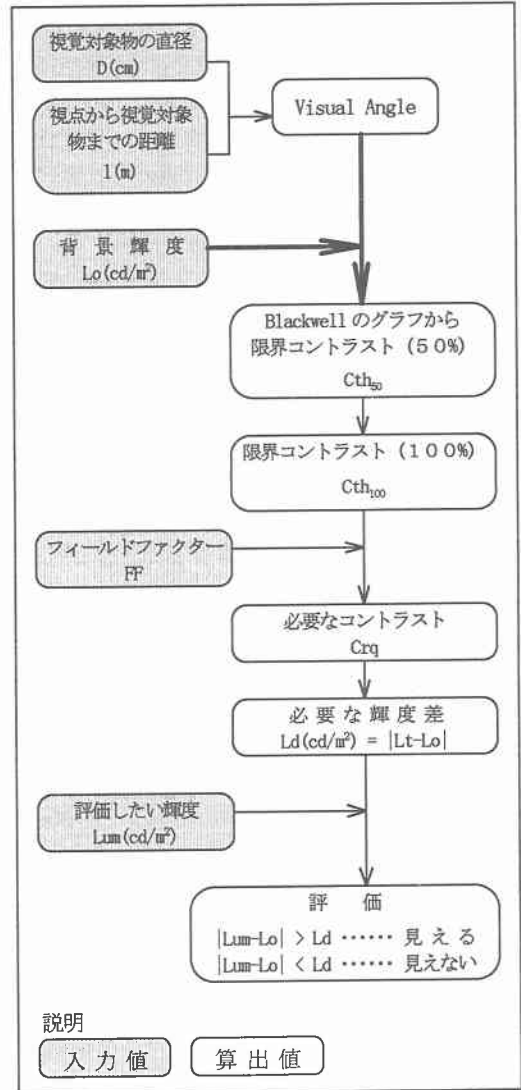


図1 モデルの概念図

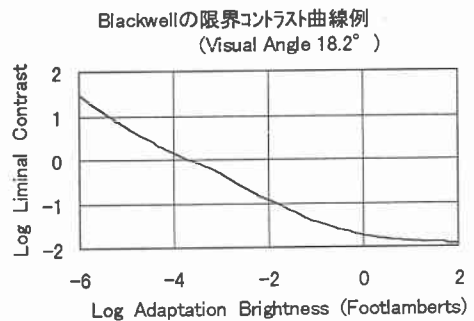


図2 Blackwellの限界コントラスト曲線

4. モデルの検証

本モデルの検証を、以前行った道路区画線の視認実験の結果を用いて行った。実験に用いた道路区画線は日本で一般的に使用されている溶融塗装ラインで、サイズは5(m)×15(cm) (長さ×幅) である。視認実験は乾燥路面と湿潤路面で行った。

まず、図3の配光特性の右側2(m)の位置から路面照度を読み取り、近似曲線を求めそれを図4、図5に示した。次に、ライン輝度と路面輝度を10(m)間隔で50(m)まで各路面ごとに測定したもから同様に近似曲線を求め、それぞれを図4、図5に示した。路面照度とライン輝度を比較すると、ほぼ水平に推移している。また、ライン輝度と路面輝度についてみると、交差している点があるのがわかるが、これはライン輝度と路面輝度が一致する点と考えられ、どんなにコントラスト感度や視力が良くてもこれ以上は見えない点だと解釈できる。実際に乾燥路面では、交点は155(m)、被験者の最大視認距離は146(m)、湿潤路面では、交点は110(m)、被験者の最大視認距離は97(m)でありほぼ一致していた。

被験者の平均視認距離は乾燥路面で93.8(m)、湿潤路面で59.8(m)であった。図4から、これらの視認距離における輝度差を求めた。輝度差は乾燥路面で0.0215(cd/m²)、湿潤路面で0.0910(cd/m²)であった。乾燥路面の場合、D=15(cm)、l=93.8(m)、93.8(m)地点の背景輝度L₀=0.01(cd/m²)、FF=1.0をモデルに入力し、得られた輝度差をFF=1.0として表1に示した。また同時に、フィールドファクターの値を大きくして得られた輝度差を表1に示した。

乾燥路面では、FF=3.8のときに測定から得られた輝度差とほぼ一致している。自動車の運転におけるフィールドファクターはFF=2.7~3.0程度という説があるがそれに近い値が出ている。一方、湿潤路面ではFF=33.0という大きな値が出ているが、これは雨中における区画線の視認がいかに困難であることを示しているものと考ええる。

5. 今後の課題

道路区画線の視認実験の結果のみでの検証であり、モデルとしての信頼性を証明するには至っていない。フィールドファクターの値を探索するとともに、検証用データの収集に努めたい。

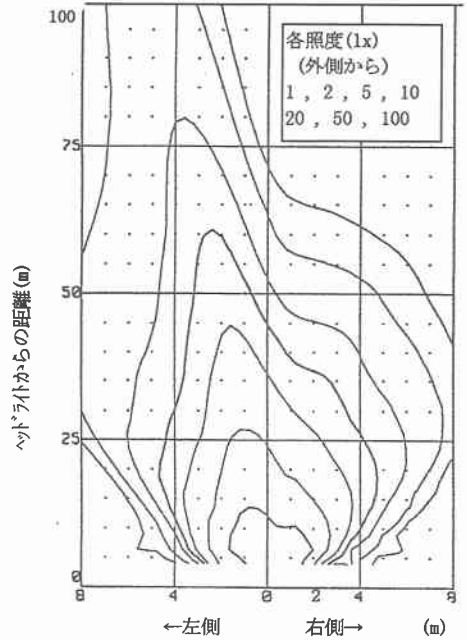


図3 ヘッドライトの照度の配光特性 (小糸製作所提供)

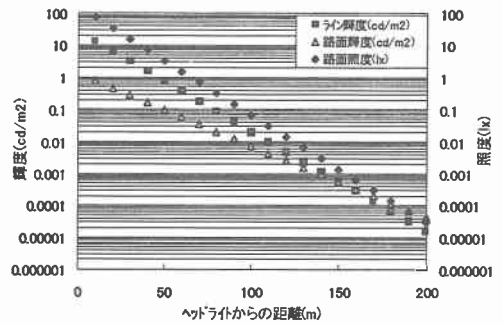


図4 乾燥路面における照度と輝度

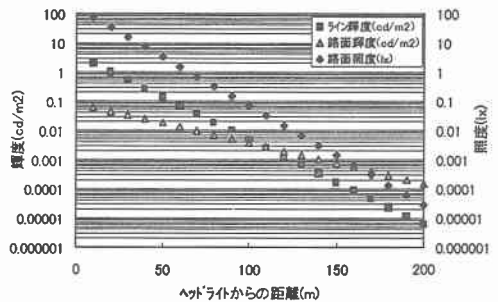


図5 湿潤路面における照度と輝度

今回モデルを作成するにあたって入手できたデータがBlackwellの限界コントラストだけであったため「なんとか見える」輝度のみとなった。これから、「適度な」輝度および「まぶしいと感じる」輝度についても取り入れていきたいと思う。さらに透過率の概念を組み込むことで霧や吹雪時にも対応させていくつもりである。

また、今回のモデルでは図6に示すように、ある(運転)条件下で、その輝度が見えるのか見えないのかを判定している。今後、見えている場合にはどのように見えるのかを TBT 等の光学演算ソフトを用いてグラフィック表示ができるようにしていきたい。

最後になりますが、北海道土木技術会道路研究委員会の関係各位に多大な協力をしていただいたことを感謝します。

参考文献

- 1) H.Richard Blackwell : Contrast Thresholds of the Human Eye , Journal of the Optical Society of America , Volume 36 Number 11 , November , 1946
- 2) CIE (International Commission on Illumination) : An Analytic Model for Describing the Influence of Lighting

表1 実験値とモデル値の比較

		乾燥路面 路面輝度(0.01cd/m ²) 視認距離(93.8m)	湿潤路面 路面輝度(0.009cd/m ²) 視認距離(59.8m)
測定(図4)から得た輝度差		0.0215	0.0910
FF 値別 の 輝 度 差	1.0	0.0056	0.0028
	2.0	0.0117	0.0055
	3.0	0.0167	0.0083
	3.8	0.0212	0.0111
	4.0	0.0223	
	33.0		0.0911

Parameters upon Visual Performance , Publication CIE No 19/2.1 (TC-3.1) , 1981

3) CIE (International Commission on Illumination) : Contrast and Visibility , Pub . No . CIE 95 , 1st Edition 1992

4) Kohei Narisada : Perception Under Road Lighting Conditions with Complex Surroundings , Journal of Light & Visual Environment , The Illuminating Engineering Institute of Japan , Vol.19 No.2 , 1995

5) Adrian . W : Visibility of Targets . In Transportation Research Record 1247 , TRB , National Research Council , Washington , D.C . , 1989 , pp 39-45

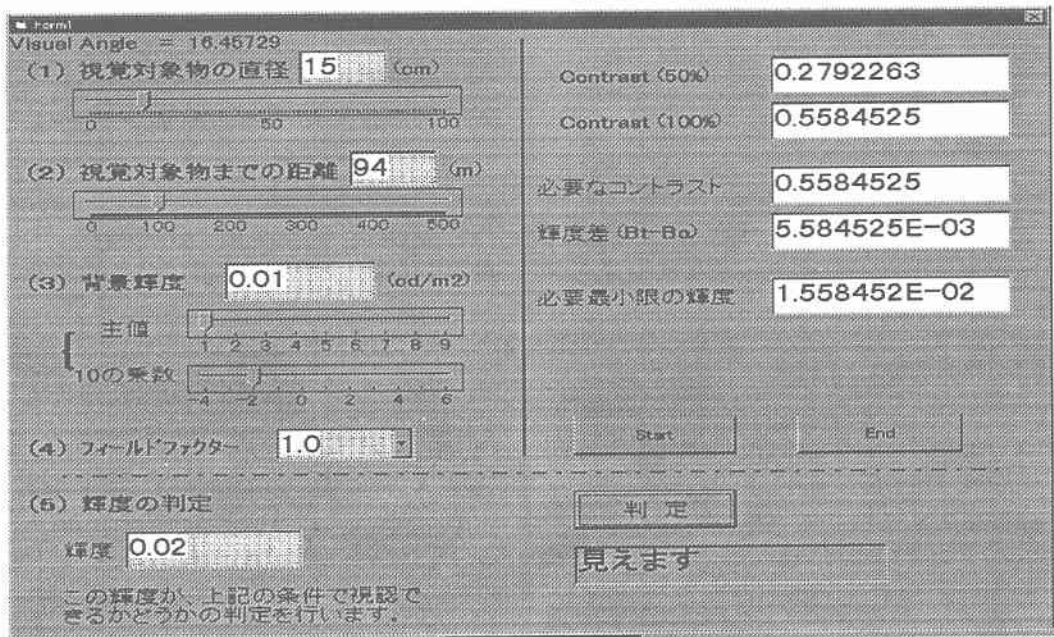


図6 Visual Basic を用いて作成した本モデルの画面