線光源による灯火の不快グレアの抑制

専門会員 入 倉 隆 (芝浦工業大学) 正会員 豊 福 芳 典 (交通安全環境研究所)

Restraint of Discomfort Glare by Linear Light Source

Fellow Member Takashi Irikura (Shibaura Institute of Technology) and

Member Yoshinori Toyofuku (National Traffic Safety and Environment Laboratory)

KEYWORDS : discomfort glare, linear light source, spatial summation, BCD, signal, aeronautical ground light

1. まえがき

光源がある大きさ(視角)より大きくなると、観測者の目の位置における法線照度(角膜照度)が同じであっても、点光源より暗く感じられる。これは、視覚の空間的寄せ集め効果により、大きい光源の中央付近の光は100%明るさに寄与するが、周辺部に行くにしたがって、その寄与率は低くなるためである¹⁾。不快グレアにおいても、角膜照度が同じ場合、大きさ(視角)がある値より大きくなるにしたがって不快グレアの程度は小さくなる²⁾。

したがって、光源を大きくすることによって、近距離で観測したときのグレアを抑制することができる。また十分に遠距離で観測した場合、視角は小さくなる(点光源と見せるようになる)ので見え方は角膜照度で決まり、視認距離は大きさの小さい光源と変わらない。

一般に、信号灯火などの光源を大きくすることは、経済的な理由や設置上の問題などにより、困難な場合が多い。しかし、LEDや光ファイバーなどを線に配列し、長さを長くすることは比較的容易である。

今までに、光源の大きさと不快グレアの関係についてはいろいろと研究^{3,4)}が行われているが、線光源の長さと不快グレアの関係については明確にされていない。そこで本研究では、線光源の快・不快限界(BCD)輝度について実験を行い、線光源の不快グレア抑制に対する有効性について検討した。

2. 実験

2.1 装置

実験は準暗室内において実施した。図1に実験装置の概要を示す。観測距離は1720mmであり、被験者はあご台で頭を固定して観測を行う。実験に用いたグレア光源の大きさは、縦3', 横3', 6', 12', 24', 48', 96'の6種類である。グレア光源は、ハロゲンランプにより拡散紙及び開口を通して白色光(色度は $x:0.43$, $y:0.41$)を照射したものであり、均一輝度の光源である。パルスモーターで制御される回転型NDフィルターにより、グレア光源の輝度は被験者が手元のボタンで連続的に変化させることができる。

視野の輝度は、点灯する蛍光灯の数の変更、蛍光管の一部の遮

図1 実験装置

Fig. 1 Scheme of experimental apparatus.

蔽により変化させることができる。また輝度の微調整は点灯電圧を変化させることによって行う。輝度の調整範囲は1 cd/m²~1000 cd/m²である。蛍光灯一本のみ点灯した時、視野中心(グレア光源呈示位置)から±7.5°の範囲内における輝度の一様性(最小輝度と最大輝度の比)は、0.93である。今回の実験で用いた視野輝度は、1.0, 10, 100 cd/m²である。

2.2 手順

被験者は23~41歳の男性5名である。実験に先立ち、各被験者にBCD輝度(不快グレアを感じる光源の輝度の下限値)について教示するとともに、数回観測練習を行った。実験は、以下の手順に示すように調整法により行った。

- (1) 視野輝度が1.0 cd/m²の場合、被験者はその輝度で約10分間の順応を行う。視野輝度が10 cd/m²及び100 cd/m²の場合の順応時間は約2分とする。
- (2) あご台で頭を固定する。グレア光源を両眼で注視しながら、グレア光源の明るさがBCD輝度になるように手元のボタンで調整する。グレア光源の初期設定輝度はBCD輝度より十分に低い輝度とした。また、観測時間の制限は設けなかったが、ほとんどの観測は1 min以内に終了した。
- (3) 測定者がグレア光源の輝度を測定する。測定は、被験者の目の位置の近くに設置した輝度計(Topcon BM-8)を用いて行う。
- (4) (3)の測定終了後、約2 min経過した後、グレア光源の長さを変えて(2)~(3)を繰り返す。グレア光源の長さの呈示順序はランダ

ムとする。約 2 min 経過後に次の観測を行ったのは、観測による順応レベルの変動を回復するためと、観測による疲労を少なくするためである。

(5) 視野輝度を変えて(1)~(4)を繰り返す。

同一条件の観測は各被験者とも 6 回ずつとした。

3. 結果と考察

光源の長さ(横)と BCD のときの角膜照度との関係を図 2 に示す。図中の曲線は最小二乗法によりデータにフィットさせたものである。破線は傾き 1 の直線である。光源の長さが長くなるにしたがって、曲線の接線の傾きは大きくなっている。光源の長さが約 20' 以上では、その傾きはほぼ 1 となっている。これ以上の長さにおいては、光源の長さに比例して、BCD になる角膜照度は大きくなることを示している。すなわち、光源が長くなっても、BCD 輝度は変わらず、長くなった部分の光は不快グレアに寄与していないことを意味している。一方、光源の長さが短いときは、曲線の接線の傾きは 1 より小さく、光源の長さが長くなるにしたがって BCD 輝度は小さくなることを示している。しかし、光源の長さが最も短い 3' 付近でも傾きは 0 になっておらず、空間的寄せ集めは完全ではない。

背景輝度が高くなるにしたがって BCD のときの角膜照度は大きくなっている。しかし、光源の長さ と BCD のときの角膜照度曲線の関係は同じような傾向を示しており、空間的寄せ集めがなくなる(曲線の接線の傾きが 1 になる)ときの光源の長さもほぼ同じである。一方、明るさ知覚の実験においては、背景輝度が高くなるにしたがって空間的寄せ集めがなくなるときの光源の大きさは大きくなることが明らかにされており¹⁾、この点が不快グレアの実験と異なる。

ここで、線光源の中心からの距離と不快グレアへの寄与率の関係について検討してみる。光源中心から r の位置における寄与率を $\psi(r)$ とすると、(1)式の値がある大きさに達したとき BCD となる。

図 2 光源の長さ と BCD のときの角膜照度との関係

Fig. 2 Relation between light source length and BCD illuminance at the eye of observer.

$$2hD^{-2} \int_0^{w/2} \psi(r) L(r) dr \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 h ：光源の縦の長さ(横の長さに比べて十分に短いとする)、 D ：観測距離、 w ：光源の横の長さ、 $L(r)$ ：光源中心から r の位置における輝度。

図 2 の曲線より、背景輝度 1.0cd/m²における光源中心からの距離(°)と不快グレアへの寄与率との関係を求めた結果を図 3 に示す。図の寄与率は、0 ~ 1.5' (光源の長さ 3') における不快グレアへの寄与率の平均値を 1 とし、その比で示されている。光源中心から 2' の位置で寄与率は約 0.3、約 6' の位置で 0 になっている。

飛行場の誘導路に設置される誘導路中心線灯を例にとり、観測距離と角膜照度との関係を求めたものを図 4 に示す。背景輝度は 1 cd/m²、RVR は 200 m とした。また、光源の光度は 600cd とした。現在、ICAO 等では、CAT-III B における誘導路中心線灯の光度について議論されており、その中で必要光度を 2000cd とする考え方があ。夜間(背景輝度 1 cd/m²)、低視程(RVR 200 m)であるので、光度は 30% タップ(3 段階光度制御の中間タップ)すなわ

図 3 背景輝度 1.0cd/m²における光源中心からの距離と不快グレアへの寄与率との関係

Fig. 3 Relation between distance from the center of light source and element-contribution function in discomfort glare at a background luminance of 1.0cd/m².

図 4 観測距離と角膜照度との関係

[図中の点線は、光源幅 70mm (現用の FM 型灯器) と光源幅 300mm のときに BCD となる角膜照度を示している]

Fig. 4 Relation between observing distance and illuminance at the eye of observer.

主ビームの最小平均光度を600cd (2000cdの30%光度) とした。配光は現在のICAO 基準 (CAT-III) の配光と同じパターンとし、主ビームの光度を600cdとしたものを用いた。配光曲線の間の光度は直線で補間した。図中の点線は、実験結果 (図2) より求めた光源幅70mm (現用のFM型灯器) と光源幅300mmのときにBCDとなる角膜照度を示している。60mより近距離では光源幅70mmのBCDを超えているが、光源幅300mmのBCDには達していない。つまり、現用のFM型灯器で近距離では不快グレアとなるが、光源が300mm幅の灯器では不快グレアとならない。

この結果より、光源の横幅を大きくすると、近距離から見た場合の視角は大きくなり、不快グレアになりにくい。しかも、遠距離から見た場合の光源の視角は小さくなり、閾値等の見え方は光源幅の小さな灯器と同じように角膜照度により定まる。すなわち、光源の横幅を大きくすることにより、近距離においてまぶしさを減ずることができ、かつ視認距離は変わらない。

4. まとめ

線光源の快・不快限界 (BCD) 輝度について実験を行い、線光源の不快グレア抑制に対する有効性について検討した。この結果をまとめると以下ようになる。

- (1) 背景輝度1.0cd/m²における不快グレアへの寄与率は、線光源中心から2'の位置で約0.3、約6'の位置で0になる。
- (2) 航空灯火などの光源の横幅を大きくすることにより、視認距離は変えずに、近距離においてまぶしさを減ずることができる。

参考文献

- (1) 入倉隆, 谷口哲夫, 青木義郎: いき上レベルにおける視覚の空間的寄せ集め特性が灯火の明るさ知覚に及ぼす影響, 照学誌, 76-2, pp.90-94 (1993).
- (2) 武内徹二, 宮前あつ子, 矢野正: 閾上の光刺激に対する視覚の空間的寄せ集め特性, 照学全大, p.71 (1990).

- (3) C. A. Bennet: Discomfort glare: Concentrated source parametric study of angular small sources, J. Illum. Engng. Soc. 7-1, pp.2-15 (1977).
- (4) 田淵義彦, 中村肇, 口石義行, 西村政信, 佐土根範次: 中心視の光源によるグレアの主観評価, 照学誌, 72-10, pp.613-619 (1988).

(受付日2001年5月14日/採録日2001年7月5日)

入倉 隆 (専門会員)

芝浦工業大学工学部電気工学科

1956年5月生まれ。1979年3月早稲田大学理工学部電気工学科卒、運輸省交通安全公害研究所を経て、1999年4月芝浦工業大学工学部電気工学科助教授。博士(工学)。1994年照明学会研究奨励賞受賞、日本光学会、日本視覚学会、電気学会、IESNA 会員。

豊福 芳典 (正会員)

独立行政法人交通安全環境研究所交通システム部

昭和24年10月11日生まれ、昭和51年3月京都大学大学院工学研究科機械工学修士課程修了、同年4月運輸省入省、平成7年4月交通安全公害研究所航空研究室長、平成13年4月独立行政法人交通安全環境研究所航空研究室長、自動車技術会会員、日本視覚学会会員、日本赤外線学会会員。