136. 実効輝度関数を用いて算定した実効輝度の整合性

三木 啓 木村 均 原 直也 野口 太郎 井上 容子

(関西大学)

1. はじめに

眼球内で生じる散乱による中心窩への重畳現象を考慮した網膜中心窩への実刺激である実効輝度とそのときの目の感度(輝度差弁別閾値)により様々な視認問題の統一的な解明が可能なのは既に明らかである¹⁾。実効輝度の算定には一次元実効輝度関数 $F(\theta)$ を用いる方法¹⁾と単位立体角あたりの要素実効輝度を示す実効輝度関数 $F_{\omega}(\theta_r)$ を用いる方法²⁾が提案されている。

本報告では $F(\theta)$ から誘導される二次元実効輝度関数 $G(\theta, \phi)$ と $F_{\omega}(\theta_r)$ から誘導される二次元実効輝度関数 $G'(\theta, \phi)$ の整合性を検証すると共に、既存の視認実験での視野内の高輝度面の順応輝度への影響量から得られる実効輝度と二つの実効輝度の算定法による実効輝度とを比較し、整合性を検討する。

2. $F(\theta)$ と $F_{\omega}(\theta_r)$ とから誘導される二次元実効輝度関数の整合性

二次元実効輝度関数は図1のような暗黒背景($0\text{cd}/\text{m}^2$)に4分の1無限平面が単位輝度($1\text{cd}/\text{m}^2$)である面の図中の (x, y) 点を注視したときの実効輝度を $G(\theta, \phi)$, $G'(\theta, \phi)$ としている。

2.1 $F(\theta)$ からの二次元実効輝度関数 $G(\theta, \phi)$

既往研究により二次元実効輝度関数 $G(\theta, \phi)$ は次式の一次元実効輝度関数 $F(\theta)$

$$\begin{aligned} \theta > 0 : F(\theta) &= e^{(a+b\theta)} + e^{(c+d\theta)} \\ \theta = 0 : F(\theta) &= 0.5 \\ \theta < 0 : F(\theta) &= 1 - e^{(a+b\theta)} - e^{(c+d\theta)} \end{aligned} \quad \dots (1)$$

を用いて次式で近似可能であるとされている¹⁾。

図1 二次元視野における θ, ϕ の定義 図2 $G(\theta, \phi)$ の分布 図3 $G'(\theta, \phi)$ の分布

$$G(\theta, \phi) = F(\theta) \cdot F(\phi) \quad \dots (2)$$

2.2 $F_{\omega}(\theta_r)$ からの二次元実効輝度関数 $G'(\theta, \phi)$

実効輝度関数 $F_{\omega}(\theta_r)$ より導かれる二次元実効輝度関数 $G'(\theta, \phi)$ は、次式で算定される³⁾。なお、 θ_r は視線方向と輝度面との張る角である。

$$G'(\theta_r, \phi_r) = \int_{\omega} F_{\omega}(\theta_r) d\omega = \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \int_{-\pi/2}^{\pi/2} \frac{F_{\omega}(\theta_r) \cos \theta \cos \phi d\theta d\phi}{(\cos^2 \theta + \cos^2 \phi - \cos^2 \theta \cos^2 \phi)^{1/2}} \quad \dots (3)$$

$$\text{ただし、} F_{\omega}(\theta_r) = e^{(a'+b'\theta_r)} + e^{(c'+d'\theta_r)} \quad \dots (4)$$

$$\theta_r = \tan^{-1}(\sqrt{\tan^2 \theta + \tan^2 \phi}) \quad \dots (5)$$

2.3 二次元実効輝度関数 $G(\theta, \phi)$ と $G'(\theta, \phi)$ の比較

図2に(2)式により算定された $G(\theta, \phi)$ 、図3に(3)式を数値積分^{注1)}することで算定した $G'(\theta, \phi)$ の分布を示す^{注2)}。注視点から視角 90° 範囲の二次元実効輝度関数を示し、図中の破線は暗黒背景と単位輝度との境界からの等視角線である。ただし、本報での $G(\theta, \phi)$, $G'(\theta, \phi)$ の算定には、一次元実効輝度関数 $F(\theta)$, 実効輝度関数 $F_{\omega}(\theta_r)$ を用いているが既報²⁾において整合性は確認されている。

図2と図3との比較により、 $G(\theta, \phi)$ と $G'(\theta, \phi)$ の分布は明らかに大きく異なる。図2に見られる $\theta = 0, \phi = 0$ を境とした $G(\theta, \phi)$ の急激な変化は図3の $G'(\theta, \phi)$ では見られない。第2、第4象限での $G(\theta, \phi)$ の分布は等視角線と同形状であるのに対し、 $G'(\theta, \phi)$ ではそれぞれ θ, ϕ により若干ではあるが形

Conformance of effective luminance using the function of effective luminance

MIKI Hiromu, KIMURA Hitoshi, HARA Naoya, NOGUCHI Tarow and INOUE Youko

(a) $\phi \geq 0$ (a) $\phi \geq 0$ (b) $\phi = 0$ と $\phi < 0$ (b) $\phi = 0$ と $\phi < 0$ 図 4 θ と $G(\theta, \phi)$ との関係図 5 θ と $G'(\theta, \phi)$ との関係

状が異なる。

図 4 では θ と $G(\theta, \phi)$ 、図 5 では θ と $G'(\theta, \phi)$ の関係を、それぞれ、a), b) の順に ϕ の範囲が $\phi \geq 0$ 、 $\phi = 0$ と $\phi < 0$ で分け、 ϕ の値ごとに示す。 $\phi \geq 0$ の領域で $G'(\theta, \phi)$ と $G(\theta, \phi)$ はかなり異なる分布を示すが、 $\theta \leq 0.1^\circ$ においてはその分布は $G(\theta, \phi)$ と酷似している。図 4, 5 から $G(\theta, \phi)$ と $G'(\theta, \phi)$ の分布が $\phi = 0^\circ$ かつ $\phi = 90^\circ$ のとき θ の全域に渡ってよく一致している。これは (2) 式の誘導において前提となる $G(\theta, \phi)$ の満たすべき基本的な条件¹⁾ を $G'(\theta, \phi)$ もまた満たすことを示している。

3. 視認実験で得た実効輝度と実効輝度算定値の比較

既報⁴⁾ の視認実験は図 6 の (A) ~ (C)、(a) ~ (c) のように背景輝度が L_b (0 [cd/m²])、円環状あるいは円環の一部となる高輝度部分が L_g (1000 [cd/m²]) となる条件で、円の中心を注視したときの実効輝度が示されている。同条件で $G(\theta, \phi)$ に基づく実効輝度 Le と $F_\omega(\theta, \phi)$ に基づく実効輝度 Le' を算定し^{5), 2)} 視認実験の結果と比較する。表 1 に視認実験の実効輝度と、 $G(\theta, \phi)$ 、 $F_\omega(\theta, \phi)$ に基づいて算定した実効輝度 Le 、 Le' を示す。

条件 (A)、(B)、(C) の順に視認実験では実効輝度が減少するのに対し、 Le では減少率が異なり、 Le' では逆に値が増加し、視認実験での傾向と一致していない。条件 (a)、(b)、(c) の実効輝度は視認実験ではほぼ同じであり、 Le では (b) での値が (a)、(c) での値より小さく、 Le' では視認実験とは差があるものの同じ実効輝度を

図 6 視認実験の条件

表 1 視野内高輝度による実効輝度

高輝度面 パターン	被験者MH 実効値	被験者KS 実効値	被験者NK 実効値	Le による 計算値	Le' による 計算値
(A)	15.0	15.0	17.0	16.9	5.5
(B)	7.0	4.0	8.0	14.5	6.7
(C)	3.0	3.0	4.0	12.4	7.2
(a)	8.0	7.0	9.0	16.4	6.5
(b)	8.0	9.0	9.0	11.1	6.5
(c)	9.0	7.0	10.0	16.4	6.5

示した。 Le は実効輝度に指向性が表れており視認実験での傾向と一致しない。一方、 Le' では指向性が表れず、その点では視認実験での傾向と一致する。

4. 終わりに

今後、実効輝度を特定する際、一次元実効輝度関数 $F(\theta)$ を用いる方法と単位立体角あたりの要素実効輝度を示す実効輝度関数 $F_\omega(\theta, \phi)$ を用いる方法では、どちらが有効な算定法であるか更なる検討が必要と考える。

注 1) 実効輝度 $F_\omega(\theta, \phi)$ の変化率の大きい注視点近傍を細かく分割するため図 1 に示す平面を θ 、 ϕ について $\pm 90^\circ$ から分割公比 0.90 で等比的に 90 分割し、各象限で 8100 個の矩形要素に分け数値積分した。

注 2) 図 2 の $G(\theta, \phi)$ 、 $G'(\theta, \phi)$ の算出に用いた $F(\theta)$ 、 $F_\omega(\theta, \phi)$ の係数 $a, b, c, d, a', b', c', d'$ は既往研究¹⁾ で得られた一被験者の視覚特性を表す係数に過ぎず注意を要する。

(a, b, c, d) = (-0.77, -0.205, -3.3, -0.0011)

(a', b', c', d') = (11.71, -0.2656, -0.9512, -0.00155)

参考文献

- 伊藤克三, 野口太郎, 井上容子: 実効輝度による視認問題の統一的解明 照明学会誌, 72-6, 1998, 34
- 田中利興, 木村均, 原直也, 野口太郎: 広域な視野に対応した実効輝度の算定方法 日本建築学会近畿支部 第 41 号 H13.6 4020
- 三木啓, 木村均, 原直也, 野口太郎, 井上容子: 実効輝度関数を用いた実効輝度に関する研究 日本建築学会近畿支部 H14.6 掲載予定
- 井上容子, 野口太郎, 伊藤克三: 高輝度面の実効輝度への影響 実効輝度関数 $F(\theta)$ の定量方法に関する検討 (その 1) 日本建築学会計画系文集 第 473 号, 1995 年 7 月, 1-6
- 野口太郎, 井上容子, 伊藤克三: 各種視標への実効輝度の適用による等視力曲線の検討 日本建築学会計画系文集 第 346 号, 1984 年 12 月, 124-131