69. OHP 投影画像視対象の明視要素条件の算定法

王 立新

佐藤 隆二

原 直也

(大阪大学)

1. はじめに

講演などでの情報伝達手段として、OHP などの映像装置が広く活用されているが、必ずしも良好な状況で情報が提示されているとは言い難いのが現状である。その一因が投影画像の明視性を評価する手法の欠落にあり、その基礎をなす画像の明視三要素（大きさ、輝度、輝度対比）の条件が、カタログ記載の機器性能から誘導できない点にあると考えられる。本報では現有の OHP を用いた種々の検討に基づいて、画像の明視三要素の算定式の定式化を試み、算定に必要な機器性能を抽出した結果を報告する。

2. 視対象の大きさ

拡大投影された寸法が a である視対象を視距離 D で見たときの視角 α は、次式で与えられる。

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{a}{D}\right)$$

投影像の寸法 a と原画の寸法 a_0 との比率 $N = \frac{a}{a_0}$ が拡大倍率であり、透過型 OHP の光学系の概要を示した図 1 から、拡大倍率 N が投影レンズを中心とするスクリーンまでの経路長 d_p とステージまでの距離 d_f (投影レンズの焦点距離) の比率に等しく、次式が成立することが分かる。

$$N = \frac{a}{a_0} = \frac{d_p}{d_f}$$

この関係より、視角 α が次式で与えられ、

$$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{a_0 \times d_p}{D \cdot d_f}\right)$$

図1 反射型 OHP 光学システムの概要

投影レンズの焦点距離の逆数 $1/d_f$ が、視対象の大きさを規定する機器の性能値であることが分かる。カタログの資料によると、一般には、反射鏡からスクリーンまでの距離を投影距離としているようであるが、画像寸法の算定には投影レンズからスクリーンまでの経路長を用いなければならない。

3. 背景輝度

投影画像の背景輝度となる画面の輝度 L_b は、画面の照度を E 、スクリーンの反射指向特性値を ρ とすると、次式で与えられる。

$$L_b = \rho \cdot E$$

現有のスクリーンに対する検討の結果、その面がほぼ均等拡散性で、その反射率が約 0.8 であったので、背景輝度は画面照度で決まるとして検討を進めることにした。

画面照度は、図 2 に示すように、OHP の投影光、OHP の漏光および室内照明光の三つの成分で構成されるが、室内照明による成分の解析は保留し、OHP に依存する成分に着目することにした。しかし、漏光による成分がステージ面からの直接光と天井等を介した間接光からなり、その解析は複雑であり、また実測の結果、漏光による照度が、投影光によるものの 10% 以下であることが判明したので、ここでは、投影光についてのみ検討する。

図2 画面照度の構成

投影光のみによる画面照度分布の測定結果より、中心照度に対する相対分布を光軸からの角度と関係させてを示したものが図 3 である。

The calculation of visual conditions of the image projected by over-head project (OHP)

Ryuji Satoh Lixin Wang and Naoya Hara

図3 画面照度とステージ面の光束発散度の相対分布

これより、画面上のP点における照度 E_p は、画面中心照度 E_c と光軸からの角度 θ で決まり、角度による分布係数を f_θ とすると次式で与えられる。

$$E_p = f_\theta \cdot E_c$$

図3の破線は、ステージ面の光束発散度の測定結果から得たその相対分布を示したものであるが、分布形状は画面での照度分布のそれとよく一致したので、このことにより f_θ はステージでの光束発散度の分布によって決まる機器の性能として次式で規定することはできる。

$$f_\theta = \frac{M_p}{M_c}$$

ここで、 M_p がP点に対応したステージ上の光束発散度であり、 M_c がステージ中心点の光束発散度である。

一方、図1からも明らかなように、画面の中心照度は投影距離の二乗に逆比例する（測定で確認）ため、画面照度とステージ面光束発散度の間には、次式が成立する。

$$\frac{E_p}{M_p} = \frac{E_c}{M_c} = k \cdot \left(\frac{d_i^2}{d_p^2} \right)$$

ここで、 k はステージ面から発散した光束のうち画面に入射する光束の比率で、漏光とレンズ・反射鏡の吸収などに依存する機器に固有な投影効率であり、 $d_p = d_i$ としたときの画面中心照度 E_c とステージ中心の光束発散度 M_c の比率として、与えられるものである。

以上を総合すると、スクリーン上のP点の照度 E_p は次式で与えられることになる。

$$\begin{aligned} E_p &= f_\theta \cdot E_c \\ &= f_\theta \cdot k \cdot \left(\frac{d_i^2}{d_p^2} \right) M_c \end{aligned}$$

すなわち、任意の投影距離 d_p における画面照度は、機器の性能 f_θ , k , d_i , M_c が与えられれば算定でき、スクリーンが均等拡散性の場合には、画面の輝度を知ることができ

る。 d_f を除く三つの性能値は、ステージ面の光束発散度とその分布に関連するもので、画面輝度の算定資料の作成には、ステージ光束の把握が不可欠である。

以上の検討では、OHPフィルムの存在を無視したが、実際の場合では上記の照度値にフィルムの透過率を乗じた値となり、さらに、室内照明光やOHPの漏光による画面上の照度が既知であれば、それらを加算した上で輝度に変換すればよい。

4. 輝度対比

スクリーンが拡散面であるとき、投影光のみによる画面上の視対象の輝度対比 C は、背景と視対象の輝度をそれぞれ L_b, L_t とし、また各部位の画面照度を E_b, E_t とすると次式で与えられる。

$$C = \frac{L_b - L_t}{L_b} = \frac{E_b - E_t}{E_b}$$

前節で述べたように、OHPフィルムの透過率 τ を裸光の照度 E に乗じたものが画面照度であり、各部位の透過率を τ_b, τ_t とすると、

$$E_b = \tau_b E \quad E_t = \tau_t E$$

が成立し、投影画像の輝度対比は原画の透過率対比 C_τ と等しく、次式となる。

$$C = \frac{\tau_b - \tau_t}{\tau_b} = C_\tau$$

しかし、照明光やOHPの漏光が画面に重畳する場合、それらの重畳照度を E_v とすると、画面上の各部位の照度はそれぞれ、

$$E_b = \tau_b E + E_v \quad E_t = \tau_t E + E_v$$

となり、輝度対比は次式となる。

$$C = \frac{E_b - E_t}{E_b} = \frac{\tau_b - \tau_t}{\tau_b} \cdot \frac{\tau_b E}{\tau_b E + E_v} = C_\tau \cdot \frac{\tau_b E}{\tau_b E + E_v}$$

これは照明光やOHP漏光の重畳が画面視対象の輝度対比を低下させるものであり、その対比減少率 q は次式で規定されることを示している。

$$q = \frac{\tau_b E}{\tau_b E + E_v}$$

5. おわりに

以上のことから、明視三要素の中で、大きさ、背景輝度は主としてOHP機器の性能と配置で決まるが、輝度対比は、機器以外の室内照明光などに大きく左右されるものであることが判明した。

したがって、今後は、室内照明光やOHPの漏光による画面照度の大概を把握するための検討を進める必要がある。