137. LED 照明に最適な多面光源と放射輝度分布

内田裕士 田口常正
(山口大学工学部)

1.はじめに

近年、高輝度白色および有色 LED の発光効率の改善により LED の一般照明応用が期待されている。しかし、これまで LED の輝度と光度を明確に区別して議論された事は無い。市販の白色 LED の輝度は（レンズを使用した場合であるが）10～50 万 cd/m^2 と測定されており、蛍光灯 1～3 万 cd/m^2 に対して現在の状況で遥かに高輝度デバイスである。これに対し LED 光度は最も高く 10 cd 程度と、白熱電球 300 cd に比べると低い。この光度と輝度の著しい違いは不快グレアの問題に直結し、LED 照明を構築する上で解決しておかなければならない重大な課題である。

本研究では、LED 照明における最適な LED 面光源を作製するために放射輝度分布に関する理論的な考察を行い、LED 多面光源の特性を評価した。

2.多点光源単一点光源近似と放射輝度分布関数

我々が展開してきたマクロ多点光源の基礎理論式より、測定距離の極限をとると放射強度の理論式は

$$I_{R_All}(\alpha_{DASA}, \beta_{DASA}, \lambda) = \sum_{i=1}^N I_{Ri}(\alpha_{DASA}, \beta_{DASA}, \lambda) \quad (1)$$

となる。この式は、1つの光源の光度は微小な多点光源が線形加算されているものと考えられる事が出来る。(1)式を仮に多点光源単一点光源近似式と名付けた。この(1)式から、平均測定距離が遠距離に於ける LED を多数集積した光源の理論光度を導く事が出来る。更に光度と輝度の融合に関する考察を行った。今、微小面素の輝度分布はランバート関数に従わず、常に光源構造や反射面構造に依存すると仮定する。この仮定の場合、輝度は

$$I_R(\alpha, \beta, \lambda) = L_R(\alpha, \beta, \lambda) \Delta A \quad (2)$$

(2)式の様に拡張定義できる。 ΔA は光源面積を意味する。

(2)式を(1)式に代入すると(3)式となる。

$$I_{R_All}(\alpha_{DASA}, \beta_{DASA}, \lambda) = \sum_{i=1}^N L_{Ri}(\alpha_{DASA}, \beta_{DASA}, \lambda) \Delta A_i \quad (3)$$

3.理論応用とモデル計算

ここで上述のモデルは、面光源における輝度分布と光源面積と面光源の理論光度の関係を示し、一義的に高輝度＝高光度では無い事を結論付ける。逆にいえば、光度は1微小面素が低輝度であろうと光源面積を広くすれば増加させる事が可能であるといえる。この特性を利用すると図1に示すような光源モデルを作製する事が出来る。図1の様に微小な面素 1cm^2 から放射される正面輝度を 1 万 cd/m^2 と仮定して、どの程度の面積を LED 光源に与えれば一般照明に耐えうる面光源となるのかを計算する。そこで、蛍光灯に対する代替照明装置を想定し、 $20\text{cm} \times 60\text{cm}$ の面光源で $\cos \theta$ 配光を微小面素に持つ多面光源の直下 3m の照度を計算した。結果は図2に示す。図2において照度はピーク 130 lx と光源直下 3m の照明としては非常に明るい光源となっている事がわかる。また光源の輝度は 1 万 cd/m^2 と設定しているのでグレアの問題もクリアされている。この結果から、図1のような面光源を LED を用いて構成することが LED 照明応用には望まれる。

図 1. 計算空間モデル

図 2 光源から直下 3 m における照度分布

Multi-plate source and radiant luminance distribution suitable for LED lighting
Y.Uchida and T.Taguchi