

LED 照明 ノーツ 1 2

輝度について

株式会社タイコ
牛山善太

前回は光の明るさを表すために、測光量の単位について解説させていただいた。その中で一番取り付きにくい輝度、と言うものを今回は取り上げ、さらに少し詳しく解説させていただきたい。

1 . 輝度とは

輝度の定義とは前回述べさせていただいたように、

$$B = \frac{dF}{d\Omega dS \cos \theta} \quad (\text{w}/(\text{sr} \cdot \text{m}^2)) \quad [\text{candela}/\text{m}^2, \text{nit}] \quad (1)$$

であって、光源から出ている単位時間当たりのエネルギー、光束を、その光の束の開角を表す立体角、そして光源の面積で割った量である（この時の面積は、測定する方向からの見かけの面積でなければならないが）。簡単に言えば、単位時間、単位面積、単立体角あたりに光源から放射されるエネルギーである。照度と言う量は、方向に対しての感度は無く、光度と言う概念はこれとは対照的に場所に対する感度が無い。輝度はこれらを統合する量である。

それでは、どのような場合に必要とされる、光の量であろうか？

輝度と照度の使い分け（１）

図1 スクリーンにおける照度と輝度

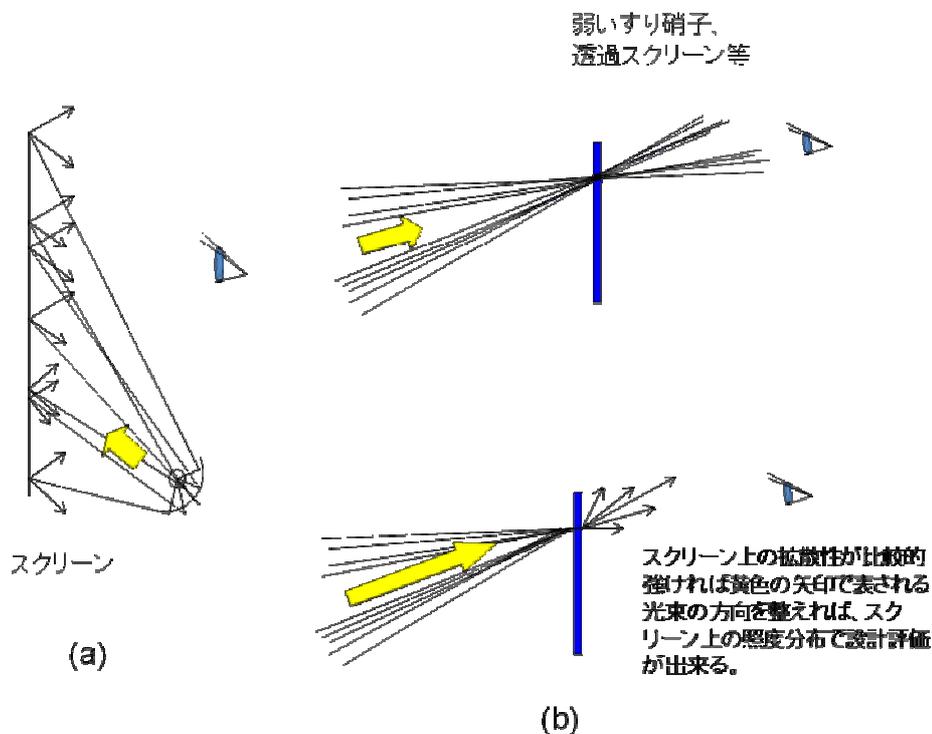


図 1 をご覧頂きたい。図 1(a)は様々な方向に均等に光を拡散するような一般的な投影スクリーンに、像を結ばせている場合（反射でも透過でもどちらでも良いが）、(b)はあまり拡散性の強くはない摺りガラスのようなスクリーンに像を結像させて像を観察する場合である。(a)においては光はどの方向にも十分に拡散されるので観察者がどこにしようと、明るさについては、見え方にそう変わりはない。したがって、スクリーン上の単位面積当たりの明るさ、照度を測定すれば、照明系評価のためには事足りる。しかしながら、(b)の場合には、図 1 にあるとおり、観察する方向により、或いは、スクリーンのどこを観察するかにより、目に届く光の量は大きく異なる。こうした場合には、位置と方向の両方を変数とする輝度を測定する必要がある。

輝度と照度の使い分け（2）



図2 自動車の照明系

また、車のヘッドライトの場合には(図2)、車の前のどのくらいの距離のところにある被照明面が(例えば10m先の道路面が)どのくらいの明るさで照明されているか、つまり、照度が重要視される。これは汎用的に被照明面にある程度の拡散性を仮定せざるを得ないことに拠るが、(濡れた路面等を対象とする場合には、ドライバーへの見え方に志向性が出てくるので輝度的な評価も必要となるが。)

これと対照的に、テールランプ等の場合には、そこで投光される光が後続のドライバーに認識されることが目的であるので、輝度分布、或いは十分遠方から輝度を考えた場合に、輝度と差がなくなる光度を用いてその性能を評価することになる。

輝度と照度の使い分け（3）

通常の室内照明を考えてみよう。取りあえずいろいろ作業を行う机の上の単面積当たりにやって来る光りの量が十分であるか否かが問題になる。つまり照度が重要になる。作業に関わるもの、或いは認識にかかわるものには大きな拡散性が一般的には考えられるであろうし、またそう仮定せざるを得ない。従って指向性は無視できる。また、この机上の照度に、やはり拡散性の大きな壁等からの間接光が照度として加わることになる。

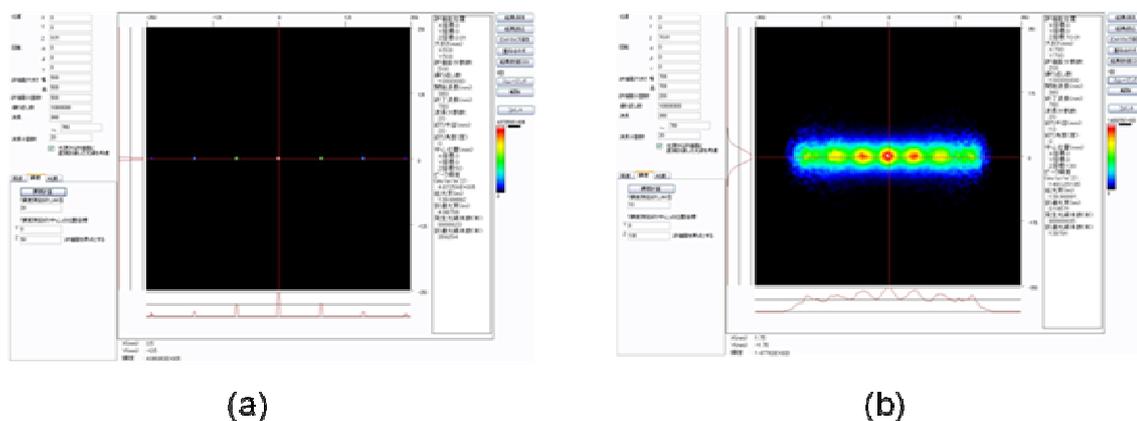


図3 微小光源に7個による輝度分布(a)と拡散シートにより発光面積を増やし輝度、眩しさを低減した輝度分布例(b)。

これに比し、光源を人間が見上げる場合、どうしても目に入ってしまう部分もあるので、どの様に光源が見えるか、つまり眩しいかどうかの評価には輝度を用いなければならない。これは角度成分だけを表す光度では駄目である。それは、同じ明るさが机上で保たれていても、狭い光原領域から放射している場合と、広い領域から放射している場合では、当然単位面積当たりから放射するエネルギーは前者の方が高くなり、人間は眩しく感じる(図3)。つまりどこから見ると、光源がどのように光るかを表す輝度の評価が必要になる。

2. 輝度測定、輝度計算の大変さ

図1の二つのケースにおいても結局は双方、輝度を計算してしまっても、迷いがなく良いのであるが、実際にはそう簡単な問題ではない。輝度には照度に比べ角度と言う次元が加わっているので、2次元で指定される位置それぞれに、2次元で広がる角度世界が乗り、照度の2乗の数の測定変数が必要となる。つまり輝度は data の数が2乗になる。したがって、現状では、計算することも、測定することも、手抜きをしなければ相当手間のかかることになる。また、data 数も多すぎて見通しも悪い。したがって、出来るだけ手間のかからない、見通しの良い単位で照明系を評価することが重要となる。

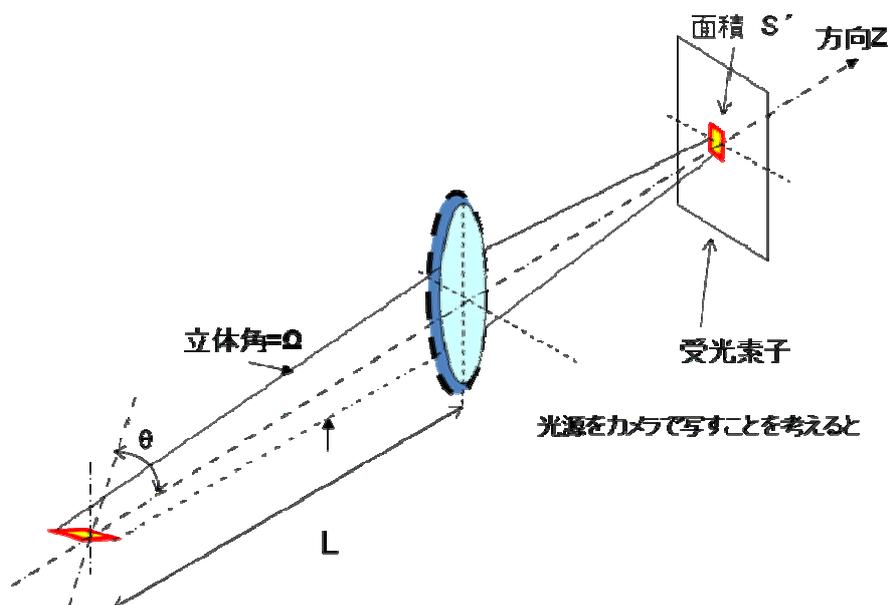


図4 輝度の測定原理

輝度測定の原理を図4に示す。輝度を測りたい光源(被検査)部分の写真をとると言う簡単な構造である。物体までの距離Lと、レンズの口径Dは分かっているので立体角 Ω は、

$$\Omega = \frac{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2}{L^2}$$

として D に比して L が十分に大きければ計算できる。さらに、光源部分は撮像素子上に結像し、結像倍率 m が分かっているれば、像の大きさ S' から被検査光源面の見掛けの大きさ S が分かる。

$$S = \frac{S'}{m}$$

この時、光源面がカメラの方向と ずれた方向を向いているとすると、実際の面積よりややつぶれた面積の像が撮像素子上に得られる。そう大きな光全体の広がり角を想定しなければ、この値は本来の面積に \cos を乗じた値と考えてよからう。上記の S には式(1)における \cos が組み込まれていることになる。

また、結像におけるエネルギー F は撮像素子より電氣的に得られるはずである。従って、レンズによるエネルギーのロスを見れば、(1)式に従って輝度 B が計算できる。

$$B = \frac{F}{S\Omega}$$

ただしこれは、カメラの方向から見た場合の一方向からの輝度なので、光源のすべての方向の輝度が知りたければ、上記の測定システムをゴニオメータの様なものに載せて、半球、場合によっては全球の角度範囲で scan し大量の data を処理する必要がある。コンピュータの助けなしにはこれらの情報を生かすことは出来ないが、最近ではこうした充実した輝度 data が主要照明系設計ソフトで利用できる形で提供されつつある。

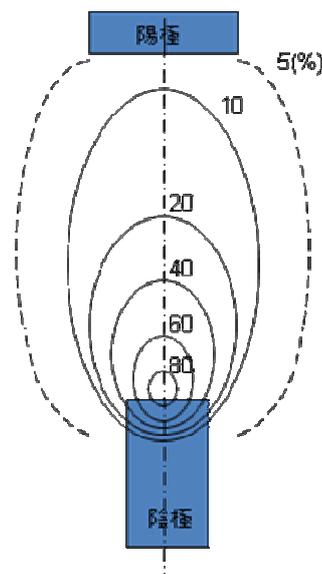


図5 アークランプ輝度分布データ

また、アークランプ光源などにおいては発光面と言うものが無く、電極間の空間が光っているので、輝度で光源特性を表す必要があり、以前から図5の様な輝度分布図が利用されている。アークランプの回転対称性、上下方向へ放射するエネルギーの少なさを鑑みると、良くまとまった直感的に利用しやすい data であるが、上述の通り光源からのある狭い範囲の方向への輝度分布を表しているのに過ぎない。

参考文献

- 1) 龍岡静夫:光工学の基礎(昭晃堂、東京、1990)
- 2) 辻内順平:光学概論 (朝倉書店、東京、1979)
- 3) 谷田貝豊彦:例題で学ぶ光学入門(森北出版、東京、2010)
- 4) R.McCluney:Introduction to Radiometry and Photometry
(Artech House,Norwood,1994)
- 5) 牛山善太、草川 徹:シミュレーション光学(東海大学出版会、東京、2003)