

明るさの定義と単位

1 放射

電磁波は波長の長い短いでいろいろな物理現象を示しますが、目に見える光は波長で380ナノメートル(紫色)～780ナノメートル(深赤色)です。この波長範囲の光はLED、白熱電球や蛍光ランプなどから出る可視放射として照明に応用されます。また380ナノメートル以下

の光を紫外放射といい、殺菌灯や健康ランプ、ブラックライトなどがこの波長範囲の光を多く含んでいます。さらに780ナノメートル以上の波長域の光を赤外放射(熱放射)といい、赤外線ランプや電熱器などとして応用され、乾燥や暖房、工業用に利用されます。

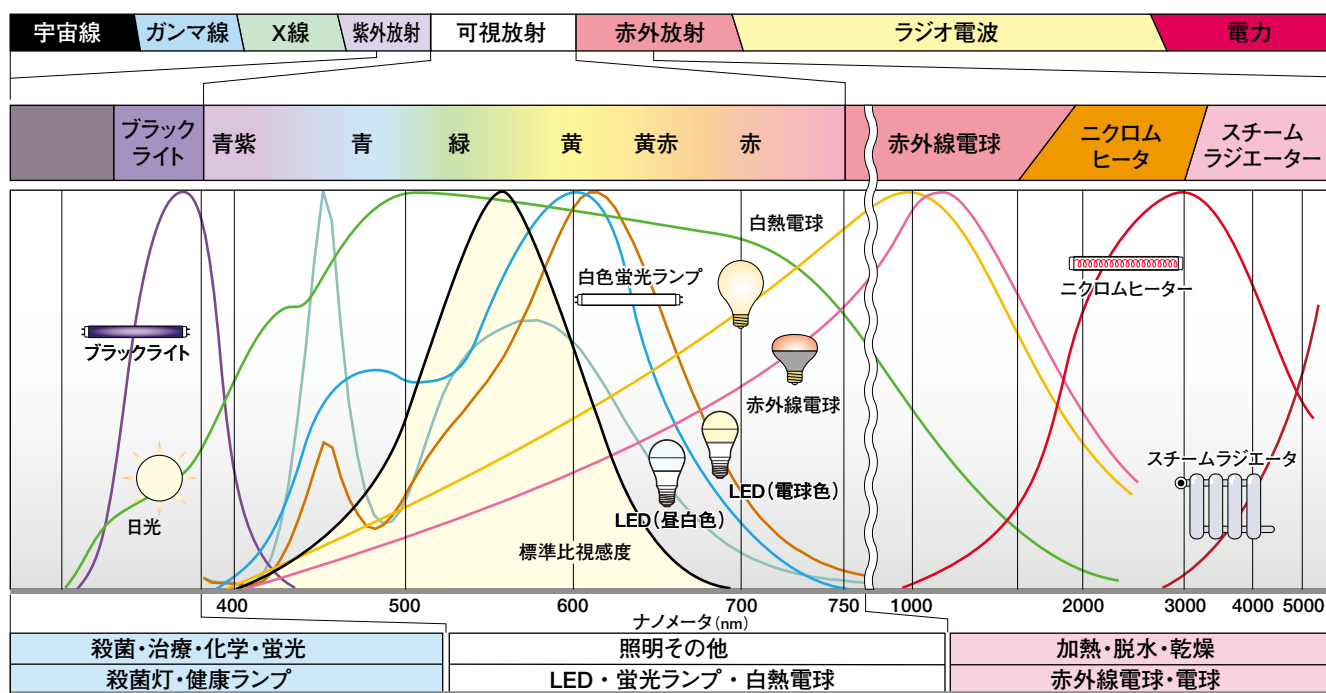


図1 放射エネルギーのスペクトル

注) ナノメートル (nm) = 10^{-9} m

2 放射量と測光量

(1) 光束 (Φ)

光束とは光源からでてくる光の量のことです。

60Wの電球は40Wの電球よりも明るく感じます。これは60Wの電球の方が光の量が多いからです。

放射エネルギーを人が明るさの感覚を生じる感じやすさ(視感度曲線)によって評価したものを光量といい、単位時間当たり通過する光量を光束(単位はlm、ルーメン)といいます。

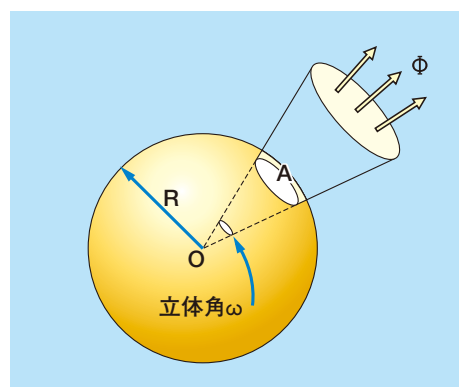


図2 光度

(2) 光度 (I)

光源から光が出ていても、方向により光の強さは違います。ある特定の方向へ出ていく光束を光度といいます。懐中電灯は電球の光にかかわらずかなり明るく感じます。これは反射鏡やレンズによって、特定の方向に光を集めるからで、このような光の集中の度合いを光度といい、光源のその方向への光の強さを表わします。光束の単位立体角内の密度を示します(図2)。単位はcdでカンデラと読みます。

$$I = \Phi / \omega \quad (\text{cd})$$

上式にて ω は立体角で、1点から空間への拡がりを示し、半径Rの球表面上の面積をAとすれば(図2)

$$\omega = A / R^2 \quad (\text{sr}) \text{ (ステラジアン) となる。}$$

半径Rの球表面積は $4\pi R^2$ となるので、

1点から全方位への全立体角 ω_0 は、

$$\omega_0 = 4\pi R^2 / R^2 = 4\pi \text{ である。}$$

カンデラ(cd)は光度のSI単位で周波数 540×10^{12} Hzの単色放射を出す光源のある方向の放射強度が $1/683 \text{ W} \cdot \text{sr}^{-1}$ であるとき、その方向の光度を1カンデラとします。(JIS Z8120より)代表的な光源の光度を表1に示します。

(3) 輝度 (L)

裸の電球は輝やいて見え、まぶしさがありますが、乳白ガラスグローブに入ると輝きが低くなり、まぶしさがなくなります。こういう光源の見かけの輝きの程度を輝度といいます。単位は cd/m^2 です。ある面の輝度は、その方向の光度(I)をその面の見かけの面積(A)、すなわちその面のその方向に垂直な面に投影する面積で割った値で示されます。代表的な光源の輝度を表2に示します。

$$L = I / A \quad (\text{cd}/\text{m}^2)$$

表1 各種光源の光度 (cd)

太陽		3.15×10^{27}
月		6.4×10^{15}
ろうそく		0.9
白熱電球	100W	127
"	1000W	1,670
蛍光ランプ	20W	139
"	40W	374
"	110W	1,065
水銀ランプ	400W	2,060
"	700W	3,780
LEDランプ(一般電球形)	40W形	53
"	60W形	88
"	100W形	175

表2 各種光源の輝度(最大) (cd/m^2)

太陽	1.65×10^9 地表上
月	2,600
青空	8,000
ろうそく	10,000
つや消し電球(100W)	280,000
乳白グローブ	1,000~3,000
蛍光ランプ	6,000~20,000
水銀ランプ	140,000
低圧ナトリウムランプ(180W)	80,000
LEDランプ(一般電球形)	20,000~60,000

(4) 照度 (E)

同じ室でも窓ぎわは明るく、窓から遠い所はそれより暗くなります。このような場所の明るさを照度で表わします。

照度は光源から出た光が、ある面にどの程度降りそいでいるかを表しています。ある面上の1点の照度とは、単位面積 (1m²) 当たりに入射する光束です。いま図3のようにA (m²) の平面にΦ (lm) の光束が均等に入射しているとき、この平面上の照度Eは、

$$E = \Phi / A$$

で表わされ、ルクス (lx) とよびます。

図4のようにあらゆる方向に均等な光度I (cd) の点光源を、半径R (m) の球の中心においたとき、球面上の照度 (E=Φ/A) は、Φ (全光束) が均等光度I (cd) の4π (12.57) 倍で、A (表面積) は4πR²ですから

$$E = \Phi / A = 4\pi I / 4\pi R^2 = I / R^2$$

つまり、光源のその方向の光度がI (cd) のとき、R (m) の距離における光の方向に垂直な面の照度は、光度に比例し、距離の2乗に反比例します。これを照度に関する逆2乗法則といいます。

光束Φと直交する面積Aの照度はE=Φ/A、この平面Aと図5のようにθの角度で交わる面積A'の平面的照度E'は、A'=A/cosθです。

$$E' = \Phi' / A' = \Phi / A / \cos\theta = E \cos\theta$$

つまり、入射光束の方向とθの角度をなす面の照度はこれと直交する面の照度のcosθ倍の値となります (入射角の余弦法則といいます)。

自然環境の代表的な照度を表3に示します。

(5) 光束発散度 (M)

照度が同じ場所でも、白い床と黒いじゅうたんのところでは、人が感じる明るさ感は違います。ある面に入射した光束がどれだけ反射するかを表わしたものが光束発散度です。光束発散度とはある面の単位面積から発散する光束、つまり光束密度をいい、面積をA (m²)、発散する光束をΦ (lm) とすれば、光束発散度MはM=Φ/A で表わします。単位はlm/m²です。

(6) 均等拡散面

どの方向から見ても輝度の等しい面を均等拡散面といいます。一様に曇った空、乳白色の面などは、ほぼこれに近い特性を示します。

均等拡散面の輝度をL、光束発散度をMとすると次のような関係があります。

$$M = \pi L$$

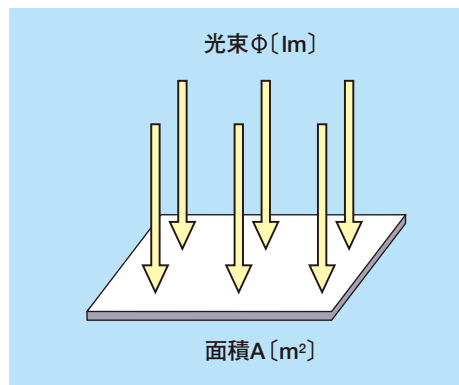


図3 光束と平面上の照度

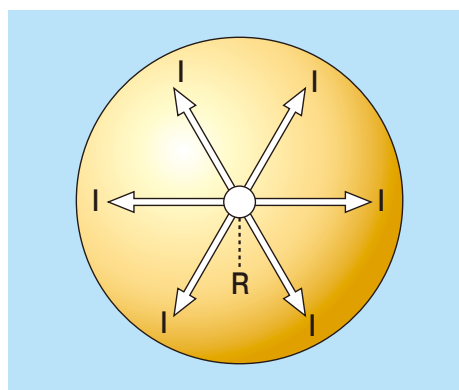


図4 均等な光度をもつ点光源

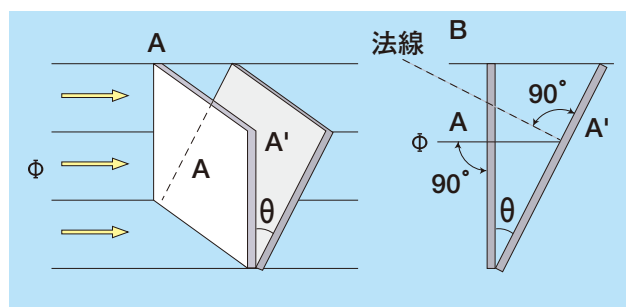


図5 入射角の余弦法則

表3 自然環境の照度 (lx)

晴天の日向	100,000
日影	10,000
屋内北窓	1,000~2,000
屋内中心	100~200
室の隅	20
満月の夜	0.24
月のない夜	0.0003