

2.1 逐点法による照度計算

2.1.1 点光源による直射照度

O点にある光源からP点へ光度 $I(\text{cd})$ が照射されている場合(図1.1)、P点の各方向の照度は表1.1に示す式で求めることができます。

- 点光源とみなして計算できる離隔距離の限界
 - 線光源 ----- 管長の5倍
 - 円環光源 ----- 直径の10倍

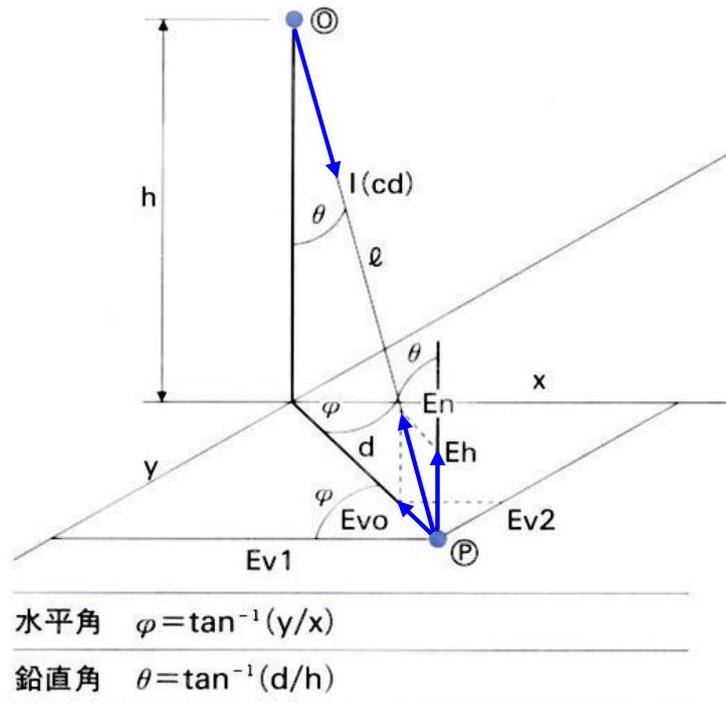


図1.1 点光源による色々な方向の照度

表1.1 点光源による直射照度計算式

	照度を ℓ で求める場合	照度を h で求める場合	E_n との関係
法線照度 E_n	$\frac{I}{\ell^2}$	$\frac{I}{h^2} \cos^2 \theta$	—
水平面照度 E_h	$\frac{I}{\ell^2} \cos \theta$	$\frac{I}{h^2} \cos^3 \theta$	$E_n \cdot \cos \theta$
鉛直面照度 E_{v_0}	$\frac{I}{\ell^2} \sin \theta$	$\frac{I}{h^2} \sin \theta \cdot \cos^2 \theta$	$E_n \cdot \sin \theta$
鉛直面照度 E_{v_1}	$\frac{I}{\ell^2} \sin \theta \cdot \cos \varphi$	$\frac{I}{h^2} \sin \theta \cdot \cos^2 \theta \cdot \cos \varphi$	$E_n \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi$
鉛直面照度 E_{v_2}	$\frac{I}{\ell^2} \sin \theta \cdot \sin \varphi$	$\frac{I}{h^2} \sin \theta \cdot \cos^2 \theta \cdot \sin \varphi$	$E_n \cdot \sin \theta \cdot \sin \varphi$
平均球面照度	微小球面上の平均照度		$\frac{E_n}{4}$
平均円筒面照度 E_c	垂直に立てた微小な円筒の側表面の平均照度		$E_n \cdot \frac{\sin \theta}{\pi}$
半円筒面照度 E_{sc}	垂直に立てた微小な半円筒の側表面の平均照度		$E_n(1 + \cos \varphi) \cdot \frac{\sin \theta}{\pi}$

■距離の逆二乗の法則

照明灯具の直下照度を簡単に算出する方法に距離の逆二乗の法則というものがあります。図1.2のように点光源Lがある場合、光源Lから直角に光を受けるP点の照度は直下光度に比例、光源と平面までの距離の2乗に反比例し、式-1が成り立ちます。

$$E = \frac{I}{H^2} \quad (\text{式-1})$$

E : 照度 (lx)
 I : 直下光度 (cd)
 H : 光源と計算点までの距離 (m)

図1.2の場合だと、直下光度が100(cd)なので光源から1.0m離れたP1の照度は100(lx)、2.0m離れたP2の照度は25(lx)となります。

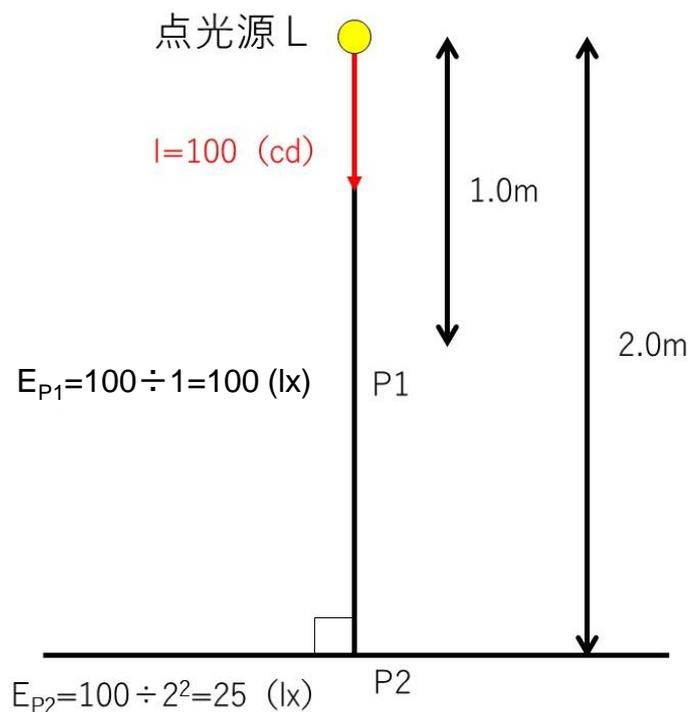


図1.2 距離の逆二乗の法則

2.1.2 直線光源による直射照度

蛍光ランプのように光源に長さがあり、ランプ単体か、または反射面が完全拡散するような器具（笠付形、埋込形、逆富士形等）に適用できます。

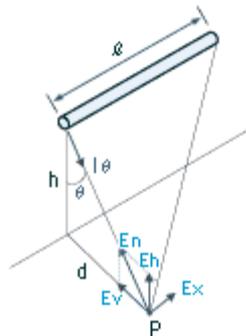
法線照度
$$E_n = \frac{l\theta}{2} \left[\frac{\ell}{h^2 + d^2 + \ell^2} + \frac{1}{\sqrt{h^2 + d^2}} \tan^{-1} \left(\frac{\ell}{\sqrt{h^2 + d^2}} \right) \right]$$

 (ラジアン表示)

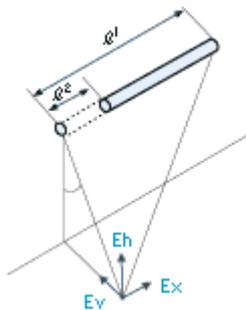
水平面照度
$$E_h = \frac{h}{\sqrt{h^2 + d^2}} \cdot E_n$$

鉛直面照度
$$E_v = \frac{d}{\sqrt{h^2 + d^2}} \cdot E_n$$

$$E_x = \frac{l\theta}{2\sqrt{h^2 + d^2}} \cdot \frac{\ell^2}{h^2 + d^2 + \ell^2}$$



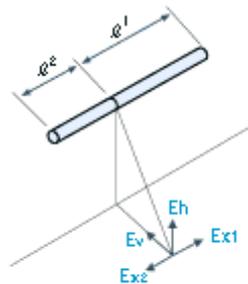
- ℓ : 光源の長さ
- lθ : θ方向の単位長さ当たりの光度
- h : 高さ
- d : 光源直下からの水平距離
- θ : 光源直下方向と計算点P方向のなす角



$$E_h = E_{h1} - E_{h2}$$

$$E_v = E_{v1} - E_{v2}$$

$$E_x = E_{x1} - E_{x2}$$



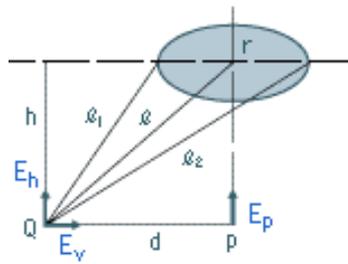
$$E_h = E_{h1} + E_{h2}$$

$$E_v = E_{v1} + E_{v2}$$

図1.3 直線光源による直射照度

2.1.3 面光源による直射照度

乳白カバー付器具、間接照明による光天井や壁を面光源とした場合やトップライトまたは側窓からの昼光照度計算に適用できます。



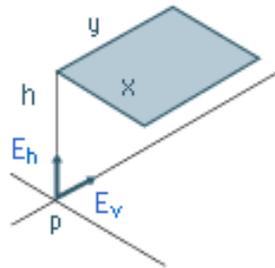
$$E_p = \frac{\pi L \cdot r^2}{h^2 + r^2}$$

$$E_h = \pi L \cdot \frac{4r^2 - (\ell_1 - \ell_2)^2}{4\ell_1 \cdot \ell_2}$$

$$E_v = \frac{\pi L \cdot h \cdot (\ell_1 - \ell_2)^2}{d \cdot 4\ell_1 \cdot \ell_2}$$

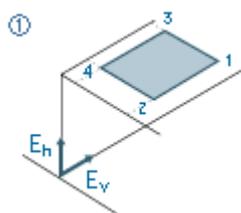
L = 光源の輝度

図1.4 平円板光源



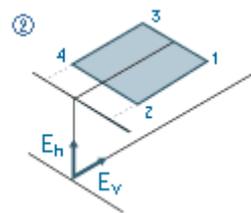
$$E_h = \frac{L}{2} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + h^2}} \tan^{-1} \frac{y}{\sqrt{x^2 + h^2}} + \frac{y}{\sqrt{y^2 + h^2}} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{y^2 + h^2}} \right)$$

$$E_v = \frac{L}{2} \left(\tan^{-1} \frac{x}{h} - \frac{h}{\sqrt{y^2 + h^2}} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{y^2 + h^2}} \right)$$



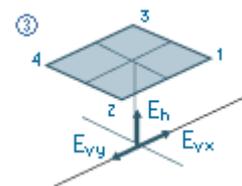
$$E_h = E_{h1} - E_{h2} - E_{h3} + E_{h4}$$

$$E_v = E_{v1} - E_{v2} - E_{v3} + E_{v4}$$



$$E_h = E_{h1} - E_{h2} + E_{h3} - E_{h4}$$

$$E_v = E_{v1} - E_{v2} + E_{v3} - E_{v4}$$

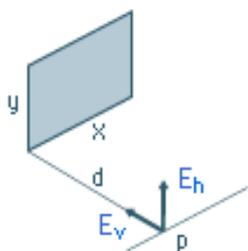


$$E_h = E_{h1} + E_{h2} + E_{h3} + E_{h4}$$

$$E_{vx} = E_{v1} + E_{v3}$$

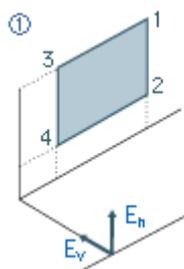
$$E_{vy} = E_{v2} + E_{v4}$$

図1.5 長方形光源(水平)



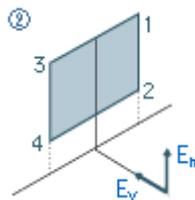
$$E_h = \frac{L}{2} \left(\tan^{-1} \frac{x}{d} - \frac{d}{\sqrt{y^2 + d^2}} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{y^2 + d^2}} \right)$$

$$E_v = \frac{L}{2} \left(\frac{x}{\sqrt{x^2 + d^2}} \tan^{-1} \frac{y}{\sqrt{x^2 + d^2}} + \frac{y}{\sqrt{y^2 + d^2}} \tan^{-1} \frac{x}{\sqrt{y^2 + d^2}} \right)$$



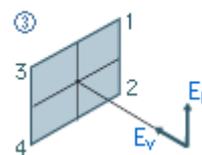
$$E_h = E_{h1} - E_{h2} - E_{h3} + E_{h4}$$

$$E_v = E_{v1} - E_{v2} - E_{v3} + E_{v4}$$



$$E_h = E_{h1} - E_{h2} + E_{h3} - E_{h4}$$

$$E_v = E_{v1} - E_{v2} + E_{v3} - E_{v4}$$



$$E_h = E_{h1} + E_{h3}$$

$$E_v = E_{v1} + E_{v2} + E_{v3} + E_{v4}$$

図1.6 長方形光源(垂直)

2.2 光束法による照度計算

2.2.1 光束法

作業面の平均照度を求めたり、ある照度を得るために必要な光源(照明灯具)の数を求めたりするときに使われる計算方法で、式-2で表すことができます。

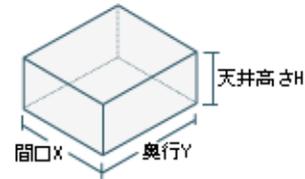
$$E = \frac{F \times U \times M \times N}{A} \quad (\text{式-2})$$

E : 平均照度 (lx)
 F : 定格(光源)光束 (lm)
 A : 床面積 (m²)
 N : 灯具(光源)の数
 U : 照明率
 M : 保守率

2.2.2 室指数

室指数K_rは(式-2)にある照明率を求めるために必要なものであり、壁面積に対する床面積(=天井面積)で表します(式-3)。

$$K_r = \frac{X \times Y}{H(X + Y)} \quad (\text{式-3})$$



2.2.3 照明率

照明率は、図2.1に示すような光源(照明灯具)の照明率表と室指数から求めることができます。

配光特性 LUMINOUS INTENSITY DISTRIBUTION		器具姿図 LUMINAIRE FORM		断面図 CROSS SECTION																																																																																																					
図番 SHEET NO.	DY006338																																																																																																								
器具名称 LUMINAIRE DESIGNATION	LED高天井用照明																																																																																																								
器具形式 LUMINAIRE TYPE	EHWP25014W/NSAN9	保守率 MAINTENANCE FACTOR	良い GOOD 0.88	普通 NORMAL 0.86	悪い BAD 0.81																																																																																																				
定格光束(器具光束) RATED LUMINOUS FLUX	42200 lm																																																																																																								
光源名称 LAMP DESIGNATION	LED	照明率 LUMINAIRE EFFICIENCY	上方 UPPER																																																																																																						
光源形式 LAMP TYPE	LED		下方 LOWER																																																																																																						
備考 REMARK	5000K、広角、クリア	総計 TOTAL																																																																																																							
関連機種 RELATED MODEL	EHWP25014W/NSAZ9	100 %																																																																																																							
配光曲線 [cd/1000lm]		光度 [cd/1000lm]																																																																																																							
		<table border="1"> <tr><th>φ</th><th>0°</th><th>90°</th><th>180°</th><th>270°</th></tr> <tr><td>0°</td><td>346</td><td>346</td><td>346</td><td>346</td></tr> <tr><td>10°</td><td>343</td><td>343</td><td>343</td><td>343</td></tr> <tr><td>20°</td><td>330</td><td>330</td><td>330</td><td>330</td></tr> <tr><td>30°</td><td>306</td><td>306</td><td>306</td><td>306</td></tr> <tr><td>40°</td><td>271</td><td>271</td><td>271</td><td>271</td></tr> <tr><td>50°</td><td>224</td><td>224</td><td>224</td><td>224</td></tr> <tr><td>60°</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td><td>159</td></tr> <tr><td>70°</td><td>83.2</td><td>83.2</td><td>83.2</td><td>83.2</td></tr> <tr><td>80°</td><td>17.7</td><td>17.7</td><td>17.7</td><td>17.7</td></tr> <tr><td>90°</td><td>0.27</td><td>0.27</td><td>0.27</td><td>0.27</td></tr> <tr><td>100°</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr> <tr><td>110°</td><td>0.14</td><td>0.14</td><td>0.14</td><td>0.14</td></tr> <tr><td>120°</td><td>0.27</td><td>0.27</td><td>0.27</td><td>0.27</td></tr> <tr><td>130°</td><td>0.27</td><td>0.27</td><td>0.27</td><td>0.27</td></tr> <tr><td>140°</td><td>0.27</td><td>0.27</td><td>0.27</td><td>0.27</td></tr> <tr><td>150°</td><td>0.47</td><td>0.47</td><td>0.47</td><td>0.47</td></tr> <tr><td>160°</td><td>0.68</td><td>0.68</td><td>0.68</td><td>0.68</td></tr> <tr><td>170°</td><td>1.28</td><td>1.28</td><td>1.28</td><td>1.28</td></tr> <tr><td>180°</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td><td>0.00</td></tr> </table>				φ	0°	90°	180°	270°	0°	346	346	346	346	10°	343	343	343	343	20°	330	330	330	330	30°	306	306	306	306	40°	271	271	271	271	50°	224	224	224	224	60°	159	159	159	159	70°	83.2	83.2	83.2	83.2	80°	17.7	17.7	17.7	17.7	90°	0.27	0.27	0.27	0.27	100°	0.00	0.00	0.00	0.00	110°	0.14	0.14	0.14	0.14	120°	0.27	0.27	0.27	0.27	130°	0.27	0.27	0.27	0.27	140°	0.27	0.27	0.27	0.27	150°	0.47	0.47	0.47	0.47	160°	0.68	0.68	0.68	0.68	170°	1.28	1.28	1.28	1.28	180°	0.00	0.00	0.00	0.00
φ	0°	90°	180°	270°																																																																																																					
0°	346	346	346	346																																																																																																					
10°	343	343	343	343																																																																																																					
20°	330	330	330	330																																																																																																					
30°	306	306	306	306																																																																																																					
40°	271	271	271	271																																																																																																					
50°	224	224	224	224																																																																																																					
60°	159	159	159	159																																																																																																					
70°	83.2	83.2	83.2	83.2																																																																																																					
80°	17.7	17.7	17.7	17.7																																																																																																					
90°	0.27	0.27	0.27	0.27																																																																																																					
100°	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																					
110°	0.14	0.14	0.14	0.14																																																																																																					
120°	0.27	0.27	0.27	0.27																																																																																																					
130°	0.27	0.27	0.27	0.27																																																																																																					
140°	0.27	0.27	0.27	0.27																																																																																																					
150°	0.47	0.47	0.47	0.47																																																																																																					
160°	0.68	0.68	0.68	0.68																																																																																																					
170°	1.28	1.28	1.28	1.28																																																																																																					
180°	0.00	0.00	0.00	0.00																																																																																																					
反射率 (%)	天井	80				70				50				30				0																																																																																							
室指数	壁	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	70	50	30	0																																																																																					
	床	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	30	10	0																																																																																					
最大取付間隔	照明率 (×0.01)																				S/rh = 1.0																																																																																				
	BZ 4	0.60	63	58	48	46	39	38	61	57	48	45	39	38	58	54	46	44	38	38	55	52	45	43	38	37	31																																																																														
0-180°	0.80	75	68	61	57	52	50	73	67	60	57	51	49	69	64	58	55	50	49	66	62	56	54	49	48	42																																																																															
	1.00	84	75	70	65	61	58	81	74	69	64	60	57	77	71	66	63	59	57	73	68	64	61	57	56	49																																																																															
1.30 H	1.25	92	82	79	72	70	66	89	80	77	71	69	65	84	77	74	70	67	64	79	74	71	68	65	63	57																																																																															
	1.50	97	86	85	77	77	71	94	84	83	76	75	70	88	81	80	75	73	69	83	78	76	73	71	68	62																																																																															
90-270°	2.00	105	91	95	85	87	79	101	90	92	83	85	78	95	87	88	81	82	77	89	84	84	80	79	76	70																																																																															
	2.50	110	95	101	89	94	84	106	93	98	88	91	83	99	90	93	86	88	82	93	88	84	84	81	75	75																																																																															
1.30 H	3.00	113	97	105	92	99	88	109	96	102	91	96	87	102	93	97	89	92	86	96	90	92	87	88	84	79																																																																															
	4.00	118	100	111	96	106	93	113	99	108	95	103	92	106	96	101	93	98	90	99	93	96	91	93	88	84																																																																															
1.30 H	5.00	120	102	115	99	110	96	116	100	111	97	107	95	108	98	104	95	101	93	101	95	99	93	96	91	87																																																																															
	7.00	123	104	119	101	116	99	119	102	115	100	112	98	111	100	108	98	105	96	104	97	102	96	100	94	90																																																																															
10.00	126	105	123	103	120	102	121	104	118	102	116	101	113	101	111	100	109	99	105	99	104	98	103	97	93																																																																																

図2.1 照明率表の例

2.3 照度・輝度測定法

2.3.1 照度測定方法

(1) 全般照明の場合の照度測定

照度は特に断らない限り水平面照度を測定します。

照度測定面の高さは、室内に机、作業台などの作業対象面がある場合は、その上面または上面から5cm以内の仮想面とします。特に指定のない場合は、床上80±5cm、和室の場合は畳上40±5cm、廊下、屋外の場合は、床面または地面上15cm以下とします。

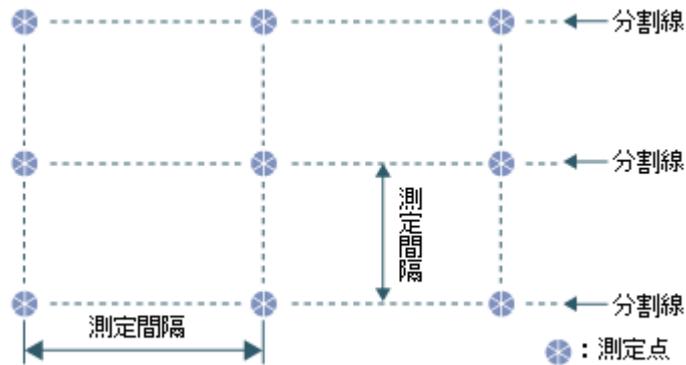


図3.1 測定点の決め方

(参考文献 JIS C 7612:照度測定方法(1985))

- スポーツ施設に関しては、JIS Z 9127 :スポーツ照明基準(2011)を参照ください。
- 道路・トンネル施設に関しては道路照明施設設置基準・同解説を参照ください。

(2) 平均照度の算出法

<単位区域ごとの平均照度E>

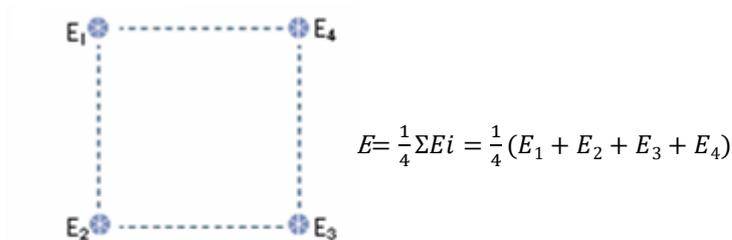


図3.2 4点法による平均照度算出法

(参考文献 JIS C 7612:照度測定方法(1985))

<単位区域が多数連続する場合>

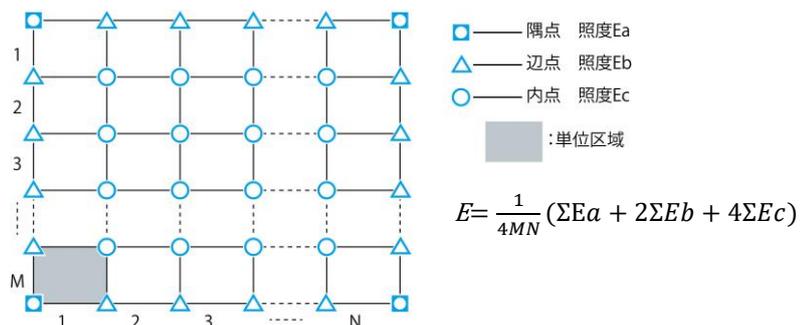


図3.3 多数の単位区域が連続するときの平均照度の算出法

(参考文献 JIS C 7612:照度測定方法(1985))

2.3.2 輝度測定方法

(1) 測定の一般的事項

- 測定基準点の高さ
 - ・屋内照明：床上から1.5m
 - ・屋外照明：地上面から1.5m
(競技場などの場合には、観客の目の位置をとることもあります)
- 輝度計の基準点は、測定基準点におきます。
- 輝度計の測定角の大きさ
 - ・屋内照明：1度
(詳細な輝度分布が必要な場合は、1度以下が望めます)
 - ・屋外照明：道路照明 ----- 0.1度、その他の照明 ----- 1度
(被測定面の輝度が、上記の測定角を越えるある範囲の大きさでほぼ同様である場合、目的によってはさらに大きい測定角を用いてもかまいません)

(参考文献 JIS C 7614:照明の場における輝度測定方法(1993))

(2) 屋内照明施設の輝度測定方法

屋内照明施設では、測定目的によって定めた範囲内において、なるべく細かく測定します。

(参考文献 JIS C 7614:照明の場における輝度測定方法(1993))

(3) 屋外照明施設の輝度測定方法

屋外照明施設(道路照明施設を含む)の輝度測定に際しては、雨、霧、煙、ほこりなどで大気が混濁している場合、被測定面積からの直接光のほかにその散乱した光および他の面や光源からの光が散乱して光路中に入り輝度計に入射するので、輝度計で測定した値は被測定面積自体の輝度と異なることや、被測定対象物の乾湿状態による測定値の変動を考慮して測定しなければなりません。

(参考文献 JIS C 7614:照明の場における輝度測定方法(1993))

(4) 路面の輝度測定方法

路面の輝度測定に関しては、JIS Z 9111:路面輝度測定方法(1988)に従ってください。

カメラで撮影したデジタル画像を基に輝度分布画像を作成し、輝度計測を行う方法も存在します。

2.3.3 デジタル画像処理 による輝度計測方法



2.4 配光特性の見方・使い方

2.4.1 測定とは

光源(照明灯具)がどのように光を発しているのかを示すのが配光です。光源(照明灯具)の基準軸に交差するある面における角度 θ とその平面の傾き ϕ で各光度を測定します。JIS C 8105-5(2011)に則って測定することが一般的です。

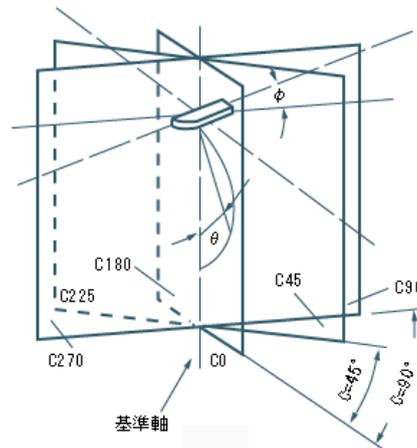


図4.1 測定方法

2.4.2 配光曲線

測定した配光は目的に応じて、直角座標・正弦等光度曲線・極座標を使って表示します。これを配光曲線といいます。配光曲線は使用する光源の種類によって光の量が異なるので光度を1000(lm)あたりの数値で表すことが一般的です。

(1) 直角座標

基準軸を通る全ての平面上の配光が基準軸に対して対称(軸対称配光)かつ集光性が高い照明灯具(光源)の配光特性を表すときによく用いられます。例)投光器、スポットライト

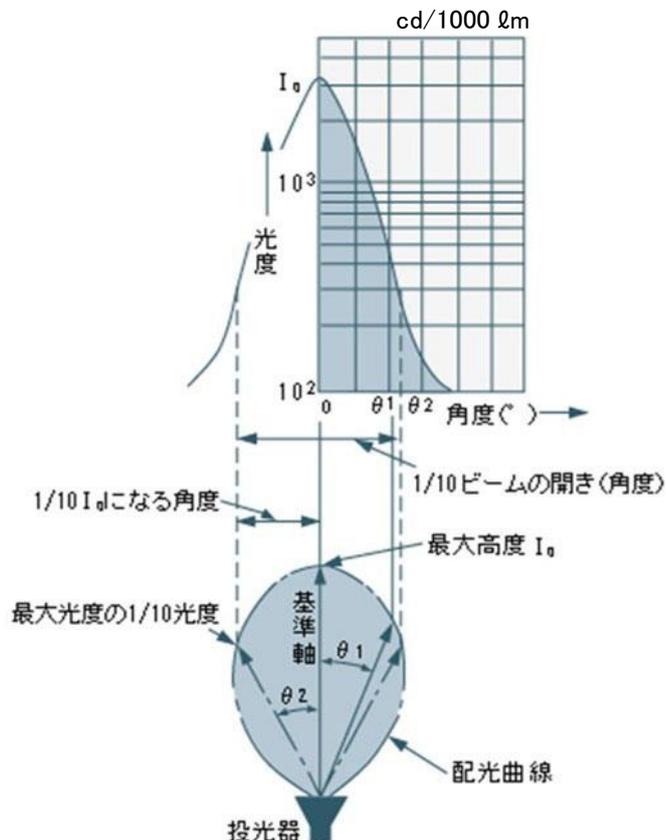


図4.2 直角座標

(2) 正弦等光度曲線

基準軸を通る1つの平面に対して対称とみなせる配光（一面对称配光）を有する器具は、正弦等光度曲線として表します。各光度は、水平角（ ϕ ）、鉛直角（ θ ）で表され、下半球の半分で代表しています。例）道路灯、トンネル灯

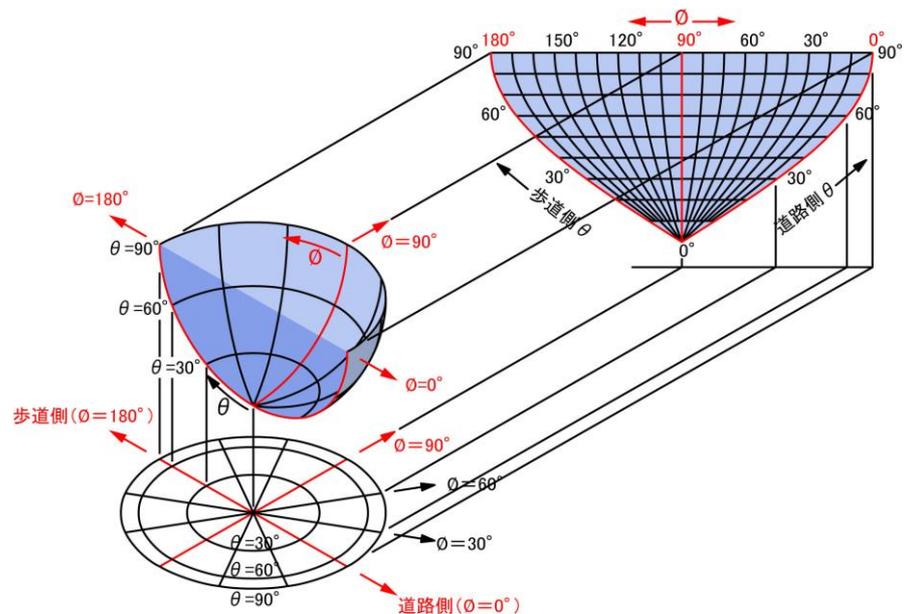


図4.3 正弦等光度図の表し方

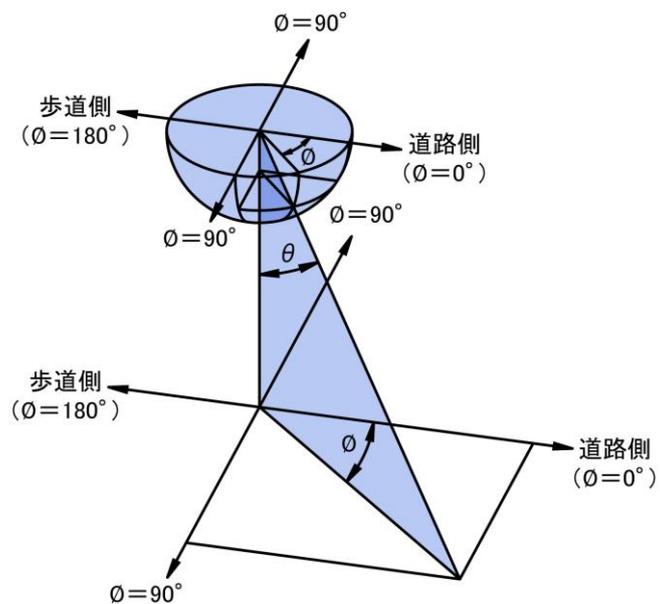


図4.4 $\theta \cdot \phi$ の関係

(3) 極座標

(1)(2)に該当しない照明灯具(光源)の配光特性を表すときに用いられます。

例) 街路灯、蛍光灯、ダウンライト

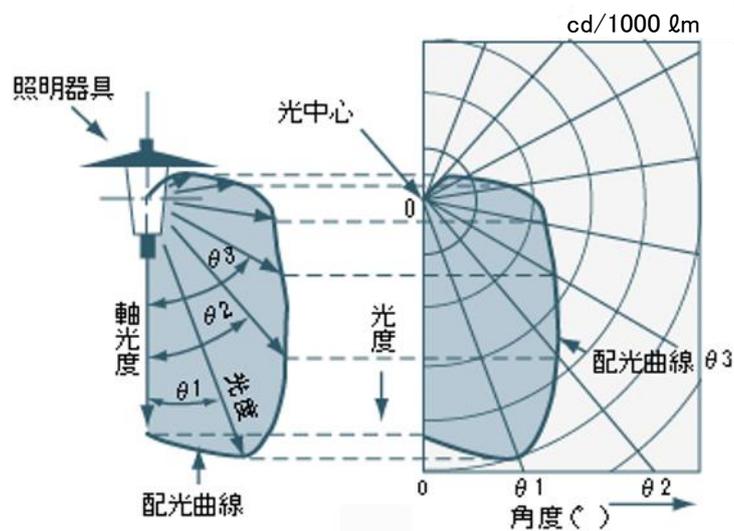


図4.5 極座標(軸対称配光)

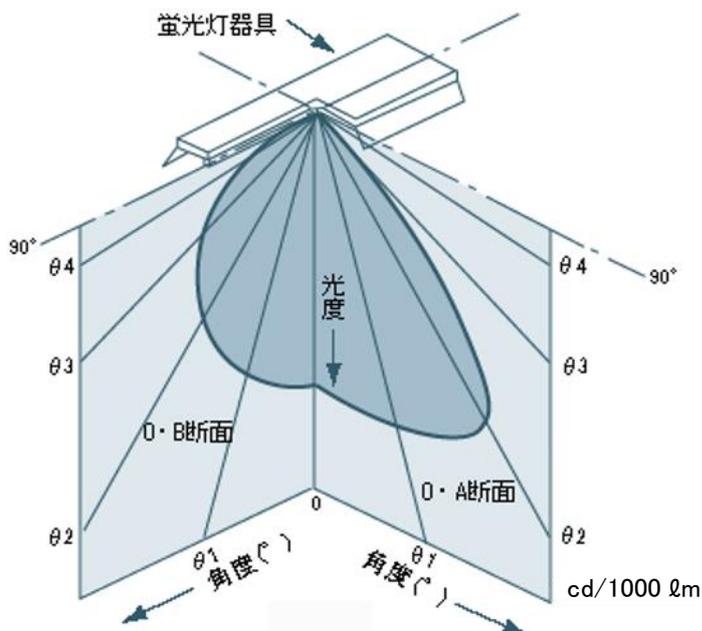


図4.6 極座標(1面对称配光)

2.4.3 照明率曲線

道路・トンネル照明設計で使用する灯具の照明率曲線は、無限延長帯の中に含まれる光束を、ランプ光束に対する割合で表しています(図4.7)。なお光源の交換を行わない一体型LED照明灯具は定格光束に対する割合で表しています。

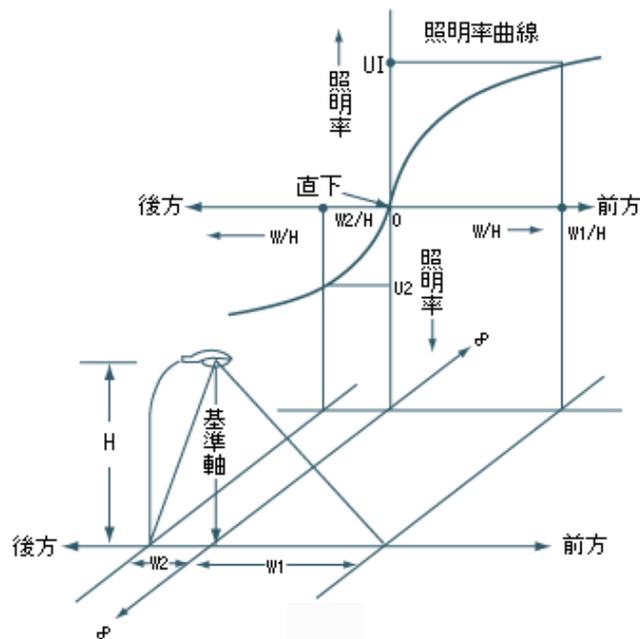


図4.7 照明率の考え方

2.4.4 ビーム特性

(1) 1/2(1/10)ビームの開き(角度)

光の広がり方を知る目安となる指標でランプ単体(1/2ビームの開き)、投光器・スポットライト(1/10ビームの開き)の特性を表すのに使用されます。最大(直下)光度の1/2(1/10)の光度になる2点の光中心に対する角度をいいます(図4.8)。

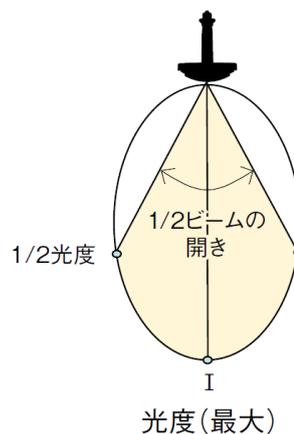


図4.8 1/2(1/10)ビームの開きの考え方

(2) ビーム効率

ビーム効率は、ビームの開き(角度)の円錐内に入る光束を、ランプ光束に対する割合で表したものです。なお光源の交換を行わない一体型LED照明灯具は定格光束に対する割合で表しています。

$$\text{ビーム効率} = \frac{\text{1/2(1/10)ビーム光束}}{\text{ランプ(定格)光束}} \times 100(\%)$$

2.4.5 光束累積曲線

投光器の配光特性を表すのに使用されます。角度 θ の円錐内に含まれる光束を累積したものです。

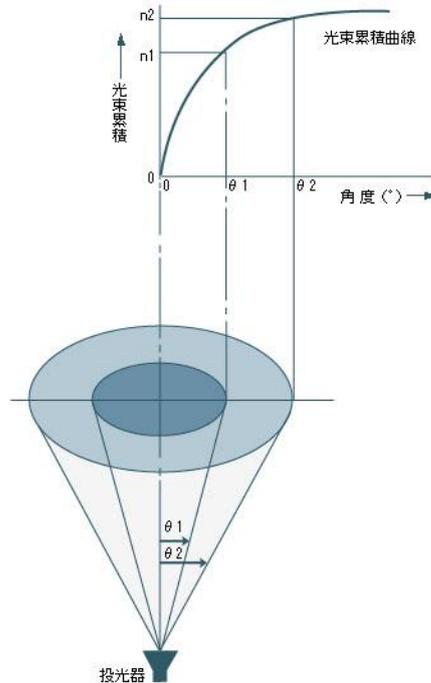
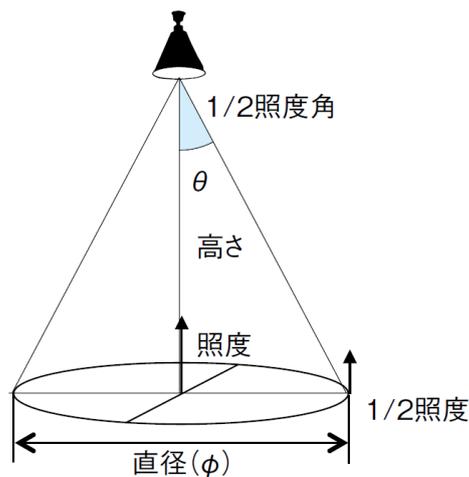


図4.9 光束累積曲線の考え方

2.4.6 1/2照度角

光の広がり方を知る目安となる指標で高天井器具やダウンライト等の特性を表すのに使用されます。照明灯具と灯具直下を結んだ線と照明灯具と照明灯具直下水平面照度の1/2の水平面照度となる点を結んだ線がなす角度 θ のことを表しています(図4.10)。



※上記の照度とは、直下照度
[lx]を示す。

図4.10 1/2照度角の考え方