

講義中の注意

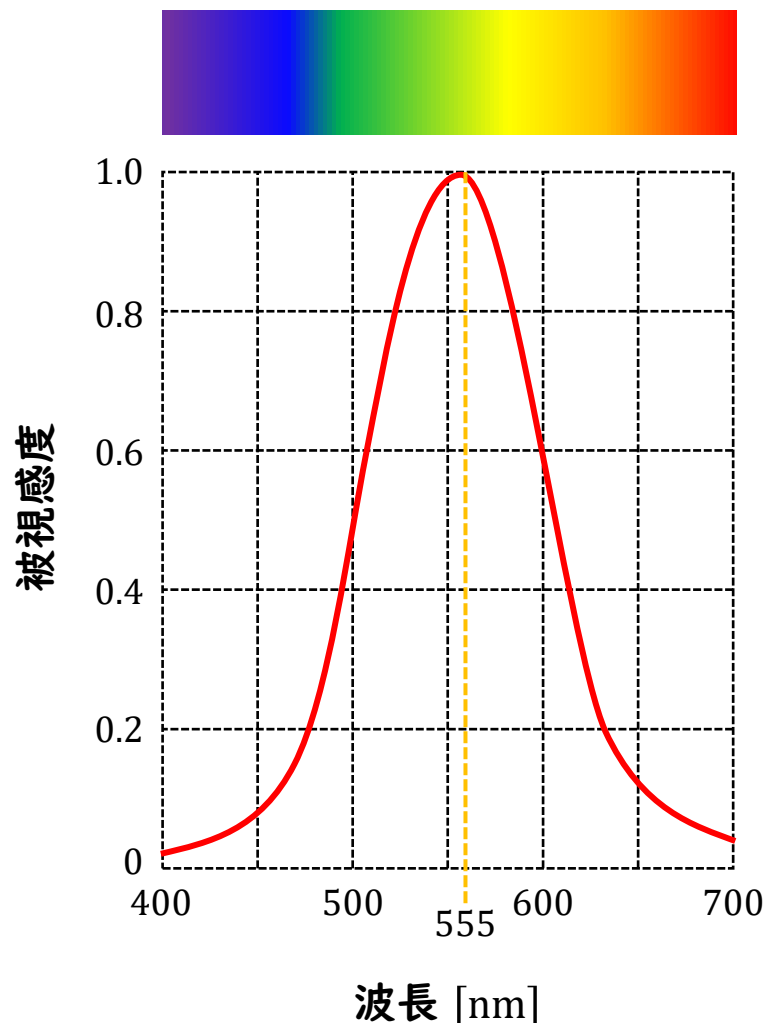


- 講義中は、参加者のマイク・カメラの機能はミュート状態になります。
- 進行はスタッフ及び講師が行いますので、指示に従ってください。
- 質疑応答の時間は、参加者のマイクをオンにして質問を受け付けることもあります。希望される方は「チャット欄」で申し出てください。

電験三種 オンライン講座

機械 第9回 照明 ～光に関する単位～

可視光



可視光とは

人が目で感知できる光であり、波長360～830nm（周波数にして数百 THz）の電磁波のこと

色によって認識できる感度に差があり、555 nmが最もよく見える

光は波長が短いほどエネルギーが高い

紫外線→体にダメージを与える

赤外線→暖かいと感じる

<主な色と波長の関係>

赤色：625～780 nm

緑色：500～565 nm

黄色：565～590 nm

青色：380～485 nm

H25 問11

問11 次の文章は、照明用 LED（発光ダイオード）に関する記述である。

効率の良い照明用光源として LED が普及してきた。LED に順電流を流すと、LED の pn 接合部において電子とホールが起こり、光が発生する。LED からの光は基本的に単色光なので、LED を使って照明用の白色光をつくるにはいくつかの方法が用いられている。代表的な方法として、(イ) 色 LED からの (イ) 色光の一部を (ウ) 色を発光する蛍光体に照射し、そこから得られる (ウ) 色光に LED からの (イ) 色光が混ざることによって疑似白色光を発生させる方法がある。この疑似白色光のスペクトルのイメージをよく表わしているのは図 (エ) である。

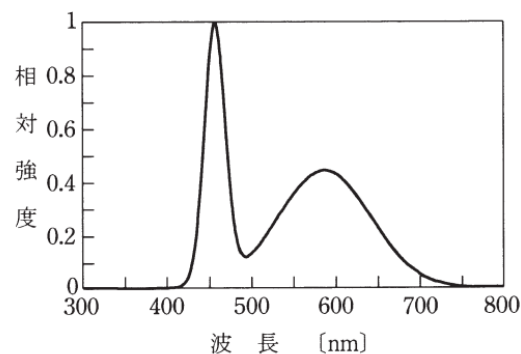


図 A

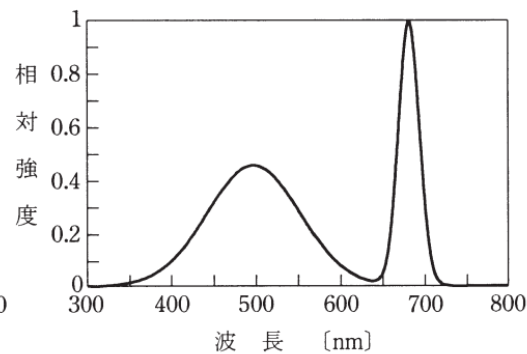


図 B

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	分離	青	青緑	A
(2)	再結合	赤	黄	A
(3)	分離	青	黄	B
(4)	再結合	青	黄	A
(5)	分離	赤	青緑	B

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

H25 問11

問11 次の文章は、照明用 LED（発光ダイオード）に関する記述である。

効率の良い照明用光源として LED が普及してきた。LED に順電流を流すと、LED の pn 接合部において電子とホールが (ア) が起こり、光が発生する。LED からの光は基本的に単色光なので、LED を使って照明用の白色光をつくるにはいくつかの方法が用いられている。代表的な方法として、(イ) 色 LED からの (イ) 色光の一部を (ウ) 色を発光する蛍光体に照射し、そこから得られる (ウ) 色光に LED からの (イ) 色光が混ざることによって疑似白色光を発生させる方法がある。この疑似白色光のスペクトルのイメージをよく表わしているのは図 (エ) である。

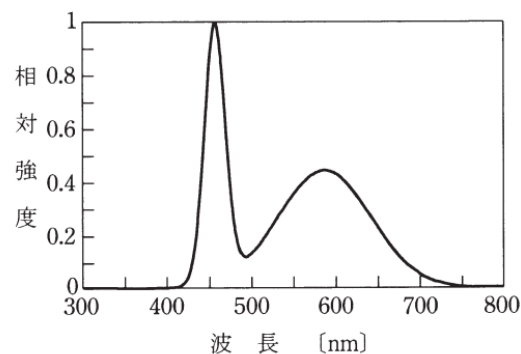


図 A

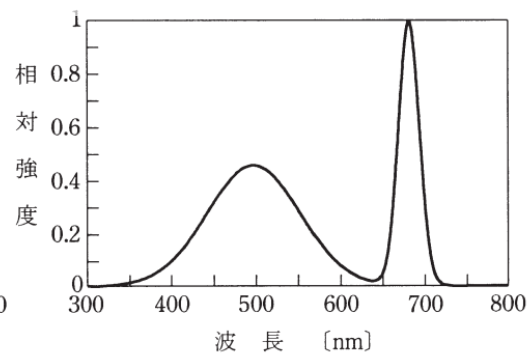


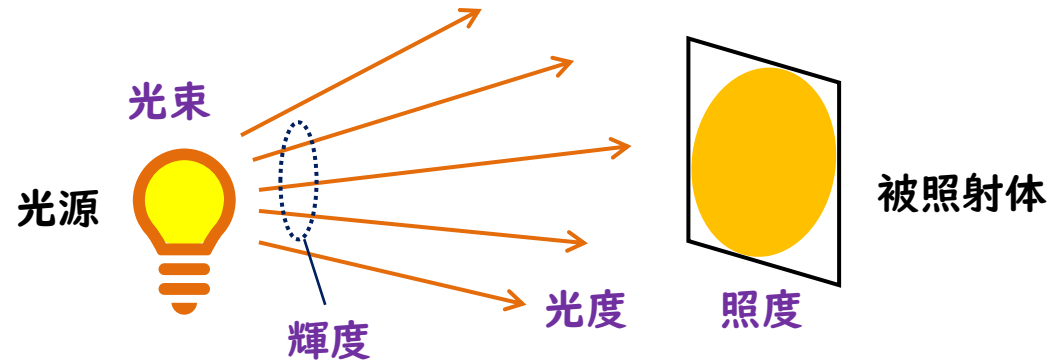
図 B

上記の記述中の空白箇所(ア)、(イ)、(ウ)及び(エ)に当てはまる組合せとして、正しいものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)
(1)	分離	青	青緑	A
(2)	再結合	赤	黄	A
(3)	分離	青	黄	B
(4)	再結合	青	黄	A
(5)	分離	赤	青緑	B

光の単位

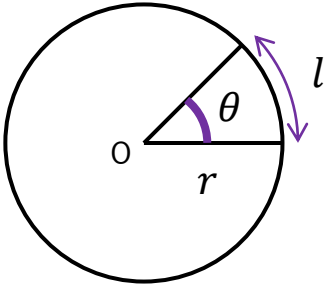
物理量	量記号	単位	意味	公式 (点光源の場合)	対称
光束	F	lm (ルーメン)	ある面を通過する光の明るさ	$F = 4\pi I$	光源
光度	I	cd (カンデラ)	光束の単位立体角あたりの密度	$I = \frac{F}{\omega}$ ω : 立体角	光源
輝度	L	cd/m ²	見かけの面積当たりの光度	$L = \frac{I}{A}$ A : 見かけの面積	光源
照度	E	lx (ルクス)	単位面積あたりに入射する光束	$E = \frac{F}{S}$ S : 被照射体の面積	被照射体



立体角

平面角 θ [rad] (ラジアン)

半径 r の円を考える



弧の長さ l

$$l = r\theta$$

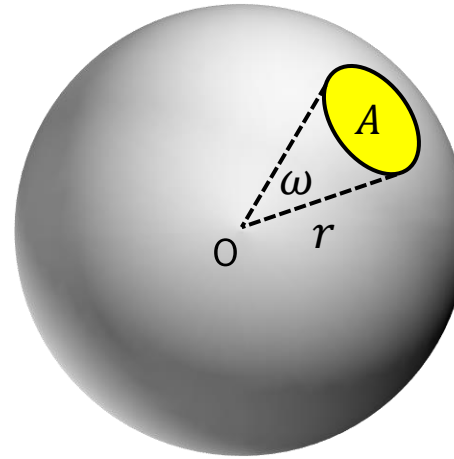
円周

$$L = 2\pi r$$

$$\rightarrow \theta = 2\pi$$

立体角 ω [sr] (ステラジアン)

半径 r の球を考える



球表面のある範囲の面積 A

$$A = r^2 \omega \rightarrow \omega = \frac{A}{r^2}$$

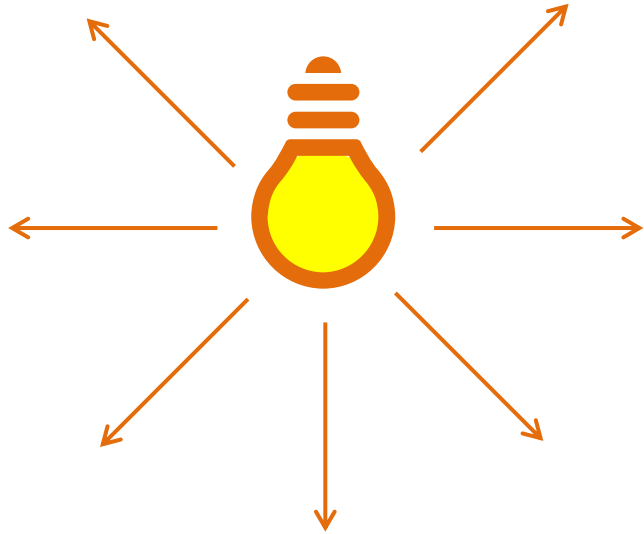
球の表面積

$$S = 4\pi r^2$$

$$\rightarrow \omega = 4\pi$$

光束、光度、輝度

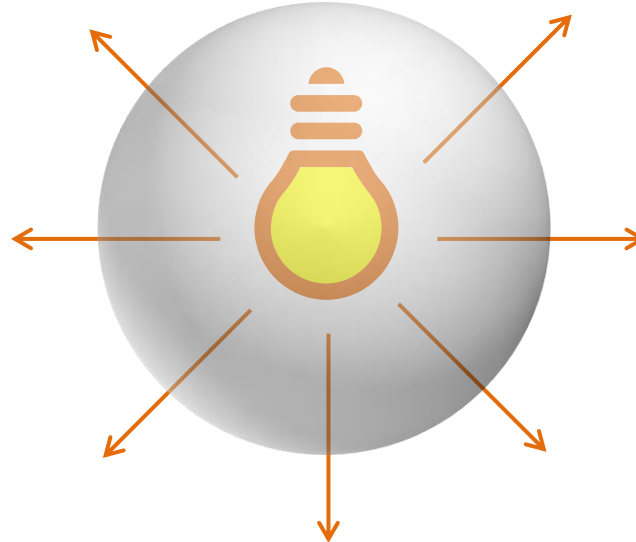
点光源または球光源



光の総量→光束 F [lm]

$$F = 4\pi I$$

点光源または球光源

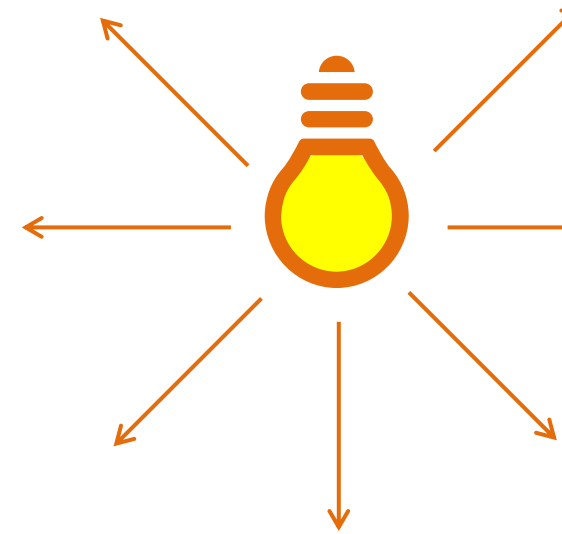


半径が l の球で覆い、球表面の
光束の密度を求める→光度 I [cd]

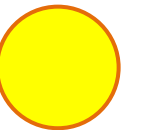
$$I = \frac{F}{4\pi} \text{ [cd]}$$

光度の定義：単位立体角あたりの光束の量

点光源または球光源



光源を観測



面積 A の円に見える

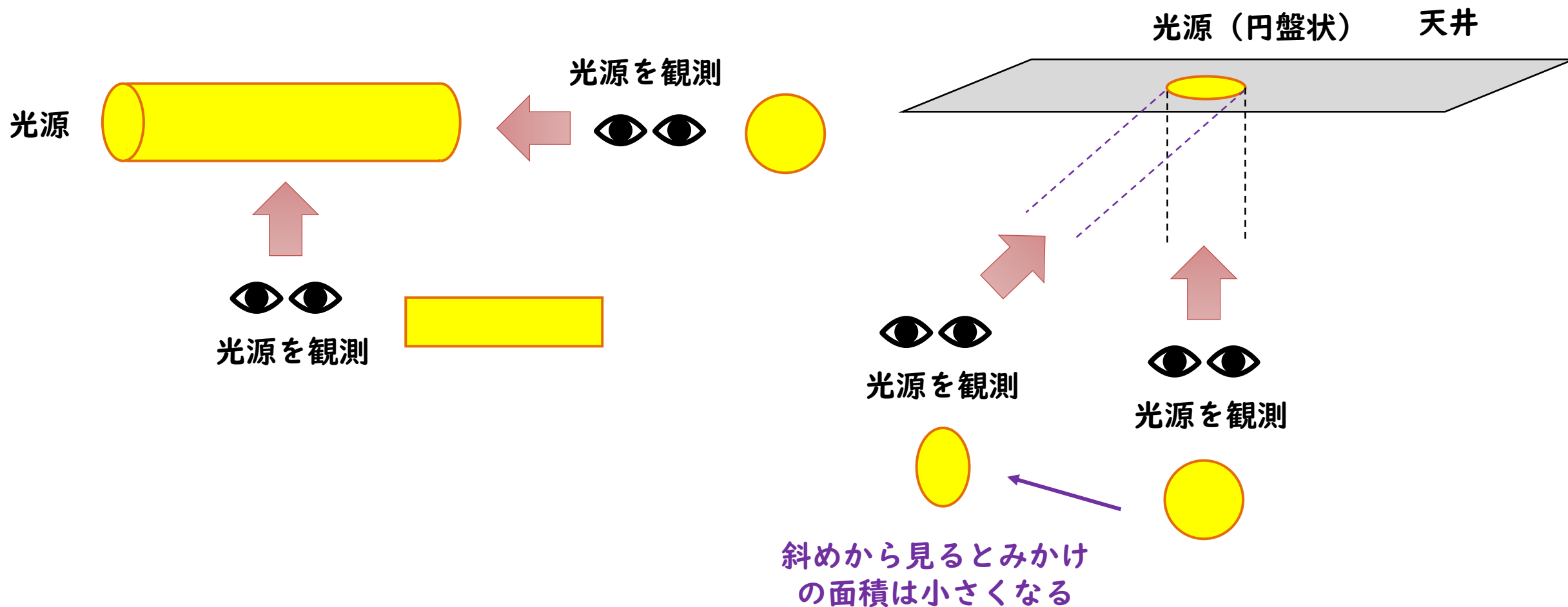
光度 I [cd] の光源を見かけの面積
で割ったもの→輝度 L [cd/m²]

$$L = \frac{I}{A} \text{ [cd/m}^2\text{]}$$

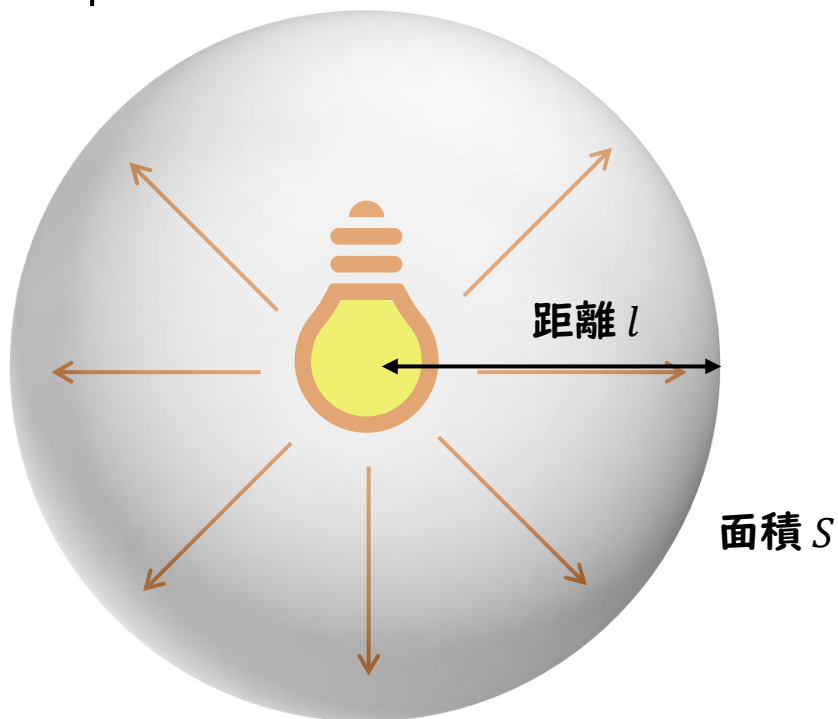
輝度の定義：見かけの面積あたりの光度

光源と輝度

見かけの面積は光源の観測の仕方によって変わる



光度と照度（距離の逆2乗の法則）



距離 l の位置で考えられる半径 l の球体の表面での照度 E [lx]は

$$E = \frac{F}{S} = \frac{F}{4\pi l^2} = \frac{4\pi I}{4\pi l^2} = \frac{I}{l^2} \text{ [lx]}$$

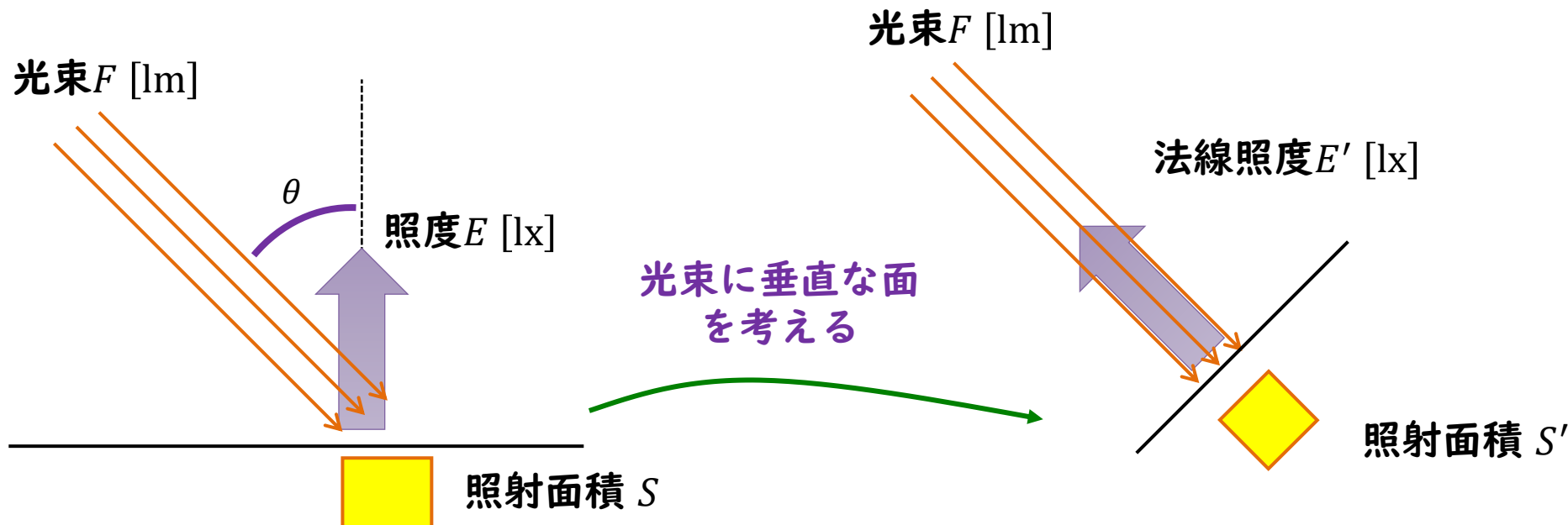
距離の逆2乗の法則

$$E = \frac{I}{l^2} \text{ [lx]}$$

半径が l の球で覆い、球表面の
光束の密度を求める→光度 I [cd]

$$I = \frac{F}{4\pi} \text{ [cd]}$$

照度（法線照度と入射角余弦の法則）：



2つの照度 E と E' を比べると

2つの照射面積 S と S' を比べると

$$S > S' \rightarrow S \cos \theta = S'$$

$$S = \frac{S'}{\cos \theta}$$

$$E' = \frac{F}{S'}$$

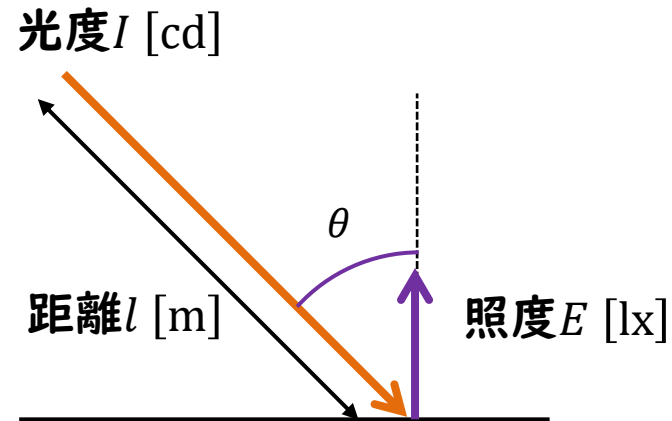
$$E = \frac{F}{S} = \frac{F}{\frac{S'}{\cos \theta}} = \frac{F}{S'} \cos \theta = E' \cos \theta$$

入射角余弦の法則

$$E = E' \cos \theta$$

E' : 法線照度

光度からの照度の導出



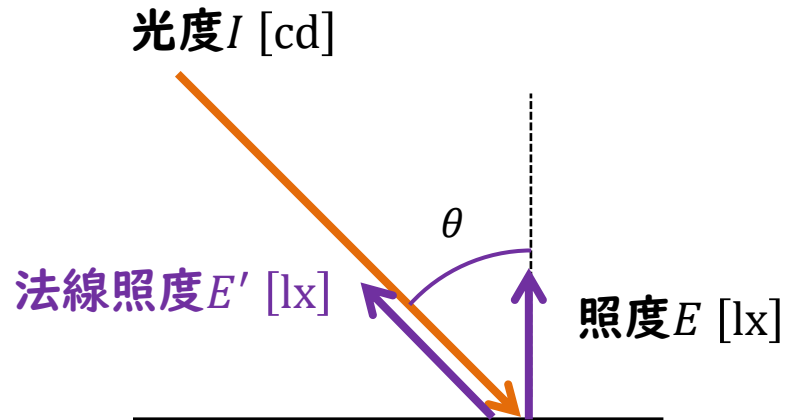
距離の逆2乗の法則から光度 I と法線照度 E' の関係は

$$E' = \frac{I}{l^2}$$

入射角余弦の法則より法線照度 E' と照度 E の関係は

$$E = E' \cos \theta$$

$$\therefore E = \frac{I}{l^2} \cos \theta$$



H26 問17

問17 均等放射の球形光源（球の直径は 30 cm）がある。床からこの球形光源の中心までの高さは 3 m である。また、球形光源から放射される全光束は 12 000 lm である。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 球形光源直下の床の水平面照度の値 [lx] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、天井や壁など、周囲からの反射光の影響はないものとする。

- (1) 35 (2) 106 (3) 142 (4) 212 (5) 425

(b) 球形光源の光度の値 [cd] と輝度の値 [cd/m^2] との組合せとして、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	光度	輝度
(1)	1 910	1 010
(2)	955	3 380
(3)	955	13 500
(4)	1 910	27 000
(5)	3 820	13 500

H26 問17

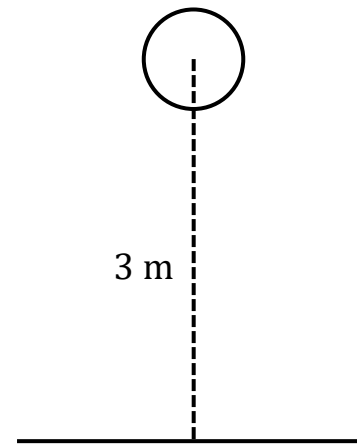
問17 均等放射の球形光源（球の直径は 30 cm）がある。床からこの球形光源の中心までの高さは 3 m である。また、球形光源から放射される全光束は 12 000 lm である。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

(a) 球形光源直下の床の水平面照度の値 [lx] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。ただし、天井や壁など、周囲からの反射光の影響はないものとする。

- (1) 35 (2) 106 (3) 142 (4) 212 (5) 425

(b) 球形光源の光度の値 [cd] と輝度の値 [cd/m^2] との組合せとして、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

	光度	輝度
(1)	1 910	1 010
(2)	955	3 380
(3)	955	13 500
(4)	1 910	27 000
(5)	3 820	13 500



$$(a) \quad I = \frac{F}{4\pi} = \frac{12000}{4\pi} = 955 \text{ cd}$$

$$E = \frac{I}{l^2} = \frac{955}{3^2} = 106 \text{ lx}$$

$$(b) \quad I = \frac{F}{4\pi} = \frac{12000}{4\pi} = 955 \text{ cd}$$

$$L = \frac{I}{A} = \frac{955}{\pi \times \left(\frac{0.3}{2}\right)^2} = 13517 \text{ cd}/\text{m}^2$$

H27 問16

問16 図に示すように、LED 1 個が、床面から高さ 2.4 m の位置で下向きに取り付けられ、点灯している。この LED の直下方向となす角（鉛直角）を θ とすると、この LED の配光特性（ θ 方向の光度 $I(\theta)$ ）は、LED 直下方向光度 $I(0)$ を用いて $I(\theta) = I(0) \cos \theta$ で表されるものとする。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

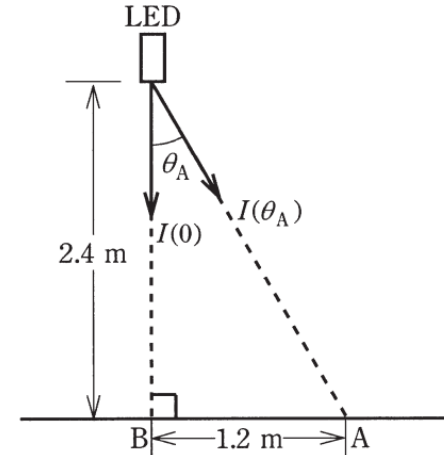
(a) 床面 A 点における照度が 20 lx であるとき、A 点がつくる鉛直角 θ_A の方向の光度 $I(\theta_A)$ の値 [cd] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

ただし、この LED 以外に光源はなく、天井や壁など、周囲からの反射光の影響もないものとする。

- (1) 60 (2) 119 (3) 144 (4) 160 (5) 319

(b) この LED 直下の床面 B 点の照度の値 [lx] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

- (1) 25 (2) 28 (3) 31 (4) 49 (5) 61



導出のポイント

問16 図に示すように、LED 1 個が、床面から高さ 2.4 m の位置で下向きに取り付けられ、点灯している。この LED の直下方向となす角（鉛直角）を θ とすると、この LED の配光特性（ θ 方向の光度 $I(\theta)$ ）は、LED 直下方向光度 $I(0)$ を用いて $I(\theta) = I(0) \cos \theta$ で表されるものとする。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

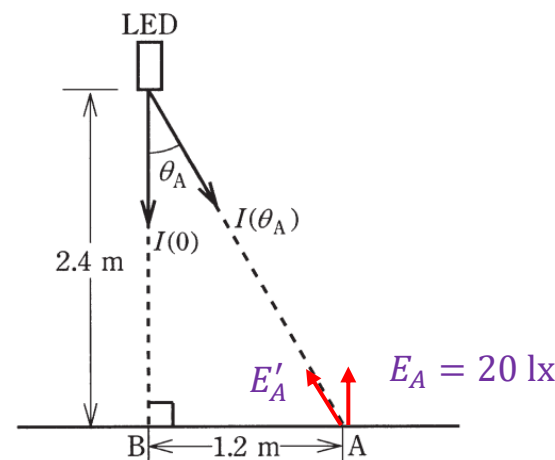
(a) 床面 A 点における照度が 20 lx であるとき、A 点がつくる鉛直角 θ_A の方向の光度 $I(\theta_A)$ の値 [cd] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

ただし、この LED 以外に光源はなく、天井や壁など、周囲からの反射光の影響もないものとする。

- (1) 60 (2) 119 (3) 144 (4) 160 (5) 319

(b) この LED 直下の床面 B 点の照度の値 [lx] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

- (1) 25 (2) 28 (3) 31 (4) 49 (5) 61



法線照度 E'_A を求める

$$E'_A = \frac{E_A}{\cos \theta_A} = 20 \times \frac{\sqrt{1.2^2 + 2.4^2}}{2.4} = 22.4 \text{ lx}$$

$$E'_A = \frac{I(\theta_A)}{l^2} \rightarrow I(\theta_A) = E'_A l^2 = 22.4 \times (1.2^2 + 2.4^2) = 161 \text{ cd}$$

導出のポイント

問16 図に示すように、LED 1 個が、床面から高さ 2.4 m の位置で下向きに取り付けられ、点灯している。この LED の直下方向となす角（鉛直角）を θ とすると、この LED の配光特性（ θ 方向の光度 $I(\theta)$ ）は、LED 直下方向光度 $I(0)$ を用いて $I(\theta) = I(0) \cos \theta$ で表されるものとする。次の (a) 及び (b) の間に答えよ。

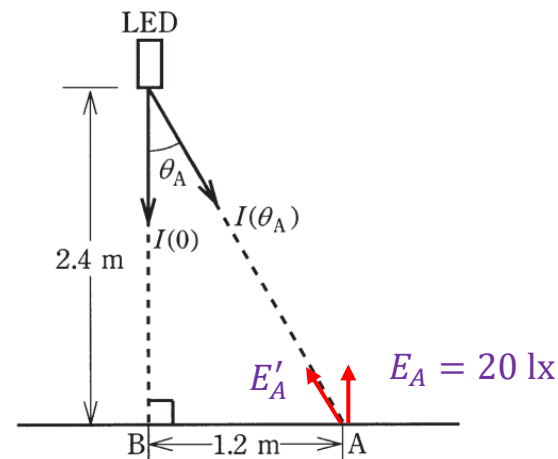
(a) 床面 A 点における照度が 20 lx であるとき、A 点がつくる鉛直角 θ_A の方向の光度 $I(\theta_A)$ の値 [cd] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

ただし、この LED 以外に光源はなく、天井や壁など、周囲からの反射光の影響もないものとする。

(1) 60 (2) 119 (3) 144 (4) 160 (5) 319

(b) この LED 直下の床面 B 点の照度の値 [lx] として、最も近いものを次の (1)～(5) のうちから一つ選べ。

(1) 25 (2) 28 (3) 31 (4) 49 (5) 61



$$I(\theta_A) = I(0) \cos \theta_A = 161 \text{ cd}$$

$$I(0) = \frac{I(\theta_A)}{\cos \theta_A} = 161 \times \frac{\sqrt{1.2^2 + 2.4^2}}{2.4} = 180 \text{ cd}$$

$$E_B = \frac{I(0)}{l^2} = \frac{180}{2.4^2} = 31.3 \text{ lx}$$

H27 問16

問16 図に示すように、LED 1 個が、床面から高さ 2.4 m の位置で下向きに取り付けられ、点灯している。この LED の直下方向となす角（鉛直角）を θ とすると、この LED の配光特性（ θ 方向の光度 $I(\theta)$ ）は、LED 直下方向光度 $I(0)$ を用いて $I(\theta) = I(0) \cos \theta$ で表されるものとする。次の(a)及び(b)の間に答えよ。

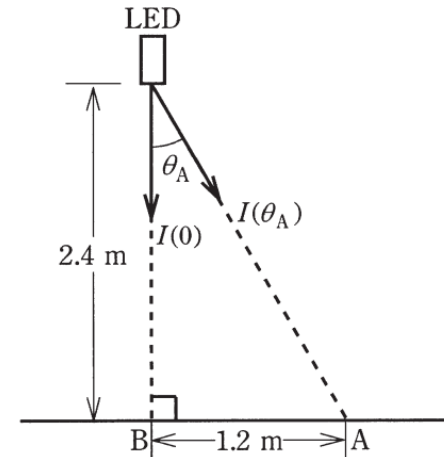
(a) 床面 A 点における照度が 20 lx であるとき、A 点がつくる鉛直角 θ_A の方向の光度 $I(\theta_A)$ の値 [cd] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

ただし、この LED 以外に光源はなく、天井や壁など、周囲からの反射光の影響もないものとする。

- (1) 60 (2) 119 (3) 144 (4) 160 (5) 319

(b) この LED 直下の床面 B 点の照度の値 [lx] として、最も近いものを次の(1)～(5)のうちから一つ選べ。

- (1) 25 (2) 28 (3) 31 (4) 49 (5) 61



ご聴講ありがとうございました!!