

2 一般的なレーザーポインターと蛍光灯の①光のパワー、②強度、③輝度を比較せよ

まずレーザーについて、空間的コヒーレンスの高さから、レーザーの輝度は高くなる。ここで、①光のパワーについてレーザーポインターと蛍光灯を比較する。レーザーポインターの平均パワーは 1 mW 程度以下に抑えられているが、蛍光灯では、電力光変換効率が 20% として、消費電力 40W の蛍光灯の光の平均パワーは $40W \times 0.2 = 8W$ 程度となる。よって、レーザーポインターの光のパワーは、 $\frac{1 \text{ mW}}{8 \text{ W}} = 1.25 \times 10^{-4}$ となり、4 桁下の超低平均出力である。

次に、②強度について、光の強度は、光の面積 S 、パワー P を使い、 $\frac{P}{S}$ と表す。

レーザーポインターでは一般的な値、パワー $P_l = 1 \text{ mW}$ 、波長 $\lambda = 500 \text{ nm}$ 、ビーム径 $D_l = 1 \text{ mm}$

とする。ビーム面積 $S_l = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 \simeq \dots = 7.85 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ となり、ビーム強度 $I_l = \frac{P_l}{S_l} = \frac{P_l}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2} \simeq$

$\frac{1 \text{ mW}}{7.85 \times 10^{-3} \text{ cm}^2} \simeq 0.127 \text{ W/cm}^2$ 蛍光灯の場合、長さ $l_f = 1 \text{ m}$ 、直径 $D_f = 2 \text{ cm}$ 、として、表面積

$S_f = \pi D_f l_f \sim 6.28 \times 10^{-2} \text{ cm}^2$ 、よって平均出力 8 W の蛍光灯の光の強度 $I_f = \frac{P_f}{S_f} = \frac{P_f}{\pi D_l l_f} \simeq$

$\frac{8 \text{ W}}{6.28 \times 10^{-2} \text{ cm}^2} = 0.127 \text{ mW/cm}^2$ となる。つまり、平均出力 1 mW のレーザーポインターの光

の強度は、平均出力 8 W の蛍光灯の光の強度に対し $\frac{I_l}{I_f} = \frac{0.127 \text{ W/cm}^2}{0.127 \text{ mW/cm}^2} = 10^3$ 倍高い。

次に、③輝度のついて、レーザーポインターのビームがほぼ回折限界に近いと仮定すれ

ば、拡がり角 $\Delta\theta_l$ は、ほぼ $\frac{\lambda}{D} = \frac{500 \text{ nm}}{1 \text{ mm}} = 0.5 \text{ msr}$ となり、輝度 $B_l = \frac{I_l}{\Delta\theta_l} = \frac{1}{\Delta\theta_l} \frac{P_l}{S_l} =$

$\frac{P_l}{\Delta\theta_l \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2} \sim \frac{P_l}{\frac{\lambda}{D} \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2} = \frac{4P_l}{\pi \lambda D} \sim \dots \sim 0.255 \text{ kW/(cm}^2 \text{ sr)}$ となる。次に、蛍光灯では、光が表面積全体

から出ているので、光の広がり角の立体角 $\Delta\theta_f = 4\pi \text{ sterad}$ である。よって輝度 $B_f = \frac{I_f}{\Delta\theta_f} =$

$\frac{0.127 \text{ mW/cm}^2}{4\pi \text{ sr}} \simeq 10.1 \mu\text{W/(cm}^2 \text{ sr)}$ つまり、平均出力 1 mW のレーザーポインターの光の輝度

は平均出力 8 W の蛍光灯の光の輝度に対し $\frac{B_l}{B_f} = \frac{0.255 \text{ kW/(cm}^2 \text{ sr)}}{10.1 \mu\text{W/(cm}^2 \text{ sr)}} = 25.2 \times 10^6$ 倍高い。