

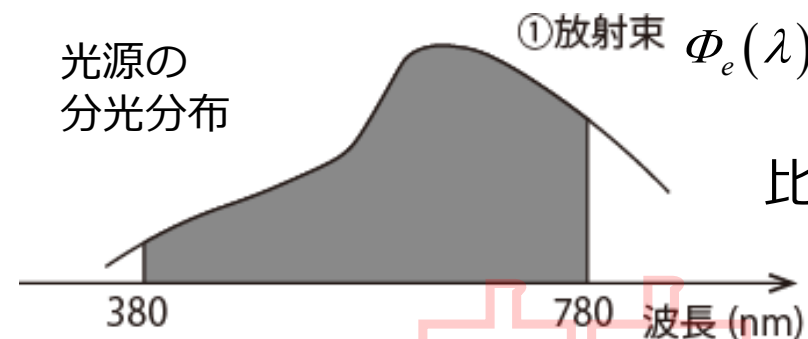
ティー・イー・エム 照明光学系発展 Webセミナー

2026年5月28日

チームオプト株式会社

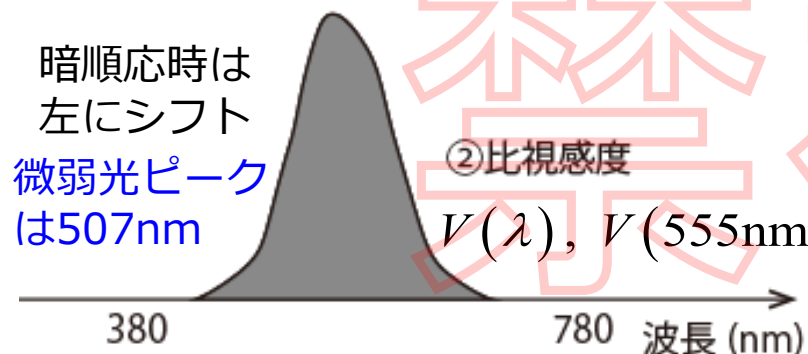
宮前 博・梶谷和男

1-1. 放射束と光束の関係



放射束 : $\Phi_e(\lambda) [\text{W}=\text{J/s}]$

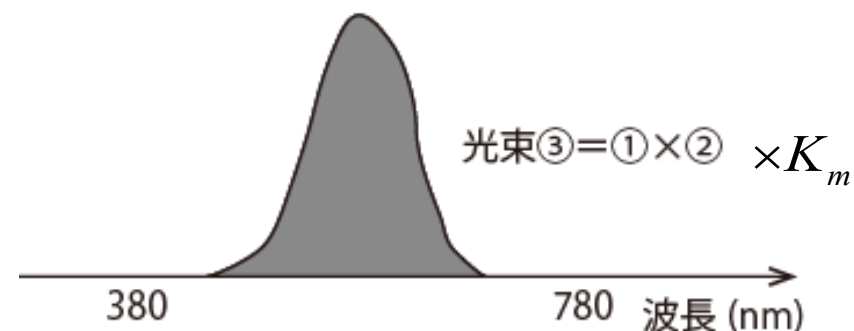
比視感度 (明順応) : $V(\lambda)$, $V(555\text{nm}) = 1$



光束 (放射束に比視感度を掛けたもの) :

$$\Phi(\lambda) [\text{lm}] = K_m [\text{lm/W}] \cdot V(\lambda) \cdot \Phi_e(\lambda) [\text{W}]$$

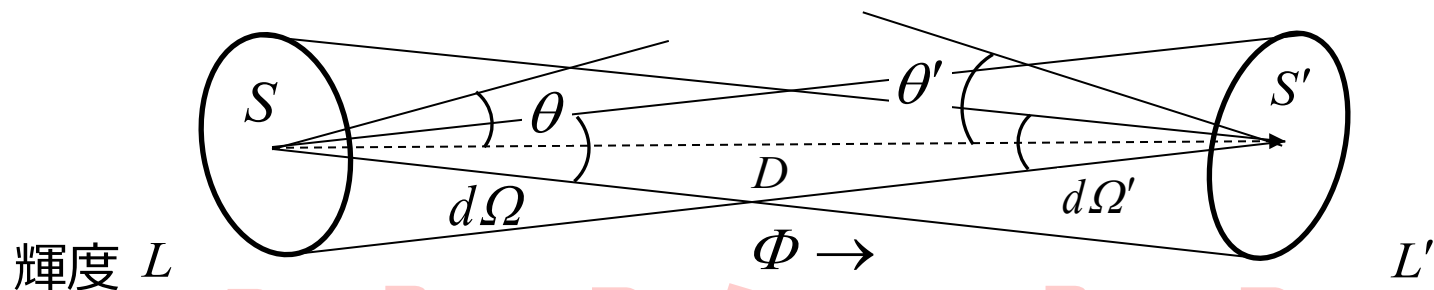
係数 : $K_m \equiv \Phi(555\text{nm}) / \Phi_e(555\text{nm})$
 $= 683 [\text{lm/W}]$



色度を無視するとき、光束としては可視光範囲での積分量を考える。

$$\Phi [\text{lm}] = K_m \int_{380}^{780} \Phi_e(\lambda) V(\lambda) d\lambda$$

2-1-1. 光束の保存則と輝度不変の法則



光束（エネルギー）の保存則：間に光学系があってもよくSとS'の間に共役関係にあってもなくてもよい。

$$d\Phi = L(\theta, \varphi) \cdot \cos \theta \cdot S \cdot d\Omega = L'(\theta', \varphi') \cdot \cos \theta' \cdot S' \cdot d\Omega' = d\Phi'$$

純粋に幾何光学的な量「etendue」も保存する。（Straubel、Clousiusの定理）
共役の場合

$$d\xi = N^2 \cdot \cos \theta \cdot S \cdot d\Omega = N'^2 \cdot \cos \theta' \cdot S' \cdot d\Omega'$$

これらの関係から「輝度不変の法則」が導かれる。

$$\frac{L(\theta, \varphi)}{N^2} = \frac{L'(\theta', \varphi')}{N'^2} \quad N, N' : \text{物空間、像空間の屈折率}$$

2-3-3. コサイン4乗則（レンズ系）

一般に、右図のように絞りの後ろにレンズがあって、物体面と像面が共役であって、レンズと像面の間隔を g' とし、像高 y' と半画角 θ の間に

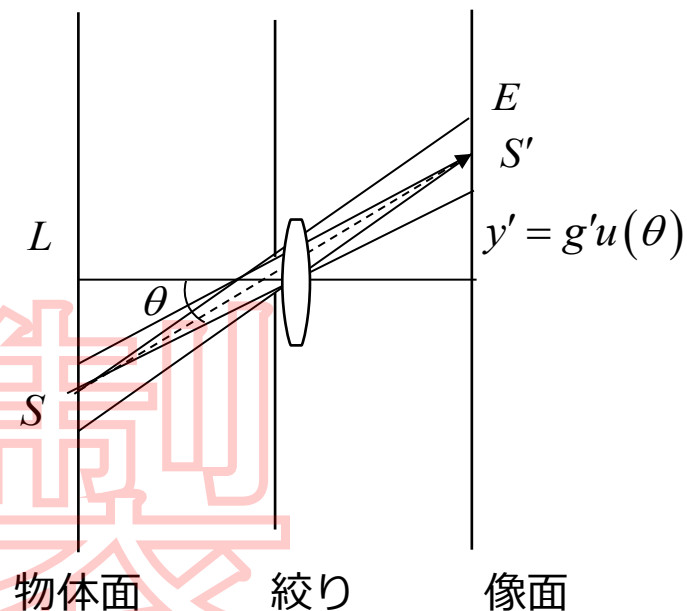
$$y' = g' u(\theta), \quad \lim_{\theta \rightarrow 0} \frac{u(\theta)}{\theta} = 1$$

の関係があるとき、

$$E \propto S \cos^4 \theta \propto \frac{\sin \theta \cos \theta}{u(\theta) \cdot \frac{du(\theta)}{d\theta}} S' \equiv G(\theta) dS'$$

が成り立つ。（22頁の導出を参照）

$u(\theta)$ の具体例に対する $G(\theta)$ の関数形を右下の表に示す。 $u(\theta) = \tan \theta$ のとき、レンズ系には歪曲収差（ディストーション）がないが、歪曲収差が負の方向に大きくなるほど、コサイン4乗則は緩和され、 $u(\theta) = \sin \theta$ に至って周辺的光量は一定となる。なお点光源の場合には、 $G(\theta)$ の分子の $\cos \theta$ が1つ落ちると考えてよい。



$u(\theta)$	$G(\theta)$
$\tan \theta$	$\cos^4 \theta$
θ	$\frac{\sin \theta \cdot \cos \theta}{\theta}$
$\sin \theta$	1

3-1-2. 円錐 (Conic) 係数 k

「円錐 (Conic) 係数」を k とするとき

$k > 0$	$\Leftrightarrow$	楕円面 (縦長)
$k = 0$	$\Leftrightarrow$	円
$-1 < k < 0$	$\Leftrightarrow$	楕円面 (横長)
$k = -1$	$\Leftrightarrow$	放物面
$k < -1$	$\Leftrightarrow$	双曲面

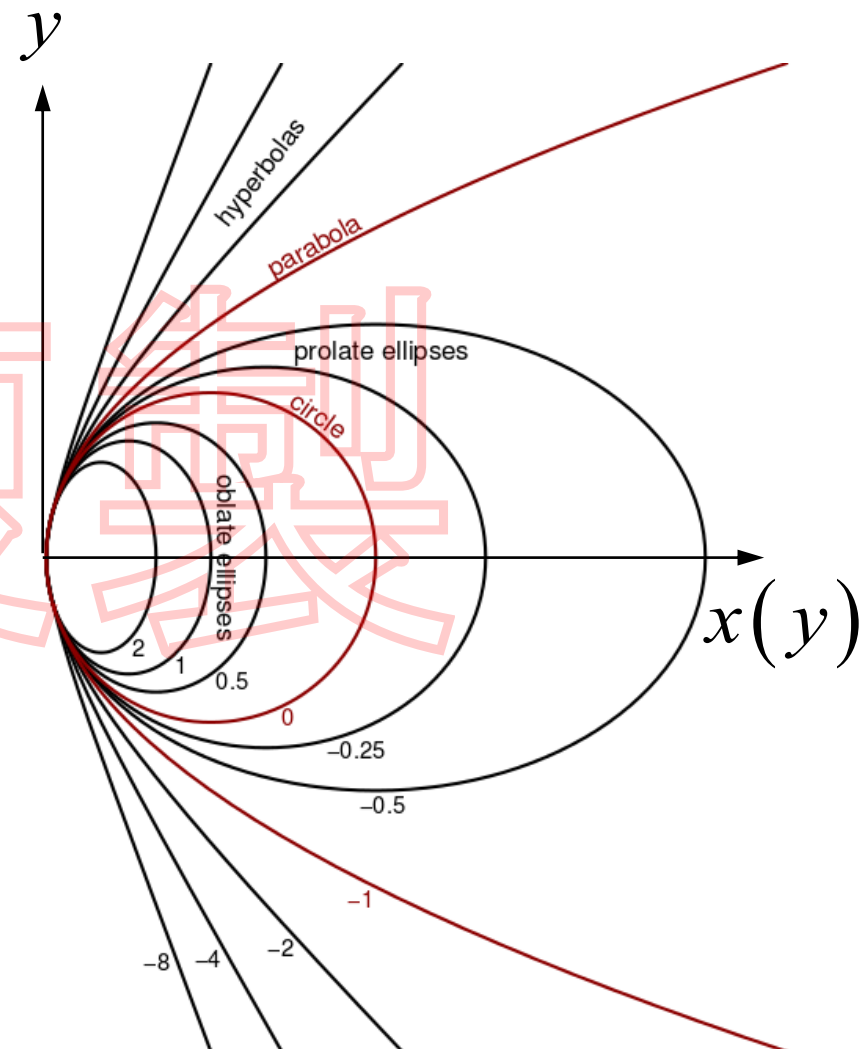
となる。曲率が c の回転対称光学面のsagを表わす式は、 k を用いて、

$$x(y) = \frac{cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2y^2}} \quad \dots(\#)$$

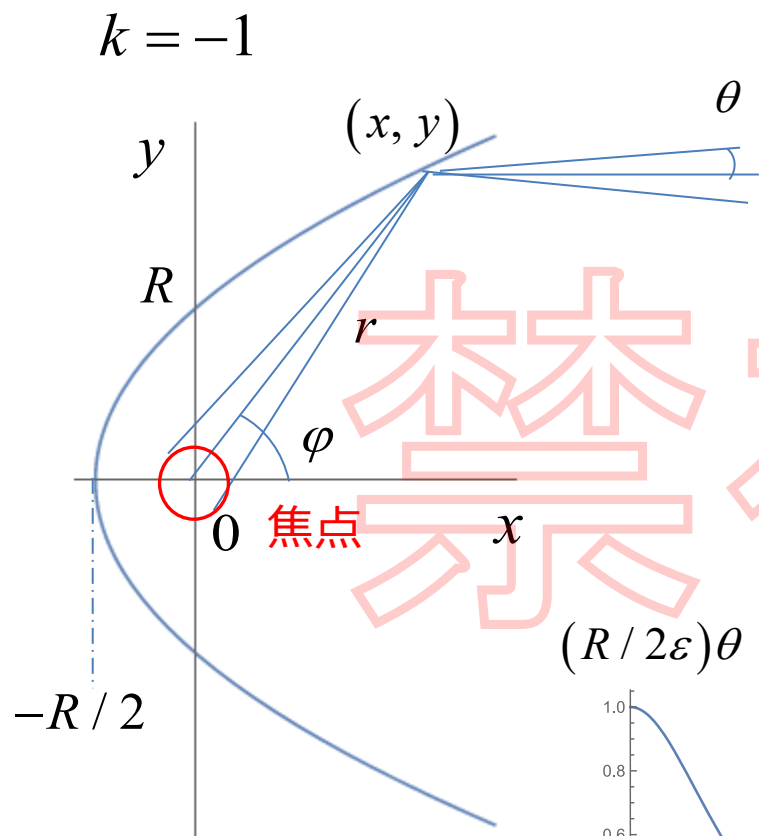
または $y^2 - 2Rx + (k+1)x^2 = 0$ ($R \equiv 1/c$)
とかくことができる。(＃)式を使うと、縦長の楕円面も $k > 0$ の場合として扱うことができる。

$k < -1$ (双曲面) で $|R| \ll |kx|$ のとき漸近面は

$$y^2 = -kx^2 \Leftrightarrow y = \pm \sqrt{|k|} \cdot x$$



3-2-1. 放物面鏡の放射角（1）



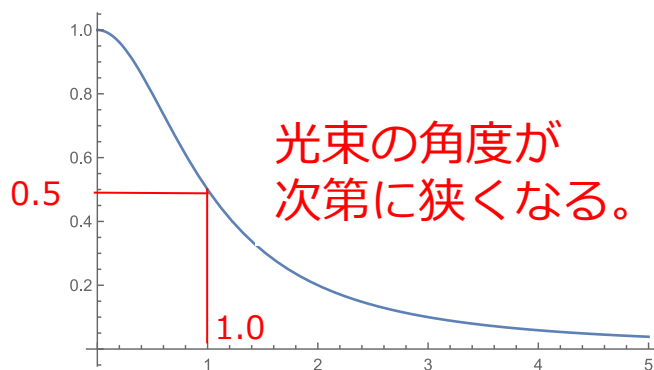
$$y^2 = 2R(x + R/2) \Leftrightarrow x = (y^2 - R^2)/(2R)$$

微小な球光源：半径 $\rho \leq \varepsilon$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} = x + R > 0$$

$$\theta = \frac{\varepsilon}{r} = \frac{\varepsilon}{x + R} = \frac{2R\varepsilon}{y^2 + R^2}$$

$$(R/2\varepsilon)\theta$$

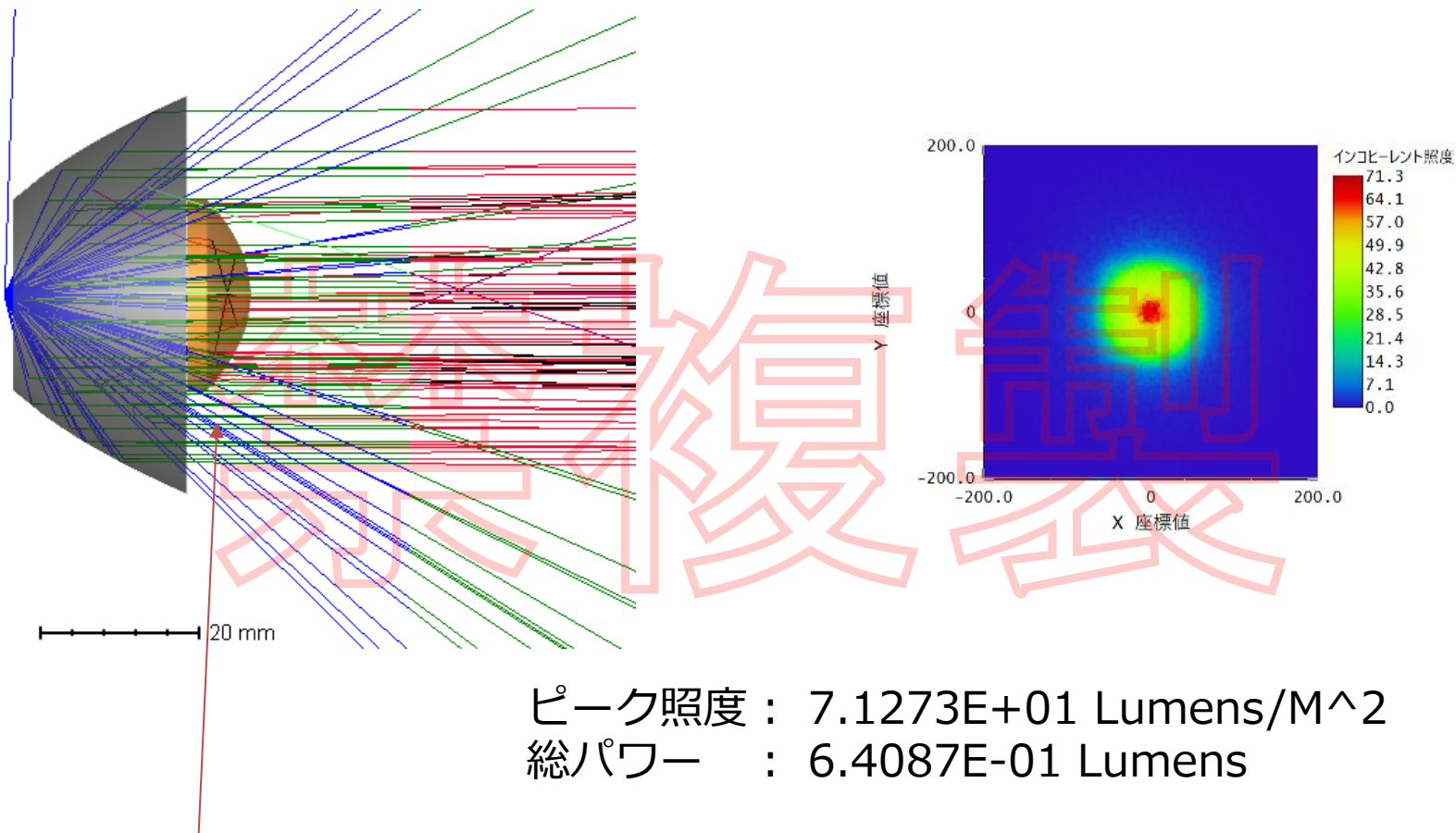


y の単調減少関数。

$y = R, x = 0$ のとき

$y = 0, x = -R/2$ のときの
半分の照射角となる。

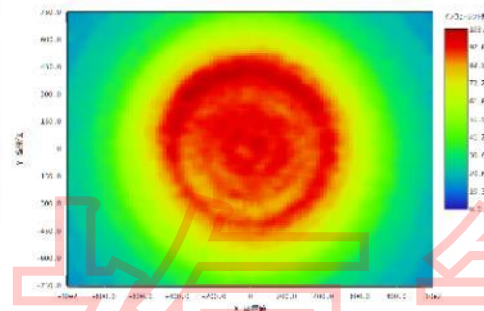
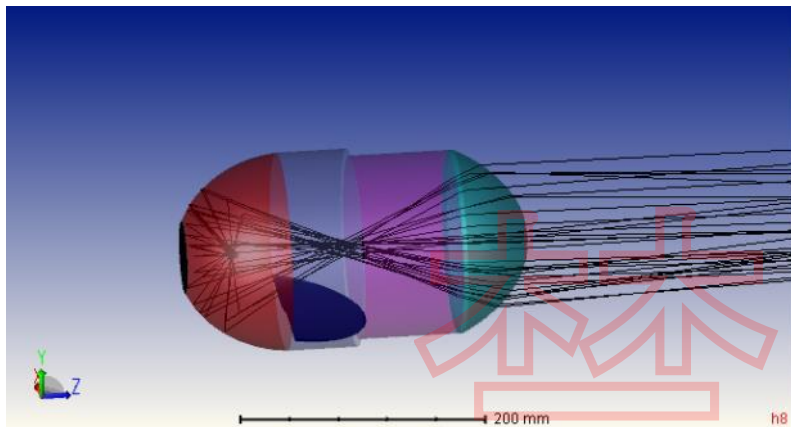
⑭parabola lens.zmx



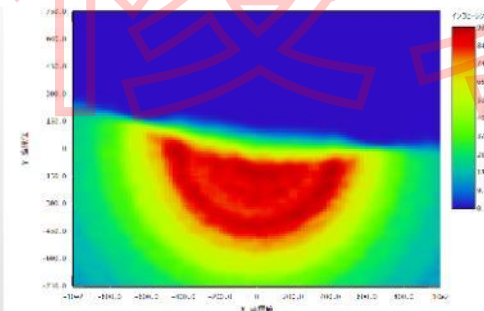
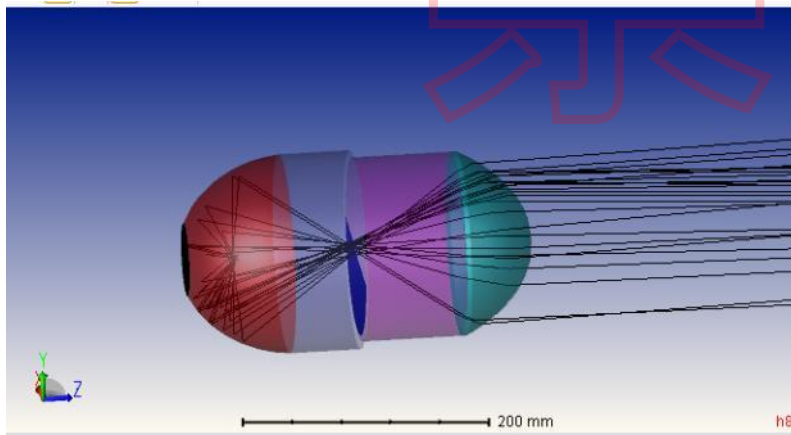
中央部にレンズを置いてミラーに当たらない光を集めてビーム化する

5-2 ヘッドランプ

マルチコンフィグレーションにより2状態を切替



high

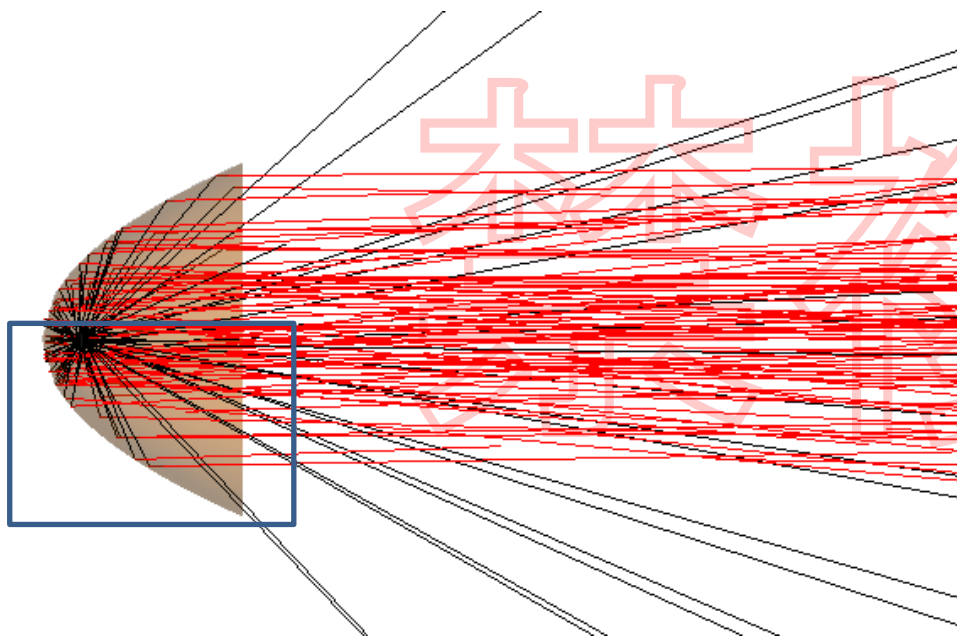


Low

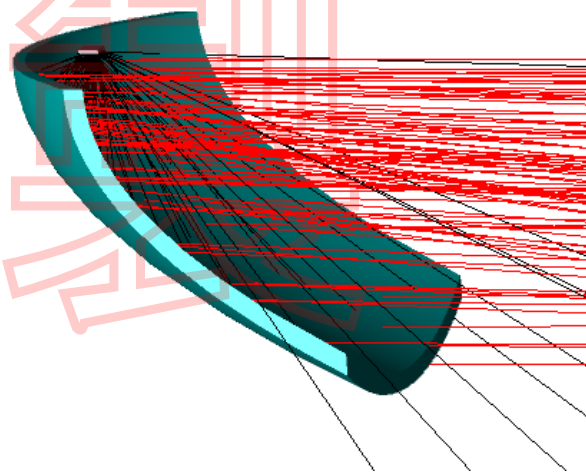
①⑥Head_Light v2.ZMX

・ヘッドランプ ミラータイプ

LEDを下に向けて放物面鏡の半分を利用



放物面鏡の片側をくり抜く



⑰reflect1.zmx

8-3 CADデータ化

シーケンシャル ノンシーケンシャルオブジェクト からCAD (STP) 作成

