

高屈折率スタンプルーペ「みてみ」の光学的特性

—使用上の留意点—

○ 日本ライトハウス養成部 田邊正明
大阪人間科学大学医療福祉学科 魚里博

【目的】
スタンプルーペは単レンズ拡大鏡と異なり、紙面に直接レンズを置く凸平レンズである。正立虚像が書面とほぼ同じ位置に生じ双眼で見ることができ、周辺光の集光作用で紙面を明るく照らすのが特徴である。周辺光をまんべんなく取り入れるため底面で全反射した光線が凸面側に焦点を結び、レンズの近くに置いた物体で発火するおそれもある。そこでその仕組みを解析する。

【方法】
光路図をもとに計算により全反射する光線の臨界角を求め、臨界角以上の入射角でスタンプルーペに入射し底面で全反射し、凸面側から上方に射出した光線がレンズ面からどれくらいの距離に焦点を持つのかを求めた。さらに、全反射し射出した光線が凸面側に集光する様子をレーザー光線と発光ダイオードの発散光で実験して確認した。

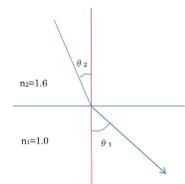


図1. 光線が屈折する様子

屈折率 n_2 の媒質から屈折率 n_1 の媒質中に光が入射する場合(図1)、スネルの法則より

$$n_1 \sin \theta_1 = n_2 \sin \theta_2$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{\sin \theta_2}{\sin \theta_1}$$

全反射の場合 $\theta_1 = 90^\circ$ であるから、

$$\sin \theta_1 = \sin 90^\circ = 1$$

よって、 $\frac{n_1}{n_2} = \sin \theta_2$

$n_1 = 1.0, n_2 = 1.6$ であるから、

$$\frac{1.0}{1.6} = \sin \theta_2 = 0.625$$

$$\therefore \theta_2 = 38.7^\circ$$

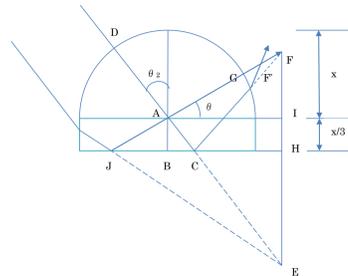


図2. スタンプルーペに入射した平行光線が底面で全反射し、レンズ上方に焦点を結ぶ様子

射出された光線の焦点は F' となる。よって、後頂点焦点距離(f_v)は

$$f_v = \frac{5x \sin \theta_2 - 3x \cos \theta}{3 \cos \theta + 3 \sin \theta_2}$$

【結果】
計算結果から屈折率1.60の素材で作られたスタンプルーペの入射角の臨界角は38.7度で、全反射した光線は直径60mm、80mmのスタンプルーペでは凸面からそれぞれ3.8mm、5.1mmの位置に焦点を生じることが分かった。また、半径60mmの「みてみ」に関して、入射角が臨界角から90度に変化した場合の後頂点焦点距離の変化をグラフにすると図3のようになった。

図4、5では入射角20度、30度の光線はレンズ底面に屈折されて射出される様子が観察できた。

図6、7、では入射角40度、50度の光線が全反射され、レンズ左上方に射出されるのが観察できた。

図8では発光ダイオードの発散光線を右上方から40度の入射角で入射すると、レンズの左側に集光している様子が観察できた。

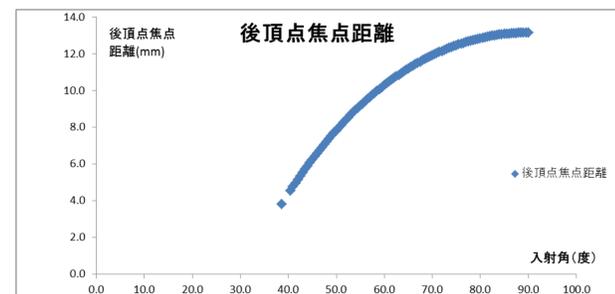


図3. 入射角と後頂点焦点距離 半径60mmの「みてみ」の場合

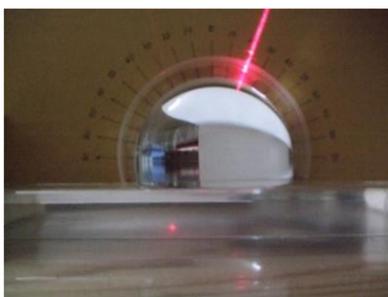


図4. 20度で入射したレーザー光線が底面で屈折されてレンズ下方に照射される様子

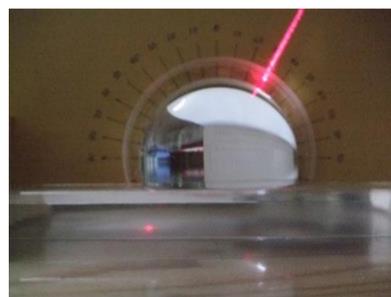


図5. 30度で入射したレーザー光線が底面で屈折されてレンズ下方に照射される様子

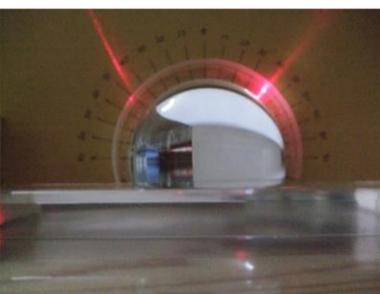


図6. 40度で入射したレーザー光線が底面で全反射されて凸面側に射出される様子

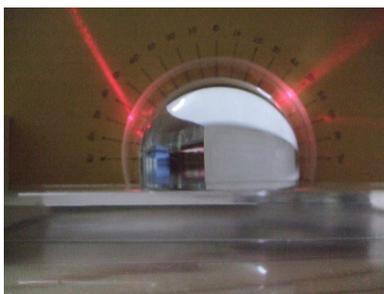


図7. 50度で入射したレーザー光線が底面で全反射されて凸面側に射出される様子



図8. 40度で入射した発光ダイオードの光が底面で反射し、焦点を結ぶ様子

【考察】
スタンプルーペは全反射する臨界角が38.7度で、底面で全反射することが分かった。底面で全反射した光線はレンズ凸面の上方に焦点を結ぶため、太陽高度が51.3度までの太陽光がスタンプルーペに直接入射した場合、凸面側から射出した光線は集光し凸面に近いところに物体があると発火するおそれがある。太陽光が入射する窓際にスタンプルーペを置くことのないよう注意しなければならない。