



Fig. 1 2種類の「スピンカラーおりがみ」【(株)トヨーの商品名】

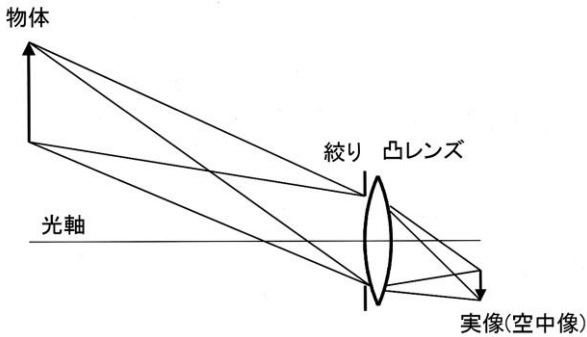


Fig. 2 凸レンズによる縮小結像の図

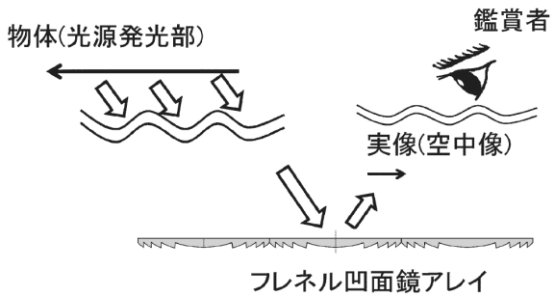


Fig. 3 フレネル凹面鏡による結像の図

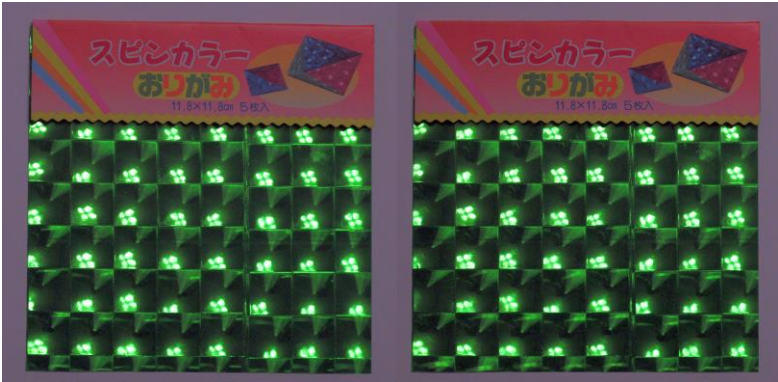


Fig. 4 空中に浮かぶ光の点を
ステレオ写真として撮影【平行法配置】

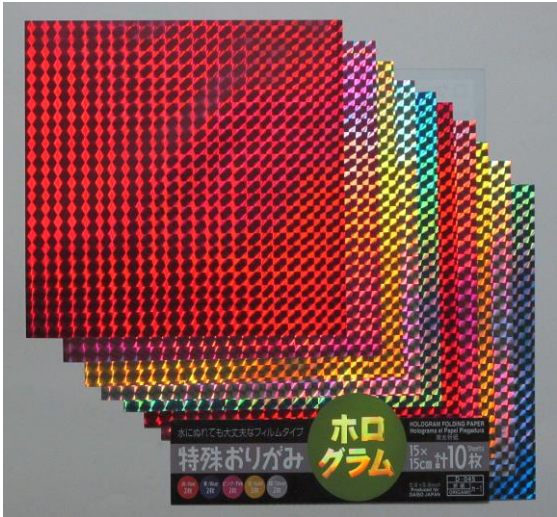


Fig. 5 「ホログラム特殊おりがみ」



Fig. 6 「ホログラムシール」



Fig. 7 「ホログラムおりがみ」と「プリズム
おりがみ」【(株)トヨーの商品名】

口絵解説

「画像からくり」

第20回 折り紙が空中に作り出す光点

20. Light Spots Made in the Air by “Origami”
(Folding Sheets)

桑 山 哲 郎

折り紙は、小さな子供が対象と思われていて、大人はあまり目を向けないと思われる。ところが、立派な光学装置とまで呼べるような折り紙が店頭には並んでおり、なかには、空中に像を浮かばせる機能を持っているものもあることはあまり知られていない。

Fig. 1 は、大小2種類の「スピнкаラーおりがみ」【(株)トーヨーの商品名】である。どちらも一辺15 mmの正方形のフレネル反射鏡が並んでいる。フレネルレンズは、一眼レフカメラのファインダーでその姿を見ておられる方も多いだろうが、フレネル反射鏡には馴染みが少ないだろう。フレネル反射鏡はレンズと同様の働きをするので、部屋の中で床や机の上に置くと、光の点が縦横に並ぶのを見ることができる。大きい方の折り紙は現在店頭に並んでいて、フレネル凸面鏡になっている。一方小さい方は、10年ほど前に手に入れたものだがこちらはフレネル凹面鏡になっている。銀色の反射シートに赤、緑、青など各色の透明なフィルムが貼り合わされており、文房具売り場で目にすることができる。「画像からくり」としてのフレネル凹面鏡の魅力は、光の点列が空中に作り出されることである。大きい方の折り紙でも、裏返すと凹面鏡として使うことができる、大小どちらでも同じように空中に浮かぶ光点を楽しむことができる。ここでは、像の様子が良く分かるよう、細長い形の照明の部屋で、少し斜めに照明光源を配置して撮影した。

フレネル凹面鏡の機能の説明の前に、凸レンズにより縮小された実像が作り出される原理をFig. 2で説明する。物体(今回は照明器具の発光部)の各点からいろいろな方向に進む光線のうち、絞りの開口部を通過する光線が結像に関係する。物体からの光線はレンズの表面で屈折し、レンズの結像公式に従った位置と大きさに実像を作り出す。今回のフレネル凹面鏡は、焦点距離約5 mmなので、物体(照明器具)までの距離を2.5 m (2,500 mm)とすると、結像倍率(横倍率)は $-1/500$ となる。直径500 mmの物体が直径1 mmに縮小された実像が作り出されるが、物体距離が焦点距離に比較して大変大きいので、像はレンズのほぼ後側焦点位置に生じる。また空中に作り出される3次元像として重要な項目に縦倍率

がある。これは物体の奥行き(光軸)方向の寸法が、像面でどれだけの寸法に結像されるかという倍率である。縦倍率は横倍率の自乗であるので、 $1/250,000$ 倍である。つまり直径500 mmの球であっても、像の厚さは0.002 mm (2 μ m)と、薄く押しつぶされることとなる。

Fig. 3 を用いフレネル反射鏡が作り出す像を説明する。凸レンズによる縮小結像の図を、光軸に垂直な平面で折り返した配置となっている。また結像に関連する光線を書き込むと煩雑になるので、ここでは省略し、実際の寸法比で描くと像が小さくなりすぎるので、大きさを調節して描いている。実像が後側焦点面にできることは凸レンズと同様だが、フレネル凹面鏡では凸レンズによる結像と違う点がある。レンズの「絞り」に相当するのが一辺15 mmの正方形と焦点距離に比較して大きく(Fナンバーが小さく)また隣接する正方形の境界に光を遮る領域が存在しない。このことから、鑑賞者が見る位置を移動しても絞りによる「けられ」が生じにくく、左右の目で両方の目で光の点を同時に見ることで見られる効果が生じている。

Fig. 4 ではこの様子を印刷物で伝えるため、ステレオ写真として撮影している。平行法配置にしているので、裸眼立体視ができる方はお試しいただきたい。「四つ葉」の形をした発光部の照明器具を使用した部屋で撮影したので、その形が空中に浮かんでいるのが見えることと思う。

売場では、これ以外にもいろいろな光学部品としての折り紙を見つけることができる。Fig. 5 は、「ホログラム特殊おりがみ」という名前の商品である。一辺5 mmの正方形の領域に分割されていて、同心円形の回折格子が刻まれている。机の上にこの折り紙を置き、頭上あるいは顔の近くに配置したペンライトで照明すると、細い光の柱が多数立ち上がるのを見ることができる。

Fig. 6 の「ホログラムシール」では、回折格子がいろいろな方向に配置されていて、振り回すとキラキラと輝く。裏紙を剥がし貼り付けて使用することができる。

Fig. 7 はそれぞれ「ホログラムおりがみ」と「プリズムおりがみ」という名前がついている商品【(株)トーヨーの商品名】である。どちらも回折格子が配置されていて「ホログラム」ではいろいろな向きの格子によりキラキラ輝いて見える。また右の「プリズム」は、直線格子が少しピッチを変えて同心円的に配置されており、照明の下でゆっくりと回転すると、光る形が拡大したり、縮小したりして見える。

以上、いろいろな折り紙を取り上げたが、どれも立派な光学装置と呼べるほどの作り込みがされていることに気がつくたことと思う。(株)トーヨーは、折り紙の売場ではトップメーカーであるが、「ダイソー」に代表される100円ショップにもいろいろな折り紙が並んでいる。光学装置としての折り紙にご注目いただきたい。