

【口絵】

画像からくり



Fig. 1 キャラクターのフィギュアと鏡の組み合わせ
【榊タツノコプロのキャラクター：“ヤッターマン2号”と“ドロンジョ”】



Fig. 2 鏡を回転した状態



Fig. 3 “アートバンク”【㈱テンヨーの商品名】の外観



Fig. 4 折り曲げプリズムと撮影レンズの外観
【SONY Digital Mavica MVC-FD7】



Fig. 5 デジタルカメラの外観



Fig. 6 SELBY LOREO STEREO の外観

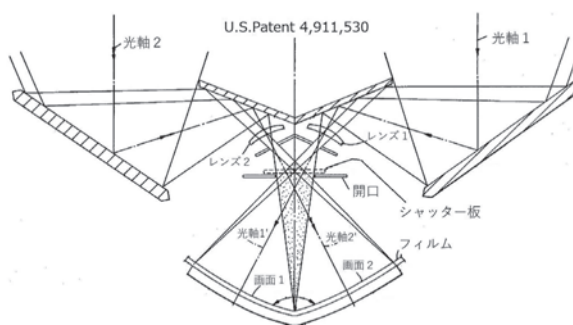


Fig. 7 鏡を用いたステレオカメラの光路図

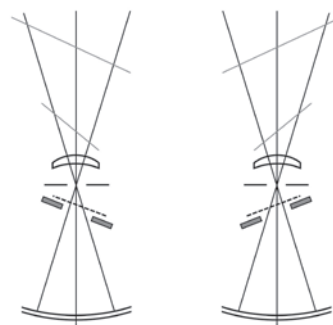


Fig. 8 鏡の反射を展開した光路図

口絵解説

「画像からくり」

第58回 鏡が見えないことを応用したからくり

58 Mechanism that applies the invisible characteristics of mirrors

桑 山 哲 郎 Tetsuro KUWAYAMA

鏡は身近な存在であることから、物理学に興味を持ってもらいたい場合や、光学部品や光学機器についての理解を広めたいとき導入として取り上げることがある。ところが教える側の思い通りにはならず、理解や同意を得られないことが度々である。物理学あるいは光学設計や光学機器にかかわる人たちにとって、正しい説明は一通りで、以下になる。「鏡自体は目には見えない。鏡の上に異物や汚れがあるときにだけ、面の存在が分かる」。大変力を入れてこの事柄を解説している著書「おもしろい物理学」¹⁾では項目として「8. 光の反射と屈折－鏡を見ることができのでしょうか」として、光学系の設計ではまず理想的な、表面の汚れ・欠陥や表面の形の誤差を持たない理想的な鏡面を説いている。ところが十分な面精度鏡の鏡を用いた機器を一般の人に見せると、日常接している鏡とあまりにかけ離れていて、何だか分からないという反応を受けることも多い。

偏見的に書くと、普通の日常生活をしている人にとっての鏡は、洗面台の前の鏡である。表面には汚れが付着していて、像はその隙間から見える。さらに身の回りにある鏡はガラス板などの裏面に反射面を配置しているので、像は二重になり不鮮明に見える。そして正面の壁に取り付けられた鏡以外、考えることができない人も多い。また手鏡を傾け、45度の角度で保持し水平と垂直が入れ替わる光景を見せると、何が起きているのか分からないという反応が戻ってくる。

さて、鏡の表面は本来見えないという事柄を応用して、いろいろな商品が作られている。私が最高傑作！と考えるのは、Fig. 1の「マクドナルド ハッピーセット ふしぎミラー」である。(株)タツノコプロのキャラクター「ヤッターマン2号 & ドロンジョ」が副タイトルとなっているがこれはFig. 1の見え通りである。鏡の手前にキャラクターの半身が貼り付けられ、反射像により全身の3次元の姿が現れる。上部のノブを回転すると、2人のキャラクターのフィギュアが入れ替わるからくりである。Fig. 2はさらにノブを回した状態で、それぞれのフィギュアが左半身だけであることが良く分かる。この商品で、鏡は普通の面精度のプラスチック板で、両面に反射面が加工されている。平面鏡の手前に置いた物体上の点の鏡像は、鏡の内部に鏡からの距離と等しい深さに生じる。このことを教えるのに大変優れた教材となっている。なお私はこの商品2つが並んでいるのをリサイクルショップの特売ワゴン上で見つけた。教育の現場では、同じ物が2つ揃っているのは理解の助けとなる。なおネット上では、未開封と開封後の商品どちらも入手可能である。

鏡が手前の空間を折り返し、奥行き作り出す例として、(株)テンヨーの人気商品「アートバンク」、一般的な名称として「お金の消える貯金箱」を以前紹介した²⁾。Fig. 3は黄金のベルが空中に浮く貯金箱である。右下に向かう境界線が実物をよく見ると分かるが、写真ではほとんど見えない。同社が出願した米国特許³⁾には、その作り方が大変詳細に解説されている。

同じような外観を、デジタルイメージングの機器で見つけることができる。最近のスマートフォンと2002年に発売さ

れた光学3倍ズームのデジタルカメラ「ミノルタ DiIMAGE X」では、光路を直角に曲げるプリズムを入り口に用い、全長の長いズームレンズを薄型の本体に収めている。ところが1997年に発売された、10倍の光学ズームレンズを用いる「SONY Digital Mavica MVC-FD7」(Fig. 4, Fig. 5)は先の時代に同じことを実現しているのに、あまり知られていない。360 x 480画素のJPEG圧縮画像を3.5"フロッピーディスクに記録するデジタルカメラである。Fig. 4をよく見ると、プリズムの反射面、斜面がわずかに見える。光学的には正方形断面の並行平板がレンズの前に置かれていることになるが、プリズム表面での屈折率による浮きが上がり効果で、長方形の断面に見える。

鏡の表面の汚れについて冒頭にあげたが、保存状態のため腐食を生じてしまったカメラを最後に取り上げ、鏡を用いたからくりについて追加説明を行う。Fig. 6は「SELBY LO-REO STEREO」という名称のカメラの外観である。35mmフィルムの画面を左右に分割し、平行法配置のステレオ写真対を撮影するカメラである。発売時の状態であれば、折り曲げミラーの奥に撮影レンズが見える。またこのカメラではストロボ発光部が上向きに配置され、使用時にはね上げるミラー用いて光を被写体に導いている。カメラの裏ボタン内部には、英国、米国、ドイツで取得した特許の番号が刻印されているが、関連特許の調査し分割出願された米国特許から光学系が最も良く分かる図を見つけた。Fig. 7は、米国特許 No. 4,911,530⁴⁾の図をトレースしたものである。Vの形にフィルムが送られ、通常のカメラの知識からは見慣れない配置で部品が並んでいる。光学系に慣れている人は、鏡の反射による光路折り曲げが頭の中でできるのだが、分かりやすい様細部を省略しFig. 8を描いた。カメラの鏡を覗き込むと、光軸を平行に配置した2つの結像光学系が見えることとなる。2枚の撮影像が中央で適切な幅で重なるよう、マスクが配置されている。シャッター板がこのマスクの開口部で動作し、撮影される2枚の同期が完全にとれるたくみな設計になっている。

平面鏡で光路を折り曲げた光学系・光学機器はすべてこの様に展開できるので、ぜひ多くの方に理解していただきたいと思う。

参 考 文 献

- 1) ベレリマン：著、藤川健治：訳、「おもしろい物理学」、現代教養文庫 647、社会思想社 (1969)。
- 2) 桑山哲郎：画像からくり連載第9回「鏡仕掛けの立方体－3D万華鏡と貯金箱」、日本写真学会誌、第74巻 (2011) 165。
- 3) 米国特許、4,967,953, "Partitioned box with light reflective partition surface and window", Tenyo Co., Ltd., Date of Patent: Nov. 6, 1990。
- 4) 米国特許、4,911,530, "Photographic imaging system for use in producing stereograms", Inventor: Anthony Lo, Date of Patent: Mar. 27, 1990。