

## 光とからくり

博士（芸術工学）日本写真学会フェロー  
桑山哲郎

### 第3回 「凹面鏡に映る像 その2」

凹面鏡に向かったとき出会う像については多くの話題があるので、前回に続き報告を続けます。

図1をご覧ください。学校の見学で記憶に残っている方もおられると思います。多くの科学博物館で目にする「自分の手と握手」の展示です。目の前の壁に開けられた円窓に手を差し出すと、暗闇から別な手が3次元映像として現れてきて、まるで握手ができる様です。大変楽しい体験ができる展示ですが、教育者として不満足なのは、原理の説明が無い場合が多いことです。なお、写真だけではこの体験をお伝え切れないので、同時に撮影した YouTube の動画をご参照ください。

<https://youtu.be/HIpUkzYgPLQ>

この光学系を理解してもらおうと図2の模式図を描きました。球面鏡では、中心から発散する光線は表面に垂直入射し、反射されて元の位置に戻ります。図は球の中心よりも奥に配置した立方体、サイコロが拡大結像されている様子です。近軸結像の公式に「縦倍率は横倍率の2乗」がありますがここでは、立方体の手前の面が1.5倍に結像する場合を作図しています。

手前の空中に作り出される実像は奥行き方向に引き伸ばされ、かなり拡大されて形が歪むことが分かります。結像に関連する光線は何本も描くことができますが、分かり易さのため最小限の本数にしています。凹面鏡を用いた空中像表示は19世紀には普及していたとされる「花瓶と花束」が良く知られていますが、1980年代には(株)プロックスエンジニアリングによる優れたしかけ「デルビジョン」が登場しました<sup>1)</sup>。CRTの管面上に黒い背景で泳ぐ魚、タコ、クラゲなどを表示し、凹面鏡により空中に像を表示しますが、凹面鏡の収差が加わり空間を漂う浮遊感が加わります。



図1 「自分の手と握手」の展示  
藤沢市湘南台文化センターこども館  
(筆者撮影)

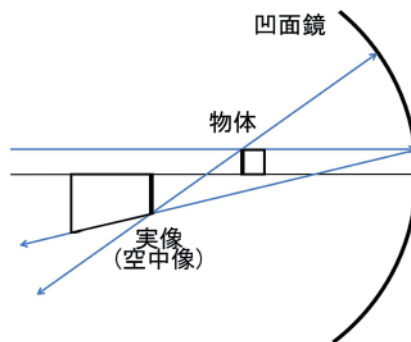


図2 凹面鏡による結像の模式図



図3 凹面鏡を用いた貯金箱

1枚の凹面鏡を用いるしかけは、あまりに多くの商品が手に入るので、今回は1点だけご紹介します。図3は、1990年(株)トミー(現在のタカラトミー)から発売された“ゴーストバンク”という商品名の貯金箱です。500円玉を挿入口にセットすると、空中に現れたゴーストがコインを飲み込んでしまいます。2007年にはグループ企業(株)ユーメイトからほぼ同じ商品が発売されています。

凹面鏡を2枚用いた空中像表示装置も、店頭ではよく出会うと思います。図4は米国製の“MIRAGE® Instant 3-D Hologram Maker”という商品で、箱を開けると2枚の凹面鏡と小さな「ピンクの豚」のフィギュアが現れます。一方の凹面鏡の中央には穴が開けられ、組み立て後にはこの穴の近くに空中像が現れます。米国特許番号 USP 3,647,284<sup>2)</sup> がパッケージに書かれているので技術理解に助かります。1990年代から現在まで入手可能です。

<https://optigone.com/>

反射鏡の光学系は分かり難いので、図5として展開した光路図を描きました。大きな開口の、ほぼ等倍の結像光学系です。ドーナツ形の鏡を用いているため、鏡の反射面と中央の穴がマスクになっている特別な光路になります。また、観賞者の視線が上の穴に集まるので、空中に結像した実像のはっきりと捉えられるという利点があります。もう一つ、図6は(株)島津理化から“マジックミラー”という商品名で発売中の科学教材です。

[https://www.shimadzu-rika.co.jp/products/equipment/physics\\_light/128\\_725.html](https://www.shimadzu-rika.co.jp/products/equipment/physics_light/128_725.html)

教育目的で、小さなサイコロが2つ付属しているのですが、分かりやすいようにもっと大きなサイコロを置いてみました。上の部分がかかなり拡大されて見えますが、図2を参照してください。またこの光学系では手前に浮かぶ実像の光路を、下の凹面鏡中央に置かれた物体が隠す(掩蔽)現象が見え、これも結像光学の教育になるのではと思います。実像は物体に対して東西南北が反転して作り出され、これも教育に役立ちます。

今回の報告は私のコレクションのごく一部分です。次回以降も報告を続けますが、参考になる文献を1件<sup>3)</sup>あげます。

#### 参考文献

- 1) 杉浦 勉, 疑似立体映像展示装置…マジックビジョンとデルビジョン, O plus E, 通巻 168 号, 88 (1993 年 11 月).
- 2) 米国特許 3,647,284 号, Optical display device, Filed: Nov. 30, 1970, Patented: Mar. 7, 1972.
- 3) 鏡 惟史, 連載ホビーハウス「空中に浮かぶ立方体と人の像」, O plus E, 32 巻 7 号, 876 (2010 年 7 月).



図4 組み立て前の状態

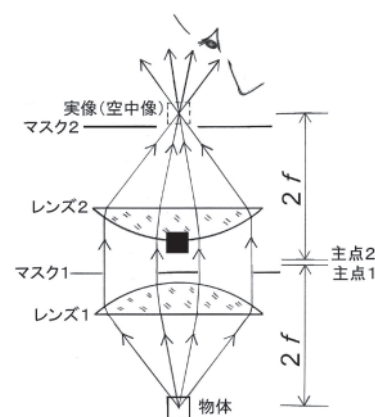


図5 展開した光路図



図6 円盤の開口上に浮かぶ像



桑山哲郎 KUWAYAMA, Tetsuro  
博士(芸術工学) 日本写真学会フェロー  
(当協会 人材育成委員会 委員, 「光応用技術研修会」講師)