

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20回 アナモルフォーズの光学 (4) 円筒鏡アナモルフォーズ その1

円筒鏡アナモルフォーズは、台形アナモルフォーズと並んでアナモルフォーズの勢力分布を二分しています。作品とその作図法は数多く存在します。けれども、光の反射の法則から始まり結像光学と光学機器について解説をする者にとっては、ぜひ補足したい事柄があるので、今回のご報告といたします。

図1をご覧ください。これはヨーロッパで販売されていた円筒鏡アナモルフォーズの版画です。“ロバの上のサンチョ・パンサ”というタイトルが付けられています。図2は手作りの円筒鏡を図の上に立てた状態です。元の図からは何が描かれているのか良く分からなかったのが、反射像では人物とロバの姿がはっきり分かります。図3は、この図を納めている小冊子¹⁾の表紙です。鏡面のプラスチックシートが付属していて、円筒鏡アナモルフォーズをすぐに体験することができます。

円筒鏡アナモルフォーズの作図法については、数多くのバリエーションがあり、詳しく解説しようとするとな多くのページが必要になります。光学機器設計の立場からは、いろいろな作図法が考案され決定版が存在しない理由を推測できます。透視図法の観点からは、三次元の空間中に1点、観賞位置を決める必要がありますが、これが考える人によりバラバラで、その作図法も違ってしまいます。それでも、一番単純な作図法は存在しています。図4は、1638年のニセロンの著書²⁾の図です。まず正方形に分割された方眼の上に人物の像を描きます。次に、等間隔の同心円を一定の角度（ここでは22.5度）に分割したガイド枠、円方眼紙の形を描きます。元の図の各部分を座標位置に従い円方眼紙に書き写す



図1 円筒鏡アナモルフォーズの図



図2 円筒鏡アナモルフォーズの像



図3 冊子の表紙¹⁾

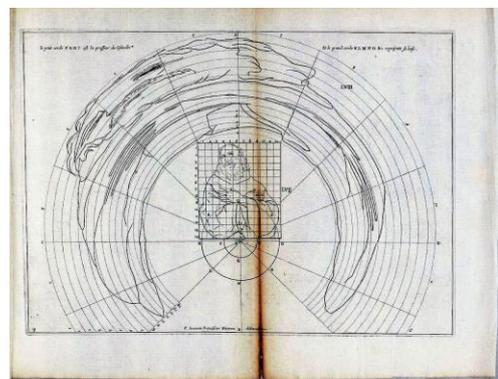


図4 円筒鏡アナモルフォーズの作図法²⁾

ことで、円筒鏡アナモルフォーズの作図が完成します。これは、円方眼紙の上に円筒鏡を置くと、反射像はほぼ正方形あるいは長方形の枠に見えることを利用しています。

光学機器の特性として注目したいのは、縦横の結像倍率が連続可変の結像装置であることです。図5は、同じ冊子¹⁾にある“ハートの10”を観賞している状態です。下向きに約45度で見るとトランプの形に見えますが、見る位置を下に移動すると円筒鏡に映る像は高さが縮小して下の様になります。

図6でこれを模式的に説明します³⁾。図6(a)の平面図で、原画の上の点Aから射出する光は、円筒鏡で反射して右眼と左眼に入射します。凸面鏡の焦点距離は半径の $-1/2$ で、無限遠に置かれた物体の虚像は鏡の表面から半径の $1/2$ 奥に生じます。物体距離が有限の場合はこれよりも少し手前A'に像が生じますが、その差は小さいので模式図では図のようになります。左右の眼球光学系でのピント合わせ位置は、円筒鏡の表面近傍になります。一方、図6(b)の垂直断面では、様子は大きく変わります。平面鏡による反射と考えることができるので、元の絵の上の点Aの鏡像は点A"に生じ、円筒鏡よりもはるかに奥で視線方向に対して大きく傾いた像になります。このため観賞する位置を上下に動かすと、上下方向の像寸法は大きく変化します。また、上下方向の結像と左右方向の結像位置が前後に大きく異なるので、反射像上の各点は円筒鏡に対して上下に大きく位置を変えます。

円筒鏡アナモルフォーズに向き合い、見る位置を動かしても像の左右方向の寸法はほとんど変わらず上下方向の像の寸法だけが大きく変わる様子を見ていただき、図6を参照しながらこの風変りな光学系への理解を深めていただければ幸いです。



図5 円筒鏡アナモルフォーズの形の変化³⁾

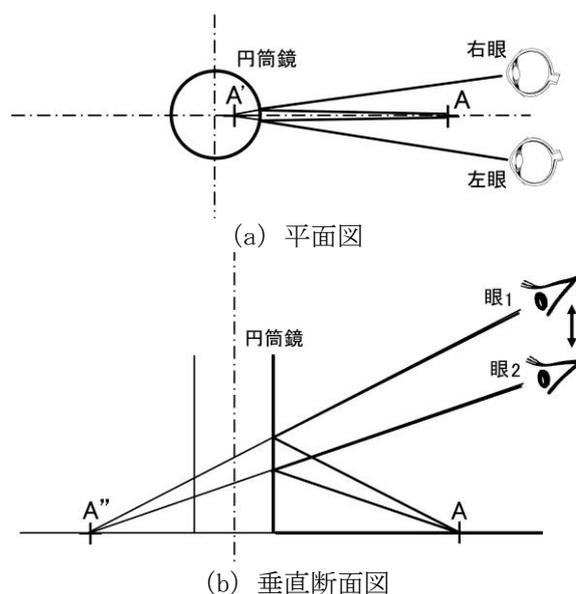


図6 円筒鏡による反射の光路図

参考文献

- 1) McLoughlin Bros,編, “The Magic Mirror: An Antique Optical Toy”, Dover Publications, Inc. N.Y. (1979).
- 2) ニセロン (Jean François Nicéron), 「奇妙な遠近法」“La Perspective Curieuse” (1638).
- 3) 鏡惟史, 「円筒鏡アナモルフォーズの光学」, 連載ホビーハウス, O plus E, 第27巻6号, 683 (2005).



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)