

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2回 「凹面鏡に映る像 その1」

結像光学を教える導入では、光線と光の直進、そして反射の法則と屈折の法則へと進みます。続いて「結像」を教えるのですがこのとき、凸レンズを取り上げる流儀と、凹面鏡を取り上げる流儀があります。どちらも一長一短がありますが、凹面鏡の場合は単純な反射の法則と、反射面の位置・形だけで反射された光線を決定することができる利点があります。球の中心から発散する光線は反射して球の中心に集まるという簡単な例から、回転楕円体により反射光が一点に集まることなど、高校レベルの数学での取り扱いができます。この続きとして実物で教育を行なおうと考え、凹面鏡を持ち出して像を見せると、以下のような困難に出会います。

図1をご覧ください。これは、ニコンミュージアムに展示されている巨大な凹面鏡、直径1.5mの探照灯（サーチライト）用の鏡に向かうと現れる光景です。観察者（私自身）の体が、上下正立の像と、縮小された上下反転像として見えます。カバーガラスが手前に配置されていて、凹面鏡による像と、平面による反射像が重なって見えているのです。単純化した光路図を図2に描きました。これで話が完結すると問題が無いのですが、実際に現場に体を置いて2つの像を見ると、図2の作図結果とは、かなり違って見えるのです。

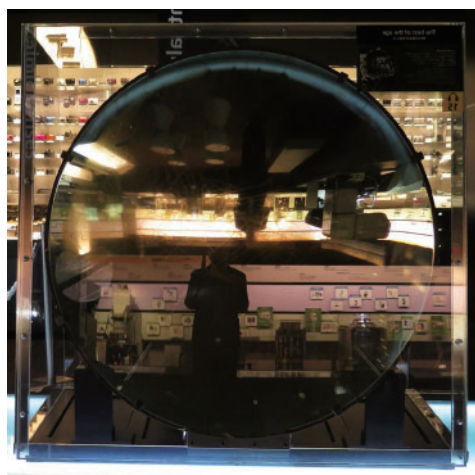


図1 凹面鏡に映る観察者の姿
(ニコンミュージアム, 著者撮影)

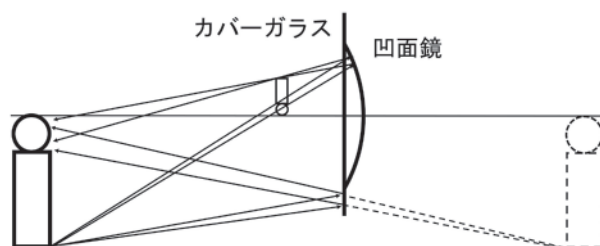


図2 鏡による結像の図

凹面鏡の表面には擦り傷があり、見えている鏡の面と反射像は重なります。このとき像は、鏡の面上にある様にも見えることが経験則として報告されています。けれども不思議なのは、縮小された倒立像です。見る位置を左右に変えると図2の通り鏡より手前の空中に位置していることが確認できますが、感覚としてははるか遠方に

に感じられるのです。鏡に映っているのは自分の体で、見える大きさから距離を推定するヒトの視覚系の情報処理が、両眼視による手前の空中に像が存在するという判断に勝ってしまうのでしょうか。現場の様子をお伝えするため、図3として斜めからの写真を掲載します。



図3 斜めから見た凹面鏡
(ニコンミュージアム, 著者撮影)



図4 幼児向け雑誌『おともだち』の
表紙と付録

なお、博物館、ミュージアムの常設展示は何回も確かめたい場合には大変助かります。品川駅近くのニコンミュージアムは2015年10月に開館しましたが、私はこの凹面鏡と10回以上対面しています。

凹面鏡の変わった話題として、3, 4, 5歳の幼児向け雑誌の付録があります。図4は、月刊誌「おともだち」¹⁾の表紙と付録「ふしぎコンパクト」です。曲率半径の小さな凹面鏡のため、鏡に向かうと自分自身の顔の縮小された倒立像が鏡の上に現れます。身近な凹面鏡は拡大鏡としての利用がほとんどですが、実像を作り出すことに気付いた編集者は素晴らしいと思います。対象とする年齢から当然、結像光学について教えるねらいではないのですが、光学のしかけについて、理解が深まることは大変好ましいと思います。

凹面鏡が鏡の手前の空間に作り出す実像が、いつから知られていたのかははっきりしませんが1630年頃にデカルト(1596~1650年)が友人メルセンヌに宛てた手紙の記載が伝わっています²⁾。図5で、凹面鏡bにより物体aが空中に実像eとして結像され、観賞者dが見るとされています。デカルトは、結像光学に関して多くの優れた解説を残していて、その著作をもっと解明したいと考えています。

凹面鏡が作り出す像については多くの話題があるので、順次取り上げていきたいと考えています。

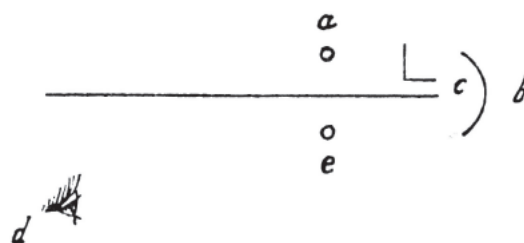


図5 デカルトによる凹面鏡の図(1630年頃)

参考文献

- 1) 月刊誌「おともだち」, 講談社(2017年11月号).
- 2) 村上勝三, 科学の光・光の科学—デカルトと光をめぐる, 遊びの百科全書—③レンズ・マジック, 日本ブリタニカ(1979).



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)