

## 光学系の図を正確に描こうー その 2: 相手の中のイメージに注意を払おう

桑山哲郎 KUWAYAMA, Tetsuro  
(当協会 人材育成委員会 委員,  
「光応用技術研修会」講師)

2013年7月号のこの「焦点」<sup>1)</sup>には、「光学系の図を正確に描こう」という呼びかけを掲載させていただいた。賛同される意見に加え、いくつかのコメントもいただき大変勉強になった。けれどもそのままでは発信すべき情報としては大変不十分なので、今回続編をお送りしたい。結像光学系、なかでもカメラの光学系について一般の方たちに教える際、「撮影画角」のイメージが相手の中に存在しないことが大きな障害となっていると思う。カメラを手にして写真を撮影することから、結像光学とのかかわりを始めた者にとって、相手が「撮影画角」をイメージできないということは、相当想像力を働かせなければ考え難い。今回はこの点を中心に私見を述べさせていただく。

まずは図1をご覧ください。「よく見かける」図と受けとられる方が多いだろうが、光学機器について正しい知識を普及させたいと考える者にとっては、問題点が山積していて悩ましい状況が続いている。正しい、あるいは適切な図と受け取られることが無い様、「？」を各所に記入した。細部については多少異なる図が流通しているが、この図を代表として論じたい。この図からいくつかの間違った知識が発信されてしまうのだが、最も重要なのは、(1) 眼球光学系の水平断面図を、垂直断面である様に配置している。(2) ある撮影画角に配置され物体上の1点から発散する光束が、結像光学系により像面のほぼ1点に収束するという結像の基本が図示されていない。の2点とすることができる。

「眼球の水平断面」は、基本から学んだ者にとっては、間違えるはずが無い事柄であるのだが、一般の方の認識はバラバラの様である。ヒトの頭部を、左右両眼を通る水平面で切断する。このとき眼球の断面図は左右対称の配置で、視神経の束は左右とも人体の中心線に向かう。この図は、頭頂から見た右眼の水平断面図、あるいは足の側から見た左眼の水平断面図となる。垂直断面図となる瞼との組み合わせが、見る人に対して誤った知識を与えることとなる。なお最近は、正しい説明が増えてきている様に感じている。

一方「撮影画角をイメージすることができない」問題については、光学技術の歴史に興味を持ち、教育にかかわっている者としては大変残念なことがある。図2をご覧ください。これは1637年に出版されたルネ・デカルト(1596-1650年)の著書、『屈折光学』<sup>2)</sup>に収められている図である。軸外物点に対する結像の図としては、大変正確な光路図であり、そのままカメ

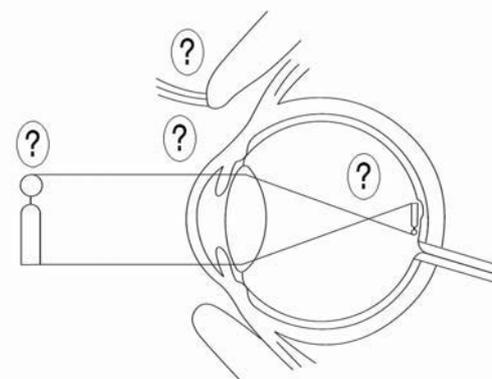


図1 「よく見かける？」目の光学系の図

ラでの撮影光路の説明図として通用する。特に、角膜第1面で光線が大きく屈折する様子が良く描かれている点でも、優れている。ところが、この図の光路の正確さを高く評価する言葉を見つけることができないのである。

「物体が結像光学系を介して像面に結像する。」というイメージの持ち方が、一般の方々でも光学の専門家でも2つに分かれているのではないかと思われる。私は、焦点距離35mmの広角レンズと100mmの望遠レンズを交換し、距離計連動式35ミリカメラを使用することから写真の趣味をスタートした。被写体にカメラを向けるのに、撮影画角をまず手の感覚として持った。一方、物体（被写体）をレンズの口径と同じ大きさに描くことに何の違和感も持たない方が多いのは、光学機器を理解させる上で障害となっていると思われる。中学校までの学校教育では、レンズ系よりも大きな物体は作図にほとんど現れない。

似た様なたとえであるが、送電線を巡る話題を紹介したい。「学校では直流と交流どちらも導線は2本と教わったのに、3本の導線で電力を送っているのを見かけるのはなぜ？」という書き込みをネット上で見つけた。これは、教科としての理科と、技術・家庭科の担当範囲の違いに相当する。日本で、日常の景色で見かける送電線は電圧6,600Vの三相交流、一方家庭に導かれる電力線は単相200Vの3線式配線となっている。社会人としての視点で勉強すれば、送電線は3本であることが分かるのだがこれには個人差が大きい。

結像光学においても理科の範囲での義務教育は存在するが、カメラでの撮影までは、教わるのが少ない。また別な状況で、光学関係者の中で「物体の大きさが第1レンズよりも小さい場合しか考える必要がないと」する勢力は、かなり大きいと思われる。顕微鏡や半導体露光装置の光学機器、またレーザーを用いるあるいは光学的な情報処理を行う研究の分野両方で、物体はレンズより小さい。仕事として光学機器にかかわった最初が、物体がレンズより小さかった方は、最後まで「撮影画角」をイメージしにくいのではないかと、偏見的な見方であるが私はこう考えている。

デカルトによる図2であるが、「ある画角に配置した物点から発散する光束のうち、開口絞りを通過する光束が収束して結像に寄与する」正確な図であるという評価を、調べても見つけることができない。大変残念なことである。「撮影画角」がイメージできない結果生じる現象として、図3を示す。ある文書の編纂作業で、広角レンズと望遠レンズによるパースペクティブの違いを説明する必要が生じた。出典は分からなかったが、既存の説明図の例として図3があり、たいへん戸惑った。図として不適當とはすぐに判断したが、この図を描いた人物が持つレンズによる結像の「イメージ」を推測してみた。物体⇒結像レンズ⇒像面はそれぞれ名詞であり、同格である。単語を簡条書きにする発想で、同じ大きさに図示するのが適當、と考えたのだろう。一方私は、机の上のミニ・スタジオに小物を配列し、説明用の写真を撮影することが多い。このとき、写真に興味を持ち始めた頃に入手したアメリカの写真雑誌を思い出すことがある。焦点距離35mmの広角レンズと焦点距離100mmの望遠レンズ、どちらもF値4.0を想定して描いた説明図が図4である。アイデアとしてはオリジナルではなく、伝統的な写真

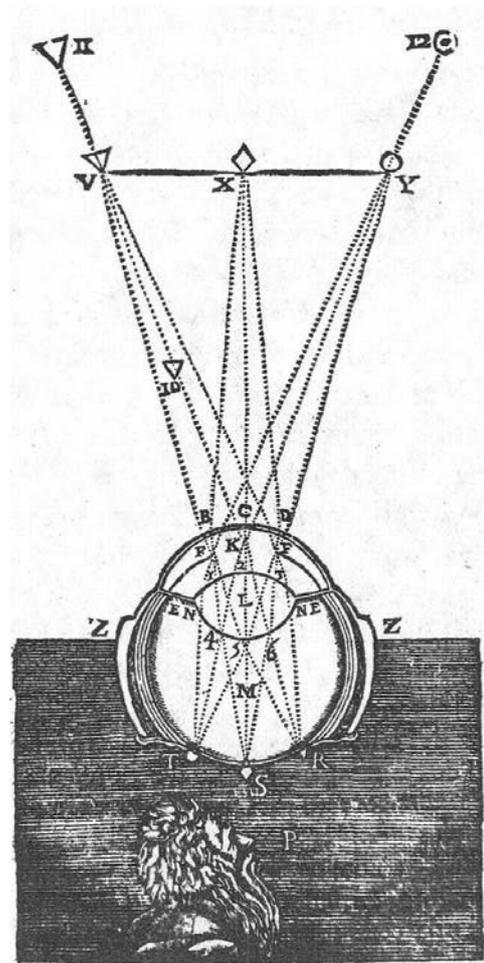


図2 『屈折光学』(1637年, デカルト)の図

教育の筋に沿っている。像は上下左右を反転させないと右の図にはならないのだが、あえて追加の説明はしていない。

これまで、私はいろいろな場面で光学、とくに光学機器について教育的な視点でやり取りを重ねてきているのだが、いくつかの失敗をしている。適切と思える言葉と教材を用いても、相手の理解が思い通は進まないことがたびたびある。教える側の「想い」とは別に、教わる側が持っている結像光学と光学機器に対するイメージを推測し、話についてくることのできる様にやり取りを行うことが重要と思われる。

光学機器の説明としては不適當な図 1 と図 3 をあえて示し、相手の中にある光学系のイメージについて考えることの重要性を指摘した。皆様からのご意見を頂ければ幸いである。また別なイメージ例をご提供いただくことも歓迎する。

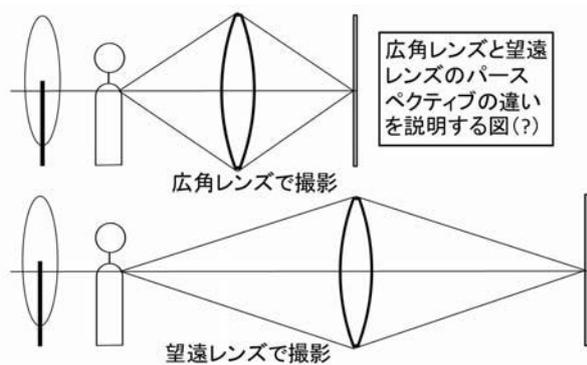


図 3 ある説明図

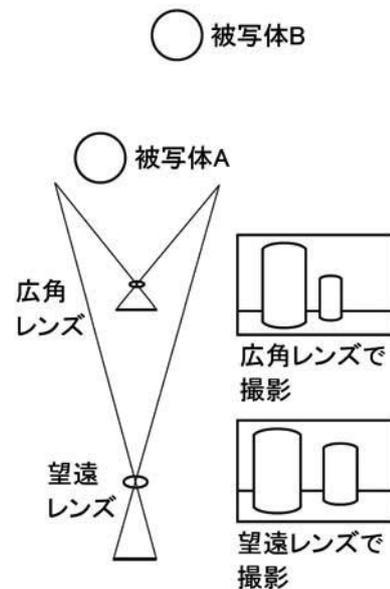


図 4 広角レンズと望遠レンズ間のパースペクティブの違いを説明する図

#### 参考文献

- 1) 桑山哲郎, 焦点: 光学系の図を正確に描こう, 光技術コンタクト, Vol. 51 No.7 (通巻 596 号) p.1-3 (2013).
- 2) デカルト, 『屈折光学 (La Dioptrique)』 (1637).