

視学一步

藤原 裕文

(室蘭工業大学工学部)

現代に写本として伝わる『視学一步』¹⁾は、1824年に中天游（名は環）(1783～1835年)により訳述されたわが国最初の幾何光学の書である。本書は本文40ページ足らずで付図33であり、その底本は不明という。彼は、大槻玄沢や稻村三泊に蘭学を学び、医業は妻に任せ、大坂に思々斎塾を開いて子弟教育に専念した。また緒方洪庵は最初の4年間を彼の塾で医学や蘭学を学んだ²⁾。『視学一步』の科学史的評価は決して高くない。その理由として、わが国で最初に幾何光学を扱っているが初步のレベルにとどまっていること、今日の光学の知識を踏まえても理解に苦しむ部分があること、わが国の科学技術の発展に大きく貢献したとは考えにくいことなどが挙げられる。しかし、わが国における光の科学技術史の事跡をたどろうとすると、避けて通れない一冊であると考える。今回、日本学士院蔵の写本『視学一步』（仲環著、伊藤佑膺朝臣書）¹⁾を参考にして、2、3の話題を紹介する。本書は写本のせいか、写し間違いと思われる記号、数値や図表等がいくつかある。

本書には章名は付いていないので、内容の順序を簡単に記す。視線と影線（=光線）に始まり、影線と相互作用する3種類の媒質、反射と屈折、視差と大気の粗密、影線屈折の調べ方、レンズや球面鏡による像形成、針穴写真や写真鏡などの視学諸器による像形成、目の構造、そして像形成と視覚で終わっている。

『視学一步』の冒頭で、「人身意識の器官で最も貴重なるものは、皆頭に存す。頭は神の宮城であるからである。その四司（=眼、耳、鼻、口）のうち、どれが最も貴いか」と問う。耳については、先哲アリストテレス（Aristoteles、前384～322年）³⁾の説を引用して、「耳を称えて百学の母である。それ師に従って事を学ぶのに耳がある。よく精理を聞くことによって学問いよいよ精しくいよいよ

広い」という。また目については、バラト⁴⁾の説を引いて、「目を称えて理学の師である。目は物を見てその然るを見てその然る所以を推察し、粗を以て精を研ぎ頭より微を開く。日月・星辰・彗星にいたるまでその眞本を窮明するのは、目力に依らざるをえない」という。続けて、「およそ物体の大小・方（=四角）円・正不正・動静・遠近・多少・人神、たとえ精しくとも、目がよくこれを弁じるのでなければ、どうして識ることができようか。故に目最も四司の長である。智の入口であり、神の門である」と目の物を見る理を明らかにする理由を力説する。

古代ギリシャ時代から、視覚には3種類の説があった。眼から視線が出て対象物にふれるという説、対象物から光線が眼内に流れ込むという説、それに両者の折衷説である。アリストテレス⁵⁾の唱える折衷説では、見られるものと眼との間にあるものが（透明な）光であっても空気であっても、これを通る動きが見ることを生ずるという。プラトン（Platon、前427～347年）⁴⁾の折衷説では、内から出る流れ（=視線）が外のもの（=光線）と出遭って抵抗する場所で、目と直ぐな方向に单一で同質的な物体を作るという。

さて、本題に戻って、『視学一步』に定義された視線と影線をみておこう。「およそ目で物をみるのは、眼心と物との間は常に一直線をなす。これを視線と名付ける。万物の体質に影色のないものはない。その影は気中に走り、十方に充ち、光芒のようである。これを影線と名付ける。影線の一線が眼心に来映し、視線となる。（中略）目と物との中間の一直線を、目よりいえば視線であり、物よりいえば影線である」。文中の眼心という術語は、本書に初出というわけではない。『解体新書』⁶⁾によると、「瞳は眼心の黒点である。（中略）万物の姿はここから眼底に達する」と書かれている。2本の影線がピンホールを通過する際に

表1 透明体(空気, 水, 玻璃)における屈折の法則を与える六等差表(『視学一歩』に記載された数値。括弧内の数値は『遠鏡図説』から転写。ただし、表中の例えば「十度三十分」等は『遠鏡図説』では「一〇度三〇分」等と記されていて同じ意味であるため省略した)。

八十度	七十度	六十度	五十度	四十度	三十度	(二〇度)	十度	傾垂線度 (距天頂度)	六等差表
(九〇度〇分)	(四十九度〇分)	(四十六度五八分)	(四十二度二一分)	(三十六度三五分)	二十六度三四五	三十度	二十二度五十分	十五度二十五分	
一百度	九十四度三十分	七十九度三〇分	七一九度五十分	六五度〇分	二十五度	五十一度	三十七度三十分	二十四度三〇分	
四十二度	三十八度三十分	三十四度三〇分	三十四度五十分	三十一度	二十二度	十九度五十分	十三度三十分	七度	
百十八度	分(二〇一度二〇)	百〇一度二〇	八十五度三十	七十一度	五十五度	四十度三〇分	二十六度三〇分	十二度	
六十一度	五十六度	四十九度三十	四九度三〇分	四二度三〇分	三十五度	二十七度	十八度三十分	九度三十	
九十八度	八十四度	七十一度三十分	五十七度三〇分	四十五度	三十五度	二二度三〇分	二十三度三〇分	十度三十	

交差することに対応させて、瞳が眼心と名付けられたと推察する。現代の言葉でいえば、眼心は模型眼における節点に当たるのであろうか。

影線の通過することのできる透明体を、「気が最も薄く、水がこれに次ぐ。硝子、水晶、瑠璃などは最も厚い」と薄厚に分類する。「影線が其の内部を貫通するときに必ず直線となる。ある透明物質から他の質に影線が移るときには、その厚薄に従ってその線は屈折する。厚い質より薄い質に入るときは開き(=屈折角が大)、薄い質より厚い質

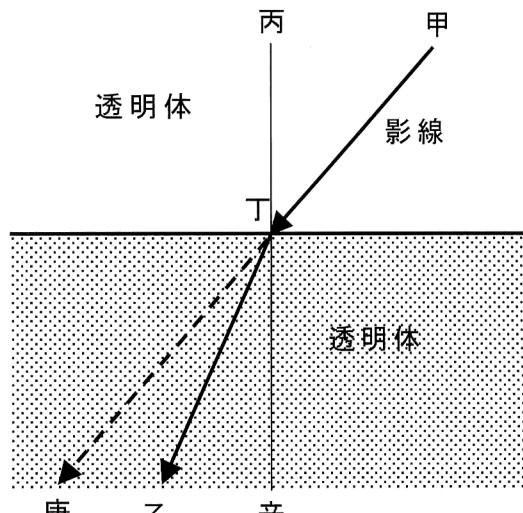


図1 透明体における影線の屈折。

に入るときは屈する(=屈折角が小)」と述べる。さらに影線の屈折の原因は「その透明体の上部にある分子に引力がある」と説く。

六等差表という影線の入射角と屈折角の関係を与えた数表(表1)を用いて、影線の屈折角を具体的に求めている。江戸時代の科学書を見わたしても、この種の数表が使われるのはきわめて稀である。図1を参照して影線屈折を求める方法を説明する。「透明体の上面が平坦である」という。丙丁辛はその垂線である。影線が甲より丁に来る。垂線に傾くことは丙と甲の間(=入射角)である。もしその直線を守るときは正しく庚に映る。(実際に)丁において屈折して乙にいたる。辛乙との間の差(=屈折角)は、丙と甲の傾き(=入射角)の多少に従って、その定度(=屈折の角度)は六等差表によって試みればよい。(中略)丙甲の度が30であるときには、乙辛の度は32度(22度が正しい)上下分である。気より水に入るの段30度の下にあるがごとし」とある。表1の最上段に10度から10度きざみに90度までの傾垂線度(=入射角)が与えられているので、例えば空気から水への入射であれば、ある傾垂線度の下の従気入干水(=気より水に入る)の段から屈折角が求まる。

この六等差表の出典に関しては、山路彰常・中西邦孚編著『遠鏡図説』⁷⁾(1856年)に同様の数表が記載されているのを見いだした。それによると、中国で布教にあたったイエズス会士・フェルビースト(F. Verbiest, ベルギー, 漢名・南懷仁)が西洋の天文機器、天文台、天文観測などについて書き記した『靈台儀象志』(1673年, 筆者は未見)が六等差表の出典という。本書はわが国に舶載され、視学の分野にも影響を与えたという。また志筑忠雄著『曆

象新書』⁸⁾（1793年）中篇付録の「光明有体」の割注にも、水気差表は『靈台儀象志』に掲載されている旨記されている。表1の括弧つきの数値や術語は『遠鏡図説』⁷⁾から転載したものであるが、『遠鏡図説』と『視学一步』において一致する場合には、『視学一步』に記載された数値のみを記してある。各傾垂線度の下段は、上から順に、従気入干水、従水入干氣、従気入干玻璃、従玻璃入干氣、従水入干玻璃、従玻璃入干水が正しいと思われる。このように屈折率の計算表が6種類あることから六等差表と呼ばれたのであろうか。『靈台儀象志』には影線の入射角が臨界角以上においてもその屈折角が記載されているが、江戸時代の人々がそれに疑問を抱くほどの科学的余裕は全くなかったのであろう。ちなみに『靈台儀象志』の出版はニュートン（I. Newton）の著した『光学』の約40年前である。

さらに、平坦でない中高と中窪の二種類の透明体（＝凸や凹レンズ）にも、影線の触れるところの垂線について六等差表を適用すれば影線屈折を論じることができるという。しかし、レンズなどの視学諸器による像形成に影線屈折を応用しようとすると、その説明は定性的となり、誤りも散見することになる。

ピンホール写真や写真鏡と眼の各部の対応関係を明らかにした後に、網膜上に倒立する影像が生じるのを、以下のように述べる。「瞳孔はよく影線を収斂させ、羅紋膜（＝網膜）に到達させる。水晶液（＝水晶体）は瞳孔にはいる交点を受けて再び羅紋膜に達する影線の角度を適宜ならしめる。およそ小孔内に入る影は、必ず倒置する。眼の瞳孔より収斂する影もまた倒置することは、写真鏡の理と同じく一般的である。もしそうであれば物を見ることは常に倒置である」。それにもかかわらず人が正景を見るのは、「瞳神經（＝視神經）の力がよく上下左右を識別することができるからである」と説明する。

江戸時代において西洋の近代科学を受け入れてきた集団はおもに医師であったことから、窮理学も医学の補助学的性格を払拭することはできなかったのであろう。その点では光学も例外ではなく、光学の主題は光の本性にあったというより、むしろ眼目視法つまり視学にあったというのが実情であろう。

文献と註

- 1) 中天游：視学一步（日本学士院蔵）。
- 2) 藤野常三郎：日本近代医学の歩み（講談社、1974）。
- 3) 山本光雄編：アリストテレス全集6（岩波書店、1968年）。『感覚と感覚されるものについて 第1章』（福島民雄訳、pp. 181-184）のなかで、アリストテレスは、以下のように、叡智の発達に聴覚がもっとも大きな役割を勤めると述べている。「三つの感覚（嗅覚、聴覚、視覚）そのもののうちで視覚はそれだけとってみれば生活の必要さにおいては一段とすぐれたものである。だが理智の発達のため、またそれには付随する結果からすれば聴覚の方がよりすぐれたものである。なぜなら視覚という能力は、すべての物体が色を具有しているために、多くのそしてあらゆる種類の差異を告げ知らせるからである。したがって私は大きさとか形とか動きとか数とかを事物に共通であると言うのであるがこの感覚すなわち視覚によってこれら共通なものもまたもっと多く感覚されるのである。だが聴覚は音の差異だけしか告げ知らせないのであって、それが声すなわち有節音の差異をも告げ知らせるのは少数の動物においてである。して付帯的間接的にではあるが聴覚は叡智の発達に対してはもっとも大きな役割を勤める。」
- 4) 山本光雄編：プラトン全集6（角川書店、1974年）。『ティマイオス』（泉治典訳、pp. 211-215）のなかでプラトンはおよそ次のように述べている。「神々は、頭の容器の前方に顔をおき、魂のあらゆる予見に必要な器官をそこに付けて、この本来の前面が指導力のあるものとなるように定めた。その器官としては第一に、光をわたしたちの中へ運び込む目を作つてこれを顔に結びつけた。（中略）神々は、わたしたちの内にある、それと兄弟的な純粋な火が目をとおって流れるようとした。（中略）光（影線）が視覚の流れ（=視線）に近づくと、似たものは似たものと合体し、内から出る流れ（=視線）が外のもの（影線）と出遭つて抵抗する場所で、目と直ぐな方向に单一で同質的な物体を作ることになる。（中略）目がわたしたちにとって最大の益はわたしたちが愛知に属するものを手に入れるようになったことである。」これから考えると、バラトとはプラトンあるいはプラトン信奉者の誰かであるとの推察も許されるであろう。
- 5) 福島民雄訳：『感覚と感覚されるものについて 第2章』アリストテレス全集6（岩波書店、1968年）pp. 184-190。
- 6) 杉田玄白著、酒井シヅ訳：解体新書（講談社）。
- 7) 山路彰常・中西邦孚編著：『遠鏡図説』江戸科学古典叢書38（恒和出版、1977）。
- 8) 志筑忠雄著、三枝博音編：『暦象新書』日本哲学全書第9巻（第一書房、1936年）。