

2003年11月6日(木)

Descartes 屈折光学

～ レンズをつくる曲線～

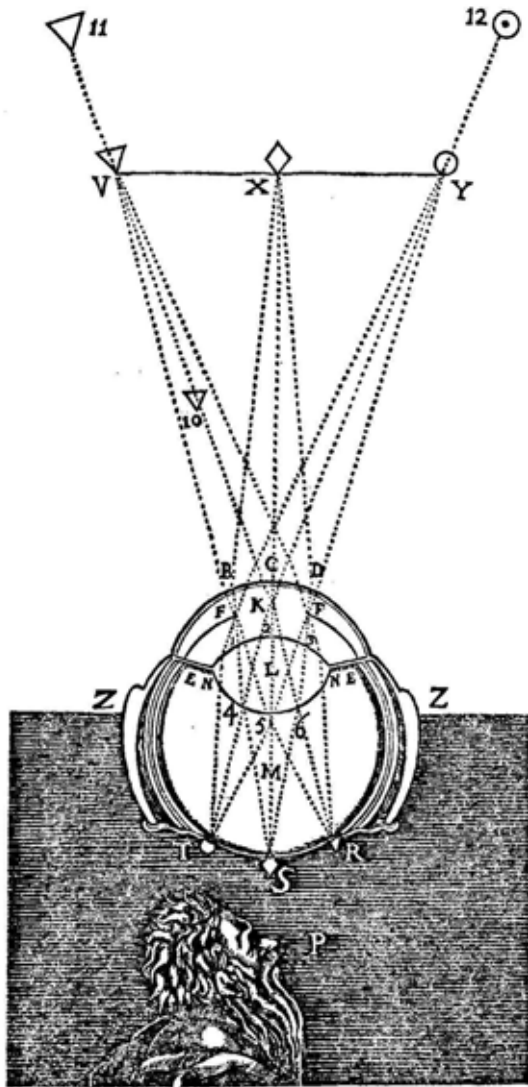
授業資料 1日目



2年1組 番 氏名 _____

授業者：筑波大学大学院教育研究科 今村幸永

0 . はじめに



質問 この絵は 17 世紀に書かれた絵です。この人は何をしているところだと思いませんか。

前頁の絵はデカルトの著書『屈折光学』(La Dioptrique)の中に出てくるものです。デカルトは光の特性、光の屈折、目の構造、視覚、レンズについて述べています。まずはデカルトについてみていこう。

1. 人物紹介



ルネ = デカルト (Rene=Descartes 1596-1650)

- フランスのトゥレーヌで生まれる。
- 数学者、哲学者、自然科学者である。
- 近代哲学の父と言われている。
- 「我思う、ゆえに我あり」という言葉で有名
- 『方法序説』を書く。その中に「屈折光学」「気象学」「幾何学」がある。
- 座標の概念を提案、確立し、三次元空間まで拡張した。
- いろいろな機械を製作した。

2 . 目の構造

先ほどの図はデカルトが目の構造を知るために、亡くなった人や牛の目を用いて、目に映る映像はどのようなものであるかという実験を行ったものでした。これから、デカルトが行ったその実験をみんなで体験してみよう。

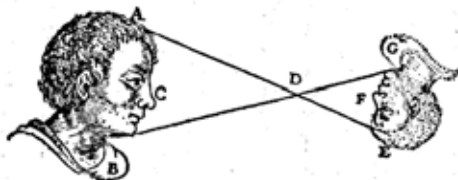
問題 どんな風に見えましたか。また、対象物からでる光の道筋を以下の図に書き入れて下さい。



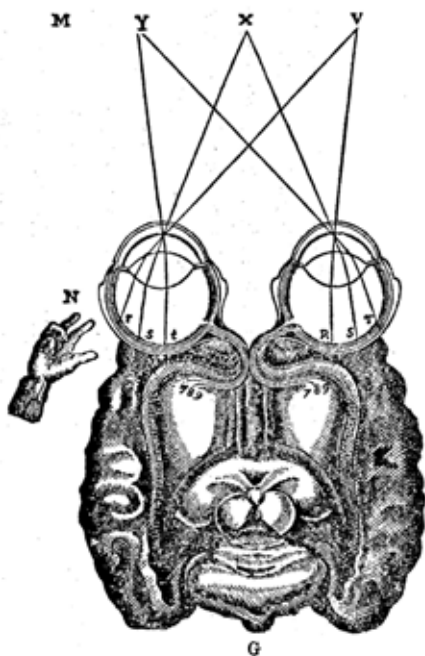
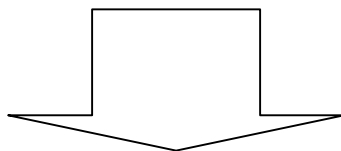
レンズとスクリーンの間にはどのような図形(立体)ができるだろうか？考えてみよう。



スクリーンに見えた像は下図のような逆像になったものでした。

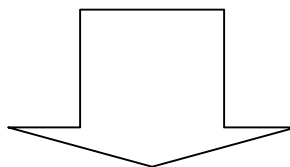


なぜ逆像になるの？

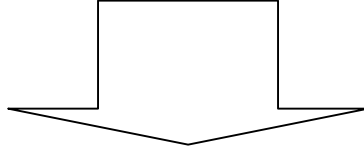


左の図は人間の眼と脳を図式化したものである。3点Y, X, Vからでた光はそれぞれ、レンズの屈折作用によりr,s,t(左目奥)又はR, S, T(右目奥)へ向かう事がわかるだろう。これは実際の点の位置とは逆の配置で網膜に映っているということである。この図は水平方向だが、垂直方向にも同様のことが言える。

だから、網膜において像は逆像となって映るのである。



レンズによる屈折によって逆像となる



これから3日間レンズについて
学習していきます。まずは屈折に
ついて考えていこう

コラム 1

デカルトの時代背景とレンズの重要性

17世紀末、ヨーロッパではルネサンスが終焉を迎え、科学革命という時代の転換期の中にあった。そのころ、人の五感(触覚、視覚、嗅覚、味覚、聴覚)の中で最も重要とされていたのは視覚であった。学者やエリートたちの中にはその重要である視力を落としてしまう人もいた。また、レンズは軍事的な目的としても扱われるようになった。そのよい例は望遠鏡である。そのような人や国のためにデカルトがレンズの研究を行い、メガネや望遠鏡に適するレンズの種類を考案した。

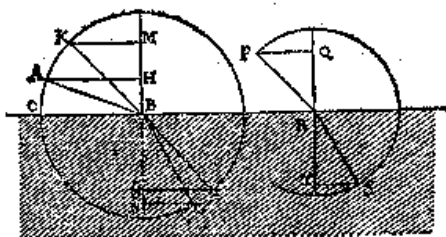
3 . 屈折について

屈折とは

光が物質 1 から物質 2 へ入射する時に方向を変える現象を言います。その仕組みと関係をデカルトは屈折光学 (La Dioptrique) の中で書いています。まずは原典を探っていこう。

21-22. LA DIOPTRIQUE. — DISCOURS II. 101

tournent en telle sorte, qu'ils se trouuent toujours
 moins inclinés sur la superficie de ces cors, du costé
 où est celuy qui les reçoit le plus aysement, que du
 costé où est l'autre : & ce, iustement a proportion de
 5 ce qu'il les reçoit plus aysement que ne fait l'autre.
 Seulement faut-il prendre garde que cete inclination
 se doit mesurer par la quantité des lignes droites,
 comme CB ou AH, & EB ou IG, & semblables, com-
 parées les vnes aux autres ; non par celle des angles,
 10 tels que sont ABH ou GBI, ny beaucoup moins par
 celle des semblables a DBI, qu'on nomme les angles
 de Refraction. Car la raison ou proportion qui est
 entre ces angles, varie a toutes les diuerses inclina-
 tions des rayons ; au lieu que celle qui est entre les
 15 lignes AH & IG ou semblables, demeure la mesme en
 toutes les refractions qui sont causées par les mesmes
 cors. Comme, par exemple, s'il passe vn rayon dans
 l'air d'A vers B,
 20 qui, rencontrant au point B la superficie du verre CBR,
 se détourne vers I dans ce verre ; &
 qu'il en viene vn
 25 autre de K vers B,
 qui se détourne vers L ; & vn autre de P vers R, qui
 se détourne vers S ; il doit y auoir mesme proportion
 entre les lignes KM & LN, ou PQ & ST, qu'entre AH
 & IG, mais non pas la mesme entre les angles KBM
 30 & LBN, ou PRQ & SRT, qu'entre ABH & IBG.



< 和訳 >

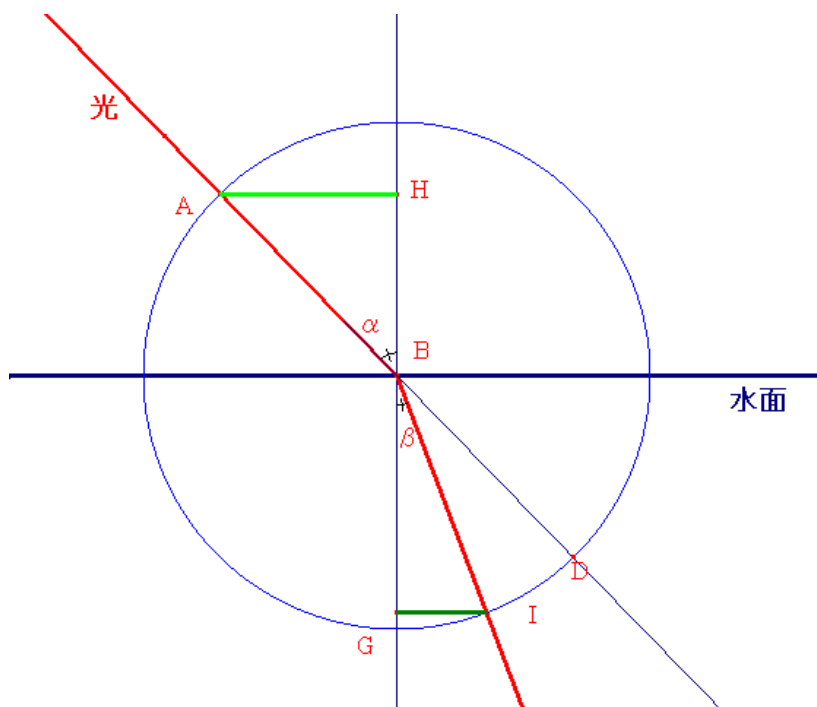
< 略 >

光線がある透明な物体から他の物体の中へ斜めに進入するとき、その物体が光線をより容易に受け入れる場合は他の物体に比べて、光線はその物体の表面で常により少なく傾斜するように向きを変えろといわねばならない。そしてこのことは、その物体が光線を受け入れる方法が、他の物体に比べてより容易であるかどうかにはちょうど比例して起こる。ただ注意しなければならないのは、この傾斜はCBあるいはAHとか、EBあるいはIGとか、互いに比較されるこのような直線によって測られねばならず、ABHやGBIといった角度、ましてや屈折角と呼ばれるDBIに似たような角度で測られてはならないということである。というのはこれらの角度の間の比、あるいは比例は、光線の傾斜によってすべて変わるからである。これに反して線AHとIGなどの間の比例は屈折が同一物質によって引き起こされる場合には必ず同一のままである。

< 略 >

(注 下線部はデカルトが考えていた屈折角であって今の屈折角ではない)

模式図



この文章を解釈してみよう

ABH や GBI といった角度には比例関係はない。

AH や IG には比例関係がある。

この文章は同一物体に対する _____ が一定であることを述べている。

つまり、AH : IG は常に であり、
屈折率と等しくなっている。

この AH と IG を三角比を使って表すと

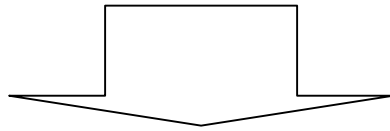
AH = _____

IG = _____ となる

よって **屈折率** = $\frac{AH}{IG} = \frac{\sin}{\sin}$

この屈折率の原理は光が平面に入射する場合で考えていた。

では、光が曲面に入射した時にはいったいどのような屈折をするのだろうか。

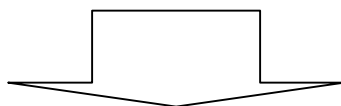
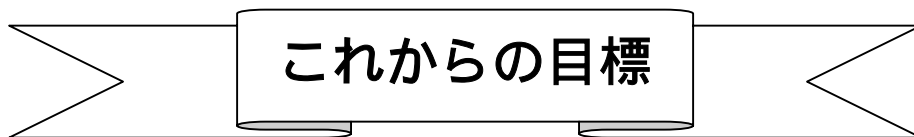


レンズを形作っている曲線(曲面)はいったいなんだろう？

4. レンズを作る曲線の種類

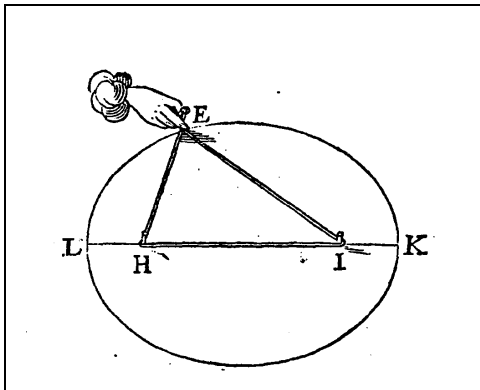
問題 メガネや望遠鏡などを構成しているレンズはどういった形をしているだろうか。
また、その表面はどういった曲線になっていると思いますか。

自分の考え



レンズをつくるいろいろな曲線とその屈折の性質を探っていこう。

5 . 楕円



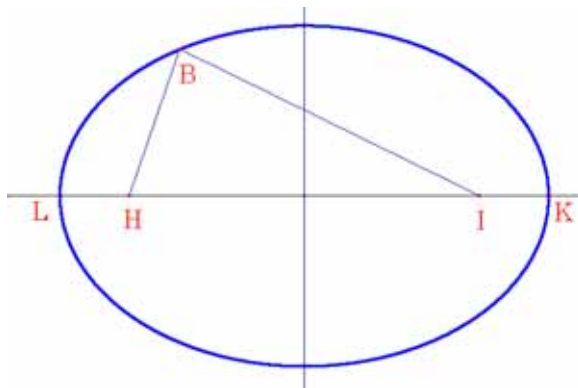
定義

点 H、I、E が与えられたとき、 $HE+IE = \text{一定 (LK)}$ とする。

このとき点 B の軌跡を楕円と呼びます。

また、H、I をこの楕円の焦点、LK を長軸、を短軸と呼びます。

例 1



例 2



円、楕円を描いてみよう

作業 ピン 1 個 ひも 1 本で円を書いてみよう。

作業 : ピン 2 個 ひも 1 本で楕円を書いてみよう。

メモ

明日の目標

- 双曲線、放物線とは何か。
- 楕円、双曲線、放物線の屈折の性質についての学習。

コラム2 レンズの歴史

- B.C 700** ニネヴェ(現在のイラク北方、アッシリアの古都)で最古のレンズが作られる。用途は太陽熱を集めるためのものとして用いられた。
- 1世紀ごろ** 古代ローマ皇帝ネロが剣闘士達の戦いを見るためにエメラルドのレンズを用いた。視力を補うものではなかった。
- 10世紀ごろ** アラビアの数学者であり、物理学者、天文学者でもあったアルハーゼン(956頃 - 1038)がメガネの可能性を発表。
- 13世紀** 世界で始めて視力を補うためのレンズの登場。(リーディングストーンと呼ばれている)
- 1285年頃** 世界で始めてのメガネの登場
- 1608年** 望遠鏡の発明(オランダ人のリッペレイによる)