

# TOMO ちゃんへ

# ウロコ先生

## 光の問題です。 (@ 勉強応援掲示板)

投稿者：TOMOちゃん 投稿日：2005/11/15(Tue) 19:03 No.2507

中1のTOMOちゃんです。今日はめずらしく理科の質問です。

光の問題です。よろしくおねがいします。

### 光の反射のところで

#### ○入射角＝反射角になる。

この部分がなんでそうなるのかわかりません。

光の帯を紙で作って折ったら同じになりました。

でもなんか納得できません。。手品見てる気分になります。。

光が斜め上から進んできたとき光の帯のはしからだんだん鏡とかにぶつかって反射していくと思います。それで反射は光の帯の両端で進む速さは変わらなくて、ぶつかる時間が違うだけと考えました。でもそこからわかりません。

屈折は光の帯で考えたらすごくわかったのに反射は???です。

もっと別の考え方があったら教えてください。

よろしくお願いします。

TOMOちゃん、すごい疑問を持ったね。ふつうは「入射角＝反射角、ふ～んそうなの」で終わりになってしまうところです。教科書や参考書では絶対に「なぜ？」なんて書いてないものね。

一部高校物理に入ってしまうかもしれないけど、ウロコ先生も頑張って、なるべく難しいことは避けて説明します。

では次のページから・・・

## ■ 光の性質

### 光の速さ

真空中では約 30 万 km / 秒、つまり 1 秒で 30 万 km も進みます。これは 1 秒で地球を 7 回り半することです。すごいスピード。

しかし、空気中とか水中などではこれより遅くなります。どのくらい遅くなるかは、その物質によって違ってきます。

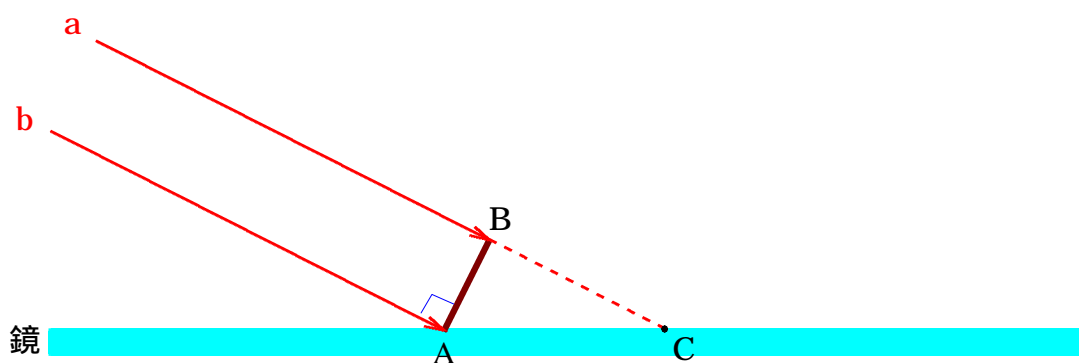
同一の物質では同じスピードで直進します。

### 入射角 = 反射角，なぜ？

その 1 ... b が鏡面に到着

光の帯を考えます。2 本の平行光線が入ってきた。その先端は揃っている。

b の光が鏡の A 点に到着。しかし a の光はまだ鏡には到着していない。a の光はまだ鏡に向かって直進します。



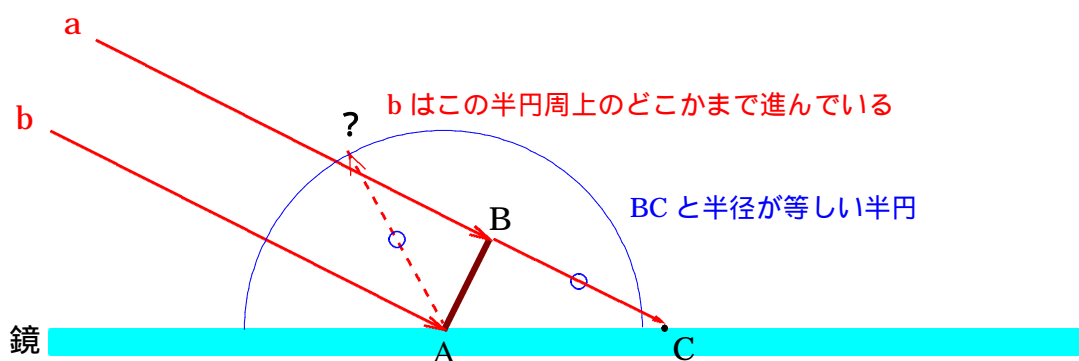
## その2... a が鏡面に到着。そのとき b は？

a が鏡面 C に到着したときに、入射角 = 反射角とはまだわかっていないとして、a の光が鏡に到着するまでの距離 (B C) に等しいだけ b の光は A 点から進んでいるはず。

それはどこへ進んでいるかわからないけれど、とにかく A からの距離は B C に等しいはず。

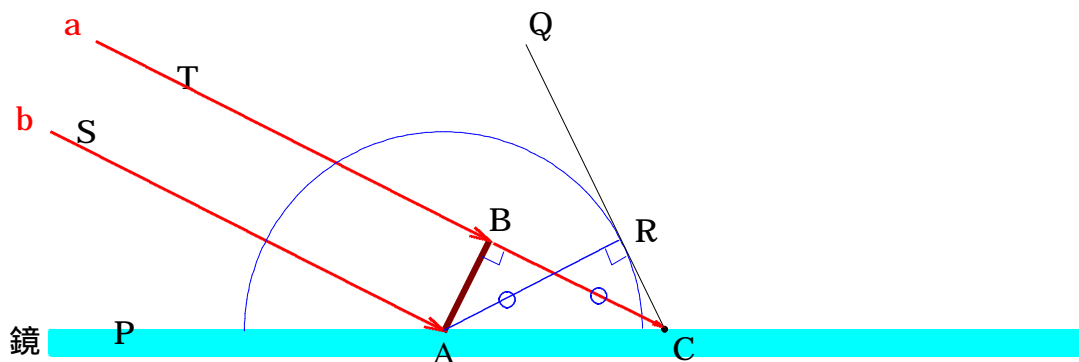
A 点からの距離が BC の長さに等しいけれど、どの位置かわからないというなら、それは A を中心とする半径が BC と等しい円周上にあることになる。但し、ここでは鏡があるから、鏡より上の半円になる。

だからその半円をつくってやる。

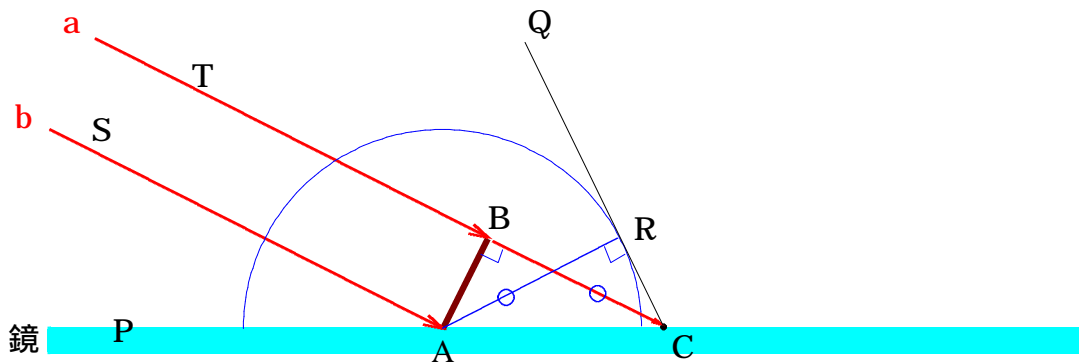


ここからは数学の図形で考えることになるよ。C から半円に接線を引き、A と接点 R を結び、AR = CQ。 (いろんな位置を図のように定める)

「円の中心と接点を結びと接線と垂直(90°)になる」という定理



$\triangle ABC$  と  $\triangle CRA$  で  
 $\angle ABC = \angle CRA = 90^\circ \dots$   
 $AC$  は共通...  
 $BC = RA$  (そのように作図)...  
 , , から直角三角形の斜辺と他の一辺が等しいので、  
 $\triangle ABC \cong \triangle CRA$

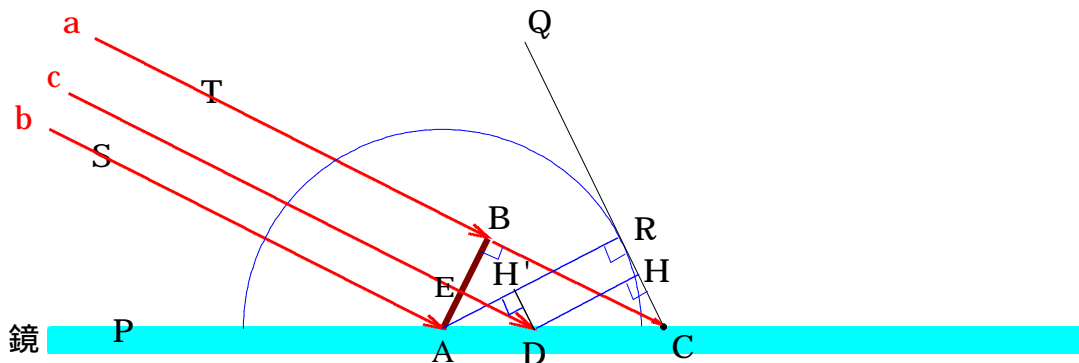


次に、 $a$  と  $b$  の中間に、 $a, b$  と平行に同時に来た光  $c$  を考え、鏡にぶつかった点を  $D$  , そこから接線へ降ろした垂線の足を  $H$  ,  $AR$  に降ろした足を  $H'$  ,  $c$  と  $AB$  の交点を  $E$  とします。

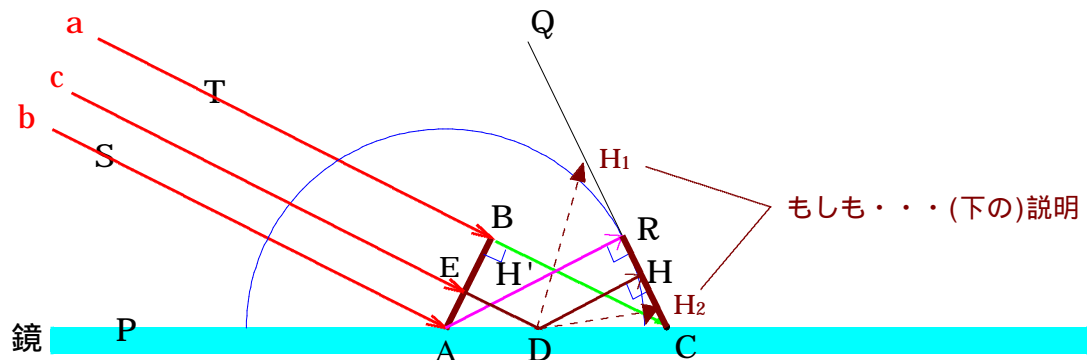
くわしい証明は省略しますが、 $\triangle AED \cong \triangle ABC$  ,  $\triangle DH'A \cong \triangle CRA$ 。  
 これと上で証明した  $\triangle ABC \cong \triangle CRA$  から、 $\triangle ADE$  と  $\triangle ADH'$  は 1:1 の相似。  
 したがって、 $\triangle ADE \cong \triangle DAH'$

注・相似( )とは1つの図形を拡大・縮小したもの

よって  $ED = AH'$ 。また四角形  $H'DHR$  は長方形だから  $DH = H'R$   
 ここから  $ED + DH = AH' + H'R = AR = BC$

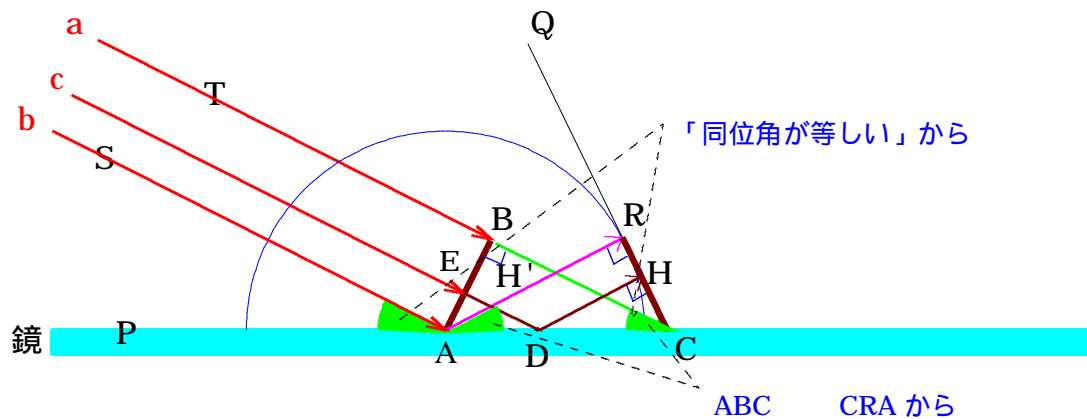


以上の結果を整理すると、図で黄緑、紫、茶色の3本の光の長さ、つまり進んだ距離は等しいということです。



だから  $a, b, c$  の光の先端  $AB$  は、鏡で反射したあとは  $CR$  を先端としていることとなります。

このようにして、 $a$  と  $b$  の光の間に  $c$  のように何本の光をかいてあげても、その光は  $AB$  から先も鏡面までは直進するしかないので、鏡面で反射した後、 $DH$  に平行に進まない限り  $DH$  に到着したときの  $AB$  からの距離は他と違って長くなってしまいます(上図で  $D$  から点線  $DH_1, DH_2$  のようにした場合、 $DH_1 > DH, DH_2 > DH$ )。光が反射後にそれぞれ平行でなく進むとしたら  $AB$  の幅と  $CR$  の幅が異なることになり、鏡での光の反射の経験則に反しますね。  $DH$  に平行に進む限り、それらの光は  $c$  でした証明のくり返しになって、進む距離が  $CR$  で等しく揃います。

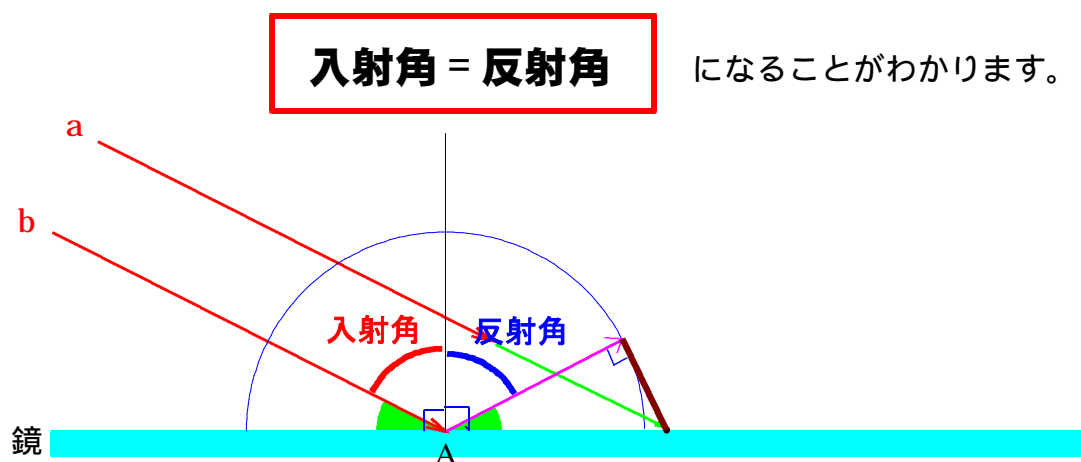


さてここで、 $SA \parallel TC$  だから、<sup>どうい</sup>同位角が等しく、  
 $ABC$   $CRA$  だから対応する角も等しいので、

$$RAC = BCA = SAP$$

つまり、入射角より鏡側の角 = 反射角より鏡側の角

光線 **b** だけ取り出して、また A 点での鏡に垂直な線を引いてあげると、共に  $90^\circ$  から等しい角を引いたものだから



以上で入射角 = 反射角の証明は終わりです。ご苦労様でした。

途中、中1ではまだ扱わない合同や相似も使ってしまったけれど、??の所はお母さんに解説していただくか、または両方を習い終わる中3まで楽しみに残しておいて、「ふ～ん、そんなもんなんだ」とか「ちゃんと理由があってこうなっているんだな」と思ってくれればそれで十分です。

TOMO ちゃんのように、「なぜっ?」って疑問がわくと、このように理科でも理科の知識だけでなく学年のワクを越えた数学を使うことになり、それをまた調べるためにちょっと先取り学習をすることになるでしょ。1つのことから派生<sup>はせい</sup>して、こうしていろいろな知識が次々と関連し、つながっていくんです。覚えるだけの勉強をしている人はこうにはなりません。

**TOMO ちゃんのような勉強は、いつか大きく花開くよ!**

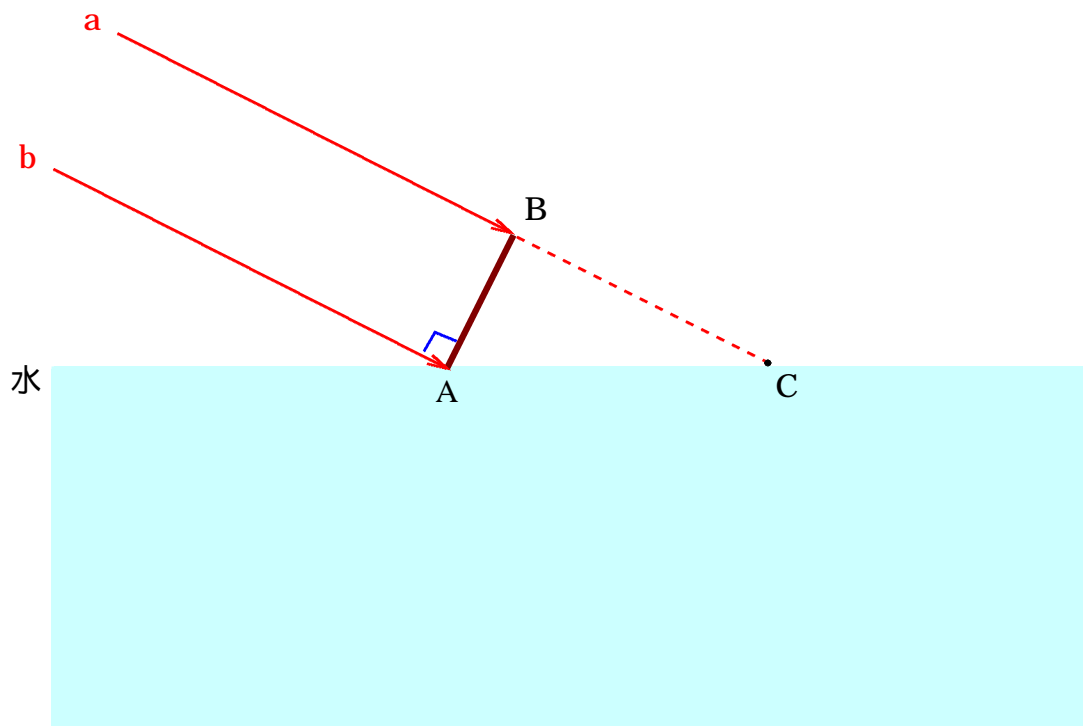
では次に**水やガラスに入った光がなぜ屈折するか**を簡単に証明しておきます。  
次のページからね(^o^)

## 入射角，屈折角 なぜ？

### その 1 ... b が水面に到着

やはり光の帯を考えます。2本の平行光線が入ってきた。その先端は揃っている。

**b** の光が水面の A 点に到着。しかし **a** の光はまだ水面には到着していない。**a** の光はまだ水面に向かって直進します。



## その2...そのとき b は？

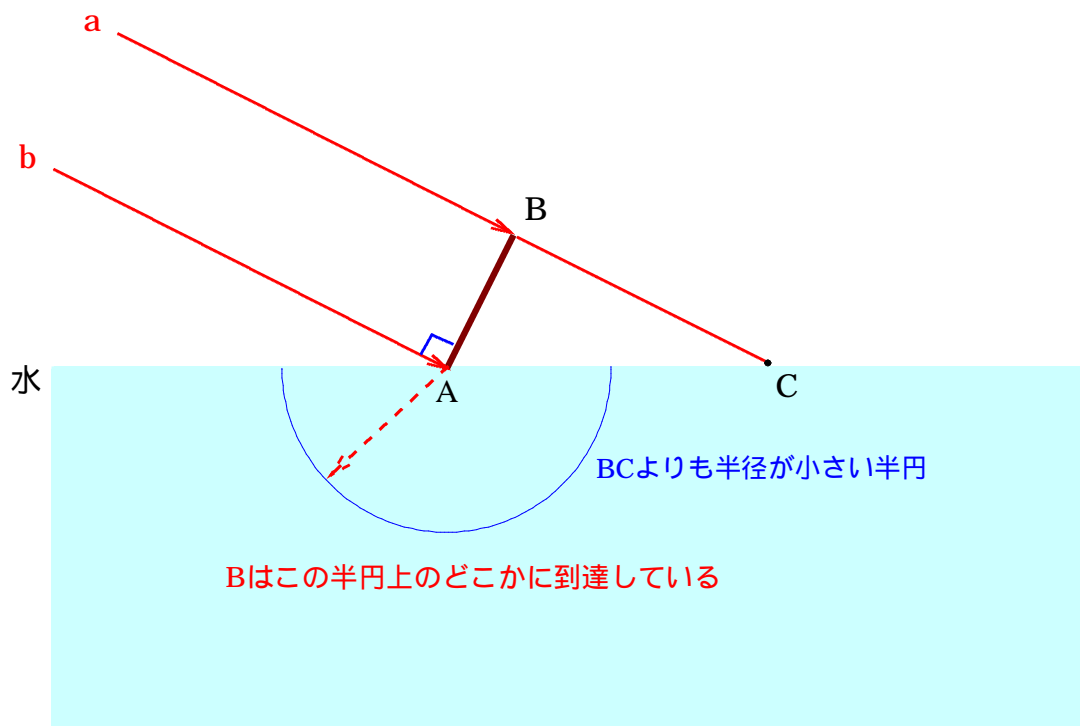
a が鏡面 C に到着したときに、b の光はすでに水の中に入って進んでいる。しかし光は水中では空気中よりも進む速さが遅い。だから a の光が鏡に到着するまでの距離(B C)よりも短い距離だけ b の光は A 点から進んでいるはず。

それはどこへ進んでいるかわからないけれど、とにかく A からの距離は B C より小さい。

注. どのくらい小さくなるかはこの液体によって違うので、  
ほどほどの見当で。

A 点からの距離が BC よりも小さいけれど、どの位置かわからないというなら、それは A を中心とする半径が BC よりも短い円周上にあることになる。

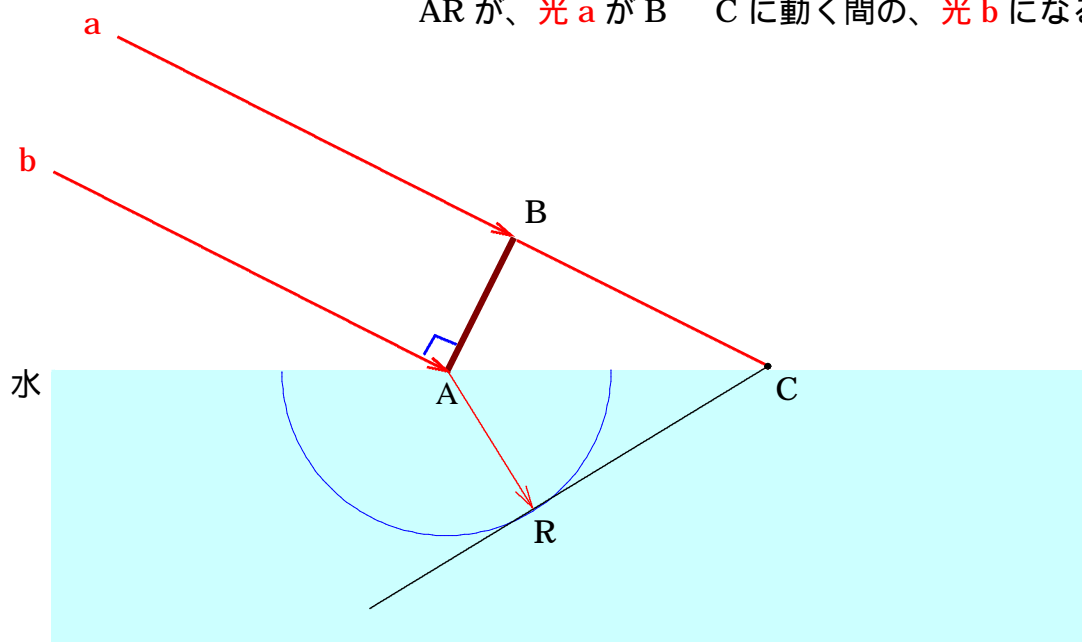
だからその半円をつかってやる。





Cからこの半円に接線を引き、その接点RとAを結ぶ。

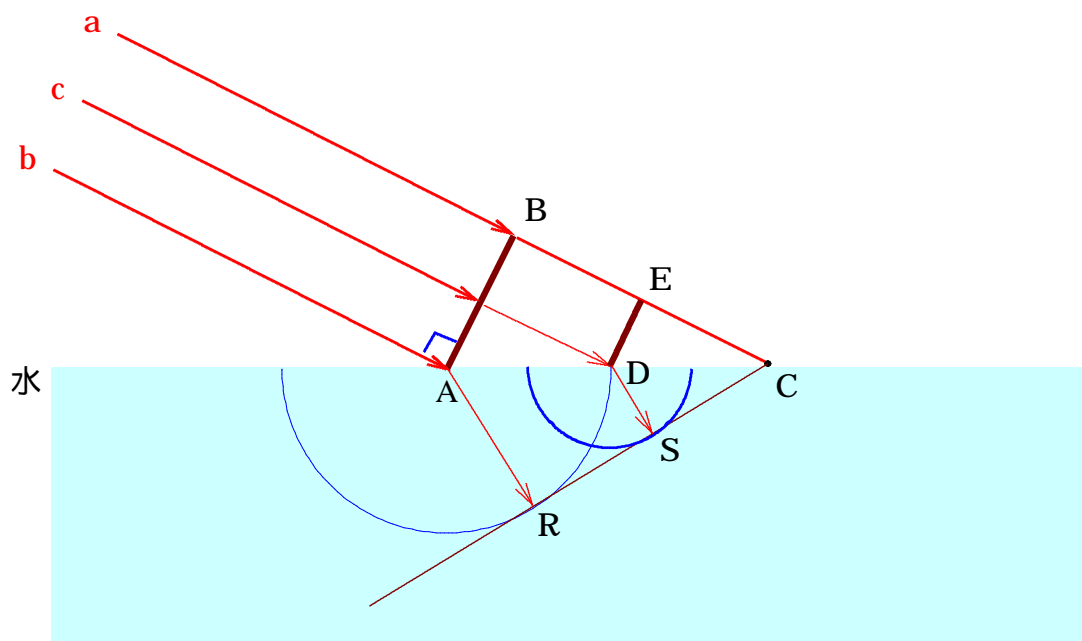
ARが、光aがB Cに動く間の、光bになる。



a, bの間にもう一本同時に進んできた光cを考え、同じように作図してやる。

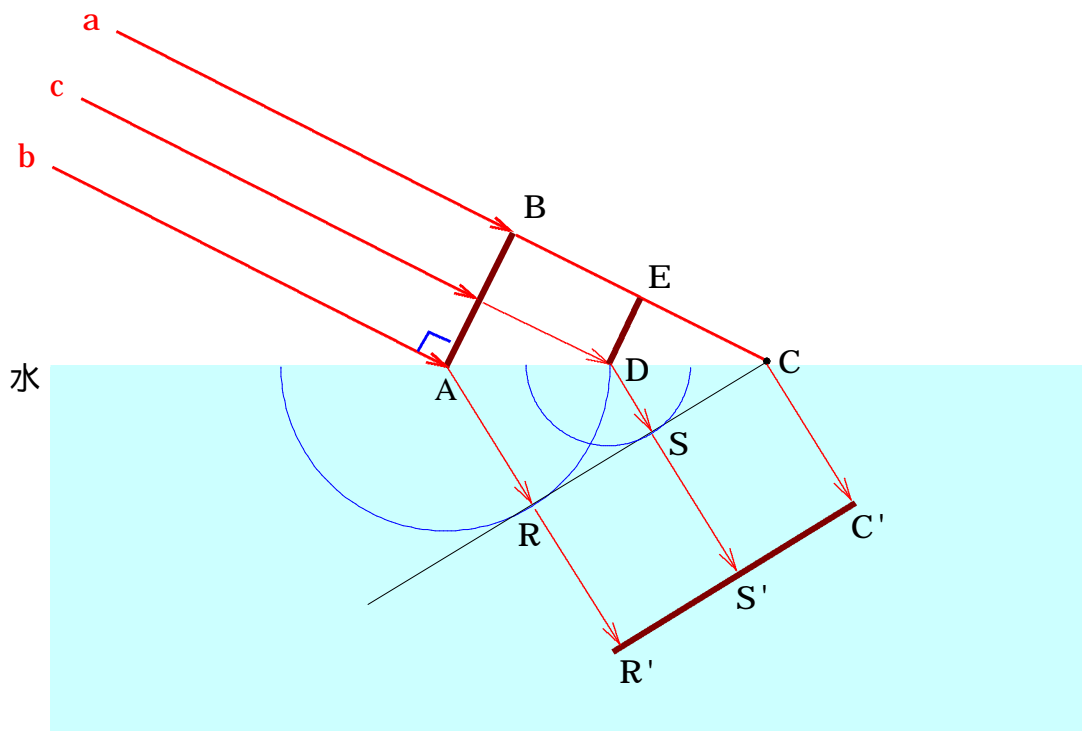
cが水中に入った光は、ARがBCよりも短くなったと同じ割合で、ECよりも短くなる。それがDS。

この作図をどんどんしていくと、a ~ bの間の光の先端はすべてRCの線で揃うことがわかる。この証明には、「相似」と高校数学の「三角比」を使うので省略します。

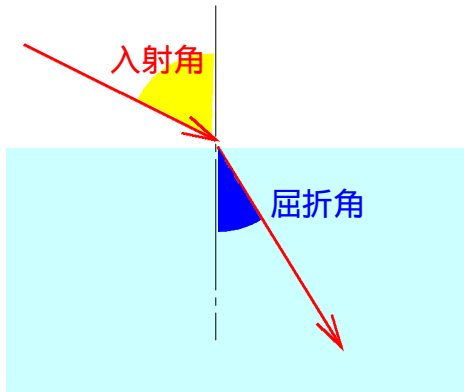


結局、水中に入った光が屈折するのは、**光の進む速さが空気中よりも小さくなるから**で、**どれだけ遅くなるかは水，ガラスなど、その物質によって変わります**。どれだけ遅くなるかによって、光がどれだけ屈折するかが変わり、これを「**屈折率**」くっせつりつと言います。

このあとの各光の進行は、**b, c** についてはその**延長線**えんちょうせん、**a** は AR, DS との平行線になり、先端は揃います。



**〔用語の確認〕**



空気中から液体に入る場合、たいていは  
**入射角 > 屈折角**

**以上です。お疲れ様！！**