

投稿

光行差の起こるわけ

佐藤明達

1. はじめに

光行差の起こるわけとしては、風のない雨の日に傘を差して歩くとき、雨に濡れないためには傘を前方に傾けねばならない<sup>(1)</sup>とか、星を見るためには望遠鏡を地球の進行方向に少し傾ける必要がある<sup>(2)</sup>などと説明されている。ここでは別の説明を述べることにしよう。

2. 雨粒の落下

地上で立っている人から見ると、雨粒 A は歩いている人 B の進行方向に対し角  $\theta$  をなして降っているものとしよう (図 1)。歩く人  $B_0$  が、 $A_0$  にあった雨粒と 5 秒後に  $B_5=A_5$  で出会うとすれば、 $B_0$  から見ると雨粒は  $A_0$  に見え、1 秒後  $B_1$  からは  $A_1$  に見え、2 秒後  $B_2$  からは  $A_2$  に見える、等々。線分  $A_1B_1$ 、 $A_2B_2$ 、… はすべて  $A_0B_0$  に平行である。そこでこれらを水平に平行移動して下端  $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$ 、… をすべて  $B_0$  に重ねると (図 2)、雨粒は  $B_0$  から見て線分  $A_0B_0$  上を点  $A_1'$ 、 $A_2'$ 、 $A_3'$ 、

… のように近付いて来るように見える。つまり歩いている人から見ると、雨粒は  $\angle A_0B_0A_5 = \theta'$  の方向から降って来るように見えるのである。そこで  $A_5$  から  $A_0B_0$  へ降ろした垂線の足を  $A_n$ 、人の歩く速度を  $v$ 、雨粒の落下速度を  $c$  とすれば (人を地球、雨粒を光に置き換えて)、 $A_5A_n = c \sin(\theta - \theta') = v \sin \theta'$  である。よって光行差の式は  $\sin(\theta - \theta') = v/c \cdot \sin \theta'$  となる。ただし  $v/c = 10^{-4}$  と極めて小さいから、ラジアンを角度に直せば  $\theta - \theta' = 20.5'' \sin \theta'$  となる。

3. 速度ベクトルの和

地球 E の公転速度を  $\vec{ES}' = \mathbf{v}$ 、光速度を  $\vec{SS}' = \mathbf{c}$ 、地球の進行方向と光の来る方向とのなす角を  $\theta$  とする (図 3)。ここで地球と光の速度ベクトルに、地球の進行方向とは逆にベクトル  $\mathbf{v}$  を加えれば地球は静止し、止まった地球から見ると光は地球の進行方向と角  $\theta'$  をな

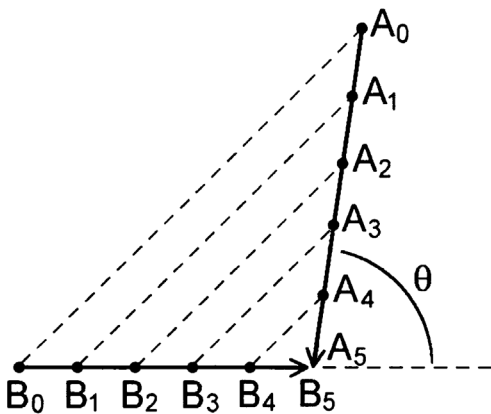


図 1 立っている人が見た場合

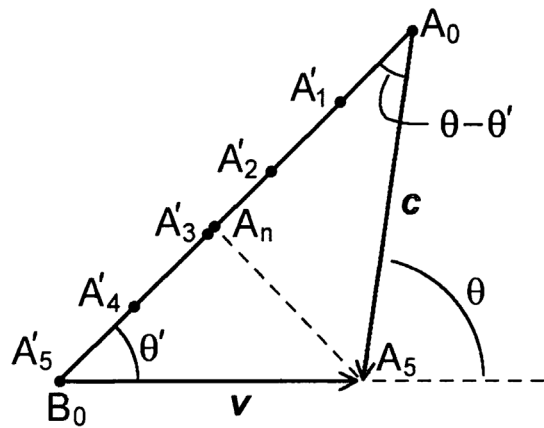


図 2 歩いている人が見た場合

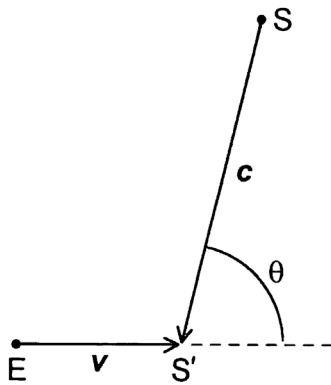


図3 太陽から見た場合

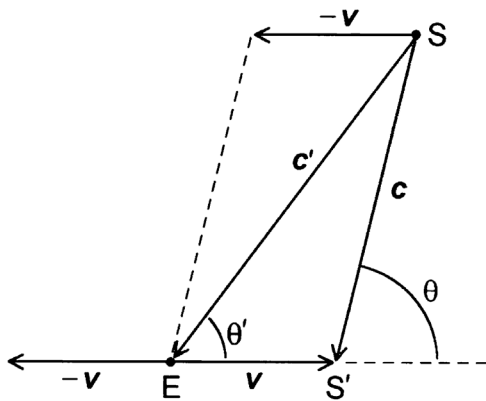


図4 地球から見た場合

す方向から線分 SE に沿ってやって来るように見える(図4)。なおベクトルの加法則により

$$\vec{SE} = \mathbf{c}' = \mathbf{c} + (-\mathbf{v}) = \mathbf{c} - \mathbf{v}$$

である。

#### 4. 光行差の実験

ブラッドリーはテムズ川をボートで航行したとき、ボートが方向を変えるとマストの天辺に付けた風見の方向も変わるのを見て、風とボートの動く方向が協同して風見の向きを決めることを知り、光行差の原理を発見した<sup>(3)</sup>と言われる。但しこのエピソードはブラッドリー本人が全く言及していないので、後人の創作らしい。ともあれこの実験によって

光行差の原理が理解できる。船に風向計や風速計を持ち込んで定量的に測定するとよい。但し風速は一定でなく、強くなったり弱くなったり(いわゆる風の息)するから、多数回測定して平均をとる必要がある。気象器械は気象クラブから借りるか、自作する。このように、天文教育に気象器械が役立つこともある。

定性的には、クーラーや扇風機の前で線香や蚊取り線香を動かして、煙の靡き具合の変化を見ればよい。クーラーなどの風は定常流であり、風速も調節できる。少し離れば風は緩やかになる。

#### 文献

- (1) 大金要治郎著「星の位置と運動」(新版地学教育講座 11) 東海大学出版会 1994 p.40
- (2) 小田稔監訳「宇宙・天文大辞典」丸善 1987 p.160
- (3) 広瀬秀雄著「天文学史の試み」誠文堂新光社 1981 p.244

#### 青春

青春とは人生のある期間ではなく、心の持ちかたを言う。

バラの面(おも)差し、紅(くれない)の唇、しなやかな手足ではなく、たくましい意志、豊かな想像力、炎(も)える情熱をさす。

青春とは人生の深い泉の清新さをいう。

青春とは臆病さを退ける勇氣、安きにつく気持ちを振り捨てる冒険心を意味する。

ときには、20歳の青年よりも60歳の人に青春がある。

年を重ねただけで人は老いない。

理想を失うとき初めて老いる。

(下略)

Samuel Ullman

(作山宗久訳「青春とは、心の若さである」TBSブリタニカ 1989)