

特殊相対性理論 (その1)

●等速度で動いている人の時計は、静止している人の時計に比べてゆっくり進む! ?

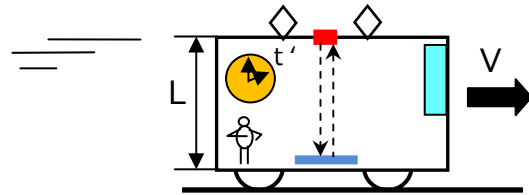
- ・速度Vで走っている電車があります。電車の高さLの天井から光が発射され、床下の鏡に反射されて元の位置まで戻ってくる実験をしました。光の速さをcとします。(c=30万km/秒)
- ・電車に乗っているA君がストップウォッチで光が往復する時間を測りました。また地上で静止しているB子も同じようにストップウォッチで光が往復する時間を測りました。
- ・この実験の終了後、A君とB子は互いのストップウォッチを見せ合いました。その瞬間、、、『ギヤア〜!!』という驚きの悲鳴が。。。なんと、2人のストップウォッチが示す時刻は異なっていました。。。!? 一体何が起こったのか、2人の頭は真っ白。



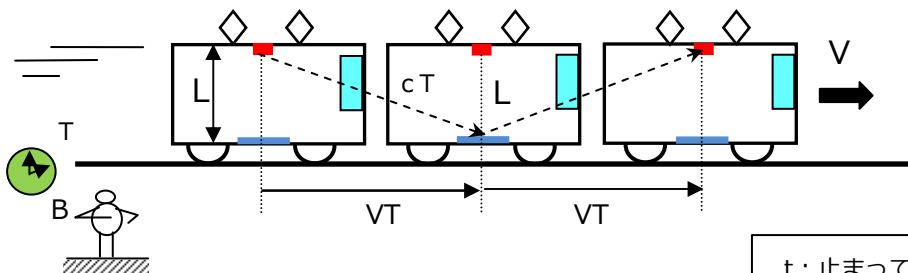
- ・しばらくして冷静さを取り戻した2人は、実験結果を落ち着いて考えてみようということにしました。

$$t' = \frac{2L}{c}$$

だよな。



- ・ **B子** : そうね。ところでワタシは地上にいて実験を観察していたわ。電車は速度Vで走っているのだから、光が床の鏡に達するまでの時間をTとすると、この間に電車はVTの距離進むわね。光は天井から発射されて床の鏡に達するまでに光速×時間 = cTの距離進むわ。絵を描くと



といった感じね。天井の高さはLだから、ピタゴラスの定理からTを求めると

$$(cT)^2 = L^2 + (VT)^2, \therefore T = \frac{L}{\sqrt{c^2 - V^2}}$$

が得られるわ。片道の所要時間はTなので、往復では2Tよね。だから

$$2T = \frac{2L}{\sqrt{c^2 - V^2}} = \frac{(2L/c)}{\sqrt{1 - (V/c)^2}}$$

となる。え〜っと、ワタシの時計はt秒を示していたので、A君の時計の時刻t'とは

$$t = 2T = \frac{1}{\sqrt{1 - (V/c)^2}} t' \quad \left(t' = \frac{2L}{c} \right)$$

という関係になるのね! つまり、電車に乗っているA君の時計は、地上で静止している私からみると

$$\frac{1}{\sqrt{1 - (V/c)^2}}$$

倍、ゆっくりと時間を刻んでいることになるんだわ! 実験では、電車はV=0.6cの速さで走っていたわね。だから $t = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.6^2}} t' = 1.25t'$ となって、A君の時計の1.25秒が私の時計の1秒になるのよ。いいかえるとワタシの時計の10秒はA君の時計では8秒(=10÷1.25)を指しているということね。

- ・ **A** : なるほど、さっきの実験結果とぴったり一致するね! 日常ではVは光速に比べて圧倒的に遅いのでV/c≒0となり、t = t'となって時計の時を刻む速さは、動いていようと静止していようと同じになるわけだ。
- ・ **B子** : そういふことね。日常生活では電波時計で時刻を合わせておきさえすれば、自宅にいようと新幹線の中

t : 止まっているものの時間
t' : 動いているものの時間

$$t = \frac{1}{\sqrt{1 - (V/c)^2}} t'$$

$$t' = \sqrt{1 - (V/c)^2} \cdot t$$

にしようが時間の刻み方は変わらず全く同じね。しかし、光速に近い速さで動くとき態は一変する。動いているものの時計は止まっているものの時計に比べて遅れるのね。

- ・ **A** : 高速で動く電車に乗っている人からすれば、自分は静止していて外の人が動いて見える。だから電車の中の人は外の人時計が遅れて見えるんだ。
- ・ **B**子 : 「本当はどっちが遅れているの？」と質問したい気になるけど、その質問自体意味がないのね。静止している人、動いている人それぞれが独自の時間の基準をもって、「誰が見ても同じ進み方に見えるような絶対的な時間というものはない」ということなのね。

≪絶対時間とは≫

絶対時間は、全宇宙のどの場所でも、どのように動いている星の上でも、地球上どの場所でも、どんな乗り物の上でも、永遠に同じ時を刻み続けている時間である。したがって同時刻に起こる2つの出来事は、動いていようと止まっていようと、何処にいようと同時刻であるという同時刻という同時刻の絶対性という特徴がある。

$$\begin{array}{l} \text{動いている} \quad \text{止まっている} \\ \text{ものの時間} = \text{ものの時間} \times \sqrt{1 - \left(\frac{\text{動いているものの速さ}V}{\text{光速}c}\right)^2} \\ (t') \quad \quad \quad (t) \end{array}$$
$$(1) t' = t \times \sqrt{1 - (V/c)^2} \quad \Leftrightarrow \quad (2) t = t' \times \frac{1}{\sqrt{1 - (V/c)^2}}$$

Coffee Break

●宇宙旅行で若さが保たれる！？

超高速ロケットに乗って地球から宇宙の旅に出発すると、ロケットに乗っている人の時計は地球上の人から見れば地球の時計よりゆっくり時を刻みます。ロケットの速度が $V=0.8c$ ならロケットの中の人の時計の進み具合は、

$$t' = t \times \sqrt{1 - 0.8^2} = 0.6t$$

となり、地上の0.6になるので、地上での50年はロケットでは30年(=0.6×50)にあたります。逆に、ロケットの人から地上を見れば

$$t = t' \times \frac{1}{\sqrt{1 - 0.8^2}} \approx 1.7t'$$

で、ロケットの1年は地上での1.7年の長い時間に相当し、ロケットの50年は地上では30年(=50÷1.7)になります。時の進み具合のズレは**一方から相手を見た場合**であって、それはそれで正しく、正しい相手の時間の見方をしています。止まっている人、動いている人、それぞれが独自の時間の基準(これを**固有時**といいます)をもって、自分からすれば相手は確かに遅れており、また、相手もそう思っています。これが**時間の相対性**ということですよ。

ロケットの中の人が**自分の時計**を見れば、いつも通りと変わらず動いているので、普段通り年をとっていきます。