

「動いている時計は、遅くなる」の間違いを暴く！ ——「ウラシマ効果のジレンマ」の、ナニが矛盾なのかを、解き明かすよ！

■少しでもSFに興味のある人にとって、「**相対性理論**」のイメージって、どんな感じののかな。「ものスゴい速さで飛んでるロケットの中では、時計が遅くなるんだよね」とか、「光の速さと、時間が止まるんでしょ」とか、「ウラシマ効果なら、聞いたコトがあるよ」とか、そんな感じかな。

□もちろん、そういったイメージを持っているような人は、世間的には、「かなり詳しい人」というコトになるんだと思います。普通の人なら、「相対性理論」なんて言われても、せいぜい、「名前を聞いたコトはあるけど、どんな理論なのかは、良く知らない」って感じですよ。

■ところで、「時計が遅くなる」って言われても、どういうコトなのか、ピンと来ないかも知れません。自分の動きが、スローモーションみたいになるってコトなのでしょうか？ SFを楽しむ人ならば、いったい、ナニが起きるのか、もうちょっと、具体的に知っておきたい、と思いませんか。

■そんなワケで、SFを楽しむ人なら知っておきたい、「**動いている時計は、遅くなる**」から、「**ウラシマ効果のジレンマ**」のハナシまで、ありさとリトこが、そもそもの始まりから、解説するよ！

【目次】

- | | |
|---|---|
| 1. 「時計を合わせる」って、意外と大変？
—— 基準がないと、比べられない…。 | 5. ビックリが、とまらない！？
—— 「ウラシマ効果のジレンマ」のフシギ。 |
| 2. たった1つの沓えたり方？
—— 離れた2つの場所での「時間」の定義。 | 6. 別れた人に会うのって、キツイ…。
—— ウラシマ効果には「抜け道」がある！ |
| 3. 他人の目なんか、気にするな！
—— 誰もが、みんな、自分基準でイイのです♪ | 7. 「動いている時計」って、ナニ？
—— 「バスのキャッチコピー」の落とし穴？ |
| 4. 「お互いに静止している」時計がたくさん！
—— 「慣性系」を定義する。 | 8. おまけ。
—— SF創作への活かし方、教えます♪ |

■1. 「時計を合わせる」って、意外と大変？ —— 基準がないと、比べられない…。

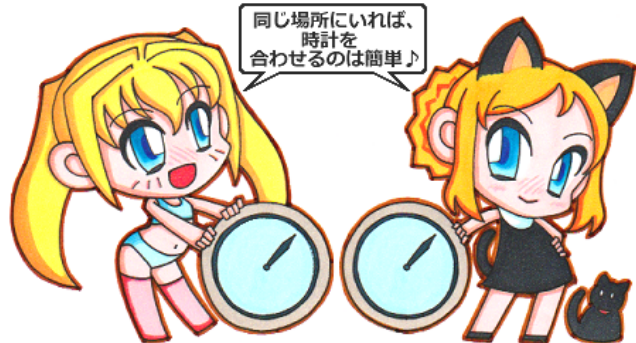
■そもそも、「時計が遅くなる」というのは、いったい、ナニと比べて、遅くなるというコトなのでしょう。そう考えると、同じ時計が2つ（または、2つ以上）なければ、「時計が遅くなったのかどうか」は、判断のしようがないように思えます。同じ時計が2つ（または、2つ以上）あって、初めて、「リトこの持つ時計と比べて、ありさの持つ時計は、進みが遅くなった！」というふうに、判断するコトができるのです。

□子どもの頃に聞いた、笑い話を思い出します。「今から3秒後に、世界中のモノが、スローモーションになるよ。3、2、1、ほら！」、「……？ ナンにも、起きないよ」、「自分の反応速度や思考のスピードとかも、ぜんぶ、同じようにスローモーションになってるから、ナニも変わってないと感じてるだけだよ。自分は元のままで、自分以外のモノだけが、スローモーションになると思った？」

■そうすると、「同じ時計」という条件も、気になります。「ありさの持つ時計は、もともと、狂っていた」とか、「ありさの時計は、最初から、リトこの時計よりも、進みが遅かった」とか、そんなコトでは、比較にはなりません。まず、準備として、「ありさの持つ時計と、リトこの持つ時計は、時間の進み方がまったく正確に同じ時計であり、ある時点において、時刻も合わせてある」と、確認しておく必要があります。

□「2つの時計は、時間の進み方がまったく正確に同じであり、ある時点において、時刻も合わせてあったはずなのに、その2つの時計が、別のある時点では、違う時刻を指している！」となったとき、初めて、「時計が遅くなった」と言えるのです。少なくとも、相対論の文脈で、「時計が遅くなる」と言うときは、そういう事態のコトを表しています。この点は、ちょっと、注意しておく必要があるかもです。

■でも、実は、2つの時計の時刻や進み方を比べるのって、意外と難しいんです。もちろん、2つの時計が同じ場所にあれば、お互いの時計を見比べて、2つの時計の時刻や進み方を確認するのは、簡単です。



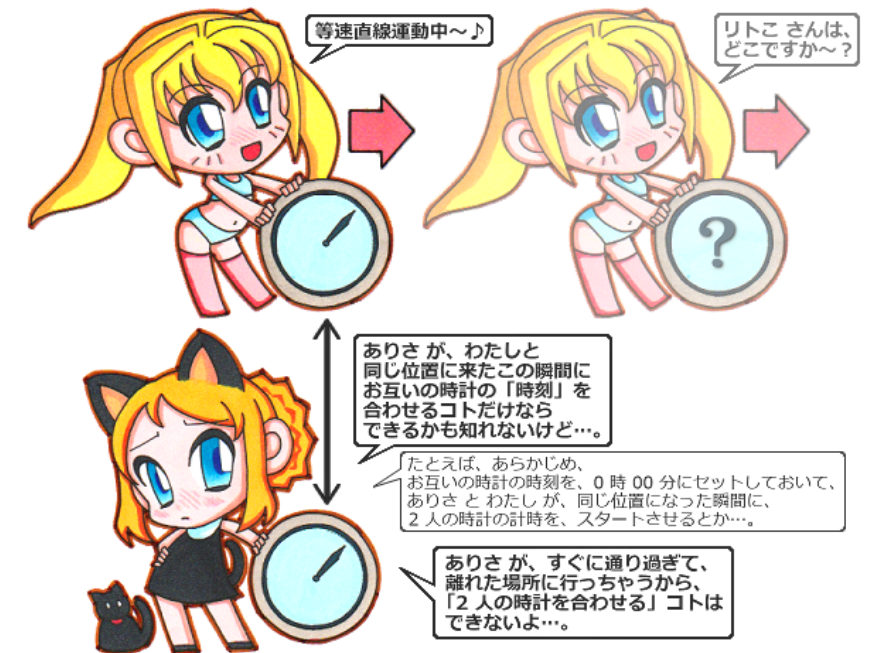
■けれど、極端なハナシとして、たとえば、ありさが地球にいて、リトこが火星にいて——といった場合は、どうでしょうか。地球から火星まで、光の速さでさえ、3分はかかります。地球と火星の位置関係によっては、地球から火星に、光が届くまでの時間が、20分を超えてしまいます。ありさが、超高性能の望遠鏡を使って、リトこの時計を見たとしても、それは、少なくとも3分前、遅いときは20分以上前の映像です。そんな状況で、どうやって、2人の時計の時刻や進み方が合っているのかを、確認したら良いのでしょうか。



□この問題は、本質的には、「地球で起きたある出来事（事象）と、火星で起きたある出来事（事象）が、『同時』に起きたのかを、確かめる方法はあるのか」という問題と、同じです。その意味で、この問題を、「同時性の定義」の問題とか、「同時刻の定義」の問題とかと、呼ぶコトがあります。

■また、ある時点では、ありさとリトこが、同じ場所にいたとしても、たとえば、ありさが動き回っている場合には、どうでしょうか。2人がすれ違う瞬間に、お互いの時計の時刻を見るコトはできるかも知れません。でも、お互いの時計が、時刻と進み方の両方とも、「常に」合っているのかを確認するコトは、難しそうです。

■ありさが、等速直線運動をしていると、「2人の時計を合わせる」コトまでは、できません…。



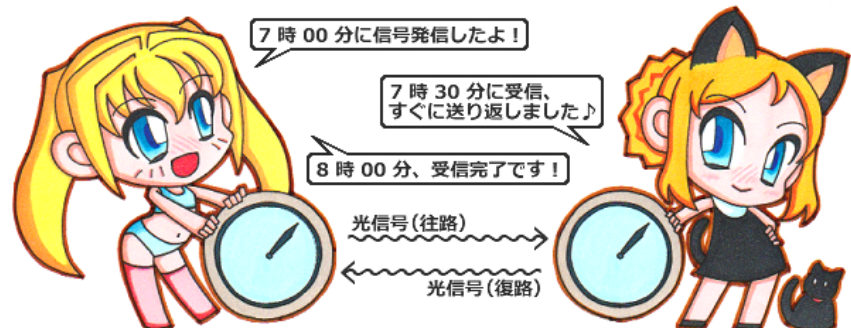
■このように考えていくと、「離れた場所にある2つの時計の時刻や進み方が、ホントに合っているのかを、どうやって確認するのか？」という問題が、とても重要なコトに思えてきます。「そもそも、同じ時計ならば、どこにあっても、同じ時刻、同じ進み方なのは当然で、悩むまでもないコトだろ」と思いがちですけど、意外なトコロに、興味深い問題が、隠れているモノです。実は、この「同時刻の定義」の問題こそが、相対論の、最も基本的な出発点になっているのです。それでは、いったい、どうやって、離れた場所にいる、ありさとリトこの持つ時計の時刻や進み方が、ホントに合っているのかを、確かめれば良いのでしょうか。

■2. たった 1 つの冴えたやり方？ —— 離れた 2 つの場所での「時間」の定義。

■ココで、2 人の時計を合わせる、うまい方法があるんです。ただし、**それには、ありさとリトこの位置関係が変化しない——という条件が、必要になります。**専門用語を使うと、「2 人はお互いに静止している」とか、「2 人は同じ慣性系にいる」とかと言うコトもあります。とにかく、この条件さえクリアしているなら、2 人がどんなに離れた場所にいるても、2 人の時計の時刻や進み方が合っているかどうかを、確認するコトができます。

■その方法は、思いのほか、単純です。ずばり、「**光信号（電波とか）が、ありさからリトこに届くまでの時間と、リトこからありさに届くまでの時間が、等しければ、2 人の持つ時計は、お互いに合っています。**具体的には、次の図のように、信号をやりとりすれば、お互いの時計が合っているかどうかを、確認できます。

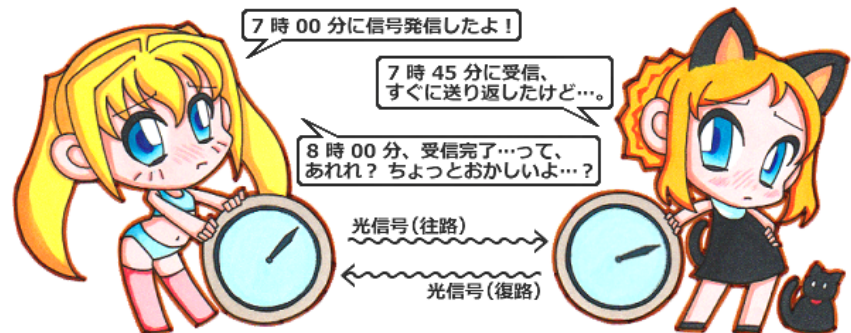
■離れていても、お互いの位置関係が変化しなければ、2 つの時計を合わせるコトはできるのです♪



■この場合には、光信号が、ありさからリトこに届くまでの時間が 30 分。リトこからありさに届くまでの時間も 30 分です。そして、ありさが最初に光信号を発信した時刻（7 時 00 分）、リトこがそれを受信して送り返した時刻（7 時 30 分）、送り返された信号をありさが受信した時刻（8 時 00 分）——これら 3 つの情報、ありさは知るコトができます。つまり、ありさは、わざわざ、リトこに会いに行かなくても、2 人の時計は合っている——というコトが、ありさが入手できるデータ**だけ**から、分かるのです。心配性の人でも、この作業を何度も繰り返して（必要があれば、そのたびに、お互いの時計を調整して）いけば、確信をもって、「2 人の時計は、時刻も進み方も、合っています」と言うコトが、できるようになるでしょう。

■でも、もしも、次の図のようなコトになったら、2 人の時計は、合っていない——と、分かるワケですね。

■2 つの時計が合っていないと、こういうコトになるので、時計はズレているコトが分かります。



■ココまでのハナシで、なぜ、最初に、「ありさとリトこの位置関係が変化しない——という条件が、必要になります」と書いたのが、分かるでしょう。たとえば、ありさがリトこに向かって走っている状況を、考えてみましょう。この状況では、ありさとリトこのあいだの距離は、時間とともに短くなっていきます。つまり、ありさとリトこの位置関係は変化しています。この状況で、上で説明した方法を使ったとしたら、どうなるでしょうか。光信号が進むコトになる軌道や距離を、良く考えてみて下さいね。



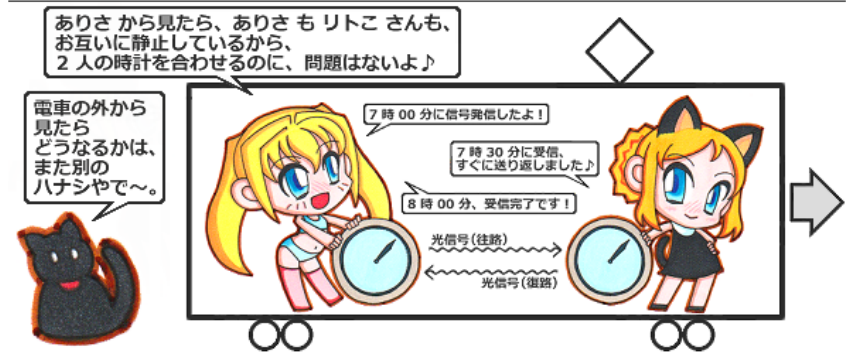
■3. 他人の目なんか、気にするな！ —— 誰もが、みんな、自分基準でイイのです♪

■さて、ココまでのハナシで、「離れた場所にある 2 つの時計の時刻や進み方が、ホントに合っているかを確認するには、2 つの時計の位置関係が変化しない——という条件が必要である」というコトは、重要ですね。なぜなら、2 つの時計の位置関係が変化してしまうと、「光信号が、一方の時計から別の時計に届くまでの時間と、元の時計に戻ってくるまでの時間を計る」という方法が、使えなくなってしまいますからです。

□するどい人は、「『位置関係が変化しない』なんて、回りくどい言い方をしないで、最初から、『距離が変化しない』と言えばイイじゃん」と、思ったかも知れませんが、でも、そう書いてしまったら、「ありさが、リトこを中心として、円運動をしている場合は、どうなるの?」といったツッコミが来そうなので、やめておきました。ありさが、リトこのまわりを円運動している場合でも、ありさとリトこのあいだの距離は変化しませんが、光信号のやりとりは、ちょっと、複雑・面倒になりそうです。

■ところで、ココまでの、「離れた場所にある 2 つの時計の時刻や進み方が、合っているかどうかを確認する方法」の説明には、ちょっとした「応用編」があるんです。皆さんは、「ありさとリトこの位置関係が変化しなければ良いんだって、2 人が同じ速さで動いている場合だって、同じ方法が使えんじゃないの?」と、思いませんか? ありさとリトこが、同じ向きに同じ速さで動いているなら、ありさから見ると、2 人の位置関係は変化しませんよね。それなら、時計を合わせるための条件は、クリアしています。**この場合、ありさから見たら、リトこは、静止しているように見えているはず**です。このコトは、ありさとリトこの 2 人が、同じ電車に乗っているトコロをイメージすれば、分かりやすいかも知れません。

■電車の中の 2 人のように、外から見て動いていても、お互いから見て「静止」していれば OK!

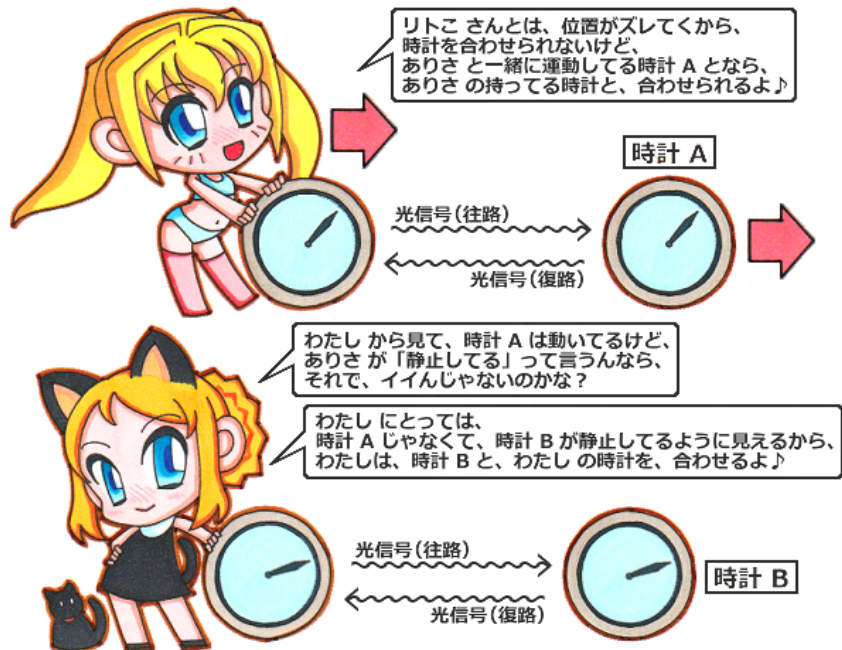


■とても大切なコトですので、もう 1 回、書いておきましょう。ほかの誰かから見て、ありさとリトこが、動いているように静止しているように、それはどうでも良いコトです。ありさ自身が見て、ありさとリトこが、お互いに静止しているのならば、2 人の時計が合っているかどうかを、確認するコトができるのです。

□それでも納得できないという人は、ありさが仙台にいて、リトこが東京にいる様子を、想像してみると良いかも知れません。2 人が、家の中でじっとしているなら、2 人の位置関係は、変化しません。2 人は、「お互いに静止してるよ」と言うでしょう。でも、ちょっと待って下さい。2 人は地球上にいるので、実際には、地球の自転と一緒に、秒速 370 メートルほどの速さで、西から東へと動いているはずなんです。もし、宇宙空間で静止している人が見たら、ありさもリトこも、猛スピードで動いているように見えるに違いありません。……そうは言っても、ありさ本人に尋ねたら、きっと、「ありさも、リトこさんも、動いてないよ。2 人とも静止してるよ」と、答えるでしょう。そして、ありさの時計とリトこの時計が、合っているかどうかを確認するときに必要なのは、関係のない他人（たとえば、宇宙にいる人とか）の意見などではなく、実際に時計を持つありさ本人とリトこ本人の意見だけなのです。

■最後に、理解を確かなモノにするために、別の設定でも、考えてみます。第1節の最後で説明したように、リトこが静止していて、ありさが右方向に等速直線運動をしている場合には、どうなるでしょうか。2人は、お互いに静止していないので、ありさの持つ時計と、リトこの持つ時計が、合っているのかを確認するコトはできません。けれども、ココに、ありさと同じ向きに同じ速さで動いている別の時計Aがあるとします。この時計Aとありさの位置関係は常に一定となるので、ありさにとっては、時計Aが静止しているように見えるハズです。したがって、ありさは、ありさの持つ時計と、時計Aが、合っているかどうかを確認するコトができます。同じように、もしも、リトこから見て静止している別の時計Bがあれば、リトこは、この時計Bと、リトこの持つ時計が、合っているかどうかを確認するコトができるのです。

■他人からどう見えていようと、自分から見て静止している時計が、合っている時計なのです！



□以下、ちょっと、余談。——上の図は、ありさが右向きに運動していて、リトこが静止しているように描かれていますよね。でも、ありさ自身から見たら、どうなるでしょうか。ありさに尋ねたら、「ありさは動いてないもん。リトこさんのほうが、左向きに動いてるんだよ」と、答えるに違いありません。誰かが運動していて、誰が静止しているかは、誰に尋ねるかで、答えが変わってくるのです。すなわち、「**静止**」という概念は、絶対的なモノではなく、観測者によって変わる、曖昧なモノなのです。専門用語で言うと、「**静止状態は、あくまで、相対的にしか判断できない**」となります。なお、この考え方を、「**相対性原理**」と呼びます。「相対性原理」を基礎にして作られた理論なので、「相対性理論」と呼んでいるワケです。

□さらに、別の余談。——上の説明では、ありさは、「等速直線運動」をしている——という前提でした。実は、「**加速度運動**」をすると、遠心力などの「**慣性力**」がはたらくので、ハナシが少し難しくなります。慣性力がはたらくと、どんな面倒なコトが起こるのかは、あとのほうで、説明しましょう。

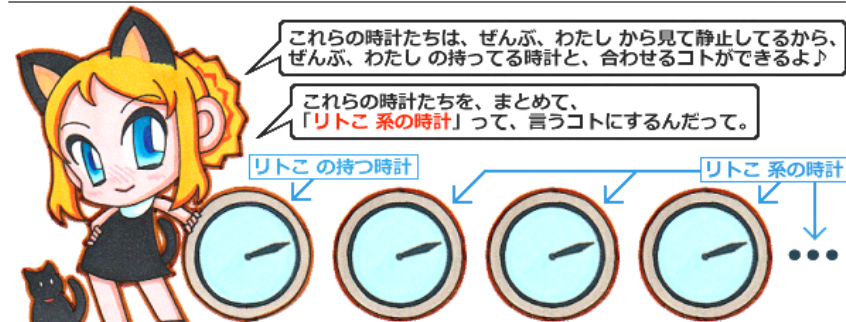


■4. 「お互いに静止している」時計がたくさん！——「慣性系」を定義する。

■ところで、さきほど、とっても重大なコトを、さざっと書いてしまっていたコトに、気がついたでしょうか。信じがたいコトに、ありさとリトこが、**お互いに静止していないのならば、ありさの持つ時計と、リトこの持つ時計が、ホントに合っているかどうかを、確認する手段はありません**。「そんなバカな!？」と、思うかも知れませんが、ウソではありません。——でも、もちろん、ちゃんと、ありさの持つ時計と、リトこの持つ時計の、時刻や進み方を比べる、うまい「ウラ技」が、あるのです。

■そのために、まずは、簡単な準備をしましょう。空間内のあらゆる場所に、リトこから見て静止している、たくさん時計を置いておきます。コレらすべての時計とリトこの持つ時計は、お互いに静止しているので、時刻や進み方を、正確に合わせるコトができるハズです。すなわち、**空間内のあらゆる場所に、リトこの持つ時計と正確に合っている時計が、置いてある——というワケ**です。コレらすべての時計を、リトこ自身の持つ時計と区別して、まとめて、「**リトこ系の時計**」と呼ぶコトにしましょう。

■空間内のあらゆる場所にある時計たちを、すべて、リトこの持つ時計に、合わせておきました！

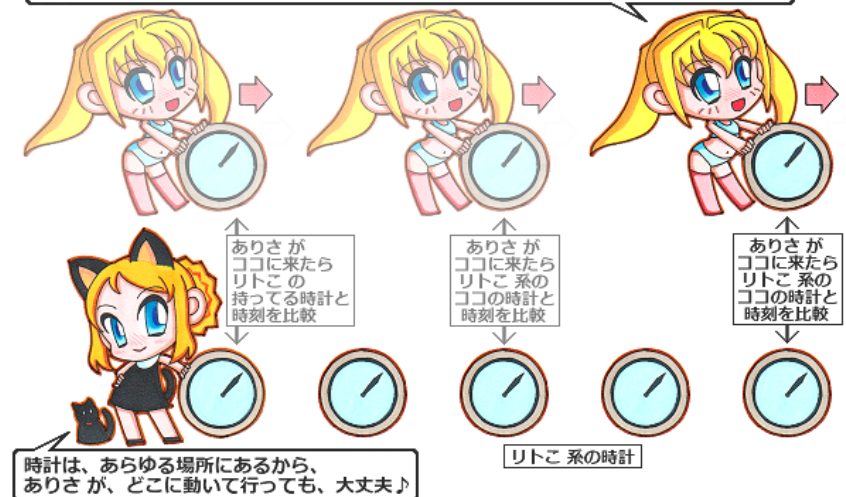


□同じように、ありさ自身の持っている時計に対して、空間内のあらゆる場所にある「ありさ系の時計」を、考えるコトができます。ありさと「ありさ系の時計」は、すべて、お互いに静止しています。でも、もちろん、リトこからは、「ありさ系の時計」は、すべて、右向きに同じ速さで動いているように見えるハズです。でも、もちろん、同じように、ありさからは、「リトこ系の時計」が、ぜんぶ、左向きに同じ速さで動いているように見えるワケで……。相対論って、ややこしいですね(苦笑)。

■さて、ココまで準備ができたトコロで、第1節に、「もちろん、2つの時計が同じ場所にあれば、お互いの時計を見比べて、2つの時計の時刻や進み方を合わせるのは、簡単です」と、書いてあったコトを、思い出して下さい。「そうは言ったって、リトこから見たら、ありさは右向きに動いているんだから、ありさとリトこは、(すれ違う一瞬を除いて)同じ場所にはいないよ」と、思われるかも知れませんが、でも、空間内のあらゆる場所には、リトこの持つ時計と正確に合っている時計が、置いてあります。ありさがどこに動いて行っても、その場所には、リトこの持つ時計と正確に合っている時計が、あるのです。ありさは、いま、自分のいる場所にあるリトこ系の時計が指している時刻を、(すれ違いざまに)確認するコトができる——というワケです。

■「リトこ系の時計」を利用するコトで、2人の持つ時計を、【間接的に】比較できるのです！

離れた場所にある時計の時刻を知るコトはできないけど、ありさが通り過ぎる一瞬、その場所にある時計の「時刻」を見るコトなら、できるよ！



■もちろん、この場合、ありさは1か所にとどまっているワケではありません。ですから、リトこ系の時計のうち、ある特定の1つの時計が、ありさの持っている時計と、時間の進み方でも、合っているかどうかを確認するコトはできません。でも、リトこ系の時計たちを、まとめて1つの時計とみなすコトで、**間接的に**、ありさの持つ時計とリトこ系の時計が、ホントに合っているかどうかを、確認するコトができるのです。

■ココまでのハナシを、まとめてみましょう。ナニより重要なのは、「リトこの持っている時計」と「ありさの持っている時計」を、直接、比べるコトはできないというコトです。でも、「リトこ系の時計」と「ありさの持っている時計」ならば、比べるコトができます。この区別は、すぐあとで、とても重要になってきます。

□ココまでに説明した内容について、相対論の入門書や一般向けの解説などでは、「静止しているリトこが、等速直線運動をしているありさに向かって、光信号のパルスを、等間隔で送り続ける。ありさは、受け取った光信号のパルスを、リトこに送り返す」といった設定で説明しているモノも、あるようです。これは、「(1)リトこ系の時計を、リトこの持っている時計と合わせる」、「(2)ありさが、リトこ系の時計の時刻を見る」という2つの作業を、同時に行っているのと、本質的には同じコトです。



■5. ビックリが、とまらない!?! —「ウラシマ効果のジレンマ」のフシギ。

■ココまで、辛抱強く読み進めてくださった方は、きっと、「考える意味のない、当たり前のコトを、なんで、わざわざ、こんなにも回りくどい、もったいぶったやり方で、長々と説明されなくては、いけないのか?」と、思ったに違いありません。では、ホントに、「考える意味のない、当たり前のコト」だったのか、実際にこの方法で、「ありさの持っている時計」と「リトこ系の時計」を比べると、どうなるのか、見てみましょう。

■実際に【間接的に】比較してみると、摩訶不思議なコトが、起きてしまうのです! (その1)

リトこさんの持ってた時計とは、時刻が合ったはずなのに、「リトこ系の時計」って、みんな、狂ってるんじゃないの...? ?



7:00 ちょうどに、ありさがすれ違ったとき、お互いの時計の時刻は合ってたけど、遠くへ行っちゃったありさの様子が、なんだか、ちょっと、おかしいような...?

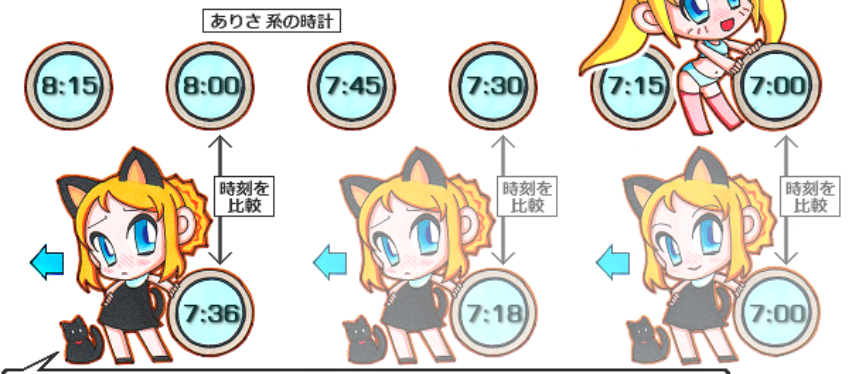
■なんと、次々とありさが会出うコトになる「リトこ系の時計」は、どれも、いつも、ありさの持っている時計よりも、進んだ時刻を指しているのです! いったい、ナニが起きているのでしょうか。考えられるのは、「1.ありさの持っている時計の進み方が、遅くなった」、「2.リトこ系の時計の進み方が、早くなった」、「3.その両方」——の、3つしかないように思えます。でも、ありさに聞いてみたなら、きっと、「ありさの持っている時計は、遅くなってないよ。今までどおり、ちゃんと、おなじように、動いてるもん」と、答えるはず。一方、リトこに聞いてみても、きっと、「わたしの持っている時計も、ずっと変わらず、おなじように、時間を刻んでますよ」と、答えるに違いありません。もちろん、リトこから見たら、リトこ系の時計たちは、どれも全部、リトこの持っている時計と、合っています。……もう、ナニがなんだか、分かりませんね。

■だけど、ホントに驚くべきは、実は、コレからです。第3節の最後に、「相対性原理」の説明をしたのを、覚えているでしょうか。前の図では、リトこが静止していて、ありさが右向きに移動している設定で、説明していました。けれども、ありさから見たら、ありさが静止していて、リトこのほうが左向きに移動しているはず。では、ありさのほうで静止している——という視点で見てみると、どうなるでしょうか。

■実際に【間接的に】比較してみると、摩訶不思議なコトが、起きてしまうのです! (その2)

ありさは、静止してるもん。動いてないよ! リトこさんが、左向きに動いてるから、そう見えるだけだよ!

ところで、ありさとすれ違ってから、リトこさんの様子が、おかしいような...?



ありさの持ってた時計と、わたしの持っている時計は、時刻が合ったのに、ありさから離れるほど、「ありさ系の時計」が、進んでいっちゃうんだけど...?

■なんと、次々とリトこが会出うコトになる「ありさ系の時計」は、どれも、いつも、リトこの持っている時計よりも、進んだ時刻を指しているのです! でも、ちょっと待って下さい。さっきは、リトこ系の時計のほうが進んでいたはず。それなのに、今度は、ありさ系の時計のほうが進んでいるというのです。ホントのホントに、いったい、ナニが起きているというのでしょうか! このナリこそが、まさに、「ウラシマ効果のジレンマ」の本質なのです。

■このジレンマを解くカギは、「ありさの持っている時計」と「ありさ系の時計」、「リトこの持っている時計」と「リトこ系の時計」を、それぞれ、厳格に区別するコトにあります。確かに、「ありさの持っている時計」と「リトこ系の時計」を比べたら、「ありさの持っている時計」のほうが遅れます。そして、「リトこの持っている時計」と「ありさ系の時計」を比べたら、「リトこの持っている時計」のほうが遅れます。ココで重要なのは、どちらの場合も、第2節で説明した正しい方法で、「ありさの持っている時計」と「リトこの持っている時計」を比べたワケではない——というコトです。ありさとリトこは、同じ場所にはいないし、お互いに静止してないんで、「ありさの持っている時計」と「リトこの持っている時計」の時刻や進み方を、比べる手段はありません。どちらの時計のほうが遅れているのかは、誰にも確かめられないし、誰の主張も否定するコトはできないのです。文学的に表現するとしたら、「ありさの世界とリトこの世界——お互いの世界は、永遠に、ただ、すれ違っていただけなので、相手の世界のコトなどは気にせずに、好きなように、自分の世界のなかで、自分だけの解釈をするコトが許されるのです」と、説明するのも良いかも知れません。

□実は、もし、「ホントに遅れているのは、どちらの時計なのか」が、確かめられるなら、「相対性原理」が、成り立たなくなってしまう。思い出して下さい。「相対性原理」とは、「静止状態は、あくまで、相対的にしか判断できない」という考えです。もし、「リトこ系の時計が正しくて、ありさの持っている時計のほうで、遅れている」と証明できるなら、「リトこのほうが、静止している」と判断できてしまうコトになります。でも、「相対性原理」の主張によれば、それは、あくまで、相対的な判断に過ぎません。すなわち、「ありさから見れば、ありさのほうで静止している」、リトこから見れば、リトこのほうが静止している。どちらの判断も、同じように正しい」と、言わざるをえないのです。

□このような現象が起きるのは、この世界が、「観測者の運動状態によって、時間と空間が変化する」世界だからです。そのコトが明らかになったのは、光の速さの測定が、きっかけでした。それまでの常識では、光の速さと同じ速さで動く観測者が見たら、光は静止して見えるはずでした。けれども、誰が、どんな実験をしても、光の速さは、変わりませんでした。そこで、アインシュタインは、「光の速さは、どんな運動をしている観測者が測っても、一定である」という前提で、理論を組み立てました。その前提は、あまりに非常識ですけど、現実には、この理論を否定する実験・観測結果は、いまだに、1つも見つかっていません。

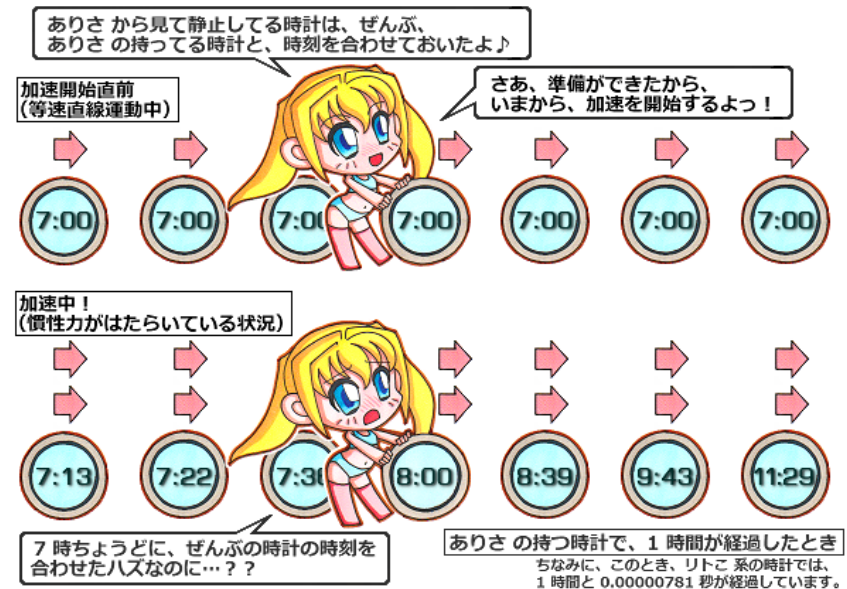


■6. 別れた人に会うのって、キツイ…。——ウラシマ効果には「抜け道」がある！

■普通の人なら、こんなコトを言われて、すぐに、「そんなんですね。良く分かりました」と、納得できるワケがないでしょう。「どちらの持っている時計のほうが遅れているのかなんて、どちらかが、方向転換して、同じ場所に戻ってきて、お互いの持っている時計が指している時刻を見せ合えば、どんな言い訳もできないくらい、ハッキリと、簡単に、確かめられるじゃないか」と、誰だって、思いますよね。

■実は、「方向転換して」というトコロが、クセモノなのです。たとえば、車や電車に乗っている場面を、想像してみてください。方向転換するには、ブレーキをかけたり、Uターンしたり、カーブを曲がったりする必要があります。すると、このときに、「慣性力」と呼ばれる力がはたらくコトは、誰だって、知っているでしょう（ちなみに、「遠心力」や「コリオリの力」なども、「慣性力」の一種です）。驚くべきコトに、「慣性力」がはたらいていると、「自分の持っている時計」と「自分に対して静止している時計」の時刻や時間の進み方を、合わせるコトが、できなくなってしまうのです！つまり、慣性力がはたらいている人は、「自分の系の時計」というモノを用意するコトが、できなくなってしまうのです！具体的に、どうなるかと言うと……。

■ありさが加速していると（慣性力を感じていると）、「ありさ系の時計」は、成り立たない！



■いま、ありさが加速度運動をしたとしましょう。このとき、ありさには、慣性力がはたらきます。すると、ありさに対して静止しているハズの時計の、時間の進み方が、ぜんぶ、変わってしまうのです。加速する方向にある時計は、ありさから離れるほど、時間の進み方が速くなります。逆に、加速する方向と逆の方向にある時計は、ありさから離れるほど、時間の進み方が遅くなります。このような状況では、「ありさ系の時計」を使って、「リトコの持っている時計」と、時刻や時間の進み方を比べるコトなど、できるハズがありません。

□もちろん、ありさが、慣性力を感じている（加速度運動をしている）場合でも、「ありさの持っている時計」の時間は、ありさから見て、ずっと同じように進んでいます。加速したからといって、ありさから見て、「ありさの持っている時計」の時間の進み方が、遅くなったり早くなったりはしません。なので、これまでどおり、「ありさの持っている時計」を使って、「リトコ系の時計」と、時刻や時間の進み方を比べるコトができます（リトコが、慣性力を感じていなければ……ですけど）。もちろん、この場合は、前の節で説明した結果と同じく、「ありさの持っている時計」のほうが、進み方が遅くなります。でも、「ありさ系の時計」が（事実上）存在しないので、リトコは、「リトコの持っている時計」を使って、時刻や時間の進み方を比べる対象がありません。リトコは、「リトコ系の時計」から得られる情報から、間接的に、「ありさの持っている時計」と、時刻や時間の進み方を比べるコトしかできないのです。この場合、前の節で説明した結果と同じく、「ありさの持っている時計」のほうが、進み方が遅くなります。

□実は、ありさに慣性力がはたらいている場合には、時計を、ありさから見て静止するように並べると、それらは、ありさの持つ時計とは、合わなくなります。逆に、ありさの持つ時計と合うように並べると、それらは、ありさからは静止していないように見えます。コレが、「ありさ系の時計」が（事実上）存在しない——というコトの、本当の意味です。もちろん、慣性力がなければ、そんなコトは起こりません。



■さて、ココまでのハナシをまとめてみましょう。すれ違っていた、ありさとリトコ——それぞれの持っている時計の、どちらが、ホントに、遅れているのかを確かめるためには、もう一度、2人が出会う必要があります。そして、2人が、ふたたび出会ったとき、相手に会いに行こうとして、方向転換したほう——つまり、慣性力を感じたほうの持つ時計が、そうでないほうの持つ時計よりも、必ず、遅い時刻を指しているコトになります。

■たとえば、ありさが方向転換して、リトコに会いに行ったらとしましょう。ありさが方向転換したときに、ありさには、慣性力がはたらきます。リトコには、はたらきません。だから、ありさが、「ありさは、静止していたよ。方向転換したのは、リトコさんのほうだよ」と、いくら言い張っても、リトコは、「わたしは、ぜんぜん、慣性力を感じなかったよ。だから、わたしは、方向転換してないよ」と、言い返すでしょう。どちらが正しいかは、（本人たちも含めて）誰の目から見ても、明らかです。

□第5節で強調したように、ありさもリトコも、方向転換せずに、つまり、慣性力を感じずに、ただ、すれ違っていくだけならば、ありさが、「ありさは、動いてないもん。リトコさんのほうが、左向きに進んでるんだよ」と言い張るコトもできたし、リトコが、「わたしが、静止してるの。ありさが、右向きに進んでるから、そう見えるだけだよ」と言い張るコトもできました。そして、どちらが正しいのかを断定するコトは、誰にもできないのでした。そのコトが、「ウラシマ効果のジレンマ」を生じさせたのです。

■ありさとリトコの、どちらが方向転換したのか（慣性力がはたらいたのか）は、本人たちも含めて、誰の目も、ごまかすコトはできません。そして、もし、ありさに慣性力がはたらいたなら、ありさとリトコが、ふたたび出会ったときには、慣性力がはたらいていた「ありさの持っている時計」は、慣性力を感じなかった「リトコの持っている時計」が指している時刻よりも、必ず、遅い時刻を指しているコトになります。逆に、リトコのほうが方向転換した（リトコに慣性力がはたらいていた）場合には、「リトコの持っている時計」のほうが、遅れるコトになります。つまり、慣性力こそが、「ウラシマ効果のジレンマ」を解くカギなのです。

■そんなワケで、摩訶不思議な「ウラシマ効果のジレンマ」は、実際には、どこにも、矛盾はないのです。

■7. 「動いている時計」って、ナニ？ ——「バエるキャッチコピー」の落とし穴？

■さて、最後に、SF作品を楽しんでいると、良く出てくる（気がする？）、「動いている時計は、遅くなる」とか、「光の速さに達すると、時間が止まる」とか、「ブラックホールのなかでも、時間は止まる」とかいったハナシについて、少しだけ、注意を促しておきましょう。実は、コレらの表現は、現実には起きる現象を、かなり偏った立場から、かなり扇情的・挑発的に述べたモノで、2つの意味で、誤解を招く恐れがあります。

■まず、1つめは、「時間が遅くなる」と言っても、体感では、ナニも変わらない——というコトです。実際、ありさも、リトコも、自分の持っている時計の進み方や、自分の時間感覚が、変化した——などを感じるコトは、まったく、ありません。お互いに、「相手の持っている時計、ないし、相手の系の時計の指し示す時刻と、自分の持っている時計の指し示す時刻が、なぜか、どんどんとズレていくなあ」と、感じるだけなのです。極端なハナシをするとも、もし、ありさが、（リトコから見て）光の速さで動いたとしても、ありさ自身は、自分の時間が止まったなんて、まったく感じません。ありさの時間は、ナニも変わらずに、流れていきます。でも、リトコ系で観測すると、なぜか、ありさの持っている時計の指し示す時刻が、常に同じになるのです。

■2つめは、「動いている時計は、（時間の進み方が）遅くなる」とかいった表現は、（完全な間違いとまでは言い切れないかも知れないけど）まったく意味がない——というコトです。たとえば、次の図のように、リトコが、1か所に静止していて、次々とやってくるありさ系の時計（動いている時計）の指し示す時刻と、自分の持っている時計（静止している時計）の指し示す時刻を、比べてみたら、どうなるでしょうか。

■必ず、「動いている時計は、時間の進み方が、遅くなる」というワケでは、ないんです！



■この場合、次々とリトこのもとにやってくるありさ系の時計は、どれも、必ず、リトこの持っている時計よりも、進んだ時刻を指しています。つまり、この場合には、**静止している時計（リトこの持っている時計）よりも、動いている時計（ありさ系の時計）のほうが、時間の進み方が、早くなっているコトになります。**

■実は、「どちらの時計のほうが、遅くなるか」を考えるときには、「**どちらの時計のほうが、動いているか**」を考えても、まったく意味がありません。そもそも、相対性原理によれば、どちらの時計のほうが動いていて、どちらの時計のほうが静止しているのかは、観測者によって変わる、曖昧なモノなのでした。だから、どちらが動いているのかというコトが、結果に影響するハズがないのです。正しくは、「リトこの持っている時計」と「ありさ系の時計」を比較すれば、「リトこの持っている時計」のほうが遅くなり、「ありさの持っている時計」と「リトこ系の時計」を比較すれば、「ありさの持っている時計」のほうが遅くなる——まとめると、**自分の持っている時計のほうが、必ず、時間の進み方が、遅くなる**——というふうに、説明するべきでしょう。「動いている時計は、遅くなる」といった、事実を歪める（かも知れない）表現に比べると、短くキャッチーな表現が、なかなか、思いつきませぬけれど、皆さんなら、どのように表現するでしょうか。

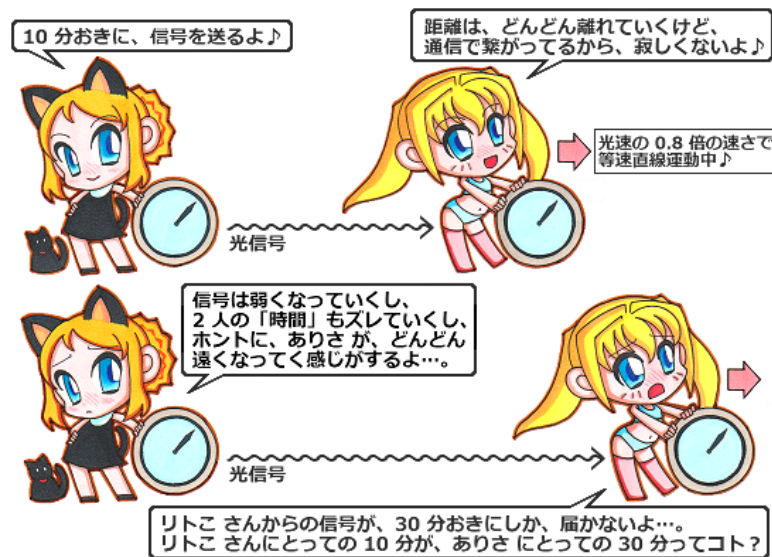
■8. おまけ。——SF創作への活かし方、教えます♪

■ココまで、長々と語ってきましたけど、もちろん、「リトこ系の時計」とか、「ありさ系の時計」とかいったモノは、現実には存在しません。あくまでも、仮想的な、想像上のモノです。たとえば、地球にいるリトこと、宇宙船に乗って亜光速で旅するありさを描く、「ウラシマ効果の物語」に、「リトこ系の時計」や「ありさ系の時計」が登場してきたとしたら、とっても不自然でしょう。

□ありさの旅の航路上に、あらかじめ、「リトこ系の時計」が、ずらっと並べてある——という光景は、あまりに非現実的です。それに、リトこの持っている時計と、リトこから何光年も離れた「リトこ系の時計」の、時刻や時間の進み方を合わせる——というのも、よく考えたら、実際には、ちょっと非現実的かも知れません。たとえば、地球からイチバン近い太陽系外恒星のケンタウルス座α星でさえも、地球から4光年以上離れています。第2節で説明した、離れた場所にある2つの時計を合わせる方法では、地球にある時計とケンタウルス座α星にある時計を合わせるのに、最低でも8年以上かかるコトになります。SFを楽しむときには、「この宇宙の人たちは、日常生活で使う『時間・時刻』を、どのように決めているのかな?」、「地球が舞台の物語でも、時差とかの問題はあるけど、この宇宙では、交易とかで、他の星系と往來する場合に、『時間・時刻』は、どのように扱われるのだろうか?」、「『歴史上初めてこの発見・発明したのは誰か』とか、『この特許は誰のモノか』とかは、どうやって認定されるの?」といったコトまで考えると、とってもオモシロくなるかも知れませぬ。

■それでは、実際に、SFを楽しむときには、どうすれば良いのでしょうか。イチバン現実的なのは、「お互いに、一定の時間間隔で、光信号（電波とか）を送り合う」という状況でしょう。たとえば、リトこが地球にいて、ありさは宇宙船に乗って地球から離れていくとします。そして、リトこが、10分間隔で、ありさに向かって光信号を発信し続けたら、どうなるでしょうか。ありさと地球のあいだの距離は、どんどん大きくなっていきます。そのため、リトこが発信した光信号が、ありさに届くまでの時間も、どんどん長くなっていきます。ありさは、「リトこさんは、10分間隔で信号を送り続ける——って言うてくれて、すっごく嬉しいけど、ありさのトコロには、30分間隔でしか、リトこさんからの信号が届かないよ。なんだか、ちょっと寂しいな……」と、思うかも知れません。

■離れていく2人を繋ぎとめる通信と、ズレていく時間——物語が生まれそうな予感？



■ところが、実は、そんなに悲しむ必要はない——と、ありさに向けてあげるコトもできるのです。もしも、「ウラシマ効果」がなければ、ありさは、50分おきにしか、リトこからの信号を受け取るコトができないはずでした（そのコトは、小学校で習う、「距離」=「速さ」×「時間」の公式から、簡単に計算できます）。でも、「ウラシマ効果」があるコトによって、「ありさの持っている時計」は、「リトこ系の時計」に比べて、時間の進み方が遅くなっています。したがって、この場合には、「リトこ系の時計」で50分が経過するあいだに、「ありさの持っている時計」では30分しか経過しないのです。「ウラシマ効果」がなければ、50分おきにしか届かないはずの、リトこからの信号が、「ウラシマ効果」のおかげで、30分おきに受け取るコトができる——というコトを知ったなら、ありさの感じる寂しさが、ほんの少しだけでも、和らげられるかも知れませぬ。

□同じコトは、地球から離れていくありさから、地球にいるリトこに向かって、一定の間隔で光信号を送るときにも、起こります。リトこは、「ありさは、10分ごとに、地球に向かって、信号を発信してるみたいけど、わたしに届くのは、30分おきだよ……。ありさにとっては、たった10分間でも、わたしは、もっともっと長い時間を待たないと、ありさからの信号を受信できないなんて、ちょっと、切ないよね……」と、思うかも知れませぬ。

□ちなみに、残念ながら、2人のあいだをつなぐ光信号は、「ドップラー効果」によって、相手に届くときには、波長は伸び、強度は弱まってしまいます。たとえば、高出力の青色レーザー光を、地球にいるリトこから、地球から離れていくありさに向かって、発振したとしましょう。上の設定の場合では、たとえ、信号がまったく減衰しないとしても、ドップラー効果によって、ありさが受け取る信号は、近赤外線になり、強度は3分の1に弱まっているでしょう。ありさにとっては、信号が届く間隔が広がるよりも、信号が弱くなってしまふコトのほうが、心細さを感じさせるかも知れませぬ。

■実際に、「ウラシマ効果」が印象的に使われているSF作品を、いろいろと思い浮かべてみると、地球を旅立ち、冒険の末に、ようやく故郷に帰ったら、親しい人たちは、みんな、年老いていたり、亡くなっていたり……とか、宇宙を放浪して、なんとか出発の地に戻るコトができたなら、すでに文明は滅んでいた……とか、どちらかと言うと、「こんなコトになるなんて、『ウラシマ効果』なんか、なければ良かったのに……」と思わせるような、悲哀を感じさせるモノが、多いような気がします。もちろん、上で紹介した、離れていく2人の通信のハナシも、感傷的で、情緒的なシチュエーションを生み出します（生み出す気がします）。けれども、「ウラシマ効果」のおかげで、少しは救われる——というコトは、ちょっと、他にはない「ウラシマ効果」の使い方のような気がします。どんな物語に、どんなふうに活かせるのかは、分かりませぬけど……(苦笑)。

■そんなワケで、皆さんの、楽しいSFライフを、より充実した、素敵なモノにするのに、少しでも役立つようなハナシは、あったでしょうか。あったら、イイな♪

ERO-GAME BRAND "LIBIDO" presents HOUKAGO REN-AI CLUB

