# 「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、どんな感じなのかな。「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、「光の速さだと、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」って感じですよね。

■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…。
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。
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♪
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。
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。
6. 別れた人に会うのって、キツい…。
――ウラシマ効果には「抜け道」がある！
7. 「動いている時計」って、ナニ？
――「バズるキャッチコピー」の落とし穴？
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…。

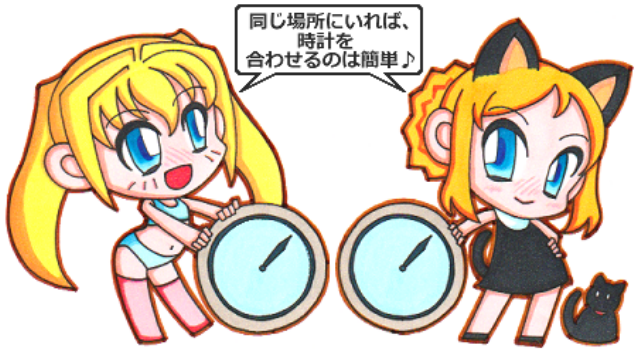
■そもそも、「時計が遅くなる」というのは、いったい、ナニと比べて、遅くなるというコトなのでしょうか。そう考えると、同じ時計が 2 つ（または、2 つ以上）なければ、「時計が遅くなったのかどうか」は、判断のしようがないように思えます。同じ時計が 2 つ（または、2 つ以上）あって、初めて、「リトこ の持つ時計と比べて、ありさ の持つ時計は、進み方が遅くなった！」というふうに、判断するコトができるのです。

□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てた？」

■そうなると、「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、進み方が遅かった」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ハズなのに、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。

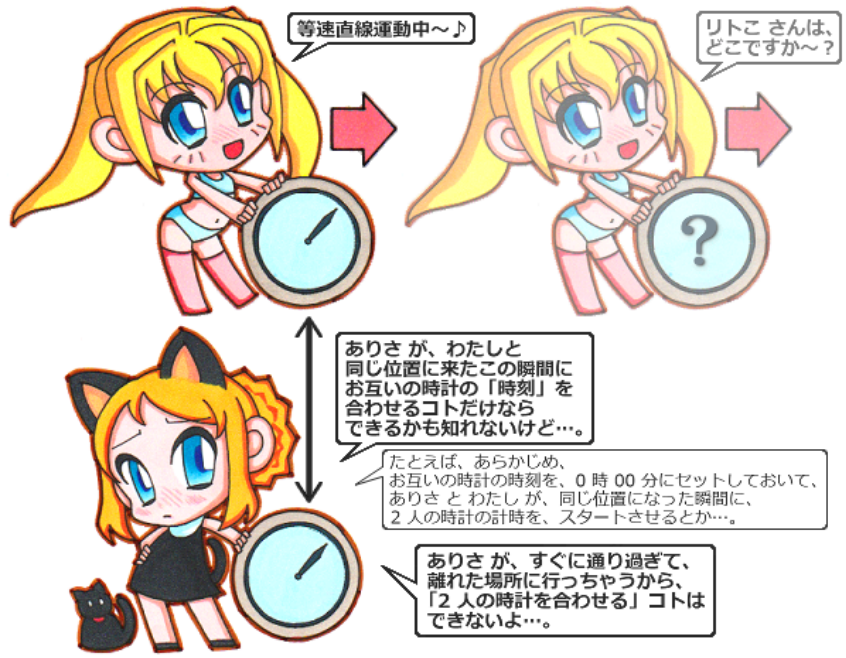



■けれど、極端なハナシとして、たとえば、ありさ が地球にいて、リトこ が火星にいる――といった場合は、どうでしょうか。地球から火星まで、光の速さでさえ、3 分はかかります。地球と火星の位置関係によっては、地球から火星に、光が届くまでの時間が、20 分を超えてしまいます。ありさ が、超高性能の望遠鏡を使って、リトこ の時計を見たとしても、それは、少なくとも 3 分前、運が悪いときは 20 分以上前の映像です。そんな状況で、どうやって、2 人の時計の時刻や進み方が合っているのかを、確認したら良いのでしょうか。

□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、ホントに『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…。**



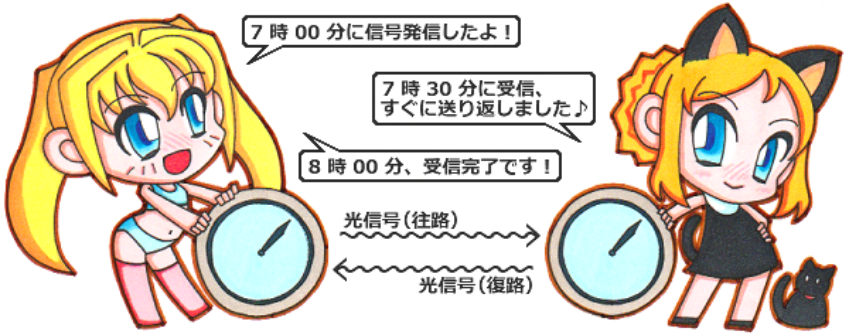

■このように考えていくと、「離れた場所にある 2 つの時計の時刻や進み方が、ホントに合っているのかを、どうやって確認するのか？」という問題が、とても重要なコトに思えてきます。「そもそも、同じ時計ならば、どこにあっても、同じ時刻、同じ進み方なのは当然で、悩むまでもないコトだろ」と思いがちですけど、意外なトコロに、興味深い問題が、隠れているモノです。実は、この「同時刻の定義」の問題こそが、相対論の、最も基本的な出発点になっているのです。それでは、いったい、どうやって、離れた場所にいる、ありさ と リトこ の持つ時計の時刻や進み方が、ホントに合っているのかを、確かめれば良いのでしょうか。

## ■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）——コレら 3 つの情報を、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なら、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」と書いたのかが、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。

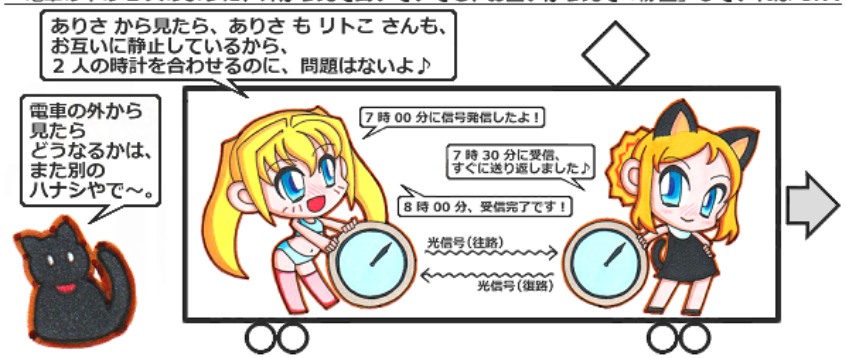
## ■3. 他人の目なんか、気にするな！ —— 誰もが、みんな、自分基準でイイのです♪

■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のかを確認するには、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」というトコロは、重要です。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うからです。

□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ね。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けど、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たら、2 人が同じ速さで動いている場合だって、同じ方法が使えるんじゃないの？」と、思いませんでしたか？　ありさ と リトこ が、同じ向きに同じ速さで動いていたら、ありさ から見て、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ハズです。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！**

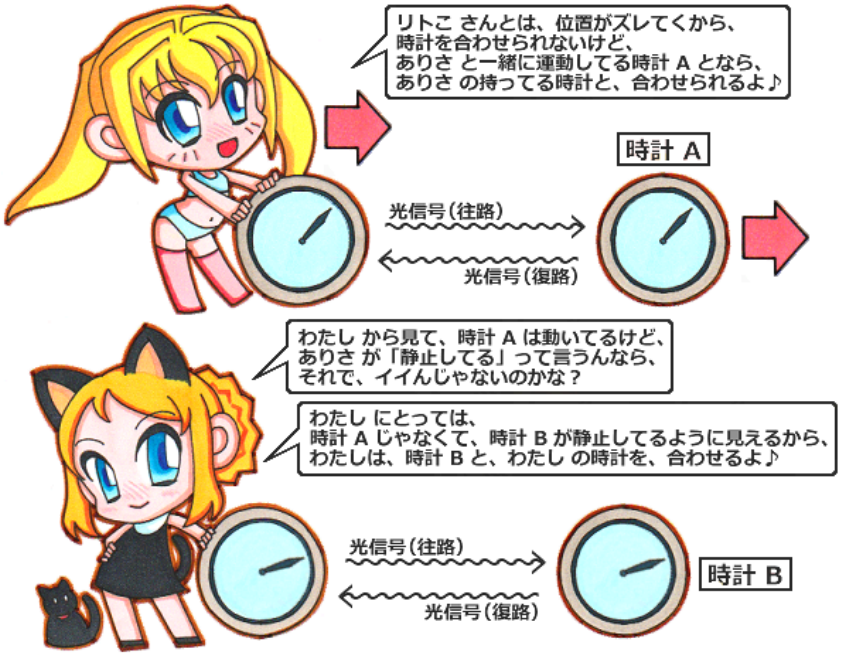



■とても大切なコトですので、もう 1 回、書いておきましょう。ほかの誰かから見て、ありさ と リトこ が、動いていようが静止していようが、それはどうでも良いコトです。ありさ 自身が見て、ありさ と リトこ が、お互いに静止しているのならば、2 人の時計が合っているかどうかを、確認するコトができるのです。

□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ハズです。もし、宇宙空間で静止している人が見たならば、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。

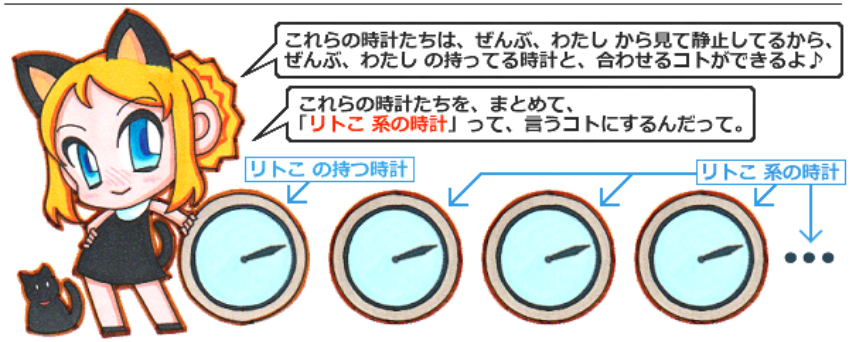
□さらに、別の余談。――上の説明では、ありさは、「等速直線運動」をしている――という前提でした。実は、「加速度運動」をすると、遠心力などの「慣性力」がはたらくので、ハナシが少し難しくなります。慣性力がはたらくと、どんな面倒なコトが起こるのかは、あとのほうで、説明しましょう。

## ■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、さら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けど、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、たくさんの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。

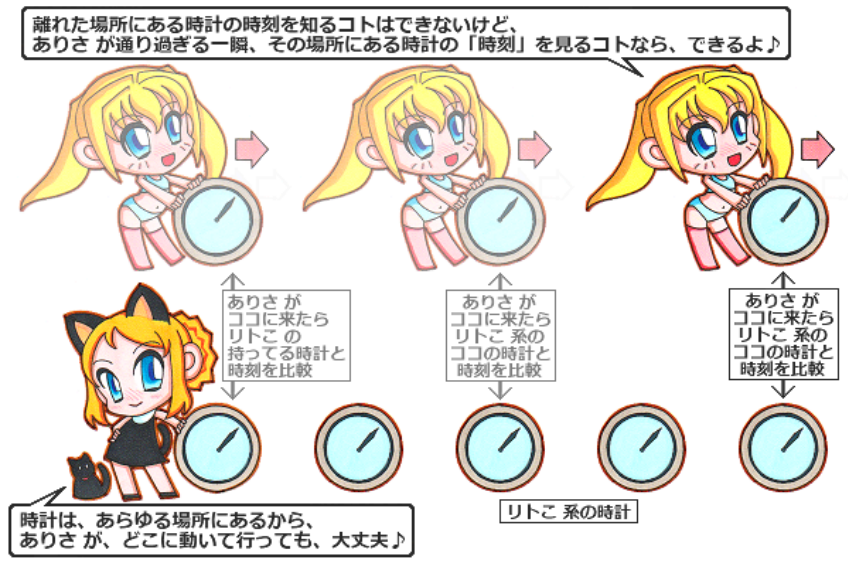
**■空間内のあらゆる場所にある時計たちを、すべて、リトこ の持つ時計に、合わせておきました！**




□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。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♪**




■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 系の時計のうちの、ある特定の 1 つの時計が、ありさ の持っている時計と、時間の進み方までも、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。

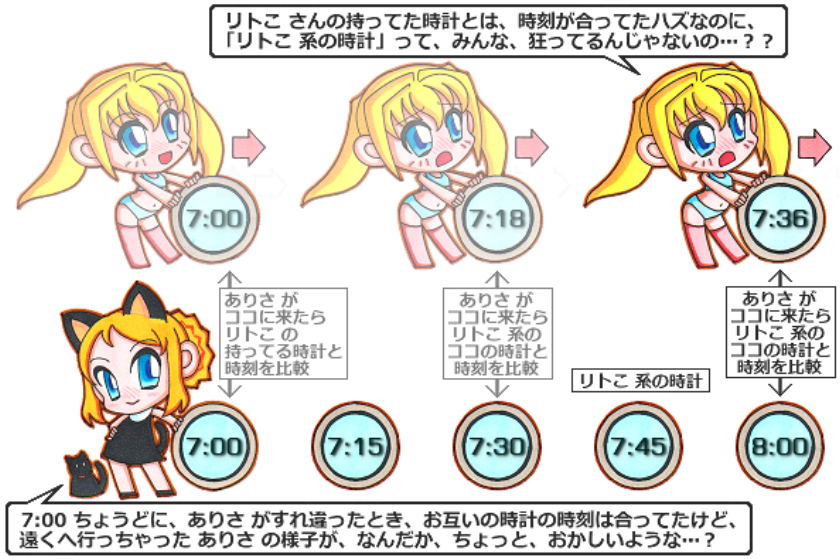
■ココまでのハナシを、まとめてみましょう。ナニより重要なのは、「リトこ の持っている時計」と「ありさ の持っている時計」を、直接、比べるコトはできないというコトです。でも、「リトこ 系の時計」と「ありさ の持っている時計」ならば、比べるコトができます。この区別は、すぐあとで、とても重要になってきます。

□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。コレは、「(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。

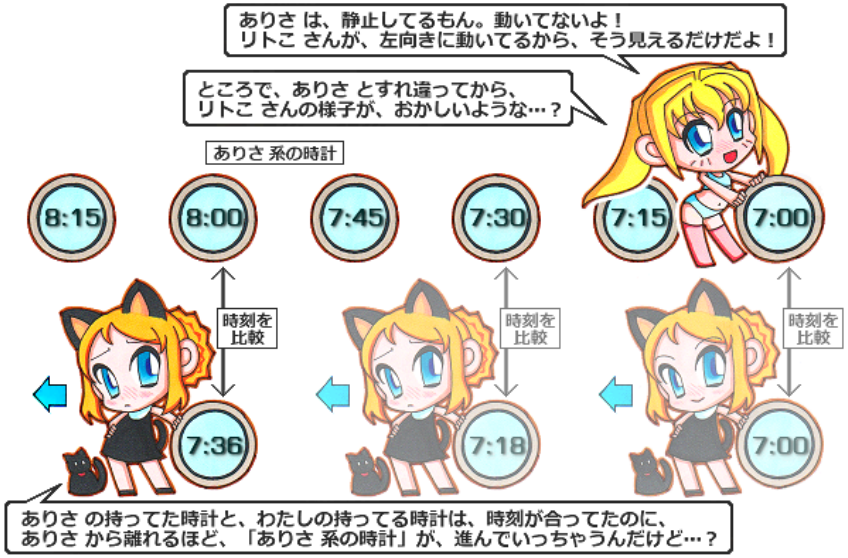
**■実際に【間接的に】比較してみると、摩訶不思議なコトが、起きてしまうのです！（その 1）**




■なんと、次々と ありさ が出会うコトになる「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、答えるハズです。一方、リトこ に聞いてみても、きっと、「わたしの持ってる時計も、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、説明をしていました。けれども、ありさ から見たなら、ありさ こそが静止していて、リトこ のほうが左向きに移動しているハズです。では、ありさ のほうが静止している――という視点で見てみたら、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）**




■なんと、次々と リトこ が出会うコトになる「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ハズです。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！？　このナゾこそが、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、お互いに静止してもいないので、「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、すれ違っていくだけなので、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、自分なりの解釈をするコトが許されるのです」と、説明して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います。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」という考え方です。もし、「リトこ 系の時計が正しくて、ありさ の持ってる時計のほうが、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 のほうが静止しているし、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。

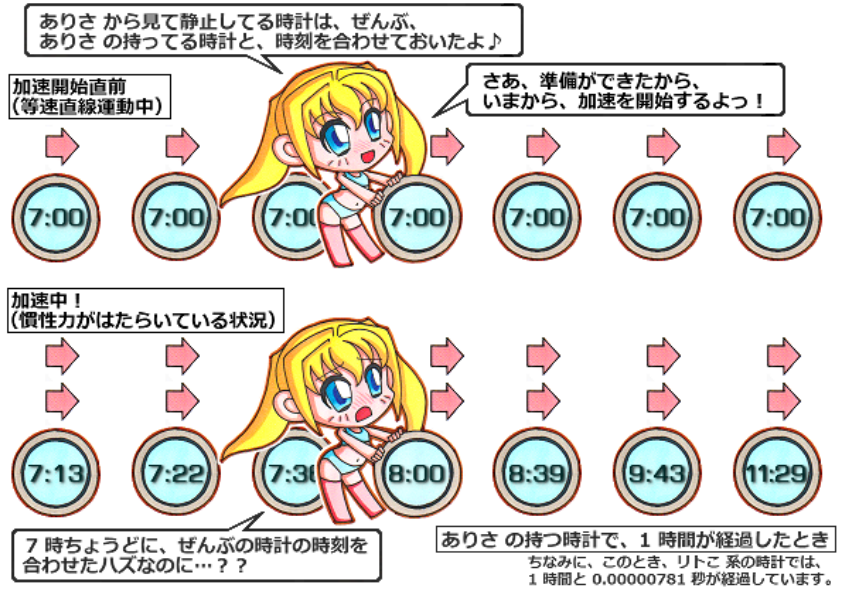
□このような現象が起きるのは、この世界が、「観測者の運動状態によって、時間と空間が変化する」世界だからです。そのコトが明らかになったのは、光の速さの測定が、きっかけでした。それまでの常識では、光の速さと同じ速さで動く観測者が見たら、光は静止して見えるハズでした。けれども、誰が、どんな実験をしても、光の速さは、変わりませんでした。そこで、アインシュタイン は、「光の速さは、どんな運動をしている観測者が測っても、一定である」という前提で、理論を組み立てました。その前提は、あまりに非常識ですけど、現実に、この理論を否定する実験・観測結果は、いまだに、1 つも見つかっていません。

## ■6. 別れた人に会うのって、キツい…。── 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、「そうなんですね。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、想像してみて下さい。方向転換をするには、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、「リトこ 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、コレまでどおり、「ありさ の持っている時計」を使って、「リトこ 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（リトこ 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、リトこ は、「リトこ 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。リトこ は、「リトこ 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ましょう。すれ違っていった、ありさ と リトこ──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、リトこ に会いに行ったとしましょう。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。リトこ 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、リトこ さんのほうだよ」と、いくら言い張っても、リトこ 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。どちらが正しいのかは、（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 リトこ 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。リトこ 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、リトこ 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 リトこ 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 リトこ 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「リトこ 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、リトこ のほうが方向転換した（リトこ に慣性力がはたらいていた）場合には、「リトこ 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？ ──「バズるキャッチコピー」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、リトこ 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──などと感じるコトは、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ぁ」──と、感じるだけなのです。極端なハナシをすると、もし、ありさ が、（リトこ 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、リトこ 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、リトこ 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、思いつきませんけれど、皆さんなら、どのように表現するでしょうか。

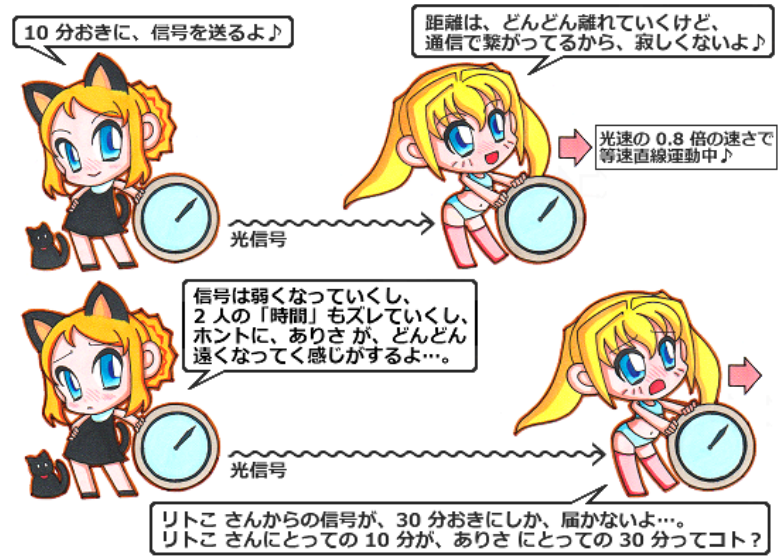
## ■8. おまけ。―― SF 創作への活かし方、教えます♪

■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よね。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、他の星系と往来する場合に、『時間・時刻』は、どのように扱われるのだろう？」、「『歴史上初めてこの発見・発明をしたのは誰か』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んね。

■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なら、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――って言ってくれて、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 に言っ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ハズでした（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ハズの、リトこ からの信号を、「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んね。

□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だけど、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、思うかも知れません。

□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うコトのほうが、心細さを感じさせるかも知れませんね。

■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――というトコロは、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、分かりませんけど……(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、少しでも役立ちそうなハナシは、あったでしょうか。あったら、イイな♪