

冒険する科学者 Scientists in Adventure

宮下 哲人

第3回 光に乗って世界を見た男

この会報の編集者から、前回の火星の生命について説明するところはあまり頭に入ってこなかったということと言われて、「そうなのか」とちょっとめげちゃいました。火星の生命が受けないのか。もしかしたら僕の書き方が悪くて想像力に訴えなかったのかもしれないけれど、そんなにつまらなかつたかな。ねえ、つまらなかつたですか？

じゃあ「ガラスは実は液体である」というのはどうだろう。「実際に計ってみるまでは何も存在しない（これは数ヶ月前に生まれていても、最初に体重を計るまではその間あなたはこの世に存在しなかった、と言っているのと同じようなものです）」という不思議なことはどこで起こっているんだろう。1×2が2でも、2×1が2にならない計算方法は本当に存在するのだろうか。同じ海底地震でも津波を起こすのと起こさないのがあるのはどうしてでしょう？宇宙の外には何があると思いますか？

しつこいと思われるかもしれないけれど、これは僕の意地です。だって科学がつまらなしいと言われるのは、僕にとってガールフレンドをけなされるのと同じことだから。絶対に放っておけないです。これでもまだ心が動かなければ、まだいくらでもリストを続けてあげられます。読み飛ばさないでじっくり考えてください。

- ・ 遠くの星や銀河までの距離はどうやって測るのか？
- ・ どうしてラジオが聞けるトンネルと聞けないトンネルがあるのか？違いは何なのか？
- ・ 宇宙は140億年前に誕生してから膨張し続けているが、その速度は時間がたつごとに速くなっている。どうしてそんなことがわかるのか？そしてこのまま宇宙が膨張し続けたらどんなことが起こるのか？
- ・ 初期宇宙には、元素として存在しているのは水素とわずかなヘリウムだけだった。では炭素や酸素や鉄やアルミニウムやウランやアルゴンや水銀はどこでどうやってできたのだろうか？
- ・ 宇宙の中心というものは存在しない。でもどうして中心がないということがあり得るのか？
- ・ ハチのうち数種類では、餌がたくさんある時期でも自分たちのさなぎを食べてしまう役目のハチがいる。仲間のさなぎを食べることにどんな意味があるのか。
- ・ 数年前のカリブ海での火山噴火で、いったん海に流れ込んだ溶岩が高い丘の上に向かって流れる現象が観察された。どうして溶岩流は上り坂に逆らって流れたのか？それとも僕たちの目がおかしいのだろうか？
- ・ 女の子の一卵性双生児は、男の子の一卵性双生児より見分けがつきにくいように思ったことはないだろうか？そしてそれはなぜだろう？

- ・ 人間の耳で音を聞き取る耳小骨とよばれる骨は、両生類や爬虫類では下顎の一部である。下顎の骨がどうやって耳の中の小さな骨に形を変えていったのか？
- ・ どうして虹はいつも太陽と反対の方角に見えるのか？
- ・ 宇宙をどこまで旅をしても壁にぶつかることはない。しかし宇宙には果てがあるのは確かだ。これは矛盾してはいないだろうか？ どうして宇宙の果てまで旅をしても壁にはぶつからないのか？ 宇宙の果てまで行くとどこに行ってしまうのか？
- ・ 今日朝ご飯で食べた食パンを2つにナイフで切るとする。その2つに切ったパンをまた2つに切るとする。これを何回もくりかえしてみる。何回目でパンを作っている原子までたどりつくことができるだろう？

話が長くなってしまうので、このぐらいでやめておくけれど、どれかひとつでも「えー、どうして？」と思ってもらえたら僕も嬉しいです。この「どうして？」をつかまえたら手放しちゃだめです。「そういうものなんだ」と思わずに、本で調べたり考えたり知っている人に質問したりしてみるのが正しい道です。「どうして？」というのを放っておくのはすっきりしないから。でもこんな不思議な世界に生きているのに、身の回りのことをこれっぽっちも知らないで日々を送るのはもったいないと僕は思うんだけど。

さて、今から100年前、世界の見方を根本的に変えてしまう大発見がありました。物理学者はこの1905年という年を「奇跡の年」と呼んでいます。あちこちでもう宣伝されているから知っているひとも多いと思うけれど、そうですね、アインシュタインの特殊相対性理論が発表された年です。でも相対性理論といっても何がすごいのかよくわかりませんよね。だからあともう少し時間をさかのぼって、今から110年ぐらい前、1890年代のイタリアから話を始めることにしましょう。

トスカナ地方はスイスとの国境に面した、北部イタリアののどかな田舎です。このあたりを今から110年ぐらい前に散歩していたとしたら、たぶん道すがら髪の毛の長い、風変わりな男の子に出会ったことでしょう。彼は道を歩きながら考え事をしています。恋わずらいだとあなたは思うかもしれない。でもこの男の子の頭の中には別の問題がうずまいています。大方の男の子が女の子を追いかける年頃にあって、アインシュタインは光を追いかけることを考えていたのです。光の速度で宇宙を旅しようというのです。そよ風にふかれ、穏やかな日溜まりが散らばるイタリアの田舎で。

もともと、だからといってアインシュタインが才気煥発な子どもだったというわけではありません。彼は高校を退学したばかりです。アインシュタインは首尾一貫して学校教育には向いていない子供でした。先生にも気に入られていなかったようです。当時のヨーロッパの教育は規律が厳しく、教師の言うことは絶対で、上下関係がはっきりしていました。学校全体でエリート・スポーツ部をやっているようなものです。これに対してアインシュタインの方は好きなことには熱中するけれど、嫌いなことにはいっさい手をつけず、おまけに自分のやりたいように物事を進めないと気がすまないという性格で、こんなのが当時の学校で生き残っていけるわけないですよ。「君がいるだけで授業にならない」とか「君はまともな職業にはつけない」といった嫌みを教師から言われ続けます。でも彼は馬鹿ではなかったみたいです。学校に行くのが嫌で嫌でたまらなかつた彼は知り合いの医者に頼んで偽の診断書（『神経衰弱で、すぐに学校を離れる必要がある』）を書いてもらい、見事に高校から退学してイタリアの田舎に逃げ出すことに成功したわけだから。

数年後にアインシュタインはスイスの連邦工科大学に入学しますが、ここでも彼は落ちこぼれでした。好きな知識も嫌いな知識も試験のために頭につめこむのは、アインシュタインがこの世でいちばん嫌っていたことのひとつでした。彼が卒業できたのは友だちから借りたノートで試験を何とかパスしたからです。アインシュタインはこの試験のおかげで「その後1年間はどんな科学にも興味もてなかった」と書いています。それにしても、この頑固さは相当なものですね。

そんなアインシュタインに得られる職はそれほど多くありません。いくつかの就職先をあたったあとで、彼はスイスの特許局（発明の審査をする役所）の事務員になります。でもアインシュタインはそれほど特許局での仕事を嫌ってはいなかったようです。適当に事務をこなして、あとは科学的な思索の時間に当てていたということです。そして1905年、奇跡の年がやってきます。

1905年に発表された特殊相対性理論のなかでいちばん大事な結論をふたつあげるとすると「時間は絶対的ではない」と「質量とエネルギーは同じものである」になるでしょう。もう少しわかりやすく説明すると、僕にとっての1分とあなたにとっての1分は違うということです。僕たちはふだん1分は1分だと思って暮らしています。だってそうですよね。僕の腕時計の秒針がひとまわりするあいだにあなたの腕時計の秒針がふたまわりしたら世界中が混乱してしまいます。でも実際には、ベンチに座っているあなたのそばを歩いて通り過ぎる僕の時間は、あなたの時間よりわずかだけ遅く流れています。僕の家の前を車で通るあなたの1分は、僕の家の上の時計の1分よりほんの少しだけ長い1分です。どうしてそれで世界が混乱しないかというと、僕たちが日常的に使っている速度が遅すぎて（飛行機でさえも、車でさえも）その差は無視できるくらいわずかなものだからです。でも光の速度に乗るとこれはもっと大きな意味をもってきます。速度をあげればあげるほど時間の流れは遅くなり、光の速度では時間が止まってしまうのです。だから光の速度で旅をする人は年をとらないという不思議なことが起こってしまいます。

光の速度では他にも不思議なことが起こります。もしあなたが車に乗って40kmのスピードで走っていたとします。僕が反対方向からこれもまた40kmのスピードで走ってきます。僕とあなたは80kmのスピードですれ違っているように感じます。ところが今度はあなたが光の速度で走って、僕が40kmで走っているとします。その時に感じる速度は光の速度+40kmだと思いますか？

実は光の速度しか感じないのです。光の速度に別の速度を足すことはできません。しかも、どんなものも光よりも早く運動することができません。なぜそんなことが起きるのでしょうか？「速度」というのはある時間内に動いた距離のことです。100kmの道のりを1時間で動くときは「時速100km」といいますね。しかし、光の速度が変わらない（光の速度に別の速度を足すことができない）とすれば、速度ではなく、他の何かが変わっているに違いありません。アインシュタインは考えます。「時間の進み方が変わるのだ」と。

こう考えてみましょう。ふたつの物事が同時に起こるとするのは、いったいどういうことなのでしょう？あなたは道ばたに立ち止まって、僕の乗ったトラックが道を猛スピードで突っ走ってくるのを見えています。反対方向からも同じ速度でトラックが近づいています。ここで、僕の乗ったトラックの前に、あなたにたった今ふられたばかりの武田鉄矢Aがぱっと腕を広げて立ちはだかって、「僕は、死にましょん！」と叫んだとします（古いね）。さらに道路の反対側、僕の乗ったトラックのちょっと後ろで、反対方向に向かって走っているトラックの前にも武田鉄矢Bが腕を広げて立ちはだかったとします。このふたりが飛び出したのはあなたには同時に見えます。

ところが、トラックに乗っている僕には武田鉄矢Bの方が一瞬遅れたように見えます。なぜなら、僕は武田鉄矢Aに向かって猛スピードで走っているのだから、武田鉄矢Aに反射して僕の方に向かって光は、武田鉄矢Bに反射して僕のトラックのサイドミラーに向かって光よりも、トラックのスピードの分だけ瞬間的に短縮された距離を伝わるからです。だから、僕とあなたではどちらの武田鉄矢が先に飛び出したのか意見が合わないことになります。あなたにとっては同時でも、僕には同時ではないということがあり得るのです。これが時間が相対的であるという意味です。アインシュタインは相対性の意味を訊かれて、こう答えたそうです。「熱いストーブの上に1分間手を載せてみてください。まるで1時間ぐらいに感じられるでしょう。ところがかわいい女の子と一緒に1時間座っていても、1分間ぐらいにしか感じられない。それが相対性というものですよ」

・・・まあそういうことです（笑）。

この理論は、宇宙のどこかに基準になるポイントがあるはずだという考えを無惨に捨てて去ってしまいました。僕の1分とあなたの1分が違うとしたら、いったいどちらが正しいのでしょうか？どちらも正しいのです。なぜなら、この宇宙に「これが1分です」というような絶対的な基準はないからです。あなたが光に近い速度で自転車の二人乗りをしているとします。僕は道ばたでそれを観ています。僕の方に近づいてくるとき、あなたに反射した光は青白く見えます。遠ざかっていくときは赤っぽく見えます。あなたの体重は重くなり、進んでいる方向に向かって圧縮されています。ところが自転車の後ろに乗っているあなたのガールフレンドにはそんな風には見えません。その代わりにそのガールフレンドが見るのは、目の前にぽつんと空いた小さな穴です。少し速度を落とすと、その穴は大きくなります。そこには前方の景色も見えますが、不思議なことに、後ろに過ぎ去った景色まで前に見えています。

そんなこと日常生活と関係ないからいいや、とあなたは思うかもしれない。でもそれは違います。相対性理論がなかったら、カーナビは存在しなかったでしょう。飛行機も予定通りのコースを飛べなくなります。素粒子の構造もわからなければ、宇宙がどうして始まったのかもわからないんです。そしてこの相対性理論は実験によって確かめることができます。地球を回っている人工衛星に積み込まれた時計は地上の時計よりもほんの少しだけ早く進むんです。毎朝空を見上げるだけでも相対性理論の効果を目にすることができます。僕たちが見ている太陽は、8分前の太陽なのです。太陽から地球までは光の速度で8分かかります。だから僕たちの目にその光が届くまでに、太陽は8分だけ先に進んでいることになります。僕が今こうして向かっているコンピューターの中の電気信号だって光の速度で走っています。

最後に、冒頭であげた疑問のうち相対性理論に関係のあるふたつを取り上げてみましょう。「どうして宇宙には中心が存在しないのか？」と「どうして宇宙の果てまで旅をしても壁にはぶつからないのか？」のふたつです。実はこのふたつは、ひとつの事実を別の角度から見ているだけの話なんです。

僕たちの世界は前後、左右、上下の3次元空間で構成されています。本当はこれに時間が加わって4次元の時空間なのだけれど、今は空間のことだけを扱うので時間軸をのぞいて3次元であるとしちゃいます。どうして宇宙に中心がないのかを説明するためには、この3次元をもう一段階だけ複雑な次元から見なければいけません。つまりは4次元から3次元を見るわけですよ。4次元空間とはどういうものか？えーとですね、3次元は前後、左右、上下ですから、そのすべてに対して垂直に交わる次元ですね。どういふのかわかりますか？

・・・わかるわけがないですね。僕だってイメージできません。僕らは3次元空間の住人だから、4次元がどんなものか想像できないんです。じゃあどうするか？ひとつ上の次元から見なければいけない

のなら、僕らが今いる3次元空間を2次元だと仮定してみましょう。つまり、前後と左右だけ（あるいは前後と上下だけか、左右と上下だけ）の世界です。極限的に薄い紙みたいな空間ですね。この2次元を3次元から見ることで問題はずっとわかりやすくなります。

お家に世界地図がある人はそれを見てください。地球儀でもいいですよ。それではその世界地図を眺めて、どこが世界の中心かというのを考えてみてください。「地球の核の部分」は禁止です。だってそれは3次元的な考え方だから。今は2次元について考えているので、表面だけに限って考えてみてください。どこが地球の表面の中心か？イギリスあたりかな？北極かな？それとも政治的にはワシントンあたりでしょうか？

この時点で世界地図には中心というものが無いということに気づいた人はどれぐらいいますか？世界地図は結局ひとつながりだから、中心を見つけようにも見つけることができないんです。北極だろうがアメリカだろうがマダガスカルだろうが、どこも世界の中心ではないわけです。さらに、世界をどこまで行っても端から落ちこちないということにも気がついた人はいたかな？日本から世界の果てまで旅をしても、世界の外には出ていかないですよ？壁にもぶつからないです。太平洋へ旅立った人は地図の端っこで大西洋からヨーロッパへとつながってしまいます。地球の表面には限りがあるはずなのに、端っこから落ちこちることがないんです。

さて、この中心がなく、端もない2次元の世界地図に1次元を足して3次元にしてみてください。それが僕たちのいる宇宙です。宇宙をふくらんだ風船のように考えていた人、残念ながらそれは正確な図ではありません。どこも中心ではなく、どこも果てではない世界。この宇宙のすべての事象はすべて相対的なものなのです。アインシュタインはそんな宇宙を見つけたのです。

20世紀最後の「TIME」誌は前世紀を代表する人物を選びました。戦争の世紀、科学の世紀、宇宙開発の世紀、色々な名前で呼ばれる20世紀ですが、その激動の100年間を代表する人物としてTIMEが選んだのはアルバート・アインシュタインでした。フランクリン・ルーズヴェルトでもなく、アドルフ・ヒトラーでもなく、マハトマ・ガンジーでもなく、ジョン・ケネディでもなく、ウィンストン・チャーチルでもロナルド・レーガンでもミハイル・ゴルバチョフでもなく、今から100年前にスイスの特許局のオフィスではんこを押していた、落ちこぼれで薄汚れた若者だったのです。彼は人類の宇宙に対する見方を永遠に変えた人物でした。アインシュタインが生涯をかけて完成しようとしていたのは、重力に関する一般相対性理論と素粒子のふるまいに関わる量子力学を同時に説明できる理論だったようです。彼の死から50年、数多くの物理学者たちがその謎に挑み続けていますが、未だに僕たちはその理論を手に入れていません。彼がいなければ僕たちは相対性理論すらまだ手にしていなかったかもしれないのです。彼は特別な素質を持っていたわけではありませんでした。しかし誰もが地上で一時的な栄光に心を奪われる時代にあって、アインシュタインは誰も届かなかった宇宙の奥深くに手をのばそうとしていたのです。銀河系を超えて、そして光に乗って。