

# ガリレオ爺さんの宇宙談義



工学博士 **西尾 宣明**

元・東京ガス(株) 基礎技術研究所

昨年、日本人の宇宙飛行士野口さんが宇宙ステーションでの船外活動で立派な仕事をされたことは、日本の国民にとっても大変面白い話題でした。

その後ではアメリカのお金持ちが22億円という目玉が飛び出るような料分で宇宙観光旅行をし、あのホリエモンも宇宙観光事業に乗り出すという噂が立ったりして、宇宙がずいぶん身近なものになったような気がしたものです。

与太郎さんもこの頃は息子に宇宙についての質問を受けることが多くなって困っているようです。

**与太郎** 大家さん。この頃はうちの息子も大分知恵が付いてきて、こないだのスペースシャトル（2005年8月1日に打ち上げられた“ディスカバリー号”）のときなんかテレビのニュースを夢中になって見てましたよ。

**大家** ほう、それは楽しみじゃないですか。大きくなったら本当に宇宙飛行士になったりして??。

**与太郎** そんな風になったらそりゃあ嬉しいですけど、やたらに質問されるのが困るんですよ。

**大家** たとえばどんな質問ですか —

**与太郎** そうですね。たとえば、「宇宙では無重力だから全部重さがなくなって、物を運ぶのが楽だね」な

んて言われてもどう答えればいいのか迷っちゃいますよ。野口さんが300キログラムもある機械か何かを運んでたけど、ずいぶんゆっくりと慎重に動かしてましたよね。やっぱり重いんじゃないですか？

**大家** それはたしかに難しい質問ですね。正解は「軽いけれども重い」ですからね。

**与太郎** ええ？それ、どういう意味ですか？

**大家** テレビで映されるのを見たことがあると思いますが、宇宙船の中で持っている物から手を離しても、ふわふわ浮かんでいますね。あれは確かに重さがなくなっている証拠です。しかし、その物を押して遠くへ飛ばそうとすれば、手にはその物の重さを感じられる筈です。手が受ける反力は速く飛ばそうとするほど、また、物が重いほど強くなります。

お相撲の余興で、小さい子供が大きなお相撲さんからぶつかって行くのがありますね。重いお相撲さんから受ける反力で、子供の方が跳ね飛ばされるでしょう？あれと同じことです。

**与太郎** それじゃあ宇宙でもやっぱり重さはあるってことですね？

**大家** もう忘れてるんですか — 前に重さと質量の話をして上げたのを??（非開削技術No.43, 2003年4月『ニュートンの林檎』）。物に力を加えて速度を与え

ようとするとき、質量が大きければ速度の変化が小さく、質量が小さいと速度は大きく変化するという事です。あるいは速度の変化、つまり加速度を同じにしようとするれば質量が大きいほど大きな力が必要になるということなんです。

**与太郎** ああ、思い出しましたよ。野球のボールを投げるときと砲丸を投げるときじゃあ質量の分だけ速さが違うってことでしょうか？

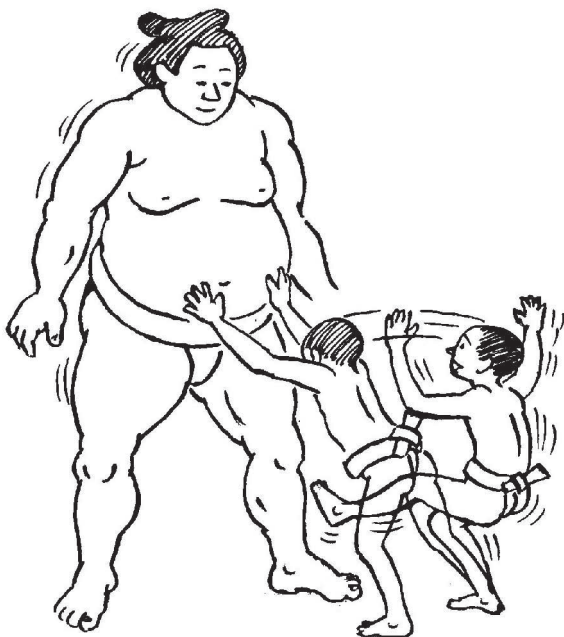
**大 家** そういうことです。それは動いている物を止めるときでも同じことです。加速度と力の向きがマイナス、つまり反対になるだけのことで、理屈は同じです。野口さんが質量300キログラムもの機械をゆっくりゆっくり運んだのは、あまり速いと止めるときに大変な力があるので、野口さんの力では止められなくなるからです。そして、機械が宇宙ステーションにごつんとぶつかって壊れてしまいます。

**与太郎** そうか。結局、宇宙の中でも重い物は重いんだ。

**大 家** 野球のボールやお相撲さんと子供の話をしましたね。あれは実は無重力状態の話なんですよ。宇宙の中と全然変りがないんですよ。

**与太郎** ええ？本当ですか？

**大 家** 私達が重力と言っているのは地球の中心に向かう、つまり上下方向の力でしょう？水平方向には重力は働いていない。だから、野球のボールを投げたり



ぶつかり合いは無重力状態での現象

お相撲さんがぶつかり合うというのは無重力状態での現象なのです。違うのは、上下方向の重力のために足が地に着いているので、その摩擦力に助けられてボールを投げても自分は後ろに飛ばされないということだけなんです。

**与太郎** そういうことか。地上でも宇宙でも理屈はおんなじってわけだ。

野口さんが機械を運ぶときにクレーンみたいな物に足を固定していたのは足を地につけたのと同じにしてたわけか。

**大 家** そうそう。まさにその通りです。

**与太郎** 300キロの機械って言ったからお相撲さん二人分ですもんね。いくら無重力って言っても動かしたり止めたりするのは大変なんだ。

### 衛星を静止させるには

**与太郎** それから、大家さん。無重力の宇宙船の中では物を投げたらずーっと真直ぐ飛んで行くんでしょう？向こうの壁にぶつかるまでー。

**大 家** そうですね。

**与太郎** もし、宇宙船の外で作業する人が宇宙船をぐっと押したら、反作用で自分の方が飛んでいきますよね。お相撲さんにぶつかった子供みたいにー。体を紐かなんかで結んでなかったら真直ぐどこまでも飛んで行っちゃうんでしょう？

**大 家** そういうことですね。宇宙服に噴射装置を着けてなければね。

**与太郎** そうか、噴射装置をつけておけばいいんだ。

その噴射装置っていうのは人工衛星なんかを一定の軌道に乗せるときに使うらしいですね。そのことなんですけど、一回噴射すると衛星に速度がついて、そのままずっと動いて行くでしょう？そこで反対向きに噴射するとまた反対向きの速度がついて、いつまで経っても衛星が止まれないような気がするんだけど、それはどうなんですか？

**大 家** ところが、うまく噴射を調節すれば、動いている衛星を所定の場所にぴたりと止めることもできるんです。

**与太郎** それにはどうするんですか？

**大 家** 別に大したことではありません。「力積の法則」というのを利用すればいいんです。この法則は前に話したニュートンの運動法則から簡単に導かれま

す。細かい話をすると面倒だから、結果だけを式に表すと

〔力〕×〔時間〕(≡力積) = 〔質量〕×〔速度の変化〕  
 です。同じ力でも2倍の時間加え続けると速度の変化も2倍になるということです。力がマイナス、つまり方向が逆向きなら、速度の変化もマイナスです。だから、逆噴射して、ちょうど前の速度を打ち消すように噴射の力と時間を調節すれば、速度はゼロ、つまり静止の状態になります。

**与太郎** そうなのか。衛星をどうやって静止させるか、息子に問題を出してもいいけど、こっちの方が説明できなくて恥をかきそうだな。でも、とりあえず大家さん。その力積の式を書いたメモ、貰って行きますね。

**大家** いいですとも。それで息子さんもニュートンの力学などに興味を持つようになるかもしれませんね。

**与太郎** そうなったら、こっちが息子にいろいろ教わる番ですね。嬉しいような、悔しいような —。

**大家** 悔しいなんて言っちゃだめですよ。

## 大気は林檎の皮

**与太郎** 大家さん。ほかに宇宙のことで何か面白いことはないですかね。

**大家** 今までの運動法則の話から変わりますが、スペースシャトルなどから眺めた地球の映像を見ると、地球は本当に美しいけれども、実に繊細な存在だということをつくづく思いますね。

**与太郎** 繊細って、弱々しいってことですか？

**大家** 私が言いたいのは、人間が生きて行く環境としての話ですがね。

与太郎さんは空を見たときどんな感じを受けますか？

**与太郎** 青空を見れば、やっぱり空は高くて広いなあと思いますよ。ジャンボ旅客機かなんかが飛行機雲の先頭に小っちゃく見えたりするのもいいですね。あの中に何百人もの人が乗っているんだと思うと不思議な感じがしますね。

**大家** 本当にそうですね。地上にいる私達が空を見ると、空は高いな、と感じます。なにしろ、その中で低い雨雲ができたり、8,000メートルもの高さの入道雲ができたり、台風が渦を巻いたり、色々なことが起

きているんですからね。

しかし、スペースシャトルから見ると、大気ってとても薄いものなんですね。

地球を林檎に見立てると、大気は赤い皮ぐらいの厚さしかないように見えますね。

もちろん、実際の大気は結構厚いんですけど、雲ができたり雨が降ったりして、お天気に直接関係する対流圏というのは厚さが10キロメートルぐらいしかない。地球の半径6,000キロメートルに比べたら林檎の皮の厚さもないですね。

**与太郎** 写真を見るとほんとに地球は丸いんだっていうのがわかりますけど、たしかに、縁の方を見ると白くて薄く光っているの — あれが大気圏っていうやつなんですね。あすこに指を突っ込んでかき回したら人間なんて住めなくなっちゃいますね。

**大家** 与太さんもそう思うでしょう？そんな薄っぺらな大気の中に人間は住んでいるんだから、それを汚したり乱したりしないように、大事にしなければなりませんね。

**与太郎** 息子にもそういうことを教えなきゃあいけませんね。

**大家** そうですよ。

## 台風はCD

**大家** ところで、薄っぺらな大気の話のついでに、これも私の感想ですが、ヒマラヤ山脈などは10キロメートルしかない大気の中に9キロメートルも突き出しています。まるで大気の流れを堰止めているようなものです。これが地球の気象に与えている影響はずいぶん大きいと思いますね。

**与太郎** なるほどねえ。大気ってもっと高いように思ってたけど、そうでもないんだ。日本のアルプスってやつも3,000メートルぐらいだから、大気の3分の1ぐらい出っ張ってるんですね。これだって結構馬鹿にならないですよ。

**大家** その通りです。しかも空気の濃い所での3,000メートルだから影響しないわけがない。日本海側では豪雪が降って、関東平野は空っ風というのはそのいい例ですね。

**与太郎** そうか。地球の上の一寸した出っ張りへっこみがお天気に影響するんだから、大気の厚さもそれほど大きなものじゃないってことですね。

**大 家** そういう見方もできますね。そうして、そのことが天気予報を難しくしている理由の一つになっているのではないかと思いますよ。素人考えですがね。

**与太郎** なんかで聞いたけど、明治時代の天気予報と、今の、コンピューターを使った天気予報の当たる確率は大して変わらないって言うじゃないですか。

**大 家** 前日の予報さえ外れることが多いですからね。そうかもしれませんよ。

それと関係があると思いますが、その大気の薄さを実感するには台風を見してみるのも面白いと思いますよ。

ある日、新聞の子供向け科学欄に台風の仕組みのことが載っていて、台風の断面図が描かれていました。大体こんな具合です（図参照）。与太さんはこれを見てどう思いますか？

**与太郎** いや、べつに — 何かおかしいところがあるんですか？

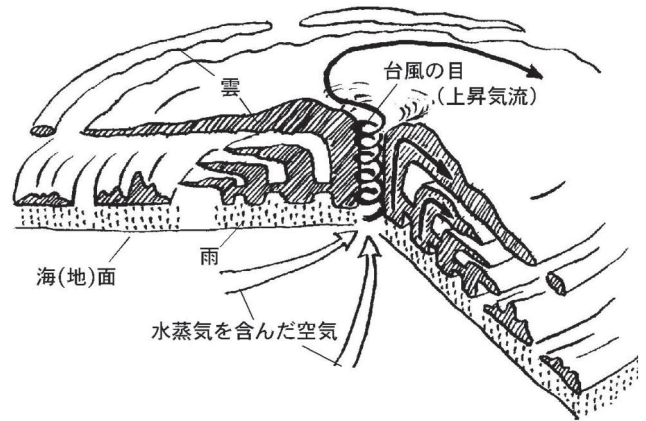
**大 家** 台風の構造の大まかな説明としてはそれほどおかしいくはないと思います。水蒸気を含んだ空気が台風の目に向かって直接流れ込むように描いてあるのは誤解を与えますがね。それに、この図では省略しましたが、台風の目の中心に下降気流があるというのも怪しい話です。また、台風が成長していく過程の説明には、首を傾げる所が二三ありますね。まあ、それはまたの機会のお話にしましょう。

問題は、この図は、わかりやすくするために、実際の台風をうんと変形して描いていることです。

**与太郎** それはどのへんですか？

**大 家** これが大型台風を表しているとしたら、定義によって、半径500キロメートル以上ということになります。この図も半径500キロメートルの台風を表しているとしたら、台風の高さはどのくらいになっていると思いますか？

**与太郎** ああ、そうか。この縦横の比率からすると、だいたい200キロメートルくらいですね。台風が対



台風の構造

流圏の中でできるとしたら、10キロメートルだから、20倍も拡大して描いてあるんだ。

**大 家** 対流圏の厚さは南に行くほど厚くなるそうですから、かりに15キロメートルとしても、図は13倍も拡大されています。この図の縦軸を13分の1にしてご覧なさい。どういうことになりますか？

**与太郎** うわー。ペッチャンコになりますね。ちょうどCDぐらいじゃないですか。

**大 家** それはうまい喩えだ。まさにCDですね。こんな薄っぺらな大気の中で、台風の断面がこの図のようにきれいな形になっているかどうかは怪しいものですね。しかも、薄っぺらな中で厚さの方向の複雑な変化があるんですからね。コンピューターで台風の発生とかその構造をどれだけ正しく計算できるかが問題です。

**与太郎** そうか。大気ってものすごくでっかいものだと思ってたけど、ほんとに林檎の皮みたいなものなんです。スペースシャトルからの写真を見て、ただ「地球は美しい」なんて感心してるだけじゃだめなんだ。

**大 家** その通りです。世界中の人が大気というものを大事に思うようにならなければなりませんね。