

空気パワーは分子のパワー

2023年3月から5月まで、サイエンスショー「空気パワー」を上演しました。わたしたちをとりまく目に見えない空気は、 1cm^2 の広さ当たり、約 1kg の重りが載っているのと同じだけの力で、わたしたちをいつも押しています。空気が、ものを押す力、すなわち大気圧の、その意外な大きさに驚いてもらうのがこのショーでした。

ここでは、大気圧について、ショーよりも少しくわしくお話ししましょう。そもそも、なぜ空気には押す力があるのでしょうか。大気圧をミクロの目で見てみます。

空気の押す力とは、空気の分子がぶつかる衝撃の合計

わたしたちのまわりにある空気は、主に窒素、酸素、アルゴン、水蒸気、二酸化炭素などのガスが混ざったものです。ガスにかぎらず、どんなものも、分子あるいは原子という、 1mm の100万分の1にも満たないほどの小さなつぶでできています。ガスは、この分子や原子が、空間を自由に飛び回っているものです。たくさんというのはどれくらいでしょうか。500mlのペットボトルの中に入る空気をなす分子の数は、ざっと1,000,000,000,000,000,000(10億の10億倍)です！

この空気を風船に閉じ込めてみましょう(図1)。そのたくさんの分子が、風船の中を自由に飛び回っています。その速さは、だいたい秒速500m。どの分子も、風船のカベに当たっては跳ね返り、をくり返しています。小さな分子ひとつがカベに1回ぶつかるくらいでは、風船はビクともしません。しかし、大量の分子が、絶え間なくカベにぶつかっているのです。その衝撃の合計こそが、空気の押す力の正体です。上にも述べたように、親指の爪ほどの面積 1cm^2 にぶつかる分子の衝撃の合計が、 1kg の重さとなるのです。そんな力で風船が中から押されていたら、風船がどんどん膨らんでしまいそうな気がします。しかし、風船の中だけでなく、風船のまわりにも、空気の分子が同じだけの回数といきおいでぶつかりつづけています。風船の内側と外側で、バランスがいいので、風船は大きくも小さくもならずにいるのです。

ここで注意したいのは、このような分子の飛び回る動きは、風のような空気の流れがまったくないところでも起こっているということです。ミクロの世界では、分子はいつでもはげしく動き回っています。ひとつひとつが好き勝手な方向に動き回っているので、全体としてはまったく動いていないように見えるだけなのです。

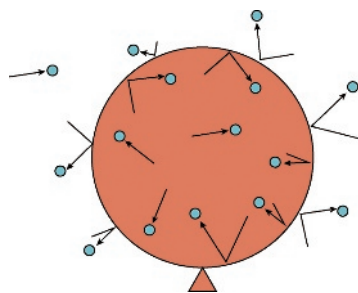


図1. 風船の中と外で飛び回る分子。本当は描ききれないくらいたくさんある！

真空中に「吸いこむ力」はない

「空気パワー」では、ボウリング球を、大気圧で持ち上げる実験をしました。ぴったりの太さのパイプに入れたボウリング球の上にある空気を、掃除機で吸いこむと、球がするすると浮かび上がります(図2)。まるで掃除機が球を吸いこんだようですが、そうではありません。

ボウリング球の上と下にある空気の分子たちが、ボウリング球で押し合いをしているのです。掃除機で球の上の空気を減らします。ぶつかる分子の数は、球の下よりも上の方が少なくなってしまい、不利です。結局、球は下からぶつかる分子にどんどん押し上げられてしまうのです。

空気がないところ(完全になくすのは難しいので、実際には大気よりも空気の少ないところ)を「真空」と言います。「空気パワー」では、真空にしたガラス容器のバルブを開けると、空気が音を立てて中に入ってきました。真空の空間に空気が吸いこまれたように見えますが、真空中に吸いこむ力があるわけではありません。

またもや分子の様子を想像してみます(図3)。容器の外にはたくさんの空気分子が、容器の中は外よりも少ない分子が飛び交っています。容器のバルブを開けて、自由に空気が移動できるようにすると、どうなるか。別に分子は「しめしめ、数の少ない方に飛んでいこう」などと考えたりしません。カベや別の分子にぶつかり向きを変えるだけです。したがって、容器の中に入るのは、バルブの近くを飛ぶ分子のうち、たまたまバルブを通り抜けられる方向に進むものだけです。内側の分子も同じです。たまたま容器の外に飛び出ていく分子もあるでしょう。しかし容器の中の分子がそもそも少ないので、外から中に向かう分子の方が多く、結局は容器の内側と外側が同じ混み具合になるまで分子が移動してくるのです。

このように、真空つまり空気のうすいところには空気を吸いこむ力があるのではなく、たくさんの空気分子ひとつひとつが、好き勝手な方向に飛び交っているから、勝手に少ない方へやってきやすい、というだけなのでした。



図2. 大気圧でボウリング球が持ち上がる実験

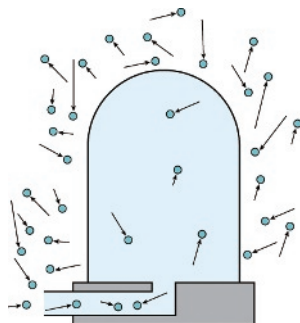


図3. 真空にしたガラス容器のバルブを開けると、空気分子が中に入りこむ

上羽 貴大(科学館学芸員)