

熱は、正確には熱エネルギーだ。分子(あるいは原子、以下同じ)の運動エネルギーの同意語で、その程度を表すのが温度だ。

分子は互いに引き合う力を持つている。このため温度が低い、つまり運動エネルギーが小さいときは、みなおとなしく集まる。きちんと格子状に並んで固まるのが結晶で、きれいに並ばないのがガラス質(非晶質)だ。固まっても運動エネルギーがあるから、自分のいる場所を中心に小さく乱雑な振動をしている。

運動エネルギーが増す、つまり温度が高くなると、互にくっついた状態で動き回ろうようになる。これが液体だ。同じ液体でも高い温度では、分子の激しい動きが自分の領域を広げるから、膨張が起こる。これを使って温度を計るのが水銀体温計やアルコール寒暖計だ。

液体の状態からさらに温度が高くなると、分子の動きが激しくなり、もう互にくっついていられず、空間に飛び出て気体となる。この我慢しきれなくなった状態が、熱い鍋の底で起るのが沸騰だ。飛び交う気体分子は容器の壁にぶつかり、圧力をかける。だから圧力は、ぶつかる分子の運動エネルギー、つまり温

平成 28 年 4 月 19 日

### 温度で変わる物質 最後は宇宙の「熱的死」へ

度に比例して大きくなる。常温1気圧では、空気・酸素・窒素の分子同士も1秒間に数十億回衝突している。衝突で分子は速度の向きを変えるが、飛ぶ速さは秒速数百メートルと素晴らしく大きい。

熱は運動エネルギーなので分子の衝突によって広がり均されていく。これが熱伝導だ。運動エネルギー(温度)が大きく違う2つの分子がぶつかった場合、エネルギーは必ず激しい方(高温)からおとなしい方(低温)に渡される。このため、ある場所の温度が一方的に高くなることはない。

物体の温度は結局、どこも一樣な運動エネルギー(温度)を持った、熱平衡といわれる状態に落ち着いてゆく。物体を作っている分子は電磁波を吸収・放出しているから、空間(真空)も周辺の物体の温度相当のエネルギーの電磁波で満たされ、空間と物体との間も熱平衡に向かう。

極端なエネルギーの1点から大爆発「ビッグバン」を経て誕生したと考えられる宇宙は、すべてのエネルギーが一樣に分布する方向に向かって粛々と進んでおり、いずれ「熱的死」と呼ばれる終焉(しゅうえん)を迎えるのだ。(東京大学名誉教授 和田昭允)

それをどういった話をするかは次元が違ふ」と元に戻すことがある。その次元は、サイエンスの議論や日常会話でもよく使われる。要するに「広がり」の範囲で、冒頭の例は話題の範囲外というところらしいが、奥深い言葉なので、改めて考えてみた。

数学・物理学での次元数は動ける範囲、つまり自由度。点は、その中に入ったら動けないからゼロ次元だ。点を引張ってできる線は、その方向に自由度ができて1次元に動ける。でも一本道なので、両方から人が来たらぶつかって動けない。その線を横に引張って幅を持たせれば、つまり面にすれば縦・横2方向に自由度をもった2次元となるからすれ違える。

面を上につけて引張上げて3次元空間を作れば、上下という独立に動ける方向が増える。要するに、ある次元の図を引張る、つまり新しい自由度を加えることで、1つ高い次元になる。

この手法でいけば、2次元の用紙に何次元の絵でも描くことができる。たとえば、絵に影をつければ、それを3次元空間のものと思像する。我々は3次元空間に時間を加えた4次元世界にいるが、人や車の後ろに残像をイメージす

平成 28 年 4 月 22 日

### 奥深い「次元」の意味 頭を柔軟に世の中見通す

る影をつけて速く走っていることを示すのは漫画などがよく使う手法だ。つまり、運動(位置の時間変化)を表現するために像を引張れば、時間を入れた4次元画像が2次元面に描けるのだ。

N次元空間で場所を確定するには、N個の自由度を「不自由に」する数字を与えなければならぬ。2次元平面に描かれている地図では、それぞれの次元(緯度と経度)を与えると点、場所が決まる。標高を与えれば3次元空間で場所がわかる。

サイエンス一般では、時間・長さ・質量などを基本次元とし、それらの積として物理量を表現する。たとえば速度は、長さについて1次元、時間について1次元、質量についてゼロ次元の量だ。なお、宇宙空間が10次元だ11次元だ、という難しい話は、私にはとてももつていけないので、話はこのでやめておく。

頭を柔軟にしてこの概念を拡張すれば、日本銀行の「異次元緩和」をはじめ、政治、経済、行政などの多次元の世の中が漠然と見えてくる。そしてその気になれば、皆さんの広い活躍の次元も見つかるのだ。(東京大学名誉教授 和田昭允)

我々は趣味としてモデルを作る。飛行機だったら百分の1縮尺、船だったら千分の1縮尺モデルという具合だ。モデルは、ものごとを人に説明するための手取り早い手段なのだが、実は以下の理由であまり簡単でない。

先述の縮尺は、長さを縮めた割合だ。しかし、ものには長さ、面積、体積がある。面積は長さの2乗、体積は3乗だから、長さの百分の1モデルは、面積では1万分の1、体積は百万分の1になる。機械の動作には、この長さ、面積、体積が、それぞれ違った貢献をするから、話がややこしくなる。

飛行機では浮力は翼の面積に比例する一方、重量は構造体の体積に比例する。だからサイズを単純に増やすと、増加割合の大きな重量が、それを支えて浮かべる浮力に対して格段に勝ってしまう。モデルを使っての風洞実験は、重量は支持線で支えたうえで、翼や機体の2次元表面での空気の流れを見る。このため結果を素直に受け取れるが、飛ぶときは体積に比例する重量

平成 28 年 5 月 3 日

### 縮尺モデル 実物との次元間格差 難解

が入ってくる。

実際の飛行機を製造する際は模型を参考にしながらも、軽い材料を使ったうえでさらに厚さを減らすなど、体積削減に努力しなければならぬ。こうした対策は当然強度の低下につながるから、大きな航空機を造るには限界がある。小さなサイズでは、蚊を見ればよく分かるように、弱い材料で立派に飛んでいる。

水滴でも考えてみる。雨粒やサトイモの葉の上に見える水玉の大きさが決まる理由はこう説明できる。水玉の丸い形を保たせるのは水の表面張力で、面積に比例する。一方、重力下では丸い形は壊れようとして、その方は体積に比例する。だから宇宙船の中では、地球上ではとても見られないテニスボールくらいの水滴ができるのだ。我々の日常生活でもこの次元間格差の問題はついて回る。だから、狭い面積の土地にいかにして大きな体積のビルを造るか、と苦勞することになる。(東京大学名誉教授 和田昭允)