

大切なものでもいつも身近にあると、そのありがたみを忘れてしまいがちだ。空気が水が代表例だが、機械文明の今日、様々なメカニズム（機械機構）もその一つだ。これまでに本欄で、ネジやピストン・クランク機構を取り上げたが、今回は歯車（ギア）について触れたい。

歯車は2つの車の歯形が噛み合うから滑りようがなく、動力を確実に伝達する。スリッパしないから機械時計に代表されるタイミング機構には欠かせない。

その歴史は古く、古代ギリシャ時代の沈没船から、紀元前1500〜1000年ごろの製作と考えられる歯車機構が見つかっている。これはなんと歯車を利用した天体運行計算機だった。ギリシャ文明の先進性はかなりのものだったので、こんな複雑な技術工芸品はその後1000年もの間、出現することはなかった。

もう一つは回転軸の方向変換だ。速度を変えるには2つの歯車の歯数を変えれば、その比率で速度（あるいは力）が変わる。回転軸の向きを変

平成 28年  
8月 30日

## 歯車 古代ギリシャでも活用

えるには、歯面を回転軸に対して角度を持たせる。かき歯車（ベベルギア）がその一例だ。

また、ウォームギアは直交軸を持って、ネジ溝に歯車の歯をかみ合わせたものだ。ネジの回転速度に対してネジ溝の進み方は遅いから1段で大きな減速比が得られ、騒音も他の歯車機構より少ない。大きな減速比イコール大きな力だから、自動車のステアリングや天体望遠鏡の操作に使われている。

2つの歯車の一方の半径を無限大、つまり直線にしたものもある。ラック式鉄道（歯軌条鉄道）といわれ、2本のレールの中央に歯型のレール（歯軌条、ラックレール）を敷設し、車両の床下に設置された動力歯車とかみ合わせで、滑ることなく急勾配を登り下りする。

氷河急行と呼ばれるスイスのマッターホルン・ゴッタルド鉄道が有名だが、日本でもかつて信越本線の碓氷峠で使われていた。ラック式の一つであるアプト式レールに入ったときの歯車のかみ合う特徴的な音を、スキーを楽しんだ雪山の風景とオーバーラップして、懐かしく思い出す。

（東京大学名誉教授  
和田昭允

いろいろな機械要素について書いてきたが、軸受け（ベアリング）も忘れてはいけない。私の好きな「類推発展思考」でも、文明社会という精密機械に求められているものこそ歯車の正確さと軸受けのスムーズさで、これらを切り離してはいけない。軸受けがなければ機械は動かないからだ。

歴史を遡れば、古代エジプトの壁画に、軸受けを使った火起こしが描かれたものがある。現物としての最古のものは、ローマ時代の紀元40年ごろ沈んだ船から見つかった回転テーブルの軸受け用の木製の玉がある。その後、人類の知恵が今日の球や円筒つまりボールベアリングやローラーベアリングの、転がりの接点や接線を生み出し「擦り摩擦面積ゼロ」を実現したのだ。

ただ、軸受けが本格的に応用されるようになったのは案外、新しい。東京大学教授だった故宮塚清氏は「八十年の生涯の記録」（1975）の中で次のように記している。「（私が大学を卒業した1917年ごろ）花形たる蒸気機関車あたりの軸受けも、油つぼから、油をいっかげんに

平成 28年  
9月 2日

## 軸受け 機械にとっての心臓

たらしてやるだけで、いちおう事足りたのである」

そしてこう続ける。「ただ残された難物は船のプロペラ軸のラスト軸受けで、これにはつばを平板で受ける式で、10枚も重ね、水をじゃしゃしゃりかけながらなお、過熱に悩んでいた。我々はそれを見学して、そのすさまじさを、むしろ賞嘆的にながめたものである。この最大の難物も、ミツチエルやキングスベリーの努力で、あざやかに解決。その後、大水力発電の開発とともに、けたがいの大荷重のラスト軸受けも出てくるが、なんら深刻な問題があるとは聞いていない」。ミッチェルやキングスベリーはベアリング開発の先駆者だ。

ボールベアリングが機械の生命である証拠は歴史にも示されている。第2次世界大戦で米英連合軍が徹底的に爆撃したのは、ドイツ南部のシュバインフルトにあったボールベアリング工場だった。ボールベアリングさえなくなるとすればエンジンはずれず飛行機は飛べないからだ。急所を突いたアングロサクソンの最短距離の発想だといえる。

（東京大学名誉教授  
和田昭允

学問や研究の場で私が一番大切と考えているものがある。「批判なきところに進歩なし」の大原則に立って、自分の頭で考えた者同士が年齢や身分を忘れて、ひとりの人間として自由闊達にトコトンまで議論する雰囲気だ。

私が学生から助手時代まで物理化学の勉強と研究をした東京大学理学部化学教室の森野米三研究室には、後々までメンバーが懐かしんだたまり場があった。小さな部屋なのだが、教授から学生まで全ての研究室メンバーの輪講や討論の場であり、図書室であり、食堂でもあり、さらに中央の大机は徹夜実験するときの寝台にもなった。

智のアーリーナとしてあらゆる議論が持ち込まれ、その渦巻きが目に見えるようになった。そうした流れにもまれながら考え、混沌の中から本質らしい姿が浮かび上がって来る緊迫した空気を味わえたことは、本当に幸せだった。

そこで私が東大理学部物理学教室の講師になったとき、この雰囲気は再現実を願って、居室の隣部屋に大机を置いて「サロン」と名付けた。研究室の誰もが何時来てもどんな議論をしてもよい人間交流の場にした。願っていたように昼頃から夜遅くまで、人数の多少はあったが、研究のこと、社会のこと、人生その他諸々の議論が沸騰した。

## 真理探究の雰囲気 サロンで議論 自由闊達に

話題については全くタブーなし。研究関係の議論はもちろんだが、偶然と必然とは、生物にとって生と死とは、それは人間の生死とどこが違うのか、などがテーマになった。サイエンス以外にも話題は限りなく、ヒトラーの人物評論まであったが、結論はあまり求めなかった。安直に結論を出すより、考えをいろいろな方向に発展させることに、皆が夢中だった。

このサロンでの議論が、研究室メンバーの相互理解、インスピレーションの誘発、暗黙知と形式知の変換、ひいては研究の発展に果たした役割は計り知れない。人間は考えを突き詰めていくと、たこつぽに頭を突っ込んでいってしまう。考えが伸びないどころか縮んでしまう。そうならないためには自由闊達な会話と、それができる雰囲気醸成するたまり場が不可欠なのだ。

夢ももう一度ということだ。私が常任スーパードバイザーを務めている横浜市立横浜サイエンスフロンティア高等学校にもサロンを持ち込んだ。週一回、放課後に鶴見川を眼下に見る明るいロビーで、元気な学生諸君20人ばかりとクッキーをつまみ、紅茶を飲みながらサイエンス談義をしている。

（東京大学名誉教授  
和田昭允

平成 28年  
9月 9日