

# キッチンから 宇宙銀河まで 多種多様な渦

# 科学の 森林

和田昭允

イラスト：斎藤聖之

渦という現象がある。日常ではキッチンのシンクの栓を抜いたときに見られる。肉眼では見えないが、人や自動車など走る物体の後ろには空気の渦が巻く。巨視的に見れば、地球全体を覆う大気と、地球の表面積の70.8%を占める海水は常に運動しており、至るところで渦が発生している。

宇宙に目を向けてみよう。宇宙の渦といえば木星の大赤斑がある。幅4万km、長さ10万kmの楕円形で、赤外線観測の結果、大赤斑頂上の温度が周囲より低く、雲の反時計方向回転と緯度との関係から、木星の巨大高気圧が作る渦だと考えられる。土星にも同様の巨大な渦がある。

金星の南極大気の渦は地球で観測した史上最大の嵐の4倍で、高温のため地表20kmから40kmの高さで吹いている。だから、もし金星の南極に立ったら、はるか頭上に渦巻く巨大な雲が見えるはずだ。海王星の表面には地球の台風と匹敵する大きさのものが、太陽系で観測された嵐の風速としては最高の時速2400kmで渦巻いている。1999年に火星の極の氷冠上に巨大な渦が観測された。火星の北極を丸呑みするほど大きかったが、地球の1日の時間で完全に消えてしまった。

宇宙には銀河の渦もある。これは重力作用で中心に集まる星々の運動方向が外れて角運動量成分を持つために生じる。直径は5000光年から50万光年、質量は太陽の1億倍から1兆倍、絶対等級は-10等級から-23等級だ。

渦は流体の自転している部分だ。鳴門の渦潮や船の船尾波のように、流れがぶつかるときや鋭い角を曲るときなどに生じる。渦は回転しているために遠心力が働くから液体の場合には中央が凹むし、空気の渦には中央の静止部分には台風のように目ができる。

見た目には面白いが、運動体の効率からいうと渦の発生はエネルギー損失そのもので、絶対に起こってほしくない。だから高速の乗物は、流体がすんなり流れる流線形に設計される。飛行機の翼はその典型で、翼面の空気流が綺麗な層流、いわゆる境界層を保っている限りは揚

力を発生する。しかし、翼の迎角を上げ過ぎると、層流の運動量が供給されないために境界層が翼面から大きく剥離して渦になり、揚力が一気に落ちる。

この“失速”を避けるため、翼面にボルテックス・ジェネレーターという小さな突起群をはやして、翼面の境界層をわざと小さな乱流群にする。細かく乱流化された境界層（乱流境界層）では渦運動によって、翼面から遠い高速流体から翼面に近い低速流体に運動量が供給され続けるので剥離は起こらない。こうして揚力の増加、抗力の減少、最大離陸重量の増加など、飛行性能が向上する。ゴルフボールの表面にある凹みのディンプルも乱流境界層を作って、それがないと後方にできるはずの大きな渦の発生を抑え、飛距離を伸ばす工夫だ。

よく見られる面白い現象として、流れに立つ柱状体、例えば橋脚の下流側にできる「カルマン渦」がある。回転の向きが反対の、交互に発生する2列の渦列だ。この渦列の安定・不安定を理論的に解明した東欧出身で米国航空工学の最高指導者だったフォン・カルマンの名がつけられている。冬の天気図には屋久島や韓国・済州島の風下側にカルマン渦の流れが見える。これができる高度は500mから2000m、長さは500kmから1000km、渦の直径は20kmから40kmだ。強風のときに電線が鳴るのもカルマン渦が原因だし、1940年に米国ワシントン州で起きた Tacoma 橋の崩落も、橋を横殴りする強風で発生したカルマン渦の振動数に橋の工学的揺動周期が共鳴したためだ。

余談だが、東京大学航空研究所の所長だった私の父、和田小六はカルマン博士と友人だった。1937年7月、博士は米国亡命の途次、横浜に寄港され、小学2年生だった私は父に連れられて博士にお会いした。私は「目の鋭い頭の良さそうな学者だなあ」と強い印象を抱いた。戦後、米国バサディナにあるジェット推進研究所の所長となったカルマン博士から父宛に「貴方の息子さんが化学の研究をしたいのなら、友人のライナス・ポーリングに紹介しよう」という手紙を頂いた。有難い話だったが、残念ながら父の死で実現しなかった。

キッチンの流れから台風、木星の大赤斑、銀河まで多種多様な渦を紹介した。流体の簡単な物理現象といえばそれまでだが、人間の鋭い感性と好奇心は渦巻きに数限りないロマンを見る。そしてそれがサイエンスの発展へとつながっていく。

(わだ・あきよし：東京大学名誉教授)