

杉の木はなぜ定期で引いたように直線的に成長するのかと、本欄で以前書いたが、世の中には当たり前に見えても、よく考えると不思議なことが多い。今回は鏡に映った像は左右反転するが上下はなぜそのままなのか、という疑問だ。

鏡に向かうと、自分と姿形がそっくりな人間がこちらを向いて立っている、つまり面と向かっている。自分をA、鏡像をBとすると、Aが右手を挙げるとBは左手を挙げるから、たしかに左右はひっくり返っている。しかし上下は逆転せずに、AもBも頭は依然として天を向いている。この不公平さの理由はA、Bの比較の仕方考えれば理解できる。

Aは自分と向き合つてBに自分を重ねようとして180度回転、つまり後ろ向きになった自分を想像する。その後うに向く動作は、普通、頭から足に向かう垂直軸周りの回転を考える。だから左右が逆になるのだ。

当然だが不思議 鏡像の上下、なぜ反転しない？

左右は変わらず上下がひっくり返る。ただ誰も、後ろを向くのになんか違和感を感じない。鏡像は化学や物理学の重要な概念だ。分子式は同じだが構造の異なる化合物が存在することを異性体といい、その関係にある化合物を異性体という。その1つである光学異性分子は、物理的・化学的性質は同じだが、立体構造が互いに鏡像の関係あつて重ね合わせることができない。

「味の素」の商品名で知られるグルタミン酸ソーダは、L型とD型の光学異性体がある。つまり味の素はL型で、D型は苦いような変な味がする。舌で味覚を担う味蕾（みらい）は光学異性を見分けられるのだ。

光学異性体の識別は、やはり異性体を持つている光でないといけない。光は電場の振動だが、その振動の鏡像が元の像に重ねられる自然光や直線偏光では同じに見えてしまう。光には電場の振動が右回りと左回りがあり、円偏光と呼ばれる。光学異性体はこの互いに鏡像の関係にある偏光に対しては異なる屈折率や吸収を持つので、区別・観測することができる。

(東京大学名誉教授 和田昭允)

平成 29 年 8 月 4 日

夏は雷によく遭遇する。なぜ雷は起こるのだろうか。その正・負の静電気が分かれるメカニズムを紹介する。

大気は地表で暖められて上昇気流になり、湿度が高いほど低層から飽和して雲の粒が発生し、天高く発達すれば入道雲になる。高い空ほど低温だから、雲には水の粒の雨に加えて氷粒の霰（あられ）ができる。

ここで、中間体として表面を液体の水で覆われた水の粒を考慮する。それは上昇気流にあおられ激しくぶつかり合つて摩擦静電気を帯びる。水分子は水素イオンと水酸化物イオンに乖離（かいり）するが、その乖離度は水より液体の水の方が大きい。

そして水素イオンは水酸化物イオンより小さいから、水素イオンが多く氷の粒の中に拡散していく。つまり中心の氷はプラス、周囲の水はマイナスになる。これらが衝突で分離されると、正・負それぞれに分かれた粒ができる。成長して重くなる霰は下に降り、軽い氷の結晶は上に持ち上げられる。前述のように霰は負、氷の結晶は正の電気を帯びるため、雲の上層に正の電荷、下層に負の電荷が蓄まる。また地表は下層の負の電荷の静電誘導で、正の電荷が蓄積される。

大気は導電率が非常に低い

雷の仕組み 始まりは氷の粒

が、大気に加わる電位差が1桁あたり50万Vを超えると絶縁状態が保てなくなる。瞬間的に電流が流れ、強い光や音を伴つて火花放電が起こる。自然が起こす火花放電こそが雷で、その規模はきわめて大きく、稲妻の通り道の長さは20km程度にもなる。

ここでこの雷放電は、空気中の不純物などの影響で、純粋な空気よりはるかに低い電位差で絶縁が保てなくなる。その様子を詳しく見ると、複数の小放電がしだいに発達しながら進んだ後、大きな放電が起こる。

最初に0.1秒くらい続く1回の多重雷撃では、まず雲から弱い光が約50μm降りてきてちよつと明るくなつて消え、0.0001秒後に同じ通り道をさらに50μmくらい進むものが出現し、これを何回か繰り返す。それが大地までくると、同じ経路を大地から雲に向かつてさらに強い光が逆進する。

前者を先駆放電、後者を帰還雷撃と呼び、しばしば途中でちよつと止まって新しい方向に分岐して進む傾向がある。このカミナリ様の立ち居振る舞いは、その気になるとよく見てとれるから、安全なところからの観察をお勧めする。

(東京大学名誉教授 和田昭允)

平成 29 年 8 月 22 日

私たちは毎日、与えられた原因に対して良い結果を出す、あるいは良い結果を求め原因を作る、といった因果律の基礎を考へることは、生活向上にとって意味がある。昔の人々は、世の中に起こる様々な事象は神の意思の現れだと思つてきた。その神話的納得から離れ、今日のサイエンスを形作っている因果律が確立するまでには、長い年月がかかった。その歴史が学問の発展、ターンを教える。

古代ギリシャで活躍したタレスは、神話の教えは疑問を持つことを許さないいわゆる「先天的知識」であつて、そんな頑固な議論は受け入れられないと拒否した。彼は、超自然的な神々は全く関係ないとし、経験に基づいた理性によってのみ森羅万象を理解しようとした最初の人だ。

彼の学派は、神の代わりに「世界全体の根本原理は何か」という疑問に一人一人が答える形で、自分の頭で考える自由な討論のスタイルを生み出した。サイエンスの基本である「批判なきどころに進歩なし」はそこから始まったと評される。

二百数十年後に活躍し、近代合理的思考の始祖といわれるアリストテレスは、本当の

因果律 今日サイエンスを形作る

知識は、結果を与える第1原理を知ることだと考えた。その原理として挙げたのが①現象の根底にある本質としての形相②全ての原材料である質料③変化を与える始動因④本来の目的である目的因の4因子だ。たとえば彫刻の形相は、木材という質料に目的を持って彫る始動が作り出す、といった具合だ。

近代サイエンスでは森羅万象を理解するに当たり、形相因と質料因は先天的条件、目的因は目的論だとして廃された。始動因つまり因果関係のみが、物や事に変化を与える原因として生き残つた。たとえば近代力学における「力」だ。ニュートン力学では速度変化の原因として力が登場し、その一般的表现が第2法則（運動の法則）となった。

古典物理学では力学理論と電磁理論のいずれも、ある時刻の状態が決まればそれ以後の状態とそれ以前の状態が完全に決定する。したがって古典物理学では、因果律は決定論だ。ただし極微な原子や素粒子の世界では、それらを記述する波動関数そのものは決定論的に振る舞うけれども、観測される物理現象は確率的になる。

(東京大学名誉教授 和田昭允)

平成 29 年 8 月 29 日