

### Q43. 地球の自転はいつかは止まってしまうのでしょうか？

コマを思いっきり回しても、いつかは止まってしまいます。それと同じように、地球の自転もだんだん遅くなって、いつか止まってしまうのでしょうか。一日の長さを調節する「うるう秒」とやらが時折入ってくるのをみると、いつかは止まってしまうに違いないという気がして心配でたまりません。

A43. コマが止まってしまうのは、床や空気などの外部との摩擦によって、回転エネルギーを少しずつ失うからです。地球は真空の宇宙に浮かんでいますから、外との摩擦の心配はありません。地球の自転速度が極めて安定していることは、1960年代までは自転が時刻を決める基準とされていたことから、うかがえます。私たちがそれまでは、地球自転より正確な時計を持っていなかったのです。

それほど一定な地球自転も、「内部」の摩擦で何億年や何十億年といった時間で見ると、少しずつ遅くなってきています。星に対する地球の自転周期は、現在は平均 23 時間 56 分 4.0905 秒（恒星日）です。ただし、地球は太陽の周りを公転しているため、太陽に対する 1 日（太陽日）はすこし長くなって、おなじみの 24 時間になります。

一方数億年前の 1 日の長さは、サンゴ・二枚貝などの化石に残された「年輪」と「日輪」（成長速度が 1 年周期や 1 日周期で変わることによってできる縞模様）をくらべて推定できます。4 億年前のサンゴの化石を調べてみると、1 年あたりの日輪の数は 365 本ではなくて 430 本ということがわかりました。1 年の長さはそれほど急には変わりませんから、これは地球の自転周期がいまより 2 割短い、19 時間くらいだったことを意味します（自転の減速については **Q&A13** でも少し説明してあります）。

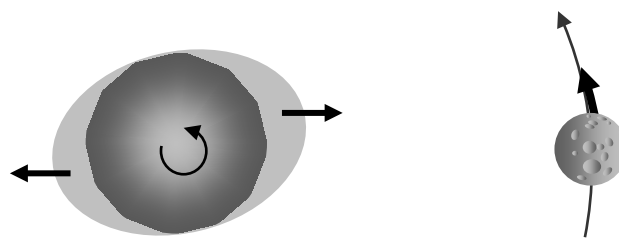


図 43-1 北極の上空から見た図。海水の流れが海底からうける摩擦のため、満潮の位置は、地球中心と天体を結ぶ軸上（潮汐力が最大となる場所）からずれる。そのため地球の自転を減速する作用（図では反時計回りに自転している地球を、時計回りに回そうとするトルク）がはたらき、自転速度は徐々に遅くなり、1 日の長さは少しずつ長くなる。その反作用として月の公転が加速されて遠くに飛ばされる。

また、最近数千年以内の1日の長さは、古代の中国やバビロニアの日食記録から推定することもできます。1日の長さがいまと同じと考えて計算すると、歴史に記録された過去に日食が起こった場所と合わないのです。

このように、地球の自転が減速しつつある原因は、潮の満ち引きにあります。海水が満ちたり引いたりするのは、月と太陽の引力が地球上の場所によってわずかに違う、潮汐力のせいです(Q&A39)。潮汐力は月や太陽が真上にきたときに、最大となります。しかし月や太陽の動きに合わせて海水が動くと、海底との間に摩擦(潮汐摩擦)がはたらきます。その力に邪魔をされて、海水は月や太陽と完全に同調して移動することができません。そのせいで満潮の時刻は、月あるいは太陽の南中時刻より平均3~4時間も遅れてしまいます。太陽や月の方向とややずれた方向に海水が盛り上がった状態になるわけです。潮汐力は地球の出っ張りに作用して、地球の自転にブレーキをかけます(図43-1)。こうして地球の自転速度はだんだん遅くなり、1日の長さは100年間におよそ1000分の2秒の割合で長くなってゆきます。

潮汐力を通じて、月は地球の海にちょっかい(正確にはトルク=物体を回転させたり回転をとめたりする作用)を出して自転速度を減速させますが、月はその報いを受けなければなりません。

物理学の「角運動量保存の法則」はQ&A41でお話ししましたね。回っている物体があるとすると、外からトルクを加えなければ、そのまま角運動量(回転の勢い)を保って回りつづけるという法則です。月と地球を合わせた系を考えると、外からはトルクははたらきません(潮汐は系の内部ではたらく力)。したがって、全体の角運動量、すなわち地球の角運動量と月のそれとの和が保存されます。そのため、地球の自転の勢いの減少分は、月の公転運動の勢いの増加分となります。

こうして、月がどんどん速く公転運動するようになると、公転の遠心力が強まってしまいます。その結果、月はゆるやかな渦巻きを描いて地球から遠ざかってゆくこととなります。遠ざかるにつれて「一カ月」(月の公転周期)はどんどんと延びていきます。アメリカのアポロ計画で月面に置かれた反射板に向けて、地球からレーザー光線の短いパルスを発射して往復時間を測定する実験(「月レーザー測距」Q&A30参照)が行われています。それによると、月と地球の距離は、毎年およそ4cmずつ長くなっていることが確認されています。海水の満ち引きのモデルからは、潮汐摩擦の効果を計算することができますが、地球自転の減速と月の公転軌道半径の増加は、それらの予測とおおむね合うことが確かめられています。

未来に眼を転じると、月はさらに遠ざかり、地球の回転もいずれ月のようになほとんど止まってしまうのでしょう。

Q&A48でお話しする予定ですが、いまでは地球の自転より正確な時計があります。それを基準にすると、自転速度は徐々に遅くなるだけでなく、わずかな

がさまざまな周期で複雑に変化していることもわかってきました。

地球は、地殻やマントルなどの固体の部分と、流体核や大気海洋などの流体の部分からなっています。角運動量保存の法則によれば地球の流体部分と固体部分の角運動量の和が一定に保存されるはずですが、偏西風のような東西方向に吹く風（帯状風）が強くなったり弱くなったりすると、固体部分の地球の回る勢いが変わるのです。山に西風がぶつかる情景を思い浮かべてください。ぶつかった風は勢いを失って速度をゆるめ、風をぶつけられた山（地球）は回転の勢いを増すことでしょう。数年より短い周期の自転の速さが変動する原因は、おもにこのような帯状風と固体地球の相互作用によるものです（図 43-2）。

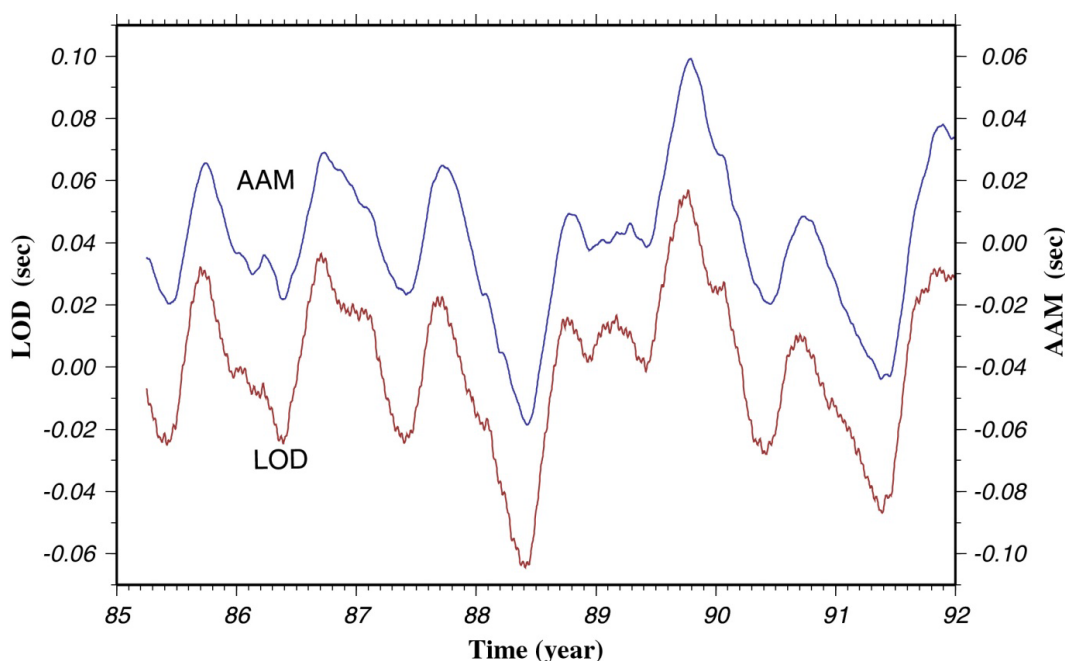


図 43-2 地球規模の風の勢い（大気角運動量 AAM）によって、地球の自転速度がふらつき、1日の長さ（LOD）が増減する（大気データは国立天文台・田村良明、1日の長さデータは国際地球回転・基準系事業[IERS]による）

10年以上の周期の変動は、流体核とマントルとの電磁気的な相互作用によるものとされていますが、その原因の詳細はわかりません。

現在の協定世界時 UTC (Universal Time Coordinated) は原子時計のきざみにもとづいていますが、自転速度の変動に合わせて時折「うるう秒」を挿入する約束です。そうしないと、地球自転による時のきざみとのずれがどんどん大きくなってしまいますからです。時報のうるう秒を入れるかどうかの判断は、パリにある国際度量衡局 BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) で、地球自転速度の最近の変動の様子をにらみながら判断されます。

ちなみに、このような自転速度の変動による1日の長さの変化は、100分の1秒の桁での出来事です。「最近1日が短くなったなあ」という人がときどきいますが、それはその人の体内時計が原子時計なみに正確なのではなく、気の（年の？）せいでしょう。 (H)