

科学の扉

海が遠ざかる干潮。ひたひた近づく満潮。ピークはそれぞれ日に2回。誰もが知っているこの変動は、なぜ起こるのか？ 実は理系大学生でも「勉強してもよくわからなかった」とこぼす難問だ。その説明に挑んでみた。

月に振り回される遠心力カギ

複雑に変化するからだ。

潮汐力 命の熱源



世界で13人、国内ただ一人のレゴブロックの認定プロ作家・三井淳平さん(29)は、灘中学時代からレゴ制作にはまり、東大工学部大学院を出て会社員を経験したのちプロになった。レゴ愛好家の間で超有名な彼が昨秋、ツイッターで、小学生のころ潮の満ち干の説明が納得できなかった、とつぶやいた。

「ふつうはレゴのことばかり書いているんですが、ふと思いついてるんです」

兵庫県明石市育ちで、マンションの窓から海岸がよく見えた。潮の満ち干は「月の引力のせい」と何かで聞き、それなら月の方向だけ膨らむはずと淳平少年は思った。だが、近くの明石市立立文学科で反対側も膨らむと説明された。学芸員がゴムボールを上下から押して、両側が膨らむと見せてくれた姿が印象に残るが、「しっくりこなかった」と笑う。

海が地球を完全に取り囲んでいるとして模式図を描いてみよう。淳平少年は図の(a)のようになると思った。ところが、(b)のようになるのだと科学館で説明されたわけである。

確かに、こうでない満潮は日に2回訪れない。1日1回自転する地球で一方だけ膨らんだら満潮は1日に1回になってしまう。なぜ反対側が膨らむのか？

ここで出てくるのが遠心力だ。

自転は関係なし



「遠心力は難しい。潮の満ち干の説明がどれも不十分でわかりにくいのは、結局、遠心力が説明できていないからです」と山口県の元高校教師・藤田紀夫さん(67)は言う。

「FNの高校物理」というウェブページを作って、さまざまな話題を高校までに習う知識だけで解説している人だ。潮の満ち干、つまり潮汐力についても数式を使い厳密に説明している。

しかし、ここでは数式を使わない説明に挑もう。まず、この遠心力を地球の自転によるものと考えるのは間違い。自転の影響はどの時刻でも一定だから変動する潮汐とは関係ない。関係するのは「地球が月と地球の共通重心の周りを回ること」で生じる「遠心力」だ。

難しい言い方になったが、月が周りを回ると地球も振り回されるということ(c)。月と地球を点とみなすと、共通重心を回る様子をイメージしやすい(d)。

地球の中心点には月の引力と大きさが同じで方向が逆の遠心力が働く(d)。これが第1のポイント。この遠心力が地球のどこでも同じなのが第2のポイントだ。なぜ同じか？ 地球は固いま

まり(剛体)なので、どこでも同じ力を受けているというのが一つの答え方。もう一つの答え方は、一つ一つの場所の動き方に注目すると、どこも地球の中心点の回転と同じ半径・同じスピードの回転運動をしているから、である。

これを理解するには棒が円運動している様子をイメージするといくと、宇宙航空研究開発機構(JAXA)はやぶさ2ミッションマネージャの吉川真さんからアドバースを受けた(f)。棒が自転なしで回るとき、棒のどの場所の円運動も中心とまったく同じになる。単に回る場所が違うだけだ。

これで遠心力は地球のどこでも同じだとわかった。一方、月の引力は月に近いほど大きく、遠いほど小さい。月に近い側では、引力が遠心力を上回り、差し引き月の方向に力が働く。反対側では、遠心力が引力を上回り、反対方向に力が働く(g)。これが、地球の両側を膨らませる潮汐力だ。

藤田さんの計算によると、月の潮汐力による海面の盛り上がりは赤道地方で50センチ程度。だが、干満差は瀬戸内海では2メートルを超え、世界には10メートルを超える所もある。海岸や海底の地形などで海の流れが



潮汐力は、海だけでなく地球そのものも変形させる。JAXAで小惑星探査を担当する安部正真さんは、月の潮汐力による変形のせいで地球の自転がわずかに遅くなることに着目。過去の大陸移動を考慮に入れて1日の長さの変化を計算したところ、5億年前の1日は21時間だった。

つまり、潮汐力とは「重力の働き具合で天体を変形させる力」である。太陽からも受けるが、遠いので影響は月の半分程度だ。

いま注目されているのは、土星の衛星エンケラドスだ。無人探査機が2005年に近づいて、地下から気体が噴き出ているのを発見した。再現実験をした日本の研究チームは、地下に熱水があるはずだと結論づけた。その熱源は潮汐力である。潮汐力による変形で天体がガサガサとゆさぶられ、内部が摩擦熱で熱くなるのだ。

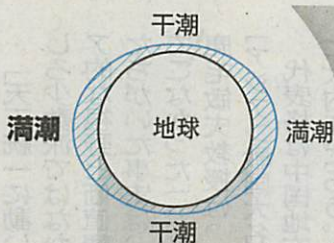
木星の衛星でもイオに火山があること、氷におおわれた第2衛星エウロパの地下に水があるらしいことがわかってきている。これも同じメカニズムによるものだ。潮汐力は、原始的な生物なら生存可能な環境を太陽から遠い場所にも作っている。

「科学の扉」は毎週日曜日に掲載します。次回は「量子コンピュータ」の予定です。ご意見はkagakun@asahi.comへ。

(高橋真理子)

潮の干満 なぜ2回

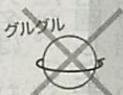
b 実は、月と反対側も膨らむ
明石市立天文科学館の説明



a 淳平少年の考え



カギは「遠心力」

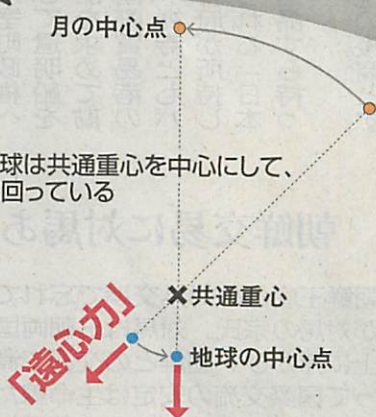


自転は考えないでね
干満には影響しないので

c 月が回ると地球も振り回される

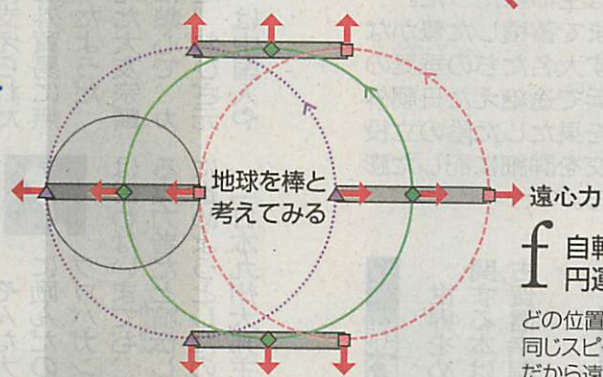


d 月と地球は共通重心を中心にして、互いに回っている



あ... 本当だ...

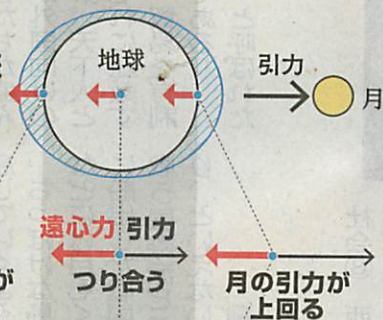
e 中心点に向く遠心力と同じ力が地球のどの位置でも働く



f 自転なしで棒が円運動するイメージ

どの位置も同じ半径・同じスピードで回っている。だから遠心力は同じ

g 月の引力と遠心力の差

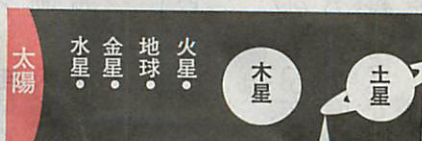


だから満潮は1日に2回



「潮汐力」地球を引き伸ばすように働く

重力の影響で天体を変形させる力が潮汐力



土星の衛星エンケラドス 気体が噴き出している



NASA/JPL 潮汐力で摩擦熱が生じ、内部に熱水か

海がなくても「潮汐力」

潮の満ち干を起こす力を「起潮力」と呼ぶこともある。例えば、気象庁のホームページでは潮汐が起こる原

因を「起潮力」と呼んでいる。意味は、潮汐力とまったく同じだ。

天文学者はもっぱら「潮汐力」を

使う。海のない天体に対して「潮汐力」が働くというのは変ではないかとJAXAの安部さんに問うと「人

類がこの力を最初に認識したのが海の潮汐だったので、そのまま使い続けている」という答えだった。

ブラックホールに落ちていく物体が細長く引き伸ばされるのも、潮汐力が働く結果である。