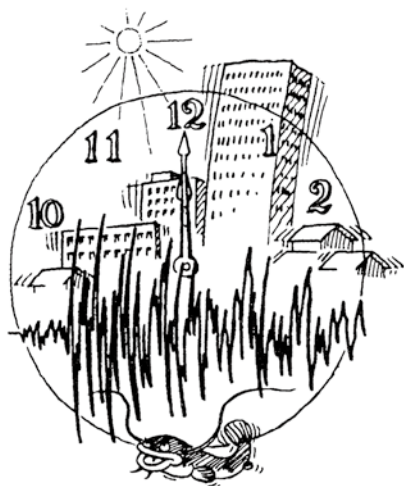


スーパームーンで一騒ぎ



なまずはお昼に暴れる？

スーパームーン騒動

与太郎 大家さん。去年（2015年）の9月だったかな、中秋の名月がうんと大きく見えるって言うんで皆結構騒いでましたよね。

スーパームーンって言ったっけ。しかも満月の時は太陽と地球と月が一直線に並ぶんでしょ？ そういう時には不思議なことが起きるっていうんで、週刊誌なんかいろいろ書いてましたね。

結局大したことは起きなかったようだけど、大家さんはどう思いますか？

大 家 私もインターネットなどで今回の騒ぎのことを調べて見ましたよ。

主なものはこんな具合ですね。

- ・満月の日は身体能力が増す。
- ・株式市場では、満月は株高、新月は株安。
- ・満月や新月の日に排卵した卵子は妊娠しやすい。
- ・満月の日は衝動的・攻撃的な感情が高まる。
(ホルモンバランスの崩れ。暴行・傷害・殺人事件・自殺など)
- ・満月のときに人の出生率が高くなり、新月の時は最低となる。
- ・満月の日は鶏の産卵が増える。
- ・東日本大震災の引き金——月や太陽の引力が影響し



工学博士 **西尾 宣明**

元・東京ガス(株) 基礎技術研究所

た可能性あり（防災科学研究所の某研究員）。

- ・2005年のスーパームーンの15日前に2004年12月26日のスマトラ島沖地震（M9.3）が起きた。
- ・沖縄の慶良間諸島の珊瑚の産卵は満月の夜。オーストラリアのグレート・バリア・リーフ等、皆同じ条件。

ざっとこんなものですね。珊瑚の産卵以外はデータがないので俄には信じられませんが、満月や新月では大潮になりますから、何かそれと関係がありそうだとすることは一概には否定できないのが厄介者ですね。

狼男の話だって、長い間の人類の経験を反映しているのかも知れませんね。

与太郎 大家さんはそういう迷信みたいなものは信じないと思ってたけどなあ。

大 家 地球上の生物の多くが多かれ少なかれ月の影響を受けていることは間違いないと思いますよ。

それには生物が地球に生まれ、進化してきた何十億年という長い歴史が関係していると思いますがね。

与太郎 その間に月も関係があったんですか？

地球と生物の進化——狼男は実在した？

大 家 大いに関係があったと思います。

まず、地球上の生物が海で生まれたことは間違いな

いですね。そして、海という環境の中で36億年前に「細胞」が生まれ、10億年前には「多細胞生物」が生まれて、現在の生物への進化が始まったのだそうです。

与太郎 ずいぶん大昔の話なんですね。なぜそう言う生物が海で生まれたんですか？

大 家 46億年前に地球が誕生してから6億年ほど経った頃に原始の生物が生まれたそうですが、大気には酸素がなかったので、生命は海で生まれたんですね。

それに、地球には太陽からの強い紫外線や電気を帯びた粒子などが降り注いでいます。それらの侵入を防ぐ磁気圏や電離層ができるまでは生命体は全部海の中でしか生きられなかったと考えられます。

与太郎 磁気圏って、例の南極と北極を結ぶ「磁石」のことでしょ？

それは最初からあったんじゃないんですか？

大 家 地球磁場は27億年前に出来上がったのだそうです。地球の中心にあるほとんど鉄とニッケルでできた「核」と呼ばれる部分——それは中心部の「内核」とそのまわりの「外核」からできていますが、外核は液体なんですね。それが、ゆっくりと対流を始めたことがきっかけと考えられるようです。詳しい話は私もよく分からないので省きますがね。

その磁場が太陽から吹いて来る電子や陽子やその他のプラズマと呼ばれる電荷を帯びた粒子の風に対して楯のような役割を果たしているんです。その風がまた、温度が百万度もあって、秒速400キロとか500キロという物凄いエネルギーを持っているんですね。

それが南極や北極で神秘的なオーロラを作る元にもなっているんですね。

与太郎 ふーん。それから守れるようになってるなんて、地球ってうまくできた星なんですね。

で、我々の祖先が陸の上に上がってきたのはいつ頃なんですか？

大 家 それは大気圏にオゾン層ができて、生物が安心して地上に上がることができるようになってからですね。植物が上陸したのが5億年から4億年前頃、脊椎動物が上陸したのが4億年前ごろということです。

そして、2億年前からのジュラ紀はお馴染みの恐竜が大繁栄した時期です。

恐竜の時代は約1億5千万年近く続いて、約6千5百万年前に突然終わりを告げます。その理由は直径10キロメートルほどの巨大隕石が落下したことによ

ると言うのが最も有力な説になっています。

その後が第三紀、第四紀として現代に至る哺乳類の時代になるわけです。

与太郎 今聞いただけでも地球の歴史って面白そうだけど、ちょっと覚え切れないですね。

ところで、満月と狼男の話はどうなんですか？

大 家 そうそう。我々の祖先の植物や動物は何十億年もの間海の中で暮らしていたわけです。そこで、月の引力による満潮や干潮の繰り返しは切っても切れない環境になっていたわけです。

ほら。ウミガメは満潮のときに産卵することが多いですね。これは卵から孵るまでは外敵に曝されずに安定な砂浜の中にあって、孵化したらまた満潮を狙えば簡単に海に戻れますね。

珊瑚の産卵も満潮、それも大潮のときに起きることが多いようです。これは卵をなるべく広い範囲にばら撒くのには満潮のときに生むのが一番有利だからでしょうね。

このように、月の満ち欠けの周期が生物とは切っても切り離せないものになっていたの、それがいろいろな形で遺伝子の中に組み込まれていると考えるのは自然なことだと思います。

人間の排卵の周期だって、月の周期が重要だった原始的な生物の時代の名残なのかも知れませんよ。

与太郎 珊瑚が満月の夜に産卵するための遺伝子が人間にも残っているかもしれないって言うことですか？

大 家 それが稀にですが強く残っている人がいて、狼男——狼女もいたようですが——そう呼ばれて満月の日に凶暴になるようなことが、大昔には実際に起きていたのかも知れませんね。

与太郎 ふーん。大家さんが言うんだから間違いのないと思うけど……。それで、スーパームーンの影響って普通の満月とどれくらい違うんでしょうかねえ。

大地震は正午に起きる？

大 家 それも一つの問題ですね。

実は、私が50歳頃のときに、太陽の引力と月の引力の影響を計算したことがあるんです。

与太郎 へえー。ずいぶん前からそんなことを研究していたんですね。

大 家 いやいや、研究と言うほどのことじゃあなく、

ある違う理由で、近似的で簡便で私にもできるような計算をしてみただけなんです。

日本ガス協会で、ある学会の長老の偉い先生を交えた会議があって、そのあとの懇親会の席でその先生と会話をする機会がありました。

話題がたまたま私の研究テーマでもある地震のことになったのですが、その先生が、大きな地震はなぜ正午近くに起きるのかという質問をされたのです。

そう言えば、この話の少し前の日本海中部地震（1983年）はちょうど正午に起きたものでした。1968年の新潟地震は午後1時頃でした。そして、あの関東大震災（1923年）は正午2分前でした。先生の頭にはその辺の記憶が強烈だったんですね。

与太郎 そう言えば、わたしも大地震はお昼頃に起きやすいなんて言うのを聞いたことがあるような気がするな。

大 家 昔はそう考える人が多かったようですね。

しかし、私には地震、つまり、大きな地球の表面に起きるちっぽけな変動が時間を選んで起きるなどと言うのがとても信じられなかったんです。

そこで、つい、「地震が特定の時間に起きやすいことはないと思います。たとえばサン・フェルナンド地震（1971年にロサンゼルスを襲った）は朝の6時頃でした」と答えてしまったのです。

これは大変まずい答でしたね。アメリカの例などを持ち出したのも一層まずかったと思います。

その瞬間、先生は不機嫌な表情になって、会話はそこで途切れてしまいました。

与太郎 へえー。そんなことがあったんですか。

もうちょっと当たり障りのない答を言っておけば偉い先生のご機嫌を損ねることもなかったんでしょうね。

でも、大家さんは生真面目だからなあ。

大 家 与太郎さんの言う通りですね。私の世渡り下手なところですよ。

与太郎 それで、実際に大きな地震がお昼どきに起きるかどうかというのを調べたんじゃないんですか？

大家さんのことだから。

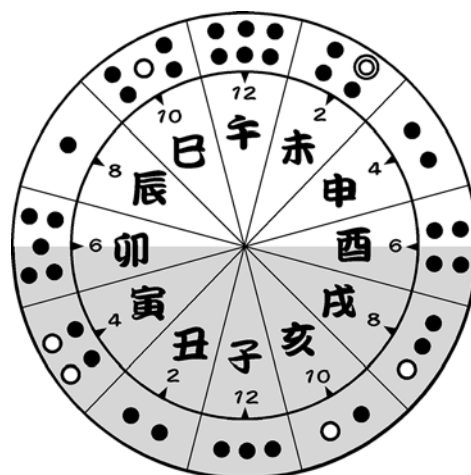
大 家 ええ。もちろん調べましたよ。

ただ、その後、地震のマグニチュードの判定基準が大分変わっているので、最近もう一度調べ直してみました。

私の調べでは、1945年から2015年の間に日本で起きたマグニチュード7.0以上の地震で、発生時刻が分かったものが41件ありました。

それを時刻別のグラフにしたのが次の図です。

与太郎さんはこれを見てどう思いますか？



大地震（ $M \geq 7$ ）の時間帯分布図

参考：1945～2015年に日本に起きた地震（ $M \geq 7$ ）のうち発生時間を知ることができた地震41件。

○・・・ $M=8 \sim 8.2$

◎・・・ $M=9$ （2011 東北地方太平洋沖地震）

与太郎 うーん……。お昼の時間が少し多いけど、朝と夕方も結構多いですね。

マグニチュード8以上の地震はあんまり時間に関係ないように見えるし。

大 家 そうでしょう？

これが何かの規則性に従っているか、そうではなく偶然こんな具合になったのかを判定する統計学の方法もありますが、私も簡単な方法でやってみました。

まず、最初に地震が時間を選ばず、まったくランダムに起きると考えます。これは12面体のサイコロを41回振った時に目の出方がどうなるかというのと同じことです。

与太郎 12面体サイコロなんてあるんですか。

大 家 正五角形の面を12個持ったサイコロです。自分で作っても良いんですが、手許にあった20面体サイコロを使って、13以上の目が出たら無視することにして12面体サイコロの代わりにしました。

与太郎 20面体サイコロもあるんですか。

大 家 正三角形の面20個でできたものです。丸善のような文房具店なら売っていますよ。

そんなサイコロを使えば、各目が出る確率—— p と書きますが——それは $1/12$ で、出ない確率が $q = 1 - p = 11/12$ です。このように、「出る、出ない」の二つの確率で決まる目の出方の分布を「二項分布」と言います。

このサイコロを $n = 41$ 回振ったときに各目が出る回数の期待値 $\bar{x}$ は当然 p に n を掛けたもので

$$\bar{x} = np = 3.42$$

です。これは振った数 n を目の数 12 で割ったのと同じで各目が出る平均値と言っても同じことです。

しかし、実際にはこの図のようにバラツキがあるわけです。

そのバラツキの程度を計るものに標準偏差というのがあります。それは各目が出た数 (x_i) と平均値の差を二乗して足し合わせて、目の総数 m （ここでは 12 ）で割って、その平方根を取った、 σ と表される数値です。式に書くとこうなります。

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2}{m}}$$

与太郎 こういうのを見ると一遍に難しくなっちゃうんですね。

大 家 これは今言葉で説明した通りのことを記号でまとめたもので内容はちっとも難しくなんかないんですよ。 Σ （しぐま）（ σ の大文字）というのは今の場合、 i が 1 から $m = 12$ までの目について足し合わせるという記号です。

今、与太郎さんに覚えてくれなんて言いませんがね。

さてと……、地震の時間分布の図に目を戻して、この地震の時間分布から標準偏差を求めると

$$\sigma = 1.44$$

となります。

一方、二項分布にもバラツキがあって、理論的に標準偏差が

$$\sigma = \sqrt{npq}$$

となることが知られています。

この場合 $n = 41$ 、 $p = 1/12$ 、 $q = 11/12$ として

$$\sigma = 1.76$$

となります。

ほら、実際の地震の分布と二項分布の標準偏差は非常に近い値、しかも二項分布より小さな値になっていますね。これから、地震は時間を選ばずに起きると言い切っても間違いではないと思います。

与太郎 もし、標準偏差が二項分布よりもうんと大きいとどうなるんですか？

大 家 ある時間帯に極端に地震の回数が集中すると標準偏差は大きくなります。その場合は地震はランダムに起きるのではなく、何か集中する原因があると考える必要が出て来るでしょう。

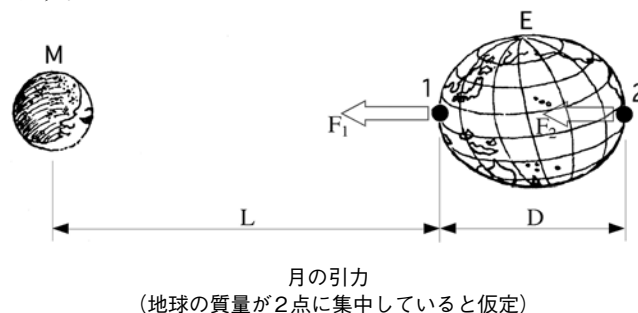
与太郎 そういうことか。

じゃあ、次は月の引力の研究のことですね。

月の引力と大潮小潮

大 家 これにもちょっと数式が出て来るけれど我慢して聞いて下さいね。

月からの引力がどんな風になるかを図のような単純化したモデルで計算してみます。地球の質量は図の1と2の二つの部分に半分ずつ集中しているものと考えます。



月に近い1の部分に加わる月の引力は「ニュートンの引力の法則」によれば月の質量 M に比例し、距離 L の2乗に反比例します。それを $F_1 = M/L^2$ （ $\times$ 比例定数）と書きます。

同じようにして、2の部分に加わる引力は $F_2 = M/(L + D)^2$ （ $\times$ 比例定数）です。そして、地球を扁平化せようとする力、つまり潮汐力ということですが、それは F_1 と F_2 の差によって次のように表されます。

$$\begin{aligned} \Delta F &= F_1 - F_2 \\ &= M \left\{ \frac{1}{L^2} - \frac{1}{(L + D)^2} \right\} \times \text{比例定数} \end{aligned}$$

与太郎 あれ？ F_1 も F_2 も月の方に引っ張られる力なんでしょう？ 地球と月の間の距離はどんどん縮まっちゃうじゃないですか？

大 家 偉い！ 良くそこに気がつきましたね。

実は月が地球のまわりを回っていると同時に、地球も月のまわりを回っているんです。

与太郎 ええっ？ 本当ですか？

大 家 厳密に言えば、月も地球も両方の質量の重心を焦点とする楕円軌道の上を回っています。

その重心の位置は地球の中心から約4,620キロメートルの位置にあります。

地球の赤道半径が約6,280キロメートルですから重心は地球本体の中にあります。その重心の回りの半径約4,620キロメートルの軌道を地球が回っているために遠心力が生じて、それが月の引力と釣り合っているんです。

与太郎 ああ、そういうことですか。

大 家 話を続けましょう。図ではLとDがあまり変わらないように描きましたが、地球と月の間の距離は約38万4千キロで、地球の直径の約30倍もあります。月と太陽を置き換えれば約12,000倍になります。

LがDに比べてうんと大きいことを考えると、上の式は近似的に次のように表すことができます。

$$\Delta F = M \frac{D}{L^3} \times \text{定数}$$

この式を、月の潮汐力 ΔF_m を太陽の潮汐力 ΔF_s で割った形に表すと、次のようになります。

添字_mと_sはそれぞれ月と太陽の意味です。

$$\frac{\Delta F_m}{\Delta F_s} = \frac{M_m}{M_s} \left(\frac{L_s}{L_m} \right)^3$$

月の質量は太陽の約2,700万分の1、太陽との距離は月との距離の約391倍という数値を入れて計算すれば、月の潮汐力は太陽の約2.2倍ということになります。

与太郎 へえー、太陽に比べればゴミみたいにちっぽけな月の方が引力が大きいんだ。

大 家 引力ではありませんよ。潮汐力、平たく言えば地球の表と裏に作用する引力の差は月の方が大きいということです。これは月がうんと近くにあるからそうなるんですね。

与太郎 なるほど、そういうことか。

それで、太陽と地球と月が一直線に並ぶと、潮汐力は太陽の分と月の分を足して太陽の3.2倍になるんですね。それが大潮の時で、太陽が月とそっぽを向いている時は潮汐力は月の分だけで、太陽の2.2倍だけなんです。それが小潮の時なんでしょう？

大 家 全く素晴らしい！ その通りです。

ただ、大潮・小潮と簡単に話していましたが、私が本当に考えていたのは地球を扁平化しようとする力のことなのです。この変形によって、たとえば地震が誘発されるのかどうかの問題だったのです。地震が時間によらないということで、その影響はほとんどないということになりましたがね。

海水の大潮・小潮も、もちろん同じ力によるのですが、水は動きやすいので潮位の変化として大きく目に見えるだけなのです。

スーパームーンはスーパーか？

大 家 ただ、もう一つスーパームーンの時がどうなるのかを考えないといけませんね。

これまで、月と地球の距離は38万4千キロとしていましたが、これは平均の距離で、実際は月の軌道が楕円形のため、近い時は約36万3千キロ、遠い時は約40万6千キロになっています。また、月の見え方は距離に反比例すると考えていいので、近い時は平均より約5.8%直径が大きく見えることになります。これが満月と一致した時は月の面積は平均より12%程大きく見えることになります。

月と地球が一番遠い時に比べれば直径が約12%大きく面積は25%ぐらい大きく見えます。

L_s と L_m の比は約410になるので、太陽の潮汐力に対する比は2.54倍になります。太陽と合わせた大潮の時の潮汐力は約3.54倍になりますから平均距離の場合に比べて約11%ほど大きくなります。

ただ、この場合は月と地球の軌道の焦点が地球の中心から約4,600キロ離れていることの補正をしていないので、実際にはもう少し大きく、たとえば12,3%ぐらいになるかも知れませんがね。

与太郎 12,3%ですか。スーパームーンって大騒ぎするほどの大きさじゃないんじゃないですか？

大 家 私もそう思いますね。台風による高潮と大潮が同時に起きるような時の方がよっぽど恐ろしいですね。