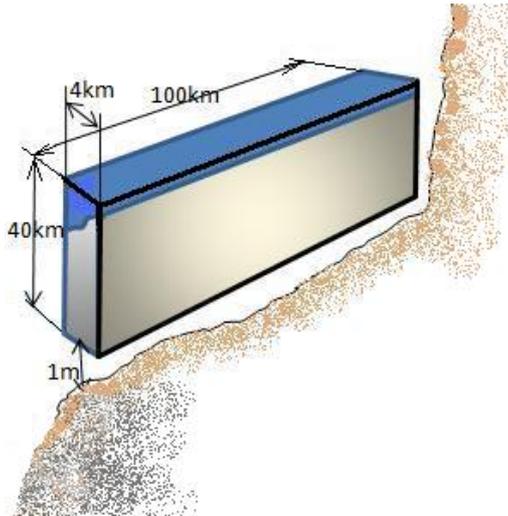


地殻の位置エネルギーの求め方



重力による位置エネルギー (E) は次式であらわされる。[式の詳細はこちら参照](#)。

$$E = m \text{ (質量)} \times g \text{ (重力の加速度)} \times h \text{ (落下高さ)}$$

まず、質量 (m) を求める。

深さ40 km、幅4 km、長さ100 kmの立方体について、全部水と仮定した場合、 $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ kg}$ であるから、質量 (m) は

$$m = 40,000 \times 4,000 \times 100,000 \times 1,000 = 1.6 \times 10^{16} \text{ kg}$$

重力の加速度 (g) は 9.8 m/s^2

落下高さ (h) は1 m

これらを全部掛け算すれば、位置エネルギー (E) が求まる。

$$E = mgh = 1.6 \times 10^{16} \times 9.8 \times 1 = 1.57 \times 10^{17} \text{ (kg m}^2/\text{s}^2 = \text{ジュール)}$$

何故エネルギーの単位がジュールになるのか、工学単位とジュールの関係は[こちらを参照](#)。

以上はすべて水と仮定している。

実際は岩石である。岩石もいろいろ種類があって重いものから軽いものまでさまざま。平均して**比重は2.6**ぐらいであるから、上記に2.6をかけて

$$E = 4.08 \times 10^{17} \text{ ジュール}$$

水が1割含まれるとすれば、これに0.9をかけて

$$E = 3.67 \times 10^{17} \text{ ジュール}$$

これが地殻の持つ重力による位置エネルギーである。

この位置エネルギーが地震の元凶となる。

なぜなら地殻がドスンと落下すれば、周囲の地盤は揺れるからだ。つまり地震となる。

発生エネルギーが地盤振動に100%転換するわけではないが、両者の関係を調べた人がいた。地震のマグニチュードを (M) とすれば、発生エネルギー (E) と地震マグニチュード (M) の関係を[経験則で数式化した](#)。

発生エネルギー（E）と地震マグニチュード（M）の関係式は

$$\log_{10}E = 4.8 + 1.5M$$

この式に上記のE値を代入すると

$$\log_{10} (3.67 \times 10^{17}) = 4.8 + 1.5M$$

ここでlogの計算が必要になるが、今は便利なサイトがある。[log計算表はこちら参照](#)。

$$\log_{10} (3.67 \times 10^{17}) = \log_{10} (3.67) + \log_{10} (10^{17}) = 0.564 + 17 = 17.564$$

従って、 $17.564 = 4.8 + 1.5M$ となる。

これから $M = 8.51$ が求まる。マグニチュード8.51というわけである。

一方、 3.67×10^{17} ジュールというエネルギー値から[ウィキペディアの表を見ると](#)、マグニチュードはだいたい8.5ぐらいになり、計算と一致することがわかる。

以上の結果から、地殻がたった1m落下するだけで、いかに重力エネルギーがすさまじいかよくわかる。

このエネルギーは、ひとえに、地殻の質量が膨大であるが故、落下現象に伴い、地球重力の加速度が作用する結果、発生するものである。

言い換えれば、地殻が斜めに落ちようが、逆断層で潜り込もうが、横に滑ろうが、どう動こうが、落差がありさえすれば自然にエネルギーが生れることを意味する。

この自然エネルギーが光や音や電磁波や熱や摩擦や振動など、もろもろの物理現象を引き起こすと考えられる。だからマンツルの沈みこむ地帯で火山が爆発するのも、温泉が沸くのも、地震が起こるのも、津波が襲うのもエネルギー源があるからと説明できる。

このエネルギー源から重力エネルギーが一瞬に放出されて発生する地殻の振動を地震という。

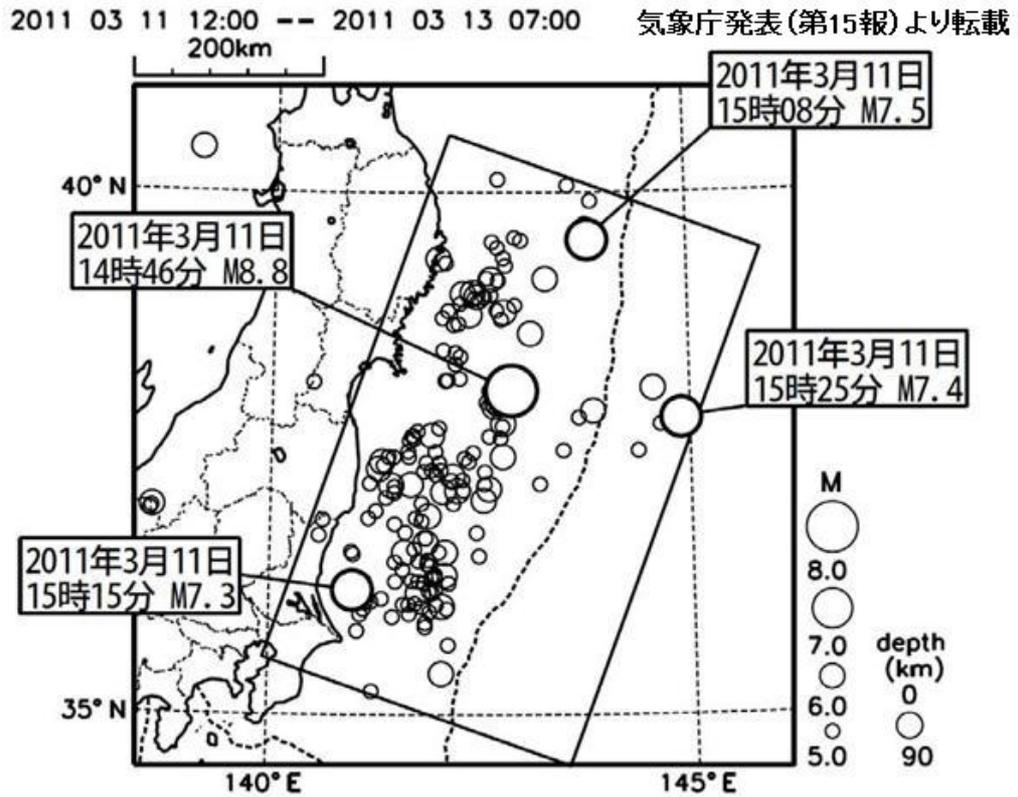
従って地震は、地殻が圧縮されたり伸ばされたりして貯めこんだ弾性エネルギーが発したものでなく、あくまで地殻やマンツルを形成する巨大質量が必然的に持つ重力エネルギーが瞬間的に転化した現象にほかならない。

[元へ戻る](#)

2011年3月11日発生 東北・関東大地震 地殻による重力の位置エネルギー

気象庁は2011年3月13日、地震のマグニチュードを当初発表8.4、更に8.8から9.0へと変更した。その際の根拠はオーストラリアで観測された地震波。これを解析してモーメントマグニチュードを計算した。

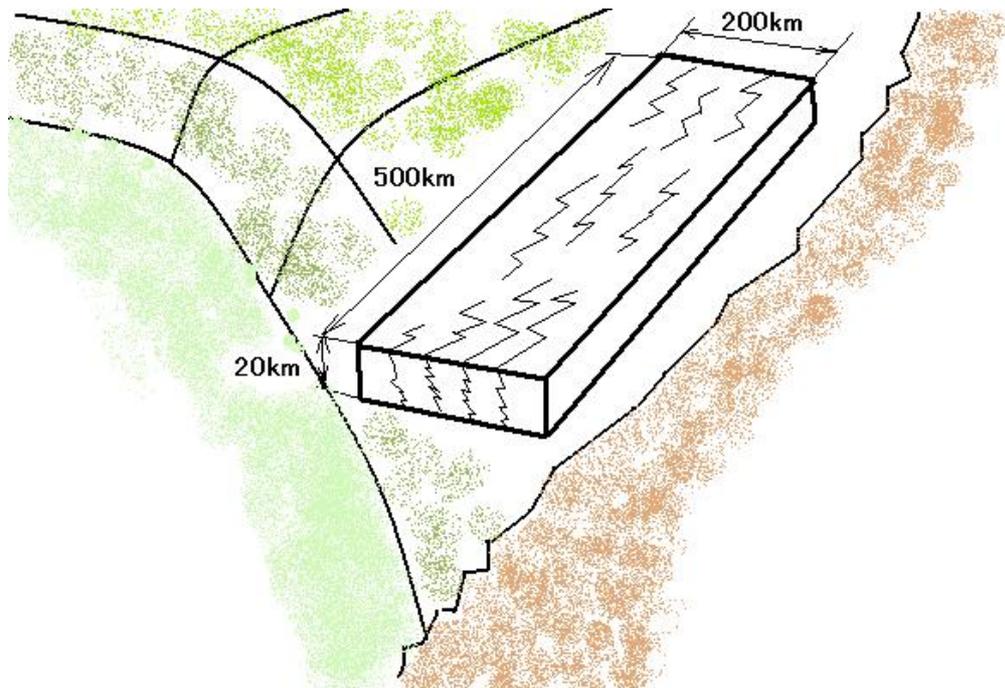
これに対し、動いた地殻から、重力エネルギーに基づく地震のマグニチュードを求めることができる。



上図から、動いた地殻面積は長さ500 km、幅200 km。深さは震源地計測値から20 km。

この立方体の地殻質量 (m) を計算すると、比重2.3として、
 $m = 500 \text{ km} \times 200 \text{ km} \times 20 \text{ km} \times 2.3 = 4.6 \times 10^{18} \text{ kg}$

日本読みすれば4千6百兆トン。想像すらできない実にすさまじい質量である。



この立方体が何らかの原因で一気に落下する。つまり地球重力によって地中にめり込む。

重力の加速度 (g) は 9.8 m/s^2

落下高さ (h) を1 mと仮定すると、

$$E = mgh = 4.6 \times 10^{18} \text{ kg} \times 9.8 \text{ m/s}^2 \times 1\text{m} = 4.5 \times 10^{19} \text{ ジュール}$$

この発生エネルギー（E）を、次式の地震マグニチュード（M）関係式に代入する。

$$\log_{10} E = 4.8 + 1.5M$$

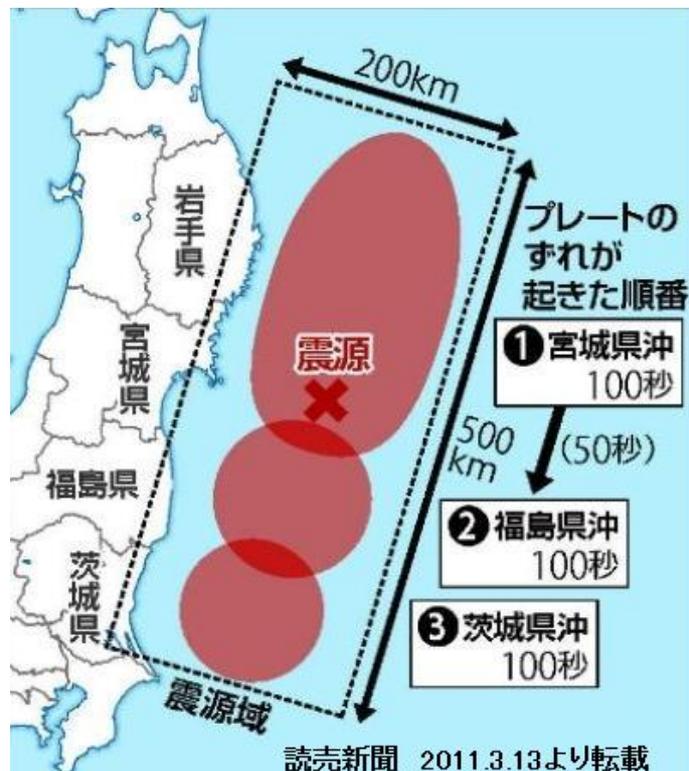
$$\log_{10} (4.5 \times 10^{19}) = \log_{10} 4.5 + \log_{10} 10^{19} = 0.65 + 19 = 19.65$$

従って、 $M=9.9$ うへん余りにも大きすぎる。

下図の新聞報道によれば、上図の立方体が一気に1m落下したわけではなく、部分的に3つに分かれ、別々に約2分間隔で70cmぐらい落ちたとされる。

上図のようにプレートを1枚とすれば、質量マグニチュードは大きく出る。実際は、プレートがバラバラに割れて重力エネルギーが個々に放出される。

従って、余震は完全に落ち切れなかった地殻が時間を置いて、時々落下する沈下現象と説明できる。



一方こういう見方に対して、日本列島の最先端は絶えず太平洋プレートに引っ張られて日本海溝の下に引かれており、先端が耐えられなくと、ピンと跳ね返って、これが大地震になるというバネ理論が唱えられている。

しかし、こうも余震が頻発すると、バネ理論ではどうこねくり回しても説明がつかない。

むしろ、日本列島の海溝寄りには絶えず質量が付加されており、この質量を支え切れなくなったとき、落下して地震が発生すると考えた方がよい。

その付加される質量とは、太平洋プレートの一部である。あくまで太平洋プレートの一部。太平洋プレートがすべて日本列島にくっつくわけではない。

太平洋プレートは南米チリ沖の海嶺から湧きだし、毎年8cm~10cmの速度で、約2億年かかって1万5千Km太平洋を移動して、日本に到達する。

$$8 \times 10^{-2} \text{ (km/年)} \times 2 \times 10^8 \text{ (年)} = 16 \times 10^3 \text{ (Km)} \quad (\text{1万6千Kmの移動距離})$$

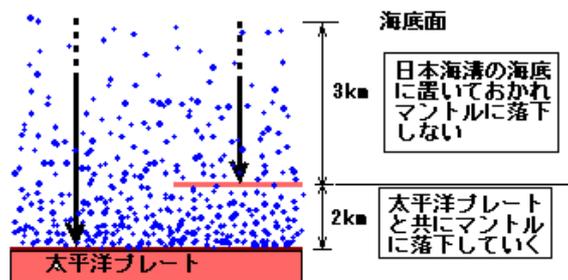
その間、海中のマリン・スノーが絶えず落下するから、日本に到着するころには海底堆積物が相当積もっている。1年に1ミリ積もるとすれば2億年では200 Kmになる。すごいなあ。チリも積もれば・・・

$$10^{-3} \text{ (m/年)} \times 2 \times 10^8 \text{ (年)} = 2 \times 10^5 \text{ (m)} = 200 \text{ Km} \quad (\text{マリン・スノーの厚さ})$$

ふわふわのマリン・スノーも積み重なれば自重で圧縮されるから百分の一ぐらいぺちゃんこになるだろう。一説では500mから数Km 堆積しているという。

こうして太平洋プレートは気が遠くなるほどの長い年月をかけ長距離を移動する間に、背中に質量が加わり、周りからも熱を奪われ0°C近くまで冷やされた結果、いよいよ沈下していく。

水深1万メートルの水圧は1千気圧。太平洋プレートに乗った堆積物に隔々まで海水が侵入する。固形物は圧縮され小球となり、全体がぐちゃぐちゃになり、海水まみれの泥状態と化す。



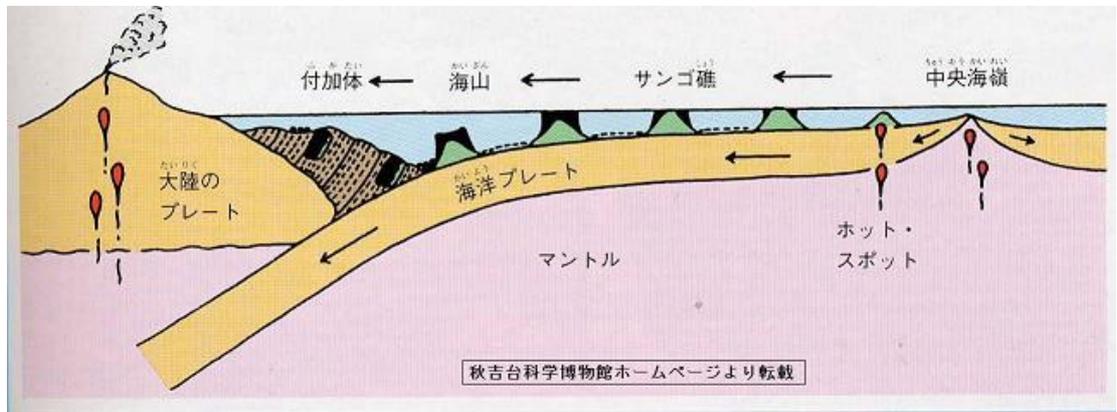
泥の体積比で、海水が9割、固形物が1割ぐらいになれば、比重は海水と変わらない。つまり深海の奥底に達すると、沈むこともできず、かといって浮くこともできない状態になる。

太平洋プレーはそんなことにお構いなくずんずん沈下していく。すると泥状態の堆積物が本体から自然に分離する。いうなれば日本海溝はマンタル由来の重い玄武岩と、海水由来の軽い堆積物を分別するベルトコンベア式第1選別場だ。

堆積物の厚さが5 kmとすれば、表層から3 kmぐらいは海底に置き去りにされるだろう。

置き去りにされた泥・堆積物は次々背中を押され陸プレートにくっついて行く。こうして日本列島には絶えず質量が付加される。付加された堆積層はマンタルに落下せずに、空中に留まっているような状態だ。

これが溜まりに溜まったとき一気に落ちる、あるいはボコボコ割れて滑る。こう考えた方がずっと説明がつく。



蛇足ながら、日本海溝で堆積物が100%分離できるわけではない。玄武岩にがっちりくっついたものは太平洋プレートと共にマントルに落ちていく。

堆積厚み 2 km が一緒に沈み込むとすれば、厚みのほとんどが陸プレートの下でこすられたり、引っかかったりして、途中でかき取られ、陸プレートに接着するだろう。ここは例えば、洗濯板式第2選別場だ。

そして残ったコバンザメ状というか、一体化したというか、残層がマントルまで達して、高温高圧下でドロドロに溶ける。

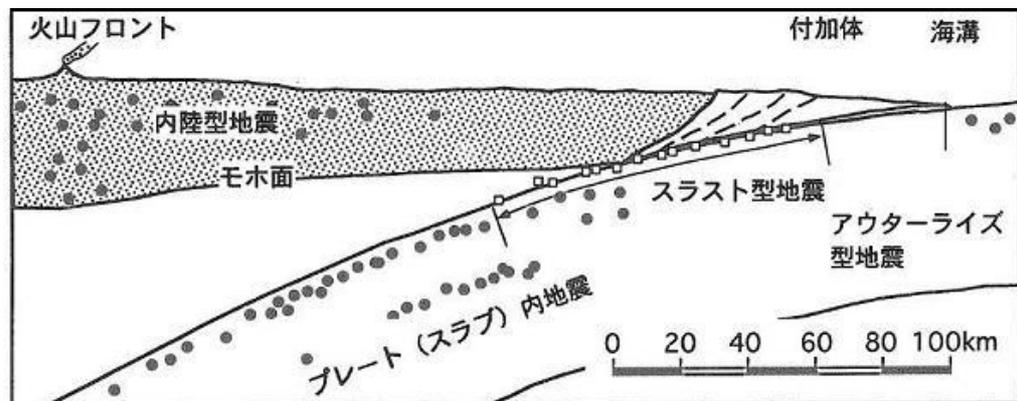
ここでまたしても面白い現象が出現する。

本来のマントル由来の玄武岩と、新参の堆積物は化学組成と比重が全く異なるので混じり合わない。水と油のようなもの。

分離した新参物は軽いもの同士、マグマ溜まりに集まる。周囲から強大な圧力を受け、逃げ場を求めるが、下にも横にも弱点はない。

たった一箇所、結合力のそれほど強くない天井の地殻を割って、地上に噴出する。これが火山。見方を変えれば日本の火山はマントル廃棄物の最終処分場、つまり火山式第3選別場だ。

こうして、マントルはマントル、陸プレートは陸プレートと、何十億年もなわばりを保ってきた。



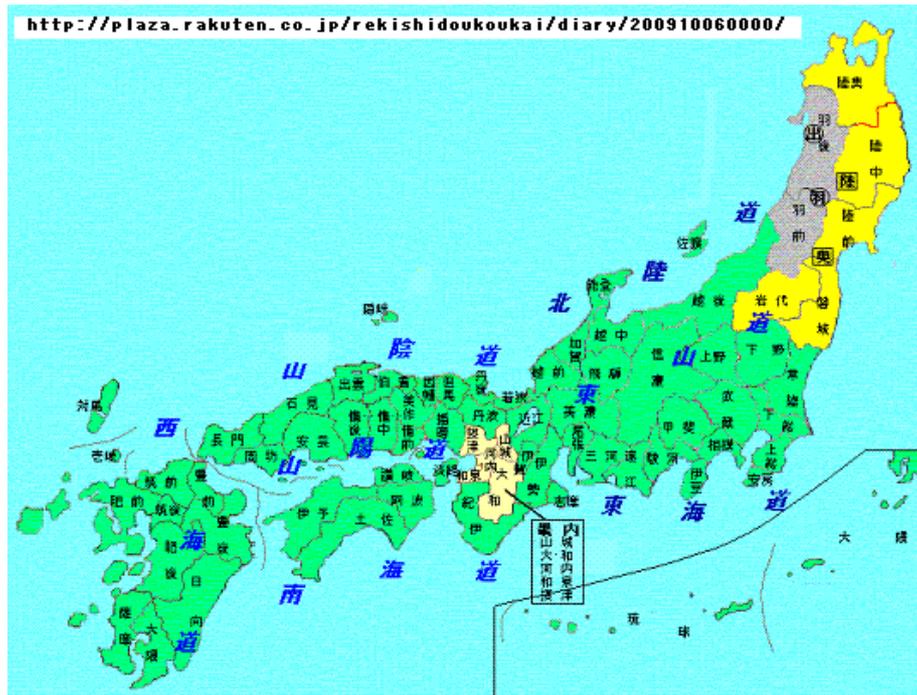
第3-11図 典型的な沈み込み帯の断面図とその付近で発生する地震の震源の模式図、沈み込むプレート内では海溝の外側でアウターライズ型（主に正断層型）が発生する、沈み込み帯深部ではプレート上面付近で発生するスラブ内地震が深発地震面（和達・ベニオフゾーン）を形成し、これはしばしば二重地震面となる。上盤側のプレート内では内陸型地震が主に上部地殻内で発生する。これらはいずれもプレート内部で発生する（図中黒丸）のに対し、沈み込むプレートと上盤側のプレートの境界ではプレート間（スラスト型）地震が発生する（図中白抜き四角形）。プレート間地震の発生域は矢印で示した範囲に限られるが、 $M > 8$ の巨大地震となることがある。 地質調査所月報、第48巻第3/4号、p. 132-159, 1997

日本海溝は南北に細長い。北海道沖から千葉沖まで全長 800 km 以上ある。この長大な海溝に、

太平洋プレートの堆積物が仮に1日1万トン入場するとすれば、1千年では365日と1000年をかけるから36億5千万トン。むむ、これは無視できない。

それぞれ、ベルトコンベア式第1選別場で20%、洗濯板式第2選別場で60%、火山式第3選別場で残り20%が分離されると仮定すれば、日本列島には堆積物の80%が付与される。36億5千万トンの8割はおよそ30億トン。

これが1千年の間に、日本列島の東北太平洋沖先端と、大陸棚深部にくっつく。陸プレートはマン
 トラに浮かんでいるので、向かって右側、つまり陸奥の国に大量の質量が追加され、片持ち梁となる。



質量が移動すると力のかかり具合も変化する。いままで太平洋プレートに乗っていた質量が、選別作用により陸プレートにくっつくと、バランスも変化する。つまり、2億年も太平洋プレートを下に押し付けていた力が、今度は陸奥の国を直下に引きずり下ろすような力に替わる。

どうということかということ、質量移動があれば重心が変わるので重力加速度が作用する結果、バランスが変わるということだ。

質量移動といえば宇宙ステーションのドッキングが頭に浮かぶ。日本の補給機「こうのとり」の総質量は荷物満載時16トン。だいたい高速大型バスぐらいの大きさと重さと思えばいい。これを宇宙ステーションへくっつける。

無重力状態だから重さはゼロなので軽々と宇宙ステーションへくっつけられる思われがちだがどっこい、アームを使って「こうのとり」を動かすと、宇宙ステーションが反動で少し傾くのだそうである。

スペースシャトルは「こうのとり」の約7倍も重い。荷物満載時の総質量は111トン。無重力だから重さはない。しかしドッキングするときも、したあともステーション全体が回転しないように常にシャトル側で姿勢制御装置を作動させている。

下図は2011年5月23日宇宙ステーションを離れたソユーズ宇宙船から撮影。シャトルはあと1回で退役。写真の出典は[こちら](#)



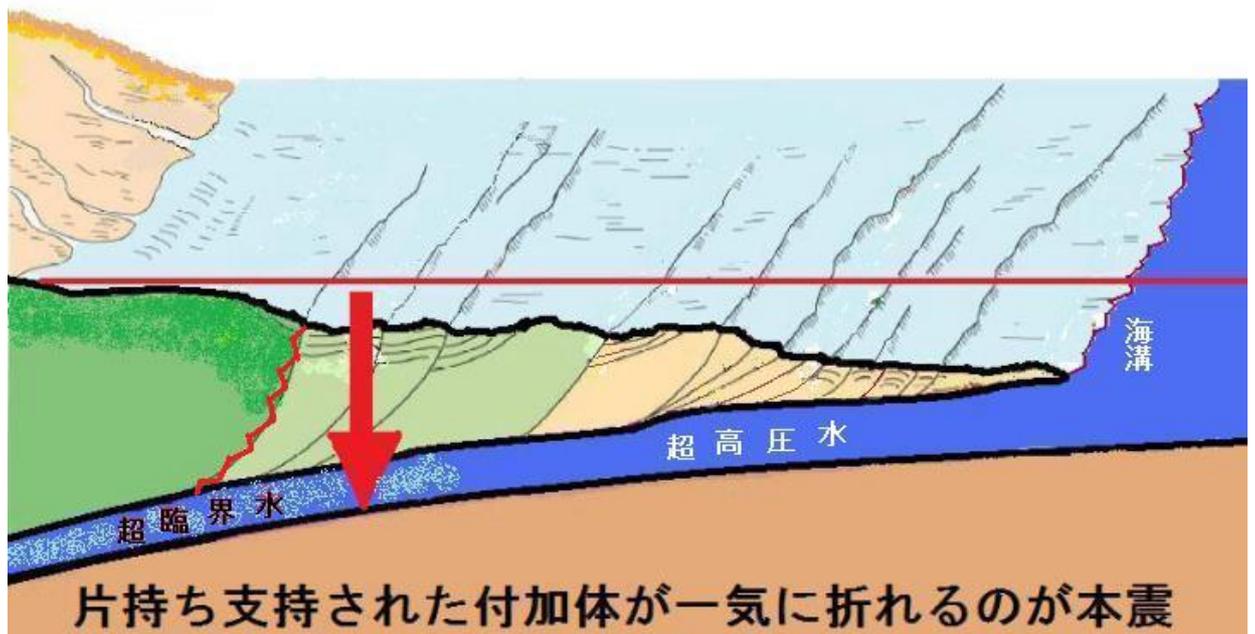
空中に浮きながら前進する飛行機も興味深い。2009年7月22日、機上で皆既日食を見ようと乗客が一齐に片側の窓につめかけたため中国国際航空機が傾いたという[記事がある](#)。

一昔前の細長い胴体のYS11など、乗客が一人トイレに移動するだけでパイロットは機体の傾きで客室の動きがわかったという。関連記事は[こちら](#)。

コンゴ上空では2010年8月25日、着陸寸前フニが荷物から出て客室内を歩き回り、乗客がパニックになり逃げ回った結果、[機体のバランスが崩れて墜落したという](#)。以上すべて質量が移動するために起きる現象。

ましては直に地球重力が作用する地殻はなおさらのこと。上図で分かる通り、質量が日本列島に付加される地点、つまり質量移動のあるところで地震が多発している。ここでバランスがくずれて何かが起こっている。

定説として、日本列島は、太平洋プレートやフィリピン海プレートによって質量が付加され、先端部が上昇や沈下を繰り返しつつ、陸体が太りながら海溝に向かって前進し、結果的にだんだん広がっているとされる。



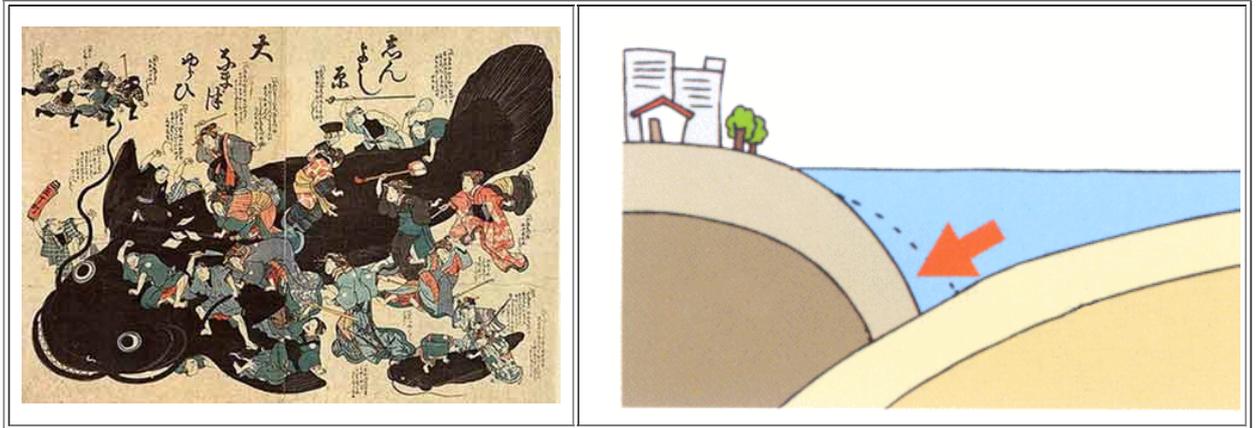
仮説とし、付加体は日本列島本体から片持ち状態にあり、太平洋プレートからは圧縮が、自らの質量からは重力による曲げモーメントが掛かっている。付加体は弾性体でなく、ぐずぐずのコンクリート状態と考えられる。コンクリートは圧縮には強いが曲げには弱い。

全体がぽきんと折れるのが本震、ひび割れ部がぼろぼろ落下するのが余震と言えないだろうか。

19世紀、江戸時代の日本人は地震を地下にひそむナマズのせいにした。20世紀、学者や為政者は地中深く隠された時限バネのせいにした。前者を後者が笑えるかなあ。だってナマズをばねに変えただけじゃん。

左図は[ウィキペディア鯰絵](#)から転載。

右図は“桑名市ホームページまず地震を知ろう”から転載（現在リンク切れ、元図なし）



さて現在進行形の21世紀、はたして東海地震予知ができるのか。おおいに見ものだ。

下図はしんかい6500が東日本大地震発生の19年前、1992年に発見した宮古沖陸側の大亀裂。

下図は米国海洋大気庁（NOAA）コンピュータモデルによる今回2011.3.11津波の伝播状態。

2013年に放送大学で東日本大地震に関する講義が行われ、理論的な背景が明らかにされた。それによると、ひずみエネルギーを解放する弾性変形であると結論づけられたという。

素人にはちょっと難しいので、自分なりに解釈した感想というか、考え方を記述したので、[こちらを参照してください](#)。

[元へ戻る](#)