

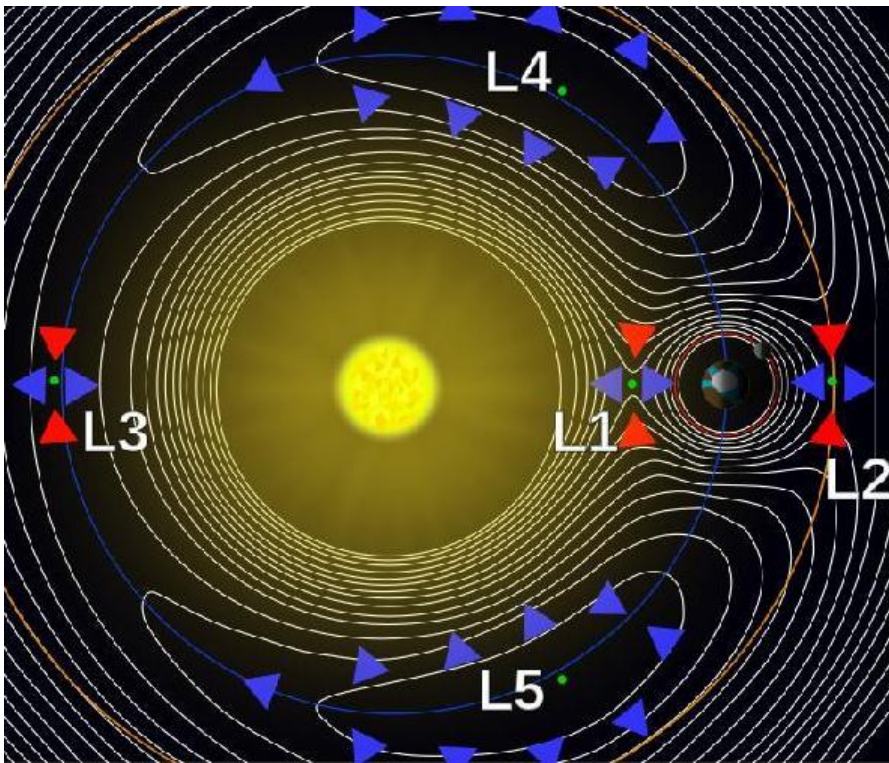
ラグランジュ惑星と男女の三角関係

もしも月がなかったら、地球の1日は24時間ではなく8時間だったという話をしましたが、その月がどの様に誕生したかを話したいと思います。

地球ができたのは46億年前ですが、その時に地球と同じ公転周期で太陽の周りを回る火星と同じくらいの大サイズのラグランジュ惑星も一緒にできました。3億年後の今から43億年前に地球とそのラグランジュ惑星が衝突して誕生したのが月です。

ラグランジュはニュートン力学に微分方程式を導入して進化させ、ラグランジュ運動方程式を発見した人です。ラグランジュはこのラグランジュ運動方程式を使って、太陽と惑星以外に惑星と同じ公転周期を持った第二惑星が存在できる点を数学的に計算しました。

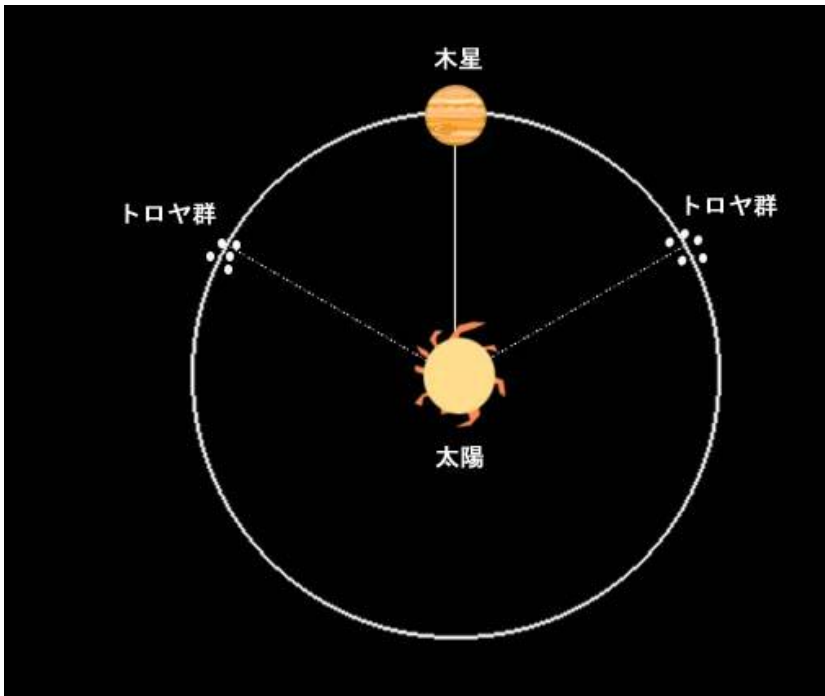
ラグランジュ点はL1からL5まで5点ありますが、L1からL3は非常に不安定で少しでも位置がずれると、惑星と違う公転周期で太陽の周りを公転し出します。しかし、太陽と惑星と三角関係にあるL4とL5は安定しており、惑星と同じ公転周期で太陽の周りを公転できます。つまり、ラグランジュ惑星と惑星と太陽は常に同じ距離を保って公転します。



$$\frac{\partial F}{\partial v_i}(u, \partial u, x) - \frac{\partial}{\partial x^\mu} \left(\frac{\partial F}{\partial m_{i,\mu}}(u, \partial u, x) \right) = 0$$

この微分方程式は時間を細かく分割すると、非線形でもコンピュータで計算ができるので、今でも航空力学や自動車力学の計算に使用されています。

木星のラグランジュ惑星はトロヤ群と呼ばれる小惑星で、ラグランジュが1772年にラグランジュ点を発見したときは単なる数学的な解でしたが、20世紀になって天体観測技術が進み、実際に存在することが証明されました。また、最近では土星の衛星にもラグランジュ衛星が2つ見つかっています。

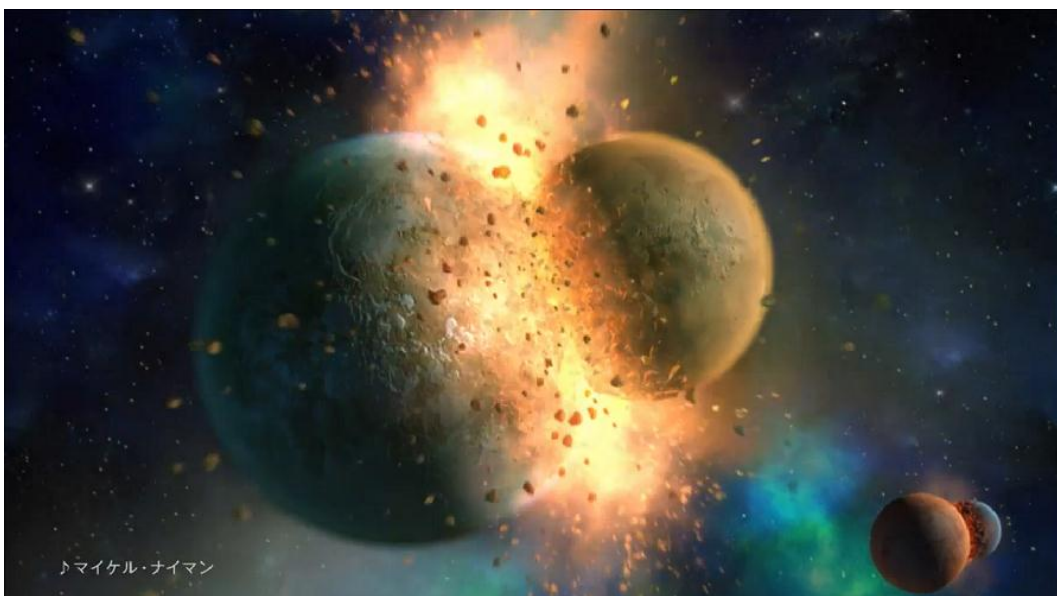


しかしラグランジュ点の条件として、各質量が下記の条件でなければ、成り立ちません。

ラグランジュ惑星 < 惑星 < 太陽

ここで、<は $(2.5 + 3\sqrt{6.9}) / 2 = 24.96$ 倍以上

月は43億年前に火星の大きさの惑星（火星の質量は地球の10分の1）が地球に衝突して誕生しましたが、この衝突した惑星は地球のラグランジュ惑星でした。質量が大き過ぎたため、ラグランジュ点からずれて行き、地球と衝突してしまいました。この衝突で月以外にラグランジュ衛星も誕生しましたが、同様にラグランジュ衛星が大き過ぎたため、その後、ラグランジュ衛星は月の表側に衝突し、月の表側の質量が増えてしまったために月は常に地球へ同じ面を向けて公転しています。



ここで太陽=だんな、惑星=正妻、ラグランジュ惑星=めかけ、とすると、天体力学的な三角関係理論では、めかけ<正妻<だんな、という力関係が崩れると衝突してしまうことになります。なお、地球にも私にもラグランジュ惑星は存在していませんので、宜しくお願い致します。

地球のラグランジュ惑星が小さかったら月が存在しなかった訳です。月の代わりに、太陽から60度ずれた方向にラグランジュ惑星「テイア」が見えていたと思います。

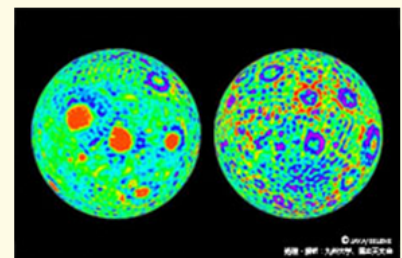
以上

月の表と裏では異なる重力異常

重力は、標高が高いところでは大きく、凹みなど低いところでは小さくなりますが、このような表面の地形だけでなく、地下の内部構造によっても変わります。重力が大きいところは、酸化鉄など平均よりも重い物質がある場所で、小さいところは軽い岩石があるところです。「かぐや」はリレー衛星を用いて、月全体の重力分布を観測し、表と裏では異なる重力異常があることが分かりました。重力異常とは、それぞれの地点での重力値から、月全体の平均の重力値を引いた差のことです。また、重力分布と地形のデータを比較することで、天体が衝突してできた盆地と重力異常の関連を明らかにしました。直径200kmを越える大型のクレーターがある場所は、月では盆地と呼んでいます。また、内部から溶岩が噴き出し、くぼ地(クレーター)を埋めて平原にした場所を「海」と言います。海の重力異常についてもデータを取得しました。

月の重力異常については、以前からあることは分かっていましたが、「かぐや」の観測によって、データとしてその姿がはっきりと見えてきました。表側の海には重い物質が分布しており、「マスコ」と呼ばれる正の広がった重力異常が見られます。マスコは、天体衝突が起きたときに内部が高温高圧になってやわらなくなり、変形しやすくなったために、マントルが盛り上がり、さらに密度の高い溶岩が噴出して起きたと考えられています。一方、裏側には海が少なく、マスコのような正の広がった重力異常はありません。裏側では負の重力異常が多く見られ、それはクレーターや盆地でおこり、丸い形をしているのが分かります。裏側では、盆地など衝突地形ができたときに内部の温度が低く、固い状態であったために、地殻の隆起や、溶岩の噴出による密度異常が見られなかったと考えられます。「かぐや」による重力観測の結果、月の大規模衝突地形ができた40億年前頃には、月の内部は表側が高温で裏側が低温であり、表と裏の地殻の固さが異なっていたことが分かりました。

月の地殻は、ドロドロに解けたマグマの海が冷えて固まってできたとされていますが、表と裏の地殻の固さが違うのは、その冷却速度が表と裏で違うからだと考えられています。表側は月ができてしばらくの間(数億~5億年)は温かかったのに対して、裏側はかなり早く冷えたのではないかと考えられます。



月の重力異常図。左側が表で、右側が裏。赤色は重力が強く正の重力異常、青色は重力が弱く負の重力異常を示す。表と裏側では重力異常が異なる

+ZOOM