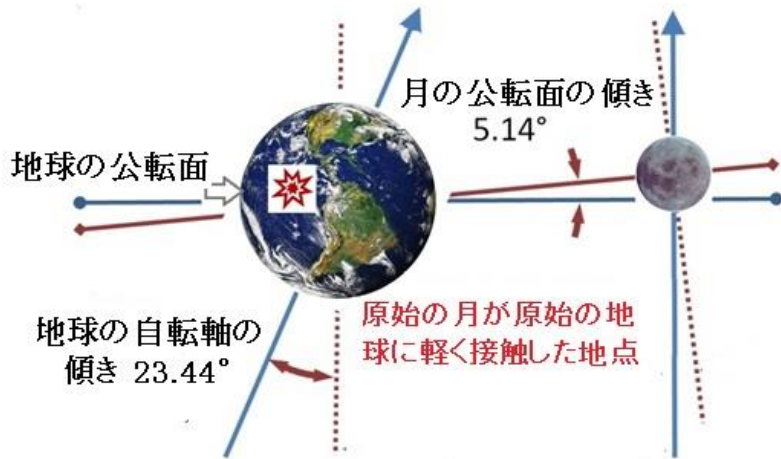


# JpGu Meeting 2023 : PPS07-P31 惑星の歳差運動に由来する惑星の自転軸の傾き

発表者 唐澤信司

2023年5月23日(火) 発表時間 : 10:45~12:15

ジャイアント・インパクト説は火星レベルの惑星が地球に激突して現在の月-地球系が形成されたとしていますが、衝突後に地球が円形の公転軌道を保つことは困難です。惑星が地球に衝突する可能性は殆どありません。  
キーワード ; 宇宙塵, 隕石, 彗星, 小惑星, 衛星, 惑星



Reproduced from <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/43/Earth-Moon.PNG>

図1. 月が地球に軽く接触して地球の自転軸が歳差運動を始めたという新説の説明図

地球の自転軸が少し傾いて歳差運動しているのは地球の静止軌道付近で誕生して成長した月が、46億年前に太陽が核融合爆発をした際に太陽の質量が変動して太陽を中心とする公転運動が乱れて、**月が地球に軽く接触して、月は公転軌道が少し傾き、地球の自転軸が歳差運動を始めたという新説を提案します。**

この説の提案に関連して次の事柄も説明します。

1) 宇宙塵が冷たい環境で接触した際に近距離力で点接触で付着してで大きな塊になり、惑星が太陽とともに形成されました。

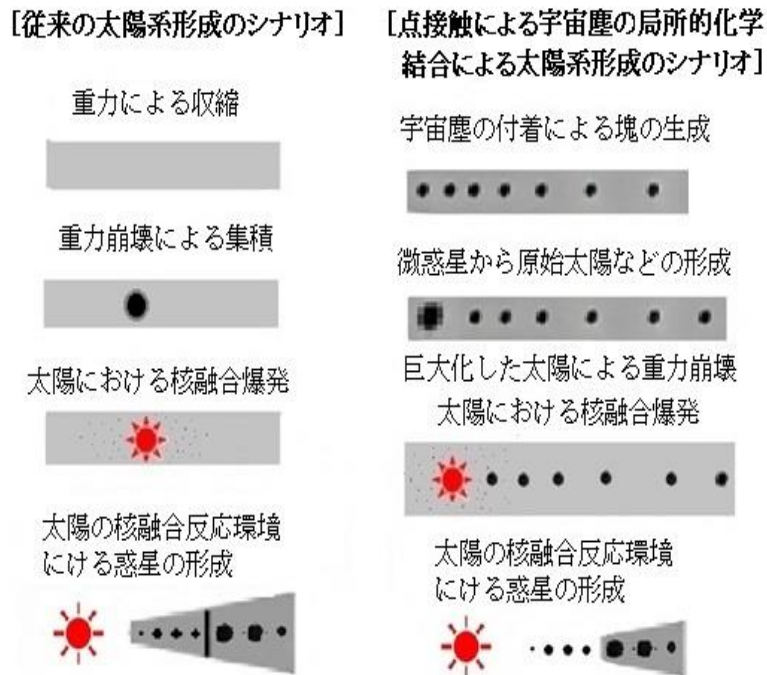
2) 惑星は成長するに従い自転速度が速くなります。自転運動のエネルギーと重力ポテンシャルが平衡するので、回転速度が増すと重力中心が高い状態の自転に移行します。

3) 天王星の自転が横倒しになったのは天王星が自転が速く公転が遅い氷の惑星なので、その重心の位置が太陽の方向にシフトし、自転軸の歳差運動により自転軸が太陽の方向になりました。

# 太陽が核融合反応を始めた時期の惑星や衛星の状態

太陽風が吹きつけている状態では地球の海水は集積されません。彗星などで集められた氷が雪線の周りの水の気体に昇華するので、地球の海を形成できません。地球の水は氷として星間媒体と一緒に雪線が出現する前に取り込まれたに違いありません。

その太陽系の形成の新しいモデルを従来のモデルと比較して図2に示します。



太陽が核融合を始める前の環境で部惑星や原始太陽や原始の惑星が大きく成長したのは従来のモデルによる重力の力ではなく $10^{30}$ 倍以上強い局所的なクーロン力によって付着します。

寒冷環境において宇宙塵が氷などに付着して時間をかけて大きくなった塊は隙間の多いスカスカの構造ですが、大きくなるに従い、重力エネルギーで内部が高温高压になり、化学反応により内部構造が再編成されます。

衛星の重心が中心惑星の重力の影響を受けて中心惑星寄りに移動すると、母惑星との重力結合に異方性が生じ、自転周期と公転周期が同期します。

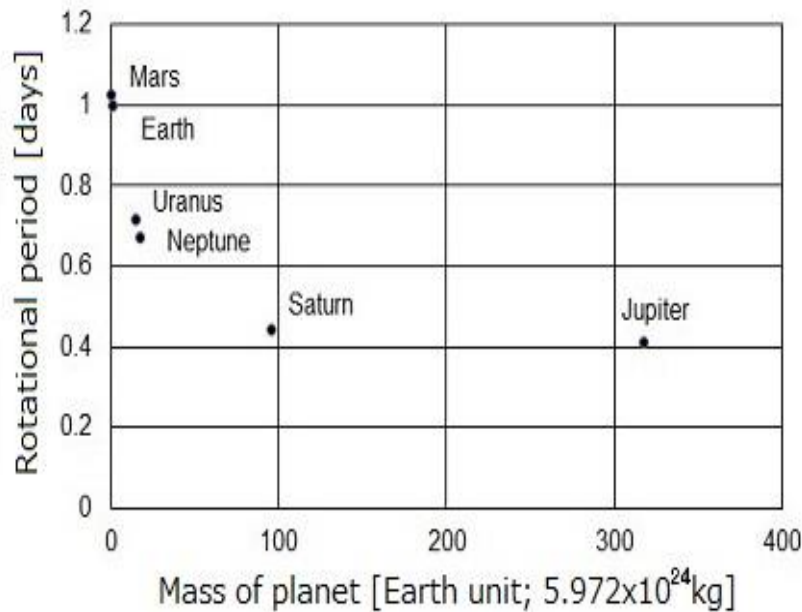
惑星は平衡状態である公転軌道から容易に脱出できません。46億年前に原始太陽が核融合爆発を起こすことにより太陽の質量が変動して、その際に太陽中心の公転軌道が変動しました。

その際に地球の静止軌道で成長していた原始月の公転運動が乱されて地球に異常接近して、地球の自転軸が $23.4^\circ$ の歳差運動をおこし、月の公転面が黄道に対して $5.145^\circ$ 傾き、月の公転面垂線から月の自転軸が $1.54^\circ$ ずれたという説を提案します。

図.2 太陽系形成の従来のモデルと新しいモデル

## 惑星の質量が増すとその惑星自転周期が短くなる理由

—宇宙塵が静かに接触すると接点でクーロン力などの近距離力により化学的に結合します。—



惑星の自転周期と質量の関係は図3.に示すように質量の大きな惑星の自転周期は短くなります。

星間物質の大部分は太陽に取り込まれますが、ケプラーの第3法則( $r^3/T^2 = GM/4\pi^2$ )で重力中心の質量(M)で、ほぼ決まる軌道を大小の物質が同じ速度で周回しています。そこで、静かに接触すると接触点でファンデルワールスの力などにより付着して、塊が大きくなります。

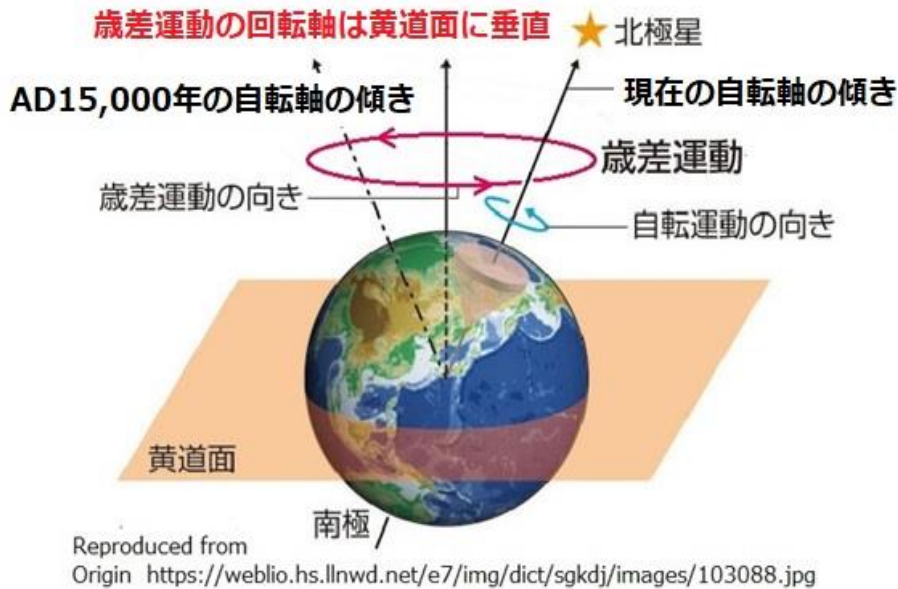
星間物質が重力中心に接近すると運動エネルギーを増した公転軌道に移り周回速度が増します。その高速で周回して落下する物質の運動エネルギーが惑星の自転速度を加速します。

衛星の場合にはホスト惑星の静止軌道上で誕生して成長すると、重心が惑星側にシフトして重力結合に異方性が発生します。母惑星の自転速度が速くなると異方性重力結合により衛星の周回速度が加速されて、遠心力の増加により母惑星から離れます。

図3.惑星の質量が大きくなると自転周期が短くなる特性

# 月が地球と軽い接触事故により発生した地球の自転軸の歳差運動

図4.に示すように現在の地球の自転軸は $23.4^\circ$ 傾いて26,000周期で歳差運動しています。従来の地球の歳差運動に関する物理学の説明ではコマの歳差運動と同様な現象と考えられてきましたが、地球の自転軸の歳差運動には支点がありません。地球には重心の中心を移動させる作用が存在しません。



太陽の重力によって地球の重心が太陽側に偏っておれば、太陽の方向を軸とした歳差運動が発生します。地球の自転軸の歳差運動は太陽の赤道面に垂直方向であり、地球の歳差運動の回転軸の方向は重力の方向と相違しています。

高速回転している物体はジャイロ効果といってその回転状態が安定に維持される性質が歳差運動に関係があります。

ジャイアント・インパクトのような大きな衝突では衝撃が大きすぎて実際の地球の自転軸の歳差運動や月の公転軌道の傾きが説明できません。

46億年前に太陽が核融合爆発をした際に太陽の質量が変動して太陽中心の公転運動が変動したことがありました。そこで、図1で\*で示した付近の地球に月が接触して、地球の自転軸が歳差運動を始めたという説を提案するに至りました。

図4.ジャイロ効果で維持されている地球の自転軸の歳差運動

## 天王星の自転軸が横倒しになった理由

天王星の公転周期は長く84地球年であり、公転に対して自転周期は非常に短く17.24時間です。



氷の惑星である天王星の内部には中間に液体の水の厚い層があります。そこで、高速の自転により経度による温度の分布は平均化されますが、自転軸の傾きにより南北の温度差が生じ、中間の液体の水の層に南北差が発生します。

そして重力の中心が南北方向にシフトし、太陽に向かう方向に中心軸を持つ歳差運動が起こりました。

平衡状態では、歳差運動の回転運動のエネルギーと重力ポテンシャルとが等しいのですが、徐々に歳差運動の重心の位置が低い状態にシフトして、歳差運動の自転軸の方向が太陽の方向に向かうようになりました。

図5 自転軸を太陽に向けた天王星の回転軸の歳差運動



## 金星の自転軸が逆転した理由

図6. に太陽風が時計回転方向に駆動している惑星の赤道付近の大気を示します。太陽が反時計回転方向に自転しているので、太陽風は秒速約500kmの速度の回転成分を持っており、惑星の赤道付近の大気と直接的に衝突して、貿易風を駆動します。図6.に示すように太陽から離れた惑星では惑星の赤道付近に衝突する太陽風の量が減少するので貿易風は減少します。

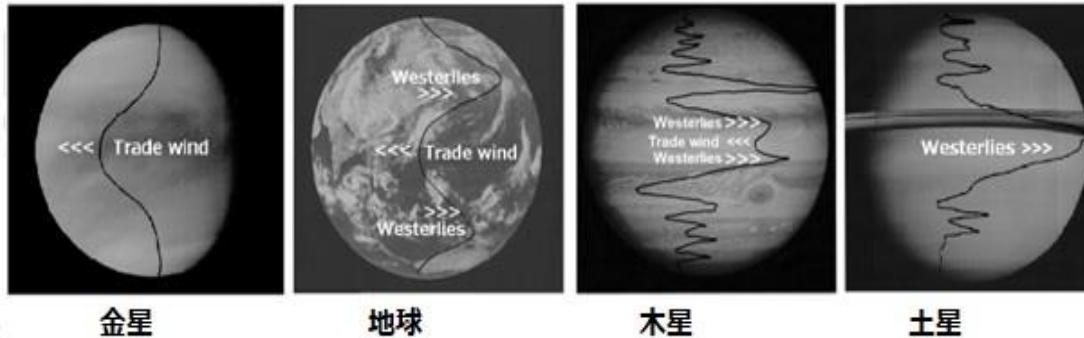
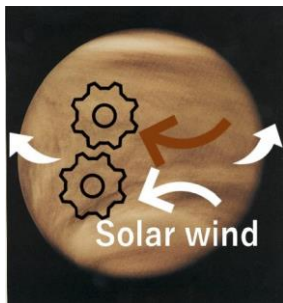


図6.太陽風が時計回転方向に駆動している惑星の赤道付近の大気



金星の大気は厚く、約90気圧もあります。太陽を正面に面した金星の赤道付近の大気は太陽風の直撃を受けています。太陽風の反時計回転方向により、金星の大気は時計回転方向に駆動され、4日で金星を時計回転方向に一周するスーパー・ローテーションが起きています。現在の太陽が放出する $H^+$ の総量が $10^9$  kg/sとして、金星に到達する量を公転軌道の球体の表面積と惑星の断面積の比から概算すると、0.782 Kg/sとなります。図7に示すように太陽風には金星の左右をすり抜ける成分と夜側の反時計回転方向がありますが直撃する反時計回転方向の運動量によって金星の大気から自転運動に至るまで時計回転方向に変化したと考えられます。

図7. 太陽風が金星の大気を駆動するメカニズム

## まとめ

小惑星が形成されるまでの初期の段階では、寒冷な環境で宇宙塵の固体が静かに接触して、その接触点において分子間結合などにより塊が形成されます。

小惑星は形状が球形ではなく 空隙が多く、その重心は重力中心の方向にシフトしています。こうしてできた衛星は自転と公転が同期します。

衛星が大きくなり、惑星のレベルに達しても、惑星に自転や自転軸の傾きが存在し環境に依存して変化します。

天王星では速い自転に遅い公転により、内部の厚い液体の水の層が南北で相違して歳差運動が起こり、時間をかけて歳差運動の回転軸が太陽の方向になりました。

金星では太陽風によって大気が時計回転方向に駆動され時間をかけて自転の回転方向が逆転しました。

地球の自転軸の歳差運動は黄道面に垂直であり太陽による重力のシフトでは発生しません。地球の歳差運動は月と軽く接触して一回の接触で引き起こされたと結論しました。

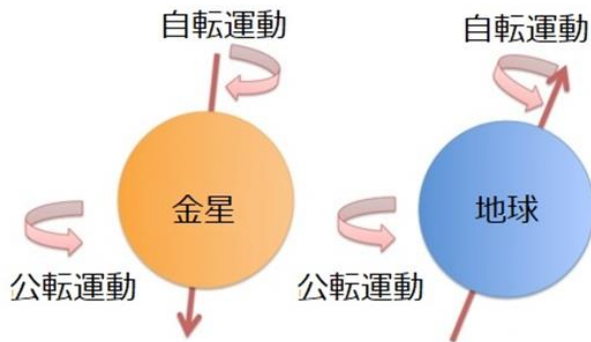


図8 金星および地球の自転運動

## 参考資料

### Video presentations

[1] 惑星の自転軸は何故傾いているのでしょうか?

<https://youtu.be/psz7PogQ8Qw>

[2] English version video. <https://youtu.be/iy5iUj2peYI>

### [論文]

[1] Karasawa S., (2023), “*Formation of Terrestrial Planets from the Viewpoints of Astrophysics and Material Science – Formation of Planetesimals by Chemical Reactions at Contact Points between Solids-*”, *Geology Earth Marine Science*, Volume 5(2): 1-6,

DOI: [10.31038/GEMS.2023522](https://doi.org/10.31038/GEMS.2023522) .

[2] Karasawa S. (2022), “Effects of Solar Wind on Earth’s Climate.” *Geology Earth Marin Science*, Volume 4(2): 1–5. DOI: 10.31038/GEMS.2022421