

惑星直列は怖くない

～惑星運動シミュレーション

星座の間を西へ東へ移動しながら離散集合を繰り返す惑星の動きは洋の東西を問わず、驚異的でした。古代中国では「五星」と呼ばれ、辰星(水星)、太白星(金星)、熒惑星(けいわくせい：火星)、歳星(さいせい：木星)、填星(ちんせい：土星)、これらの配置は王朝の運命を左右するものと考えられ『史記天官書』1)や『漢書天文志』2)にはそれらが詳しく記載されています。わが国の陰陽師も中国の天文官と同じ言葉を使っています。安倍晴明の項で述べたように天変記録としての火星や木星と恒星の異常接近は何回もあります。

天動説

古代ギリシア人は惑星に神々、といっても実はみんな生臭い神々ですが、の名を付けました。古代ギリシア天文学の集大成であるプトレマイオス（83 年頃・168 年頃）の著した『アルマゲスト』は全 13 巻で、月・太陽・恒星そして複雑な惑星の運動が球面三角法を用いて詳しく述べられています。彼の天動説に基づく宇宙観はアラブにて継承発展し、12 世紀以降ヨーロッパに伝えられ、やがてキリスト教に取り入れられてスコラ哲学の主要部分となります。ダンテの神曲によると宇宙の中心には不動の地球があり、その上の天国界には 10 段階あるそうです。

第 1 天 月天

第 2 天 水星天

第 3 天 金星天

第 4 天 太陽天

第 5 天 火星天

第6天 木星天

第7天 土星天

第 8 天 恒星天

第 9 天 原動天

第 10 天至高天

(エンピレオ)

第8天まではアルマゲストに書いてありますが、第9天と第10天はキリスト教によって付け加えられたものです。



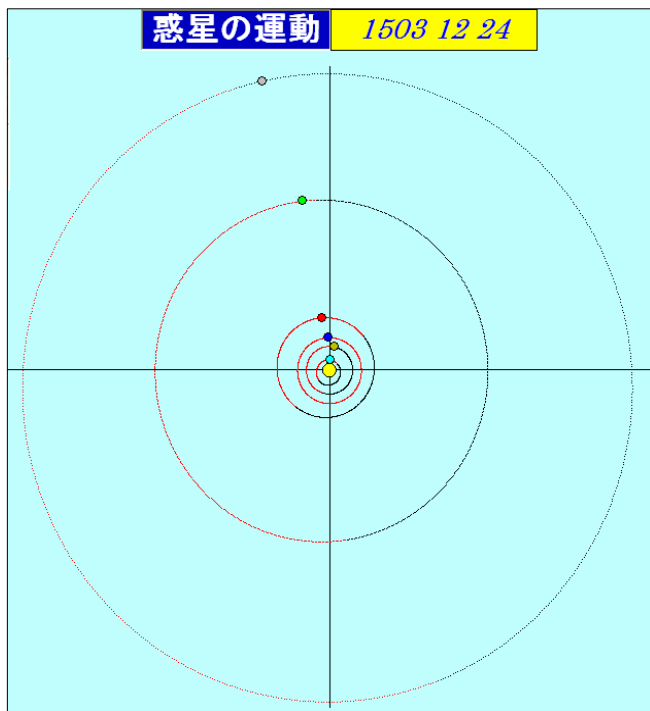
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3a/Ptolemaicssystem-small.png>

ペトルス・アピアニスの *Cosmographia* (1539 年) に描かれている天球

6000 年間の惑星直列と惑星会合

惑星運動が解明されたのは17世紀になってからガリレオ、ケプラー、ニュートンたちの業績によるものですが、その後も惑星配置による占星術は存続し、現代でも終末予言には必ず「惑星直列」が登場します。惑星直列という言葉は本来の天文学用語ではなく、全惑星がほぼ直線状に並ぶ状態というだけで、はっきりとした定義はありません。1970年代後半から一般に使われるようになり、インターネットでググれば多数のサイトが検出されます。惑星直列は何年何月何日に起こるとか、その周期は何年とか、どんな災害が起こるかとか。。。この場合、地球から見て外惑星（火星木星土星・・・）は集合して見えます。そして

その反対側に内惑星（水星金星）も集合していますが、太陽と同じ方向なのでほとんど見ることはできません。外惑星は衝，内惑星は内合として集合するわけです。では実際に惑星が水金地火木・・・の順に並ぶことはどのくらい起こるのでしょうか？今までそんなことがあったのでしょうか？シミュレーションソフトを起動させて BC3000 年から AD3000 年までの 6000 年間で調べてみると惑星が「水金地火木土天海」の順に直線状に並ぶことは非常に稀なことがわかります。望遠鏡で発見された天王星以遠を除いて，水星から土星までの 6 惑星が最も直線状に並ぶのは 1504 年の年初前後に起こっています。左図は 6 惑星が全体としてよくまとまる 1503 年 12 月 24 日（グレゴリオ暦値）の惑星配置で，中央は太陽，内側から水星・金星・地球・火星・木星・土星の軌道です。金星がやや外れているのが気になるかもしれませんが，これが 6000 年間で最良の日なのです。火星・木星・土星はふたご座のカストルのすぐ側，真夜中にはほぼ天頂に見えます。太陽と水星はいて座に，そして金星はその東隣のやぎ座にて，日没後 1 時間くらいは宵の



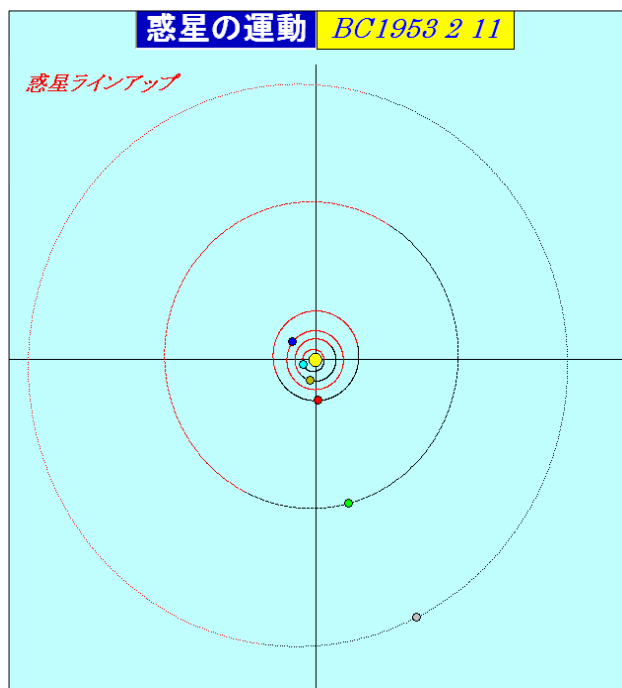
明星として見えたでしょう。

この時何が起こったのか、どんな事件が起こったのでしょうか？この日に生まれた有名人としては大予言者ノストラダムス、その誕生日は12月14日です。ただしこれは当時使われていたユリウス暦の値で、グレゴリオ暦に変換すると12月24日です。さすがは大予言者、やはり誕生日からして何かありそうだと思わないでください。同年同月同日に生まれた人は世界中に何万人もいたはずです。時は西ヨーロッパからインドへの航路や新大陸アメリカが発見されて大航海時代が始まったころ、日本では応仁の乱が全国に飛火し各地で戦国大名が台頭してくるころですね。みんな天動説を信じていたのでこの夜空を見ても火星木星土星の集いとしか思えなかったでしょう。

BC2747年8月中旬にもこのような惑星配置がありましたが、火星木星土星は深夜うお座に、水星金星太陽はスピカの近くにいました。

その他にBC266年11月末、BC2230年1月中旬にも起こっていますが上記2件に比べると相互の位置はややずれています。惑星直列といえる現象は6000年間にこの4回しか起こっていません。

それに対し、惑星集合とは惑星が天空上の狭い範囲に集まって見える現象を指します。



惑星たちはやはり直線状に並びますが、太陽がこの直線から外れた場合に眺めることができます。地球は全惑星の端になります。筆者は自作のプログラムにより 5 惑星集合が上記の 6000 年間で 20 度以内に集合するのは 61 回、そのうち太陽と同方向で観望不可能なものを除くと 36 回起こっていることを見つけました。そのベスト 5 を表 1 にまとめてあります。

表 1 五惑星集合ベスト 5

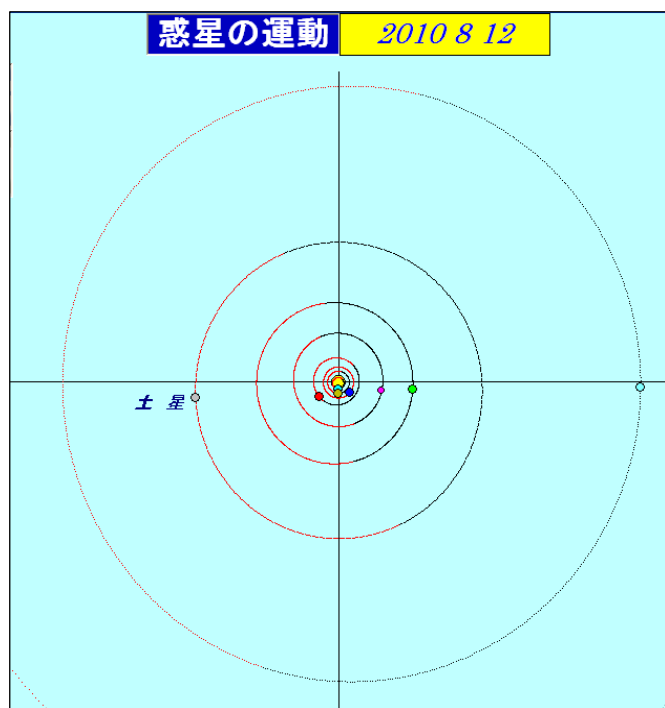
年	月日時刻	範囲	星座	備考
BC1953	2 28 日出前	5°	みずがめ	図 3 夏の初期？
710	6 27 日没後	6°	かに	玄宗の唐復興クーデター
BC1059	5 30 日没後	7°	かに	殷末期で周文王に受命？
BC 185	3 26 日出前	7°	うお	漢呂後の末期
2040	9 09 日没後	9°	おとめ	図 5

最もコンパクトにまとまるのは BC1953 年 2 月 28 日（グレゴリオ暦では 2 月 11 日）です。五星集合は古代中国では王朝交代・名君出現の兆しとされ関心と呼ばれ、歴史書に記載されています。唐の時代の占星書『大唐開元占経巻十九』には五星の集合は殷が滅び周が興る時、春秋の覇者の時代、秦が滅び漢が興る時の 3 回あったと記されています。このうち 2 回は王朝交代時で中国は大戦乱が起こっています。

ところが西ヨーロッパでは凶兆と信じられていました。16 世紀には 1524 年 2 月末にみずがめ座に、1564 年 7 月中旬にはしし座に、1584 年 5 月初旬にはうお座にと 3 回も起こりました。その都度、大洪水など天災が起こると言われ、多数の人々がパニックに陥りましたが、もちろん何も起こりませんでした。コペルニクスの地動説が発表される（1543 年）前後ですが、ガリレオやケプラーが科学的根拠を与えるよりは前の時代です。科学技術の成果を利用している 20 世紀後半になってからも似たような恐怖の予言がなされました。予言者の言う通り

なら人類は何度も滅びているはずです。記憶に新しいのは 1999 年 7 月でした。幸運にも世紀末大予言は外れ、天体の落下も大地震も大津波も起こりませんでした。それに近い現象を強いて探せば 2000 年 5 月 18 日に起こった 5 惑星のすばるの辺りへの緩い集合でしょう。あいにくとすべて太陽の背後なので白昼のイベントとなりその姿は見られませんでした。太陽コロナ観測衛星 SOHO の撮った画像にはコロナとともに惑星たちが写っていました。

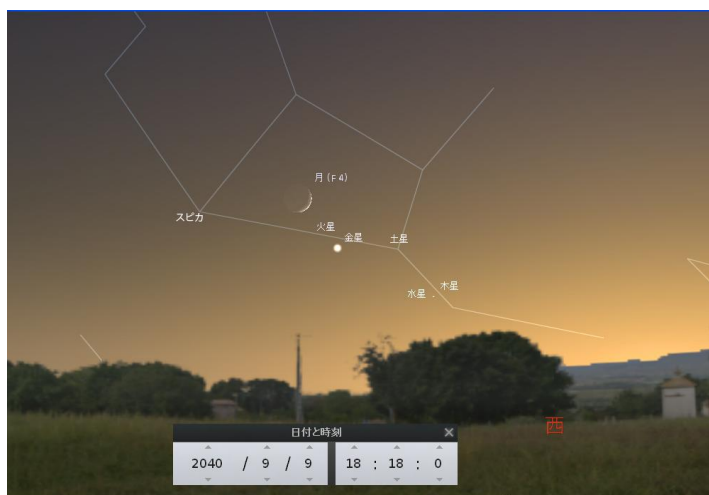
最近起ったちょっと変わった「惑星直列」をご紹介します。2010 年 8 月 12 日ころ土星火星金星地球木星天王星の順に直線状に並ぶという現象が起きました。土星火星金星は日没後の西の空おとめ座の方向、やや離れてしし座には水星がそして細い月もここに加わりました。



木星と天王星はその反対側のうお座にいて後半夜東南の空に見えました。この天象は天文ファンや占い愛好家の関心を引いたようでした。また 2011 年 5 月 12 日には 6 惑星が木星・火星・金星・水星・地球・土星の順に並びました。土星以外の 4 惑星は日の出前の東天うお座の方向

に、土星はその反対のおとめ座に見えていました。しかしこの天象は全く話題になりませんでした。

今後の事件としては 2040 年の重陽の節句の夕に、西の空おとめ座のスピカの近くに五惑星+月の集いが見られるのでせいぜい長生きして西南の空を眺めてみましょう。また 2100 年 11 月 13 日朝 6 時半、東の空に上から金星・土星・木星・火星・水星が順に一直線上に連なって昇って来るはずですが、昇って来る日の光が眩しすぎて見るのは無理でしょう。



ケプラーの法則

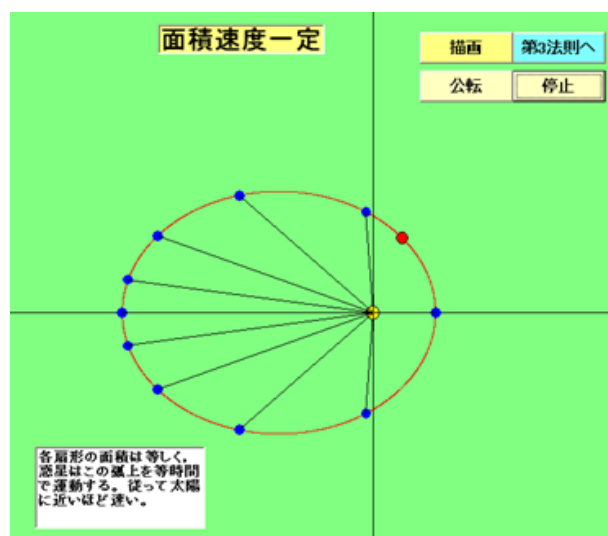
今日、私たちはすべての惑星は太陽の周りを反時計回りに、それぞれ円に近い楕円を描いて公転していることを知っています。約 400 年前、ケプラーはそれまでの膨大な観測データを丹念に整理して、ある規則性を見出しました。今日「ケプラーの法則」と呼ばれているものです。その後ニュートンによって万有引力を含む微分方程式として定式化され、それを解けばいかなる日時の位置・運動も予測できることがわかりました。惑星運動は超自然的な力を借りなくとも解明できたのです。惑星は天球上をうろうろと「惑える星」ではなくなり、吉兆を

告げる星ぼしでもなくなったのです。データを収集・解析して引き出した法則を定式化し、それによって未来の状態を予測するという研究方法は惑星運動に発し、やがて広く自然現象に適用され、今日の科学技術文明の基礎を築きました。「天体力学は近代科学の祖」といわれるのはこのような歴史的事実に基づいています。

そのケプラーの法則をきちんと説明するのは非常に難しく、教科書に書いてある次の文章だけで内容を理解することはちょっと無理でしょう。

- I) 惑星は太陽を一つの焦点とする楕円軌道を描く。
- II) 太陽と惑星を結ぶ線分と楕円の長軸とでできる扇形の面積速度は一定である。
- III) どんな惑星でも公転周期の 2 乗と軌道長半径の 3 乗の比は一定である。

第 1 法則によると太陽は焦点にいて、惑星は楕円軌道を描くが、どのように運動し、いつどこにいるかは第 2 法則から導かれるケプラーの方程式（非線形なので数値的にしか解けない）を解いて求めます。公転速度は近日点で最大、遠日点で最小となります。第 1、第 2 法則



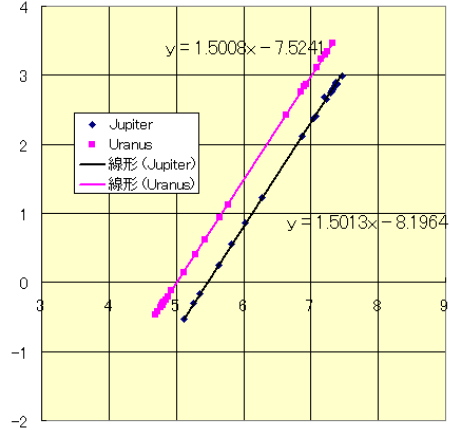
は 1 つの惑星についてですが第 3 法則は複数個の惑星についての記述で、公転周期 p と平均距離 a の関係は次式で表されます。

$$a^3 = GMp^2 / (4\pi^2)$$

M は太陽と惑星の質量和ですが太陽の質量として差し支えありません。これより

新しく見つかった小惑星の公転周期を測って、太陽からの距離を知ることができるし、また太陽の質量を求めることもできます。

ケプラーの法則は非常に普遍的で万有引力で運動している物体であれば成立します。木星と天王星の衛星の軌道長半径（ x 軸）と公転周期（ y 軸）を測定して、その対数をプロットすると右図のようになりますが、各直線の傾きはともに 1.5 であり、切片の差を 2 倍して真数をとれば母惑星の質量比 0.045 を求めることができます。また夜空に輝く恒星の大半は互いに互いの周りを回る連星なので、その公転周期と 2 星間距離を測定してから質量比を求めています。



1977 年に冥王星に衛星が発見されカロンと名づけられました。驚いたことに冥王星の自転周期もカロンの自転周期もカロンの公転周期もすべて等しく 6.4 日なのです。これは冥王星とカロンは見えない棒のようなもので固定されて運動していることになります。この数値より求めた冥王星の質量は、地球の 500 分の 1 しかなく、月よりも小さい、それでも何とか惑星の地位を保っていました。ところが 2005 年 7 月に発見されたエリス（衛星ディスノミア）は質量もサイズもほぼ冥王星と同じであることがわかり、ついに冥王星は惑星から外されてしまいました。冥王星もエリスも準惑星に分類されています。

惑星直列と潮汐力

では実際、各惑星の引力の累計は地球にどんな影響を与えるのでしょうか？ 2 つの物体間に働く万有引力はそれらの質量の積に比例し、その距離の 2 乗に逆比例します。すなわち元の距離から 2 倍離れると $1/4$,

3 倍離れると 1/9, 10 倍離れると 1/100 となります。2 物体としてある天体 A と地球 B, 地球上の 2 点 P と Q を考えます。ただし P は A に近い方で, Q は A に遠い方とします。P, Q での引力はそれぞれ,

$$GM/(d-r)^2 \quad GM/(d+r)^2 \quad \text{で当然前者の方が大きい。}$$

記号は d : 両天体の距離 r : 地球の半径 M : 天体 A の質量
G : 重力定数を表します。



地球の中心から見ると P は A の方向へ Q はその逆方向へ, すなわち地球は左右両側に引かれることになります。その力は潮汐力といわれるもので P あるいは Q と地球中心の引力の差 GMr/d^3 で, 距離 d の 3 乗に反比例しますから, 万有引力に比べ, 離れると急速に弱まります。すなわち元の距離から 2 倍離れると 1/8, 3 倍離れると 1/27, 10 倍離れると 1/1000 となります。潮汐力は文字通り 1 日 2 回起こる海水の干満を起こす力です。2 つの天体が近接している時には, B を引き裂く力にもなります。また天体 A が白色矮星や中性子星で B と近接連星をなしている場合には非常に重要な力となり活動的な現象が起こります。B の表面から剥ぎ取られたガスは, A の周りに巨大な渦巻き円盤を作りながら落下していき, 数千万度に加熱され X 線を発します。また A に降り積もったガスがある限界に達すると, A は何の痕跡も残さず大爆破を起こすこともあります。p ** 参照。

各惑星が地球へおよぼす万有引力と潮汐力を計算して比較してみましょう。

表 2 万有引力と潮汐力

天体	質量	距離	万有引力	潮汐力
水星	0.055	0.6170	0.0000754	0.0000003
金星	0.820	0.2770	0.0055747	0.0000510
火星	0.110	0.5240	0.0002090	0.0000010
木星	318	4.2030	0.0093902	0.0000057
土星	95	8.5550	0.0006771	0.0000002
太陽	333400	1.0000	173.9125262	0.4405204
月	0.012	0.0025	1.0000000	1.0000000

天体の質量は地球の質量を 1 として、また距離はその惑星が最も地球に近づいたときの距離を AU で表してあります（そのとき万有引力と潮汐力は最大）。潮汐力の値は平均距離にある月からの潮汐力を 1 としています。太陽の質量は飛びぬけて大きいので地球におよぼす引力は群を抜いていますが、潮汐力源としては月の半分もありません。全惑星の潮汐力を合計しても、わずか 10 万分の 1 ほど変化するだけで、月による潮汐力の足元にもおよびません。いわば体重 100kg の人がその 10 万分の 1 である 1g ほど減量してダイエットに成功したと吹聴するようなものです。したがって惑星直列による潮汐力の変動とそれに伴って洪水や地震の誘発などは全く心配ありません。

フリーの惑星運動シミュレーションソフト OrbitViewer は
<http://www.astroarts.co.jp/products/orbitviewer/index-j.html>
 からダウンロードできます。