

投稿

地球の動きを感じる ～木星と土星の”超”大接近～

大西浩次（国立長野高専）

1. はじめに

昨年末、2020年12月21日、22日の夕方、木星と土星の”超”大接近が見られた。その時の両者の離角は約6分角（～0.1度）と、太陽や月の見かけの視直径の5分の1程度になった。木星と土星の公転周期は、それぞれ約12年と30年である。それゆえ、約20年に一度、木星が土星を追い越してゆく様子が見られる。しかし、木星と土星の軌道傾斜角は、それぞれ約1.3度、約2.5度と傾いているため、木星が土星を追い抜くときの「最近接」離角が1度近くになることもある。この2大惑星の会合(conjunction)の位置は、1回で約120度ずれるので、約60年周期(3回目ごと)で、ほぼ同じ方向(星座)での会合となる。

さて、今回ほど木星と土星が”超”大接近するのは、1623年7月17日以来の出来事であった。しかし、この時は、太陽の方向での会合であったため、日本から実際に観測した記録は残されていない。さらに前の会合となると、1226年3月5日である。すなわち、私たちは、約800年ぶりの稀な”超”大接近の目撃者となったのだ。



図1 木星と土星（2020年8月14日）
表銀座より穂高、槍ヶ岳の方向の空を見る。

さて、この”超”大接近の前後、果たして、木星と土星は肉眼で分離して見えるのだろうか。ここで、視力1.0とは、分解能が1分角であることを意味する。そうであれば、簡単に分離できると考えられる。しかし、視力検査の話で有名な「ミザールとアルコル」の離角は約12分角もある。どうも、夜間、星空を見ているときの視力は、日中の視力とは異なっているようだ。まさに、この木星と土星の”超”大接近の前後、離角が月の視直径以内の期間に多くの人々に観察してもらうことで、星空を見ているときの視力の特徴が分かるのではないだろうか[1]。木星と土星が「1つに見える？」それと「2つに見える？」、この現象を使って「星空視力」の謎を解明しようという企画の考案者である内藤博之（なよろ市立天文台）をプロジェクト代表とする、「2020木星・土星”超”大接近観測プロジェクト 惑星で星空視力大実験！！！」実行委員会を中心に、「星空視力大実験！！！」が実施された[2]。

著者もこのプロジェクトメンバーとして参加し、木星と土星の”超”大接近の記録撮影とスピノフサイエンスを担当した。



図2 木星と土星（2020年10月27日）

このプロジェクトでの成果報告は、いずれの機会であるでしょうから、今回は、木星と土星の記録撮影から気づいた、「木星と土星の相対離角の変化から地球の動きを実感する」ことについて簡単に紹介したい。

2. 木星と土星の相対離角（“超”大接近時）

背景の恒星に対する惑星たちの見かけの動きの観察から、地球の公転を確かめる実践は、「天文教育」として、良く知られているテーマです。しかし、通常、惑星の動きは遅く、数日の肉眼での観察で地球の公転を実感できるほどの変化を見ることは難しいだろう。一方、今回の木星と土星の“超”大接近は明るい天体の現象であったこと、および、両者の“超”大接近前後は、日々の離角の変化が肉眼ではっきり追うことが出来た。

ここで、この離角の変化の主要な原因を考えてみよう。地球の公転角速度 ω_E は、公転周期 1 年が約 365.25 日より、ほぼ 1 度/日である。一方、木星や土星の公転角速度 ω_J, ω_S は、公転周期がそれぞれ約 12 年と約 30 年より、

$\omega_J \sim \frac{1}{12} \omega_E$, $\omega_S \sim \frac{1}{30} \omega_E$ と、地球の公転速度 ω_E より 1 衡以上小さい。そこで、木星と土星の相対離角変化を有効数字 1 衡で求めるとすれば、その要因は、地球の公転に伴う、それぞれの「視差」の差となる。

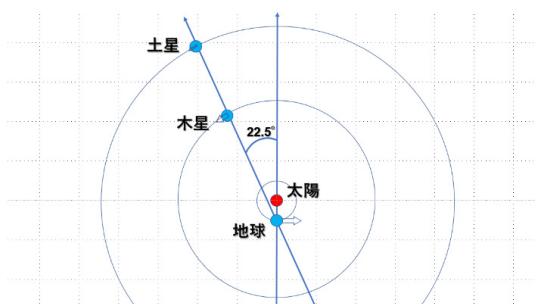


図 3 木星と土星の“超”大接近の頃の地球と太陽、木星と土星の位置の概略図

今回の木星と土星の“超”大接近が起きたのは、夕方の低空で、この時の惑星たちと太陽の離角は、約 22.5 度である。このときの地心距離は、木星で約 6.0au、土星で約 10.9au である。ひとまず、木星と土星を止めて、地球の公転のみを考えると、相対「視差」の変化は、近似的に図 4 の配置とすれば、1 日当たりの相対離角変化は次の式のようになる。

$$\left(\frac{1}{6.0} - \frac{1}{10.9} \right) \times \omega_E \approx 0.1 \text{ 度/日}$$

すなわち、“超”大接近前後の 1 日あたりの相対離角変化は約 0.1 度である。図 5 は、土星を中心に固定した木星の動きであるが、視直径 1 度の円内に約 10 日入っていることが分かる。このように、“超”大接近前後の木星と土星の相対離角の変化は、地球の公転運動と木星と土星の距離の差の効果（「視差」の差）を見ていることになる。まさに、「太陽系の深さ」と「地球の公転」を体感できたのだ。

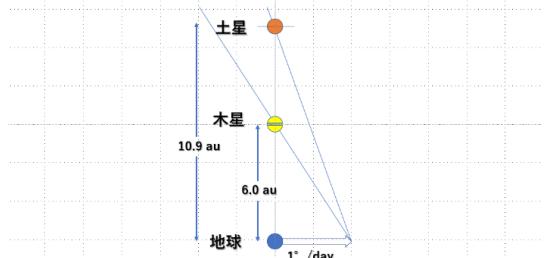


図 4 “超”大接近前後の木星と土星の離角変化の概略図

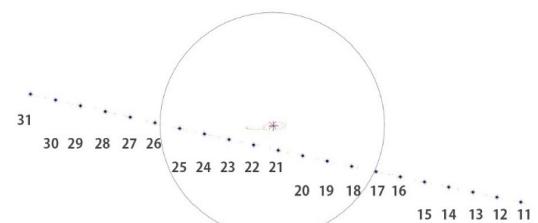


図 5 2020 年 12 月 11 日から 31 日まで、土星中心の木星の移動の様子（各 18 時 JST）
円は、土星を中心とする視半径 0.5 度。
(AstroArts 社ステラナビゲーターにて作図)



図 6 木星と土星（2020 年 11 月 18 日）
月と木星と土星の接近の様子。



図 9 木星と土星（2020 年 12 月 21 日）
望遠鏡で捉えた木星とガリレオ衛星、土星。



図 7 木星と土星（2020 年 12 月 5 日）
野辺山ミリ波アレイ越しの木星と土星。



図 10 木星と土星（2020 年 12 月 22 日）
望遠鏡で捉えた木星とガリレオ衛星、土星。



図 8 木星と土星（2020 年 12 月 12 日）
東京大学木曾観測所シュミットドーム越しの
木星と土星。



図 11 木星と土星（2020 年 12 月 23 日）
望遠鏡で捉えた木星とガリレオ衛星、土星
北アルプスに沈む直前の姿。

3. 木星と土星の相対離角（接近前）

木星と土星の相対離角の変化として、接近前のふるまいを見てみよう。図 12 は、2020 年 5 月 11 日から 2021 年 1 月 31 日まで、約 10 日ごとの位置変化を示した。円は視半径 5 度を示す。9 月上旬までゆっくり相対離角が増加し、その後、相対離角が急激に小さくなつてゆく。

この相対離角の時間変化は、図 13 のように、地球の公転方向で変化している。例として、土星が衝と合の頃の惑星たちと地球の位置関係を図 14 に示す。ここで、1 日当たりの実移動距離 (au) は、公転角速度 × 1 日 × 距離 (au) なので、木星や土星の実移動距離は、図 14 の図中の式のように書ける。

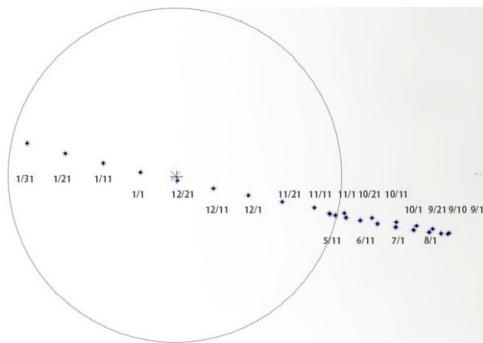


図 12 土星を中心とした木星の位置変化
土星を中心に視半径 5 度の円を描いている。
(AstroArts 社ステラナビゲーターにて作図)

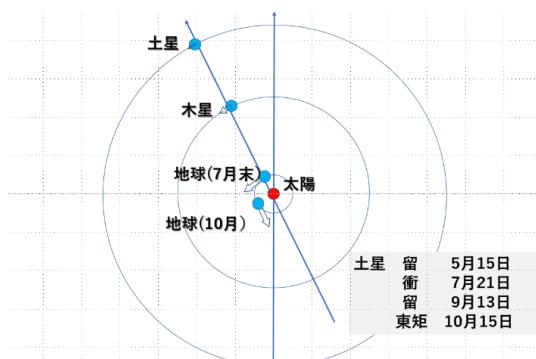


図 13 地球の公転の変化と木星と土星の離角の関係

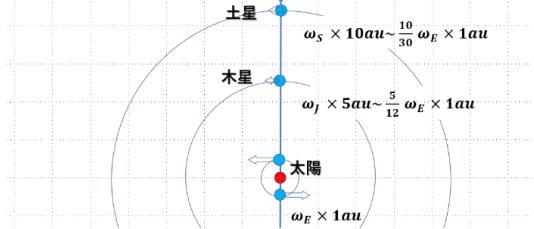


図 14 衝と合の前後の地球、木星、土星の位置関係の概略図

ここより、衝の頃の木星と土星の地球から見た見かけの公転角速度は、 $\tan \theta \approx \theta$ と近似できるので、下記のようになる。

$$(木星) \approx \frac{(\frac{5}{12}-1)\omega_E \times 1au}{4au}, (土星) \approx \frac{(\frac{10}{30}-1)\omega_E \times 1au}{9au}$$

これより、土星に対する木星の相対離角変化は、 $\approx -0.7\omega_E \approx -0.7$ 度/日で、6 月から 8 月の相対離角が広がつてゆく時期の様子とよく一致する。

4. まとめ

2020 年末に起きた木星と土星の“超”大接近は、地球の公転と太陽系の広がりを実感できる良い機会であった。

文 献

- [1] 内藤博之 (2020) 「オンラインで臨む・オンラインで挑む木星・土星の“超”大接近」, 天文教育普及研究会第 34 回天文研究会集録 : 185-188.
- [2] 「惑星で星空視力大実験！！！」
<https://www.nayoro-star.jp/mokuseidosei/jp/>



大西浩次