太陽系外惑星TrES-2bのtransit観測
ー軌道傾斜角決定の試みー

池田考蔵　神崎志穂子　中川裕聖　藤野純平　藤原慎太郎　　兵庫県立神戸高等学校　総合理学科2年

1. 背景・目的

transit法とは太陽系外惑星が恒星面通過を起こすときにその減光をとらえる太陽系外惑星の観測方法であり、正確な光度曲線からは惑星の大きさや軌道傾斜角がわかる。

・軌道傾斜角の変化は、「第三の」惑星の存在を示す。

・系外惑星TrES-2bについて、D.Mislis *et al.*(2009)[1]は軌道傾斜角が一定方向に変化していると述べ、Laird M.Close *et al.*(2010)[3]は軌道傾斜角は一定であると述べた。

→transit観測により現在のTrES-2bの軌道傾斜角を計算することを試みた。

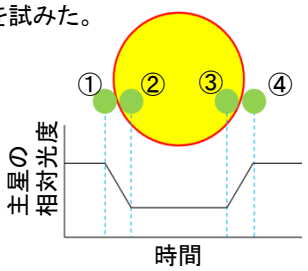

図1：光度曲線のモデル

①第一接触
②第二接触
③第三接触
④第四接触

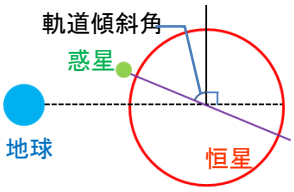

図2：軌道傾斜角の概念

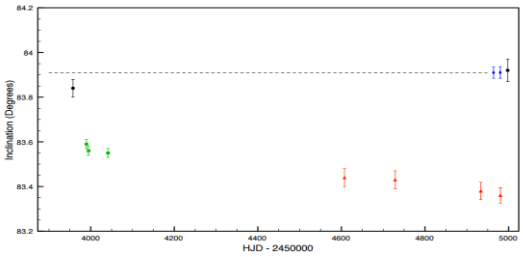

図3:TrES-2bの軌道傾斜角
縦軸に軌道傾斜角、横軸にユリウス日をとった。
(Laird M.Close *et al.*(2010)[3])
*ユリウス日:紀元前4713年1月1日からの日数

緑の点(Holman *et al.*(2007))
赤の点(Mislis *et al.*(2009))
} 軌道傾斜角が変化している根拠となる。

黒の点(O'Donovan *et al.*(2006))
青の点(Gilliland *et al.*(2010))
} 軌道傾斜角が変化していない根拠となる。

2. 軌道傾斜角の求め方

恒星半径をR_S、惑星半径をR_P、惑星の公転軌道の半径をα、軌道傾斜角をi、惑星の公転周期をP、transit継続時間をDとおくと、以下の式が得られる。

$$\alpha \sin(180^\circ \times \frac{D}{P}) = \frac{\sqrt{(R_S + R_P)^2 - \alpha^2 \cos^2 i}}{\sin i}$$

R_S、R_P、α、Pは既知の値なので、D（＝transit継続時間）がわかれば軌道傾斜角が求まる。

3. 観測方法・解析

観測は2015年9月18日に兵庫県立大学自然・環境科学研究所、天文科学センター西はりま天文台60cm望遠鏡を用いて行った。観測にはRフィルターを用い、主星TrES-2と3つの比較星（減光せず、主星の明るさの変化を知るための基準となる星）、あわせて4つの星の測光観測を行った。

解析にはすばる画像処理ソフトMakalii ver2.0c(国立天文台作成)を用いた。

4. 結果・考察

解析をもとに図4に示す天体画像、図5に示す光度曲線を得た。

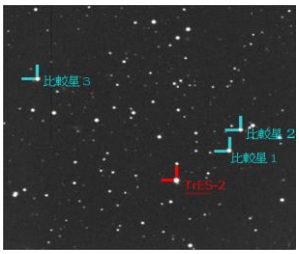

図4：処理後天体画像の例
比較星１：
2MASSJ19070093+4917323
比較星２：
2MASSJ19065809+2916315
比較星３：TYC 3550−1224−1

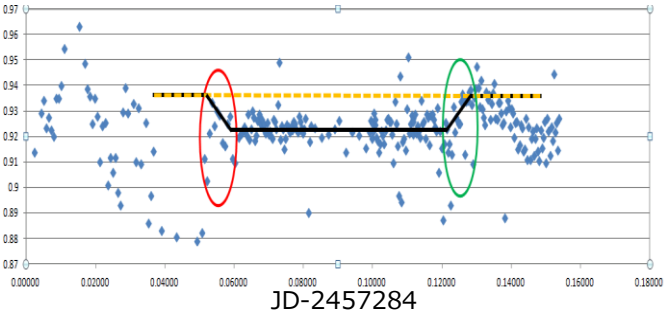

図5：縦軸に比較星の等級の平均と主星の等級の差、横軸にユリウス日をとった光度曲線のグラフ。黄色い点線は減光していない時の主星の明るさ。

図5において、

・赤色で囲んだ部分を第一接触から第二接触と判断
　(グラフの形状、ETD[4]の予測時間と近い)

・緑色で囲んだ部分を第三接触から第四接触と判断
　(グラフに明確に現れている)

しかし、第一接触以前のグラフが乱れているので、第一接触から第二接触にかけての部分を延長し、第四接触後の主星が減光していないと考えられる状態の相対光度に達する時刻をしらべtransit継続時間を求めた。

継続時間は109.7分、軌道傾斜角は84.02°と求まった。

5. 結論

継続時間は109.7分、軌道傾斜角は84.02°と求めた。

Laird M.Close *et al.*(2010)であげられているように軌道傾斜角が変化しているとすれば、私たちが観測を行った時刻における軌道傾斜角は82.89°と計算される。しかし軌道傾斜角が82.89°だった場合継続時間は約80分であり、約30分短い。30分もの誤差を含んでいる可能性は非常に低いので、軌道傾斜角が一定の方向に変化し続けている可能性は低いのではないかと私達は考えた。

参考文献・参考URL
[1] D.Mislis et al.2009 "Detection of orbital parameter in the TrES-2 explanet?"A&A,500
[2] D.Mislis et al.2010 "Multi-band transit observations of the TrES-2b exoplanet"A&A,510
[3] Laird M.Close et al.2010 "ON THE APPARENT ORBITAL INCLINATION CHANGE OF THE EXTRASOLAR TRANSITING PLANET TrES-2b"ApJ,714
[4]Exoplanet Transit Database var2.astro.cz/ETD/pred [Accessed 19 September 2015]