
2つの系外惑星のトランジット観測

田中 雅也、名倉 寛人、山口 祐暉、山下 裕司（高2）【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

我々は、TrES-1とHAT-P-43という2つの系外惑星をもつと考えられている恒星について、岡山県美星天文台でトランジット法による観測を行った。その結果から光度曲線を作成すると、いずれの恒星についても系外惑星のトランジットによる減光が確認できた。更に、その減光率と母星である恒星のスペクトル型（または色指数）等からそれぞれの系外惑星の半径を推定したところ、TrES-1bは $9.47 \times 10^4 \text{km}$ 、HAT-P-43bは $1.18 \times 10^5 \text{km}$ という値が求まった。

1. はじめに

2014年4月17日、NASAの宇宙望遠鏡ケプラーのデータを分析する科学者チームは、493光年先にある赤色矮星の生命居住可能領域内を、地球によく似た惑星が公転していると発表した。このニュースに興味を持った我々は、自分達で系外惑星の存在を確かめてみようと思った。系外惑星の主な観測方法としては、ドップラーシフト法とトランジット法があるが、ドップラーシフト法では高分散分光観測を行う必要があるため、小型望遠鏡でも手軽に行えるトランジット法を用いることにした。

観測は岡山県美星天文台の口径101cm望遠鏡で行い、対象天体はExoplanet Transit Database (<http://var2.astro.cz/ETD/>) より、観測夜にトランジット予報の出ているものの中から選んだ。観測は2夜行えたが、最初の2014年7月11日には比較的減光が大きく先行研究も進んだTrES-1を、2回目の2014年12月5日にはHAT-P-43を選んだ。

2. 目的

我々の研究の目的は、主として以下の2点である。

- (1) TrES-1およびHAT-P-43について連続的に測光観測を行い、その結果より光度曲線を作成する。
- (2) (1)で作成した光度曲線と母星である恒星の物理的特徴より、トランジットを起こした系外惑星の半径を計算により求める。

3. 方法

トランジット観測は、岡山県美星天文台の口径101cm望遠鏡で実施した。その観測及びデータ解析の手順は、以下の通りである。

- (1) 望遠鏡に冷却CCDカメラとRcフィルターを取り付け、目的の天体と比較星を含むライトフレーム、フラットフレーム、ダークフレームなどの画像を取得した。比較星の選出は、天文データベースAladin (<http://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>) により、目的の天体と等級の近いものを選んだ。
- (2) 「マカリ」（国立天文台・(株)アストロアーツ）により、一次処理を行った。
- (3) 引き続き「マカリ」を用いて、開口測光により目的の天体と比較星の明るさを測り、比較星に対する目的の天体の相対的な明るさを求めた。
- (4) (3)のデータより、「Microsoft Excel」を用いて光度曲線を作成し、それによりトランジット中の減光率を求めた。

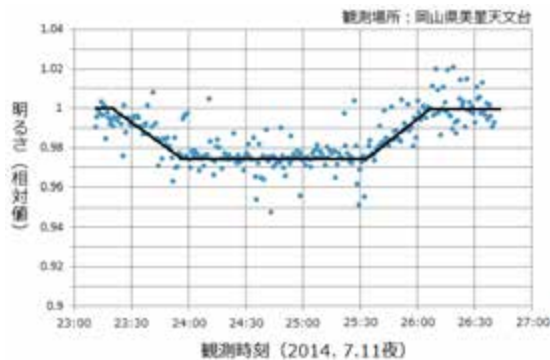
- (5) (4)の減光率が母星である恒星に対する系外惑星の断面積比であるとして、次式により恒星に対する系外惑星の半径比を求めた。

$$L = \frac{\pi r^2}{\pi R^2} \quad \text{変形して、} \quad r = R\sqrt{L} \quad (L: \text{減光率} \quad r: \text{系外惑星の半径} \quad R: \text{恒星の半径})$$

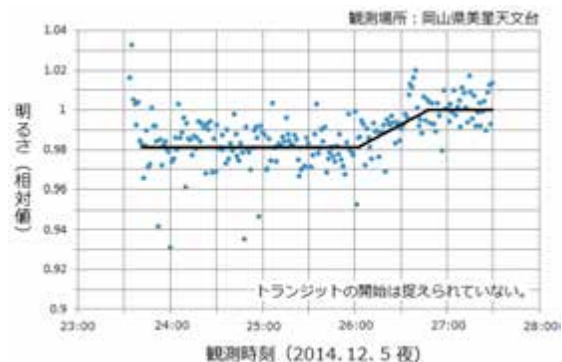
- (6) 母星である恒星のスペクトル型(または観測によって求めた色指数)と光度階級などから恒星の半径を推定し、これと(5)の半径比を用いて系外惑星の半径を求めた。

4. 結果

TrES-1



HAT-P-43



5. 考察

- 光度曲線を作成すると、いずれも系外惑星のトランジットによる減光が確認できた。また、トランジット中の減光率は、TrES-1は2.5%、HAT-P-43は1.9%と求めた。
- 3の(5)の式で、母星である恒星に対する系外惑星の半径の比を計算すると、TrES-1bは、 $r = R\sqrt{0.025} \cong 0.16R$ HAT-P-43bは、 $r = R\sqrt{0.019} \cong 0.14R$ となった。
- 前出のAladinによると、TrES-1のスペクトル型はK0Vとなっている。また、Allen's Astrophysical Quantities によると、K0型の主系列星の半径は $0.85R_{sun}$ (R_{sun} : 太陽半径)であるから、TrES-1bの実半径は、 $r = 0.16 \times 0.85R_{sun} = 9.47 \times 10^4 \text{km}$ となる。これは木星半径の1.33倍に相当する。
- HAT-P-43については、観測実施日にBフィルターおよびVフィルターを取り付けて取得した画像から、B等級は14.07等、V等級は13.58等と測定できた。よって色指数B-Vは0.49等となり、主系列星と考えると、前出のAllen's Astrophysical Quantities より、半径は $1.2R_{sun}$ と推定できる。よって、HAT-P-43bの実半径は、 $r = 0.14 \times 1.2R_{sun} = 1.18 \times 10^5 \text{km}$ となり、木星半径の1.64倍に相当する。
- The Extrasolar Planets Encyclopaedia (<http://exoplanet.eu/catalog/>)によると、TrES-1bの半径は木星の1.099倍、HAT-P-43bの半径は木星の1.283倍となり、いずれも我々の値の方が2~3割ほど大きくなった。

6. まとめ

今回の2つの系外惑星は、それらの公転周期から考えると、いずれもホットジュピターに相当することがわかった。今後は、光度曲線のフィッティングから軌道傾斜角を求める方法からも半径を求めてみたい。また、スーパーアースをもつ候補天体のトランジット観測についても試みたいと思う。

謝辞 本研究を行うにあたり、大阪教育大学の福江教授、松本准教授にご指導を頂きました。また、美星天文台の綾仁台長、前野研究員、兵庫県立大学西はりま天文台(現京都産業大学)の新井研究員には、観測についてご指導を頂きました。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。