
多色トランジット観測による系外惑星の半径算出

飯田 葉大、石田 真幸、牛之濱 俊希、山中 夏樹（高2）【奈良県立青翔高等学校】

要 旨

昨年度、本校の系外惑星研究グループが、TrES-1とHAT-P-43という系外惑星をもつと考えられている2つの恒星についてトランジット法による観測を行い、それぞれの系外惑星の半径を推定したところ、いずれも文献値The Extrasolar Planets Encyclopaedia (<http://exoplanet.eu/catalog/>) よりも1~2割程度大きな値となった。我々は、この原因が系外惑星の大気にあるのではないかと考え、B・V・Rc・Icの4種類のフィルターを用いて多色測光によるトランジット観測を行った。その結果、短波長のフィルターを使用する方が、かえって系外惑星の半径が大きく算出され、これは系外惑星の大気による散乱の効果であることが確認できた。

1. はじめに

昨年度、我々の1学年上の先輩達がケプラー宇宙望遠鏡による地球類似惑星の発見に興味を持ち、本校の系外惑星研究グループを立ち上げた。系外惑星の主な観測方法には、ドップラーシフト法やトランジット法等があるが、我々は、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ている。先輩達は、TrES-1とHAT-P-43という2つの恒星についてトランジット法による観測を行い、独自の簡便な算出方法により系外惑星の実半径を求めた。その結果、TrES-1bは1.2木星半径（文献値は1.099木星半径）、HAT-P-43bは1.6木星半径（文献値は1.283木星半径）という値が求まった。

我々は、先輩の研究を引継ぎ、我々の観測値と文献値のずれの原因を解明すべく、更に系外惑星のトランジット観測を行うことにした。

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) 系外惑星を持つと考えられている恒星WASP-80についてトランジット観測を行い、その結果より求めた系外惑星の半径がThe Extrasolar Planets Encyclopaediaの値より大きくなることを確かめる。
- (2) 昨年も観測を行ったHAT-P-43について、トランジット中心付近、トランジット終了後の2度の時刻においてB・V・Rc・Icによる多色測光観測を行い、透過光の波長と算出される系外惑星の半径との関係を調べる。

3. 方法

WASP-80は2015年8月7日に兵庫県立大学西はりま天文台の口径60cm望遠鏡でトランジット観測を実施した。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。
- (2) 「マカリ」（国立天文台・(株)アストロアーツ）により、一次処理を行った後、開口測光の機能を用い、比較星に対する目的の天体の相対的な明るさを求めた。
- (3) 「Microsoft Excel」により光度曲線を作成し、トランジット中の減光率を求めた。
- (4) 次式により、減光率から恒星に対する系外惑星の半径比を求めた。

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

(5) 恒星の色指数からその半径を推定し、これと半径比から系外惑星の実半径を求めた。

一方、HAT-P-43は2016年1月9日に岡山県美星天文台の口径101cm望遠鏡で多色測光観測を実施した。その観測及びデータ解析の手順は、以下の通りである。

(6) 望遠鏡に冷却CCDカメラを取り付け、ETD (<http://var2.astro.cz/ETD/>) で調べたトランジットの中心時刻及び終了時刻の2度に渡り、B・V・Rc・Icフィルターによる画像をそれぞれ取得した。フラットフレーム、ダークフレームなども取得しておいた。

(7) 「マカリ」による一次処理後、開口測光により目的の天体の相対的な明るさを求め、各フィルター毎にトランジット中と後の値を比較して減光率をそれぞれ算出した。

(8) 上記(4)及び(5)の方法を用いて、各フィルター装着時の系外惑星の実半径を求めた。

4. 結果

WASP-80



HAT-P-43 (恒星半径は1.2太陽半径として計算した。)

(岡山県美星天文台 2016.1.9)

使用フィルター	減光率	実半径 (木星=1)
B($\lambda_c=4360\text{\AA}$)	2.98%	2.02
V($\lambda_c=5450\text{\AA}$)	2.29%	1.77
Rc($\lambda_c=6380\text{\AA}$)	1.88%	1.60
Ic($\lambda_c=7970\text{\AA}$)	1.75%	1.55

λ_c : 中心波長

5. 考察

(1) WASP-80の光度曲線から、トランジット中の減光率は $3.7\pm 1.4\%$ となるから、系外惑星WASP-80bの半径は恒星の0.19倍(0.15~0.23倍)となる。観測により色指数B-Vは1.38等だから、WASP-80を主系列星と考え、Allen's Astrophysical Quantitiesより、その半径は0.61太陽半径となる。これらより、WASP-80bは木星半径の1.1倍(0.9~1.4倍)と求められる。The Extrasolar Planets Encyclopaediaによると、0.952木星半径となっており、我々の値の方が16%ほど大きく求まった。なお、この惑星の公転周期は3.07日と短いため、ホットジュピターであると考えられる。

(2) HAT-P-43についての多色測光観測では、我々は当初、使用フィルターの中心波長が短くなるほど系外惑星の半径は小さくとなると考えて観測を行ったが、実際は波長が短いほど半径が大きく算出されることが分かった。これは、波長の短い光ほど惑星大気によって散乱されやすいため、この系外惑星が厚い大気に覆われていることを意味している。

6. まとめ

我々はトランジット観測により3つの系外惑星の半径を求めたが、すべて文献値よりも大きくなった。その原因を突きとめようと実施した多色測光観測であったが、波長による光の散乱の違いのため、予想とは正反対の結果が求まった。今後も引き続き、系外惑星の半径が大きく算出されてしまう原因を解明するために、トランジット観測のデータを増やすとともに、異なる半径算出方法を試してみたいと思う。

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の本田研究員、高橋研究員には、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。