

Transit法による太陽系外惑星WASP-3bの観測

兵庫県立神戸高等学校

2年 飯塚太一 中山郁香 吉田美奈 1年 加藤雄斗 新崎康太

太陽系外惑星の観測方法のひとつであるトランジット法は、惑星の恒星面通過による減光を観測する方法である。ただ、減光は多くの場合微弱であり天候等によってデータの質が大きく左右されるのが現状だ。本研究では、にしはりま天文台の60cm反射望遠鏡でWASP-3bを観測したが、観測条件が厳しかったため、データのばらつきが大きかった。そこでデータのばらつきを減らし減光を捉えるために解析の工夫を行った。その結果、予報時刻付近に減光を読み取ることができた。また、減光率から求めたWASP-3bの半径は $0.81R_j$ となった。

初めに

系外惑星とは太陽系外の恒星を周回する惑星のことである。系外惑星の中には地球から見て惑星が恒星の前を通過して恒星が減光するように見える恒星面通過を起こすものがあり、この減光をとらえる系外惑星の観測方法をトランジット法という。



図1 系外惑星の想像図
(<http://www.ku-ma.or.jp/ym/ym110427.php>)

観測方法

観測した星 : WASP-3b (主星WASP-3)
比較星1: TYC2636-92-1, 恒星, 視等級11.76等級
(<http://aladin.u-strasbg.fr>)

場所と設備

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。

CCDカメラ SBIG社のSLT-1001E フィルターはその付属品を使用

観測日時2014年8月21日21:30~22日1:00

天気 晴れだが観測星付近に雲がかかることがあった。

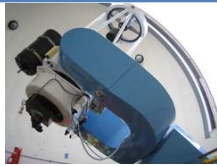


図2 西はりま天文台60cm望遠鏡
(<http://www.nhao.jp>)

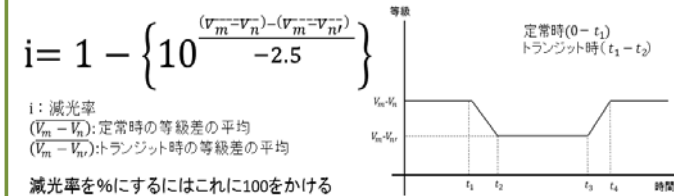
半径の求め方

① ライトカーブを描く $V_m - V_n = 2.5 \log \left(\frac{F_n}{F_m} \right)$
 V_m : 比較星の視等級
 V_n : 目的星(WASP-3)の視等級
 F_m : 比較星のカウント数
 F_n : 目的星のカウント数

右の等級の定義式より等級差を算出する。

② 減光率を求める

等級差からWASP-3bの主星の減光率を求める。

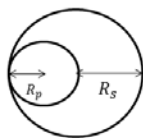


③ 惑星の半径を求める

主星と惑星の見かけの面積比が減光率となる。

$$\left(\frac{R_p}{R_s} \right)^2 = i$$

R_p : 主星の半径
 R_s : 惑星の半径



データ処理

ずばる画像処理ソフトMakali'i ver2.0cを使用してダーク・フラット処理を行った。

観測結果

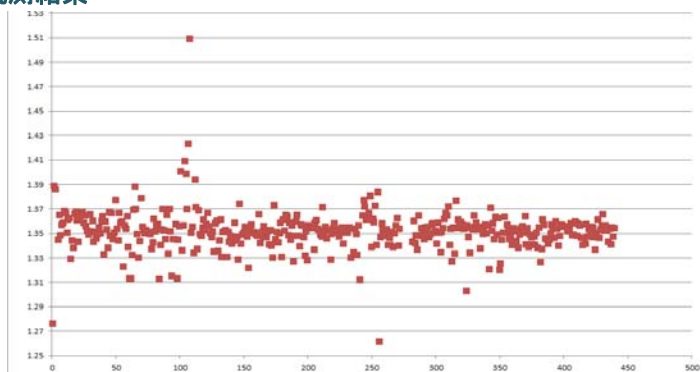


図3 比較星とWASP-3bの等級差のグラフ縦軸は等級、横軸は画像番号

ここからトランジットの開始と終了を読み取ることが困難だったので次のような解析の工夫をした

解析の工夫

比較星をもう1つ取り、2つの等級差の加算平均を取った。

② 自動測光ソフトMaxIm DLでも測光し、加算平均をとった。

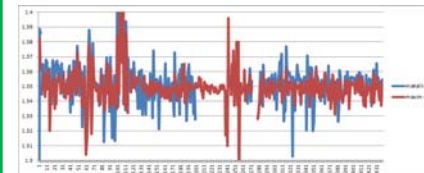


図6 Makali'i, MaxIm DLで測光して出した等級差のグラフ縦軸は等級、横軸は画像番号



図4 Makali'i上での観測星



図5 アパーチャ画像の違い
左がMakali'i右がMaxIm DL

③ 前後の値との加算平均をとって移動平均3のグラフにした。

④ 誤差の大きい画像、曇りの画像の測光データは抜いた。

⑤ 誤差は、MaxIm DLで算出したErrorの値から求めた。

解析の工夫の結果

比較的誤差が小さい区間で等級差を計算しWASP-3bの半径を $0.81R_j$ と算出した。

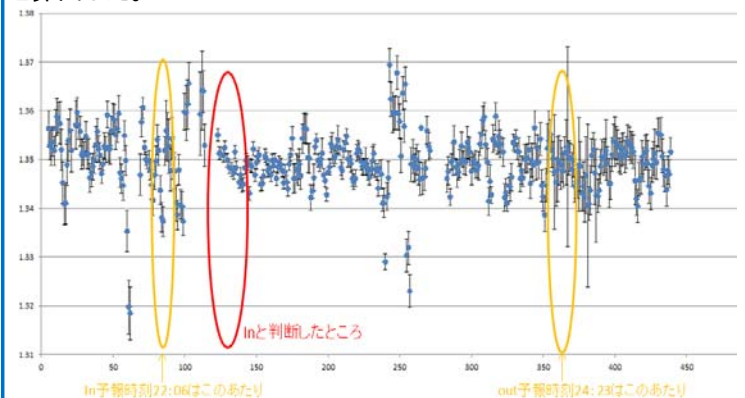


図7 アンサンブル測光移動平均(3)同士を加算平均したグラフ縦軸は等級横軸は画像番号。誤差棒は参考程度

考察

Inが予報時刻とずれたのは予報時刻付近で天候が悪化したからであらう。Outが読み取れなかったのは、大気のゆらぎによるものと思われる。また、既知の惑星の半径が $1.346 \pm 0.063R_j$ なので、既知のものより小さくなった。

謝辞

本研究を行うにあたり、御指導頂きました研究員の森鼻 久美子先生他、兵庫県立大学自然・環境科学研究所天文科学センター 西はりま天文台の皆様、また総じてご指導していただきました本校教諭杉木勝彦先生に心より御礼申し上げます。

参考文献等

Constraints on a second planet in the WASP-3 system

『理科年表(平成26年度)』

兵庫県立西はりま天文台 <http://www.nhao.jp/> アクセス日2014年12月18日

ETD - Exoplanet Transit Database

<http://var2.astro.cz/ETD/> アクセス日2014年8月21日

ずばる画像解析ソフト Makali'i 配布サイト

<https://makalii.mtk.nao.ac.jp/index.html> アクセス日2014年8月20日

MaxIm dl

<http://www.cyanogen.com/help/maximdl/MaxIm-DL.htm> アクセス日2014年11月11日

トランジット法による系外惑星TrES-3の観測

<http://user.keio.ac.jp/~earth/ssh/jpn/pdf/h1986.pdf> アクセス日2014年11月1日

トランジット系外惑星に対する高精度測光観測の実現

http://www.asi.or.jp/geppou/archive_open/2012_105_01/105_22.pdf アクセス日2014年12月18日

系外惑星を観測しようトランジット法観測入門～

系外惑星のtransitの検出-ミリ等級代の高精度CCD測光-

<http://otobs.org/photometry/HighPrecePhotometry.pdf> アクセス日2014年11月22日

<http://aladin.u-strasbg.fr> アクセス日2014年8月20日

Minor Planet

http://www.toybox.gr.jp/mp366/lightcurve/ana_guide.html アクセス日2014年12月19日

http://otobs.org/hiki/?ccd_photometry アクセス日2014年11月22日