

太陽系外惑星HD189733bのトランジット試験観測

矢田 猛士*・福岡 孝*・竹内 幹 歳*・太田 哲 朗*

Photometric observation of the transiting extra-solar planet HD189733b using the 60cm reflector at The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe (Sahimel)

Takeshi Yada · Takashi Fukuoka · Mikimasa Takeuchi and Tetsuaki Ota

概 要

三瓶自然館の60cm反射望遠鏡と冷却CCDカメラST-10XMEを用いたトランジット観測の手順と解析方法のチェックをかねて、2005年11月1日18時57分から22時49分まで太陽系外惑星HD189733bの観測を行った。解析の結果、トランジット中央時刻、および、継続時間はおおむねtransitsearch.orgによる予報通りであり、観測方法に問題がないことがわかった。

キーワード：太陽系外惑星, HD189733b, トランジット観測, 60cm反射望遠鏡

はじめに

太陽系外惑星は1995年の初観測以来、2007年1月までに約200個発見されている。惑星科学や天文学、地球外生命の探索という面からも注目されており、理論と観測の研究が進められている。トランジット観測とは恒星の前を惑星が通過した時の恒星の光度変化から惑星の存在を検出する方法である。比較的小型の望遠鏡と市販の冷却CCDカメラでも観測が可能であるため、アマチュア天文家などがプロの研究者と協力し観測ネットワークを作りつつある。三瓶自然館では2005年後半より60cm反射望遠鏡と冷却CCDカメラST-10XMEを用いた太陽系外惑星のトランジット観測に取り組んでいる(矢田ほか, 2006a)。本稿では観測手順と解析方法のチェックをかねて太陽系外惑星HD189733bのトランジットを試験的に観測した結果について報告する。

観測装置

観測に使用した西村製作所製の60cm反射望遠鏡は2002年に自然館新館5階へ設置された。冷却CCDカメラST-10XME(SBIG)は望遠鏡と同時期に納入されたものである。望遠鏡とカメラの主な仕様を表1、表2にそれぞれ示す。

HD189733bの観測

2005年10月、Bouchyらはこぎつね座のあれい星雲(M27)のそばにある恒星HD189733に惑星HD189733bが存在することを報告した(Bouchy et al. 2005)。ドップラーシフト法とトランジット法による観測が成功しており、惑星の公転周期：約2.2日、半径：木星の約1.26倍、質量：木星の約1.15倍と推定されている。トランジットによる減光幅は約3%で、それまでに観測された9個のトランジットをおこす系のなかで、最も大きな減光であった。そこで、観測手順と解析方法のチェックをかねて、2005年11月1日にHD189733bのトランジット観測を行った。観測条件は表3の通りである。

* 島根県立三瓶自然館, 〒694-0003 島根県大田市三瓶町多根1121-8

The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe (Sahimel), 1121-8, Tane, Sanbe-cho, Ohda-shi, Shimane Prefecture

表1 60cm反射望遠鏡 (西村製作所)

【光学系】	
焦点形式	カセグレン式反射
鏡面	有効口径：600mm
	合成焦点距離：6000mm 合成口径比：F/10
鏡筒	形式：チューブ式鏡筒 強度：接眼部に30kgの機器が装着可能
【機械系】	
架台形式	フォーク式赤道儀
【望遠鏡の設置座標】	
東経	132° 37' 21.7"
北緯	35° 08' 57.8"
標高	602m

表2 ST-10XME (SBIG) の仕様

イメージングチップ	KAF-3200ME (Blue Plusエンハンスドチップ)
チップサイズ	14.9mm x 10mm
画素サイズ	6.8mm x 6.8mm
チップ画素数	2184 x 1472

表3 HD189733bトランジット観測条件

親星	HD189733
観測時間	2005年11月1日18時57分から22時49分まで
望遠鏡	60cmf/10 + レデューサー (×0.6) (西村製作所)
CCD	ST-10XME (SBIG)
撮影条件	冷却温度：-15℃
	露出時間：10秒
	フィルター：赤 (SBIG製三色分解RGBフィルターの1枚)

表4 測光を行った天体のデータ

	name	R.A.	Dec.	Sp.	Magnitudes
Object Star	HD189733	20h 00m 43.7s	+22° 42' 39.1"	G5V	B 8.60, V 7.67
C1 (比較星)	HD345459	20h 00m 57.0s	+22° 50' 49.1"	K0	B 9.16, V 8.08
C2 (チェック星)	HD345464	20h 00m 06.1s	+22° 42' 17.6"	G0	B 9.47, V 8.93

観測日時はtransitsearch.orgによる予報をもとに決定した。トランジット中央時刻の予報はHJD = 2453675.99 (日本時間2005年11月1日20時42分)、継続時間の予想は約129分間。光度曲線のフラットを出すために、トランジット継続予想時間の前後30分も観測を行った。CCDカメラの制御には「CCDOPS」を使用した。観測ではライトフレームとダークフレームを交互に取得した。ST-10XMEのAD変換は16bitなので、デジタルのカウント値の最高は65536である。2005年10月に行ったCCDのリニアリティ試験より、カウント30000程度から飽和の傾向が見られるので(矢田ほか, 2006b)、露出時間はカウントがこの値を超えない程度に調整した。また、比較星やチェック星を同時に撮像できるように、星野を広げるためにレデューサーを使用した(合成口径比：F/6)。比較星やチェック星は親星HD189733と同程度の明るさ(8等級)で変光星ではないものを選ぶ。フラット画像はドームフラットを使用した。観測の手順は以下の通り。

- I 連続撮像モードで、ライトフレームを50枚連続撮像
- II 連続撮像モードで、ダークフレームを10枚連続撮像

- III 「I」および「II」をトランジット継続期間とその前後30分間で繰り返し行う
- IV 観測の最後に天体ドームを利用してフラットフレーム20枚を撮像

図1に観測を行った星野を示す。C1およびC2はそれぞれ比較星、および、チェック星である。右下はあらい星雲(M27)である。表4にそれぞれの天体のデータを示す。

観測データの解析

解析には「AIP4WIN」を使用した。これはThe Handbook of Astronomical IMAGE PROCESSING (Richard Berry and James Burnell, 2005) に付属する画像処理ソフトである。図2aにHD189733 (図中では「V」と比較星C1との光度差、図2bにC1とチェック星C2との光度差をそれぞれ示す。AIP4WINのMultiple-Image Photometryで得られた値を10個ごとに平均をとり、その標準偏差をエラーバーとしている。

観測の後半は天体の高度が低くなったため、データにばらつきが見られるが、減光幅と継続時間は、おおむね予報どおりの結果となった。

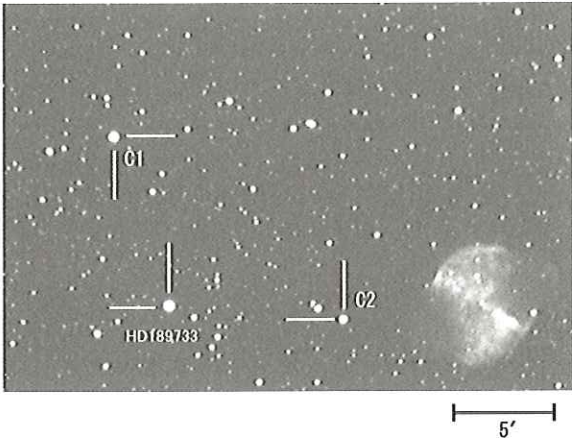


図1 観測星野

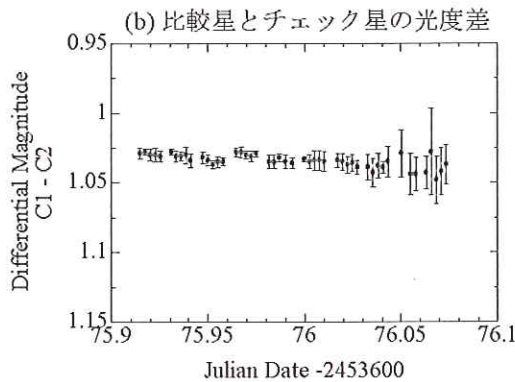
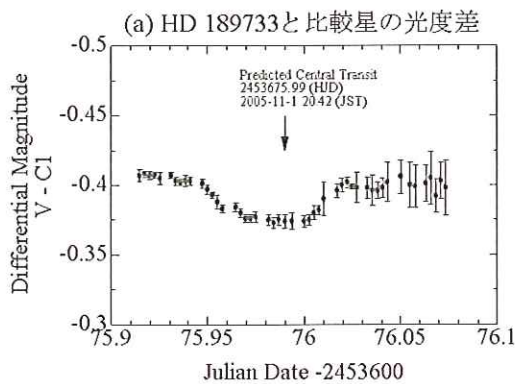


図2 観測結果

ま と め

三瓶自然館での太陽系外惑星トランジット観測は今回が初めてであったが、予報どおりの結果が得られた。観測手順および解析方法には問題がないことがわかったので、今後は、ドップラーシフト法で発見された太陽系外惑星のフォローアップ観測を行う予定である。また、観測精度を高めるための試験をさらに行うとともに、太陽系外惑星に限らず、変光星や超新星などの測光観測も試みたいと考えている。

謝 辞

観測方法については木村真二さんをはじめ、神戸大学のみなさまにいろいろと教えていただきました。鳴沢真也さん、内藤博之さんをはじめ、西はりま天文台のスタッフのみなさまにはCCDのリニアリティー測定などで大変お世話になりました。観測データの整理方法などについては岡山県立鴨方高等学校の大島修先生に助言をいただきました。厚く感謝申し上げます。

参 考 文 献

- F. Bouchy, S. Udry, M. Mayor, C. Moutou, F. Pont, N. Iribarne, R. Da Silva, S. Illovaisky, D. Queloz, N. C. Santos, D. Segransan, and S. Zucker (2005) ELODIE metallicity-biased search for transiting Hot Jupiters - II. A very hot Jupiter transiting the bright K star HD 189733, *A&A*, 444, L15-L19.
- Richard Berry and James Burnell (2005) *The Handbook of Astronomical IMAGE PROCESSING*, Willimann-Bell, Inc. transitsearch web site <http://www.transitsearch.org/>
- 矢田猛士, 福岡 孝, 竹内幹蔵, 太田哲朗 (2006a) 三瓶自然館での太陽系外惑星トランジット観測の取り組み, 島根県立三瓶自然館研究報告, 4, 37-39.
- 矢田猛士, 鳴沢真也, 内藤博之 (2006b) 冷却CCDカメラ (ST-10XME, SBIG製) の性能試験, 島根県立三瓶自然館研究報告, 4, 33-36.