

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

矢田 猛士*・福岡 孝*・竹内 幹 蔵*・太田 哲 朗*

Observation of Extrasolar Planets at The Shimane Nature Museum of Mt. Sanbe (Sahimel)

Takeshi Yada, Takashi Fukuoka, Mikimasa Takeuchi and Tetsuaki Ota

概 要

太陽以外の恒星の周りを回る惑星は「太陽系外惑星」と呼ばれ、1995年の初発見以来、観測と理論の両面から研究が進められている。太陽系外惑星のトランジット観測は比較的小型の望遠鏡と市販の冷却 CCD カメラで行えるため、世界中に観測ネットワークが作られつつある。三瓶自然館では、2005年後半より観測テーマの一つとして、太陽系外惑星のトランジット観測に取り組んでいる。現在までの取り組みと今後の展開について報告する。

キーワード：太陽系外惑星、トランジット観測、60cm反射望遠鏡、冷却 CCD カメラ

1 はじめに

太陽以外の恒星の周りを回る惑星は「太陽系外惑星」と呼ばれ、1995年の初発見以来、2006年3月までに184個の惑星が発見されている(表1)。発見された惑星たちは太陽系の惑星とは非常に異なる姿をしており、惑星系の形成モデルについて、観測と理論の両面から研究が進められている。また、太陽系外惑星は地球外生命の探索という面からも注目されている。太陽系外惑星の直接観測は装置の精度や光学的な観測限界などの問題もあり、これまでに成功した例はない。惑星が周りを回ることによる恒星の変化を調べることで、惑星の存在は間接的に確認されている。

「トランジット法」とは恒星の前を惑星が通過したとき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。現在までに発見された太陽系外惑星のほとんどは大きな望遠鏡と分光器を用いた「ドップラー法」で検出されているが、惑星の正確な質量や大きさを決定するにはトランジットの観測結果が欠かせない。トランジット観測は比較的小型の望遠鏡と市販の冷却 CCD カメラで行えるため、世界中に観測ネットワークが作られつつある。

表1 太陽系外惑星発見の歴史

1995年	太陽系外惑星初発見 (ベガス座51番星)
1999年	トランジットの発見 (HD209458)
2001年	惑星大気の新発見 (HD209458, ナトリウム)
2003年	トランジットによる太陽系外惑星の初発見 (OGLE-TR56)
2006年3月	惑星系の数: 151個, 太陽系外惑星: 184個 複数の惑星を持つ惑星系: 19個 トランジット観測成功: 8個

三瓶自然館には2002年リニューアル時に60cm反射望遠鏡と20cm屈折望遠鏡が設置された(表2)。自然館ではこれらの望遠鏡を使い、昼間の太陽観察会や夜間の天体観察会などの教育普及活動を行っている。望遠鏡を使って撮影した天体写真は自然館のホームページや印刷物などに利用され、自然館からの情報発信に貢献している。また、2005年後半より、研究テーマの一つとして「太陽系外惑星のトランジット観測」に取り組んでいる。基本的には CCD カメラを使用した測光観測であり、その観測や解析技術は変光星や小惑星の研究へも応用できる。本報告では三瓶自然館での太陽系外惑星のトランジット観測について紹介する。

* 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2 三瓶自然館の望遠鏡の仕様

	60cm反射望遠鏡	20cm屈折望遠鏡
焦点形式	カセグレン式	クーデ式
(合成) 焦点距離	6000 mm	1800 mm
(合成) 口径比	F10	F9
架台形式	フォーク式赤道儀	ドイツ式赤道儀
製作	西村製作所	五藤光学研究所

2 観 測

太陽系外惑星のトランジット観測には60cm反射望遠鏡(写真1)と冷却CCDカメラ(ST10-XME, 写真2)を使用する。

トランジット観測は星の光度変化を調べる観測である。地上からの観測では地球大気の揺らぎの影響もあり、目的の星のほかに、比較星やチェック星など複数



写真1 三瓶自然館60cm反射望遠鏡 (カセグレン式, F10, 西村製作所)



写真2 冷却CCDカメラ (ST10-XME, SBIG製)

の星を同時にモニターして、相対的な光度変化を調べることになる。観測精度の問題から、比較星やチェック星の明るさは目的の星と同程度、あるいは、より明るい星が望ましい。そのような星たちを目的の星と同時に撮影するためにはある程度広い視野を確保する必要がある。そのため、三瓶自然館ではレデューサーを使用し、合成口径比を小さくし (F10→F6)、観測を行っている。また、大気による減光を考慮し、観測波長を赤色に限定している。

天体を撮影したCCDの画像は、そのままではさまざまなノイズや誤差を含んでいる。例えば、CCDのピクセルごとの感度むら、CCDのダークノイズ、光学系についたホコリや周辺減光など。CCD画像を用いた測光を行うためにはこれらのノイズや誤差を補正する必要がある。そのため、観測時には補正に必要なダークフレームとフラットフレームを撮影する。ダークフレームはCCDのノイズを除去するため、フラットフレームは光学系の誤差やCCDの感度むらを補正するために使用する。

ダークフレームは光を遮断した状態でCCDを露出し画像を得る。CCDの露出時間、冷却温度は観測時と同じに設定する。理想的なフラットフレームは無制限に置かれた均一な光源を観測と同じ光学系 (ピントやフィルターも同じにする)、同じ天球方向で撮影することで得られる。現実的には薄明時の天頂付近 (スカイフラット)、あるいは、できるだけ均一に照らされたドームやドーム内に置かれたスクリーン (ドームフラット) を撮影することでフラットフレームを得る。SNをあげるために、ダークフレームとフラットフレームは複数枚撮影する。

3 解 析

観測により、写真3のような画像が連続的に複数枚得られる。

それぞれの画像上で測光を行い、光度変化曲線を作成する。測光を行う前には、ノイズや誤差の補正 (一次処理) を行う。一次処理では各画像からダークフレームを引くことでCCDノイズを除去し、さらに、規格化したフラットフレームでそれぞれの画像を補正する。SNをあげるため、一次処理に使用するダークフレームやフラットフレームは、観測時に複数枚撮影された画像を足しあわせて平均をとったものを使用する。

画像の解析には「IRAF」を使用する。IRAF (Image Reduction and Analysis Facility) はNOAO (National Optical Astronomy Observatory) で開



写真3 トランジット観測, HD189733 の例

発されている天文解析用のソフトウェアパッケージである。IRAFはUnixベースのソフトであるため、

Unixで使用するか、あるいは、Linux、OS X以上のMacでを使用することになる。自然館では、Linux上でIRAFを使用している。

4 今後の展開

三瓶自然館での太陽系外惑星のトランジット観測については、現在、観測および解析技術を習得している段階である。2006年中は惑星の存在がトランジット法で確認されている太陽系外惑星系の観測を行い、観測および解析技術を確立する。その後は、共同観測や、自然館での独自の観測を行い、成果を公開していく。また、天文教室などを通じて観測方法などの普及活動を行い、広く県民、来館者に還元していく予定である。