

## 食連星 BO - PEGASI の測光観測

小林英之<sup>1</sup>、尾久土正己<sup>2</sup>、石田俊人<sup>2</sup>、佐藤隆夫<sup>2</sup>、定金晃三<sup>1</sup>

1)大阪教育大学  
2)兵庫県立西はりま天文台

### Photometric Observation of the Eclipsing Binary System BO Pegasi

Hideyuki KOBAYASHI<sup>1</sup>, Masami OKYUDO<sup>2</sup>, Toshihito ISHIDA<sup>2</sup>, Takao SATO<sup>2</sup>, and  
KOZO SADAKANE<sup>1</sup>

1) *Astronomical Institute, Osaka-Kyoiku University, Kashiwara-shi, Osaka 582*  
2) *Nishi-Harima Astronomical Observatory, Sayo-cho, Hyogo 679-53*

#### Abstract

CCD photometric observations of the eclipsing binary system BO Pegasi are carried out between August and November, 1991. The primary minimum occurs earlier than the prediction by about 36 minutes ( $O-C = -0.02522$  day). Mass transfer from the primary component to the secondary is suggested.

**Key words:** Photometry; Variable Stars; Eclipsing Binaries

#### 1. はじめに

兵庫県立西はりま天文台の CCD カメラを使った測光システムを用いて変光星の測光観測を行った。この研究は、現段階においてどの程度の精度で変光星の光度変化の測光観測ができるか、また、光度曲線の再現ができるかを検証するために行った。変光星の観測をするさいにはその変光星の極小時刻を予報式を用いて計算することによって予測する。観測された実際の極小時刻と予報時刻のズレ ( $O-C$ ) を求めることにした。

観測の対象とした変光星は、食連星系 BO-Peg (R.A.(1950) 21h28m54s, DEC.(1950)  $+11^{\circ}43.6'$ ) である。この食連星系は1935年に Hoffmeister (1935) によって発見され変光星

総合カタログ (GCVS4) ではスペクトルは A4型、実視等級 (Max.) は11.5等級となっている。この変光星の最も最近の観測は、1984年に山崎・岡崎らによって、ハワイのマウナケアの0.6mの反射望遠鏡で、BとVバン

Table 1. System Parameter of BO Pegasi  
(Yamasaki and Okazaki, 1986)

Mass ratio: q	0.55 ± 0.05
Inclination: i	79°.1 ± 1°.0
Fraction Radius of the primary component: r1	
side	0.430 ± 0.0010
substellar	0.545
Fraction Radius of the secondary component: r2	
side	0.310 ± 0.0010
substellar	0.373
Fraction Luminosity of the primary component: L1	
V	0.914 ± 0.020
B	0.919 ± 0.020
Fraction Luminosity of the secondary component: L2	
V	0.086 ± 0.020
B	0.081 ± 0.020

Table 2. Journal of Observations

	DATE	Start	End	OBJECT	BIAS	FLAT
1 s t	91/08/14	02:04:08	04:46:13	19	3	2
2 n d	91/10/03	20:27:40	22:40:00	31	8	8
3 r d	91/11/11	20:22:00	21:49:00	12	11	8

Start and End time are JST.

ドで光電測光観測が行われた(Yamasaki and Okazaki, 1986)。このため、今回観測に利用した望遠鏡と同じ口径であることから結果を比較することが非常に容易であり、観測精度に付いて調べやすいと考えられる。

## 2. 観測

観測は、1991年の8月14日、10月3日、11月11日の3夜にわたって行い、合計62点の観測数を得ることができた。通常変光星の光度曲線を得るためには、光度一定の比較星を用いて、変光星-比較星で求められる等級差から光度曲線を求める。この場合、1984年の山崎・岡崎らの観測で用いた比較星を使うのが彼らの観測結果と比較するさいに最もよいと考えられる。しかし、2次元撮像素子であるCCDチップでの観測が多天体を同時に観測できるという利点を活かすには、変光星と比較星が同一フレームに入ることが望ましいが、今回の観測では彼らの比較星は同一フレームに入らない(CCDカメラの視野は $6' \times 4'$ )。そこで観測中に望遠鏡を動かさなければならず、動かしている間に多少なりとも大気の状態が変化すると正確に測光できなくなることが考えられる。そこで、数フレームごとにこの比較星を撮影することにし、変光星の写っているフレーム中に写っている別の星(GSC\_ID\_N0730\_1127\_01370)を比較星とした。

観測に用いたVフィルターは、8月と10月観測分は写真測光用のVフィルターを11月の観測分は新しい干渉フィルターシステムのVフィルターを使った。露出時間は全て1分

で、星像の大きさ(FWHM)は全観測を通して約1.6から3.2秒角の間であった。観測手順としては4ないし、5フレームおきにバイアス、フラット両フレームを撮影することにした。フラットフレームは観測ドームの白い内壁を白熱灯で照らしたものを撮影して使用した。

## 3. 観測データの処理と結果

CCDデータの処理にはIRAFを使用し、観測対象のBO-Pegの写っているオブジェクトフレームからバイアス成分を除き、フラットフレームを用いてフラット補正を施した。なお、バイアス・フラットの合成フレーム数は、観測日ごとにそれぞれ異なる。これらの処理の終わったオブジェクトフレームは、IRAFの中のアパーチャーフォトメトリー(apphot)を用いて測光を行う。この測光に用いるFWHMはimexamineを使って求める。使用したアパーチャーの大きさは10,15,20の3通りで、スカイのアパーチャーの大きさは20~25ピクセルとした。こうして求められた $\Delta V$ は測光結果としてまとめた。この測光によって求められるV等級はインストルメンタルマグニチュード(機械等級)であり、実際のV等級と比較することは出来ないが、これは比較星を用いることによって補正することができる。また、この補正から求められるV等級と過去に観測によって決められたV等級とからその精度を知ることができる。BO-Pegの場合以下のようにしてその精度を調べた。

$\Delta M$ を求めるための比較星は、BO-Pegの近隣星から2つの星を候補とし(図1)、観

Table 3. Results of Observaion

H J D 2448000+	PHASE	FWHM	$\Delta V$	H J D 2448000+	PHASE	FWHM	$\Delta V$
482.2090	0.4461	6.73	-0.894	533.0164	0.9737	4.81	-0.518
482.2173	0.4604	6.97	-0.848	533.0178	0.9761	5.39	-0.482
482.2430	0.5047	7.55	-0.822	533.0190	0.9782	4.56	-0.519
482.2554	0.5260	6.28	-0.846	533.0204	0.9805	5.89	-0.490
482.2622	0.5378	7.97	-0.828	533.0219	0.9831	4.73	-0.432
482.2690	0.5495	6.57	-0.878	533.0280	0.9936	4.88	-0.451
482.2727	0.5559	7.57	-0.867	533.0298	0.9968	4.46	-0.424
482.2759	0.5614	7.29	-0.898	533.0311	0.9990	5.15	-0.420
482.2796	0.5679	6.87	-0.886	533.0326	0.0016	4.96	-0.447
482.2831	0.5737	6.64	-0.933	533.0339	0.0038	5.47	-0.404
482.2856	0.5781	7.28	-0.914	533.0413	0.0165	5.38	-0.465
482.2921	0.5894	7.27	-0.934	533.0426	0.0188	5.90	-0.483
482.2944	0.5934	6.67	-0.940	533.0440	0.0211	5.22	-0.489
482.2965	0.5969	6.67	-0.949	533.0454	0.0236	7.09	-0.509
482.2985	0.6003	7.18	-0.925	533.0483	0.0286	5.75	-0.522
482.3005	0.6038	6.87	-0.971	533.0608	0.0502	5.61	-0.666
482.3026	0.6074	7.49	-0.971	533.0620	0.0523	6.09	-0.694
482.3215	0.6400	7.29	-0.983	533.0632	0.0543	5.38	-0.757
482.3215	0.6400	7.29	-0.983	533.0662	0.0594	5.50	-0.701
532.9744	0.9013	4.33	-0.888	571.9851	0.1163	5.90	-1.021
532.9772	0.9061	4.25	-0.892	571.9869	0.1194	6.03	-1.032
532.9784	0.9082	4.16	-0.870	571.9958	0.1348	5.93	-1.065
532.9803	0.9115	4.53	-0.895	571.9972	0.1373	6.24	-1.061
532.9879	0.9246	4.12	-0.787	571.9987	0.1399	6.27	-1.082
532.9896	0.9274	4.97	-0.788	572.0011	0.1439	5.71	-1.110
532.9915	0.9308	5.30	-0.735	572.0040	0.1489	5.48	-1.097
532.9929	0.9332	5.42	-0.752	572.0075	0.1550	5.96	-1.139
533.0007	0.9466	6.12	-0.675	572.0101	0.1594	5.85	-1.089
533.0020	0.9489	4.90	-0.677	572.0185	0.1739	5.45	-1.132
533.0032	0.9510	5.02	-0.646	572.0205	0.1774	5.69	-1.155
533.0061	0.9559	6.68	-0.619	572.0228	0.1814	5.46	-1.141

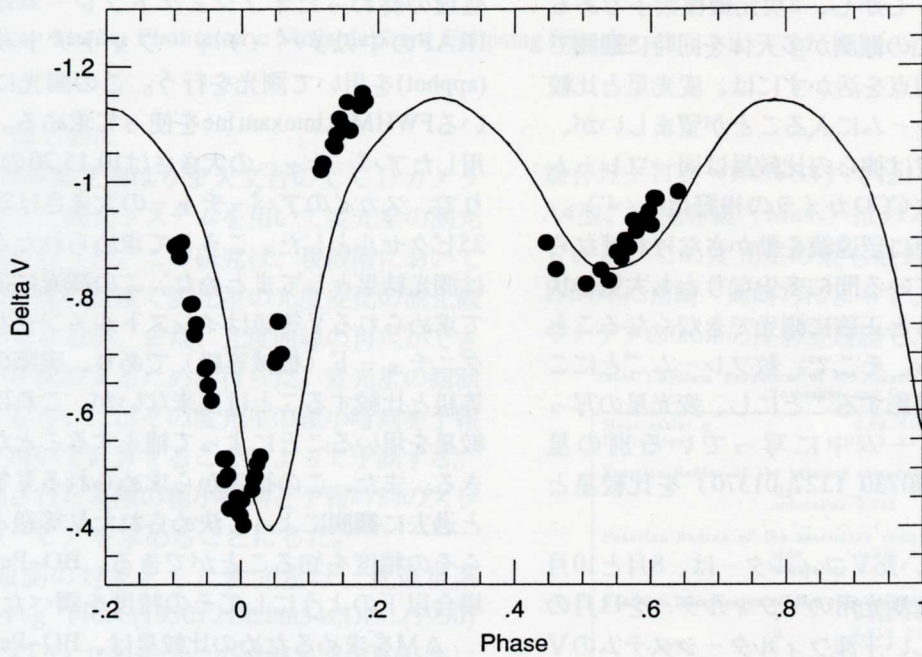


Figure 1. Detection of O-C in BO Peg. Filled circles are observed  $\Delta V$  given in Table 3. The continuous line shows the mean light curve given in Yamasaki and Okazaki (1986). Phase 0 refers to the observed minimum in 1991.

測中の光度変化から候補Aの星を比較星Aとした。比較星AのV等級は、山崎・岡崎 (Yamasaki and Okazaki, 1986) の1984年の観測で使った比較星の、今回の観測でのV等級と比較星Aのインストルメンタル・マグニチュードとの差を利用することにする。比較星と比較星Aのインストルメンタル・マグニチュードを比較するには、それぞれを測光した時刻の近いもの同志を使うことにする。それは、時刻が離れてくると大気による減光を受けるので正確な光度を求められないからである。この場合、比較星はJST20h39m49s、比較星AはJST20h36m23sを使うことにした。比較星のインストルメンタル・マグニチュードは、10.959等級でそのV等級は9.73等級 (Yamasaki And Okazaki, 1986) と与えられているから、その差は1.229等級であった。これを使って比較星AのV等級を求めることにする。比較星Aのインストルメンタル・マグニチュードは 14.289 等級であるから、この星の V 等級は 13.06 等級 GSC 中でこの比較星 A の V 等級は 13.850 等級 (GSC\_ID\_N0730\_1127\_01370) と与えられている。比較星 A の V 等級が決定できたので変光星BO-Pegとの等級差 ( $\Delta V$ ) を求めた。この $\Delta V$ から変光星の光度曲線が得られた。3回の観測から得られる光度曲線から2回目の観測が極小時刻を押さえていることがわかった。この2回目の光度曲線からO-Cを求めた。このときの食の予報時刻を求めるための基準とした時刻と公転周期は1984年の山崎・岡崎による観測で用いられた極小時刻と公転周期を用いた。その極小時刻と公転周期は

$$\text{Min. I} = \text{HJD}2445969.8604 + 0.58043288E$$

である。食の予報は観測する日のHJD (日心ユリウス日) を求め、基準とする日から何ユリウス日経過しているかを求め、変光星の公

転周期で割ってやる。これで、基準日から何周して、何フェイズ目にいるかを求めることができる。今回、O-Cを求めるのに使った2回目の観測の食の予報時刻は前述の値を用いて計算すると、10月3日 22h26m39sとなるが、実際の観測から求められる極小時刻は、21h50m20s $\pm$ 3m程度であることから約36分程度極小時刻が早まっている (図1)。このときの O-C は  $-0.02522\text{day}$  となる。この値を、ケプラー-第三法則の式から導かれた次の式 (山崎・北村, 1980) に代入して質量移動の大きさ  $\Delta M1$  を求めた。

$$\Delta P/P = 3x\{(M1-M2)/M1 \cdot M2\} \cdot \Delta M1$$

ここで、Pは公転周期、 $\Delta P$ は周期変化、M1は主星の質量、M2は伴星の質量、 $\Delta M1$ は質量移動の量を表す。山崎・岡崎の論文で与えられたM1=1.9太陽質量、M2=1.0太陽質量を使った。

BO-Pegの周期変化と主星と伴星間の質量移動の量を求めた結果は次の通りである。

$$\text{周期変化} (\Delta P) = -2.59x10^{-9}$$

$$\Delta P/P = -4.46x10^{-9}$$

$$\Delta M1 = -3.14x10^{-9} \text{太陽質量}$$

この式において

$\Delta M1 < 0$ の時、M1からM2へ質量移動。

$\Delta M1 > 0$ の時、M2からM1へ質量移動。

である。以上のように周期変化が1984年から1991年にかけての間にあり、 $\Delta M1$ が負の値を示していることから、主星から伴星への質量移動を起こしている可能性が考えられる。

#### 4. 考察

食変光星の観測は光度の変光幅が比較的

大きいもの（例えば、今回の観測のB O - Peg）などを観測するときでは、CCDの露出時間が1分程度であれば問題なく、同一フレーム中の13~14等級ぐらいの星を変光星の比較星として用いても問題なく0.01~0.02等程

度の精度で光度曲線が得られることがわかった。これよりも暗い星を比較星とすると1分の露出では測光精度が悪くなり、露出時間をのばすことによって測光精度を上げることができる。

《参考文献》

Hoffmeister, C. 1935, Astr. Nach., **255**, 401.  
 Yamasaki, A., and Okazaki, A. 1986, Publ. Astorn. Soc. Pacific, **98**, 1325.  
 山崎篤磨, 北村正利, 1980, 現代天文学講座 第6巻「恒星の世界」, 小平桂一編, 恒星社厚生閣, p. 215.