

## BB Peg Sisteminin Dönem ve Işık Eğrisi Analizi

C. Çetintaş, H.V. Şenavcı, A. Elmaslı, T. Tanrıverdi, T. Tunç, M. Yılmaz, İ. Özavcı, A. Kara, O. Aksu, B. Albayrak ve S.O. Selam

Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen Fakültesi, 06100, Tandoğan, Ankara

**Özet:** Örtün değişen BB Peg sisteminin dönem değişim analizi O-C diyagramı temel alınarak yapıldı. Diyagramdaki çevrimsel değişimin, üçüncü bir cismin ışık-zaman etkisinden (LTE) kaynaklandığı düşüncesinden hareketle, sistemin O-C diyagramının değişim karakteristiği ve olası üçüncü cismin fiziksel parametreleri belirlendi. Sistemin fotoelektrik ışık eğrisi B,V,R filtrelerinde TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde elde edildi. Işık eğrisinin analizinde Wilson-Devinney analiz programı kullanıldı. Işık eğrisinin maksimumları arasında ve birinci minimum iniş-çıkış kollarında izlenen asimetri, bu ilk yaklaşım sırasında büyük boyutlu bileşen üzerinde soğuk Güneş benzeri leke ile modellendi

**Anahtar kelimeler:** yıldızlar: değişen yıldızlar: W UMa – yıldızlar: BB Peg – yıldızlar: üçüncü cisim

**Abstract:** The period variation analysis of the eclipsing binary system BB Peg was performed by constructing the O-C diagram. The cyclic variation in the diagram is thought to be caused by the light-time effect of the third body. The O-C variational characteristics and the physical parameters of the third component were determined. B, V, and R light curves of the system were obtained at the TUBITAK National Observatory. The Wilson-Devinney program were used to analyse the light curves. The asymmetry in the light curves is explained in terms of a dark spot located on the more massive component.

**Keywords:** stars: variable stars: W UMa – stars: BB Peg – stars: light-time effect

### 1. Giriş

BB Peg (HIP 110493,  $V_{\max} = 11^m.8$ ) F8 tayf türünden (Kukarkin *vd.*, 1970), W UMa türü örtün değişen bir sistemdir. Sistemin yörünge dönemi Hoffmeister (1931) tarafından 4.3 gün olarak verilmiştir. Daha sonra Whitney (1959) sistemin yörünge dönemini 0.36 gün olarak düzeltmiştir.

Sistemin fotometrik gözlemleri ve yörünge çözümleri Cerruti-Sola ve Scaltriti (1980), Cerruti-Sola *vd.* (1981), Leung *vd.* (1985) ve Awadalla (1988) tarafından yapılmıştır. Elde ettikleri ışık eğrilerindeki düzensizliklerin, bileşenlerin yüzey parlaklık dağılımındaki anormalliklere bağlı olduğunu söylemişlerdir.

Sistemin ilk radyal hız çalışması Hrivnak (1990) tarafından yapılmıştır. Ardından Lu ve Rucinski (1999) yeni elde ettikleri radyal hız eğrisini analiz ederek sistemin tayfsal kütle oranını  $q = 0.36$  olarak belirlemişler ve literatürdeki fotometrik çözüm sonuçlarıyla birleştirerek sisteme ait salt parametreleri  $R_1 = 1.26 R_{\odot}$ ,  $R_2 = 0.76 R_{\odot}$ ,  $M_1 = 1.38 M_{\odot}$ ,  $M_2 = 0.50 M_{\odot}$  olarak vermişlerdir.

Sistemin dönem değişim çalışmaları Cerruti-Sola ve Scaltriti (1980), Awadalla (1988) ve Qian (2001)

tarafından yapılmıştır. Awadalla (1988) ve Qian (2001) oluşturdukları O-C diyagramlarında, minimum zamanlarının parabolik yönelim gösterdiği sonucundan hareketle, sistemin dönem değişimini  $\Delta P \approx 1.5 \times 10^{-7}$  gün $^{-1}$  (Awadalla (1988)) ve  $\Delta P \approx 4.75 \times 10^{-8}$  gün $^{-1}$  (Qian (2001)) olarak belirlemişlerdir.

### 2. Gözlemler, Dönem Analizi ve Işık Eğrisi Analizi

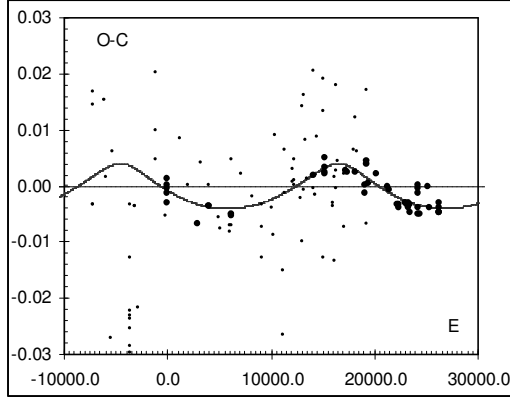
BB Peg sisteminin fotometrik gözlemleri, 14, 17, 19 ve 20 Ağustos 2004 tarihlerinde TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi (TUG)'nin 40 cm'lik Cassegrain teleskobuna bağlı SSP-5A fotometrisiyle elde edildi. BD +15 4626 ve BD +15 4637 mukayese ve denet yıldızları olarak seçildi. Gözlemlerden iki adet birinci minimum ve üç adet ikinci minimum zamanı elde edildi. Minimum zamanlarının hesaplanmasında Kwee & van Woerden (1959) yöntemi kullanıldı. Elde edilen ve literatürde yayımlanmış olanlarla beraber, 137 görsel, 9 fotoğrafik, 28 fotoelektrik ve 20 CCD olmak üzere, 1931 ve 2004 yılı aralığına dağılan toplam 194 minimum zamanı O-C analizinde kullanıldı.

O-C diyagramının oluşturulmasında son beş yılın verilerine yapılan doğrusal çıkartırma sonucu elde edilen ışık elemanları kullanıldı:

$$\text{Min I} = 243764.33492 \pm 0.0029 + 0.361502051 \pm 1.21 \times 10^{-7} \times E$$

Bildiri tam metni için : Cem ÇETİNTAŞ  
e-mektup:

Toplanan görsel ve fotoğrafik verilerin saçılma aralığı geniş olduğundan, teorik O-C eğrisinin oluşturulmasında yalnızca fotoelektrik ve CCD verileri temel alındı. (Şekil 1).



Şekil 1. BB Peg'in O-C Diyagramı

Sistemin dönemindeki üçüncü bir cismin yarattığı ışık-zaman etkisine bağlı değişime ait parametrelerin bulunmasında ve O-C diyagramının oluşturulmasında Irwin (1952) tarafından verilen denklemler kullanıldı :

$$O-C = \frac{A}{\sqrt{1-e'^2 \cos^2 w'}} \left\{ \frac{1-e'^2}{1+e' \cos v'} \sin(v'+w') + e' \sin w' \right\}$$

$$A = \frac{1}{2}((O-C)_{\max} - (O-C)_{\min}) = \frac{a'_{12} \sin i' \sqrt{1-e'^2 \cos^2 w'}}{2.590 \times 10^{10}}$$

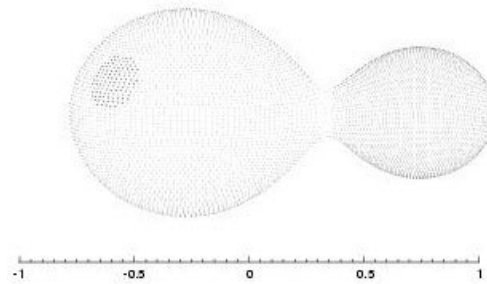
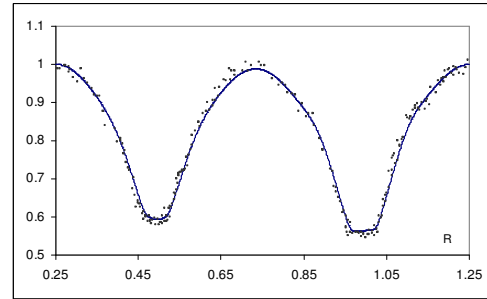
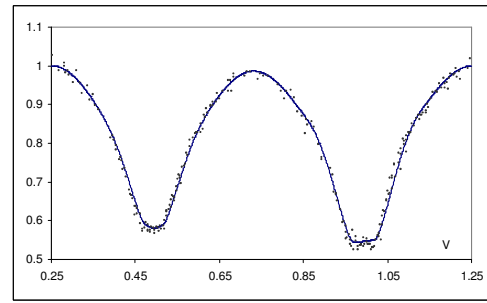
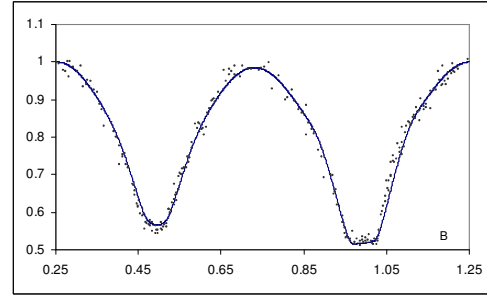
Analiz sonuçlarından elde edilen parametreler Tablo 1'de verilmiştir..

Tablo 1. Üçüncü cisim için elde edilen parametreler

Parametreler	Değer	Standard Hata
$a'_{12} \sin i'$	0.691	$\pm 0.064$
$e'$	0.395	$\pm 0.070$
$\omega'$	95.00	$\pm 5.39$
T HJD	2457408	$\pm 73.69$
$P_3$ (yıl)	20.873	$\pm 5.62$
A (gün)	0.004	$\pm 0.00036$
$f(m_3) M_{\odot}$	0.0007575	$\pm 0.0001794$
$\sum(O-C)^2$ (gün <sup>2</sup> )	$1.2496943 \times 10^{-4}$	

Sistemin ışık eğrilerinin fotometrik çözümleri için ilk yaklaşımlar sırasında Binary Maker 2.0 programı kullanıldı. Sistemin fiziksel parametrelerini elde etmek için, Binary Maker2.0

programından elde edilen değerler, Wilson-Devinney ışık eğrisi analiz programında başlangıç değerleri olarak kullanıldı. Sistemin BVR bandlarında alınmış ışık eğrilerine yapılan çakıştırmalar ve sistemin Güneş benzeri lekeyle modellenmiş Roche geometrisi aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Sistemin BVR bandlarındaki ışık eğrisine ilk yaklaşım olarak yapılan çakıştırmalar ve geometrik modeli.

Analiz sonucunda elde edilen parametreler aşağıda listelenmiştir :

**Tablo 2.** BB Peg'in ışık eğrisi analizi sonuçları

Parametreler	Değer	Standard Hata
$L_1^B$	3.96804	$\pm 1.96542$
$L_1^V$	3.91321	$\pm 1.66846$
$L_1^R$	3.83571	$\pm 1.34928$
i	85.0962	$\pm 4.72870$
a	2.63813	$\pm 0.029219$
q	2.78	
$T_1$	6200°K	
$T_2$	5926°K	$\pm 82$
$g_{r1} = g_{r2}$	0.32	
$A_1 = A_2$	0.5	
$\Omega_1 = \Omega_2$	6.17566	$\pm 0.074$
$r_{1pole}$	0.28531	$\pm 0.07$
$r_{2pole}$	0.45153	$\pm 0.07$
$r_{1side}$	0.29888	$\pm 0.09$
$r_{2side}$	0.48578	$\pm 0.09$
$r_{1back}$	0.34200	$\pm 0.12$
$r_{2back}$	0.51572	$\pm 0.16$
$\beta_{leke}$	73.315	
$l_{leke}$	220.491	
$r_{leke}$	15.077	
$T_{leke}/T_{fot}$	0.869	

### 3. Sonuçlar

BB Peg'in son beş yıla ait minimum zamanlarından hesaplanan ışık elemanları, O-C diyagramında daha önceki çalışmalarda (Cerruti-Sola ve Scaltriti 1980, Awadalla 1988, Qian 2001) yer alan parabolik yaklaşıma ihtiyaç olmadığı gösterdi. Tüm minimum zamanlarının kullanılmasıyla oluşturulan O-C eğrisi çevrimsel bir yapı göstermektedir. Bu çevrimsel yapı, sisteme çekimsel olarak bağlı olası bir üçüncü cisim varlığı (LTE) dikkate alınarak incelendi. Üçüncü cismin ikili sistem etrafındaki yörünge dönemi yaklaşık  $20.873 \pm 0.562$  yıl dır. Kütleli, çift sistemle aynı düzlemde olması durumunda  $0.139 \pm 0.012 M_{\odot}$  dır.

BB Peg için elde edilen yeni ışık eğrisi sistemin tipik bir W-tipi W UMa olduğunu göstermektedir. Işık eğrisinde, birinci minimum iniş ve çıkış kollarında maksimum ışık düzeylerinde, ve minimum derinliklerinde simetrik olmayan yapılar göze çarpmaktadır. Bu nedenle sistemi modellenmesinde büyük boyutlu bileşen üzerinde Güneş benzeri bir lekenin varlığı yaklaşımı altında yapılan ilk teorik çıkarımlar, elde ettiğimiz ışık eğrisi ile uyum içerisinde.

### 4. Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimler Akademisi (BA / TÜBA – GEBİP / 2001-2-2) ve 20040705090 proje numarasıyla Ankara Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir.

### 5. Kaynaklar

- Awadalla, N. S. 1988, *Astrophys. and Space Science*, 140, 137
- Cerruti-Sola, M. ve Scaltriti, F. 1980, *Astron. Astrophys. Suppl.*, 40, 85
- Cerruti-Sola, M., Milano, L. ve Scaltriti, F. 1981, *Astron. Astrophys.*, 101, 273
- Hoffmeister, C. 1931, *Astron. Nachr.*, 242, 133
- Hrivnak, B. J. 1990, *BAAS*, 22, 1291
- Irwin, J. B 1952, *ApJ*, 116, 211
- Kukarkin, B. V., Kholopov, P. N., Efremov, Y. N., Kukarkina, N. P., Kurochkin, N. E., Medvedeva, G. I., Perova, N. B., Fedorovich, V. P. ve Frolov, M. S. 1970, *General Catalogue of Variable Stars*
- Kwee, K. K. ve van Woerden, H. 1956, *BAN*, 12, 327
- Leung, K. C., Zhai, D. ve Zhang, Y. 1985, *Astron. J.*, 90, 515
- Lu, W., Rucinski, S. M. 1999, *Astron. J.*, 118, 515
- Qian, S. 2001, *Mon Not. R. Astron. Soc.* 328, 635
- Whitney, B. 1959, *Astron. J.*, 64, 258