

SW Lac'ın üç yıllık ışık eğrisi değişimi

T. Tanrıverdi¹, C. Çetintaş¹, H. V. Şenavcı¹, A. Kara¹, O. Aksu¹, İ. Özavcı¹, A. Elmaslı¹, M. Yılmaz¹, O. S.Selam¹ ve B. Albayrak¹

¹Ankara Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, Fen-Edebiyat Fakültesi, 06100, Ankara
taner@astro1.science.ankara.edu.tr,

Özet: Bu çalışmada W Uma türü bir örten çift olan SW Lac'ın, Ankara Üniversitesi Gözlemevinde 2001, 2002 ve 2003 yıllarında B ve V bandlarında elde edilmiş ışık eğrilerinin analizleri sunuldu. Bu mevsimsel (yıllık) ışık eğrileri önemli farklılıklar ve asimetrik yapılar içermektedir. Işık eğrisindeki bu farklılıklar bileşenler üzerindeki yıldız lekelerinin varlığıyla açıklanabilmektedir. Işık eğrileri Djurašević'in programı yardımıyla analiz edildi. Ulaşılan sonuçlar SW Lac'ın aşırı derecede değen ($f \sim 31$) bir çift sistem olduğunu göstermektedir. Daha büyük kütleli ve soğuk bileşen üzerine yerleştirilen lekeli bölgelerin ardışık yıllardaki ışık eğrilerine, sistemin temel parametreleri değiştirilmeden, daha iyi uyum gösterdiği görülmektedir. Bu durum, sistemin ışık eğrisindeki değişimlerin yıldızın büyük bir kısmını kaplayan lekeli bölgelerdeki değişim nedeniyle olduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: yıldızlar: çift: örten– yıldızlar: yıldızlar: çift: yakın – yıldızlar : SW Lac

Abstract: In the present study, the observed light curve of the eclipsing binary of W Uma type system SW Lac in Ankara University Observatory are analysed. Seasonal light curves show significant differences and asymmetries. Light curves are analysed by using Djurašević's program. The results show that SW Lac is an overcontact configuration ($f \sim 31$). The Roche model with spotted areas on the more massive and cooler component yields a good fit of the observations for the whole set of the seasonal light curves, without any changes of the basic system parameters. This indicates that the complex nature of the light curve variations during the examined period can be explained by the changes of spotted areas on the cooler component which cover a significant part of the stellar surface.

Key words: binaries: eclipsing– stars: binaries: close– stars: individual: SW Lac

1. Giriş

Kısa dönemli ($P \sim 0^d.32$) W UMA türü bir örten çift olan SW Lac ($V_{max} = 8^m.91$, HD 216598, BD+37 4717, HIP 113052) ışık eğrisi ve döneminde gösterdiği değişiklikler nedeniyle literatürde birçok kez inceleme konusu olmuştur. İlk fotometrik gözlemler Brownlee (1957) tarafından yapılarak ve ışık eğrisinde değişimden ve asimetriden bahsedilmiştir. Işık eğrisindeki değişimlere çiftin üyelerindeki aktif lekeli bölgelerin neden olduğu açıklanmıştır (Stepien 1980; Binnendijk 1984; Leung v.d. 1984; Eaton 1986; Jeong v.d. 1994; Lee v.d. 1991; Djurašević ve Erkapic 1997; Pribulla v.d. 1999). Sistemdeki dönem değişiminin ise Panchatsaram ve Abhyankar (1981) ve Pribulla (1999) tarafından üçüncü ve dördüncü cisim nedeniyle olduğunu söylenmiş.

SW Lac'ın bileşenlerinin tayf türü G3V+G3V'tir (Wood, 1980). Struve (1949) radyal hız eğrisinden kütle oranını $q = m_c/m_h = 1.17$ buldu. Burada h ve c indisleri sırasıyla sıcak (küçük kütleli) yoldaş ve

soğuk (büyük kütleli) baş bileşen için kullanılmaktadır. Zhai ve Lu (1989) en son radyal hız eğrisi çalışmasında kütle oranını 1.255 belirledi.

2. Gözlemler

SW Lac, B ve V bandında 2001 (5, 12 Ekim), 2002 (18 Ekim) ve 2003 (3 ve 22 Ekim) yıllarında ve Ankara Üniversitesi Gözlemevinde 30 cm'lik Maksutov teleskoba bağlı SSP-5A fotometresi ile gözlemlendi. Mukayese ve denet yıldızları olarak sırasıyla BD +37 4715 ve BD +37 4711 kullanıldı. 2001, 2002 ve 2003 yıllarında her renkte sırasıyla toplam 235, 181 ve 405 gözlem elde edildi. Her band için sönümlenme katsayıları mukayese yıldızının gözlemlerinden belirlendi. Gözlemlerdeki her bir nokta için hata 2001, 2002 yıllarında B ve V bandında ± 0.026 , 2003 yılı için B bandında ± 0.017 ve V bandında ± 0.020 olarak belirlendi. Işık eğrisinde belirgin bir asimetri ve 0.25 evresindeki I. maksimumun 0.75 evresindeki II. maksimumdan daha parlak olduğu görüldü.

3. Işık eğrisi

Işık eğrisi analizi Djurašević (1992a) sentetik ışık eğrisi programının değen çiftler için uyarlanmış

Bildiri tam metni için : Taner TANRIVERDİ
e-mektup: taner@astro1.science.ankara.edu.tr

versiyonu (Djurašević v.d. 1998) ile yapıldı. Program Roche modeli esasına ve Wilson Devinyey (1971) ışık eğrisi analizine göredir.

Değme oranı $F_{h,c} = R_{h,c} / R_{Roche\ h,c}$. $R_{Roche\ h,c}$ kritik Roche lobu için kutupsal yarıçap ve $R_{h,c}$ modellenmiş değeridir.

Işık eğrisi analizinde, bileşenlerin kütle oranı Zhai ve Lu (1989)'nun radyal hız çözümlerinden elde ettiği $q = m_c/m_h = 1.255$ olarak sabitlendi. Daha az kütleli bileşenin (sıcak) sıcaklığı, T_h tayf türünden (G3 V; Wood v.d. 1980) 5630 olarak alındı.

Yapılan analize göre kritik roche lobu için değme katsayısı $F_h > 1$, yani sistemin aşırı degen olduğunu göstermektedir.

Lucy (1967), Rucinski (1969) ve Rafert ve Twigg (1980)'den yararlanılarak çekimsel kararım katsayısı, $\beta_{h,c}$ ve yansıma etkisi $A_{h,c}$ konvektif zarflı yıldızlar olduğu kabul edilerek sırasıyla 0.08 ve 0.5 olarak alındı.

Diğer parametrelerin değerleri hesaplanırken doğabilecek muhtemel hatadan kaçınmak amacıyla doğrusal olmayan kenar kararım katsayıları Claret (2000)'den alındı.

Işık eğrisindeki asimetriye teorik çakıştırma yapabilmek için lekeli model kullanıldı. Sistemin bileşenleri manyetik aktivite gösterebilen dış konvektif zarfa sahip oldukları için Güneşteki manyetik lekelerle benzer soğuk lekelerin olduğu varsayılarak çözüm yapıldı. Çözümlerde her iki bileşende de leke olabilecek durumlar denendi. Son olarak mevsimsel B ve V ışık eğrilerinin eşzamanlı analizlerinden en iyi çözüm büyük kütleli bileşen üzerinde koyu lekenin varlığıdır. Soğuk olan bileşen derin konvektif katmana sahip olduğu için daha aktif bölgelerin varlığına sahip olacağı beklenmektedir. Çözüm yapılan programda leke ile onu çevreleyen fotosfer arasındaki sıcaklık farkı $A_s = T_s/T_*$, lekenin açısal yarıçapı θ_s , lekenin boylamı λ_s ve lekenin enlemi ϕ_s ile tanımlandı (Djurašević v.d. 1998).

Leke etkisinin görülmediği ışık eğrisi olmadığı için lekesiz durumu temsil edecek maksimum ışık seviyesi olarak 2002 yılında ki 0.25 evresi referans alındı. Daha sonraki aşamalarda maksimum ışık seviyesi muhtemelen leke etkisinin minimum olduğu referans seviyesi olarak alındı ve ışık eğrisileri bu seviyeye normalize edildi.

2002 ışık eğrilerinin eşzamanlı çözümleri sistemin ve lekenin temel parametrelerini vermektedir. Mevsimsel ışık eğrisi çözümü için yörünge eğikliği $i \sim 79^\circ.8$, değme parametresi $F_h \sim 1.06$ ve soğuk bileşenin sıcaklığı $T_c \sim 5348$ K olarak alındı.

2002 ışık eğrisi ile elde edilen temel parametreler diğer yıllardaki ışık eğrilerinin çözümünde sabit tutuldu. Daha doğrusu bu parametrelerin soğuk bileşenin sıcaklığındaki az değişim hariç değişmediği varsayıldı.

2001 ve 2002 yılı ışık eğrileri tek bir leke ile modellenilebilirken, 2003 yılı ışık eğrisi büyük bileşen üzerine bir leke daha eklenerek modellendi

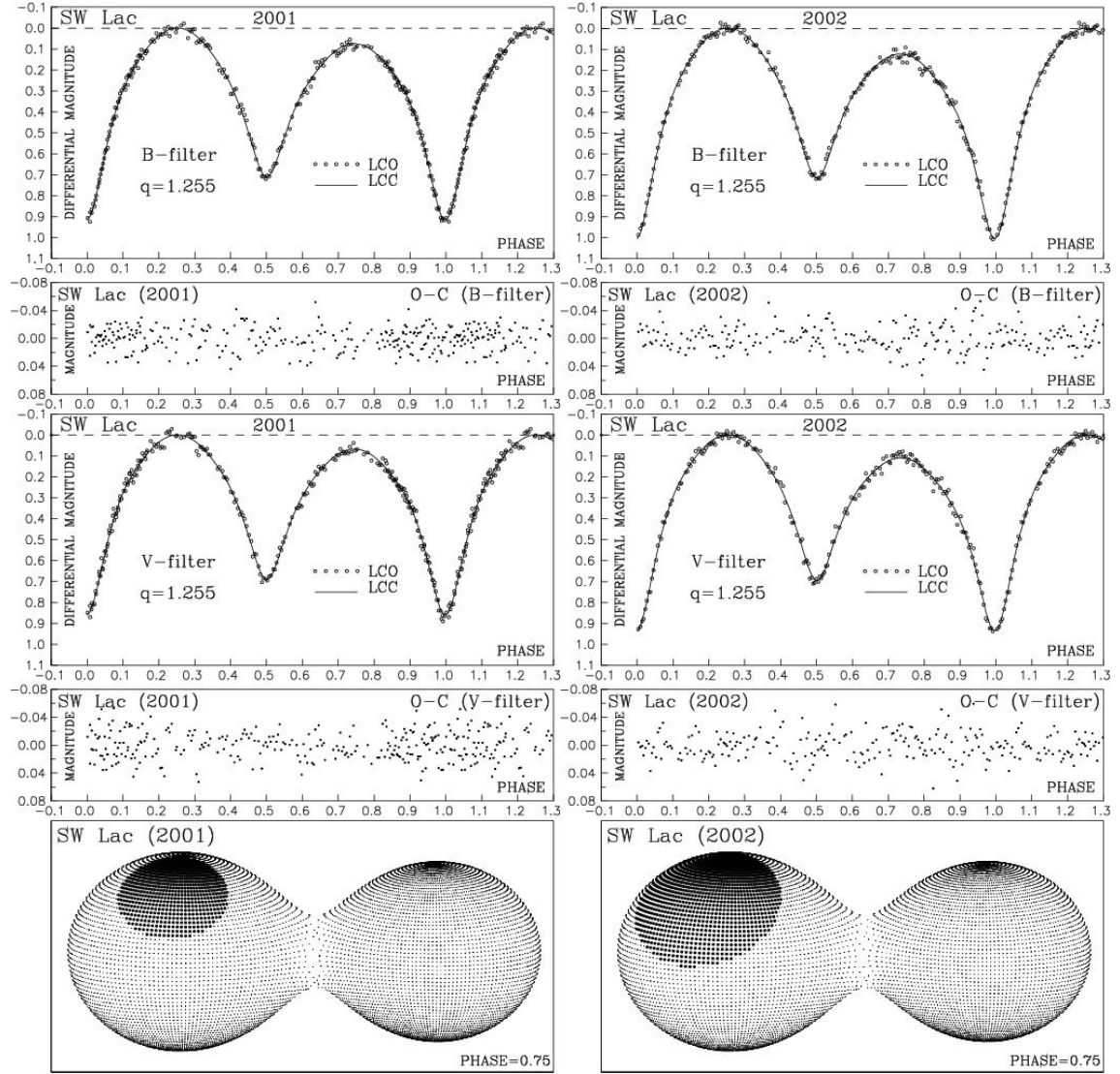
4. Sonuç ve tartışma

Işık eğrisi analizinden elde edilen parametreler Çizelge 1'de verildi. Her bir ışık eğrisinin kuramsal çakıştırmalarla uyumu ve sistemin geometrisi Şekil 1 ve 2'de görüldüğü gibidir.

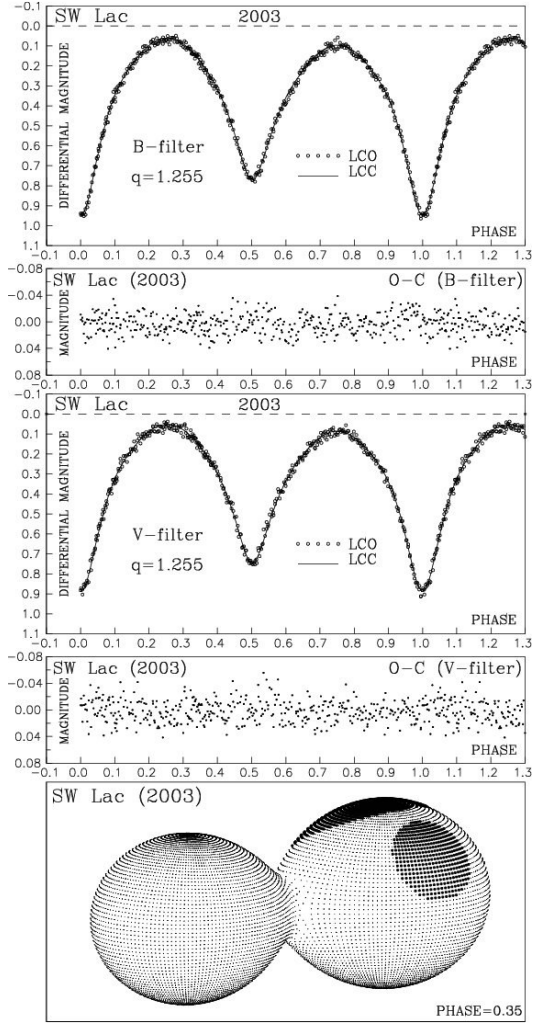
Leke bölgesinin büyüklüğü sistem aktivitesinin belirteci olarak kullanılabilir. 2001 yılına ait asimetrik ışık eğrisinin analizi daha küçük ve kutup bölgesine yakın, lekeli bölge gösterirken ($\sigma_{S1} = \% 7$); 2002 yılı ışık eğrisi analizine göre aynı yarıkürede daha büyük leke ($\sigma_{S1} = \% 14$) görülmektedir. Işık eğrisindeki asimetri büyük olduğu için aktivite 2002 yılında daha fazladır. 2003 yılı ışık eğrisine bakıldığında asimetri daha az, fakat maksimum 2002 yılında maksimuma göre basık olduğu için temel parametreleri değiştirmeden iki lekeli daha farklı bir model gerekmektedir. Bu iki leke yoldaş yıldızın yüzeyinin $\% 21$ 'ini kaplamaktadır ve sistem aktivitesinin önceki iki seneden daha aktif olduğunu göstermektedir.

Işık eğrisindeki önemli değişiklikler sistemin ileride yapılacak fotometrik gözlemlerini oldukça ilginçleştirmektedir. Yıldız yüzeyindeki aktif bölgelerin değişimini görüp, sistemdeki bu çevrimsel aktiviteyi ortaya çıkarmak için en az on yıllık gözlemlere ihtiyaç vardır.

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



Şekil 1. 2001, 2002 yılları için üstte gözlenen ve sentetik ışık eğrileri, ortada O-C artıkları ve en altta sistemin Roche modelleri gösterilmektedir.



Şekil 2 2003 yılı için üstte gözlenen ve sentetik ışık eğrisi, ortada O-C artıkları ve en altta sistemin Roche modeli gösterilmektedir.

Çizelge 1. SW Lac'ın üç yıllık ışık eğrisi analizlerinin sonuçları.

	2001	2002	2003
n	470	362	810
$\Sigma(O-C)^2$	0.1624	0.1342	0.1976
σ	0.0186	0.0193	0.0156
$q = m_c/m_h$	1.255	1.255	1.255
f_{hz}	1.0	1.0	1.0
β_{hz}	0.08	0.08	0.08
A_{hz}	0.5	0.5	0.5
T_h	5630	5630	5630
$A_{S1} = T_{S1}/T_c$	0.84 ± 0.01	0.85 ± 0.01	0.87 ± 0.01
θ_{S1}	31.8 ± 0.5	44.4 ± 0.4	46.9 ± 0.4
λ_{S1}	278.9 ± 1.6	294.3 ± 1.1	263.6 ± 1.3
ψ_{S1}	48.3 ± 1.6	45.4 ± 1.1	61.9 ± 1.2
σ_{S1} [%]	~ 7	~ 14	~ 16
$A_{S2} = T_{S2}/T_c$			0.89 ± 0.01
θ_{S2}			26.4 ± 0.4
λ_{S2}			87.8 ± 1.6
ψ_{S2}			30.5 ± 2.7
σ_{S2} [%]			~ 5
T_c	5347 ± 12	5348 ± 11	5345 ± 13
F_h	1.059 ± 0.001	1.060 ± 0.001	1.060 ± 0.001
i [°]	79.85 ± 0.11	79.85 ± 0.14	79.85 ± 0.09
$d_1^{hc}(B)$	$+0.5308, +0.5979$	$+0.5308, +0.5977$	$+0.5308, +0.5983$
$d_2^{hc}(B)$	$-0.3755, -0.6945$	$-0.3754, -0.6934$	$-0.3754, -0.6964$
$d_3^{hc}(B)$	$+1.3274, +1.7057$	$+1.3274, +1.7045$	$+1.3273, +1.7077$
$d_4^{hc}(B)$	$-0.5963, -0.7035$	$-0.5963, -0.7032$	$-0.5963, -0.7039$
$d_1^{hv}(V)$	$+0.5750, +0.6261$	$+0.5750, +0.6260$	$+0.5750, +0.6264$
$d_2^{hv}(V)$	$-0.2306, -0.5050$	$-0.2305, -0.5041$	$-0.2305, -0.5067$
$d_3^{hv}(V)$	$+0.9634, +1.3431$	$+0.9634, +1.3418$	$+0.9634, +1.3453$
$d_4^{hv}(V)$	$-0.4920, -0.6255$	$-0.4919, -0.6251$	$-0.4919, -0.6262$
Ω_{hz}	3.9801	3.9796	3.9795
f_{over} [%]	30.86	30.95	30.96
$R_h[D = 1]$	0.357	0.357	0.357
$R_c[D = 1]$	0.395	0.395	0.395
$L_h/(L_h + L_c)(B; V)$	0.538; 0.530	0.548; 0.540	0.557; 0.548
$M_h [M_\odot]$	0.78 ± 0.03		
$M_c [M_\odot]$	0.98 ± 0.02		
$R_h [R_\odot]$	0.92 ± 0.02		
$R_c [R_\odot]$	1.02 ± 0.02		
$\log g_h$	4.40 ± 0.02		
$\log g_c$	4.41 ± 0.02		
M_{bol}^h	5.07 ± 0.03		
M_{bol}^c	5.09 ± 0.05		
$a_{orb} [R_\odot]$	2.375 ± 0.009		

5. Kaynaklar

- Binnendijk, L. 1984, *PASP*, 96, 646
Brownlee, R. R. 1957, *ApJ*, 1235, 327
Claret, A. 2000, *A&A*, 363, 1081
Djurašević, G. 1992a, *Ap&SS*, 196, 241
Djurašević, G. 1992b, *Ap&SS*, 197, 17
Djurašević, G. & Erkapic, S. 1997, *Bull. Astron. Belgrade*, No. 155, 55
Djurašević, G., Zakirov, M., Hojaev, A., & Arzumanyants, G. 1998, *A&AS*, 131, 17
Eaton, J.A. 1986; *Acta Astron.*, 36, 79
Jeong, J. H., Kang, Y. W., Lee, W. B., & Sung, E. C. 1994, *ApJ*, 421, 779
Lee W.B., Sung, E.C., & Kang, Y. W. 1991, *PASA*, 9, 297
Leung, K. C., Zhai, D., & Zhang, R.. 1984, *PASP*, 96, 634
Lucy, L.B. 1967, *Zs.f.Ap.*, 65, 89
Panchatsaram, T., & Abhyankar, K. D. 1981, *Bull. Astron. Soc. India*, 9, 31
Pribulla, T., Chochol, D., & Parimucha, S. 1999, *Contr. Astron. Obs. Skalnaté Pleso*, 29, 111
Rucinski, S.M. 1969, *Acta Astron.*, 19, 245
Rafert, J.B., & Twigg, L.W. 1980, *MNRAS*, 139, 78
Stepien, K. 1980; *Acta Astron.*, 30, 315
Struve, O. 1949, *ApJ*, 109, 436
Wilson, R. E., & Devinney, E.J. 1971, *Apj*, 166, 605
Wood, F. B., Oliver, J. P., Florkowski, D. R., & Koch, R. H. 1980, *A finding List for Observers of Interacting Binary Stars*, Publications of the University of Pennsylvania, Astronomical Series, XII
Zhai, D.S. & Lu, W.X. 1989, *Chin. Astron. Astrophys.*, 13, 350