

MİNİMUM DEĞİŞTİREN W UMa TİPİ ÖRTEN ÇİFT YILDIZLAR

Zeki Aslan

Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi

Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, ANKARA

1. GİRİŞ

W UMa yıldızları, bileşenleri bitişik örten çiftlerdir. Tayf türleri erken A ile erken K arasındadır. Binendijk (1970), bu dizgeleri iki sınıfa ayırdı : A türü, W türü. Birinci minimumda A türünde baş yıldız, W türünde yoldaş tutulmaktadır. Her iki durumda baş yıldız, yani daha kütleli ve parlak bileşen aynı zamanda daha büyüktür. Dairesel yörünge için bu, küçük yıldızın daha sıcak olduğu anlamına gelmektedir. Halbuki fotometrik gözlemler, birinci ve ikinci minimum arasında sıcaklık farkı olarak açıklanabilecek renk farkı vermemektedir (Ör. Linnell 1980, Stepień 1980). Morötesi uydu gözlemleri sıcaklık farkına dayalı ışık eğrisi modeli ile uyuşmamaktadır (Eaton, Wu ve Rucinski 1980).

Değen çift yıldızları açıklamaya çalışan iki kuram vardır. Ne TRQ kuramı (ısısal uyum salınımları, Lucy 1976, Flannery 1976, Robertson ve Eggleton 1977) ne de DSC kuramı (süreksizlik, Shu, Lobow ve Anderson 1976, 1979, Lubow ve Shu 1977) bu yıldızları açıklayabilmektedir. (Lucy ve Wilson 1979, Machnacki 1981, Eaton 1983) Lucy'nin (1968) ortak konvektif zarf modeli ile A-türü ışık eğrisi açıklanabildiği halde W türü açıklanamamaktadır (ör. Lucy 1973).

2. MİNİMUM DEĞİŞTİREN DİZGELERİN ÖZELLİKLERİ

W türü ile A türünü birbirinden ayırmak her zaman kolay değildir. Bu ayırımı güçleştiren hatta anlamsız kılan gözlemler son yıllarda artmaktadır : Kimi W dizgelerinde minimumlar yer değiştirmektedir. Kaynaklardan topladığımız böyle yıldızlar Çizelge I de verilmiştir. Bunlar tayf türü, ışık eğrisinin diğer özellikleri bakımından W alt türü olarak sınıflanabilen, çoğunluğu önceleri böyle sınıflanmış dizgelerdir.

Burada kimi dizgelerin ışık eğrilerinin özelliklerini vermek yararlı olacaktır. Çizelge II de CK Boo (Derman ve Aslan, yayımlanmamış) ve RV Gru (Duerbeck ve Walter, 1983) dizgelerinin renkleri minimum derinlikleri ve iki minimum derinliği arasındaki fark verilmektedir. Görüleceği üzere minimum derinliği yer değiştirmektedir. CK Boo da bu yer değiştirme dönemseldir (3.8 ya da 7.5 yıl). Minimumlar arasında renk farkı, dolayısıyla bileşenler arasında sıcaklık farkı yoktur. Her iki minimum derinliği de değişmektedir. Parlaklık değişimi ile birlikte renk de değişmektedir, parlaklık artınca renkte de mavileşme sezilmektedir.

ÇİZELGE I
Minimum değıştiren W UMa dizgeleri

	Dönem	Sp. T	q	B-V	δ (U-B)	b
RV Gru	0 ^d .259			0 ^m .93		-59°
XY Leo	0.284	K0	0.79*	0.98	0 ^m .10	+50 3. cisim
TZ Boo	0.297	65-K0	0.22	0.63	0.18	+59 3. cisim
AC Boo	0.352	F8	0.300	0.62	0.13	+79
CK Boo	0.355	G0		6		+63
AM Leo	0.366	F8	0.415	0.53	0.07	+59
XY Boo	0.371	F5	0.185	0.49	0.09	+75

* tayf kütle oranı

İyi gözlenmiş TZ Boo'da minimumlar arasındaki kadir farkı + 0^m.15 ile -0^m.12 arasında 3.5 yıllık dönemle değışmektedir (Hoffmann 1978, 1980). Değışmenin çoğu Min I dedir. Minimumlar arasındaki renk farkı, kadir farkına bağılı olarak, -0^m.03 ile + 0^m.02 arasında değışmektedir. Hoffmann, TZ Boo da RS CVn'lere benzer dalga göçü olmadığını belirtmektedir. Renk değışimini yerel sıcaklık değışimine yani lekelerle bağılamaktadır. (Poe ve Eaton (1983) a göre ise B-V renk değışiminin çoğunun kaynağı lekeler değil kenar kararmasıdır ve B-V den leke sıcaklığı ölçülemez). TZ Boo, aynı zamanda X-ışınımı kaynağıdır ve X-ışınımı gücü A türü ile W türü arasına düşmektedir (Geyer ve Hoffmann 1983).

XY Leo da minimum derinlikleri arasındaki farkı Kaluzny ve Pojmanski (1983) lekelerle değil bileşenler arasındaki sıcaklık farkına bağlamaktadırlar. Bu yazarlara göre dizgenin parlaklık değışimi "başvuru sıcaklığının" değışimi ile açıklanabilir.

Gözlemler arttıkça minimum değıştiren W UMa ların sayısının da artacağı kesindir. Örneğin VW Cep'de Çizelge I dekilere benzemektedir. Her iki minimum değışmektedir. Bugüne kadar yapılan gözlemler minimumların zaman zaman eşitlendiğini göstermektedir (ör. Kotarska ve Glownia 1983).

3. A VE W TÜRLERİ İLE KARŞILAŞTIRMA

WA ile gösterdiğimiz minimum değıştiren dizgeleri A ve W türleri ile karşılaştırmak için, gözlenen ve hesaplanan çeşitli parametrelerin ortalamaları Çizelge III de verilmiştir. Çoğunluğu Eggen'in (1967) gözlemlerine dayanan B-V, δ (U-B), E(B-V) değerleri ve diğer parametreler Mochnacki (1981) ile Rucinski ve Kaluzny (1981) den alınmıştır.

ČIZELICE II
a) CK Boo

	(B-V) deg — (B-V) muh				M deg — M muh				
	0.00	0.50	0.75	0.25	Mini B	Mini B	Mini V	Maxi B	Maxi B
1976	+0 ^m .012 ± 2.7	+0 ^m .011 ± 4.9	+0 ^m .006 ± 1.6	+0 ^m .003 ± 3.0	1 ^m .384	+0 ^m .034	+0 ^m .032	1 ^m .135	1 ^m .12
1977	+0.004 1.3	+0.001 1.6	-0.004 1.5	-0.003 1.9	1.356	+0.028	+0.025	1.07	1.085
1978	+0.001 2.1	+0.001 3.1	-0.013 1.9	-0.002 5.5	1.317	-0.016	-0.002		1.07
1981	-0.001 1.6	+0.004 2.0	+0.004 4.9	-0.007 2.6	1.328	-0.004	+0.005		1.085
1982	-0.002 3.8	-0.001 3.5	-0.013 4.0	-0.011 4.2	1.325	-0.010	+0.07	1.075	1.07
	+0.003	+0.002	-0.005	-0.005					
1975	0 ^m .258	0 ^m .249							
1976	0.263	0.263			0 ^m .512	+0 ^m .017			
1978	0.242	0.250			0.520	-0.030			
	0.254	0.254			0.440	-0.060			

b) RV Gru

ÇİZELGE III
W UMa dizgelerinin ortalama özellikleri

	W	W A	A
P	$0^d.35 \pm 0.06 / \sqrt{21}$	$0.32 \pm 9.04 / \sqrt{6}$	$0.48 \pm 0.09 / \sqrt{10}$
$(b-y)_0$	$0^m.44 \pm 0.11 / \sqrt{12}$	$0^m.40 \pm 0.08 / \sqrt{5}$	$0^m.27 \pm 0.07 / \sqrt{9}$
$(B-V)_0$	$0^m.70 \pm 0.17 / \sqrt{19}$	$0.68 \pm 0.19 / \sqrt{6}$	$0.40 \pm 0.10 / \sqrt{10}$
$\delta(U-B)$	$0^m.05 \pm 0.04 / \sqrt{11}$	$0.11 \pm 0.04 / \sqrt{5}$	$0.07 \pm 0.04 / \sqrt{7}$
$\delta(u-b)$	$0^m.02 \pm 0.10 / \sqrt{12}$	$0.12 \pm 0.05 / \sqrt{5}$	$0.04 \pm 0.06 / \sqrt{7}$
δM_1	$0^m.01 \pm 0.06 / \sqrt{12}$	$0.06 \pm 0.03 / \sqrt{5}$	$0.03 \pm 0.03 / \sqrt{7}$
q	$0.57 \pm 0.17 / \sqrt{20}$	$0.38 \pm 0.21 / \sqrt{5}$	$0.22 \pm 0.09 / \sqrt{10}$
F	1.13	1.22	1.47
b	40°	60	20
(U,V,W)	(-6, -22, -9)km/s		(-6, -27, -19)
$(\sigma_u, \sigma_v, \sigma_w)$	(32, 26, 12)km/s		(21, 27, 12)
n	9		6
P0	.275	.163	.136

Çizelge III ü olduğu gibi alırsak WA ile A ve W türleri arasında önemli ayrılıklar ve benzerlikler vardır. Bunlar şöyle özetlenebilir.

1. Çizelge II de W ve A türlerine ait ortalama değerler, bu türler arasındaki bilinen farklılıkları sergilemektedir. Galaktik enlemdaki beklenmeyen fark ve WA dizgelerinin yüksek enlemi, yıldız azlığı ve olası gözlemsel seçicilik nedenleriyle belki de önemli değildir.

2. WA lar ortalama olarak daha kısa dönemlidir. WA ile A arasında tayf sınıfı açısından önemli bir fark yoktur.

3. WA dizgelerinin kütle oranı q ve Roche şişimini doldurma parametresi F, W ile A türleri arasındadır. TRO kuramına göre, evrimleşmiş W UMa dizgelerinde q daha küçük olmalıdır (Lucy ve Wilson 1979). Eğer A-dizgeleri daha ileri evrim evresinde iseler (Wilson 1978, Mochnacki 1981) Çizelge II ye göre WA dizgeleri ara evrim evresindedirler. Başlangıçta oluşumdaki kütle ve kütle oranı dağılımına bağlı olarak bu yaş sıralaması anlamına da gelebilir. Kinematik veriler bu noktaya ışık tutmaktan uzaktır.

4. WA dizgelerinde belirgin morötesi artığı vardır. Çizelge I de verilen dizgeler Mochnacki (1981) nin (P, B-V) Rucinski ve Kaluzny (1981) nin (p, b-y) diyagramının mavi sınırında toplanmaktadır. Eggen (1967) değen yıldızlardaki morötesi artığı yaş etkisi olarak yorumlamıştır. Hoffmann (1978) morötesi artığı en yüksek olan TZ Boo da yaş etkisi ya da ek UV ışımının olabileceğini öne sürmüştür. Rucinski ve Kaluzny (1981)

uvby fotometresinden, verilen bir renkte, kısa dönemlerde ek Balmer salması olduğu sonucuna varmışlar ve bu morötesi artışı artmış kromosfer etkinliği olarak yorumlamışlardır.

WA dizgeleri daha kısa dönemli olduklarına göre bu beklenebilir. Çünkü geç tip yıldızlarda kromosfer, geçiş bölgesi ve korona salmaları, tayf sınıfından bağımsız olarak, dönme dönemi uzadıkça azalmaktadır (ör. Marilli ve Catalano 1984). Ancak Rucinski ve Vilhu (1983) IUE gözlemlerinde kromosfer ve geçiş bölgesi çizgi akılarının yörünge dönemine çok duyarlı olmadığını bulmuşlardır. Diğer taraftan TZ Boo nun (Çizelge I) X-ışınını salması W dizgeleri ile A dizgeleri arasındadır (Dupree 1981, Geyer ve Hoffmann 1983).

Rucinski ve Kaluzny (1981) ye göre artmış kromosfer etkinliği gösteren dizgeler, TRO çevriminde, değme durumuna yeni gelmiş dizgeler olabilir. Eğer WA dizgeleri kromosfer etkinliği gerçekten artmış dizgelerse Çizelge II deki q ve F değerleri bunların değme durumuna yeni gelmediğini göstermektedir.

4. TARTIŞMA

Yukarıda değinildiği gibi, W UMa çift yıldızlarında iki çeşit ışık eğrisinin varlığı kuramsal olarak açıklanamamaktadır. Kuramcılar çoğu zaman A ve W ayırımını ışımsal zarf ve konvektif zarf ayırımı olarak görmüşlerdir (ör. Rahunen 1981). A-türü ışık eğrilerinin kararlı olduğu kanısı da buna delil olarak gösterilmiştir. Eaton (1983), 14 W UMa dizgesinin IUE gözlemlerinden kromosfer ve geçiş bölgesi salmasının en azından A tayf sınıfına kadar uzandığını bulmuştur. Bu salmanın görece yeglinliği her iki alt tür için yaklaşık olarak aynıdır. Diğer taraftan bu yıldızlar için düşük kenar kararması, düşük çekim kararması bulunmaktadır. O halde A alt türünde de ışımsal olmayan enerji aktarımı söz konusudur. Bu durumda her iki tür de konvektif olabilir. (Eaton 1983).

Öte yandan A-türünün ışık eğrilerinin kararlı olduğuna ilişkin yaygın kanının da doğru olmadığı ortaya çıkmaktadır. Hrivnak (1982), A türü ışık eğrisine sahip AW UMa da dönem değişimi, ışık eğrisinde, özellikle birinci minimumda, kısa ve uzun dönemli değişimler görmüştür. Benzer değişimler A türü çift AK Her de de vardır (bkz. Hrivnak 1982). Gözlemler arttıkça kararlı olmayan A-türü çift sayısının da artacağı kesindir.

O halde iki ışık eğrisi arasındaki fark neden ileri gelmektedir ? Bu konuda görüş birliği olmamasına karşın W türü ışık eğrilerinin baş yıldızda oluşan lekelerle açıklanabileceği düşüncesi yaygınlık kazanmaktadır (bkz. Demircan 1984). Eğer lekeler kromosfer ve geçiş bölgesi etkinliği ile ilişkili ise daha çok morötesi gözlemleri bu konuya açıklık getirebilir (Rucinski ve Vilhu 1983). Eaton'a (1983) göre W UMa dizgelerinin morötesi etkinliği geniş bir sıcaklık aralığında, DSC kuramının tersine, W dan A türüne süreklilik göstermektedir. Çizelge I de verilen ara dizgelerin varlığı (ve gün geçtikçe sayılarının artması) ve Çizelge III kanımızca bu süreklilik yargısını kuvvetle desteklemektedir. Kromosfer, geçiş bölgesi etkinliği ile leke etkinliği birbirleriyle ve hızlı dönme ile ilgili ise lekelerin yalnız baş yıldızda oluşması bu sürekliliği ve Çizelge III ü açıklamaya yetmez. Eğer dönme, konveksiyon etkileşimi önemli ise bunun yalnız W türü dizgenin baş yıldızında olması için bir neden yoktur. Kanımızca W UMa dizgelerinde, etkinliği baskın olan

bileşen ışık eğrisi biçimini de belirlemektedir. Şu senaryo akla daha yatkındır (soğuk leke etkinliği için) :

A türü ya da küçük kütle oranı : baskın etkinlik yoldaş da

WA türü ya da orta kütle oranı : baskın etkinlik iki bileşende

W türü ya da büyük kütle oranı : baskın etkinlik baş yıldızda

Bu sıralama, ortalama olarak sıcaklık ve dolayısıyla konveksiyon yeğinliği sıralamasıdır. Bunun P, i, q ve M, ile bileşimi yıldızlar arasındaki ışık eğrileri ve etkinlik farkını doğurmaktadır. CK Boo ve RV Gru gibi dizgelerde gözlenen toplam renk ve parlaklık değişimi a) Uyumlu etkinlikle, b) Ortak konvektif zarfın uzun dönemli zonklaması ile, ya da c) Bileşenlerde yarıçap değişimi ile açıklanabilir. Nitekim Hrivnak (1982) AW UMa'nın ışık eğrilerindeki değişimlerin a) İkinci yıldızda sıcaklık değişimi ve her iki yıldızda yarıçap değişimi ya da b) Değişken sıcak leke ile açıklanabileceğini hesaplamıştır. Ancak (b) maddesi yukarıda Çizelge III için önerilen senaryoya ters düşmektedir.

Eğer soğuk leke açıklaması doğru ise ve herhangi bir yöntemle bu etkinliklerin (yüzey parlaklığındaki değişimlerin) ışık eğrisindeki etkileri matematiksel olarak temsil edilebilir ve ışık eğrisinden çıkarılabilirse, diğer bir deyişle baskın yıldızın yüzey parlaklığının en büyük olduğu ışık eğrisi evresi bulunursa, W-A ayırımı da ortadan kalkmalıdır. Bu düşünceyi CK Boo'ya uygulamaya çalıştık. Tutulmalar dışı, sonlu Fourier serisi ile temsil edildi. Etkinliğin 0.0 ve 0.5 evrelerine uzantılarının doğru temsil edildiği varsayımı ile ışık eğrileri kabaca düzeltildi. Yalnız tutulmadan ileri gelen derinlikler Çizelge IV de verilmiştir.

ÇİZELGE IV

CK Boo

Kabaca 'düzeltilmiş' minimum derinlikleri

$$\Delta m = \Delta m (\text{ışık eğrisi}) - \Delta m (\text{Fourier}) = \text{tutulmadaki "kadir kaybı"}$$

		ΔM_I	$\Delta M_I - \Delta M_{II}$
1976	V	+0 ^m .039 + .008	-0 ^m .017
	B	+0.027	-0.030
1977	V	+0.038	-0.008
	B	+0.034	-0.011
1978	V	+0.021	-0.025
	B	+0.019	-0.037
1981	V	+0.026	-0.042
	B	+0.023	-0.032
1982	V	+0.024	-0.025
	B	+0.040	-0.008

Min derinliğinde yer değiştirme yok. Min II daha derin.

Görüleceği üzere a) Tutulma derinliği az, b) Min II daha derin, c) Minimumlarda yer değiştirme yoktur. Bu durumda CK Boo'da bizim Min II dediğimiz evre Min I olmalıdır. A ya da W ayırımı için radyal hız gözlemlerine gereksinme vardır.

Hoffmann'ın (1978) verdiği ikinci ve dördüncü mertebe Fourier katsayılarını kullanarak aynı yöntemi TZ Boo'ya da uygulamak istedik. Ancak Fourier katsayılar, minimumları iyi temsil etmiyor, "Fourier derinlikleri" çoğu kez gözlenen (toplam) derinliği bile aşıyor. Benzer işlemler RV Gru gibi birkaç ışık eğrisi olan dizgelere de uygulanacaktır.

KAYNAKLAR

- Binnendijk, L. : 1970, *Vistas in Astronomy* 12, 217.
 Demircan, O. : 1984, *Doğa, Seri A1*, 8, 137.
 Duerbeck, H. W. ve Walter, K. : 1983, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 54, 545.
 Dupree, A. K. : 1981, "Solar Phenomena in Stars and Stellar Systems" Ed. R. M. Bonnett ve A.K. Dupree. s. 407.
 Eaton, J. A. : 1983, *Astrophys. J.* 268, 800.
 Eaton, J. A., Wu, C.C., ve Rucinski, S.M.: *Astrophys. J.*, 239, 919.
 Eggen, O.J.: 1967, *Mem. R.A.S.* 70, 111.
 Flannery, B.P.: 1976, *Astrophys. J.* 205, 217.
 Geyer, E. H., ve Hoffmann, M.: 1983, *Astron. Space Sci.* 97, 225.
 Hoffmann, M.: 1978, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 33, 63.
 Hoffmann, M. : 1980, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 40, 263.
 Hrivnak, B.J. : 1982, *Astrophys. J.* 260, 744.
 Kaluzny, J., ve Pojmanski, G. : 1983, *Acta Astronomica* 33, 277.
 Kotarska, I., ve Glowina, Z.: 1983, *Astron. Nachr.* 304, 181.
 Linnell, A. P.: 1980, *IAU Symp. No. 88*, "Close Binary Stars : Observations and Interpretation" Ed. M. J. Plavec, D. M. Popper ve R.K. Ulrich. s. 505.
 Lubow, S. H. ve Shu, F. H.: 1977, *Astrophys. J.* 211, 853.
 Lucy, L. B. : 1968, *Astrophys. J.* 151, 1123.
 Lucy, L. B. : 1973, *Astron. Space Sci.* 22, 381.
 Lucy, L. B. : 1976, *Astrophys. J.* 205, 208.
 Lucy, L. B., ve Wilson, R. E. : 1979, *Astrophys. J.* 231, 502.
 Marilli, E., ve Catalano, S.: 1984, *Astron. Astrophys.* 133, 57.
 Mochnacki, S. W. : 1981, *Astrophys. J.* 245, 650.
 Poe, C. H., ve Eaton, J. A. : *Wisconsin Astrophysics. No.* 184.
 Rahunen, T. : 1981, *Astron. Astrophys.* 102, 81.
 Robertson, J. A., Eggleton, P.P. : 1977, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 179, 359.
 Rucinski, S. M., ve Kaluzny, J. : 1981, *Acta Astronomica* 31, 409.
 Rucinski, S. M. ve Vilhu, O.: 1983, *Mon. Not. R. Astr. Soc.* 202, 1221.
 Shu, F. H., Lubow, S. H. ve Anderson, L.: 1976, *Astrophys. J.* 209, 536.
 Shu, F. H., Lubow, S. H. ve Anderson, L.: 1979, *Astrophys. J.* 229, 223.
 Stepień, K. : 1980, *Acta Astronomica* 30, 315.
 Wilson, R. E. : 1978, *Astrophys. J.* 224, 885.

