

U Cep Sisteminde Dönem Değişimleri

Selim SELAM

A.Ü. Gözlemevi, Fen Fakültesi, 06100, Tandoğan-ANKARA

Özet: Algol Türü örten çift yıldız U Cephe'nin 1828-1994 yılları arasında elde edilmiş minimum zamanlarına ilişkin (O-C) eğrisi seküler yapılı bir parabolik değişim üzerine binmiş üç ayrı sinüsel değişimin kombinasyonu olarak oldukça iyi bir şekilde ifade edilmiştir. O-C eğrisinde görülen bu değişimler, sistemin bileşenleri arasındaki kütle aktarımı, ikinci bileşenin manyetik aktivite çevrimi ve sisteme fiziksel olarak bağlı ilave bileşen yıldızların varlığı açısından irdelenmiştir.

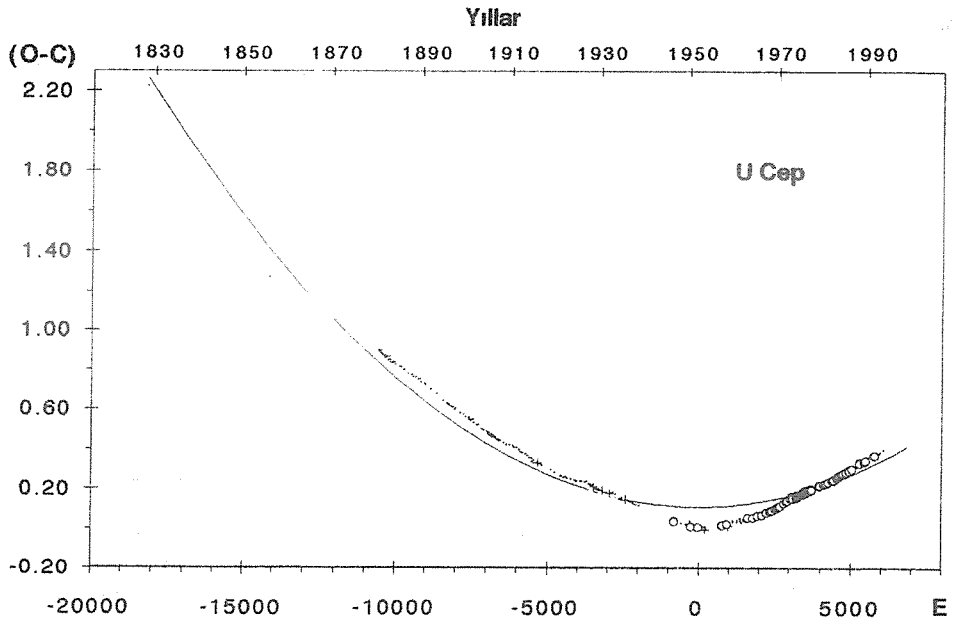
1. Giriş:

U Cephei (BD+81°0025, HD 005679, ADS830 A), klasik Algol-türü bir çift sistemdir ve ADS 830 görsel üçlüsünün en parlak bileşenidir. Işık değişimi ilk kez Schwert tarafından 12 Mayıs 1828 tarihinde gözlenmiştir (Chandler 1889). Carrington (1855) 1855'in son aylarında yaptığı gözlemlere dayanarak sistemin dönemini vermiştir. Ceraski (1880) ise yaptığı gözlemlerin sonucu olarak sistemin Algol türü bir örten değişen olduğunu keşfetmiştir. U Cep sistemi, döneminin kısa olması ($\approx 2,5$ gün), I. minimum'un oldukça derin olması ($\approx 2^m$), parlak olması (max ışıkta $m \approx 7^m$) ve kuzey yarımküre için sirkumpolar olması nedeniyle, Ceraski'nin keşfinden itibaren oldukça sık gözlenmiştir. Tarihi nitelikteki eski gözlemler (fotometrik+tayfsal) ve sonuçları Dugan (1920) ve Batten (1974) tarafından özetlenmiştir. Sistemin yakın tarihteki gözlemlerine ilişkin fotometrik yörünge analizleri Olson (1984), Rafert ve Markworth (1991) ve Burnett vd. (1993) tarafından, tayfsal analizleri ise görsel bölgede Batten (1974) ve Tomkin (1981), moröte bölgede ise Plavec (1983) tarafından yapılmıştır. Sistemin ışık ve dönem değişimi gösterdiği Chandler (1889) dan bu yana bilinmektedir. I. minimumda tam

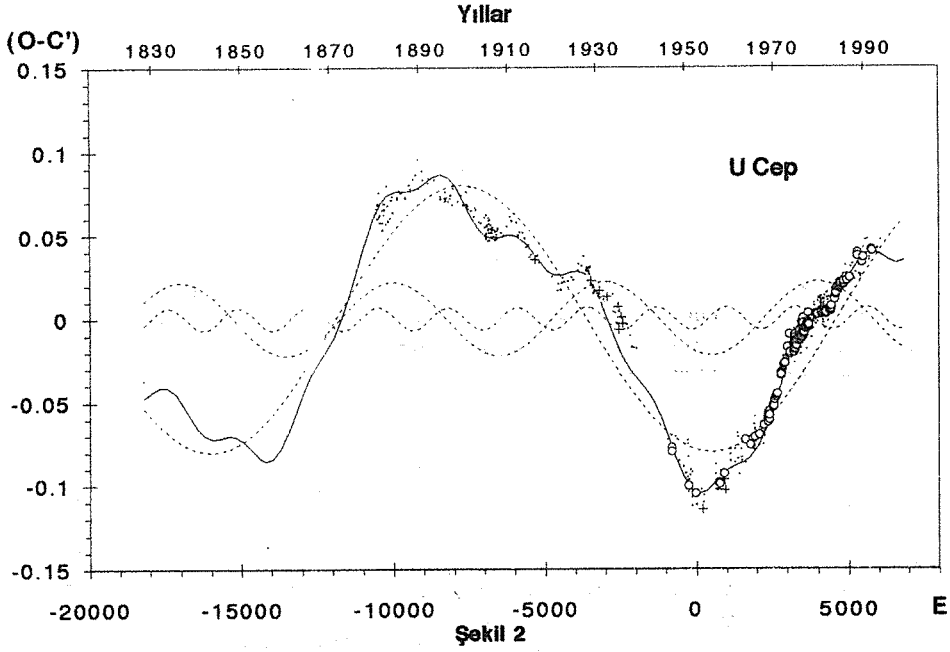
tutulma gösteren U Cep' in özellikle I. minimum civarında ışık eğrilerindeki değişimler Olson tarafından oldukça detaylı çalışılmış (bkz. Olson 1985 ve burada verilen kaynaklar) ve sonuçları sistemdeki düzensiz yapılı gaz akımlarına ve geçici disk oluşumlarına bağlanmıştır. Bu çalışmada, sistemin dönem değişiminin karakteri incelenmiş ve geçerli olabilecek modeller açısından yorumlanmıştır.

2. Minimum Zamanları ve Dönem Değişimi

Bu çalışmada U Cep' in göstermiş olduğu ilginç dönem değişimi, çevrimsel yapılı dönem değişimlerinin yorumlanmasında ileri sürülen yeni modellerin ışığı altında analiz edilmiştir. Bu amaçla sistemin gözlenmiş minimum zamanları orijinal kaynaklarına ulaşarak derlenmiş ve son 166 yıllık zaman aralığı için toplam 725 adet minimum zamanına ulaşılmıştır. Verilerin 547 adedi görsel, 19 adedi fotografik, 159 adedi ise fotoelektrik gözlemlerin sonucudur. Bu veriler ve bu çalışmada elde edilen yeni ışık elemanlarının doğrusal kısmı ile oluşturulan sisteme ilişkin (O-C) diyagramı Şekil-1 de görülmektedir. Bu diyagramda "o" sembolü fotoelektrik, "+" fotografik, "-" ise görsel verileri temsil



Şekil 1



Şekil 2

etmektedir. O-C diyagramının genel yapısı gereği sistemin döneminin arttığı görülmektedir. Tüm verilere uygulanan ikinci derece en küçük kareler yaklaşımı Şekil 1 de sürekli çizgi ile gösterilmiştir ve $1,9 \cdot 10^{-6}$ gün yil^{-1} (yüzyıl başına 16,4 sn) mertebesinde seküler bir dönem artmasını gerektirmektedir. Verilerin bu ikinci derece yaklaşımdan olan (O-C') artıkları oluşturulmuştur ve Şekil-2 de grafik formatta gösterilmiştir. Şekil-2 de verilen O-C' artıkları ise 3 ayrı teorik sinus eğrisinin üstüste binmiş şekli olarak oldukça iyi bir şekilde temsil edilmiştir. Şekilde kesikli çizgilerle 3 ayrı sinüsel yaklaşım ve sürekli çizgi ile de bu yaklaşımların üst üste binmiş şekli görülmektedir. Ardışık yaklaştırma yöntemleri sonucu gözlemsel verilerle en iyi uyumu sağlayan üç sinüs eğrisinin dönemleri sırasıyla 112,6, 47,8 ve 15,7 yıl, yarıgenlikleri $0^g,08$, $0^g,022$ ve $0^g,007$ dür. Minimum epokları ise sırasıyla 500E, 500E ve -150E olarak belirlenmiştir. Böylece O-C değişiminin tamamını temsil eden parabol+3sinüs yaklaşımının gözlemsel verilerden olan artıklarının toplamı $\chi^2=0,037$ dir. Buna göre U Cep sisteminin yeni ışık elemanları

$$\begin{aligned} \text{Min I} = & \text{HJD } 2434195,578 + 2^g,4929905 \cdot E + 6,5 \cdot 10^{-9} \cdot E^2 \\ & + 0^g,080 \sin[(2\pi(E-500)/16500) - \pi/2] \\ & + 0^g,022 \sin[(2\pi(E-500)/7000) - \pi/2] \\ & + 0^g,007 \sin[(2\pi(E+150)/2300) - \pi/2] \end{aligned}$$

olarak belirlenmiştir.

3. Yorum ve Tartışma

Bu bölümde, bir önceki bölümde sistemin O-C değişimine yapılan parabolik ve sinüsel yaklaşımların hangi fiziksel modellere uyabilecekleri tartışılmıştır. Dönem değişimi karakteri yorumlanırken, sisteme ilişkin gerekli bazı parametreler ve sistemin mutlak boyutları Burnett vd. (1993) den alınmıştır. Bu veriler Çizelge 1 de listelenmiştir.

Çizelge 1. U Cep sisteminin parametreleri

Sp= B8Ve+G8III	$M_1= 3,57M_{\odot}$
$T_1= 11250^{\circ}\text{K}$	$M_2= 1,86M_{\odot}$
$T_2= 4980^{\circ}\text{K}$	$R_1= 2,414R_{\odot}$
$i= 86^{\circ},3$	$R_2= 4,404R_{\odot}$
$q= 0,522$	$L_1= 83,18L_{\odot}$
$d= 205 \text{ pc}$	$L_2= 10,72L_{\odot}$
$a= 13,6R_{\odot}$	$M_{V1}= +0^m,41$
	$M_{V2}= +2^m,24$

3.1 Bileşenler Arası Kütle Transferi

O-C analizi sonucu U Cep'in ortalama döneminin uzun zaman aralığında seküler olarak $1,9 \cdot 10^{-6}$ gün yil^{-1} (yüzyıl başına 16,4 sn) mertebesinde arttığı görülmektedir. Dönemde görülen bu seküler artma düşük kütleli ikinci bileşenden, birinci bileşene kütle aktarımı mekanizması ile açıklanabilmektedir. Çünkü klasik Algollerde, düşük kütleli ikinci bileşenden, büyük kütleli birinci bileşene doğru oluşan kütle aktarımı yörünge döneminin artmasını gerektirmektedir. Buna göre ikinci bileşenden birinci bileşene akan kütle miktarı $\Delta m_2=9,89 \cdot 10^{-7} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$ olarak elde edilmektedir. Bu değer Algoller için oldukça klasik bir değerdir. Olson'da (1985) U Cep sisteminde $10^{-6} M_{\odot} \text{ yıl}^{-1}$ mertebesinde kütle transferinin varlığından bahsetmektedir.

3.2 Manyetik Aktivite Çevrimi

Manyetik aktivite çevrimi, Matese ve Withmire (1983) ve çok sayıda araştırmacı tarafından, kromosferik aktivite gösteren çift yıldızlarda dönem değişiminin temel nedeni olarak gösterilmiştir. Bu modele göre yakın çift yıldızlarda FO dan daha geç tayf türüne sahip bileşenlerinin manyetik aktivite çevrimi sonucu dönme dönemlerinde oluşan çevrimsel yapıları

değişimler, dönme-dolanma kitlemesi varlığı sonucu, sistemin yörünge döneminde kendini göstermektedir ve sistemin ortalama yörünge dönemi manyetik aktivite çevriminin dönemi ile bir salınım göstermektedir. Bu şekilde kromosferik aktivite gösteren çift yıldızlarda görülen çevrimsel yapı döneme değişimlerinin, bir bileşen yıldızdaki diferensiyel dönme gradientinde oluşan çevrimsel değişimlerle açıklanması Applegate (1992) tarafından irdelenmiştir. Bu konuda yapılan gözlemsel çalışmalar kromosferik aktivite çevrimlerinin 3-20 yıl arasında dönemlilik gösterdiğini ortaya çıkarmıştır (bkz. Maceroni vd., 1990). Buna göre U Cep sisteminde, O-C analizi ile elde edilen ve 15.7 yıl döneme sahip sinüsel değişim, sistemin G8III bileşeninden kaynaklanabilir. Applegate (1992) kuramına göre yapılan hesaplamalar, bu bileşenin yüzey manyetik alanının 5.7 k Gauss olması gerektiğini ve manyetik çevrim sonucu sistemin toplam ışınımının $\Delta m=0^m.001$ yöresinde bir genlikle değişmesi gerektiğini göstermektedir. Bu düzeyde bir parlaklık farkının, geçmiş fotometrik gözlemler üzerinde irdelenmesi mümkün değildir. Bu nedenle U Cep'in döneminde görülen 15.7 yıllık salınım yapısının manyetik aktivite çevrimi ile açıklanması yalnızca bir olasılık olarak kalmaktadır. Sistemin döneminde görülen diğer iki çevrimsel yapı, dönemlerinin 20 yıldan çok büyük olması nedeni ile manyetik aktivite çevrimi tartışmasının dışında tutulmuştur.

3.3 Sisteme Bağlı İlave Bileşen Yıldızlar

U Cep sisteminin minimum zamanları için oluşturulan O-C' farkları üç ayrı sinüsel değişimin üst üste binmesi ile temsil edilmişti. Bu yapı sisteme çekimsel olarak bağlı üç ilave bileşen yıldızın yarattığı ışık-zaman etkisi olarak da gözönüne alınabilir. Analiz sırasında tüm ilave cisimlerin yörüngelerinin dairesel olduğu ve U Cep çiftinin yörüngesi ile aynı düzlemde buldukları kabul edilmektedir. Buna göre yörünge dönemleri $P_3=112^y.6$, $P_4=47^y.8$ ve $P_5=15^y.7$ yıl olan ilave cisimlerin kütle fonksiyonları $f(m_3)=0.210M_\odot$, $f(m_4)=0.024M_\odot$ ve $f(m_5)=0.007 M_\odot$ ve kütleleri ise $M_3=2.34M_\odot$, $M_4=1.0M_\odot$ ve $M_5=0.65M_\odot$ olarak bulunmaktadır. Eğer ilave cisimlerin anakol yıldızları oldukları kabul edilirse, Demircan ve Kahraman'ın (1991) $M_{bol}=4.67-9.79\text{Log}(M/M_\odot)$ deneysel kütle-parlaklık bağıntısı gereğince her birinin bolometrik mutlak parlaklığı sırasıyla $M_{bol3}=1^m.06$, $M_{bol4}=4^m.66$ ve $M_{bol5}=6^m.53$ olmalıdır. Bu bileşenlerin çift sistemden olan uzaklıkları ise $a_3=32.29\text{AB}$, $a_4=20.67\text{AB}$ ve $a_5=10.22\text{AB}$ dir. 4. ve 5. bileşen yıldızlar U Cep sistemden sırasıyla 4^m ve 6^m daha sönüktür ve sistemin tayfında bu bileşenlere ilişkin çizgilerin görülemeyeceği açıktır. Ancak 3. bileşenin sistemden olan parlaklık farkı $0^m.5$ yöresindedir ve sistemin tayfında kendini göstermesi gerekmektedir. Sistemin son yapılan tayfsal çalışmalarında bu duruma ilişkin belirteçlerden bahsedilmemektedir. Bu durumda 3. bileşenin de bir çift yıldız olma ihtimali vardır. Eğer 3. bileşen $1M_\odot+1M_\odot$ kütleli bir yakın çift ise bu durumda U Cep çiftinden $\approx 4^m$ daha sönük olacaktır ve U Cep'in tayflarında çizgileri görülemeyecektir. Sistemin Burnett vd. (1993) tarafından verilen uzaklığı dikkate alındığında

ilave bileşenlerin U Cep sisteminden olan açısal ayrıklıkları sırasıyla $\alpha_1=0^".225$, $\alpha_2=0^".119$ ve $\alpha_3=0^".055$ olarak bulunmaktadır. Speckle interferometre gözlemlerinin açısal ayırma gücünün ortalama $0^".02$ olduğu gözönüne bulundurulursa, önerilen ilave cisimlerin tamamının Speckle gözlemleri ile tespit edilmesi gerekmektedir. Speckle gözlemleri için yapılan literatür taramasında U Cep'in gözlemlerine rastlanmamıştır. Bu çalışmada önerilen ilave cisimler için en uygun kantılar ancak bu gözlemlerden elde edilebilecektir.

Kaynaklar

- Applegate J.H., 1992, ApJ, 385, 621
 Batten A.H., 1974, PDAO, 14, 191
 Burnett B.J., Etzel P.B., Olson E.C., 1993, AJ, 106, 1627
 Carrington R.C., 1855, Redhill Catalogue
 Ceraski W., 1880, AN, 97, 312
 Chandler S.C., 1889, AJ, 9, 49
 Demircan O., Kahraman G., 1991, Ap&SS, 181, 313
 Dugan R.S., 1920, PC, no.5, 1
 Maceroni C., Branchini A., Rodono M., Ven't Veer F., Vio R., A&A, 237, 395
 Matese J.J., Withmire D.P., 1983, A&A, 117, L7
 Olson E.C., 1984, PASP, 96, 162
 Olson E.C., 1985, "Interacting Binaries", NATO ASI SerC, Vol: 150, p.127
 Plavec M., 1983, ApJ, 275, 251
 Rafert J.B., Markworth N.C., 1991, ApJ, 377, 278
 Tomkin J., 1981, ApJ, 244, 546