

Zonklayan Bileşenli Çift Yıldızların Evrimi

Barış Hoyman¹*, Ömür Çakırlı¹

¹Ege Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100, Bornova-İzmir

Özet

Güneş ve kırmızı devlerin özek-yüzey dönme modelleri yardımıyla karma modlu melez yıldızların özek ve yüzey dönme doğasının modellenebileceği öngörüldü. Bu yıldızlarda g ve p -modları dönmenin etkisiyle yoğun frekans yarımaları gösterir. Güneş'te son derece düzenli olan bu yarımalar evrimleşmiş yıldızlarda özek-yüzey dönme yön ve hızı gibi parametrelerin yanı sıra açıl momentum taşıma süreçlerinin de anlaşılmasında önemli rol oynamıştır. Bu noktada anakol ve anakol'dan henüz ayrılmış yıldızların yüksek çözünürlüklü tayf ve duyarlı ışıkölçüm gözlemlerinin ortak analizi ile HR diyagramındaki yerlerinin işaretlenmesi, yüksek duyarlılık salt parametreler, metal bolluğu, mod tanımlama ve karmaşık frekans tayflarının açıklanabilmesi ile bu tür yıldızların evrimine etki eden özek-yüzey dönme doğası, açıl momentum taşınımı ve bu özelliklerin yıldız evrimine etkisi öngörülebilir.

Anahtar Kelimeler: (stars:) binaries: eclipsing, Yıldızlar, Ötegezegenler

1 Giriş

Örten çift sistemlerin tayf ve ışıkölçüm gözlemleri bize yıldızlar ve evrimleri hakkında oldukça önemli ve faydalı bilgiler sunarlar. Yıldızların içyapı ve evrim durumunu belirleyen iki önemli parametre olan kütle ve kimyasal kompozisyonun duyarlı bir şekilde belirlenmesi oldukça önemlidir ve örten çift yıldızların gözlemiyle bu parametreleri oldukça duyarlı bir şekilde, doğrudan belirlemek mümkündür. Bazı örten çift sistemler zonklayan en az bir bileşene sahip olabilmektedir. Gerek tek yıldız, gerek çift sistem üyesi zonklayan yıldızların çalışılmasıyla yıldızların iç yapılarına ilişkin türetilen modellerin sınanabilmesinin önü yıldız sismolojisi çalışmaları sayesinde açılmış oldu. Yıldızların gözlenen katmanlarını açıklamakta oldukça başarılı olan modeller ile veri alınamayan özek bölgesine ilişkin elde edilen açıklamalarda belirsizlik çok fazla olabilmektedir. Özek ve yüzeyin dönmesine ilişkin oluşan açıl momentumun korunumu ve yıldız içerisindeki dağılımı çok önemlidir. Sismolojik çalışmalar ile özek ve yüzeyin dönmesi, ona bağlı olan açıl momentum değişimi/aktarımı anlaşılabilir duruma geldi. Uydu tabanlı yapılan çok yüksek duyarlılık ve sürekli ışıkölçüm verileri sayesinde yıldız içinde oluşan dalgaların sürekliliğinde rol oynayan çekim (g -mod) ve basınç (p -mod) modları ile birlikte yıldızın dönmesi ($\Omega_{\text{özek}}$ ve $\Omega_{\text{yüzey}}$) hakkında bilgi elde edilebilmektedir. Yüksek kalitedeki ışıkölçüm verileri ve yüksek çözünürlüklü tayfsal gözlemlerle artık yıldız özek ve yüzey dönme profilleri daha iyi modellenmekte ve titreşim yapan yıldızlar katman katman incelenabilmektedir.

Zonklayan yıldızlarda dönmenin etkisi m sayısı ile ifade edilir. Dönmenin etkisi ile küresellikten sapma ve manyetik alanın etkisinin birleşimi olarak kullanılır. Dönmenin frekanslar üzerindeki gösterdiği yarılma etkisi kendini güç tayfında belli eder. Bu değerler kullanılarak dönme profili hesaplanabilir. Buradaki önemli nokta analiz edilecek yıldızın salt parametreleri (M , R , T) çok iyi bilinmeli ve mod yarımalarının gözlemlerle elde edilmesi, melez zonklamaların (δ Sct/ γ Dor) kendini tüm güç tayfında g ve p -modları olarak ayrı ayrı göstermesidir. Salt parametrelerin hassas olarak belirlenebilmesi için zonklayan bileşenli örten çift sistemlerin çalışılması gerekmektedir.

2 KIC 2557430

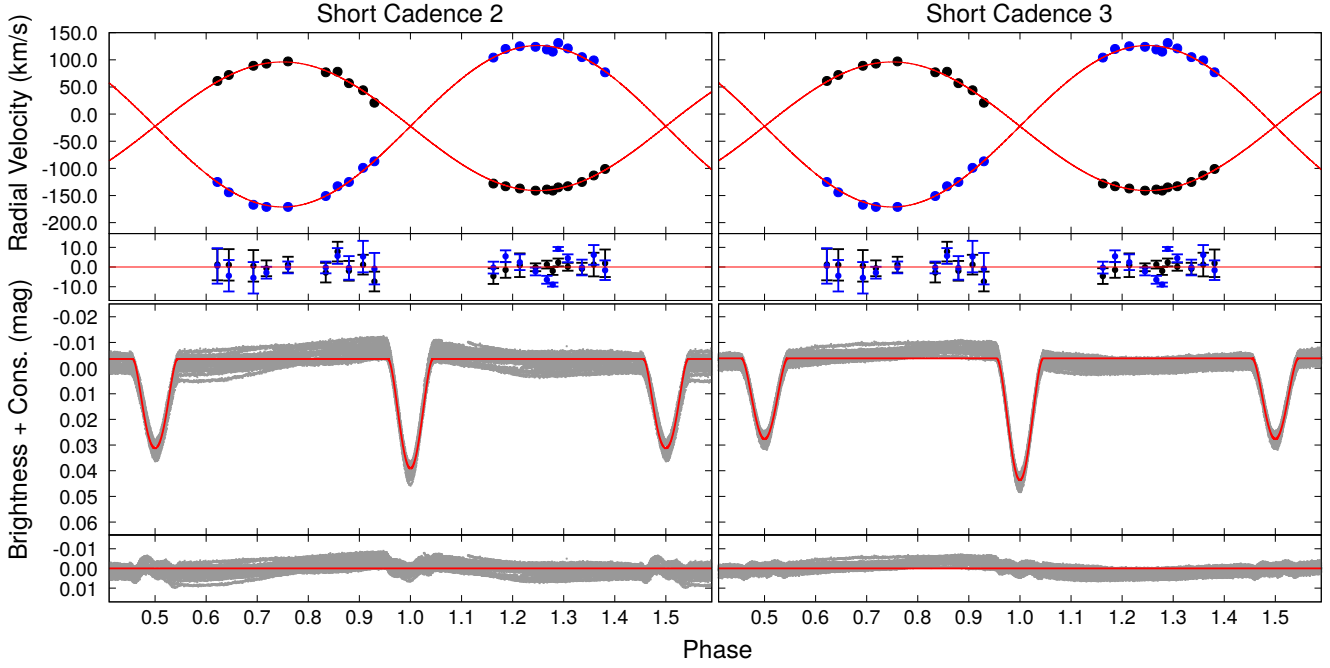
KIC2557430 ($K_p = 11.471$, $\alpha_{2000} = 19 : 07 : 22.9$, $\delta_{2000} = +37 : 48 : 57.34$) ilk olarak Egret ve ark. (1992) tarafından 1.297 gün dönemli Algol türü örten çift yıldız sistemi olarak sınıflanmış, daha sonra Prša ve ark. (2011) ve Slawson ve ark. (2011) tarafından Kepler Örten Çift Yıldızlar Kataloğu'na dahil edilmiştir. Kâmil ve Dal (2017) sistemin Kepler short cadence ışıkölçüm verisini modelleyerek sistemin etkin sıcaklığını ve yörünge parametrelerini elde etmiş ve sistemi bir γ Dor ve bir flare yıldızı içeren çift sistem olarak nitelemiş, zonklama frekanslarını elde etmiş ve veride görülen flare benzeri yapıları incelemişlerdir.

Çalışmada Kepler verisine ek olarak TUG RTT150 teleskobu ve TFOSC tayfçeki ile alınmış 4 gecelik tayf verisi kullanılarak sistemin dikine hız verisi elde edilmiştir. Ayrıca IDL¹ kodu kullanılarak Frasca ve ark. (2006) tarafından yazılmış ve Çakırlı ve ark. (2014) tarafından TFOSC için uyarlanmış COMPO2 kodu kullanılarak bileşenlerin atmosfer parametreleri elde edilmiştir. Bileşenlere dair elde edilen atmosfer parametreleri Çizelge 1'in üst kısmında yer almaktadır. Sistemin yörünge ve salt parametrelerini belirlemek için Kepler Uzay Teleskobu ile ikinci ve üçüncü çeyrek gözlemleri esnasında alınan Short Cadence (SC02 ve SC03) verileri ayrı ayrı ele alınarak elde edilen dikine hız verisiyle birlikte JKTEBOP (Southworth 2013) kodu yardımıyla çözüm gerçekleştirilmiştir. Parametrelerin hatalarını belirlemek için ise JKTEBOP kodu içerisindeki MONTE CARLO algoritması modülü kullanılarak 10000 tekrarlı çözüm gerçekleştirilmiştir ve elde edilen parametreler Çizelge 1'in alt kısmında verilmiştir. Şekil 1 sistemin dikine hız ve ışık eğrisi verileri ile bu verilere uygulanan model verilerini ve farklarını içermektedir.

Işık eğrisine uygulanan çözümlerin veriden çıkarılmasıyla elde edilen fark verisinin minimumlar yöresine denk gelen kısımlarının veriden çıkarılmasıyla elde edilen maximum yöresi fark verilerine SIGSPEC (Reegen 2007) kodu ile uygulanan Fourier çözümü ile her bir SC verisi için zonklama frekansları elde edilmiştir. Her iki veri seti için de üçer özgün frekans elde edilmiş olup, bu frekansların biri yaklaşık olarak yörünge dönemi

* barishoyman@gmail.com

¹ Interactive Data Language, ITT 1997



Şekil 1. KIC 2557430'nin SC02 ve SC03 dönemlerine ait ışık eğrileri ve dikine hız eğrileri ve en iyi fit eğrileriyle farklar. Kırmızı, sürekli çizgiler JKTEBOP çözümüne işaret ederken dikine hız hataları fark panellerinde düşey hata barları olarak gösterilmiştir.

Çizelge 1. Üstte: KIC 2557430 bileşenlerinin, tayf verisinden elde edilen atmosfer parametreleri. Alttta: Sistemin ışık ve dikine hız eğrilerinden elde edilen yörünge parametreleri ve bileşenlerin salt parametreleri.

COMPO2 Parameter	Primary	Secondary			
Spectral type	F(2±1)IV-III	F(9±1.0)V			
$T_{\text{eff}}(K)$	7054(180)	6050(700)			
$\log g$ (cgs)	4.14(1)	4.61(2)			
$v \sin i$ (km s ⁻¹)	39(4)	35(1)			
[Fe/H](dex)	-0.13(2)	0.09(2)			
		SC02	SC03		
JKTEBOP Parameter	Primary	Secondary	Primary	Secondary	
$P(d)$	1.2977462(48)		1.2977488(49)		
$T_0(d)(+2454000)$	955.75809(27)		955.75727(60)		
$i(^{\circ})$	74.45(62)		71.47(216)		
e [sabit]	0.00		0.00		
L_S/L_P	0.0456(68)		0.106(204)		
$a(R_{\odot})$	7.13(22)		7.23(15)		
q	0.797(42)		0.797(25)		
$M(M_{\odot})$	1.61(18)	1.67(10)	1.28(9)	1.33(9)	
$R(R_{\odot})$	2.110(68)	2.079(177)	0.569(48)	0.913(393)	
$\log g$ (cgs)	3.996(23)	4.026(91)	5.050(70)	4.642(295)	
$\rho(\rho_{\odot})$	0.1714(55)	0.186(68)	7.32(172)	1.75(137)	

yöresinde çıkarken diğer ikisi 1 ve 2 gün yöresindeki dönemleriyle g -moduyla zonklayan γ Dor yıldızına ilişkin zonklama modlarıdır. SC02 için toplamda 79, SC03 için de toplamda 88 frekans değeri bulunurken, özgün üçer frekansın haricindeki frekanslar, bu frekansların harmonik ve kombinasyonları olarak karşımıza çıkmaktadır. SIGSPEC çözümüne ilişkin elde

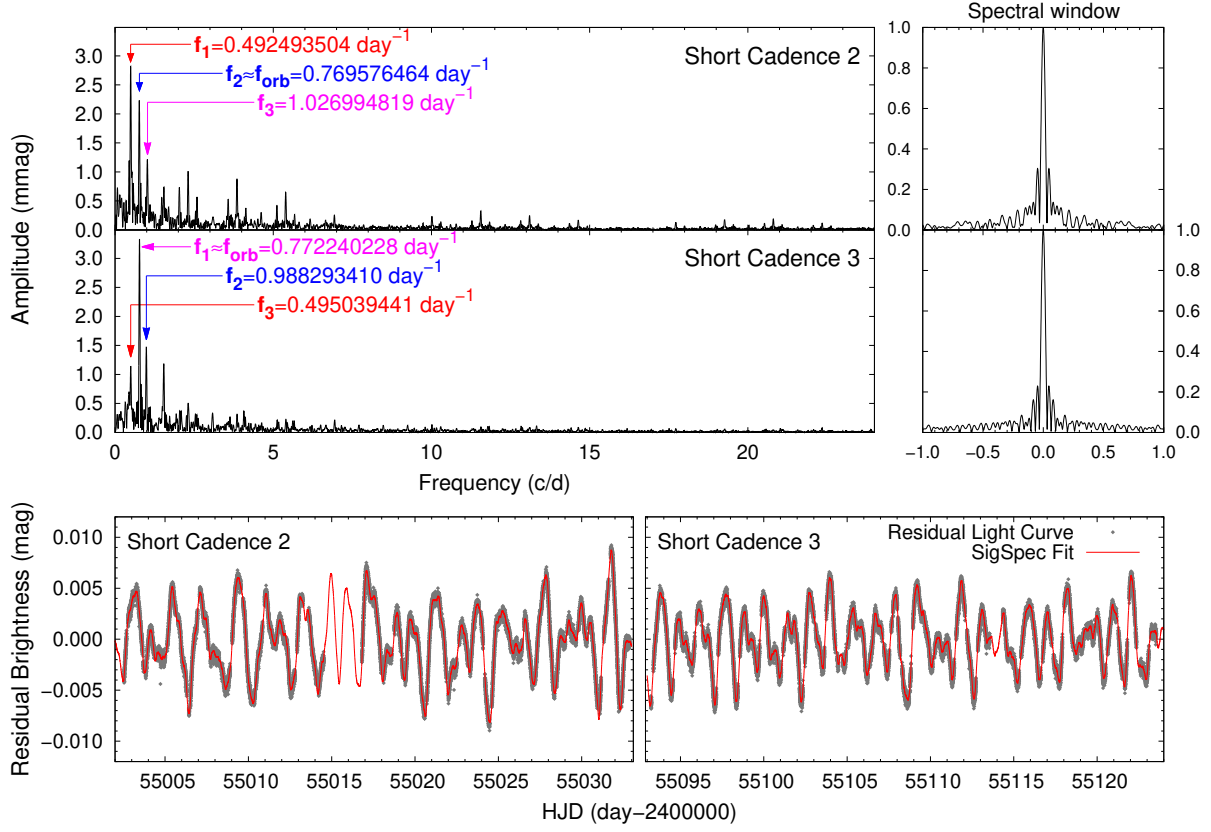
edilen Fourier tayfları Şekil 2'nin üst panelinde SC02 ve SC03 için ayrı ayrı olarak, tayfsal pencere grafikleriyle birlikte yer almaktadır. Ayrıca elde edilen özgün frekanslar da şekilde belirtilmiştir. Şeklin alt panelinde ise belirlenen tüm frekanslar yardımıyla elde edilen sentetik ışık eğrisi, fark ışık eğrisi verisi üzerinde çizilerek gösterilmektedir.

3 Tartışma ve Sonuç

Fourier tayfindan da görüleceği üzere sistemde 1–2 gün yöresinde, düşük frekanslı çekim modlarına ait zonklama frekansları gözlenmesine rağmen, yüksek frekanslı basınç modlarına ait frekanslar görülmemektedir. Bu da sistemdeki zonklayan bileşenin sadece γ Dor türü zonklama gösterip, δ Sct türü zonklama göstermediğini, yani hibrit zonklama göstermediğini göstermektedir. Sistemin Fourier tayfında görülen yörünge dönemine ilişkin frekansların baskınlığı g -modlarına ilişkin mod yarımlası ölçümlerini zorlaştırmaktadır. Sistemin aktivite benzeri doğasının daha iyi belirlenip bu etkinin ışık eğrisinden daha iyi bir şekilde ayıklanmasıyla dönmeye ilişkin ölçümlerin doğru bir şekilde yapılabilmesi mümkün olabilecektir.

Kaynaklar

- Frasca, A., Guillout, P., Marilli, E., et al.: Newly discovered active binaries in the RasTyc sample of stellar X-ray sources. I. Orbital and physical parameters of six new binaries. *A&A* **454** (2006) 30
- Çakırlı, Ö., İbanoğlu, C., Sipahi, E. V745 Cassiopean interacting young massive binary in a multiple-star system. *MNRAS* **442** (2014) 1560
- Egret, D., Didelon, P., McLean, B. J., et al.: The TYCHO Input Catalogue – Cross-matching the Guide Star Catalog with the HIPPARCOS INCA Data Base. *A&A* **258** (1992) 217
- Kâmil, C., Dal, H. A.: KIC 2557430: A Triple System Containing One γ Dor and Two Flaring Components? *PASA* **34** (2017) 29
- Prša, A., Batalha, N., Slawson, R. W., et al.: Kepler Eclipsing Binary



Şekil 2. Üstte: KIC 2557430 fark ışık eğrisine uygulanan SIGSPEC çözümüne ilişkin Fourier tayfı ve tayfsal pencere. Altta: SIGSPEC çözümüne giren fark ışık eğrisi üzerine çizilmiş kuramsal eğri.

- Stars. I. Catalog and Principal Characterization of 1879 Eclipsing Binaries in the First Data Release. *AJ* **141** (2011) 83
 Reegen, P.: SigSpec. I. Frequency- and phase-resolved significance in Fourier space *A&A* **467** (2007) 1353
 Slawson, R. W., Prša, A., Welsh, W. F., et al.: Kepler Eclipsing Binary Stars. II. 2165 Eclipsing Binaries in the Second Data Release. *AJ* **142** (2011) 160
 Southworth, J.: The solar-type eclipsing binary system LL Aquarii. *A&A* **557** (2013) 119

Erişim:

022-1235: [UAK-2018 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A](#).