

Gizemli Yıldız KIC 8669092'nin Kromosferik Aktivitesi

Nurhan Özlem Kaya¹★, Hasan Ali Dal¹

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

Özet

KIC 8669092'nin soğuk yıldız lekelerinin ve flare aktivitesinin etkisiyle şekillenen ışık eğrisinden elde edilen sonuçları sunuyoruz. Aktif bileşen üzerinde $+70^\circ$ ile $+110^\circ$ enlemleri arasında 180° boylam farkına sahip iki aktif bölge olduğu görülmüştür. 313 flare belirlenmiş ve bu flarelerin parametreleri hesaplanmıştır. Oluşturulan OPEA modelinden Plateau değeri 1.219 ± 0.088 s, Half-time değeri ise 1190 s olarak bulunmuştur. Bununla birlikte, N_1 flare frekansı $0.02406 h^{-1}$ olarak, N_2 frekansı ise 0.000008 olarak bulunmuştur. Tayf gözlem sonuçlarına göre, hedef tutulma gösteren ikili sistemi görünmektedir. Bu nedenle, ışık eğrisi analizlerinde, kesirli yarıçapların toplamının 0.1908 ve kesirli yarıçap oranlarının 1.8973 olduğu bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: stars: flare, Yıldızlar, Ötegezegenler

1 Giriş

KIC 8669092, SIMBAD Veri Tabanı'nda bir çift sistem olarak söz edilmektedir. Sistemin fotometrik parlaklıkları $B=13^m.440$, $V=12^m.940$, $R=12^m.830$ olarak verilmiştir (Zacharias ve ark. 2004). Sıcaklıklara bakıldığında bileşenler için $6028 - 6287$ K arasında farklı yaklaşımlar vardır (Latham ve ark. 2005; Huber ve ark. 2014) Yazarlar baş bileşenin kütle ve yarıçapını ise $M=0.848 M_\odot$ ve $R=1.195 R_\odot$ olarak hesaplamıştır. Walkowicz ve Basri (2013) tarafından yapılan çalışmada sistemin yaşı 0.03 Gyr olarak verilmiştir. Hedefe ait dönme ve dolanma dönemleri, Balona (2015) tarafından yapılan çalışmada $P_{rot}=0.998$ gün, $P_{orb}=0.998$ gün olarak verilmiştir ve gelgit-kilitli sistem olduğu bulunmuştur. Slawson ve ark. (2011), Armstrong ve ark. (2014), sistemi tutulma gösteren ikili sistem olarak sınıflandırılmaktadır. Burke ve ark. (2014), Rowe ve ark. (2015), Coughlin ve ark. (2016), Furlan ve ark. (2017) ise bir gezegen sisteminde tek bir yıldız olarak kabul etmiştir. Ayrıca Kepler Misyon Takımı tarafından hazırlanan Data Validation (DV) Raporu'nda, sistemin 4 gezegene sahip olduğundan bahsedilmiştir. Hedefin bir değişen yıldız olduğu ve periyodunun 1.0008040 gün olduğu, ilk kez Watson ve ark. (2006) çalışmasında verilmiştir. Balona (2015) ve Gao ve ark. (2016) çalışmalarında da kromosferik aktif bir yıldız olduğundan bahsedilmiştir.

2 Veri ve Analizler

KIC 8669092'nin fotometrik verileri Kepler Mission Veri tabanından alınmıştır (Slawson ve ark. 2011; Matijevic ve ark. 2012). Kısa süreli gözlemleri, HJD 24 55093.21496934 ile HJD 24 55635.355216 arasında toplam 542.1403 gün (13011.36592 saat) sürdürülmüştür. Sistemin tayfsal gözlemleri, TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi'nde 1.5 metrelik RTT150 teleskopu ve TFOSC alıcısı ile gerçekleştirildi. Gözlemlenen tayfın sinyal-gürültü oranı (SNR) atmosferik koşullara ve maruz kalma süresine bağlı olarak yaklaşık 87 idi. İlk analizine bakıldığında, bu tayfın, hedefin muhtemelen bir tutulma gösteren ikili sistem olduğunu destekleyen, aynı büyüklükteki iki bileşenin birleşik ışıklarını içerdiğini göstermektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan analiz ve modellele ilişkin ön sonuçlar bu-

rada sunulurken; çalışmayla ilgili tablo ve şekiller, çalışmanın ilerleyen safhalarında uluslararası bir makalede sunulacaktır.

2.1 Flare Değişimi

Dal ve Evren (2010, 2011) tarafından izlenene yöntemler kullanılarak sistemin sergilediği flareler ve parametreleri hesaplanır. SPSS V17.0 (Green ve ark. 1999) ve GrahPad Prism V5.02 (Dawson ve Trapp 2004) programları ile yapılan regresyon hesaplamaları, flare eşdeğer sürelerinin dağılımı için en iyi fonksiyonun the One Phase Exponential Association olduğunu göstermiştir. En küçük kareler yöntemi kullanılarak, flare toplam süresine göre flare eşdeğer süresinin dağılımı the OPEA fonksiyonu ile modellenmiştir. Son olarak, tespit edilen flarelerin evreye göre dağılımı incelendi. Bu amaçla, yıldızların yörünge periyodu göz önüne alındığında, her bir flare'in evresi hesaplandı ve 0.1 'in her evre aralığı için toplam flare sayısı hesaplandı. Ishida ve ark. (1991) yıldız flare aktivitesi için N_1 ve N_2 olarak iki frekans tanımlamıştır. N_1 frekansı, bir saatte hedeften tespit edilen ortalama toplam flare sayı değerini gösterir. Bununla birlikte, N_2 frekansı, hedeften saat başına salınan ortalama flare eşdeğeri süresini gösterir. Bu çalışmada N_1 frekansı $0.02406 h^{-1}$, N_2 frekansı 0.000008 olarak bulundu.

2.2 Yıldız Leke Aktivitesi

Soğuk yıldız lekeleri kaynaklı değişimlerin modellenmesi için tüm çevrimlerin ışık eğrileri zamana göre çizilmiş ve art arda gelen çevrimler birbiri ile karşılaştırılmıştır. Bu çerçevede veri 166 alt sete ayrılmış ve her bir set ayrı ayrı modellenmiştir. 166 alt küme için SPOTMODEL programı kullanılarak modeller elde edilmiştir ve elde edilen modellerden her bir küme için ortalama HJD, lekelerin boylamları (l), lekelerin enlemleri (b) ve leke yarıçapları (g) hesaplanmıştır.

2.3 Yörünge Dönemi Değişimi

Sistemin Kepler Veri Tabanı'nda (Slawson ve ark. 2011, Matijevic ve ark. 2012) açık olarak sunulan kısa zamanlı verisine hiç bir düzeltme ve arındırma yapılmadan minimum zamanları okunmuştur. Sonuç olarak, toplam 487 minimum zamanı elde edilir. Elde edilen ($O - C_{II}$) artıklarının zamana göre değişiminde ilginç bir değişim görülmüştür. Tran (2013) ve Balaji (2015)'e göre, ($O - C_{II}$) kalıntılarında görülen bu

★ nurhanozlemk@gmail.com

yarı düzenli sinüzoidal değişim, bir bileşen üzerindeki yıldız leke aktivitesinin varlığının bir göstergesi olarak tartışılmaktadır.

2.4 Işık Eğrisi Analizi

Her ne kadar KIC 8669092 sistemi için, örten çift sistem mi yoksa tek yıldız olup gezegenlere sahip gezegenli sistem mi olduğu literatürde tartışılrsa da, bu çalışma 20 Ekim 2018 tarihinde alınan tayf ile hedefin bir tutulma gösteren çift sistem olduğunu ortaya koymaktadır. Aslında H, Na, Ca II HK tayfsal çizgileri iki bileşen içinde ayrılmış çizgiler olarak görülür. Bu durum göz önüne alındığında, sistemin ışık eğrilerini bir örten çift sistemin normal bir ışık eğrisi olarak analiz edilmiştir.

Işık eğrisini analiz etmek için JKTEBOP yazılımı (Southworth 2012) kullanıldı. Analiz sonucunda fraksiyonel yarıçapların toplamı ve bunların oranını, orbital eğim (i) ve kütle oranlarını (q) elde edildi. Mutlak yarıçap ve kütlelere ulaşmak için baş bileşenin parametresini kullanıldı. F7.75 tayfsal tipine karşılık gelen 6284 K sıcaklığına göre, baş bileşen bir anakol yıldızdır. Tokunaga (2000) tarafından verilen kalibrasyonları kullanarak, bileşenlerin yarıçapını ve kütleleri tahmin edildi.

3 Sonuçlar ve Tartışma

Elde edilen 313 flarenin flare toplam süresine göre flare eşdeğer süre dağılımı için OPEA modeli yapıldığında *Plateau* değerinin 1.219 ± 0.088 olduğu görülür. OPEA modelinin Half-time parametresinin 1190 s olduğu bulunmuştur. Benzer süre uzunluğu flare parlama ve flare toplam sürelerinde de gözlenmektedir. Benzer süre uzunluğu flare parlama ve flare toplam sürelerinde de gözlenmektedir. UV Ceti türü tek yıldızlarda gözlenen maksimum parlama süresi (T_r) örneğin V1005 Ori için 2062 s, CR Dra içinse 1967 s iken, KIC 8669092'de elde edilen flare parlamalarında gözlenen en uzun parlama süresi 2765.821248 s dir. Benzer şekilde V1005 Ori'de gözlenen flareler içerisinde maksimum toplam süreye sahip flare 5236 s sürerken, CD Dra'da 4955 s sürmüştür. Oysa KIC 08669092'de gözlenen en uzun süre 15477.53875 s sürmüştür. Sonuç olarak, KIC 8669092'den belirlenen zaman ölçekleri UV Ceti tipi yıldızlardan bulunanlara göre birkaç kat daha fazladır.

Flare aktivitesine benzer şekilde KIC 8669092'in leke aktivitesine bakıldığında da sistemin yüksek kromosferik aktivite düzeyine sahip olduğu görülür. Kepler uydusunun sağladığı çok yüksek duyarlılıklı gözlemler (Jenkins ve ark. 2010a, 2010b) sayesinde yer-konuşlu klasik teleskoplarla gözleminin mümkün olmadığı değişimler kolaylıkla ortaya çıkarılabilmektedir.

Tüm verilerin önceden arındırılmış verilerinin analizi, bir bileşen üzerinde iki soğuk leke bulunduğunu göstermektedir. Her iki lekenin de senkronize hareket ettiği anlaşılmaktadır. İlk 300 günde bu iki leke arasında 180° lik bir boylamsal fark vardır, ancak HJD 24 55427.085269'dan verilerin sonuna kadar boylamsal farklar kaybolur. Ek olarak, tespit edilen her iki aktif alanın da azalan boylamlara doğru hareket ettiği açıkça görülmektedir. Lekeli alanların boylamsal davranışının aksine, lekeli alanların her ikisi de neredeyse aynı enlemlerin etrafında yer almaktadır. Bununla birlikte, aktif alanların enlemleri, lekelerin aynı boylamda yer aldığı noktada birbirlerinden ayrılmaktadır.

Lekeli alanların yarıçaplarına bakıldığında, görülen değişim, diğer her iki parametreden farklıdır. Her iki lekenin de yarıçapı bir sinüzoidal değişim sergiler. Ayrıca, zıt yönlerde olağanüstü senkronize farklılıklar vardır. Bir lekenin yarıçapı artarken, diğerinin yarıçapı azalmaktadır. Yarı senkron boylamsal

değişikliklerin yanı sıra, leke yarıçaplarının davranışı ayrıca kromosferik olarak aktif bir bileşenin varsayımının leke modeli için doğru bir yaklaşım olduğunu gösterir.

KIC 8669092 ile ilgili en tartışmalı nokta, hedefin bir tutulma gösteren ikili sistem ya da gezegenli sistem olup olmadığıdır. Bu çalışmada, sistemin bir tayf alındığında, hedefin tek bir yıldız ve gezegenleriyle birlikte olmadığını ancak bir tutulma ikili sistemi olduğunu gösterdi. Tutulma gösteren bir ikili sistem varsayımı altında gerçekleştirilen ışık eğrisi analizi sonucunda, bileşenlerin mutlak parametreleri tahmin edildi. Sistemin (q) kütle oranı 0.992 iken, sistemin eğimi (i) $85^\circ.68$ olarak hesaplanmıştır.

Kaynaklar

- Armstrong, D. J., Gómez Maqueo Chew, Y., Faedi, F., Pollacco, D., 2014, MNRAS, 437, 3473
- Balaji, B., Croll, B., Levine, A. M., Rappaport, S., 2015, MNRAS, 448, 429
- Balona, L. A., 2015, MNRAS, 447, 2714
- Burke, Christopher J.; Bryson, Stephen T.; Mullally, F.; Rowe, Jason F.; Christiansen, Jessie L.; Thompson, Susan E.; Coughlin, Jeffrey L.; Haas, Michael R.; Batalha, Natalie M.; Caldwell, Douglas A.; et al., 2014, ApJS, 210, 19
- Coughlin, J. L., Mullally, F., Thompson, S. E., et al., 2016, ApJS, 224, 12
- Dal, H. A. & Evren, S., 2010, AJ, 140, 483
- Dal, H. A. & Evren, S., 2011, AJ, 141, 33
- Dawson, B., & Trapp, R. G., 2004, "Basic and Clinical Biostatistics" (New York: McGraw-Hill), 61
- Furlan, E.; Ciardi, D. R.; Everett, M. E.; Saylor, M.; Teske, J. K.; Horch, E. P.; Howell, S. B.; van Belle, G. T.; Hirsch, L. A.; Gautier, T. N., III; et al., 2017, AJ, 153, 71
- Gao, Qing; Xin, Yu; Liu, Ji-Feng; Zhang, Xiao-Bin; Gao, Shuang, 2016, ApJS, 224, 37
- Green, S. B., Salkind, N. J., & Akey, T. M., 1999, "Using SPSS for Windows: Analyzing and Understanding Data" (Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall), 50
- Huber, D., Silva Aguirre, V., Matthews, J. M., et al. 2014, ApJS, 211, 2
- Ishida, K., Ichimura, K., Shimizu, Y., & Mahasnaputra, 1991, Ap&SS, 182, 227
- Jenkins, J. M., Caldwell, D. A., Chandrasekaran, H., et al. 2010a, ApJL, 713, L87
- Jenkins, J. M., Chandrasekaran, H., McCauliff, S. D., et al. 2010b, Proc. SPIE, 7740, 77400
- Latham, D. W.; Brown, T. M.; Monet, D. G.; Everett, M.; Esquerdo, G. A.; Hergenrother, C. W., 2005, AAS, 20711013
- Matijević, G., Prša, A., Orosz, J. A., et al. 2012, AJ, 143, 123
- Rowe, J. F., Coughlin, J. L., Antoci, V., Barclay, T., Batalha, N. M., Borucki, W. J., Burke, C. J., Bryson, S. T., Caldwell, D. A., Campbell, J. R., and 36 coauthors, 2015, ApJS, 217, 16
- Slawson, R., Prša, A., Welsh, W. F., et al. 2011, AJ, 142, 160
- Southworth, John, 2012, MNRAS, 426, 1291
- Tran, K., Levine, A., Rappaport, S., et al., 2013, ApJ, 774, 81
- Tokunaga, A. T. 2000, in Allen's Astrophysical Quantities, ed. A. N. Cox (4th ed.; New York: Springer), 143
- Watson, C. L., Henden, A. A., Price, A., 2006, SASS, 25, 47
- Zacharias, N.; Monet, D. G.; Levine, S. E.; Urban, S. E.; Gaume, R.; Wycoff, G. L., 2004, AAS, 205, 4815

Erişim:

023-1510: UAK-2018 Program — UAK Bildiri — Turkish J.A&A.