

Aktif Çift Yıldızlarda Fotometrik Dönem Değişimleri

Serdar Evren

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

Özet. Kromosferik aktif çift yıldız V2075 Cyg' nin 1992-2001 yılları arasında yapılan BV ışıkölçümü ve uzun dönemli leke davranışları araştırıldı. Bu veri gruplarından hesaplanan fotometrik dönem yaklaşık 4.5 yıllık bir dönemle sinüs benzeri değişim gösterir. Yıldızın ortalama parlaklığı da zamanla değişmektedir. Parlaklık değişimi ve dönem değişimi arasında bulduğumuz ilişkiye göre, yıldızın parlaklığı azaldığında fotometrik dönem daha uzun olmaktadır. Bu sonuç, lekeler yıldız üzerinde daha büyük alan kaplandığında yıldızın daha yavaş döndüğünü açıklar.

1. Giriş

Düzensiz olmayan yüzey parlaklık dağılımına sahip geri tayf türünden yıldızların ışıkölçümü, yıldızların kendi eksenini etrafında dönmesi sonucunda ortaya çıkan parlaklık değişimlerini bulmamıza olanak sağlar. Bu gibi fotometrik değişimlerin arkasındaki fiziksel olay, aktif bölgeler olarak da adlandırılan soğuk yıldız lekeleri ve sıcak fakülalardır. Aslında, soğuk yıldız lekeleri konvektif hareketleri engelleyen, yeterince kuvvetli yerel manyetik alanlardır. Bu yüzden, yıldızın içinden yüzeye doğru olan erke akışı engellenir. Bu bölgeler parlak fotosfere göre karanlık ve soğuk alanlar olarak kendini gösterir. Yıldız lekelerinin varlığı yalnız dönme döneminin ve diferansiyel dönmenin doğru saptanmasını değil, yüzey sıcaklık dağılımı ve bünyesel değişimi hakkında bilgi edinmemizi de sağlar (Strassmeier et al. 1997).

2. Fotometrik Dönem ve Etkilendiği Parametreler

Tutulmalar gösteren, sorunsuz kabul edilebilecek bir örten çift yıldız sisteminin yörünge dönemini, fotometrik yollardan giderek hesaplamak oldukça güvenilir sonuçlar verir. Sistemin arka arkaya yapılan baş minimum gözlemlerine ilişkin minimum zamanları hesaplanır ve bu değerler kullanılarak yörünge dönemindeki olası değişimler bile ortaya konabilir. Yakın çift yıldızların büyük bir çoğunluğunda, yörünge dönemi ve dönme dönemi de yaklaşık eşit kabul edildiğinden genelde sistemdeki bileşenlerin dönme dönemi de bulunmuş olur. Ancak, günümüzde birçok çift sistemin yörünge ve dönme dönemlerinin birbirlerinden oldukça farklı olduğunu da biliyoruz.

Eğer, çift yıldız olduğunu bildiğimiz sistemimiz yörünge eğikliğinin uygun olmamasından dolayı ışık eğrisinde tutulmalar göstermiyorsa veya eş yüzey parlaklık dağılımına sahip bir tek yıldızımız varsa, bu yıldızların fotometrik gözlemleri sonucunda bir parlaklık değişimi elde edemeyiz. Geri tayf türünden olduğunu bildiğimiz böyle yıldız örneklerinde, fotometrik gözlemler sonucunda dalga benzeri bir parlaklık değişimi elde ediliyorsa, bu değişimin nedeni genelde çiftin veya tek yıldızın yüzeyindeki düzensiz olmayan parlaklık dağılımından, yani yukarıda sözedilen aktif bölgelerin varlığından kaynaklanır. Yıldız döndükçe, bir leke veya leke grubunun bir görünüp bir görünmemesi yıldızın parlaklığını belli bir oranda değiştirecektir. Uzun zaman aralığı içinde elde edilmiş dalga biçimli parlaklık değişimlerinin, genelde minimum veya maksimum zamanları arasındaki farklardan giderek bulunan dönem de fotometrik dönemdir ve değişkendir.

Geri tayf türünden, kromosferik aktif, tek veya çift yıldızlar için, bu yöntemle bulunan fotometrik dönem; Aktif bölgelerin, özellikle de soğuk yıldız leke veya leke gruplarının: sayılarından, konumlarından, aktiflik derecelerinden, boyutlarından, yaşam sürelerinden ve sistemin yörünge eğikliğinden çok fazla etkilenmektedir. Parlaklık değişimlerinden giderek bu etkilerin hepsini ortaya çıkarmak için uzun zaman aralığına sıkça yayılmış, güvenilir fotometrik ölçümlere gerek vardır. Ancak, o zaman fotometrik dönem değişimlerinin nedenlerine ilişkin kabul edilebilir sonuçlara ulaşılabilir.

Bir kromosferik aktif yıldızın dönmesinden kaynaklanan ve günden güne değiştiği görülen fotometrik değişimler, soğuk yıldız lekelerinin asimetric dağılımının görüntüsünü temsil ederken, uzun yıllar içinde elde edilmiş daha uzun dönemli değişimler, lekelerin toplam aktivitesindeki daha yavaş değişimlerden kaynaklanır (Fekel et al. 2001). Çoğu zaman birçok kromosferik aktif yıldız, yaklaşık 180° boylam farklı iki ayrı bölgede leke yoğunlaşması (aktif boylamlar) gösterir. Bu durum, bir yıldız dönüşü içinde, elde edilen ışık eğrisinde iki maksimum ve iki minimum görülmesine neden olur. Bu yüzden bazen fotometrik dönem, dönme döneminin yarısına kadar azalmış olarak bulunur.

Çevrimsel yörünge dönemi değişimleri veya aktif boylamların yer değişimleri ile toplam parlaklık değişimi arasında bir ilişki olduğu bilinmesine rağmen tüm bu olayları ilişkilendiren bir kuram henüz ortaya atılamamıştır.

3. Güneş Lekelerinin Dönme Hızındaki Değişimler

Güneş'in dönmesi klasik bir sorundur ve bugüne kadar Galileo dahil Carrington, Spörer, Maunder ve birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır. İlk çalışmalardan belirlendiği gibi; Güneş, eşlek yakınında uçlaktan daha hızlı döner ve buna "*diferansiyel dönme*" denir. Güneşin dönmesi üzerine yapılan çalışmalardan, sistematik değişimler ortaya çıkmıştır. Bu değişimlere göre dönme hızı; lekelerin boyutu (alanı), şekli, konumu ve hatta leke çevriminin evresine bağlıdır. Güneş lekelerinin konveksiyon bölgesinin tabanına yakın yerlerde oluştuğuna inanılır. Konveksiyon bölgesi içinde yüzeye doğru yükseldikçe, lekelerin yapısı ve dinamiği; koriolis kuvveti, sürtünme kuvveti, konvektif ve çalkantı kuvvetleri gibi dış kuvvetlerden etkilenir. Bu yüzden güneş lekeleri yüzey altındaki plazmanın yapısını anlamamıza ve izlememize yardımcı olurlar.

Pulkkinen & Tuominen (1998), 143 yıllık zaman aralığına yayılmış modern çağa ilişkin güneş gözlemlerinin hız yapılarındaki dönmeye ilişkin değişimi incelemişler ve maksimum dönme hızının eşlekte değil, 7° uzakta olduğunu bulmuşlardır. Eşlekteki dönme, her iki yarıkürede ulaştığı maksimum değerden kuzey yarıküre için yaklaşık %2, güney yarıküre için yaklaşık %4 daha yavaştır. Diğer bir bulguları, kuzey yarıkürenin yüksek enlemlerindeki lekeler çevrelerinden daha hızlı dönerler. Bu durum, yüksek enlemlerdeki lekelerin yaş dağılımıyla açıklanabilir. Buradaki lekeler genelde daha hızlı dönen genç lekelerdir. Aslında, en yaşlı lekeler zaten yüksek enlemlerde görünmez. Çevrim başlangıcındaki zayıf aktivite uzun yaşamlı lekeleri üretmediğinden bu durum doğal gibi görünür. Yaşlı lekeler bir çevrim içinde eşlek bölgelerinde de yoktur. Bu lekeler hala bir önceki zayıf manyetik aktivite çevrimine aittir. Çevrimlere ayrı ayrı bakıldığında güney yarıkürenin, çoğu çevrimde kuzeydekenden daha hızlı döndüğüne rastlanmıştır. Diğer bir önemli konu da, tek lekeler karşı leke gruplarının davranışdır. Tek lekelerin yaş dağılımı leke gruplarından farklıdır. Tek lekelerin dönme hızı, leke gruplarındakine karşılaştırıldığında daha yavaştır.

Güneş'in dönme sorunu hakkında açıklanması gereken üç önemli nokta vardır. Birincisi, tayfsal ölçümlerden ve manyetik izlerin yer değiştirmesinden bulunan değerler birbirinden farklıdır. Bu uyumsuzluğun nedeni henüz ortaya konmamıştır. Ancak, görüşlere göre manyetik izler fotosferden daha derin katmanlardan kaynaklanır ve bunların yüzeye yansımaları değişik olur. İkincisi, dönme hızının yüksekliğe bağlı ölçümü değişik sonuçlar verir. Sorun hala çözülememiştir. Üçüncüsü, çeşitli çalışmalar dönme hızı ve aktivite çevrimi arasında bir ilişki bulmuştur. Bu analizlerin çoğu dönme hızı belirteci olarak manyetik izleri kullanır. Belirteçlere göre Güneş, aktivitesinin minimum olduğu anda yaklaşık %0.7 daha hızlı dönmektedir.

Güneş'in dönme hızındaki sistematik değişimler leke alanlarıyla ilişkilidir. Ward (1966)'ın yaptığı analiz, büyük alanlara sahip olan lekelerin küçük leke gruplarından daha yavaş döndüğünü gösterir. Aslında, Pulkkinen & Tuominen (1998)'e göre, lekelerin dönmelerini belirleyen parametre onların yaşı değil boyutlarıdır. Yeni doğan lekeler küçüktür ve yaşlandıkça boyutları büyür. Buradan çıkan sonuç, küçük lekeler büyüklerden daha hızlı dönüyor olmalıdır. Olası nedeni daha küçük manyetik veya ısıl difüzyondur.

Howard (1984)'ın yaptığı çalışmada, üç farklı boyuttaki lekelerin dönme hızları birbirinden farklıdır. En büyük lekeler en yavaş dönerler. Lekelerin farklı dönme hızları, lekelerle ait yüzey altı akı tüplerinin farklı derinliklerde oluşmasından olabilir. Diğer bir olası açıklama ise, daha büyük lekelerin yüzeye olan yapışkanlığı küçük lekelerinkinden daha büyüktür. Dolayısıyla, onların fotosferdeki sürüklenmesi daha yavaştır.

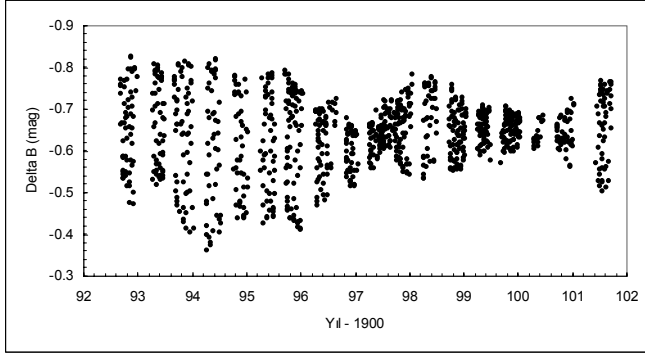
Leke dönme hızı ve leke alanı bilgisi; yarıküre, leke çevrim evresi ve herbir leke çevrimine göre araştırılmıştır. Bu üç durumda da leke alanı küçük olduğu anda ve yerde, Güneş hep daha hızlı döner. Sanki, lekeleri üreten dinamik işlemler dönme hızını düşürme eğilimindedir. Örneğin, konvektif hareketlerdeki değişimler bu katmanları yavaşlatırken daha çok leke üretir. Ancak, dinamo kuramına göre, dinamonun şiddeti dönme hızının artmasıyla artar. Ama buradaki sonuçlara göre dönme hızı arttıkça, leke sayılarında azalma görülür. Diğer olasılık, dönme hızındaki artış, leke oluşumunu yokeder ama bu etki için fiziksel neden bilinmemektedir (Hathaway & Wilson 1990).

Bir leke çevriminin aktivitesi, onun uzunluğuyla kabaca ilişkilidir. Daha aktif bir çevrim daha kısa sürer. Çevrim aktivitesi için diğer bir ilişki dönme hızından bulunabilir. Bir çevrimin genliği veya aktivitesi, herbir çevrim boyunca lekelerin toplam alanlarının hesaplanmasıyla bulunabilir ve negatif bir ilişki görünür. Daha aktif çevrim daha yavaş döner (Pulkkinen & Tuominen 1998). Hathaway & Wilson (1990)'ın yaptığı çalışma, leke çevrimleri içindeki dönme hızı değişimlerini verir. Ortalama dönme hızı

leke çevriminin boyutu (max. genlik) ile ters olarak değişir. Maunder minimum boyunca Güneş bugünkü değerinden yaklaşık %0.5 daha hızlı dönmüş görünmektedir.

4. Fotometrik Dönem-Parlaklık İlişkisi

İkinci bölümde belirtildiği gibi tutulma göstermeyen kromosferik aktif bir çift yıldızın fotometrik gözlemlerinden elde edilen parlaklık değişimlerinin yorumlanması, leke faaliyetlerine ilişkin bilgiler kazandırır. Eldeki gözlemler 10-20 yıl gibi nekadarkı çok uzun zaman aralığını kapsıyorsa lekelerin veya aktif bölgelerin genel davranışları daha iyi ortaya konabilir. 100 yılı aşkın güneş lekeleri gözlemleri



Şekil 1. V2075 Cyg'nin B ışıkölçümü.

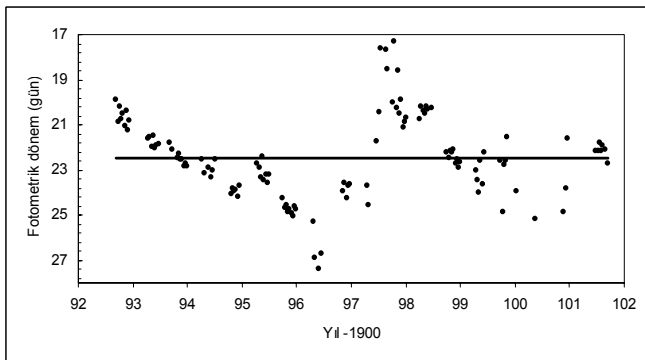
sonucunda bile açıklanamayan bazı sorunlar bulunmaktadır. Lekeli yıldızlardaki aktivitenin güneş benzeri bir aktivite olduğu bilinmesine rağmen güneşdekinden kat kat daha büyük olduğu da açıktır. Güneş aktivite belirteçlerinden ve benzerliklerinden giderek birçok aktif yıldızın yüzey yapısı hakkında daha iyi sonuçlara ulaşılmıştır.

O halde, güneş üzerindeki büyük boyutlu güneş lekelerinin diğerlerine göre daha

yavaş döndüğü veya hareket ettiği bilindiğine göre, aktif yıldızlar üzerindeki büyük boyutlu lekelerin de daha yavaş hareketi sözkonusu olabilmelidir. Yıldız yüzeyindeki lekeleri güneş yüzeyindekiler gibi görerek işlem yapamayacağımıza göre, geriye onlardan aldığımız ışığı iyi yorumlamak kalıyor. Büyük lekeler yüzeyde daha büyük alanlar kaplayacağından saptadığımız ışık kayıpları da aynı aktiflik derecesine sahip küçük lekelerinkine göre daha büyük olacak, yani yıldızın ortalama parlaklığı daha fazla azalacaktır. Gelişimi içinde farklı boyutlara ulaşan lekelerin zamana bağlı parlaklık değişimindeki dalga biçimli bozulmaların minimumları arasındaki zaman farkının (fotometrik dönem) da aynı zaman içinde değişmesi gerekir. Fotometrik dönemin artması lekelerin daha yavaş hareketini gösterecek. Daha yavaş hareket eden lekeler daha büyük lekeler olacağına göre sistemin ortalama parlaklığının da düşmesi yani sistemin daha sönük gözlenmesi beklenmelidir.

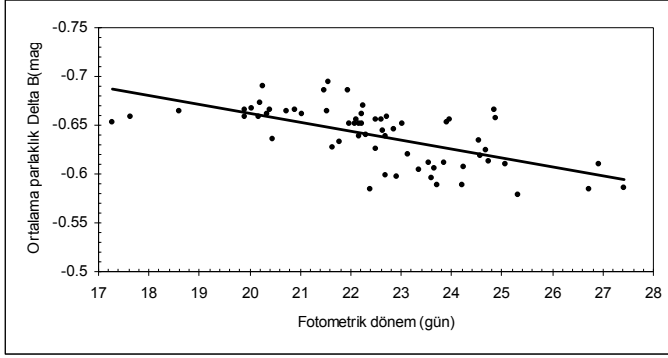
5. V2075 Cyg ve Sonuçlar

Fotometrik dönem ve ortalama parlaklık arasında olmasını beklediğimiz yukarıdaki gibi bir ilişkinin araştırmasını, kromosferik aktif bir çift yıldız olduğu bilinen 22.62 gün yörünge dönemli, G8 tayf türünden bir dev yıldız olan V2075 Cygni'nin yaklaşık on yıllık fotometrik gözlemlerine uyguladık. Sistemin 1992 -2001 yılları arasında (1996'dan itibaren Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde) B ve V süzgeçleri kullanılarak yapılan gözlemlerinden, B bandında elde edilen yıllara göre parlaklık değişimi Şekil 1' de gösterilmiştir.



Şekil 2. V2075 Cyg'nin fotometrik dönem değişimi.

Her yıla ilişkin parlaklık değişimlerinin maksimum ve minimum zamanları kullanılarak ortalama 22.45652 günlük fotometrik dönem bulduk. Ancak, bu dönem 4.5 yılda bir 4 gün genlikli sinüs benzeri bir değişim de göstermektedir (Şekil 2). Aynı zaman dilimlerinde elde edilen ortalama parlaklık değerleriyle hesapladığımız fotometrik dönemleri



Şekil 3. Ortalama parlaklık ile potometrik dönem arasındaki ilişki.

olacaktır.

KAYNAKLAR

- Fekel F.C., Henry G.W., Brooks K., and Hall D.S. 2001, AJ, 122, 991
 Hathaway D.H. and Wilson R.M. 1990, ApJ 357, 271
 Howard R. 1984, Ann. Rev. Astron. Astrophys. 22, 131
 Pulkkinen P. and Tuominen I. 1998, A&A 332, 748
 Strassmeier K.G., Bartus J., Cutispoto G., and Rodono M. 1997, Astron. Astrophys. Suppl. Ser. 125, 11
 Ward F. 1966, ApJ 145, 416

grafiklediğimizde (Şekil 3) ise ortaya attığımız düşünceyi destekler nitelikte bir sonuç çıkmaktadır. Yani, sistemin fotometrik dönemi arttığında ortalama parlaklığı daha sönük olmaktadır. Bu durum, ortalama parlaklığı söndüren yıldız yüzeyindeki daha büyük lekelerin daha yavaş hareket ettiğini veya yıldızın daha yavaş döndüğünü göstermektedir. Benzer ilişkinin, özellikle uzun yörünge dönemli diğer aktif yıldızlarda da araştırılması konunun geliştirilmesine yardımcı