

Lambda Andromedae: Dönem – Parlaklık İlişkisi

Günay Taş

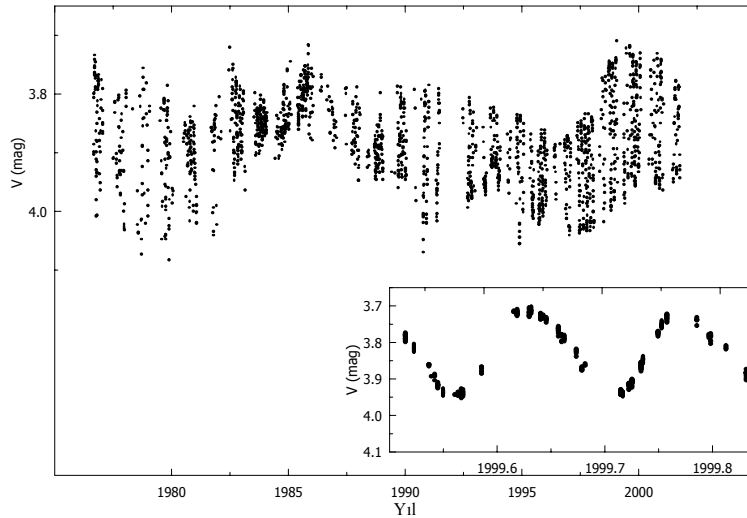
Ege Üniversitesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü

1. Giriş

λ And, G8 IV-III tayf türünden tek çizgili tayfsal çift yıldızdır. İkinci bileşen küçük kütlelidir; beyaz cüce ya da kahverengi cüce olma olasılığı tartışılmaktadır. X-ışın çalışmaları bir beyaz cüce olasılığının zayıf olduğunu göstermektedir (Donati et al. 1995).

RS CVn değişen sınıfının uzun dönemliler grubunun bir üyesidir. Işık eğrisinde görülen dalganın dönemi ~ 54 gündür. Dairesel yörüngeye sahip olmasına rağmen asinkronize bir sistemdir. Yörünge dönemi ~ 20.5 gündür (Henry et al. 1995).

Fotometrik çalışmalar göstermiştir ki λ And'ın ışık değişiminin biçimi ve genliği, gözlem sezonları boyunca değişmektedir. λ And'ın ışık değişimi üzerindeki baskın etkinin, güneş benzeri aktivitenin bir parçası olan lekeler olduğu kabul edilmektedir.



Şekil 1. λ And'ın 1976 ile 2001 yılları arasında V bandında elde edilen 25 yıllık ışık değişimi. Sağ alttaki parçada λ And'ın 1999 yılında elde edilen bir yıllık ışık değişimi gösterilmektedir.

2000 yıllarını kapsamaktadır. Diğer süzgeçlerde yapılan gözlemler bazı dönemlerde kesintiye uğrarken, V süzgecinde sürekli elde edilmiş gözlem noktaları olduğu için, çalışma V bandında elde edilmiş gözlem noktaları üzerinden yapılmıştır.

3. Parlaklık ve Dönem Değişimleri

3.1 Yöntem

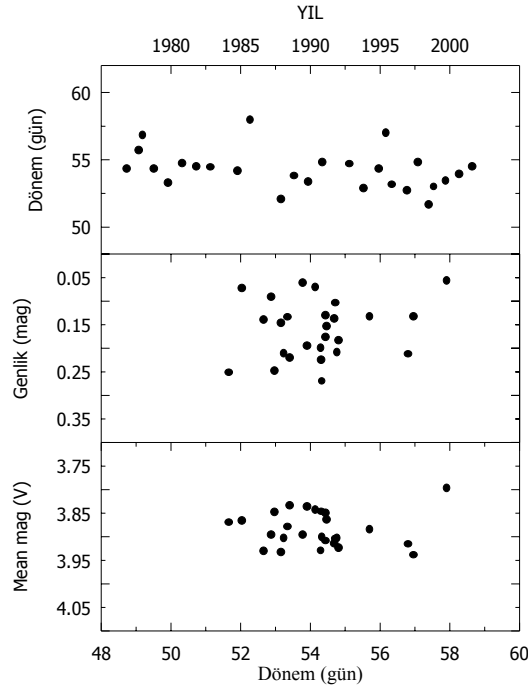
λ And'ın parlaklık ve dönem değişimini ortaya koymak için iki ayrı çalışma yapılmıştır;

a) Her bir gözlem sezonu için gözlem verisi PERIOD98 (Scargle 1982) programı kullanılarak temsil edilmiştir. Dönem analizinin gösterdiği ortalama parlaklık, dönem ve genlik değeri bu çalışmada kullanılmıştır. Bir gözlem sezonu içindeki en büyük ve en küçük parlaklık değerleri, maksimum ve minimum parlaklık ve maksimum genlik, o sezona ilişkin ışık değişiminin ortalama genliği olarak kabul edilmiştir. Genlik, ortalama parlaklık ve dönem değerleri bir gözlem sezonunu tanımlamaktadır. Bazı gözlem sezonlarında uzun, bazılarında ise kısa süreli gözlem yapılmıştır. Bazı sezonlarda çevrimden çevrime genlik ve ortalama ya da minimum parlaklık değişmektedir. Herbir nokta bu değişim trendini tek bir nokta olarak içinde barındırmaktadır. Böylece, JD'ye göre sezonluk parlaklık, genlik ve dönem değerleri elde edilmiştir. Literatürde karşılaştığımız yöntem genellikle budur. Şekil 2'de sezonluk ortalama parlaklık ve genliğin döneme göre değişimi gösterilmektedir.

Bu çalışmada, λ And'ın 1976 ile 2001 yılları arasındaki gözlem verileri kullanılarak uzun dönemli ışık değişimi ve bu değişimin fotometrik döneme etkisi araştırılmıştır.

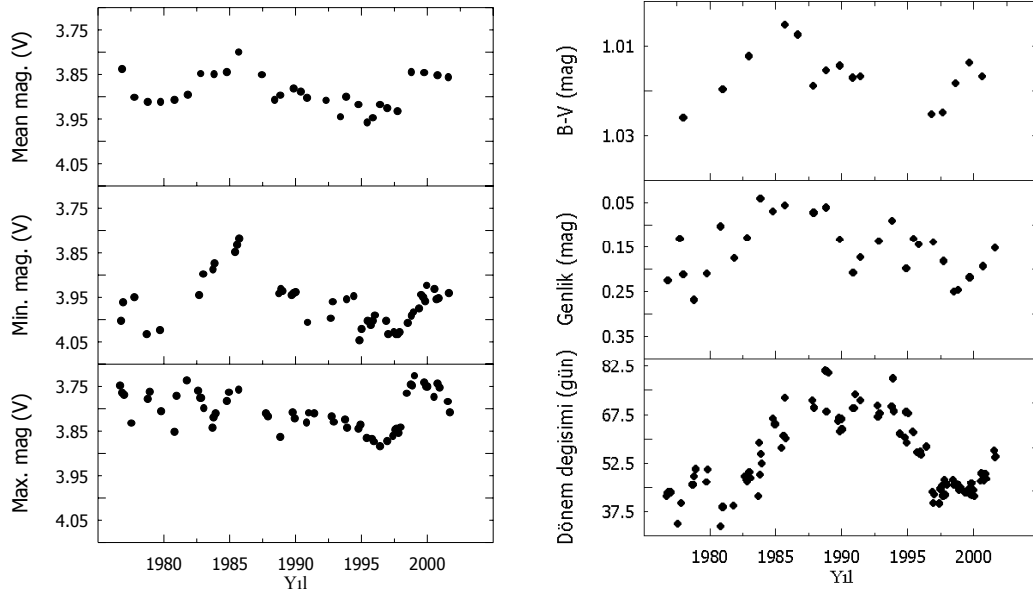
2. Gözlemler

λ And, 1996–2001 yılları arasında Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde 48 cm'lik Cassegrain ve 30 cm'lik Schmidt – Cassegrain türü teleskoba bağlı SSP-5 fotometresi kullanılarak U, B, V, R süzgeçleriyle gözlenmiştir. Gözlemlerde mukayese yıldızı olarak ψ And ve denet yıldızı olarak κ And kullanılmıştır. Aynı mukayese yıldızlarını kullanan G. Henry'den alınan gözlem verileri de 1976 ile



Şekil 2. Sezonluk ortalama parlaklık ve genişliğin döneme göre değişimi.

değişimi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Şekil 3'de yıllara göre ortalama, minimum ve maksimum parlaklık, genlik, renk ve dönemin değişimi gösterilmektedir.



Şekil 3. Yıllara göre ortalama, minimum ve maksimum parlaklık, genlik, renk ve dönemin değişimi.

3.2 Sonuçlar

İki yöntem de bizi benzer değişimlere götürmüştür. Bu çalışmanın sonuçlarını şöyle sıralayabiliriz:

- Maksimum parlaklıklar yıllar içinde küçük bir değişimle yaklaşık $3^m.8$ 'de sabit kalmaktadır. Henry et al. (1995), ortalama parlaklıktaki değişimin lekelerin evriminden kaynaklanırken, maksimum parlaklıktaki küçük değişimlere kutup lekelerinin neden olacağını önermişlerdir. Sistemin eğikliği 60° dir. Dolayısıyla, her bir çevrim boyunca kutup bölgelerinin bir kısmını da görmekteyiz.

Şekilden görülebileceği gibi sezonluk veriden elde edilen ortalama dönem değişimi yıllar içinde 53 ile 56 gün arasında ortalama bir değerde kalmaktadır. Sezonluk veriye göre ortalama parlaklık 0.1 kadir civarında değişirken ($3^m.84$ ile $3^m.94$ arasında), genlik 0.2 kadir değişmektedir (0.05 ile 0.25 kadir arasında). Ortalama parlaklık ve genlik değişimi, dönem ile ilişkili değildir.

b) Işık değişiminin her bir maksimum ve minimumundan parabol geçirerek, parabol denkleminde katsayılar bulunmuş ve $-b/2a$ formülüyle parabolün tepe noktaları hesaplanmıştır. Böylece her bir minimum ve maksimum ışığa ilişkin parlaklık ve JD değerleri elde edilmiştir. Her bir JD'ye karşılık gelen çevrimler, Henry et al. (1995)'den alınan aşağıdaki ışık öğeleriyle hesaplanmıştır;

$$\text{HJD (min)} = 24\,43829.2 + 53^d.95 \times E$$

Daha sonra en küçük kareler yöntemiyle, T_0 ve P düzeltilmiştir. Yeni bulunan fotometrik döneme O-C (II) değerleri eklenerek dönemin yıllar içinde nasıl değiştiği bulunmuştur. Ayrıca, maksimum, minimum ve ortalama parlaklığın uzun dönemli değişimleri elde edilmiştir. Daha sonra parlaklık ve dönem

değişimi arasındaki ilişki araştırılmıştır. Şekil 3'de yıllara göre ortalama, minimum ve maksimum parlaklık, genlik, renk ve dönemin değişimi gösterilmektedir.

G. Taş: Lambda Andromedae: Dönem – Parlaklık İlişkisi

- Ortalama parlaklığın değişimi ve dönemi, minimum parlaklık değişimine benzemektedir. Ortalama parlaklığın değişim dönemi ~14 yıl ve genliği ise $0^m.08$ 'dir.
- Minimum parlaklık en sönükken ortalama parlaklık da en sönüktür.
- Sistem 1986'da en parlaktır. Çünkü, minimum ve ortalama parlaklık, maksimum parlaklıkla aynı düzeydedir. Bu dönemde yıldızın en lekesiz anında olduğunu söyleyebiliriz. Ancak, parlak yapıların etkisi varsa, aynı kalmıştır. Çünkü, maksimum parlaklık düzeyi değişmemiştir.
- Sistem 1996 – 1997 yıllarında en sönüktür. Çünkü, minimum parlaklık en sönüktür ve maksimum parlaklıkta da bir azalma vardır.
- Genliğin, minimum ve ortalama parlaklıkla aynı yönlü değişmesi (bire bir değil, bir miktar kaymayla beraber), yıldız yüzeyinin lekelerle kaplı alanının azalmasından dolayıdır. Yıldız yüzeyinde leke alanı maksimumken, genlik en büyük ve parlaklık en sönüktür. Ortalama parlaklık maksimum iken genlik en küçüktür. Ancak, maksimum parlaklık düzeyi değişmemiştir. Dolayısıyla, soğuk aktif yapılarla kaplı yüzey parçası azalmıştır, ancak parlak aktif yapılar yüzeyde büyük alan kaplıyor olmalıdır. Çünkü, genliğin küçük olması aktif yapıların azalması kadar yıldızın yüzeyine homojen olarak dağıldığını da gösteriyor olabilir. Minimum parlaklık düzeyinde görülen artış lekelerin azaldığına işaret ediyor olmalıdır.
- Sınırlı sayıda B verisi de kullanılarak B-V renk değişimine bakıldığında dönem analizi ortalama parlaklık değişimiyle aynı dönemi vermektedir: ~18 yıl ve genlik 0.02 kadirdir. *Astrofizik olarak beklendiği gibi sistem en parlakken, en mavi (1986) ve en sönükken, en kırmızıdır (1995).*
- Bu çalışma göstermiştir ki λ And'ın fotometrik dönemi değişmektedir. Değişimin genliği ~32 gündür ve ~18 yıllık dönemle değişmektedir.
- Ortalama parlaklık artarken (sistem parlarken), dönem değişiminin (dönem büyüyor) yaklaşık olarak zıt yönlü değiştiğini fakat, tam olarak ayna görüntüsü vermediğini görüyoruz. Zıt ilişki yıllar içinde tam olarak görülmemekte biraz kaymaktadır. Dönemin sabit kaldığı anda renk kırmızılaşmaktadır.

1980'de ortalama parlaklık minimum- dönem değişimi en az (min)- genlik en büyük

1986'da ortalama parlaklık maksimum – Dönem maksimum (artış yönünde)- genlik en küçük

1993'de ortalama parlaklık minimum- Dönem değişimi bu süre içinde maksimum düzeyde düz – genlik de düz

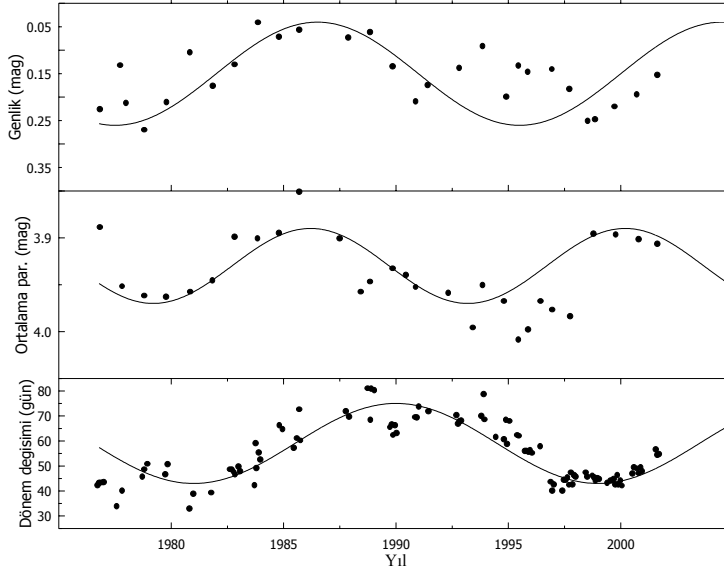
1993'den 2000'e kadar sistem parlıyor – Dönem azalıyor – genlik artıyor

Aynı görüntü minimum parlaklık için de geçerli.

- Yıldız yıllar içinde sönerken, dönem değişiminin maksimum düzeyde sabit kalması, lekeler dışında bir başka etkinin daha olduğunun göstergesidir. Bu, lekelerden önce ortaya çıkan ve bu soğuk bölgeler kaybolduktan sonra da varlıklarını koruyan, lekelerle göre daha uzun ömürlü ve parlak yapılar olan fakülalarla ilişkili olabilir. Ortalama parlaklık değişimi lekelerle ilişkilirken, dönem ve genlik değişimi lekelerle beraber diğer aktivite yapılarının da etkisini gözönüne almak gerektiğini göstermektedir.

Gerçekten de yaş – aktivite ilişkisi üzerine yapılan çalışmalar göstermiştir ki; genç yıldızların hem kısa hem de uzun dönemli parlaklık değişimleri üzerinde baskın etkiye sahip olan aktivite yapıları lekelerken, güneş gibi yaşlı yıldızların kısa süreli parlaklık değişimi üzerinde etkin olan yapılar lekeler olmasına rağmen, uzun dönemli değişimi fakülalarla ilişkilidir (Schrijver and Zwaan 2000).

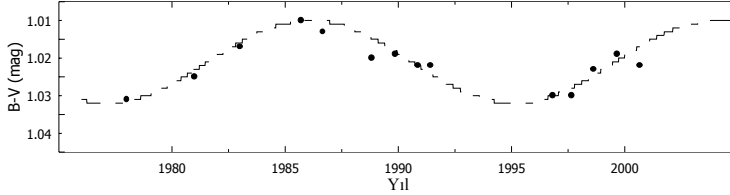
Şekil 4'de ortalama parlaklık, genlik ve dönem değişimleri arasındaki ilişki gösterilmektedir.



Şekil 4. Ortalama parlaklık, genlik ve dönem değişimleri arasındaki ilişki.

yaşam süresi, uzun olanı ise aktivite çevrimi olarak yorumlamışlardır.

Bazı aktif yıldızlar (II Peg, Sigma Gem, V711 Tau gibi), genlik ve



Şekil 5. Ortalama rengin yıllar içindeki değişimi.

λ And'ın Li çalışmaları onun evrimleşmiş bir yıldız olduğunu kanıtlamaktadır. Bu durumda gözlenen uzun dönemli değişimin üzerine fakula etkisi en baskın olmalıdır. Ancak bu etkiyi doğrudan kolayca belirlemek günümüz aktivite çalışmaları için kolay değildir. Dönem değişimi, ortalama parlaklıktan çok genlik değişimi ile ilişkili görünmektedir. Dönemin en uzun olduğu anlarda genlik en küçüktür. Buradan aktif (sıcak) yapıların tüm yıldız yüzeyi üzerinde homojen olarak dağıldığı sonucuna ulaşabiliriz.

Henry et al. (1995) dönem analizi sonuçlarından 6.5 ve 11.1 yıllık iki dönem elde etmiştir. Bu dönemlerden kısa olanı leke

ilişki göstermez. Bunun nedeni; genlikteki değişimler, lekeliilik düzeyindeki herhangi bir değişimden çok, lekenin yüzeyde yeniden dağıtıldığını gösterdiği içindir (Fekel et al. 2002).

Bu çalışma, Henry et al. (1995)'den çok Fekel et al. (2002)'nin yorumunun daha

doğru olduğunu göstermektedir. Sistem parlarken, genliğin artması aktif bölgelerin yüzey üzerinde homojen olarak dağılması yerine belli bir bölgede yoğunlaştığını göstermektedir; diğer yandan sistem parlarken dönemin ise aktiflik düzeyinde azalma olduğuna işaret etektedir.

Ortalama 7 yıllık bir sürede λ And'ın yüzey aktivite görüntüsü değişmektedir. Bu bizi yaklaşık 14 yıllık bir aktivite çevrimine götürmektedir. 14 yılda bir sistem en parlak ya da en sönük olmaktadır. Bu değişim üzerinde baskın etkiye sahip olan aktivite yapıları lekelerdir.

Ancak tüm aktivite yapılarının (sıcak+soğuk) etkisini genlik ve dönem üzerinde görüyoruz. Dönemin en kısa olduğu anlarda genlik en büyüktür. Soğuk yapıların belli bir bölgede yoğunlaştığını ancak aktivite düzeyinin maksimum olmadığını gösteriyor. Genlik en küçükken dönem en büyük ve yaklaşık 7 yıl boyunca sabit düzeyde kalıyor. Bu an yıldızın en yüksek aktiviteye sahip olduğu andır. Aktivite yapıları yıldız yüzeyi üzerinde homojen olarak dağılmıştır. Bu anda ortalama parlaklıktaki değişim lekeliilik düzeyinin ve leke alanlarının değişimiyle ilişkilidir.

Genlik ve renk değişimine baktığımızda; genlik azalırken, renk aynı dönemle mavileşmektedir. Renk kırmızılaşırken genlik artmaktadır. Dönem değişiminin sabit kaldığı sürelerde renk maviden kırmızıya gitmektedir.

Kaynaklar.

- Donati, J.F., Henry, G.W., Hall, D.S. 1995, A&A 293, 107.
- Fekel, F. C., Henry, G. W., Eaton, J. A., Sperauskas, J., Hall, D.S. 2002, AJ 124, 1064.
- Henry, G.W, Eaton, J. A., Hamer, J. 1995, ApJSS 97, 513.
- Scargle, J.D. 1982, ApJ 263, 835.
- Schrijver, C.J. and Zwaan, Z. 2000, "Solar and Stellar Magnetic Activity", Cambridge Astrophysics Series, No. 34.