

V471 Tauri: Uzun Dönemli Gözlemler ve Sonuçlar

Cafer İBANOĞLU

Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, 35100 Bornova-İZMİR
e-mail: ibanoglu@astronomy.sci.ege.edu.tr

ÖZET: V471 Tauri örten çift yıldızı bir beyaz cüce ile anakol kırmızı cüce yıldızından oluşur. Örten çift özelliğinin bulunduğu 1970 yılından bu yana dizge erke tayfının hemen hemen tüm dalgaboylarında gözlenmiştir. Ege Üniversitesi Gözlemevi'nde 1973-1999 yılları arasında sürekli olarak her yıl ışık eğrisi elde edilen bu örten çift yıldızın yörünge dönemindeki değişme, ortalama parlaklığındaki değişme ve beyaz cücenin parlaklığında gözlenen uzun dönemli değişmeler incelenmiş ve bu değişmelerin nedenlerinin neler olabileceği tartışılmıştır.

1. Giriş

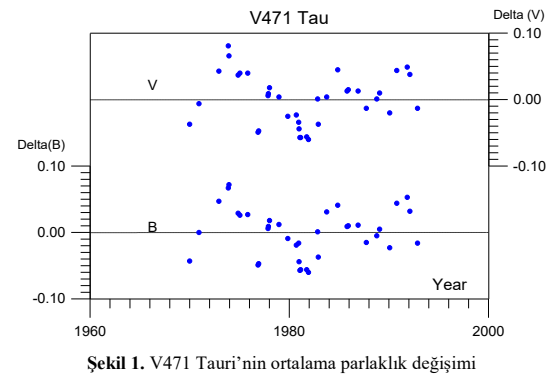
V471 Tauri'nin bir örten çift yıldız olduğu Nelson ve Young (1970) tarafından bulundu. Örten çift yıldız üyesi bir beyaz cücenin bulunması ışık ve dikine hız eğrilerinden beyaz cücenin kütle ve yarıçapını belirleme olanağı sağladı. Hemen bir yıl sonra Young ve Caps (1971) yıldızın özdevinimlerini ölçerek Hyades açık yıldız kümesinin üyesi olduğunu bildirdiler. Böylece, beyaz cücenin kırmızı dev aşamasında kaybedebileceği kütle alt sınırı belirlenebildi. Nelson ve Young, ışık eğrilerinin analizi ile yörünge eğikliği ve yıldızların yarıçaplarını buldular. İbanoğlu (1978), 1973 ile 1978 yılları arasında elde ettiği ışık eğrilerinden kırmızı cüce K2V yıldızının güneş türü etkinlikler gösterdiğini, ışık eğrisindeki dalga benzeri bozulmanın ışık eğrisinin tamamını 191 günlük dönemlerle taradığını ve yörünge döneminin zamanla değiştiğini duyurdu. Bundan önce Young ve Lanning (1975) yörünge dönemindeki değişimi incelemiş ve bu değişimin kütle aktarımından kaynaklanabileceğini ileri sürmüşlerdi. Aynı gözlem verileri Herczeg (1975) tarafından incelendi ve çifte dinamik olarak bağlı üçüncü bir bileşenin olabileceği önerisi yapıldı. Oliver ve Rucinski (1978), yörünge döneminde nedeni belli olmayan üç ayrı değişimin olabileceğini ileri sürdü. Beavers ve ark. (1986) çiftin yörünge döneminin değişmediğini, tutulma zamanlarındaki dönemli kaymaların üçüncü cisimden kaynaklandığını ve örten çiftin üçüncü cisimle oluşturduğu kütle merkezi çevresinde bir dolanımını 24.64 yılda tamamladığını önerdiler. Skillman ve Patterson (1988)'e göre bu dönem 20 yıl yöresindedir ve üçüncü cismin kütlesi 0.04-0.20 M_{\odot} arasındadır. Applegate (1992), RS CVn türü örten çift yıldızlarda gözlenen dönem değişimlerinin çiftin bileşenlerinden birindeki manyetik etkinlikten kaynaklanabileceğini ileri

sürdü. Bu öneriye göre yörünge dönemindeki değişim ile çiftin ortalama parlaklığındaki değişim aynı dönemli olmalıydı. Applegate, bu önerisini doğrulayan aktif bileşenli örten çiftler içerisinde V471 Tauri'yi de göstermişti.

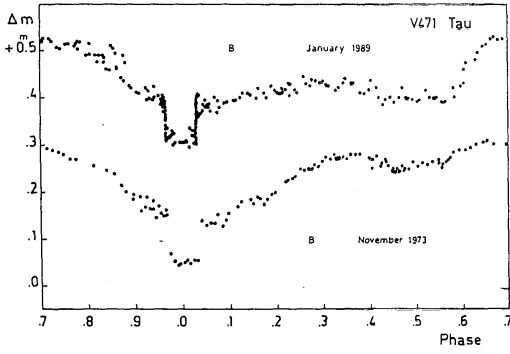
2. Ortalama Parlaklığın Değişimi

V471 Tauri örten çifti 1973 ile 1999 yılları arasında E.Ü. Gözlemevi'nde her yıl bir ışık eğrisi elde edilecek şekilde gözlenmiştir. Bu süre içerisinde elde edilen ışık eğrilerinde beyaz cücenin tutulmasıyla oluşan minimum çukuru dışında kalan bölümünün 0.1 evre aralıklarıyla parlaklıkları okunmuş ve ortalaması alınmıştır. Ortalama parlaklıkların zamana göre değişimi düzgün bir artış göstermektedir. Dizgenin parlaklığı 30 yılda $0^m.25$ artmıştır. Parlaklıktaki yıllık artış $0^m.008$ dir. Ortalama parlaklıktaki doğrusal artış çıkartıldığında geriye çevrimli bir değişim kalmaktadır (Şekil 1).

Ortalama parlaklıktaki düzgün değişimin daha iyi görülebilmesi için Şekil 2'de dizgenin 1973 ve 1989 yıllarında elde edilen ışık eğrilerini gösteriyoruz. 1989 yılı ışık eğrisi 1973'tekine göre $0^m.2$ kadar daha yukarıda, başka bir deyişle dizge $0^m.2$ daha parlaktır.



Şekil 1. V471 Tauri'nin ortalama parlaklık değişimi



Şekil 2. V471 Tauri'nin 1973 ve 1989'da mavi bölgede elde edilen ışık eğrileri

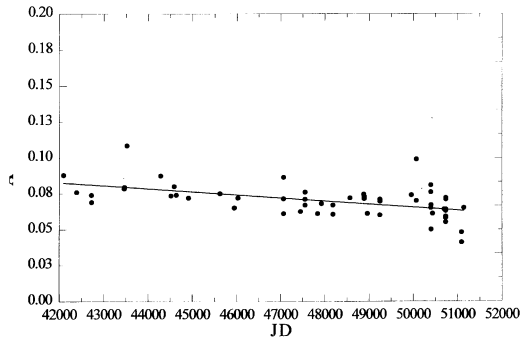
Ortalama parlaklıktaki doğrusal artış çıkartıldığında dizgenin parlaklığı küçük genlikli çevrimli bir değişim göstermektedir (Şekil 1). Bu çevrimli değişimin genliği $0^m.03$, çevrim uzunluğu da beş yıl dolayındadır. Bu değişimin kırmızı cüce bileşenin yüzeyindeki etkinliklerden kaynaklandığını tahmin ediyoruz.

3. Tutulma Derinliğinin Değişimi

Beyaz cücenin örtülmesiyle oluşan baş minimumun derinliği $0^m.08$ yöresindedir. Her ışık eğrisinde dıştan teğet ve içten teğet evrelerindeki parlaklıklar okunarak ortalamaları alınmış ve tutulma derinlikleri bulunmuştur. Tutulma derinlikleri zamana göre işaretlenerek Şekil 3'te gösterilmiştir. Tutulma derinlikleri zamanla azalmaktadır.

1970 yılında tutulma derinliği $0^m.0803$ iken 2000 yılında $0^m.0607$ olup toplam azalma $0^m.0197$, yıllık azalma $0^m.0007$ yöresindedir.

Işık eğrisinin çözümü ile $L_{WD} / L_K = 0.302$ bulunmuştur. Bileşen yıldızların bilinen fiziksel

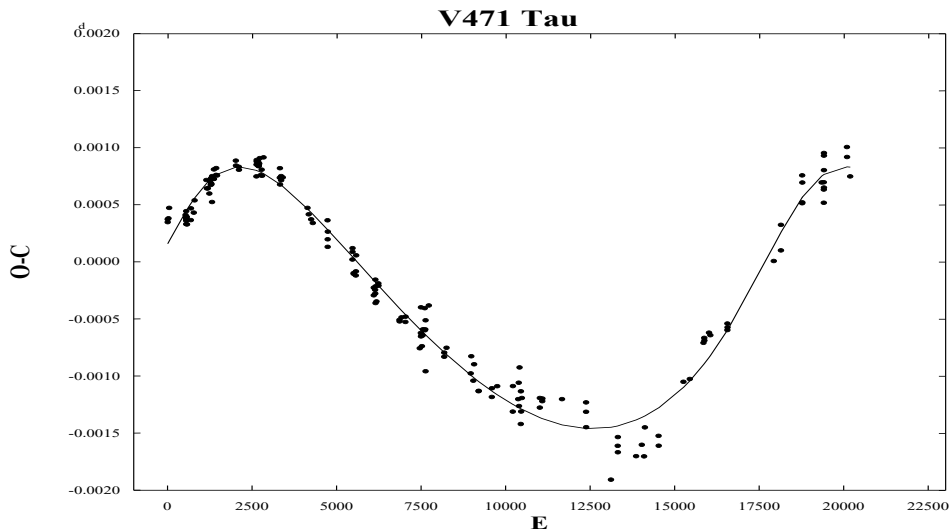


Şekil 3. Tutulma derinliğinin yıllara göre değişimi

öğelerini kullanarak $L_K = 0.336 L_{\odot}$, $L_{WD} = 0.1015$ bulunmuştur. Bu veriler kullanılarak beyaz cücenin sıcaklığındaki yıllık azalmanın $5^{\circ}K$ dolayında olduğu hesaplanmıştır. Beyaz cüce yıldızların sabit yarıçapla zamanla soğuduğunu biliyoruz. Ancak bu bilgilerimiz tamamen kuramsal öngörülere dayanmaktadır. Gözlemsel bir bulgu, belki de ilk kez bu çalışmayla ortaya çıkmaktadır.

4. Yörünge Dönemindeki Değişim

Dizgenin örten çift özelliğinin bulunuşundan bu yana gözlemlerle elde edilen tutulma zamanları E sayılarına göre işaretlenerek Şekil 4'te gösterilmiştir. Gözlenen ile hesaplanan tutulma zamanları arasındaki farkın zamana göre değişimi $0^s.0014$ yarı genlikli bir sinüs eğrisine benzemektedir. Bu tür O-C değişimini eksen dönmesi ya da üçüncü cisim oluşturabilir. Örten çiftin dikine hız eğrisi ideal sinüse çok yakın olduğundan yörünge hemen hemen daireseldir. Geriye yalnızca üçüncü cisim etkisi kalmaktadır. Dolayısıyla, O-C değişiminin üçüncü cisimden



Şekil 4. O-C eğrisi

kaynaklandığı varsayımı ile O-C verileri analiz edilmiş ve aşağıdaki öğeler bulunmuştur:

$$\begin{aligned}T_0 &= \text{JD } 24\,40610.06447 \pm 0.00006 \\T_3 &= \text{JD } 24\,40975.7 \\P_0 &= 0^{\text{g}}.521183306 \pm 2^{\text{g}}.7 \times 10^{-9} \\a_3 \sin i &= 3.11 \times 10^7 \text{ km} = 0.21 \text{ AB} \\e_3 &= 0.36 \pm 0.03 \\\omega_3 &= 46^\circ \pm 4^\circ \\P_3 &= 25.87 \pm 0.09 \text{ yıl}\end{aligned}$$

Bu çözüm sonucuna göre, V471 Tauri olası bir üçüncü cisimle oluşturduğu kütle merkezi çevresinde bir dolanımını yaklaşık 26 yılda tamamlamaktadır. Bu devinimden dolayı V471 Tauri örten çiftinin kütle merkezinin uzay hızı 26 yılda 0.3 km s^{-1} yarı genlikli sinüs benzeri bir değişim göstermelidir. Yukarıdaki verilerden giderek, örten çiftin, üçüncü cisim çevresindeki yörüngesinin eğimi 5° , 10° , 20° ve 25° için üçüncü cismin hesaplanan kütleleri sırasıyla 0.43, 0.20, 0.10, 0.08 M_\odot 'tir. Yörünge eğikliği 25° den büyük ise üçüncü cisim bir yıldız olamaz.

Kaynaklar

- Applegate J.H., 1992, *ApJ*, **385**, 621.
Beavers W.L., Herczeg T.J., Lui A., 1986, *ApJ*, **300**, 785.
İbanoğlu C., 1978, *Ap&SS*, **57**, 219.
Nelson B., Young A., 1970, *PASP*, **82**, 699.
Oliver P., Rucinski S., 1978, *IAU-IBVS*, no:1444.
Skillman D.R., Patterson J., 1988, *AJ*, **96**, 976.
Young A., Lanning H.H., 1975, *PASP*, **87**, 461.
Young A., Capps P.W., 1971, *ApJ*, **166**, L81.
Herczeg T.J., 1975, *IAU-IBVS*, no:1076.