

ROSAT ile Gözlemlenmiş SU UMa Tipi Cüce Novaların X-ışını Tayfsal Analizi

Dr. Gülnur İkis Gün

Boğaziçi Üniversitesi, Fizik Bölümü

Bu çalışmada durağan durumda iken gözlemlenmiş 8 adet SU UMa tipi Cüce Novanın tayfsal analizi gerçekleştirilmiştir. Kullanılan X-ışını verileri ROSAT uydusu arşivinden alınmıştır. Uydunun enerji aralığı 0.1-2.4 keV dir. Yani yumuşak X-ışınlarını gözlemlemektedir. Sistemlerin gözlemlerle ilgili bilgileri Tablo.1'de görülmektedir.

TABLO.1. Gözlem bilgileri. Gözlem süreleri veri elde edilen toplam sürelerdir.

Sistemin adı	Gözlem tarihi	Gözlem süresi (san.)	Sayım oranı (foton sayısı x san ⁻¹)
T Leo	16 Haziran 1992	5058	0.62±0.01
CY UMa	4 Aralık 1991	9295	0.97±0.003
BZ UMa (1)	2 Ekim 1992	4038	0.59±0.01
BZ UMa (2)	6-7 Ekim 1993	2773	0.70±0.02
BZ UMa (3)	30 Nisan 1994	1247	0.59±0.02
SW UMa	11 Nisan-3 Mayıs 1992	7452	0.025±0.006
SU UMa	14-27 Nisan 1992	3496	1.58±0.02
CU Vel	31 Mayıs-1 Haziran 1992	8250	0.150±0.004
WX Hyi	30 Kasım-22 Aralık 1991	8959	0.49±0.01
TY PsA	7-8 Mayıs 1992	9981	0.32±0.006

Eldeki verilere pek çok tayfsal model uygulanmıştır. Bunlar arasında verilere en iyi uyan modeller Termal Bremsstrahlung ve Raymond-Smith modelleridir. Bu modellerin vermiş olduğu parametre değerleri Tablo.2 ve Tablo.3'te verilmiştir. Tablolardan da görüldüğü gibi Raymond-Smith modeli en az Termal Bremsstrahlung kadar iyi fitler vermektedir.

Analizlerin sonucunda elde edilen N_H (Galaktik Soğurma -Kolon Yoğunluğu) değerleri Reina, Tarengi (1973) ve Gorenstein (1975)'in verdiği formüllerle hesaplanan değerlerle karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda Raymond-Smith modeliyle bulunan Kolon Yoğunluğu değerlerinin hesaplar sonucu bulunan değerlere Termal Bremsstrahlung modelinin verdiklerinden daha yakın olduğu görülmüştür. Her iki modelin verdiği sıcaklık değerlerinin hata limitleri içinde hemen hemen aynı olduğu da görülmüştür.

TABLO.2. Raymond-Smith modeli kullanılarak yapılan analiz sonucu elde edilen parametre değerleri. X_v^2 İstatistik değerini, kT sıcaklık değerini ve A normalizasyon amplitüdünü göstermektedir.

Sistemin adı	X_v^2	ν	N_H (x 10^{21} cm ⁻²)	kT (keV)
T Leo	0.87	71	0.333±0.052	1.29±0.20
CY UMa	1.49	25	0.272±0.060	1.13±0.30
BZ UMa (1)	1.01	66	0.267±0.011	1.51±0.00
BZ UMa (2)	1.08	56	0.277±0.056	1.51±0.30
BZ UMa (3)	1.10	25	0.268±0.018	1.70±0.00
SW UMa	1.46	52	0.242±0.014	1.39±0.38
SU UMa	1.07	103	0.319±0.009	1.70±0.00
CU Vel	1.02	36	0.321±0.023	1.68±0.59
WX Hyi	1.07	114	0.408±0.016	1.69±0.30
TY PsA	1.38	82	0.356±0.012	1.80±0.00

TABLO.3. Termal Bremsstrahlung modeli kullanılarak yapılan analiz sonucu elde edilen parametre değerleri. X_v^2 İstatistik değerini, kT sıcaklık değerini ve A fluks amplitüdünü göstermektedir.

G. İkis Gün: ROSAT ile Gözlemlenmiş SU UMa Tipi Cüce Novaların X-Işını Tayfsal Analizi

Sistemin adı	X_v^2	v	$N_H (x 10^{21} \text{ cm}^{-2})$	$kT \text{ (keV)}$
T Leo	0.92	71	0.147±0.020	1.51±0.37
CY UMa	1.51	25	0.090±0.038	1.32±0.29
BZ UMa (1)	0.91	65	0.052±0.020	2.91±0.54
BZ UMa (2)	1.05	56	0.079±0.024	2.10±0.34
BZ UMa (3)	1.13	24	0.058±0.017	2.94±2.55
SW UMa	1.46	52	0.058±0.022	1.67±0.28
SU UMa	1.08	103	0.113±0.014	2.46±0.73
CU Vel	1.07	36	0.127±0.030	2.06±0.98
WX Hyi	1.15	114	0.209±0.023	2.10±0.47
TY PsA	1.46	81	0.143±0.021	2.87±1.05

Analiz sonuçlarından yola çıkarak her bir sistem için flüks ve lüminozite değerleri hesaplanmıştır. Bu sonuçlar Tablo.4'de görülmektedir.

TABLO.4. Hesaplanmış enerji flüksleri ve lüminozite değerleri.

Sistemin adı	Enerji Flüksü ($\text{erg x cm}^{-2} \text{ x san}^{-1}$)	Lüminozite (erg x san^{-1})
T Leo	4.9×10^{-12}	3.4×10^{30}
CY UMa	7.6×10^{-12}	8.3×10^{30}
BZ UMa (1)	4.8×10^{-12}	1.1×10^{30}
BZ UMa (2)	5.9×10^{-12}	1.4×10^{30}
BZ UMa (3)	5.6×10^{-12}	1.3×10^{30}
SW UMa	2.1×10^{-12}	2.5×10^{30}
SU UMa	1.2×10^{-12}	2.8×10^{30}
CU Vel	1.4×10^{-12}	6.8×10^{30}
WX Hyi	5.3×10^{-12}	9.3×10^{30}
TY PsA	3.1×10^{-12}	1.3×10^{30}

Bu tip sistemlerde yumuşak X-ışınları sınır tabakasından yayınlanmaktadır. Aynı zamanda bu bölge morötesi ışınımın da kaynağıdır. Cüce Novaların durağan halleri ve patlamalarıyla ilgili literatür tarandığında **morötesi gecikmesi** adı verilen bir olayla karşılaşılmaktadır. Cüce Novaların patlamaları sırasında morötesi ve optik bölgelerde eş zamanlı yapılan gözlemler, patlamanın öncelikle optik bölgede gözlemlendiğini ve ancak yarım veya 1 gün sonra morötesi bölgede görülebildiğini ortaya koymuştur. Normal patlamaları en iyi açıklayan modellerden biri Disk patlaması modelidir ama bu konuya bir çözüm getirememektedir. Çünkü bu modelde patlama optik ışınımın geldiği diskin dış kısımlarında başlamakta ve patlamanın yayılmasını sağlayan dalgalar çok hızlı bir şekilde morötesi ışınımın geldiği diskin iç kısımlarına yani sınır tabakasına ulaşmaktadırlar. Bu konuya Meyer ve Meyer-Hofmeister (1994) bir açıklama getirmiş ve disk patlaması modeline ek yapmışlardır. Buna göre sistem durağan durumda iken sınır tabakasındaki madde beyaz cüce etrafında bir korona oluşturacak şekilde buharlaşmaktadır. Patlama sonrasında patlamanın yayılma dalgaları beyaz cüce ile yığılma diski arasında oluşan korona yüzünden yavaş yayılmakta ve patlama morötesi bölgede yarım veya 1 gün sonra görülmektedir.

Lui, Meyer ve Meyer-Hofmeister (1995) sınır tabakasındaki kütle buharlaşması ile ilgili modellerini oluştururken radyatif soğuma fonksiyonu olarak Raymond ve Smith (1976)'ın değerini kullanmaktadırlar. Ayrıca yine bu modelde kozmik bolluk değerlerine sahip tamamen iyonize olmuş Raymond-Smith (1976) plazmasını öngörmüşlerdir.

Analizler sonucunda Raymond-Smith modelinin en az Termal Bremsstrahlung kadar iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu da incelenen sistemlerde X-ışınlarının Raymond ve Smith (1976)'da ayrıntıları verilen plazma gibi bir plazmadan gelebileceğini göstermektedir. Ayrıca bu sistemlerin bir kısmının morötesi gecikmesi gösterdiği literatürde verilmiş olduğundan sınır tabakalarında koronal

yapılara sahip olabilecekleri gerçeğiyle karşı karşıya kalınmaktadır. Raymond-Smith modelinin sistemler için verdiği sıcaklık değerleri, Lui, Meyer ve Meyer-Hofmeister (1995)'in formülleri ve literatürden elde edilen beyaz cüce kütle değerleri kullanılarak bu kaynaklar için kütle aktarım oranları, korona yarıçapları, kütle buharlaşma oranları, soğuk diskin orta tabakasından yükseklik ve koronadaki kütle basıncı değerleri hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo.5 ve Tablo.6'da görülmektedir.

TABLO.5. Hesapların sonuçları. T, Raymond-Smith modeli ile elde edilen sıcaklığı, r koronanın yarıçapını, m'(z) kütle buharlaşma oranını göstermektedir.

Sistemin adı	T (°K)	r (cm)	m'(z) (gr x cm ⁻² x san ⁻¹)
T Leo	1.49 x 10 ⁷	0.16M _⊙ için 1.35 x 10 ⁹ =10 ^{9.13}	3.18 x 10 ⁻⁶ =10 ^{-5.5}
		0.4M _⊙ için 3.38 x 10 ⁹ =10 ^{9.53}	1.27 x 10 ⁻⁶ =10 ^{-5.9}
CY UMa	(1.31±0.35) x 10 ⁷	8.89 x 10 ⁹ =10 ^{9.55}	3.51 x 10 ⁻⁷ =10 ^{-6.5}
BZ UMa (1)	1.75 x 10 ⁷	5.89 x 10 ⁹ =10 ^{9.77}	1.09 x 10 ⁻⁶ =10 ^{-5.9}
BZ UMa (2)	(1.75±0.36) x 10 ⁷	5.89 x 10 ⁹ =10 ^{9.77}	1.09 x 10 ⁻⁶ =10 ^{-5.9}
BZ UMa (3)	1.97 x 10 ⁷	5.24 x 10 ⁹ =10 ^{9.72}	1.65 x 10 ⁻⁶ =10 ^{-5.8}
SW UMa	(1.61±0.45) x 10 ⁷	5.6 x 10 ⁹ =10 ^{9.75}	9.12 x 10 ⁻⁷ =10 ^{-6.04}
SU UMa	1.97 x 10 ⁷	4.47x 10 ⁹ =10 ^{9.65}	1.93 x 10 ⁻⁶ =10 ^{-5.71}
CU Vel	(1.95±0.69) x 10 ⁷	7.94x 10 ⁹ =10 ^{9.89}	1.06 x 10 ⁻⁶ =10 ^{-5.97}
WX Hyi	(1.96±0.35) x 10 ⁷	5.78 x 10 ⁹ =10 ^{9.76}	1.48 x 10 ⁻⁶ =10 ^{-5.83}
TY PsA	2.09 x 10 ⁷	5.12 x 10 ⁹ =10 ^{9.71}	1.96 x 10 ⁻⁶ =10 ^{-5.71}

TABLO.6. Hesapların sonuçları. z yıldızın diskinin yarı düzleminden yüksekliği, P korona içindeki kütle basıncını ve M' yıldızın diski içindeki kütle aktarım oranını göstermektedir.

Sistemin adı	z x 10 ⁹ (cm)	P (gr x cm ⁻² x san ⁻¹)	M' (M _⊙ x yıl ⁻¹)
T Leo	-	-	4.61 x 10 ⁻¹³ =10 ^{-12.3}
	-	-	1.15 x 10 ⁻¹² =10 ^{-11.9}
CY UMa	-	-	2.19 x 10 ⁻¹² =10 ^{-11.7}
BZ UMa (1)	~10	< 800	3.01 x 10 ⁻¹² =10 ^{-11.5}
BZ UMa (2)	~10	< 800	3.01 x 10 ⁻¹² =10 ^{-11.5}
BZ UMa (3)	~10	< 800	3.59 x 10 ⁻¹² =10 ^{-11.4}
SW UMa	-	-	2.27 x 10 ⁻¹² =10 ^{-11.6}
SU UMa	-	-	3.10 x 10 ⁻¹² =10 ^{-11.5}
CU Vel	-	-	5.30 x 10 ⁻¹² =10 ^{-11.3}
WX Hyi	~10	< 800	3.90 x 10 ⁻¹² =10 ^{-11.4}
TY PsA	~10	< 1200	4.07 x 10 ⁻¹² =10 ^{-11.4}

Elde edilen tüm sonuçlar sözü geçen yazarların koronal sifon akımı modelinde öngördükleri sayılarla uyumlu çıkmıştır. Bu da bu modelin SU UMa tipi Cüce Novalarda geçerli olabileceğini ve gözlemlenen x-ışınlarının koronadan gelebileceğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

1. Gorenstein, P., 1975, *The Astrophysical Journal*, Vol.198, sayfa. 95.
2. Lui, F. K., Meyer, F. ve Meyer-Hofmeister, E., 1995, *Astronomy and Astrophysics*, Vol.300, sayfa.823.
3. Meyer, F. ve Meyer-Hofmeister, E., 1994, *Astronomy and Astrophysics*, Vol.288, sayfa.175.
4. Raymond, J. C., Cox, D. P. ve Smith, B. W., 1976, *The Astrophysical Journal*, Vol. 204, sayfa 290.
5. Reina, C. ve Tarengi, M., 1973, *Astronomy and Astrophysics*, Vol.26, sayfa.257.