

TT ARI : X-ışın Değişkenliği ve 1mHz Salınımlar

A.Baykal¹, A.Esendemir¹, Ü.Kızıloğlu¹, H. Ögelman², M. A. Alpar¹, N.Ercan³, and G.Ikis³

¹Physics Department, Middle East Technical University, Ankara 06531, Turkey

²Department of Physics, University of Wisconsin-Madison, 1150 University Ave., Madison, WI 53706, USA

³Department of Physics, Boğaziçi University, İstanbul, Turkey

October 4, 1994

1. Giriş

TT Arietis (BD +14°341) fotometrik gözlemlerden nova-tipi değişken olarak sınıflandırılmıştır (Smak and Stepien 1969, Cowley et al. 1975). Ayrıca x-ışınlarında ilk olarak Einstein uydusu ile sert x-ışın kaynağı olarak görülmüştü (Córdova et al. 1981). Tayfsal çalışmalar sistem dönemini 0.^d13755 olarak göstermiş ve bu dönemin fotometrik dönem ile uyummadığıda bilinmekte idi (Cowley et al. 1975 and Thorstensen et al. 1985). Sistemin daha önceki gözlemlerinden yarı-dönemsel olarak 17 dak. civarında ve optik kanalda bazı salınımlar gösterdiği ayrıca bu salınımlarında yıllara göre döneminin azaldığı bilinmektedir. Son yıllarda Hollander and van Paradijs (1992) bu salınımların senelere göre azaldığını ve "beat-frequency" modeli ile (Alpar and Shaham 1985) açıklanabileceğini öne sürmüştür. Bu çalışmada TTari ROSAT uydusu gözlemleri analiz edilerek zamana bağlı olan değişimler incelenmiştir.

2. Veriler ve Sonuç

TT Ari ROSAT teleskopu odağında olan PSPC orantılı sayacı ile alınmıştır. Dedektör enerji aralığı 0.1-2.4 keV ve enerji ayırma gücü 0.93 keV de yaklaşık $\Delta E/E \sim 0.43$ dir. Gözlem 1/8/1991 (JD 2448469.8234) ile 2/8/1991 (JD2448470.7048) tarihleri arasında yapılmış olup yaklaşık 25174 sn. toplam etkin gözlem zamanına sahiptir. Kaynaktan gelen fotonlar 3σ seviyesinde 0.4129 ± 0.0024 foton sn^{-1} kadardır. Kaynağa ait en iyi x-ışın mekanizması için yapılan çalışma sonucu termal bremsstrahlung en iyi model olarak görülmüştür. Sekil 1 ve tablo 1 de model ve elde edilen tayfsal parametreler görülmektedir. Model neticesi x-ışın akısı $F_x = 11.3_{-0.4}^{+0.3} \times 10^{-12} \text{erg cm}^{-2} \text{sn}^{-1}$ olarak bulunmuştur bu kaynak uzaklığı 125 pc alındığı taktirde $L_x \sim 2.1 \times 10^{31} \text{erg sn}^{-1}$ vermektedir.

X-ışın yörünge dönemi ve tayf

Kaynak bölgesinden gelen x-ışın fotonları spektroskopik dönem olan 0.^d13755114(13) ile epoch Thorstensen et. al., 1985 olarak katlandığında şekil 2 de görülen yörünge dönemi modülasyonu ortaya çıkmaktadır.

Burada ilginç olan nokta daha önce IUE uydusu ile alınmış UV tayflarından ortaya çıkan yapı ile karşılaştırıldığında ((Robinson and Cordova, 1993) CIV soğurma çizgisinin eşdeğer genişliğinde aynı davranışı göstermesidir. Kaba olarak bakıldığında UV neticelerinde 0.2 faz bölgesinde bir minimum gözlenmekte ve daha sonra artış 0.75 civarına kadar sürerek tekrar düşmektedir. X-ışın modülasyonu dört aralığa ayrılarak incelenen enerji tayfları ise en düşük enerjinin 0.75-0.90 faz aralığında olduğunu diğer aralıklarda ise daha yüksek enerjili fotonların hakim olduğunu göstermektedir (tablo 2).

Table 2. Seçilmiş faz aralıkları için termal bremsstrahlung model parametreleri.

Phases	0.00-0.25	0.25-0.40	0.50-0.75	0.75-0.90
N_H^a	5.5 ± 0.4	5.1 ± 1.1	4.6 ± 0.3	4.7 ± 0.4
$kT(\text{keV})$	4.3 ± 1.7	3.8 ± 3.8	6.4 ± 3.3	1.9 ± 0.7
$(\chi^2)^b$	3.09	2.18	3.2	1.21

^a in units of (10^{20}cm^{-2}) tabular; ^b Values of reduced χ^2 for 18 degrees of freedom.

0.75-0.90 faz aralığında görülen artan L_x ve CIV soğurması artışı, bakış yönünde yumuşak x-ışın kaynağının olduğunu akla getirmektedir. Bu kaynak yığılma diskinin dış kenarında olan sıcak nokta olarak düşünülebilir. 0.00-0.25 faz döneminde en düşük L_x ve CIV soğurması ise sıcak nokta bölgesinin belki parçalı olarak gölgelendiğini göstermektedir.

1mHz Salınımlar

ROSAT uydusunda veri alımı devamlı olmayıp gözlem süresi boyunca birçok gözlem aralıkları oluşmaktadır. Bu

Table 1. Bütün gözlem için tayfsal parametreler.

Model	$N_H(10^{20} \text{ cm}^{-2})$	A_i^a	kT(keV)	α	$(\chi^2_\nu)^b$
Bremsstrahlung ¹	4.68 ± 0.2	2.15 ± 0.110^{-3}	5.09 ± 1.42		2.0
Raymond-Smith ²	4.31 ± 0.28	7.11 ± 0.3410^{-3}	3.93 ± 0.74		1.64
Power law ³	5.02 ± 0.15	2.13 ± 0.1610^{-3}		-1.48 ± 0.07	2.23
Black-Body ⁴	0.89 ± 0.19	3.68 ± 0.110^{-4}	0.347 ± 0.007		1.5

^a A_i is the normalization coefficients of the different models denoted by $i = 1, 2, 3, 4$.

^b Values of reduced χ^2_ν for 77 degrees of freedom.

¹ $F(E) = A_1 e^{-E/kT} (E/E_0)^{-1} g(E; kT) e^{-N_H \sigma(E)}$; A_1 (photons/cm²/s/keV) is the normalization constant, E is the photon energy in keV, (E/E_0) is the photon energy normalized to 1 keV, T is the temperature in kelvins, k is the Boltzmann constant, $g(E; kT)$ is the Gaunt factor (Kellogg et al. 1975), N_H is the column density, $\sigma(E)$ is the photoelectric absorption cross section (Morrison and McCammon 1983).

² Emission spectrum from hot diffuse gas based on the Raymond and Smith (1977) calculations; A_2 (cm⁻⁵) is the normalization amplitude.

³ $F(E) = A_3 (E/E_0)^{-\alpha} e^{-N_H \sigma(E)}$; A_3 (photons/cm²/s/keV), α is a power law index.

⁴ $F(E) = A_4/T \frac{(E/T)^2}{e^{E/T}-1}$; A_4 (photons/cm²/s) is the black body integral.

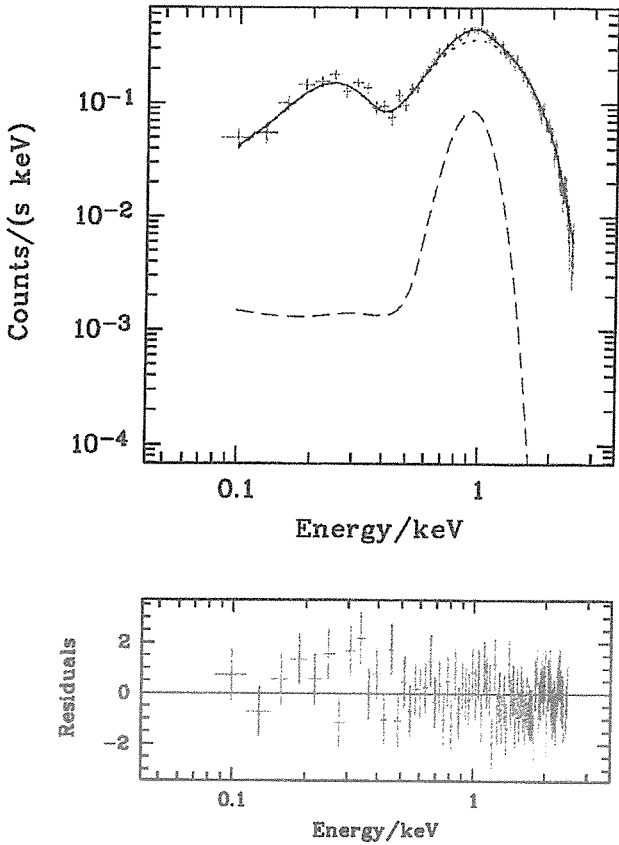


Fig. 1. Üst panelde TT Ari ROSAT PSPC tayfı 5.09 keV sıcaklıkta bremsstrahlung modeli ve düzeltme olarak 0.41 keV soğurma profili ve 0.996 keV Gaussian salma çizgisi görülmektedir. Alt panel ise model ve veriler arası atık gösterilmektedir.

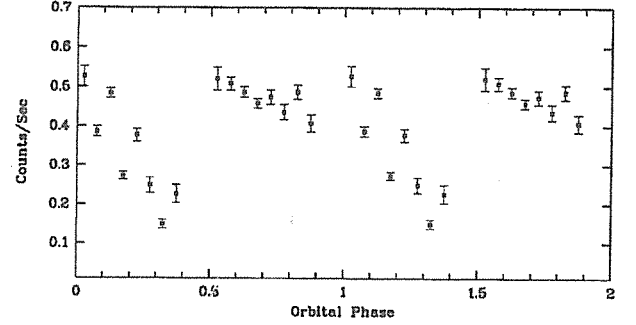


Fig. 2. Thorstensen et. al. 1985 tarafından verilen epoch ve dönem ile katlanmış yörünge dönemi.

yüzden kesikli gözlemlerin daha doğrusu arada bulunan pencerelerin frekans güç tayfı yaratırken olan etkisinin temizlenmesi gerekmektedir. Bu işlem için bir "CLEAN" algoritması (Roberts et al. 1987) kullanılmıştır. Sekil 3 te Üst panel temizlenmiş güç tayfını göstermekte alt panel ise ham tayfı göstermektedir. Üst küçük grafik ise pencere fonksiyonunu temsil etmektedir. Güç tayfından görüldüğü gibi ~ 1.09 mHz ve 2.49 mHz de yeterli güç olduğu görülmektedir. İlk değer daha önce bilinen ve beklenen yarı dönemsel salınımlara karşılık gelmekte diğeri ise uydunun gözlemler sırasında yaptığı salınımlara (wobble) karşılık gelmektedir. 1.4 mHz salınım (2.49 mHz - 1.09 mHz) vuru frekansı, 0.1 mHz civarı yörünge dönem frekansı olarak tanımlanabilir. Toplam gözlem ikiye bölünerek yapılan analizde ise gözlemin ilk yarısına göre ikinci yarıda bir $\sim 20\% - 25\%$ parlaklık artışı gözlenmiştir. Sekil 4 te gözlemin ilk ve son yarılarının güç tayfları görülmektedir. İlk yarıda yarı dönemsel salınım frekansı 1.09 mHz ikinci yarıda ise 1.06 mHz olarak ölçülmüştür. Ölçüm hataları ± 0.03 mHz göz önüne alındığında parlaklık artışı ile bağımlı bir değişim

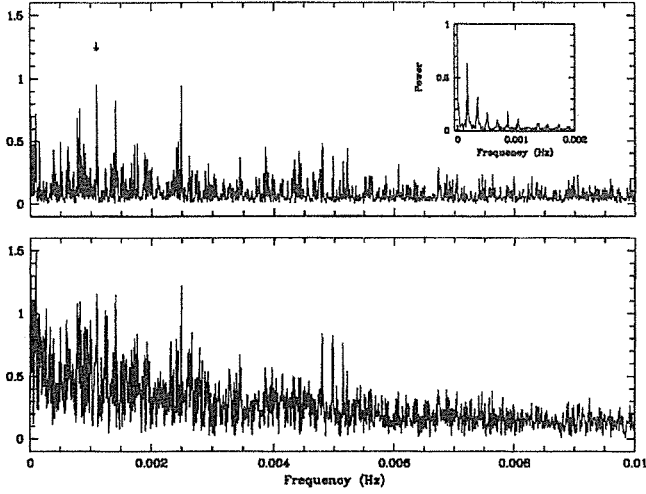


Fig. 3. TT Ari güç tayfı. Alt panel kaba tayf üst ise CLEAN ile temizlenmiş güç tayfını göstermektedir. Pencere fonksiyonu ise iç panelde verilmiştir. Ok 1.09 mHz sahnım frekansındır.

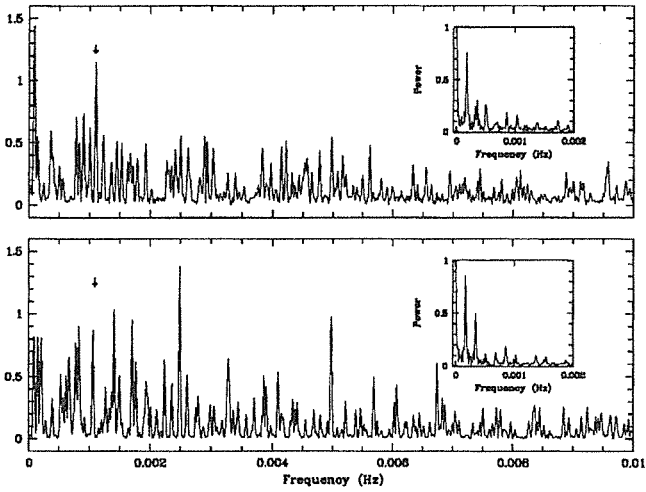


Fig. 4. Gözlemin ilk ve son yarısının temizlenmiş güç tayfları.

gözlenmemiştir. (Alpar and Shaham 1985) "vuru-frekans" modeli geçerli olsa idi 0.1 mHz mertebesinde bir değişim beklemek gerekli idi.

References

- Alpar M.A., Shaham J., 1985, *Nature*, 316, 239
 Belloni T., Verbunt F., Beuermann K., et al., 1991 *Astron. Astrophys.* 246, L44-46
 Córdova F.A., Mason K.O. and Nelson J.E., 1981 *Astrophys. J.* 293, 609
 Cowley A.P., Crampton, D., Hutchings, J.B., Marlborough, J.M., 1975, *Astrophys. J.* 195, 413
 Deeming T.J., 1975, *Astron. Space Science* 36, 137
 Hollander A., van Paradijs J., 1992, *Astron. Astrophys.* 265, 77

- Hudec R., Huth H., Fuhrmann B., 1984, *Observatory* 104, 1
 Kellogg E., Baldwin J.R., Koch D., 1975, *Astrophys. J.* 199, 299
 Morrison R., McCammon D., 1983, *Astrophys. J.* 270, 119
 Jensen K.A., Cordova F.A., Middleditch J., et al., 1983, *Astrophys. J.* 270, 21 1
 Pfeffermann E., et al., 1986, *SPIE* 733, 519
 Raymond J., Smith B.H., 1977, *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 35, 419
 Roberts, D.H., Lehar J., Dreher J.W., 1987, *Astron. J.* 93, 968
 Robinson C.R. and Córdova F.A., 1993, To appear in the ASP conference proceedings entitled *Interacting Binaries* (ed. A.W. Shafter)
 Rybicki, G.B., Lightman, A.P., 1979, *Radiative Processes in Astrophysics* (New York: Wiley), 160
 Semeniuk I., Schwarzenberg-Czerny A., Duerbeck H., 1987, *Acta Astr.* 37, 197
 Shafter A.W., Szkody P., Liebert J., et al., 1985, *Astrophys. J.* 290, 707
 Smak J., Stepień, K., 1969, *Non-Periodic Phenomena in Variable Stars*, p. 355, ed. Detre, L. (Academy Press, Budapest)
 Smak J., Stepień K., 1975, *Acta Astr.* 25, 379
 Thorstensen J.R., Smak J., Hessman F.V., 1985, *PASJ* 97, 437
 Trümper, J., 1983, *Adv. Spa. Res.* 2, 241
 van Teeseling A. and Verbunt F., 1994, preprint, accepted for *Astron. Astrophys.*
 Zimmermann, U., et al., 1993, MPE Report n. 244

This article was processed by the author using Springer-Verlag L^AT_EX A&A style file L-AA version 3.