

GX9+9 VE X1820-303 KAYNAKLARININ (0.1-1.4 keV) DEKİ DÜŞÜK ENERJİLİ X-IŞINLARI SPEKTRUMU

E. Nihal Ercan

Boğaziçi Üniversitesi, Kandilli Rasathanesi, İSTANBUL

ÖZET : GX9+9 ve X1820-303 V ışını kaynakları Ariel-6 peyki üzerindeki MSSSL/Birmingham University düşük (soft) enerji aleti ile aralı olarak Nisan-Temmuz 1980 tarihleri arasında gözlenmiştir. Her iki kaynağın da 0.1-1.4 keV enerji aralığındaki hidrojen kolon yoğunlukları yaklaşık 10^{21} ile 10^{20} Hcm⁻² olarak sırasıyla GX9+9 ve X1820-303 için bulunmuştur. Diğer taraftan power-law modelinin eğimini belirleyen spektral indisler, GX9+9 için 1.2 ile 2.5 arasında ve X1820-303 için ise 1.8-4.4 arasında değişmektedir. Bu iki kaynaktan birisi (yani GX9+9), en iyi hidrojen kolon yoğunlukları ile gözlemlenen düşük enerjili X-ışını yeğlilikleri arasında bir anti-correlation göstermektedir.

1. GİRİŞ

Parlak bir Galaktik göbek kaynağı olan GX9+9=X1728-16 ile NGC 6624 küresel kümesinde bulunan bir X-ışın bursteri olan X1820-303, Ariel-6 uydusuna yerleştirilen MSSSL/Birmingham Üniversitesi yapımı X-ışın detektörünce 1980 yılında Nisan ve Temmuz ayları arasında gözlemlenmiştir. Ariel-6 uydusu 3 Haziran 1979 tarihinde fırlatılmıştır. Bize bu gözlemleri sağlayan MSSSL/Birmingham Üniversitesi detektörleri uydunun dönme eksenini boyunca yerleştirilmiş bir çift X-ışın teleskobundan oluşmuştur. Her bir teleskop, kalınlığı 1 μ m olan polypropylene pencere ile kaplı bir adet propan gazı ile doldurulmuş orantılı sayıcıdan ibarettir. Teleskop aksamı olarak bir adet altınla kaplı paraboloid ayna ve bir filtre tekerleği mevcuttur. Bu detektör, enerjileri 0.1-2.0 keV aralığındaki X-ışınlarına duyarlı olup, toplam geometrik alanı 15.5 cm² dir. Aletin görüş alanı, 0.2° den 3.6° ye kadar 7 dairesel görüş alanına ayarlanabilen seçimli bir aperture ile idare edilir. Aletin enerji rezolüsyonu, 5.9 keV de %15 değerinde bir FWHM (full width at half maximum) değerindedir. Alet spektrel modunda iken, 32 kanallık spektrel bilgi her bir detektörde (toplam 4 adet) her 64 saniyede bir filtre tekerleğinin boş ya da aperture konumlarında oluşuna göre senkronize olarak birikir.

Bu çalışmada GX9+9=X1728-16 ve X1820-303 kaynaklarının düşük enerjili X-ışınları spektrumlarını ve zamana bağlı olarak X-ışın yeğliliklerindeki değişimleri inceleyeceğiz.

Bu gözlemler, Ariel-6 uydusundan bu kategorideki kaynakların tümü için alınmış verileri kapsamaktadır.

ÇİZELGE I
Önceki gözlemlerin bir özeti

Kaynak adı	Koordinatları	Optik tanımlaması	Notlar
X1728-16= GX9+9	8.5 9.0	uv fazlalıklı yıldız, V=16.6, B-V \cong 0.0 A _v \cong 1.0	Sc0 X-1 tipi.
X1820-303	2.8 -7.9	Yıldız B:H emisyonu Yıldız A: (B-V) ₀ = 1.3 \pm 0.1 Yıldız B': (B-V) ₀ = 0.93 \pm 0.1 A _v \cong 0.8	Burster.Değişim ~ 3 dakika burstler kuasiperyodik (2.2-4.3 hr.)Burstler kaynak > 125 μ Jy den daha parlak olduğunda kayboldu. NGC6624 ile tanımlandı. Küme para- metreleri R _{core} =8" D=8.3 (uzaklık)

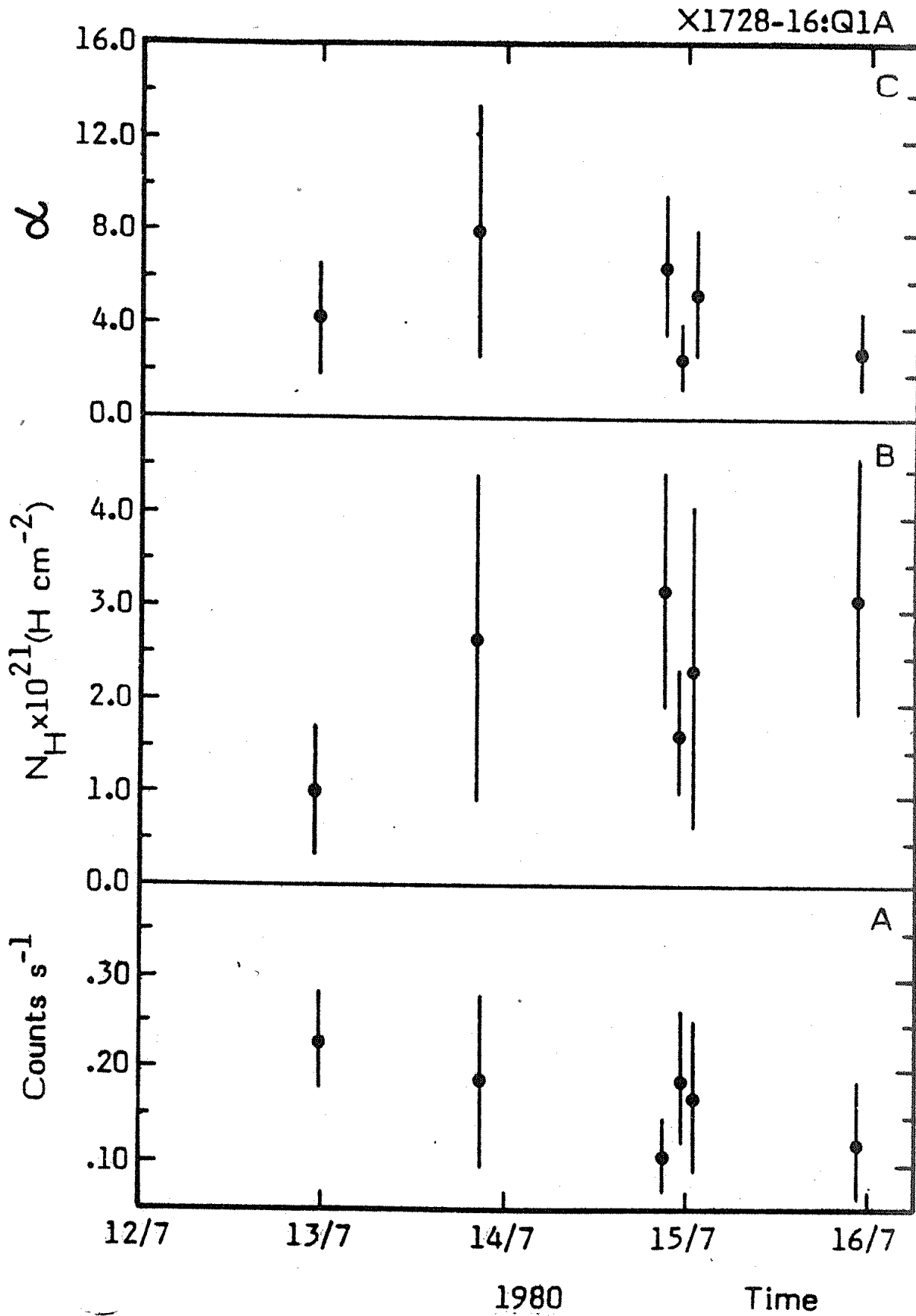
2. GÖZLEMLER

GX9+9, 1980 yılının Temmuz ayında 54 dakika için gözlemlenirken, X1820-303, aynı yılın Nisan ve Mayıs aylarında toplam 187 dakika için gözlemlenmiştir. Birinci kaynak için spektral veriler, 1 ve 2 no. lu detektörlerde her 64 saniyede bir elde edilmiş ve 32 puls yüksekliği kanalında biriktirilmiştir. İkinci kaynak için ise spektral veriler, 25 Nisan ve 1 Mayıs tarihlerinde 3 ve 4 no. lu detektörlerde biriktirilirken, 27 Nisan tarihinde ise 1 ve 2 no. lu detektörlerden elde edilmiştir. Çizelge 2 de gözlemlerin yapıldığı tarihleri, detektörlerin işleyiş tarihlerini ve Ariel-6 uydusunun yörünge numaralarını görmekteyiz.

3. SPEKTREL ANALİZ VE ZAMANA BAĞLI DEĞİŞİMLER

3.1. GX9+9=X1728-16 :

Ne termal bremsstrahlung, ne de black-body modellerle spektrum için yeterli bir sonuç elde edilememiştir. 1 ve 2 no. lu detektörlerden elde edilen verilerden toplam gözlem süresi için elde edilen en iyi spektral modelin power-law olduğu sonucuna varılmıştır. Detektör 1'in verileri için en iyi uyumdan elde edilen spektral parametrelerin : $\alpha = 2.66 \pm 1.01$ ve $N_H = (1.09 \pm 0.48) \cdot 10^{21}$ H/cm² olduğu bulunmuş ve elde edilen indirgenmiş minimum χ^2 , 0.98 dir. Veriler, her bir uydusal yörünge için ayrı ayrı hesaplanmış ve her bir detektör için elde edilen en iyi uygunluk gösteren parametreler Çizelge 3 de gösterilmiştir. Şekillerde ve çizelgelerde verilen hata miktarları 1.6 σ (% 90 emin olma limitine eşdeğer) olarak her bir parametre için verilmiştir. Şekil 1 de kaynağın 0.1-1.4 keV enerji aralığındaki yeğinliğinin, power-law modeline en iyi uyum gösteren



Şekil 1 : GX9+9=X1728-16 kaynağının 0.1-1.4 keV enerji aralığındaki (A) yeğİnliğinin, (B) power-law modeline en iyi uyum gösteren hidrojen kolon yoğunluğunun ve (C) spektral indisin zamana gÖre değişimleri.

ÇİZELGE II
Gözlemler

Kaynak adı	Tarih	Operasyon Günü	Yörünge no.su	Yörünge Başlangıç	Son
X1728-16= GX9+9	12/7/1980	412	2	65971	71783
"	13/7/1980	413	1	60950	66762
"	14/7/1980	414	2	61741	67554
"	"	"	5	79183	84996
"	"	"	6	84996	4408
"	15/7/1980	415	5	79970	85783
X1820-303	25/4/1980	333	1	66537	72353
"	"	"	2	72353	78169
"	"	"	3	78169	83965
"	27/4/1980	335	1	68215	74031
"	"	"	2	74031	79847
"	1/5/1980	339	5	83193	2608
"	"	"	6	2608	8424

ÇİZELGE III

GX9+9 için en iyi uyan power-law modelinden elde edilen tayfsal parametreler

Tarih	Operasyon Günü	Yörünge no.su	Detektör no.su	α	$N_H \times 10^{21}$ ($H \text{ cm}^{-2}$)	χ^2_{red}
12/7/1980	412	2	1	4.2 ± 2.37	1.0 ± 0.69	0.51
"	"	"	2	4.81 ± 2.56	2.32 ± 2.1	1.09
13/7/1980	413	1	1	8.02 ± 5.5	2.65 ± 1.76	0.69
"	"	"	2	3.26 ± 1.89	2.15 ± 1.5	0.71
14/7/1980	414	2	1	6.47 ± 3.06	3.17 ± 1.26	0.91
"	"	"	2	5.31 ± 2.48	1.89 ± 0.82	0.89
"	"	5	1	2.6 ± 1.36	1.6 ± 0.61	1.36
"	"	"	2	2.15 ± 1.93	1.04 ± 0.2	1.4
"	"	6	1	5.35 ± 2.65	2.33 ± 1.73	0.86
"	"	"	2	3.83 ± 1.96	2.21 ± 1.5	0.9
15/7/1980	415	5	2	5.31 ± 2.3	4.38 ± 0.83	0.91

absorpsiyon hidrojen kolon yoğunluğu ve spektral indis α 'nın zamana göre değişimleri görülmektedir. Şekilden de görüleceği gibi, kaynağın bu aralıktaki yeğinliği düştükçe hidrojen kolon yoğunluğu artmaktadır. Lineer korelasyon katsayısı için -0.90 değeri bulunmuş olup, 5×10^{-3} emin olma seviyesinde dikkate değer bir korelasyon olduğu saptanmıştır. Gözlem süresince kaynağın $0.1-1.4$ keV enerji aralığında power-law modelinden elde edilen ortalama yeğinliği 5.05 ± 1.86 keV/cm². sn dir. Bu değer ise, yaklaşık $9.6 \times 10^{35} \text{ d}^2 \text{ erg/s.kpc}^2$ değerinde ışımaya denktir. Burada d kpc cinsinden kaynağa olan uzaklıktır.

3.2. X1820-303 :

Spektral moddaki veriler, power-law modeli ile en iyi uyumu göstermiş ve bu en iyi uyumdan elde edilen spektral parametreler Çizelge 4 de verilmiştir. Bu karşılaştırılmada en iyi uyumu gösteren spektral parametreler : $\alpha = 2.89 \pm 0.4$ ve $N_{\text{H}} = (5.03 \pm 1.16) \times 10^{20} \text{ H/cm}^2$ dir. İndirgenmiş minimum $\chi^2 = 1.36$ dir. $0.12-1.34$ keV enerji aralığındaki kaynak yeğinliği 7.13 ± 1.61 keV/cm² .sn olarak 1 no.lu detektör verilerinin power-law modelle verdiği sonuçtan ve 3 no.lu detektör verisi için de 8.12 ± 1.47 keV/cm² .sn olarak yine aynı model için bulunmuştur. Bu değerlerin ortalamasından kaynağın $0.12-1.34$ keV deki ışınması için $1.3 \times 10^{36} \text{ x d}^2 \text{ erg/s.kpc}^2$ bulunmuştur. Gözlemlerimiz süresince kaynağın yeğinliğinde ya da spektral indisinde herhangi bir dikkati çekecek değişme gözlemlenmemiştir.

4. TARTIŞMALAR

Çizelge 3. ve 4. den görülebileceği gibi, GX9+9 ve X1820-303 kaynakları için hidrojen kolon yoğunlukları sırasıyla 10^{21} ve 10^{20} H/cm^2 dir. Ariel-5, Exp.C gözlemlerinden GX9+9 için elde edilmiş hidrojen kolon yoğunluk değerlerinin Ariel-6 sonuçlarıyla bir karşılaştırılması yapıldığında Ariel-5 sonuçlarının Ariel-6 sonuçlarından yaklaşık 10 faktörü kadar büyük bir değerde olduğu görülmektedir. Optik körlenme ile buna karşılık gelen hidrojen kolon yoğunluğu arasında şöyle bir bağıntı Görenstein tarafından verilmiştir :

$$N_{\text{H}} = A_{\text{v}} \times (2.2 \times 10^{21}) \quad \text{H/cm}^2$$

$0.1-1.4$ keV aralığında power-law modelden GX9+9 için elde edilen değerle ($A_{\text{v}} \sim 1.0$ olduğu bilindiğine göre) çok iyi bir uyum göstermektedir. Yalnız, şunu da eklemek gerekir ki Ariel-6 gözlemleri GX9+9 için yaklaşık 1 gün içinde 3 faktörü kadar bir değişim olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan, X1820-303 kaynağı için Ariel-6 gözlemleri sonucundan hidrojen kolon yoğunluğu değeri için Görenstein bağıntısını kullanarak ($A_{\text{v}} \sim 0.8$ olduğu bilindiğine göre) yaklaşık 3 faktöründe büyük bir değer bulmaktayız.

Kısa bir süre önce parlak Galaktik göbek X-ışın kaynaklarından birisi olan

ÇİZELGE IV

X1820—303 için en iyi uyan power—law modelden elde edilen tayfsal parametreler

Tarih	operasyon günü	yörünge no.su	detektör no.su	α	$N_H \times 10^{21}$ ($H \text{ cm}^{-2}$)	χ^2 red
25/4/1980	333	1	3	2.4 ± 0.5	2.92 ± 1.1	1.80
"	"	"	4	1.98 ± 0.28	3.93 ± 0.25	1.52
"	"	2	3	1.86 ± 0.09	2.91 ± 0.2	1.63
"	"	"	4	3.36 ± 1.12	4.09 ± 0.17	1.31
"	"	3	3	2.1 ± 0.5	2.6 ± 1.15	2.84
"	"	"	4	1.6 ± 0.21	2.82 ± 0.15	1.85
27/4/1980	335	1	1	1.48 ± 0.12	4.91 ± 2.6	0.54
"	"	"	2	4.5 ± 0.65	2.05 ± 0.45	1.24
"	"	2	1	1.11 ± 0.53	2.46 ± 1.63	1.11
"	"	"	2	2.94 ± 1.22	8.91 ± 4.52	1.00
1/5/1980	339	5	3	2.75 ± 0.95	5.91 ± 1.5	1.09
"	"	"	4	1.42 ± 0.36	3.85 ± 0.51	0.92
"	"	6	3	1.58 ± 0.43	4.76 ± 0.59	0.91
"	"	"	4	1.25 ± 0.2	3.92 ± 0.34	1.08

GX17+2 için de, bizim X1820—303 gözlemlerinden elde edilen sonuçlara çok benzer olarak bir davranış gözlemlendiği rapor edilmişti. GX17+2 durumunu açıklayabilecek iki olasılık ileri sürülmüştü. Birincisi, düşük enerji absorpsiyonunun büyük ölçüde X—ışın kaynağına ait olduğu ve yıldızlararası hidrojen kolon yoğunluğu değerinin çok daha küçük olduğu; ikincisi de, GX17+2 için elde edilen verilere en iyi uyum gösteren modelin gerçekten de bir termal bremsstrahlung olmayıp, bu gözlemlerden elde edilen büyük χ^2 değeri nedeniyle bulunan hidrojen kolon yoğunluğunun bundan dolayı kesin bir sonuç olamayacağı fikri idi. Hidrojen kolon yoğunluğunda değişim olduğu gözlemlendiği için, sonuçta GX17+2 için elde edilen hidrojen kolon yoğunluğunun en az bir kısmının kaynağa ait olduğu bulundu. Bu gözlemlerimizle GX17+2 için varılan sonuçların GX9+9 için de doğru olduğunu görmekteyiz. Ayrıca, kaynağın X—ışın yeğiniği ile gözlemlenen en iyi uyumu gösteren hidrojen kolon yoğunluğu arasında bir anti—korelasyon olduğu da bulunmuştur. GX9+9'un Copernicus uydusu ile yapılan gözlemleri de kaynağın dikkati çekecek kadar farklı yeğinliklere ve farklı hidrojen kolon yoğunluklarına sahip olduğunu göstermiştir.

1.8—18.0 keV enerji aralığındaki Ariel—5, Exp.C gözlemleri GX9+9 kaynağının spektrumunda, 10.9 keV enerji değerinde bir yüksek enerji kesikliği (çut—off) olduğunu göstermiştir. Bu ise sistemdeki tıkHz—bileşenin etrafında Compton—kalın bir buluttaki tabakalar halindeki gazın varlığına işaret etmektedir.

Parlak X-ışın kaynakları (ve aynı zamanda parlak galaktik göbek kaynakları) arasında buharlaşmış ilave-disk koronasının varlığına bundan iki yıl önce işaret edilmiş ve bu, gözlemlerle de doğrulanmıştı. Ariel-5 ve Ariel-6 uydularıyla farklı sürelerde yapılan GX9+9 gözlemleri için elde edilen sonuçlar, yaklaşık 10 faktöründe bir farklılık göstermektedir. Bu ise gözlemlenen düşük enerji absorpsiyonunun kaynağın kendisine ait olduğunu ileri sürmektedir. Fabian, Guilbert ve Ross'un modelinde ele alınan saçılma bulutu, bu modelde bir biçimli değillerse, bu taktirde hidrojen kolon yoğunluğunda değişimler beklemek doğal olacaktır.

5. SONUÇ

GX9+9 kaynağı için elde edilen en iyi uyum gösteren hidrojen kolon yoğunlukları ile bunlara karşılık gelen kaynak yeğinlikleri arasında dikkati çekecek ölçüde bir anti-korelasyon gözlemlenmiş ve yine aynı kaynak için yaklaşık bir günlük bir süre içerisinde 3 faktörü kadar bir değişme hidrojen kolon yoğunluğunda gözlemlenmiştir. Düşük X-ışın enerji aralıklarında ileride yapılacak gözlemlere, Galaktik göbekteki düşük kütleli X-ışın çift yıldız sistemlerinin tıkHz-bileşenlerini çevreleyen daha soğukça bir gaz tabakasının varlığını doğrulamak açısından hâlâ ihtiyaç vardır.

