

Kabuk Tipli G355.6-0.0'nin SUZAKU Uydusu X-Işını Analizleri

Aytaş Sezer^{1*}, Murat Hüdaverdi¹, Fatma Gök² ve E.Nihal Ercan³

¹ TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Ankara

² Akdeniz Üniversitesi, Fizik Bölümü, Antalya

³ Boğaziçi Üniversitesi, Fizik Bölümü, İstanbul

Özet Bu çalışmada Galaktik süpernova kalıntısı G355.6-0.0'nin Suzaku X-ışını analizlerini yaptık. Kalıntının 0.3-10 keV enerji aralığındaki parlaklık haritalarını inceledik. VNEI ve power-law modeli uygulayarak elde ettiğimiz tayflardan; galaktik hidrojen sütun yoğunluğu (N_H), iyonizasyon zamanı ($n_e t$) ve sıcaklık (kT_e) değerlerini hesapladık. Tayflarda baskın olarak görülen Mg, Si ve S çizgilerinin metal bolluklarını elde ettik. Bu bolluk değerlerini teorik modellerle karşılaştırarak, süpernova patlamasının türünü belirledik.

1 Giriş

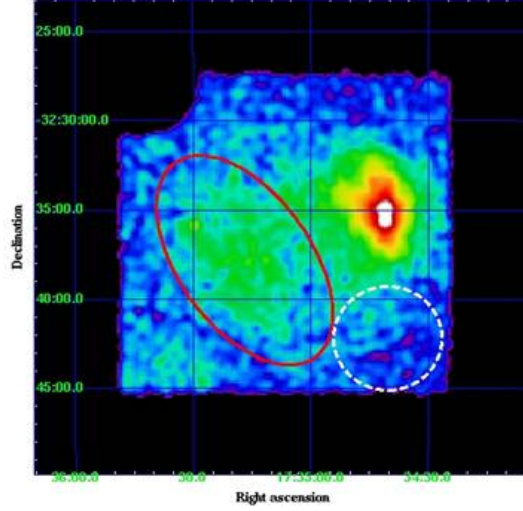
Süpernova kalıntılarının (SNK) X-ışını gözlemleri, süpernova (SN) patlaması ile çevredeki gaz etkileşimi hakkında önemli bir bilgi kaynağıdır. X-ışını bölgesinde elde edilecek tayfsal veriler, özellikle optikte bloke olmuş SNK mekanizmalarının anlaşılmasında önemli rol oynar. Japonya'nın 5. X-ışını uydusu olan Suzaku, 2005 yılı Temmuz ayında yörüngeye fırlatılmıştır ve Chandra ve XMM-Newton'dan sonra fırlatılan en yeni X-ışını uydusudur. Bu çalışmada, G355.6-0.0'nin Suzaku ile yapılmış gözlem verileri kullanılarak en hassas sonuçların elde edilmesi ve X-ışını mekanizmaları arkasındaki fiziksel süreçlerin incelenmesi amaçlanmaktadır. G355.6-0.0 ($\alpha = 17^h 35^m 16^s$, $\delta = -32^\circ 38' 00''$) kalıntısı $8' \times 6'$ açısal büyüklüğünde ve kabuk (Shell) tiplidir. Radyo gözlemleri Gray (1994) tarafından, ASCA X-ışını gözlemleri ise Yamauchi vd (2008) tarafından yapılmıştır. Suzaku uydusu tarafından 2010'da 52.5 ks boyunca XIS (X-ray Imaging Spectrometer) ile gözlenmiştir (Gözlem no:504098010). Bu gözlemden X-ışın teleskoplarının odak düzleminde yer alan XIS0, 1 ve 3 olarak adlandırılan 3 XIS alıcısı kullanılmıştır.

2 Analiz

Bu uydudan alınan verilerin filtreleme ve temizleme analizleri HEADAS software 6.04 ve tayf analizleri XSPEC 11.3.2 versiyonları kullanılarak yapılmıştır. Veri temizleme ve filtrelemek amaçlı Xselect 2.4, respons matris dosyaları (RMF)

* aytaş.sezer@uzay.tubitak.gov.tr

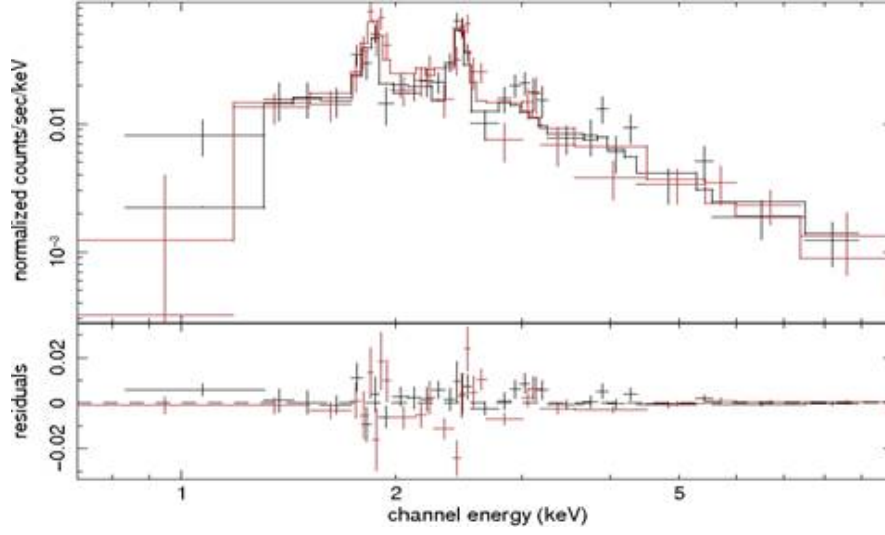
için xisrmfgen 2007-05-14, ancillary response dosyaları (ARF) montecarlo simülasyonları için xissimarfgen 2008-04-05 versiyonu kullanılmıştır. 0.3-10 keV enerji aralığında elde edilen XIS3 görüntüsü Şekil 1'de vermiştir.



Şekil 1. G355.6-0.0'nin 0.3-10 keV enerji aralığındaki XIS3 dedektörü ile alınan Suzaku görüntüsü. Tayf analizi için seçilen bölge elips ile işaretlenmiştir. Kesikli daire içine alınan bölge ise arka alan (background) bölgesini temsil etmektedir. Kalıntının doğu yönünde NGC 6383 kümesi bulunmaktadır. Sol üst köşe ise kalibrasyon amaçlı gözlenmiş olup, analiz yapılırken temizlenmiştir.

Şekil 1'de elips içine alınarak gösterilmiş bölgenin tayf analizi yapıldı. Tayf modellemesi yapılırken; kalıntıda olası metalleri yakalamak amacıyla ısısız plazmadan gelen ışımaya için VNEI modeli, şayet varsa ısısız olmayan ışımaya incelemek için power-law modeli kullanılmış ve bu iki model Galaktik absorpsiyon (wabs) modeli eklenerek uygulanmıştır. Bu işlemler XIS0, XIS1 ve XIS3 alıcıları için ayrı ayrı yapılmıştır. 2 FI (Front Illuminated) alıcı verisi (XIS0 ve XIS3) birleştirilerek tek veri haline getirilmiştir. BI (Back-illuminated) tipi alıcılı XIS1 verisi ise ayrı gösterilmiştir. FI ve BI tayf analizinde eş zamanlı olarak modellenmiştir. Elde edilen tayf Şekil 2'de verilmiştir.

Tayf analizlerinde galaktik hidrojen sütun yoğunluğu (N_H), iyonlaşma zamanı ($n_e t$), sıcaklık (kT_e) serbest parametre olarak bırakılmıştır. Mg, Si, S çizgilerinin metal bolluklarını belirlemek için, tayf modellemesi yapılırken bu değerler serbest bırakılmış, diğer metaller (C, N, O, Ne, Ar, Ca, Fe ve Ni) ise Güneş değerlerine (Anders ve Grevesse 1989) sabitlenmiştir. Elde edilen parametreler ve hata değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 2. G355.6-0.0'nin VNEI ve power-law modellemesiyle elde edilen 0.7-10 keV enerji aralığındaki FI ve BI eşzamanlı X-ışını Suzaku tayfı. Kırmızı renk ile gösterilen eğri (FI) front illuminated CCD'lerle (XIS0 ve XIS3), siyah renkli olan eğri ise (BI) back-illuminated CCD (XIS1) ile alınan verilerden elde edilmiştir.

Çizelge 1. G355.6-0.0 kalıntısının FI ve BI eşzamanlı X-ışını Suzaku tayf analizinden elde edilen sonuçlar

	Parametreler	Değerler
Absorbtion	N_H (cm^{-2})	$(5.11 \pm 0.71) \times 10^{22}$
VNEI	kT_e (keV)	1.06 ± 0.11
	$n_{e,t}$ ($cm^{-3}s$)	$(1.32 \pm 0.01) \times 10^{11}$
	Mg	0.23 ± 0.02
	Si	0.89 ± 0.19
	S	1.72 ± 0.25
Power-law	$PhotonIndex$	1.15 ± 0.09
	$\chi^2/d.o.f.$	$348/331=1.05$

3 Sonuç ve Tartışma

G355.6-0.0 kalıntısı radyo bandında $8' \times 6'$ açısal büyüklüğe sahiptir (Gray 1994). Suzaku analizlerinden de X-ışını bölgesinde benzer bir büyüklüğe sahip olduğu görülmektedir. Tayf analizlerinde tespit edilen Mg (0.23 ± 0.02), Si (0.89 ± 0.19) ve S (1.72 ± 0.25) çizgilerinin bolluk değerleri teorik modellere (Woosley ve Weaver 1995, Thielemann vd 1996), Iwamoto vd 1999) göre, bu kalıntının özet çökmesi (core collapse) SN kaynaklı olabileceğine işaret etmektedir. Tayf analizinden N_H değeri $\sim 5.11 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ olarak bulunmuştur. ASCA gözlemleri de bu değeri $N_H > 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ olarak vermiştir (Yamauchi vd 2008). Bu sonuçlar, G355.6-0.0'nin gaz ve tozun yoğun olduğu Galaktik düzleme yakın olduğunu göstermektedir. Bu kalıntı için sıcaklık değeri $kT_e \sim 1.06 \text{ keV}$ olarak bulunmuştur. Bu da kabuk tipli SNK'ler için beklenen değer aralığındadır. SNK'ler için önemli olan diğer bir parametre ise (n_{et}) olarak verilen plazmanın iyonlaşma zamanıdır. Burada n_e , kalıntının bulunduğu ortamın elektron yoğunluğunu, t ise iyonlaşma için geçen zamanı temsil eder. Plazmanın tam iyonlaşma denge durumu için bu değer $\geq 10^{12} \text{ cm}^{-3} \text{ s}$ olarak verilmektedir (Masai 1984). Bu çalışmada $n_{et} \sim 1.32 \times 10^{11} \text{ cm}^{-3} \text{ s}$ olarak elde edilmiştir, bu da kalıntıda tam iyonlaşma denge durumunun oluşmadığını, diğer bir ifade ile, iyonlaşmanın devam ettiğini göstermektedir. Yeni bir kalıntı olan G355.6-0.0'nin yaşı hakkında literatürde bir bilgi bulunmamaktadır. Ancak, kalıntının bulunduğu ortamın yoğun olduğu gözönüne alınarak ($n_e \sim 1 \text{ cm}^{-3}$ kabul ederek) bu kalıntının yaşının birkaç bin yıl olabileceği tahmin edilebilir. Genç kalıntılar (birkaç yüzyıl ya da yaklaşık bin yıl) serbest genişleme (free expansion phase) aşamasındadırlar (Truelove ve McKee 1999). Bu kalıntılarda, SN patlaması sonucu yıldızlararası ortama atılan gazdan (ejecta) gelen ışımanın baskın olduğu söylenebilir. G355.6-0.0 kalıntısının tayf analizlerinde Si ve S elementlerinin baskın olması da kalıntıdan gelen ışımanın bu özellikte olduğunu desteklemektedir.

Kaynaklar

- Anders, E., and Grevesse, N.: Abundances of the elements - Meteoritic and solar. *Geochim. Cosmochim. Acta.* **53** (1989) 197–214.
- Gray, A.D.: The Most Galactic Center Survey - Part Three - Images of New Candidate Supernova Remnants. *MNRAS* **270** (1994) 847–860.
- Iwamoto, K., Brachwitz, F., Nomoto, K., et al.: Nucleosynthesis in Chandrasekhar Mass Models for Type IA Supernovae and Constraints on Progenitor Systems and Burning-Front Propagation. *ApJS* **125** (1999) 439–462.
- Masai, K.: X-ray emission spectra from ionizing plasmas. *ApSS* **98** (1984) 367–395.
- Thielemann, F.-K., Nomoto, K., Hashimoto, M.: Core-Collapse Supernovae and Their Ejecta. *ApJ* **460** (1996) 408–436.
- Truelove, J. K., and McKee, C. F.: Evolution of Nonradiative Supernova Remnants. *ApJS* **120** (1999) 299–326.
- Woosley, S. E. and Weaver, T. A.: The Evolution and Explosion of Massive Stars. II. Explosive Hydrodynamics and Nucleosynthesis. *ApJS* **101** (1995) 181–235.

Yamauchi, S., Ueno, M., Koyama, K., Bamba, A.: X-Ray Emission from Supernova Remnants Observed in the ASCA Galactic Plane Survey. *PASJ* **60** (2008) 1143–1150.