

G357.7-0.1 Süpernova Kalıntısında Yeniden Birleşen Plazmanın Araştırılması

Aytaş Sezer¹*, Tülün Ergin²

¹ Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, 60 Garden Street, Cambridge, MA 02138, USA

² TUBITAK Space Technologies Research Institute, ODTU Campus, 06531, Ankara, Turkey

Özet

Fermi Gamma-ray Space Telescope (*Fermi*) uydusu üzerinde takılı olan Large Area Telescope (LAT) dedektörünün ilk keşfettiği süpernova kalıntıları (SNK), büyük çoğunlukla karışık morfolojili (KM) kalıntılardır. Radyo dalgaboylarında 1720 MHz'deki OH mazerlerinin KM SNK'lerde gözlenmesi, bu kalıntıların molekül bulutları ile etkileştiklerini gösteren en önemli kanıtlardır. *Suzaku* X-ışını uydusu da yakın zamanda *Fermi*-LAT'ın bulunduğu bu kalıntılarda "Yeniden Birleşen" (YB) plazma olduğunu keşfetmiştir. SNK'lerde YB plazmanın kaynağını açıklayan iki model (Adiyabatik Soğuma ve Isısal İletim) ortaya atılmıştır fakat hangi modelin ağırlıklı rol oynadığı henüz anlaşılammıştır. Yeni YB SNK'lerin keşfi, bu nesnelerin gözlemsel özelliklerini ortaya koymakla birlikte, modellerin sınanması ve iyileştirilmesi bakımından önemlidir. G357.7–0.1 (Tornado) da molekül bulutları ile etkileşen ve gama ışınları yayan bir SNK olduğundan, YB plazma araştırması için bir adaydır. Dolayısıyla bu çalışmada *Suzaku* verileri ve XSPEC altındaki YB plazma modeli (VVRNEI) kullanılarak Tornado'da YB plazma araştırılması ve elde edilen ilk sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: (ISM:) supernova remnants, Samanyolu, Galaksiler, Kozmoloji

1 Giriş

Özellikle son on yılda yüksek teknolojiye sahip X-ışını uydularından alınan verilerin analizleri ile süpernova kalıntılarında (SNK) yeni bir morfoloji ortaya çıkmıştır. Karışık morfolojili (KM) olarak anılan bu SNK'ler; radyo dalgaboylarında bir kabuk (shell) şekli ve X-ışınlarında ise içi dolu bir yapı sergilemektedir (*Rho ve Petre 1998; Lazendic ve Slane 2006; Vink 2012*). SNK'lerde plazmanın iyonlaşma durumu, SNK'lerin evrim aşamasını belirleyen bir faktördür. Genç SNK'lerde oluşan şok dalgası, X-ışını dalgaboylarında ışımaya neden olur, plazmayı iyonize eder (elektron sıcaklığının iyon sıcaklığından daha büyük olduğu durum, $kT_e > kT_z$) ve plazma yavaşça iyonlaşma dengesine ($kT_e = kT_z$) ulaşır. Sonraki aşama ise elektronların soğuması, yeniden birleşmenin (recombining plasma) gerçekleşmesidir ($kT_z > kT_e$). Yeniden birleşen (YB) plazmanın keşfi yakın zamanda, *Suzaku* X-ışını uydu gözlemleri ile yapılmıştır. YB SNK'lerin KM özellikte olmaları çok ilginçtir (Örneğin; W49B: *Ozawa vd. 2009*, IC443: *Yamaguchi vd. 2009*, 3C391: *Ergin vd. 2014*). YB plazmanın varlığı, elektron soğumasına işaret etmektedir. Literatürde, bu mekanizmayı açıklayan iki model vardır: Isı İletim (Thermal conduction, *Cox vd. 1999; Shelton vd. 1999*) ve Adiyabatik Soğuma (Adiabatic cooling, *Itoh ve Masai 1989*). Isı İletim modeli, elektron soğumasının kaynağının, merkezdeki sıcak plazmadan çevredeki soğuk plazmaya olan ısı iletimi olduğunu savunur. Adiyabatik Soğuma modeli ise, şokun adiyabatik genişlemesi sonucu elektronların hızla soğuduğu görüşünü temel alır. G357.7–0.1 (Tornado) molekül bulutları ile etkileşmekte olan bir SNK'dir, ki bu etkileşimler, OH mazer gözlemleri ile desteklenmektedir (*Frail vd. 1996*). *Fermi*-LAT verileri kullanılarak bu kalıntının bir gama ışınları kaynağı olduğu gösterilmiştir (*Castro vd. 2013*). Tornado bu özellikleri ile YB plazma araştırması için potan-

siyel bir adaydır. Tornado'nun bir KM SNK olduğu *Gaensler vd. (2003)* tarafından öne sürülmüş, *Sawada vd. (2011)* ise *Suzaku* verilerini kullanarak "head" (kuzey batı yönündeki parlak bölge) ve "tail" (güneydoğu yönündeki sönük bölge) olmak üzere iki farklı bölgeden termal ışıma geldiğini göstermiştir. Bu çalışmada, *Suzaku* verileri kullanılarak Tornado'nun "head" bölgesinde YB plazma araştırılmış ve elde edilen ilk sonuçlar sunulmuştur.

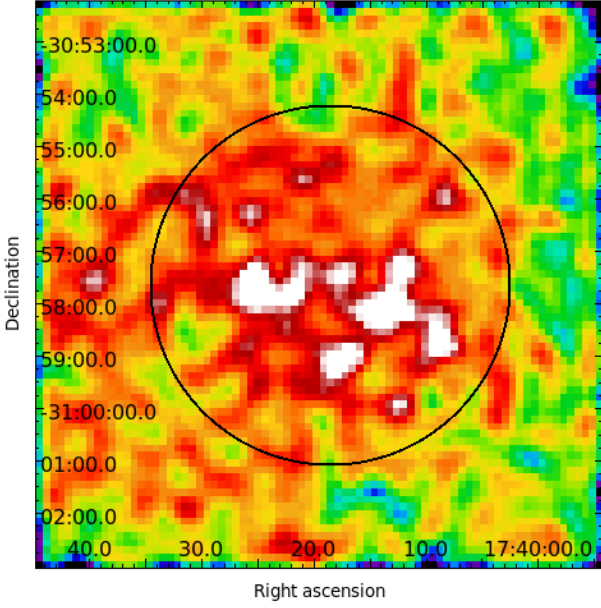
2 Gözlem ve Analizler

Bu analizde, Ağustos 2009 tarihli (poz süresi: 125 ks, Obs ID:504036010) *Suzaku* XIS (X-ray Imaging Spectrometer; *Koyama vd. 2007*) gözlemi kullanılmış, veri analizleri HEASoft version 6.16 ve XSPEC 12.8.2 (*Arnaud 1996*) kullanılarak yapılmıştır. Tayf analizi için Şekil 1'de çember ile gösterilen alan seçilmiş, arka-alan ışıması için bu çember dışında kalan bölge kullanılmıştır. VVRNEI modeli denenmiş ve bu modele absorption modeli olan TBABS (*Wilms vd. 2000*) uygulanmıştır. VVRNEI modeli, elektron sıcaklığı (kT_e) ve plazmanın ilk sıcaklığı (kT_{init}) olmak üzere iki ayrı sıcaklık değeri vermektedir. $kT_{init} > kT_e$ durumu YB plazmayı ifade eder. Tayf analizinden $N_H \sim 6.5 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$, $kT_e \sim 0.8 \text{ keV}$ ve $kT_{init} \sim 0.5 \text{ keV}$ olarak bulunmuştur.

3 Sonuç ve Tartışma

Tornado'nun "head" bölgesinin *Suzaku* tayf analizlerinden $kT_{init} < kT_e$ elde edilmiştir. Bu da plazmanın YB aşamasında olmadığını göstermektedir. Bu sonuç Tornado'nun KM özellikte olmadığını desteklemektedir. Daha yüksek tayfsal çözünürlüğe sahip *Astro-H* uydusu ile yapılacak uzun poz süreli gözlemler bu kalıntının tüm bölgelerinin detaylı incelenmesine imkan verecektir.

* aytaş.sezer@cfa.harvard.edu



Şekil 1. Tornado'nun "head" bölgesinin 0.3–10.0 keV enerji aralığındaki *Suzaku* XIS görüntüsü.

Tesekkür

Aytap Sezer TÜBİTAK BİDEB-2219 burs programı kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Arnaud, K. A. 1996, in ASP Conf. Ser. 101, Astronomical Data Analysis Software and Systems V, ed. G. H. Jacoby & J. Barnes (San Francisco, CA: ASP), 17
- Castro, D., Slane, P., Carlton, A., Figueroa-Feliciano, E. ApJ **774** (2013) 36
- Cox, D. P., Shelton, R. L., Maciejewski, W., vd. ApJ **524** (1999) 179
- Ergin, T., Sezer, A., Saha, L., Majumdar, P., Chatterjee, A., Bayırlı, A., Ercan, E. N. ApJ **790** (2014) 65
- Frail, D. A., Goss, W. M., Reynoso, E. M., vd. AJ **111** (1996) 1651
- Gaensler, B. M., Fogel, J. K. J., Slane, P. O., Miller, J. M., Wijnands, R., Eikenberry, S. S., Lewin, W. H. G. ApJ **594L** (2003) 35
- Itoh, H., & Masai, K. MNRAS **236** (1989) 885
- Koyama, K., Tsunemi, H., Dotani, T., vd. PASJ **59** (2007) 23
- Lazendic, J. S., Slane P. O. ApJ **647** (2006) 350
- Mitsuda, K., Bautz, M., Inoue, H., vd. PASJ **59** (2007) 1
- Ozawa, M., Koyama, K., Yamaguchi, H., Masai, K., & Tamagawa, T. ApJL **706** (2009) L71
- Rho, J., Petre R. ApJ **503** (1998) L167
- Sawada, M., Tsuru, T. G., Koyama, K. Oka, T. PASJ **63S** (2011) 849
- Shelton, R. L., Cox, D. P., Maciejewski, W., vd. ApJ **524** (1999) 192
- Vink, J., The Astronomy and Astrophysics Review **20**(2012) article id.49
- Wilms, J., Allen, A., & McCray, R. ApJ **542** (2000) 914
- Yamaguchi, H., Ozawa, M., Koyama, K., vd. ApJL **705** (2009) L6

Erişim:

P06-011: [UAK-2015 Program](#) — [UAK Bildiri](#) — [Turkish J.A&A.](#)