

## GRB 090515'in Sıradışı X-Işın Emisyonu

Antonia Rowlinson<sup>1</sup>, Özgecan Önal<sup>2\*</sup> ve Paul O'Brien<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Leicester Üniversitesi, Fizik ve Astronomi Bölümü, Leicester, İngiltere

<sup>2</sup> İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü,  
İstanbul, Türkiye

**Özet** Swift'in gözlemediği en düşük akı değerine sahip GRB 090515 gözlenen kısa süreli bir gama-ışın patlamasıdır. Swift'in patlama alarm teleskobu (Burst Alert Telescope; BAT) ve X-ışın teleskobuyla (X-ray Telescope; XRT) alınan verileri kullanılarak patlamanın yüksek enerjideki ışık eğrileri oluşturulmuştur. GRB 090515, 200 sn boyunca X-ışınlarındaki o zamana dek gözlenmiş en parlak ardıl ışıma sahip olmuş-tur ve bu parlaklıkta 40 s kaldıktan sonra aniden dik bir şekilde sönmüş-tür. Işık eğrisindeki bu 40 s'lik sıra dışı düzleşme ve bunu takip eden dik bozunum bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Rowlinson ve diğ. (2010)'nin incelenen GRB 090515'in 0.3-10 keV enerji aralığında gözlenen sıra dışı davranışın doğasını anlama çabaları özetlenmiştir. Rowlinson ve diğ. (2010)'ne göre bu davranışın nasıl oluştuğundan bağımsız olarak kararsız bir milisaniye pulsarıdan kaynaklandığı düşünülmektedir.

### 1 Giriş

Klebesadel ve diğ. (1973)'nin 30 yıl önce Vela uydularıyla yaptığı gama-ışın patlaması (GRB) gözlemlerinden sonra, ilk X-ışın ardıl ışıması BeppoSAX uydusu tarafından GRB 970228'de gözlenmiştir. X-ışın ardıl ışımalarından sağlanan hassas konumlarla, optik ardıl ışımaları ve GRB'lerin buldukları galaksileri tespit etmek mümkün olmuştur. Swift'in fırlatılmasıyla X-ışın ardıl ışımaları üzerine detaylı çalışmalar yapılmıştır. Swift ayrıca kısa süreli GRB'lerin (SGRB) algılanabilmesine olanak sağlamış ve bunların uzun süreli GRB'ler (LGRB) ile kıyaslanabilmesine imkan sağlamıştır (Rowlinson ve diğ. 2010).

### 2 GRB 090515'in Swift Gözlemleri

Bütün analizler HEASOFT, XSPEC, QDP'nin standart rutinleri kullanılarak ve UK Swift Science Data Centre (Evans ve diğ. 2007; 2009) tarafından üretilen otomatik XRT verileri kullanılarak yapılmıştır. Buna ek olarak bazı analizler PHYTON ve PERL'de yazılan scriptler ile tamamlanmıştır.

GRB 090515 Swift'in gözlemediği en kısa süreli GRB'lerden biridir. Patlama aynı zamanda en düşük akiya da sahiptir, buna rağmen 200s boyunca

\* nacegzo\_2003@yahoo.com

X-ışınlarındaki en parlak ardıl ışıma sahip kısa-süreli GRB'dir ve 40 saniye boyunca bu parlaklıkta kaldıktan sonra aniden dik bir şekilde sönükleşmiştir. Birinci yörüngeden sonra ise GRB 090515'e ait başka ölçümler yapılamamıştır (Tablo 1).

**Çizelge 1.** GRB 090515'in Swift gözlemleri.

GRB 090515'İN SWIFT GÖZLEMLERİ		
Tarihi ve Zamanı	→15 Mayıs 2009 – 04:45:09 UT	Yazar
BAT Konumu	$\alpha=10^{sa} 56^{dk} 41^{sn}$ $\delta=+14^d 27' 22''$	(Beardmore ve diğ. 2009)
XRT Konumu (15-150 keV)	$\alpha=10^{sa} 56^{dk} 36.11^{sn}$ $\delta=+14^d 26' 30.3''$	(Osborne ve diğ. 2009)
T90 (15-150 keV)	0.036±0.016 sn	(Barthelmy ve diğ. 2009a)
Öncül $\gamma$ -Işın Emisyonu Tayfi (15-150 keV)	Tekil güç kanunu, foton indeksi $\Gamma_\gamma=1.6\pm0.2$	(Barthelmy ve diğ. 2009a)
Akı (fluence) (15-150 keV)	$2.0\pm0.8\times10^{-8}$ erg cm <sup>-2</sup>	
Maksimumdaki Foton Akısı (15-150 keV)	$5.7\pm0.9$ foton cm <sup>-2</sup> sn <sup>-1</sup>	
X-Işın Tayfi (0.3-10 keV)	Absorplanmış güç kanunu $\Gamma_X=1.88\pm0.14$ (Beardmore ve Evans 2009) $N_H=6.1\times10^{20}$ cm <sup>-2</sup> $N_H=1.9\times10^{20}$ cm <sup>-2</sup> Galaktik artık kolon yoğunluğu	
X-Işın Işık Eğrisi (0.3-10 keV)	Kırık güç kanunu, iki kırılma $T_1=156.2$ (+9.3,-26.2); $\alpha_1=0.29$ (+0.08, -0.27) rölatif olarak düzgün bozunum $T_2=240.8$ (+7.4, -9.8); $\alpha_2=2.51$ (+0.38, -0.70) daha dik bir bozunum $\alpha_3 > 9$ : son derece dik bir bozunum	

### 3 GRB 090515'in Sıradışı X-Işın Salmasının Kökeni Üzerine

GRB 090515'in X-ışını ışık eğrisinde gözlenen 40 sn'lik düzleşme kararsız bir milisaniye puslalarının oluşumu, salmayı (emisyonu) ve çöküşünü temsil eder. Kararsız milisaniye puslalarının oluşumu esnasında çekimsel çöküşü engelleyecek kadar enerjisi vardır. Bu enerji elektromanyetik ışınım ya da çekimsel dalgalarla yayımlanabilir. Belirli bir kritik noktadan sonra puslar çöküşü engelleyemeyecek kadar yavaşlar ve salma yayımlamaz çünkü; kara delik oluşur. Kara delik nasıl oluşabilir? Bunun için iki senaryo önerilmiştir. Nötron yıldızlarının çeşitli hal

denklemlerine bağlı varsayımlara göre iki nötron yıldızının kaynaşmasıyla bir milisaniye pulsarı oluşabilir (Daive Lu 1998; Dai ve diğ. 2006; Yu ve Huang 2007). Ayrıca uzun süreli GRB'lerin oluşumuyla ilgili olan büyük kütleli yıldızların çöküşüyle de bir milisaniye pulsarı oluşabilir (Troja ve diğ. 2007; Lyons ve diğ. 2010). GRB 090515'in kararsız bir milisaniye pulsarından kaynaklanıp kaynaklanmadığını Zhang ve Meszaros (2001)'de geçen aşağıdaki denklemleri kullanarak ölçülebilir:

$$B_{p,15}^2 = 4.2025 I_{45}^2 R_6^{-6} L_{em,49}^{-1} T_{em,3}^{-2} \quad (1)$$

$$P_{0,-3}^2 = 2.05 I_{45} L_{em,49}^{-1} T_{em,3}^{-1} \quad (2)$$

$$T_{em,3} = 2.05 (I_{45}^2 B_{p,15}^{-2} P_{0,-3}^2 R_6^{-6}) \quad (3)$$

$$L_{em,49} \sim (B_{p,15}^2 P_{0,-3}^{-4} R_6^6) \quad (4)$$

$B_{(p,15)}$ , milisaniye pulsarının kutuplarından ölçülen manyetik alan ( $10^{15}$  G);  $P_{(0,-3)}^2$ , milisaniye pulsarının başlangıçtaki dönme periyodu (ms);  $T_{(em,3)}$ , düzleşmenin eylemsizlik sistemindeki süresi (103 sn cinsinden);  $L_{(em,49)}$ , düzleşmenin 1-1000 keV enerji aralığında eylemsizlik sistemindeki ışın gücü ( $10^{49}$  erg s $^{-1}$ );  $I_{45}$ , eylemsizlik momenti ( $10^{45}$  gr cm $^2$ ); milisaniye pulsarının yarıçapı ( $10^6$  cm).

Bu denklemler elektromanyetik olarak baskın yavaşlama rejimine uygulanabilirler. Kaynaşan çift tıkız sistemlerden bir milisaniye pulsarının oluşması için nötron yıldızının kütlesi  $M_{NS} = 2.1M_{\odot}$  (Nice ve diğ. 2005) ve  $I_{45} \sim 1.5$  olmalıdır. Bu GRB için kırmızıya kayma değeri hesaplanamadığı için  $2 < z \leq 5$  aralığındaki kırmızıya kayma değerlerine göre inceleme yapılmıştır. Bu aralık optik ardıl ışınlar ile uyumludur. Milisaniye pulsarının  $t \sim 0$ 'da oluşmasından yola çıkıldığında gözlemciye göre platonun süresi  $\sim 240$ s'dir. 0.3-10 keV enerji aralığında gözlenen akıdan itibaren tayfsal indeks (1.88) ve k-düzeltilmesi (Bloom, Frail ve Sari 2001) ile birlikte platonun hesaplanan ışın gücü  $\sim 1 \times 10^{-9}$  erg cm $^{-2}$ 'dir. Eldeki veriler yukarıda bahsedilen denklemlere yerleştirildiğinde manyetik alan şiddeti ve spin periyodu hesaplanacaktır. Şekilde kolapsar modelinde ve kaynaşan tıkız çift sistemi (mor renkli çizgi) modellerine göre dönme periyotları ile manyetik alan şiddetleri görülmektedir. Şekilde Lyons ve diğ. (2010)'nin belirlediği gibi milisaniye pulsarının olabileceği yerler görülmektedir: Burada kırmızı çizgi kütlesi  $\geq 1.44M_{\odot}$  olan bir nötron yıldızı için dönme periyodunun kırılma noktası kırmızı çizgi ile temsil edilmiştir ( $\geq 0.96$ ms, Lattimer ve Prakash 2004).

$$P_{0,-3} \geq 0.81 M_{1.4}^{-1/2} R_6^{3/2} \text{ms} \quad (5)$$

denklemleri kullanılarak  $2.1M_{\odot}$  kütleli kaynaşan çift senaryosu için dönme periyodu limiti  $P \geq 0.66$ ms olarak bulunmuştur.

Usov (1992)'ye göre başlangıçtaki dönme periyodu  $\leq 10$ ms ve Thompson (2007)'na göre manyetik alan  $\geq 10^{15}$  G olmalıdır. Buradan milisaniye pulsarının oluşabilmesi için eğer atayıldız kolapsar ise kırmızıya kayma  $0.3 < z < 3.5$

aralığında ya da eğer atayıldız kaynaşan tıkız çift sistem ise kırmızıya kayma  $0.2 < z < 4.4$  aralığında olmalıdır.

Dönme periyodu için manyetik olan kaynaşan tıkız çift sistem modelinde kolapsar modeline göre bir miktar daha düşüktür. Troja ve diğ. (2007) ve Lyons ve diğ. (2010)'nin bir milisaniye pulsarının karadeliğe çöküşünü temsil eden ışık eğrisi üzerine yaptıkları öngöründe platoyu takip eden dik bir bozunum öngörmüşlerdir. Bu GRB 090515'in ışık eğrisiyle uyumaktadır. Buradan elde edilen en önemli sonuç başlangıçtaki atayıldız modelinden bağımsız olarak bir milisaniye pulsarının oluşmasıdır.

#### 4 Tartışma ve Sonuç

GRB 090515, gama-ışınlarında çok düşük, X-ışınlarında ise o zamana dek gözlenen en yüksek akıya sahip kısa süreli bir GRB'dir. X-ışın ışık eğrisinde gözlenen düzleşme ve bunu takip eden dik bozunum sıra dışı olmakla beraber Swift örnekleri arasında eşsiz değildir. GRB'nin kısa süresi ve diğer özelliklerine bakıldığında sıra dışı salmanın bir kaynaşan tıkız çift sistemin çöküşüyle açıklanabileceği görülmüştür. Bununla beraber, salmanın olası sebebi olarak kolapsar senaryosu da göz ardı edilemez. Sonuç olarak, nasıl bir ata yıldızdan oluştuğundan bağımsız olarak GRB 090515'in sıra dışı X-ışın salmanın sebebinin "kararsız milisaniye pulsarı" olduğu bulunmuştur. Düzleşmenin sebebi enerji enjeksiyonu, dik bozunumu sebebi ise pulsarın bir karadeliğe ani çöküşüyle ifade edilmiştir.

#### Kaynaklar

- Beardmore, A. P., ve diğ.: GCN Circ., **9356** (2009) 1  
Beardmore, A. P., Evans, P. A.: GCN Circ., **9368** (2009) 1  
Bloom, J. S., Frail, D. A., Sari, R.: AJ **121** (2001) 2879  
Dai, Z. G., Lu, T.: A&A **333** (1998a) L87  
Dai, Z. G., Wang, X. Y., Wu, X. F., Zhang, B.: Sci **311** (2006) 1127  
Evans, P. A., ve diğ.: A&A **469** (2007) 379  
Evans, P. A., ve diğ.: MNRAS **397** (2009) 1177  
Klebesadel, R. W., Strong, I. B., Olson, R. A.: ApJ **182** (1973) L85  
Lattimer, J. M., Prakash, M.: Sci **304** (2004) 536  
Lyons, N., O'Brien, P. T., Zhang, B., Willingale, R., Troja, E., Starling, R. L. C.: MNRAS **402** (2010) 705  
Nice, D. J., Splaver, E. M., Stairs, I. H., Löhmer, O., Jessner, A., Kramer, M., Cordes, J. M.: ApJ **634** (2005) 1242  
Osborne, J. P., Beardmore, A. P., Evans, P. A., Goad, M. R.: GCN Circ., **9367** (2009) 1  
Thompson, T. A.: Rev. Mex. Astron. **27** (2007) 80  
Troja, E., ve diğ.: ApJ **665** (2007) 599  
Usov, V. V.: Nature **357** (1992) 472  
Yu, Y., Huang, Y.-F.: Chinese J.: Astron. Astrophys. **7** (2007) 669  
Zhang, B., Meszaros, P.: ApJ **552** (2001) L35