

Kısa Süreli Swift Gama-Işın Patlamalarının Işık Eğrisi Morfolojisi

Özgecan Önal^{1*}, Antonia Rowlinson² ve Paul O'Brien³

¹ İstanbul Üniversitesi, Fen Fakültesi, Astronomi ve Uzay Bilimleri Bölümü, İstanbul, Türkiye

² Leicester Üniversitesi, Fizik ve Astronomi Bölümü, Leicester, İngiltere

Özet Bu çalışmada Swift uydusunun 2005 ile Eylül 2009'e kadar tetiklediği patlama süresi 8 s ve daha kısa olan (82 adet) gama-ışın patlamalarının (GIP) 0.3 ile 10 keV enerji aralığında ışık eğrilerinin davranışları Patlama Alarm Teleskobu (BAT) ve X-Işın Teleskobu (XRT) verileri birleştirilerek incelenmiştir. Çalışmanın asıl amacı BATSE tarafından belirlenen 2 s'de çizilen sınıflandırma kriterinin sınanmasıdır. Çalışma veri biriktirme aşamasında olup devam etmektedir. Çalışmada kullanılan cisimlerin bazılarında sıra dışı salmalar gözlenmiştir. Söz konusu cisimlerden bazıları sıradan BAT salmaları dışında 10 ile 1000 s aralığında, yeniden parlamalar şeklinde uzun-süreli salmalara sahiptirler. Buna ek olarak listedeki cisimlerden dördü yüksek kırmızıya kaymaya sahiptir ($4 < z \leq 8.3$). Çalışmada farklı özellik gösteren bu cisimlerin gerçekten gözlemlenmiş gibi kısa süreli mi, yoksa mutlak olarak daha uzun süreli bir doğaya mı sahip oldukları kısa süreli GIP adaylarına göre ışık eğrisi davranışlarına bakılarak test edilmiştir.

1 Giriş

Gama-ışın patlamaları (GRB) kozmolojik uzaklıklarda meydana gelen kısa süreli, şiddetli ve tekrarsız, yumuşak gama-ışın radyasyonlarıdır. GRBler süre, tayfsal şekil, maksimum enerji ve parlaklık bakımından büyük bir çeşitlilik gösterirler (Berger 2010). Genel olarak gözlemsel verilerden uzun süreli GRBlerin (LGRB) gama-ışınlarında uzun süreli ve yumuşak tayflı; ardıl ışınlarında jet kırılmaları ve süpernova çıkıntılı; yüksek kırmızıya kaymadaki düzensiz çüce galaksilerde yıldız oluşum bölgelerinde gözlenmişlerdir. Kısa süreli GRBler (SGRB) ise gama-ışınlarında kısa süreli ve sert tayflı; ardıl ışınları sönük ve süpernova ilişkisine dair izler bulunmayan; düşük ya da orta kırmızıya kaymalı ve düşük yıldız oluşumlu her tür galakside oluştukları gözlenmiştir (Lazzati ve Perna 2010).

2006 yılına kadar kısa ve uzun süreli GRBlerin yukarıda belirtilen özelliklerde, fiziksel kökenleri farklı olan iki ayrı popülasyon oldukları düşünülüyordu. Bu tablo GRB 060505 ve GRB 060614'ün gözlenen sıra dışı davranışları ile yeni senaryoların olabileceğini, hatta belki de yeni bir sınıflandırma kriteri arayışını

* nacegzo_2003@yahoo.com

doğurmuştur. Her iki patlama da gama-ışın özellikleri bakımından uzun-süreli gibidir; ancak ardıl ışınmaları sönüktür ve olası süpernova ilişkilerine dair izler bulunamamıştır. Süpernova işaretlerinin aranmasının en temel sebeplerinden biri de iki GRB'nin de düşük kırmızıya kayma değerlerinde olmasındandır: $z_{060505} = 0.089$ (Fynbo ve diğ. 2006) $z_{060614} = 0.125$ (Gal-Yam ve diğ. 2006; Fynbo ve diğ. 2006; Della Valle ve diğ. 2006; Gehrels ve diğ. 2006). Bu iki cismin olası doğaları üzerine yapılan yorumlar şöyle olmuştur: i) Erken X-ışın ardıl ışınması çok parlak olan bir kısa süreli GRB, ii) Büyük kütleli ata yıldızı olmayan ya da yeterli miktarda ^{56}Ni üretemeyen bir süpernova patlamasıyla ilişkili uzun-süreli GRB.

Eğer kısa süreli patlamaların, rölatif olarak parlak erken X-ışın ardıl ışınmaları gözleniyorsa, bu durumda kısa ve uzun süreli patlamaları sadece sürelerine bakarak sınıflandırmak anlamını yitirecektir. Compton Gama-Işın Gözlemevi üzerinde bulunan BATSE dedektörü (50-150 keV) 1991 ile 2000 yılları arasında 8000 civarında GRB tetiklemesi yapmıştır. T90 süresi, alınan gama-ışın sayımlarının arkaplan değerinden %5 ile %95 aralığında artış gösterdikleri zaman olarak tanımlanmıştır. Kouveliotou ve diğ. (1993), BATSE'nin gözlemlediği 2041 GRB'nin patlama süresi (T90) bakımından Şekil 1'deki gibi iki modlu bir dağılım gösterdiğini ortaya koymuşlardır. İki mod, T90=2s'de birbirinden ayrılmaktadır. Buna göre T90≤2s ise gözlenen GRB kısa süreli, T90>2s ise gözlenen GRB uzun süreli olarak sınıflandırılmıştır. Bununla beraber, dağılıma bakıldığında iki grubun tam olarak ayrılmadığı T90≤2s olan dağılımın eteklerinin 2s'nin ötesine geçtiği görülmektedir.

2004 yılında fırlatılan Swift uydusu (15-350 keV) kısa süreli GRB çalışmalarında yeni bir çağ açmıştır. Hassas konum belirlenmeleri, kırmızıya kayma ölçümlerine ve altta yatan galaksilerle bağlantı kurulmasına izin vermiştir. Bu bulgular kısa süreli GRBlerin ata yıldızlarının kaynaşan tıkHz (compact) cisimler olabileceklerine işaret etmektedir. Swift'in gözlemlediği bazı kısa süreli olarak sınıflandırılan GRBlerde yumuşak, uzamış bir salma bileşeni gözlenmiştir. Bu bileşen GRB'nin ışık eğrisinde erken zamanlarda gözlenen sert bir parlama olarak kendini gösterir. Şekil 2'de GRB 080503'ün BAT ve XRT verilerinin akı kalibrasyonlu ışık eğrisinde 100. ile 1000. saniyeler arasında sıradan bir kısa süreli patlama için sıra dışı olarak nitelendirilebilecek olan uzun süreli salma görülmektedir. Işık eğrilerinde bu yapı gözlenen GRB'ler sayesinde T90=2 s'ye dayalı uzun ve kısa süreli GRB ayırımına olan güveni azaltmakta ve yeni ölçüt arayışlarına sebep olmaktadır.

Uzun süreli GRBlerin çoklu dalgaboyu gözlemlerinden bu sınıfa giren GRBlerin çok büyük kütleli yıldızların kozmolojik uzaklıklarda meydana gelen çekirdek çökmeli süpernova patlamasıyla ilişkili oldukları bulunmuştur. Bununla beraber, bütün uzun süreli GRBlerin böyle bir süpernova ile ilişkili olduklarını söyleyemeyiz (Rowlinson ve diğ. 2010).

Kısa süreli GRBlerin oluşum mekanizmaları ise henüz iyi anlaşılmamıştır. Ancak en popüler teori bu patlamaların tıkHz çift sistem oluşturan, nötron yıldızı çifti ya da bir nötron yıldızı ve bir kara delik çifti gibi, yıldızların kaynaşma-sıyla oluştukları düşünülmektedir (Lattimer ve Schramm 1976; Eich-

ler ve diğ. 1989; Narayan, Paczynski ve Piran 1992). Ayrıca hem kısa hem de uzun süreli GRB'lerin kararsız milisaniye pulsarlarıyla ilgili olabilecekleri öne sürülmüştür. Bu ata yıldız modelinin GRB nüfusunun küçük bir kesrini oluşturdukları düşünül-mektedir (Rowlinson ve diğ. 2010).

2 Analiz ve SGRB Örneği

Bütün analizler HEASOFT, XSPEC ve 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 küçük programlarla (script) tamamlanmıştır.

Bu çalışmada Swift'in 2005 yılından itibaren gözlemlediği kısa süreli gama-ışın patlamalarından (SGRB) oluşan bir örneklem kullanılmıştır. Swift uydusu hala görevine devam ettiği için örneklem zamanla genişleyebilecektir. Eylül 2009 tarihine kadar gözlenmiş $T_{90} \leq 8s$ olan 82 SGRB için 0.3-10 keV enerji aralığında BAT ve XRT verileri birleştirilerek ışık eğrileri elde edilmiştir. 82 SGRB'den sadece 76'sı için analizlerin tamamı gerçekleştirilebilmiştir. Ağustos 2010 itibariyle örneklemde 114 SGRB yer almaktadır.

114 SGRB, patlama süresi bakımından buldukları aralıklar ve dağılımları şöyledir: $T_{90} \leq 2s$ olan 41, $2s \leq T_{90} \leq 5s$ olan 28, $5s \leq T_{90} \leq 8s$ olan ise 28 SGRB bulunmaktadır. Bu örnekte yer alan Nisan 2009 itibariyle 14 SGRB'de 100. ile 1000. saniyeler arasında X-ışınlarında uzun süreli bir salma (extended emission, EE) görülmüştür. Örnekte bulunan dört SGRB ise yüksek kırmızıya kayma (high z; HZ) gösteren cisimlerdir. Davranışları bakımından EE ve HZ grupları ilginçtir.

3 Bulgular

Bir GRB ışık eğrisinden beklenen davranışlar şöyle olabilir: Çok sayıda, rastgele genlikli parlamalı öncül ışınım (genelde BAT tarafından gözlenirler); X-ışınlarında ise yavaş yavaş bozunum ya da dik bozunum ve hatta ani ve şiddetli parlamalar (Şekil 3).

Yüksek kırmızıya kaymalı dört GRB'nin BAT ve XRT tarafından alınan akısı, SGRB örneğine ait ışık eğrileriyle kıyaslandığında düşük akı değerlerinde ($10^{-7} - 10^{-8} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) yer almaktadır. Bununla beraber ışık eğrisinin davranışı uyumlu görünmektedir.

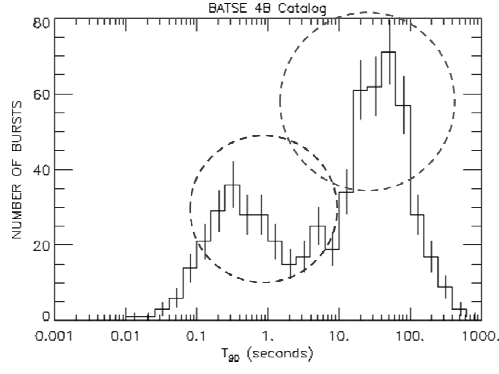
Bu cisimlerden özellikle GRB 090423'ten alınan salmanın mutlak olarak daha uzun süreli olduğu ancak çok uzak bir mesafede meydana geldiği için alınan salmanın düşük enerjilerde ve rölativistik etkilerden ötürü olduğundan daha kısa görüldüğü düşünülmektedir.

4 Tartışma ve Sonuç

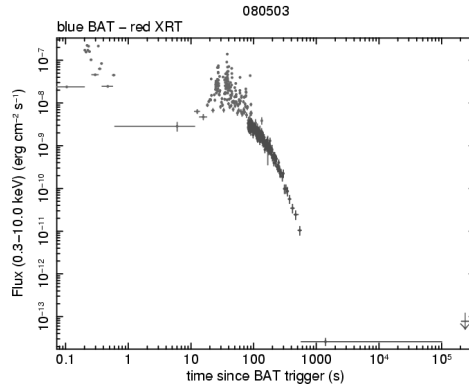
Yapılan analizlerin sonucunda SGRB örneğinin genel olarak aynı davranışı sergilediği görülmüştür. İncelenen cisimlerin akılarının ağırlıklı olarak gözleendiği aralık 10^{-6} ile 10^{-8} erg cm⁻² arasındadır. Cisimler BATSE'nin standart 2 s ayırımına göre seçilmediği halde standart güç kanunu bozunumları gözlenmiştir. HZ grubunda yer alan cisimler standart SGRB davranışı göstermektedir. Ancak literatürde bu cisimlerin yüksek kırmızıya kaymada bulunmalarından ötürü GRB'nin oluşumu esnasında yayınlanan gama-ışınlarının sadece az bir kısmının dedektörlere ulaştığı ve aslında bu cisimlerin daha çok bir LGRB oldukları düşünülmektedir. EE grubunda yer alan cisimlerin davranışı sıradışı olup, uzamış salmaların algılandığı kısımlar gözardı edildiğinde ışık eğrilerinin morfolojik yapısı SGRB örneğinde yer alan cisimlerle uyum içerisinde görülmüştür. Çalışma yapıldığından bugüne veri biriktirmeye devam edilmektedir.

Kaynaklar

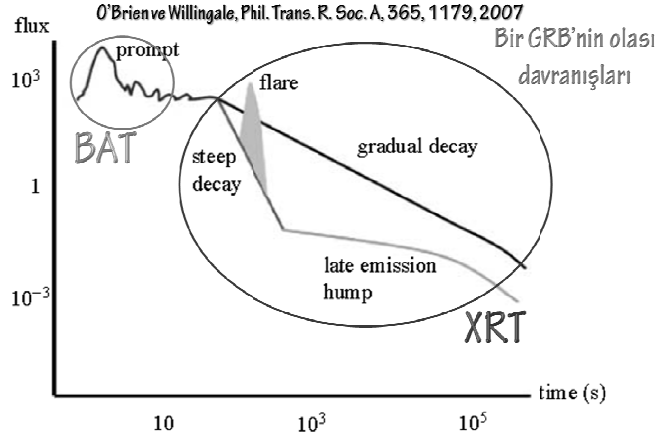
- Berger, E.: 2010, arxiv:1005.1068v1
Della Valle M., ve diğ.: Nature, **444** (2006) 1050
Eichler, D., Livio, M., Piran, T., Schramm, D. N.: Nature, **340** (1989) 126
Evans P. A., ve diğ.: A&A, **469** (2007) 379
Evans P. A., ve diğ.: MNRAS, **397** (2009) 1177
Fynbo J. P. U., ve diğ.: Nature, **444** (2006) 1047
Gal-Yam A., ve diğ.: Nature, **444** (2006) 1053
Gehrels N., ve diğ.: Nature, **437** (2005) 851
Kouveliotou C., Meegan C. A., Fishman G. J., Bhat N. P., Briggs M. S., Koshut T. M., Paciesas W. S., Pendleton G. N.: ApJ **413** (1993) L101
Lattimer, J. M., Schramm, D. N.: ApJ **210** (1976) 549
Lazzati ve Perna: ASSL, **359** (2010) 245L
Narayan, R. Paczynski, B., Piran, T.: ApJ **395** (1992) L83
Rowlinson, A., ve diğ.: MNRAS, **409** (2010) 531



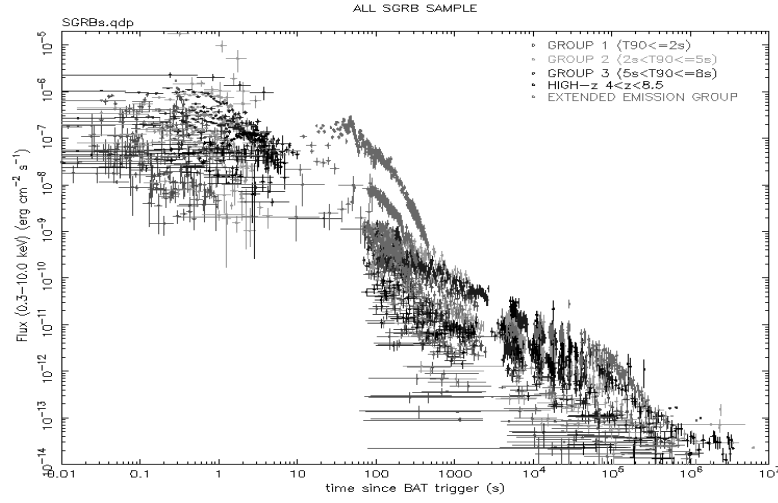
Şekil 1. BATSE'nin gözlemediği 2041 GRB'nin T₉₀ sürelerine göre iki modlu dağılımı.



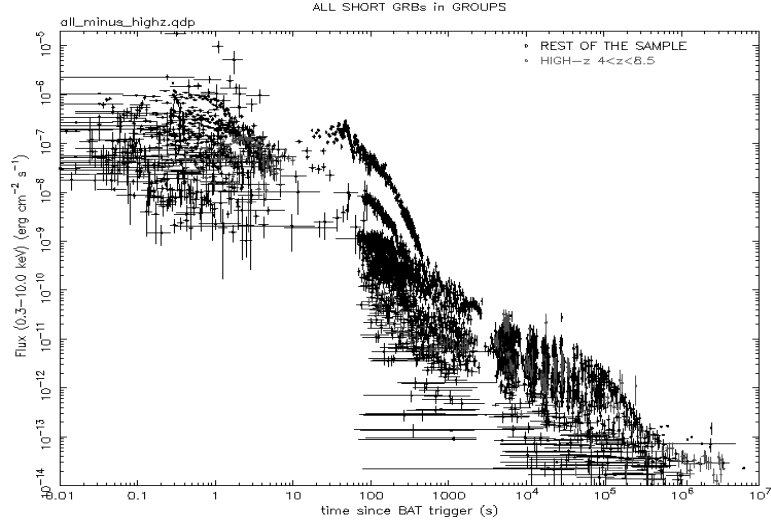
Şekil 2. XXXXXX



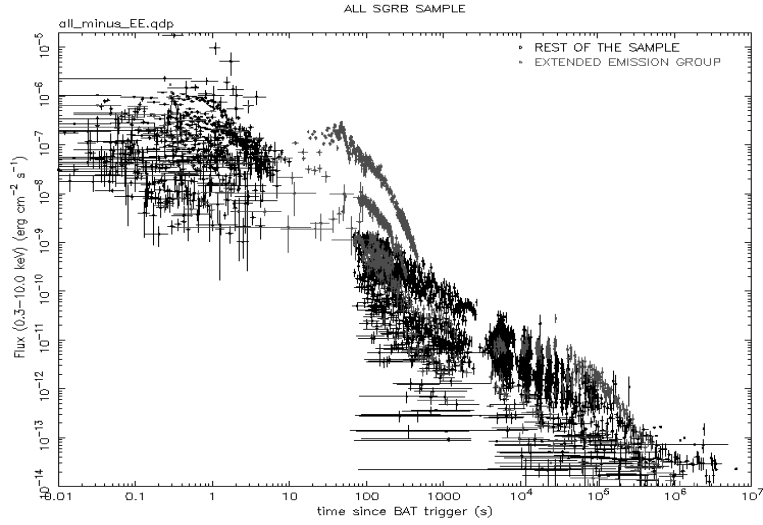
Şekil 3. Bir GRB ışık eğrisinde görülebilecek davranışlar.



Şekil 4. Bütün SGRB örnekliminin beş alt gruba göre BAT-XRT akı kalibreli ışık eğrileri. Kırmızı renk $T_{90} \leq 2s$, yeşil renk $2s < T_{90} \leq 25s$, mavi renk $5s < T_{90} \leq 28s$, siyah renk yüksek kırmızı kaymalı GRB'leri ($4 < z < 8.5$) ve pembe renk uzamış salma gözlenen SGRB'lerden oluşan grubu temsil eder.



Şekil 5. Yüksek kırmızıya kaymalı örneğin ışık eğrisi davranışları ile bütün SGRB örneklerinin kıyası.



Şekil 6. Uzamış salma gözlenen SGRB'lerin ışık eğrisi davranışları ile bütün örneklemin kıyası.