

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Furkan DÖLEK

**SWIFT TARAFINDAN GÖZLENEN GAMA IŞIN PATLAMALARININ
ZAMANSAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

FİZİK ANABİLİM DALI

ADANA, 2015

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SWIFT TARAFINDAN GÖZLENEN GAMA IŞIN PATLAMALARININ
ZAMANSAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ**

Furkan DÖLEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FİZİK ANABİLİM DALI

Bu tez 15/01./2015 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

.....
Prof. Dr. Aysun AKYÜZ
DANIŞMAN

.....
Doç. Dr. Eda SONBAŞ
2. DANIŞMAN

.....
Prof. Dr. Aysel KAYIŞ TOPAKSU
ÜYE

.....
Prof. Dr. Mustafa TOPAKSU
ÜYE

.....
Doç. Dr. Zerrin ESMERLİGİL
ÜYE

Bu tez Enstitümüz Fizik Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK
Enstitü Müdürü**

**Bu Çalışma Ç. Ü. Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.
Proje No: ZF2011D9**

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların
kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere
tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

SWIFT TARAFINDAN GÖZLENEN GAMA IŞIN PATLAMALARININ ZAMANSAL ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Furkan DÖLEK

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Aysun AKYÜZ

2. Danışman: Doç. Dr. Eda SONBAŞ

Yıl: 2015, Sayfa: 75

Jüri : Prof. Dr. Aysun AKYÜZ

: Prof. Dr. Aysel KAYIŞ TOPAKSU

: Prof. Dr. Mustafa TOPAKSU

: Doç. Dr. Zerrin ESMERLİGİL

: Doç. Dr. Eda SONBAŞ

Gama Işın Patlamaları (GIP)'ların ışık eğrilerinin zamansal değişimleri, yıldız materyalinin kendi üzerine çökerken yaydığı ışımanın ve merkezi motordan kaynaklanan çok güçlü jet oluşumunun anlaşılmasında anahtar rol oynamaktadır. GIP'ların ışık eğrilerindeki değişkenliğin nedeni olabilecek bir diğer varsayım ise, hızlı jetler şeklinde gelişen iç şokların, yavaş ilerleyen kabuklarla etkileşerek oluşan lokal yayınımlardan gözlenen radyasyonu oluşturmasıdır. Her iki durumda da zamansal değişimin yada ışık eğrilerinin piklerinin ölçülmesi yayılım bölgesinin nicel anlamda ayrıntılı çalışılmasını sağlamaktadır. Bu tez çalışmasında, *Swift/BAT* uydusu tarafından gözlenen ve kırmızıya kayma değeri belirlenen GIP'ların wavelet metodu ile zamansal özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar *Fermi/GBM* uydusu ile gözlenen GIP'lar ile karşılaştırıldığında uyum gösterdiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gama Işın Patlamaları, Merkezi motor, Jet, İç şok, Swift

ABSTRACT

MSc THESIS

AN INVESTIGATION OF TEMPORAL PROPERTIES OF GAMMA-RAY BURST OBSERVED BY SWIFT

Furkan DÖLEK

ÇUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF PHYSICS

Supervisor : Prof. Dr. Aysun AKYÜZ
2. Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Eda SONBAŞ
Year: 2015, Pages: 75
Jury : Prof. Dr. Aysun AKYÜZ
: Prof. Dr. Aysel KAYIŞ TOPAKSU
: Prof. Dr. Mustafa TOPAKSU
: Assoc. Prof. Dr. Zerrin ESMERLİGİL
: Assoc. Prof. Dr. Eda SONBAŞ

The temporal variability of Gamma Ray Bursts (GRBs) light curves is potentially a key parameter in enhancing our understanding of the production mechanisms that are likely responsible for the release of radiation as the stellar material collapses on to itself and forms the central object from which the powerful jet emerges. Another interpretation posits that the internal shocks that develop as the rapid jet traverses and interacts with slower moving shells cause local emission fronts from which the observed radiation emanates. In either case a measure of the temporal variability or the spikiness of the light curve provides a quantitative means of probing the regional size of the emission location involved. In this thesis work, we studied the time variations in the light curves from a sample of long and short *Swift/BAT* GRBs with known redshift were analyzed using wavelet method. Results are in good agreement with those found in a previous study involving a sample of *Fermi/GBM* GRBs

Key Words: Gamma-Ray Burst, Central Engine, Jet, Internal shock, Swift

TEŞEKKÜR

Tez çalışması süresince bilgi ve deneyimlerini benimle paylaşan çok kıymetli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Aysun AKYÜZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım, tezimde yaptığım tüm analizleri bana öğreten ve tez yazımı sırasında katkılarını esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Eda SONBAŞ'a çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında UZAYMER'in olanaklarından faydalanmamı sağlayan UZAYMER Müdürü Yrd. Doç. Dr. Nuri EMRAHOĞLU'na çok teşekkür ederim.

UZAYMER'de ki çalışmalarım boyunca desteklerini her zaman hissettiğim Dr. Nazım AKSAKER'e ve Dr. Yiğit YILDIZ'a sonuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Birlikte olmaktan zevk aldığım çalışma arkadaşlarım Hasan AVDAN, Şenay AVDAN, Utkan TEMİZ ve Selami ÖZBAY'a çok teşekkür ederim.

Tüm eğitim-öğretim hayatım boyunca beni her zaman destekleyen canım aileme sonsuz sevgilerimi ve teşekkürlerimi sunarım.

Bu çalışma TÜBİTAK Temel Bilimler Araştırma Grubu (TBAG) tarafından Doç. Dr. Eda SONBAŞ yürütücülüğündeki 112T224 numaralı 1001 araştırma projesi ile desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VIII
SİMGELER VE KISALTMALAR	X
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
3. MATERYAL VE METOD	15
3.1. GIP Anlık Yayınım	15
3.2. GIP Tayfı	17
3.3. Ardıl Işınım	19
3.3.1. X-Işın Ardıl Işınımı	20
3.3.2. Optik ve Kızıl Ötesi Ardıl Işınımı	21
3.3.3. Radyon Ardıl Işınım	22
3.4. Ev Sahibi Galaksi	22
3.5. Kırmızıya Kayma	23
3.6. Ateş Topu Modeli	24
3.6.1. GIP'ların Ata Modelleri	27
3.7. SWIFT	29
3.7.1 BAT	31
3.7.2. XRT	35
3.7.3. UVOT	35
3.8. Minimum Değişkenlik Zaman Skalası	35
3.9. Wavelet Dönüşümü	36
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	41
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	53

ÖZGEÇMİŞ	63
EKLER.....	64

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 2.1. GIP fiziğinin kilometre taşı olan patlamalar	12
Çizelge 3.1. BAT karakteristik özellikleri.....	32
Çizelge 3.2. XRT haritasındaki kaynak sayıları.....	33

Şekil 2.1. <i>BATSE</i> 'nin tespit ettiği GIP'ların evrendeki dağılımı.....	7
Şekil 2.2. <i>BATSE</i> 'nin tespit ettiği 222 GIP'ın bimodel dağılımı.....	8
Şekil 3.1. <i>Swift/BAT</i> ışık eğrisi. GIP'lar şekil ve zamansal çeşitlilik gösterirler	16
Şekil 3.2. Dört farklı zaman aralığında GRB 090926A tayfı.....	18
Şekil 3.3. GRB 100724B patlamasının zaman çözünürlüklü tayfı. Üsteki iki panel Band fonksiyonunu ve altta ki iki panel BB+Band fonksiyonunu göstermektedir.....	19
Şekil 3.4. Anlık yayılım ve ardıl ışınlamaları gösteren Standart GIP ışık eğrisi.....	20
Şekil 3.5. Üst ve alt kısımda sırası ile uzun ve kısa süreli patlamalar ev sahibi galaksileri göstermektedir	23
Şekil 3.6. Swiftin tespit ettiği 235 tane uzun süreli GIP'ların kırmızıya kayma dağılımı	24
Şekil 3.7. Ateştopu modelinin şematik diagramı	27
Şekil 3.8. Uzun ve Kısa süreli GIP'ların muhtemel oluşum süreçlerini göstermektedir. Uzun süreli GIP'lar dev yıldızların çökmesi ile kısa süreli GIP'lar ise iki yoğun yıldızın birleşmesinden meydana gelmiştir	28
Şekil 3.9. <i>Swift</i> uydusu üzerinde konumlandırılmış farklı enerji aralığında fotonları algılayan 3 teleskop bulunmaktadır. BAT (15-150) keV, XRT (0.3 - 10) keV enerji aralıklarında ve UVOT ise (180-600) nm aralığında çalışmaktadır.	30
Şekil 3.10. Swift uydusu BAT gösterimi (D şekilli kodlanmış açıklık maskesi), XRT ve UVOT enstrümanları (arkadaki iki tüp), ve güneş paneli BAT kontrol kutusundan oluşmuştur. Gösterim için koruyucu saçaklar ve detektör destekleri çıkartılmıştır.....	31
Şekil 3.11. <i>Swift</i> XRT gökyüzü haritası her bir renk farklı kaynakları temsil etmektedir. Dairelerinin büyüklükleri ısıma güçleri ile doğru orantılı olarak çizilmiştir	33

Şekil 3.12. Bir kaynaktan gelen yüksek enerjili fotonların kodlanmış açıklık maskesinden geçip detektör düzlemine düşüşü gösterilmektedir	34
Şekil 4.1. GRB080721 (bin zamanı 64 milisaniye).....	42
Şekil 4.2. GRB080721 için ters frekansın fonksiyonu olarak sinyalin logaritmik değişkeninin diyagramı. Düz bölge beyaz gürültü eğimli bölge kırmızı gürültü. Bu iki gürültünün kesişim noktası patlama için MTS değerini verir.....	43
Şekil 4.3. Uzun ve kısa süreli patlamaların minimum değişkenlik zaman skalasının kaynak çerçevesinde histogramı. Kısa süreli GIP'ların minimum değişkenlik zaman skalası uzun süreli GIP'lara göre daha kısadır (Histogramın dikey eksenini iki dağılım arasındaki fark açıkça görülebilsin diye rastgele normalize edilmiştir)..	44
Şekil 4.4. Gözlemci çerçevesinde minimum zaman skalasına (MTS) karşılık (T90) gözlem süresi.....	45
Şekil 4.5. Bu çalışmadaki minimum değişkenlik zaman skalası (MTS) ile Golkhou ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışma ile karşılaştırılması, kırmızı çizgi iki MTS değerinin eşit olduğu noktayı göstermektedir.....	46
Şekil 4.6. Anlık yayılım için hesaplanan MTS değerlerine karşı Lorentz faktörü, Γ , grafiği (Lu ve ark. 2012). GRB 080916C için kullanılan Lorentz faktörünün değeri patlamanın bulunduğu ortam diğer patlamalardan farklı olarak yıldız rüzgarları ile zengin ortam için hesaplanmıştır.	48
Şekil 4.7. Anlık yayılım için hesaplanan MTS değerlerine karşı Lorentz faktörü (Ghirlanda ve ark.2012) grafiği. GRB 080916C için kullanılan Lorentz faktörünün değeri yıldız-rüzgarlı ortam için hesaplanmıştır	49

Şekil 4.8. Anlık yayılım için hesaplanan MTS değerlerine karşı ardıl ışınlam
pik zamanlarının grafiği gösterilmektedir. *Fermi* GIP'ları için ardıl
ışınlam pik zamanları Ghisellini ve ark. (2010) ve Ackerman ve ark.
(2013) çalışmalarından alınmıştır. GRB 080916C patlaması içi dolu
kare simgesi ile gösterilmiştir..50

SİMGELER VE KISALTMALAR

GIP	: Gama Işın Patlaması
KD	: Kara Delik
NY	: Nötron Yıldız
G	: Gauss
keV	: Kilo Elektron Volt
MeV	: Mega Elektron Volt
GeV	: Giga Elektron Volt
NaI	: Sodyum Iyot
s	: Saniye
Jy	: Jansky
E	: Enerji
Γ	: Lorentz Faktör
τ_β	: Minimum Zaman Skalası
z	: Kırmızıya Kayma
IY	: Işık Yılı
pc	: Parsek

1. GİRİŞ

Gama-Işın Patlamaları (GIP) evrende bilinen en parlak ve ışıma gücü en yüksek olaylardır. Günde ortalama birkaç GIP uzayda farklı konumlarda meydana gelmektedir. Bu patlamalar başlangıçta (0.1 – 100) s süren gama ışını parlamalarını oluşturur ve bazen bunu günler yada aylar sürebilen (X-ışını, morötesi, optik, kızılötesi ve radyo) ardıl ışınlamalar takip eder. GIP'ların optik bölgede gözlenen ardıl ışınlamaları verileri ile belirlenen kırmızıya kayma değerleri bu patlamaların uzaklıklarının ve ev sahibi galaksilerin tanımlanmasına olanak sağlar (Piran 2004).

GIP'lar ilk olarak soğuk savaş döneminde Sovyetler Birliği'nin nükleer faaliyetlerini denetlemek amacı ile Amerika Birleşik Devletleri'nin Ekim 1963'te gönderdiği *Vela* uzay aracı tarafından tespit edilmiştir. Geçen yaklaşık 20 yıllık sürede patlamalar ile ilgili çok önemli gelişmeler kaydedilmiş ancak NASA (National Aeronautics and Space Administration; Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi) tarafından 5 Nisan 1991'de gönderilen *CGRO* (Compton Gamma-Ray Observatory; Compton Gama Işın Gözlemevi) ile bu konuda kaydedilen gelişmeler önemli bir dönüm noktası olmuştur. *CGRO* üzerinde bulunan BATSE (Burst and Transient Source Experiment; Patlama ve Geçici Kaynaklar Deneyi) ile elde edilen veriler kullanılarak patlamanın izotropik ve bimodal dağılım gösterdikleri belirlenmiştir. Bimodal dağılıma göre GIP'lar uzun süreli ve kısa süreli patlamalar olmak üzere iki sınıfa ayrılabilir (Tikhomirova ve Stern 2000, Kouveliotou ve ark.1993).

1996'da gönderilen *BeppoSAX*, GIP konumu tespiti ve ardıl ışınlamaların çalışılmasında önemli katkılar sağlamıştır. *BeppoSAX* ile hassas konum tespiti yapılan GRB 970508'in (GIP isimlendirmesinde önce GRB daha sonra patlamanın gerçekleştiği zaman yy.aa.gg (yıl.ay.gün) şeklinde yazılır) yer tabanlı teleskoplarla ilk kez optik ardıl ışınlamaları gözlenerek kırmızıya kayma değeri $z=0.835$ hesaplanmıştır (Metzger ve ark. 1997). *BeppoSAX*'dan elde edilen veriler ile GIP mekanizmasının anlaşılmasında çok önemli olan fireball (ateş topu) gibi GIP standart modellerinin geliştirilmesi mümkün olmuştur.

Bu patlamaların doğası henüz kesin olarak bilinmemektedir. Ancak uzun süreli patlamalar için dev bir yıldızın çökmesi 'hipernova', kısa süreli patlamalar için

bileşenleri nötron yıldızları yada karadelikler gibi tıkız olan çift yıldız sisteminin birleşmesi modelleri kabul edilen modellerdir. GIP'lar gama ışınlarında yaydıkları büyük miktardaki enerji (10^{49} - 10^{54}) erg ile şu ana kadar Büyük Patlamadan sonraki en büyük enerji salma olayı olarak kabul edilmektedirler (Woosley and Heger, 2006; Woosley ve Bloom, 2006, Eichler ve ark, 1989; Narayan ve ark, 1992).

GIP ışık eğrisi, parlaklığın zamanın bir fonksiyonu olarak ifade edilmesidir. GIP ışık eğrileri, anlık yayınım (prompt emission) ve ardıl ışınım fazlarından oluşur. Anlık yayınım fazında ışık eğrileri periyodik olmayan oldukça düzensiz pikler gösterirken ardıl ışınım fazında parlaklık zamana bağlı olarak belirgin bir azalma gözlenir. GIP anlık yayınım ışık eğrisindeki farklılığın nedeni tam olarak anlaşılmamış olsa da 'merkezi motor' aktivitelerinden kaynaklanan iç şokların anlık yayınımdaki bu düzensizliğin kaynağı olduğu düşünülmektedir.

GIP'ların doğasını anlamak için bu çalışmada yapılan analizlerde anlık yayınının önemli parametrelerden biri olan minimum değişkenlik zaman skalası (MTS; Minimum Variability Timescale) *wavelet* metodu kullanılarak *Swift/BAT* tarafından gözlenen uzun ve kısa süreli toplam 266 GIP için hesaplanmıştır. Bu patlamalardan 235'nin kırmızıya kayma değerleri bilinmektedir. Elde edilen MTS değerleri GIP'ların diğer zamansal ve tayfsal özellikleri ile karşılaştırılarak aralarındaki olası bağıntı araştırılmış ve farklı çalışmalardan elde edilen sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Gama ışın patlamaları evrende bilinen en şiddetli enerji salınımı yapan olaylardır. Ortalama yaydığı enerji (10^{49} - 10^{54}) erg ile Büyük Patlamadan sonraki en güçlü patlama olarak kabul edilmektedir (Woosley ve Bloom, 2006; Woosley ve Heger, 2006). GIP'lar birkaç saniye ile birkaç saat arasında sürebilen gama ışını parlamaları ile ardıl ışınım olarak bilinen elektromanyetik tayfin daha düşük enerjilerdeki ışınımlardan oluşmaktadır. Bu ardıl ışınımlar bazen aylarca gözlenebilmektedir. GIP ardıl ışınımları kırmızıya kayma ile uzaklık ölçümü ve ev sahibi galaksinin tanımlanmasına olanak sağlar.

Çoklu dalga boyunda incelenen GIP'larda ve ardıl ışınımlarında atmosferik etkiler söz konusudur. Radyo ve optik bölgede bu atmosferik etkiler yer tabanlı teleskoplarda önemli ölçüde giderilse de özellikle elektromanyetik tayfin yüksek enerjili bölgelerinde bu olanaklı değildir. Atmosferik etkiler deniz seviyesinden yükseldikçe azalmaktadır. Bu etkilerden tamamen kurtulmak için uzay teleskopları geliştirilmiştir. Bu yüzden gama ışını tespit eden teleskopların tamamı dünyanın yörüngesinde konumlandırılmıştır.

Soğuk savaş döneminde Amerika Birleşik Devletleri (ABD), Sovyetler Birliğinin uluslararası nükleer deneme yasağını ihlal edebileceği gerekçesi ile ABD savunma bakanlığına bağlı, üzerinde X-ışını, gama ışını ve nötron dedektörleri bulunduran *Vela* uzay aracı Ekim 1963'de dünyanın yörüngesine gönderilmiştir. Güçlü gama ışın yayılımı 2 Temmuz 1967 yılında *Vela 4a,b* tarafından tespit edilmiştir. İlk zamanlar bu gama ışın yayılımının dünyadan geldiği düşünülmüş olsa da yaklaşık 2 yıl sonra 1969 yılında bu ışınların dünya dışından geldiği anlaşılmıştır.

1969 ve 1972 yılları arasında gözlenen *Vela 5a,b* ve *Vela 6a,b* uzay araçları tarafından 0.2-1.5 MeV enerji aralığında 16 patlama daha gözlenmiştir, bu patlamaların süreleri yaklaşık olarak 0.1s - 30s aralığında ve bu aralıktaki toplam akı yoğunluğu ise ($10^{-5} - 2 \times 10^{-4}$) erg cm⁻² aralığında belirlenmiştir, sonuçta bu patlamaların son derece şaşırtıcı kozmik bir olay olduğunu açıklanmıştır (Klebesadel

ve ark, 1973). Ayrıca Sovyet *Konus* uydusunun verileri 1974’de bu GIP tespitlerini doğrulamıştır.

14 Mart 1971 de NASA *IMP-6* uydusunu (Interplanetary Monitoring Platform; Uydular Arası İzleme Platformu) geliştirmiştir. Uydu güneşteki patlamaları takip ederken beklenmedik bir şekilde GIP’ları da gözlemiştir. Farklı uydu gözlemleri ile desteklenen IPN (Interplanetary Network; Uydulara Arası Ağ)’nın göreve başlamasıyla farklı görevlerde çalışan uzay araçlarının üzerindeki gama ışını dedektörlerinden de yararlanılmaktadır. Burada bulunan dedektörler triangulasyon (koordinatı bilinen iki noktadan yapılan üçüncü nokta gözlemlerinin arasındaki açı farkı ile geometrik olarak üçüncü noktanın konumunun belirlenmesi) tekniği ile GIP’ların konumlarının belirlenmesini amaçlamıştır. Bu dedektörler birbirleri ile uyumlu çalışarak bilinen X-ışını kaynaklarından farklı olduğu rapor edilen patlamaların konumlarını birkaç açı dakikası hassasiyet ile belirlemiştir (Cline ve Desai, 1974). IPN günümüzde hala çalışmalarını sürdürmektedir.

5 Mart 1979’da uydu galaksimiz LMC (Large Magellanic Cloud; Büyük Magellan Bulutsusunda) N49 süpernova kalıntısında sıra dışı geçici (transite) bir kaynak farklı uzay araçları ile tespit edildi. Bu patlama sert bir sinyal ile başlayıp ardından yumuşak pulsların bu sert sinyali takip ettiği gözlenmiştir. Bu özelliğinin diğer patlamalardan farklı olması sonraki yıllarda uzun süren tartışmalara neden olmuştur. Bir grup araştırmacı bunun tesadüf olduğunu ileri sürmüş ve GIP’ların LMC gibi uzak (163000 IY) mesafelerden gelemeyeceğini iddia etmişlerdir. *Konus* uydusu tarafından, gözlenen bu patlamada $\sim 10^{12}$ G’luk manyetik alandan kaynaklanan 40 keV’luk bir soğurma çizgisinin varlığı rapor edilmiştir (Murakami ve ark, 1988). Bu tip gözlemler sonucu ikinci tip kaynakların varlığı ileri sürülmüştür. Bu kaynaklar GIP’lardan farklı yüksek manyetik alan değerine sahip ‘magnetar’ adı verilen kaynaklardan gelen düşük enerjili ‘gama ışını tekrarlayıcıları’ olarak sınıflandırılmıştır (Kouveliotou ve ark, 1987). GBR 880205 patlamasında ($10^{12} - 10^{13}$) G mertebelerindeki manyetik alandan kaynaklanan siklotron (cyclotron) çizgileri rapor edilmiştir (Fenimore ve ark, 1988). Bu gözlemler GIP’ların nötron yıldızı kökenli olduğunun önemli kanıtlarındandır. Ayrıca patlamaların izotropisini açıklamak için Galaktik nötron yıldızı iddiaları da o

dönemde gündeme gelmiştir (Harrison ve ark, 1999). Daha sonra *ASCA* (The Advanced Satellite for Cosmology and Astrophysics; Gelişmiş Kozmoloji ve Astrofizik Uydusu) ile yürütülen düşük enerjili gama ışını tekrarlayıcı çalışmaları GIP'ların çok uzak mesafelerden bize ulaşan kozmolojik patlamalar olduğunu doğrulamıştır.

NASA'nın büyük gözlem evleri projesi kapsamında tasarlanan *CGRO* 5 Nisan 1991'de fırlatılmıştır. *CGRO*'nun üzerinde farklı enerji aralıklarında çalışan dört dedektörü ile GIP gözlemlerine büyük katkılar sağlamıştır. Bu dedektörler;

- BATSE (Burst and Transiet Source Experiment; Patlama ve Geçici Kaynaklar Deneyi) enerji aralığı 20 keV – 1000 keV
- OSSE (Oriented Sincilation Spectrometer Eperiment; Yönlendirilmiş Sintilatör Spektrometre Deneyi) enerji aralığı 0.05 MeV – 10 MeV
- COMPTEL (The İmaging Compton Telescope; Compton görüntüleme Teleskobu) enerji aralığı 8 MeV – 30 MeV
- EGRET (Energetic Gamma Ray Experiment; Yüksek Enerjili Gama Işın Deneyi) enerji aralığı 30MeV- 30 GeV

BATSE, üzerinde farklı yönlerde konumlanmış 8 NaI sintilatör dedektör modülü bulundurmaktadır. Her bir parça spektroskopik dedektör SD (Spectorscopic Detector) ve geniş alan dedektörlerinden LAD (Large Area Detector) oluşmaktadır ve bu dedektörler kozmik ardalanı azaltmak amacıyla plastik sintilatörler ile kaplanmıştır (Fishman, 1995). 1991-1996 yılları arasındaki patlama verilerinden (<http://gammaray.nsstc.nasa.gov/batse/grb/catalog/4b/>) BATSE 4B adı altında katalog oluşturulmuştur. 1996-2000 yılları arasındaki yeni verilerle güncellenmiş BATSE 4B kataloğu yayınlanmıştır. BATSE ayrıca atarcalar, yeryüzüne ait gama ışın flaşları, düşük enerjili gama ışını tekrarlayıcıları, kara delikler ve diğer egzotik astrofiziksel cisimleri de algılamıştır. Bu gözlemlerin sonucunda GIP'ların kozmolojik olmadığını iddia eden teoriler zayıflamıştır.

NaI ve CsI sintilatör kristal katmanlarından oluşan OSSE yaklaşık 5keV-10 MeV aralığında gözlem yapmak için tasarlanmıştır. Ayrıca güneşten gelen >10 MeV

enerjiye sahip gama ışını ve nötron parçacığı gözlemlerini yapabilmiştir. GRB 990123'ün zamansal ve tayfsal özellikleri OSSE tarafından tanımlanmıştır (Share ve ark, 1999).

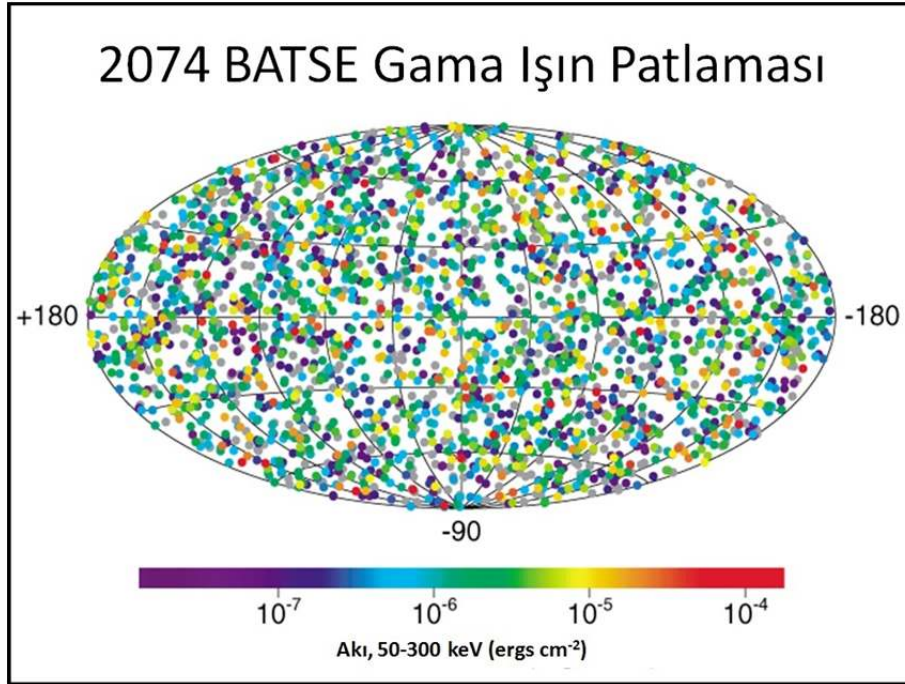
COMPTEL deneyi (0.8-30) MeV enerji aralığındaki gama ışınlarını görüntüleyebilmek için dizayn edilmiştir. Bir steradyan görüş açısı ile güçlü nokta kaynakları 1°'den daha hassas bir şekilde belirleme kapasitesine sahiptir. 7 Şubat 1994 COMPTEL dedektörü 162 s'lik GRB 940217 patlamasını tespit etmiştir. Bu patlama 100 ms'nin altında zamansal dalgalanmalar göstermiştir (Winkler ve ark, 1995). COMPTEL görev süresi boyunca 63 GIP gözlemiştir (<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/cgro/epo/news/catalog.html>).

EGRET 20 MeV – 30 GeV enerji aralığı ile *CGRO*'nun en yüksek enerji aralığında çalışan ve daha önce gönderilmiş dedektörlerden onlarca kat daha hassastır. Çalışma prensibi iki temel aşamadan oluşur i)Kıvılcım odası (Spark chamber) ve NaI(Tl) kalorimetreden (sintilatör dedektörü) oluşan bölgeye gelen yüksek enerji fotonlar etkileşerek elektron-pozitron çift oluşturlar ve izleri hesaplanarak gelen fotonun yönü belirlenir. ii) TASC (the Total Absorption Shower Counter; Toplam Soğurma Duşu Sayacı) ile gelen fotonun enerjisi hesaplanır. EGRET enerjisi 100 MeV'tan büyük birçok patlama belirlemiştir ve bu patlamalar güç yasası dağılımı ile uyum göstermiştir. Bu durum GIP'ların aslında daha yüksek enerjilerde meydana gelebildiğinin önemli bir işareti olmuştur.

CGRO gözlemevi verileri sayesinde araştırmacılar çok önemli iki dağılım elde etmişlerdir.

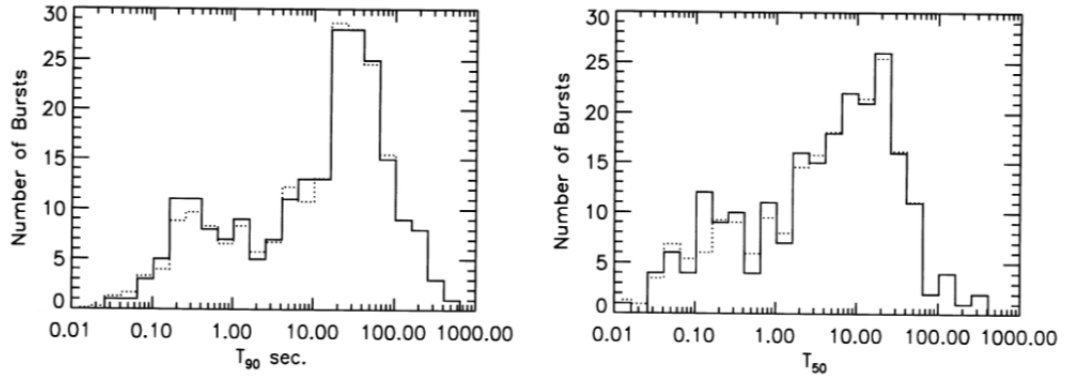
- İzotropik Dağılım
- Bimodel Dağılım

BATSE ile tespiti yapılan birçok gama ışını kaynağının (~2700) tüm gökyüzüne homojen bir şekilde dağıldığı gözlenmiştir (Tikhomirova ve Stern, 2000). Patlamaların Samanyolu galaksisinin ötesinde gerçekleştiği ve evrende yönden bağımsız olarak yayıldığı anlaşılmıştır. Bu dağılım şekil 2.1'de gösterilmektedir.



Şekil 2.1. BATSE'nin tespit ettiği GIP'ların evrendeki dağılımı
(<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/cgro/batse/>).

BATSE'in tespit ettiği uzun süreli patlamalar, *CGRO*'nun verilerine farklı bir açıdan bakılmasına neden olmuştur. Bu amaçla kullanılan parametreler T_{90} ve T_{50} değerleridir. T_{90} ışık eğrisinin başındaki ve sonundaki %5'lik ardalın gürültüsünün çıkartılmasından sonra geriye kalan toplam akının %90'lık kısmını temsil eder. T_{50} ise ışık eğrisinin başından ve sonundan %25'lik ardalın gürültüsünün çıkarılmasından sonra toplam akının %50'si demektir. T_{50} aynı durumun daha düşük akı oranlarında gerçekleştiğini göstermek için kullanılan bir tanımdır. Analizlerde T_{90} parametresi kullanılmaktadır. Bu veriler ışığında şekil 2.2'deki gibi oluşturulan histogramda, 2 saniyeden küçük patlamalar kısa süreli GIP, 2 saniyeden büyük patlamalar ise uzun süreli GIP olacak şekilde 2 ayrı sınıf ortaya çıkartılmıştır (Kouveliotou ve ark,1993).



Şekil 2.2. BATSE'nin tespit ettiği 222 GIP'in bimodel dağılımı. Soldaki şekil T90 dağılımını, sağdaki şekil T50 dağılımını göstermektedir.

CGRO'da GIP'ların ardıl ışınımalarını algılayacak bir dedektör olmadığından sonradan gönderilen *RXTE* (Rossi X-ray Timing Explorer; Rossi X-ışın Zamanlama Araştırmacısı) ve *BeppoSAX* (Beppo; İtalyan fizikçi Stanislao 'Beppo' onuruna, *SAX*; Satellite for X-ray Astronomy; X-ışın Astronomi Uydusu) uyduları ardıl ışınım gözlemleri için önemlidir.

30 Aralık 1995'te *RXTE* (15 - 250) keV NASA tarafından zamanla değişen X-ışını kaynaklarının yayınımlarını algılaması için tasarlanmış ve amaçlandığı gibi GIP'ların X-ışını yayınımlarını algılanmıştır.

İtalyan ve Hollanda uzay ajansı ortak işbirliği ile 30 Nisan 1996 da *BeppoSAX* uydusu (0.1 – 300) keV gönderilmiş. Bu uydu ile çok sayıda GIP kaydedilmiş ve galaksi-ötesi nesneler belirlenmiştir. GRB 970228 patlamasının X-ışını yayınımlarını ilk kez *BeppoSAX* tarafından 1997 yılında gözlenmiştir. Optik bölgede gözlenen ışınımın patlamadan sonraki 16 saat boyunca devam ettiği görülmüştür (Pedichini ve ark, 1997). [OII] ve [OIII] yayınımlarına göre yapılan hesaplamada ev sahibi galaksinin kırmızıya kayma değeri $z=0.695$ olarak hesaplanmıştır (Bloom ve ark, 2001). Genel olarak GIP'ların kırmızıya kaymaları onların ev sahibi galaksilerinin tayfsal analizi ile yapılabilirdi. *BeppoSAX* tarafından belirlenen diğer bir GIP, GRB 970508'de kırmızıya kayma değeri ($z=0.835$) ilk kez patlamanın optik ardıl ışınım verilerinden hesaplanmıştır. Ayrıca bu patlamada yayımlanan radyo ardıl ışınımının ilk defa gözlenmesi önemli bir başarı olmuştur (Metzger ve ark, 1997). *BeppoSAX*'ın belirlediği GRB 970508 ve GRB 990123'de *HETE-2*'nin GRB 033029'de ve *Swift*'in tespit ettiği GRB 050509B

gibi patlamalarda optik ardıl ışınımındaki yüksek kırmızıya kayma soğurma çizgilerini ve ev sahibi galaksilerinin belirlenmesi patlamaların kozmik orijinli olduğunu veya Galaksimiz-ötesinde olduklarını doğrulamıştır. Birkaç saniyelik kozmolojik patlamalardaki (10^{49} - 10^{54}) erg'lik enerji salınımı bu kaynakları evrendeki en parlak gökcisimleri yapmıştır. Bu gözlemlerin en basit yorumu ultra-rölativistik parçacıkların kinetik enerjisinin veya bir Poynting akısının elektromanyetik enerjisinin optik olarak ince bölgelerden gelen yayınımına dönüşmesi olarak yorumlanır. Bu genel 'ateş topu' modeli olarak bilinir ve ardıl ışınım gözlemleri tarafından desteklenmiştir. Rölativistik atımları ivmelendiren merkezi motor doğrudan gözlenemez, fakat teorik hesaplamalar merkezi motorun varlığına işaret etmektedir. Dolayısı ile bu zamana kadar ki, gözlemlerle içyapıyı yorumlamak oldukça zordur. Ancak son yıllardaki çalışmalar ile GIP'ların karmaşık zamansal profillerinin 'merkezi motor' dan kaynakladığı kabul edilmektedir. Bu zamansal yapı ve enerji değeri, merkezi motorun karadelik gibi tıkız obje oluşumu ile ilgili olduğunu önermektedir (Piran, 1999).

23 Ocak 1999'da GRB 990123 patlamasından çok kısa süre sonra görünür bölgede ardıl ışınım gözlenmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına dayanarak enerjinin dar bir kanalda jet şeklinde atıldığı ve bu jetlerin ancak bakış doğrultumuzda ise algılanmasının mümkün olduğu ileri sürülmüştür. Bu patlamanın parlaklığı kuazarlardan $\sim 10^3$ kat güneşten ise $\sim 10^{15}$ daha fazla olduğu belirtilmiştir (Castro-Tirado ve ark, 1999).

Japon X-ışını uydusu *ASCA*, BATSE tarafından tespit edilen GRB 991216'nın ardıl ışınımında yayınım çizgileri gözlemlendi ve NASA'nın *Chandra X-ışın Gözlemevi*'nden GRB 991216 için alınan veriler demir çizgilerinin varlığını göstermiş ve patlamanın uzaklığı hesaplanmıştır (Gao ve Wei 2005).

NASA, GIP' ların konumlarını hızlıca tespit edilebilmesi için *HETE* (High Energy Transit Explorer; Yüksek Enerji Geçiş Keşfi) uzay aracını geliştirerek 9 Ekim 2000'de gönderdi. *HETE* dedektörü (1 – 500) keV enerji aralığına duyarlıdır. HETE tarafından tespit edilen patlamalar kısa süreler içerisinde yer tabanlı teleskoplara iletilmektedir.

GIP'ların algılanması ve gözlemleri *HETE* gibi farklı özelliklere sahip çeşitli uzay teleskoplarıyla yapılmaktadır. GIP'ların koordinatlarının belirlenmesi ve elektromanyetik tayfın farklı bölgelerindeki gözlemleri yer-tabanlı ve uzay teleskoplarından oluşturulmuş bir ağ sayesinde yapılmaktadır, bu ağ GCN (Gamma-ray Burst Coordinates Network; Gama-ışın Patlaması Koordinat Ağı) olarak isimlendirilmiştir. Bu ağda görev süresini doldurmuş olan *CGRO*, *BeppoSAX* ve *HETE* gibi uydular vardı. Günümüzde *IPN*, *KONUS*, *INTEGRAL Swift*, *SIMBAD-NED*, *Fermi* ve *Suzaku* gibi uzay teleskopları bu ağın içerisinde aktif olarak yer alırlar. GTC (Grand Telescopio Canaria), NOT (Nordic Optical Telescope), *Gemini*, VLT (Very Large Telescope) TNG (Telescopio Nazionale Galileo), Keck gibi yer tabanlı teleskoplar da bu ağda yer almaktadır. TUG (TÜBİTAK Ulusal Gözlemevi) T100 teleskobu kullanılarak yapılan optik gözlemler ile bu ağa katkı verilmektedir (GCN16477 Sonbas ve ark, 2014).

Aralık 2001'de ESA (European Space Agency; Avrupa Uzay Ajansı) *XMM-Newton* (X-ray Multi-Mirror; X-ışını Çoklu Ayna) uydusu süpernova ile ilişkisi olan silikon (Si) sülfür (S) argon (Ar) ve diğer bazı elementlerin izlerini GRB 011211'in kabuğundaki gazda tespit etmişlerdir (Paerels ve Kahn, 2003).

HETE-2 dedektörleri 4 Ekim 2002'de GRB 021004 patlamasını diğer teleskoplardan çok daha hızlı belirlediler ve araştırmacılar ilk defa büyük kütleli bir yıldızın ölümüne ve muhtemelen kara delik gibi tıkız bir nesnenin ortaya çıkışına şahitlik ettiklerini bildirdiler (GCN1618, Mirabal ve ark, 2002). *HETE-2*'nin gözlediği diğer bir patlama GRB 030329 o zamana kadar gözlenmiş GIP'lar arasında Güneş sistemine en yakın ($z=0.168$) patlamadır ve elde edilen kapsamlı verilerle detaylı çalışılması mümkün olmuştur (GCN2053, Caldwell 2003). GRB 050709 optik karşılığın ilk gözlemlendiği patlama özelliğini taşımaktadır (GCN3605, Price ve ark, 2005). Optik karşılığı olan ilk kısa patlama olması bakımından *HETE-2* için önemli bir başarıdır.

ESA (European Space Agency; Avrupa Uzay Ajansı) *INTEGRAL* (International Gamma-Ray Astrophysics Laboratory; Uluslararası Gama-Işını Astrofizik Laboratuvarı Uydusu) 17 Ekim 2002'de yörüngeye fırlatıldı ve halen astrofiziksel objelerin gözlemine devam etmektedir. Tıkız yüksek enerjili Galaktik

objeler, nükleer gama ışını çizgi yayını, yaygın (diffuse) çizgi ve sürekli yayını, kozmik aralan ışını, AGN (Active Galactic Nuklei; Aktif Galaktik Çekirdek) yüksek enerjili geçici kaynaklar ve gökyüzü taraması gibi yeni sonuçları içermektedir. Sönük ve uzun tayfsal gecikmeye sahip GIP popülasyonlarını da incelenmektedir (Christoph, 2012).

Kısa süreli patlamaların doğasının daha iyi anlaşılması için şu ana kadar ki en hassas konum belirleme özelliğine sahip *Swift* uydusu 2004 yılında uzaya gönderilmiştir. Bu gözlemevi NASA'nın, MIDEX (Medium Explorer) programının bir parçası olarak uluslararası ortak çalışması ile geliştirilmiştir. *Swift*'de üç önemli dedektör bulunmaktadır. Bunlar Burst Alert Telescope (BAT), X-ray Telescope (XRT) ve UV/Optical Telescope (UVOT). *BAT* yılda ortalama 100 patlama tespit eder ve (1-4) açılı dakikası ile konumlarını belirler. XRT ve UVOT ise *BAT*'in bulunduğu kaynağı elektromanyetik tayfın diğer dalga boylarında gözlemeye çalışarak daha hassas bir konum sağlar ve buna ek olarak birçok ardıl ışınım ve ev sahibi galaksi tespitinde bu dedektörlerin önemli katkıları bulunmaktadır. *BAT* dedektörü *BATSE*'ye göre üç kat daha sönük kaynakları algılayacak hassasiyete sahiptir. Bu çalışmanın tamamını *Swift/BAT* verilerini kullanarak yapılan zamansal analizler oluşturulmaktadır.

Swift'in tespit ettiği GRB 060218 ilk süpernova eşleniğine sahip GIP olduğu ve uzun süreli yumuşak gama ışın patlamalarının büyük kütleli dev yıldızlarının evrimin sonunda gerçekleşen patlama ile oluştuğu tezini doğruladığı rapor edilmiştir (Mirabal ve ark, 2006). GIP fiziğinde önemli sayılabilecek bazı patlamalar (Çizelge 2.1)'de verilmiştir.

GIP'lar zamansal özelliklerine göre uzun ve kısa süreli patlamalar olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Bu iki sınıfın oluşum mekanizmasının birbirinden farklı olması gerektiği düşünülmüş ve çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu modeller, i) evriminin sonuna gelmiş dev bir yıldızın çökmesi 'çökertici (hipernova) modeli' ii) bileşenleri nötron yıldızı gibi tıkHz olan çift yıldız sistemindeki nötron yıldızlarının kütle çekim etkisi ile birleşmesi 'Birleşme modeli' (Zhang ve Meszaros, 2003).

Çizelge 2.1. GIP fiziğinin kilometre taşı olan patlamalar (Reichart 1998; Tinney 1998; Bloom ve ark, 2001; GCN2053, Caldwell 2003; GCN3605 Price 2005; Berger ve ark, 2005; Bloom ve ark, 2006; Bloom ve ark, 2009; Tanvir ve ark, 2009; Reddy 2009; Greiner 2009; Gendre ve ark, 2013).

GIP	Uydu	Kırmızıya kayma	Özelliği
GRB 670702	Vela 4	-	Keşfedilen ilk GIP
GRB 820405	-	-	En kısa süreli GIP
GRB 830801	-	-	Tespit edilen en parlak GIP
GRB 970228	BeppoSAX	0.695	İlk X-ışını ve optik ardıl ışınım
GRB 970508	BeppoSAX	0.835	İlk kırmızıya kayma ve radyo ardıl ışınım
GRB 980425	BATSE	0.008	En yakın ve ilk süpernova ilişkili patlama
GRB 050509B	Swift	0.225	Kısa patlamada tespit edilen ilk ardıl ışınım
GRB 050709	HETE-2	0.161	Optik karşılığı olan ilk kısa patlama
GRB 050724	Swift	0.258	Radyo ve X-ışını karşılığı olan ilk kısa süreli GIP
GRB 080319B	Swift	0.937	Optik olarak gözlenmiş en parlak GIP
GRB 080916C	Fermi	4.35	En yüksek enerjili GIP.
GRB 090423	Swift	8.2	Tayfsal olarak onaylanmış en uzak GIP
GRB 090429B	Swift	9.4	Fotometrik kırmızıya kayma ile tahmin edilen uzak GIP
GRB 111209A	Swift	0.667	En uzun süreli GIP

Gama-Işın Patlamalarının ışık eğrileri dikkate değer bir morfolojik çeşitlilik göstermektedir. Uzun süreli nispeten parlak olan patlamalar genellikle tek atım (puls) yapısı gösterse de patlamaların çoğunun ışık eğrisi birbirinden farklı karakteristik özelliğe sahip düzensiz yapı sergilemektedir. GIP ışık eğrilerinde görülen karmaşık zaman yapısından kaynaklanan değişkenliğin patlamaların diğer karakteristik özellikleri ve onları oluşturan fiziksel mekanizmalarla ilişkisi uzun yıllardır araştırılmaktadır.

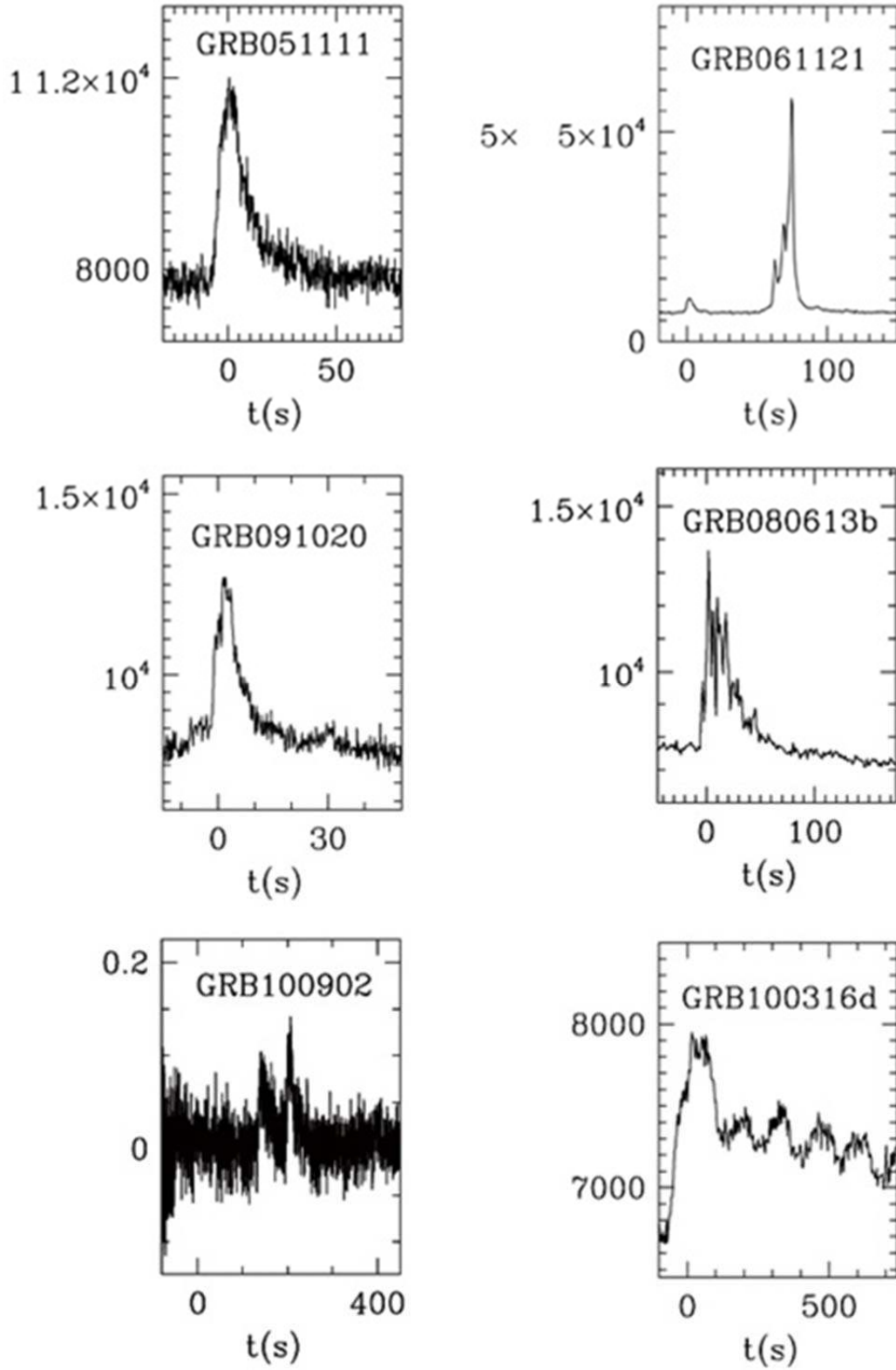
GIP ışık eğrilerinde görülen bu zamansal değişkenliğin nedeninin merkezi motor kaynaklı olduğunu açıklamak için oluşturulan modellerin başında iç şok

modeli ve fotosferik model gelmektedir (Kobayashi ve ark, 1997; Ryde, 2004). Bunlara ek olarak Morsony ve ark, (2010) ve Zhang ve Yan (2011) tarafından GIP ışık eğrilerinde görülen zamansal değişkenliğin anlık yayınımlı oluşturan fiziksel mekanizmalara bağlı olarak farklılık gösterebileceği de önerilmiştir. MacLachlan ve ark, (2013) kendi geliştirdikleri *wavelet* analizini tekniğini kullanarak *Fermi/GBM* (Gama Işın Patlama Monitörü) tarafından tespit edilen uzun ve kısa süreli GIP' ların değişkenlik analizini yapmış ve Bhat ve ark, (2012) tarafından elde edilen minimum artış süresine sahip pulslar ile karşılaştırmıştır. Bu patlamalar için hesaplanan en küçük değişkenlik zaman skalası ve atım zamanlarının birbiri ile 10^3 mertebesinde uyum gösterdiği görülmüştür (MacLachlan ve ark, 2012). Sonbas ve ark, (2012) aynı tekniği kullanarak GIP'ların X-ışını ışık eğrilerinde görülen parlamalar için atım parametreleri ve minimum değişkenlik zaman skalasındaki ilişkiyi 10^4 mertebesine kadar genişletmişlerdir. Bhat ve ark, (2013) zamansal ayrıştırma (temporal decomposition) yöntemi ile toplam 15 uzun ve kısa süreli GIP için minimum değişkenlik zaman skalası hesaplamıştır. Hesaplanan bu değerler MacLachlan ve ark, (2013) tarafından *wavelet* yöntemi ile hesaplanan değişkenlik zaman skalası ile karşılaştırılmış ve uyum gösterdiği bulunmuştur. Golkhou ve ark, (2014) tarafından yapı fonksiyonu kullanılarak hesaplanan değişkenlik zaman skalası uzun süreli patlamalar için minimum zaman değişkenliğinin 10 ms olduğunu göstermiştir. Bu değer merkezde 3×10^3 km çapında yoğun bir bölgenin varlığına işaret etmektedir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. GIP Anlık Yayınım

Gama ışın patlamaları, evrenin farklı bölgelerinde yüksek enerjili ($E > 50$ keV) fotonları 0.01 s ile birkaç yüz saniye arasında değişen sürelerde yayan şiddetli patlamalardır. Süreleri genellikle gama ışın fotonlarının %90'nının geldiği süre olarak bilinen T_{90} veya fotonların %50'sinin geldiği süre olarak bilinen T_{50} tanımına uygun olarak belirlenir. GIP'ların anlık yayınımları zamansal olarak hızlı değişkenlik gösterdiği için ışık eğrileri şekil olarak düzensiz ve birbirinden farklıdır. Şekil 3.1'de *Swift/BAT* tarafından tespit edilen bazı patlamalar ve bu patlamaların ışık eğrilerindeki çeşitlilik gösterilmektedir. Şekil 3.1'de görüldüğü gibi farklı GIP ışık eğrileri, hızla artan ve üstel olarak azalan veya birkaç pikten oluşan eğrilerdir ve oldukça fazla değişkenlik göstermektedirler (Fishman ve Megan 1995; Kocevski ve ark, 2003). GIP'ların ışık eğrilerindeki farklılığın nedeni tam olarak anlaşılmamış olsa da merkezi motor aktivitelerinden kaynaklanan iç şok yayınımlarının bu düzensizliğin kaynağı olduğu düşünülmektedir.



Şekil 3.1. *Swift*/BAT tarafından algılanan GIP ışıık eğrileri. GIP'lar şekilsel ve zamansal çeşitlilik göstermektedirler (http://swift.gsfc.nasa.gov/archive/grb_table/).

3.2. GIP Tayfı

GIP’lardan yayınlanan yüksek enerjili gama ışın fotonlarının ısısal olmayan süreçlerden (sinkrotron ve ters Compton) oluştuğu bilinmektedir. Enerji yayılımı genel olarak birkaç 100 keV değerindedir. Bazı patlamalar için GeV mertebesinde de yüksek enerjili yayılım gözlenmektedir. Enerji tayfı geniş bir aralıkta değişkenlik gösterdiği için GIP tayfı için en iyi uyumu gösteren farklı fonksiyonlar belirlenmektedir. Bu fonksiyonlardan biri Eşitlik 3.1’de tanımlandığı gibi basit güç yasası (PL) modelidir.

$$N(E) = AE^\alpha \exp\left(-\frac{E}{E_0}\right) \quad (3.1)$$

Burada ‘A’ sabit α tayfsal indeks olarak tanımlanmıştır.

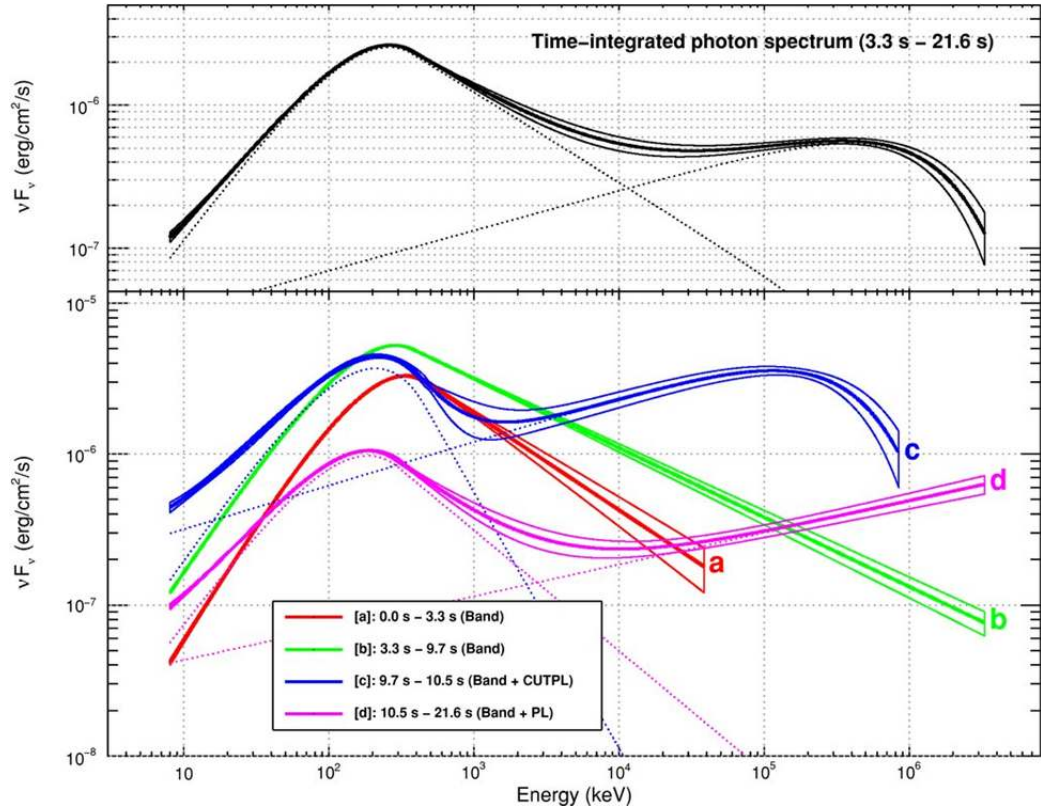
Bir diğer fonksiyon Eşitlik 3.2’de tanımlandığı gibi iki güç yasasının kırılma enerjisinde düzgün bir şekilde birleşmesi olarak tanımlanan deneysel bir modeldir ve GIP tayf verilerine en uygun modeli bulmak (‘fit’ etmek) için oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. İlk olarak Band ve ark (1993) tarafından tanımlanan bu model Band modeli veya fonksiyonu olarak bilinir ve aşağıdaki gibi gösterilmektedir.

$$N(E) = \begin{cases} A \left(\frac{E}{100 \text{ keV}}\right)^\alpha \exp\left(-\frac{E}{E_0}\right), & \text{eğer } (\alpha - \beta)E_0 \geq E \\ A \left[\frac{(\alpha - \beta)E_0}{100 \text{ keV}}\right]^{\alpha - \beta} \exp(\alpha - \beta) \left(\frac{E}{100 \text{ keV}}\right)^\beta, & (\alpha - \beta)E_0 \leq E \end{cases} \quad (3.2)$$

Burada A genlik, α düşük enerji tayf indeksi, β yüksek enerji tayf indeksi, ve E_0 pik enerjisidir.

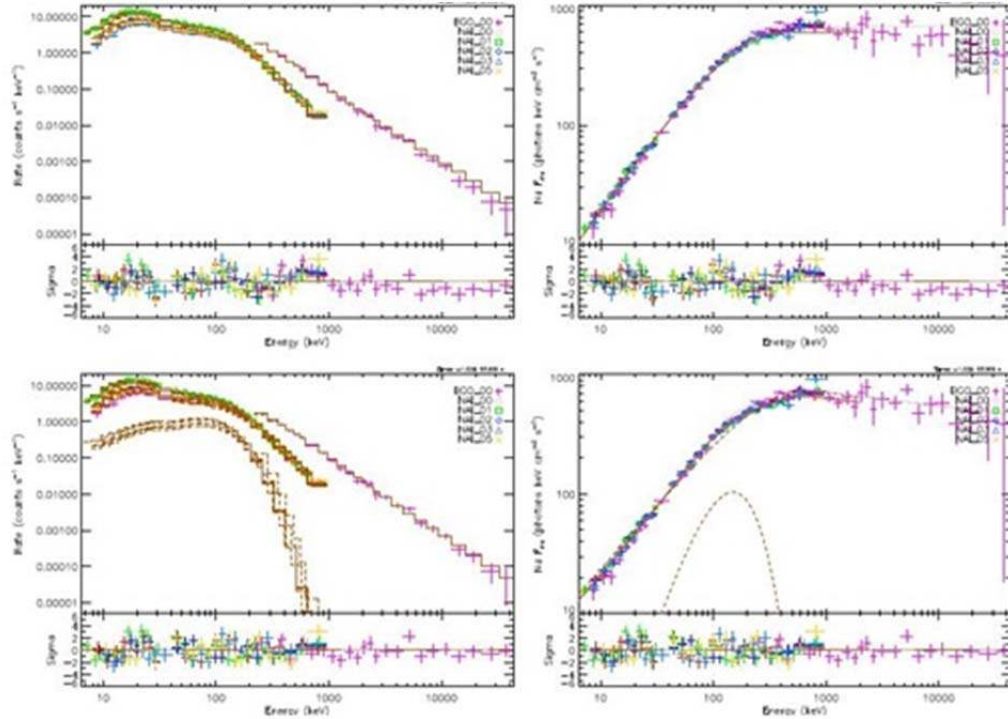
Bunların dışında, kırık güç yasası (BPL, Broken Power Law) (Schaefer ve ark, 1992), lognormal model (McBreen ve ark, 1994), PL ve optik olarak ince frenleme tayfı (PL+bremsstrahlung spectrum) (Preece ve ark, 1996), gibi modellerde tartışılmaktadır. Fermi LAT/GBM tarafından gözlenen GIP tayfı (Şekil

3.2)'de gösterildiği gibi birkaç bileşenden oluşmaktadır. Burada 'a' ve 'b' Band, 'c' Band + BPL, 'd' ise Band+PL fonksiyonlarını temsil etmektedir.



Şekil 3.2. Dört farklı zaman aralığında GRB 090926A tayfı (Ackermann ve ark, 2011)

GIP'ların tayflarını modelleyebilmek için kara cisim (BB, black body) ve PL (BBPL; Ryde, 2004), çok bileşenli BB ve PL (mBBPL, Pe'er, 2008), BB+Band (Guiriec ve ark, 2011), iki BB ve PL (2BBPL, Basak ve Rao 2013b) fonksiyonlarının birleşiminden oluşan yeni modeller çalışılmıştır. Bu modellerin amacı, Band fonksiyonu tarafından tanımlanamayan GIP'ların fiziksel özelliklerinin enerji tayflarından yararlanılarak tanımlanmasıdır. Guiriec ve ark, (2011) tarafından önerilen BB+Band fonksiyonu zaman çözünürlüklü bir GIP tayfı için Şekil 3.3'de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. GRB 100724B patlamasının zaman çözünürlüklü tayfı. Üsteki iki panel Band fonksiyonunu ve alttaki iki panel BB+Band fonksiyonunu göstermektedir (Guiriec ve ark, 2011).

3.3. Ardıl Işınım

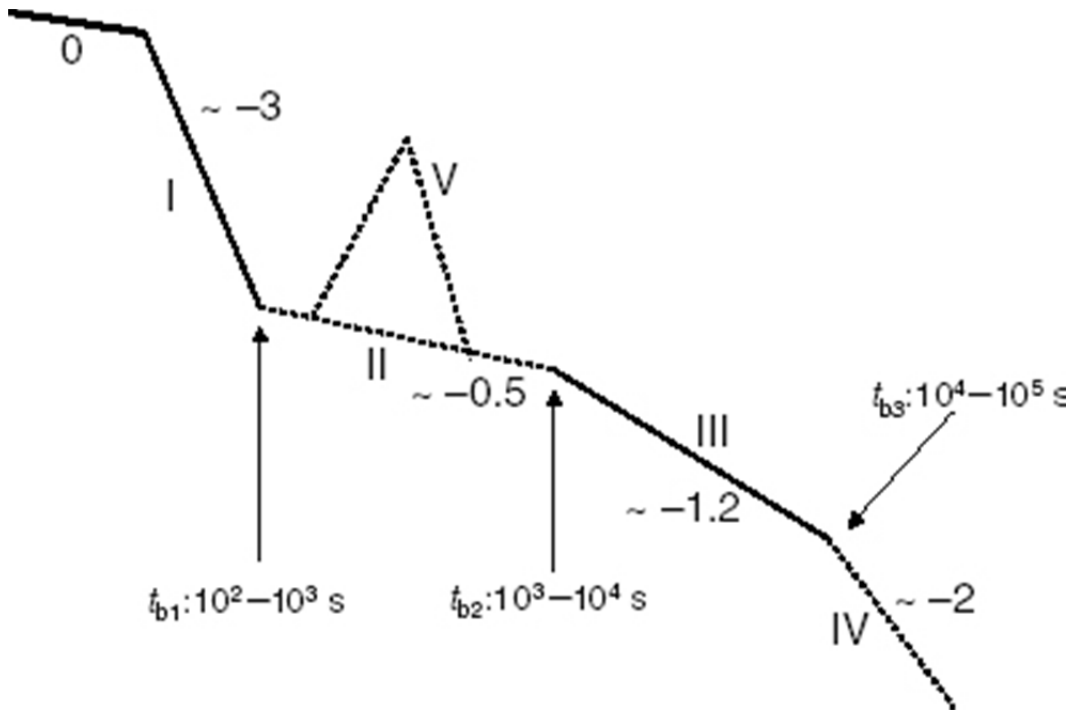
GIP anlık yayılım fazından sonra oluşan düşük enerjili fotonlar genellikle X-ışını ve optik nadiren de radyo bandında ardıl ışınlam olarak tanımlanan ve patlamadan sonra oluşan nispeten düşük enerjili yayılım oluşturmaları. 1997'ye kadar GIP'ların gama ışınlarından başka herhangi bir dalga boyunda karşılığının olduğu bilinmemekteydi. 28 Şubat 1997'de BeppoSAX tarafından ilk defa bir GIP'dan (GRB 970228) X-ışın dalga boyunda yayılım geldiği keşfedilmiştir (Costa ve ark, 1997). Patlamaların konumlarının küçük hatalarla BeppoSAX tarafından belirlenmesi onların optik yayınımlarının da tanımlanmasına olanak sağlamıştır (Van Paradijs 1997). Kısa bir süre sonra başka bir patlamadan, GRB 970508, radyo ışınlamı da geldiği tespit edilmiştir (Frail ve ark, 1997). Ardıl ışınlam gözlemlerinin artması birçok olay için ev sahibi galaksilerinin ve kırmızıya kayma değerlerinin hesaplanabilmesine olanak sağlamıştır.

3.3.1. X-Işın Ardıl Işınımı

X-ışın ardıl ışıınımı, GIP gama ışıınlarında tespit edildikten hemen sonra gözlenen güçlü fakat en kısa süren yayınımdır. Çoğu zaman GIP gama ışıınlarında ışıınmasını sürdürürken gözlenebilmektedir. Patlamadan birkaç saat sonra gözlenen ışıık eğrisi anlık yayınıının son zamanları ile eşleştirilebilir. Şekil 3.4’de tipik bir GIP ışıık eğrisi için anlık ve X-ışıını ardıl ışıınımı yayınıını gösterilmektedir. Uzun süreli GIP’ların yüksek enerjili anlık yayınıını düzgün olarak X-ışıın ardıl ışıınımına dönüşmektedir. GIP’dan gelen X-ışıın ardıl ışıınım akısı frekansa ve zamana bağlı olarak

$$f_v(t) \propto \nu^{-\beta} t^{-\alpha} \quad (3.3)$$

şeklinde basit güç yasası ile verilmektedir. Burada ortalama bir GIP için $\alpha \sim 1.4$ ve $\beta \sim 0.9$ olarak verilmektedir.



Şekil 3.4. Anlık yayınıın ve ardıl ışıınım fazlarını gösteren Standart GIP ışıık eğrisi (Zhang ve ark, 2005; Norris ve ark, 2005)

3.3.2. Optik ve Kızıl Ötesi Ardıl Işınımı

X-ışınlarında ardıl ışınlamaları gözlenebilen patlamaların yaklaşık %50'sinin optik ve kızıl-ötesi bölgede gözlemleri yapılabilmektedir. Genellikle patlama olduktan 1 gün sonra optik ardıl ışınlamaları yaklaşık 19-20 kadir (parlaklık birimi) mertebesine ulaşır. Gözlenen tayf optik bölgede de güç yasasına ($v^{-\beta}$) uyar. Tipik bir GIP için en yüksek kırmızıya kayma değerine sahip tayfsal çizgiler patlamanın bulunduğu ev sahibi galaksi ile eşleştirilerek GIP'ların uzaklık değerlerinin hesaplanmasına olanak sağlar. Çoğu durumda GIP'ların optik ardıl ışınlamaları çok hızlı sönükleşebilir fakat GRB 970228 gibi bazı patlamalar için optik bölgedeki yayılım aylarca sürer (Fruchter ve ark, 1998). Bazı durumlarda patlama olduktan birkaç hafta sonra ışık eğrisinde bir parlama görülür bu parlamalar genellikle patlama ile eşleşen bir süpernovanın varlığına işaret eder. Bu patlamalara örnek olarak GRB 980326 (Bloom ve ark, 1998), GRB 980425 (Galama ve ark, 1998), GRB 970228 (Reichart, 1999), GRB 0111211 (Bloom ve ark, 2002), GRB 020813 (Reeves ve ark, 2002) GRB 060218 (Ferrero ve ark, 2006) ve GRB 080109 (Li-Xin, ve ark, 2008) verilebilir. Konum tespiti yapılan patlamalardan sadece %50'si optik bölgede gözlenirken %90'nının X-ışınlarında karşılığının olması; (i) patlamaların optik bölgede gözlemlerinin erken dönemlerde yapılmadığı, veya (ii) bunların '*Dark GIP'lar*' olarak adlandırılan ve oldukça parlak X-ışınlamaları olmasına rağmen optik bölgede karşılığı olmayan patlamalar sınıfına dahil olduğu olasılığını akla getirmektedir (Ghisellini ve ark, 2001; Lazzati ve ark, 2002). Dark GIP'ların doğası henüz bilinmemektedir fakat onların doğasını açıklayabilmek için önerilen modeller vardır. Bunlardan biri onların diğer GIP'lara çok benzer olduğu sadece bulundukları yöndeki ağır moleküler bulutlar nedeni ile soğurumun çok fazla olmasıdır (Reichart ve Price 2002). Bir diğeri de bu patlamaların optik ardıl ışınlamalarının 2-3 kadir daha sönük olması neden olarak gösterilmektedir (Piran 2004).

3.3.3. Radyo Ardıl Işınım

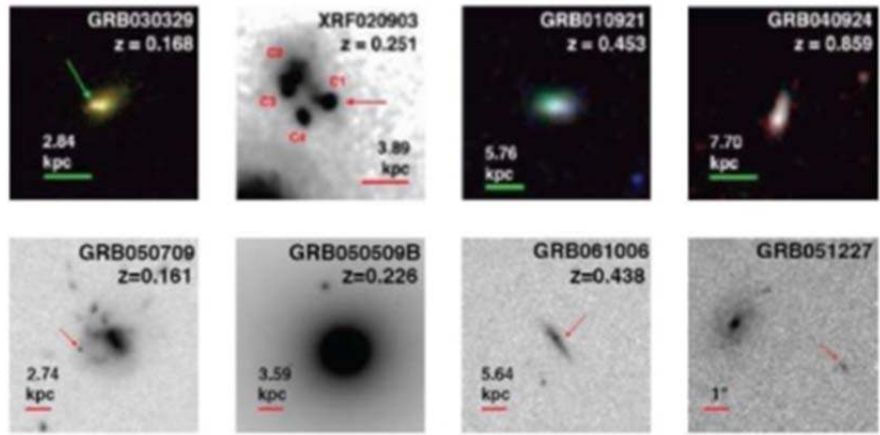
Konum tespiti yapılan patlamaların %50'si radyo bölgesinde de gözlenmiştir. Bu olayların gözlenen pik akısı yaklaşık 2 mJy (1 Jansky (Jy) $\sim 10^{-26}$ Watt m⁻² Hz⁻¹)'dir . Tespit edilmemiş patlamalar için üst limit 0.1 mJy ile 0.2 mJy civarında seyretmektedir. Bu patlamaların neredeyse tamamı X-ışını bandında gözlemlendiğinden ilk konum tespitleri X-ışın gözlemleri ile yapılır. *Dark GIP'ların* nadiren radyo ardıl ışınlımları olabilir. Optik bölgede gözlenen patlamaların yaklaşık %80'ninin radyo karşılığı gözlenmiştir (Piran, 2004). Radyo ardıl ışınlım gözlemleri patlama kinetik enerjilerinin doğru tahmininde büyük bir öneme sahiptir.

3.4. Ev Sahibi Galaksi (Host Galaxy)

Ev sahibi galaksiler, GIP'ların doğasının anlaşılmasında oldukça önemli rol oynarlar. Uzun süreli GIP'larda ev sahibi galaksi tespiti kısa süreli GIP'larla karşılaştırıldığında çok daha önce tespit edilmiştir. Bunun nedeni kısa patlamaların konum tespitinin daha zor olmasıdır. GIP'ların ardıl ışınlımlarının tespit edilmesi onların bulundukları çevre ve ev sahibi galaksi çalışmalarına olanak sağlamıştır. Bazı araştırmacılar GIP'ların ev sahibi galaksilerinin normal yıldız oluşum bölgesinde ortalama kırmızıya kayma değerine sahip olduğunu savunurken diğer bir grup ev sahibi galaksilerin ortalamadan daha mavi olduğunu ve onların yıldız oluşum oranlarının ortalama bir galaksiden çok daha fazla olduğunu savunmaktadır (Piran 2004).

Swift uydusu kısa süreli bir patlamanın ardıl ışınlımını keşfetmesi ile onların ilk defa ev sahibi galaksilerinin tanımlanmasını sağlamış ve böylece atalarının anlaşılmasına büyük katkılarda bulunmuştur. 2005 yılının sonuna kadar *Swift*'in tespit ettiği 10 tane kısa süreli patlamanın dördünün (GRB 040924, GRB 050509B, GRB 050724, GRB 050813) ev sahibi galaksisinin eliptik, bir tanesinin (GRB 050709) yakın düzensiz bir galaksi bir diğerinin de (GRB 050906) yıldız oluşum oranının yüksek bir galaksi (starburst galaxy) olduğu bulunmuştur. (Barthelmi ve ark, 2005; Berger ve ark, 2005; Fox ve ark, 2005; Meszaros 2006; Gehrels ve ark,

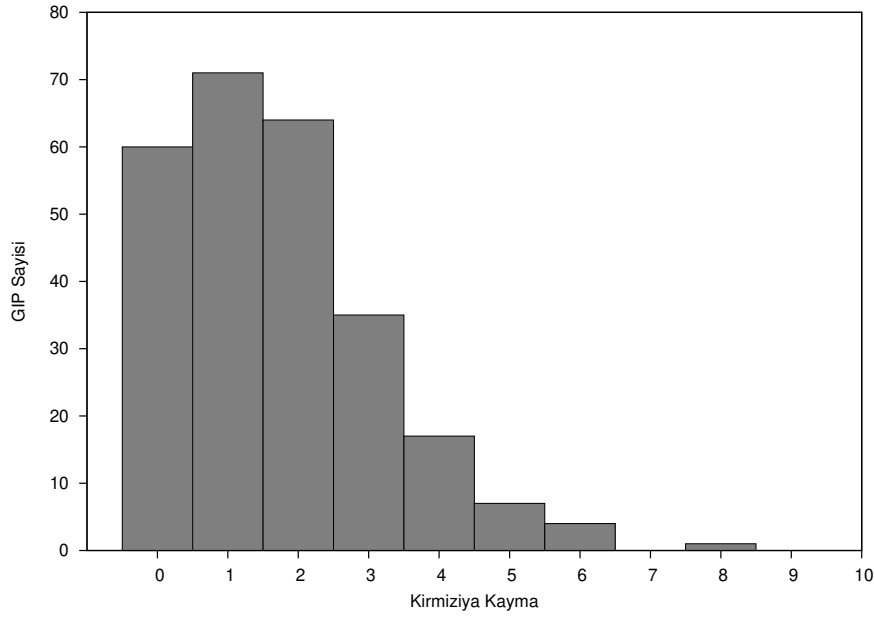
2009). Uzun süreli patlamalara göre kısa süreli patlamalar daha yüksek metal yoğunluğuna sahip olan bölgelerde yani daha düşük yıldız oluşum bölgelerinde meydana gelmiştir. Ve bu bölgelerin ışıma güçlerinin uzun patlama bölgelerine göre daha fazla olduğu da anlaşılmıştır. Şekil 3.5'te uzun süreli ve kısa süreli GIP'ların galaksi örnekleri gösterilmiştir. Tüm bu gözlemler kısa GIP'ların ev sahibi galaksilerinin merkezinin daha büyük olduğunun ortaya koyması ve NS-NS veya NS-BH tıkHz birleşme modellerini destekler niteliktedir (Berger, 2010).



Şekil 3.5. Üst kısımda uzun ve alt kısımda kısa süreli patlamaların ev sahibi galaksileri gösterilmektedir (Ukwatta, 2010).

3.5. Kırmızıya Kayma

GIP'ların optik ardıl ışınlamaları, verilerin tayfsal analizlerinin yapılmasına ve kırmızıya kayma değerlerinin belirlenmesine olanak sağlar, böylece patlamaların uzaklıkları hesaplanabilir. Kısa GIP'ların kırmızıya kayma değerleri ev sahibi galaksilerden ölçülmektedir. Şimdiye kadar herhangi bir kısa süreli patlamanın tayfsal kırmızıya kayma ölçümü optik ardıl ışınlamalar kullanılarak yapılamamıştır. Bununla birlikte uzun süreli GIP'ların optik ardıl ışınlamalar kullanılarak belirlenen kırmızıya kayma değerlerinin dağılımı Şekil 3.6'da verilmektedir.



Sekil 3.6. *Swift/BAT*'ın tespit ettiği 235 tane uzun süreli GIP'ların kırmızıya kayma dağılımı

3.6. Ateş Topu Modeli

Kozmolojik uzaklıklarda gözlenen GIP akısı yayılımı izotropik varsayılırsa yaklaşık $< 10^{54}$ erg'lik enerjiyi 1 ms'lik zaman diliminde 100 km'den daha küçük bir bölgeden salar. GIP'lardan salınan bu devasa enerjinin merkezdeki yıldız kütleli cisimden geldiği önerilmektedir. Bu enerji, uzun süreli GIP'lar için yıldız evriminin son aşamasına karşılık gelen çekirdek çökmesi ile eşleştirilmektedir. Kısa süreli patlamalar için ise bu enerji salınımı iki tıkHz objenin (NY-NY, NY-KD) bileşimi ile ilişkilendirilmektedir. Bazı gözlem verileri ile bu teori desteklense de henüz kesin bir yargıya varılmamıştır. Her iki durumda da çökmeden veya birleşmeden ortaya çıkan enerjinin çok kısa zaman ölçeğinde onlarca kilometrelik bir hacim içine sığması için birkaç güneş kütleli kara delik olduğu kabul edilmektedir (Piran 2004).

GIP'larda gözlenen elektromanyetik yayılım için önerilen çekirdek çökmesi veya iki tıkHz objenin birleşmesi modelleri rölativistik ateş topu modelidir. Ortaya çıkan enerji ve zaman skalası göz önüne alındığında GIP ışıma gücü Eddington ışıma gücünden (denklem 3.4) onlarca kat daha büyüktür ve ateş topunun genişleyebilmesi için yayılım basıncının oluşturduğu kuvvet kütle çekim kuvvetini geçmektedir.

$$L_E = 4\pi GMm_p c/\sigma_T = 1.25 \times 10^{38} (M/M_\odot) \text{ erg s}^{-1} \quad (3.4)$$

Yapılan çalışmalar ateş topundaki genişlemenin rölativistik olması gerektiğini göstermiştir. Bu tartışmaların temelinde GIP enerjilerinin >0.5 MeV olduğu gerçeği yatar. Böylece izotropik bir plazmadaki süreçlerin ortalama serbest yolu (rölativistik olmayan genişleme için) oldukça kısa olacaktır. Bu öngörü enerji tayfı 1 GeV'u gecen patlamalar için geçerliliğini yitirir. Çünkü akış foton-foton etkileşimleri ile $m_e c^2 = 0.511$ MeV'un (Harding ve Barding 1994) altına düşmemelidir. Bu durumda plazmadaki akışın çok büyük Lorentz faktörü (Γ) ile genişlemesi kaçınılmazdır. Böylece fotonların birbirileri ile çarpıştığı görelî açı Γ^{-1} 'den daha küçük olur. Bu durum;

$$\Gamma > 10^2 [(\epsilon_\gamma/10\text{GeV})(\epsilon_1/\text{MeV})]^{1/2} \quad (3.5)$$

ile ifade edilir. Sonuçta $\Gamma = 100\Gamma_2 > 1$ Lorentz faktörüne sahip rölativistik olarak genişleyen bir ateş topunun oluşması beklenir. Ateş topunun rölativistik olarak genişlemesi gözlemci çerçevesinde hem fotonlarda maviye kayma olarak gözlemlenecek hem de gözlemci çerçevesinde zaman skalasının küçülmesine neden olacaktır.

Ateş topu modelinde ısısal olmayan GIP tayfı ve zaman skalalarının açıklanması ile ilgili problemleri gidermek için ateş topu şok modeli önerilmiştir (Rees ve Meszaros, 1992; Meszaros ve Rees, 1993). Ateş topu şok modelinde GIP'larda gözlenen ısısal olmayan radyasyonu açıklamak için rölativistik şok kullanılmaktadır. Bu modele göre dış ve iç şoklar olmak üzere iki tip şok vardır.

Dış şoklar bu kaynağın dışını çevreleyen ortam üzerindeki ateş topu şokudur. Dış şok açıklaması çoklu dalga boyunda ardıl ışıınım tespitini öngörmüştür. Daha sonra yapılan ardıl ışıınım gözlemleri ile dış şok teorisi uyum göstermiştir. Dış şoklar ayrıca ters şok olarak adlandırılan ikinci bir şok oluşturlar buda kaynağa yani merkeze doğru hareket etmektedir. Dış şoklar toplam enerjisi E_0 ve ortalama

parçacık yoğunluğu n_0 olan dış ortamda denklem 3.6 ve 3.7’de gösterilen yarıçap ve zaman skalasında olur.

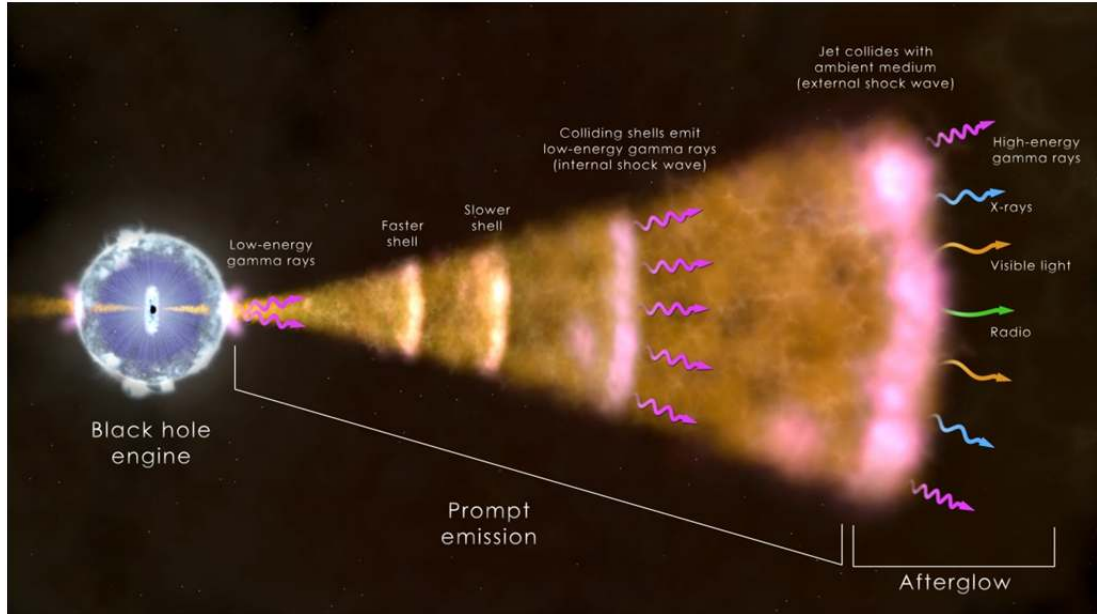
$$r_{dec} \sim 10^{17} E_{53}^{1/3} n_0^{-1/3} n_2^{-2/3} \text{ cm} \quad (3.6)$$

$$t_{dec} \sim r_{dec}/(c\gamma^2) \sim 3 \times 10^2 E_{53}^{1/3} n_0^{-1/3} n_2^{-2/3} \text{ s} \quad (3.7)$$

Burada ince kabuk yaklaşımı yapıldığında ateş topunun gözlemci durumundaki başlangıç enerjisi E_0 ve ejektanın (fırlatılan hüzmeye) Lorentz faktörü $\eta = \gamma = 10^2 \eta_2$ değerindedir (Mezaros ve Rees 1993).

Gözlenen gama ışın tayfsal özellikleri sinkrotron (Mezaros ve Rees 1993; Katz 1994b), ve sinkrotron-ters compton (Mezaros ve ark, 1993) mekanizmaları ile oluşur. Bu mekanizmalar değişken (yani ışık eğrisinde birkaç pik gösteren) patlamaları oluşturur bu nedenle daha çok uzun süreli patlamalar için uygundur (Sari ve Piran, 1995; Dermer ve Mitman, 1999).

İç şoklar, hızlı hareket eden ve ikincil olarak fırlatılan kabuğun yavaş hareket eden ilk kabuğa çarpması ile oluşur (şekil 3.7). Bunlara iç şoklar denmesinin nedeni onların dış ortamla etkileşimden ziyade merkezden gelen akış tarafından oluşturulmasıdır.



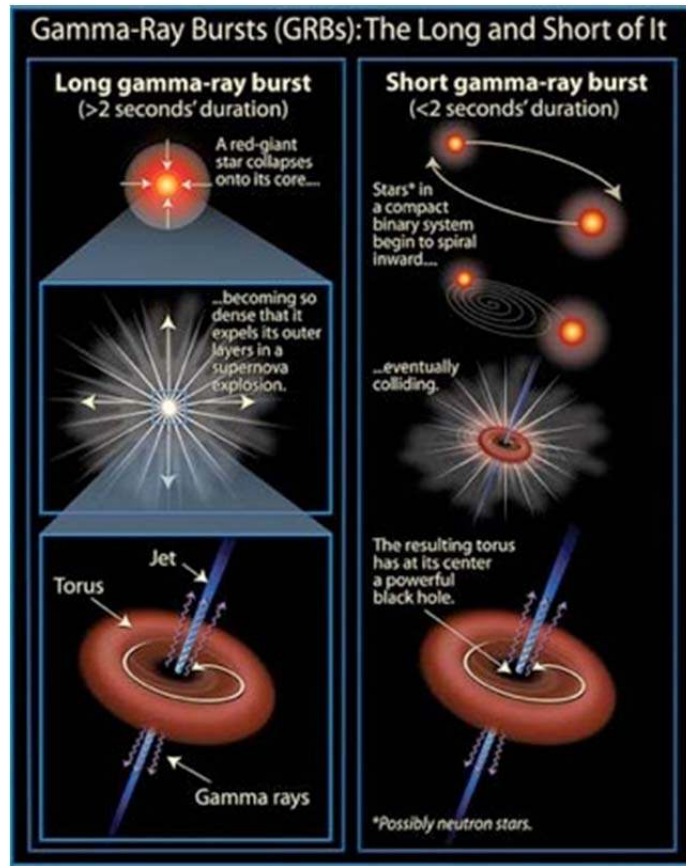
Şekil 3.7. Ateş topu modelinin şematik diagramı (NASA Goddard Space Flight Center)

3.6.1. GIP'ların Ata Modelleri

GIP'ların başlangıç enerjisini ürettiği düşünülen merkezi motor, gözlemlerle belirlenememiştir. Ancak GIP'ların ışık eğrilerinde gözlenen zamansal özellikler bir merkezi motorun varlığına kanıt oluşturmaktadır. Hızlı değişen zaman ölçeğinde oldukça yüksek enerjili ($10^{49} - 10^{54}$) erg'lık bir akışın varlığı bilinmektedir. Bu devasa enerji ve ışık eğrisinde gözlenen tüm dalga boylarındaki (akromatik) kırılmalar GIP'larda jetlerin varlığına işaret etmektedir. Yıldızların merkezinde gerçekleşen nükleer birleşme reaksiyonları ile bu kadar büyük miktarlarda enerji üretilmeyeceğinden bu olayların atalarına ilişkin en yaygın görüş ya büyük kütleli yıldızın çekirdek çökmesi (Hipernova veya Collapsar, Çökertici) (Woosley, 1993; Paczynski, 1998; Fryer ve ark, 1999) yada NY veya KD çift yıldız sistemlerinin kütle-çekimsel dalga yayılımı ile yörüngesel açısal momentumlarını kaybetmesi ile birleşmesinden oluştuğu düşünülmektedir (Paczynski 1986; Goodman 1986; Eichler, ve ark, 1989; Meszaros ve Rees 1997b). Her iki modelde de birkaç güneş kütleli KD oluşması beklenir ve iki modelde farklı atalar için ortaya çıkan enerji yaklaşık 10 kat azalır ya da artar (Meszaros ve ark, 2003). Diğer bir alternatif modelde yıldız çökmesi

ile çok hızlı dönen ve büyük manyetik alana sahip bir nötron yıldızının oluşmasıdır (Wheeler ver ark. 2000; Ruderman, 2000).

GIP'dan sorumlu olan ataların en az iki sınıfı genellikle kabul edilir. Şekil 3.8'de bu iki sınıf şematik olarak gösterilmiştir. Uzun süreli GIP'ların büyük kütleli yıldızların çökmesinden meydana geldiği düşünülmektedir (Woosley ve Heger, 2006; Woosley ve Bloom, 2006). Bu ata yıldız, tek bir Wolf-Rayet (WR) veya ikili WR siteminden meydana gelmiş olabilir. İki tıkHz nesnenin birleşmesi iki nötron yıldızı veya kara delik gibi bunlar kısa süreli GIP'ların atası olduğu belirtilir. Bu iki senaryo da GIP ataları torus diski ile jetleri oluşturur. GIP'ların enerji ihtiyacını bu dönen diksin kütle çekimsel bağlanma enerjisi ve merkezi kara deliğin spin enerjisinden karşılar (Meszaros and Rees, 1997).



Şekil 3.8. Uzun süreli ve kısa süreli GIP'ların muhtemel oluşum süreçlerini ve ata yıldızlarını göstermektedir. Uzun süreli GIP'lar dev yıldızların çökmesi ile kısa süreli GIP'lar ise iki tıkHz yıldızın birleşmesinden meydana gelmiştir.

Yakın mesafeli (< 10 Mpc) uzun süreli GIP'lara eşlik eden süpernova eşleniğinin olması, uzun süreli patlamaların atası olarak Çökertici modelini güçlü bir şekilde desteklemektedir. Buna ek olarak uzun süreli GIP'ların oluştuğu ev sahibi galaksilerin yüksek yıldız oluşum oranı da Çökertici modelini destekler. GIP ataları doğası ile ilgili olarak, jet üretimi ve bu jetin GIP zarfını nasıl yarıp geçtiği anlaşılmayan konuların başında gelmektedir. Kısa süreli patlamalarda ise durum daha karışıktır. İyi bilinen tek şey kısa patlamaların atalarının uzun patlamalardan farklı olduğudur. Ayrıca kısa patlamaların süpernova ile ilişkili olmadığı da bilinmektedir (Ukwatta 2010).

3.7. SWIFT

CGRO'nun BATSE deneyinin sonlanması ardından NASA tarafından *Swift* uydusu yörüngeye gönderilmiştir. 2004'ten bu yana *Swift*'in elde ettiği veriler ile GIP fiziğinin ilerlemesine çok önemli katkılar sağlanmıştır. Swift, adını hızlı yön değiştirebilme kapasitesine atfen, aynı zamanda çevik anlamında da kullanılan bir kuştan almıştır. *Swift*'in bu kapasitesi derin uzayda GIP ardıl ışınım araştırmalarına ve kırmızıya kayma değerlerinin hesaplanmasına olanak sağlamıştır. *Swift*'in temel görevi ve hedefleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

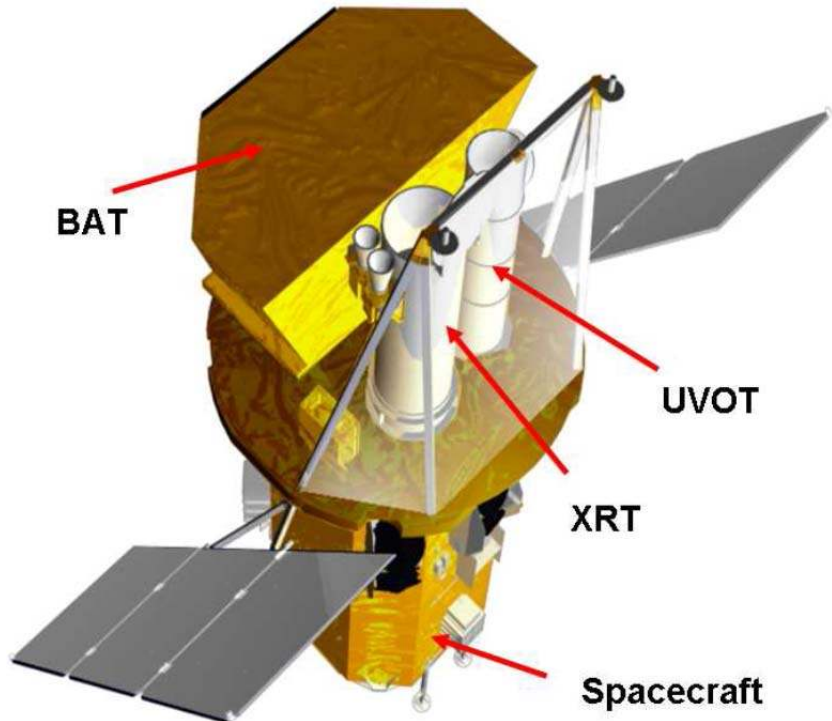
- GIP orijinlerini belirlemek.
- GIP'ları sınıflandırmak ve varsa yeni tipleri keşfetmek.
- Patlamaların zamanla nasıl değiştiğini ve çevresi ile nasıl etkileştiğini hesaplamak.
- Gama ışın patlamalarını kullanarak evrenin ilk oluştuğu dönemin fiziksel yapısını çalışmak.
- Yüksek enerjili X-ışınlarında gökyüzü taraması yapmak.

Swift ilk defa, tamamen GIP bilimine adanmış çoklu dalga boyu gözlemleri gerçekleştiren bir uydudur. GIP'ları ve ardıl ışınimleri optik, mor-ötesi (UV), X-ışını ve gama ışını dalga boylarında araştırmak için BAT, XRT ve UVOT teleskopları

birlikte çalışmaktadır. Şekil 3.9’da *Swift* üzerindeki bu teleskoplar gösterilmektedir. *Swift*’in temel kapasitesi:

- Yılda yaklaşık 100 GIP tespiti,
- Nerdeyse her patlama için 0.5-5 açı saniyesi hassasiyette pozisyon hesaplama,
- Çoklu dalga boyu gözlemleri (gama ışını, X-ışını, UV ve optik),
- X-ışını UV/optik teleskop için 90 saniyeden daha az sürede gözlemleri başlatabilme,
- Tayf aralığı UVOT için 180-600 nm, XRT için (0.3 – 10) keV ve BAT için (15 - 150) keV,
- Verilerin hızlıca duyurulması,

olarak tanımlanmaktadır (Barthelmy ve ark, 2005).

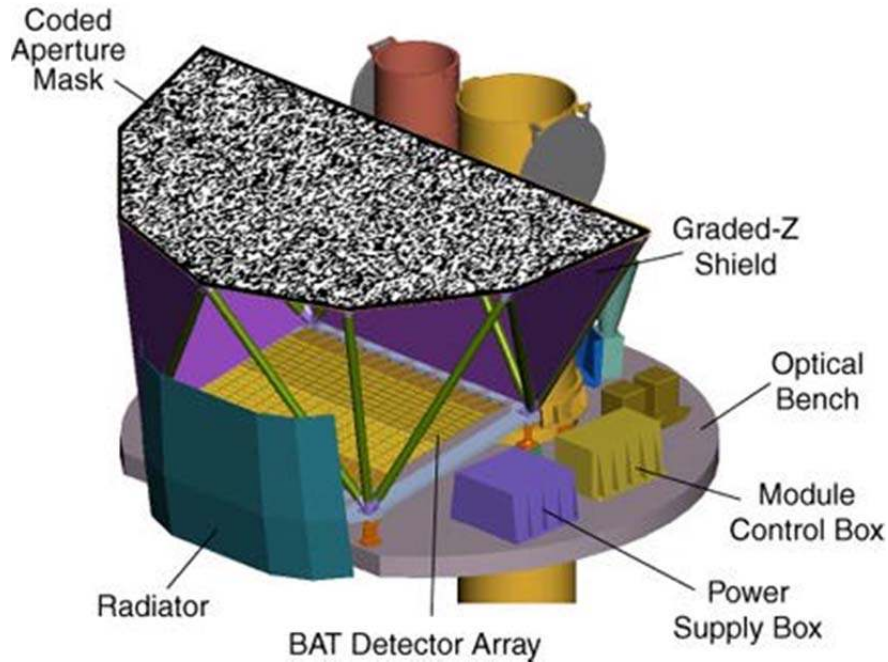


Şekil 3.9. *Swift* uydusu üzerinde konumlandırılmış farklı enerji aralığındaki fotonları algılayan 3 enstrüman bulunmaktadır. BAT (15-150) keV, XRT (0.3-10) keV enerji aralıklarında ve UVOT ise (180-600) nm aralığında çalışmaktadır (http://swift.gsfc.nasa.gov/about_swift/xrt_desc.html).

3.7.1. BAT

Geniş görüş açısına sahip ve yüksek hassasiyetli BAT, GIP tespitlerini yapan birincil dedektördür. BAT, patlama uyarılarını GCN aracılığı ile duyurmaktadır. 1,4 steradyan görüş açısına sahip, yarı kodlanmış olan dedektör, GIP'ların kritik tetik (başlangıç) zamanı ve 4 açı saniyesine kadar pozisyon hassasiyeti sağlar. Görüntüler için enerji aralığı 15–150 keV'tur. Çizelge 3.1 de BAT'ın karakteristik özellikleri gösterilmektedir (Barthelmy ve ark, 2005)

Şiddeti, süresi ve zamansal yapıları değişken olan GIP'ları araştırmak için BAT'ın bir dinamik aralığı ve iyi bir tetik yeteneği olmalıdır. Bu yüzden BAT'ta iki boyutlu kodlanmış açıklık maskesi, zayıf patlamaları tespit etmek için geniş bir katı hal dedektörü ve geniş bir yüzey kullanılmıştır. BAT'ın geniş görüş alanı Şekil 3.10'da (Coded Aperture Mask) gösterilmiştir.

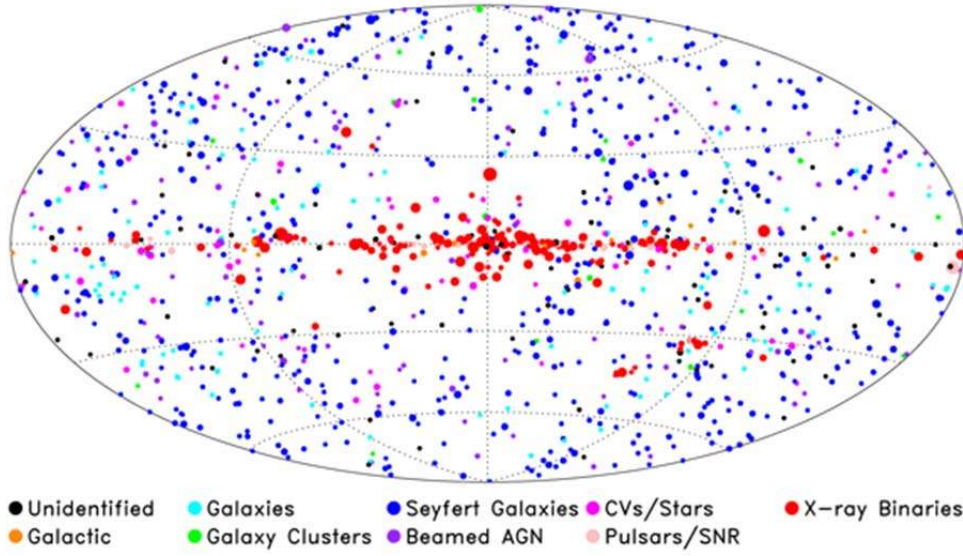


Şekil 3.10. *Swift* uydusu BAT gösterimi (D şekilli kodlanmış açıklık maskesi), XRT ve UVOT enstrümanları (arkadaki iki tüp), ve güneş paneli. BAT dedektör dizisi, kodlanmış maske, termal radyatör, iki görüntü işlemcisi ve güç kontrol kutusundan oluşmuştur. Gösterim için koruyucu saçaklar ve dedektör destekleri çıkartılmıştır (http://swift.gsfc.nasa.gov/about_Swift/xrt_desc.html)

Çizelge 3.1. BAT karakteristik özellikleri.

BAT Değişkenleri	Değerler
Enerji Aralığı	15-150 keV
Enerji Çözünürlüğü	7 keV
Açıklık	%50 Rastgele Motif
Tespit Alanı	5240 cm ²
Dedektör Materyali	CdZnTe(CZT)
Dedektör Operasyonu	Foton Sayımı
Kodlu-Maske Hücre Boyut	1.4 sr (yarı kodlu)
Enstrüman Boyutu	2.4m x 1.2m x 1.2m
Teleskop PSF	17 Açık Dakika
Kaynak Pozisyonu ve Hesabı	1' – 4'
Hassasiyet	$\sim 10^{-8}$ erg cm ⁻² s ⁻¹

Ayrıca BAT verileri ile yüksek enerjili X-ışını gökyüzü taraması yapılabilmektedir. BAT'ın ilk 70 aylık taramasında 1171 yüksek enerjili X-ışını kaynağı (14-195) keV bant aralığında 4.8σ hassasiyet ile tespit edilmiştir. 70 aylık BAT taraması, en hassas yüksek enerjili X-ışını taraması ve araştırmasıdır. %50'lik gökyüzü taramasında akı seviyesi (1.03×10^{-11}) ergs⁻¹cm⁻² ve %90'lık gökyüzü taramasındaki akı seviyesi ise (1.34×10^{-11}) ergs⁻¹cm⁻²'dir. Kaynakların büyük çoğunluğunu ise sayıları 700' ü bulan Aktif Galaksiler oluşturmaktadır. Bu yeni kataloğun bir parçası olarak belirlenen her bir kaynağın ışık eğrisi örnekleri ve 8 kanallı tayfları, aylık olarak *Swift* BAT web sitesinde yer almaktadır (<http://swift.gsfc.nasa.gov/docs/swift/results/bs70mon/>). Şekil 3.11'de BAT'ın 70 aylık gökyüzü taraması sonucu elde ettiği görüntü verilmekte ve çizelge 3.2'de bu kaynakların sayısı gösterilmektedir (Baumgartner ve ark, 2012).

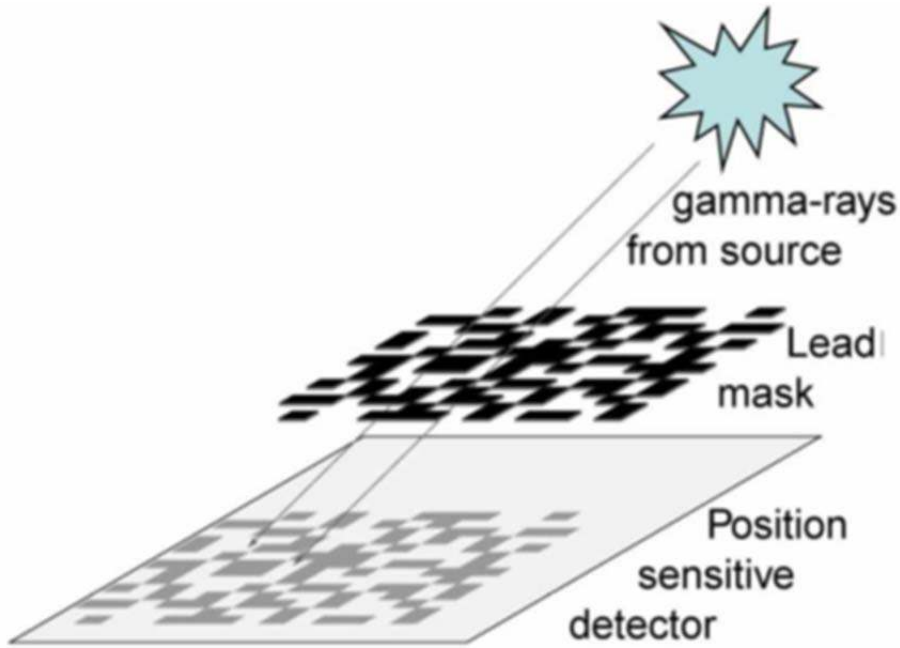


Şekil 3.11. Swift XRT gökyüzü haritasındaki her bir renk, farklı kaynakları temsil etmektedir. Dairelerinin büyüklükleri ışıma güçleri ile doğru orantılı olarak çizilmiştir.

Çizelge 3.2 XRT haritasındaki kaynak sayıları.

Sınıfı	Kaynak Türü	Sayı
0	Bilinmiyor	65
1	Galaktik	23
2	Galaksi	111
3	Galaksi Kümesi	19
4	Seyfert I (Sy 1.0-1.5)	292
5	Seyfert II (Sy 1.7-2.0)	261
6	Diğer AGÇ	23
7	Blazar/Bl Lac	49
8	QSO	86
9	Coşan Değişken Yıldızlar	55
10	Pulsar	20
11	Süpernova Kalıntısı	6
12	Yıldız	14
13	Büyük Kütleli X-ışın Çifti	85
14	Küçük Kütleli X-ışın Çifti	84
15	Diğer X-ışını Çiftleri	17
	Toplam	1210

Ayrıca 15 keV'tan daha yüksek enerjileri fotonları aynalarla veya başka teknikler ile bir noktaya odaklamak zor olduğu için BAT GIP'ları sınırlandırmak için kodlanmış açıklık maskesi kullanır (Şekil.3.13). GIP'ların oluşturduğu ışınlar maskelerden geçerek dedektör düzleminde gölgeler ve aydınlık bölgeler oluşturur. Bu sayede konumunu GIP'a dönecek şekilde ayarlar.



Şekil 3.12. Bir kaynaktan gelen yüksek enerjili fotonların kodlanmış açıklık maskesinden geçip dedektör düzlemine düşüşü gösterilmektedir.

BAT 32,768 parça 4x4x2 mm CdZnTe dedektör elementinden meydana gelmiş ve 1.2 m x 0.6 m dedektör yüzeyinden oluşmaktadır. 128 dedektör eleman grubu 8 x 16 diziler içine yerleştirilmiş ve her bir eleman 128 okuma kanalına bağlıdır bu kanala ASIC (Application Specific Integrated Circuits: Uygulama Özel Tümlleşik Devreleri) denir. Bu iki dizi birlikte dedektör modülü olarak adlandırılır ve 16 dedektör modülünden kurulan yapıya ise Blok denir. 128 dedektör modülü içerisinde ve 16 Blok'taki elementler veya 32K pikseller'in her birinin kendi güç desteği elektroniği iletişim kanalları ve kontrol panelleri mevcuttur. Bu hiyerarşik yapı BAT'ın patlama tespiti ve konumlarını belirleme yeteneğini kaybetmeden piksellerde dedektör modülünde ve hatta tüm bir bloktaki aksaklıkları dengelemesini sağlar (Barthelmy ve ark, 2005).

3.7.2. XRT

Enerji aralığı 0.3 - 10 keV olan XRT hassas takiplerin yapıldığı süreçlerde X-ışın ardıl ışınlam görüntüsü ve tayfını alabilmektedir. Işık eğrileri parıldamaları ve X-ışını ardıl ışınlamalarının uzun süreli bozunumlarını incelemek için kullanılırken, görüntüler daha yüksek hassasiyetli pozisyonlar belirlemek için kullanılır. (http://swift.gsfc.nasa.gov/about_swift/#science)

3.7.3. UVOT

UVOT 180 - 600 nm dalga boyunda gözlem yapmaktadır. Hassas takiplerin yapıldığı süreçlerde UVOT, GIP görüntüsü (grism filtreleri aracılığı ile) ve GIP tayfı alabilmektedir. UVOT görüntüleri 0.5 açı-saniyelik pozisyon hassasiyeti sağlama ve UV ve optik ardıl ışınlamaların zamansal evrimini incelemek için kullanılmaktadır. (http://swift.gsfc.nasa.gov/about_swift/#science).

3.8. Minimum Değişkenlik Zaman Skalası

GIP'ların doğasını anlamak için yapılan analizlerden patlama süresi, kırmızıya kayma ve ışıma gücü değeri gibi birçok önemli parametre elde edilir. Bu parametrelere ek olarak değişkenlik zaman skalası üretim mekanizmasının anlaşılmasında kilit rol oynar. Işık eğrilerinden elde edilen minimum değişkenlik zaman skalası (MTS; Minimum Variability Timescale) yıldız malzemesinin kendi içerisine çökerek ışıma yaymasından ve çok güçlü GIP jetleri yayan merkez cismin oluşumundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Bir diğer olasılık ise hızlı jetler olarak gelişen iç şoklar, yavaş ilerleyen kabuklarla etkileşirler ve yerel yayınımlara neden olarak gözlenen radyasyonu oluştururlar. Her iki durumda da zamansal değişkenliğin veya ışık eğrisindeki anlık atımların ölçülmesi yayınının olduğu bölgenin büyüklüğü hakkında nicel bilgileri sağlayabilir.

Fenimore ve Ramirez-Ruiz (2000) GIP'ların minimum değişkenlik zaman skalaları ve izotropik pik ışıma güçleri arasında bir ilişkinin var olduğunu

göstermişlerdir. Bu ilişkinin varlığı, GIP anlık yayınının ışık eğrilerinin temelinde yatan mikrofizik bilgileri barındırdığını önermektedir. Şimdiye kadar gözlenen MTS'yi açıklamak için birkaç model önerilmiştir. Bu modellerden *iç şok model* (Kobayashi ve ark, 1997) ve *fotosferik model* (Ryde 2004) ışık eğrilerinde görülen bu hızlı değişimin, merkezi motor aktivitesinden kaynaklandığını göstermiştir. Daha güncel modeller ise anlık yayını oluşturan fiziksel mekanizmalara bağlı olarak değişkenlik zaman skalasının iki farklı skalada olabileceğini önermiştir (Zhang ve Yang 2011). MacLachlan ve ark, 2013'te kendi geliştirdikleri *wavelet* analizi tekniğini kullanarak Fermi/GBM (Gama Işın Patlama Monitörü) tarafından tespit edilen 61 uzun süreli ve 61 kısa süreli olmak üzere toplam 122 GIP'in analizini yapmış ve Bhat ve ark, (2012) tarafından 34 GIP'dan elde edilen yaklaşık 400 atım (puls) parametresi ile karşılaştırmışlardır. Bu patlamalar için hesaplanan en küçük değişkenlik zaman skalası ve atım zamanları birbiri ile uyum göstermiştir (MacLachlan ve ark, 2012). Sonbas ve ark, (2012) aynı tekniği kullanarak GIP'ların X-ışını ışık eğrilerinde görülen parlamalar için atım parametreleri ile minimum değişkenlik zaman skalasındaki ilişkiyi zaman ekseninde 10^4 mertebesine kadar genişletmiştir.

3.9. Wavelet Dönüşümü

Wavelet dönüşümü sinyal işleme için en önemli ve güçlü araçlardan biridir ve durağan olmayan zaman serilerinin çoklu çözünürlük analizleri ve sinyal tanımları için kullanılır (Flandrin 1989, 1992; Mallat 1989). *Wavelet* analizleri bir çok açıdan *Fourier* analizlerine benzerdir. Fakat *Fourier* temel fonksiyonları daha genel iken *wavelet* fonksiyonları daha özel tanımlanmıştır. *Fourier* dönüşümünün aksine *wavelet* dönüşümünün temeli dalgacık olarak adlandırılan zayıf ve küçük sinyal dalgalarıdır. Temelde bir *wavelet* fonksiyonu orijinal verilere uygulandığında daha güvenilir bir sonuç elde edilir. Basit bir *wavelet* fonksiyonu denklem 3.8'de gösterilen formülle ifade edilmektedir.

$$\psi(t) \rightarrow \psi_{a,b}(t) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (3.8)$$

Burada a zaman skalası veya oktav (octave) ve b parametresi ise zaman skalasındaki dalgacık konumunu verir. Burada oktav frekans oranı olarak $oktav = \log_2(f_2/f_1)$ eşitliği ile ifade edilir. *Mexican hat wavelet* (Meksika şapkası), *Haar Wavelet*, *Daubechies wavelet*, *triangular* (üçgen) *wavelet* gibi yaygın olarak bilinen *wavelet* formları dışında birçok fonksiyon vardır. Verilerin doğasının farklı olması nedeni ile, burada Discrete *Wavelet* Transform (DWT: ayırık dalgacık analizi) kullanılmıştır. *Wavelet* baz fonksiyonlarının doğasının yeniden ölçeklendirilmesi ile dönüşümler hem frekans hem de zamanda iyi tanımlanabilmektedir. Böylece uygulanan polinom fiti ile ardalan fotonlarının elde edilen sonuçlara etkisi minimum seviyeye düşürülmüştür. *Wavelet* dönüşümü çoklu çözünürlük operasyonudur ve böyle *wavelet* fonksiyonları değişen genişliklere ve değişen zamana bağlıdır (Mallat 1989).

Bu çalışmada kullanılan *wavelet* analiz tekniği, N elementli bir ışık eğrisi ile başlar.

$$X_i = \{X_0 \dots X_{N-1}\} \quad (3.9)$$

Burada N ikinin kuvveti olan bir tam sayıdır. Işık eğrisi skala formülü ve *wavelet* dönüşüm fonksiyonu ile verilir ki bunlar orijinal fonksiyonlara dönüştürülür. Burada dönüşüm indeksi k ve skala indeksi de j 'dir. Denklem 3.10'da yeniden ölçeklendirme ve dönüşüm ilişkisi verilmektedir.

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{-j/2} \psi(2^{-j}t - k) \quad (3.10)$$

Dönüşüm ve ölçek fonksiyonlarının kesin bir formu yoktur ve uygulanmak istenen duruma göre seçim yapılır (Percival 2002; Addison 2002). Skala fonksiyonu, verilen zaman serisinin düzleştirilme filtresi gibi davranır ve *wavelet* fonksiyonu ise istenilen Δt zaman skalasındaki bilgiyi elde etmek için zaman serisini çıkartır, buda kullanılan en küçük bin'in, iki katıdır.

$$\Delta t \rightarrow 2\Delta t \quad (3.11)$$

Dönüşüm denklem 3.12’de verilen değere erişene kadar devam edecektir.

$$\Delta t = NT_{bin} \quad (3.12)$$

Bu çalışmada doğrudan sonuç alınabilen ve elde edilen sonuçların anlaşılır bir şekilde yorumlanabilmesini sağlayan Allen değişkenini kullanan *Haar wavelet* (Addison 2002) fonksiyonu kullanılmıştır. Bir skala fonksiyonu ile X gibi bir ışık eğrisini denklem (3.11) ile dönüştürmek için kullandığımız *wavelet* fonksiyonu skala ve konuma bağlı denklem (3.12) fonksiyonuna dönüştürülür. Burada $N=2$ durumu için *Haar wavelet* dönüşümü Fourier dönüşümü gibi davranır.

Minimum değişkenlik zaman skalasını hesaplamadan önce GIP’lar için fiziksel bir anlam ifade etmeyen ardaan gürültüsünün çıkartılması gerekmektedir. Böylece GIP’den kaynaklanan fiziksel değişkenlik analiz edilebilir. Geleneksel fotometri için yapılan düz (flat) veya lineer foton sayımı çıkarımının aksine patlama öncesi değişkenlik hesaplanır ve patlama sırasındaki değişkenlikten çıkartılır. Işık eğrisinden lineer veya düz arka planın çıkartılması *wavelet* dönüşümü altında yapılan bir işlemdir.

Sonuçta elde edilen Logaritmik-skala (Log-scale) diyagramında beyaz gürültü bölgesi GIP kaynaklı gürültüleri içerebileceği gibi GIP ile alakalı olmayan aletsel veya herhangi bir kaynaktan gelen yayınımini da içerebilir. Bu yüzden patlama değişkenliği burada zaman skalası j özgün değişkenleri kapsayarak (bir ölçek bileşeni) sürekli veya yerleşik (aletsel) gürültü bileşeni (ardalan bileşeni), ile tanımlayarak patlamanın değişkenlik bileşeni diğer bileşenlerin değişkenliklerinin lineer kombinasyonu olarak tanımlanabilir.

$$\beta_j^{burst} = \beta^{noise} + \beta^{noise} + \beta^{noise} \quad (3.13)$$

Minimum değişkenlik zaman ölçeği τ_β , Log-scale diyagramında oktav cinsinden tanımlanır. Düz gürültü bölgesi ve ölçeklenmiş eğimli bölgenin, kesişim noktasıdır. Minimum zaman skalası saniye cinsinden şu şekilde hesaplanır;

$$\tau_{\beta} \equiv T_{bin} 2^{intersection} \quad (3.14)$$

Log-scale diyagramında beyaz gürültü bölgesine $y=a$ fiti ve eğimli bölgeye ise $y=ax + b$ fiti uygulanarak hesaplanan iki doğrunun keşim noktası bize octav cinsinden kesişim noktasını verir. τ_{β} parametresinin hatası yapılan fit ile elde edilen parametrelerin hataları kullanılarak hesaplanmıştır. Olası en temiz sinyale ulaşmak için denklem 3.15 deki gibi ardaan çıkarılması gereklidir.

$$\beta_j^{burst} \rightarrow \beta_j^{clean} \equiv \beta_j^{burst} - \beta_j^{background} = \beta_j^{scaling} + \beta_j^{noise} \quad (3.15)$$

Patlama süresince arka plan değişkenliğini tahmin etmek için ışık eğrisinde patlamadan önce yaklaşık 10-15 s'lik ardaan bölgesi seçilir ve bu bölge ardaan değişimi denklem (3.16)'daki gibi olarak kabul edilir.

$$\beta_j^{preburst} \equiv \beta_j^{background} \quad (3.16)$$

Yukarıdaki eşitliğe göre ardaan sinyalden denklem (3.16) kullanılarak çıkarılır.

$$\log_2(\beta_j^{clean}) = \log_2(\beta_j^{burst} - \beta_j^{preburst}) \quad (3.17)$$

Küçük bir matematiksel işlem ile sonuçta denklem (3.18) formunda bir yapı elde edilir.

$$\log_2(\beta_j^{clean}) = \log_2(\beta_j^{burst}) + \log_2\left(1 - \frac{\beta_j^{preburst}}{\beta_j^{burst}}\right) \quad (3.18)$$

Uzun süreli GIP'lar için patlamanın tespit edildiği zaman $T=0$ saniye olarak düşünüldüğünde, patlama öncesi aralık T-20 s'den T-5 s kadar olan kısımdır. Kısa süreli GIP'larda ise bu T-15 s'den T-1 s olarak tanımlanır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

GIP ışık eğrilerinin zamansal değişkenlikleri, patlamaların oluşum mekanizmalarının ve merkezi motordan yayılan rölativistik akışın anlaşılması için önemlidir. GIP ışık eğrilerindeki anlık yayılım piklerinin ölçülmesi ile yayılımın olduğu bölgenin büyüklüğü hakkında bilgi edinilebilir. Bu çalışmada, MacLachlan ve ark. (2013)'de kullanılan *wavelet* tekniği ile Swift tarafından tespit edilen ve kırmızıya kayma ölçümleri yapılmış uzun süreli 220, kısa süreli 15 patlamanın ve kırmızıya kayma ölçümleri yapılamamış kısa süreli 31 patlamanın zamansal değişimleri incelenerek diğer zamansal ve tayfsal özellikleri arasındaki olası uyum araştırılmıştır (Uzun süreli GIP'ların minimum zaman skalası değerleri Ek1'de, kısa süreli GIP'ların minimum zaman skalası değerleri Ek2'de, kırmızıya kayma değerleri olmayan kısa süreli GIP'ların minimum zaman skalası değerleri Ek3'de verilmektedir).

Bu çalışmada kullanılan Swift-BAT dedektörü ile tespit edilen GIP'ların maskelenmiş ve ardalardan düzeltilmesi yapılmış ışık eğrileri HEASOFT (High Energy Astrophysics Software) yazılımı ile *bateconvert*, *batgrbproduct*, ve *batbinevt* işlemleri (task) kullanılarak oluşturulmuştur. Detektör tarafından alınan ham verilere Swift uydusunun arşivinden erişilebilmektedir (<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/cgi-bin/W3Browse/swift.pl>).

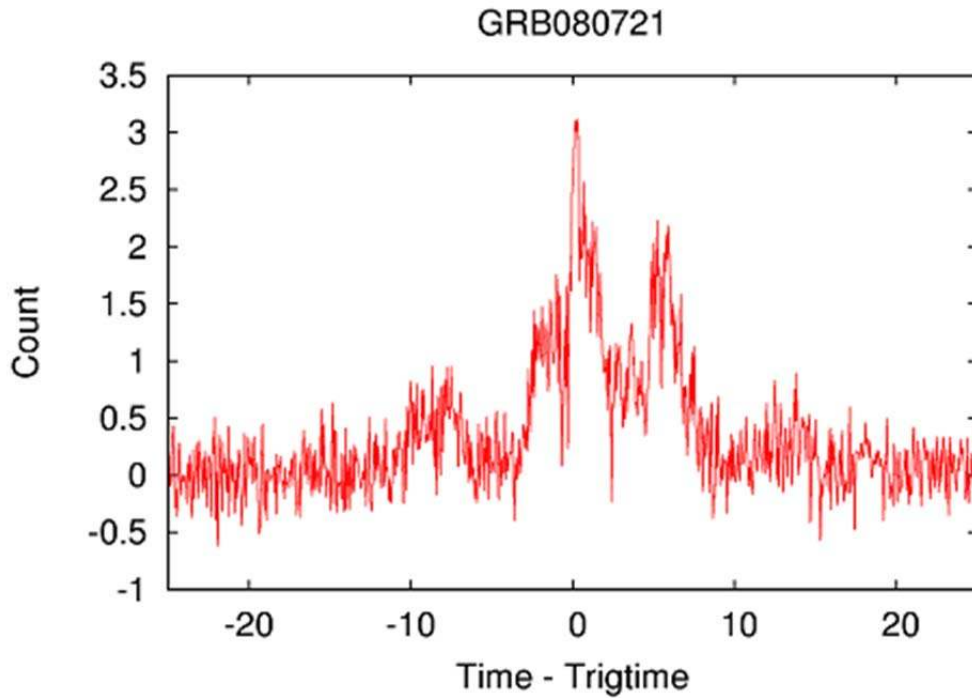
Işık eğrisi oluşturmak için kullanılan *bateconvert*, *batgrbproduct*, ve *batbinevt* işlemlerin özellikleri aşağıdaki gibi özetlenmektedir

- *bateconvert*: BAT verilerinin enerji kalibrasyonu yapmak için kullanılmaktadır. Bu komut BAT detektör dizisindeki kazanç ve konum bilgisini içeren olay dosyasını ve en son kalibrasyon (CALDB) dosyalarını okur. Her bir olay için atım yükseklik genliği (PHA Pulse Height Amplitude) değerini herhangi bir enerji biriminden (ADU: Arbitrary Digital Units) okur ve keV'a dönüştürür.
- *batgrbproduct*: BAT tarafından tespit edilen GIP'ların temel indirgeme işlemleri için standart olarak kullanılmaktadır. Sonuçta ortaya temizlenmiş

event isimli dosya, farklı enerji bantlarında ve 4 ms, 64 ms, 1 s zaman çözünürlüklü ışık eğrisi, enerji tayfinin oluşturulmasında kullanılan foton dosyası gibi ürünler çıkar

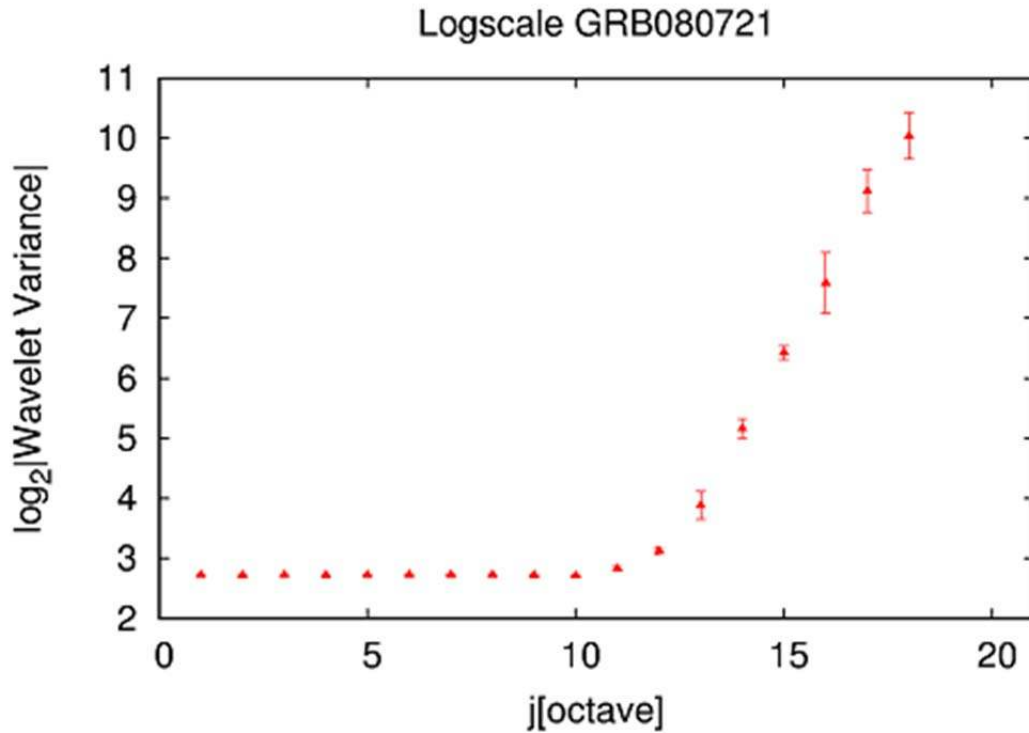
- batbinevet: tayf, ışık eğrisi veya görüntüdeki BAT olaylarını ve DPH (plane histogram data) verilerini toplar. Işık eğrisi ve detektör yüzeyi histogram verileri için maskeleme (mask weight) yapar. İstenilen zaman çözünürlüklerinde ışık eğrisi ve tayf oluşturur. Maskeleme, ardalanı çıkartılmış ışık eğrisi veya tayf oluşturmak için gerekli bir taslaktır.

Kullanılan ışık eğrileri 200 μ s bin değerinde ve Swift'in standart enerji bantları olan (15 – 25) keV, (25 – 50) keV, (50 – 100) keV, ve (100 – 150) keV bantlarında oluşturulmuştur. Farklı enerji aralığındaki foton sayımları toplanarak sonuçta toplam (15 – 150) keV enerji aralığında ışık eğrileri elde edilmiştir. Şekil 4.1'de GRB 080721 patlaması için aynı yöntemle ve 64ms'lik binleme ile elde edilen ışık eğrisi gösterilmektedir.



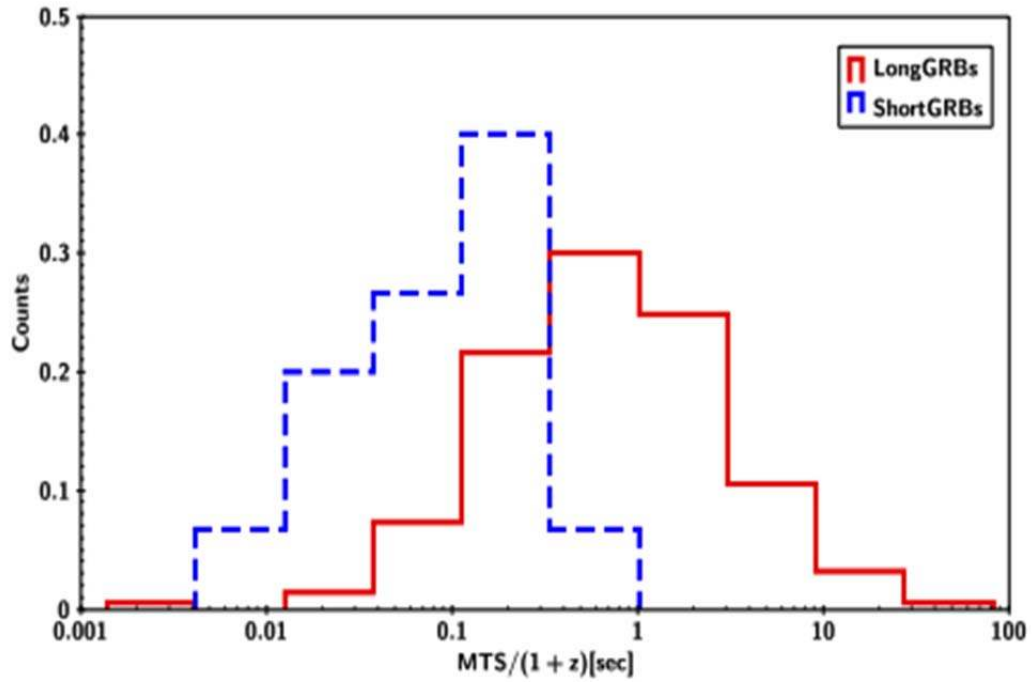
Şekil 4.1. GRB 080721 patlamasının ışık eğrisi (bin zamanı 64 milisaniye)

Wavelet tekniği temelde oktav cinsinden hesaplanan frekansın *wavelet* değişkenliğine karşı grafiği olarak tanımlanan Log-scale diyagramının hesaplanmasıdır (MacLachlan ve ark. 2013). Şekil 4.2’de GRB 080721A patlaması için elde edilen Log – scale diyagramı gösterilmektedir. Burada GIP sinyalinden önceki düz gürültü bölgesi ve GIP sinyalindeki ölçeklenmiş eğimli bölgenin kesişim noktası oktav cinsinden minimum zaman skalasını temsil eder.



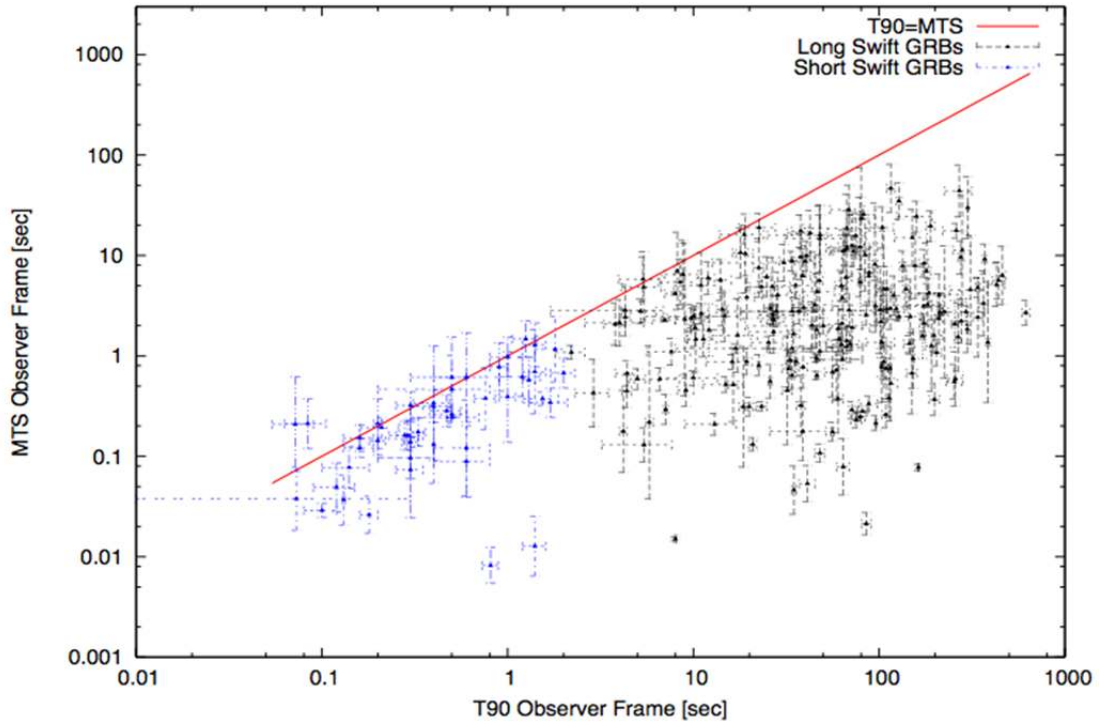
Şekil 4.2 GRB080721 için ters frekansın fonksiyonu olarak sinyalin logaritmik değişkeninin diyagramı. Düz bölge beyaz gürültü eğimli bölge kırmızı gürültü. Bu iki gürültünün kesişim noktası patlama için MTS değerini verir.

Wavelet tekniği ile toplam 235 tane uzun ve kısa süreli patlama için hesaplanan minimum zaman skalası değeri $1/(1+z)$ zamanda genişleme faktörü ile düzeltilerek şekil 4.3’de histogram olarak gösterilmiştir. Elde edilen histograma göre: i) patlamaların büyük çoğunluğunun zaman skalası saniye mertebesinde, ii) birkaç patlamanın zaman skalası ise milisaniye mertebesinde ve iii) kısa süreli patlamaların zaman skalası uzun süreli patlamalar ile karşılaştırıldığında kayda değer biçimde küçük olduğu görülmektedir.



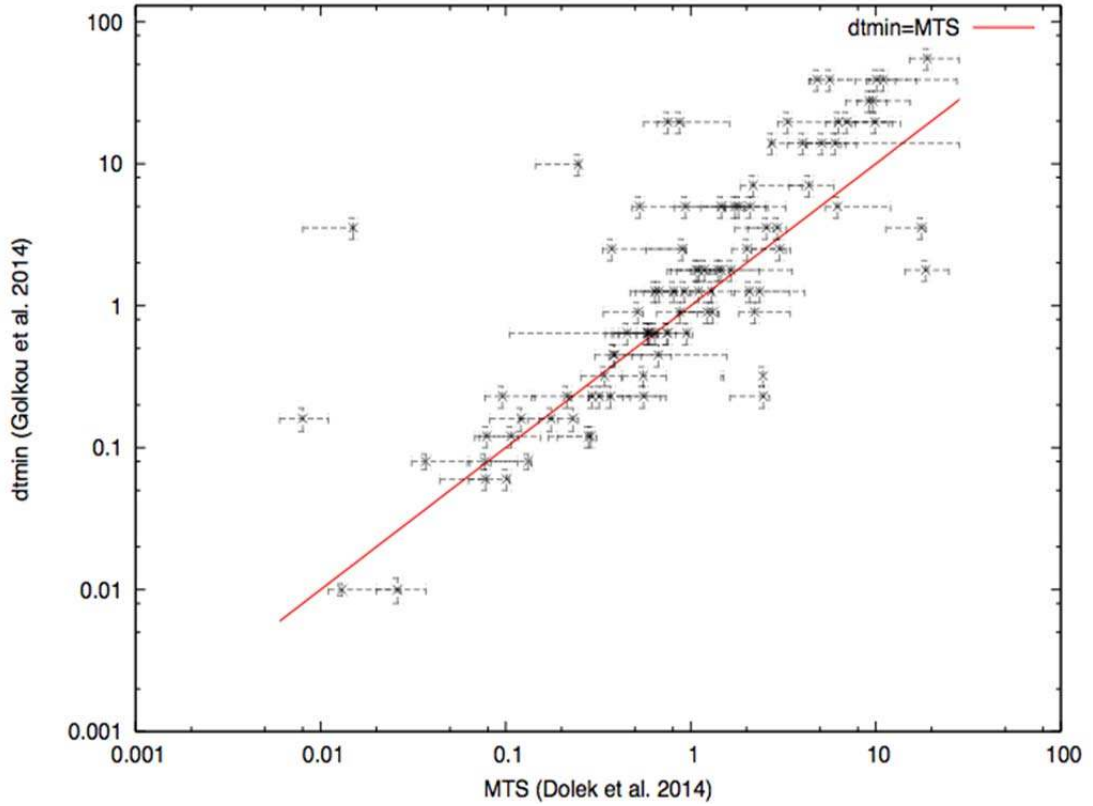
Şekil 4.3. Uzun ve kısa süreli patlamaların minimum değişkenlik zaman skalasının kaynak çerçevesinde histogramı. Kısa süreli GIP'ların minimum değişkenlik zaman skalası uzun süreli GIP'lara göre daha kısadır (Histogramın dikey eksenini iki dağılım arasındaki fark açıkça görülebilsin diye rastgele normalize edilmiştir).

MTS ile patlama süresinin (T_{90}) karşılaştırılması da Şekil 4.4'te gösterildiği gibi patlamaların farklı doğasının anlaşılması için önemlidir. Burada iki farklı zaman skalası karşılaştırıldığı için $1/(1+z)$ ile zamanda genişleme düzeltmesi yapılmamıştır. Kısa ve uzun süreli patlamalar sırası ile mavi ve siyah renkte gösterilmiştir, kırmızı çizgi patlama süresi T_{90} ile MTS'in eşit olduğu ($MTS = T_{90}$) durumu temsil eder. Beklendiği gibi elde edilen MTS değerleri patlamaların T_{90} değerinden daha küçüktür.



Şekil 4.4. Gözlemci çerçevesinde minimum zaman skalasına (MTS) karşılık (T90) gözlem süresi

Bu çalışmada hesaplanan MTS değerleri benzer şekilde *wavelet* analizinin farklı bir yaklaşımı olan yapı fonksiyonu kullanılarak yapılan Golkhou ve ark. (2014)'den elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmış ve sonuçların uyum içerisinde olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.5). Kırmızı çizgi iki MTS değerinin bir birine eşit olduğu bölgeyi temsil etmektedir. Bazı değerlerde kayda değer farklar mevcuttur ve nedeni araştırılmaktadır. Farklı yöntemlerle hesaplanan her iki sonucun bazı patlamalar haricinde birbirlerine çok yakın sonuç vermeleri hesaplanan MTS değerlerinin GIP'ların fiziksel yapıları hakkında bilgiler verdiği düşüncesini güçlendirmektedir.



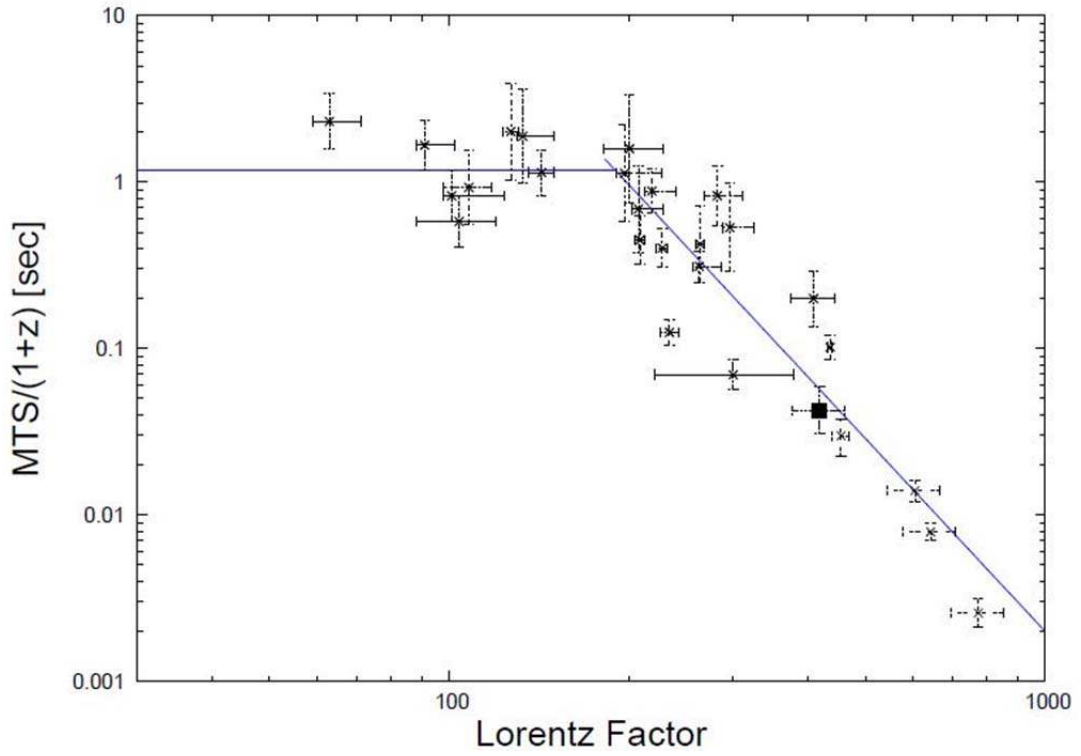
Şekil 4.5. Bu çalışmadaki minimum değişkenlik zaman skalası (MTS) ile Golkhou ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışma ile karşılaştırılması, kırmızı çizgi iki MTS değerinin eşit olduğu noktayı göstermektedir.

Gama ışın patlamalarının iki tıkız yıldızın birleşmesi veya büyük kütleli yıldızların hızla içe çökmesi sonucu oluşan çok yüksek enerjili patlamalar olduğu önerilmektedir. Bu patlamaların büyük bir çoğunluğu için yayımlanan jet Lorentz faktörü $\Gamma > 100$ değerinde olup ‘rölativistik’ hızda kabul edilmektedir. GIP’ların doğası ve ataları hala kesin olarak bilinmese de anlık yayınım ve ardıl ışınım gözlemleri GIP merkezi motor aktivitesi ve yayınım mekanizması hakkında önemli ipuçları sağlamaktadır. Anlık yayınım hakkında daha çok bilgi edinmek için zamansal değişimler ve Γ arasındaki ilişkilerin araştırılması önemlidir.

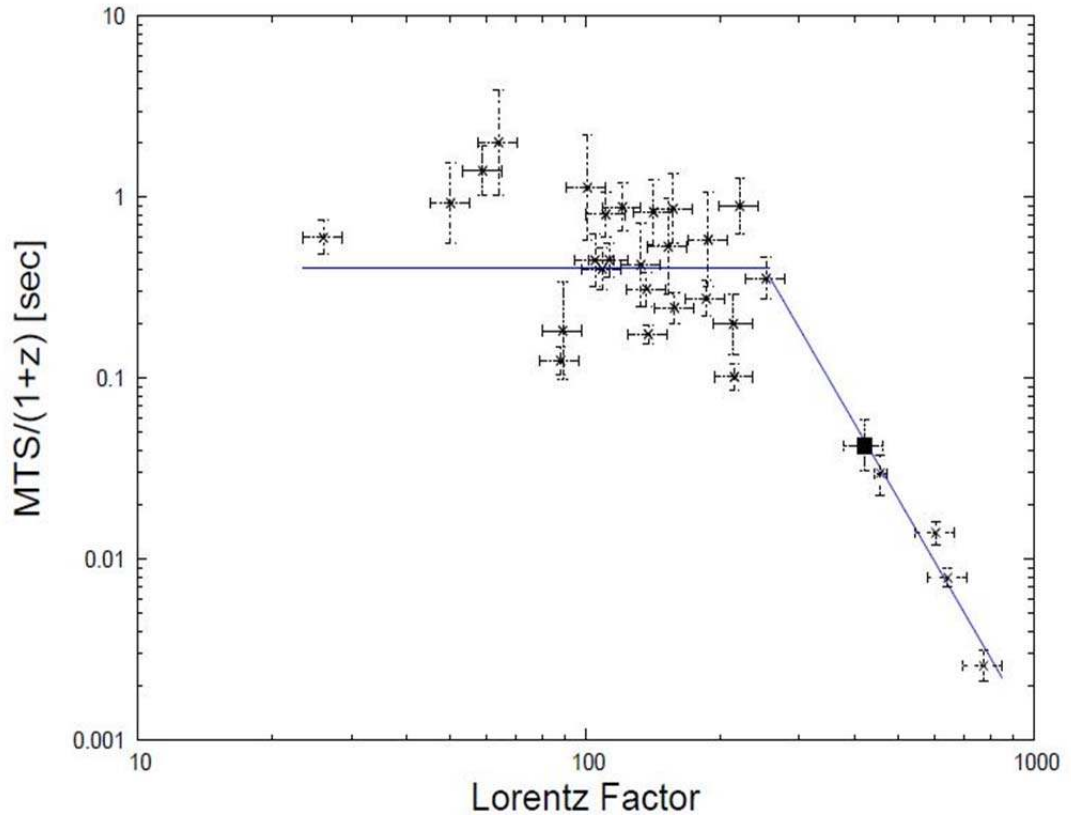
Bu çalışmada MTS- Γ arasındaki olası ilişkiyi araştırmak için Lu ve ark. (2012) ve Ghirlanda ve ark. (2012) tarafından hesaplanan Γ değerleri kullanılmıştır. Γ faktörünü hesaplamak için gözlenen optik yayınımın pik zamanını da içeren değişik yöntemler kullanılmıştır. Ghisellini ve ark. (2010) ve Kumar ve Duran (2010) tarafından da son zamanlarda analiz edilen *Fermi* uydusunun algıladığı GIP’ların Γ

değerleri ve MacLachlan ve ark. (2013) tarafından hesaplanan MTS değerleri de bu çalışmada kullanılmıştır.

Çalışma kapsamında Swift tarafından tespit edilen GIP'lar için hesaplanan MTS değerleri ve Fermi/GBM patlamaları için MacLachlan ve ark. (2013) tarafından hesaplanan MTS değerlerinin literatürden alınan Γ değerlerine karşı şekil 4.6 ve 4.7'de grafikleri çizilmiş ve aralarındaki ilişki araştırılmıştır. Her bir patlama için MTS değerleri $1/(1+z)$ ile zaman genişlemesine karşı düzeltilmiştir. Sonuçta elde edilen grafik 'dirsek' yapısına sahip ilginç bir özellik göstermiştir. Küçük Γ değerleri için zamansal değişkenlik herhangi bir değişim göstermez iken büyük Γ değerleri için değişkenlik hızlı bir şekilde Γ 'nın bir fonksiyonu olarak azalır. Lu ve ark. (2012) ve Ghirlanda ve ark. (2012)'dan alınan Γ değerleri ve karşılık gelen MTS değerleri karşılaştırıldığında kırılmanın gözlemlendiği değerlerin ortalaması $\Gamma=225\pm30$ olarak bulunmuştur. Bu Γ değerinden daha büyük değerler için MTS'in dik bir anti-korelasyon gösterdiği anlaşılmaktadır.

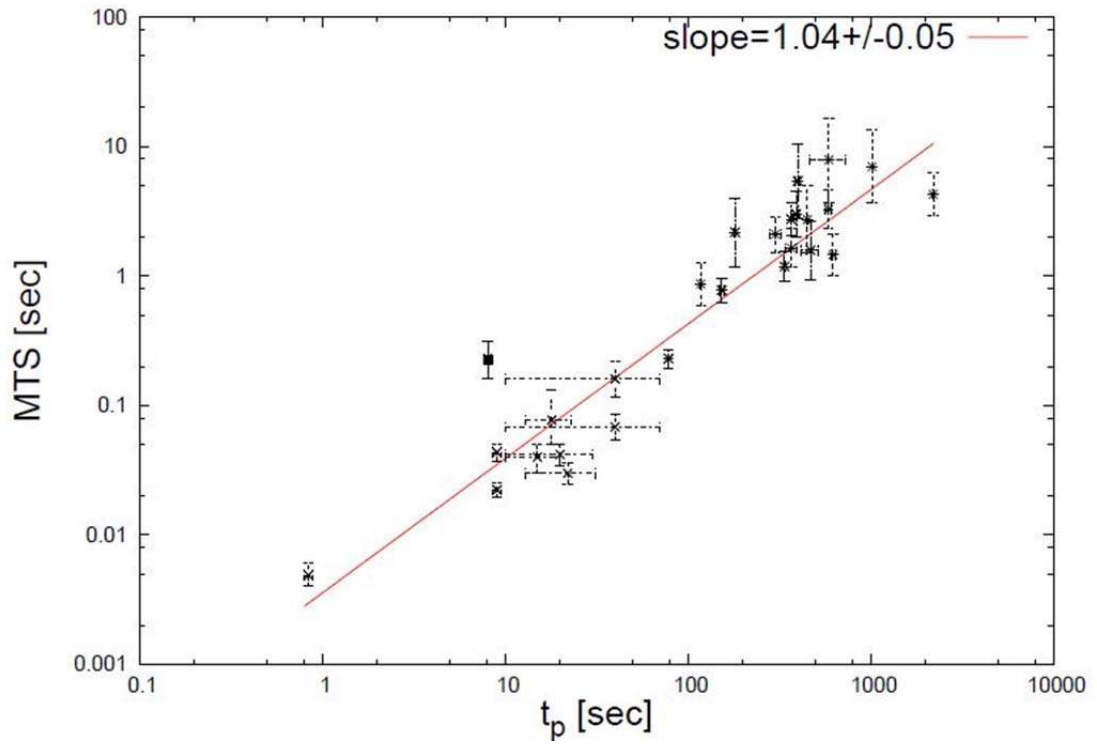


Şekil 4.6. Anlık yayınım için hesaplanan MTS değerlerine karşı Lorentz faktörü, Γ , grafiği (Lu ve ark. 2012). GRB 080916C için kullanılan Lorentz faktörünün değeri patlamanın bulunduğu ortamın diğer patlamalardan farklı olarak yıldız rüzgarları ile zengin ortam için hesaplanmıştır.



Şekil 4.7. Anlık yayılım için hesaplanan MTS değerlerine karşı Lorentz faktörü (Ghirlanda ve ark.2012) grafiği. GRB 080916C için kullanılan Lorentz faktörünün değeri yıldız-rüzgarlı ortam için hesaplanmıştır.

GIP'ların oluşum senaryolarından birine göre GIP anlık yayılımı rölativistik akış tarafından üretilen iç şoklar tarafından oluşturulurken GIP'lardan gelen maddenin (fırlatılan hüzmeye) yıldızlar arası ortam ile etkileşmesiyle oluşan dış şoklar ardıl ışınlamı oluşturur. Bu nedenle GIP anlık yayılım zaman skalası ve ardıl ışınlam zaman skalası arasında bir ilişki olup olmadığını test edebilmek için MTS'e karşı ardıl ışınlam pik zamanları (t_p)'nin nasıl davranış gösterdiği araştırılmıştır (Şekil 4.8.). Sonuçta bu iki zaman skalası arasında $\log(MTS) = (1.04 \pm 0.05) \log(t_p) - (2.45 \pm 0.01)$ güç yasasına uyum gösteren bir bağıntı ilk kez bulunmuştur (Sonbas ve ark. 2014). Elde edilen sonuç anlık yayılım ve ardıl ışınlamın birbirleri ile ilişkili olduğunu göstermesi nedeni ile çok önemlidir.



Şekil 4.8. Anlık yayılım için hesaplanan MTS değerlerine karşı ardıl ışıyım pik zamanlarının grafiği gösterilmektedir. Fermi GIP'ları için ardıl ışıyım pik zamanları Ghisellini ve ark. (2010) ve Ackerman ve ark. (2013) çalışmalarından alınmıştır. GRB 080916C patlaması içi dolu kare simgesi ile gösterilmiştir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

GIP'ların keşfinden bu yana geçen yaklaşık elli yıllık zaman içinde bu gizemli olayların fiziğinin anlaşılması için çok sayıda uzay ve yer tabanlı gözlem araçları ile çalışılmış ve bu konuda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Ancak özellikle patlamalardan gelen ardıl ışınlam, patlamaları oluşturan mekanizmalar ve patlamanın doğasına ilişkin fiziksel olayların tamamen anlaşılması uzun bir süre daha araştırmacıları meşgul edecek problem olarak görülmektedir.

GIP anlık yayılım ışık eğrilerinin zamansal özelliklerinin anlaşılmasında kilit öneme sahip olan minimum değişkenlik zaman skalası (MTS), wavelet tekniği (MacLachlan ve ark, (2013)) kullanılarak Swift/BAT tarafından gözlenen ve kırmızıya kayma değeri belirlenen uzun ve kısa süreli patlamalar için hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Patlamaların büyük çoğunluğu saniye mertebesinde değişkenlik göstermektedir.
- Kısa süreli patlamaların minimum değişkenlik zaman skalaları kayda değer bir biçimde uzun süreli patlamalardan daha küçüktür.
- Patlamaların çok küçük bir kesri milisaniye mertebesinde değişkenlik sergilemektedir.
- Bu çalışmada elde edilen sonuçlar Golkhou ve ark, (2014)'nın çalışmaları ile karşılaştırılmış ve sonuçların birbirleri ile uyumlu olduğu görülmüştür.
- MTS ile Lorentz Faktörü, Γ , arasında küçük Γ değerleri için kesin bir bağıntı gözlenmemekte ancak $\Gamma = 225 \pm 30$ değerinden sonra MTS - Γ arasında ters bir bağıntı (anti correlation) olduğu görülmektedir.
- Anlık yayılımın bir özelliği olan MTS ile ardıl ışınlam ışık eğrilerinden hesaplanabilen t_p arasında görülen uyum patlamaların bu iki farklı yayılım özelliğinin birbirleri ile ilişkili olduğunu göstermesi açısından önemlidir.

GIP'lara özgü zamansal özelliklerin çalışılması patlamaların fiziksel temellerinin anlaşılması için önemlidir. Bu olaylara ait zamansal özelliklerin farklı

yöntemlerle çok daha hassas çözünürlüklerde elde edilmesi patlamaların doğasının anlaşılması için istatistiksel olarak daha güvenilir sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır. GIP anlık ve ardıl ışınlam yayınımının zamansal ve tayfsal özelliklerinin karşılaştırılması onların doğası hakkında bilinenlere yenilerini ekleyecek ve problemlerin çözümüne yardımcı olacaktır.

KAYNAKLAR

- ACKERMAN, M. ve ark., 2013. The First Fermi-LAT Gamma-Ray Burst Catalog. The Astrophysical Journal Supplement 209(1):11-90
- ACKERMANN, M. ve ark., 2011. Detection of a Spectral Break in the Extra Hard Component of GRB 090926A. The Astrophysical Journal, 729:12
- ADDISON P. S., 2002, The Illustrated Wavelet Transform Handbook, IOP Publishing Ltd. Addison P. S., 2002, The Illustrated Wavelet Transform Handbook, IOP Publishing Ltd.
- Afterglow Era: Proceedings of the International Workshop Held in Rome, Italy, 17-20 October 2000, ESO ASTROPHYSICS SYMPOSIA. ISBN 3-540-42771-6. Edited by E. Costa, F. Frontera, and J. Hjorth. Springer-Verlag, 2001, p. 288
- BAND, D., ve ark., 1993. BATSE observations of gamma-ray burst spectra. I- Spectral diversity. Astrophysical Journal, Part 1 (ISSN 0004-637X), vol. 413, no. 1, p. 281-292. doi: Doi 10.1086/172995
- BARTHELMY, S. D., ve ark., 2005. The Burst Alert Telescope (BAT) on the SWIFT Midex Mission. Space Science Reviews, 120:143–164.
- BASAK, R., ve Rao, A. R., 2013b. A New Method of Pulse-wise Spectral Analysis of Gamma-Ray Bursts. The Astrophysical Journal, 768(2):15
- BAUMGARTNER, W. H., ve ark., 2012. The Swift-BAT 70 month Hard X-ray Survey. American Astronomical Society, HEAD meeting #12, #7.29
- BERGER, E. (2010). The Environments of Short-Duration Gamma-Ray Bursts and Implications for their Progenitors. ArXiv e-prints.
- BERGER, E., ve ark., 2005. The afterglow and elliptical host galaxy of the short gamma-ray burst GRB 050724. Nature, Volume 438, Issue 7070, pp. 988-990. 2005Natur.438..988B
- BHAT, P. N., 2013. Temporal Decomposition Studies of GRB Lightcurves. arXiv:1301.4180
- BHAT, P. N., ve ark., 2012. Temporal Deconvolution Study of Long and Short Gamma-Ray Burst Light Curves. The Astrophysical Journal, 744:141.

- BLOOM, J. S. ve ark., 1998. The unusual afterglow of GRB 980326: evidence for the gamma-ray burst/supernova connection, *Nature* 401(6752):453-456
- BLOOM, J. S. ve ark., 2001. The Redshift And The Ordinary Host Galaxy of GRB 970228. *Astrophysical Journal*, 554(2), 678-683. doi: Doi 10.1086/321398
- BLOOM, J. S. ve ark., 2002. Detection of a supernova signature associated with GRB 011121. *The Astrophysical Journal*, 572:45-49
- BLOOM, J. S. ve ark., 2006. Closing in on a Short-Hard Burst Progenitor: Constraints from Early-Time Optical Imaging and Spectroscopy of a Possible Host Galaxy of GRB 050509b. *The Astrophysical Journal*, 638(1):354-368.
- BLOOM, J. S. ve ark., 2009. Observations of the Naked-Eye GRB 080319B: Implications of Nature's Brightest Explosion. *The Astrophysical Journal* 691(1):723-737
- CASTRO-TIRADO, A. J. ve ark., 1999. Decay of The GRB 990123 Optical Afterglow: Implications for The Fireball Model. *Science*, 283(5410), 2069-2073. doi: Doi 10.1126/science.283.5410.2069
- CHRISTOPH, W. 2012. INTEGRAL:Status of the Mission After 10 Years. arXiv:1212.4386v1
- CLINE, T. L., ve Desai, U. D. 1974. IMP-6 Observations of Small-Sized Candidate Cosmic Gamma-Ray Bursts, UC-34b, 1974, p.23
- COSTA, E. ve ark., 1997. Discovery of an X-ray afterglow associated with the Gamma-ray burst. *Nature*, 387:783–785.
- DERMER, C ve Mitman, K, 1999. Short-Timescale Variability in the External Shock Model of Gamma-Ray Bursts. *The Astrophysical Journal*, 513(1):5-8.
- EICHLER, D., ve ark., 1989. Nucleosynthesis, neutrino bursts and gamma-rays from coalescing neutron stars. *Nature*, 340:126–128.
- FENIMORE, E. E. ve ark., 1988. Interpretations of Multiple Absorption Features in a Gamma-Ray Burst Spectrum. *Astrophysical Journal*, 335(2):71-74.
- FENIMORE, E. E., ve Ramirez-Ruiz, E., 2000. Redshifts For 220 BATSE Gamma-Ray Bursts Determined by Variability and the Cosmological Consequences. arXiv:astro-ph/0004176.

- FERRERO, P. ve ark., 2006. Optical observations of GRB 060218/SN 2006aj and its host galaxy, AIPConf.Proc. 924:120-125.
- FISHMAN, G. J., 1995. Gamma-ray bursts: An overview. Publications of the Astronomical Society of the Pacific, 107(718), 1145-1151.
- FLANDRIN P. 1989. Wavelet analysis and synthesis of fractional Brownian motion. IEEE, Transactions on Information The-ory, 35:197–199.
- FOX, D. B., ve ark., 2005. The afterglow of GRB 050709 and the nature of the short-hard gamma-ray bursts8/R0. Nature, 2005Natur.437..845Frsts8/R01. doi: Doi 10.1038/nature04189.
- FRAIL, D. A., Kulkarni, S. R., Nicastro, L., Feroci, M., and Taylor, G. B. (1997). The radio afterglow from the gamma-ray burst of 8 May 1997. Nature, 389:261–263.
- FRUCHTER, A. S., ve ark., 1999. The Fading Optical Counterpart of GRB 970228, 6 Months and 1 Year Laterray, 516(2):683-692.
- FRYER, C., ve ark., 1999. Formation Rates of Black Hole Accretion Disk Gamma-Ray Bursts. ApJ 526:152-177
- GALAMA, T. J. ve ark., 1998. Discovery of the peculiar supernova 1998bw in the error box of GRB980425, Nature 395 (1998) 670
- GAO, W. H., ve Wei, D. M., 2005. A New Model for Iron Emission Lines and Rebursts in Gamma-Ray Burst X-Ray Afterglows. The Astrophysical Journal, 628(2):853-856
- GCN1618; Mirabal ve ark., 2002. <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/1618.gcn3> (Eriřim tarihi: 1 Aralık 2014)
- GCN16477 Sonbas ve ark. 2014. <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/2053.gcn3> (Eriřim tarihi: 1 Aralık 2014)
- GCN2053; Caldwell ve ark.,2003. <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/2053.gcn3> (Eriřim tarihi: 1 Aralık 2014)
- GCN3386; Bloom ve ark., 2005. <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/3386.gcn3> (Eriřim tarihi: 1 Aralık 2014)
- GCN3605; Price ve ark., 2005. <http://gcn.gsfc.nasa.gov/gcn3/3605.gcn3> (Eriřim tarihi: 1 Aralık 2014)

- GEHRELS, N., ve ark., 2009. Gamma-Ray Bursts in the Swift Era. *Annual Review of Astronomy & Astrophysics* 47:567-617.
- GENDRE, B. ve ark., 2013. The ultra-long Gamma-Ray Burst 111209A: the collapse of a blue supergiant? *The Astrophysical Journal*, 766(1):9
- GHIRLANDA, G. ve ark., 2012. Gamma-ray bursts in the comoving frame. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 420(1):483-494
- GHISELLINI, G. ve ark., 2001 Failed Optical Afterglows. *Gamma-Ray Bursts in the*
- GHISELLINI, G., ve ark., 2010. GeV emission from gamma-ray bursts: a radiative fireball? *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 403(2):926-937, 403-926
- GOLKHOV, V. Z., ve Butler, N. R., 2014. Uncovering the Intrinsic Variability of Gamma-Ray Bursts. *The Astrophysical Journal*, 787(1) :9
- GOODMAN, J., 1986. Are gamma-ray bursts optically thick? *Astrophysical Journal*, Part 2 - Letters to the Editor (ISSN 0004-637X), 308:47-50
- GREINER, J., ve ark., 2009. The Redshift and Afterglow of The Extremely Energetic Gamma-ray Burst GRB 080916C. *Astronomy & Astrophysics*, 498(1), 89-94.
- GUIRIEC, S., ve ark., 2011. Detection of a Thermal Spectral Component in the Prompt Emission of GRB 100724B. *The Astrophysical Journal Letters*, Volume 727, Issue 2, article id. L33, 5 pp
- HARDING, A. ve Baring, M., 1994. Escape of High-Energy Photons from Relativistically Expanding Gamma-Ray Burst Sources. *American Institute of Physics. Conference Proceedings* 307:520
- HARRISON, F. A., ve ark., 1999. Optical and Radio Observations of The Afterglow from GRB 990510: Evidence for a Jet. *Astrophysical Journal*, 523(2), L121-L124. doi: Doi 10.1086/312282
- KATZ, J., 1994b. Low-frequency spectra of gamma-ray bursts. *Astrophysical Journal*, Part 2 - Letters ,432:107-109.
- KLEBESADEL, ve ark., 1973. Observations of Gamma-Ray Bursts of Cosmic Origin. *Astrophysical Journal*, 182:85.

- KOBAYASHI, S., ve ark., 1997. Can Internal Shocks Produce the Variability in Gamma-Ray Bursts? *Astrophysical Journal*. 490:92
- KOCEVSKI, D., ve ark., 2003. Search for Relativistic Curvature Effects in Gamma-Ray Burst Pulses. *The Astrophysical Journal*, 596(1):389-400
- KOUVELIOTOU, C., ve ark., 1987. Smm Hard X-Ray Observations of the Soft Gamma-Ray Repeater 1806-20. *Astrophysical Journal*, 322(1), L21-L25.
- KOUVELIOTOU, C., ve ark., 1993. Identification of 2 Classes of Gamma-Ray Bursts. *Astrophysical Journal*, 413(2):101-104.
- KUMAR, P. ve Duran, B. R., 2010. External forward shock origin of high-energy emission for three gamma-ray bursts detected by Fermi. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 409(1):226-236
- LAZZATI, D., ve ark., 2002. On the role of extinction in failed gamma-ray burst optical/infrared afterglows. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 330(3):583-590.
- LÌ-XÌN, L., 2008. The X-Ray Transient 080109 in NGC 2770: an X-Ray Flash Associated with a Normal Core-Collapse Supernova, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 388 (2008):603-610
- LU, J., ve ark., 2012. Lorentz-factor-Isotropic-luminosity/Energy Correlations of Gamma-Ray Bursts and Their Interpretation *The Astrophysical Journal*, 751(1):6.
- MACLACHLAN, G. A., ve ark., 2012. The minimum variability time-scale and its relation to pulse profiles of Fermi GRBs. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society: Letters*, 425(1):32-35.
- MACLACHLAN, G. A., ve ark., 2013. Minimum variability time-scales of long and short GRBs. *Volume 432, Issue 2*, p.857-865
- MALLAT S. G., 1989, *IEEE, Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 11,674 693
- MCBREEN, B., ve ark., 1994. Lognormal Distributions in Gamma-Ray Bursts and Cosmic Lightning. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 271:662

- MESZAROS, P. 2006. Gamma-ray bursts. Reports on Progress in Physics, 2006RPPh...69.2259M. .
- MESZAROS, P., Laguna, P., and Rees, M. J. (1993). Gasdynamics of relativistically expanding gamma-ray burst sources - Kinematics, energetics, magnetic fields, and efficiency. *ApJ*, 415:181–190.
- MESZAROS, P., ve ark., 2003. Gasdynamics of relativistically expanding gamma-ray burst sources - Kinematics, energetics, magnetic fields, and efficiency. *Astrophysical Journal*, 415:181–190.
- MESZAROS, P., ve Rees, M. J. 1993. Relativistic fireballs and their impact on external matter Models for cosmological gamma-ray bursts. *Astrophysical Journal*, 405:278–284.
- MESZAROS, P., ve Rees, M. J. 1997. Poynting Jets from Black Holes and Cosmological Gamma-Ray Bursts. *ApJ. Lett.*, 482:L29+.
- METZGER, M. R., ve ark., 1997. Spectral constraints on the redshift of the optical counterpart to the gamma-ray burst of 8 May 1997. *Nature*, 387(6636).
- MIRABAL, N., ve ark., 2006. Grb 060218/SN 2006aj: A gamma-ray burst and prompt supernova at $z=0.0335$. *Astrophysical Journal*, 643(2), L99-L102. doi: Doi 10.1086/505177
- MORSONY, B. j., ve ark., 2010. The origin and propagation of variability in the outflows of long duration gamma-ray bursts. *The Astrophysical Journal*, 723(1); 267-276
- MURAKAMI, T., ve ark., 1988. Evidence for Cyclotron Absorption from Spectral Features in Gamma-Ray Bursts Seen with Ginga. *Nature*, 335(6187), 234-235. doi: Doi 10.1038/335234a0
- NARAYAN, R., ve ark., 1992. Gamma-ray bursts as the death throes of massive binary stars. *ApJ. Lett.*, 395:83–86.
- NORRIS, J, ve ark., 2005. Long-Lag, Wide-Pulse Gamma-Ray Bursts. *The Astrophysical Journal*, 627(1):324-345
- PACZYNSKI, B., 1986. Gamma-ray bursters at cosmological distances. *Astrophysical Journal*, 308:43

- PACZYNSKI, B., 1998. Gamma-ray bursts as hypernovae Fourth Huntsville gamma-ray burst symposium. AIP Conference Proceedings, 428:783-787
- PAERELS, F. B. S., ve Kahn, S. M. 2003. High-resolution X-ray spectroscopy with Chandra and XMM-Newton. Annual Review of Astronomy and Astrophysics, 41:291-342.
- PE'ER, A., 2008. Temporal Evolution of Thermal Emission from Relativistically Expanding Plasma. The Astrophysical Journal, 682(1): 463-473
- PEDICHINI, F., ve ark., 1997. The optical transient of GRB970228, 16 hours after the burst. Astronomy & Astrophysics, 327(3), L36-L38.
- PERCIVAL D. B. and Walden A. T. 2002, Wavelet Methods for Time Series Analysis , Cambridge University Press
- PIRAN, T. 1999. Gamma-ray bursts and the fireball model. Physics Reports-Review Section of Physics Letters, 314(6), 575-667. doi: Doi 10.1016/S0370-1573(98)00127-6
- PIRAN, T. 2004. The physics of gamma-ray bursts. Reviews of Modern Physics, 76(4):1143-1210
- PREECE, R. D., ve ark., 1996. BATSE Observations of Gamma-Ray Burst Spectra. III. Low-Energy Behavior of Time-averaged Spectra. Astrophysical Journal, 1996ApJ...473..310P. doi: DOI 10.1086/178146
- REDDY F (28 April 2009). "New Gamma-Ray Burst Smashes Cosmic Distance Record". NASA. Retrieved 2009-05-04.
- REES, M. J., ve Meszaros, P. 1992. Relativistic fireballs - Energy conversion and time-scales. MNRAS, 258:41-43.
- REEVES, J. N. ve ark., 2002. The signature of supernova ejecta in the X-ray afterglow of the γ -ray burst 011211". Nature 416 (6880): 512-515
- REICHART, D. E., 1998. The Redshift of GRB 970508. The Astrophysical Journal, 495(2),99-101
- REICHART, D. E., 1999. GRB 970228 Revisited: Evidence for a Supernova in the Light Curve and Late Spectral Energy Distribution of the Afterglow. The Astrophysical Journal , 521 (1999) L111-L115

- REICHART, D. E., ve Price, P. A., 2002. Evidence for a Molecular Cloud Origin of Gamma-Ray Bursts: Implications for the Nature of Star Formation in the Universe *The Astrophysical Journal*, 565(1):174-181.
- RUDERMAN, M. ve ark., 2000. A Central Engine for Cosmic Gamma-Ray Burst Sources. *The Astrophysical Journal*, 542(1):243-250.
- RYDE, F., 2004. The Cooling Behavior of Thermal Pulses in Gamma-Ray Bursts *The Astrophysical Journal*, 614(2):827-846.
- RYDE, F., 2004. The Cooling Behavior of Thermal Pulses in Gamma-Ray Bursts. *The Astrophysical Journal*, 614(2):827-846.
- SARI, R., ve Piran T., 1995. Hydrodynamic Timescales and Temporal Structure of Gamma-Ray Bursts. *Astrophysical Journal Letters* 455:143
- SCHAEFER, B. E., ve ark., 1992. High-energy spectral breaks in gamma-ray bursts. *Astrophysical Journal*, 1992ApJ...393L..51S. doi: Doi 10.1086/186449
- SHARE, G. H. ve ark., 1999. CGRO/OSSE Observations of GRB990123. *American Astronomical Society, HEAD meeting*, 31:711
- SHEMI, A. ve Piran, T., 1990. The appearance of cosmic fireballs. *Astrophysical Journal*, 365:55
- SONBAS, E. ve ark., 2012. A New Correlation between GRB X-Ray Flares and the Prompt Emission. *The Astrophysical Journal Letters*. 767:28
- SONBAS, E. ve ark., 2014. Gamma-Ray Bursts: Temporal Scales and the Bulk Lorentz Factor. *arXiv:1408.3042*.
- TANVIR, N. R. ve ark., (2009). "A gamma-ray burst at a redshift of $z = 8.2$ ". *Nature* 461 (7268):1254–1257.
- TIKHOMIROVA, Y. Y., ve Stern, B. E. 2000. Tests for spatial isotropy of three thousand gamma-ray bursts found in BATSE archival data. *Astronomy Letters-a Journal of Astronomy and Space Astrophysics*, 26(10):672-678.
- TINNEY C ve ark., 1998. GRB 980425. *IAU Circ.*, 6896, 1 (1998). Edited by Green, D. W. E.
- UKWATTA, T. N., 2010. Spectral Lags and Variability of Gamma-ray Bursts in the Swift Era. *Phd*.

- VAN PARADIJS, j., ve ark., 1997. Transient optical emission from the error box of the gamma-ray burst. *Nature*, 386:686–689.
- WHEELER J.C., ve ark., 2000. Asymmetric Supernovae, Pulsars, Magnetars, and Gamma-Ray Bursts. *The Astrophysical Journal*, 537(2):810-823.
- WINKLER, C. ve ark., 1995. COMPTEL observations of the strong gamma-ray burst GRB 940217. *Astronomy and Astrophysics*, v.302, p.765
- WOOSLEY, S. E., ve Bloom, J. S. 2006. The supernova-gamma-ray burst connection. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 44, 507-556. doi: DOI 10.1146/annurev.astro.43.072103.150558
- WOOSLEY, S. E., ve Heger, A. 2006. The progenitor stars of gamma-ray bursts. *Astrophysical Journal*, 637(2), 914-921. doi: Doi 10.1086/498500
- WOOSLEY, S., 1993. Gamma-ray bursts from stellar mass accretion disks around black holes. *Astrophysical Journal*, 405(1):273-277.
- ZHANG B., ve Yan H., 2011. The Internal-collision-induced Magnetic Reconnection and Turbulence (ICMART) Model of Gamma-ray Bursts. *The Astrophysical Journal*, 726(2):90
- ZHANG, B., ve Kobayashi, S., 2005. Gamma-Ray Burst Early Afterglows: Reverse Shock Emission from an Arbitrarily Magnetized Ejecta *Apj* 628:315-334
- ZHANG, B., ve Meszaros, P. 2003. Gamma-ray burst afterglows: Two post-standard effects. *Gamma-Ray Burst and Afterglow Astronomy 2001*, 662, 331-334.
<http://gammaray.nsstc.nasa.gov/batse/grb/catalog/4b/> (Eriřim Tarihi 30 Aralık 2014)
http://swift.gsfc.nasa.gov/about_swift/#science (Eriřim Tarihi 30 Aralık 2014).
http://swift.gsfc.nasa.gov/about_swift/xrt_desc.html (Eriřim Tarihi 30 Aralık 2014).
<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/cgro/batse> (Eriřim Tarihi 30 Aralık 2014).
<http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/cgro/epo/news/catalog.html> (Eriřim Tarihi 30 Aralık 2014).
http://heasarc.gsfc.nasa.gov/docs/cgro/images/cgro/2704_grbs_fluence.jpg (Eriřim Tarihi 30 Aralık 2014)
http://swift.gsfc.nasa.gov/archive/grb_table/ (Eriřim Tarihi 30 Aralık 2014)

ÖZGEÇMİŞ

09/06/1988 yılında İstanbul’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana’da tamamladı. 2007 yılında başladığı Çukurova Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü’nden 2012 yılında mezun oldu ve aynı yıl Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Fizik Anabilim Dalında tezli yüksek lisansa başladı.

EKLER

EK1

Uzun süreli GIP'ların minimum zaman skalası değerleri

GIP	z	T ₉₀ [sec]	δT ₉₀	τ _β [sec]	δτ _β ⁺ [sec]	δτ _β ⁻ [sec]
131117A	4,18	11,00	3,16	5,0219	11,3259	0,5567
131103A	0,60	17,30	4,80	1,5969	4,2936	0,1485
131030A	1,29	41,10	4,00	0,0533	0,0612	0,0116
130925A	0,35	211,97	2,89	2,7188	1,8119	1,0199
130907A	1,24	>360	0,67	0,1009	0,0666	0,0382
130831A	0,48	32,50	2,50	0,7432	0,8610	0,1604
130701A	1,16	4,38	0,25	0,4449	0,4693	0,1055
130612A	2,01	4,00	1,40	2,1344	3,0679	0,3712
130610A	2,09	46,40	11,20	4,3498	4,9820	0,9494
130606A	5,91	276,58	19,31	2,2197	3,0309	0,4064
130604A	1,06	37,70	4,60	9,6583	13,6137	1,7130
130514A	3,60	204,00	13,00	1,0738	0,9760	0,2953
130511A	1,30	5,43	2,22	0,1301	0,1418	0,0298
130505A	2,27	88,00	10,00	6,1993	11,1494	0,8617
130427B	2,78	27,00	7,30	1,7315	2,2890	0,3274
130427A	0,34	162,83	1,36	0,0777	0,0448	0,0336
130420A	1,30	123,50	13,11	2,9345	2,3935	0,8995
130418A	1,22	300,00		29,8637	61,4785	3,6266
130408A	3,76	28,00	13,00	2,7739	2,8285	0,6801
130215A	0,60	65,70	10,80	11,3490	11,2596	2,8598
130131B	2,54	4,30	2,60	2,8310	4,5732	0,4381
121229A	2,71	n/a		45,2026	53,2022	9,6015
121211A	1,02	182,00	39,00	3,2313	4,2337	0,6165
121201A	3,39	85,00	21,00	2,5449	1,9873	0,8147
121128A	2,20	23,30	1,60	0,3133	0,1933	0,1269
121027A	1,77	62,60	4,80	5,0069	5,0384	1,2439
121024A	2,30	69,00	32,00	2,8452	3,0261	0,6688
120922A	3,10	173,00	33,00	3,1284	2,8098	0,8708

120909A	3,93	617,70	30,95	2,6878	0,0320	0,7660
120907A	0,97	16,90	8,90	1,1864	0,7300	0,4820
120815A	2,36	9,70	2,50	2,3796	2,2214	0,6373
120811C	2,67	26,80	3,70	2,3506	1,5027	0,9192
120802A	3,80	50,00	31,00	1,9908	1,4305	0,6926
120729A	0,80	71,50	17,50	1,9014	2,6656	0,3391
120724A	1,48	72,80	16,40	11,0209	11,2162	2,7072
120722A	0,96	42,40	10,50	16,6880	23,5642	2,9546
120714B	0,40	159,00	34,00	24,3963	24,7400	6,0144
120712A	4,17	14,70	3,30	2,4757	3,9663	0,3863
120521C	6,00	26,70	4,40	2,5669	1,9686	0,8368
120422A	0,28	5,35	1,40	5,7851	7,9995	1,0459
120404A	2,88	38,70	4,10	6,2711	10,8126	0,9093
120327A	2,81	62,90	7,50	1,2923	1,3622	0,3065
120326A	1,80	69,60	8,30	1,2998	1,4898	0,2835
120119A	1,73	253,80	24,50	0,5530	0,6133	0,1246
120118B	2,94	23,26	4,02	4,8661	3,1099	1,9035
111229A	1,38	25,40	5,00	1,3606	0,8945	0,5173
111228A	0,72	101,20	5,42	2,8613	10,5444	0,1941
111209A	0,68	n/a		0,3674	0,4147	0,0814
111107A	2,89	26,60	6,60	4,8676	9,4165	0,6290
111008A	5,00	63,46	2,19	3,7717	3,1572	1,1265
110818A	3,36	103,00	18,00	1,3649	10,7858	0,0432
110808A	1,35	48,00	23,00	15,9073	19,9146	3,1766
110801A	1,86	385,00	10,00	1,3649	10,7858	0,0432
110731A	2,83	38,80	13,00	0,1775	0,3455	0,0228
110726A	1,30	5,20	1,10	2,7862	2,4176	0,8027
110715A	0,82	13,00	4,00	0,2082	0,1713	0,0633
110503A	1,61	10,00	3,50	0,6023	0,4196	0,2161
110422A	1,77	25,90	0,60	0,5574	0,6056	0,1283
110213A	1,46	48,00	16,00	1,1070	0,8456	0,3620

110205A	1,98	257,00	25,00	0,5897	1,0200	0,0852
110128A	2,34	30,70	18,10	8,4477	9,8053	1,8195
101219B	0,55	34,00	5,00	8,8074	6,9234	2,8011
100906A	1,73	114,40	1,60	0,7510	0,5920	0,2380
100902A	4,50	428,80	43,00	5,1160	6,9065	0,9474
100901A	1,41	439,00	33,00	5,6210	6,5359	1,2086
100816A	0,80	2,90	0,60	0,4256	0,9996	0,0453
100814A	1,44	174,50	9,40	2,1093	1,5037	0,7397
100728B	2,80	12,10	2,40	1,8110	2,9889	0,2742
100728A	1,57	198,50	12,70	0,3679	0,3813	0,0887
100704A	3,60	197,50	23,30	1,5916	1,6394	0,3863
100621A	0,54	63,60	17,70	0,9220	0,7113	0,2986
100615A	1,40	39,00	2,00	0,7711	1,0044	0,1480
100513A	4,77	84,00	21,00	10,1130	26,5201	0,9641
100425A	1,76	37,00	2,40	2,7798	2,4582	0,7859
100424A	2,47	104,00	15,50	18,9667	24,4527	3,6779
100418A	0,62	7,00	1,00	2,2701	1,2219	1,0544
100413A	3,90	191,00	14,00	1,2522	4,9349	0,0794
100316B	1,18	3,80	0,50	2,0721	2,7251	0,3939
100302A	4,81	17,90	1,70	10,6342	16,7507	1,6878
100219A	4,50	18,80	5,00	16,1422	12,2750	5,3069
091208B	1,06	14,90	3,70	0,5178	0,3708	0,1808
091127	0,49	7,10	0,20	0,2934	0,2918	0,0738
091109A	3,08	48,00	17,00	14,7430	34,5086	1,5747
091024	1,09	109,80	16,70	2,9330	2,7707	0,7762
091020	1,71	34,60	2,70	1,6506	1,9505	0,3492
091018	0,97	4,40	0,60	0,6685	0,5958	0,1875
090927	1,37	2,20	0,40	1,0848	0,7454	0,3947
090926B	1,24	109,70	11,30	4,6264	6,4547	0,8290
090814A	0.6<z< 2.2	80,00	8,00	23,3204	120,48	1,1284
090809	2,74	5,40	1,30	4,8312	12,2772	0,4753

090726	2,71	67,00	15,20	11,8257	70,3233	0,4972
090715B	3,00	266,00	11,00	1,5370	3,6860	0,1602
090618	0,54	113,20	0,60	0,3817	0,4603	0,0791
090529	2,63	>100		5,4220	33,1023	0,2220
090519	3,85	64,00	10,00	10,9865	14,4627	2,0864
090516A	4,11	210,00	65,00	4,0483	5,2289	0,7836
090424	0,54	48,00	3,00	0,1070	0,0820	0,0350
090423	8,00	10,30	1,10	1,4589	3,3753	0,1576
090418A	1,61	56,00	5,00	0,6883	1,0717	0,1105
090407	1,45	310,00	70,00	4,5450	27,5068	0,1877
090313	3,38	79,00	19,00	12,1520	59,1470	0,6240
090205	4,65	8,80	1,80	6,4644	15,5017	0,6739
090113	1,75	9,10	0,90	0,4541	0,4719	0,1092
090102	1,55	27,00	2,20	2,2794	2,3207	0,5597
081221	2,26	34,00	1,00	0,6405	0,6061	0,1692
081121	2,51	14,00	2,00	5,6869	7,2898	1,1091
081118	2,58	67,00	28,00	18,5919	20,6670	4,1813
081029	3,85	270,00	45,00	43,7683	71,1951	6,7268
081028A	3,04	260,00	40,00	17,6362	12,3587	6,2919
081008	1,97	185,50	40,30	4,2383	4,1283	1,0878
081007	0,53	10,00	4,50	2,4689	1,8229	0,8360
080928	1,69	280,00	30,00	11,2892	70,0700	0,4547
080916A	0,69	60,00	7,00	1,8521	2,6750	0,3206
080913	6,44	8,00	1,00	4,1662	2,2202	1,9545
080906	2,00	147,00	21,00	2,4616	6,8582	0,2209
080905B	2,37	128,00	16,00	2,4556	1,5133	0,9961
080810	3,35	106,00	5,00	0,8670	0,9347	0,2011
080721	2,60	16,20	4,50	0,8693	0,6058	0,3119
080710	0,85	120,00	17,00	3,9791	4,9000	0,8078
080607	3,04	79,00	5,00	0,2469	0,1497	0,1018
080605	1,64	20,00	1,00	0,3112	0,2381	0,1017

080604	1,42	82,00	13,00	25,4869	15,0224	10,8102
080603B	2,69	60,00	4,00	0,3729	0,8870	0,0392
080516	3,20	5,80	0,30	0,2181	3,6642	0,0033
080413A	2,43	46,00	1,00	0,9518	0,5767	0,3927
080411	1,03	56,00	1,00	0,1758	0,1350	0,0572
080330	1,51	61,00	9,00	1,4565	1,5072	0,3519
080310	2,43	365,00	20,00	3,3317	7,3913	0,3754
080210	2,64	45,00	11,00	3,2224	18,0180	0,1441
080207	2,09	340,00	20,00	2,4153	7,3951	0,1972
071122	1,14	68,70	14,40	28,4847	43,9760	4,6130
071117	1,33	6,60	1,80	0,5839	0,4940	0,1730
071031	2,69	180,00	10,00	6,9660	12,6460	0,9590
071021	2,45	225,00	10,00	2,7389	28,2610	0,0660
071020	2,15	4,20	0,20	0,1771	0,5770	0,0140
071003	1,10	150,00	10,00	0,6715	2,1660	0,0520
070810A	2,17	11,00	1,00	2,6330	2,1060	0,8230
070802	2,45	16,40	1,00	0,5139	1,3930	0,0470
070721B	3,63	340,00	10,00	4,8012	3,7510	1,5360
070714B	0,92	64,00	5,00	0,0785	0,1430	0,0110
070612A	0,62	370,00	10,00	9,1914	9,1440	2,3100
070611	2,04	12,00	1,00	5,9573	6,2700	1,4150
070529	2,50	109,00	3,00	0,7515	1,5270	0,0920
070521	0,55	37,90	2,00	0,3195	0,6480	0,0390
070508	0,82	20,90	1,00	0,1315	0,0890	0,0490
070506	2,31	4,30	0,30	2,4256	1,7750	0,8290
070419A	0,97	115,60	6,00	46,4760	70,2550	7,6860
070318	0,84	63,30	3,00	2,0960	1,9830	0,5540
070306	1,50	209,50	10,00	2,3567	3,7620	0,3690
070208	1,17	47,70	2,00	5,6048	85,3300	0,0920
070129	2,34	460,60	20,00	6,3319	11,9690	0,8370
070103	2,62	18,60	1,00	0,3114	2,4640	0,0100

061222B	3,36	40,00	5,00	8,7600	8,9900	2,1340
061222A	2,09	71,40	3,00	0,2880	0,2120	0,0980
061210	0,41	85,30	5,00	0,0210	0,0180	0,0060
061110B	3,44	134,00	5,00	7,8110	7,8420	1,9450
061110A	0,76	40,70	2,00	9,8970	9,7700	2,5060
061021	0,35	46,20	1,00	0,6380	0,3840	0,2650
061007	1,26	75,30	5,00	0,2310	0,1670	0,0800
060927	5,60	22,50	0,30	0,8070	0,6520	0,2500
060926	3,21	8,00	0,10	0,0150	0,0080	0,0070
060912A	0,94	5,00	0,50	0,5870	0,4730	0,1820
060908	1,88	19,30	0,30	0,8790	0,7980	0,2420
060906	3,69	43,50	1,00	2,0180	2,9330	0,3470
060814	0,84	145,30	10,00	1,3120	0,9660	0,4450
060729	0,54	115,30	10,00	0,5290	1,4560	0,0480
060719	1,53	66,90	5,00	1,4070	1,2150	0,4080
060714	2,71	115,00	5,00	2,9530	3,8000	0,5740
060708	Z<2.3	10,20	1,00	1,8920	2,2060	0,4060
060707	3,43	66,20	5,00	6,0210	5,0840	1,7830
060614	0,13	108,70	5,00	0,2600	0,2360	0,0720
060607A	3,08	102,20	5,00	2,1760	3,6705	0,3226
060604	2,14	95,00	3,00	8,1480	67,9740	0,2440
060602A	0,79	75,00	10,00	15,7020	22,4110	2,7500
060526	3,21	298,20	2,00	1,8450	2,6970	0,3160
060522	5,11	71,10	5,00	12,5030	25,4460	1,5360
060512	0,44	8,50	2,00	5,4210	7,7300	0,9510
060510B	4,90	275,20	10,00	9,5480	10,2360	2,2270
060502A	1,51	28,40	5,00	4,0370	5,7690	0,7060
060223A	4,41	11,30	2,00	1,4650	1,6370	0,3280
060218	0,03	128,00	4,00	34,8320	39,8490	7,6110
060210	3,91	255,00	10,00	2,0770	3,0464	0,3541
060206	4,05	7,60	2,00	1,1010	1,0130	0,2990

060124	2,30	8,20	0,30	6,9980	20,6580	0,5930
060116	4.0 or 6.6	105,90	10,00	4,6480	33,4010	0,1620
060115	3,53	139,60	5,00	4,6240	5,1960	1,0290
060108	2,03	14,30	1,00	2,8985	3,0668	0,6849
051117B	0,48	9,00	1,00	2,3061	38,1036	0,0349
051111	1,55	46,10	1,00	1,8138	2,0744	0,3965
051006	1,06	34,80	1,00	0,0461	0,0700	0,0076
051001	2,43	189,10	10,00	19,5513	19,6470	4,8640
050908	3,35	19,40	2,00	3,8374	5,1505	0,7148
050904	6,10	174,20	10,00	8,3335	7,8334	2,2164
050826	0,30	35,50	8,00	5,0260	4,3700	1,4451
050824	0,83	22,60	5,00	18,9334	18,1701	4,9322
050819	2,50	37,70	4,00	17,4648	18,3343	4,1591
050814	5,30	150,90	30,00	15,0446	27,3830	2,0664
050803	0,42	87,90	10,00	0,3336	0,2357	0,1180
050802	1,43	19,00	2,00	10,4391	31,7968	0,8568
050730	3,97	156,50	20,00	7,8810	17,6060	0,8820
050724	0,26	96,00	1,00	0,2144	0,1505	0,0764
050505	4,27	58,90	2,00	0,7202	1,4466	0,0896
050401	2,90	33,30	2,00	0,9017	0,6181	0,3288
050319	3,24	152,50	2,00	0,9369	1,8234	0,1204
050318	1,44	32,00	2,00	0,4518	2,7171	0,0188
050315	1,95	95,60	10,00	3,1207	5,0920	0,4782
050223	0,58	22,50	1,50	7,5346	14,3956	0,9859
050126	1,29	24,80	1,40	6,1170	7,6239	1,2270

EK2

Kırmızıya kayma değeri olan kısa süreli GIP'ların minimum zaman sakalası

GIP	z	T ₉₀ [sec]	δT ₉₀	τ _β [sec]	δτ _β ⁺ [sec]	δτ _β ⁻ [sec]
131004A	0,717	1,54	0,33	0,3735	0,2542	0,1372
130603B	0,3564	0,18	0,02	0,0261	0,0306	0,0056
101219A	0,718	0,6	0,2	0,1212	0,5491	0,0067
100724A	1,288	1,4	0,2	0,6932	2,3886	0,0503
090426	2,609	1,2	0,3	0,6181	0,7578	0,1261
071227	0,383	1,8	0,4	1,1616	2,6090	0,1290
070724A	0,457	0,4	0	0,1316	0,3930	0,0110
070429B	0,904	0,5	0,1	0,2617	0,1790	0,0960
061217	0,827	0,21	0,05	0,1920	0,1540	0,0600
060502B	0,287	0,131	0,002	0,0370	0,0580	0,0060
051221A	0,547	1,4	0,2	0,0127	0,0250	0,0016
050813	1,8	0,5	0,3	0,4643	1,0978	0,0491
061201	0,111	0,76	0,1	0,3760	0,7770	0,0450

EK3

Kırmızıya kayma değeri olmayan kısa süreli GIP'lerin minimum zaman skalası

GIP	z	T ₉₀ [sec]	δT ₉₀	τ _β [sec]	δτ _β ⁺ [sec]	δτ _β ⁻ [sec]
130912A		0,28	0,03	0,1612	0,1534	0,0423
130626A		0,16	0,03	0,1518	0,1389	0,0414
130515A		0,29	0,06	0,1613	0,1623	0,0401
121226A		1	0,2	0,9740	1,2044	0,1969
120804A		0,81	0,08	0,0082	0,0093	0,0018
120630A		0,6	0,2	0,0888	0,2277	0,0086
120403A		1,25	0,19	1,4710	1,6849	0,3211
120305A		0,1	0,02	0,0289	0,0198	0,0105
111117A		0,47	0,09	0,2831	0,2944	0,0681
111020A		0,4	0,09	0,3389	2,3334	0,0123
110420B		0,084	0,021	0,2111	0,3273	0,0340
101224A		0,2	0,01	0,2111	0,3273	0,0340
100702A		0,16	0,03	0,1209	0,0927	0,0394
100625A		0,33	0,03	0,1742	0,1663	0,0456
100206A		0,12	0,03	0,0491	0,0749	0,0080
100117A		0,3	0,05	0,3214	0,2991	0,0863
091109B		0,3	0,03	0,1387	0,0884	0,0544
090815C		0,6	0,3	0,6110	2,3475	0,0398
090621B		0,14	0,04	0,0773	0,1008	0,0148
090417A		0,072	0,018	0,2088	0,9123	0,0119
081226A		0,4	0,1	0,3147	0,3285	0,0754
081101		0,2	0,02	0,1422	0,1359	0,0372
080905A		1	0,1	0,3890	1,5436	0,0245
080702A		0,5	0,2	0,2443	0,1264	0,1181
080426		1,7	0,4	0,3420	0,3345	0,0874
071112B		0,3	0,05	0,0736	0,3317	0,0041
070809		1,3	0,1	0,5760	0,8191	0,1012
070729		0,9	0,1	0,7764	1,1640	0,1295

070714A	2	0,3	0,6735	0,6655	0,1704
060801	0,5	0,1	0,6108	1,9506	0,0478
051210	1,4	0,2	1,2835	1,7555	0,2346
