

GEÇMİŞTEN GÜNÜMÜZE GAMA IŞIN PATLAMALARI: TARİHSEL GELİŞİM VE ÖNEMLİ DÖNÜM NOKTALARI

Aleyna Nur ÖZTÜRK¹

¹ İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ FEN FAKÜLTESİ ASTRONOMİ VE UZAY BİLİMLERİ BÖLÜMÜ, 34119, BEYAZIT, FATİH; İSTANBUL

İletişim: aleynanurozturk@ogr.iu.edu.tr

UAK
2026

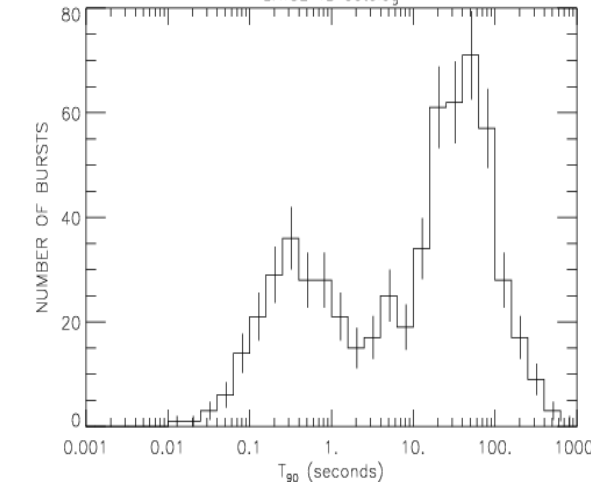


GİRİŞ

Gama ışın patlamalarının (Gamma-Ray Bursts; GRB) keşfinden günümüze kadar gerçekleştirilen gözlemler, bu olayların fiziksel kökenlerinin ve farklı alt sınıflarının anlaşılmasında önemli rol oynamıştır. Bu çalışmada, GRB araştırmalarının tarihsel gelişimine yön veren başlıca gözlemsel dönüm noktaları, özellikle kısa–uzun GRB sınıflandırması ve progenitor anlayışındaki değişim açısından incelenmiştir. İlk keşiflerden ardıl ışıma ve GRB–süpernova bağlantısına, kompakt cisim birleşmelerinden genişletilmiş emisyon ve çoklu haberci gözlemlerine kadar seçilen çalışmalar kronolojik bir çerçevede değerlendirilmiştir.

1991–1993 | BATSE VE İKİ GRB SINIFININ ORTAYA ÇIKIŞI

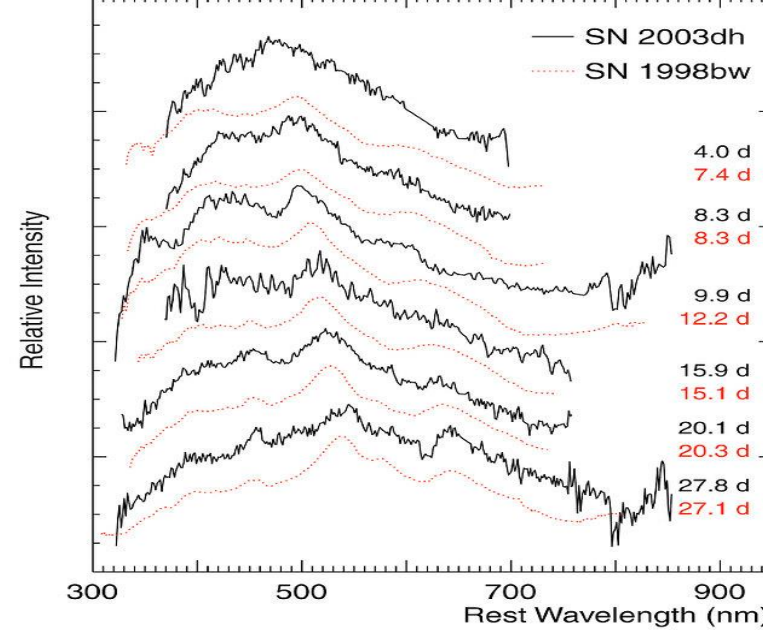
BATSE gözlemleri, GRB'lerin gökyüzünde yaklaşık izotropik dağıldığını ortaya koyarak Galaktik disk kökenli modellerin sorgulanmasına ve kozmolojik köken tartışmalarının güçlenmesine önemli katkı sağladı (Meegan ve diğ. 1992). Ardından Kouveliotou ve diğ. (1993), T_{90} süre dağılımının bimodal olduğunu ve kısa süreli olayların ortalama olarak daha sert spektrumlara sahip olduğunu gösterdi. Böylece yaklaşık $T_{90} \approx 2$ s sınırı etrafında kısa/sert ve uzun/yumuşak olmak üzere iki temel gözlemsel GRB sınıfı tanımlandı. Başlangıçta fenomenolojik olan bu ayırım, ilerleyen yıllarda farklı progenitor sistemlerinin araştırılmasına temel oluşturdu.



Şekil 2. BATSE GRB örnekleminin T_{90} süre dağılımı ve kısa–uzun GRB popülasyonları (Kouveliotou ve diğ. 1993).

1998–2003 | UZUN GRB–SÜPERNOVA BAĞLANTISI

Yakın evrende gerçekleşen GRB 980425 ile olağandışı enerjik Tip Ic SN 1998bw arasındaki uzaysal ve zamansal birliktelik, uzun GRB'lerin büyük kütleli yıldızların ölümüyle bağlantılı olabileceğine yönelik ilk güçlü kanıtlardan birini sağladı (Galama ve diğ. 1998). Bu ilişki, GRB 030329 afterglow tayfında SN 2003dh'ye ait süpernova özelliklerinin ortaya çıkmasıyla çok daha güçlü biçimde doğrulandı (Stanek ve diğ. 2003; Hjorth ve diğ. 2003). Bu gözlemler, uzun GRB'lerin önemli bir bölümünün dış katmanlarını kaybetmiş büyük kütleli yıldızların çekirdek çökmesiyle ilişkili olduğu görüşünün temel gözlemsel dayanaklarından biri oldu.

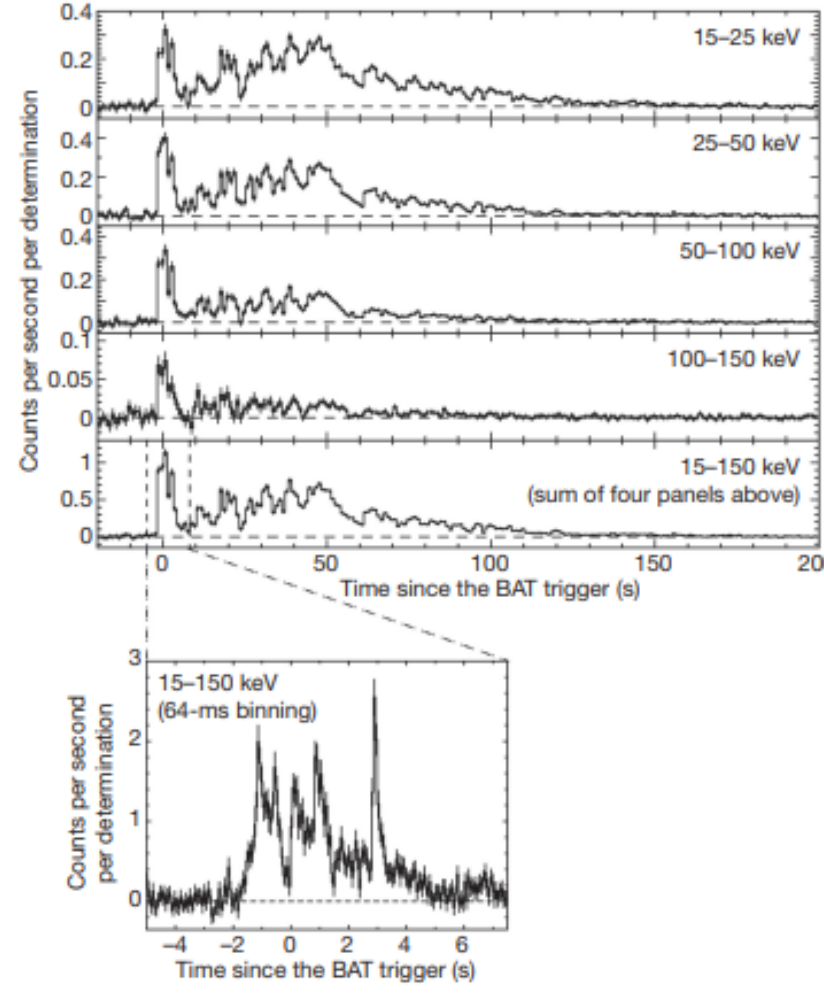


Şekil 4. GRB 030329 ardıl ışımada SN 2003dh'ye ait süpernova özelliklerinin spektral gelişimi (Stanek ve diğ. 2003).

2005–2010'LAR | GENİŞLETİLMİŞ EMİSYON VE SÜRE SINIFLANDIRMASININ SINIRLARI

Swift döneminde bazı kısa GRB'lerin, başlangıçtaki kısa ve sert gama ışını darbesinin ardından onlarca–yüzlerce saniyeye uzanabilen daha yumuşak bir genişletilmiş emisyon (Extended Emission; EE) bileşeni gösterdiği belirlendi. Norris & Bonnell (2006) tarafından sistematik olarak incelenen bu yapı, kısa GRB'lerde merkezi motor aktivitesinin başlangıç darbesinden çok daha uzun süre devam edebileceğini gösterdi.

Aynı dönemin en dikkat çekici olaylarından GRB 060614, yaklaşık 100 saniyelik süresine rağmen uzun GRB'lerde beklenen parlak bir süpernova göstermedi. Başlangıçtaki daha sert emisyonu takip eden uzun süreli yumuşak bileşen de dikkate alındığında olay, T_{90} 'a dayanan kısa–uzun ayırımının fiziksel progenitoru her durumda doğru biçimde temsil etmeyebileceğini açık biçimde ortaya koydu (Gehrels ve diğ. 2006). EE'nin kökenini açıklamak için birleşme sonrasında oluşabilecek uzun ömürlü bir protomagneton spin-down enerjisi gibi merkezi motor modelleri de geliştirilmiştir (Metzger, Quataert & Thompson 2008). Böylece GRB sınıflandırmasında yalnızca toplam sürenin değil, emisyon yapısının ve fiziksel köken göstergelerinin de dikkate alınması gerektiği giderek belirginleşmiştir.

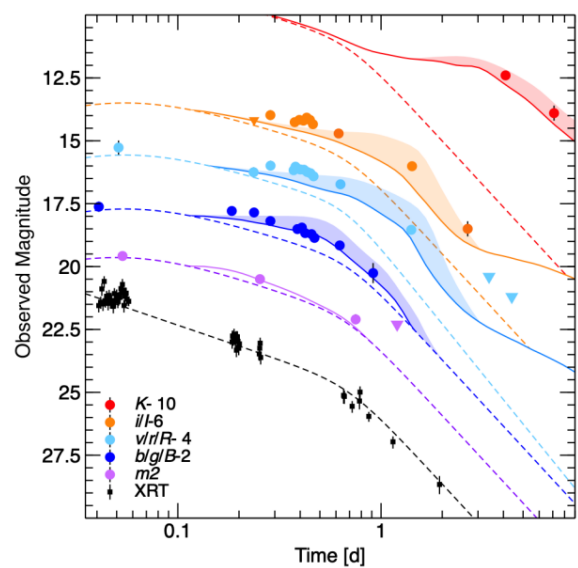


Şekil 6. GRB 060614'ün Swift/BAT ile farklı enerji bantlarında gözlenen ışık eğrisi. Başlangıçtaki sert emisyonu daha uzun süreli ve daha yumuşak bir bileşen izlemektedir (Gehrels ve diğ. 2006).

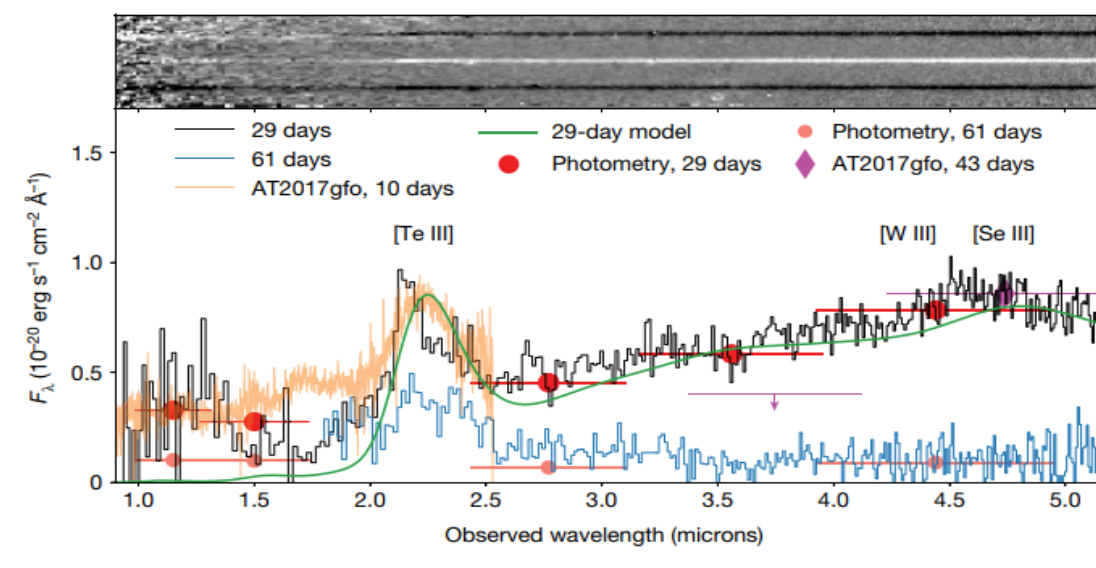
2021–2024 | UZUN GRB'LERDE MERGER/KILONOVA BAĞLANTISI

GRB 211211A, yaklaşık bir dakika süren gama ışını emisyonuna rağmen optik/kızılötesi karşılığında süpernova yerine kilonova ile uyumlu emisyon göstermesiyle klasik süre–progenitor eşlemesini yeniden gündeme getirdi. Birbirinden bağımsız çalışmalar olayın kompakt cisim birleşmesi kökenli olduğunu destekledi (Rastinejad ve diğ. 2022; Troja ve diğ. 2022; Yang ve diğ. 2022). Böylece merger kökenli bir GRB'nin klasik T_{90} ölçütüne göre uzun GRB bölgesinde bulunabileceği güçlü biçimde gösterildi.

Bu tablo GRB 230307A ile daha da güçlendi. Uzun süreli bu GRB'nin elektromanyetik karşılığının JWST ile yapılan gözlemleri, kompakt cisim birleşmesiyle ilişkili bir kilonovayı ortaya koyarken tayftaki bir özellik ağır r–süreci elementi tellurium ile uyumlu olarak yorumlandı (Levan ve diğ. 2024). GRB 211211A ve GRB 230307A birlikte değerlendirildiğinde, yaklaşık otuz yıl boyunca kullanılan gözlemsel kısa–uzun ayırımının doğrudan merger–collapsar ayırımı olarak kullanılamayacağı açık biçimde görülmektedir. Modern GRB sınıflandırması bu nedenle T_{90} 'ın yanı sıra prompt emisyon özellikleri, konak galaksi, süpernova/kilonova eşleşliği ve çoklu haberci bilgilerini birlikte değerlendiren fiziksel bir yaklaşıma doğru ilerlemektedir.



Şekil 8. GRB 211211A'nın çok bantlı ardıl ışıma gözlemleri ve kilonova model tahminleriyle karşılaştırılması (Troja ve diğ. 2022).



Şekil 9. GRB 230307A ile ilişkili kilonovanın JWST/NIRSpec tayfı. Tayfsal özelliklerden biri tellurium ile uyumlu olarak yorumlanmıştır (Levan ve diğ. 2024).

1967–1973 | GAMA IŞIN PATLAMALARININ KEŞFİ

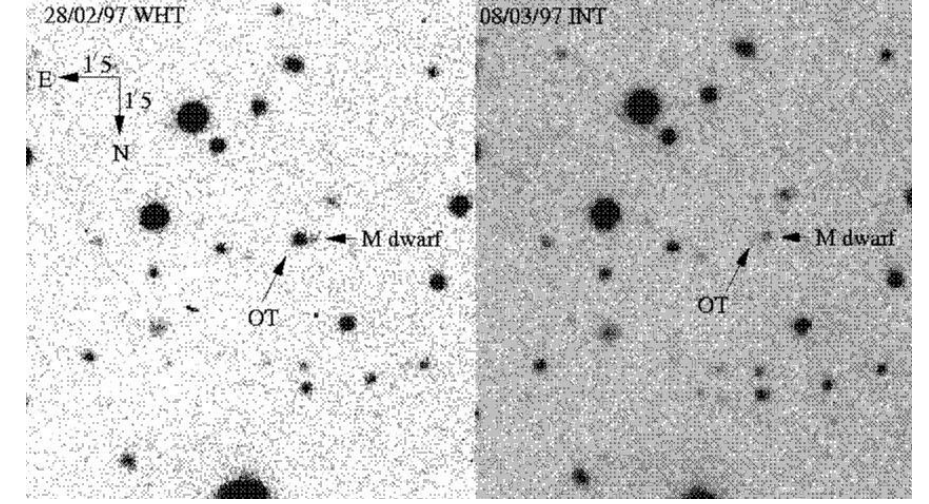
Gama ışın patlamaları (Gamma-Ray Bursts; GRB), nükleer denemeleri izlemek amacıyla kullanılan Vela uyduları tarafından 1960'ların sonlarında tespit edilen, bilinen Güneş kaynaklı olaylarla açıklanamayan kısa süreli gama ışını sinyalleriyle keşfedildi. Farklı uzay araçlarından elde edilen gözlemler, bu olayların Dünya kaynaklı olmadığını ve kozmik kökenli olduklarını gösterdi. Bulguların Klebesadel, Strong & Olson (1973) tarafından yayımlanmasıyla GRB'ler yeni bir yüksek enerjili geçici olay sınıfı olarak astronomi literatürüne girdi. Bu keşif, sonraki yıllarda GRB'lerin uzaklıklarının ve fiziksel kaynaklarının belirlenmesine odaklanan yeni bir araştırma alanının başlangıcını oluşturdu.



Şekil 1. Vela uyduları ile GRB keşif sürecinin şematik gösterimi.

1997 | BEPOSAX VE ARDIL IŞIMA DEVRİMİ

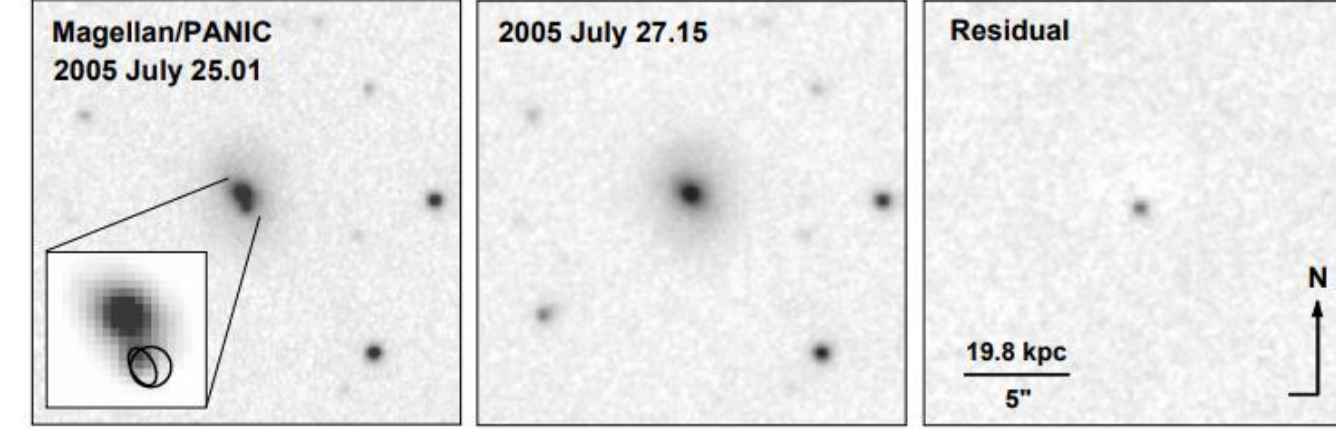
GRB'lerin fiziksel kökeninin belirlenmesindeki temel sorunlardan biri, gama ışını gözlemlerinin kaynakları yeterli hassasiyetle konumlandırılmamasıydı. BeppoSAX ile bu durum değişti. GRB 970228 sonrasında sönümlenen optik karşılığın belirlenmesi, ilk güvenilir optik afterglow gözlemlerinden birini sağladı (van Paradijs ve diğ. 1997). Kısa süre sonra GRB 970508'in optik tayfında $z = 0.835$ 'te bir soğurma sisteminin tespit edilmesi, kaynağın $z \geq 0.835$ uzaklığında bulunduğunu göstererek GRB'lerin kozmolojik uzaklık ölçeğine doğrudan kanıt sağladı (Metzger ve diğ. 1997). Ardıl ışımaların keşfiyle GRB'lerin konak galaksilerinin ve çevresel ortamlarının belirlenmesi mümkün hâle gelmiş, böylece GRB astronomisi gama ışınlarıyla sınırlı olmaktan çıkarak çok dalga boyulu bir araştırma alanına dönüşmüştür.



Şekil 3. GRB 970228'in optik ardıl ışımalarının zamana bağlı sönümü (van Paradijs ve diğ. 1997).

2005 | KISA GRB'LERİN KÖKENİNE YÖNELİK İLK GÜÇLÜ KANITLAR

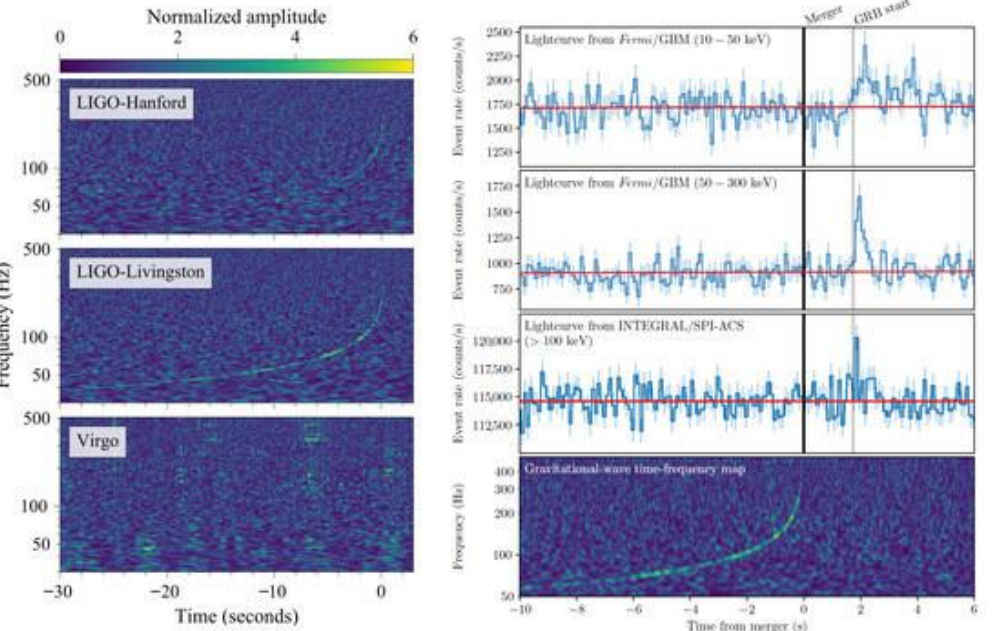
2005 yılında Swift ve HETE-2 ile kısa GRB ardıl ışımalarının belirlenmesi, bu olayların konak galaksilerinin ilk kez ayrıntılı biçimde incelenmesini sağladı. GRB 050509B'nin bir eliptik galaksiyle ilişkilendirilmesi ve parlak bir süpernova göstermemesi (Gehrels ve diğ. 2005), GRB 050709'un optik ardıl ışımaları ve konak galaksisinin belirlenmesi (Villasenor ve diğ. 2005; Hjorth ve diğ. 2005) ve GRB 050724'ün yaşlı yıldız popülasyonuna sahip bir eliptik galaksiyle ilişkilendirilmesi (Berger ve diğ. 2005), kısa GRB'lerin büyük kütleli yıldız çökmelelerinden farklı bir kökene sahip olabileceğini gösterdi. Bu sonuçlar, NS–NS ve NS–BH gibi kompakt çift sistem birleşmelerini kısa GRB progenitorları için önde gelen senaryo hâline getirdi.



Şekil 5. Kısa GRB 050724'ün eliptik konak galaksisi; yaşlı yıldız popülasyonları kısa GRB'lerin kompakt birleşme kökenine yönelik önemli kanıtlardan birini sağlamıştır (Berger ve diğ. 2005).

2017 | GW170817/GRB 170817A: ÇOKLU HABERCİ DÖNEMİ

17 Ağustos 2017'de LIGO ve Virgo tarafından ikili nötron yıldızı birleşmesiyle uyumlu GW170817 kütleçekim dalgası sinyali tespit edildi. Birleşmeden yaklaşık 1.7 saniye sonra Fermi/GBM tarafından GRB 170817A gözlemlendi (Abbott ve diğ. 2017; Goldstein ve diğ. 2017). NGC 4993 galaksisindeki elektromanyetik karşılığın takip gözlemlerinde kilonova AT2017gfo'nun belirlenmesiyle aynı olay kütleçekim dalgaları, gama ışınları ve geniş elektromanyetik spektrum boyunca incelenebildi. Böylece ikili nötron yıldızı birleşmeleri ile kısa GRB'ler arasındaki fiziksel bağlantı ilk kez doğrudan çoklu haberci gözlemleriyle kurulmuş ve GRB araştırmaları çoklu haberci astronomisinin temel çalışma alanlarından biri hâline gelmiştir



Şekil 7. GW170817/GRB 170817A'nın kütleçekim dalgası ve elektromanyetik gözlemlerle belirlenen konumu; olay kısa GRB–ikili nötron yıldızı birleşmesi bağlantısını doğrudan ortaya koymuştur (Poggiani 2025).

SONUÇ

GRB araştırmalarının tarihsel gelişimi, alanın gözlemsel sınıflandırmadan fiziksel progenitorların belirlenmesine ve çoklu haberci astronomisine doğru ilerlediğini göstermektedir. Uzun GRB–süpernova ve kısa GRB–kompakt birleşme bağlantıları bu fiziksel çerçevenin oluşmasını sağlarken; genişletilmiş emisyon, GRB 060614, GRB 211211A ve GRB 230307A gibi olaylar T_{90} 'a dayalı kısa–uzun ayırımının progenitor türünü her durumda tek başına temsil edemediğini göstermiştir. Günümüzde GRB'lerin fiziksel kökenlerinin değerlendirilmesinde süreye ek olarak spektral özellikler, konak galaksi, SN/KN eşlenikleri ve çoklu haberci gözlemleri birlikte önem taşımaktadır.

