

Nemzeti Közszolgálati Egyetem

# A Swift GRB-k röntgenspektrumának felülvizsgálata

Dr. Rácz István

A matematika és a fizika időszerű kérdései

2024. augusztus 23.





A GRB-k tulajdonságai

Galaktikus hidrogén előtér

GRB-k röntgensugárzása

XRT spektrális illesztés

Eredmények

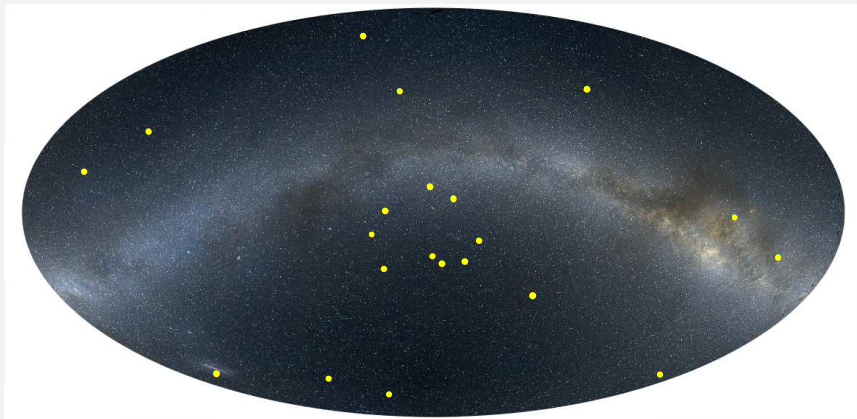
Összefoglalás



A gammakitörések (GRB-k) erőteljes, energikus robbanások, amelyeket távoli galaxisokban figyeltek meg. Ezek a világegyetemben ismert legfényesebb elektromágneses események.

- ▶ Prompt GRB emisszió
  - Gamma-sugárzás, röntgensugárzás
- ▶ Utófény:
  - Röntgen, UV, optikai, stb.
- ▶ Rengeteg paraméter:
  - ▶ Gamma: T90,  $\gamma$ -fluxus ...
  - ▶ Utófény: Fluxus, fáklyák, N(H) ...
- ▶ Helyi környezet az utófényességéből
  - ▶ Hidrogén oszlopsűrűség: Röntgenspektrumok
  - ▶ Vöröseltolódás: Optikai spektrum vonal
- ▶ Kölcsönhatás diffúz közeggel
  - ▶ Burst ejekta, pl. kitörések
  - ▶ Intergalaktikus
  - ▶ Galaktikus újdonságok (abszorpció)

GRB-k a csillagkeletkezés nyomjelzői? - Valószínűleg igen!  
Óriási GRB-gyűrű  $z \approx 0.8$ -nál (Balázs et al., 2015)  
21 GRB vöröseltolódással 0.78 és 0.86 között.





A galaktikus előtér kivonása fontos.

A helyi hidrogénoszlop becslési módszerei

- ▶ Közvetlenül HI 21cm rádiófelmérésből
  - ▶ pl. LAB felmérés (Leiden-Argentina-Bonn), Kalberla et al. (2005)
  - ▶ Tipikus felbontás: néhány fok
- ▶ Egyéb módszerek
  - ▶ Az infravörös por emisszió alapján
    - ▶ FIR megfigyelés
    - ▶  $T_{\text{dust}}$  és  $N(\text{H})$  becslése
    - ▶ pl. IRAS 5' felbontás alapján (Schlafly & Finkbeiner, 2011)
  - ▶ Az optikai/UV extinkció alapján (vonal mérések)
  - ▶ stb.



AKARI FIR égbolt térképek 4 infravörös sávban: 65, 90, 140, és 160  $\mu\text{m}$  (Doi et al., 2012, 2015).

Felbontás:  $\approx 2'$  Detektálási határ:  $< 10 \text{ MJys}^{-1}$

A galaktikus hidrogénoszlop-sűrűség számításai:

1. Porthőmérséklet: spektrális energiasűrűség illesztése minden pixelre  $B_\nu(T_{dust})\nu^\beta$  függvénnyel, fix  $\beta=2.0$  spektrális indexszel.
2. Hidrogénoszlop-sűrűség:

$$N(H) = \frac{2 \cdot I_\nu}{B_\nu \cdot \kappa \cdot \mu \cdot m_H}$$

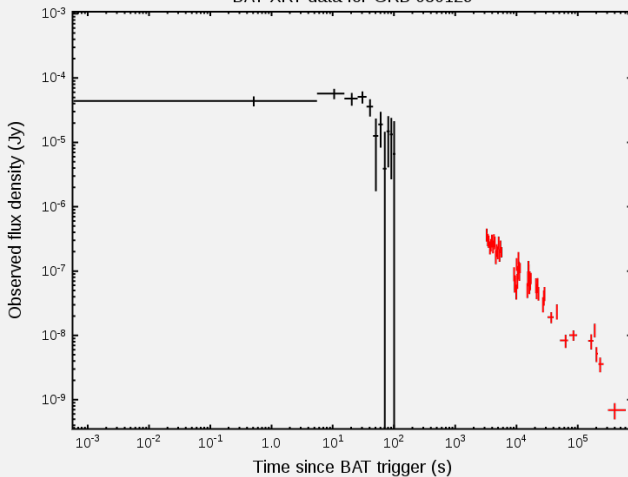
ahol  $\mu = 2.33$  a hidrogénmolekulánkénti részecskemasszára,  $\kappa$  a kapott porszóródási együttható,  $I_\nu$  az Akari emissziós térképek.

3. AKARI FIR alapú  $N(H)$  korrelációja a Planck DR2 adataival (jó lineáris korreláció/korrekción, Tóth et al., 2017)

Hasonlóan használható a Planck DR2 teljeségbolt megfigyeléséből számított por extinkciós térkép. Ennek felbontása 5 ívperc.

## A Swift megfigyelései a gamma- és röntgensugárzásról

BAT-XRT data for GRB 080129



A fekete/piros jelölők a gamma/röntgen fluxust mutatják



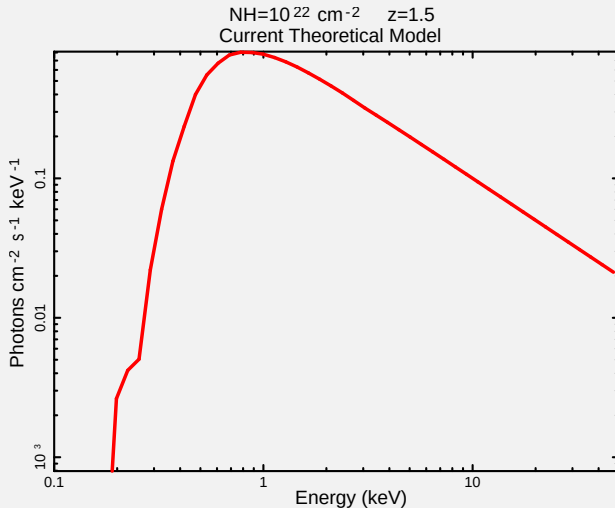
Xspec: Röntgensugár-spektrális illesztési csomag

A UK Swift Science Data Centre (Evans et al., 2009)  
klasszikus/fél-automatikus módszere:

- ▶ Standard kozmológia (síkuniverzum)
- ▶ ISM 'standard' elembősségek (Wilms et al., 2000)
- ▶ Fotoionizációs keresztmetszetek (Verner et al., 1996)
- ▶ Az XRT adatok illesztése egy modellel, amely tartalmazza a hatványgörbe+konvolúciós modell+ISM abszorpciós modellt
- ▶  $N(\text{H})$  előtér a LAB felmérésből, felbontás:  $\geq 16'$
- ▶ Prompt vöröseltolódások



## ► Hatványgörbe + ISM abszorpciós modell





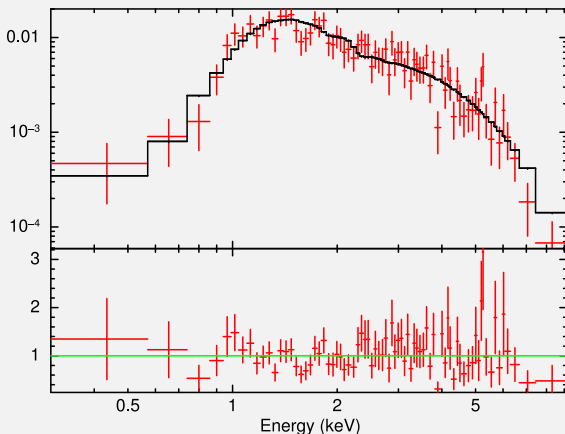
Jobb adatok a spektrális illesztéshez

- ▶ Egységes beállítások és modellek az összes GRB spektrumra
- ▶ Jobb spektroszkópai vöröseltolódások  
     $\approx 450$  spektroszkópai vöröseltolódás
- ▶ Nagyobb felbontású galaktikus előtér térképek  
    AKARI FIR térképekből számítva
- ▶ A kezdeti értékek fontosak a helyes iterációhoz  
    A fluxus és a hatványgörbe indexe nem érzékeny

Az intrinszikus hidrogénoszlop sűrűsége jelentősen változhat

Időátlagolt röntgensugár spektrumok (UK Swift Science Data Centre (UKSSDC), Evans et al., 2009)

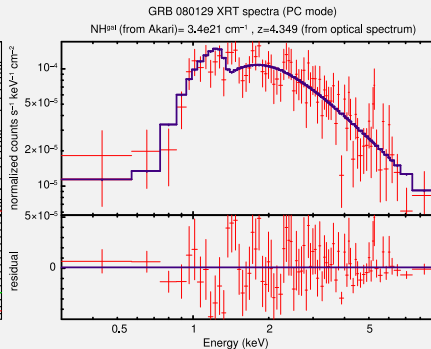
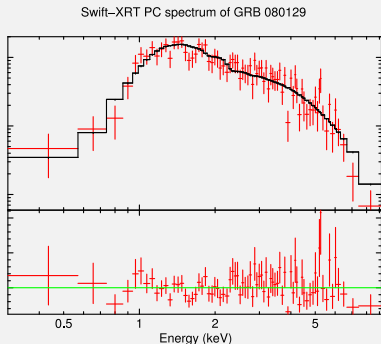
Swift-XRT PC spectrum of GRB 080129



A fekete/piros vonalak a gamma/röntgen fluxust mutatják

Balra: Időátlagolt röntgensugár spektrumok (UK Swift Science Data Centre (UKSSDC), Evans et al., 2009)

Jobbra: Az új értékekkel újraillesztett XRT spektrum (előtér  $N(H)$  és vöröseltolódás)

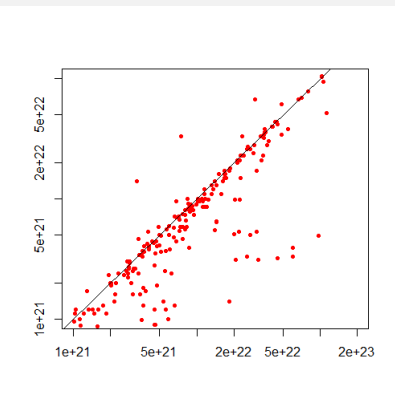
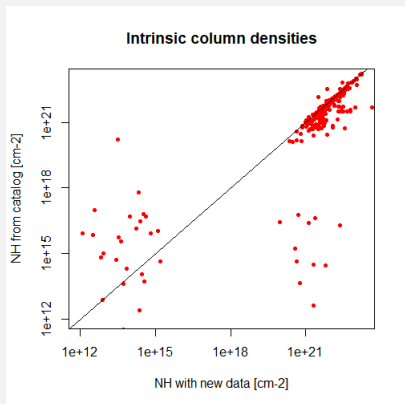




2023-ig 52 új GRB-t találtunk spektroszkópai vörösetolódási mérésekkel NEM szerepelnek a Swift adatbázisában.

A megfigyelések teljes számát figyelembe véve ez közel 25%-os többletet jelent.

Ennek fő oka, hogy egyes megfigyelések csak hosszabb idővel a kitörés után kerülnek publikálásra, így az automatikus feldolgozásban nem szerepelnek, és később nem kerülnek be az adattáblákba.



Több tucat esetben nagyságrendnyi eltérések vannak.  
Átlagosan  $4,5 \cdot 10^{21} \text{ cm}^{-2}$  értékkel magasabb értéket kaptam,  
ami körülbelül 50%-os növekedésnek felel meg.

- ▶ A GRB-k  $N(H)_{\text{galaktikus}}$  értéke változhat  $\approx \pm 50\%$
- ▶ A  $N(H)_{\text{intrinsic}}$  nagyságrendileg is eltérhet a katalógus értékétől
- ▶ A számított röntgen fluxus és a  $N(H)_{\text{intrinsic}}$  is függ a vöröseltolódástól
- ▶ Az illesztés nem nagyon érzékeny a kozmológiai paraméterekre



- Balázs et al., 2015, MNRAS, 452, 2236B
- Doi, Y. et al. 2012, Publ. Korean Astron. Soc.,27, 111
- Doi, Y. et al., 2015, PASJ, 67, 50D
- Evans, P. A. et al. 2009, MNRAS, 397, 1177
- Kalberla et al., 2005, A&A, 440, 775K
- Tóth et al., 2017, Publ. Korean Astron. Soc., in press
- Schlafly et. al, 2011, ApJ, 737, 103S
- Verneret. al. 1996, ApJ, 465, 487V
- Wilms, Allen and McCray 2000, ApJ 542, 914

**Köszönetnyilvánítás** A szerző köszönetet mond a magyar TKP2021-NVA-16 program támogatásáért.

This work made use of data supplied by the UK Swift Science Data Centre at the University of Leicester.