

ガンマ線バースト残光による宇宙背景放射と宇宙再電離への寄与

広瀬 意育 (筑波大学 数理物質科学研究科 D2)、梅村 雅之 (筑波大学 計算科学研究センター)

背景

ガンマ線バースト (GRB) は、継続時間が短いために一般に距離を求めることが困難であるが、最近では経験的な法則を用いて赤方偏移を決める方法がいくつか提案されている。Murakami et al. (2005) ^[1] は、その一つである Ep-Luminosity relation (Yonetoku et al. 2004 ^[2]) を用いて、 $z=12$ までに渡って初めて GRB の絶対的な event rate を求めた。これによると、GRB は高赤方偏移ほどたくさん起こっている。

モデル

本研究ではこの event rate を用い、cosmological radiative transfer:

$$\left(\frac{\partial}{\partial t} - \nu \frac{\dot{a}}{a} \frac{\partial}{\partial \nu} \right) J = -3 \frac{\dot{a}}{a} J - ckJ + \frac{c}{4\pi} \epsilon \quad (1)$$

を解くことによって、GRB 残光による宇宙背景放射の強度 (J) を求めた。ここで、 c は光速、 k は吸収係数、 a はスケールファクター、 ϵ は emissivity である。また、得られた各赤方偏移での背景放射強度を用い、電離方程式を計算することによって各赤方偏移での電離度 (中性水素割合) を求め、GRB 残光が宇宙再電離にどの程度寄与するかを調べた。この際、GRB 残光のスペクトルとしてはシンクロトロン放射モデル (Sari, Piran, & Narayan 1998 ^[3]) を用い、これを時間積分したものと Murakami et al. (2005) ^[1] の event rate とを掛け合わせたものを emissivity として式 (1) に代入した。また、簡単のため、銀河間物質は水素原子のみから成るものとし、水素原子は銀河間空間に一樣に分布しているものと仮定して計算した。

結果

図??は GRB 残光による平均的な背景放射強度である。ここで、GRB は星や銀河と異なって突発的な現象なので、この放射強度は全天域、全赤方偏移、長時間に渡って平均した量を表している。即ち、各波長ごとに得られた多くの残光データを足し合わせることによって、このような曲線が得られると考えられる。このときには、個々の GRB の赤方偏移を知っている必要はない。逆に、これを用いることによって、Murakami et al. (2005) ^[1] の event rate を検証することができると考えられる。

図??は各赤方偏移での中性水素の割合を表している。高赤方偏移では中性水素密度が高く、それに対して GRB 残光の放射強度が弱いために電離はほとんど進行しない。また、その結果、残光の軟 X 線もローカルに吸収されてしまう。したがって、Cosmological radiative transfer を

解くことにより、高赤方偏移の軟 X 線が赤方偏移して紫外線となって低赤方偏移での電離に寄与する可能性が期待されたが、そのような効果は殆どなかった。低赤方偏移では、高赤方偏移からの電離が積み重なることによって、残光によって放射されるエネルギーが大きければ、多少は電離に寄与できることが分かった。

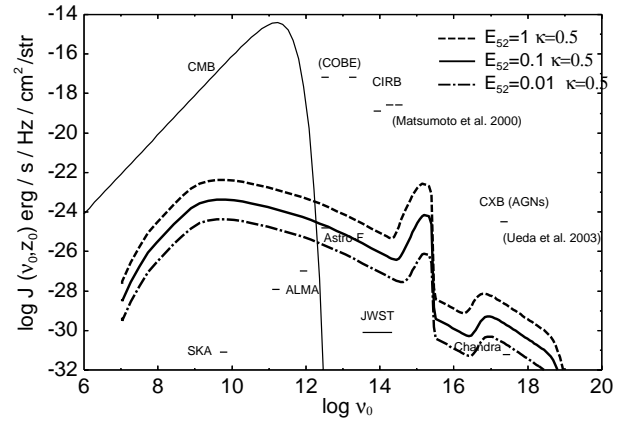


図 1: GRB 残光による平均的な背景放射強度。凹んでいる部分は中性水素による吸収、bump は $\text{Ly}\alpha$ による放射を示している。各振動数域での宇宙背景放射強度といくつかの観測機器の検出限界も図示してある。 E_{52} は 10^{52} erg で規格化した GRB 残光による放射エネルギー。 κ の意味は Yonetoku et al. (2004) ^[2] を参照。

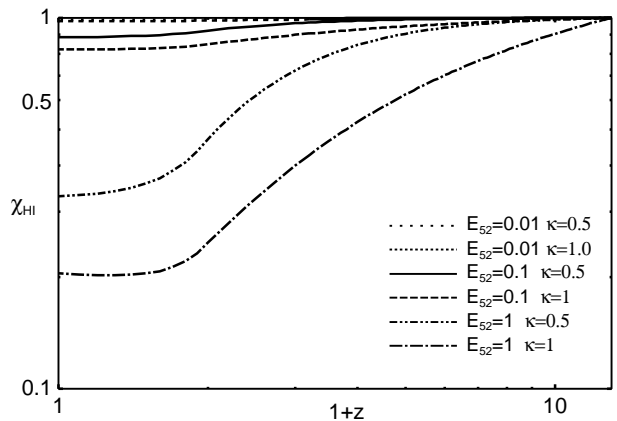


図 2: 中性水素割合の時間変化。横軸は赤方偏移で縦軸が中性水素割合を表す。凡例は図 1 と同様。

参考文献

- [1] Murakami, T., Yonetoku, D., Umemura, M., Matsubayashi, T., & Yamazaki, R. 2005, ApJ, 625, L13
- [2] Yonetoku, D., Murakami, T., Nakamura, T., Yamazaki, R., Inoue, A., & Ioka, K. 2004, ApJ, 609, 935
- [3] Sari, R., Piran, T., & Narayan, N. 1998, ApJ, 497, L17