

非一様ジェットモデルによるガンマ線バーストの初期X線残光

当真賢二(京大理) 井岡邦仁(京大理) 山崎了(広大理) 中村卓史(京大理)

2005年12月25日

ガンマ線バースト(GRB)の残光は今までバーストの数時間後からしか観測できていなかったが、2004年末に打ち上げられた *Swift* 衛星によって初期の残光の観測が可能となった。それによれば、大部分の *Swift* GRB の X 線残光は最初およそ 100 秒間に急激な減衰($\sim t^{-4}$)を示し、 $10^3 - 10^4$ 秒までのゆるやかな減衰段階($\sim t^{-0.5}$)を経て、今まで確認されていた減衰($\sim t^{-1}$)につながる[1]。この振る舞いは、 $\sim t^{-1}$ で単調に減衰するライトカーブを予測していた標準モデル(相対論的に運動する一様なシェルと周りの星間媒質との相互作用で生じる衝撃波からのシンクロトロン放射)では説明できない。最初の急激な減衰はプロンプト放射の続きと考えて矛盾しないから、残光(外部衝撃波からの放射)はゆるやかな減衰段階($\sim t^{-0.5}$)から始まることになる。これは X 線残光の初期段階が標準モデルで考えるより暗いということを意味している。

標準モデルを修正する一つのモデルとして、残光段階においてアウトフローの後方が前方よりエネルギーを多く持つており、衝撃波に後からエネルギーが注入されるというモデル(energy injection model)がある[2]。それとは別に、アウトフローは動径方向には一様であるが角度方向に非一様であり、最初は暗い領域を見て後から明るい領域を見るというモデルが考えられる。我々はそのシナリオに基づいて、非一様ジェットモデルがゆるやかな減衰段階を説明できる可能性を調べた[3]。ここで我々はエネルギー分布が離散的であるような極端に非一様なジェットを考える(図1参照)。個々の高エネルギー領域(subjetと呼ぶ)が標準モデルに従ってプロンプト放射と残光を作るとする。全体のジェットの開角は $\Delta\theta_0^w = 0.1$ rad、subjet の開角は $\Delta\theta_0^i = 0.01$ rad と仮定する。

ゆるやかな残光ライトカーブに対する非一様ジェットモデルは次の 2 つが考えられる。すなわち視線方向に subjet がある場合に(例 A) ゆるやかな残光が観測されるというモデル(i)と視線方向に subjet がない場合に(例 B) ゆるやかな残光が観測されるというモデル(ii)である。結論として、両方の場合にゆるやかに減衰するライトカーブは off-axis に見る subjet(図1における(2)-(5)あるいは(2')-(5'))からの残光の重ね合わせで実現できることがわ

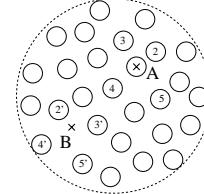


図 1: 解析の初期設定(ジェットを正面から見た図)。

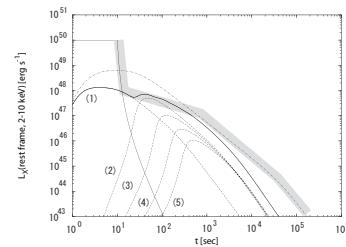


図 2: 非一様ジェットモデルによる X 線残光のライトカーブ(陰をつけた線)。点破線は標準モデルによる残光のライトカーブ($E_{k,iso}^w = 10^{52}$ erg, $\Delta\theta_0^w = 0.1$ rad)。細い実線は典型的なプロンプト放射。点線は個々の subjet の寄与であり、太い実線はそれらの重ね合わせである。

かった。すべての subjet は横方向に膨張し全体のジェットは均され、標準モデルの予測するライトカーブ(図2の点破線)になめらかに移行すると考えられる。またプロンプト放射との関連を考察することによって、両方の場合((i), (ii))でガンマ線の放射効率は以前の見積もりより高い必要があることがわかった。このことは energy injection model による結果と同様である。これほど高い放射効率は内部衝撃波モデルでは実現しがたいと考えられる。Ioka et al.(2005) はこの効率の問題を回避するモデルを提案している。

参考文献

- [1] Nousek, E., et al. 2005, astro-ph/0508332
- [2] Zhang, B., et al. 2005, astro-ph/0508321
- [3] Toma, K., et al. 2005, astro-ph/0511718
- [4] Ioka, K., et al. 2005, astro-ph/0511749