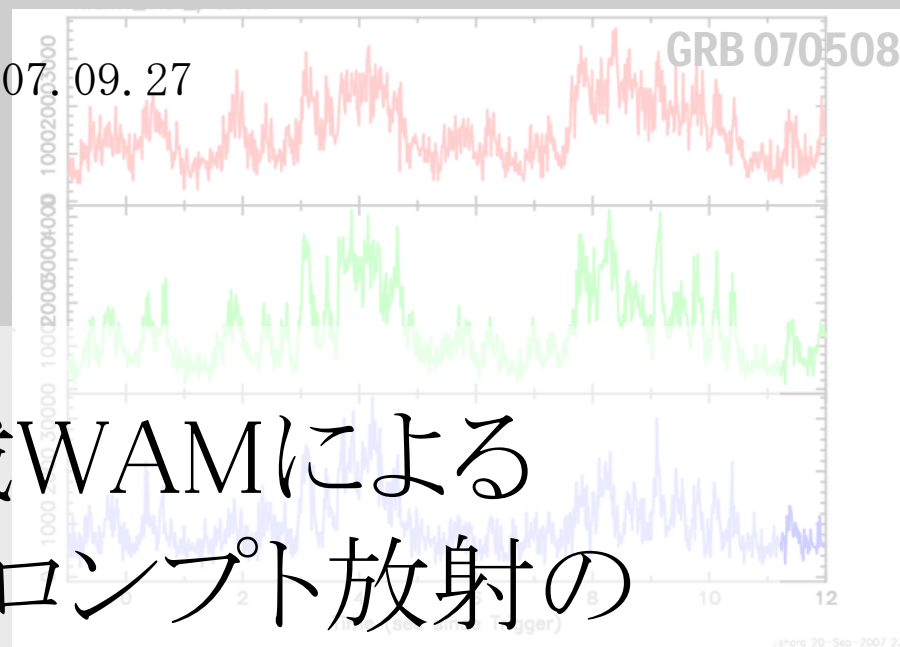


天文学会 07.09.27

GRB 070508



「すざく」搭載WAMによる GRB070508 プロンプト放射の スペクトル時間変動解析

上原岳士、深沢泰司、大野雅功、高橋弘充、高橋拓也、吉良知恵(広島大)
山岡和貴、中川友進、杉田聡司(青山学院大)、田代 信(埼玉大)
玉川 徹、寺田幸攻(理化学研究所)、洪 秀徴(日本大)、ほかHXD-WAMチーム

I, すざく / WAM とは

HXD-IIを取り囲むBGOシンチレーター

広視野: 2π (Swift/BAT 3.6倍)

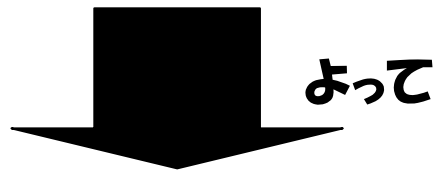
世界トップクラスのGRB検出率 年間140個

広帯域: 50keV-5MeV

大面積: 右下図

GRBの情報において大切なスペクトルの折れ曲がりを高精度でカバー。

時間分解能: bst mode で $16\mu\text{sec}$ 細かな変動も追える。



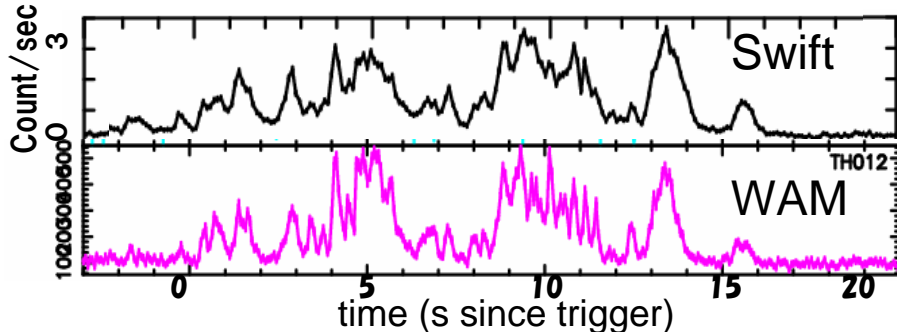
Swift/BATやBATSEより高いエネルギー帯域でもGRBの
統計のよいデータを取得可能。

さらに

WAM時代はBASTE時代に比べ地上望遠鏡により赤方偏移が決定され、電子と磁場のエネルギーそして、放射領域に制限可能。

II, GRB 070508 の光度曲線とスペクトル

光度曲線



継続時間 12sec(T90)

明るい long burst

光度曲線が激しく変動

$z \sim 0.82$ (P.Jakobsson., et al. 07, GCN 6398)

Fluence (100-1000keV)

$(3.0 \pm 0.1) \times 10^{-5} \text{ erg/cm}^2$

Peak flux

$11.6 \pm 0.5 \text{ photon/cm}^2/\text{s}$

目的

光度曲線が激しく変動するGRBの物理は？

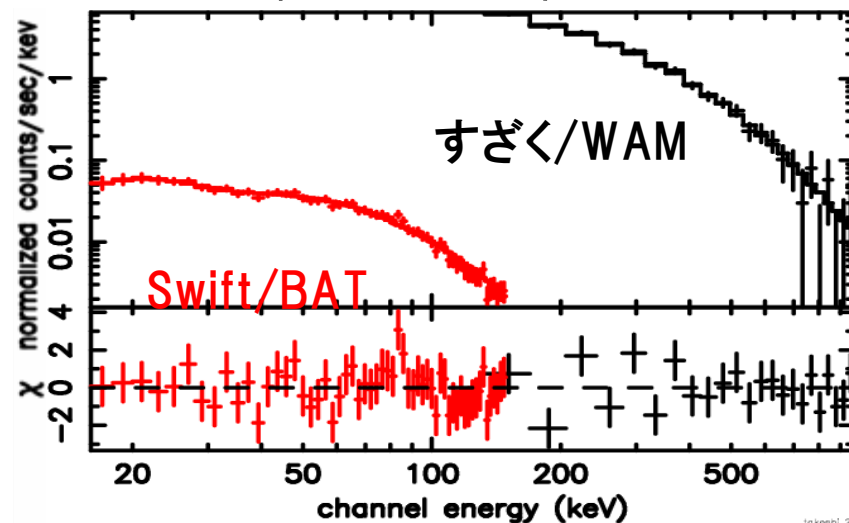
→ 精度の高いWAMだからできるライトカーブの詳細解析で

シンクロトロンクーリング (Ryde et al. 2002)

Curvature (Dermer et al. 2004)

のどちらかに迫る。

スペクトル(時間平均)



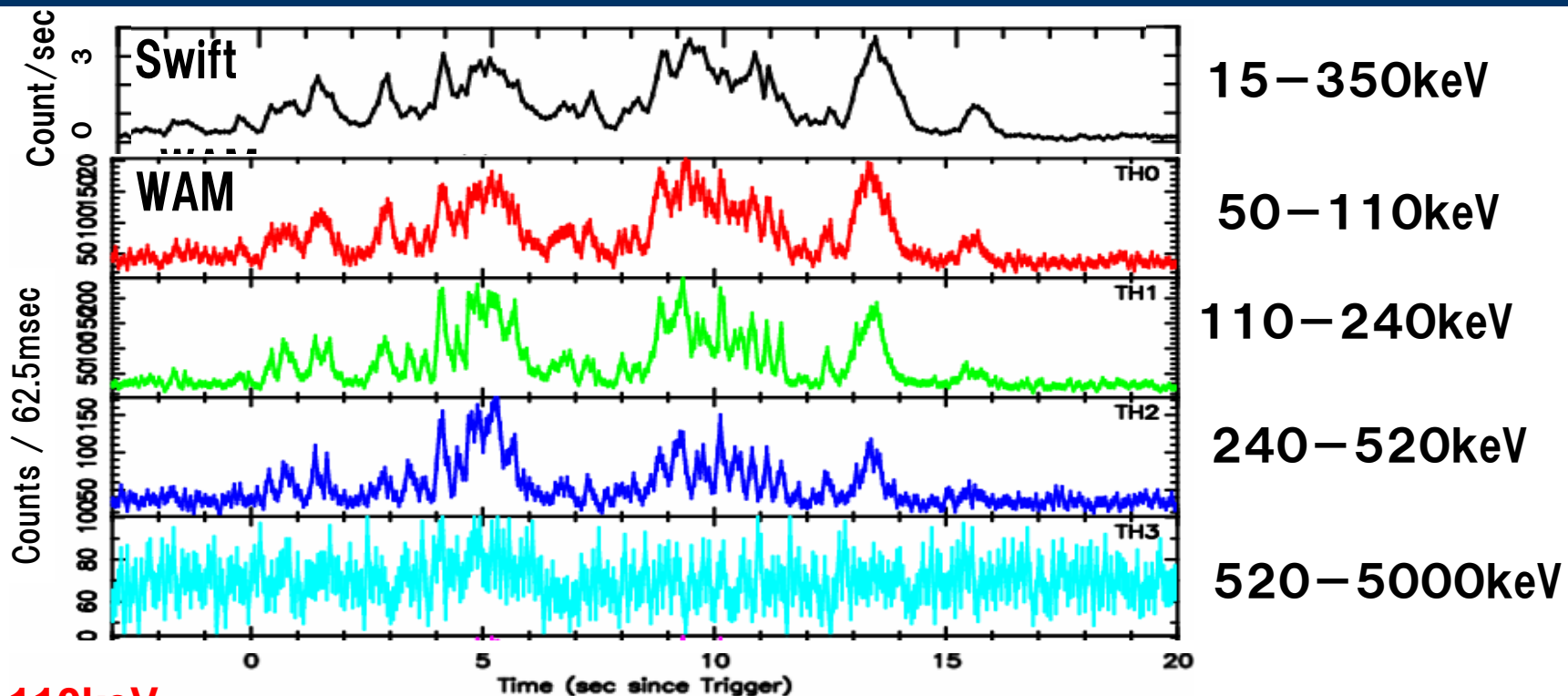
Cutoff model

$$(dN/dE = E^{-\alpha} \times \exp[-(2-\alpha)E/E_p])$$

$$E\text{-peak} = 233 \pm 12 \text{ keV}$$

$$\alpha = 0.96 \pm 0.21$$

III-a, GRB 070508 の時間変化



15-350keV

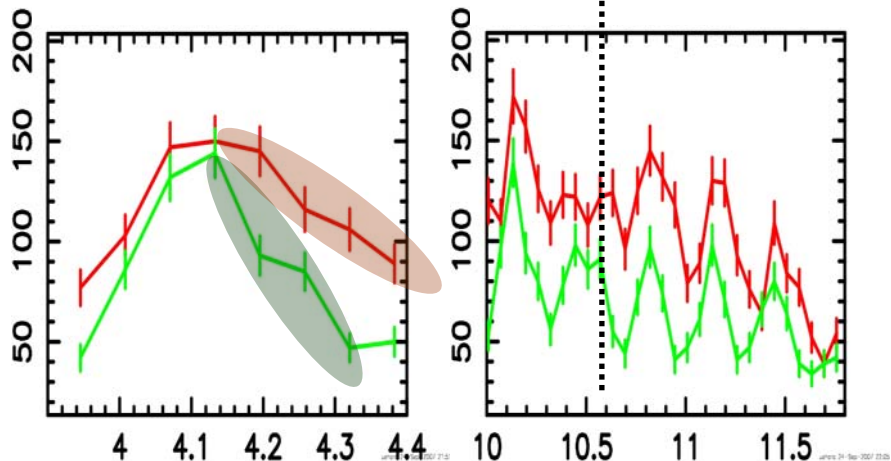
50-110keV

110-240keV

240-520keV

520-5000keV

赤 50-110keV
緑 240-520keV

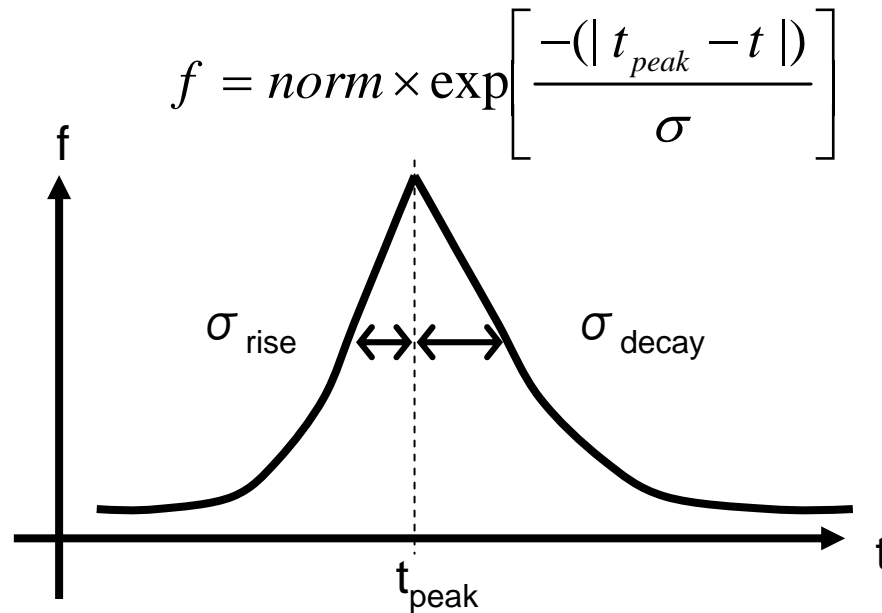


ソフト側側の減光が緩やかに
また、ピークの位置が遅れて見える。

そこで、パルスをフィット
し定量的に求めたい。

III-b, フィッティングに用いたモデル。

1つのパルスのモデル関数



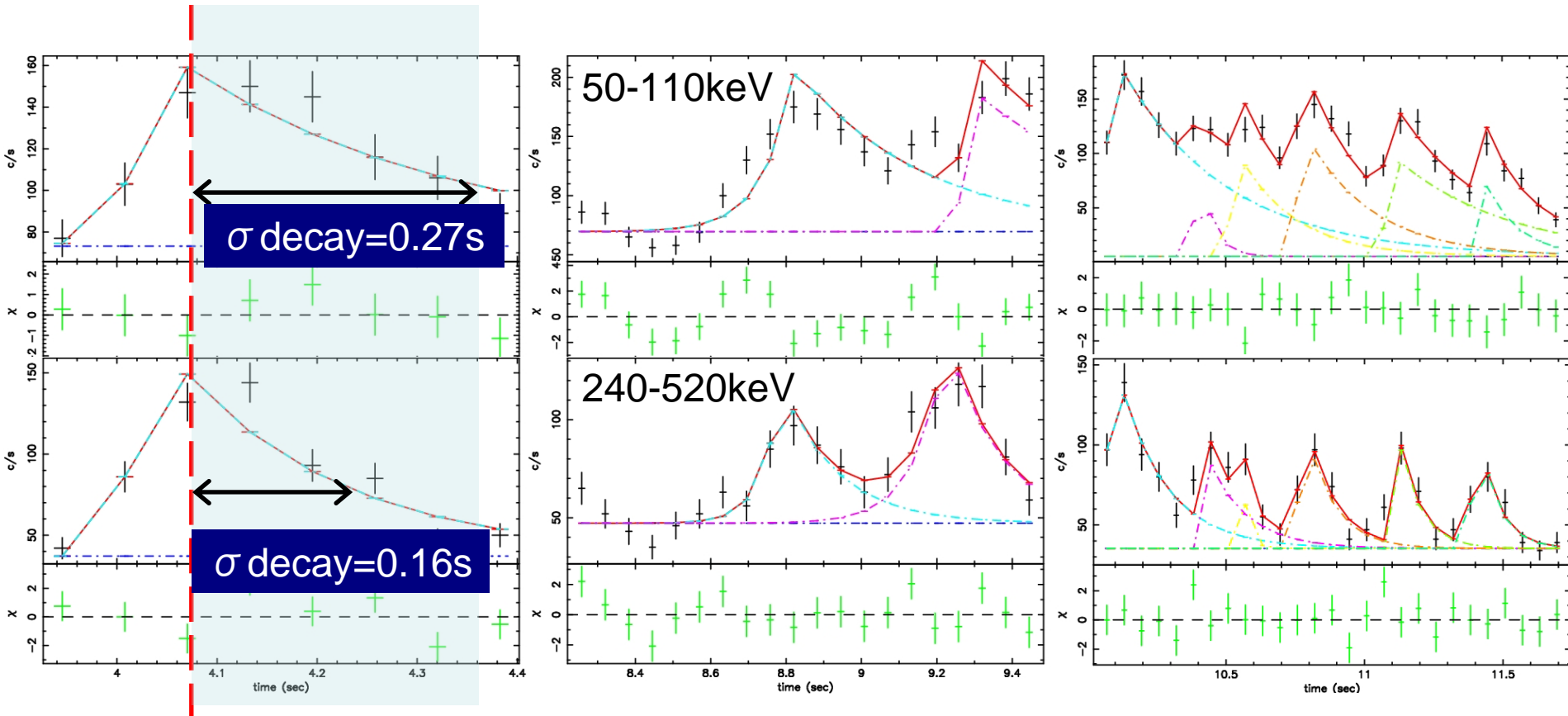
Norris+95

全体のライトカーブをまとめてフィットすると、
パルスが重なり満足のいくフィットができなかった。

そこで、

**ライトカーブを4binまとめ(62.5ms)して、パルス
どうしが十分離れているものだけを選びフィットしてみた。**

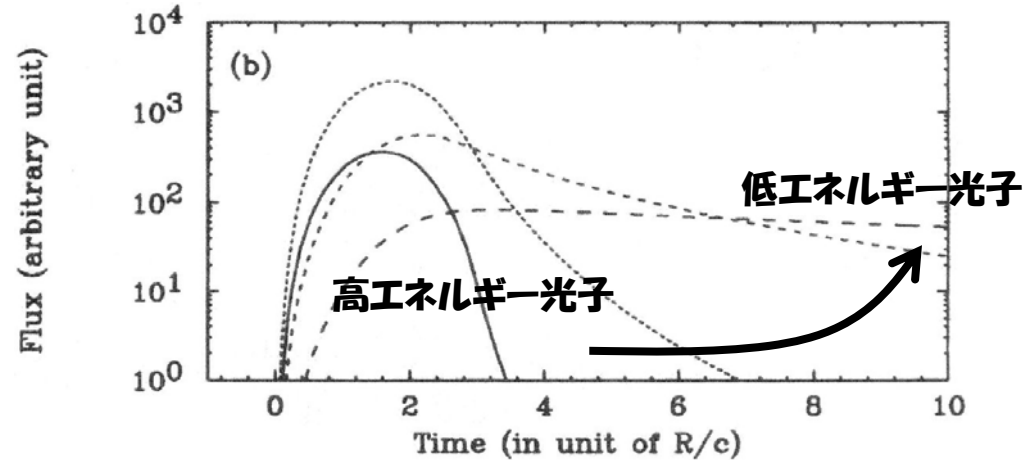
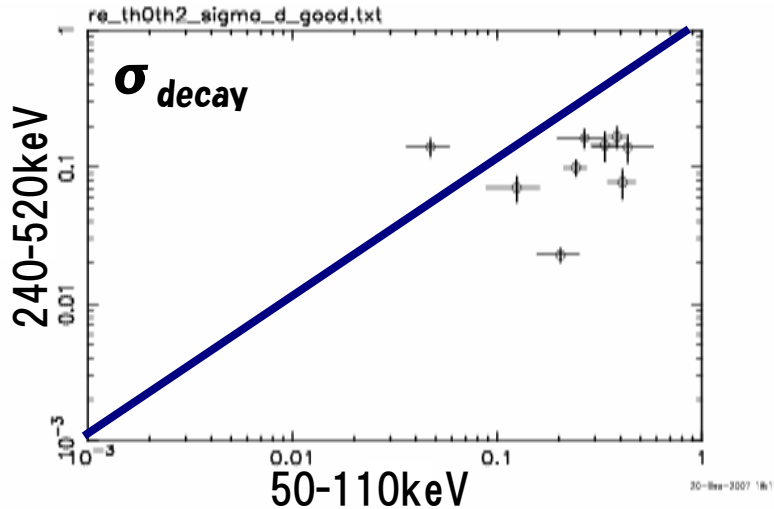
III-c, GRB 070508 のフィット結果



このように非常に細かい変動を持つGRBの変動をフィットして、
個々のパルスのrise/decay timeを定量化できた。

III-d, GRB 070508 のパルスの減光幅とエネルギー依存性

Decay timeの比較



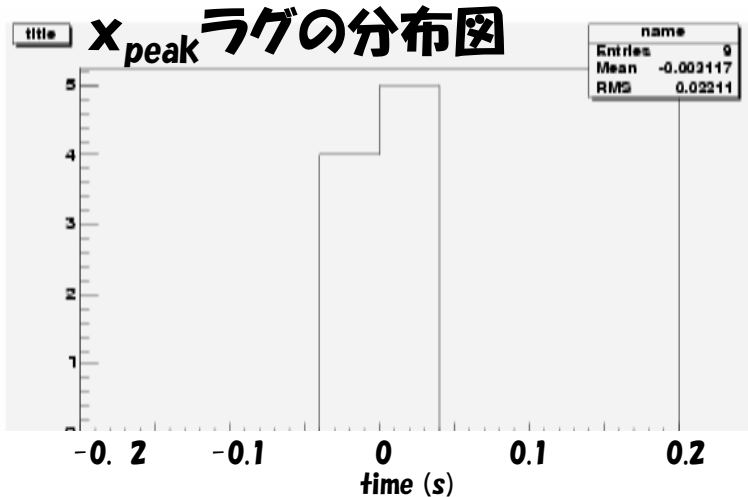
ブレイザーで言われているシンクロトロン
クーリングの光度曲線の様子 (片岡D論)

CurvatureはEpeakの考慮が複雑なため今検討中

ソフト側が揺るやかな減光を示した。



**激しい変動をするGRBは0.5MeVの
高エネルギー側でもシンクロトロン
クーリングで無矛盾な結果が得られた。**



では、シンクロトロンと仮定して物理量を導きたい。

IV, GRB 070508 のパルスの減光幅と物理量

シンクロトロン放射と仮定し

bulk Lorentz factor

$$\Gamma_{100} \equiv \frac{\Gamma}{100}$$

いた。

beaming factor $\delta \sim \Gamma$ とする。

decay time = 0.1s

変動の時間スケール=rise time = 0.01s

$$L_{syn} = 10^{51} \text{ erg / s}$$

$$\text{光子の周波数 } \nu_{br} = 9.1 \times 10^{19} \text{ Hz}$$

(380keV)

$$z \sim 0.82$$

$$\gamma_{br} \approx \left[\frac{\nu_s^{br} (1+z)}{3.7 \times 10^6 B \delta} \right]^{1/2}$$

$$B = 1.6 \times 10^3 \Gamma_{100} \text{ (Gauss)}$$

$$\frac{R}{c} \sim \Gamma \frac{\sigma_{rise}}{1+z}$$

放射領域の大きさ

$$R \sim 3.0 \times 10^{10} \Gamma_{100} \text{ (cm)}$$

$$L_{syn} = A U_e U_B V \Gamma^4$$

$$U_e \sim 2.4 \times 10^{10} \Gamma_{100}^{-9} \text{ (erg / cm}^3\text{)}$$

$$U_B \sim 1.0 \times 10^5 \Gamma_{100}^2 \text{ (erg / cm}^3\text{)}$$

ある磁場中に電子がエネルギーを失う時間は

$$t_{cool} = \frac{\sigma_{decay}}{1+z} \Gamma = \frac{3 m_e c^2 \Gamma}{4 U_B \sigma_T \gamma_{br} c}$$

よく言われている物理量は

$$U_e \sim 0.3 - 30 U_B \text{ (erg / cm}^3\text{)}$$

$$U_B \sim 1 \times 10^7 \text{ (erg / cm}^3\text{)}$$

電子のエネルギー密度、磁場のエネルギー密度

そして、放射領域はリーズナブルな値。

WAMは高エネルギー帯域で統計がよく時間分解能の高いデータが得られる。それを用いて、激しい時間変動を見せたGRB 070508 の光度曲線を解析した。

0.5MeVにまで至る高エネルギーで時間変動の激しいGRBでも、光度曲線の解析からシンクロトロンクーリングでリーズナブルな物理量が得られた。

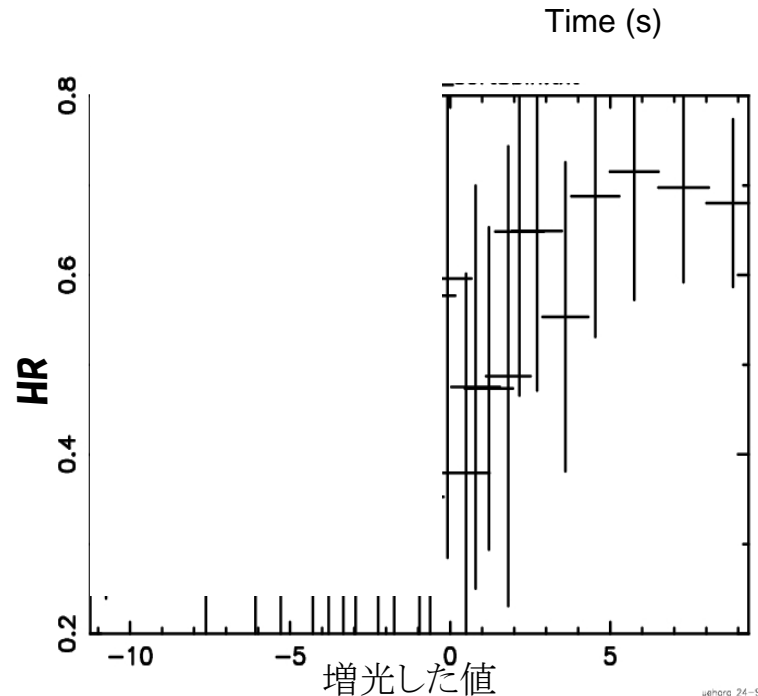
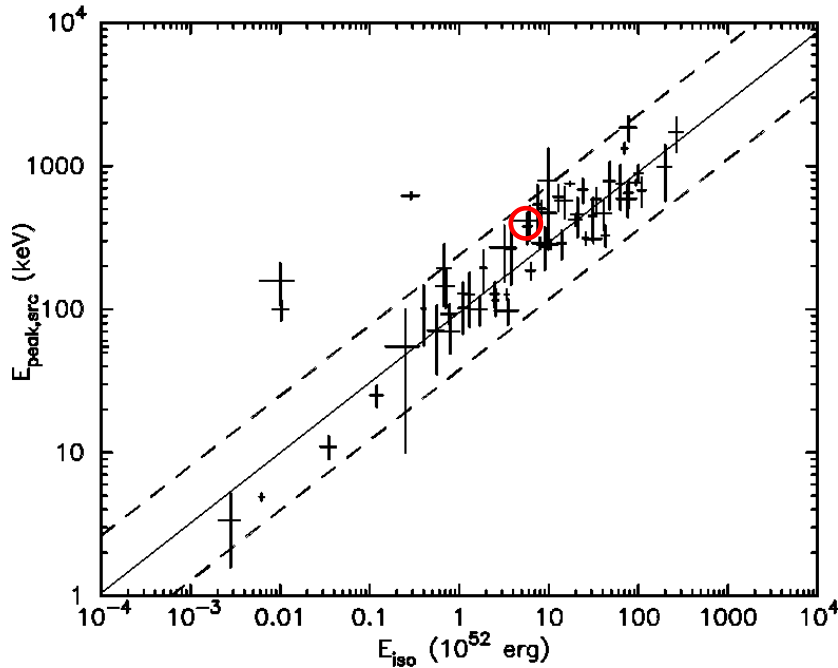
今後、Carvature 効果の有無と

WAMで検出できた光度曲線を全て解析し

物理量の統計を増やしGRBに迫りたい。

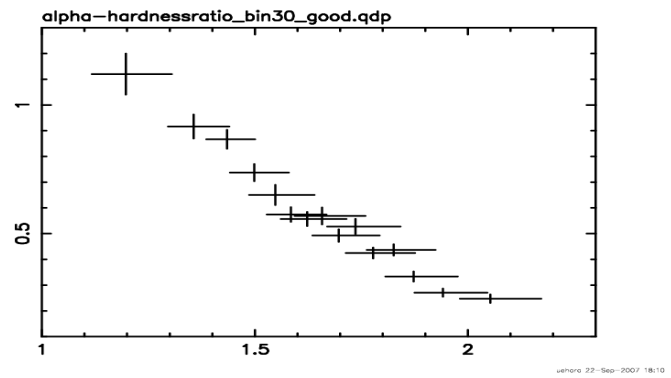
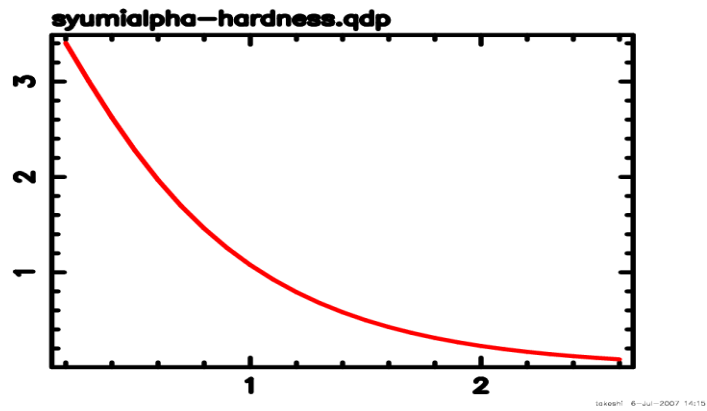
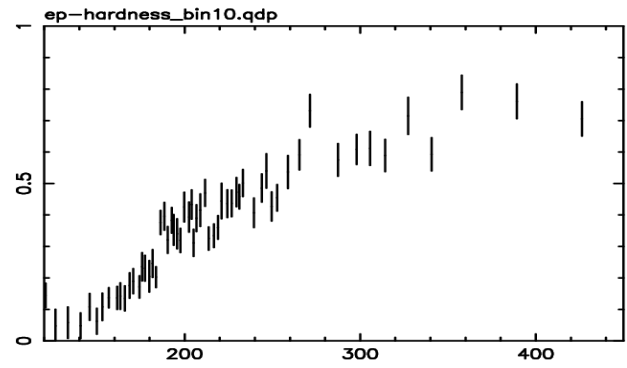
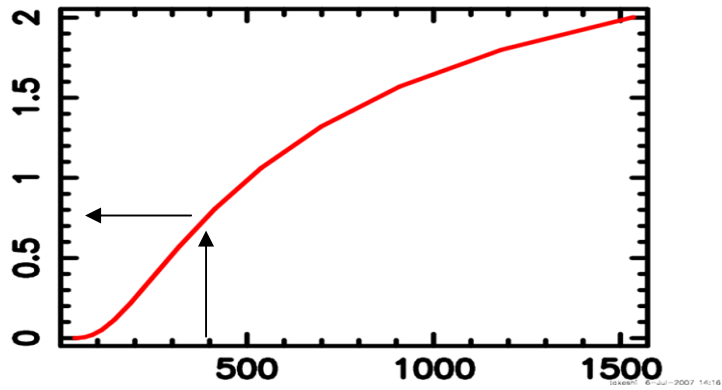
隠しとらへ

Amati relation

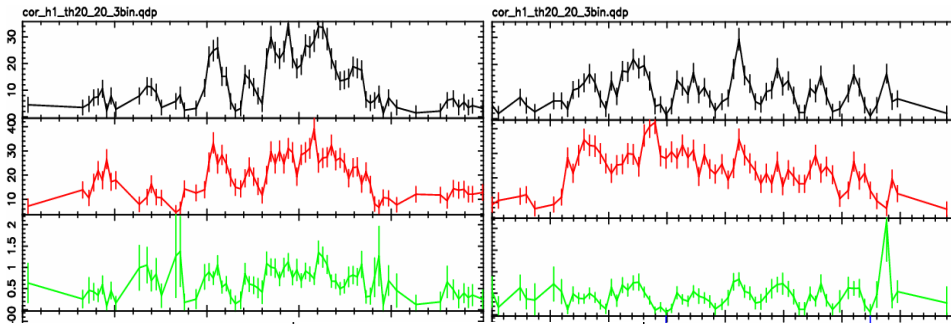
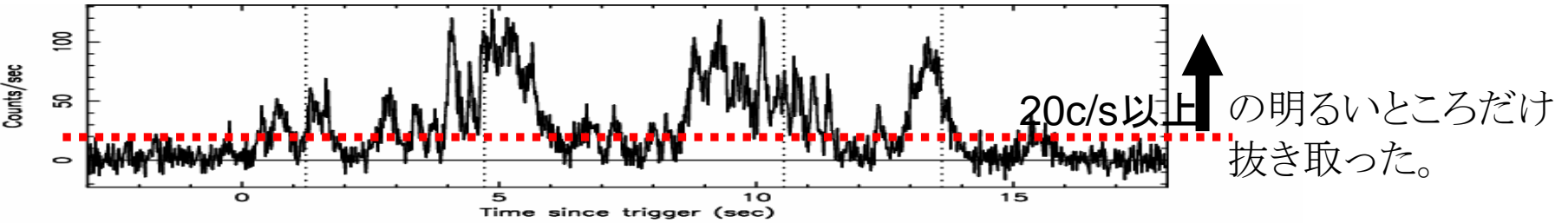


$E_{\text{peak,iso}} = 419$ (-20.7,+18.7)keV 増光する直前にHRは高くなっている。
 $E_{\text{iso}} = 8.43$ (-0.23,+0.17) 10^{52} erg 減光するときにはHRには明確な相関が見られない。

$Z = 0.82$



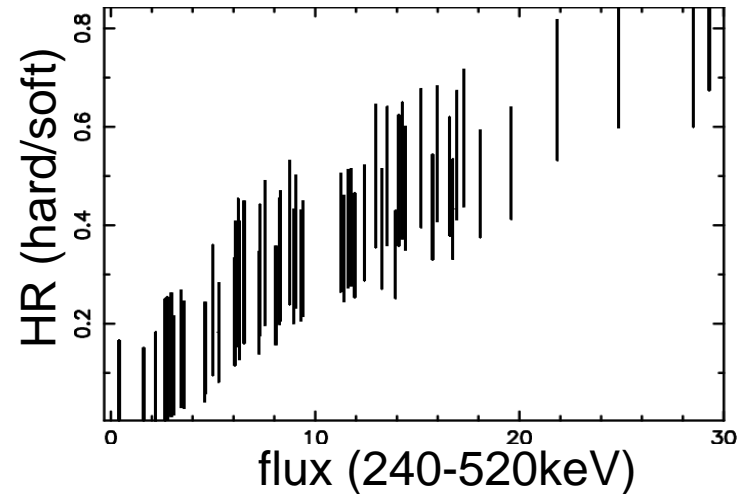
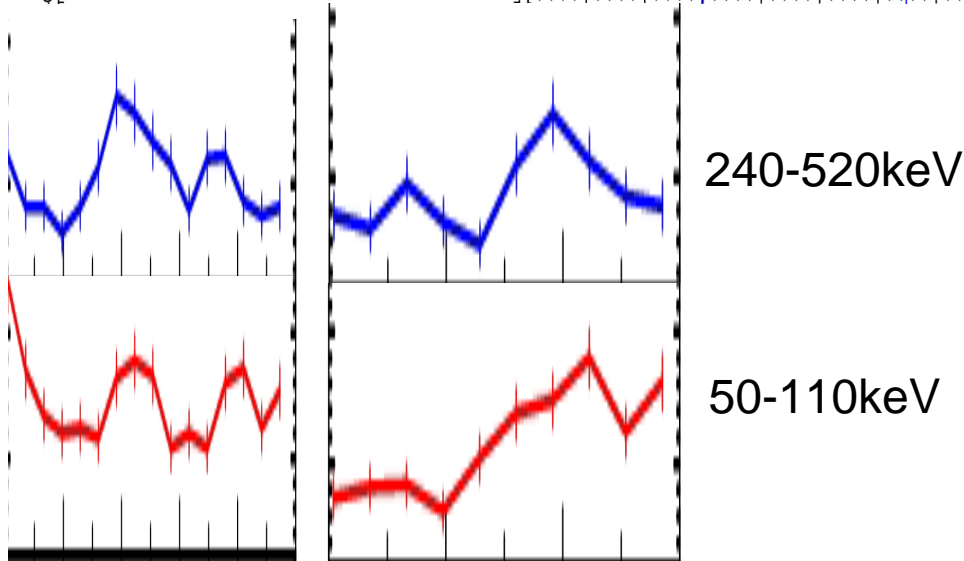
II-b-2, GRB 070508 の Hardness Ratio と flux of hard side



240-520keV

50-110keV

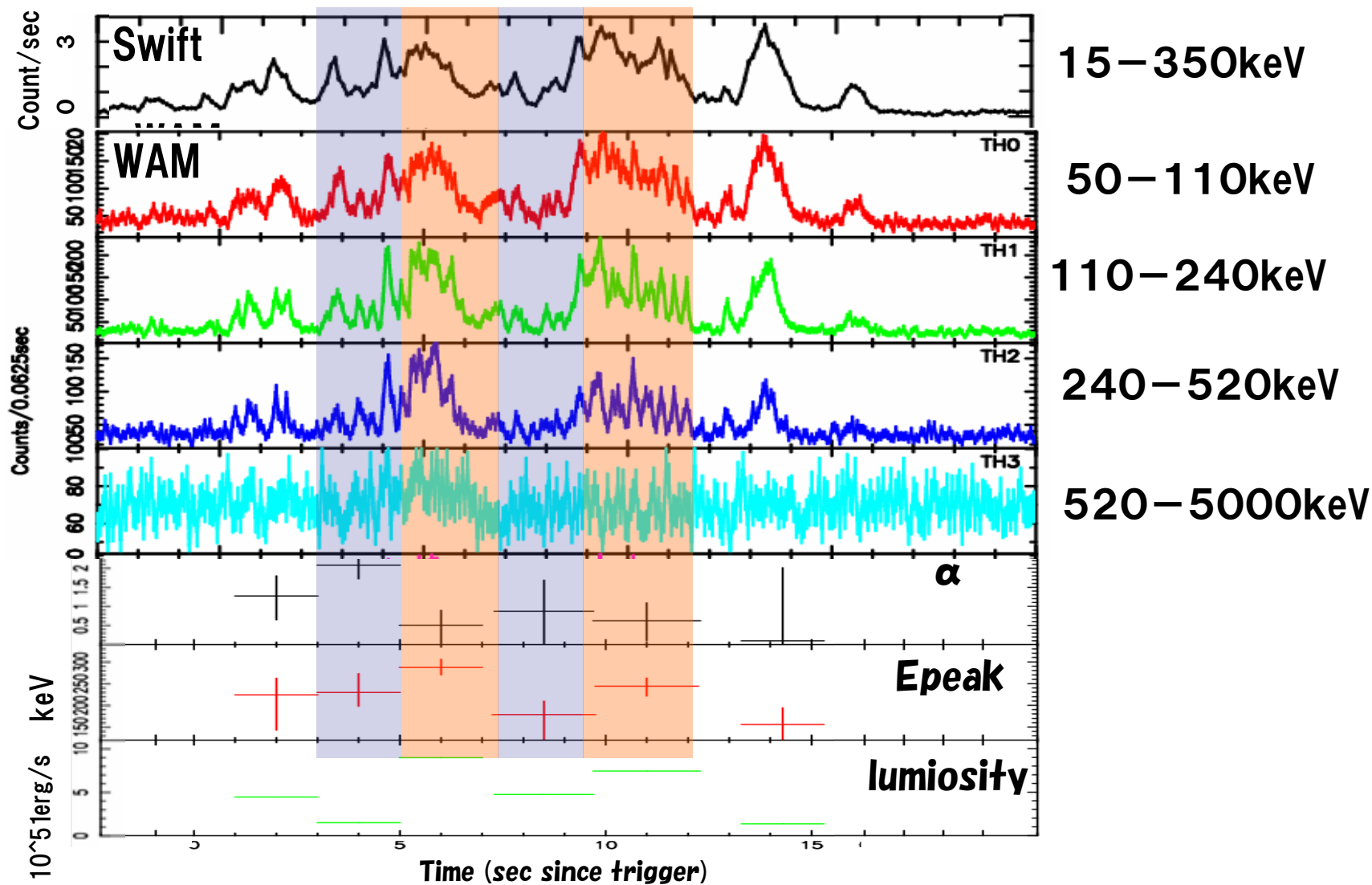
HR (hard/soft)



HRはフラックスと正の相関
→明るいほどハード

hard側がさきに増光するので、HRが大きくなる。

II-b-1, GRB 070508 の時間変化



大きな増光前で Epeak は小さく、 α は大きい
 明るいとき α は小さい、Epeak が大きい

Epeakと α の両方が変化していた。

$$U_e \sim 0.3U_B (\text{erg} / \text{cm}^3) \quad \Gamma \sim 720$$

$$U_e \sim U_B (\text{erg} / \text{cm}^3) \quad \Gamma \sim 520$$

$$U_e \sim 30U_B (\text{erg} / \text{cm}^3) \quad \Gamma \sim 150$$

$$U_e > U_B$$

Shock 加速が起こりやすい。

$$U_e V < U_{\text{kinetic}}$$

$$\tau_{decay} = 1.7 s \left(\frac{R_2}{10^{15} \text{ cm}} \right) \left(\frac{\Gamma}{10^2} \right)^{-2}$$

Ryde, & Petrosian, 07

Ⅲ, まとめ

WAMは高エネルギー帯域で統計がよく時間分解能の高いデータが得られる。
それを用いて、激しい時間変動を見せたGRB 070508 の光度曲線を解析した。

その結果

- I, 光度曲線にエネルギー依存性を確認した。
- II, 光度曲線をexponential の式でフィットし、
ソフト側のほうが減光が遅い傾向を示した。
- III, 得られた光度曲線のパラメーターからシンクロトン放射仮定して電子の
エネルギー、磁場エネルギーそして、放射領域に制限を付けることができた。

0.5MeVにまで至る高エネルギーで時間変動の激しいGRBでも、光度曲線の
解析からシンクロトロンクーリングでリーズナブルな物理量が得られた。

今後、WAMで検出できた光度曲線を全て解析し
物理量の統計を増やしGRBに迫りたい。

