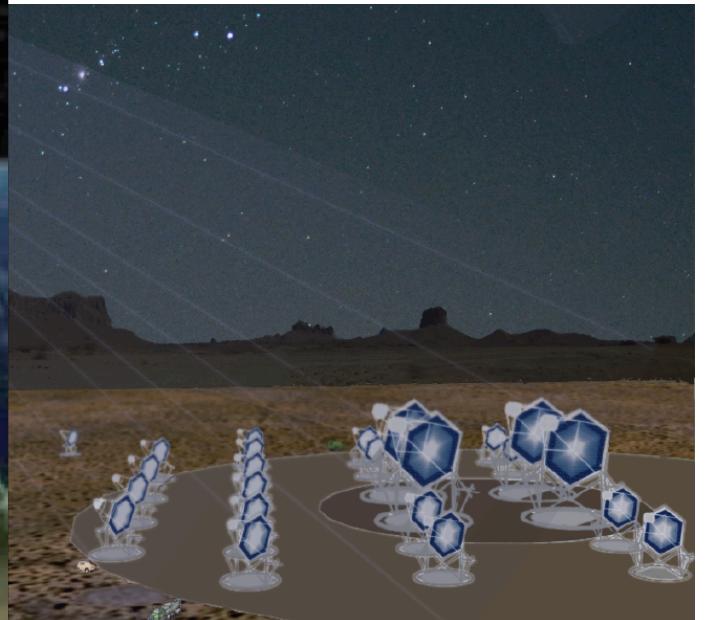


近傍ガンマ線バーストの観測戦略と狙う物理

井上進(MPIK -> MPP/ICRR)

協力:井上芳幸 (SLAC) ほかCTA Japanの皆様

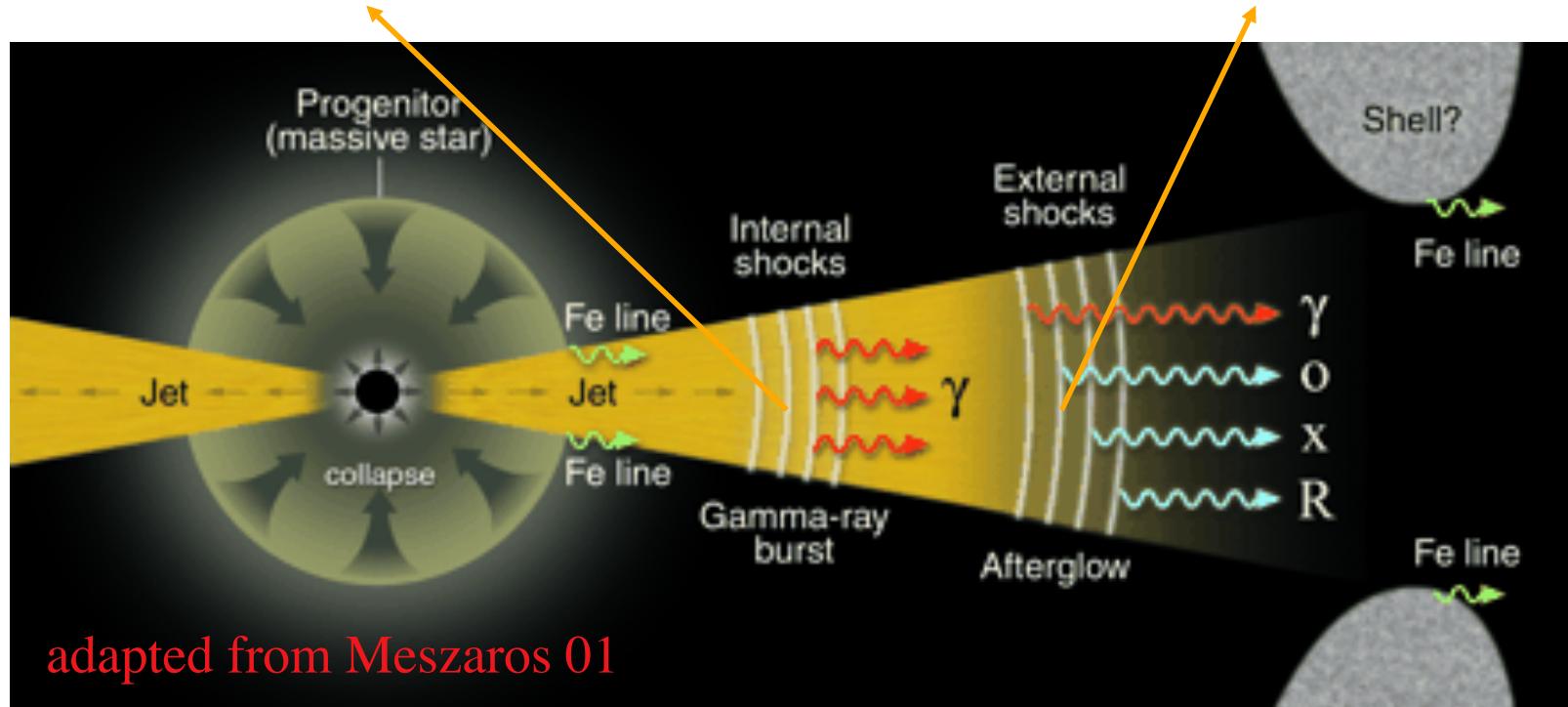


ガンマ線バースト (GRB)

long GRB ($T > \sim 2\text{s}$):

大質量星崩壊時に超相対論的速度ジェット発生

ジェット内部から即時放射+外部衝撃波から多波長残光放射



宇宙で最も謎めいた天体の一つ

中心駆動天体? ジェット形成機構? 粒子加速・放射機構?

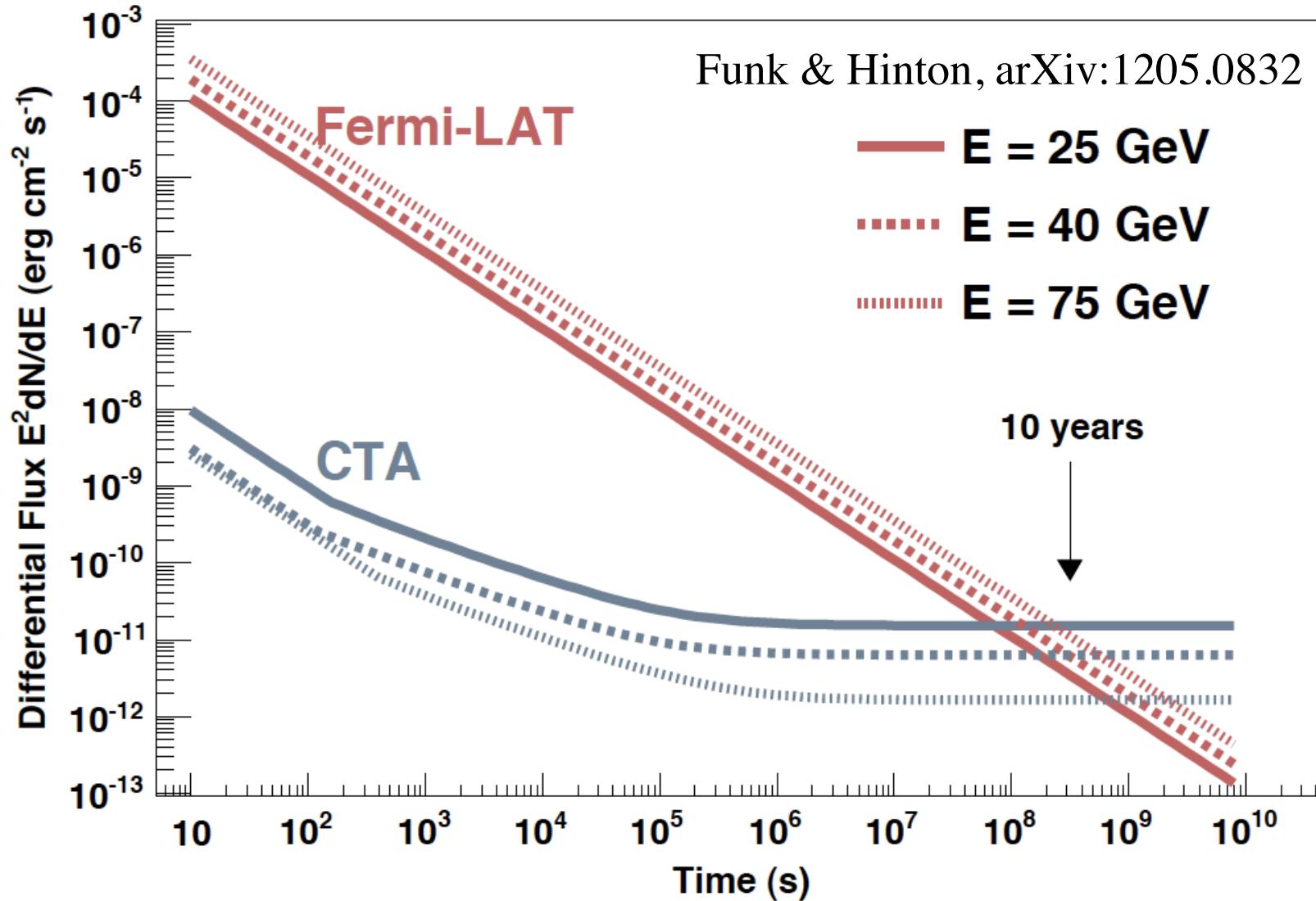
short GRB ($T < \sim 2\text{s}$) の起源? 宇宙論的進化?

Fermi LATで多数のGRBから $>\text{GeV}$ 放射検出

即時放射+残光成分、明確なcutoffなし $\rightarrow \Gamma_{\min} > \sim 1000$

が光子統計不足で多くの点が未解明

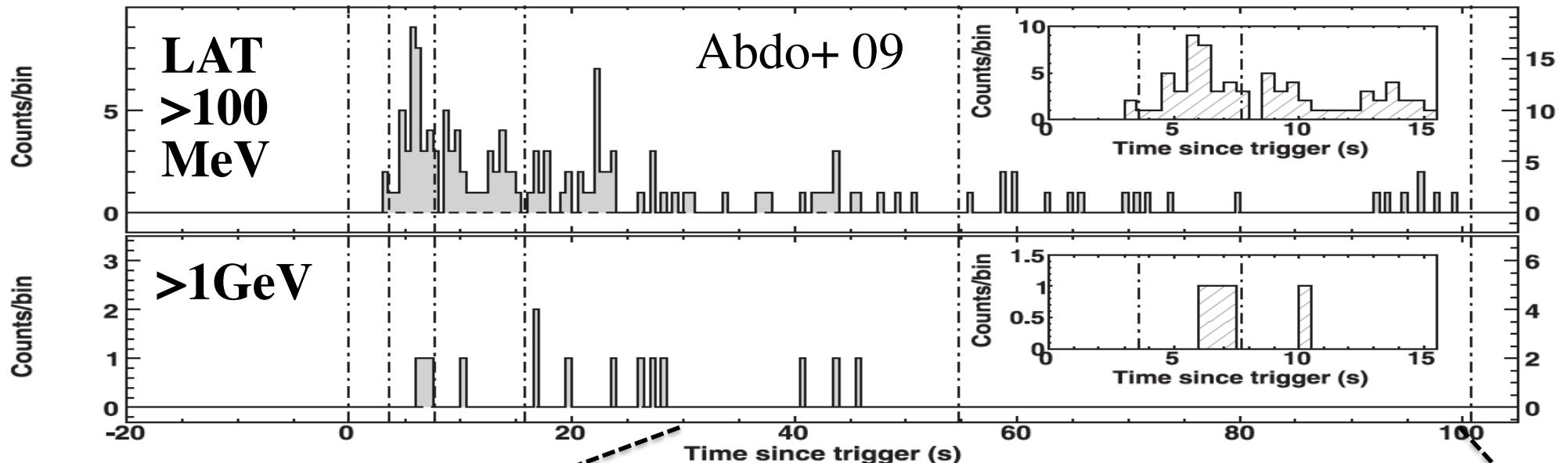
CTA sensitivity: for variable/transient sources



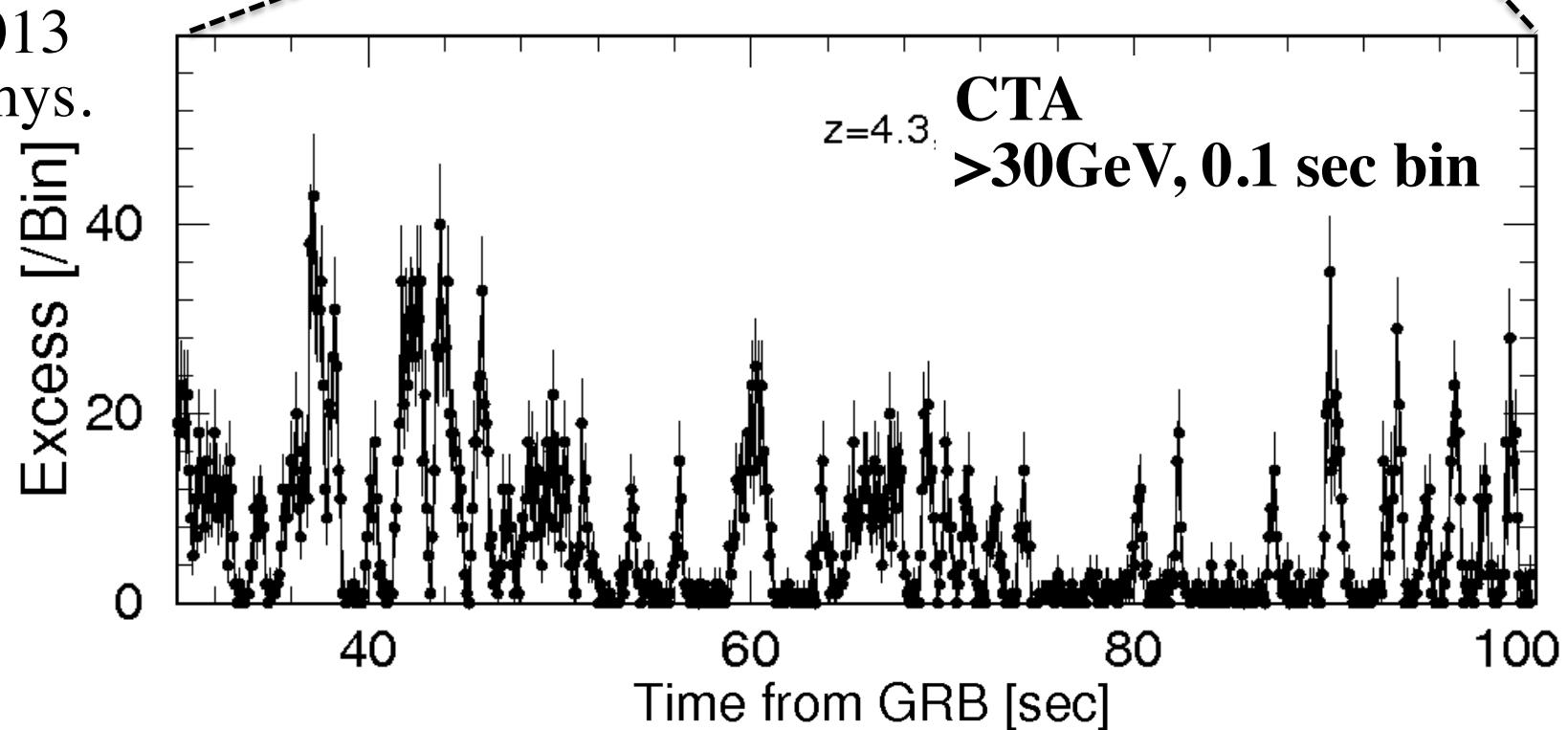
有効面積 $\sim 10^4 \times \text{LAT@30GeV}$ 短時間積分では圧倒的感度
高速指向性能 $\sim 180\text{deg}/20\text{sec}$ (LST; 20 GeV-1TeV)
-> 高速変動天体・突発天体に対して強力

GRB light curve: Fermi vs CTA

GRB 080916C



S. Inoue+ 2013
Astropart. Phys.
43, 252
inc.
Yamamoto
Y. Inoue
Yamazaki
(for CTA)



CTAによるGRB観測で目指すサイエンス

GRBの起源

- 放射体運動速度の確実な測定(内部 $\gamma\gamma$ 吸収カットオフ)
- 即時放射機構、残光の物理の解明
(多波長スペクトル・時間変動)

宇宙線の起源

- 最高エネルギー宇宙線・高エネルギー ν 生成の兆候
(陽子・原子核シンクトロロン、カスケード成分...)

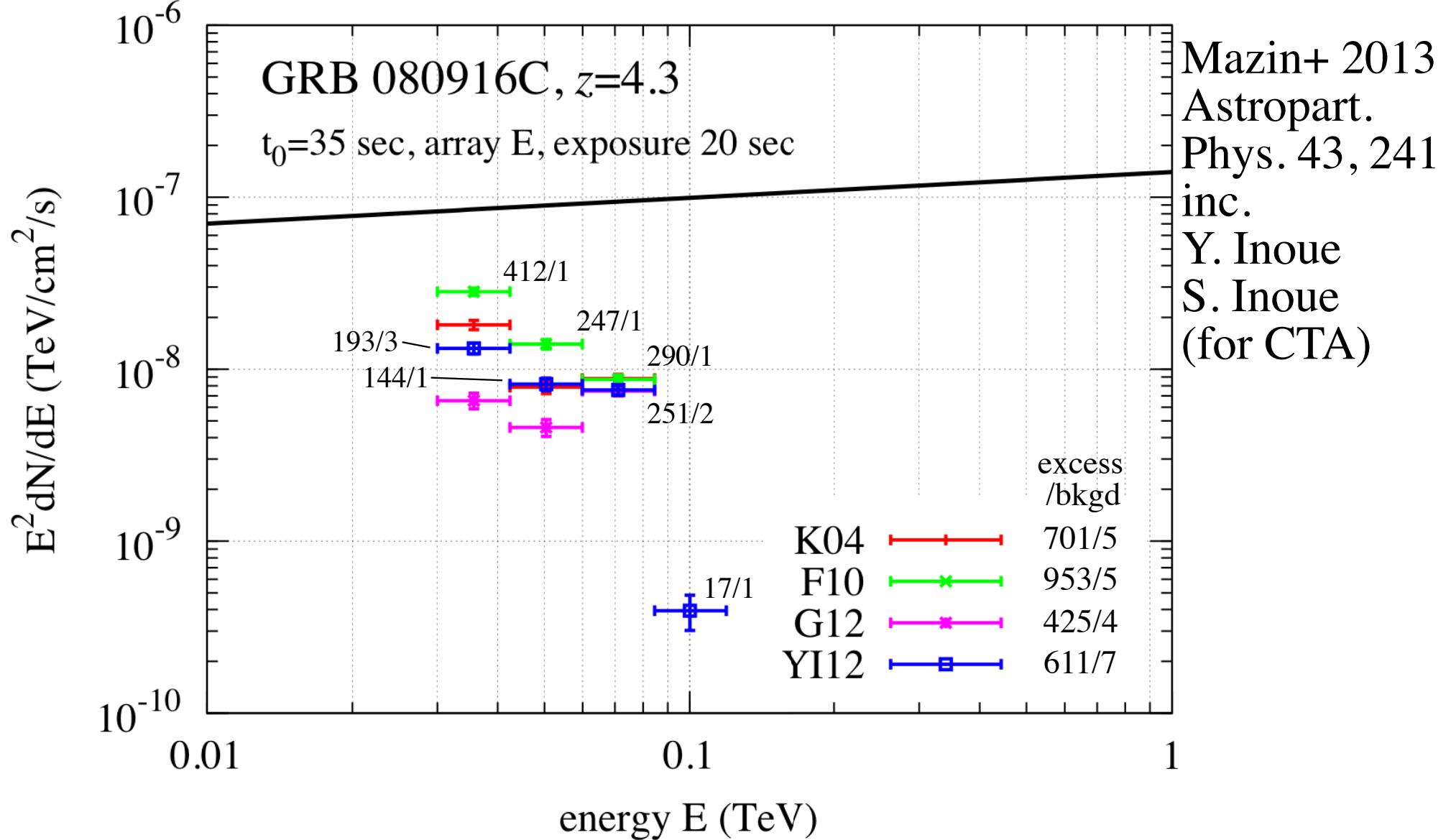
観測的宇宙論

- 遠方宇宙背景放射の精査($\gamma\gamma$ 吸収カットオフ)
- 銀河間弱磁場の精査(pair echo=二次ガンマ線)

基礎物理学

- Lorentz不変性破れ、新粒子への制限...

GRB spectra with CTA: GRB 080916C at z=4.3

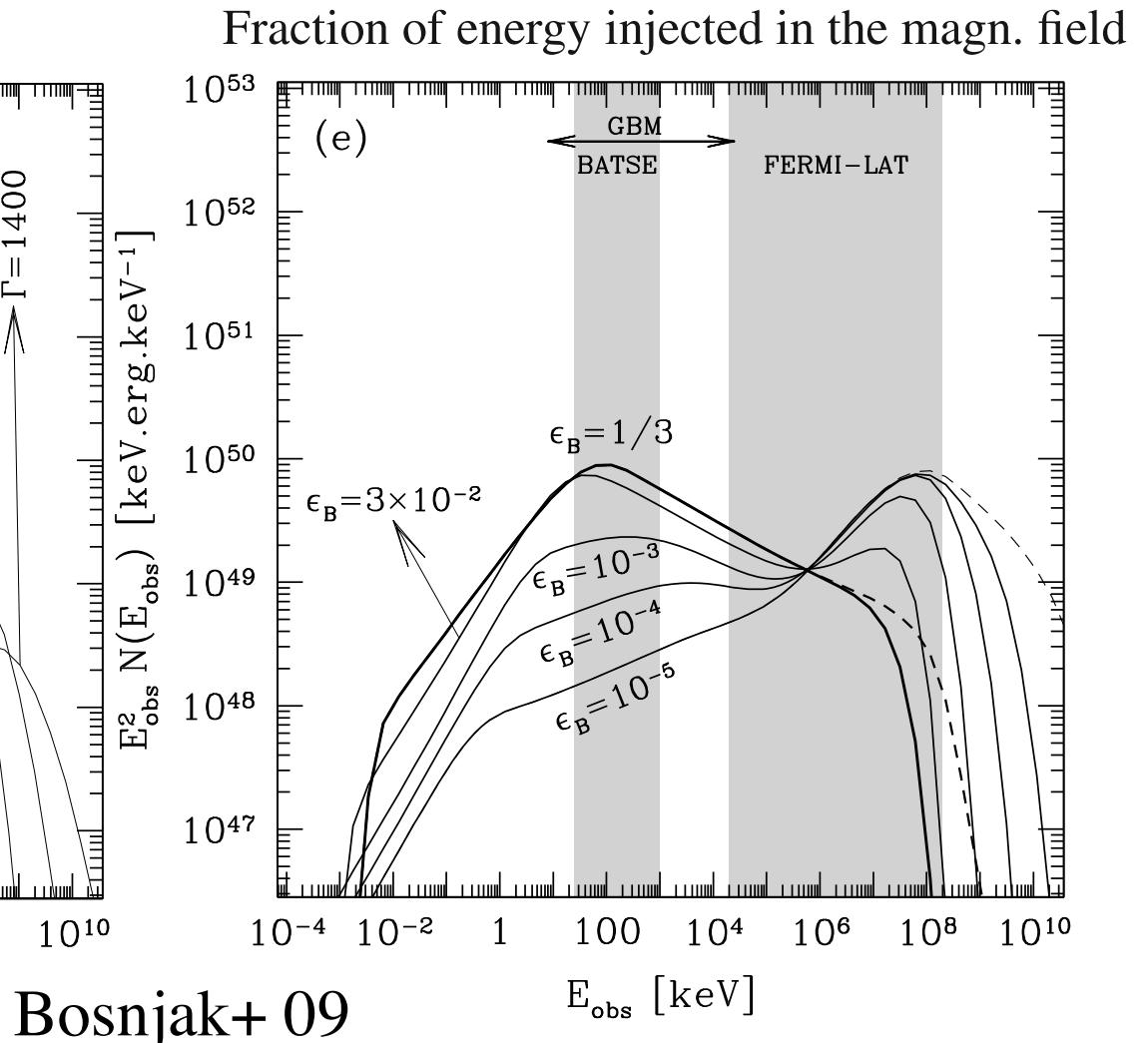
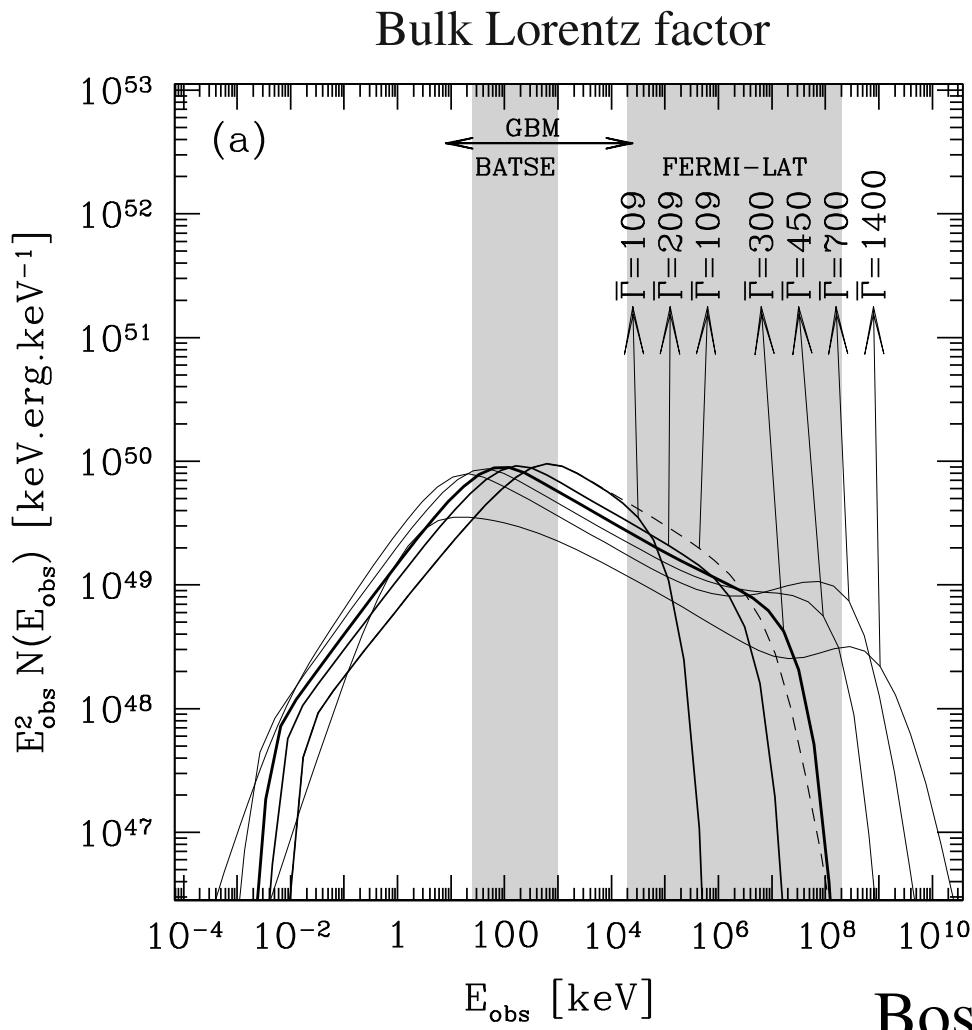


GRBスペクトル -> high-z EBLの進化 -> 宇宙星形成史・QSO活動史

physics with nearby ($z \ll 1$) GRBs

limited EBL absorption -> intrinsic spectral features

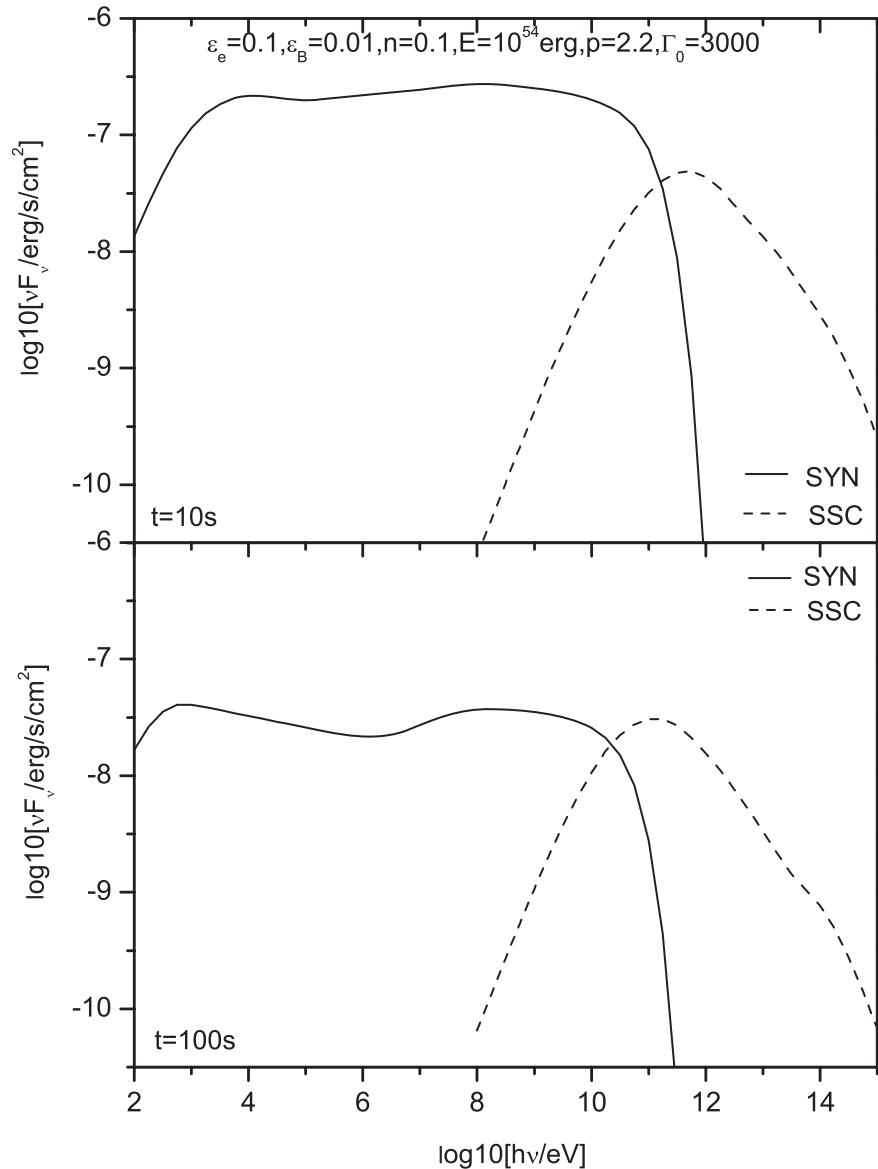
prompt emission bulk Lorentz factor, jet physical conditions, emission mechanism, hadronic processes...



Bosnjak+ 09

physics with nearby ($z \ll 1$) GRBs

afterglow particle acceleration in relativistic shocks
 shock physical conditions (hadronic processes?)



GeV-TeV:
transition region
between sync., SSC

Wang+ 10

GRBだより

Fermi LAT

080916C, 090510, 090902B, 090926A “big four”

...

130427A: >200 ph, E_{\max} =94 GeV, z=0.3399

130502B: >100 ph, E_{\max} =30 GeV, z=?

130504C: >70 ph, E_{\max} =5 GeV, z=?

130606B: >few 100 ph, E_{\max} =?, z=?

130702A: > 5 ph, E_{\max} =1.5 GeV, z=0.145

nearby (z<0.5) GRBs

130427A

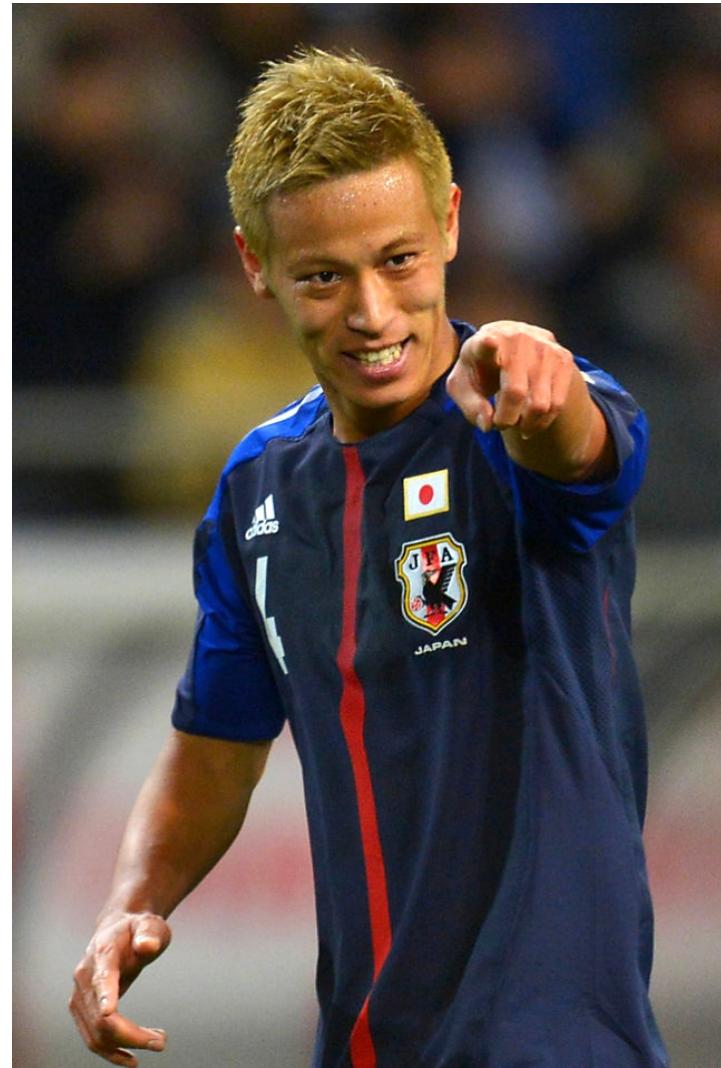
130603B z=0.3564 (short, “kilonova”)

130702A

130831A z=0.4791



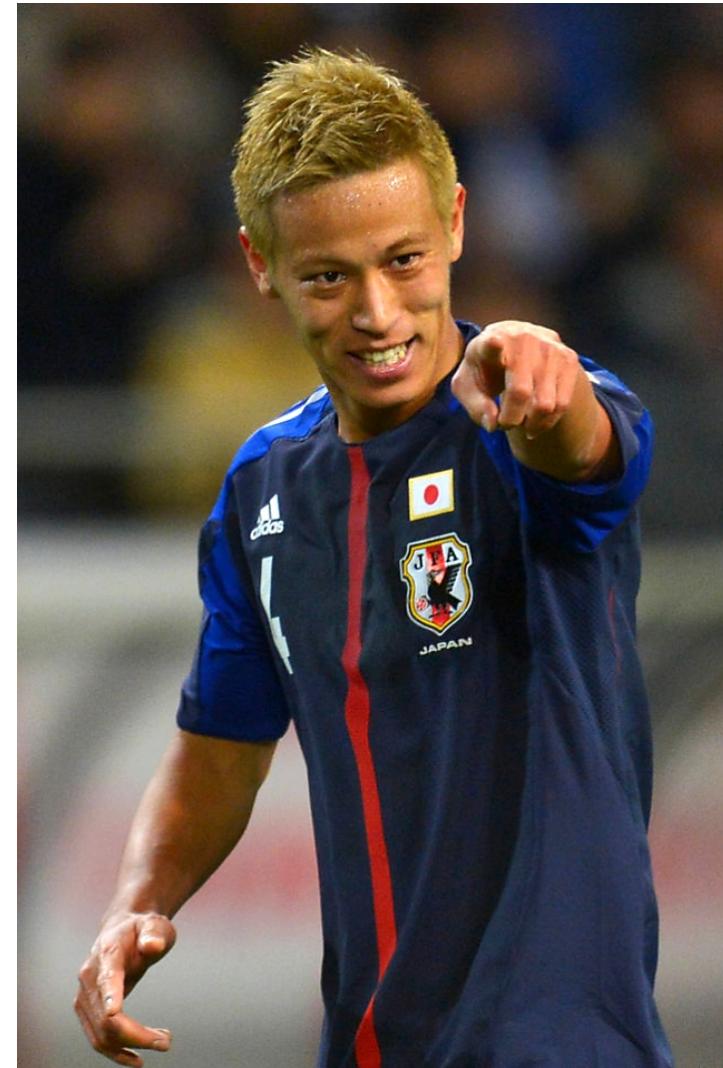
“Goals are like ketchup.
When they come, they come
pouring out in bunches.”



「ゴールはケチャップの
ようなもの。出る時は
ドバドバ出る」



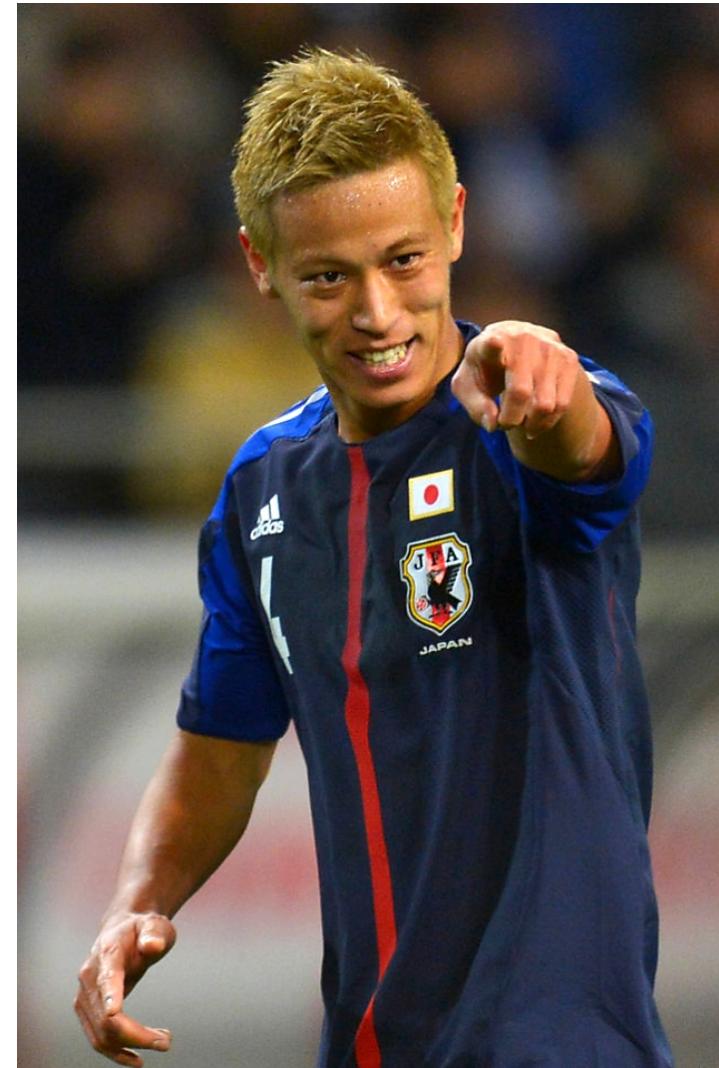
“GeV GRBs are like ketchup.
When they come, they come
pouring out in bunches.”



「GeV GRBはケチャップ
のようなもの。出る時は
ドバドバ出る」



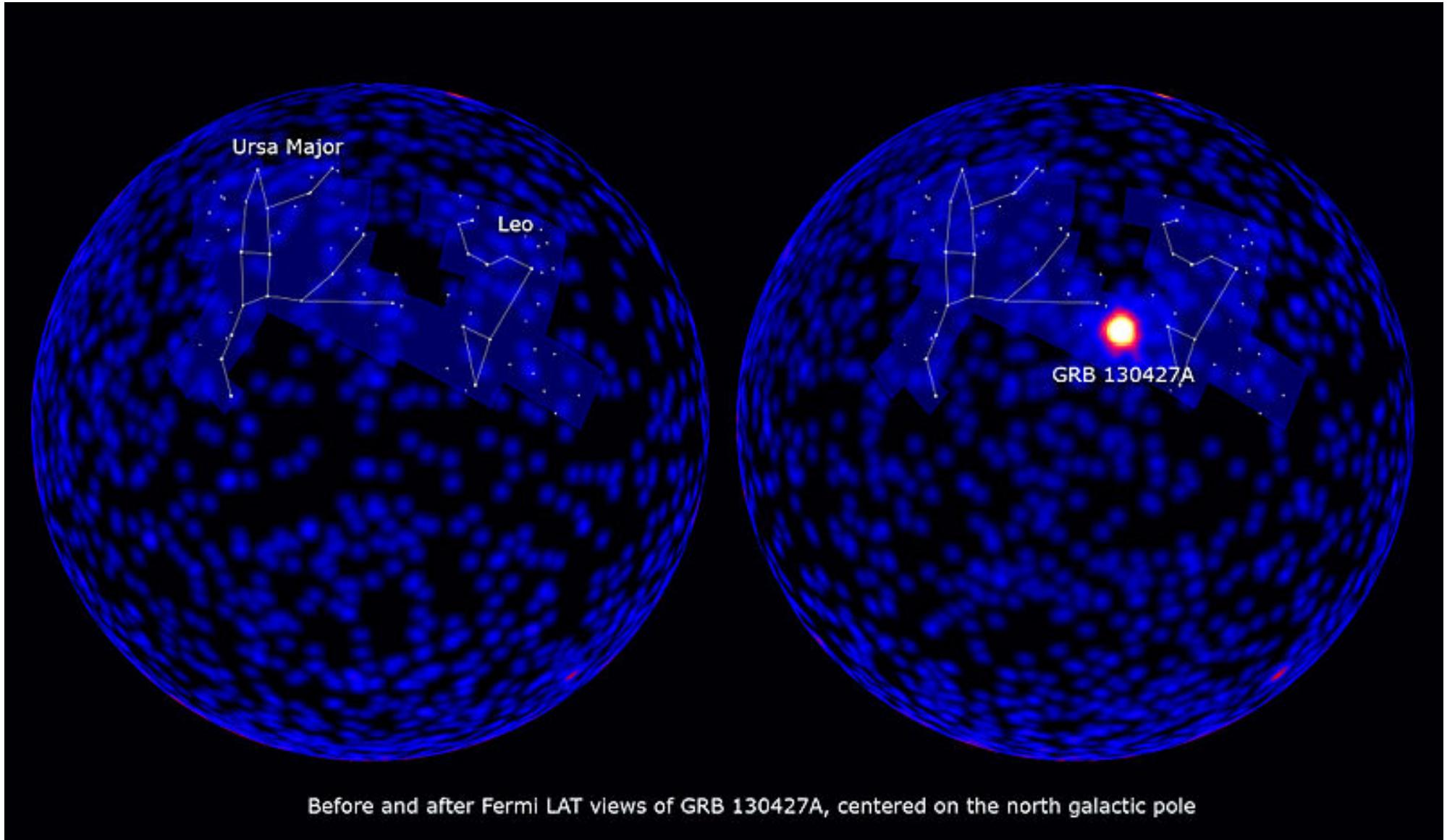
“Nearby GRBs are like ketchup.
When they come, they come
pouring out in bunches.”



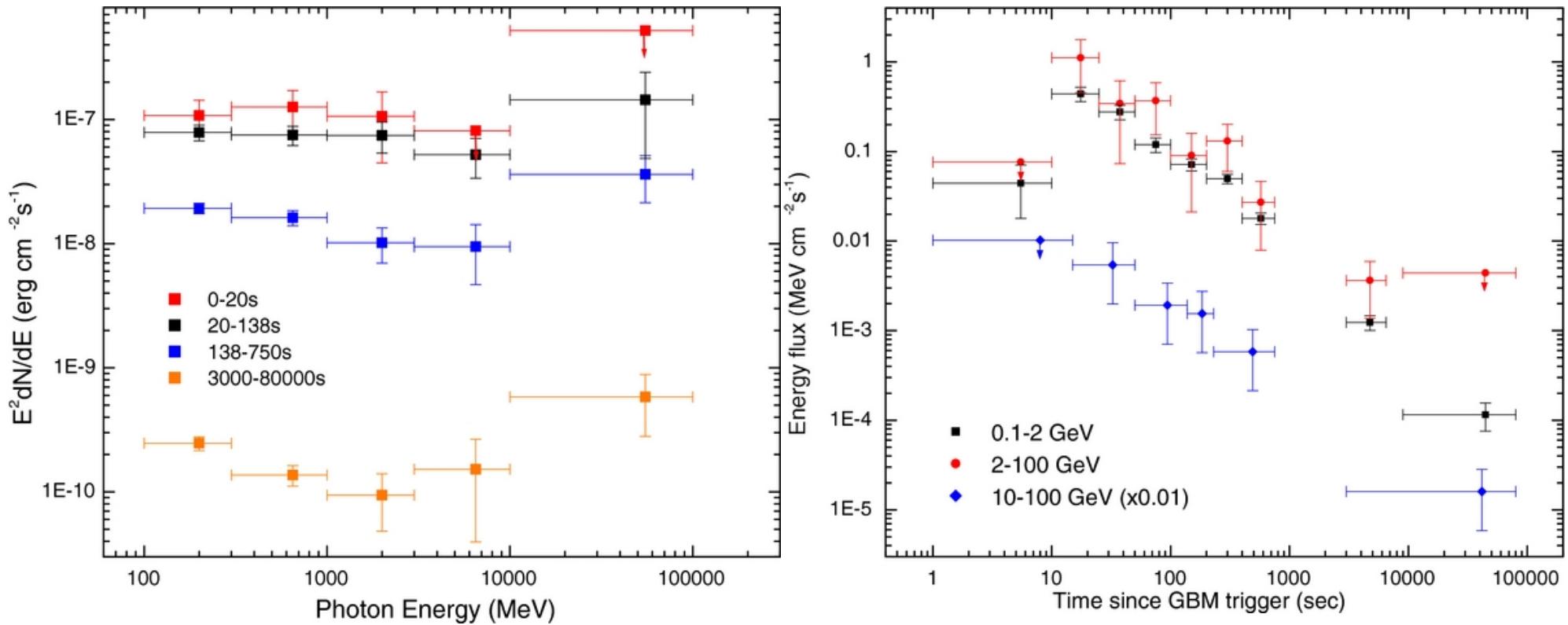
「近傍GRBはケチャップ
のようなもの。出る時は
ドバドバ出る」

GRB 130427A “Shockingly bright” burst

$z=0.34$, $E_{\text{iso}} \sim 8 \times 10^{53}$ erg, $T_{90} \sim 138$ sec



GRB 130427A: Fermi LAT

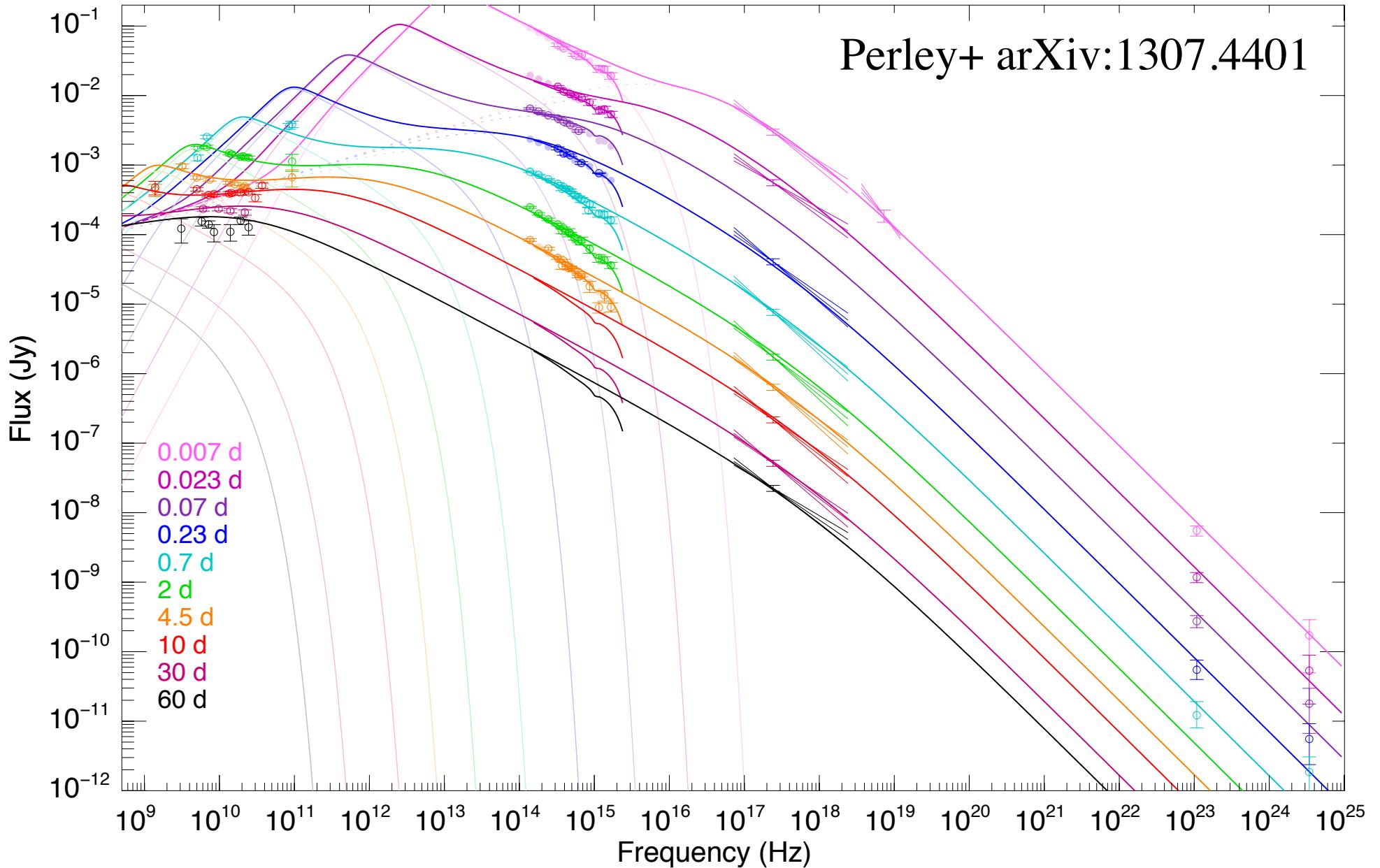


Tam+ 13 (arXiv:1305.3217)

- photon index ~ -2.0 , hard excess at highest E
- decay index ~ -1.0 , no evidence of break?

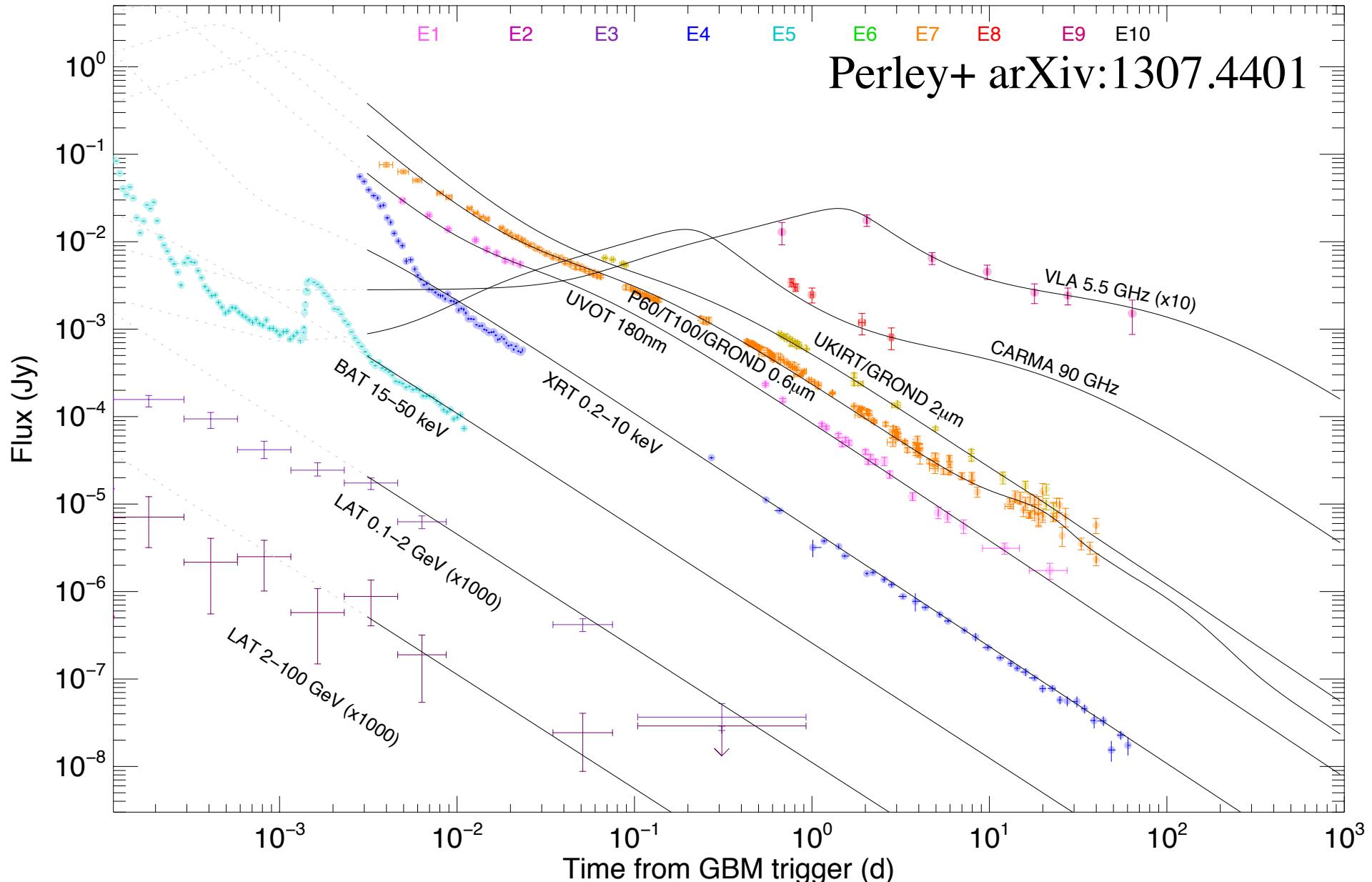
GRB 130427A: broadband afterglow spectra

Perley+ arXiv:1307.4401



- evidence of reverse shock in optical \rightarrow radio bands
- LAT flux consistent with extrapolation of synchrotron emission

GRB 130427A: broadband afterglow light curves



- evidence of reverse shock in optical \rightarrow radio bands
- no evidence of jet break until at least 50 days

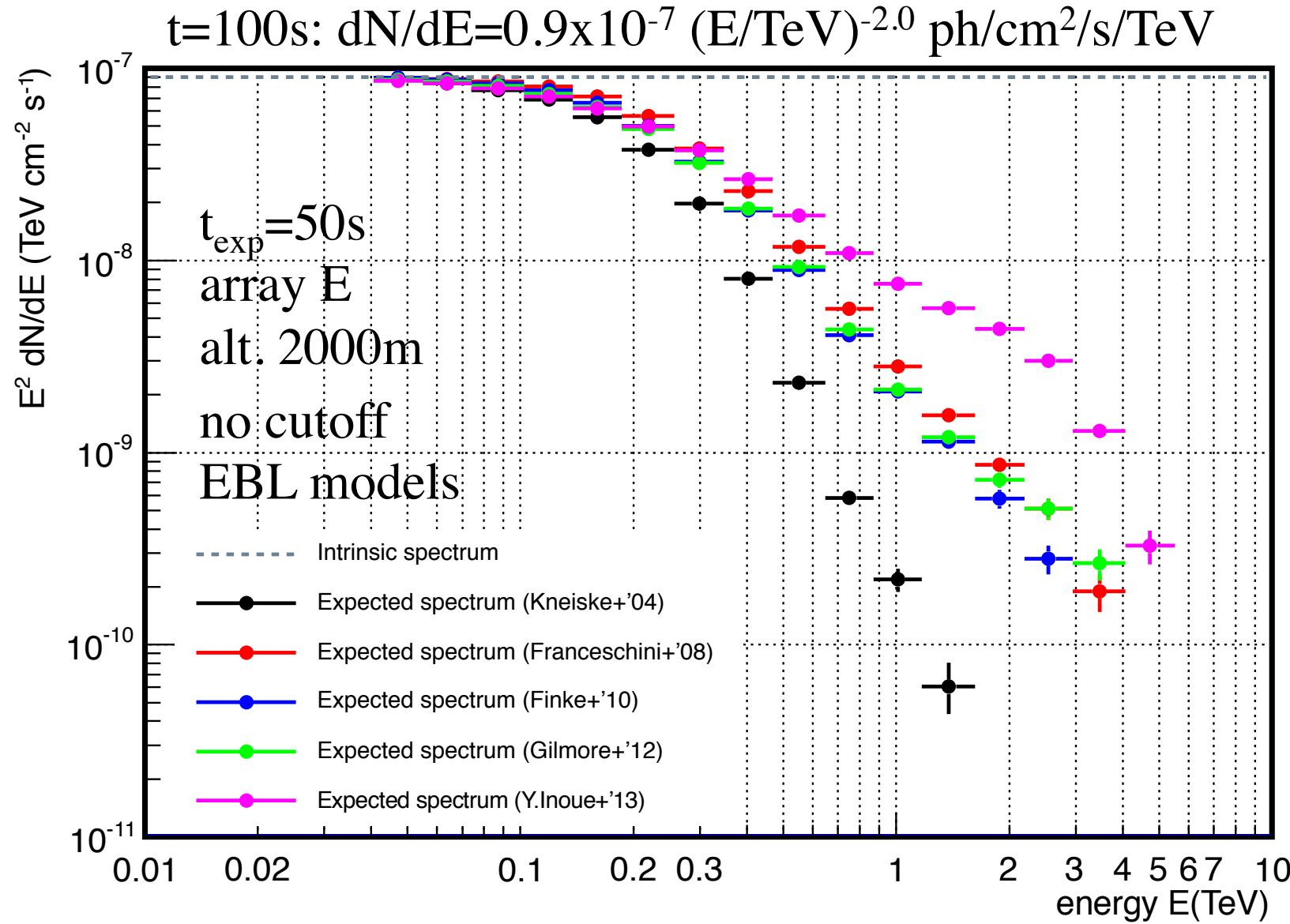
GRB 130427A

Au calme clair de lune triste et beau... - P. Verlaine
悲しく美しいあの月の光の静寂に...



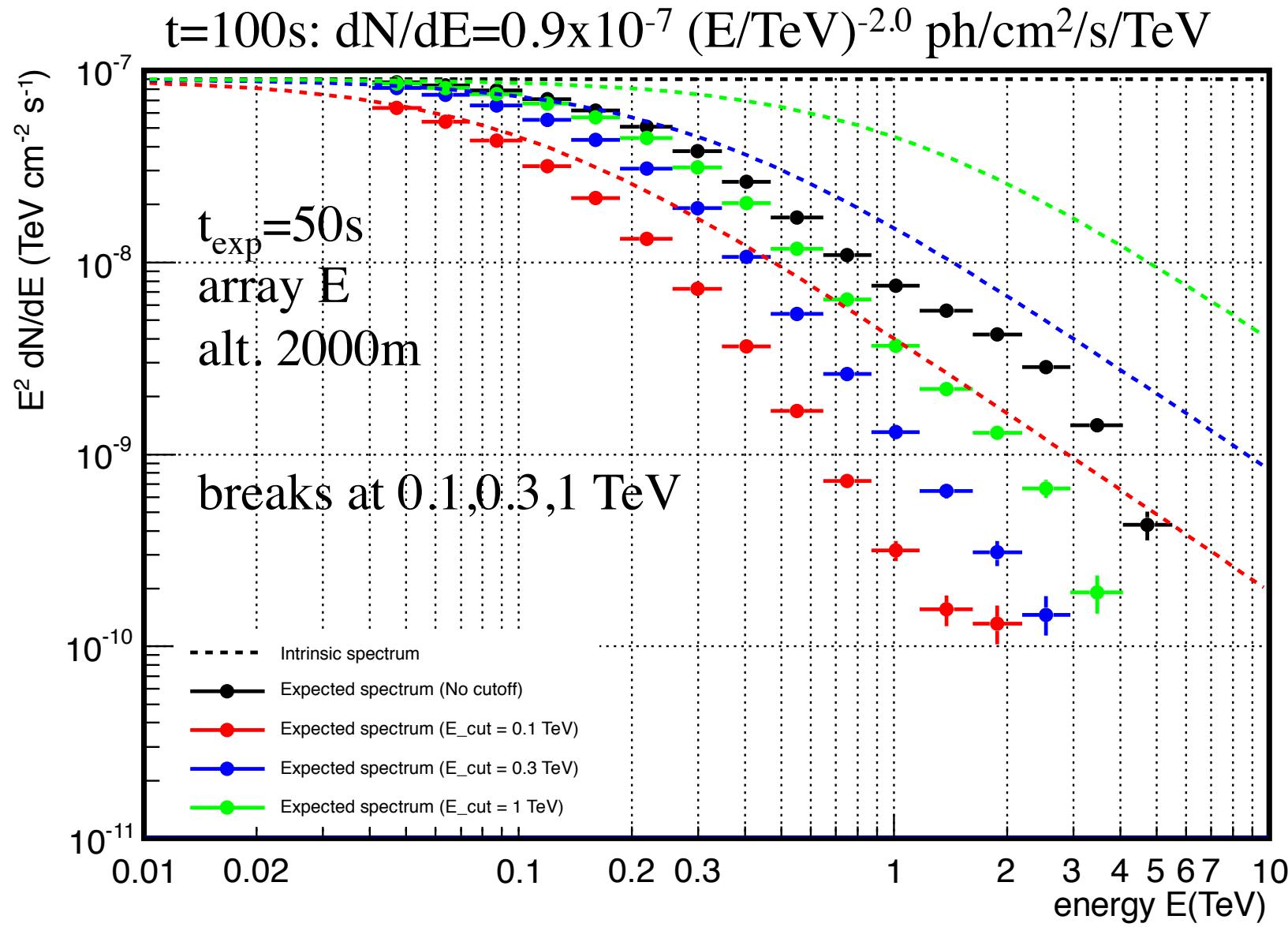
*One more moondance with you in the moonlight
on a MAGIC night... - V. Morrison*

GRB spectra with CTA: GRB 130427A (z=0.34)



~81000-110000 photons, significance ~280-340 sigma
array B+3700m \rightarrow ~134000-155500 photons

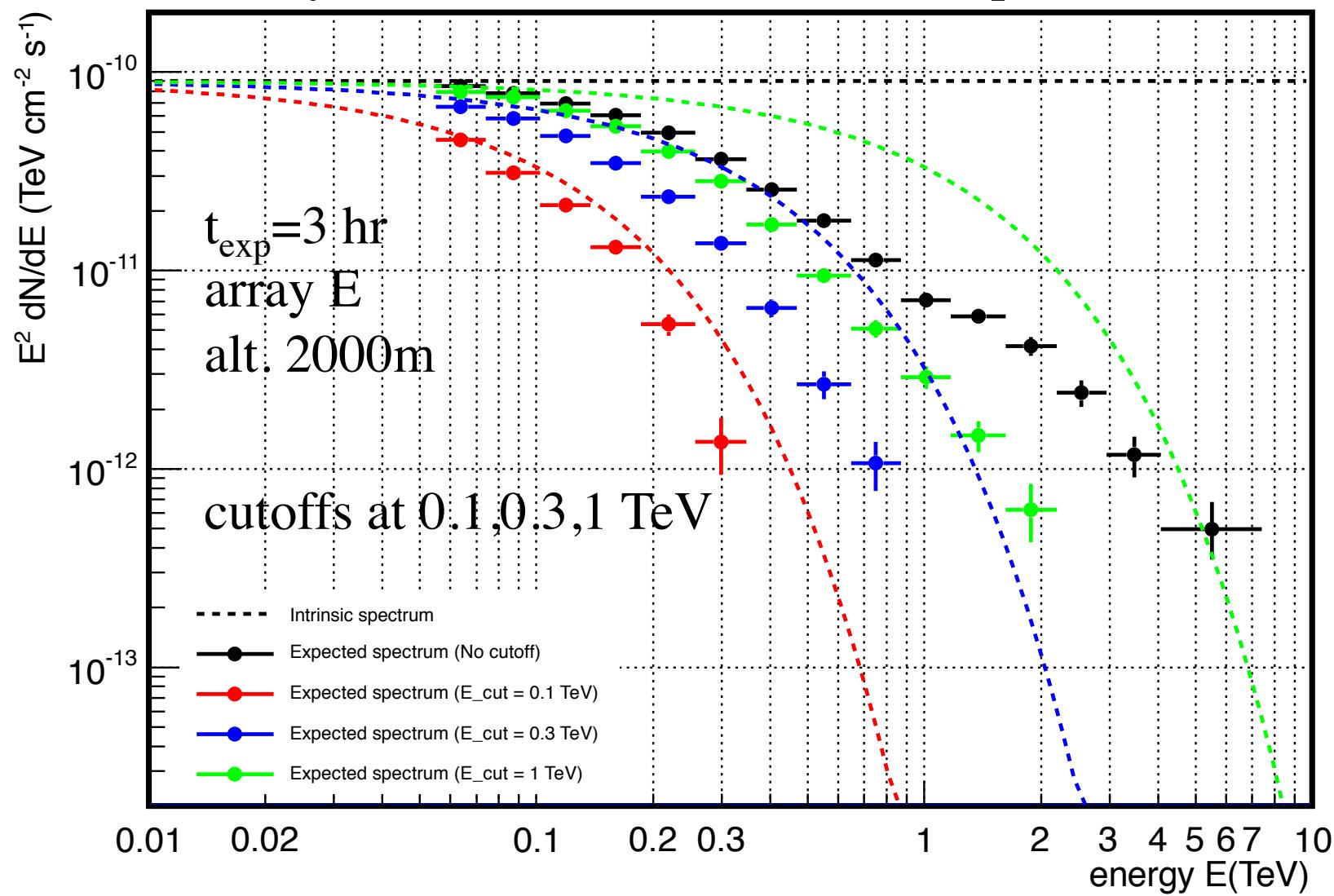
GRB spectra with CTA: GRB 130427A (z=0.34)



~43000-110000 photons, significance ~210-330 sigma

GRB spectra with CTA: GRB 130427A (z=0.34)

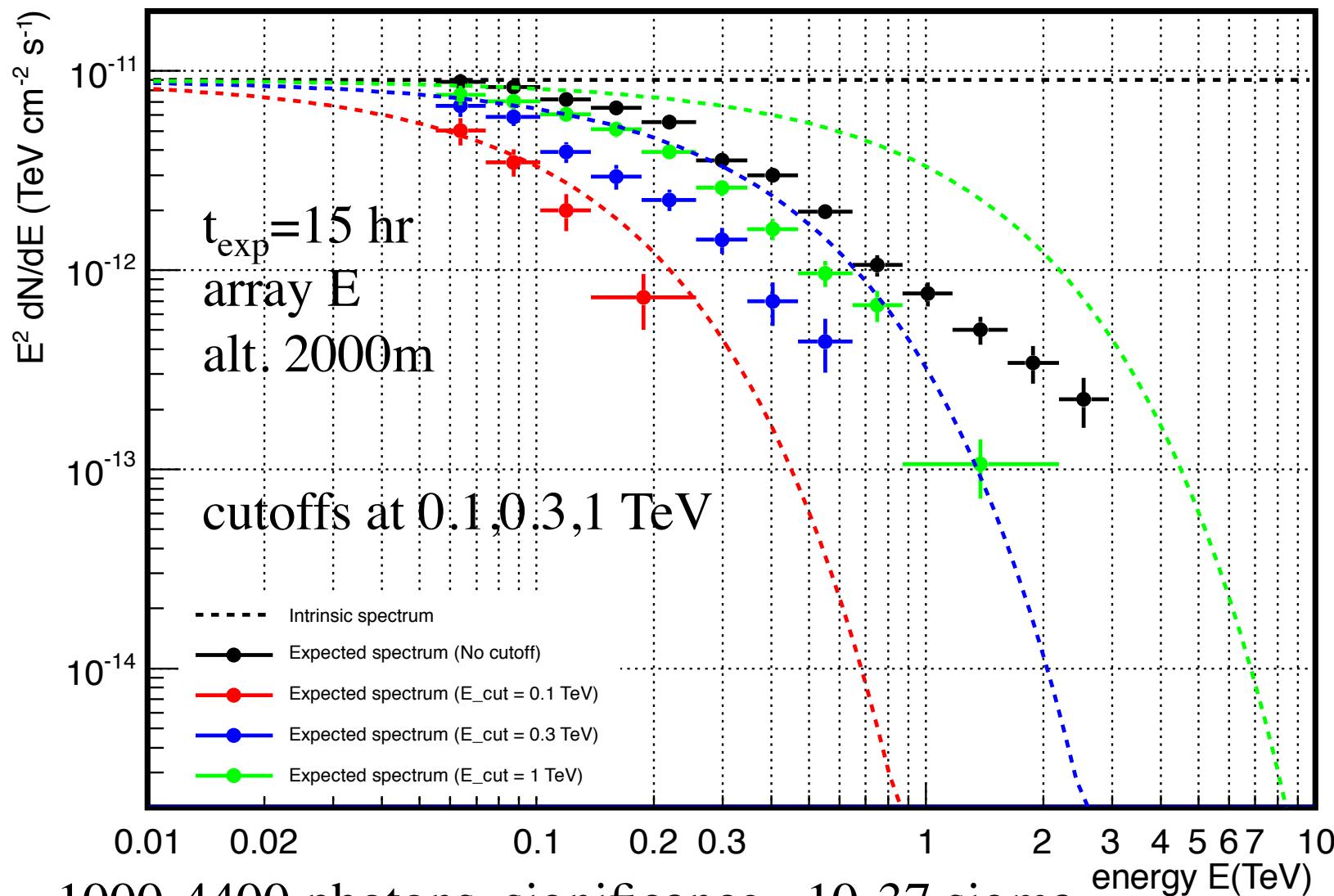
$t=1$ day: $dN/dE = 0.9 \times 10^{-10} (E/\text{TeV})^{-2.0}$ ph/cm²/s/TeV



~2000-8400 photons, significance ~30-80 sigma
array B+3700m > ~8500-10000 photons

GRB spectra with CTA: GRB 130427A (z=0.34)

t=10 day: $dN/dE = 0.9 \times 10^{-11} (E/\text{TeV})^{-2.0}$ ph/cm²/s/TeV

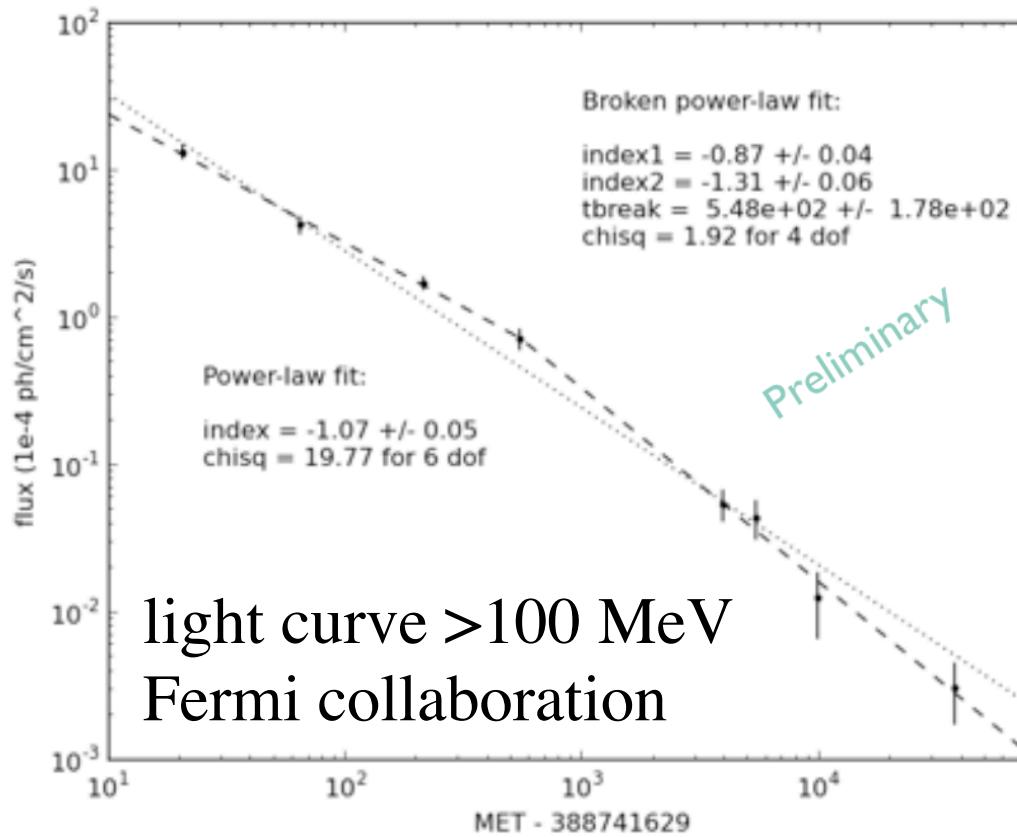


~1000-4400 photons, significance ~10-37 sigma

array B+3700m \rightarrow ~1100-5400 photons

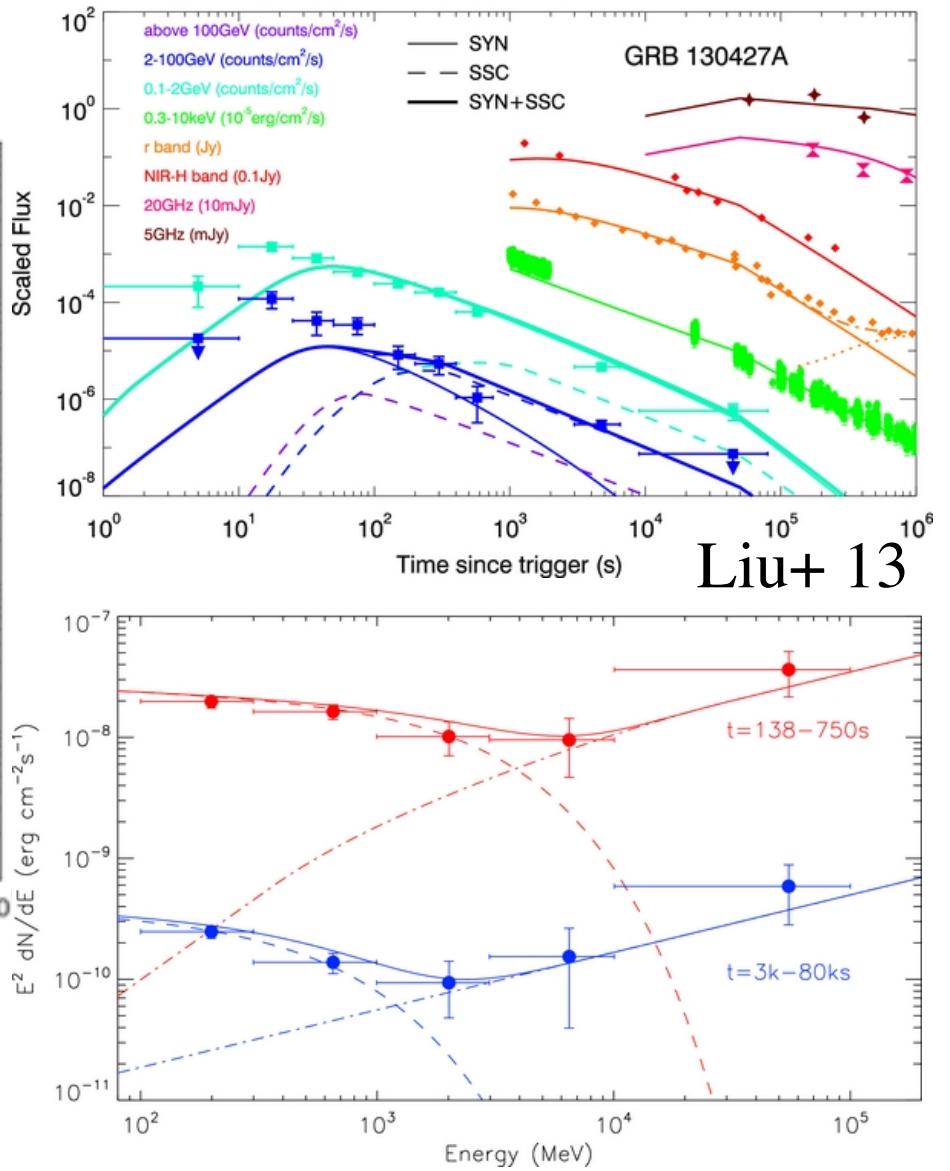
detectable by current IACTs, under new Moon??

GRB 130427A: Fermi LAT



evidence of break at $t \sim 500$ sec?
 -> factor~3 less flux at $t \sim 10$ day

event rate: $\sim 1/30$ yr??



SSC likely at <10 GeV
 -> shallower decay

最後に一言

SN 1987Aからのニュートリノ検出

1986年、研究会にて

T先生：「超新星は100年に一度しか起きませんよ。
ははは...」



一年後の研究会にて：

鈴木洋一郎氏：「あれ、T先生何でおっしゃいましたっけ？」

なでしこジャパンのWC優勝

佐々木則夫監督：

「成功の反対は失敗ではなくやらないこと。」



<http://www-conf.kek.jp/link13/>

X-raying the Gamma-Ray Universe

-- CTA-X-ray LINK Meeting --

4 (Mon) - 6 (Wed) Nov. 2013
Yumoto Fujiya Hotel, Yumoto Hakone, Kanagawa-ken, Japan

Top	Overview	Registration	Program	Participants	Venue
-----	----------	--------------	---------	--------------	-------



The Fujihara Foundation of Science

招待講師

- Shinichiro Ando (GRAPPA)
- Roger Blandford (Stanford)*
- Gianfranco Brunetti (INAF)
- Joseph Gelfand (NYU)
- Alice K. Harding (NASA/GSFC)
- Fiona A. Harrison (Caltech)
- Yoshiyuki Inoue (SLAC)
- Nobuyuki Kawai (Titech)
- Jun Kataoka (Waseda)
- Dmitry Khangulyan (JAXA)
- Katsuji Koyama (Kyoto)
- Brian Lacki (NRAO/IAS)
- Kazuo Makishima (Tokyo)
- Paul O'Brien (Leicester)
- Gerd Puehlhofer (Tuebingen)
- Anatoly Spitkovsky (Princeton)
- Tadayuki Takahashi (JAXA)
- Marco Tavani (IASF-Roma/INAF)
- Masahiro Teshima (ICRR, MPP)
- Yasunobu Uchiyama (Rikkyo)
- Meg Urry (Yale)

反則なほど良い講師陣

締切過ぎています。登録がまだの方は今すぐ！

まとめ

- CTAは現行チェレンコフ望遠鏡より格段に高感度・低閾値
GRBなど遷移天体について数10 GeV以上ではFermiより遙かに強力
- 近傍 ($z < 1$) GRBの観測はGRBの物理解明に有効
spectral break/cutoffを通じてbulk Γ 、放射・粒子加速機構など
- GRB 130427Aほどのイベントは月にもめげずに辛抱強く
観測するべき?
- 準備しすぎることはない。悲観的にならずにとにかくやろう!