

多波長モニター観測によるブレーザーTON599の放射メカニズム推定

赤井 嵩宙, 深澤 泰司, 中岡 竜也, 今澤 遼 (広島大学), 川端 弘治 (宇宙科学センター)

1. Introduction

• ブレーザー

ブレーザーは活動銀河核 (AGN) の一種で、観測者の視線方向に向けた相対論的ジェットを持つという特徴がある。電磁スペクトル全域にわたって非熱的放射を放出し、宇宙で最も明るい天体の一つ ($L \approx 10^{42} \sim 10^{48} \text{ erg s}^{-1}$) として知られる。放射のエネルギー源は、超大質量ブラックホール ($10^6 \sim 10^{10} M_{\odot}$) への物質の降着によるものと考えられている。



ブラックホールとそこから噴き出すジェットのイメージ

2. Target

TON 599 (4C29.45, 4FGL J1159.5+2914)

TON 599は、広帯域で大きな変動を示すブレーザーであり、多様で複雑な変動特性からジェットの放射メカニズムを理解する上で重要な天体の1つとされている。2021年以降、光学からガンマ線に至るまで活動的な状態が続いており、多波長観測による解析が注目されている。

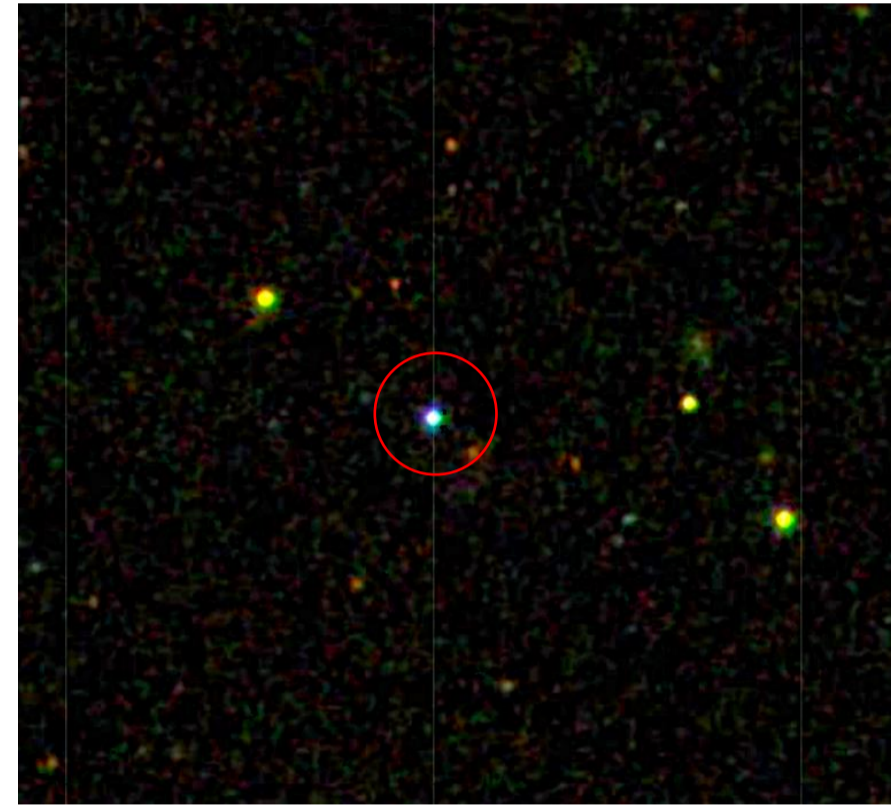
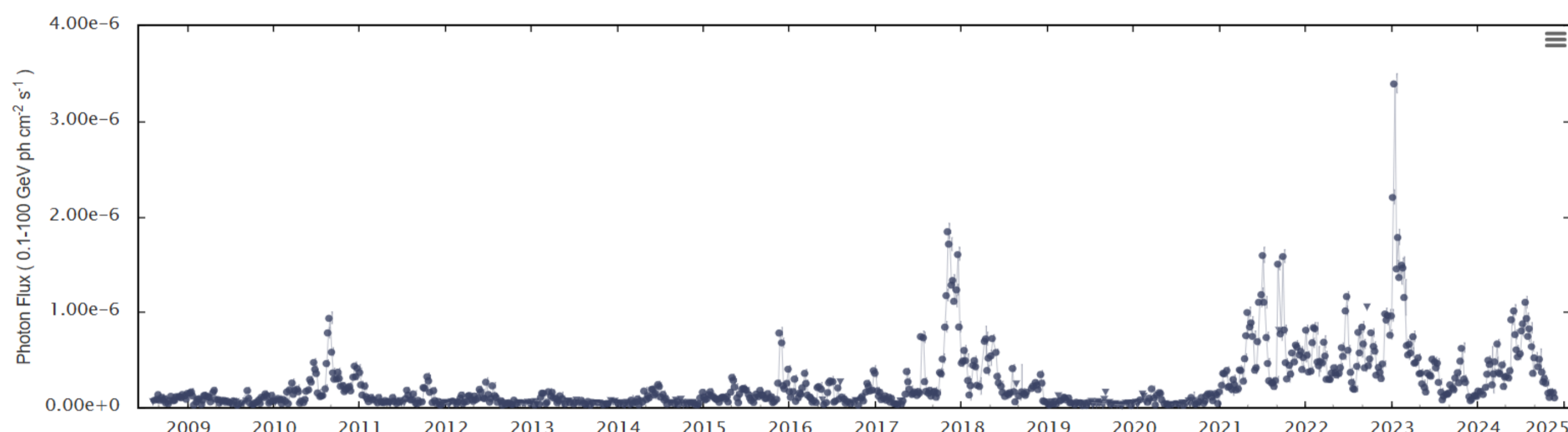


Image of TON599 (visible light)



TON599の2008年以降の γ 線ライトカーブ (Fermi LAT Light Curve Repository - Source Report)

3. Data

フェルミ望遠鏡搭載の大面积望遠鏡 (LAT), Swift衛星搭載のX線望遠鏡 (XRT), かなた望遠鏡を用いてTON 599の近赤外線, 可視光, X線, γ 線のライトカーブ, γ 線のスペクトル, および可視光の偏光データを取得した。

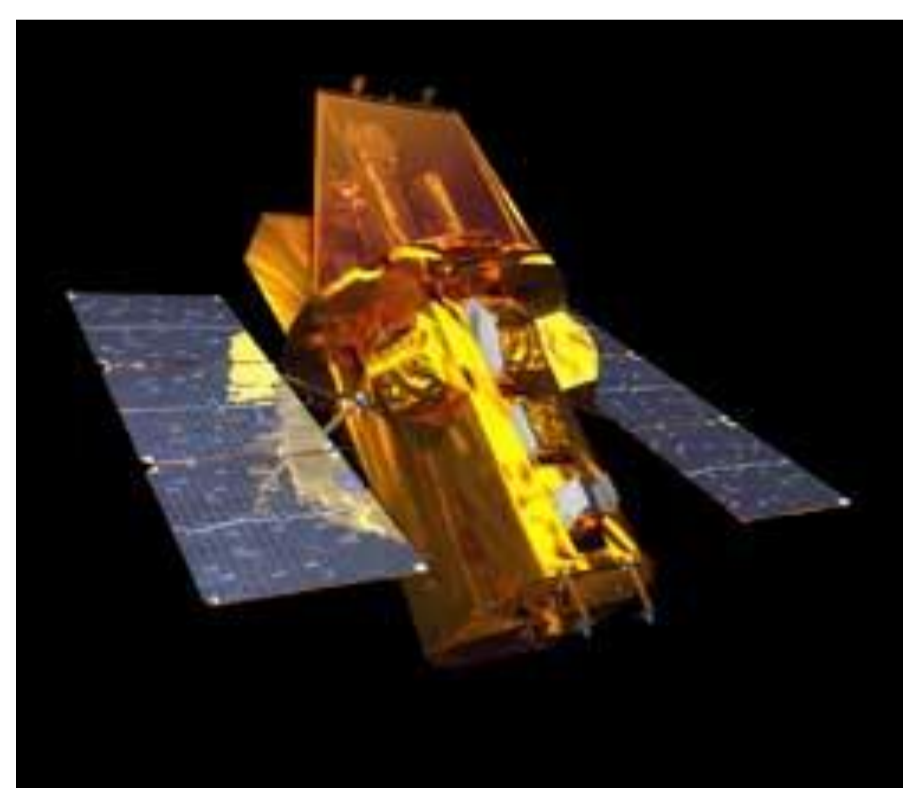
• Fermi - LAT

使用データ期間: 60250 ~ 60600 (MJD)
エネルギー帯域: 0.1 ~ 500 GeV



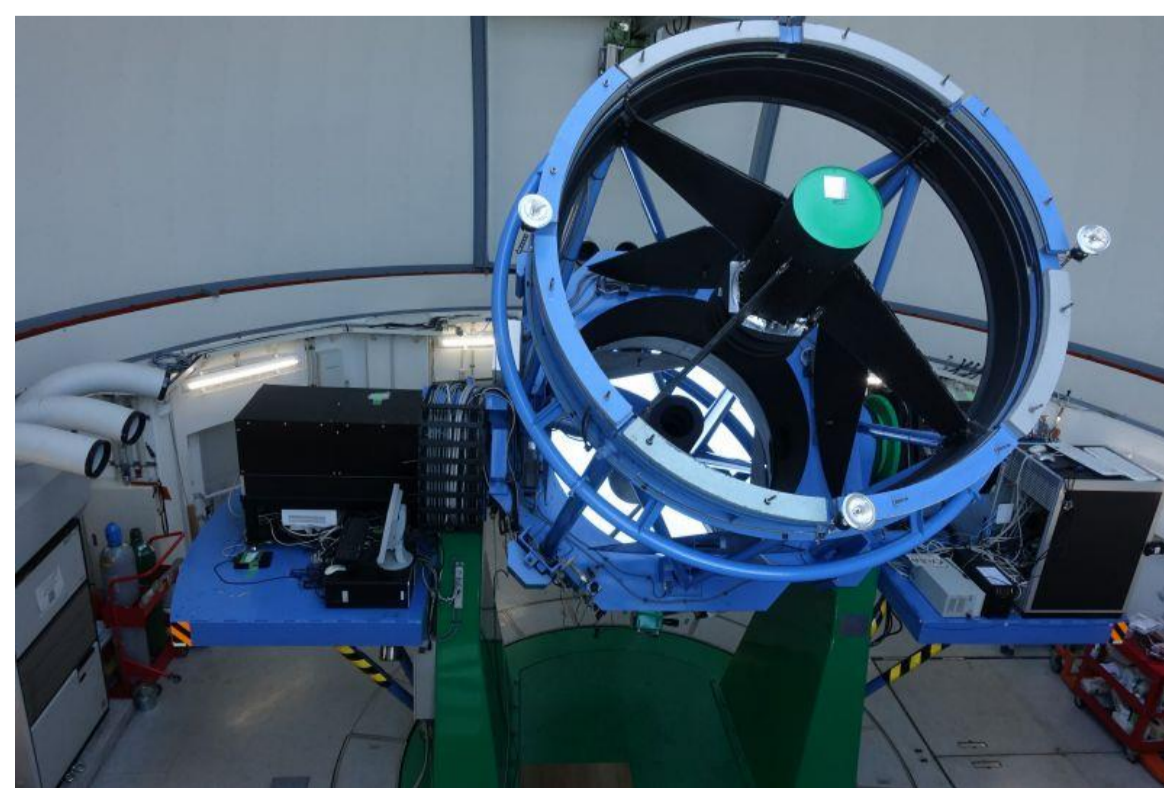
• Swift - XRT

使用データ期間: 60486 ~ 60517 (MJD)
エネルギー帯域: 0.3 ~ 10 keV

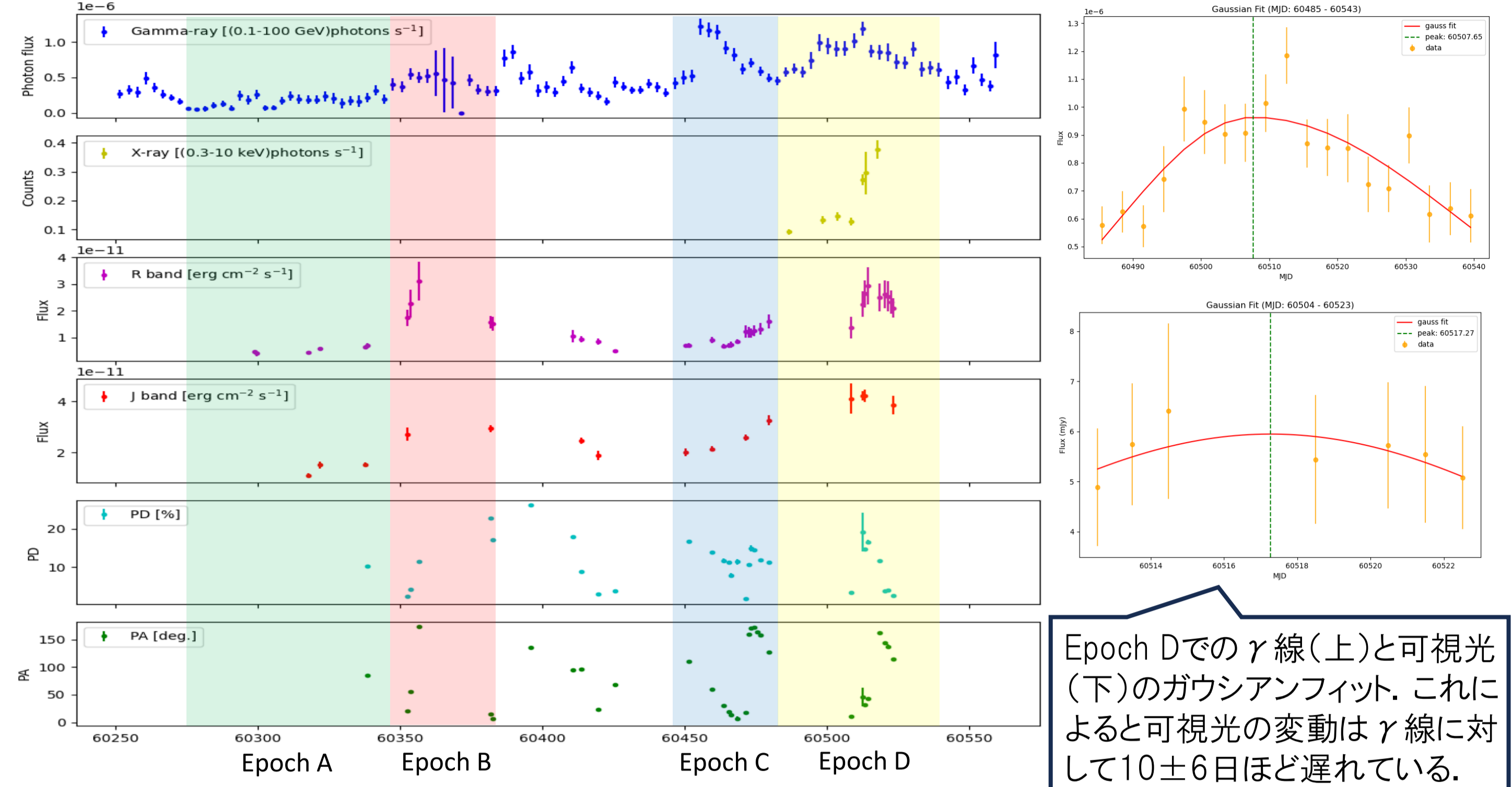


• かなた望遠鏡

観測期間: 60293 ~ 60523 (MJD)
バンド: J (近赤外線, 撮像)
R (可視光, 撮像・偏光)

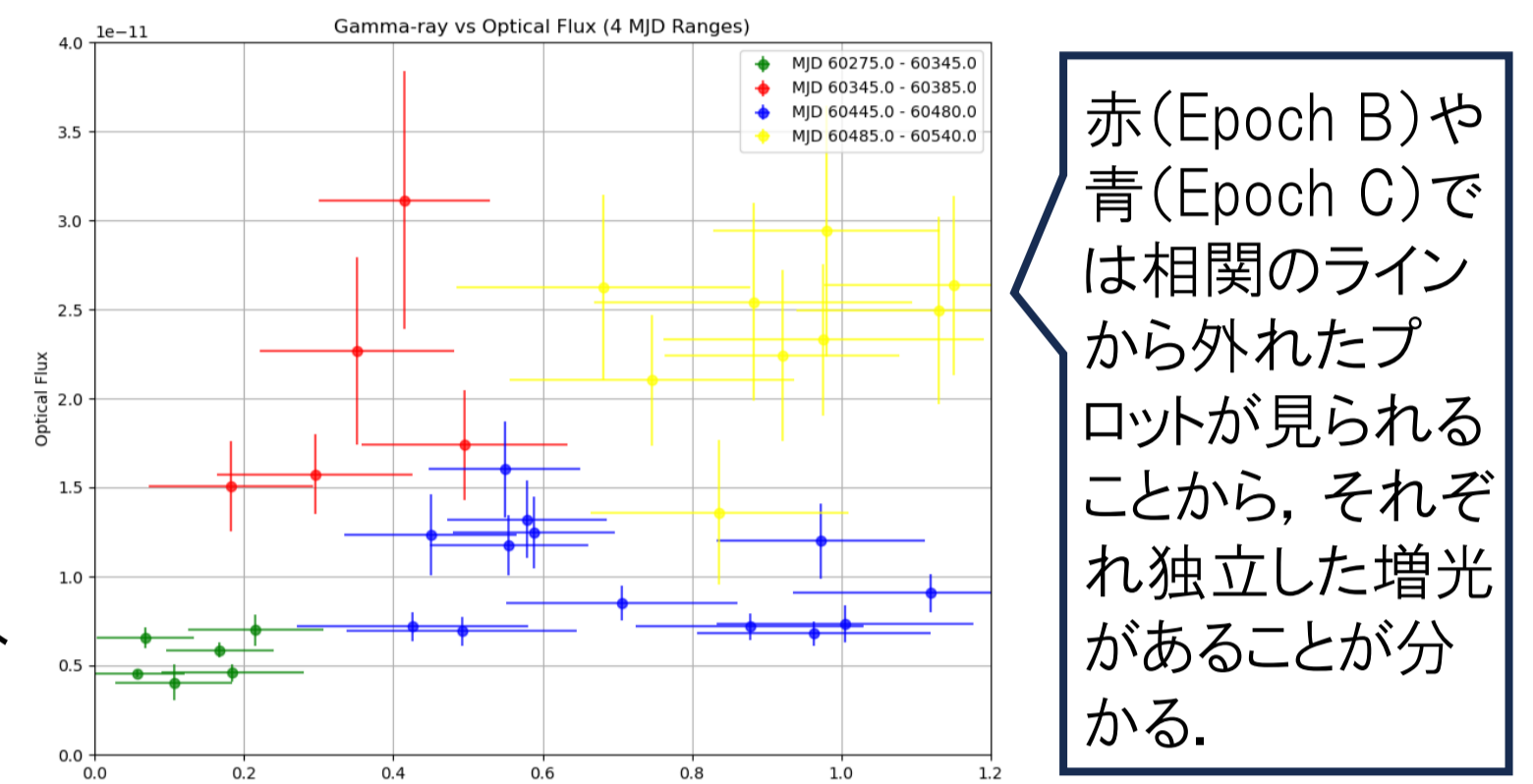


4. Results



Epoch Dでの γ 線(上)と可視光(下)のガウシアンフィット。これによると可視光の変動は γ 線に対して 10 ± 6 日ほど遅れている。

- Epoch A: 各波長で静穏期。
- Epoch B: 可視光のみで増光。増光のタイミングでPD, PAも変化。
- Epoch C: γ 線のみで顕著なフラックス上昇。期間内にPAが大きく変化。
- Epoch D: γ 線で2度目のフラックス上昇。同期間にX線, 可視光, 近赤外線もフラックス上昇。期間内にPD, PAも大きく変化。



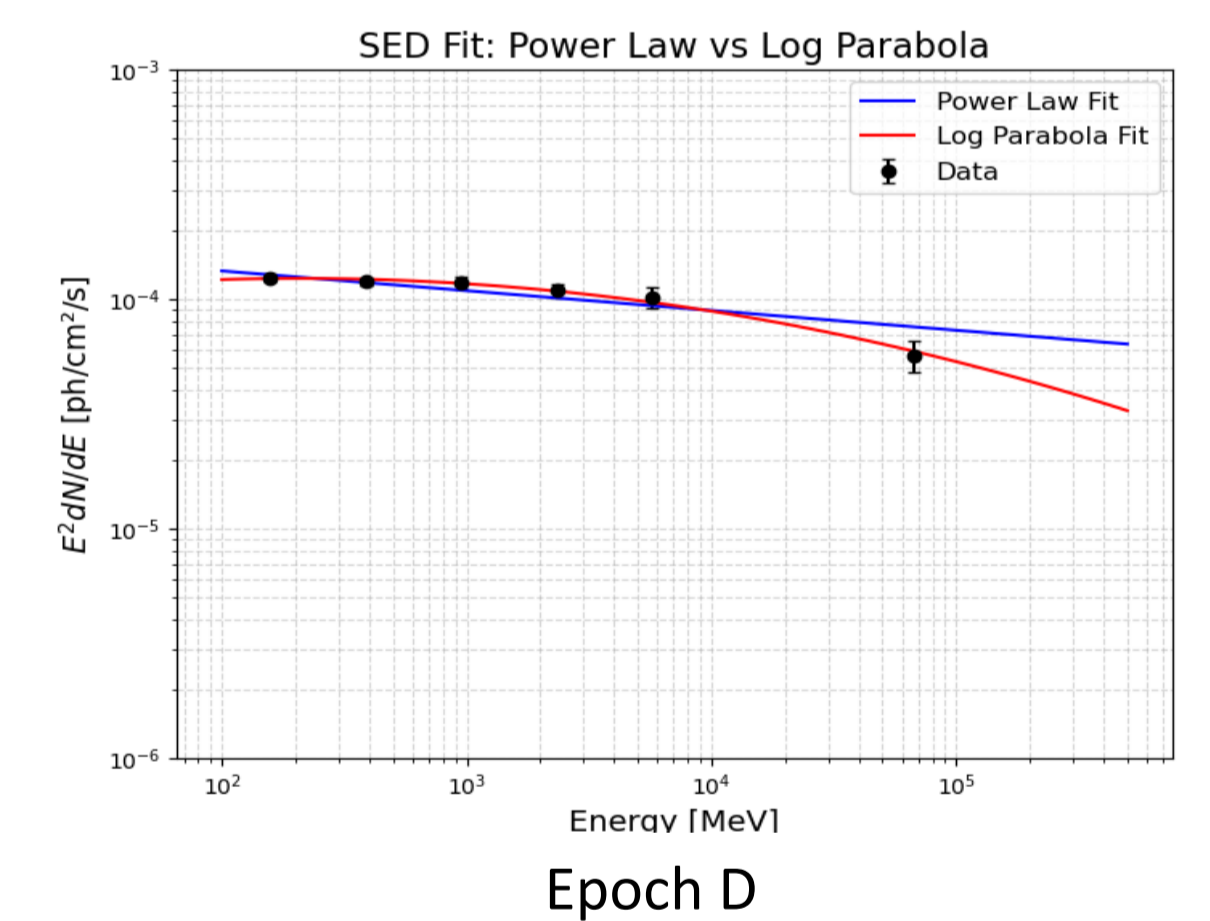
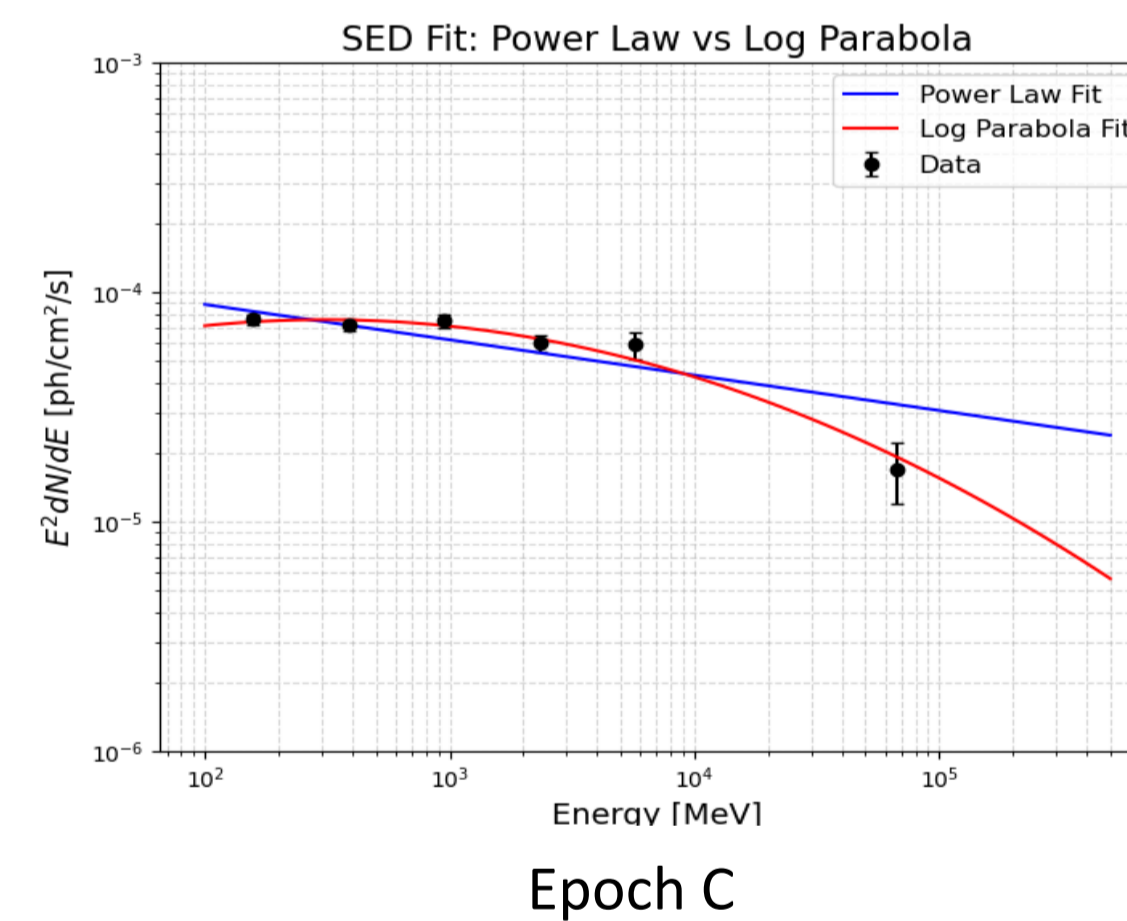
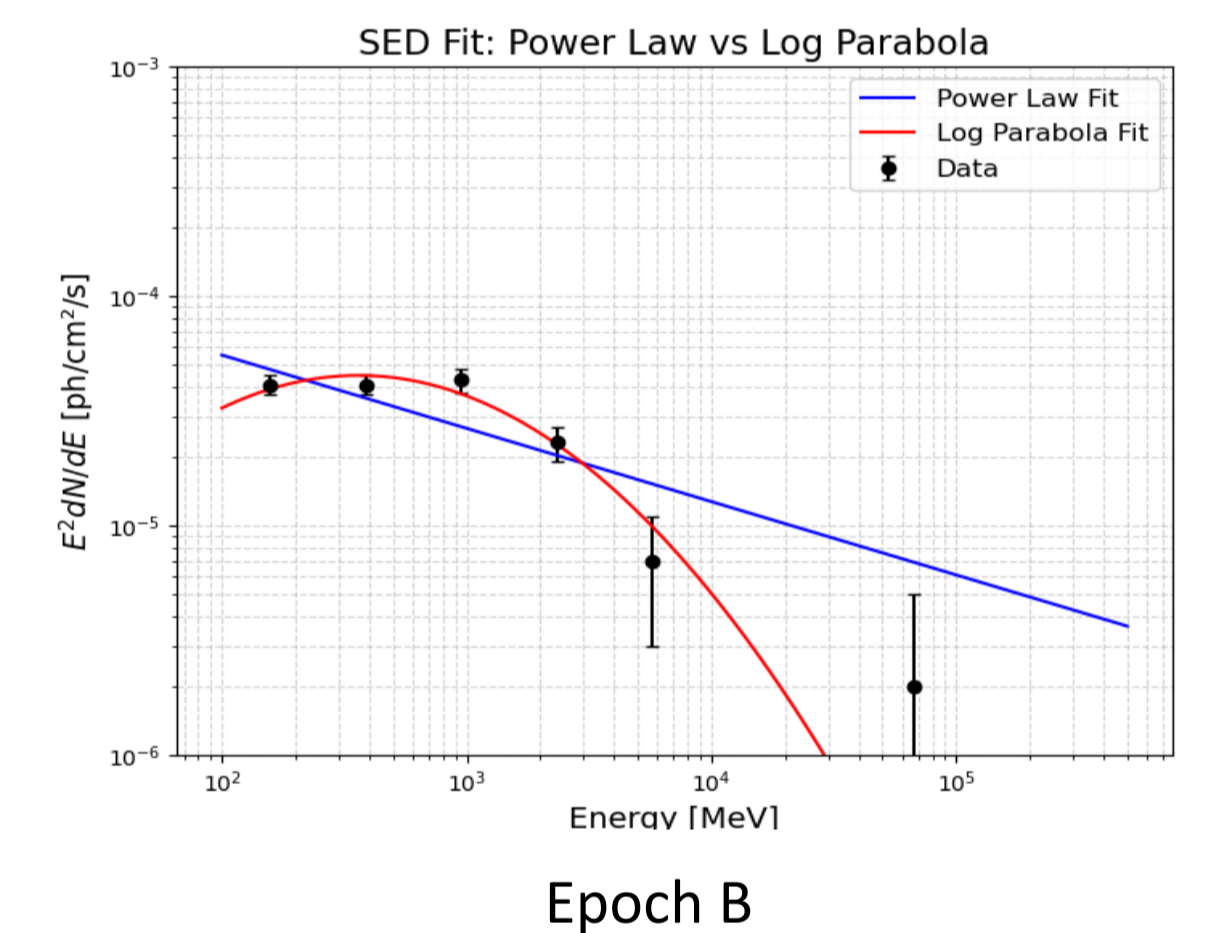
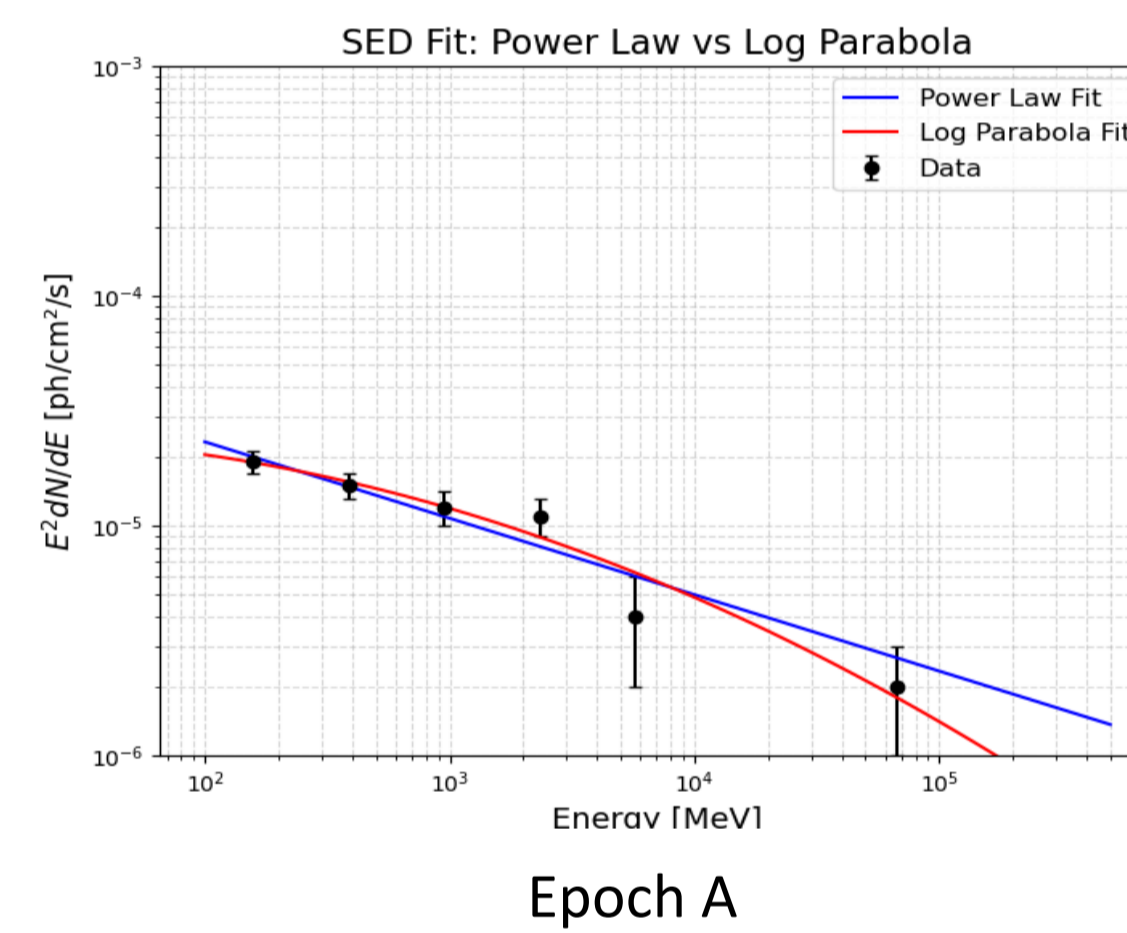
赤(Epoch B)や青(Epoch C)では相関のラインから外れたプロットが見られることから、それぞれ独立した増光があることが分かる。

5. Analysis

• ガンマ線スペクトル解析

Power law: $dE(E)/dE = N_0(E/E_0)^{\Gamma_P}$ (青線)

Log parabola: $dE(E)/dE = N_0(E/E_0)^{-\alpha-\beta \ln(E/E_0)}$ (赤線)



Epochs	PL		LP		TS_{curve}
	Γ_P	L_{PL}	α	β	
A	0.311 ± 0.049	71.900	0.311 ± 0.056	0.077 ± 0.066	72.687
B	0.319 ± 0.046	58.018	0.404 ± 0.083	0.457 ± 0.132	67.464
C	0.154 ± 0.022	56.819	0.112 ± 0.026	0.110 ± 0.030	66.153
D	0.086 ± 0.017	61.609	0.069 ± 0.017	0.050 ± 0.019	65.508

L : Likelihood function $TS_{\text{curve}} = 2(\log L_{LP} - L_{PL})$

- Epoch A: スペクトルの曲率は小さく, Epoch A~Dのうち最もよくPLに適合する。
- Epoch B: LPモデルの β の値がEpoch A~Dのうち最も大きく, スペクトルがソフトな状態。
- Epoch C: やや曲率を持ったスペクトル形状であるが, Epoch Bほどのソフトな状態にはない。
- Epoch D: PLモデルの Γ_P の値がEpoch A~Dのうち最も小さく, スペクトルがハードな状態。

観測期間内でガンマ線のスペクトル形状は大きく変化した。

⇒ 放射領域の物理的状態が数十日スケールで変化していることがうかがえる。

エポック B と C では $TS_{\text{curve}} > 16$ (4 σ レベル)となりLPモデルがより良く適合する。

6. Future work

- 観測期間内で γ 線のスペクトルの形状が変化していたことから, ジェット内の磁場や電子分布, 密度が変化していることが考えられる。
⇒ Epochごとの観測データを用いて多波長スペクトルフィッティングを行い, 期間ごとの磁場強度や電子密度などのパラメータを比較。
- 得られた結果と過去の観測例や放射モデルとを比較し, 各Epochの放射における物理的メカニズムを検討していく。
- 12月以降再びTON599が観測シーズンとなるため, 引き続きかなた望遠鏡でのモニター観測, および他波長との変動比較を行う。