

MAGIC望遠鏡による M87のTeVガンマ線観測

東海大学修士1年西嶋研究室 神本 匠
宇宙素粒子若手の会 2017/10/16

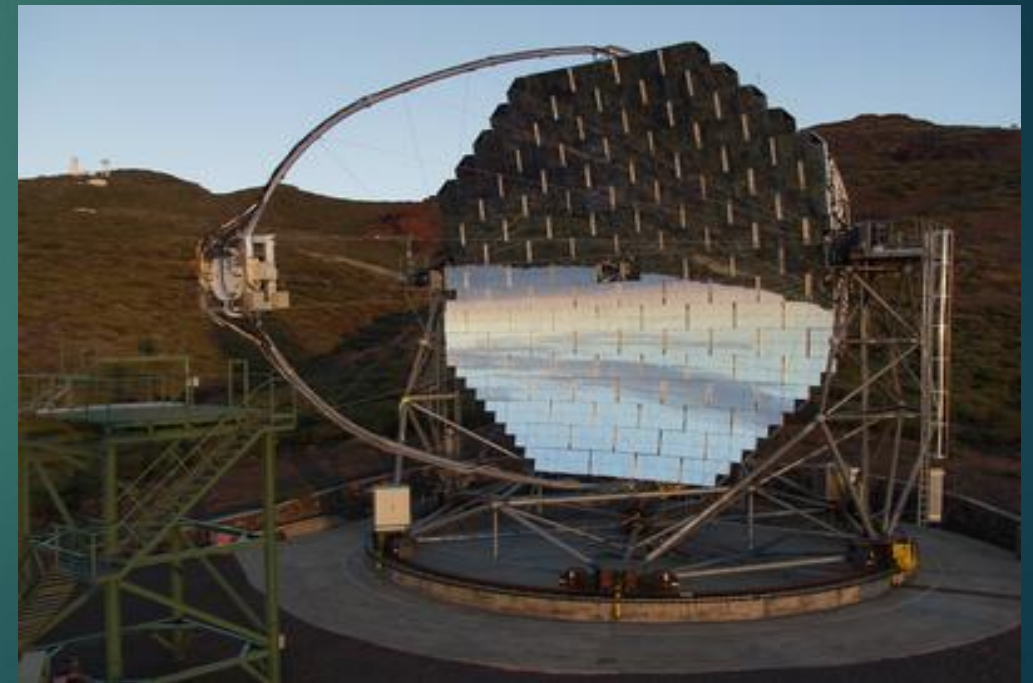
内容

- MAGIC
 - 空気シャワー
 - チェレンコフ光
 - イメージング法
- M87のTeVガンマ線観測
 - M87
 - VHEガンマ線と電波の相関
 - 解析条件
 - Data Cut
 - SED
 - Light Curve
 - Theta2 plots
- Moon Analysis
 - Moon Level
 - Crab Nebula(かに星雲)
 - 解析条件
 - SED
 - Light Curve

MAGIC

- ・ラ・パルマ島に設置されている2台の大気チェレンコフ望遠鏡であり、口径は17mである
- ・チェレンコフ放射を用いてガンマ線から放出される粒子のシャワーを検出する

項目	数値
エネルギー領域	50GeV~30TeV
開口面積	240平方メートル
視野	~3.5°
角度分解能	0.10°(100GeV) 0.07°(250GeV)



空気シャワー

原子核由来(陽子、ヘリウム)のもの→ハドロンシャワー

ガンマ線由来のもの→電磁シャワー

電磁シャワーとハドロンシャワーにはシャワーの形状にいくつか異なる点があり、それらを利用することでガンマ線イベントとハドロンイベントを分離する

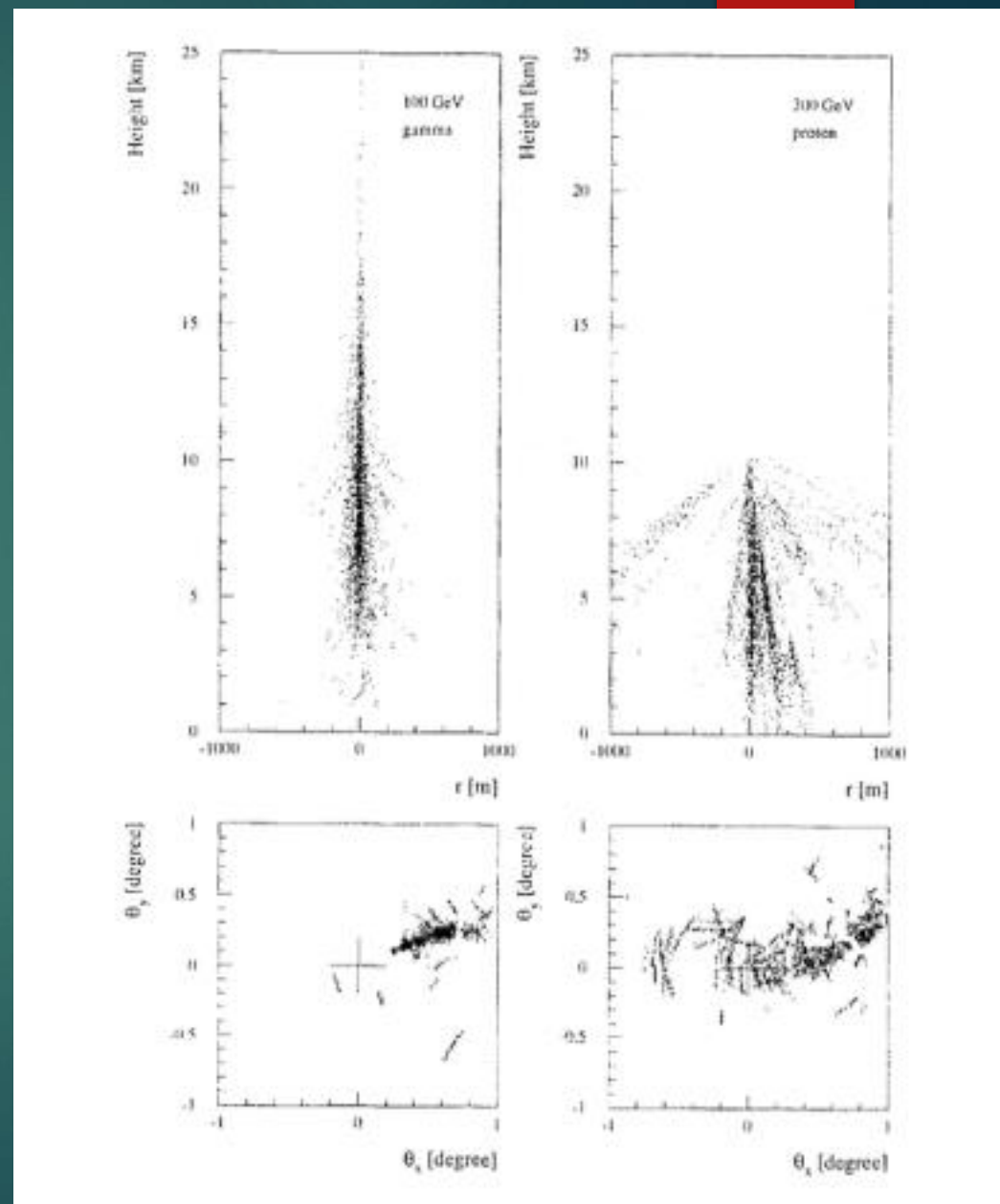
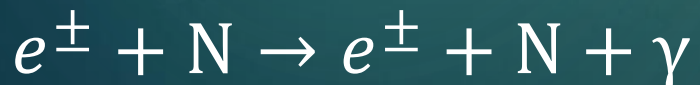
空気シャワー

<ハドロンシャワー>



- ・エネルギーのほとんどをミューオンが持ち去ってしまう
- ・個々の π 中間子は生成時に横方向の運動量を持つ

<電磁シャワー>



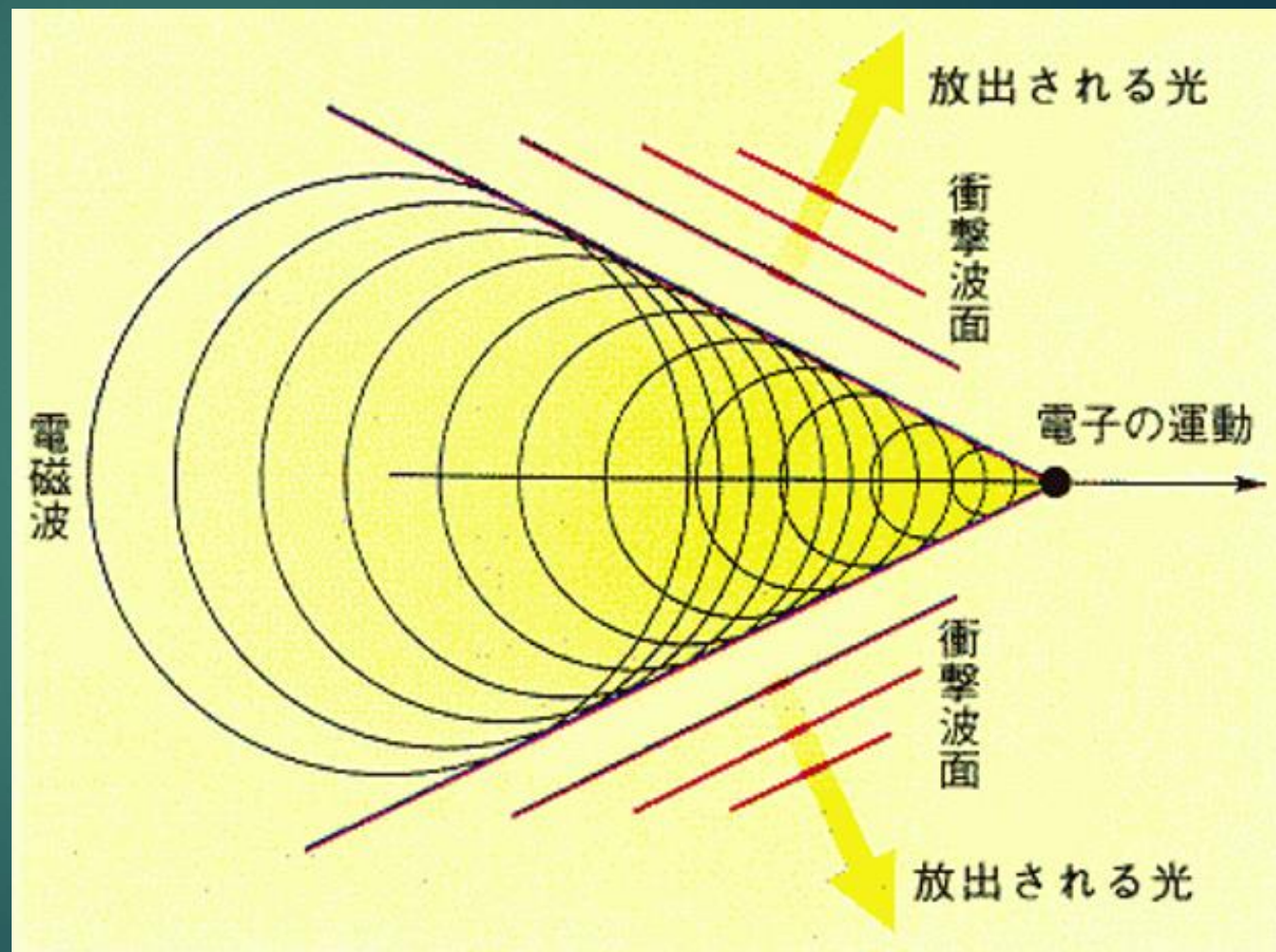
チェレンコフ光

放射条件

$$\beta = \frac{v}{c} \geq \frac{c}{n}$$

放射角

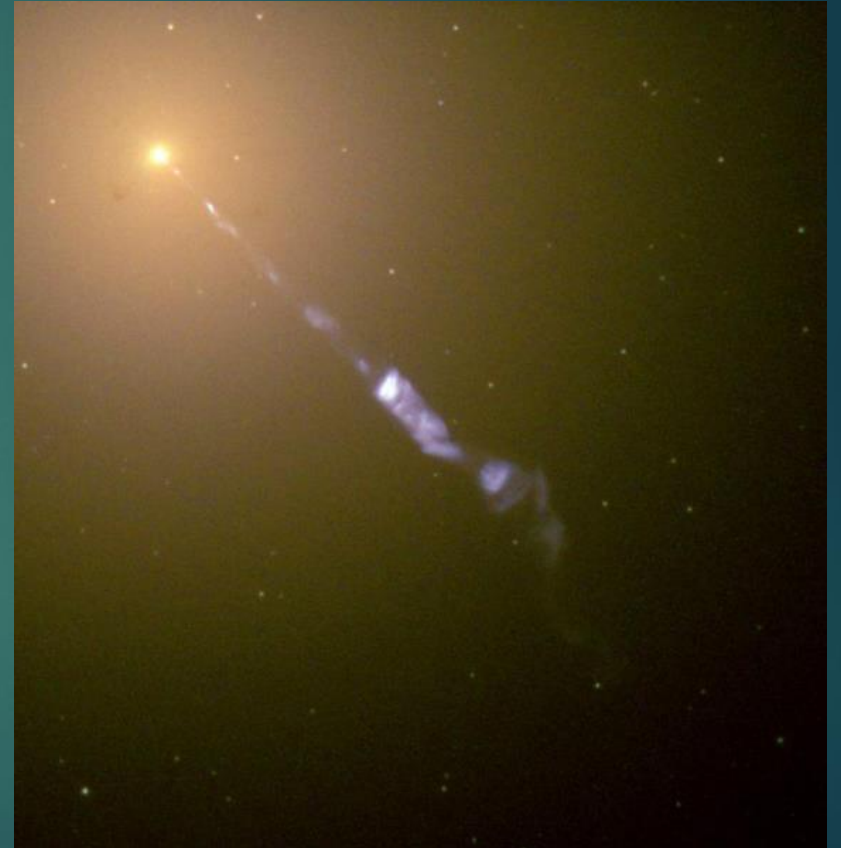
$$\cos\theta = \frac{1}{n\beta}$$



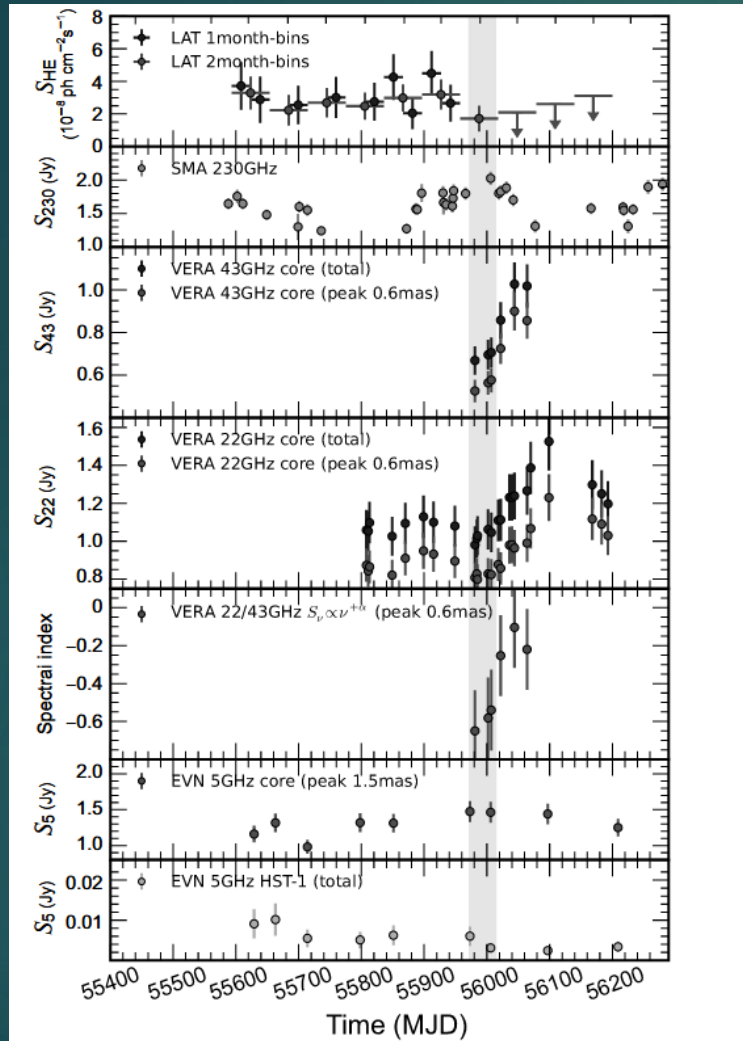
M87のTeVガンマ線観測

M87

- ・ VHEガンマ線で検出された最初の電波銀河
- ・ ジェットが視線方向からずれている非ブレイザー天体である
- ・ 約1日の時間スケールでの急速なフラックス変動を伴う→放射領域が非常に小さい
- ・ 過去のモニタリングでは2005年、2008年、2010年に主要なTeVフレアが観測されており、電波、X線などの多波長での検出に成功している。

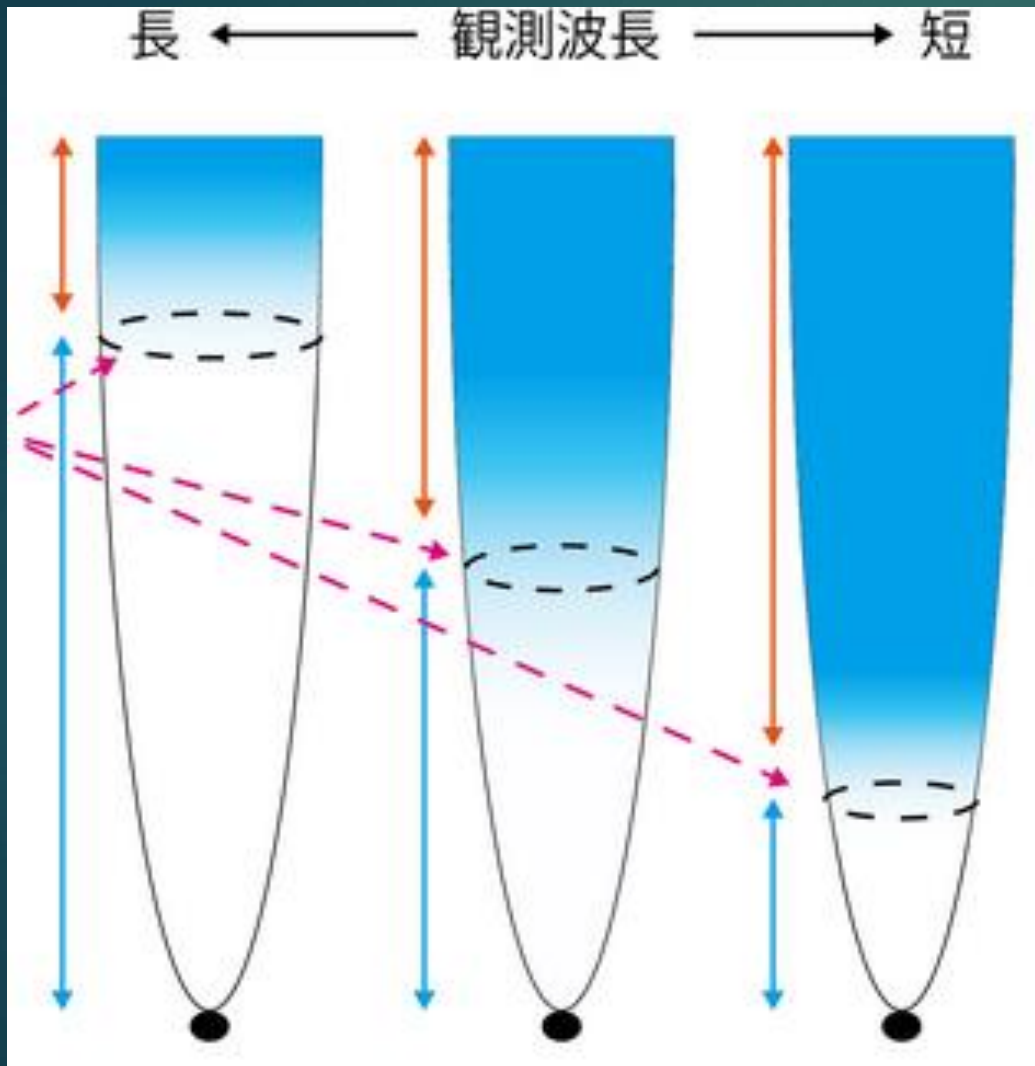


VHEガンマ線と電波の相関



- ・ VHEガンマ線が数週間の時間スケールで上昇傾向にあることが指摘された→ただし有意度が低い

- ・ 同時期にVERAの観測により7mmと13mmの波長で電波強度が上昇傾向にあることが判明→ガンマ線との相関の可能性→放射領域に制限



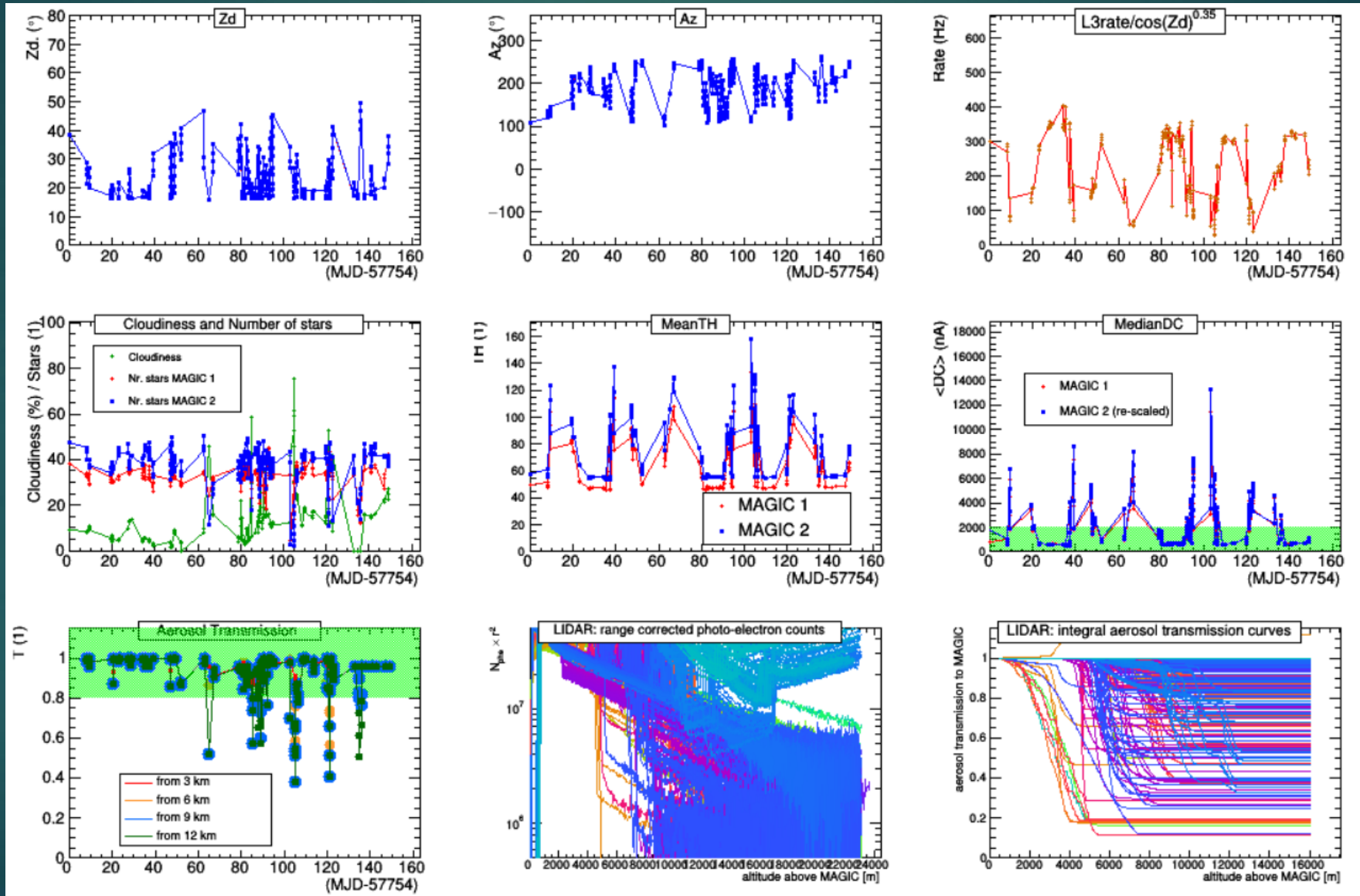
- ・波長の短い（=周波数の高い）電波で見ると、ジェット中のガスが電波に対して透明になるためにこれまで見えなかったジェットのより根元の部分、つまり噴出元のブラックホールにより近い場所を見通せる

- ・ジェットのもっとも根元の部分では、磁場やプラズマの密度が高く、シンクロトロン放射はジェット自身によって吸収されてしまってその領域を見る事ができなくなる。しかし観測する波長を短くしていくと、ジェットの電波を吸収する効果が小さくなり、より根元の部分を見る事ができます

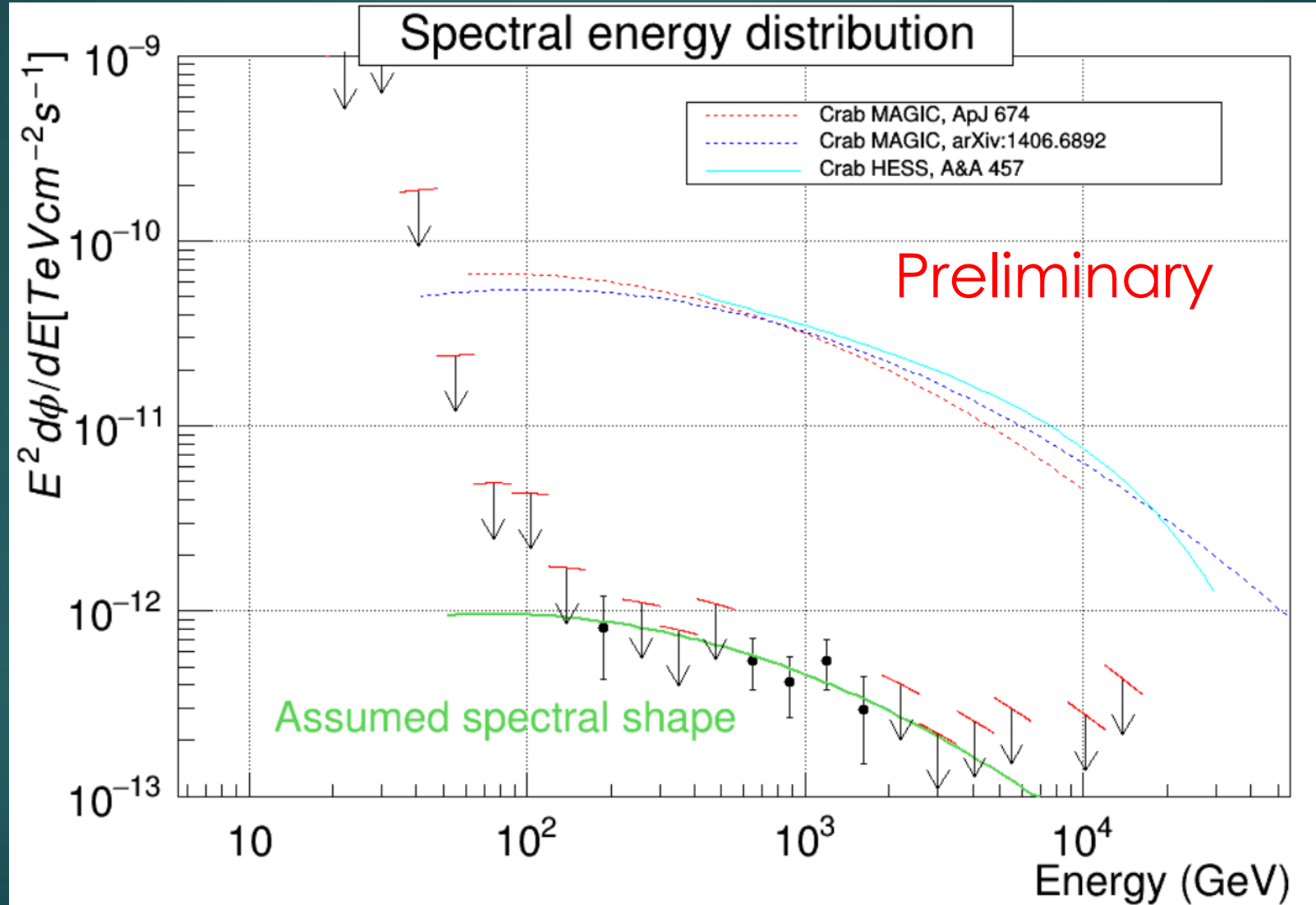
M87解析条件

- ▶ 期間：2017年1月1日~6月25日
- ▶ Energy range > 300GeV
- ▶ Zd range = 0~50°
- ▶ DCmax = 2μA
- ▶ MinAerosolTrans9km : 0.80

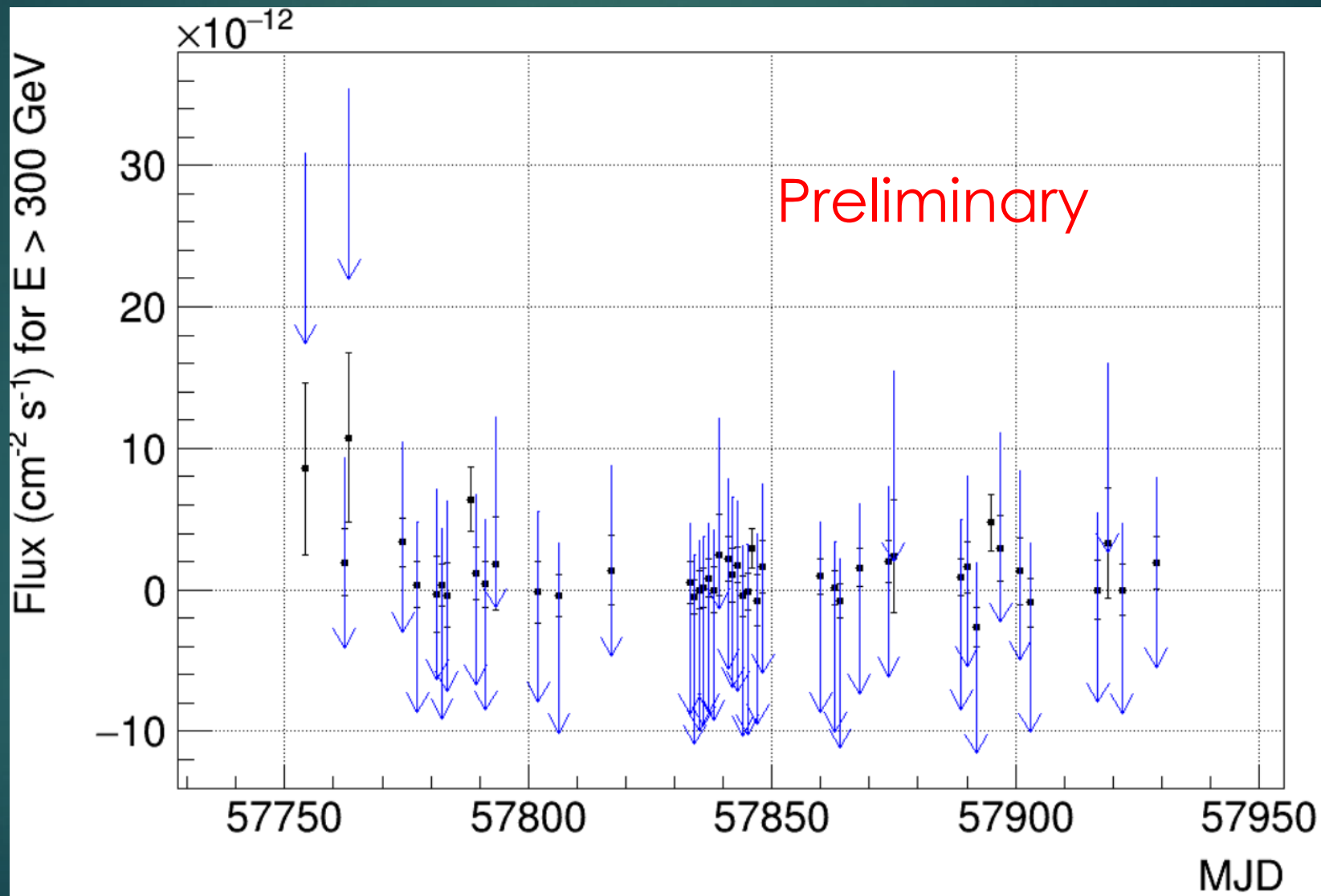
Data Cut



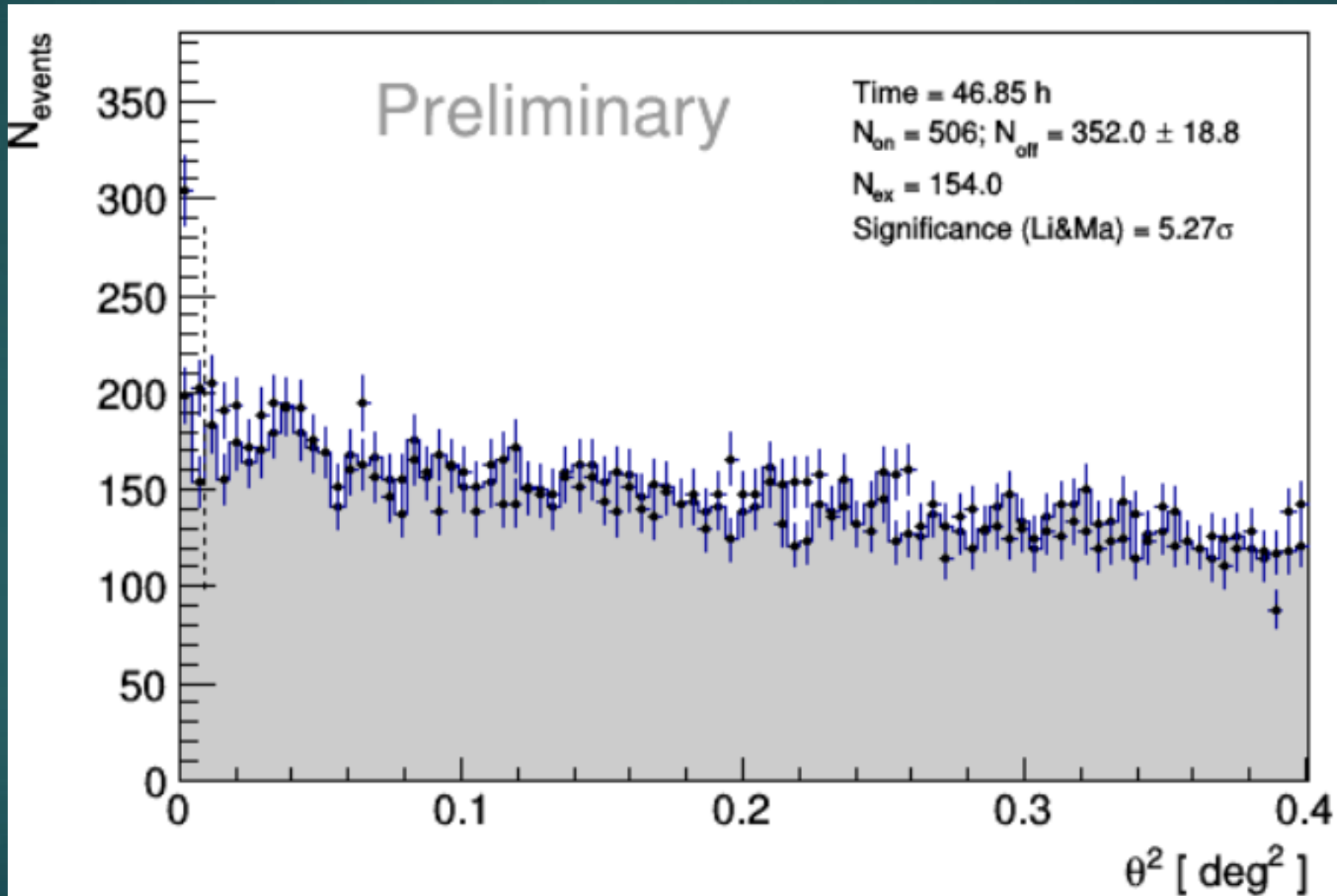
SED



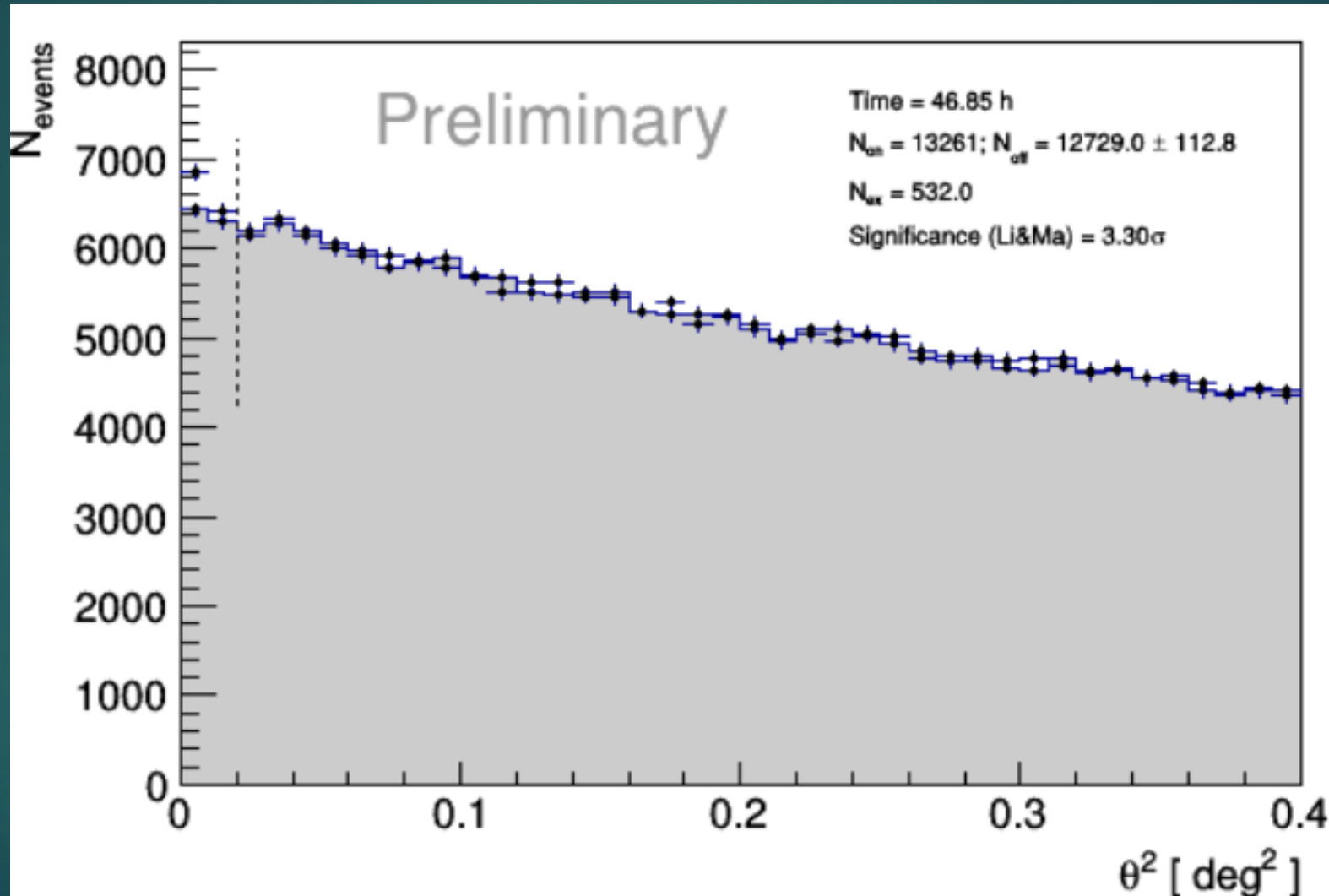
Light Curve



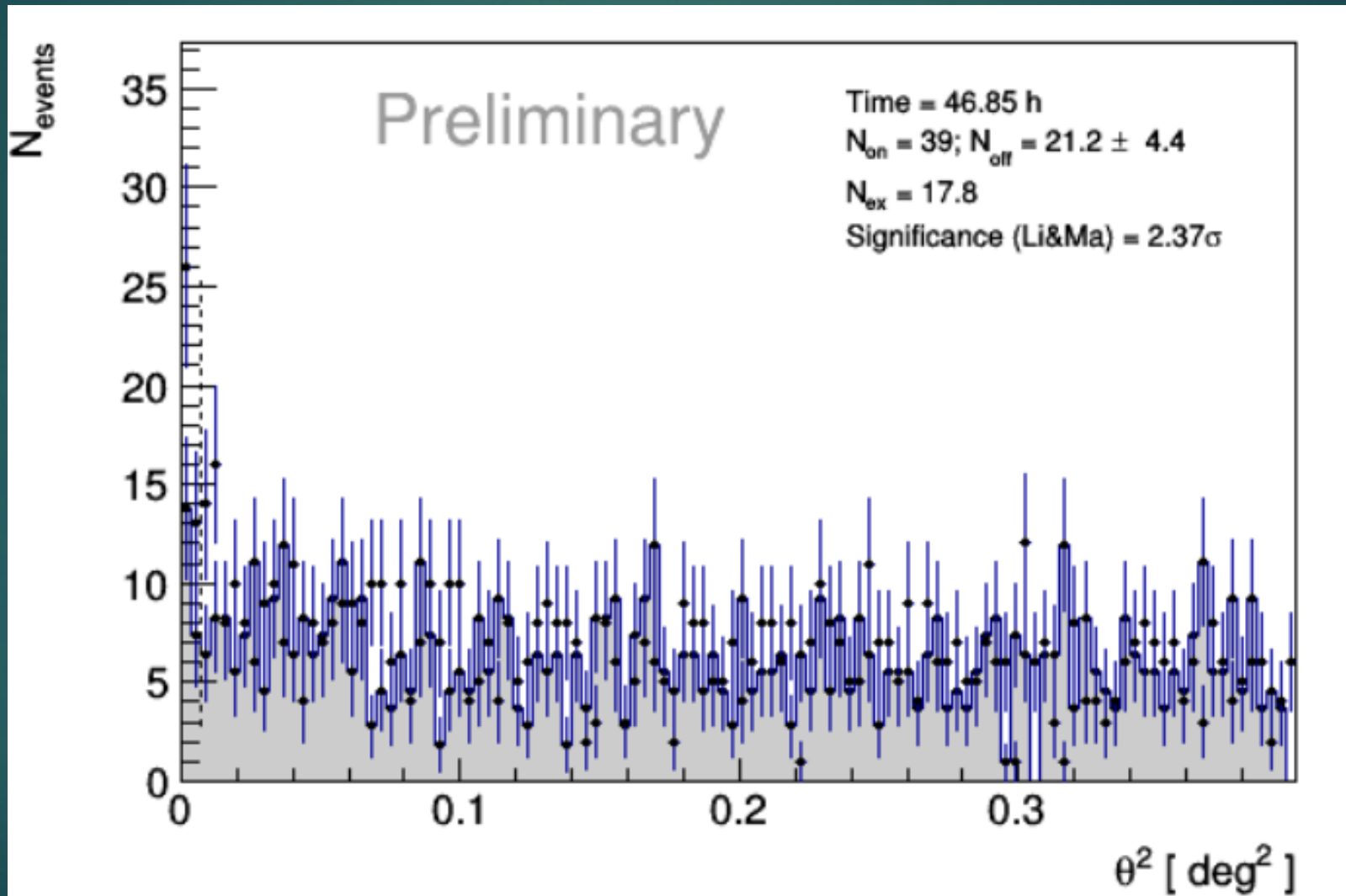
Theta2 plots(Full Range)



Theta2 plots(Low Range)

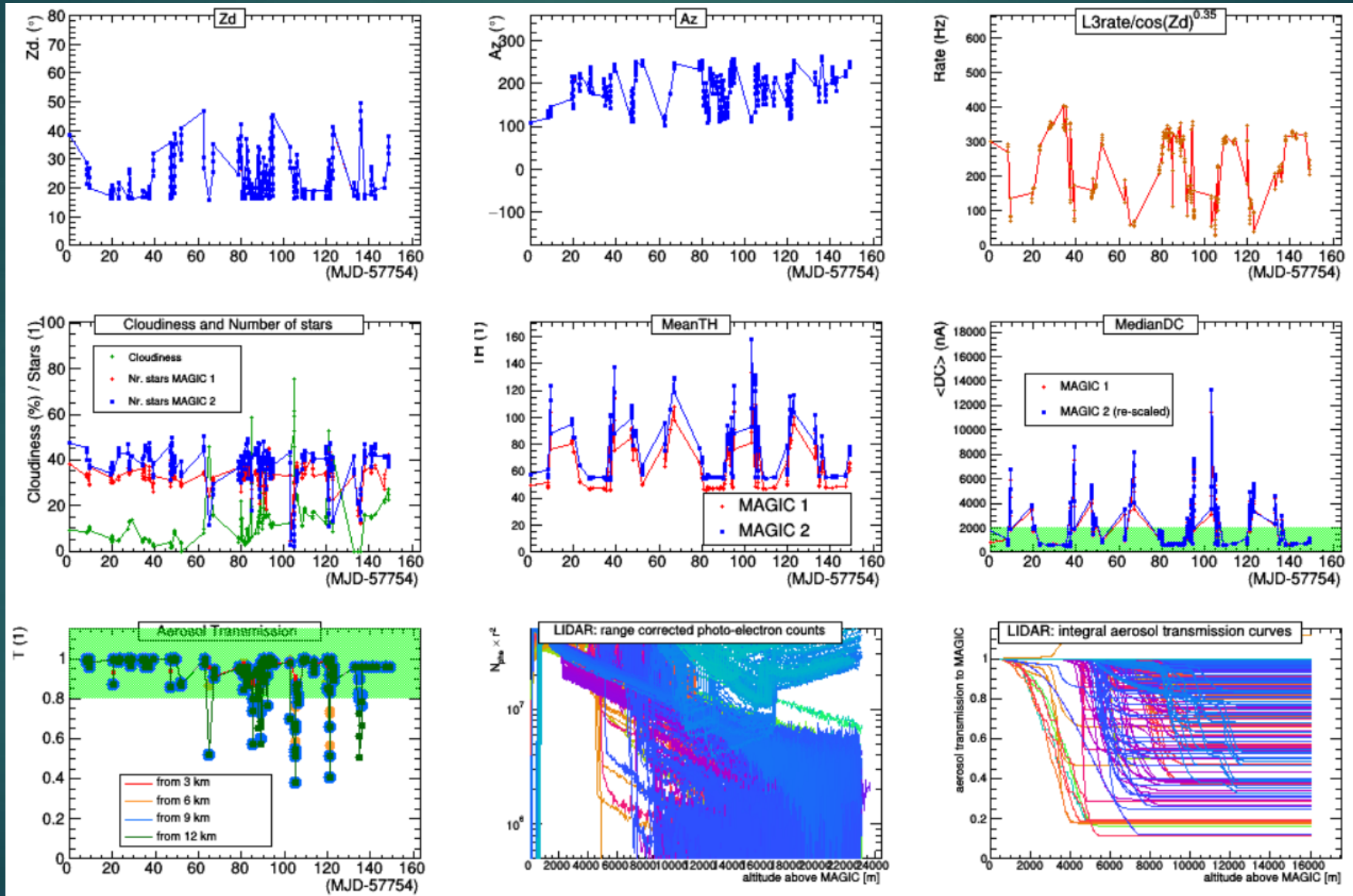


Theta2 plots(High Range)



Moon Analysis

Data Cut



Moon Level

▶ Dark

$$M1 \text{ DC} < 2\mu\text{A}$$

▶ Moderate Moon

$$2\mu\text{A} < M1 \text{ DC} < 4\mu\text{A}$$

▶ Descent Moon

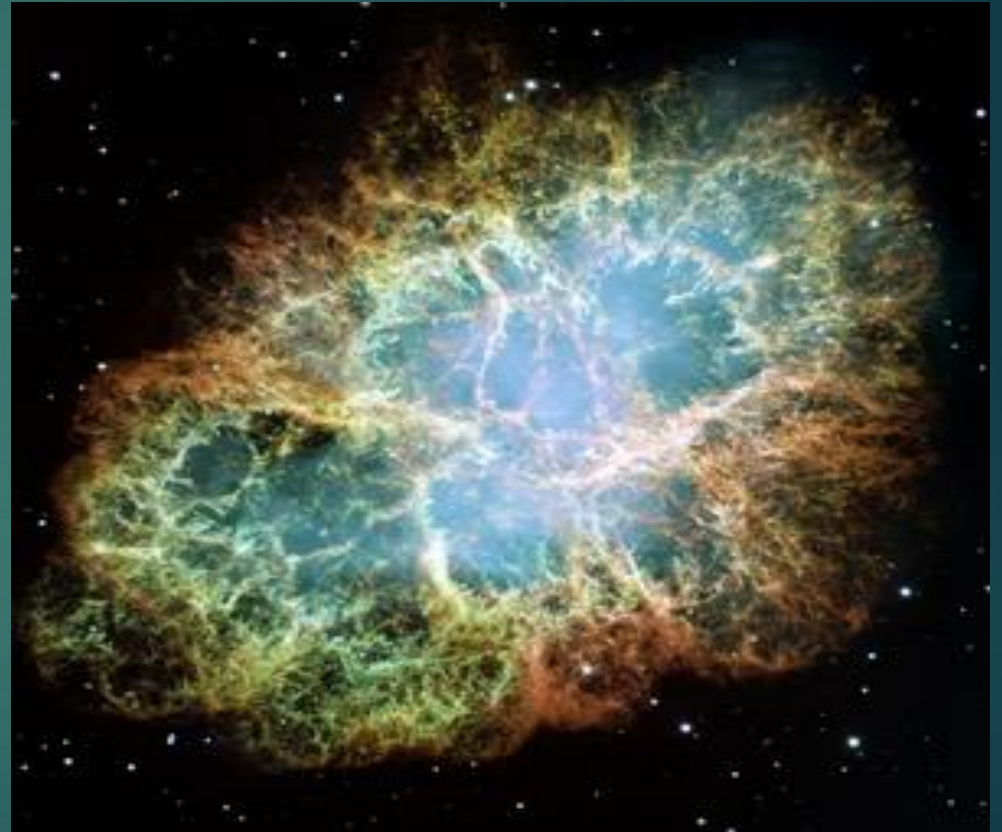
$$4\mu\text{A} < M1 \text{ DC} < 10\mu\text{A}$$

▶ Bright/Full Moon

$$10\mu\text{A} < M1 \text{ DC}$$

Crab Nebula (かに星雲)

- ・ 100GeV以上の高エネルギーガンマ線を放出する超新星残骸
 - ・ 直径数kmの中性子星を保有し、1秒間に30回転し、規則正しく光を放出しているように見えるパルサーがある
 - ・ 信頼できる一定のフラックスとSEDを示す
- ↓
- Moon解析によってノイズが適切に処理されているかどうかの判断材料になる

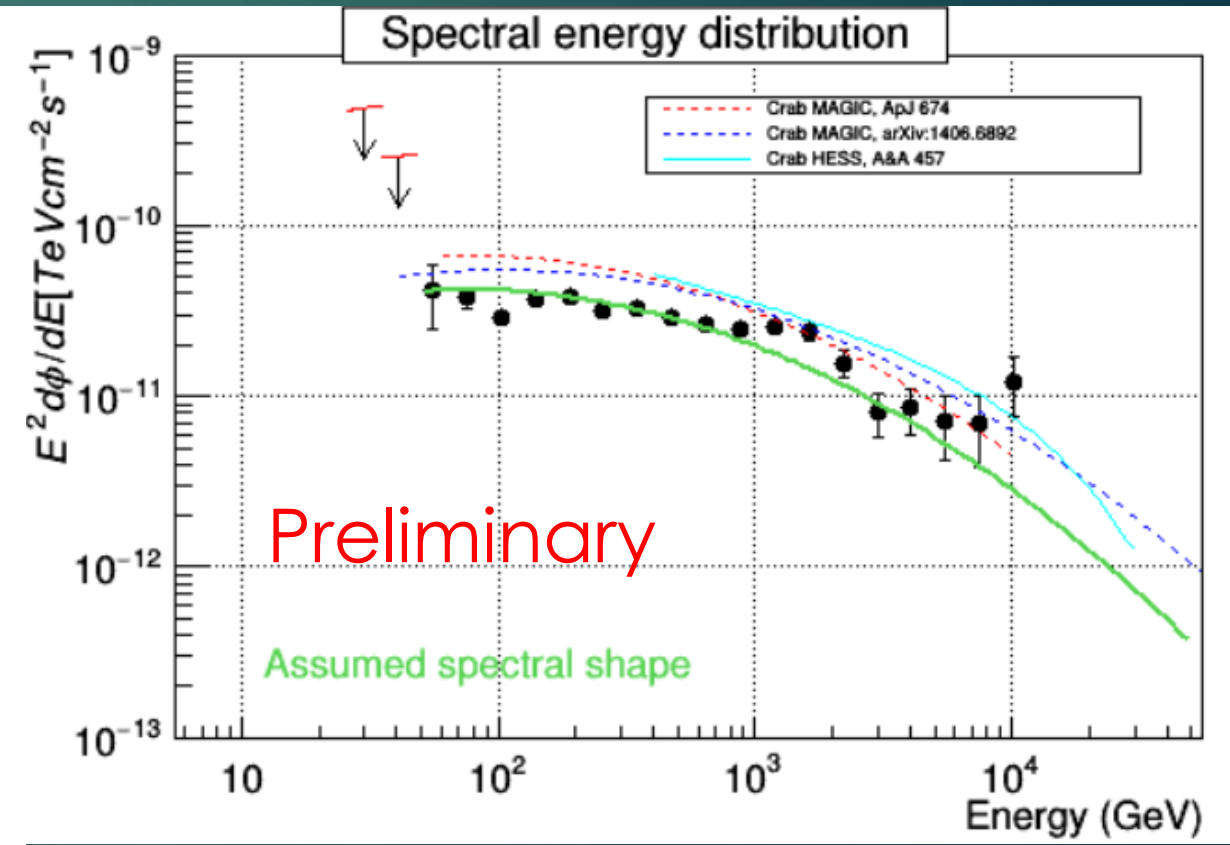
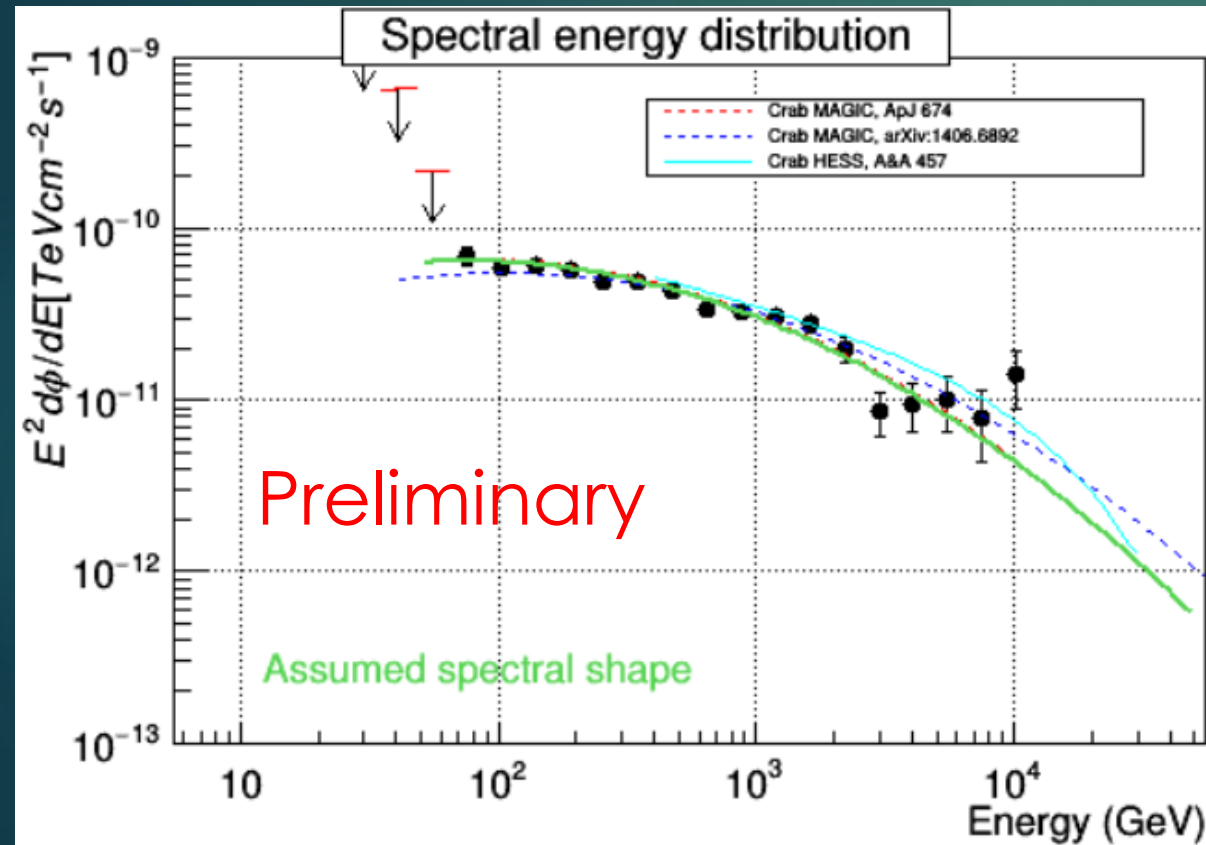


<http://utyuu-tanosimu.net/wp-content/uploads/2014/12/kaniseiun.jpg>

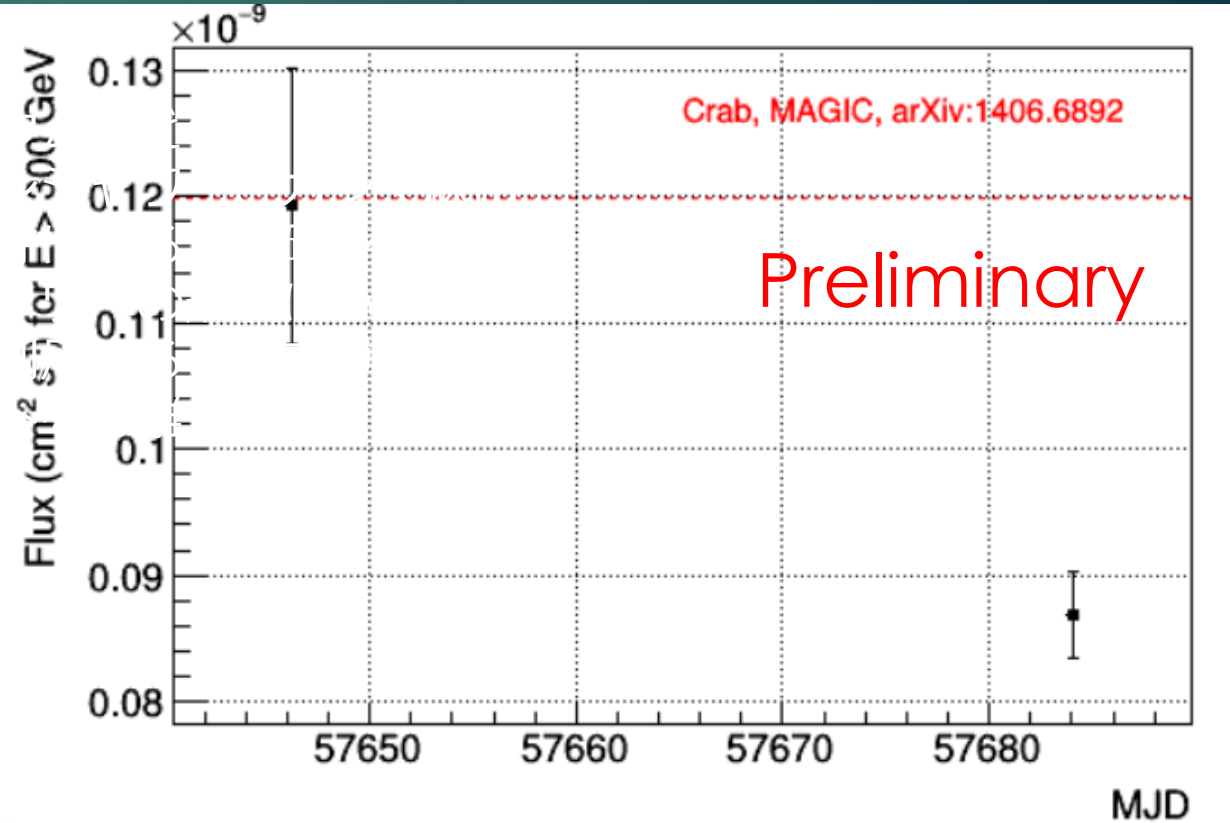
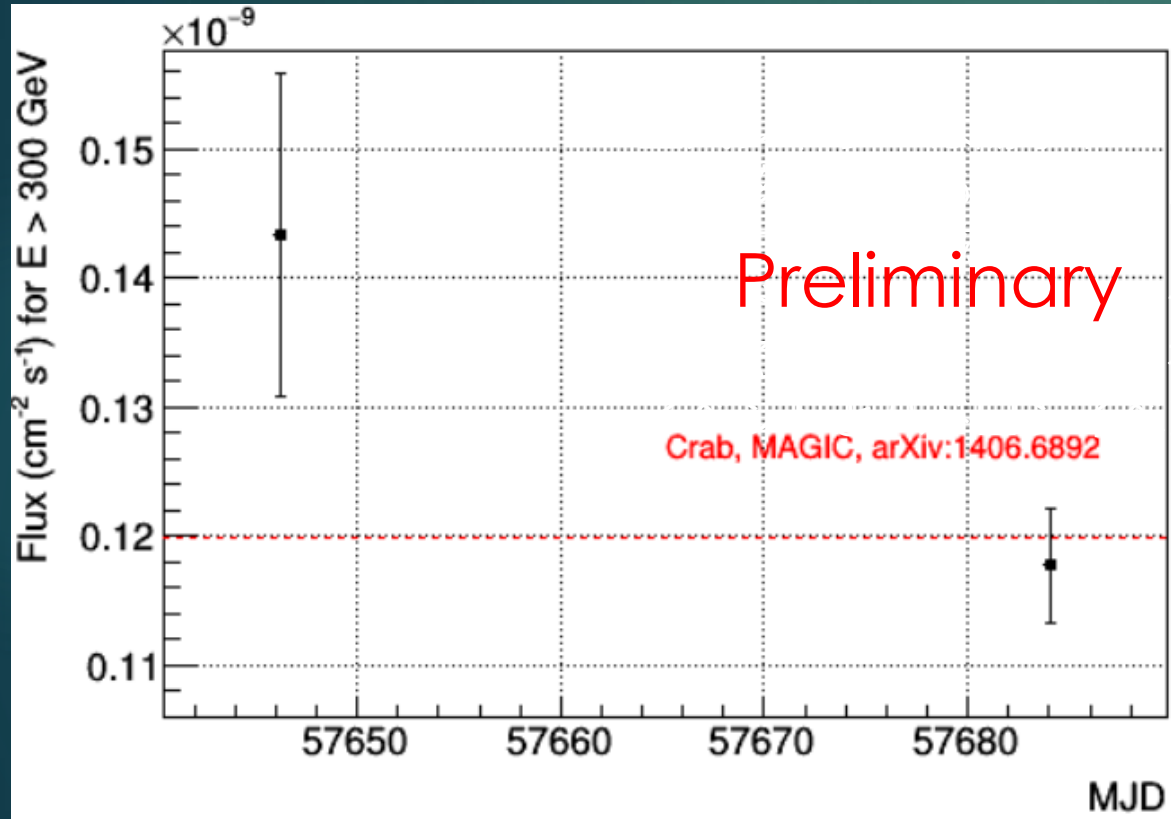
CrabNebula解析条件

- ▶ 期間：2016年9月25日,10月23日
- ▶ Energy range > 300GeV
- ▶ Zd range = 0~50°
- ▶ DCmax = 2 μ A~4 μ A
- ▶ MinAerosolTrans9km : 0.80

Moondata Analysis



Moondata analysis



まとめ

- ▶ 現在のところM87のTeVガンマ線で優位な変動は検出されていない
- ▶ 今後の課題は、Moon解析の手法を身につけてデータの統計を増やすことである
- ▶ 最終的にはTeVガンマ線の変動を検出し、SEDモデリングを行うことによって電波との相関を示し、放射領域の制限を行うことである