

GLAST

<http://glast.gsfc.nasa.gov>

シミュレーションを用いた 次世代ガンマ線天文衛星GLASTの 感度評価

吉田広明(広島大)

大杉節、深沢泰司、片桐秀明、水野恒史、高橋弘充、高橋拓也(広島大)

釜江常好、田島宏康、田中孝明(SLAC)

河合誠之、片岡淳、植野優(東工大)

高橋忠幸、尾崎正伸(JAXA)、他GLASTチーム

Exploring the High Energy Universe



目的

GLAST衛星打ち上げ後、迅速かつ正確な解析の指針を得るため、フルシミュレーションを用いることで、予めその検出感度を定量的に評価し、またサイエンスの可能性を評価することを目的とする。

目次

- GLAST衛星
- GLASTで期待されるサイエンス
- 検出感度のべき指数依存
- Blazar天体からの系外ガンマ線拡散放射への寄与
- EGRET 未同定天体の位置決定精度
- まとめ

GLAST衛星

- GLAST=Gamma-ray Large Area Space Telescope
 - 次世代宇宙ガンマ線観測ミッション
- 国際協力 米日仏伊瑞独
 - 日本では広島大、東工大、宇宙研等（主検出器の開発等）
- 2008年2月以降打ち上げ予定
- 20 MeV-300 GeVをEGRETの数10倍以上の感度で観測
(大有効面積(>8000cm²)、広視野(>2sr))



GLASTで期待されるサイエンス

- 高エネルギー天体における粒子加速機構の正体
Blazarジェット、超新星残骸、パルサー、GRBなど
- 系外ガンマ線拡散放射の正体
放射強度の弱いBlazarの重なりか？
- 銀河系および近傍銀河における物質分布と宇宙線分布
- EGRET未同定天体の正体

など...

方法

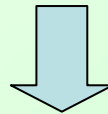
フルシミュレーション

GLASTチームが検出器の応答を調べるためにGeant4を元
に開発・メンテナンス

- beam実験による最新のレスポンス関数
- 気球実験による最新のバックグラウンド
- GLASTの軌道、観測動作の情報

従来よりも詳細で正確な見積もりが可能となった

ガンマ線の解析では光子の到来頻度が少ない

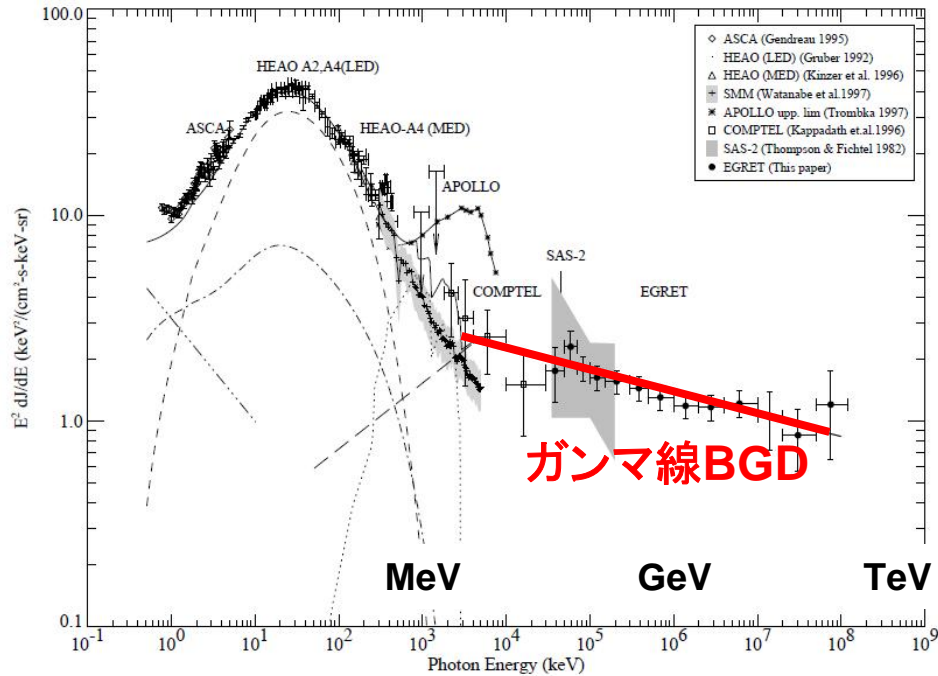


maximum likelihood analysis

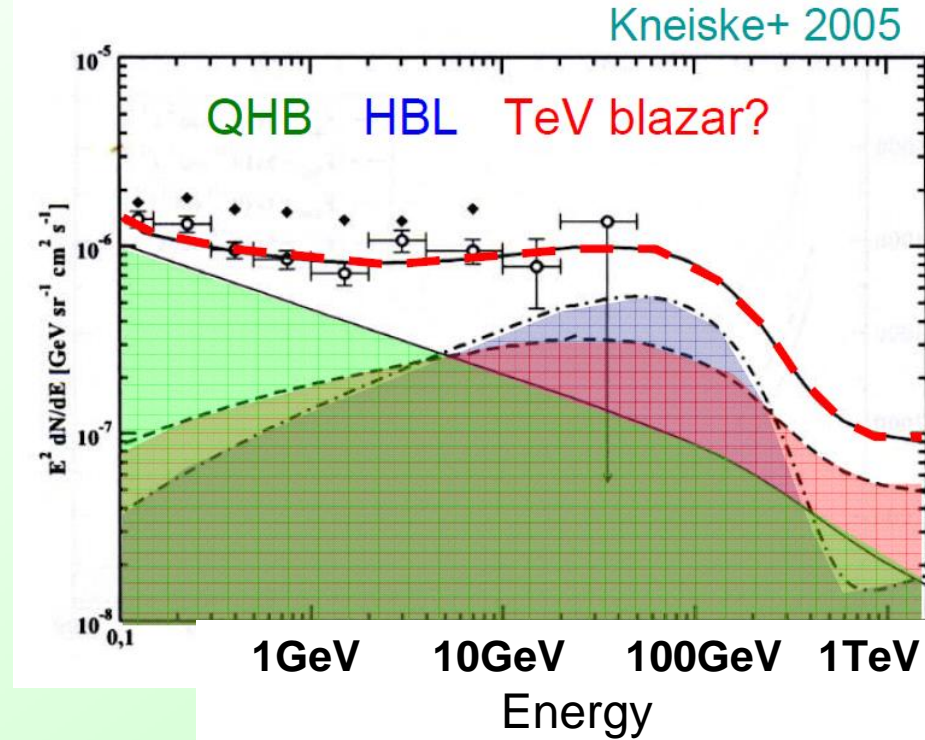
有意度: TS (Test statistic)

到来頻度が正規分布の時 $TS \approx \chi^2$ を満たす
(TS=25の時 $\rightarrow 5\sigma$)

Extragalactic diffuse emission (系外ガンマ線拡散放射)

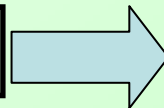


Sreekumar et al. 1998



Extragalactic diffuseは放射強度の弱いBlazarからの重ね合わせ

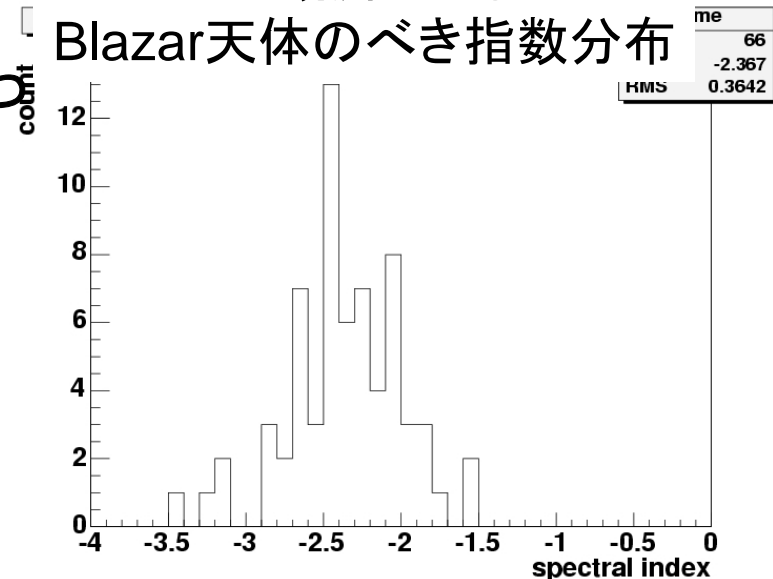
GLASTでより多くのBlazarを検出



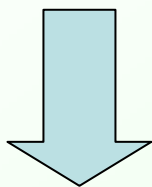
Extragalactic diffuseを説明できるか？

Blazar天体の検出感度のべき指数依存

EGRETの観測による
Blazar天体のべき指数分布



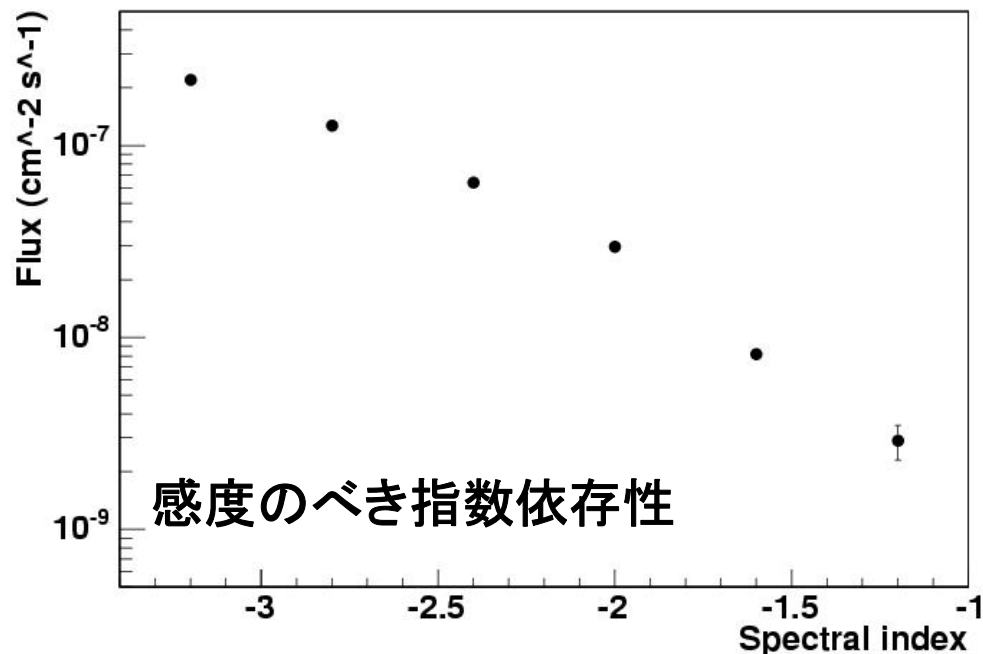
Blazar天体は様々なスペクトルのべき指数を持つ



感度のべき指数依存を調べる

シミュレーション条件

- point sourceの2ヶ月分のsimulation
- バックグラウンド: extragalactic diffuse
- $(TS)^{1/2} \geq 5$ で検出
- $\geq 100\text{MeV}$



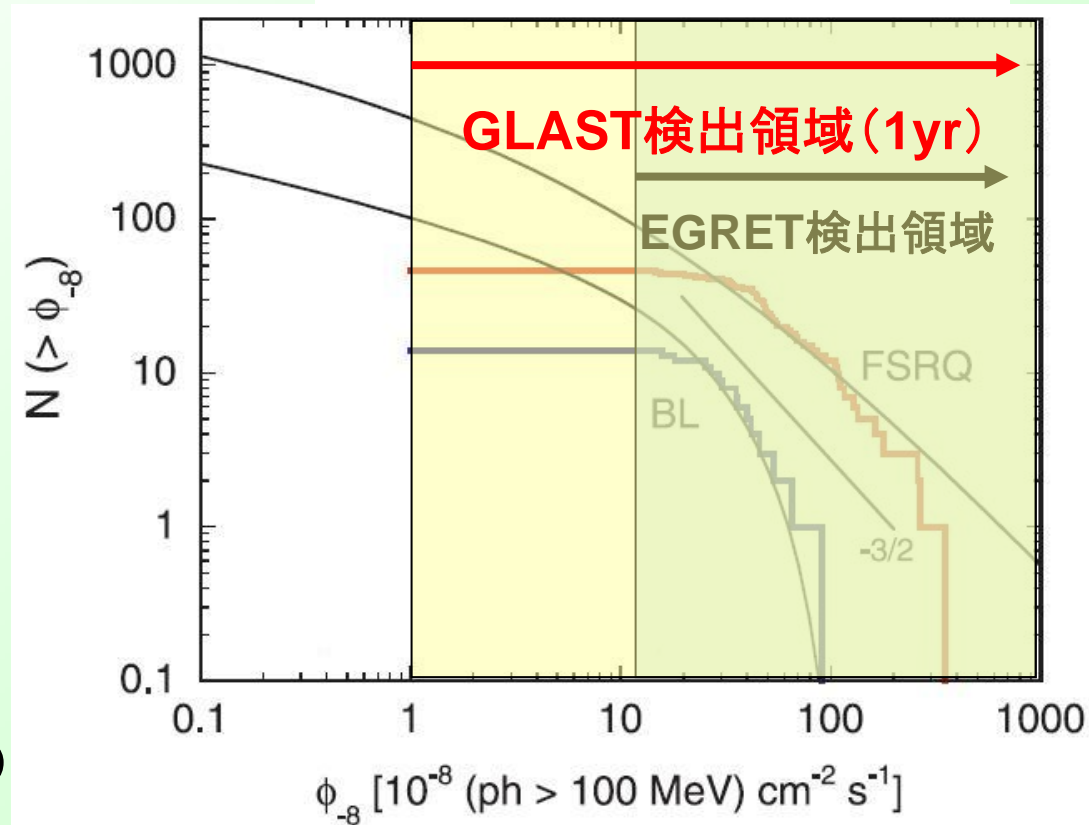
Extragalactic diffuse emission への寄与

用いた感度:
Blazar天体のスペクトル
べき指数の平均-2.37の感度

GLASTによる1年の観測
→Blazar天体は
800~1500個検出
(logN-logSによる)

→Extragalactic diffuse の
20~30%を説明できる

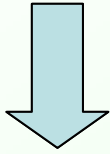
Blazar天体のlogN-logS



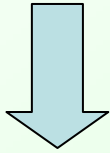
Charles D. Dermer et al. (2007)

高銀緯のEGRET unID source

高銀緯の未同定天体の5/7が
merging clusterに対応?



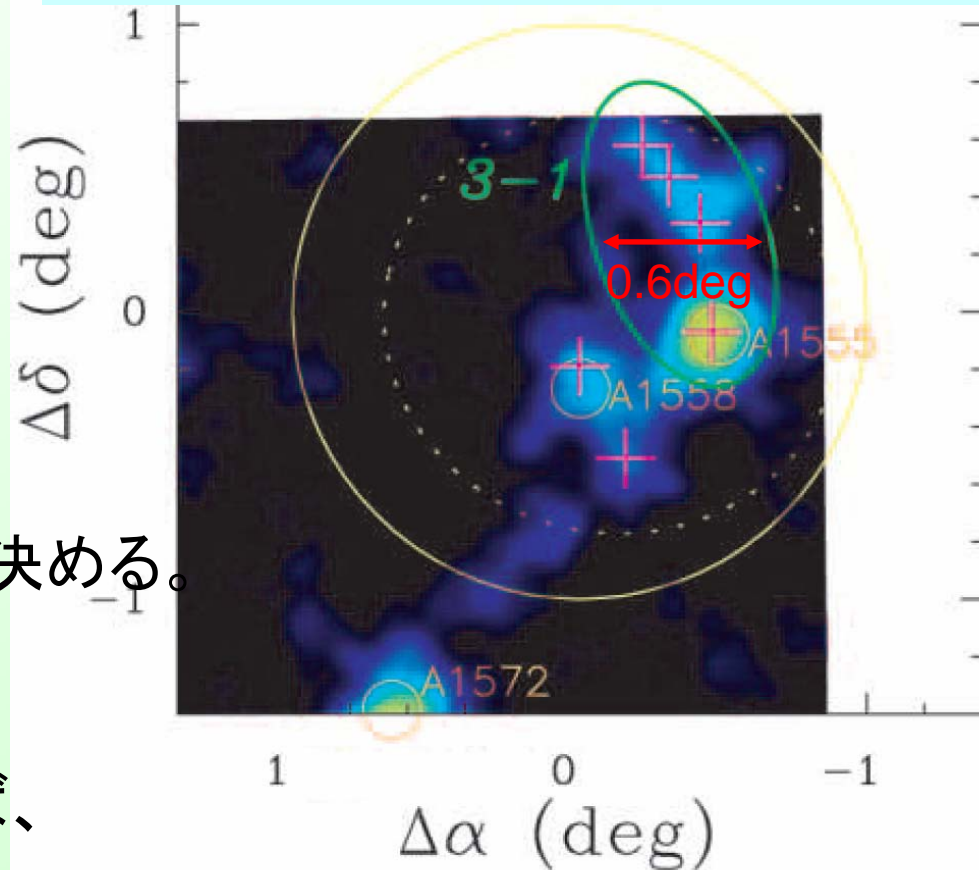
EGRETの位置分解能では
同定できていない。



GLASTによって精度良く位置を決める。

半径0.3度程度まで分解できれば、
同定できる。

黄:EGRET 95% confidence region
(~1deg)
緑: close cluster groups (~0.3deg)



Kawasaki et al. (2002)

Opti領域での有意度マップ
3EG J1234-1318

GLAST Simulation

シミュレーション天体:
3EG J1234-1318

バックグラウンド:
extragalactic diffuse

シミュレーション時間:1yr

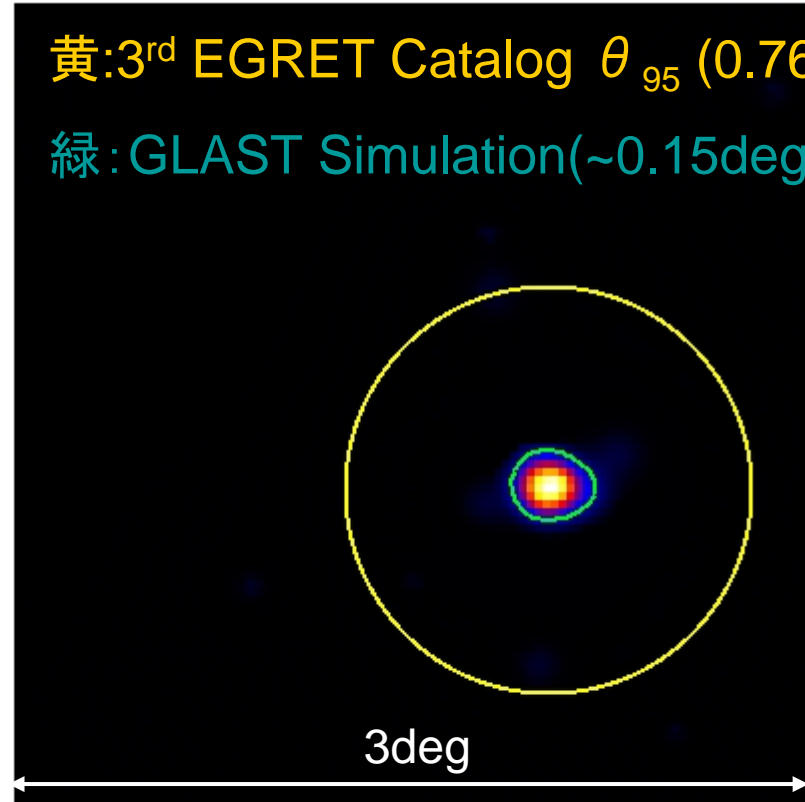
イベントセレクション:
 $\geq 10\text{GeV}$

有意度の分布の95%
confidence region
をcontourとして描いた。

GLAST Simulation TSmap

黄:3rd EGRET Catalog θ_{95} (0.76deg)

緑:GLAST Simulation($\sim 0.15\text{deg}$)



Contourは $\sim 0.15\text{deg}$ の円で描けたため、
GLASTではこの天体の同定できる。

まとめ

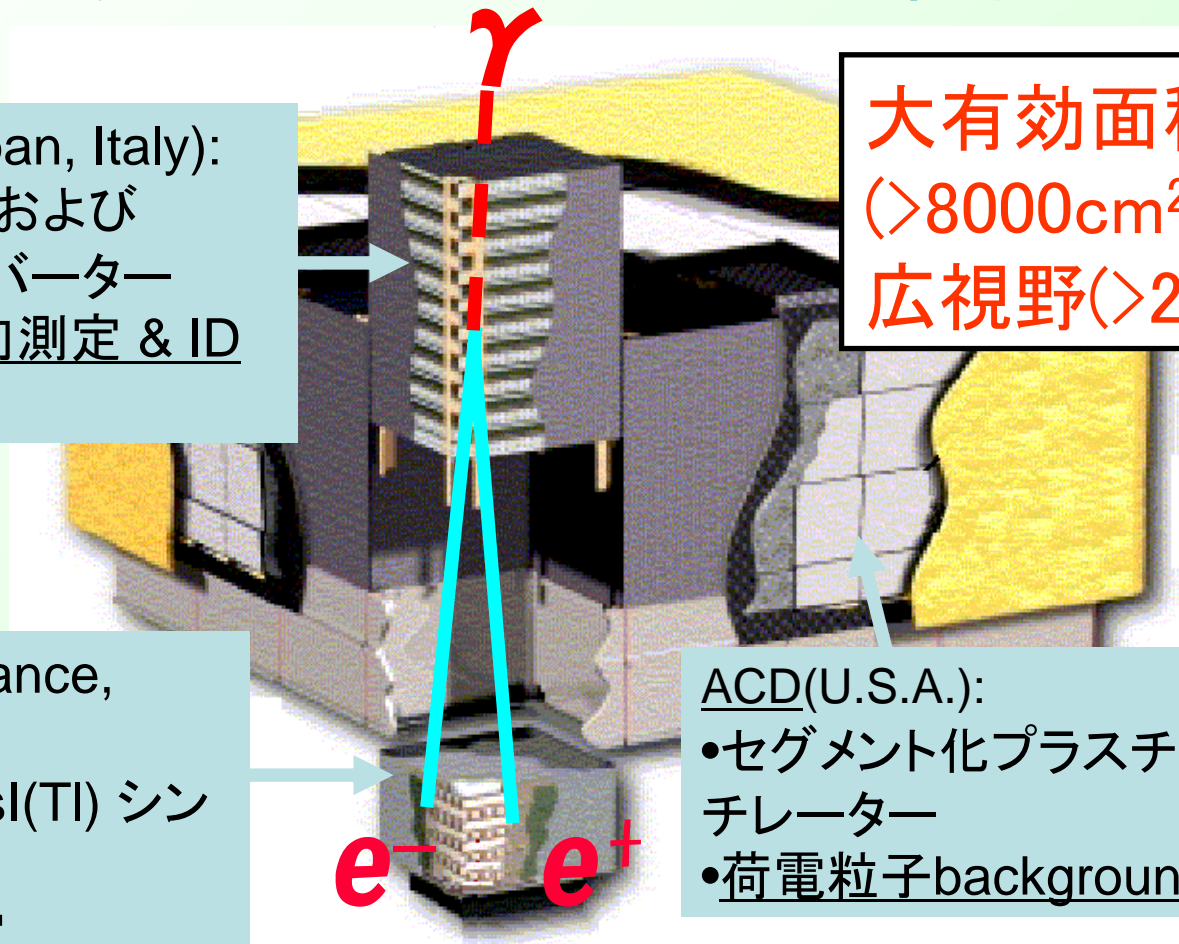
- フルシミュレーションを行いBlazar天体の検出感度を定量的に求め、それを用いて系外ガンマ線拡散放射への寄与を考察した。
 - 1年間の観測で約800-1500個のBlazarを検出
 - これらのBlazarからの寄与として系外ガンマ線拡散放射の約20-30%を説明できる。
- EGRET未同定天体をシミュレーションし、GLASTの位置決定精度を評価した。
 - 1年間の観測で、J1234-1318の同定は可能。
 - 今後の課題として、
 - 1.その他の未同定天体の位置決定精度の評価
 - 2.diffuse sourceとしてシミュレーションを行い、同定できるかの評価

Backup Slides

検出器: **LAT** + GBM

Large Area Telescope (LAT)

電子・陽電子対生成型ガンマ線検出器



大有効面積
($>8000\text{cm}^2$)、
広視野($>2\text{sr}$)!

TKR(U.S.A., Japan, Italy):

- 多層Siストリップおよび
タングステンコンバーター
- γ 線の到来方向測定 & ID
- 高空間分解能

CAL(U.S.A., France,
Sweden):

- Hodoscopic CsI(Tl) シン
チレーター
- エネルギー測定

ACD(U.S.A.):

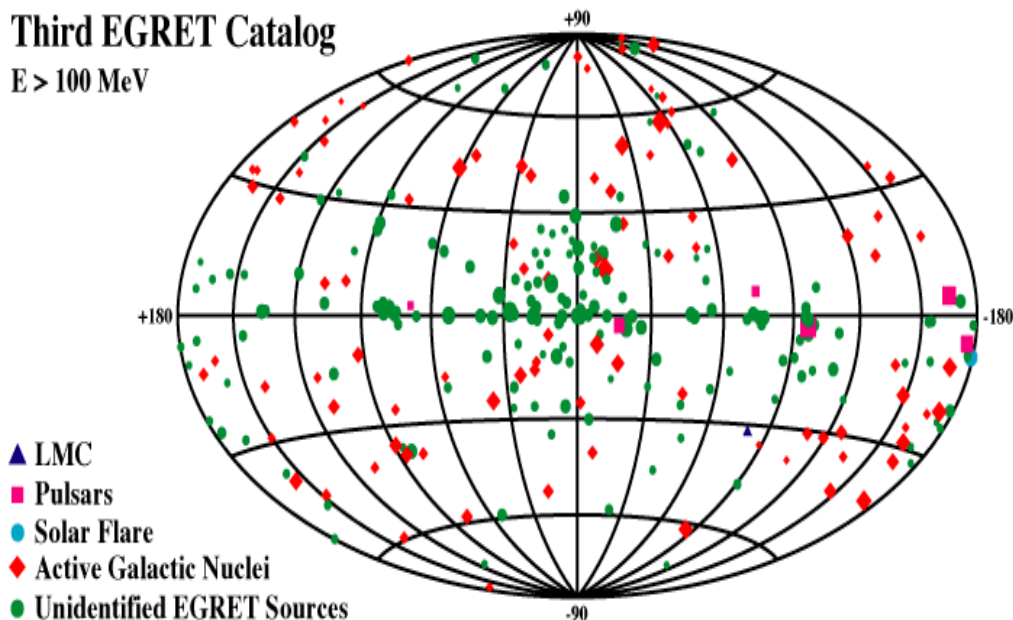
- セグメント化プラスチックシン
チレーター
- 荷電粒子backgroundの除去

検出感度

EGRET(1991-1995)

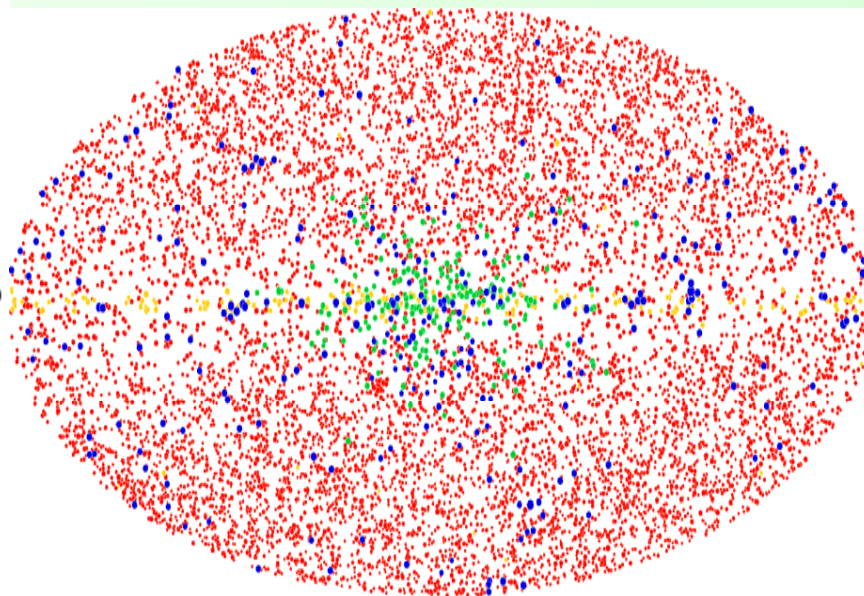
Third EGRET Catalog

$E > 100$ MeV



271個

GLAST(2008)

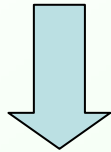


GRB, AGN, 3EG + Gal. plane & halo sources

~10000個

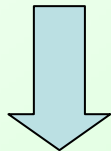
Blazar天体の検出感度の拡散放射依存

GLASTの観測で新たなAGNの検出

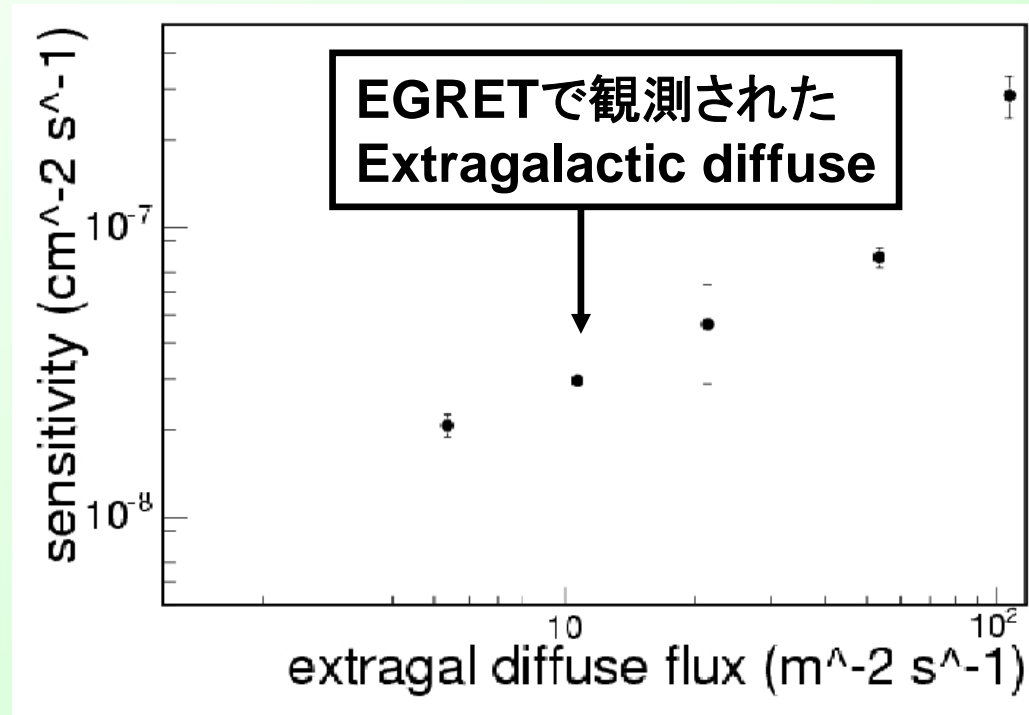


系外ガンマ線拡散放射の再見積り
拡散放射の量としては減少

銀河面では系内拡散放射が加わる



最大で10倍程度の拡散放射になるか？

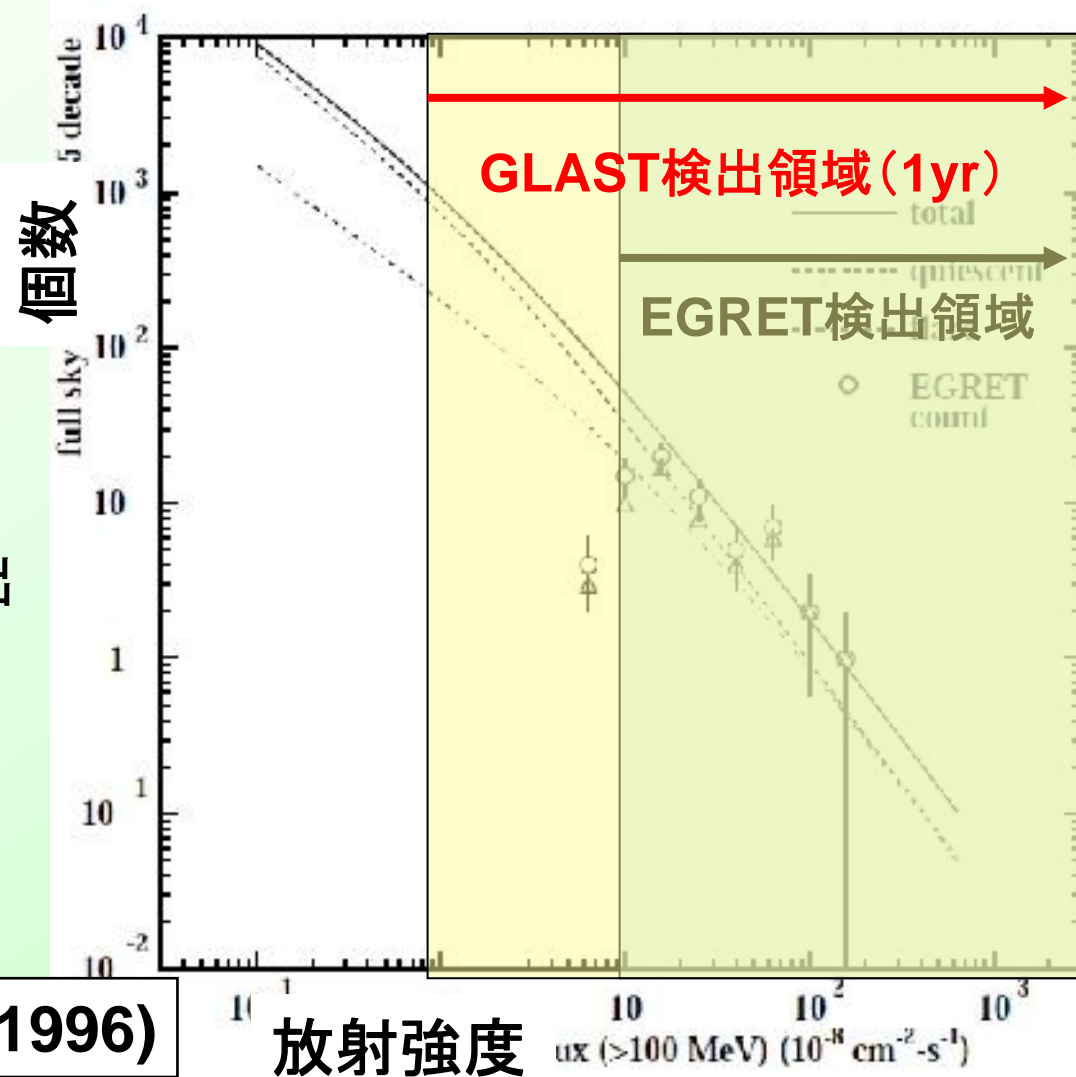


Extragalactic diffuse emission への寄与

Blazar天体のフラックスに対する個数分布

用いた感度: Blazar天体の
スペクトルべき指数の平均
-2.37の時の感度

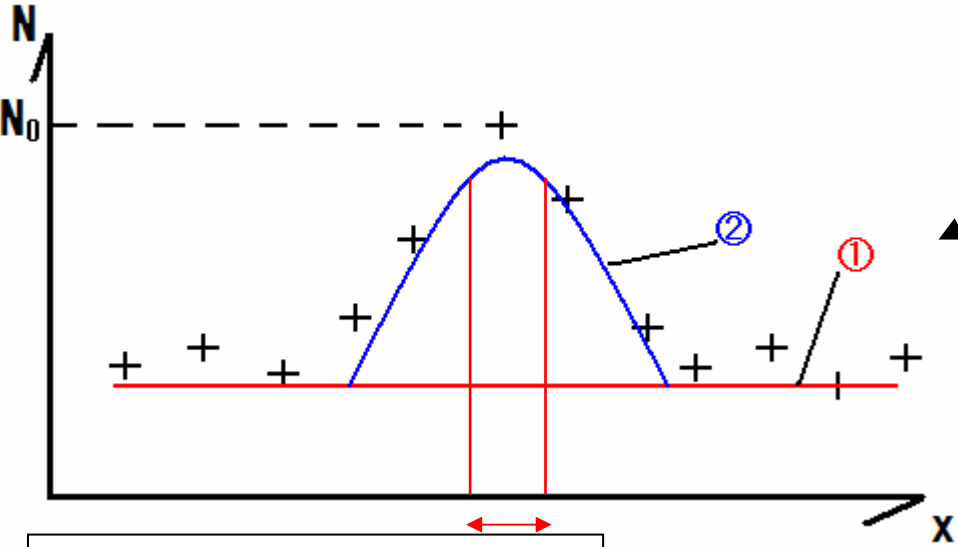
GLASTによる5年の観測で
Blazar天体は約3200個検出
→ Extragalactic diffuse の
~40%を説明できる



F.W.Stecker et al. (1996)

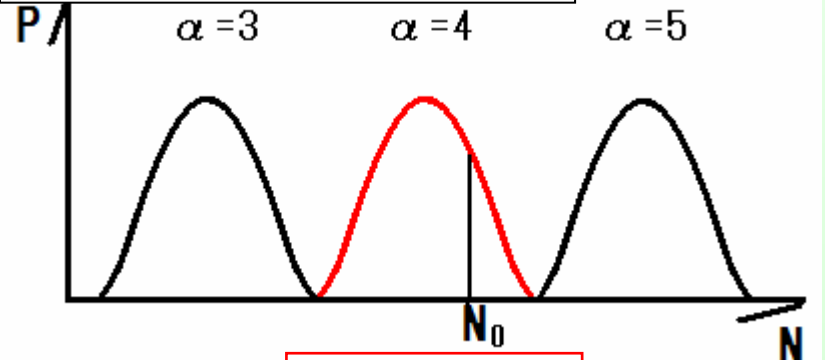
Likelihood法

- ある天体のデータに対し、最適なモデルを探す方法



① + α × ② のモデルでfitする

ピークのbinを考える ↓



$P(\alpha=3, N_0)$ $P(\alpha=4, N_0)$ $P(\alpha=5, N_0)$

→ 小 → **大** → 小

→ このbinでは、 $\alpha=4$ が正しいモデル

各binでPを求める

$$L = P_1 \times P_2 \times \dots$$

Lが最大 → 最適なモデル

TS (test statistics)

•天体の有意度

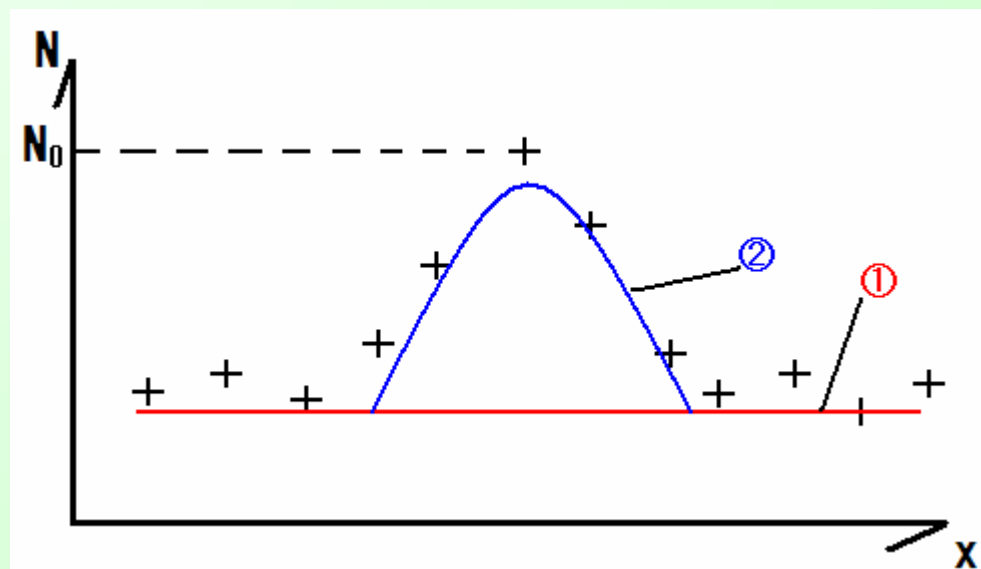
$$TS = 2(\log L_1 - \log L_0)$$

point source + diffuse (① + $\alpha \times$ ②) $\rightarrow L_1$

diffuse (①のみ) $\rightarrow L_0$

正規分布の時

$$TS \approx \chi^2$$



TS=25は5 σ の有意度を表す

Likelihood

Likelihood; 尤度→尤もらしさ

$$L = P(n_1; \mu) \times P(n_2; \mu) \times P(n_3; \mu) \times \dots$$

$$P = \frac{\mu^n e^{-\mu}}{n!}$$

$$\frac{\partial L}{\partial \mu} = 0 \quad \text{L:最大} \rightarrow \text{最も適したモデル}$$

μ は最初にシミュレーションするデータによって変わってくる。
(x, E, p, t, \dots 等)

$$\mu = \mu_{diffuse} + \alpha \mu_{point}$$