

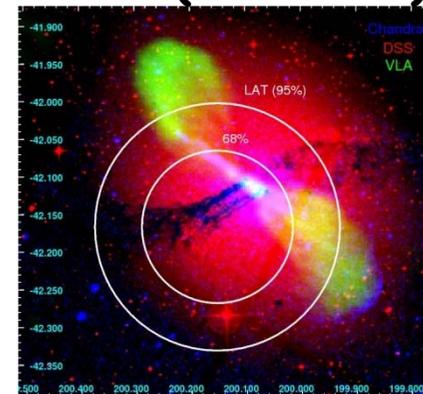
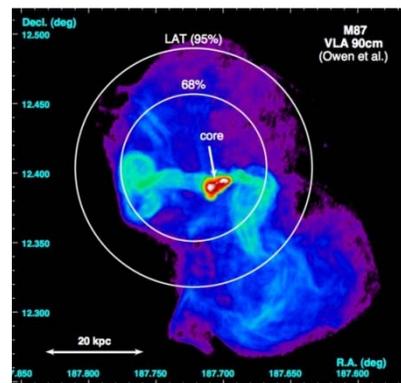
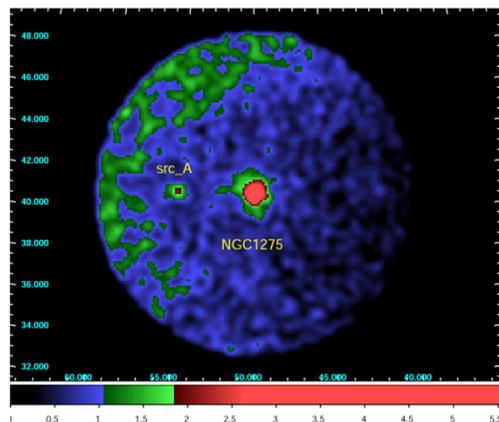
電波銀河のガンマ線背景放射への寄与

深沢泰司、眞武寛人（広島大理）

電波銀河 ブレーザーに次いでガンマ線天体として確立
ブレーザーの母集団(misaligned jet)と考えられている
ブレーザーより多数

ガンマ線で検出されている電波銀河とブレーザーの関係
がどうなっているのか興味深い。
ガンマ線背景放射への寄与が考えられる。

フェルミでは、数か月で代表的な3つの電波銀河が検出された
NGC1275(Per A) M87(Vir A) Cen A(NGC5128)



円は、エラーサークル

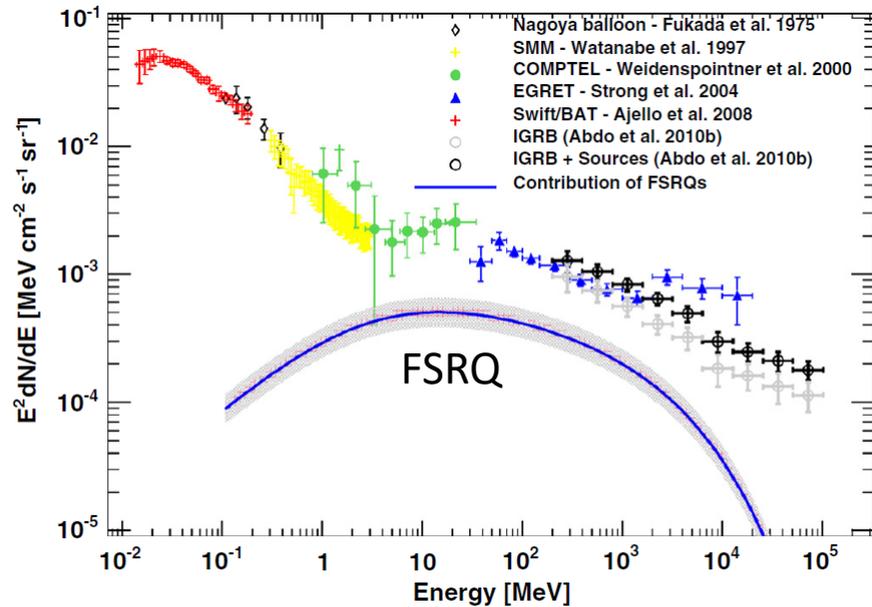
ガンマ線背景放射

ブレーザーの寄与が数10%

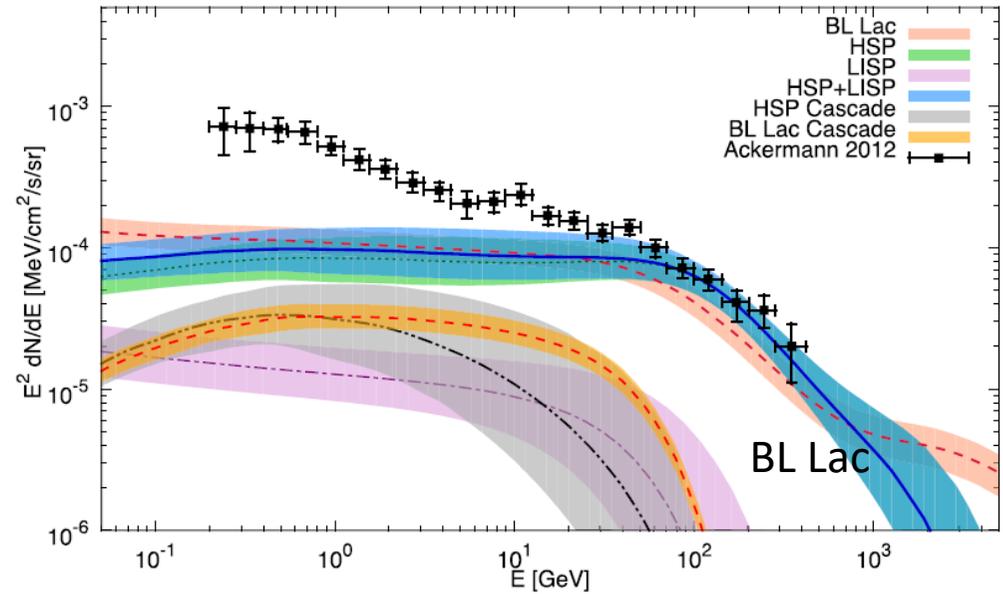
暗黒物質などからの寄与がある余地はある

電波銀河、スターバースト銀河も、ある程度寄与している可能性。

Ajello+12



Di Mauro+14



電波銀河のガンマ線背景放射への寄与(過去の研究)

Inoue+11

Fermi 1st Catalogの10個のサンプル。

電波銀河のLF(光度関数)の形は、電波観測で得られたもの(Willott+01)を仮定。

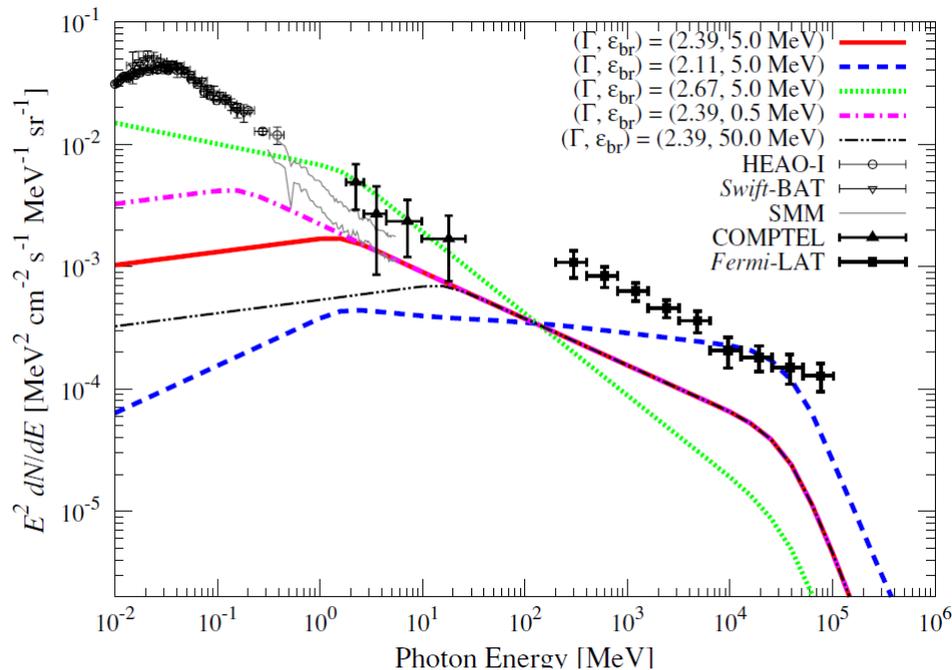
Lradio vs Lgamma からlogN-logSを介して、normを決定。

Di Mauro+14

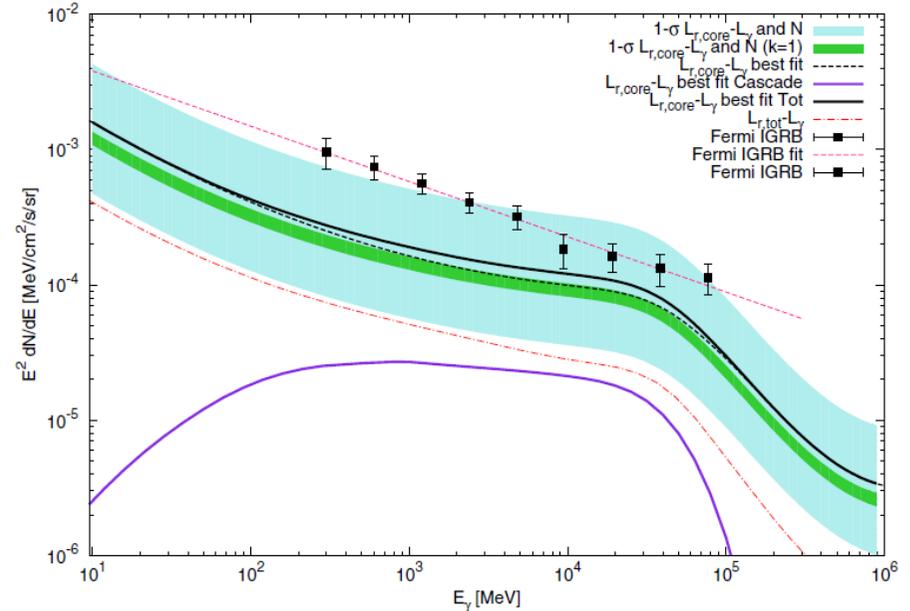
Inoue+11を踏襲。ただ、ガンマ線で未検出の寄与も考慮。

Fermi 2nd Catalogの15個のサンプル。

In oue+11

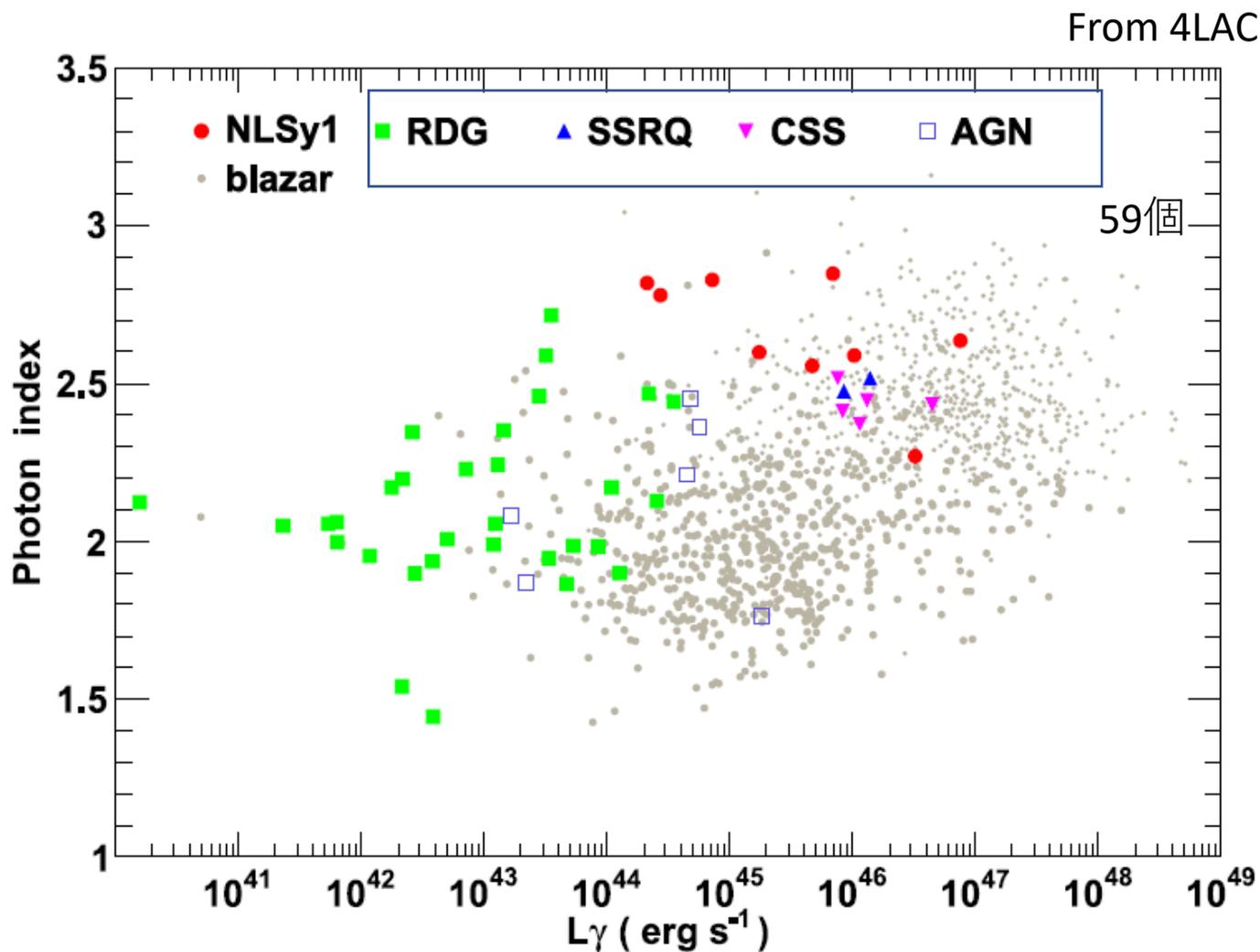


Di Mauro+14



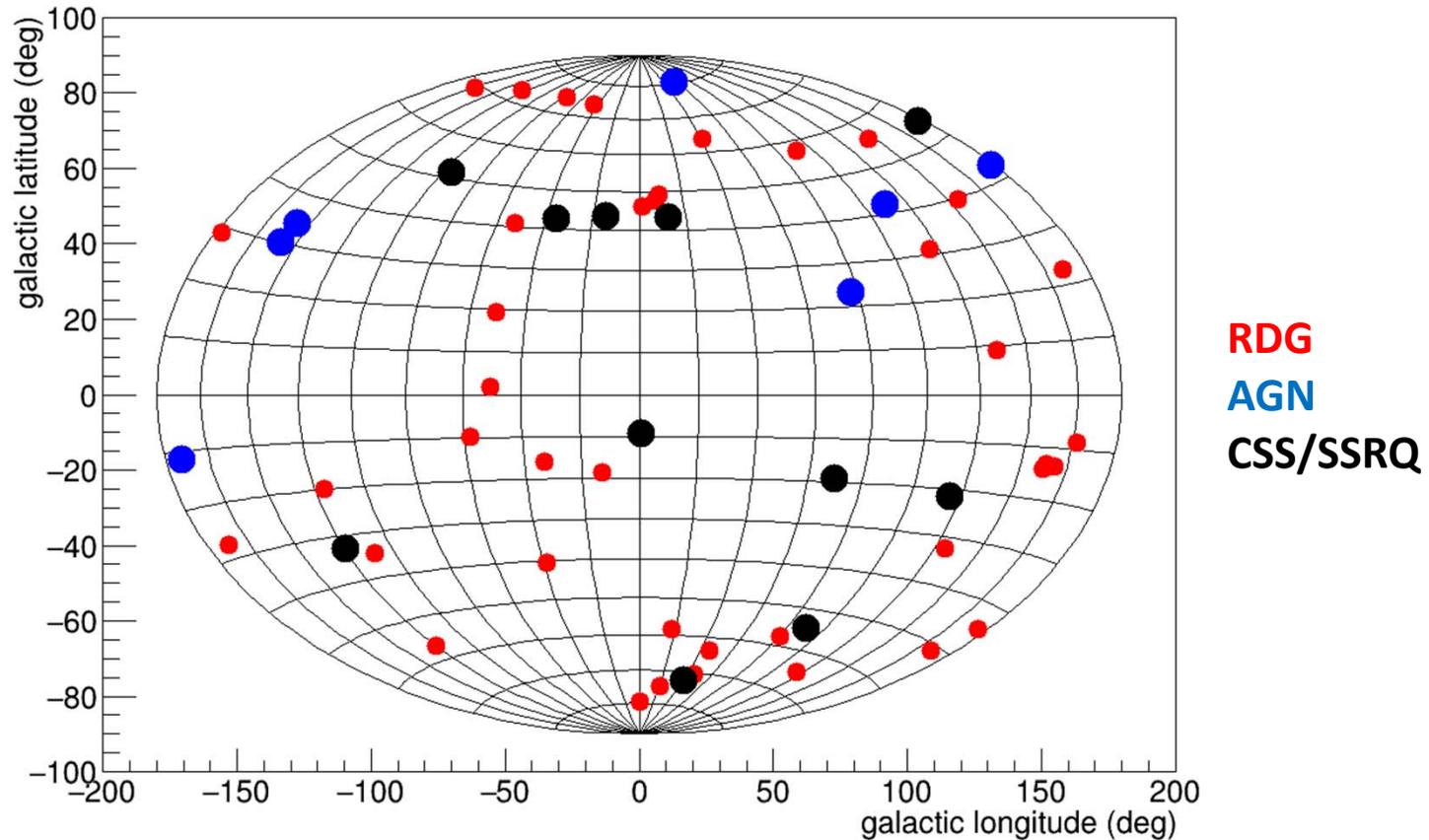
4th Fermi Catalog: Misaligned AGN (59 galaxies)

ガンマ線電波銀河サンプルより、光度関数を制限できる。
さらに、カタログ中の6バンドの情報を用いて、背景放射への寄与のエネルギー依存性も考慮できる。



Sample for LF study

1-3GeVで検出。 $|b| > 20\text{deg}$ redshiftあり ... 35天体
CSS/SSRQは、入れても入れなくても結果はほぼ同じ。
ほとんどが、 $z < 0.3$ 。



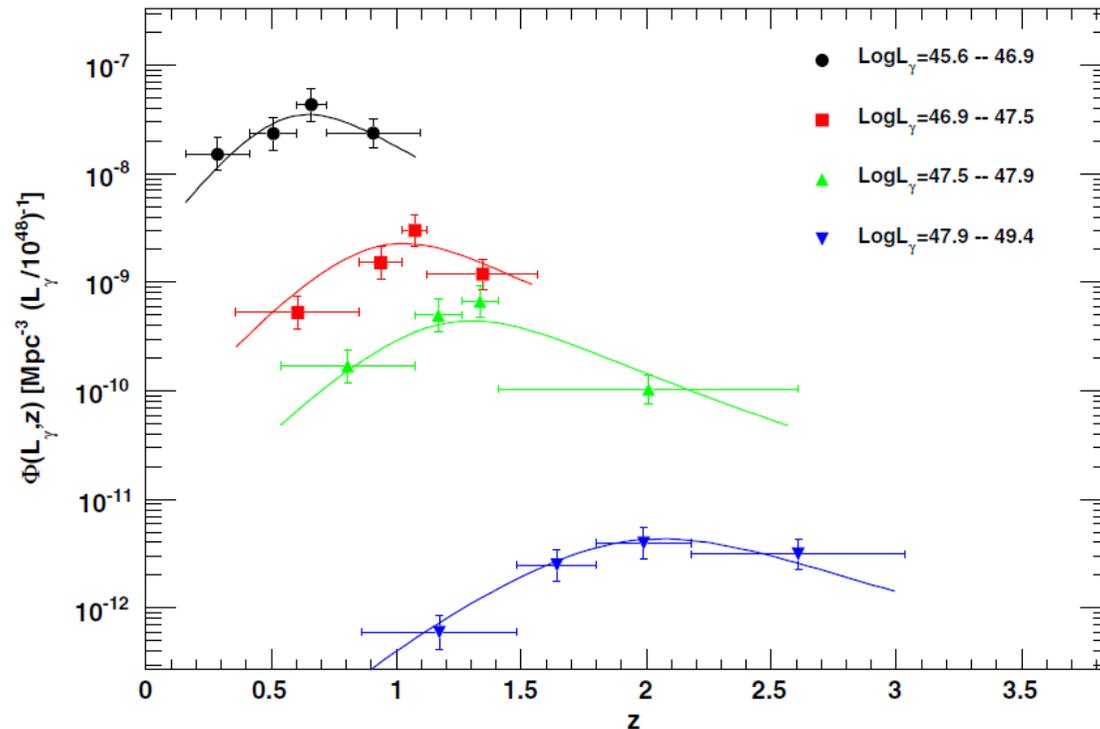
光度関数：Luminosity-dependent Density Evolution model (LDDE)

$$\Phi(L_X, z) = \frac{A}{\ln(10)L_X} \left[\left(\frac{L_X}{L_*} \right)^{\gamma_1} + \left(\frac{L_X}{L_*} \right)^{\gamma_2} \right]^{-1} \left[\left(\frac{1+z}{1+z_c(L_X)} \right)^{p_1} + \left(\frac{1+z}{1+z_c(L_X)} \right)^{p_2} \right]^{-1}$$

(ただし、 $z_c(L_X) = z_c \left(\frac{L_X}{10^{45}} \right)^\alpha$)

Fitting is performed with MCMC (Yamada+20).

Ajello+12 FSRQ Gamma-ray LF



光度関数： Luminosity-dependent Density Evolution model (LDDE)

$$\Phi(L_X, z) = \frac{A}{\ln(10)L_X} \left[\left(\frac{L_X}{L_*} \right)^{\gamma_1} + \left(\frac{L_X}{L_*} \right)^{\gamma_2} \right]^{-1} \left[\left(\frac{1+z}{1+z_c(L_X)} \right)^{p_1} + \left(\frac{1+z}{1+z_c(L_X)} \right)^{p_2} \right]^{-1}$$

(ただし、 $z_c(L_X) = z_c \left(\frac{L_X}{10^{45}} \right)^\alpha$)

High-zサンプルが無いので、z-dependence(p_1, p_2, α)は仮定が必要。
L-dependence(γ_1, γ_2)は、どちらかのみにしてフリーか、2つを固定。

mo1: single powerlaw for L (<1e46)

z-dep (p_1, p_2, α) is the same as BLLAC(Ajello*14), z_c free

mo2: same as mo1

but z-dep as FSRQ(Ajello+12) z_c free

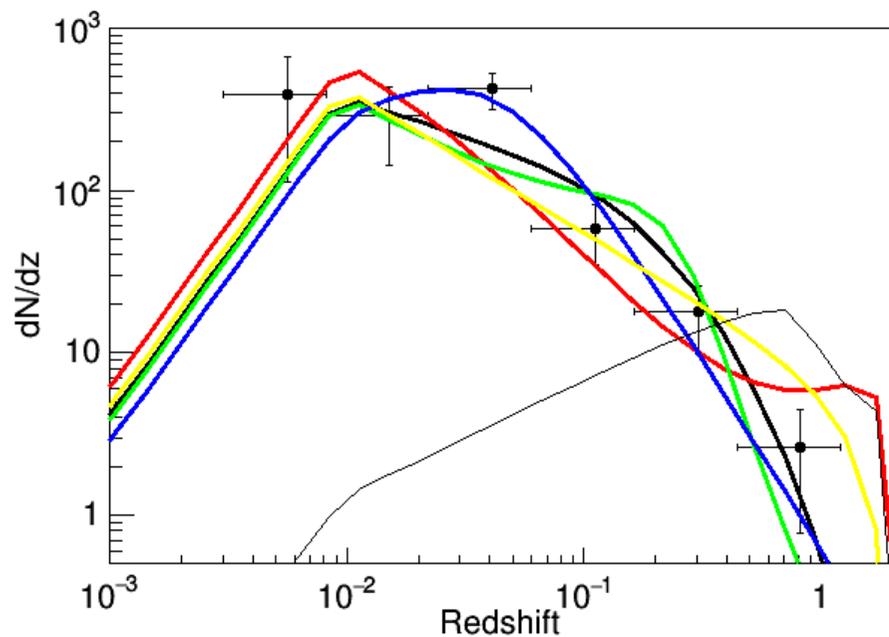
mo3: para other than A, L^* are the same as gamma-ray LF of BL Lac (Ajello+14)

mo4: para other than A, L^* are the same as gamma-ray LF of FSRQ (Ajello+12)

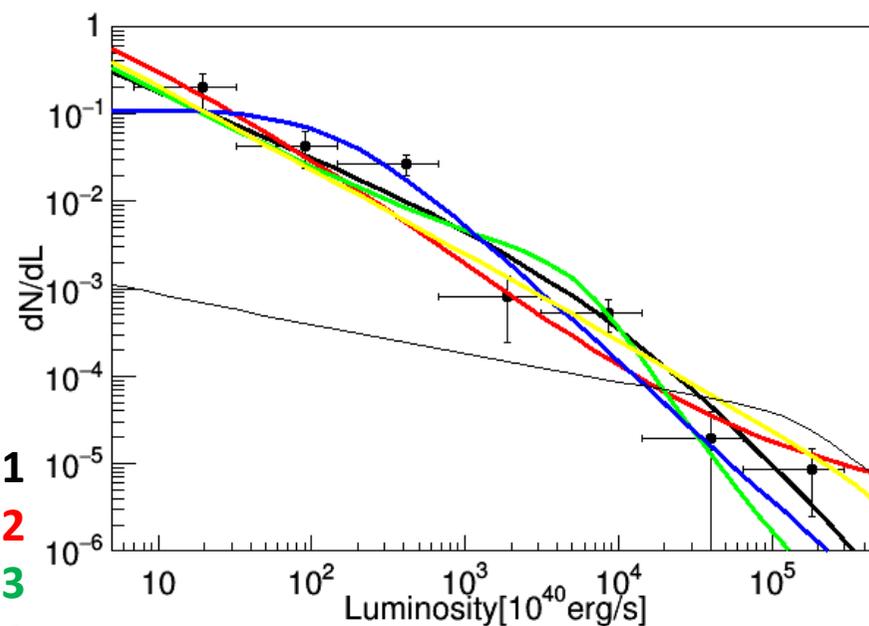
mo5: single powerlaw for L (<1e46)

z-dep is similar to radio galaxy LF in the radio band (Inoue+11)

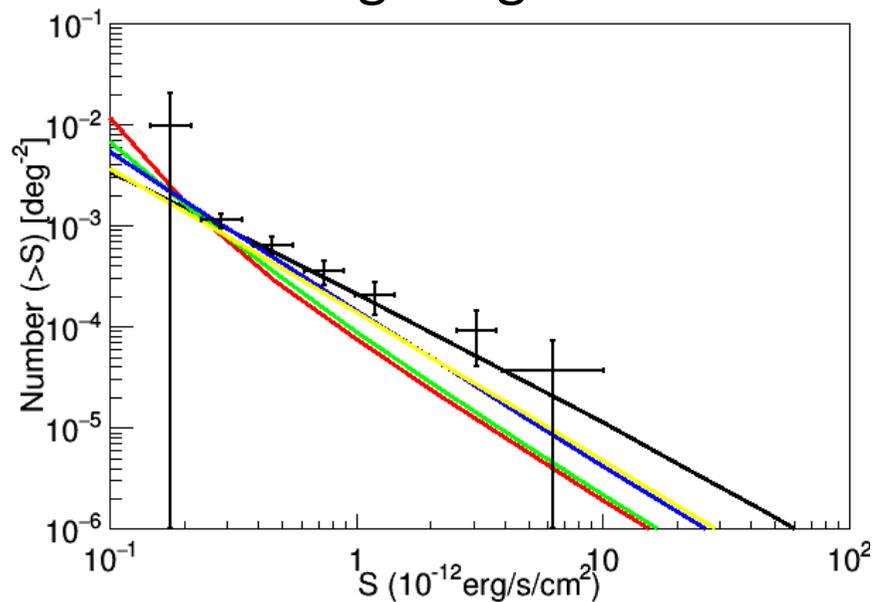
Z-distribution



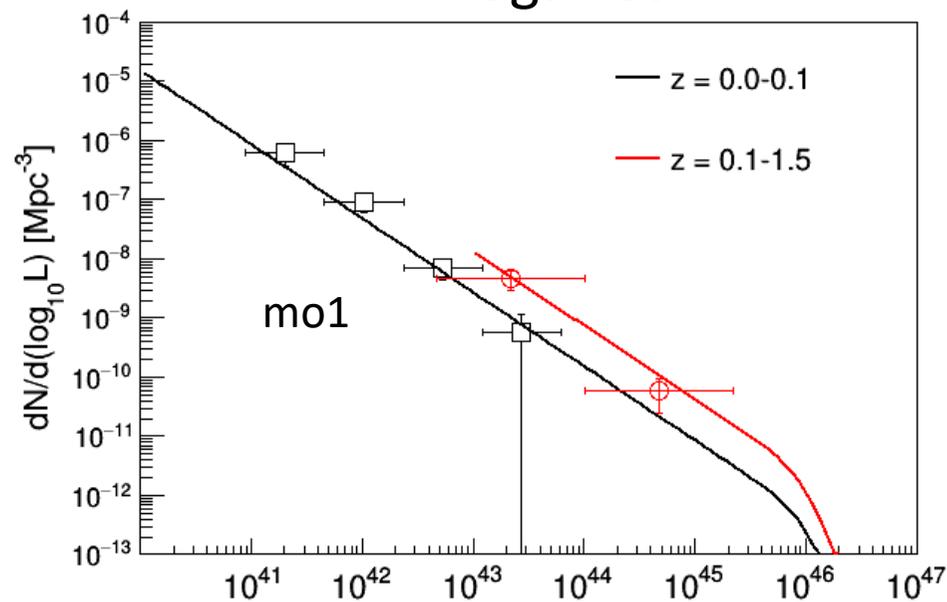
L-distribution



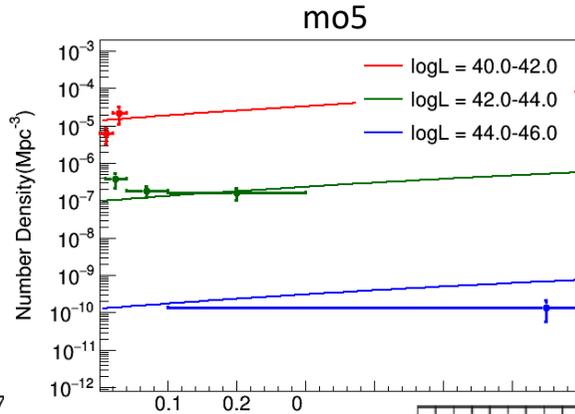
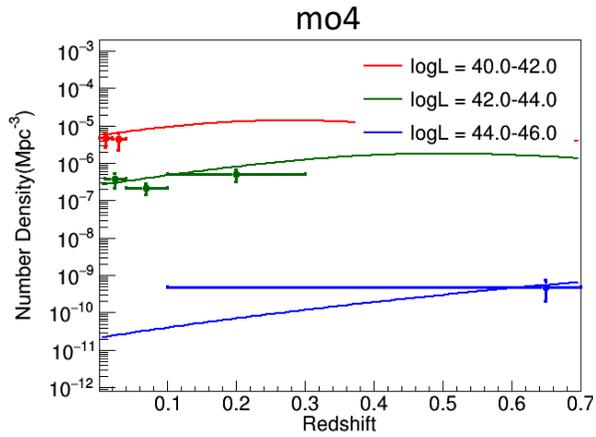
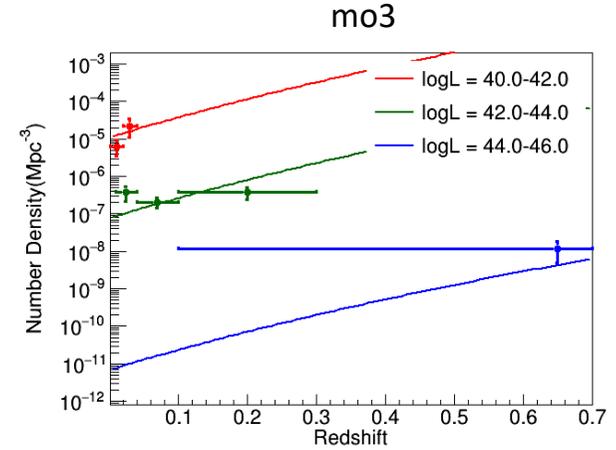
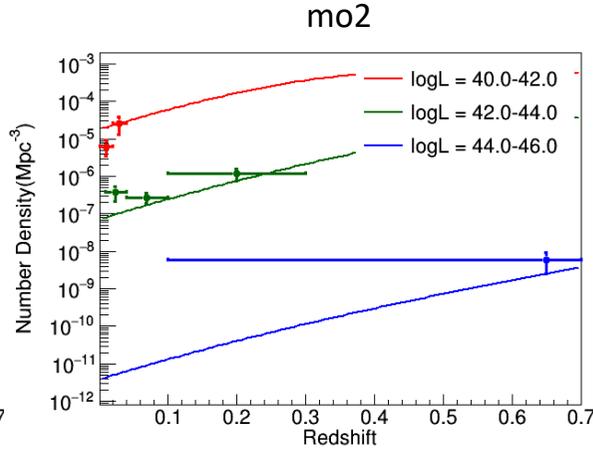
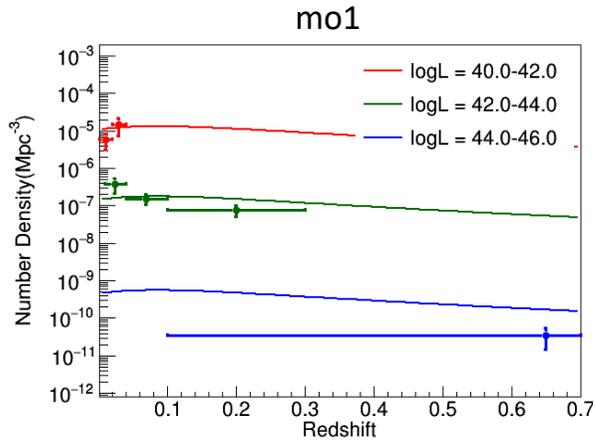
logN-logS



LF against L



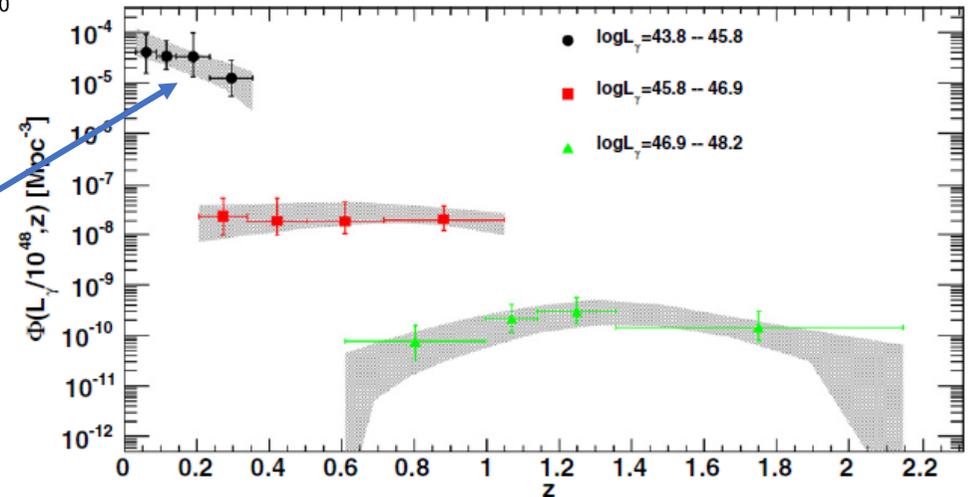
LF against z



Mo1 seems to fit the low-z part well.

Mo1: ガンマ線電波銀河は、
low-zで多く、ブレーザーとは異なる。

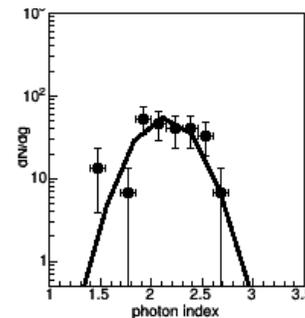
BLLac/HSPのLow-z超過に似ている。



光度関数 * 光度の積分で、ガンマ線背景放射の寄与を計算

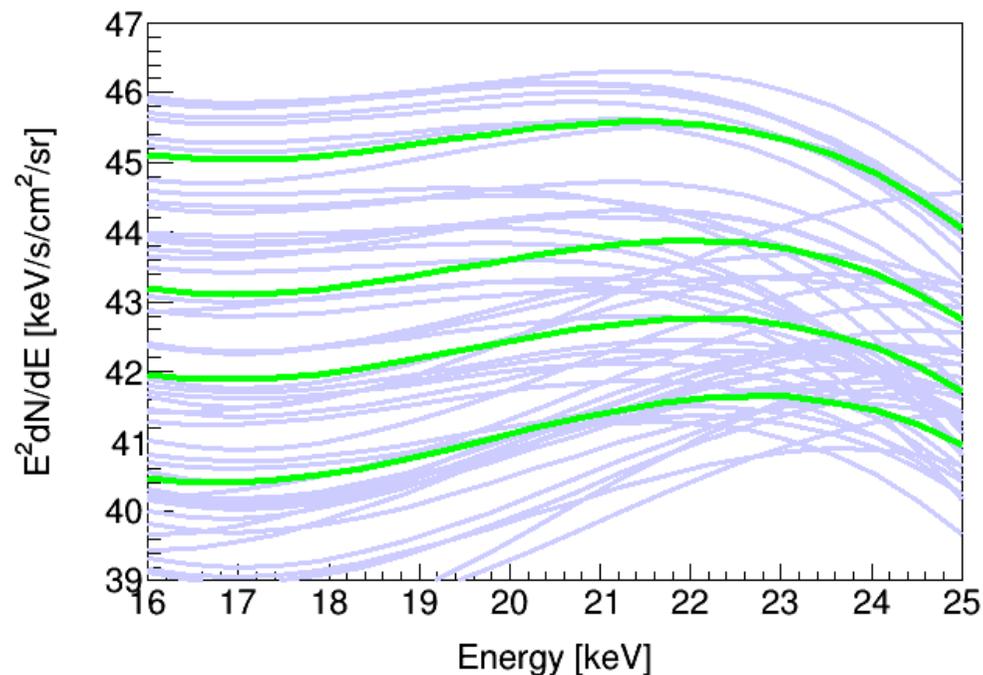
ガンマ線エネルギーごとの寄与をどう計算するか。

- (1)ガンマ線スペクトル指数の分布をガウシアンで表して計算。
- (2)6バンドのガンマ線カタログのfluxを使って、6バンドごとにLFを求めて計算。
- (3)X線からガンマ線の平均SEDを光度ごとに求めて計算(MeV領域の寄与)



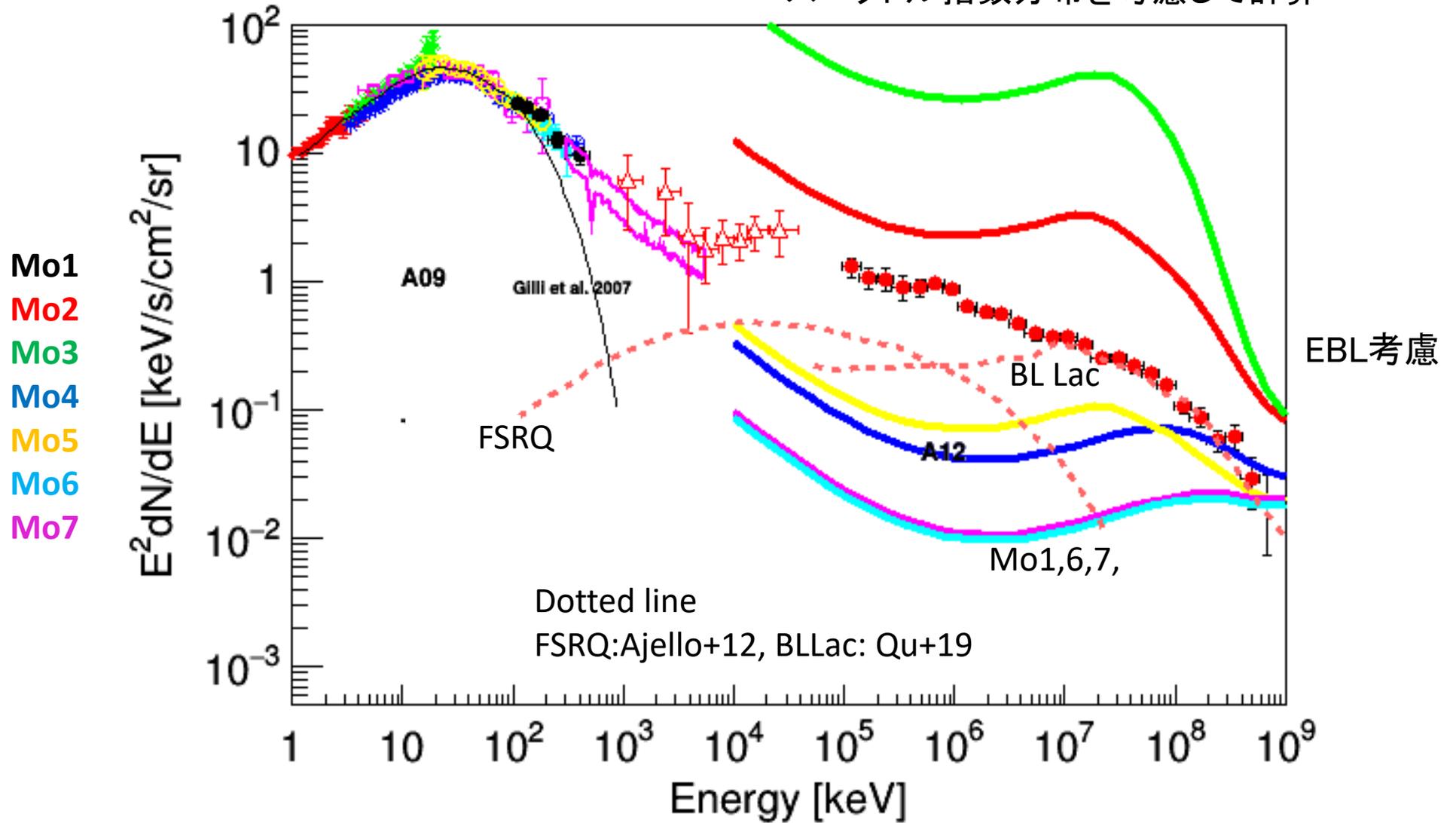
。

Plot of obtained SED curves for each galaxy
Average SEDs of 4 luminosity regimes



(3)のため、X線観測データを使用
59個中50個にX線データあり。
Flux, photon indexを求め、ガンマ線
スペクトルとともに、4次関数(log-log
上)でフィットしてSED形状を求めた。

スペクトル指数分布を考慮して計算



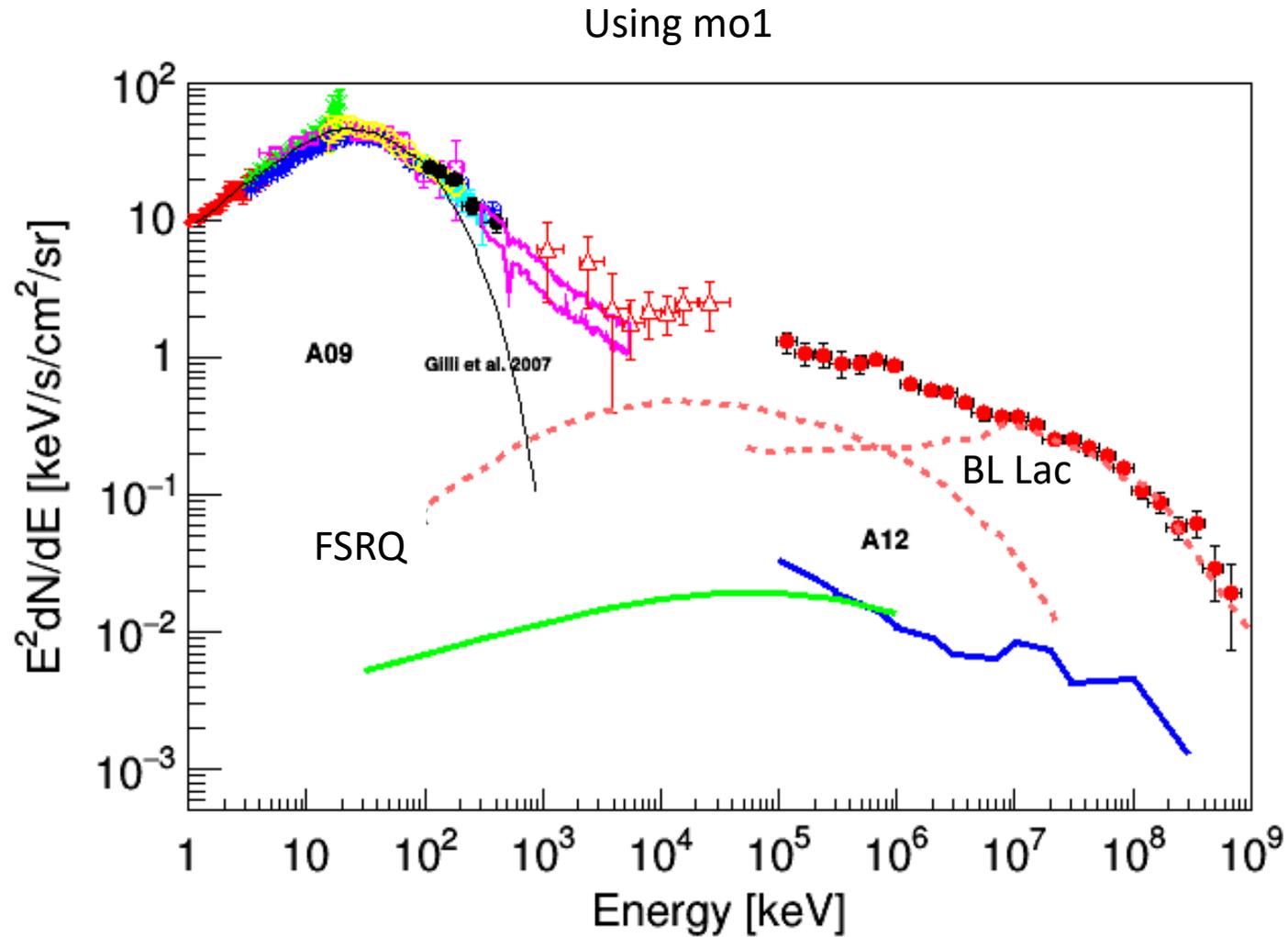
Mo1は、背景放射の数%で、Inoue+11, Di Mauro+14より小さめ。

Mo2,3は棄却される。

Mo4, 5は寄与が5-10%。

6バンドごとに計算

X線からガンマ線のSED形状を考慮して計算



まとめ

フェルミ第4カタログの59個の電波銀河(Misaligned AGN)について、光度関数を制限し、ガンマ線背景放射への寄与を計算した。

High- z サンプルがないので、redshift依存性をある程度仮定した5つのモデルを試した。

BLLacのガンマ線光度関数の形そのままでは、ガンマ線背景放射を超過してしまう。
FSRQのガンマ線光度関数の形では超過しないが、電波銀河の母集団にはそぐわない。

もっともらしい光度関数Mo1では、low- z にピークが来る。よって、ガンマ線電波銀河はブレーザーの母集団に単純にはならない。このlow- z で多い集団は、BLLac/HSPで見られるlow- z での超過成分と関係ある可能性がある。(z>0.1のFSRQ/BLLacの母集団である電波銀河はガンマ線ではまだ見えていない)

Mo1ではガンマ線背景放射への寄与は数%ほどになる。今回、MeV-GeV領域の範囲で、寄与のエネルギー依存を初めて出した。