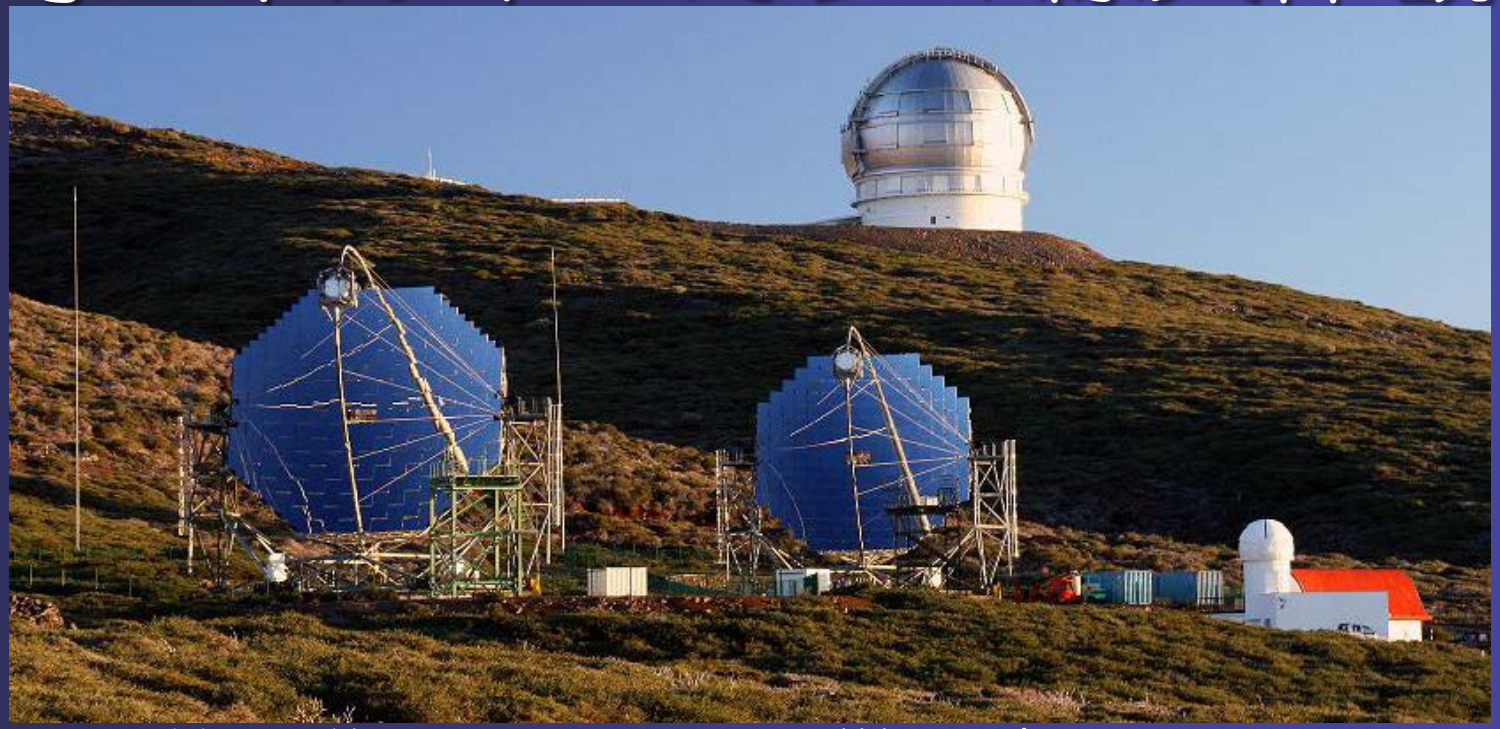
MAGIC望遠鏡による超高エネルギーガンマ線天体観測



窪秀利[A], 井上進[B], 折戸玲子[C], 櫛田淳子[D], 小谷一仁[D],
今野裕介[A], 齋藤浩二[B], 齋藤隆之[E], 高見一[F], 手嶋政廣[B, E],
遠山健[E], 中嶋大輔[E], 西嶋恭司[D], 林田将明[A]
京大[A], 東大宇宙線研[B], 徳島大[C], 東海大[D], Max-Planck-Inst. fuer Phys.[E],
KEK[F]　計14名、6機関

MAGIC望遠鏡

MAGIC (Major Atmospheric Gamma-ray Imaging Cherenkov telescope)

- 2台の口径17 m解像型大気チェレンコフ望遠鏡
- カナリア諸島ラパルマ島～2200 m a.s.l.
- エネルギー閾値: ～50 GeV
- 2004年から MAGIC-I、2009年から 2台の望遠鏡によるステレオ観測

	> 300 GeV	> 1TeV
感度(50h 5σ)	~0.8% Crab	~0.9% Crab
角度分解能	~0.07度	~0.05度

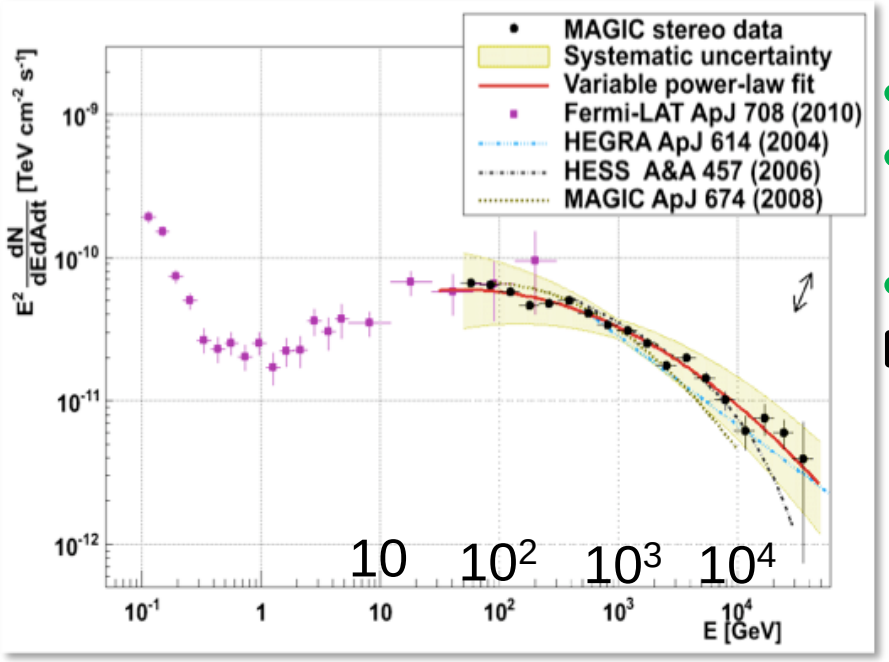
MAGIC-Japan コンソーシアム発足の経緯

- 昨年以前は、MAGIC collaborationに、日本の研究機関含まれず
- 昨年12月に日本グループの入会申請(機関単位ではなく、複数機関からなるコンソーシアムを形成。日本PI：窪)→一年間の試用期間（貢献を示す）
- 今年11月に、正式入会承認（スタッフ４名＋PD3名＋院生2名）

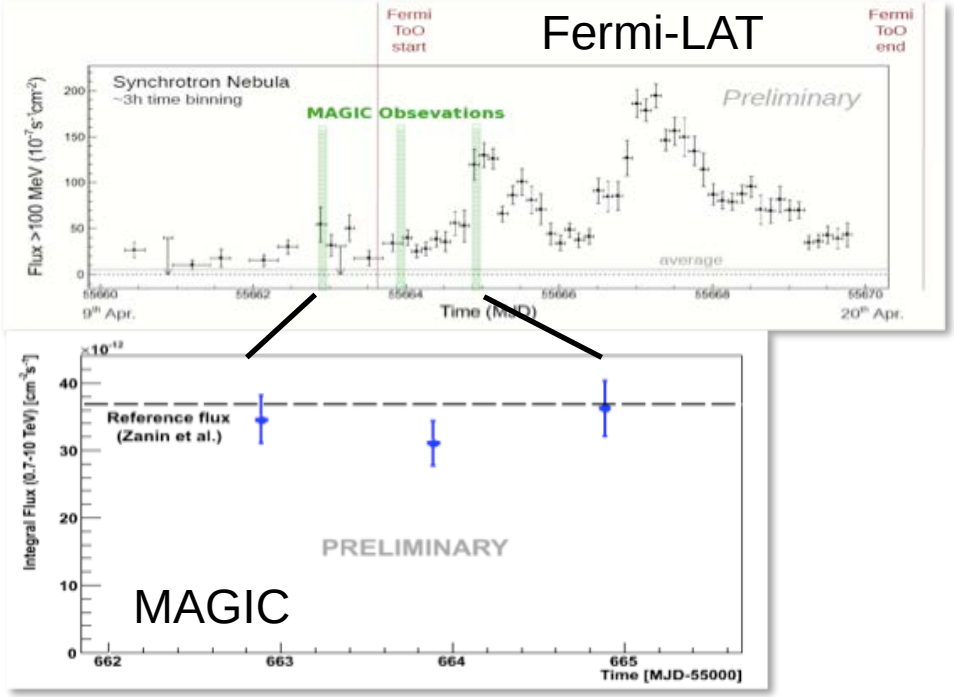
H24年度共同利用研究に新規申請

- 査定額旅費10万円→解析打合せ
- 観測データ解析に宇宙線研の計算機使用

Crab Nebula

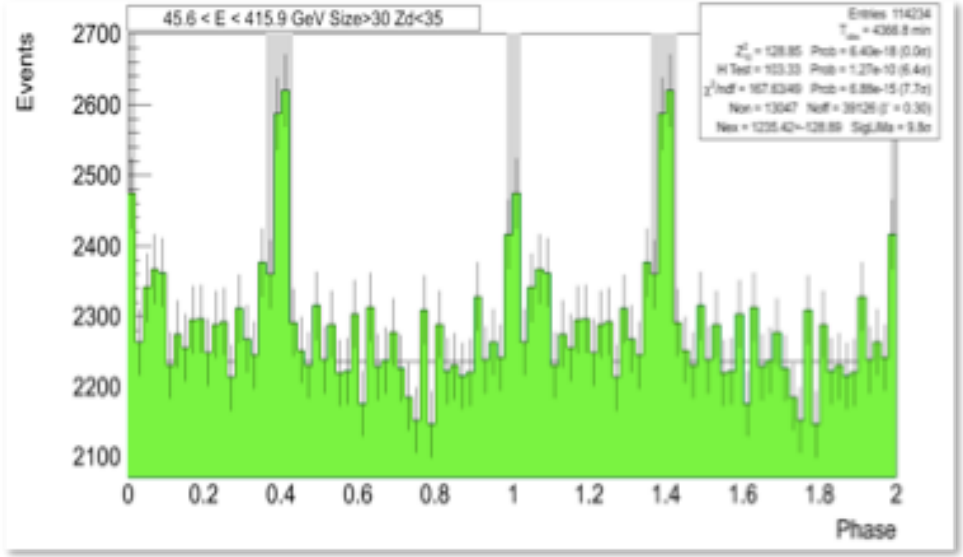


- スペクトル 50 GeV – 45 TeV
- (Fermi-LATの測定と合わせて)
  逆コンプトンピーク 59±6 GeV
- 高エネルギーカットオフの有無は不明（系統誤差）

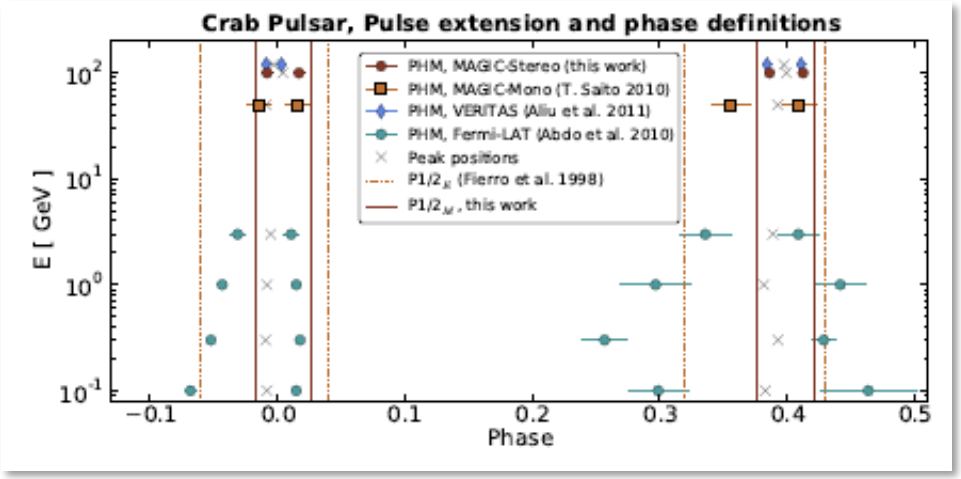


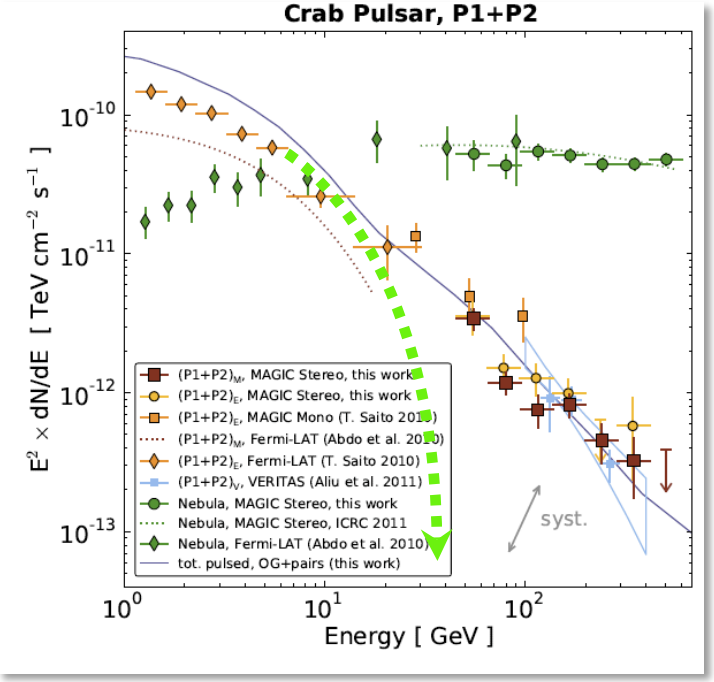
- 2011年４月GeVフレア時に月明かりのもと観測
- 閾値700GeVで、フラックス変動検出されず
- さらに高エネルギーの解析が進行中

Crab Pulsar



- 25-400 GeVで信号検出
- パルス幅はエネルギーと共に減少
- スペクトラムはExponential
  カットオフに従わず
- 曲率輻射と矛盾
- 磁気圏カスケードモデルや、
  パルサー風散乱モデルで説明可能

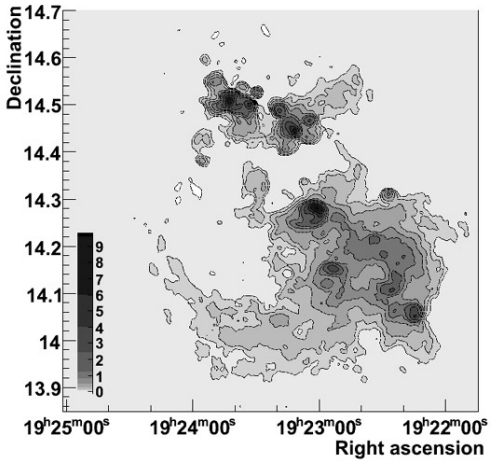


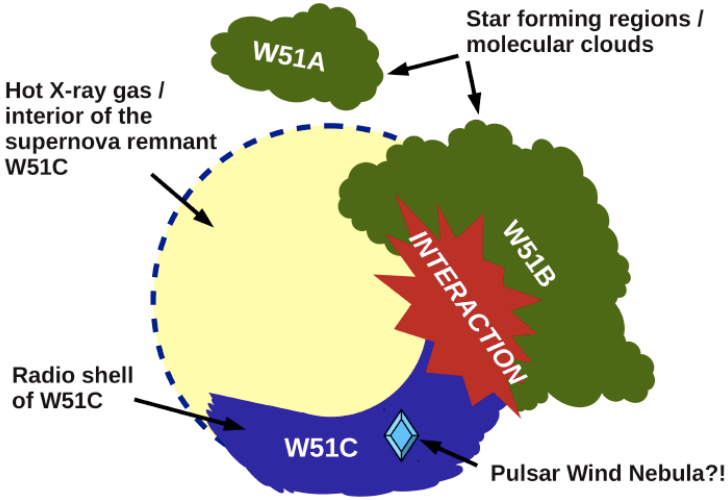


A&A 540, A69 (2012)
今年3/28 東大プレスリリース
さらに高エネルギーの解析が進行中

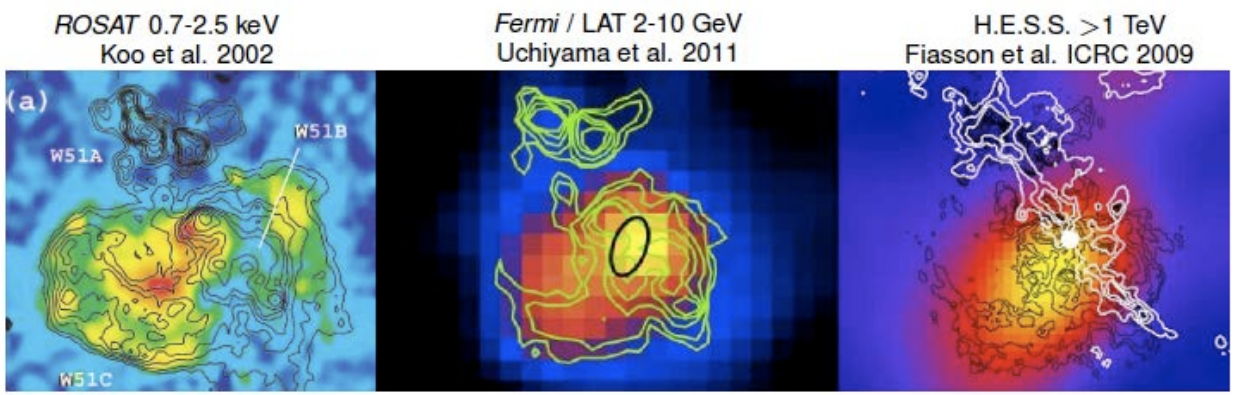
齋藤隆 他

W51 Complex





- 星形成領域 、分子雲 W51A, W51B
- 超新星残骸 W51C (30kyr, 5.5 kpc)
- パルサー星雲? (CXO192318.5)
- 超新星残骸(C)と分子雲(B)の相互作用(OH Maser, 速度分散、高電離度)



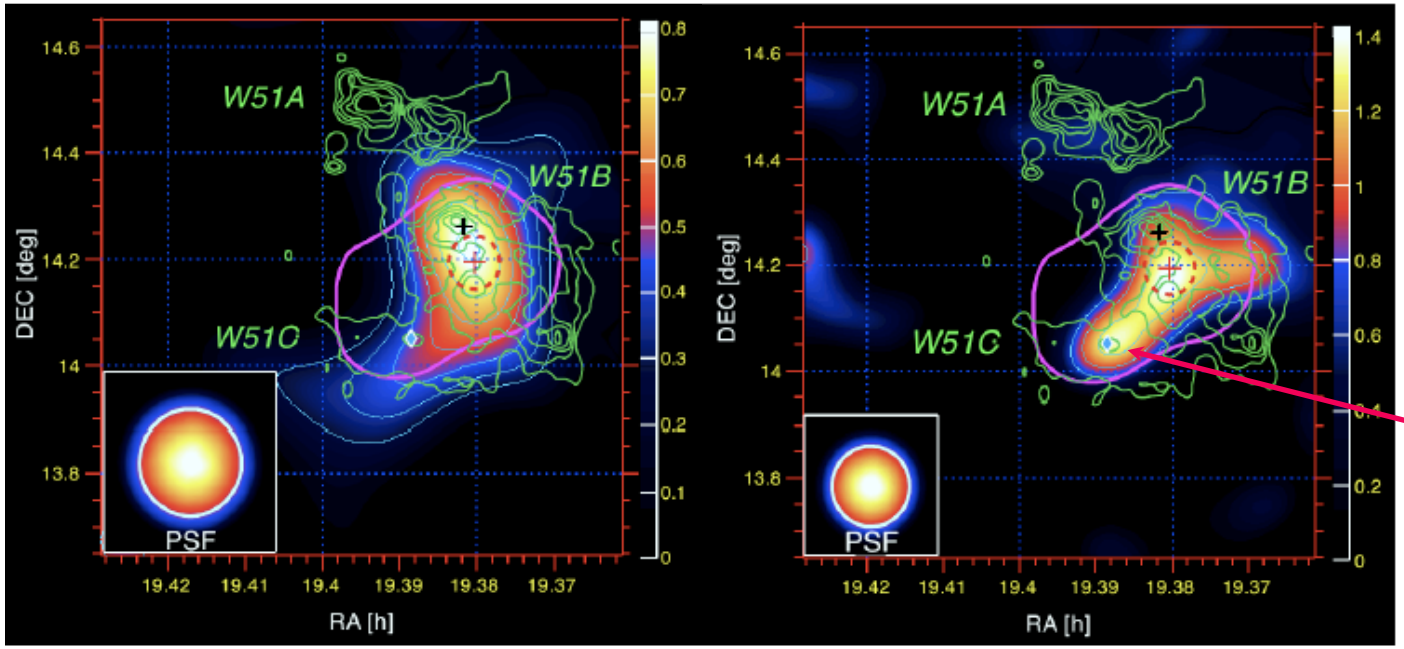
- X線、GeVγ線、TeVγ線(H.E.S.S.)で放射を検出
- γ線の放射領域ははっきりせず
- スペクトラムはハドロン起源を示唆

W51　MAGIC観測

2010年+2011年　53時間観測 ⇒ 11.4σで検出

300 - 1000 GeV
(0.075度smearing)

> 1 TeV
(0.054度smearing)

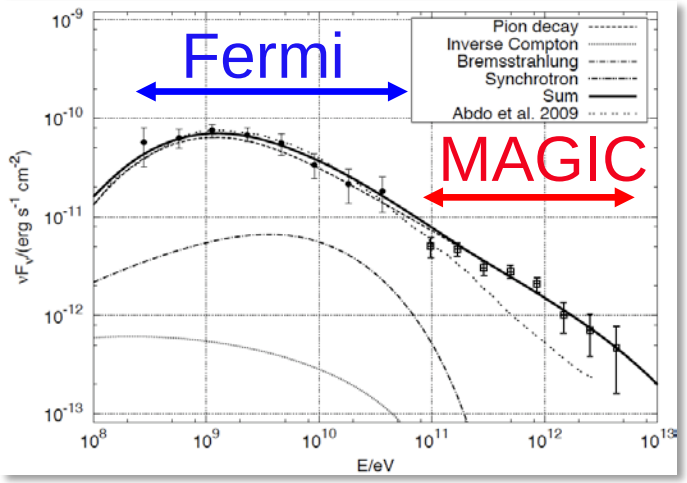


PWNの
寄与か？

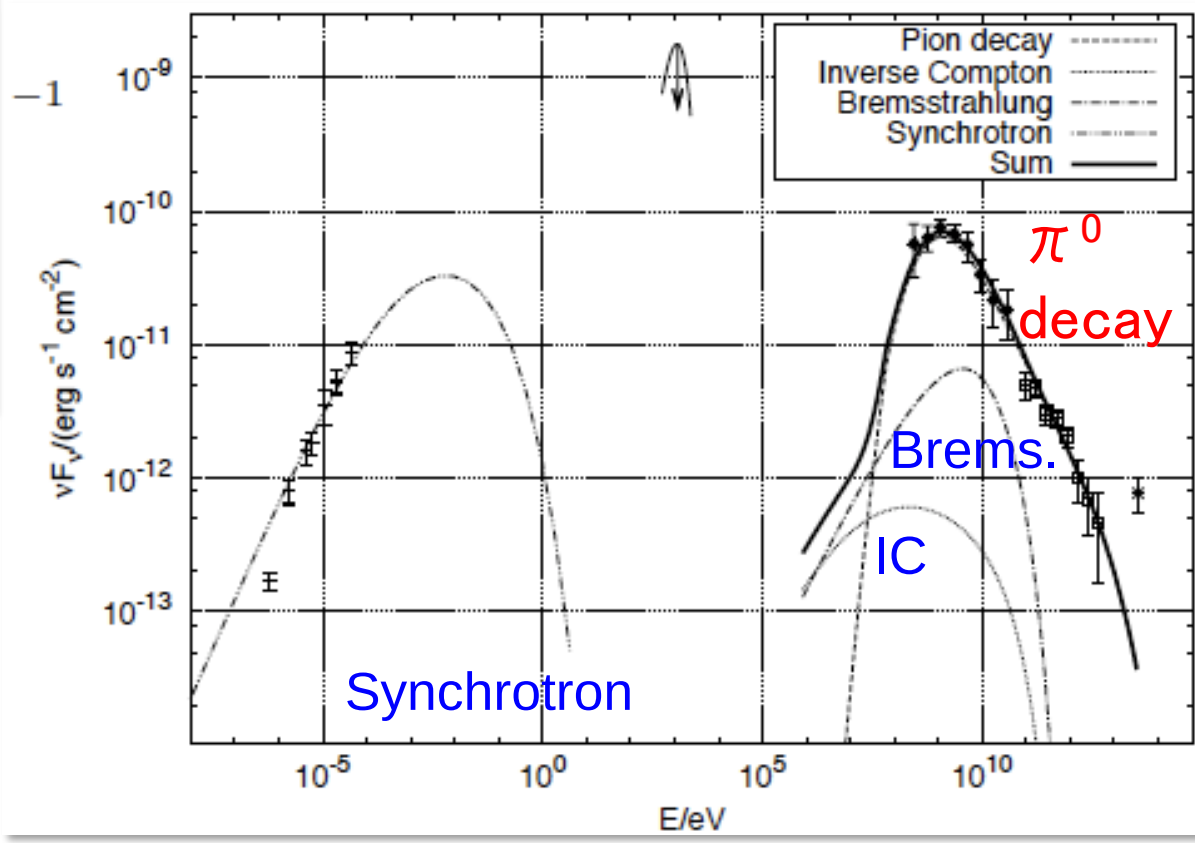
+ OH Maser
◆ CXO J192318.5+140305 (possible PWN)
⊕ Shock cloud interaction region
— *Fermi*/LAT 3 counts contour >1 GeV
— MAGIC test statistics starting at 3 (+1 per contour)
— 21cm

The MAGIC collaboration, A&A 541 A13 (2012)
CA: Krause, Reichardt, Carmona

W51スペクトル:理論的解釈



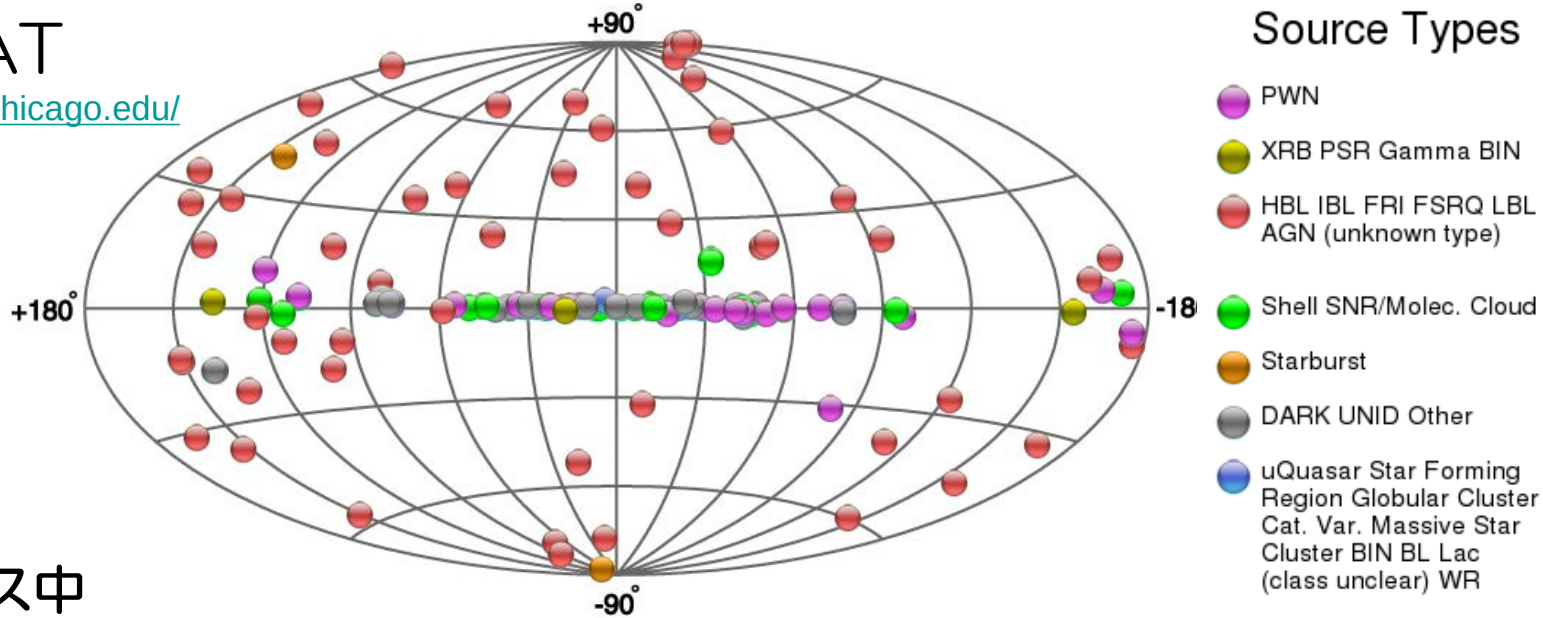
- 100GeVから4TeVまでベキ関数
- Fermi-LATの測定とスムーズにつながる
- Flux (>1TeV) ~3%Crab



- 単純な(1ゾーン)ハドロニックモデルで説明可能
- 陽子少なくとも100TeV程度まで加速
- W_p~6x10^{50} erg (n =10 cm^{-3} 仮定)
- これまでのところ、レプトニックモデルでは説明できず

活動銀河核 ブレーザー

TeVCAT
http://tevcat.uchicago.edu/



143ソース中
活動銀河核 53 （ブレーザー 50 + 電波銀河 3）赤印

ブレーザー天体
- ◆ BL Lac型　－ 47ソース
- ◆ Flat Spectrum Radio-loud Quasar (FSRQ)　－３ソースのみ
  - 3C 279 (z=0.536、最遠方VHEガンマ線天体): MAGIC 2006, 2007
  - PKS 1222+216 (z = 0.432): MAGIC 2010
  - PKS 1510-089 (z = 0.361): H.E.S.S. 2009(スペクトル未発表)

⇨ MAGICで観測

FSRQ天体 PKS 1510-089

2012年観測

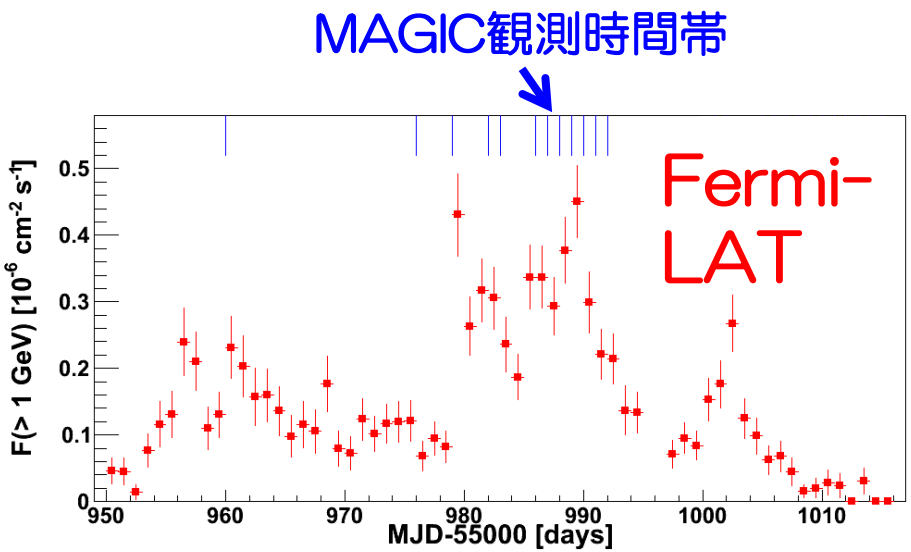
- 1月下旬 Fermi-LATによるflux上昇、spectrum hardening報告
- AGILE ATel 2/3, 2/17

MAGIC観測

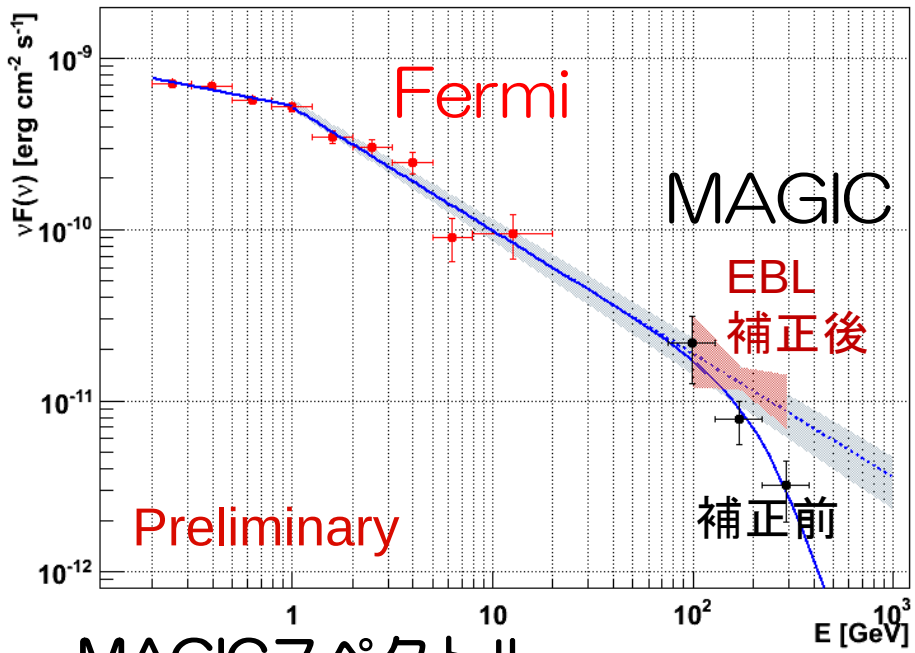
2/3～3/6 12日間

有効観測時間 10.4 hr　5.2σ検出

Preliminary



νF_νスペクトル



MAGICスペクトル

EBL(可視赤外背景放射)による吸収

- 補正前: Γ = 3.5±0.6
- 補正後: Γ = 2.5±0.7

解析進行中

- 多波長データ追加
- 放射機構考察

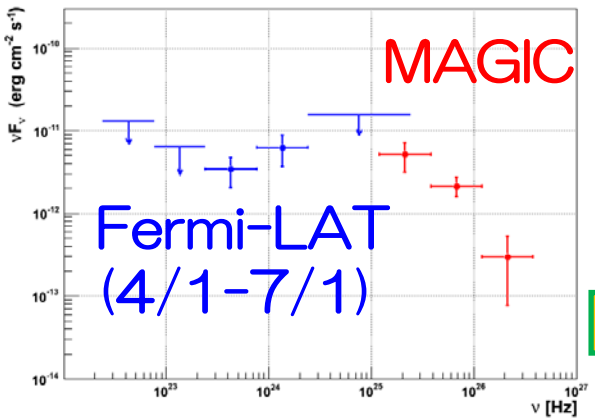
齋藤浩他

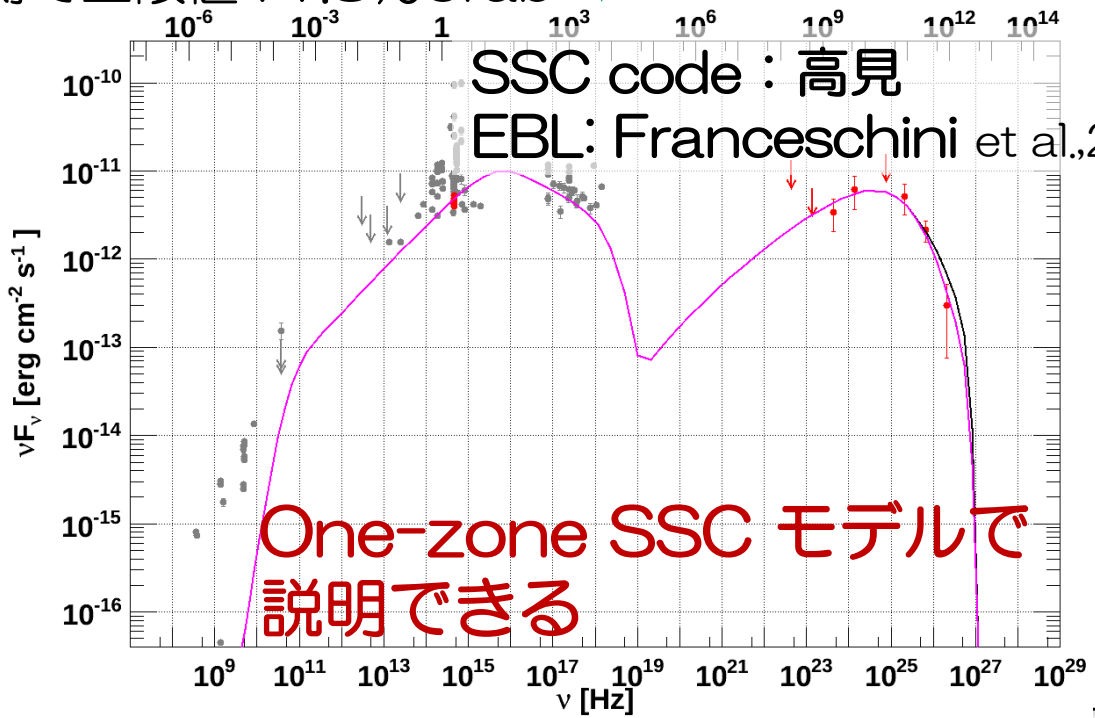
BL Lac天体1ES 1727+502

- High-frequency-peaked BL Lac, z = 0.055
- 2006年 MAGIC-I 1台観測で上限値11.8%Crab

MAGICステレオ観測
2011年 5/6～6/10

MAGIC 有効観測時間 8.9h
- 5.8σ検出
- Γ=2.9±0.2 (preliminary)





Model parameter	γ_{min}	γ_{bk}	γ_{max}	n_1	n_2	B[G]	K[cm^{-3}]	R[cm]	δ
One-zone SSC	100	3×10^4	6×10^5	2.0	3.5	0.1	8.2×10^3	7×10^{15}	15

小谷, 西嶋, 櫛田, 林田, 高見 他

MAGIC collaborationによるPublication： 2012/1-12で査読付14編

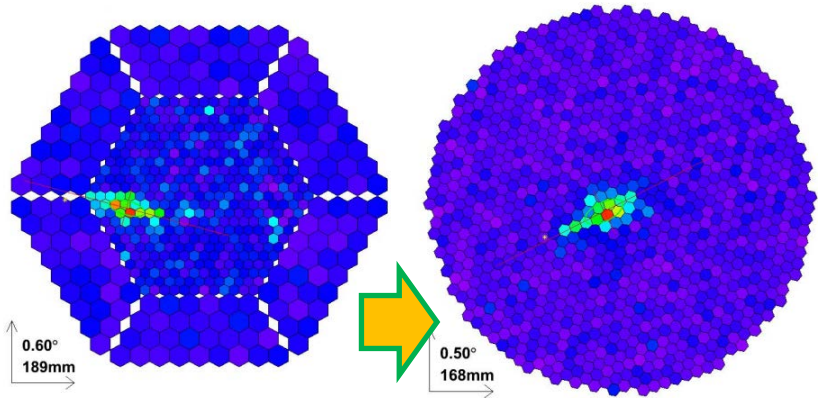
Crab nebula/pulsar, Binary LS I +61 303, M87, B3 2247+381, NGC 1275, PG 1553+113, W51, Perseus cluster, Mrk 421, HESS J0632+057, PKS 2155-304, 1ES 1215+303

望遠鏡アップグレード

		前	後
MAGIC I (2004～)	PMT	576 pixels	1039
	波形読出し	FADC	DRS v.4
MAGIC II (2009～)	PMT	1039 pixels	1039
	波形読出し	DRS v.2	DRS v.4

- ピクセル微細化＋トリガーエリア40%拡大
- PMT性能向上
- 波形読み出し回路の性能向上

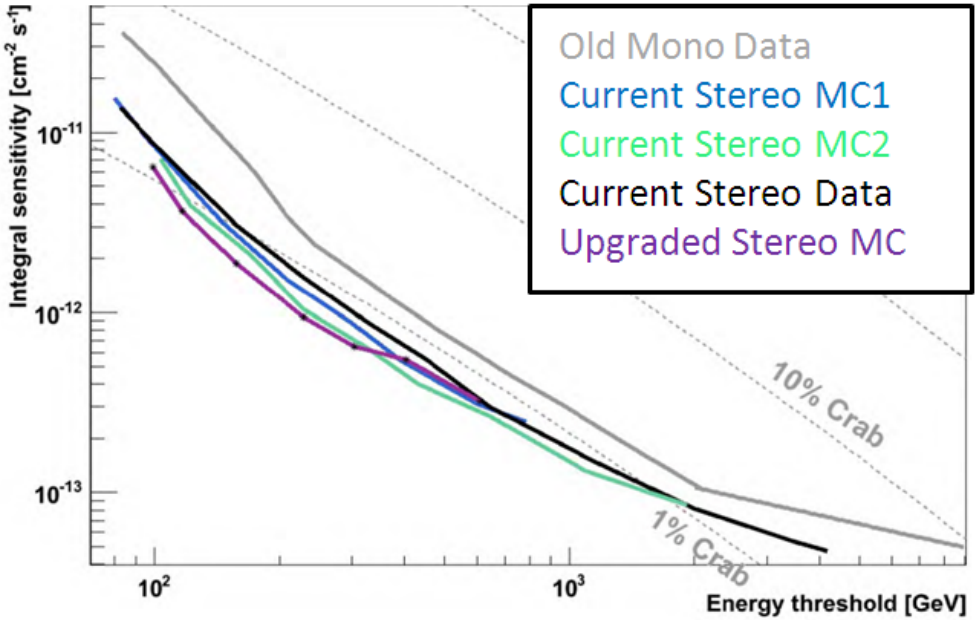
感度向上(500GeV以下で15%-20%)＋メンテナンス性向上



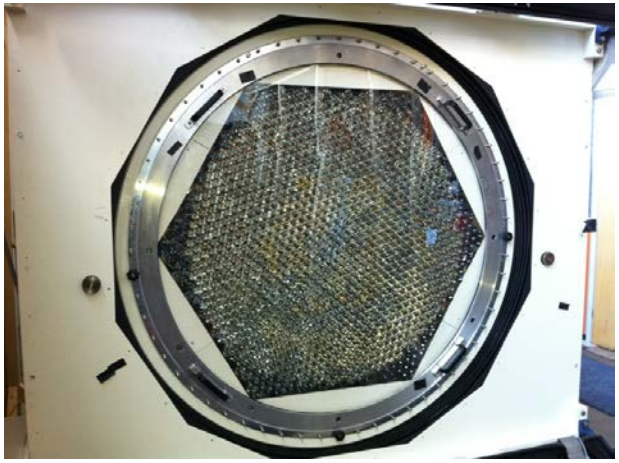
旧カメラ 576 pixel　　新カメラ1039 pixel

DRS:波形記録キャパシタアレイASIC

DRS搭載波形サンプリング回路



MAGIC-I カメラアップグレード



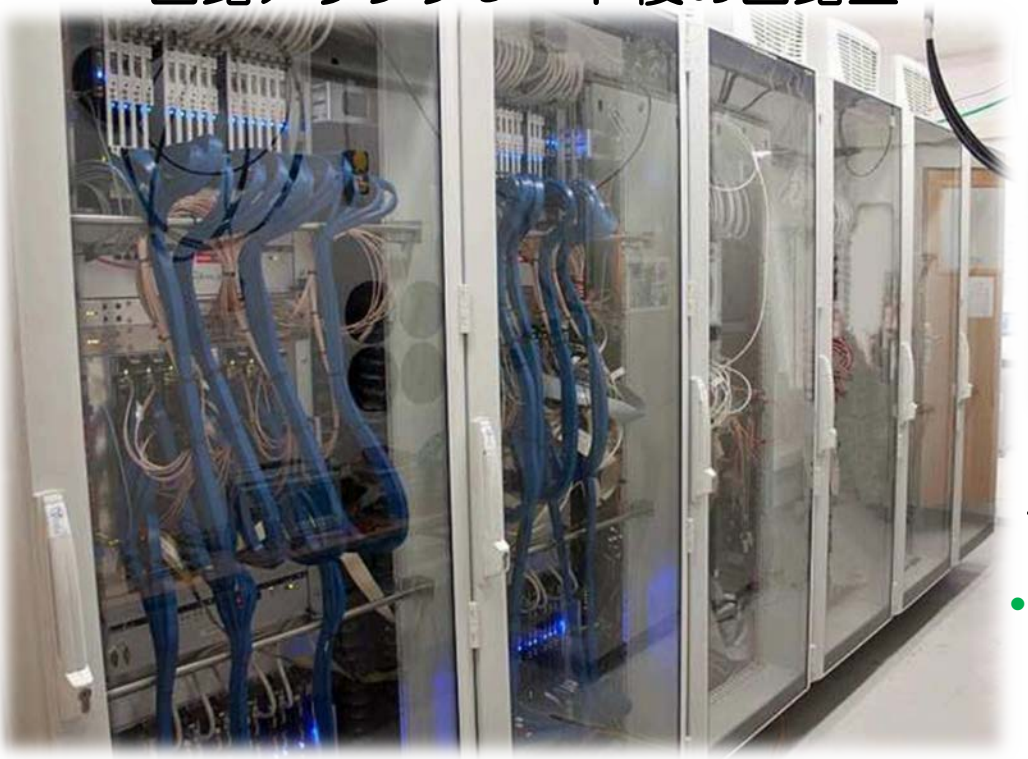
カメラ取外し(2012年6月)

カメラ取付・調整

中嶋、遠山 他

回路アップグレード、定常観測再開

回路アップグレード後の回路室



- GHz波形サンプリングボード
（アナログメモリDRS4搭載）

インストール前の回路動作チェック作業@Pisa （折戸, 今野 他）

- カメラコントロールシステム改良
（遠山 他）

- Commissioning ～10月（折戸, 今野 他）
- 定常観測再開 11月～
- 11/12に、電波銀河(おそらくHBL) IC310 (z=0.0189)を25σで検出
E>300 GeVで>0.5 Crab ⇨ ATel #4583に流す
- 日本グループ　観測シフト 5人/年　派遣予定
共同利用研究費でのMAGIC観測旅費を認めて頂きたい

まとめ

- MAGIC collaborationに日本グループ加入(京大、ICRR、徳島大、東海大、KEK)
- 口径17m望遠鏡２台によるステレオ観測
- Crab nebula 50 GeV - 45 TeVで検出、2011/4 強度変動検出されず
- Crab pulsar 25-400 GeVで検出（expカットオフなし）
- W51(分子雲・星形成領域W51B＋超新星残骸W51C)検出ーハドロン起源示唆
- FSRQ天体 PKS 1510-089 (z = 0.36)検出
- HBL天体 1ES 1727+502(z = 0.055)検出ーSSC説明可
- 今年６月～10月に、望遠鏡アップグレード（MAGIC Iカメラ & 読出回路など）。日本グループも貢献。
- 定常観測再開 11月～

  11/12 電波銀河 IC310を>0.5Crabで検出 →速報ATel