

## 平成 26 年度共同利用研究・研究成果報告書

研究課題名 和文：MAGIC 望遠鏡を用いた高エネルギーガンマ線天体の研究  
 英文：Study of High Energy Gamma-ray Objects with the MAGIC telescopes

研究代表者 窪 秀利（京都大学理学研究科）  
 参加研究者 今野 裕介、齋藤 隆之（京都大学理学研究科）、高見 一（高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所）、櫛田 淳子、小谷 一仁、西嶋 恭司（東海大学理学部）、井上 進、手嶋 政廣、中嶋 大輔、花畑 義隆、林田 将明、Daniela Hadasch、Daniel Mazin（東京大学宇宙線研究所）、折戸 玲子（徳島大学ソシオ・アーツ・アンド・サイエンス研究部）、遠山 健、野田 浩司（Max-Planck-Institute for Physics）、the MAGIC collaboration

研究成果概要  
 本研究において、スペイン・ラパルマ島に設置された口径 17m 大気チェレンコフ望遠鏡 MAGIC 2 台を用いた、50 GeV–10 TeV での高エネルギーガンマ線天体観測と、望遠鏡のアップグレードを行った。本年度の成果の概要を以下に示す。

（1）電波銀河 IC 310 から、doubling time scale が 4.8 分の  $\gamma$  線フレアを MAGIC で検出した（図 1） [1]。もし、放射領域のサイズが、ブラックホールサイズ(太陽質量の 3 億倍で 3 AU)ならば、ジェットによる相対論的時間短縮効果を考慮しても、変動スケールは約 20 分であるため、この結果は、

$\gamma$  線放射がブラックホールサイズより狭い領域で起こっていることを示す。放射機構として、回転ブラックホール極軸付近の磁気圏に、電位ギャップが発生し、電子・陽電子（降着円盤・トーラスからの光子・光子衝突で対生成）が加速され、逆コンプトン散乱により  $\gamma$  線を放射していると考えられる（図 1）。

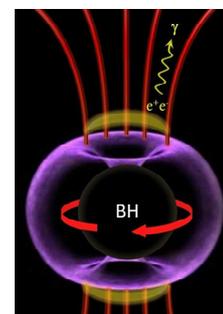
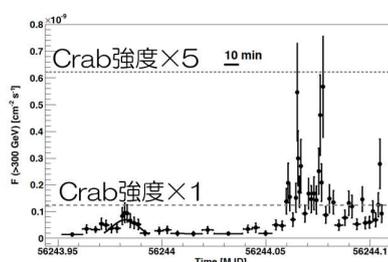


図 1：電波銀河 IC310 のガンマ線 ( $E > 300$  GeV) 強度変動(左)とガンマ線放射機構(右) [1]。

（2）S3 0218+357 ( $z=0.944$ )を VHE  $\gamma$  線領域で初検出し、最遠方赤方偏移の記録を更新した。Fermi 衛星で  $11.46 \pm 0.16$  日の到来時間遅れ(C.C.Cheung et al, 2014)が 2012 年に検出された重力レンズ Blazar であり、2014 年 7 月 13–14 日に、Fermi 衛星が再度フレアを検出したが(Fermi-LAT collaboration, ATel#6316)、満月のため MAGIC で観測できなかった。その後、到来時間の遅れが予想された、2014 年 7 月 23–26 日に MAGIC で観測し、0.15 Crab (100–200 GeV)の強度で検出し、速報を ATel#6349 に流した。

（3）Fermi 衛星が発見した未同定天体 2FGL J2001.1+4352（その後、HBL と判明）を MAGIC で観測し、VHE  $\gamma$  線領域で初検出した（MAGIC J2001+435）（小谷、櫛田、西嶋他; [2]; 小谷博士論文）。MAGIC と Fermi によるスペクトルおよび可視赤外背景放

射吸収から求めた赤方偏移は、 $z=0.17\pm 0.10$  であり、MAGIC 共同研究者らと行ったホスト銀河観測の  $z=0.18\pm 0.04$  と一致した。その多波長スペクトル(SED)は、強度が異なる、VHE  $\gamma$  線フレア、X 線バーストおよび静穏期のどの状態においても、1-zone のシンクロトン自己コンプトン放射(SSC)で一貫して説明できることが分かった (図2)。

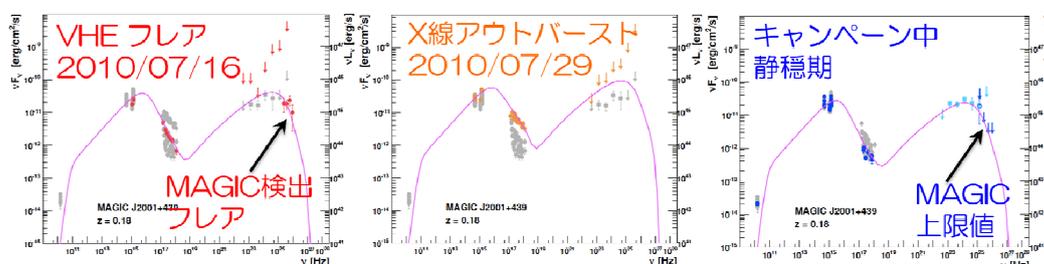


図2 : BL Lac 天体 MAGIC J2001+439 の多波長スペクトルと 1-zone SSC モデル。

(4) MAXI 3 年観測カタログの中から、X 線で明るい HBL かつ VHE  $\gamma$  線未検出天体を選び、MAGIC で観測した。RX J1136.5+6737 ( $z=0.13$ )を 2014 年 2~5 月に観測し、約 1.5% Crab ( $>200$  GeV)の強度で検出し、速報を ATel #6062 に流した (林田他)。

(5) HBL 天体である Mrk 421( $z=0.03$ )を 2010 年 3 月に 13 日間連続で多波長観測し、準静的とフレアの 2 成分があること、2-zone モデルは、狭い SED ピークと X 線・ $\gamma$  線だけの変動、1 日以内の変動を説明できること、SED の時間発展は、電子分布の変化でよく再現できることが分かった (高見他、A&A in press)。

(6) HBL 天体である Mrk 501( $z=0.03$ )を 2013 年に多波長観測し、フレアを検出した。フレアの前後も、1-zone SSC モデルで説明できた (野田他)。

(7) 銀河間磁場による活動銀河核ハローを探索したが未検出であった(今野他)。

(8) 連星系である激変星 AE Aquarii を観測したが未検出であった[3]。また、マイクロウェーサー LS I +61 303 の super-orbital modulation、Be 星円盤サイズ、VHE  $\gamma$  線の相関を調査中である(Hadasch 他)。

(9) 超新星残骸 W44 周辺からの VHE  $\gamma$  線放射を探索したが検出されなかった。今後、拡散係数などに制限を付ける (花畑他)。

(10) 望遠鏡トリガ回路を改良・調整中であり、エネルギー閾値 $\sim 30$  GeV に下がることが期待される(中嶋、Mazin 他)。また、LIDAR による大気透明度補正を行った(野田他)。

**MAGIC collaboration** が H26 年度に刊行した査読付論文 :

- [1] Science, 346, 1080, 2014. [2] A&A, 572, A121, 2014. [3] A&A, 568, A109, 2014. [4] ApJ, 786, 157, 2014. [5] A&A, 571, A96, 2014. [6] A&A, 567, A41, 2014. [7] A&A, 567, A135, 2014. [8] A&A, 565, L12, 2014. [9] A&A, 564, A5, 2014. [10] MNRAS, 440, 530, 2014. [11] A&A, 567, L8, 2014. [12] A&A, 569, A46, 2014. [13] A&A, 573, A50, 2015. [14] MNRAS, 446, 217, 2015.