

平成 28 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、谷川 俊介、野崎 誠也、増田 周 (京都大学理学研究科)、池野 祐平、神本 匠、木村 颯一郎、櫛田 淳子、辻本 晋平、西嶋 恭司、吉田 麻佑 (東海大学理学部)、井上 進、岩村 由樹、加藤 翔、黒田隼人、櫻井 駿介、高橋 光成、手嶋 政廣、中嶋 大輔、永吉 勤、林田 将明、深見 哲志、Daniela Hadasch、Daniel Mazin (東京大学宇宙線研究所)、折戸 玲子 (徳島大学大学院理工学研究部)、石尾 一馬、遠山 健、野田 浩司 (Max-Planck-Institute for Physics)、the MAGIC collaboration

研究成果概要

MAGIC collaboration によって、2016 年に査読付論文 18 編を発表した。内訳は、活動銀河核 10, パルサー・星雲 2, 銀河中心 1, ブラックホール/Be 星連星 1, IceCube ニュートリノ follow up 観測 1, 暗黒物質探索 1, 望遠鏡 2 編である。さらに、今年度、日本物理学会で 4 講演の発表を行った。以下、本研究参加者が大きく貢献した中から、5 例を紹介する。

- (1) かにパルサーからの TeV γ 線パルスを見つけた (図 1; 論文 [18])。電子のローレンツ因子は 5×10^6 以上が必要であり、光

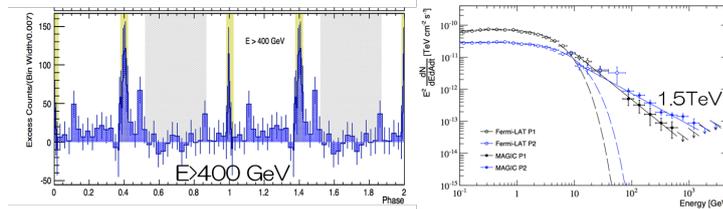


図 1：MAGIC で観測された、かにパルサーからのパルス γ 線。

円柱内での逆コンプトン散乱による放射であると考えられる。

- (2) Geminga パルサーを MAGIC で観測したが、VHE γ 線は検出されなかった [9]。

- (3) 重力レンズ Blazar B0218+357 ($z=0.944$) からの VHE γ 線放射を発見し、最遠方 VHE γ 線天体となった。MAGIC で検出

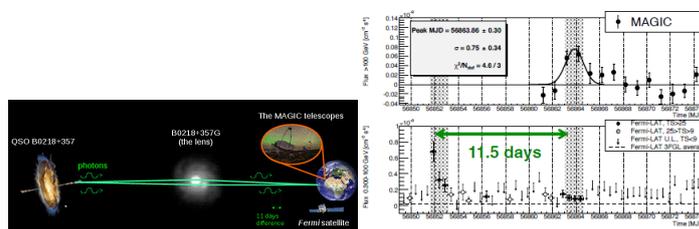


図 2：重力レンズ Blazar B0218+357 ($z=0.944$) からの遅れ

衛星でフレアが観測されたフレアの検出。

れた 11.5 日後であり、重力レンズ効果を示す結果となった (図 2)。また、Fermi と MAGIC で観測されたスペクトルから求めた、可視赤外背景放射 (EBL) 強度は、現在の EBL モデルと無矛盾であった。 [4]

- (4) MAXI カタログの中から、X 線で明るい HBL かつ VHE γ 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)の強度で検出した(速報 ATEL#6062)。多波長スペクトルを解析した結果(図3)、可視赤外背景放射による吸収を補正した VHE γ 線のべきは $\Gamma=1.94\pm 0.35$ であり、加速電子のスペクトルのべきは2以下と硬いこと、磁場と電子のエネルギー密度比は $u_B/u_e \ll 1$ で物質優勢であり、乱流加速モデルを支持することが分かった。[物理学会講演]

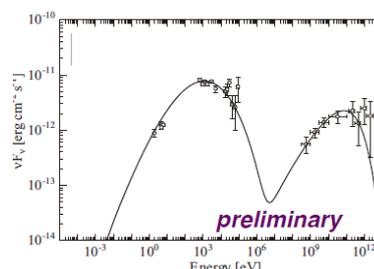


図3 : HBL天体 RX J1136.5+6737 ($z=0.13$)の多波長スペクトル。

- (5) ガンマ線連星 LS I +61° 303 からの2006-2015年のVHE γ 線強度を調べ、連星軌道周期(26.5日)に加え、電波で観測された超軌道周期(1667日)と同じ周期でも変動していることを発見した(図4) [10]。Be星周 γ 線の超軌道周期変動(左)、放射機構(右)。円盤のサイズ(Be星の質量損失率)の変動と考えられる。

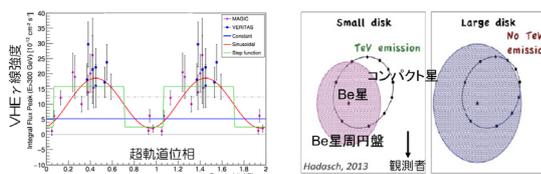


図4 : ガンマ線連星 LS I +61° 303 からの VHE γ 線の超軌道周期変動(左)、放射機構(右)。円盤のサイズ(Be星の質量損失率)の変動と考えられる。

MAGIC collaborationがH28年度に刊行した査読付論文 ([4]以降は2016年)

- [1] "Multiband variability studies and novel broadband SED modeling of Mrk 501 in 2009", A&A, in press; arXiv:1612.09472
- [2] "Observations of Sagittarius A* during the pericenter passage of the G2 object with MAGIC", A&A, in press; arXiv:1611.07095
- [3] "A Search for Spectral Hysteresis and Energy-dependent Time Lags from X-Ray and TeV Gamma-Ray Observations of Mrk 421", ApJ, 834, id. 2, 18 pp. (2017)
- [4] "Detection of very high energy gamma-ray emission from the gravitationally lensed blazar QSO B0218+357 with the MAGIC telescopes", A&A, 595, id.98.
- [5] "Very High-Energy Gamma-Ray Follow-Up Program Using Neutrino Triggers from IceCube", 2016 JINST 11 P11009.
- [6] "Long-term multi-wavelength variability and correlation study of Markarian 421 from 2007 to 2009", A&A, 593, id.A91, 12 pp.
- [7] "Investigating the peculiar emission from the new VHE gamma-ray source H1722+119", MNRAS, 459, p. 3271-3281.
- [8] "Multiwavelength observations of the blazar 1ES 1011+496 in Spring 2008", MNRAS, 459, p. 286-2298.
- [9] "Search for VHE gamma-ray emission from Geminga pulsar and nebula with the MAGIC telescopes", A&A, 591, id.A138, 7 pp.
- [10] "Super-orbital variability of LS I +61°303 at TeV energies", A&A, 591, id.A76, 7 pp.
- [11] "Insights into the emission of the blazar 1ES 1011+496 through unprecedented broadband observations during 2011 and 2012", A&A, 591, id.A10, 14 pp.
- [12] "MAGIC observations of the February 2014 flare of 1ES 1011+496 and ensuing constraint of the EBL density", A&A, 590, id.A24, 8 pp.
- [13] "Deep observation of the NGC 1275 region with MAGIC: search of diffuse gamma-ray emission from cosmic rays in the Perseus cluster", A&A, 589, id.A33, 13 pp.
- [14] "Multiwavelength Study of Quiescent States of Mrk 421 with Unprecedented Hard X-Ray Coverage Provided by NuSTAR in 2013", ApJ, 819, id. 156, 30 pp.
- [15] "Limits to dark matter annihilation cross-section from a combined analysis of MAGIC and Fermi-LAT observations of dwarf satellite galaxies", JCAP, id. 039
- [16] "The major upgrade of the MAGIC telescopes, Part II: A performance study using observations of the Crab Nebula", Aph, 72, p. 76-94.
- [17] The major upgrade of the MAGIC telescopes, Part I: The hardware improvements and the commissioning of the system", Aph, 72, p. 61-75.
- [18] "Teraelectronvolt pulsed emission from the Crab Pulsar detected by MAGIC", A&A, 585, id. A133, 6 pp.