

2020 (令和二) 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 岡知彦、寺内健太、野崎誠也、Seokhyun Yoo (京都大学理学研究科)、郡和範 (高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所)、山本常夏 (甲南大学理工学部)、櫛田淳子、佐々木陽香、生天目康之、西嶋恭司、原田芳規、平松明秀 (東海大学理学部)、浅野勝晃、阿部日向、阿部正太郎、稲田知大、井上進、井上芳幸、岩村由樹、大谷恵生、小林志鳳、齋藤隆之、櫻井駿介、高橋満里、高橋光成、武石隆治、手嶋政廣、野田浩司、廣島渚、深見哲志、Joshua Ryo Baxter, Daniela Hadasch, Daniel Mazin, Marcel Strzys, Ievgen Vovk (東京大学宇宙線研究所)、今澤遼、深沢泰司 (広島大学先進理工系科学研究科)、中森健之 (山形大学理学部)、Razmik Mirzoyan (Max-Planck-Institute for Physics)、Oscar Blanch (IFAE)、他 MAGIC collaboration

研究成果概要

MAGIC collaboration によって、2020 年度、査読付論文 16 編を発表した(次頁)。内訳は、活動銀河核 8 編、ガンマ線バースト 2、パルサー 2、超新星残骸 1、銀河中心領域 1、未同定天体 1、暗黒物質探索 1 である。さらに、活動銀河核の観測結果の速報 4 件を ATel に流した。また、学会・国際会議で成果を発表した(次頁)。以下、本研究参加者による貢献の中から一部を紹介する。

- (1) Short GRB 160821B($z=0.16$)をバーストトリガーの 24 秒後から、MAGIC で約 4 時間観測し、ガンマ線($E>0.5$ TeV)の検出有意度は 3.1σ であった。MAGIC のガンマ線スペクトルを可視赤外背景放射(EBL)吸収補正した光度は、X 線光度に比べて 5–10 倍高く、Synchrotron-Self-Compton(SSC)モデルでは説明できないことが分かった。
- (2) 超新星残骸(SNR) Gamma Cygni(年齢 5–10 千年)を MAGIC で観測し、Fermi-LAT で検出された SNR 本体からの γ 線放射に加え、SNR に附随する領域からの γ 線を検出した。電波の分子データとの相関を調べ、SNR から逃走する宇宙線による π^0 崩壊 γ 線で説明できることが分かった。
- (3) 活動銀河核 1ES1959+650(Blazar に分類)を、MAGIC を含む多波長で 2016 年に観測した。 γ 線フレアが検出された 6 月の多波長スペクトルは、(a) レプトン起源の場合、ドップラー因子は 30–60 で、典型値 10 より高くないこと、(b) ハドロン起源の場合、約 100 G という強磁場と陽子の最大加速エネルギー数 EeV が必要となること、放射されるニュートリノ強度は検出限界以下であること、が分かった。
- (4) MAGIC で検出された、GRB 190114C の γ 線到来時間のエネルギー依存性を調べ、

ローレンツ不変性を検証した。これまでの GRB や AGN 観測から得られた制限値にほぼ匹敵する制限値を得た。

(5) GRB 201216C をバーストトリガーの 57 秒後から、MAGIC で観測し、 5σ 以上で検出した(ATel#14275)。

(6) かに星雲を、MAGIC と CTA-LST 初号機で同時観測し、相互較正を行った。

MAGIC collaborationによる査読付論文 ★印：本研究参加者が責任著者の論文。

- [1] ★ “MAGIC observations of the nearby short gamma-ray burst GRB 160821B”, *ApJ*, 908, id.90 (2021)
- [2] “Multiwavelength variability and correlation studies of Mrk 421 during historically low X-ray and γ -ray activity in 2015–2016”, *MNRAS*, in press.
- [3] “Observation of a sudden cessation of a very-high-energy gamma-ray flare in PKS 1510–089 with H.E.S.S. and MAGIC in May 2016”, *A&A*, in press. [HESS collaborationとの共著]
- [4] ★ “VHE gamma-ray detection of FSRQ QSO B1420+326 and modeling of its enhanced broadband state in 2020”, *A&A*, 647, A163 (2021)
- [5] ★ “Study of the GeV to TeV morphology of the γ -Cygni SNR (G78.2+2.1) with MAGIC and Fermi-LAT”, *A&A*, in press.
- [6] “Testing two-component models on very-high-energy gamma-ray emitting BL Lac objects”, *A&A*, 640, A132 (2020).
- [7] “A search for dark matter in Triangulum II with the MAGIC telescopes”, *Phys. Dark Universe*, 20, 100529 (2020).
- [8] “An intermittent extreme BL Lac: MWL study of 1ES 2344+514 in an enhanced state”, *MNRAS*, 496, 3912 (2020). [FACT collaborationとの共著]
- [9] “Bounds on Lorentz invariance violation from MAGIC observation of GRB 190114C”, *PRL*, 125, 021301 (2020).
- [10] ★ “Broadband characterisation of the very intense TeV flares of the blazar 1ES 1959+650 in 2016”, *A&A*, 638, A14 (2020). [Fermi-LAT collaborationとの共著]
- [11] “Detection of the Geminga pulsar with MAGIC hints at a power-law tail emission beyond 15 GeV”, *A&A*, 643, A14 (2020).
- [12] ★ “MAGIC observations of the diffuse γ -ray emission in the vicinity of the Galactic Centre”, *A&A*, 642, A190 (2020).
- [13] ★ “Statistics of VHE gamma-Rays in Temporal Association with Radio Giant Pulses from the Crab Pulsar”, *A&A*, 634, A25 (2020).
- [14] “Study of the variable broadband emission of Markarian 501 during the most extreme Swift X-ray activity”, *A&A*, 637, 86 (2020). [FACT collaborationとの共著]
- [15] “Studying the nature of the unidentified gamma-ray source HESS J1841–055 with the MAGIC telescopes”, *MNRAS*, 497, 3734 (2020).
- [16] “Unravelling the complex behavior of Mrk 421 with simultaneous X-ray and VHE observations during an extreme flaring activity in April 2013”, *ApJS*, 248, 29 (2020).

本研究参加者が登壇した学会発表

- [17] 2020年9月 日本天文学会：高橋他「ブレーザー1ES 1959+650 の2016年TeV フレアの多波長観測」
- [18] 2020年9月 日本物理学会：Hadasch他”MAGIC report 76: Long-term gamma-ray observations of the binary HESS J0632+057 with H.E.S.S., MAGIC and VERITAS”
- [19] 2020年9月 日本物理学会：大谷他「CTA報告167:CTA大口径望遠鏡初号機とMAGIC望遠鏡の相互較正」
- [20] 2021年3月 日本物理学会：Vovk他“MAGIC report 77: MAGIC observations of the diffuse gamma-ray emission in the vicinity of the Galactic Centre”
- [21] 2021年3月 日本物理学会：Strzys他“MAGIC report 78: Study of the GeV to TeV morphology of the gamma Cygni SNR (G78.2+2.1) with MAGIC and Fermi-LAT”
- [22] 2020年11月 Symposium “Kashiwa Dark Matter Symposium 2020”：稲田，“Indirect dark matter searches with the MAGIC telescopes”

整理番号 F06