

## 平成 29 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 野崎 誠也、平子 丈、増田 周 (京都大学理学研究科)、神本 匠、木村 颯一郎、櫛田 淳子、種田 裕貴、辻本 晋平、西嶋 恭司 (東海大学理学部)、岩村 由樹、久門 拓、黒田 隼人、齋藤 隆之、櫻井 駿介、高橋 光成、手嶋 政廣、永吉 勤、野田 浩司、林田 将明、深見 哲志、Daniela Hadasch、Daniel Mazin (東京大学宇宙線研究所)、井上 進 (理化学研究所)、折戸 玲子 (徳島大学大学院理工学研究部)、石尾 一馬、遠山 健(Max-Planck-Institute for Physics)、the MAGIC collaboration

### 研究成果概要

MAGIC collaboration によって、今年度、査読付論文 15 編を発表した(次頁)。さらに、観測結果の速報を Astronomer's Telegram(ATel)に 4 件流した。日本物理学会及び天文学会にて 5 講演行った。以下、成果の一部を紹介する。

(1) Fermi-LATの観測で、超高エネルギーニュートリノ事象IceCube-170922Aの誤差内にある活動銀河核 (AGN) Blazar TXS 0506+056の増光が検出された(ATel. 10791)。MAGICでフォローアップ観測を行い、ニュートリノの到来方向(誤差範囲内)から、超高エネルギーガンマ線を初めて検出し(100 GeV以上で $5\sigma$ 以上。速報ATel. 10817)、活動銀河核からの超高エネルギーニュートリノとガンマ線放射の相関が示唆された。現在、IceCube、Fermi-LAT、MAGIC collaboration他による共著論文を準備中である。

(2) Short GRB 160821B( $z=0.16$ )をトリガーの24秒後からMAGICで4時間観測し、ガンマ線の検出有意度は $3.1\sigma$ であった。MAGICのガンマ線スペクトルを可視赤外線吸収補正すると、べきは $0.8 \pm 0.6$ となり、さらに高いエネルギーまで放射が伸びていることが示唆された(図1;天文学会講演)。

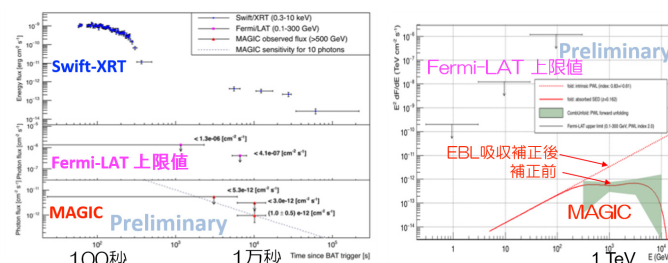


図1：GRB 160821BのX線・ガンマ線強度の時間変化(左)とガンマ線スペクトル(右)。

(3) パルサーJ2032+4127とBe星連星系(軌道周期50年)をVERITASと共同観測した。近星点(2017/11/13)付近のガンマ線強度は、6-8月の約10倍増光していた(速報ATel. 10971)。

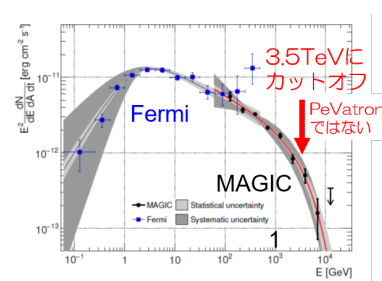


図2：SNR Cas Aのスペクトル。

(4) 超新星残骸 Cas A(年齢約300年)を2014-2016年に観測し、スペクトルのカットオフが3.5TeVにあり、PeVatronではないことが分かった(図2)[5]。

(5) 超新星残骸 Gamma Cygni(年齢5-10千年)を観測し、エネルギーによってmorphologyが異なることが分かった。電波の分子データとの相関を調べ、放射機構を考察中である。

(6) 活動銀河核 BL Lacの2015年のMAGICによる観測で、30分で減光するガンマ線フレアを検出した。電波からガンマ線までの多波長同時観測のスペクトル(図3)は、One-zone

Synchrotron-Self-Compton(SSC)放射モデルでは説明がつかず、SSC+External Compton model等他のモデルで解釈ができるかを検討中である。

- (7) Fermi-LATによるアラートを受け、活動銀河核 Ton 0599 ( $z=0.72$ )をMAGICで観測し、超高エネルギーガンマ線を初めて検出し(1時間で $10\sigma$ )、速報を流した(ATel. 11061)。
- (8) 銀河中心領域を2012-2015年に観測し、G2ガス雲が接近する前後で、ガンマ線(50 TeVまで)の強度変化はなかった(図4) [15]。また、電波arc領域にガンマ線源を検出し、銀河面上に広がった放射の兆候があった。今年度の観測データを追加し解析中である。
- (9) 活動銀河核M87(2012-2015年)やFRB 121102、VERITASやHESS collaborationと協力し、連星系HESS J0632+057の論文を準備中であり、超新星残骸G150.3+4.5のデータ解析が進行中である。

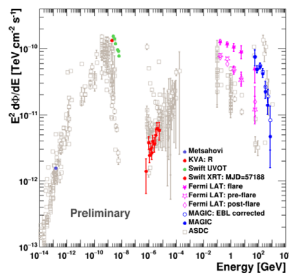


図3：活動銀河核 BL Lac の多波長スペクトル (PoS ICRC 2017, 613)。

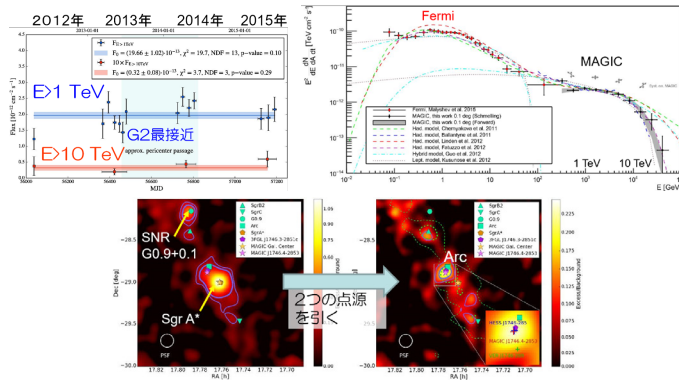


図4：銀河中心のガンマ線強度の時間変化(左上)およびスペクトル(右上)。銀河中心領域のガンマ線強度分布(下)。

**MAGIC collaboration が H29 年度に刊行した査読付論文** ([1-3]2018年, [4-15]2017年)

- [1] “The detection of the blazar S4 0954+65 at very-high-energy with the MAGIC telescopes during an exceptionally high optical state”, A&A, in press; arXiv:1801.04138.
- [2] “Indirect dark matter searches in the dwarf satellite galaxy Ursa Major II with the MAGIC telescopes”, JCAP, 3, id.9.
- [3] “Constraints on particle acceleration in SS433/W50 from MAGIC and H.E.S.S. observations”, A&A, 612, A14. (H.E.S.S. collaboration との共著)
- [4] “Search for very-high-energy gamma-ray emission from the microquasar Cygnus X-1 with the MAGIC telescopes”, MNRAS, 472, 3474.
- [5] “A cut-off in the TeV gamma-ray spectrum of the SNR Cassiopeia A”, MNRAS, 472, 2956.
- [6] “MAGIC observations of the microquasar V404 Cygni during the 2015 outburst”, MNRAS, 471, 1688.
- [7] “Observation of the black widow B1957+20 millisecond pulsar binary system with the MAGIC telescopes”, MNRAS, 470, 4608.
- [8] “Constraining Lorentz Invariance Violation Using the Crab Pulsar Emission Observed up to TeV Energies by MAGIC”, ApJS, 232, 9.
- [9] “Performance of the MAGIC telescopes under moonlight”, APh, 94, 29.
- [10] “Multiband variability studies and novel broadband SED modeling of Mrk 501 in 2009”, A&A, 603A, 31.
- [11] “Multiwavelength observations of a VHE gamma-ray flare from PKS 1510-089 in 2015”, A&A, 603A, 29.
- [12] “First multi-wavelength campaign on the gamma-ray-loud active galaxy IC 310”, A&A, 603A, 25.
- [13] “MAGIC detection of very high energy gamma-ray emission from the low-luminosity blazar IES 1741+196”, MNRAS, 468, 1534.
- [14] “Very-high-energy gamma-ray observations of the Type Ia Supernova SN 2014J with the MAGIC telescopes”, A&A, 602A, 98.
- [15] “Observations of Sagittarius A\* during the pericenter passage of the G2 object with MAGIC”, A&A, 601A, 33.