

超高エネルギー断面から見た宇宙

Universe Seen From Very High Energy Eyes

課題番号 11CE2004

平成 11 年度 ~ 平成 15 年度科学研究費補助金(特別推進研究)研究成果報告書

平成 16 年 4 月

April 2004

研究代表者

東京大学宇宙線研究所教授
木舟 正 (平成 11-12 年度)
Tadashi Kifune

東京大学宇宙線研究所教授
森 正樹 (平成 13-15 年度)
Masaki Mori

目次

はしがき.....	1
研究成果の概要.....	2
研究組織.....	3
交付決定額（配分額）.....	4
研究発表.....	4
(1) 学会誌等.....	4
(2) 口頭発表.....	5
(3) 出版物.....	15
(4) 学位論文.....	15
(5) 雑誌記事等.....	17
研究成果による工業所有権の出願・取得状況.....	18
研究成果のまとめ.....	19
1. 10m 大気チェレンコフ望遠鏡によるステレオ観測の実現	
2. 銀河中心からの超高エネルギーガンマ線の検出	
3. 超新星残骸からの超高エネルギーガンマ線の検出	
4. 爆発的星形成銀河 NGC253 からの超高エネルギーガンマ線の検出	
5. 活動銀河核 Mrk421 からの超高エネルギーガンマ線の検出	
6. 超高エネルギーガンマ線の上限值	
7. 今後の見通し	
国際シンポジウムの概要.....	26

発表論文 別刷

はしがき

宇宙の諸現象の、エネルギーの供給、転換、散逸などの諸過程において、高エネルギー素粒子は基本的な役割を果たしている。超高エネルギー粒子は、ブラックホールや中性子星近傍、巨大質量のブラックホールを中心に持つ活動銀河からのジェット現象、超新星残骸や銀河団など広がった領域での衝撃波、等の天体における粒子加速によって生成されると考えられる。加速された粒子が放出する超高エネルギーガンマ線を、地上に設置した複数の大気チェレンコフ望遠鏡システムにより以前に比べ大きく向上した精度で観測して、宇宙の超高エネルギー現象を探り、中性子星やブラックホール近傍での粒子加速を伴う巨大なエネルギー解放が天体過程に与える効果を追求した。

本補助金により、南オーストラリアの砂漠地帯ウーメラ近郊に 10m 口径大気チェレンコフ望遠鏡 4 台を建設し、チェレンコフ光を立体(ステレオ)観測することにより、数百 GeV 領域の超高エネルギーガンマ線の高精度観測を開始することができた。望遠鏡は天体を追尾する経緯台式架台を持ち、反射鏡は独自開発のプラスチック基材の小型鏡を並べて構成し、主焦点部には多数の光電子増倍管を配列したイメージングカメラを設置して、ガンマ線が大気中で起こす粒子シャワーから放出されるチェレンコフ光のイメージをとらえ、高速電子回路でデジタル化してデータを記録する。取得したデータからイメージング法を用いてガンマ線事象を宇宙線バックグラウンド事象から選別し、ガンマ線信号を取り出すことにより観測結果を導き出した。

チェレンコフ望遠鏡は単独でも機能するため、以前の補助金で 7m 望遠鏡として建設し今回拡張した最初の 10m 望遠鏡を用い、当初より継続して観測を続けてきた。2 台目が完成して以降はステレオ装置として観測を行い、以後も完成次第観測に参加させてきた。望遠鏡 4 台のアレイが完成したのは最終年度であったが、単独観測を含む 5 年間の観測データを蓄積してきた。これらデータの解析により、新たな超高エネルギーガンマ線天体として超新星残骸 RX J0852.0-4622、星生成銀河 NGC253、銀河中心を発見し、以前の 3.8m 望遠鏡で発見した超新星残骸 RX J1713.7-3946、SN1006、パルサー PSR 1706-44 を確認し、より広い範囲のエネルギースペクトルを測定し、活動銀河核 Mrk421 からの最も高いエネルギーのガンマ線信号をとらえ、また連星系 PSR B1259-63/SS2883、超新星残骸 SN1987A からのガンマ線フラックスの上限値を与えるなどの成果を挙げることができた。これらの結果は宇宙における超高エネルギー粒子の加速の問題、すなわち宇宙線の起源の問題に迫る鍵となる観測事実であり、その加速機構について示唆が得られ、理論的解釈が進んでいる。まだ多くの天体の観測データが解析中となっており、これからも観測を続けることによってより多くの成果が期待される。

研究成果の概要

- (1) 南オーストラリアの砂漠地帯ウーメラ近郊に 10m 口径大気チェレンコフ望遠鏡 4 台を建設し、チェレンコフ光をステレオ観測することにより数百 GeV 領域の超高エネルギーガンマ線の高精度観測を開始した。これは南半球における初めての解像型チェレンコフ望遠鏡によるステレオ観測である。[研究発表 論文 5, 9, 10]
- (2) 新たな超高エネルギーガンマ線天体として星生成銀河 NGC253 [論文 4・6]、銀河中心 [論文 1]、超新星残骸 RX J0852.0-4622 [博士論文 1]を発見した。
- (3) 以前の 3.8m 望遠鏡で発見した超新星残骸 RX J1713.7-3946 [論文 8]、SN1006 [博士論文 4]、パルサー PSR 1706-44 [博士論文 3]を確認し、より広い範囲のエネルギースペクトルを測定し、活動銀河核 Mrk421 からの最も高いエネルギーのガンマ線信号をとらえた [論文 7]。
- (4) 連星系 PSR B1259-63/ SS2883 [論文 2]、超新星残骸 SN1987A [論文 3]からのガンマ線フラックスの上限値を与え、理論的予想と比較した。
- (5) 以前の 3.8m 望遠鏡で観測した天体データの解析を続行し、超新星残骸 RX J1713.7-3946 からのガンマ線信号を発見し [論文 13]、パルサー PSR B1509-58 のガンマ線信号の兆候をとらえ [論文 12]、超新星残骸 W28 [論文 11]及び活動銀河核 [論文 14]からのガンマ線放射の上限値を与えた。
- (6) そのほか多くの天体の観測データが解析中である。活動銀河 PKS 2005-489 及び PKS2155-304 [発表 8]、超新星残骸 RCW86 [発表 2]、EGRET 未同定天体/銀河団[発表 9]、銀河系内ジェット天体 SS433/W50 [発表 7]、パルサー PSR J1420-6048 [発表 4]などの結果がまもなくまとまる見込みである。
- (7) 種々の天体の観測データが集積されるにつれ、超高エネルギーガンマ線放射の機構についての情報が得られつつある。超新星残骸 SN1006 の場合は、高エネルギーまで加速された電子による逆コンプトン放射で多波長観測データがうまく説明されるが、超新星残骸 RX J1713.7-3946 の場合は高エネルギーまで加速された陽子が周囲の物質と衝突して発生する中性パイ粒子起源と考えられる。こうして宇宙の高エネルギー粒子の生成機構の解明が進むにつれ、永年の謎である高エネルギー宇宙線の起源問題にも解決の鍵が見つかりつつあるといえる。[発表 1, 18, 19]
- (8) 2002 年 9 月に国際シンポジウム経費で国際会議「Universe Viewed in Gamma-rays」を千葉県柏市で開催し、近隣分野から多数の参加者を得て活発な議論や情報交換が行われた。集録は書籍として出版された。[書籍 1]

研究組織

- 研究代表者 木舟 正 (東京大学宇宙線研究所教授、平成 11-12 年度)
- 研究代表者 森 正樹 (東京大学宇宙線研究所教授、平成 13-15 年度)
- 研究分担者 木舟 正 (信州大学工学部教授、平成 13-15 年度)
- 研究分担者 森 正樹 (東京大学宇宙線研究所教授、平成 11-12 年度)
- 研究分担者 榎本 良治 (東京大学宇宙線研究所助教授)
- 研究分担者 葉田野義和 (東京大学宇宙線研究所助手)
- 研究分担者 河内 明子 (東京大学宇宙線研究所助手)
- 研究分担者 谷森 達 (京都大学理学部教授)
- 研究分担者 柳田 昭平 (茨城大学理学部教授)
- 研究分担者 西嶋 恭司 (東海大学理学部教授)
- 研究分担者 郡司 修一 (山形大学理学部助教授)
- 研究協力者 吉田 龍生 (茨城大学理学部助教授)
- 研究協力者 窪 秀利 (京都大学理学部助手)
- 研究協力者 Philip G. Edwards (宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部助手)
- 研究協力者 水本 好彦 (国立天文台教授)
- 研究協力者 村木 綏 (名古屋大学太陽地球環境研究所教授)
- 研究協力者 松原 豊 (名古屋大学太陽地球環境研究所助教授)
- 研究協力者 原 忠生 (山梨学院大学情報学部教授)
- 研究協力者 内藤 統也 (山梨学院大学情報学部助教授)
- 研究協力者 吉越 貴紀 (大阪市立大学理学部講師)
- 研究協力者 梶野 文義 (甲南大学理工学部教授)
- 研究協力者 村石 浩 (北里大学医療衛生学部)
- 研究協力者 John R. Patterson (Department of Physics and Mathematical Physics, University of Adelaide)
- 研究協力者 Roger W. Clay (Department of Physics and Mathematical Physics, University of Adelaide)
- 研究協力者 Ray J. Protheroe (Department of Physics and Mathematical Physics, University of Adelaide)
- 研究協力者 Greg Thornton (Department of Physics and Mathematical Physics, University of Adelaide)
- 研究協力者 Geoffrey V. Bicknell (Mt Stromlo and Siding Spring Observatories, Australian National University)

交付決定額（配分額）

（金額単位：千円）

	直接経費	間接経費	合計
平成 11 年度	175,000	0	175,000
平成 12 年度	290,000	0	290,000
平成 13 年度	330,000	0	330,000
平成 14 年度	340,000	102,000	442,000
平成 15 年度	160,000	48,000	208,000
総計	1,295,000	150,000	1,445,000

研究発表（印は巻末に再掲）

(1) 学会誌等（公表時期が新しい順）

[論文 1] Tsuchiya, K. et al., "Detection of sub-TeV Gamma-rays from the Galactic Center Direction by CANGAROO-II", *Astrophys. J. Lett.* 606, L115-L118 (2004)

[論文 2] Kawachi, A. et al., "A Search for TeV Gamma-ray Emission from the PSR B1259-63/ SS2883 Binary System with the CANGAROO-II 10-m Telescope", *Astrophys. J.*, in press (1 June 2004 issue)

[論文 3] Enomoto, R. et al., "Search for TeV gamma-rays from SN1987A in 2001", *Astrophys. J. Lett.* 591, L25-L28 (2003)

[論文 4] Itoh, C. et al., "Evidence for TeV gamma-ray emission from the nearby starburst galaxy NGC 253", *Astronomy and Astrophysics*, 402, 443-455 (2003)

[論文 5] Kabuki, S. et al., "Development of an atmospheric Cherenkov imaging camera for the CANGAROO-III experiment", *Nucl. Instr. Meth. A*500, 318-336 (2003)

[論文 6] Itoh, C. et al., "Detection of diffuse TeV gamma-ray emission from the nearby starburst galaxy NGC253", *Astronomy and Astrophysics* 396, L1-L4 (2002)

[論文 7] Okumura, K. et al., "Observation of gamma-rays greater than 10 TeV from Markarian 421, *Astrophys. J. Lett.* 579, L9-L12 (2002)

[論文 8] Enomoto, R. et al., "The Acceleration of Cosmic-ray Protons in the Supernova Remnant RX J1713.7-3946", *Nature*, 416, 823-826 (2002)

[論文 9] Enomoto, R. et al., "Design Study of CANGAROO-III, stereoscopic imaging atmospheric Cherenkov Telescopes for Sub-TeV Gamma-ray Detection", *Astropart. Phys.* 16, 235-244 (2002)

- [論文 10] Kawachi, A. et al., "The Optical Reflector System for the CANGAROO-II Imaging Atmospheric Cherenkov Telescope", *Astropart. Phys.* 14, 261-269 (2001)
- [論文 11] Rowell, G.P. et al., "Observations of the Supernova Remnant W28 at TeV Energies", *Astron. Astrophys.* 359, 337-346 (2000)
- [論文 12] Sako, T. et al., "Very High-Energy Gamma-Ray Observations of PSR B1509-58 with the CANGAROO 3.8m Telescope", *Astrophys. J.* 537, 422-428 (2000)
- [論文 13] Muraishi, H. et al., "Evidence for TeV Gamma-ray Emission from the Shell Type SNR RXJ1713.7-3946", *Astron. Astrophys.*, 354, L57-L61 (2000)
- [論文 14] Roberts, M.D. et al., "TeV Gamma-ray Observations of Three X-ray Selected BL Lacs", *Astron. Astrophys.*, 343, 691-696 (1999)

(2) 口頭発表

国際会議

- [発表 1] M. Mori, "Recent Topics from Very High Energy Gamma-ray Astrophysics", 6th RESCEU Symposium "Frontier in Astroparticle Physics and Cosmology", Sanjo hall, Univ. Tokyo (November 04-07, 2003) [to be published]
- [発表 2] T.Kifune, A Vision of the future of HE, VHE Gamma Astronomy, Workshop: Groundbased-Gamma Ray Astronomy on La Palma and some new projects for Cosmic Ray Physics at other places, La Palma, Spain (October 23, 2003)
- [発表 3] R.Enomoto, Cangaroo-III, 同上
- [発表 4] T.Tanimori, Cangaroo Results on Southern Sky TeV Gamma-Ray Sources, 31st SLAC Summer Institute on Particle Physics: Cosmic Connection To Particle Physics (July 28-August 8, Menlo Park, California, U.S.A., 2003) [published in *Cosmic Connections* (eds. J.Hewett et al., SLAC-R-702, 2003)]
- [発表 5] S.Watanabe et al., "TeV gamma-ray Observations of the Supernova Remnant RCW86 with the CANGAROO-II telescope", 28th International Cosmic Ray Conference, Tsukuba, Japan (July 31-August 7, 2003) [published in *Proceedings of the 28th International Cosmic Ray Conference* (eds. T.Kajita et al., Universal Academy Press, Tokyo, 2003), pp.2397-2400]
- [発表 6] H.Katagiri et al., "Observation of sub-TeV gamma-rays from RX J0852.0-4622 with the CANGAROO-II telescope", 同上 [pp.2409-2412]
- [発表 7] D.Nishida et al., "TeV gamma ray Observations of PSR J1420-6048 with the CANGAROO-II telescope", 同上 [pp.2489-2492]
- [発表 8] J.Kushida et al., "The TeV gamma-ray emission mechanism of PSR 1706-44 based on the multi-wavelength spectrum", 同上 [pp.2493-2496]

- [発表 9] K.Tsuchiya et al., "Very High Energy Gamma-ray Observations of the Galactic Center with the CANGAROO-II telescope", 同上 [pp.2517-2520]
- [発表 10] S.Hayashi et al., "Observation of sub-TeV gamma rays from SS433/W50 with the CANGAROO-II telescope", 同上 [pp.2533-2536]
- [発表 11] T.Nakase et al., "TeV Gamma-Ray Observations of Southern Hemisphere BL Lacertae Objects with CANGAROO-II/III Telescope", 同上 [pp.2587-2590]
- [発表 12] T.Hattori et al., "Observation of 3EG J1234-1318 with the CANGAROO-II Telescope", 同上 [pp.2659-2662]
- [発表 13] R.Enomoto et al., "Status of CANGAROO-III", 同上 [pp.2807-2810]
- [発表 14] S.Kabuki et al., "Performance of the Atmospheric Cherenkov Imaging Camera for the CANGAROO-III Experiment", 同上 [pp.2859-2862]
- [発表 15] M.Ohishi et al., "Performance of the reflector of the CANGAROO-III imaging atmospheric Cherenkov telescope", 同上 [pp.2855-2858]
- [発表 16] H.Kubo et al., "Development of the Stereoscopic Data Acquisition System of the CANGAROO-III Telescope", 同上 [pp.2863-2866]
- [発表 17] S.Hayashi et al., "Development of stereoscopic control system for the CANGAROO-III telescopes", 同上 [pp.2863-2870]
- [発表 18] K.Tsuchiya, "Status of an Atmospheric Cherenkov Imaging Camera for the CANGAROO-III Experiment and Perspectives of the Field", Fourth International Conference on Physics Beyond the Standard Model "BEYOND THE DESERT" '03 (June 9-14, 2003, Tegernsee, Germany) [to be published]
- [発表 19] H.Kubo, "Status of the CANGAROO-III Project", 2nd VERITAS Symposium on TeV Astrophysics of Extragalactic Sources, Chicago, USA (April 24-26, 2003) [published in New Astronomy Reviews, Vol.48, Issues 5-6 (2004), pp.323-329]
- [発表 20] L.T.Ksenofontov, "Search for TeV gamma-rays from the remnant of SN 1987A", 同上 [pp.485-487]
- [発表 21] M.Mori, "Recent Status of CANGAROO-III", The 3rd International Workshop for Comprehensive Study of the High Energy Universe - Toward Very High Energy Particle Astronomy -, ICRP, U. Tokyo (March 20-22, 2003) [to be published]
- [発表 22] M.Mori, "Cangaroo Project for High-Energy Gamma-ray Astrophysics", Tokyo-Adelaide Joint Workshop on Quarks, Astrophysics and Space Physics, Tokyo, Japan (January 06-10, 2003) [published in Prog. Theor. Phys. Suppl., 151 (2003), pp.85-94]
- [発表 23] T.Tanimori, "Galactic TeV gamma-ray sources and cosmic-ray origin", 同上 [pp.234-239]
- [発表 24] S.Yanagita, "Extragalactic cosmic rays modulated by the galactic wind and its

- implication for the origin of the `knee'" 同上
- [発表 25] K.Nishijima, Very High Energy Gamma-Ray Observation of Extragalactic objects with CANGAROO-II, The 7th Annual Charlene Heisler Workshop: Active Galactic Nuclei & Starburst Galaxies Meeting, Mt Stromlo Observatory, Australian National University, December 13 (2002)
- [発表 26] T.Tanimori , "TeV gamma rays from synchrotron X-ray SNRs", The Universe Viewed in Gamma-rays, Kashiwa, Japan (September 25-28, 2002) [published as "The Universe Viewed in Gamma-Rays" eds. R.Enomoto, M.Mori and S.Yanagita, Universal Academy Press (Tokyo, Japan, 2003), pp.37-48]
- [発表 27] K.Okumura et al., "Results from CANGAROO (Extragalactic objects)", 同上 [pp.169-174]
- [発表 28] A.Kawachi et al., "Results from CANGAROO (Galactic objects)" , 同上 [pp.175-180]
- [発表 29] K.Okumura et al., "Observation of gamma-rays greater than 10TeV from Markarian421 during the flaring state in 2001", 同上 [pp.217-222]
- [発表 30] K.Tsuchiya et al., "Very High Energy Gamma-rays from the Galactic Center", 同上 [pp.229-234]
- [発表 31] H.Katagiri et al., "The observation of TeV gamma rays from RX J0852.0-4622 with CANGAROO-II 10m telescope", 同上 [pp.241-246]
- [発表 32] S.Hayashi et al., "Observation of Very High Energy Gamma Rays from SS433/W50 with CANGAROO-II Telescope", 同上 [pp.267-272]
- [発表 33] C. Itoh et al., "Study of the nearest starburst Galaxy: NGC253", 同上 [pp.279-284]
- [発表 34] A.Kawachi et al., "TeV Gamma-ray Observations of the PSR B1259-63/SS2883 Binary System with the CANGAROO-II 10mTelescope", 同上 [pp.285-290]
- [発表 35] J.Kushida et al., "Study of TeV gamma-ray emission mechanism of PSR 1706-44 based on multi-wavelength spectrum", 同上 [pp.291-296]
- [発表 36] S.Watanabe et al., "TeV gamma-ray observations of the Supernova Remnant RCW86 with the CANGAROO-II telescope", 同上 [pp.317-322]
- [発表 37] T.Nakase et al., "Observation of Southern High Energy Peaked BL Lacertae Object PKS 2155-304 with CANGAROO-II Telescope", 同上 [pp.329-334]
- [発表 38] T.Hattori et al., "Search for gamma-ray clusters of galaxies with CANGAROO-II", 同上 [pp.335-340]
- [発表 39] M. Ohishi et al., "Status of CANGAROO-III", 同上 [pp.363-368]
- [発表 40] S.Kabuki et al., "Development of an atmospheric Cherenkov imaging camera for the CANGAROO-III experiment", 同上 [pp.391-396]

- [発表 41] D.Nishida et al., "Development of the data acquisition system of the CANGAROO-III telescope", 同上 [pp.427-432]
- [発表 42] K.Nishijima et al., "Development of trigger module for CANGAROO-III", 同上 [pp.433-438]
- [発表 43] T.Tanimori, "Particle acceleration and cosmic-ray origin in the galaxy", International Symposium on Science of Super-Strong Field Interactions, Hayama, Japan (March 13-15, 2002) [published in AIP Conference Proceedings 634 (eds. K.Nakajima and M.Deguchi, AIP, New York 2002), pp.161-168]
- [発表 44] M.Mori, The CANGAROO Project and Observation of AGNs at TeV Energies, The 6th Annual Charlene Heisler AGN Workshop, Mt Stromlo Observatory, Australian National University, December 10-11 (2001)
- [発表 45] R.Enomoto et al., "Likelihood Analysis of sub-TeV Gamma-rays from RXJ1713-39 with CANGAROO-II", 27th International Cosmic Ray Conference, Hamburg, Germany (August 7-15, 2001) [published in Proceedings of the 27th International Cosmic Ray Conference (Copernicus Gesellschaft, eds. M.Simon, E.Lorenz and M.Pohl, 2001), pp.2477-2480]
- [発表 46] S.Hara et al., "Observation of TeV Gamma-rays from NE-rim of SN1006 with CANGAROO-II 10m Telescope", 同上 [pp.2455-58]
- [発表 47] F. Kajino et al., "Development of Light Guides for the Camera of CANGAROO-III Telescope", 同上 [p.2909]
- [発表 48] H.Kubo et al., "Data Acquisition System of the CANGAROO-III Telescope", 同上 [pp.2900-2903]
- [発表 49] J.Kushida et al., "Observations of PSR1706-44 with CANGAROO-II Telescope", 同上 [pp.2424-2427]
- [発表 50] M.Mori et al., "The CANGAROO-III Project: Status Report", 同上 [pp.2831-2834]
- [発表 51] K.Nishijima et al., "Very High Energy Gamma-ray Observation of Southern AGNs with CANGAROO-II Telescope", 同上 [pp.2626-2629]
- [発表 52] K.Okumura et al., "Search for Gamma-rays above 10 TeV from Markarian 421 in a High State with the CANGAROO-II Telescope", 同上 [pp.2679-2682]
- [発表 53] T.Tanimori et al., "Study of the TeV Gamma-ray Spectrum of SN 1006 around the NE Rim", 同上 [pp.2465-2468]
- [発表 54] T.Kifune, "Very High Energy Gamma Rays from Active Galactic Nuclei", AGN Variability Across the Electromagnetic Spectrum, Sydney, Australia, (June 25-29,2001) [published in Publ.Astron.Soc.Australia, Vol.19, No.1 (2002), pp.1-4]
- [発表 55] K.Nishijima, "Very High Energy Gamma-Ray Observations of AGNs with

- CANGAROO", 同上 [pp.26-28]
- [発表 56] M.Mori, "CANGAROO-II and CANGAROO-III", Gamma-Ray Astrophysics 2001, Baltimore, USA (April 4-6, 2001) [published in AIP Conference Proceedings 587 (eds. S.Ritz et al., AIP, New York 2001), pp.927-931]
- [発表 57] M.Mori, GeV-TeV Gamma-ray Astronomy, International Workshop: Extremely High Energy Cosmic Rays --- Experiments, Theories and Future direction ---, Institute for Cosmic Ray Research, University of Tokyo, Kashiwa (March 22-23, 2001) [published as J. Phys. Soc. Japan, Vol.70 Suppl.B (2001), pp.22-27]
- [発表 58] R.Enomoto, Recent Results from Cangaroo II, 同上
- [発表 59] T.Kifune, Future direction of Gamma Ray Astronomy, 同上 [pp.199-203]
- [発表 60] T.Tanimori, "Recent Status of CANGAROO-III Project", High Energy Phenomena in the Universe, Les Arcs, France (January 20-27, 2001) [to be published]
- [発表 61] T.Kifune, "CANGAROO Project and Very High Energy Gamma Ray Astronomy", 同上
- [発表 62] T.Tanimori, "Sub-TeV Gamma-Ray Astrophysics using Large Air Cherenkov Telescopes", Gamma-ray Bursts and High Energy Astrophysics, Nishinomiya Yukawa Symposium, Nishinomiya, Hyogo, Japan (November 21-22, 2000) [published in Prog. Theor. Phys. Suppl. 143 (2001), pp.78-98]
- [発表 63] R.Enomoto, "Imaging Atmospheric Cherenkov Telescope", th Conference on Calorimetry in High Energy Physics, Annecy, France (October 9-14, 2000) [published in Frascati Physics Series 21 (Eds. B.Aubert et al., 2000), pp.103-110]
- [発表 64] T.Kifune, "Recent Results of Very High Energy Gamma Ray Astronomy and Prospects" New Worlds in Astroparticle Physics, Faro, Portugal (September 1-3, 2000) [published in Proceedings of the Third International Workshop "New Worlds in Astroparticle Physics" (eds. A.M.Mourao et al., World Scientific, 2001)]
- [発表 65] T.Kifune, "All Sky Monitor for Energetic Gamma-rays", International Symposium on High Energy Gamma-Ray Astronomy, Heidelberg, Germany (June 26-30, 2000) [published in AIP Conference Proceedings 558 (eds. F.A.Aharonian and H.J.Voelk, AIP, New York 2001), pp.594-600]
- [発表 66] M.Mori, Status of the CANGAROO-III Project", 同上 [pp.578-581]
- [発表 67] J.R.Patterson, "Calibration of Cangaroo II Telescope Using a Fast Blue LED Light Flasher", 同上 [pp.625-628]
- [発表 68] G. Rowell, "The supernova remnant W28 at TeV energies", GeV-TeV Gamma Ray Astrophysics Workshop "Towards a Major Atmospheric Cherenkov Detector VI", Snowbird, Utah, USA (August 13-16, 1999) [published in AIP Conference

Proceedings 515 (eds. B.L.Dingus, M.H.Salamon and D.B.Kieda, AIP, New York, 2000), pp.187-191]

[発表 69] T.Yoshikoshi, "Recent results from the CANGAROO 3.8m telescope", 同上 [pp.192-196]

[発表 70] H.Kubo et al., "Initial performance of CANGAROO II 7m telescope", 同上 [pp.313-317]

[発表 71] A.Kawachi et al., "An optical reflector system for the CANGAROO II telescope", 同上 [pp.383-387]

[発表 72] M. Mori, "The CANGAROO-III project", 同上 [pp.485-491]

[発表 73] H.Muraishi et al., "Search for TeV Gamma Rays from the SNR RX J1713.7-3946", 26th International Cosmic Ray Conference, Salt Lake City, Utah, USA (August 17-25, 1999) [published in Proceedings of the 26th International Cosmic Ray Conference (eds. D.Kieda, M.Salamon, B.Dingus, University of Utah, 1999), Vol.5, pp.500-503]

[発表 74] T.Tanimori et al., "Construction of New 7m Imaging Air Cherenkov Telescope of CANGAROO", 同上 [Vol.5, pp.203-206]

[発表 75] A.Kawachi et al., "An Optical Reflector for the CANGAROO-II Telescope", 同上 [Vol.5, pp.207-21]

[発表 76] M.Mori et al., "Data Acquisition System of the CANGAROO-II Telescope", 同上 [Vol.5, pp.287-290]

国内会議

[発表 77] 伊藤千枝、Study of TeV gamma-ray emission from the nearby starburst galaxy NGC253 (宇宙線物理学奨励賞受賞講演)、日本物理学会第 59 回年次大会、九州大学箱崎キャンパス、2004 年 3 月 29 日

[発表 78] 木内隆太、CANGAROO-III 望遠鏡の完成 I、日本物理学会第 59 回年次大会、九州大学箱崎キャンパス、2004 年 3 月 28 日

[発表 79] 中森健之、CANGAROO-III 望遠鏡の完成 II、同上

[発表 80] 谷村英樹、CANGAROO-III 望遠鏡によるステレオ観測の性能評価 II、同上

[発表 81] 片桐秀明、CANGAROO-II 望遠鏡による RX J0852.0-4622 の観測および解析報告(III)、同上

[発表 82] 土屋兼一、CANGAROO-II 望遠鏡による銀河中心の観測および解析報告(II)、同上

[発表 83] 河内明子、CANGAROO-II 望遠鏡による小マゼラン銀河の観測、同上

[発表 84] 渡部至緒、CANGAROO-III 望遠鏡による超新星残骸 RCW86 の観測(I)

[発表 85] 西嶋恭司、CANGAROO-III の現状、超高エネルギーガンマ線天体研究会、東京

大学宇宙線研究所、2004年3月20日

- [発表 86] 榎本良治、Indirect search for cold dark matter by IACT、同上
- [発表 87] 森正樹、TeV ガンマ線による天体物理、ワークショップ「高エネルギー宇宙の総合的理解」、東京大学宇宙線研究所、2004年3月8-9日
- [発表 88] 森正樹、超高エネルギーガンマ線による天体物理、「極限エネルギーガンマ線と宇宙線による宇宙像」研究会、甲南大学、2004年2月19-20日
- [発表 89] 郡司修一、カンガルー実験、平成15年度共同利用研究成果発表研究会、東京大学宇宙線研究所、2003年12月19-20日
- [発表 90] 森正樹、超高エネルギーガンマ線の物理、太陽圏およびSTE 研研究会、豊田記念講堂、名古屋大学豊田記念講堂、2004年1月7-9日
- [発表 91] 谷森達、Opening Remarks、研究会「CANGAROO 望遠鏡によるガンマ線天文学の新展開」、京都大学基礎物理学研究所、2003年12月11-12日
- [発表 92] 森正樹、CANGAROO の現況、同上
- [発表 93] 坂本直樹、CANGAROO-II 望遠鏡による PSR B1509-58 の観測、同上
- [発表 94] 土屋兼一、CANGAROO-II 望遠鏡による銀河中心の観測、同上
- [発表 95] 片桐秀明、CANGAROO-II 望遠鏡を用いた超新星残骸 RX J0852.0-4622 における宇宙線加速機構の研究、同上
- [発表 96] 木舟正、Closing Remarks、同上
- [発表 97] 伊藤千枝、スターバースト銀河 NGC253 における銀河宇宙線ハローの考察、第3回「高エネルギー宇宙物理学の理論的研究」研究会、大阪大学レーザー核融合研究センターホール、2003年11月26-28日
- [発表 98] 吉田龍生、超新星残骸と粒子加速—ガンマ線観測のまとめ—、同上
- [発表 99] Leonid Ksenofontov, Proton acceleration at SNRs and gamma-ray emission、同上
- [発表 100] 森正樹、TeV ガンマ線観測の過去・現在・未来、第4回高エネルギー宇宙物理連絡会研究会・21世紀COEプログラム「宇宙の物質と起源：宇宙史の物理的解読」研究会、名古屋大学ベンチャー・ビジネス・ラボラトリー、2003年10月1-2日
- [発表 101] 黒坂亮治、CANGAROO-III 望遠鏡のカメラの開発と製作、日本物理学会2003年秋季大会、宮崎ワールドコンベンションセンター・サミット、2003年9月9日
- [発表 102] 株木重人、2台目 CANGAROO-III 望遠鏡の性能評価、同上
- [発表 103] 西田大輔、CANGAROO-III 望遠鏡のステレオ性能評価 I、同上
- [発表 104] 宮下靖史、CANGAROO-II 望遠鏡による PSR B1509-58 の観測(I)、同上
- [発表 105] 林清一、CANGAROO-II 望遠鏡による SS433/W50 の観測と解析結果(II)、同上
- [発表 106] 谷村英樹、新型チェレンコフ望遠鏡カメラの開発 I、日本物理学会第58回年次大会、東北学院大学土樋キャンパス、2003年3月28日
- [発表 107] 服部敬裕、CANGAROO-II 望遠鏡による 3EG J1234-1318 の観測、同上

- [発表 108] 片桐秀明、CANGAROO-II 望遠鏡による RX J0852.0-4622 の観測及び解析報告、同上
- [発表 109] 渡部至緒、CANGAROO-II 望遠鏡による RCW86 の観測(IV)、同上
- [発表 110] 大石理子、CANGAROO-III 望遠鏡建設報告、同上
- [発表 111] 西田大輔、CANGAROO-III データ収集システムの開発 II、同上
- [発表 112] 榎本良治、高エネルギー 線でみた銀河団付随の宇宙線 (シンポジウム講演) 日本物理学会第 58 回年次大会、東北学院大学土樋キャンパス、2003 年 3 月 29 日
- [発表 113] 森正樹、CANGAROO、シンポジウム「法人化後の宇宙線研究所研究所プロジェクトについて」、東京大学宇宙線研究所、2003 年 2 月 1 日
- [発表 114] 梶野文義、CANGAROO 実験、平成 14 年度共同利用研究成果発表研究会、東京大学宇宙線研究所、2002 年 12 月 2-3 日
- [発表 115] 吉田龍生、超新星残骸における電子と陽子の加速—Nonthermal Emissions from SNRs—、第 3 回高エネルギー宇宙物理連絡会研究会・理研シンポジウム「宇宙における電子の加速と陽子の加速」、理化学研究所、2002 年 11 月 25 - 26 日
- [発表 116] 梶野文義、CANGAROO-II 望遠鏡の観測報告 VI、日本物理学会 2002 年秋季大会、立教大学池袋キャンパス、2002 年 9 月 13 日
- [発表 117] 土屋兼一、CANGAROO-II 望遠鏡による銀河中心の観測および解析報告(I)、同上
- [発表 118] 片桐秀明、CANGAROO-II 望遠鏡による RX J0852.0-4622 の解析報告(I)、同上
- [発表 119] 渡部至緒、CANGAROO-II 望遠鏡による超新星残骸 RCW86 の観測 III、同上
- [発表 120] 渡部至緒、CANGAROO-II 望遠鏡によるガンマ線銀河団の観測、同上
- [発表 121] 林清一、CANGAROO-II 望遠鏡による SS433/W50 の観測と解析結果(I)、同上
- [発表 122] 内田直志、カンガルー III 望遠鏡のカメラの改良及び性能テスト、同上
- [発表 123] 櫛田淳子、PSR1706-44 の TeV ガンマ線観測および多波長スペクトル、同上
- [発表 124] 谷森達、CANGAROO による銀河系内天体の観測 (シンポジウム講演) 日本物理学会 2002 年秋季大会、立教大学池袋キャンパス、2002 年 9 月 14 日
- [発表 125] 土屋兼一、CANGAROO-II 望遠鏡の観測報告 V、日本物理学会第 57 回年次大会、立命館大学びわこ・くさつキャンパス、2002 年 3 月 25 日
- [発表 126] 渡部至緒、CANGAROO-II 10m 望遠鏡による超新星残骸 RCW86 の観測(2)、同上
- [発表 127] 河内明子、CANGAROO-II 10m 望遠鏡による PSR1259-63 連星系の観測(2)、同上
- [発表 128] 伊藤千枝、CANGAROO-II 10m 望遠鏡による Starburst Galaxy NGC253 の 2001 年の観測報告、同上
- [発表 129] 森正樹、CANGAROO-III10m 望遠鏡 2 号機の建設報告、同上
- [発表 130] 片桐秀明、CANGAROO-III 望遠鏡におけるデータ収集システム、同上

- [発表 131] 津野尾肇、光学望遠鏡による時間変動天体自動モニターシステム(CARROTS)、
同上
- [発表 132] 林慎一郎、単一 LED とパターンスクリーンを用いた PMT カメラシステムの絶
対光電子数較正(2)、同上
- [発表 133] 榎本良治、CANGAROO 超高エネルギーガンマ線望遠鏡、宇宙線研究所シンポ
ジウム、東葛テクノプラザ(千葉県柏市) 2002 年 2 月 5 日
- [発表 134] 榎本良治、CANGAROO 実験、平成 13 年度共同利用研究成果発表研究会、東京
大学宇宙線研究所、2001 年 12 月 10-11 日
- [発表 135] 櫛田淳子、PSR1706-44 の CANGAROO-II 10m 望遠鏡による観測、日本天文学
会 2001 年秋季年会、イーグレ姫路、2001 年 10 月 4-6 日
- [発表 136] 谷森達、CANGAROO-II 望遠鏡による超新星残骸ガンマ線観測による宇宙線起
源の解明、同上
- [発表 137] 内藤統也、超新星残骸 G347.3-0.5 (RX J1713.7-3946) からの多波長にわたる放
射の理論モデル、同上
- [発表 138] 奥村公宏、CANGAROO-II 望遠鏡による Markarian 421 観測結果、同上
- [発表 139] 櫛田淳子、CANGAROO-II 10m 望遠鏡による PSR1706-44 の解析報告、日本物
理学会 2001 年秋季大会、沖縄国際大学、2001 年 9 月 22 日
- [発表 140] 奥村公宏、CANGAROO-II 10m 望遠鏡による Markarian 421 観測の解析結果、
同上
- [発表 141] 伊藤千枝、CANGAROO-II 10m 望遠鏡による Starburst Galaxy NGC253 の解
析報告、同上
- [発表 142] 中瀬友和、CANGAROO-II 望遠鏡による南天の BL Lac 天体の観測、同上
- [発表 143] 渡部至緒、CANGAROO-II 10m 望遠鏡による超新星残骸 RCW86 の解析報告、
同上
- [発表 144] 河内明子、CANGAROO-II 10m 望遠鏡による PSR1259-63 の観測、同上
- [発表 145] 榎本良治、CANGAROO-II(10m)望遠鏡による RXJ1713-39 観測の最新結果、
同上
- [発表 146] 原敏、CANGAROO-II 10m 望遠鏡による SN1006 NE-rim の最新解析結果、同
上
- [発表 147] 渡部亮、CANGAROO-III 望遠鏡における回路システムの開発とシステム評価、
同上
- [発表 148] 林清一、CANGAROO-III 望遠鏡のためのマルチ望遠鏡コントロールシステム、
同上
- [発表 149] 株木重人、CANGAROO-III 望遠鏡におけるカメラの開発(III)、同上
- [発表 150] 林慎一郎、単一 LED とパターンスクリーンを用いた PMT カメラシステムの絶
対光電子数較正、同上

- [発表 151] 谷森達、TeV ガンマ線観測による宇宙線起源探索、第 1 回「高エネルギー宇宙物理学の理論的研究」研究会、大阪大学待兼山会館、2001 年 9 月 19 - 21 日
- [発表 152] 奥村公宏、CANGAROO-II 望遠鏡の観測報告 IV、日本物理学会第 56 回年次大会、中央大学多摩キャンパス、2001 年 3 月 28 日
- [発表 153] 中瀬友和、CANGAROO-II 望遠鏡による PKS2005-489 及び PKS2155-304 の観測と解析、同上
- [発表 154] 榎本良治、CANGAROO-II 望遠鏡による RXJ1713-39 観測の解析結果、同上
- [発表 155] 鈴木理瑛子、CANGAROO-II 7m 望遠鏡によるガンマ線バーストの観測と解析、同上
- [発表 156] 原敏、CANGAROO-II 10m 望遠鏡による超新星残骸 SN1006 観測の解析、同上
- [発表 157] 伊藤千枝、スターバースト銀河 NGC253 からの 線放射と CANGAROO-II 望遠鏡による観測、同上
- [発表 158] 大石理子、CANGAROO-III 小型鏡の性能評価、同上
- [発表 159] 土屋兼一、CANGAROO-III 望遠鏡におけるカメラの開発(II)、同上
- [発表 160] 窪秀利、CANGAROO-III データ収集システムの開発(I)、同上
- [発表 161] 津野尾肇、光学望遠鏡による AGN モニターおよび GRB 追観測、同上
- [発表 162] 森正樹、TeV 線観測の現状と将来、第 1 回高エネルギー宇宙物理連絡会研究会、大阪大学、2000 年 9 月 29 - 30 日
- [発表 163] 守屋昌代、CANGAROO で観測された PSR1706-44 のスペクトル、日本物理学会第 55 回年次大会、新潟大学五十嵐キャンパス、2000 年 9 月 25 日
- [発表 164] 西嶋恭司、CANGAROO-II 望遠鏡の観測報告 III、同上
- [発表 165] 奥村公宏、CANGAROO-II 望遠鏡によるミュオンリングの観測 II、同上
- [発表 166] 榎本良治、CANGAROO-II の解析結果-I、同上
- [発表 167] 原敏、CANGAROO-II 10m 鏡の解析報告、同上
- [発表 168] 浅原明弘、CANGAROO-II および III のデータ収集システム、同上
- [発表 169] 伊藤千枝、CANGAROO-III カメラの設計と開発、同上
- [発表 170] 真栄城敦、CANGAROO-III 望遠鏡のための新しいライトガイドの開発、同上
- [発表 171] 片桐秀明、CANGAROO-III モニターシステム、同上
- [発表 172] 谷森達、CANGAROO-II の現状と世界の情勢（特別講演） 同上
- [発表 173] 高野朋也、広視野高エネルギー 線望遠鏡の設計、同上
- [発表 174] 奥村公宏、CANGAROO-II 望遠鏡における観測及び拡張建設の報告、日本物理学会春の分科会、近畿大学、2000 年 4 月 1 日
- [発表 175] 櫛田淳子、CANGAROO-II 望遠鏡の解析報告、同上
- [発表 176] 土屋兼一、チェレンコフ望遠鏡におけるキャリブレーションシステム、同上
- [発表 177] 榎本良治、CANGAROO-III 検出器の simulation study による最適化、同上
- [発表 178] 原敏、ステレオ観測に於ける各種パラメータの依存性の研究、同上

- [発表 179] 奥村公宏、CANGAROO-II 望遠鏡によるミュオンリングの観測、日本物理学会秋の分科会、島根大学、1999 年 9 月 24 日
- [発表 180] 神保純一郎、CANGAROO-II 望遠鏡による観測報告 I、同上
- [発表 181] 櫛田淳子、CANGAROO-II 望遠鏡のトリガーとタイミング評価、同上
- [発表 182] 西嶋恭司、CANGAROO-III 計画、同上
- [発表 183] 原敏、大型チェレンコフ望遠鏡によるガンマ線ステレオ観測のシミュレーション、同上
- [発表 184] 森正樹、外国のチェレンコフ望遠鏡計画 (シンポジウム講演) 同上

(3) 出版物

- [書籍 1] R. Enomoto, M. Mori and S. Yanagita (eds.), "The Universe Viewed in Gamma-rays", Frontiers Science Series 39, Universal Academy Press (Tokyo, Japan, 2003) ISBN 4-946443-75-4
- [書籍 2] 木舟 正、「宇宙高エネルギー粒子の物理学 — 宇宙線・ガンマ線天文学」(新物理学シリーズ 34)、培風館、2004 年

(4) 学位論文

- [博士論文 1] Hideaki Katagiri, "Detection of TeV Gamma-rays from the Supernova Remnant RX J0852.0-4622", Doctor Thesis, University of Tokyo (2004)
- [博士論文 2] Chie Itoh, "Study of TeV gamma-ray emission from the nearby starburst galaxy NGC253", Doctor Thesis, Ibaraki University (2003)
- [博士論文 3] Junko Kushida, "Study of the TeV Gamma-Ray Emission Mechanism of PSR 1706-44 Based on the Multi-Wavelength Spectrum", Doctor Thesis, Tokyo Institute of Technology (2003)
- [博士論文 4] Satoshi Hara, "Observation of TeV Gamma-Rays from the Supernova Remnant SN1006 with CANGAROO-II Telescope", Doctor Thesis, Tokyo Institute of Technology (2002)
- [博士論文 5] Hiroshi Muraishi, "Observation of TeV Gamma Rays from the Shell Type SNR and its Implication on Cosmic-Ray Origin", Doctor Thesis, Ibaraki University (2000)
- [博士論文 6] Masayo Moriya, "Study of Very High Energy Gamma Ray from the Pulsar Nebula around PSR1706-44", Doctor Thesis, Tokyo Institute of Technology (2000)
- [修士論文 1] 谷村英樹、CANGAROO-III 望遠鏡によるステレオの観測評価、2004 京都大学修士論文

- [修士論文 2] 宮下靖史、CANGAROO-II 望遠鏡による PSR B1509-58 の観測、2004 東海大学修士論文
- [修士論文 3] 栗原 工、光学望遠鏡による活動銀河核モニターシステムの開発、2004 東海大学修士論文
- [修士論文 4] 坂本直樹、CANGAROO-II 望遠鏡による PSR B1509-58 の解析、2004 山形大学修士論文
- [修士論文 5] 黒坂亮治、CANGAROO-III 3号機、4号機望遠鏡のカメラの開発、設計とその性能評価、2004 東京大学
- [修士論文 6] 昭和信孝、宇宙線電子伝播の数値計算と宇宙線銀河ハロー、2003 茨城大学修士論文
- [修士論文 7] 西田大輔、CANGAROO-III 望遠鏡ステレオデータ収集システムの開発及びパルサー PSR J1420-6048 の観測、2003 京都大学修士論文
- [修士論文 8] 渡部至緒、CANGAROO-II 10m 望遠鏡を用いた超新星残骸 RCW86 からの TeV ガンマ線の発見、2003 京都大学修士論文
- [修士論文 9] 茂呂寿子、高地を利用したガンマ線地上観測の可能性についての研究、2003 東海大学修士論文
- [修士論文 10] 内田直志、CANGAROO III 望遠鏡のカメラの改善、性能評価及び周辺機器の開発、2003 東京大学修士論文
- [修士論文 11] 吉田喜富、CANGAROO3.8m 望遠鏡による銀河中心 Sgr A*からの TeV ガンマ線探索、2002 茨城大学修士論文
- [修士論文 12] 渡部 晃、カンガルー III のためのフロントエンドモジュールの開発、2002 山形大学修士論文
- [修士論文 13] 大石理子、解像型チェレンコフ望遠鏡光学系の性能評価、2002 東京大学修士論文
- [修士論文 14] 株木重人、解像型チェレンコフ望遠鏡のカメラの開発、設計、製作、及びその性能評価、2002 東京大学修士論文
- [修士論文 15] 津野尾肇、光学望遠鏡による 線時間変動天体自動モニターシステム、2002 東京大学修士論文
- [修士論文 16] 高野朋也、高エネルギー 線望遠鏡の基礎設計、2001 山形大学修士論文
- [修士論文 17] 浅原明広、すばる望遠鏡用 線観測装置の開発及び CANGAROO 望遠鏡用データ収集システムの開発、2001 東京工業大学修士論文
- [修士論文 18] 高野一慶、CANGAROO チェレンコフ望遠鏡用 ADC モジュールの性能評価と観測データとの比較、2001 東京工業大学修士論文
- [修士論文 19] 真栄城敦、CANGAROO-III チェレンコフ望遠鏡のための新しいライトガイドの開発、2001 甲南大学修士論文
- [修士論文 20] 前田昇平、チェレンコフ望遠鏡のための反射鏡の形状の評価、2001 甲南大

学

- [修士論文 21] 中瀬友和、CANGAROO II 望遠鏡を用いた南天における活動銀河核からの線の探索、2001 東海大学修士論文
- [修士論文 22] 粉間和葉、CANGAROO-III 望遠鏡の新しいトリガーシステムの開発、2001 東海大学修士論文
- [修士論文 23] 片桐秀明、CANGAROO-III における環境モニターシステム、2001 東京大学修士論文
- [修士論文 24] 土屋兼一、解像型チェレンコフ望遠鏡用カメラの設計とその性能評価、2001 東京大学修士論文
- [修士論文 25] 幸 昭、X 線連星 PSR B1259-63 からの TeV 線探索と 7.0m 解像型空気チェレンコフ望遠鏡の光学系の補正、2000 名古屋大学修士論文
- [修士論文 26] 櫛田淳子、Observation of Gamma Ray with 7m Cherenkov Telescope in Sub TeV Regio、2000 東京工業大学修士論文
- [修士論文 27] 神保純一郎、CANGAROO-II 望遠鏡による AGN からの VHE 線の観測、2000 東海大学修士論文

(5) 雑誌記事等

- [記事 1] 谷森 達、「ガンマ線で見える宇宙」、日本物理学会編「宇宙を見る新しい目」、pp.57-81 (日本評論社、2004)
- [記事 2] 榎本良治、「カンガルーによる近傍銀河 NGC253 からの TeV ガンマ線観測結果とその解釈」、高エネルギーニュース, vol.22, No.2 pp.31-33 (高エネルギー同好会、2003)
- [記事 3] ニュートン編集部、「超高エネルギーの世界を探るカンガルー望遠鏡」、ニュートン、12月号 (vol.23, No.15)、pp.80-87 (ニュートンプレス、2003)
- [記事 4] 谷森 達、森 正樹、「TeV ガンマ線で探る宇宙線の起源」、日本物理学会誌, vol.58, No.6 pp.406-413 (日本物理学会、2003)
- [記事 5] 榎本良治、「NGC253 からの TeV ガンマ線観測結果とその解釈について」、ICRR ニュース, No.50, 2003 年 3 月 3 日 (東京大学宇宙線研究所)
- [記事 6] 森 正樹、「CANGAROO の近況」、ICRR ニュース, No.46, 2001 年 8 月 31 日 (東京大学宇宙線研究所)
- [記事 7] 木舟 正、「ガンマ線を可視光で見る」、光学, Vol.30, No.8, 2001 (日本光学会)
- [記事 8] 中島林彦、「カンガルーが拓くガンマ線天文学」、日経サイエンス, 2001 年 7 月号 (日本経済新聞社、2001)
- [記事 9] 菊池 健、「先端研究みてある記：超高エネルギーガンマ線で宇宙を探る」、学術月報, vol.53, No.3, pp.81-88 (日本学術振興会、2000)
- [記事 10] 木舟 正、「宇宙はなぜ粒子を加速するのか」、科学, vol.69, No.11 pp.855-857 (岩

波書店、1999)

なお、論文及び発表の集録の原稿の多くは以下の Web サイトよりダウンロード可能である。

<http://icrhp9.icrr.u-tokyo.ac.jp/publication.html>

研究成果による工業所有権の出願・取得状況

なし

研究成果のまとめ

【要約】南オーストラリア・ウーメラ近郊に四台の大気チェレンコフ望遠鏡アレイ（表 1）を建設・運転し、20 を超える天体について超高エネルギーガンマ線の観測を行った（表 2）。その結果、本研究発足当初の目標、超高エネルギーガンマ線源の数をほぼ倍増すること、および、超高エネルギー領域に於いて多様で活発な活動を示す多様な天体の存在を明らかにすることなどの成果を達成することができた。すなわち、宇宙の高エネルギー粒子の相互作用を探る手段としての超高エネルギーガンマ線天文学を名実共に揺るぎなく確立することができた。観測は今後も継続され、本研究で建設した四台の望遠鏡によるステレオ観測によって、超高エネルギーガンマ線を探針とし、宇宙の進化に伴う諸現象に於いて高エネルギー素粒子が果たす役割についてさらに精度の高い豊かな情報を得ることが期待できる。

1. 10m 大気チェレンコフ望遠鏡によるステレオ観測の実現

地球大気に入射した超高エネルギーガンマ線は、大気原子との相互作用で粒子シャワーを起こすが、シャワー中の荷電粒子が大気中での光速より早く走るとチェレンコフ光を放出する。この微弱な光を大集光面積の反射鏡でとらえ、焦点面の光センサーで検出するのがチェレンコフ望遠鏡である。チェレンコフ光はもとのガンマ線の進行方向から約 1 度以内に放出されるため、光の到来方向はガンマ線を放出した天体の方向を指し示す。ただし、電荷を持つ高エネルギー宇宙線も大気中で粒子シャワーを起こし、チェレンコフ光を放出するため、ガンマ線観測にとっては雑音となる。チェレンコフ光の形状はガンマ線と宇宙線の相互作用の違いを反映するが、この形状の違いを定量化してとらえることのできる解像型チェレンコフ望遠鏡が開発され、ガンマ線と宇宙線の識別が可能になったことにより、1990 年代になって超高エネルギーガンマ線天文学は急速に発展した。

日豪共同の CANGAROO グループは、1992 年より南オーストラリアのウーメラに設置した 3.8m 望遠鏡（CANGAROO-I）を用いて超高エネ

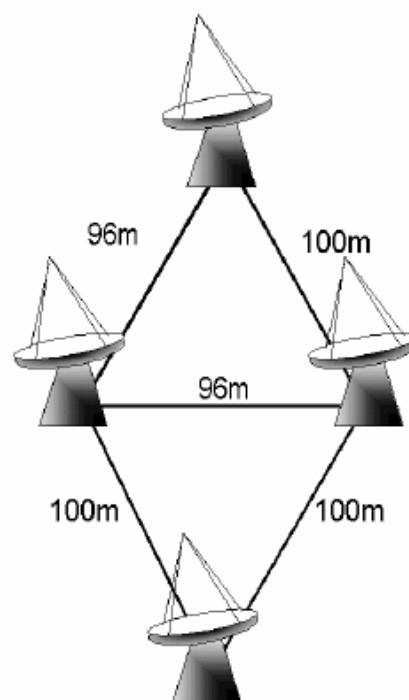


図 1 四台の 10m 望遠鏡の配置。

	7m 望遠鏡	10m 望遠鏡 1号機	10m 望遠鏡 2, 3, 4号機
架台	経緯台式	経緯台式	経緯台式
焦点距離	8 m	8 m	8 m
鏡面積	30 m ²	57 m ²	57 m ²
点像サイズ (FWHM)	0.15°	0.20°	0.18°
イメージン グカメラ (視野)	512 × 1/2" PMT (2.7° FOV)	552 × 1/2" PMT (3.0° FOV)	427 × 3/4" PMT (4.0° FOV)
電子回路	TDC (CAMAC)	TDC & ADC (CAMAC & VME)	TDC & ADC (VME)

表 1 望遠鏡の基本仕様

ルギーガンマ線の観測を行ってきた。科学研究費重点研究（途中からは特定領域研究に移行）補助金によって 7m 口径のチェレンコフ望遠鏡 (CANGAROO-II) を 1999 年 3 月に完成させた。反射鏡は世界で初めて繊維強化プラスチック基材の小型鏡 60 枚を放物面状に並べて構成し、焦点面には 512 本の光電子増倍管からなる当時世界最高の解像度を持つイメージングカメラを備え、信号を高速エレクトロニクスでデジタル化して記録した。この望遠鏡は、1999 年 5 月から 2000 年 2 月まで観測を行った後、本補助金により小型鏡を 54 枚追加して 10m 口径に拡大されるとともに波高測定回路を追加するなど改良を加え、2000 年 3 月から CANGAROO-III の 1 号機として観測を続けている。オーストラリア側の参加者も含め、現在グループは 16 機関 40 名を超える参加者で進められている。2001 年度末には約 100m 離れた地点に 10m 望遠鏡 2 号機の建設が行われ、10m 望遠鏡 2 台によるステレオ観測が開始された。観測・解析と並行して 10m 望遠鏡 3 号機は平成 14 年度、4 号機は平成 15 年度に建設され、調整を行った後にそれぞれ運転が開始された。これで四台の 10m 望遠鏡によるステレオ観測アレイが完成し、100 GeV 領域ガンマ線の高精度観測が可能になった（口絵・図 1・表 1 参照）。チェレンコフ光を複数台の望遠鏡で同時にステレオ観測することにより、ガンマ線と宇宙線雑音との信号雑音比が向上するとともに、角度分解能とエネルギー分解能が大きく（それぞれ約 0.2 度、40% から約 0.1 度、15% に）改善された。ステレオ観測データの解析については、その一部を報告してきたが [発表 80、103]、四台による観測データの解析はまだ物理結果を得るための途上にある。（表 2 参照）

2. 銀河中心からの超高エネルギーガンマ線の検出

我々の銀河中心は、強力な電波源であり、Compton ガンマ線天文台衛星に搭載された EGRET 検出器による GeV ガンマ線の観測ではハードな放射が見つまっているが、X線強

度は強くない。このような高エネルギー放射の機構についてはよくわかっていない。Whipple グループは北半球から大天頂角で観測し、上限値のみを報告していた。CANGAROO 10m 望遠鏡 1号機の 2001 年と 2002 年の計 120 時間(OFF 方向の観測含む)の観測データをイメージ解析することにより、図 2 に示すようにガンマ線信号が検出された [論文 1]。ガンマ線のエネルギー閾値は約 250GeV である。銀河中心付近には大質量ブラックホールとされる電波源 Sgr A*をはじめとした活動的な天体が多いこともあり、このガンマ線放射の起源天体を同定することは難しいが、超新星残骸の放射の可能性や、暗黒

天体名	分類*	距離	観測時間#	状態†	報告 ¶
RX J0852.0-4622	SNR	0.5 kpc	126 hr	A	博士論文 1
RX J1713.7-3946	SNR	1 (6) kpc	96	D	論文 8
SN1006 (NE rim)	SNR	2 kpc	218	A	博士論文 4
RCW86 (SW shell)	SNR	3 (1) kpc	144	D	発表 5
SN1987A	SNR	50 kpc	21	U	論文 3
Vela	P	0.25 kpc	131	A	
PSR 1706-44	P	1.8 kpc	96	D	博士論文 3
Crab	P	2.0 kpc	91	D	論文 6
PSR 1509-58	P	4.2 kpc	35	A	
PSR J1420-6048	P	7.7 (2) kpc	26	A	発表 7
PSR 1259-63	P	1.5 kpc	49	U	論文 2
SS433 (W lobe)	Jet	5 kpc	85	A	発表 10
Sgr A*	GC	8.5 kpc	167	D	論文 1
SMC	G	54 kpc	41	A	
NGC 253	G	2.5 Mpc	137	D	論文 4, 6
Mrk 421	AGN	z=0.031	39	D	論文 7
EXO 0556.4-3838	AGN	z=0.034	36	A	発表 11
PKS 2005-489	AGN	z=0.071	33	U	発表 11
PKS 2155-304	AGN	z=0.116	76	U	発表 11
3EG J1234-1318	unID	-	23	A	発表 12

* SNR: 超新星残骸、P: パルサー/パルサー星雲、Jet: ジェット天体、GC: 銀河中心、G: 銀河、AGN: 活動銀河核、unID: 未同定天体

総観測時間(曇天含む)

† A: 解析中、D: 信号検出、U: 上限値

¶ 最も新しい報告のみ

表 2 2000 年 3 月から 2004 年 3 月までに観測した主な天体と解析状況

物質の対消滅によるガンマ線の可能性も考えられ、興味が尽きない。

3. 超新星残骸からの超高エネルギーガンマ線の検出

恒星が燃え尽きて最期に大爆発する超新星が起こると、爆風が高速で広がっていき、周囲の星間物質と衝突して衝撃波が形成される。衝撃波では粒子が高エネルギーまで加速されることが示されており、高エネルギー宇宙線を生み出していると考えられてきた。このような超新星残骸は宇宙線の起源の有力な候補とされてきたが、観測的証拠は乏しかった。我々の観測結果は、以下に述べるようにその証拠を与えるものとなった。

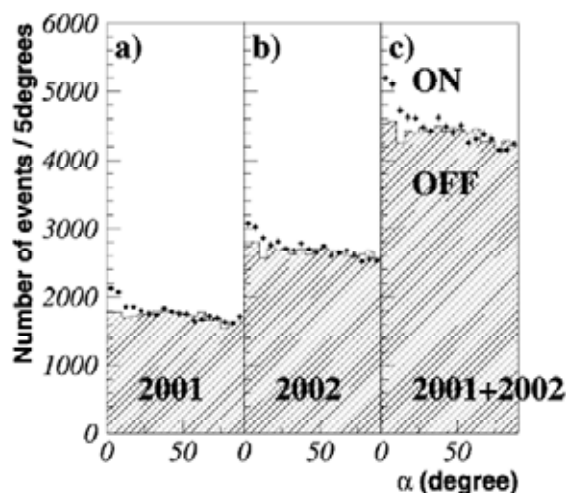


図 2 銀河中心観測データの (イメージ方向角)分布。点が天体方向(ON)、ヒストグラムが非天体方向(OFF)のデータで、 $\alpha = 0^\circ$ 付近の天体方向の超過がガンマ線の信号を示す。

(1) 超新星残骸SN1006

1006 年の超新星爆発の名残とされるこのシェル型超新星残骸からは、日本のX線衛星 ASCAによる非熱的放射が検出され、このX線が高エネルギー電子の磁場中でのシンクロトロン放射とすると、電子が周囲の光子を逆コンプトン散乱してTeV領域のガンマ線が放出されることが予想された。CANGAROO-Iの観測により実際にガンマ線が検出され¹、超新星残骸で超高エネルギーの加速が起こっていることが示され、注目の天体となった。10m望遠鏡の観測によってもガンマ線信号が検出され、より広いエネルギー範囲でスペクトルを得ることができた [発表 46、博士論文 4]。

(2) 超新星残骸RX J1713.7 - 3946

やはり非熱的放射を示すシェル型超新星残骸として X 線で見つかり、超新星残骸 1006 と似た性質を示すことから TeV 領域での検出が期待された天体である。CANGAROO-I により TeV ガンマ線が検出され [論文 13]、超新星残骸で二番目の超高エネルギーガンマ線天体となったが、10m 望遠鏡の観測でもガンマ線信号が検出されたのみならず、より広いエネルギー範囲でスペクトルを得ることができた [論文 8]。10m 望遠鏡の観測によるエネルギースペクトルの解析結果は、観測範囲で単一のべき乗で表され、高エネルギー電子からの放射では説明できない (図 3)。これは陽子の加速を示唆するもので、宇宙線の起源の

¹ Tanimori, T. et al., ApJ Lett. 497, L25-L28 (1998)

問題の解明に大きな鍵
を与え得る結果と言え
よう。

(3) 超新星残骸
RX J0852.0-4622

大きく広がった Vela
超新星残骸に隠されて
いたこの超新星残骸に
は、X線領域で非熱的
放射が見られ、やはり
超高エネルギー電子の
逆コンプトン散乱によ
る TeV 領域のガンマ線
放射が予想された。
CANGAROO 10m 望
遠鏡 1 号機により
2001 年 12 月から 2003
年 2 月にかけて計 190 時間の観測が行われ、図 4 に示すようなガンマ線信号が見つかった [発表 6、博士論文 1]。HEGRA グループが北半球で検出した Cassiopeia A に次いで、TeV 領域で検出された超新星残骸として 4 例目となる検出で、超新星残骸における高エネルギー粒子の加速の証拠を強化するものであるが、観測されたスペクトルは電子加速ではうまく説明されず、陽子加速などを示唆している。

5. パルサー PSR1706 - 44からの超高エネルギーガンマ線の確認

この天体は EGRET によって検出されたガンマ線パルサーの一つであるが、南天最初の TeV ガンマ線天体として CANGAROO-I 望遠鏡が発見した天体であり²、Durham グループの観測によっても確認された。10m 望遠鏡の観測もこの

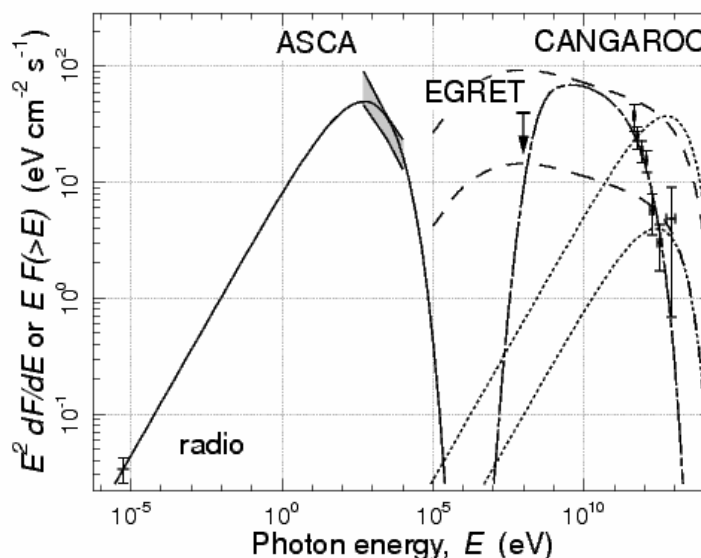


図 3 超新星残骸RX J1713.7-3946 の広域エネルギースペクトル。電子加速によるモデル(Brems [破線], IC [点線])ではTeV領域の観測データを説明できず、陽子加速(π^0 [一転鎖線])では合わせることが可能。

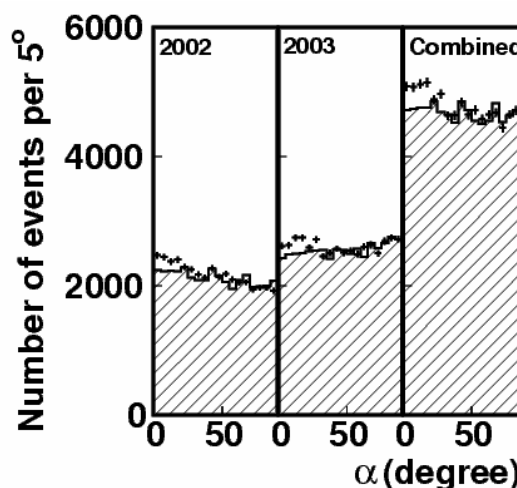


図 4 超新星残骸 RX J0852.0-4622 観測データの分布。点が天体方向、ヒストグラムが非天体方向のデータ。 $\alpha=0^\circ$ 付近のピークがガンマ線信号を示す。2002 年、2003 年の観測データ及びその和を示す。

² Kifune, T. et al., ApJ Lett. 438, L91-L94 (1995)

結果を確認した [発表 8、博士論文 3]。TeV領域ではパルス成分が見られず、パルサー周囲の星雲からの放射と考えられるが、他波長のデータも含めたエネルギースペクトルは単純なモデルでは説明が困難であり、そのメカニズムの解明が待たれる。

4. 爆発的星形成銀河NGC253からの超高エネルギーガンマ線の検出

今まであまり注目されていなかった新しいタイプの高エネルギーガンマ線天体として、超新星爆発の頻度が高い爆発的星形成銀河 NGC253 を 10m 望遠鏡により観測し、予想を超える強度のガンマ線信号が見つかった (図 5) [論

文 4, 6]。これは通常銀河として初めてのガンマ線天体となる。また、このガンマ線信号は空間的に点源より広がった様相を示しており、EGRET によって GeV 領域では上限のみが得られていることと合わせ、その起源について興味を持たれる。

5. 活動銀河核Mrk421からの超高エネルギーガンマ線の検出

最初の銀河系外 TeV ガンマ線天体として知られるこの天体から、2001年2月から3月に HEGRA グループなどにより TeV ガンマ線のフレアが観測された速報を受けて、大天頂角ではあるが 10m 望遠鏡による観測を試みた。CANGAROO による観測では天頂角は最小でも 70 度ほどになるので、エネルギー閾値は 10 TeV 程度となってしまう、銀河間の背景赤外線により吸収を受け、大きく減衰しているはずである。ところが、ガンマ線の信号が有意度 5 程度で見

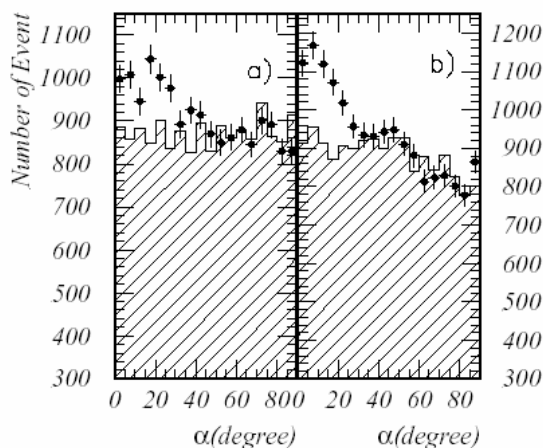


図 5 爆発的星形成銀河 NGC253 に対するアルファ分布。点が ON ソース、ヒストグラムが OFF ソースのデータを示す。 $\alpha=0^\circ$ 付近のピークがガンマ線信号を示す。a) 2000 年、b) 2001 年の観測データ。

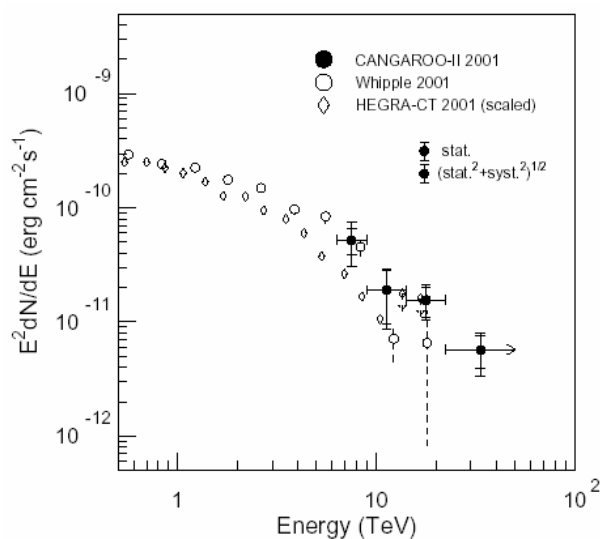


図 6 活動銀河核 Mrk421 の 2001 年活動期のエネルギースペクトル。

つかった [論文 7] (図 6)。これは背景赤外線の色についての疑問を投げかけるだけにとどまらない重要な結果である。

6. 超高エネルギーガンマ線の上限值

理論モデルに基づいてガンマ線放射が予想されたが、観測によってはガンマ線信号が得られなかった天体からは、放射モデルについての制限を得ることができる。これは各種天体における粒子加速の現象を考える上での貴重な情報をもたらすものである。

(1) 銀河系内天体

二重星パルサー PSR1259 - 63/SS2883

Be 星との周期 1237 日の長楕円軌道の連星をなすこのパルサーは、パルサーで加速された粒子が星の大気と衝突して、軌道上の位置により強度が変化するガンマ線を生み出すと予想されており、加速理論の良い実験場となることが期待されている。10m 望遠鏡による観測は、ガンマ線強度が最大とされる近日点は逃したものの、得られた上限値は理論モデルに制限を与える結果となっている [論文 2]。

超新星残骸 RCW86

X 線領域で非熱的放射を示す超新星残骸であり、10m 望遠鏡で 2001 年と 2002 年に観測を行ったが、ガンマ線信号は有意とはいえなかった [発表 5]。現在 2003 年のステレオ観測データを解析中である。

ジェット天体 SS433/W50

超新星残骸 W50 内にある SS433 は銀河系内ジェット天体として知られた中性子星とコンパクト星の連星系である。X 線ローブではハードな X 線放射が見ついている。西側ローブの位置を 2001 年と 2002 年に 10m 望遠鏡で観測したが、ガンマ線信号は得られていない [発表 10]。

パルサー PSR J1420-6048

EGRET 未同定天体 3EG J1420-6038 近くに 68ms のパルサーとして発見された天体であり、スピン減速エネルギーが大きく、ガンマ線放射が期待された。2002 年の観測では有意なガンマ線信号は見つかっていない [発表 7]。

(2) 銀河系外天体

超新星残骸 SN1987A

大マゼラン星雲で起こり、初めてニュートリノバーストが検出されたこの歴史的な超新星の残骸からは、現在まで高エネルギーガンマ線の確実な検出例はないが、高エネルギー

粒子加速が起こるまでに十年単位の年月が必要かもしれない。2001年に10m望遠鏡で行った観測でも有意なガンマ線信号は得られず、上限値を得た [論文 3]。

活動銀河核PKS 2005 - 489 及びPKS 2155 - 304

Mrk421と同様これら近傍にあり TeV 放射が有望とされる BL Lac 型活動銀河核に対して 7m 望遠鏡及び 10m 望遠鏡を用いて長時間の観測を行ってきたが、いまだにガンマ線信号の兆候は見つかっておらず、上限値を与えるにとどまっている [発表 11]。TeV ガンマ線は X 線のフレアと同時に起こるとされるので、観測の都合のいい時期にフレアが起こることを期待したい。

EGRET未同定天体 3EG J1234-1318

この天体は合体しつつある銀河団との関連が指摘されており、「ガンマ線銀河団」の可能例として挙げられていた。10m 望遠鏡の 2002 年の観測では TeV 領域のガンマ線信号は見つかっていない [発表 12]。

7. 今後の見通し

四台の望遠鏡によるステレオ観測データを今後数年間にわたり蓄積していくとともに、既に観測データは取得されたが解析が終了していない天体の解析も引き続いて行い、超高エネルギーガンマ線天体の例数を増やして、統計的な議論を可能にするとともに、エネルギースペクトルや空間的広がりなどの詳細情報を蓄積し、ガンマ線発生機構についての解明を進め、天体における高エネルギー現象および粒子加速の機構を明らかにしていく。諸外国においても、ドイツを中心としたグループによるアフリカ・ナミビアの H.E.S.S.グループが 12m 望遠鏡 4 台のアレイを完成させ、別のドイツを中心としたグループによる MAGIC グループが 17m 望遠鏡を完成させ、アメリカを中心とした VERITAS グループが 12m 望遠鏡 7 台のアレイの建設を始めるなど、超高エネルギーガンマ線天体物理学は大型装置の時代を迎えており、我々もこの世界の趨勢の一翼を担い、さらなる分野の発展に寄与していく。

国際シンポジウムの概要

The Universe viewed in Gamma-rays —The University of Tokyo Workshop 2002—

Date: September 25-28, 2002

Place: Sawayaka Chiba Kenmin Plaza, Kashiwa, Chiba, Japan

Outline

“The Universe viewed in Gamma-rays - The University of Tokyo Workshop 2002 –” was held on September 25-28, 2002 in Kashiwa, Chiba, Japan. The purpose of this symposium was to discuss the new views of the universe grasped mainly in the rapidly developing high energy gamma-ray astrophysics in the energy range above 10 GeV. New ground-based observatories of very high energy gamma-rays are being built, energy threshold are being lowered, and stereoscopic observations with new telescopes will be started soon. The symposium covered observational and theoretical aspects of Galactic and extragalactic sources of gamma-rays which contribute to the existence of nonthermal particles in the universe. Information of the photons in other energy regime is mandatory to uncover the secret of very high energy phenomena in the universe and multiwavelength campaigns will be also. This symposium was hosted by ICRR, University of Tokyo and sponsored by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology of Japan and supported by High Energy Astrophysics Association in Japan (HEAPA).

Participants

Total 112 people (74 from Japan, 13 from Germany, 12 from USA, 3 from Russia, 1 from India, 1 from South Africa, 1 from Canada, 1 from UK, 1 from Switzerland, 1 from Sweden, 1 from Spain, 1 from France, 1 from Poland, 1 from Australia)

Program

September 25 (Wed)

Registration and Welcome Party

September 26 (Thu)

Welcome address

09:30-09:40 M. Yoshimura

Invited review (1)

09:40-10:40 P. Slane Chandra Studies of Nonthermal Emission from Supernova
Remnants and Pulsar Wind Nebulae

COFFEE BREAK

Galactic sources

- 11:10-11:40 T.Tanimori TeV gamma rays from synchrotron X-ray SNRs
 11:40-12:20 E. Berezhko Gamma -ray emission expected from young supernova remnants

LUNCH BREAK

- 14:00-14:30 O. de Jager Pulsars and Plerions from a Multiwavelength Perspective
Diffuse emission from the galactic disk and unidentified EGRET sources
 14:30-15:00 M. Pohl Diffuse emission from the Galactic plane and unidentified EGRET sources

Status of high energy gamma-ray observation (contributed papers)

- 15:00-15:20 D. Hanna STACEE OBSERVATIONS OF EXTRAGALACTIC SOURCES
 15:20-15:40 F. Piron The Crab nebula and Mkn 421 high-energy gamma-ray spectra above 50 GeV from CELESTE observations in 1999-2000
 15:40-16:00 F. Krennrich Results from the VERITAS Collaboration

COFFEE BREAK

- 16:30-16:50 D. Horns Recent results and status of the HEGRA imaging air Cherenkov telescopes
 16:50-17:05 K. Okumura Results from CANGAROO (Extragalactic objects)
 17:05-17:20 A. Kawachi Results from CANGAROO (Galactic objects)
 17:20-17:35 J. Holder Observations of 1es1959+650 with the Whipple 10m telescope
 17:35-17:50 G. Rowell Evidence for an Unidentified TeV Source in the Vicinity of Cygnus OB2
 17:50-18:05 G. Puehlhofer Scans of the TeV gamma-ray sky with the HEGRA system of Cherenkov Telescopes
 18:05-18:20 P. Majumdar Preliminary Results on Crab from Pachmarhi Array of Cerenkov Telescopes
 18:20-18:35 N. Hotta Recent status of the Tibet AS gamma experiment
 18:35-18:50 M. Teshima Evidence for point sources of Extremely High Energy Cosmic Rays
 18:50-19:05 G. Sinnis The Milagro Gamma-Ray Observatory

September 27 (Fri)

Invited review (2)

- 09:30-10:30 E. Dwek The Cosmic Infrared Background

COFFEE BREAK

Extragalactic sources

- 11:00-11:30 P. Coppi Blazars (theoretical aspects)
11:30-12:00 R. Mukherjee High Energy Emission from Blazars (Observations)
12:00-12:30 H. Voelk Origin and distribution of cosmic rays associated with cluster of galaxies and with starburst galaxies*

LUNCH BREAK

Techniques and projects (contributed papers)

- 14:00-14:20 R. Ong STATUS OF THE VERITAS PROJECT
14:20-14:40 E. Lorenz Status of the 17 m diameter MAGIC Telescope
14:40-15:00 H. Hofmann H.E.S.S. project*
15:00-15:15 M. Ohishi Status of CANGAROO-III
15:15-15:30 R. Mirzoyan The MAGIC Telescope Project: Phase II

COFFEE BREAK

General gamma-ray astrophysics (contributed papers)

- 16:00-16:15 S. Shibata The Crab Nebula: 3-dimensional modeling
16:15-16:30 A. Bamba Fine Structures of the Thermal and Non-Thermal X-Rays in the SN1006 Shell
16:45-17:00 T. Tamagawa Properties of Gamma-ray Bursts localized by the HETE-2 satellite
17:00-17:15 P. Edwards Parsec-scale VLBI observations of TeV gamma-ray sources
17:15-17:30 F. Miniati Investigating Galaxy Clusters through Gamma-ray Emission
17:30-17:45 V. Pavlidou The Guaranteed Gamma Ray Background

Banquet

September 28 (Sat)

Invited review (3)

- 09:30-10:30 L. Bergstroem Gamma ray signatures of dark matter particles

COFFEE BREAK

Cosmic Rays

- 11:00-11:30 D. Kieda High Resolution Cosmic Ray Measurements using Next Generation Ground-based Gamma Ray Observatories
11:30-12:00 M. Hoshino Plasma Physics View of Particle Acceleration
12:00-12:30 R. Schlickeiser Relativistic and nonrelativistic shock acceleration in various objects

LUNCH BREAK

14:00-14:30 F. Takahara Summary (1)
 14:30-15:00 R. Ong Summary (2)
 15:00-15:15 T. Kifune Concluding remarks
 Adjourn (evening)

Poster session

(First author) (Title)

Status of high energy gamma-ray observation (contributed papers)

V.G. Sinitsyna	The detection of the new active galactic gamma-sources NGC 1275, 3c454.3 and 17399+522 and comparison with early known metagalactic and galactic sources
K. Okumura	Observation of gamma-rays greater than 10TeV from Markarian421 during the flaring state in 2001
B. Acharya	Pachamrhi Array of Cerenkov Telescopes
K. Tsuchiya	Very High Energy Gamma Rays from Galactic Center
S.S. Borisov	Evidence of TeV gamma-ray radiation in supernova remnants CYGNUS X-3
H. Katagiri	The observation of TeV gamma rays from RX J0852.0-4622 with CANGAROO-II 10m telescope
M. Schroedter	Multi-wavelength Observations of 1ES1959 in a Flaring State
L. M. Boone	STACEE Observations of Markarian 421 During the 2001 Flare
J. Cortina	HEGRA CT1 Spectrum and Light Curve of Mrk-421 during its 2001 flare
S. Hayashi	Observation of Very High Energy Gamma Rays from SS433/W50 with CANGAROO-II Telescope
D. Horns	Observations of 1ES1959+650 with the HEGRA system of imaging air Cherenkov telescopes
C. Itoh	Study of the nearest starburst Galaxy: NGC253
A. Kawachi	TeV Gamma-ray Observations of the PSR B1259-63/SS2883 Binary System with the CANGAROO-II 10mTelescope
J. Kushida	Study of TeV gamma-ray emission mechanism of PSR 1706-44 based on multi-wavelength spectrum
S. Osone	Long periodicity of Blaser with RXTE ASM, TA and HEGRA
M. Sakata	A wide sky survey for flare type TeV gamma-ray sources using

the Tibet-HD data

- M. Ueno Non-thermal emission from an X-ray shell near at 30 Dor C
- S. Watanabe TeV gamma-ray observations of the Supernova Remnant RCW86 with the CANGAROO-II telescope
- Y. Yamamoto Upper Limits of Diffuse Gamma Rays from the Galactic Plane at 10 TeV with the Tibet-II and III Arrays
- T. Nakase Observation of Southern High Energy Peaked BL Lacertae Object PKS 2155-304 with CANGAROO-II Telescope
- T. Hattori Search for gamma-ray clusters of galaxies with CANGAROO-II telescope

Techniques and projects (contributed papers)

- R. Cowsik High Altitude Gamma Ray Observatory at Hanle (HAGAR)
- V.Y. Sinitsyna Efficiency of selection of gamma - quanta from a proton background in experiment SHALON on observation results of extragalactic sources NGC1275, 1739+522, 3c454.3 and Mkn 421, Mkn501.
- S. Kabuki Development of an atmospheric Cherenkov imaging camera for the CANGAROO-III experiment
- J. Cortina THE CONTROL SYSTEM OF THE MAGIC TELESCOPE
- G. Puehlhofer Technical performance of the HEGRA IACT system
- R. Cornils Mirror alignment and optical quality of the H.E.S.S. imaging atmospheric Cherenkov telescopes
- J. Cortina An absolute light flux calibration for the MAGIC telescope
- J. Cortina THE DATA ACQUISITION OF THE MAGIC TELESCOPE
- C.E. Covault Performance Characteristics of the STACEE Gamma-Ray Observatory
- F. Kajino High-Resolution Cherenkov Telescopes for the Observation of High Energy Gamma rays
- D. Nishida Development of the data acquisition system of the CANGAROO-III telescope
- K. Nishijima Development of trigger module for CANGAROO-III
- M. Ohishi Performance of the plastic spherical mirrors of CANGAROO-III telescope
- S. Osone Concept of new gamma ray detector

- A.Asahara Performance of 10 - 100 GeV gamma ray camera, "CheSS" for SUBARU optical-infrared telescope
- F. Krennrich Short GAMMA Ray Front Air Cherenkov Experiment
- S. LeBohec Calibration of Atmospheric Cherenkov Telescopes using Cosmic Ray Background Events

General gamma-ray astrophysics (contributed papers)

- S.I. Nikolsky The distinction of spectra both cosmic rays and gamma-quanta of local sources and formation of uniform cosmic ray spectrum
- J. Dyks Signatures of pulsar polar-gap emission at the high-energy spectral cutoff
- K. Oka Gamma-ray Emission from an Accretion Flow around a Kerr Black Hole
- S. Inoue Gamma-rays and Cosmic Rays from Large-Scale Shocks in the Universe
- J. Takata Gamma-ray emission from Outer-Gap of pulsar magnetosphere
- M. Ohishi Galactic diffuse gamma-ray spectrum from cosmic-ray proton interactions with gas clouds
- H. Muraishi Extragalactic cosmic rays modulated by the galactic wind and its implication for the origin of the 'knee'
- N. Shibazaki X-Ray and Gamma-Ray Emission from the PSR 1259-63 / Be Star System
- N. Tateyama High Energy Diffuse Gamma-Rays from Galactic Plane
- T. Naito High energy gamma-ray emission from merging clusters of galaxies
- R. Clay Our Galaxy Close to a Source of EeV Cosmic Rays
- P. Tinyakov Evidence for a connection between gamma-ray and UHECR emissions by BL Lacs
- S. Tsubaki Evolution of clusters of galaxies and CR-induced gamma-rays

この会議の集録は書籍「Universe viewed in Gamma-rays」として Universal Academy Press (Tokyo)から出版された。(研究発表の[書籍 1]を参照)