

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 5月31日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22740117

研究課題名（和文） GeV-TeVガンマ線観測から探る最高エネルギー宇宙線源

研究課題名（英文） Exploration of sources of ultra high-energy cosmic rays with GeV-TeV gamma-ray observations

研究代表者

浅野 勝晃 (ASANO KATSUAKI)

東京工業大学・大学院理工学研究科・助教

研究者番号：80399279

研究成果の概要（和文）：

10^{20} eV までに達する最高エネルギー宇宙線の源は全くわかっていない。こうした宇宙線の加速源では、加速された陽子が周りの物質と相互作用した結果、特徴的な GeV-TeV ガンマ線の放射が期待できる。近年の Fermi 衛星や地上チェレンコフ望遠鏡などの活躍で、新たなガンマ線源が続々と見つかっている。私は加速源でのカスケード反応を再現する数値シミュレーションコードを開発し、本研究期間内に時間発展を追うものに改良を進めることに成功した。この数値シミュレーションと現在までの観測を比較することで、ガンマ線が最高エネルギー宇宙線起源かどうかを探ってきた。特にガンマ線バースト (GRB) からの GeV ガンマ線は有力な陽子起源放射であり、Fermi チームの一員として、GRB の放射機構探索に大きな貢献ができた。残念ながら現状の観測から得られる情報だけでは、ガンマ線の起源に迫る事ができなかった。しかし、私が開発したシミュレーションの結果から、陽子起源放射には特徴的なスペクトルの時間進化があることを見出した。これは CTA などの将来観測計画によって加速源に決着をつけることができる、重要な結果である。

研究成果の概要（英文）：

The sources of ultra high-energy cosmic rays (UHECRs) are unknown. In acceleration sites, high-energy protons can interact with ambient matters/photons, and emit characteristic GeV-TeV gamma-rays. Recently Fermi satellite or Air Cherenkov Telescopes have discovered new gamma-ray sources. I developed a code to simulate cascade processes in the acceleration sites, and succeeded in improving this to one that can follow temporal evolution in this research period. By comparing our results with observations, we have studied gamma-ray sources as possible acceleration sites. Especially, GeV gamma-rays from gamma-ray bursts (GRBs) are promising candidates of hadronic emissions. I have greatly contributed to exploration of the emission mechanism of GRBs as a member of the Fermi team. Unfortunately, the present available data of gamma-rays are not statistically enough to reveal the sources of UHECRs. But, from our results based on the code we have developed, we found characteristic spectral evolutions in hadronic emissions. This is an important result that can be verified with future observations such as CTA, which will determine the sources of UHECRs.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
2011年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2012年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			0
年度			0
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：天文学・天文学

キーワード：理論天文学

1. 研究開始当初の背景

フェルミ衛星が打ちあがったばかりで、GeV-TeV ガンマ線観測が大きく発展すると期待されていた。高エネルギー宇宙線の起源も謎であり、どのようにして加速源を見つけるかが議論されていたが、混沌とした状況であった。

2. 研究の目的

最高エネルギー宇宙線の生成源を突き止めることを最終的な目標とし、最近観測精度の向上を成し遂げた、GeV-TeV 領域のガンマ線観測を解析することで、宇宙線加速の兆候を探る。同時に、謎に包まれているガンマ線バーストや活動銀河核ジェットなどの高エネルギー天体现象の放射メカニズムを明らかにする。

3. 研究の方法

モンテカルロ・シミュレーションによって、Fermi 衛星などによって観測された GeV-TeV 天体の光子スペクトルやその時間進化を再現し、そこで加速されている電子や陽子の量、磁場などの物理パラメータに制限をつける。この制限からこれらの天体が加速できる宇宙線の最高エネルギーはどの程度か、観測を説明するのに十分な量の宇宙線を生成できているかなどを Fermi チームのメンバーやその他の国内外の研究者と議論する。さらにこういった結果や、複数のモデルによる予言の比較を行い、ガンマ線放射メカニズムそのものの解明を目指す。

4. 研究成果

Fermi チームと共にガンマ線バースト (GRB) からの GeV 放射に関する論文を発表した。GRB からの GeV 放射は必ずしも普遍的ではなさそうだが、幾つかの明るいバーストには陽子起源放射を示唆する結果が得られた。また、本

研究期間内に我々の数値計算コードを時間発展版に改良する事に成功した。この結果から、陽子起源放射に特徴的なスペクトルの時間進化を明らかにした。これは将来の観測によって確かめられるかもしれない、重要な結果と考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 16 件)

① "Gamma-Ray Burst Science in the Era of the Cherenkov Telescope Array"
Susumu Inoue, Jonathan Granot, Paul T. O'Brien, Katsuaki Asano, et al. for the CTA Consortium 2013 ApJ 43, 252-275

② "Multiwavelength Observations of GRB 110731A: GeV Emission from Onset to Afterglow" M. Ackermann, M. Ajello, K. Asano et al.
2013 ApJ 763, 71(19pp)

③ "High Energy Neutrinos from Dissipative Photospheric Models of Gamma Ray Bursts"
Shan Gao, Katsuaki Asano and Peter Meszaros 2012 JCAP 11, 058

④ "Delayed Onset of High-Energy Emissions in Leptonic and Hadronic Models of Gamma-Ray Bursts" Katsuaki Asano and Peter Meszaros
2012 ApJ 757, 115(12pp)

⑤ "The Role of Stochastic Acceleration in the Prompt Emission of Gamma-Ray Bursts: Application to Hadronic Injection"
Kohta Murase, Katsuaki Asano, Toshio Terasawa and Peter Meszaros
2012 ApJ 746, 164(12pp)

⑥ "Spectral-Temporal Simulations of Internal Dissipation Models of Gamma-Ray Bursts"
Katsuaki Asano and Peter Meszaros
2011 ApJ 739, 103(12pp)

⑦ "Detection of a Spectral Break in the Extra Hard Component of GRB 090926A"
M. Ackermann, M. Ajello, K. Asano et al.
2011 ApJ 729, 114(12pp)

⑧ "Prompt X-ray and Optical Excess Emission due to Hadronic Cascades in Gamma-Ray Bursts"
Katsuaki Asano, Susumu Inoue and Peter Meszaros 2010 ApJL 725, L121-L125

⑨ "Fermi Observations of GRB 090510: a Short-Hard Gamma-Ray Burst with an Additional, Hard Power-Law Component from 10 keV to GeV Energies"
M. Ackermann, K. Asano et al. 2010 ApJ 716, 1178-1190

[学会発表] (計 33 件)

① 日本天文学会 2013 年春季年会
2013 年 3 月 20 日-23 日 埼玉大学
「ブレーザー放射スペクトルのフェルミ二次加速モデル」
浅野勝晃、高原文郎、楠瀬正昭、当真賢二、格和純

② 第 26 回「宇宙ニュートリノ」研究会
2013 年 3 月 15 日 東京大学宇宙線研究所
「高エネルギー宇宙ニュートリノ：突発天体起源の可能性について」浅野勝晃 (招待講演)

③ ガンマ線バースト研究会
2012 年 11 月 28 日-30 日 石川県文教会館
「フェルミ打上以降の即時放射の解釈」
浅野勝晃 (基調講演)

④ FALL 2012 GAMMA-RAY BURST SYMPOSIUM:
15 years of afterglow discoveries:
progenitors, environments and host galaxies from the nearby to the early Universe
2012 年 10 月 7 日-12 日 Palacio de Congressos,

Marbella, Spain
「Wide-band spectra of prompt emission」
Katsuaki Asano (招待講演)

⑤ Thirteenth Marcel Grossmann Meeting on Recent Developments
in Theoretical and Experimental General Relativity, Gravitation,
and Relativistic Field Theory
2012 年 7 月 1 日-7 日 AlbaNova University Center, Stockholm, スウェーデン
「Photospheric Emission in time-dependent simulations」Katsuaki Asano (招待講演)

⑥ Gamma-Ray Bursts 2012 Conference
2012 年 5 月 7 日-11 日 Munchner Kunstlerhaus, Munchen, ドイツ
「Multi-GeV lightcurves: possible hints for the emission mechanism」
Katsuaki Asano, and Peter Meszaros

⑦ 日本物理学会 2012 年春季大会
2012 年 3 月 24 日-27 日 関西学院大学
「CTA 報告 31: CTA 時代におけるガンマ線バーストの研究」
浅野勝晃、井岡邦仁、他 CTA-Japan Consortium

⑧ 日本天文学会 2012 年春季年会
2012 年 3 月 19 日-22 日 龍谷大学
「ガンマ線バーストにおけるハドロン起源放射の光度曲線」浅野勝晃、Peter Meszaros

⑨ "Particles and Radiation from Cosmic Accelerators CA2012"
2012 年 2 月 20 日-22 日 千葉大学
「GeV-TeV Gamma-rays and Neutrinos from GRBs」Katsuaki Asano

⑩ First joint DIAS-OKC workshop
"Multi-GeV Astrophysics with Ground-Based Detectors"
2011 年 12 月 12 日-14 日 ダブリン高等研究所, Dublin, アイルランド
「Leptonic and Hadronic Models of GRB Prompt Emissions」Katsuaki Asano, Susumu Inoue, Peter Meszaros (招待講演)

⑪ 日本天文学会 2011 年秋季年会
2011 年 9 月 19 日-22 日 鹿児島大学
「時間発展シミュレーションによるガンマ線バースト放射機構の探索」
浅野勝晃、Peter Meszaros

⑫ 日本物理学会 2011 年秋季大会
2011 年 9 月 16 日-19 日 弘前大学
「ガンマ線バーストスペクトルの時間発展」

浅野勝晃、Peter Meszaros

なし

⑬"2011 Fermi Symposium"

2011年5月9日-12日 ローマ・ラ・サピエンツァ大学, Roma, イタリア

「Leptonic and Hadronic Models for the Extra Components in Fermi-LAT GRBs」

Katsuaki Asano, Susumu Inoue, and Peter Meszaros

(3)連携研究者

なし

⑭ "Multi-Messenger Astronomy of Cosmic Rays" 2011年4月11日-14日 北京大学KIAA, 北京, 中国 「Hadronic Models of GRBs: Photon Signature of UHECRs」 Katsuaki Asano (招待講演)

⑮ "The Prompt Activity of Gamma-Ray Bursts: their Progenitors, Engines, and Radiation Mechanisms"

2011年3月5日-7日 ノースカロライナ州立大学, Raleigh, North Carolina, USA

「Electron Injection and Heating via Proton Acceleration and Turbulence」

Katsuaki Asano

⑯日本天文学会 2010年秋季年会

2010年9月22日-24日 金沢大学

「ガンマ線バーストのハドロンモデル」

浅野勝晃、井上進、村瀬孔大、Peter Meszaros

⑰"CTA Consortium Meeting"

2010年5月10日-12日 DESY, Zeuthen, ドイツ 「Fermi GRBs and CTA」

Katsuaki Asano

⑱"Deciphering the Ancient Universe with Gamma-Ray Bursts"

2010年4月19日-23日 京都テルサ, Kyoto, Japan 「Extra Spectral Components due to Hadronic Cascade」

Katsuaki Asano

[その他]

ホームページ等

<http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/~asanok/index.html>

6. 研究組織

(1)研究代表者

浅野 勝晃 (ASANO KATSUAKI)

東京工業大学・大学院理工学研究科・助教

研究者番号：80399279

(2)研究分担者