

機関番号：12601

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19340055

研究課題名 (和文) 超高エネルギーガンマ線宇宙地図

研究課題名 (英文) Very high energy gamma-ray astronomical object map

研究代表者

佐々木 真人 (SASAKI MAKOTO)

東京大学・宇宙線研究所・准教授

研究者番号：40242094

研究成果の概要 (和文)：

複数の撮像型大気チェレンコフ望遠鏡による超高エネルギー (VHE) γ 線突発天体の発見をめざす広角同時観測を目的とする。複数の望遠鏡で同期して事象が撮像できるように、グローバルトリガリリセット装置を開発し、ハワイ島マウナロアにある Ashra 検出器に装着した。2009 年度末までに実観測時間が 17 カ月で計 2774 時間に到達し、93%の好天率と 99%以上の光学系の稼働率を達成した。2008 年に大気チェレンコフ光トリガーを用いた GRB からの VHE タウニュートリノ探査を行った。

研究成果の概要 (英文)：

The purpose of this study is aimed at the wide field simultaneous observation for the the discovery of very high energy transient objects using multiple Cherenkov imaging telescopes. We have developed an a global trigger reset system for Cherenkov telescopes to take images of same atmospheric Cherenkov event in synchronization with each others. It is equipped in the Ashra detector at the observational site on Mauna Loa on the Hawaii Island. We have accumulated 2774 hours of observation time in 17 months. The good weather rate and operation efficiency achieved 90% and 99% respectively. We also made search for VHE tau neutrinos from GRB using atmospheric Cherenkov lights in 2008.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 19 年度	6,200,000	1,860,000	8,060,000
平成 20 年度	4,500,000	1,350,000	5,850,000
平成 21 年度	3,300,000	990,000	4,290,000
年度			
年度			
総計	14,000,000	4,200,000	18,200,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・素粒子・原子核・宇宙物理

キーワード：素粒子天文、超高エネルギーニュートリノ、超高エネルギーガンマ線、ガンマ線バースト、突発天体、高速撮像、光電撮像、広角望遠鏡

1. 研究開始当初の背景

ガンマ線天文学は衛星による MeV-GeV 領域と大気原子核と衝突して起こす電磁カスケード

ドシャワー (空気シャワー) を検出する TeV 以上の超高エネルギー (VHE) 領域とで相補的に進められてきた。後者はさらに、空気シャ

ワーによる大気チェレンコフ光を解像する望遠鏡と空気シャワー成分粒子を採取して検出する地上アレイ検出器に分かれる。解像型チェレンコフ望遠鏡 (IACT) は天体起源のガンマ線と雑音であろう宇宙線陽子によって発生する空気シャワーを解像することによって区別する能力に優れ、ガンマ線検出感度が地上アレイより数百倍勝る。その IACT も、10m 級の大口徑望遠鏡複数台による高光子統計でのステレオ観測が主流となり、ガンマ線の検出エネルギー下限も 100GeV まで下がった。次期ガンマ線衛星 GLAST の検出エネルギー上限と一致するので、IACT と衛星との溝は埋まることになる。ただし、ガンマ線衛星に比べ、現行の IACT の弱点はその狭い視野にある。衛星ならば 1~3 sr の広視野バーストモニタも可能だが、現行 IACT では複数の天体を同時観測することは不可能であり、他観測の追尾観測が主流であった。総じて、次なる発展の方向は広視野化にある。

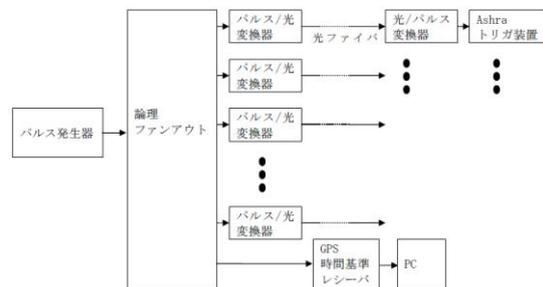
2. 研究の目的

現行 IACT の弱点である視野を 5 度から一機に 8 倍の 42 度に上げれば、VHE・観測の状況は一変する。Ashra 集光器計 12 台で“複眼”を形成し、視野を分担すれば全天の約 80% の立体角で同時観測が可能である。現行 IACT では、ステレオ観測が主流である。その利点はガンマ線到来方向精度とバックグラウンド事例の除去にある。Ashra の複眼である検出器ステーションの中心を 80m 離して“両目”にすることで、現行 IACT と同様にステレオ観測が可能である。Ashra 集光器のように広視野固定望遠鏡は、現行 IACT のように起源天体を視野中心とするように追尾せず、どこに出来るか分からない、チェレンコフ像の長軸が複数交差する点を探索する。現行 IACT よりも到来方向精度が重要となる。ステレオ観測事例では、独立なトリガーで撮像した 2 枚のチェレンコフ像が同じ事例の撮像であると判定する必要がある。Ashra トリガーシステムでは、トリガーされた画像データに 100ns 精度の時間スタンプ情報が付加される。このとき、ステレオ事例の画像の照合の際、時間スタンプ情報は必ずしも一致するとは限らない。そのために、中央管制室から個眼ごとのトリガー装置にトリガーリセットパルスを送り、同時に時間スタンプ情報をリセットする。これにより、時間スタンプの十分高い精度を保証する。

3. 研究の方法

本装置の概念をブロック図に示す。パルス発生器はマウナロア観測地のオペレーション室に設置され、定期的(例えば 10 秒に 1 回)に制御パルスを出力する。そのパルスは論理ファンアウト回路を通じて、時間ジッター少

なく、Ashra 検出器の独立なトリガー単位の個数(現在、主ステーション 12 個+副ステーション 4 個)に分岐する。その分岐されたパルス一個一個をパルス/光変換器(トランシーバ)にて電圧パルス(100mV)を光通信信号に変換する。光ファイバー(100m 長)はその光通信信号を損失少なく光通信信号をオペレーション室から各 Ashra トリガー装置を格納しているトリガー室に伝送する。高度 3300m の山の中腹なので誘導雷などの電磁的な障害に安全な伝送法を選択した。各トリガー室には光ファイバーからの光通信信号を受ける光/パルス変換器(レシーバ)があり、そこで電気信号に変換され、個眼検出器ごとに設置された Ashra トリガー装置に入る。Ashra トリガー装置はトリガーが判別された時点で 100ns 精度の計数を受け取る時間スタンプ方式を採用しており、外部からリセットパルスも受け付けて、時間スタンプをゼロに戻すことも出来るようになっている。この機能を活用する為に本装置によって、トリガー装置ごと独立に発行する時間スタンプの同期を強制的にとり、時間精度を保証する。また、論理ファンアウトは他と同様のパルスを GPS 時間基準レシーバに送る。GPS 時間基準レシーバは、外部からパルスが入った時点の GPS 時間をラッチし、接続されている PC がそのラッチされた GPS 時間データを読み出し、記録する。GPS 時間は 95% の確率で 110ns の精度が得られる。



図：グローバルトリガーリセット装置のブロック図

4. 研究成果

複数の望遠鏡で同期して事象が撮像できるように、グローバルトリガーリセット装置を開発し、ハワイ島マウナロアにある Ashra 検出器に装着した。2009 年度末までに実観測時間が 17 カ月で計 2774 時間に到達し、93% の好天率と 99% 以上の光学系の稼働率を達成した。2008 年に大気チェレンコフ光トリガーを用いた GRB からの VHE タウニュートリ探索を行った。

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 11 件)

1. Aita, Y., Aoki, T., Asaoka, Y., Asou, J., Chonan, T., Fox, R., Hamilton, J., Higashi, Y., Ishikawa, N., Learned, J., Masuda, M., Matsuno, S., Morimoto, Y., Noda, K., Ogawa, S., Sasaki, M., Shibuya, H., Sugiyama, N., M. Yabuki, M. and Watanabe, Y. for Ashra Collaboration, ``VHE neutrino pilot observation with the Ashra detector,`` 2009. Proc. 30th International Cosmic Ray Conference (Lodz, Poland), in press. (査読無)
2. Aita, Y., Asaoka, Y., Chonan, T., Higashi, Y., Noda, K., and Sasaki, M., Morimoto, Y., Ogawa, S., Learned, J., Fox, R., [the Ashra-1 collaboration], ``GRB081203A: Ashra-1 observation of early optical and VHE-neutrino emission,`` 2008. GCN GRB OBSERVATION REPORT, 8632. (査読無)
3. Kuze, H., Yamaguchi, Y., Shinomiya, K., Takeuchi, N., Asaoka, Y., Sasaki, M., ``MONITORING OF AEROSOLS AND CLOUDS USING AN IMAGING LIDAR BASED ON A HIGH-RESOLUTION, WIDE FIELD-OF-VIEW TELESCOPE,`` The 2008 International Laser Radar Conference (ILRC24), S05P11, Boulder, Colorado, USA, June 23-27, 2008. (査読無)
4. 浅岡陽一, 佐々木真人, 素粒子と閃光を見張る望遠鏡Ashra, 天文月報, v o 1 . 102, no. 2, 2008, 142-150, (査読有)
5. Katsuta, T., Yokomizo, S., Sasaki, M., ``Study on Machining of Large Acrylic Lens,`` 2007. Japan Society of Precision Engineering, No. 2, 215-219. (査読有)
6. Yamaguchi, Y., Kouga, I., Shinomiya, K., Kataoka, D., Takeuchi, N., Kuze, H., Sasaki, M., Asaoka, Y., Ogawa, S., ``Development of an imaging lidar for tropospheric aerosol monitoring using a wide field-of-view, high-resolution telescope,`` 2007. Proc. The 7th Pacific Rim Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO). (査読無)
7. Masuda, M., Aita, Y., Aoki, T., Asaoka, Y., Browder, T., Chonan, T., Dye, S., Eguchi, M., Fox, R., Guillian, G., Hamilton, J., Kimura, T., Kohta, N., Kuze, H., Learned, J., Matsuno, S., Morimoto, Y., Noda, K., Ogawa, S., Okumura, A., Olsen, S., Sasaki, M., Shibuya, H., Shinomiya, K., Sugiyama, N., Yamaguchi, Y., Yasuda, M., Varner, G., Watanabe, Y., Watanabe, Y., ``Hybrid Photo Detector as the Ashra trigger sensor,`` 2007. Proc. 30th International Cosmic Ray Conference (Merida, Mexico), 1571-1574. (査読無)
8. Okumura, A., Aita, Y., Aoki, T., Asaoka, Y., Browder, T., Chonan, T., Dye, S., Eguchi, M., Fox, R., Guillian, G., Hamilton, J., Kimura, T., Kohta, N., Kuze, H., Learned, J., Masuda, M., Matsuno, S., Morimoto, Y., Noda, K., Ogawa, S., Olsen, S., Sasaki, M., Shibuya, H., Shinomiya, K., Sugiyama, N., Yamaguchi, Y., Yasuda, M., Varner, G., Watanabe, Y., Watanabe, Y., ``Ashra Mauna Loa Observatory and Slow Control System,`` 2007. Proc. 30th International Cosmic Ray Conference (Merida, Mexico), 1405-1408. (査読無)
9. Sasaki, M., Aita, Y., Aoki, T., Asaoka, Y., Browder, T., Chonan, T., Dye, S., Eguchi, M., Fox, R., Guillian, G., Hamilton, J., Kimura, T., Kohta, N., Kuze, H., Learned, J., Masuda, M., Matsuno, S., Morimoto, Y., Noda, K., Ogawa, S., Okumura, A., Olsen, S., Shibuya, H., Shinomiya, K., Sugiyama, N., Yamaguchi, Y., Yasuda, M., Varner, G., Watanabe, Y., Watanabe, Y., ``The Ashra Project,`` 2007. Proc. 30th International Cosmic Ray Conference (Merida, Mexico), 1559-1562. (査読無)
10. Sasaki, M., ``All-sky Survey High Resolution Air-Shower Detector (Ashra),`` Proceeding of International Workshop on Energy Budget in the High Energy Universe (ICRR, Kashiwa), edit. by Sato, K. and Hisano, J., 197-204 March, 2007. (査読無)
11. 佐々木真人, Ashraによる超高エネルギー素粒子天文学の創成, 日本物理学会誌, 無

し, "vo162, no8", 2007, 596-603, (査読有)

[学会発表] (計 29件)

1. 佐々木 真人, Ashra報告55: トリガー撮像, 日本物理学会第65回年次大会, 2010年3月22日, 岡山大学津島キャンパス (岡山県岡山市)
2. 石川 巨樹, Ashra報告54: 光学閃光解析, 日本物理学会第65回年次大会, 2010年3月22日, 岡山大学津島キャンパス (岡山県岡山市)
3. 小川 了, Ashra報告53: 観測報告, 日本物理学会第65回年次大会, 2010年3月22日, 岡山大学津島キャンパス (岡山県岡山市)
4. 野田 浩司, Ashraによるニュートリノ観測, グローバルCOE, 2010年2月20日, 東大本郷キャンパス
5. 佐々木 真人, 全天高精度素粒子望遠鏡計画Ashra観測, 平成21年度共同利用研究成果発表研究会, 2009年12月9日, 東大宇宙線研究所 (千葉県柏市)
6. 野田 浩司, AshraによるGRBニュートリノ観測, 科研費特定領域研究「ガンマ線バーストで読み解く太古の宇宙」第3回領域シンポジウム, 2009年9月26日, 水明館 (岐阜県下呂市)
7. 会田 勇一, Ashra報告52: 光学閃光観測, 日本物理学会第64回秋季大会, 2009年9月13日, 甲南大学岡本キャンパス (兵庫県神戸市)
8. 石川 巨樹, Ashra報告51: トリガー用ファイバー束の性能評価, 日本物理学会第64回秋季大会, 2009年9月13日, 甲南大学岡本キャンパス (兵庫県神戸市)
9. 増田 正孝, Ashra報告50: 観測報告及びトリガー開発の現状, 日本物理学会第64回秋季大会, 2009年9月13日, 甲南大学岡本キャンパス (兵庫県神戸市)
10. 浅岡 陽一, Ashra観測報告, ICRRセミナー, 2009年8月28日, 東京大学宇宙線研究所 (千葉県柏市)
11. Noda Koji, VHE neutrino pilot observation with the Ashra detector, 31th. International Cosmic Ray Conference, 2009年7月13日, Lodz, Poland
12. 野田浩司, Ashra報告49: VHEニュートリノ観測, 日本物理学会第64回年次大会, 2009年3月28日, 立教学院池袋キャンパス (東京都)
13. 東悠平, Ashra報告45: 観測現状とスローコントロール, 日本物理学会第64回年次大会, 2009年3月28日, 立教学院池袋キャンパス (東京都)
14. 渡邊由以, Ashra 報告46: 光ファイバー伝送系の作製, 日本物理学会第64回年次大会, 2009年3月28日, 立教学院池袋キャンパス (東京都)
15. 長南勉, Ashra報告48: 閃光観測 (プリカーサーの探索), 日本物理学会第64回年次大会, 2009年3月28日, 立教学院池袋キャンパス (東京都)
16. 浅岡陽一, Ashra報告42: マウナロア観測

- 地現状報告, 日本物理学会2008年秋季大会, 2008年9月21日, 山形大学 (山形県)
17. 会田勇一, Ashra報告43 : 光学閃光観測, 日本物理学会2008年秋季大会, 2008年9月21日, 山形大学 (山形県)
 18. 野田浩司, Ashra報告44 : チェレンコフニュートリノ観測, 日本物理学会2008年秋季大会, 2008年9月21日, 山形大学 (山形県)
 19. 久世宏明, Advances in lidar techniques and new methodologies, The 2008 International Laser Radar Conference (ILRC24), 2008年6月24日, Boulder, Colorado, USA
 20. 野田浩司, Ashraによる大気発光高精度監視による超高エネルギーニュートリノ天文学, 第2回学術会議シンポジウム「天文学・宇宙物理学の展望-長期計画の策定へ向けて-」, 2008年6月1日, 東京大学理学部小柴ホール (東京都)
 21. 森元祐介, Ashra報告41: 伝送光学系, 日本物理学会2008年春季大会, 2008年3月23日, 近畿大学 (大阪府)
 22. 佐々木真人, Ashra報告40 : マウナロアにおける観測準備, 日本物理学会2008年春季大会, 2008年3月23日, 近畿大学 (大阪府)
 23. 野田浩司, Ashra報告39: Ashraによる高エネルギーニュートリノ観測, 日本物理学会2007年秋季大会, 2007年9月21日, 北海道大学札幌キャンパス (北海道札幌市),
 24. 東悠平, Ashra報告38: Ashraにおける観測環境の管理-slow controll機能, 日本物理学会2007年秋季大会, 2007年9月21日, 北海道大学札幌キャンパス (北海道札幌市)
 25. 佐々木真人, Ashra報告37 : 建設の現状, 日本物理学会2007年秋季大会, 2007年9月21日, 北海道大学札幌キャンパス (北海道札幌市)
 26. Masuda, M., Hybrid Photo Detector as the Ashra trigger sensor, 30th International Cosmic Ray Conference, 2007年7月9日, Merida, Mexico
 27. Okumura, A, Ashra Mauna Loa Observatory and Slow Control System, 30th International Cosmic Ray Conference, 2007年7月9日, Merida, Mexico
 28. Sasaki, M., The Ashra Project, 30th International Cosmic Ray Conference, 2007年7月9日, Merida, Mexico
 29. Sasaki, M., Ashra, Aspen Workshop on Cosmic Ray Physics, 2007年4月19日, Aspen, Colorado, USA
- [図書] (計 0件)
- [産業財産権]
- 出願状況 (計 0件)
- 名称 :
 発明者 :
 権利者 :

種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/~ashra>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

佐々木 真人 (SASAKI MAKOTO)
東京大学・宇宙線研究所・准教授
研究者番号：40242094

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

浅岡 陽一 (ASAOKA YOICHI)
東京大学・宇宙線研究所・助教
研究者番号：40345054

木村 孝之 (KIMURA TAKAYUKI)
茨城大学・工学部・准教授
研究者番号：50302328

小川 了 (OGAWA SATORU)
東邦大学・理学部・准教授
研究者番号：10256761

増田 正孝 (MASUDA MASATAKA)
東京大学・宇宙線研究所・研究員
研究者番号：00447533