

機関番号：12601

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2007～2009

課題番号：19403004

研究課題名 (和文) 全天監視による発見的光学観測

研究課題名 (英文) Optical Observation and Discovery with All-sky Survey

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)：

全天監視高解像度望遠鏡 Ashra の性能を活用し、プロンプト閃光やプリカーサ光の発見から、GRB のエネルギー放出機構の謎に迫ることを目的としている。2007 年度から、ハワイ島マウナロア観測地への検出器の設置・データ収集系・モニター系の開発を行い、広視野長期安定観測を開始した。2009 年度末までで、実観測時間が計 2774 時間に到達している。93% の好天率と 99% 以上の稼働率を達成した。数多くの Swift や Fermi 衛星の GRB トリガーを視野内で待ち構えて探査することに成功している。

研究成果の概要 (英文)：

The purpose of this study is aimed for resolving out the energy dissipation mechanism in GRB objects from the discovery of prompt or precursor optical transients fully utilizing the advanced features of wide field as well as high resolution of All-sky Survey High Resolution Air-shower detector; Ashra. We have installed the detector system, developed data acquisition and slow control monitoring systems, and started wide field observation keeping persistent stability at the observatory 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 have already succeeded in searches for optical transients associated with the GRBs which Swift or Fermi triggered.

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	6,000,000	1,800,000	7,800,000
平成 20 年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
平成 21 年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
年度			
年度			
総計	12,900,000	3,870,000	16,770,000

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：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

自動可視光望遠鏡 ROTSE は GRB 99012 発生か

ら 50 秒後には 9 等星の明るさにまでなる可視光フラッシュを発見し、有名となった

(astro-ph/9903271, astro-ph/0108522)。GRB の標準理論(内部外部衝撃波理論)では、GRB の放射体を相対論的な衝撃波とし、衝撃波面で加速された電子からのシンクロトロン放射の特徴的な波長が時間とともにガンマ線→X線→光学→電波という順番で残光が発生する。残光は増光から減光へと転じ、残光光度の極大が観測されるはずである。(APJ, 517:L109-L112, (1999))。この残光の極大 (GRB 光学閃光) の起源については、星間物質中での後方衝撃波説(Sari&Piran1999, Nakar&Piran2004)、星風中での後方衝撃波説(Chevalier&Li2000)の他にも、内部衝撃波でも出る説(Meszáros & Rees 1999)、対なだれ説(Thompson&Madau2000)、GeV 中性子に起因する説(Beloborodov2003)など諸説がある。これらは特に光学閃光周辺の光度時間曲線に著しい徴候が予想され、実測によってモデルの固定が出来る。また、中心エンジンの機構解明にも重要である。また、ガンマ線無しでX線フラッシュのみ放射する”GRB”の観測も報告されており(Proc. 2nd Rome Workshop, Rome, 2001, p. 16.)、GRB のビーミングと観測方向との関連が示唆されている。もし、その関連が真実なら、光学閃光のみが観測可能な事例(孤児 GRB)も期待され、光学閃光監視と多波長残光観測の共同が解明に有効である。一方、GRB の実験的解明が Beppo-SAX の GRB970228 以降、衛星トリガーに従う残光観測によって急激に進展した。長短 2 種の GRB が存在し、長 GRB の起源は大質量星崩壊という説が支持されている。短 GRB としては、最近初めて HETE-2 による GRB050709 の追尾から残光が観測された。短 GRB の起源の実験同定が今後の重要な課題である。長 GRB には GRB990123 の早期閃光発見に成功した ROTSE のようなロボット追尾望遠鏡も有用だった。数多くの追尾観測が報告されているが、GRB 衛星トリガー後 10 秒以内での残光測定は皆無である。従って、GRB のモデル固定、新型 GRB 発見、短 GRB の解明には広視野監視が重要となってくる。申請者らは全天高精度素粒子望遠鏡 Ashra を開発し、試験観測による実証を経て、ハワイ島マウナロア山腹(海拔 3300 m)に設置・調整中である。Ashra の超広角かつ分角精度の光学特性は、素粒子天文にとどまらず、GRB 閃光などの光学的突発現象の同定にも好適である。宇宙線観測の効率を損なわず、突発的天体の可視光による自律的発見を狙うことが出来る。

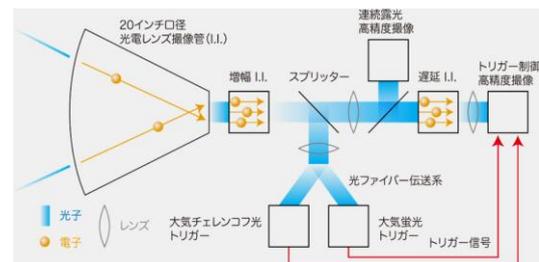
2. 研究の目的

全天の 77%を 4 秒露光で 14 等の限界等級にて監視観測する Ashra 望遠鏡を用いて、光学監視観測を行う。中でも、1. 短 GRB の残光と、2. γ 線が観測されない「孤児」残光の発見から、GRB のエネルギー放出機構モデルの特

定と GRB の中心エンジンの謎に迫る。Ashra の観測視野内で Swift などの衛星による GRB が起こる率は高く、その各々の GRB についてプリカーサー/プロンプト光の探索を行う。GRB 以外で、軟ガンマ線リピータ(SGR)のフレアも発見対象である。発見後、光度時間曲線を 5 秒間隔 4 秒露光で精細に測定する。

3. 研究の方法

現行の Ashra 光電撮像パイプラインの目的は、光学系焦点面の光像を、要求される輝度、精度、時間を満たしつつ、トリガと高精度撮像センサに伝送することである(図)。光学系焦点面が光電面になるように設置された 500 mm 口径光電レンズ撮像管にて静電レンズを利用し像を光電子にて 25 mm 径に縮小し、蛍光出力面から像を出力する。VHE γ や γ によって生じる空気シャワーの大気チェレンコフ光や大気蛍光を夜光バックグラウンドに埋もれない最適な露光タイミングと高速のトリガ部分読み出しにより、高頻度にて高精度撮像データが取得できる。高精度撮像用光路のリレーレンズ系の直後に、非トリガ高精度撮像センサを加え、高精度像を 4 秒露光+1 秒読み出しを繰り返すようにする。付加すべきは、①支持調整機構、②プリズムハーフミラー(40mm 立方)、③高精度撮像センサ(6メガ画素)である(図の橙色の破線箱部)。ここで③は高感度 CCD カメラを用いる。新規部品の独立性は高く、現行の支持機構を無駄にすることなく、追加することができる。②も自明。①は機械変形シミュレーション ANSYS を用いて撓みを計算して光学設計シミュレーションにより光学への影響を探り、本研究にて最適に製作した後、実装する。



図：Ashra 光電撮像パイプライン改良後。橙色破線は追加される光学観測用の撮像センサ部。

4. 研究成果

2007 年度からハワイ島マウナロア観測地への検出器の設置、データ収集系、モニター系の開発を行い、広視野による長期安定観測を開始した。観測中、観測値脇にある道路をたまたま通過する車のライトによる迷光による

被害をなくすため、車監視用の CCD カメラを道路にほぼ平行な向きに 2 方向設置し、遠隔に車を発見して自動的に検出器の電源を落とすなどの安全措置や、雨や霧を高感度に感受して警報するなどのスローコントロールを充実させ、全天で雲の占有率の赤外線カメラを用いた計測や、一様な面光源を用いた検出器ゲインフラットの較正などより緻密な解析に向けた実装と解析の充実を促進した。それにより、閃光への感度の理解が一段と正確に理解できるようになった。2009 年度末まで、実観測時間が計 2774 時間に到達している。93%の好天率と 99%以上の稼働率を達成した。数多くの Swift や Fermi 衛星の GRB トリガーを視野内で待ち構えて探査することに成功している。

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 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, vol162, 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. 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)
13. 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)
14. 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)
15. 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)
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. 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)
22. 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)
23. 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)
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. 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),
26. Sasaki, M., The Ashra Project, 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. "Masuda, M.", Hybrid Photo Detector as the Ashra trigger senser, 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

久世 宏明 (KUZE HIROAKI)
千葉大学・環境リモートセンシング研究センター・教授
研究者番号：00169997

杉山 直 (SUGIYAMA NAOSHI)
名古屋大学・大学院理学系研究科・教授
研究者番号：70222057