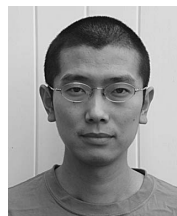


素粒子と閃光を見張る 望遠鏡 Ashra

浅岡陽一, 佐々木真人

〈東京大学宇宙線研究所 〒277-8582 柏市柏の葉 5-1-5〉
asaoka@icrr.u-tokyo.ac.jp/sasakim@icrr.u-tokyo.ac.jp



浅岡陽一



佐々木真人

Ashra (All-sky Survey High Resolution Air-shower detector) はハワイ本島のマウナロア中腹 3,300 m に位置する。非常に高いエネルギーをもつ粒子の残す飛跡像をとらえることができる望遠鏡である。ヒトの視力に匹敵する分角の解像度で全天を一度に見渡すことができる。全天を隈なく高精度で監視して、地殻や山を標的とした高エネルギーニュートリノの初検出をはじめとする超高エネルギー素粒子を用いた本格的な天体観測の創成を狙う。常に全天を高精度で見張るため、ガンマ線バーストや超新星爆発などの突発天体の光学観測にも大きな力を発揮する。

1. Ashra 望遠鏡建設

ハワイ島マウナケアには世界最大級の口径を誇る望遠鏡がそろって観測しており、さながら、天文学のメッカといえる。そのマウナケアの向かい側、マウナロア中腹に、素粒子と閃光を見張る望遠鏡, Ashra¹⁾³⁾ は設置されている (図 1)。星の光をとらえるだけではなく、遠い宇宙から猛烈な速さで飛来する素粒子が、地球の大気や地殻にぶつかって放つ光を撮像する。

Ashra は昆虫の目のように複眼である。複眼状の望遠鏡群全体を観測ステーションと呼ぶ。複眼を構成するのは 12 組の個眼に相当する要素望遠鏡である。瞳径 1 m, 視野 42 度の各要素望遠鏡が各々異なった視野を担当することで、観測ステーション全体で、仰角 0° 以上の夜空全体の 77% を同時に見張ることができる。しかも、人間の視力に匹敵する分角の解像度をもっている。5 ステラジアンに達する視野とこの高解像度の両立は、光学天文分野においても極めてユニークな特徴といえる。



図 1 Ashra マウナロア観測地の様子: (上) 観測地使用許可が得られた 2005 年 7 月 1 日の写真, (下) 建設が完了した 2007 年 9 月 1 日の写真。

マウナロア観測地の使用許可は、2005 年 7 月にハワイ州から与えられた。基礎工事、電源工事、



図 2-1 建設時の写真.

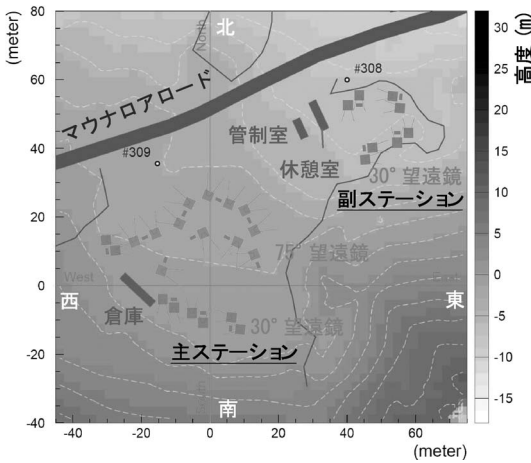


図 2-2 マウナロア観測地の地図.

管制室設置などを経て、2007年8月に全要素望遠鏡の基礎・光学マウント、格納庫の建設作業が完了した。集中的に行った建設作業時の写真をいくつか図2-1に示す。各要素望遠鏡の配置は、観測地の地形や要素望遠鏡同士の遮蔽を考慮した光線追跡の方法を用いて、監視できる視野を最大化するように最適化されている。全天の77%を常に監視することができる。完成したマウナロア観測

地の地図を図2-2に示した。

われわれの観測サイトからはすばる望遠鏡がよく見える。実際、観測地の地形測定や、要素望遠鏡の方向決定の際にはすばる望遠鏡を参照していた。建設が終了した今では、すばる望遠鏡からもわれわれの観測サイトが見えるようである。地球温暖化に関する観測で有名なマウナロア観測所の少し東側に光っているのが、われわれの観測サイトである。現在は、順次光学系をインストールしていくとともに、閃光観測と超高エネルギーニュートリノの探索実験を開始している。

2. 超高エネルギー素粒子天文学

2.1 超高エネルギー素粒子を見張る

ガリレオからつながる天文学は、大型化と多波長化の技術的な発展の中で、一貫して光=電磁波をメッセンジャーとして宇宙を調べてきた。しかし、素粒子物理学の観点から見ると、電波、赤外、可視光、X線といった、さまざまな電磁波は、電磁力を通じて動き回る電子から放出されている。概してこれまでの天文学は、天体近傍の電子によ

る電磁力を通じて天体の様子を知る手法だったと言える。

素粒子物理では、自然は四つの基本力で成り立っていると言う。先の「電磁力」以外に、放射能の元になる崩壊を司る「弱い力」、湯川秀樹が発見したといわれる「強い力」、そして「重力」である。ビッグバン以来、宇宙は電磁力以外の力を経験してきている。たとえば、ノーベル賞を受賞された小柴先生は、太陽からも、大マゼラン星雲で起こった超新星爆発からも、電磁力によらないニュートリノがやってくることを確実な実験結果をもって示してくださった。しかし、この太陽と大マゼラン星雲の超新星は非常に地球に近い天体であり、また方向が精度良く定まらない。それは低いエネルギーのニュートリノをとらえているからである。

そこで、われわれは非常に高いエネルギーの素粒子を用いることで、もっと遠くの今までに見たこともない宇宙の姿を、本格的な天文学として精度良く見てみようと考えている。それが、これまで別々の分野であった素粒子物理学と天文学の融合による天体の探索—超高エネルギー素粒子天文学である。幸い、深宇宙のメッセンジャーとなる素粒子の性質はこの半世紀の加速器実験によってかなり精密にわかってきた。今まさに超高エネルギー素粒子天文学は創成の期を迎えている。

では、超高エネルギー素粒子を放出する天体とはいったいどんなものかと尋ねられると実はまだ誰も答えられない。可能性としては、巨大なブラックホールが形成される銀河中心からの猛烈な爆発現象、ビッグバンに次ぐ巨大な爆発現象であるガンマ線バーストなどが考えられる。また、これらの予測など簡単にふきとばしてくれるような新たな天体現象の発見的観測も十分ありうる。たとえば、かつて針金とパイプで作ったアンテナを何本も立てて、宇宙からやってくる電波をとらえ始めたジャンスキーである。彼に端を発した電波天文学が、パルサーなど次々と素晴らしい発見を

成し遂げた。また、ガイガーカウンターをロケットに載せてX線で宇宙を見始めたロッシやジャコーニは、X線天文学を発展させ、ブラックホールの動かぬ証拠をつかんで見せた。新たな天文学を拓く鍵は、新たなメッセンジャーを写すことができる新しい種類の望遠鏡なのである。

2.2 超高エネルギー素粒子の観測方法

では、実際にはどのようにして観測するのか。超高エネルギー素粒子は、地球の地殻や大気原子核を「標的」として衝突・破碎を繰り返し、ねずみ算式に粒子数が増加する「空気シャワー」を発生する。圧倒的に低頻度となる超高エネルギー素粒子を検出するには、その二次粒子群である空気シャワーを検出する以外方法がない。「空気シャワー」現象を可視化するには、大気中の荷電粒子によって生じる2種の発光現象を利用することが最も有効な手段である。一つは粒子の走る方向に鋭い指向性をもつ大気チェレンコフ光、もう一つは四方八方に飛び散る大気蛍光である。

大気発光現象で空気シャワーを検出する利点は大きく2点ある。第一に膨大な量の大気を監視することにより、超低頻度な超高エネルギー素粒子を見つけるのに十分な検出面積を達成しうることであり、第二にその二次生成粒子の空気中の発達伝播を連続的に撮像できるということである。空気シャワー現象というのは非常にシャープな飛跡であり、望遠鏡の角度分解能が良ければシャワーのもととなった超高エネルギー素粒子の到来方向を十分に良い精度で決定できる。

2.3 地球かすりニュートリノ

超高エネルギーニュートリノは天体深部から何ものにも妨げられずに直進して到来する、最も優秀な深宇宙からのメッセンジャーである。しかし、ニュートリノは他の粒子とほとんど反応せず、密度の低い大気中で空気シャワーを生成する可能性が非常に低いため、その検出は困難を極める。Fargionらによって初めて提唱された、「地球かすりタウニュートリノ」検出法⁴⁾は、タウ

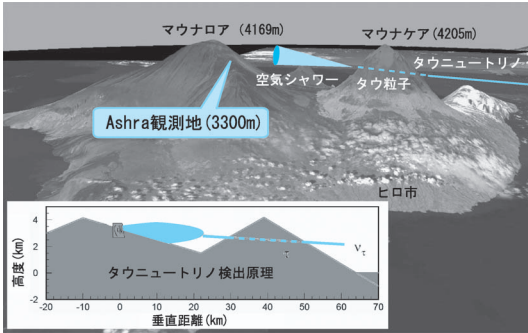


図3 ハワイ島鳥瞰図で見る Ashra 観測地の位置とタウニュートリノ検出原理. 超高エネルギーのタウニュートリノが、山の中で相互作用を起こしてタウ粒子を生成し、そのタウ粒子が山の中を走って大気中でたあと、崩壊して空気シャワーを生成する. 空気シャワーの発光現象を検出する.

ニュートリノ*1の反応過程を絶妙に利用したトリッキーな方法であり、とても効果的にニュートリノが一次反応を起こすための「標的」質量を確保することができる。

図3に、タウニュートリノが山を突き抜ける例を挙げて、その検出原理を示した。超高エネルギータウニュートリノが山の中で相互作用を起こしてタウ粒子を生成し、そのタウ粒子が山の中を走って大気中でたあと、崩壊して空気シャワーを生成する。タウニュートリノがタウ粒子を生成する一次反応と、空気シャワーの起点となるタウ粒子崩壊が分かれていることで、一次反応に必要な標的質量を確保しつつ、空気シャワーの観測が可能となっている。もちろん幾何条件がさまざまに制限されるものの、高密度の地殻を標的とすることで効果的な検出を行うことができる。ここで「標的」となる山や地殻は、通常の宇宙線や光を遮断するフィルターとしても機能している。明確に山から出現した空気シャワーをたった1例でも検

出すれば、それはすなわち超高エネルギーニュートリノ天体の発見である。それには高い到来方向の決定精度が要求されるが、Ashraは唯一その要求に応えることができる装置となっている。

図3では、ハワイ島鳥瞰図を利用してマウナケアをかすって生じたニュートリノ空気シャワーが Ashra の要素望遠鏡に向かってくる例を示している。このような場合、シャワーの方向に鋭い指向性をもつ大気チェレンコフ光が観測できる。山を通過するニュートリノを検出するには、厳しい幾何条件が課されるが、マウナケア全体を視野に取り込むことができるマウナロア観測地は、チェレンコフ光を用いたタウニュートリノ観測に最適の場所である。

3. Ashra はどうやって見張るのか？

Ashra 要素望遠鏡の巨大な視野と分角の分解能を両立するためには、光だけでなく、テレビのブラウン管と逆向きのような、電子を用いた静電収束レンズ系、静電レンズ撮像管(図4左上写真)を組み込むことが第一の鍵であった。Ashra 光学系の組上げ写真を図5に示す⁵⁾。42度の超広視野からきた光を瞳径1mの補正レンズを通して2mの反射鏡で受け、焦点面を形成する静電レンズ撮像管の入力ガラス窓に結像する。この入力窓で光電変換されて発生した電子は、静電レンズにより分角の精度を保ったまま2.5cm径にまで縮小される。これにより、1個の半導体センサーによって撮像可能となる。光と電子の両方の収束効果をうまく用いることで、圧倒的な集光力を実現している。

第二の鍵は、安価で耐久性があり、大量生産可能な反射鏡である。Ashraの鏡は7枚の分割鏡で構成されている(図4左下)。それぞれの分割鏡

*1 ニュートリノには3種類ある。電子ニュートリノが電子とベアを組み、ミューニュートリノがミュー粒子とベアを組むのに対し、タウ粒子とベアを組むのがタウニュートリノである。スーパーカミオカンデなどの実験結果からニュートリノの種別の振動が明らかになった。非常に遠くの距離からくるニュートリノは、元の種によらずほぼ均等に混合されていると考えられる。

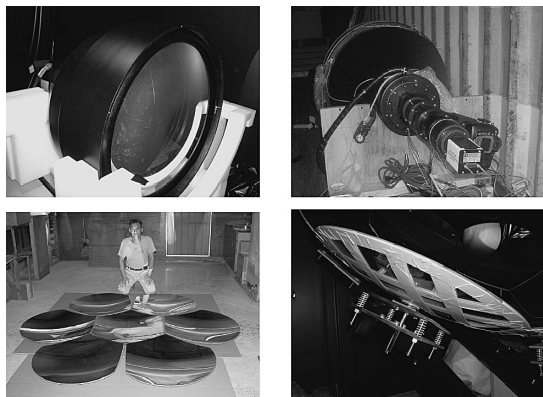


図4 Ashra 望遠鏡の構成要素：(左上) 電子を用いた静電収束レンズ系，静電レンズ撮像管，(右上) 素粒子検出を司るイメージパイプライン，(左下) 7枚の分割鏡からなる反射鏡システム，(右下) 分割鏡の鏡支持調整機構。



図5 Ashra 光学系の写真. 3枚の補正レンズ，球面鏡，球面焦点面からなる，修正 Baker-Nunn 光学系である．7枚の分割鏡で構成される球面鏡システム調整後のスポットサイズは，典型的に0.2 mm，約0.5分角相当である。

は，厚さ約10 mm・直径850 mmのガラス板からできている。平面板は炉で曲げられて粗い球面になり，次いで研削・研磨されてより正しい球面に整形される。その反射面はアルミニウム蒸着でコーティングされたのち，陽極酸化法によって，90%以上の高反射率と耐久性を両立させた表面

になる。各分割鏡は，図4右下の写真に示すようなジグにマウントされ，単一の球面をなすように調整される。調整後のスポットサイズは平均的に0.2 mmとなっており，0.5分角に相当する解像度が得られている。自重たわみや調整後の安定性についても問題ないことが確かめられている。

これで，満天の星空を常時観測して，閃光の発生を見張ることができる。しかし，素粒子の飛跡を撮像するにはまだ足りない。素粒子が放つ光は，それこそほんの一瞬で消え去り，また，いつどこからやってくるかわからないからである。そこで，この望遠鏡の撮像読み出しを司るイメージパイプラインという装置を開発した(図4右上)。直径2.5 cmにまで縮小された光の像を，分解能を落とさずに複数のセンサーに分配し，高速のセンサーが素粒子の飛跡の特徴を見つけ出す。見つかったときだけ，別のセンサーの一部のシャッターを開く。シャッターといってもメカニカルシャッターではなく，新たに開発したCMOS半導体センサー内での電子制御である。ケーブル長による遅延も含め100ナノ秒(1,000万分の1秒)以内に判定して露光開始が可能である。業界用語では撮像装置の「引き金を引く」という意味で「トリガー」と呼ぶ。素粒子の飛跡を自律的に判定してトリガーを作り，そのトリガーに反応して撮像センサーが露光と読み出しを行う。この装置によって，いつどこからくるかもしれない一瞬の素粒子現象を逃さず高感度に写真に撮ることができるのである。Ashraを，これらの新技術がしっかりと支えている。

4. 観測開始

われわれは，閃光現象の定常観測を2008年6月末に開始した。カシオペア座，アンドロメダ座とアンドロメダ銀河が一望できる画像例を，図6に示す。6秒ごとに，このような4秒露光の画像を一晩中継続的に取得して，突発的な天体を探索する。これまでに月周期で4回の観測シーズンを

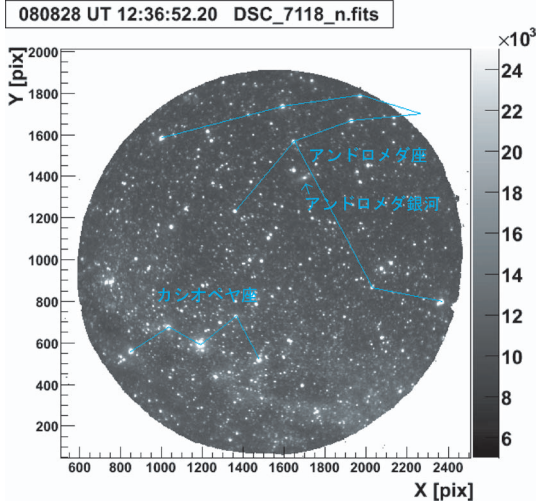


図6 Ashra 要素望遠鏡にて取得した星像の例。カシオペア座、アンドロメダ座とアンドロメダ銀河が一望できる。

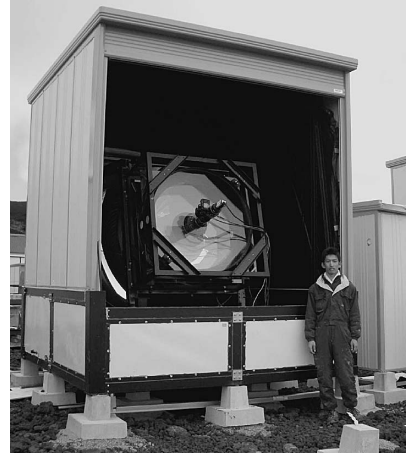


図7 マウナケア向きの Ashra 望遠鏡。素粒子検出を司るイメージパイプラインが実装され、超高エネルギータウニュートリノ探索実験の準備が整った。

経て、合計の実観測時間は 470 時間に到達している。好天率 95%、マウナケアと同様の良好な観測環境である。夜天光の明るさについても実測でマウナケアと同等の平方秒角あたり 22.5 等級 (B 等級) が得られており、理想的な環境である。一方、監視観測にとって重要な、望遠鏡の稼働率についても 98% と高い値をキープしており、良いスタートが切れている。

一方、素粒子トリガーまで含めて設置が完了したマウナケア向きの望遠鏡(図7)を使って、ちょうど図3に示したような事象を狙う、超高エネルギータウニュートリノの探索実験も開始した。大気蛍光による観測が、 10^{17} eV 以上のエネルギーをもつニュートリノに対して最も感度が良くなるのに対し、チェレンコフ光を用いた観測では、 10^{15} – 10^{17} eV で最も感度が良くなる。ちょうど、南極の氷を標的に用いた有名な IceCube 実験が感度を有するエネルギーの上限が、 10^{17} eV 弱である⁶⁾。氷を標的に用いた高エネルギーニュートリノ観測と大気蛍光観測のギャップを埋める観測を行うことができる。

5. 閃光を見張る

では、Ashra 実験が開始した閃光の監視によって何が見えてくるのか。ここではまず、特に重要な候補天体である宇宙最大の爆発、ガンマ線バースト (GRB) にフォーカスをあてて説明する。最後に展望として、銀河星形成率の直接測定を狙う、重量星の超新星爆発の頻度測定について紹介する。

5.1 ガンマ線バーストを見張る

GRB の閃光観測は、ロボット望遠鏡 ROTSE が GRB990123 の発生 50 秒後に最大で 9 等の輝度となる光学閃光を発見して⁷⁾、一気に加熱した。特に、ガンマ線放射から数十秒遅れて明るい可視閃光が生じるという逆行衝撃波モデル⁸⁾が提唱され、それを観測するためにさまざまなロボット望遠鏡が衛星アラートに反応して追観測を行った。数々の残光観測がなされたが、ポジティブな閃光検出の数は逆光衝撃波が常にあるとした場合よりかなり少ないことがわかってきている。

一方、光学閃光を発生するもう一つのモデルとして、ガンマ線と同起源とする内部衝撃波モデル

がある。このモデルを検証するには、ガンマ線と同期した光学閃光の観測が必須である（ガンマ線バーストが発生する時刻を観測するという意味で、タイムゼロの観測という）。これまでにタイムゼロのポジティブな観測例は、GRB041219a⁹⁾、GRB050820a¹⁰⁾、GRB080319b¹¹⁾の3例しかない*2。これらの観測は、すべてGRBを駆動する中心エンジン起源の光学閃光を示唆している。今後、中心エンジンの研究を進めてGRB発生起源の解明に迫るには、数多くのタイムゼロ観測が必要である。しかし、これら3例の観測は僥倖とも呼べるような以下の幸運に支えられたものであった。

GRB041219a, GRB050820a: GRB観測衛星が、予備的なバーストによってトリガーしたため、主たるバースト現象が発生する前に追尾観測型の望遠鏡がフォローアップできた。

GRB080319b: 直前のGRBトリガーから10度程度しか離れていなかったため、追尾型の広視野望遠鏡の視野に偶然入っていた。

ゆえに、今こそ常に夜空を見張るAshraのような監視観測が求められている。Ashra要素望遠鏡の感度に相当する限界等級は、直径1mの集光口径により、4秒露光あたり13-14等（有意性3シグマ）と得られている。もともと素粒子望遠鏡として設計されたAshraが他の追尾型望遠鏡に比べ優れた感度を実現できている点は特筆に値する。ただし、連続光学観測用として、ダイナミックレンジの限られた市販のデジタルカメラを搭載したため、Ashraの光学性能を十分に活かしきれていない点は、さらなる改善の余地がある（後述）。ただ、現在は連続撮像のために廉価なデジタルカメラを使用せざるをえず、その性能に制限されてAshraの光学性能を十分には生かしきれていない。それでも、素粒子望遠鏡としてスタートしたAshraが、他の追尾型広視野望遠鏡に比べて優れた感度を実現していることは特筆に値する。

2008年6月末に観測を開始してから、SwiftのGRBアラートに対して、すでに2例のタイムゼロ観測にも成功している。新しいガンマ線衛星Fermiも本格運用を開始しており、これからAshraによる数々のタイムゼロ閃光観測が期待できる。

さらに、いま標準的に考えられているようにGRBからのガンマ線放射が鋭いビーム状であるとする、おそらく500個に1個程度のGRBしか地球からは観測されない。実際にはGRBは宇宙でごくありふれた現象であり、毎分1回程度は起きていくことになる。これが本当なら、ガンマ線バースト自体は見られず、続いて起こる残光現象だけが見られる「親なしの残光」を観測することができるかもしれない。全天を見張るAshraならば、それを自立的に発見できる。

5.2 展望：超新星を見張る

すでに述べた性能以外にもAshra望遠鏡にはさまざまな可能性がある。その一つが超新星の見張り役だ。全天を隈なく見張るAshraは、超新星爆発の頻度を正確に把握し、その結果をもとに、ひいては単位時間、単位体積における星の形成率を正確に割り出すことを可能にする。銀河の生成・進化の研究において中心的な役割を果たす星形成史（星形成率の時間変化）の測定に、意義ある貢献ができるのではないだろうか。

そもそも星形成率は、赤方偏移(z)の領域に応じて様々な星形成の指標から求められるため、適切な定式化と規格化が必要である¹³⁾。しかしながら、それらさまざまな測定結果を基にした星形成史のモデルは、Botticellaらの文献13にて詳しく議論されているように、互いに矛盾する結果となっている。図8中の実線、破線、点線が代表的な星形成史のモデルである。この状況を打開するには、独立かつより直接的な測定が必要となる。

ここで、現在最も直接的な測定と考えられている

*2 Ashraはプロトタイプによる観測で、2例のタイムゼロ観測に成功しており、GRBの光学閃光に制限を与えている¹²⁾。

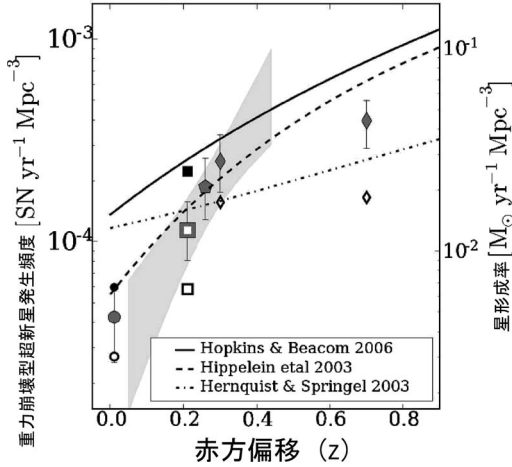


図8 超新星発生頻度と銀河星形成率の測定結果。文献13より引用した。実線、破線、点線が代表的な星形成史のモデルであり、灰色の点が重力崩壊型超新星の発生頻度の実測結果である。特にモデル間の食い違いが最も大きくなる、 $z \sim 0$ の局所宇宙での超新星頻度の測定結果には不定性が大きい(本文参照)。

のが、質量の重い星がその最期に起こす超新星爆発の頻度測定だ。なぜ重量星の超新星爆発頻度が星形成率の直接測定になるかといえば、銀河の時間発展スケールに比べて重量星の寿命が十分短く、星の生と死が1対1に対応しているためである。

図8中、灰色の点が重力崩壊型超新星爆発頻度の実測データである。丸点($z \sim 0$)は長年にわたる目視・写真データの再解析結果¹⁴⁾、白抜き四角の点($z \sim 0.25$)は大規模なパトロール観測による最新の結果¹³⁾である。一見、実験結果は破線で表されるモデルに合致しているように見えるが、検定に最も重要な $z \sim 0$ の局所宇宙での測定結果には以下の問題がある。まず第一に、系統誤差の異なる多数の測定の寄せ集めであり、頻度への変換に大きな不定性を覚悟しなければならない。第二に、銀河のパトロール観測であり、体積あたりの頻度に変換する際に、銀河の青輝度と超新星頻度が比例関係にあるという仮定を置いている。

これらの問題を解消しこの状況に決着をつけるには、局所宇宙において実際に体積あたりの重力崩壊型超新星の頻度を直接測定することが必須である。しかしながら、超遠方では小さな視野でも非常に大きな体積を探索できるのに対し、近傍では実際に大きな視野を長期間観測しなければならない。局所宇宙の超新星探索には、より深く、より遠くへという現代天文学の発展方向と食い違うため停滞してきたといえる。

これに対して、全天を隈なく見張る望遠鏡 Ashra ならばこの問題点を克服しうる。Ashra 要

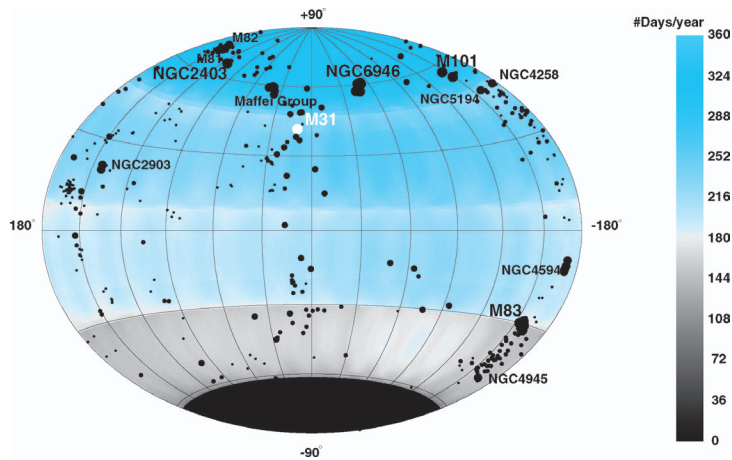


図9 Ashraによる全天の観測効率。1年間のうち、観測時間が15分以上ある日数を濃淡で表示している。近傍銀河を黒丸で表し、特に星形成の活発な銀河には名前を付した。

素望遠鏡の本来的な性能である4秒露光あたり13-14等の限界等級を引き出すことができれば、半径約15 Mpc以内に発生する重力崩壊型超新星を発見することが可能だからである。図9に、Ashraによる全天および近傍銀河の観測効率を示した。1年間のうち、観測時間が15分以上ある日数を濃淡で表している。1年間の観測で重力崩壊型の超新星を発見することが可能な、膨大な体積の局所宇宙を監視できることが示されている。

Ashraによる超新星発生頻度の正確な測定を現実のものとするには、

- 撮像カメラのダイナミックレンジの改善
- 超新星探索のオンラインリアルタイム化
- 高効率な全天監視の継続

が必要である。これらの課題を一つひとつクリアアップしたうえで、近傍宇宙における星形成率を直接決定し、星形成史モデルの進化の終点となる現在での値を検証したい。

謝 辞

まず第一に Ashra 共同研究者、特に、小川 了、久世宏明、渋谷 寛、杉山 直、松野茂信、J. Learned、S. Olsen の諸氏に感謝しています。次に、Ashra の活動を実質的に支えている大学院学生たちに感謝します。また、国立天文台ハワイ観測所の方々にはたいへんお世話になっています。この場をお借りしてお礼申し上げます。Ashra フェーズ1計画は文部科学省振興調整費157-20004100(平成15年)、科学研究費補助金基盤研究B(海外)16403001(平成16年)、若手研究B16740130(平成16年)、基盤研究B(海外)19403004(平成19年)、基盤研究B(一般)19340055(平成19年)、若手研究B19740126(平成19年)により支援されています。

参考文献

- 1) <http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/~ashra>
- 2) Sasaki M., 2003, Prog. Theoret. Phys. Suppl. 151, 192
- 3) 佐々木真人, 2004, 高エネルギーニュース 23(2), 7-9 月
- 4) Fargion D., 2002, ApJ 570, 909
- 5) Sasaki M., Kusaka A., Asaoka Y., 2002, Nucl. Instr. Meth. A 492, 49
- 6) Ahrens J., et al., 2004, Astropart. Phys. 20, 507
- 7) Akerlof C., et al., 1999, Nature 398, 400
- 8) Sari R., Piran T., 1999, ApJ 517, L109
- 9) Vestrand W. T., et al., 2005, Nature 435, 178
- 10) Cenko S. B., et al., 2006, ApJ 652, 490
- 11) Racusin J. L., et al., 2008, Nature 455, 183
- 12) Sasaki M., et al., 2004, GCN Circ. 2846; Sasaki M., et al., 2005, GCN Circ. 3499
- 13) Botticella M. T., et al., 2008, A&A 479, 49
- 14) Cappellaro E., et al., 1999, A&A 351, 459

Monitoring Very High Energy Particle and Optical Transient by Ashra

Yoichi ASAOKA and Makoto SASAKI

Institute for Cosmic Ray Research, The University of Tokyo, 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa, Chiba 277-8582, Japan

Abstract: Ashra (All-sky Survey High Resolution Air-shower detector) is a project to build an unconventional optical telescope complex that images very wide field of view, covering 77% of the sky, yet with the angle pixel resolution of a few arcmin, with the use of image intensifier and CMOS technology. The project primarily aims to pioneer the very-high-energy particle astronomy. It can also be used to monitor optical transients in the wide field of sky.