

STELLAR No. 17 LIGHT

ステラーライト

創立5周年を迎える年に 台長 古在 由秀
天体列伝 — ガンマ線バースト GRB030329 —
インドネシア(ボッサ天文台、バンドン工科大学)出張報告
天体観測入門 等級と露出時間
2004年COSPARゼルドビッチ賞の受賞について



GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

県立ぐんま天文台



創立5周年を迎える年に——

台長 古在 由秀

県立ぐんま天文台は、平成11年の4月、まだ完成はしていなかったが、ゴールデンウィークに合わせて公開し、天体観望を開始した。そして、建設が完了した7月に開所式を行った。したがって、もう既に5年の歳月が過ぎた。最初の年のゴールデンウィークには、とてもたくさんの方が天文台を訪れて来られ、その後に定常状態になって、今年の9月で合計25万人の来館者があったことになる。

夜の観望会も、最初のゴールデンウィーク、昨年8月の火星接近時には、とてもたくさんの来館者で賑わい、補助の望遠鏡まで持ち出して、職員もその対応に大わらわであったが、来館者には天体の美しさを味わっていただいたと考えている。

5年間での25万の来館者の中には、もともとの天文ファンなど、何回も来られたという人も少なくないが、初めて望遠鏡で天体を眺めた人もたくさんいたはずであり、その中から新たな天文ファンが出てくることも期待している。

学校教育との連携の仕事も、特に教師の経験のある職員が先頭にたって推進してきた。この間、インターネットを利用した望遠鏡の遠隔操作にも成功し、実際に、昼間の金星の像を、学校で見せることも行った。午後10時以降は講習会で利用資格を取った人に、望遠鏡の占有利用を認めている。その制度も多くの人に活用されており、その中には、ぐんま天文台での観測資料をもとに論文を書き、放送大学で大学院の修士号を取得した人も出た。

国際協力関係でも、インドネシア、ベトナム、フィリピン、タイを始め東南アジアの国々と進められており、既に15人をこす長期滞在者が出ているが、インドネシアのバンドン工科大学とは、一昨年に協力協定を結んだ。また、超新星や彗星の観測で、ぐんま天文台の名前は国際的に知られてきており、国際共同観測にも参加している。

もともとぐんま天文台は、「本物を見せる」ということをモットーとして開設されたもので、全国の数ある公共天文台の中でも、ユニークな立場にある。ここで得られたデータや画像は、学校教育、生涯教育にも十分に活用してもらいたいと考えている。

この天文台は、県民のためのものである。したがって、皆様のご意見、ご批判をもとに、さらによいものにしていくのが我々職員の務めである。その意味でも、これからも多くの方々のご協力をお願いしたい。

天体列伝 — ガンマ線バースト GRB030329 —

1. ガンマ線バースト研究の歴史

ガンマ線バーストとは、非常にエネルギーの高い電磁波であるガンマ線の領域で、数秒～数十秒続くきわめて激しい爆発現象のことです。ガンマ線観測装置を搭載した人工衛星で宇宙を観測していると、1日に1回程度、何の前触れもなく、空のランダムな方向でガンマ線がピカッと明るく輝くわけです。ガンマ線バーストは、発見されてから数十年間、謎の現象とされてきました。しかし、現在では、ガンマ線バーストは、非常に重い星が重力崩壊して超新星になる時、ほぼ光速で膨張する火の玉を生じ、中心核から高温のプラズマがジェット状に吹き出している現象ではないかと考えられています。このようなガンマ線バーストの描像を確立する決め手となったのが、今回ご紹介するガンマ線バーストGRB030329 (2003年3月29日に発生したGamma-Ray Burst) なのです。

まずは、ガンマ線バーストの研究の歴史を振り返っておきましょう。1960年代後半、アメリカは、当時のソ連の核実験を監視するために、核爆発の際に発生するガンマ線をとらえる軍事衛星「ベラ」を打ち上げていました。ところが、ベラ衛星が見つけたものは、核爆発によるガンマ線ではなく、宇宙から飛んでくる強いガンマ線でした。観測データはすぐには公表されず、数年にわたって軍関係者によって観測が続けられ、1973年にガンマ線バーストとして報告されたのです。ガンマ線バーストは、ごく短時間の現象であること、また、当時のガンマ線観測装置がガンマ線の飛んできた方向を正確に求めることができなかつたことなどの理由によって、正体不明の現象とされてきました。

ガンマ線バーストの発見から20年ほどたって、初めてのガンマ線専用の科学衛星、コンプトン・ガンマ線天文台 (Compton Gamma-Ray Observatory) が1991年に打ち上げられました。コンプトン天文台には、「BATSE (Burst and Transient Source Experiments)」というガンマ線の観測装置が積んであり、全天で発生するガンマ線バーストを常に見張っていました。コンプトン天文台のおよそ9年間の活動期間中にBATSEで観測されたガンマ線バーストを天球上にプロットすると図1のようになります。この図は銀河座標という銀河面を基準にした座標系でプロットしており、ガンマ線バーストが銀河系内で起きている現象なら、天の川のような分布を示すはずなのです。しかし、実際には、ご覧のように全天にランダムに分布

しています。このことから、ガンマ線バーストは、非常に遠方で起こっている非常に激しい爆発現象だと考えられるようになってきたのでした。

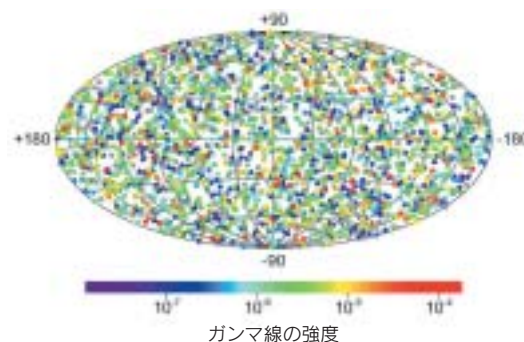


図1：2704個のガンマ線バーストの全天分布図

1990年代後半からガンマ線バーストの研究が急激に進みます。転機になったのは1997年イタリアのX線衛星「BeppoSAX」がガンマ線バーストのX線残光を発見し、その正確な位置を決定することに成功したことです。このX線残光の発見に続き、同じ場所に可視残光も発見されました。このような観測では、素早さが観測の成否を左右します。というのも、残光もガンマ線バースト発生後、数時間～1日ですぐに暗くなってしまふからなのです。地上の大望遠鏡などで可視残光のありかを詳しく調べることによって、ガンマ線バーストが遠方の銀河で起こっていることが、つまり、超新星100～1000個分の宇宙で最も大きな爆発であることがはっきりしました。しかし、何がそのような大爆発を起こしているのかはよく分かっていませんでした。

そして、次の転機となったのは1998年にガンマ線バーストの残光を探していたときに偶然その位置に特殊な超新星が見つかったことです。SN1998bwと名付けられたこの超新星は、普通の超新星にくらべおよそ1桁大きなエネルギーを放出していました。ガンマ線バーストの位置にたまたま無関係な超新星が見つかる可能性は、1万分の1以下だと見積もられ、この超新星はガンマ線バーストと関係したものだと考えられました。そして、少なくとも一部のガンマ線バーストは、特殊な超新星が原因なのではないかと考えられるようになってきたのです。

このように、ガンマ線バーストについてのさまざまな状況証拠が積み重なって、その正体が徐々に明らかになりつつあるなか、2000年10月に日本、アメリカ、

フランスが協力して開発したガンマ線バースト探査衛星「HETE-2 (High Energy Transient Explorer 2)」が打ち上げられたのでした。HETE-2の一番の使命は、ピン・ポイントでガンマ線バーストの発生位置を速報することです。HETE-2がガンマ線バーストを発見し、このバーストの残光がHETE-2の持っているX線カメラの視野に入っていれば、HETE-2は軌道上で即座にこのバーストの位置を計算し、地上の基地局に位置情報を送ります。そして、この位置情報は、アメリカのマサチューセッツ工科大学で集約されてから「GCN (GRB Coordinate Network)」とよばれるインターネットを使ったガンマ線バーストの連絡網によって世界中に配信されるのです。

ガンマ線バーストの位置情報を受け取った地上の観測者は、可視光、赤外線、電波などさまざまな波長で、残光の観測を開始します。こうして、世界中にガンマ線バーストの観測網が構築されたころにGRB030329が現れたのでした。

2. GRB030329の観測

GRB030329は、HETE-2衛星によって 2003年3月29日20時37分 (日本標準時) に発見されました。そして、ガンマ線バーストの正確な位置は21時50分 (発見後約1時間10分) にインターネットを通じて全世界へ配信されました。ぐんま天文台でも、その通報を受け取ってすぐに150cm望遠鏡の赤外カメラの観測準備を行い、22時50分頃 (ガンマ線バースト発生後約2時間10分後)、その残光を捕らえることに成功しました。ガンマ線バースト残光の赤外線での観測が成功したのは、国内ではこれが初めてでした。

さて、世界各地で観測が進められるにつれて、GRB030329はこれまでにないガンマ線バーストだということが分かってきました。まず観測開始直後から、その明るさは可視光でほぼ12等級であるとの報告があり、これまででずば抜けて明るいバーストだということが分かりました。その後、ヨーロッパ南天文台 (ESO)の8mの望遠鏡 (VLT)で詳細な分光観測を行ったところ、距離が約18億光年 (ハッブル定数75km/s/Mpcと仮定) であることが報告されました。18億光年というと、とてつもなく遠いところのように思えるかもしれませんが、距離が調べられているガンマ線バーストでは、最も近いところで起こったものだったのです。

図2は、ぐんま天文台や他の世界中の天文台で観測されたGRB030329の残光の明るさの時間変化を表したグラフ (光度曲線) です。残光は決して単調に暗くなっているわけではなく、折れ曲がりやふくらみがあり、複雑な光度変化をしている様子がよく分かります。GRB030329以前は、ガンマ線バーストの残光は、ブレークと呼ばれる傾きの変化はあるものの、単調に一定の割合で減光しているものと考えられていました。GRB030329は大変明るいバーストであったため、非常に精密に測光することができ、しかも、短い時間間隔で世界中からとぎれなく観測されていたため、このような微妙な光度変化もとらえることができたのでした。このような複雑な光度変化は、ガンマ線バーストから放出されるジェットがまわりの星間物質と相互作用した結果、あるいは、ジェットが何度も放出され、ジェット同士で相互作用が起きた結果ではないかなどと考えられています。

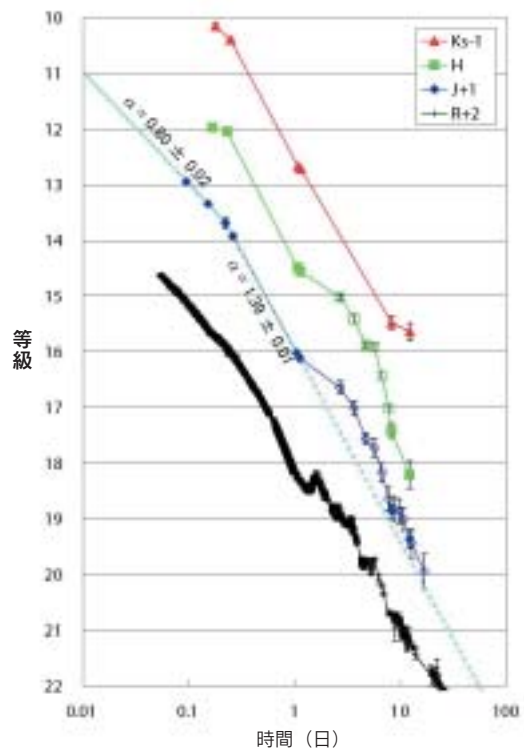


図2 : GRB030329 の光度曲線

GRB030329の残光は、日に日に暗くなっていきましたが、バーストからおよそ7~10日後、そのベースが少し落ちてきて、明るくなってきたのです。そして、残光のスペクトルには、超新星、それもガンマ線バーストとおそらく関係しているだろうと考えられていたSN1998bwにそっくりの特徴が見られたのでした(図3参照)。この超新星はSN2003dhと名付けられ、これまで状況証拠しかなかったガンマ線バーストと超新星との関係は、はっきりと立証されたのです。そういった意味で、このGRB030329は、ガンマ線バーストの研究におけるロゼッタ・ストーンと言っても過言ではないでしょう。

GRB030329によって、我々はガンマ線バーストの正体に一步近づくことができました。しかし、すべてのガンマ線バーストが超新星起源なのか、という問題をはじめとして、残された謎もまだまだたくさんあります。また、今年中には、アメリカの新しいガンマ線バースト

ト探査衛星Swiftが打ち上げられる予定です。ガンマ線バーストはまだ一般にはあまりなじみのない天体かもしれませんが、これからもホットな話題を提供し続けることと思います。

(主任(観測普及研究員) 西原英治)

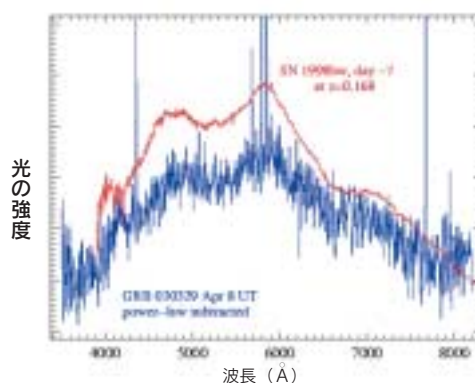


図3：GRB030329のスペクトル

インドネシア(バンドン工科大学附属ボツシャ天文台)出張報告

ぐんま天文台ではアジア地域の天文学分野での国際協力としてインドネシアのバンドン工科大学と2002年に協力提携協定を締結しました。両者はお互いにとって、地理的に好位置にあり、それぞれの天文学研究と科学教育において、有効な協力を行っています。その一環としてリモート望遠鏡システムをバンドン工科大学附属ボツシャ天文台に立ち上げにいたしましたので報告します。



1. ボツシャ天文台の歴史

ボツシャ天文台のあるレンバン (Lembang) はジャワ島にあり首都ジャカルタから東に400km (東経7時10分、南緯6度49分)、標高1300mの丘陵地帯にあります。気温も都市部に比べると涼しいところです。隣接するバンドン市 (Bandung) は200万人が暮らす大都市で、数多くの大学が集まっている学園都市でもあります。バンドン工科大学は街の中心部にあり、ボツシャ天文台は15km離れていますが、最近では市街光が明るくなって観測の支障になっています。



K. A. R. Bosscha



ツァイスドーム

ボツシャ天文台は、オランダ人の富豪K. A. R. Bosschaによってつくられました。天文台構想は1920年にオランダ天文学会 (NSIB) を中心に始まり、1928年に南天の天体の観測を目的に開設されました。オランダ統治のもとオランダの天文学者が代々天文台長をつとめていましたが、太平洋戦争下の1942年～1946年には日本の宮地博士が台長となっていました。天文台倉庫には日本語で書かれた資料も多数あり驚きました。戦争終結後は、1957年まではオランダの天文学者が引き続き台長を努めていましたが、1958年からはインドネシアの天文学者に引き継がれました。天文台の母体も1951年～1958年まではインドネシア大学付属施設として運営され、1959年にはバンドン工科大学付属施設となり現在に至ります。



2. ボツシャ天文台の施設

一番大きな望遠鏡は1928年の開設時に造られた60cmの望遠鏡ですが、近年の大型望遠鏡の主流である鏡を使った反射式望遠鏡ではありません。レンズを組み合わせて造った屈折式望遠鏡です。しかも60cmの屈折望遠鏡が2つ並んで一つの筒に収まっている、想像を絶するほど大きなものです。「Zeiss Double Refractor (ツァイス・ダブル屈折望遠鏡)」と呼ばれています。



観測中の望遠鏡



ツァイスダブル屈折望遠鏡

1961年にはユネスコ協会によって51cmシュミットカメラが造られました。「Bima Sakuti (インドネシア語で「天の川」または「神」の意)」の名前が付いています。これにより数多くの写真が撮られました。

台者向けの望遠鏡や15cmの写真撮影用望遠鏡が設置されています。



五藤望遠鏡



レクチャールーム

1989年には日本のODA（政府開発援助）により45cmの五藤光学製の望遠鏡「GOTO」が造られました。現在、観測においてはこの望遠鏡が主に使われています。高温多湿の風土や落雷、パソコンや望遠鏡への昆虫の侵入などで、望遠鏡がこわれてしまい、使えない状態が続いたそうですが、昨年工学部と共同で望遠鏡の修復を行い復旧しました。その他、37cmの来

望遠鏡の他にも講義室や図書室、来客用講義室等があり、天文情報の発信基地として活用されています。きれいに整備された天文台には、連日多くの見学者が来ていました。昨年の火星大接近の時には一晩で5,000人もの人が詰めかけたそうです。



談話室



宇宙開発の歴史（展示）



敷地内にあるITB芸術科デザインの分別用ゴミ箱。

11名のスタッフが天文台の観測業務に関わっており、大学と天文台を行き来しながら学生の指導などにあたっています。学生の授業に対する姿勢もとても熱心で、学園祭では天文普及の一環として、太陽の観察や宇宙・天文の展示を行っていました。



学園祭（太陽の観察）

3. リモート望遠鏡

今回、設置を行った望遠鏡は口径20cmの望遠鏡に高感度のビデオカメラを備えたものです。これをインターネットを通して、望遠鏡の操作を行い、ビデオカメラで撮られた天体の画像を見るというものです。ポツシャ天文台は落雷の影響でインターネットをつなげなかったためバンドン工科大学との間でリモート望遠鏡の動作テストを実施しました。このシステムのメリットは、日本から見られない南天の天体をリアルタイムに観察できることにあります。



リモート望遠鏡

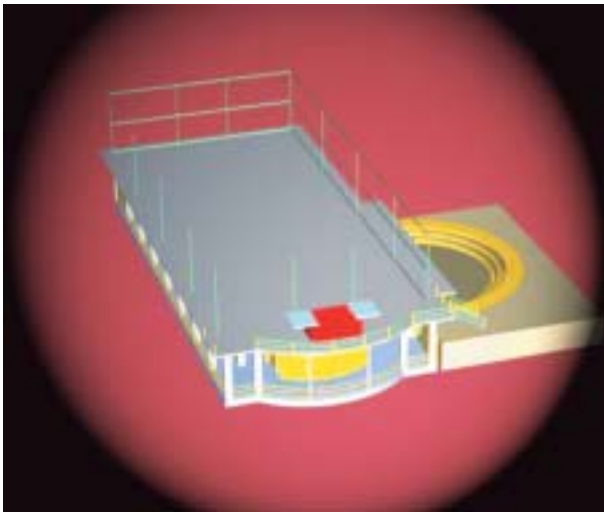
また、学術利用への可能性に関しては、ITBで行われたリモート望遠鏡オープニングセレモニーには天文教室の教員や学生はもちろん、ネットワーク関連のスタッフなど約50名の参加があり、リモート望遠鏡の関心の高さが伺えました。将来、インフラが整えば、国

内にいるのと変わらない速さで望遠鏡を操作できます。さらに、観測装置の操作、撮った画像の配信ができれば、人の往来なしに、互いの空を観測対象とできるはず。ポツシャ天文台では新たにビジターセンターを計画しています。その屋上には今回使用したリモート望遠鏡が設置されます。今後、もっと身近に南天の星座をみることもできるかもしれません。

(観測普及研究員 田口光)



インドネシア側からみたぐんま天文台の画像



ビジターセンター計画図（屋上にある赤い部分がスライディングルーフ）



リモート望遠鏡デモンストレーション

天体観測入門 等級と露出時間

1. 木星と衛星を一緒に撮りたい！

木星を望遠鏡で観察すると、濃い縞模様や複雑な模様に興味深く、ぐんま天文台でも一般観望で人気があります(図1)。一方、もう少し広い範囲を望遠鏡で観察してみると、木星のまわりをまわるガリレオ衛星たちも小さな姿を見せてくれて、可愛らしい光景です(図2)。この光景をカメラにおさめてみたいと思うの

は自然な気持ちなのですが、「衛星たちは写ったのに、木星の模様が写らないのはなぜ。」と質問されたことがあります。そう、衛星たちも写そうと思えば、木星は露出オーバーにより光る玉のように写ってしまい、その美しい模様は写りません。逆に木星の模様をくっきりと写そうとすれば、衛星たちは写りません。これは、木星の明るさと衛星の明るさが異なるため、それぞれの適正な露出時間が違うためなのです。



図1：木星

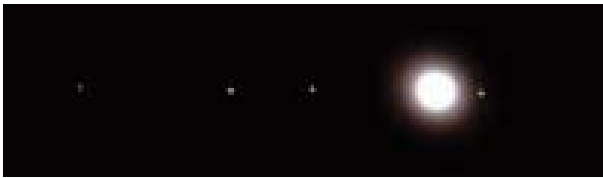


図2：木星とガリレオ衛星たち

2. 明るさを表す指標 ～ 等級 ～

それでは、星たちの見かけの明るさはどれくらいなのでしょう。天体の明るさを表すのに「等級」という指標が使われています。今から2千年以上前に、ギリシャの天文学者ヒッパルコスが、目（肉眼）で見てもっとも明るく見える星を1等星、ようやくかすかに見える星を6等星として表したのが等級の始まりです。5等星は6等星より約2.5倍明るく、4等星は5等星よりもまた約2.5倍明るいというように、約2.5倍ずつ明るくなる分け方です。1等星は6等星のちょうど100倍の明るさになることから、 $X^5=100$ を解くと $X \approx 2.5$ となり、1等級の違いを2.5倍としました。この分け方を用いると、慣れると確かに、目で見ても何等星かがわかるようになります。ヒッパルコスが1等星に分類した明るい星たちも、詳しく観察すると少しずつ明るさが異なっています。例えば、しし座のレグルスは少し暗めで1.3等星、おとめ座のスピカは1.0等星、こと座のベガは少し明るい0.0等星、そして0等星より明るい場合にはマイナス(-)をつけて表し、おおいぬ座のシリウスは-1.5等星になります。太陽はとて明るく、-26.74等もあります。ここで挙げた等級の数値は、「見かけの明るさ」です。その天体固有の

明るさは、地球からの距離によって大きく異なります。冒頭でお話した木星は、今年の冬休み頃には約-2等と明るくなってきますが、ガリレオ衛星たちは、イオが約5等、エウロパが約6等、ガニメデが約5等、カリストが約6等なので、木星の方が600倍以上も明るいことがわかります。

3. 露出時間

今まで見てきたように、明るさは天体によってずいぶん異なり、写真に撮る際にどれだけ長くシャッターを開けて天体からの光をためないといけないかという適正な露出時間も天体の明るさによってずいぶん異なります。暗い天体を写すためには露出時間を長くすればよく、例えば露出時間を2.5倍長くすれば、約1等級だけ暗い天体も写るようになってくるわけです。しかし、いつもこう単純にいくわけではありません。夜空は完全な真っ暗ではないため、露出時間を長くし過ぎると、夜空の明るさの中に天体が埋もれてしまうようになります。また、地球の大気を通ってくる間に天体の光の量が減ってしまい、天体が低いところにいると、より多く減光されてしまうため、そのぶん露出時間を増やさなければなりません。

惑星の模様を鮮明に撮りたい場合は、シーイング（大気ゆらぎ）の影響を受けてユラユラと揺れることを考慮し、なるべく惑星の像の揺れが小さい時を狙います。このように適正な露出時間は、撮影したい天体やその高度、夜空の明るさの影響等によって異なります。露出時間をどれだけにするかという判断をするのは実はなかなか難しく、露出時間をいろいろ変えてやってみているのが実情で、経験がものを言います。特に惑星の模様を撮影する際には、「数打ちや当たる（かも）」という気持ちが必要です。露出時間の大きすぎる目安や、どこまで暗い天体が写るかという限界等級の目安は、例えば天文年鑑（誠文堂新光社）などの市販されている本にも書かれていますが、機材やフィルムの感度、夜空の条件によっても異なるので、とりあえず、ご自分でいろいろ試行錯誤してみることをお勧めします。

（主任（観測普及研究員） 中道晶香）

2004年COSPARゼルドビッチ賞の受賞について COMMITTEE ON SPACE RESEARCH (COSPAR): Zeldovich Award

Committee on Space Research (宇宙空間研究委員会「COSPAR」)は、1958年に創立された宇宙科学の研究を国際レベルで促進することを目的とした組織です。国際天文学連合 (IAU) などの上部機関である国際科学連合協議会 (ICSU) 直属の組織となっており、世界各国から多くの研究者が参加しています。COSPARは、人工衛星を用いた科学研究、惑星探査機による直接探査、そしてそれらをサポートする地上からのリモートセンシングによる科学研究等をカバーしており、8つの専門分野ごとの科学委員会から構成されています。このCOSPARの総会が2年に一度行われます。そして、そのたびに様々な賞が顕著な働きをした研究者に贈られているのです。

COSPARから送られる賞にはいくつかの種類がありますが、そのうち、36歳以下の若手研究者に贈られる賞が、ゼルドビッチ賞 (Zeldovich Award) です。これは先に述べた8つの科学委員会ごとに一人選出されます。この賞はロシアの天体物理学者ヤコブ・B・ゼルドビッチ (Yacov B. Zeldovich) を記念して作られた若手研究者のための賞で、1990年から始まっています。私がこのゼルドビッチ賞に選ばれたことを初めて知ったのは、2004年5月の終わり頃、一通のFAXによってでした。この賞はCOSPAR事務局のメンバーや各科学委員会議長、または副議長などによって推薦される必要があり、自分が推薦されていることなど知りようもありません。ですから、受賞の知らせをいただいた時、最初は何のことだか分かりませんでした。何かのいたずらかと思ったくらいです。今回の受賞は、彗星が作られた環境の温度を彗星に含まれる分子や氷の性質から調べてきた研究活動が評価されたためでした。特に、彗星氷に含まれるアンモニア分子のうち、異なった性質を持つアンモニアの比率 (同じNH₃という化学式でも、オルソとパラという二つの異なった性質のアンモニアがあります) を地上観測から精密に決定する方法を開拓し、多くの彗星について調査を行っていることが大きく評価されました。この異なる性質を持つアンモニアの比率から、アンモニア分子が作られたと考えられる環境の温度が推定されます。その温度は約-240℃という低温度です。約46億年前に私たちの太陽系が誕生した頃、ちょうど土星から天王星あたりの温度に相当しています。こうした場所で、彗星は誕生したのではないかと考えられます。また、彗星に含まれている水の氷の観測から、その氷がやはり約-240℃以下の温度で形成された可能性がでてきました。現在は、アンモニア分子以外の、水やメタン分子についても研究を進めており、こうした一連の観測研究から、太陽系形成初期の様子に迫ろうとしています。

(主任(観測普及研究員) 河北秀世)



ゼルドビッチ賞のメダル

天界四季折々

寒さの厳しい季節になり、オリオン座が姿を見せるなど星空も冬の装いになってきました。

夜間は特に冷え込みますので、来館の際には服装にご注意ください。

ぐんま天文台では次のようなイベントを予定しています。

- ・ふたご座流星群説明会・観察会（12月12日(日)）
- ・天文学学校（1月開催、募集受付は12月17日まで(必着)）

詳細はぐんま天文台へお問い合わせ下さい。

■主な観望天体

- 惑星 土星（1月以降）
- 二重星 アンドロメダγ（アルマク、～1月まで）
- 散開星団 M52, NGC869（h+χ）, M37
- 散光星雲 オリオン大星雲 M42



GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

県立ぐんま天文台

発行日 ■ 2004年12月

発行 ■ 県立ぐんま天文台

電話 ■ 0279-70-5300 FAX ■ 0279-70-5544

所在地 ■ 群馬県吾妻郡高山村中山6860-86

電子メールアドレス ■ gao@astron.pref.gunma.jp

ホームページ ■ <http://www.astron.pref.gunma.jp/>

※広報誌のバックナンバーは上記ホームページからお取りいただけます。

※広報誌や天文台の利用について、ご意見をお寄せください。

表紙写真説明

■右上：リモート望遠鏡にて得られたインドネシアから見える南十字星。画面左下はαケンタウルスとβケンタウルス。

■左下：2004年3月5日には、ぐんま天文台とバンドン工科大学に設置した望遠鏡の相互のリモート操作に成功しました。

R100

古紙配合率100%再生紙を使用しています

