



No.94
January
1998

宇宙 NOW



新春トーク海部国立天文台ハワイ観測所長に聞く《前編》
天文学NOW γ 線バーストのなぞに迫る

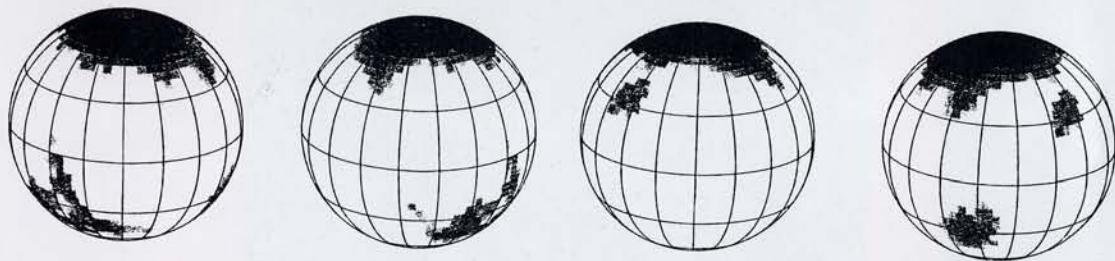
I : 観測的側面から 吉田 篤正

パーセク	観測所と酒の日々	高田 浩太郎
天文台めぐり	横浜こども科学館	
from 西はりま	お年玉ギャラリー	

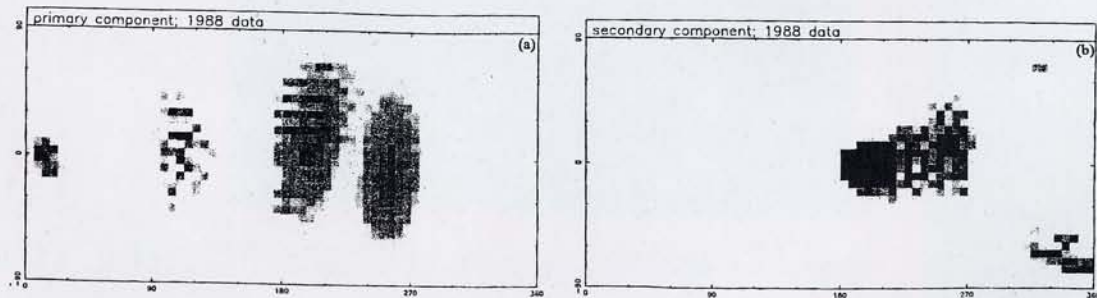
見えないけど、描ける。～恒星の世界地図～

西はりま天文台の望遠鏡で月を見ると表面にある無数のクレーターなどを観察することができます。また火星を見ると、氷に覆われた南極や北極、場合によっては火星に浮かぶ雲や霧を見ることもできます。ところが恒星（星座を作っている星）をのぞいて見ても、それは点状にしか見えず、決して表面の様子を見ることはできません。西はりま天文台の望遠鏡が小さいからではありません。世界で一番大きな望遠鏡でのぞいて見ても、やはり同じなのです。恒星は、私たちの想像をはるかに超える距離にあるのです。では、決して恒星の表面の様子を探ることは不可能なのでしょうか？ 科学の進歩のおかげで、現代では恒星上のどこに、どのくらいの大きさの模様があるかが、わかるようになってきました。つまり恒星の世界地図を描くことが可能になったのです。今回は最近の論文から、2つの星の世界地図を紹介したいと思います。

まず最初は、Sz68という星の地図です。下の図を見て下さい。これは望遠鏡で受けた星の光を虹にして（分光）、この虹の様子を詳しく分析して描いたものです。この星の自転によって模様がどのように見えるかが示されています。極にある黒い部分は、周囲よりも1000度ほど低温の場所です。また赤道付近には、周囲よりも300度ほど高温な場所もあります。太陽表面にも低温度の黒点や高温度の白斑がありますね。ちょうどそのようなものです。



次の地図は、こと座V361星と呼ばれる連星です。左側は、主星（明るい方の星）の低温の場所（黒点）の分布。右側は、伴星（暗い方の星）の高温の場所の分布です。主星からあふれ出したガスが伴星の赤道部に衝突して、そこが高温になると考えられます。この地図は、2星の公転とともに、明るさがどのように変化するかを詳しく分析することによって描かれたものです。



今回紹介した2つの恒星の世界地図は、まだまだ細かい部分がわかりません。しかしこれも科学の進歩によって、いずれ解決されることでしょう。楽しみですね。（鳴澤真也）

（Johns-Krull & Hatzes, ApJ, 487, 896, Hilditch et al., Mon. Not. RAS. 291, 749）

観測所と酒の日々

高田 浩太郎

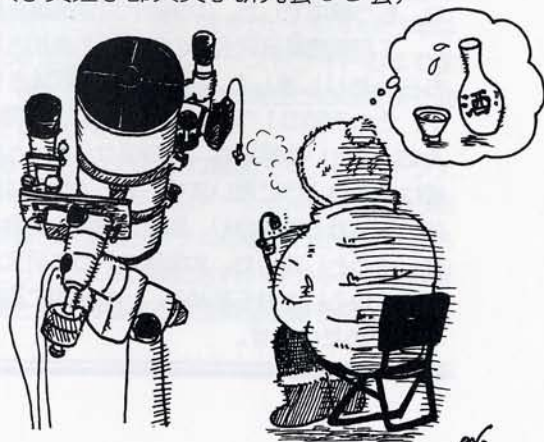
私は大学時代、天文サークルに所属して、今もその仲間たちと天文活動を行っている。我々のサークルでは大月に天体観測所を持っていて、月に何回かはそこで合宿が開かれている。観測所とは言っても、プレハブ作りの簡素なもので、水道もないし電気も発電機で電源をとっていたようなところだ。しかし何もかも自分たちの手で仕上げていくおもしろさがある、観測所がだんだんと整備されてくると、それにとまって愛着もわいてくる。そうしていると観測所という一面で、ちょっとした別荘のような気にもなってくる。だから晴れていても曇っていても、みんなでここに来るだけでけっこう楽しい。星を見るのはもちろんだが、ここでみんなと酒を飲んだりするのもまた楽しみなのだ。私を含めて我々の仲間は学生時代から大の酒好きだった。だからこの大月観測所に来るときは必ず酒がついてくる。観測が成功したときの祝杯、曇っているときの合間の飲み、そして最初から飲み会のときなど、いつも酒がある。

大月観測所のメイン機材は口径30cmの反射望遠鏡で、スライディングルーフの中に設置されている。しかしこのルーフには「飲んだら入るな。入るなら飲むな。」という決まりがあって、みんな必ずとは言い難いがこれを守っている。だから観測をしている間は飲むことが出来ない。よく晴れた晩にCCDなど使って気合の入った観測をしていると、朝までかかってしまう。特に冬の寒いときなど一刻も早く飲みたいと思うのだけれど、観測が順調すぎていつまでもたっても飲むことが出来ない。でもそうしたときの、観測が終わって冷えきった朝に飲む日本酒の一杯が格別にうまいのだ。この一杯おかげで観測の疲れが一気に

ほぐされていく。ただこれが何晩も続いたりすると、たまには曇ってくれ、と思わずにはいられなくなったりもしてしまう。

しかしこんなことはまれで、当然時にはこれとまったく逆の場面も出てくる。百武彗星が来たときがまさにそうで、このときは大彗星が来たということで、最接近前には連日、大月観測所に人が詰めていたが、とにかく晴れない。仕方ないから飲みながら晴れるのを待つか、ということになったのだが、みんな日本酒の味に肥えてしまうほど、毎晩飲むことになるとは思わなかった。そうしているときに晴れた地域の観測成功のニュースが入ってきたりして、このときほど天気を呪ったことはなかった。こんなふうにここでは何度となく悲喜こもごもの酒を味わってきた。

基本的にはこの観測所では飲み会だけの目的で利用してはいけないことになっている。しかし年に何度か、ほとんど飲み会だけの合宿も開かれている。メインはバーベキューだったり、鍋だったりするが、こういうときに限って良く晴れる。こんなときほろ酔い加減で眺める星も美しい。昨年末、観測所に待望の電気が導入された。これで今度の夏には念願の冷えたビールを味わうことが出来る。そのときを今から楽しみにしている。(たかだこうたろう・日本大学文理学部天文学研究会OB会)



海部宣男・国立天文台ハワイ観測所長に聞く《前編》

黒田 明けましておめでとうございます。国立天文台ハワイ観測所長として、超がつく忙しさの中で「宇宙now」の読者のために時間をさいていただきありがとうございます。

海部 おめでとうございます。西はりま天文台には何回か来ていますし、活動的な公開天文台の先駆けとして注目もしています。御協力できることがあれば何なりとおっしゃってください。

自然少年時代

黒田 ありがとうございます。ではさっそくですが、いろいろと伺ってみたいと思います。まず、海部さんと天文学との出会いなんですが、果たして俗に言う天文少年だったのでしょうか。

海部 そう、僕は「天文少年」でした。というより「自然少年」かな？ 宇宙を含めて自然というものに、大きな驚きと疑問を感じていました。小学校4年の時に、いくつかの本の内容をつなぎあわせて、「太陽系の誕生から人類まで」を紙芝居に作ってみんなに見せるような子供だったんです。

黒田 へえー、そのころからずいぶん科学的な眼をお持ちだったんですね。

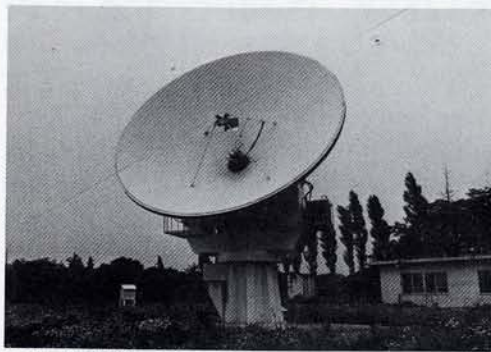
海部 決定的だったのは、小学6年の時に読んだ偕成社の『天体と宇宙』という本でしょう。同じシリーズの『自然界の驚異』にも感激して、どちらもボロボロになるまで読みましたね。もう夢中でした。中学時代は望遠鏡を自作し、「月面惑星研究会」の結成にも参加させてもらったりしました。「自然の不思議さを追い、その未知の1ページでも自分の手で開いてみたい」という意欲は、その頃からずっと持ち続けてきたように思います。でも大学では意識的に天文から遠ざかり、物理と現実の社会を勉強しようとしていました。大学院に入って研究者になると決心してから初めて、一生宇宙に取組もうと決めたのです。



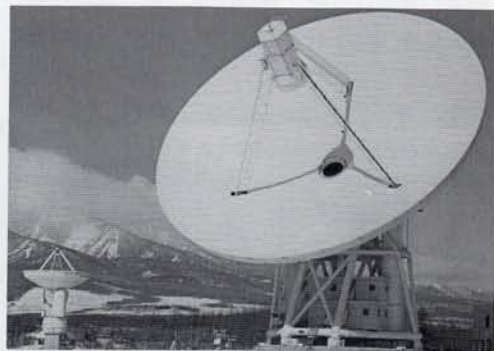
新しい宇宙を拓きたい

黒田 海部さんの大学院での指導教官は森本雅樹さん（西はりま天文台公園長）ですよね。そして修士論文でしたか、バラ星雲領域の電波観測だったと思うんですが、私もバラ星雲領域の塵の分布を調べるのに使わせていただきました。この観測は郵政省の鹿島の電波望遠鏡でしたが、やがて口径6mのミリ波電波望遠鏡、45mの電波望遠鏡の製作に携わり、日本の宇宙電波天文学を切り拓かれました。そして新しい星間分子の発見や星形成領域の研究と電波の分野で大活躍をされていましたね。そんな海部さんが、今度は光・赤外の観測を行うすばる望遠鏡の計画に携わり、強力な推進役を果たして来られたわけですが、その辺りの事情をお聞かせくださいませんか。

海部 私は、驚くような新しい発見が期待される分野や、前人未到の観測手段の実現に惹かれます。宇宙に取組むと決めてから、「新しい宇宙をこの手で拓く」ことが大きな目標でした。森本さんたちとミリ波に取り組み、星間分子という未知の世界に飛び込んだのも、野辺山の電波望遠鏡の建設に没頭したのも、動機は同じです。目の前に開けた新しい可能性を追い続けられたことは、とても幸せでした。そういう機会を与えてくれた森本さんたち先輩に感謝していますし、私も若い人たちに大きな可能性



宇宙電波観測の最初の拠点となった6mミリ波電波望遠鏡（三鷹：1970年完成）



ミリ波で世界をリードする野辺山45m電波望遠鏡（1982年運用開始）

を残したいと思っています。

黒田 なるほど、新しい宇宙を切り拓くことができれば、それはどんな手段だっていいわけなんですね。

海部 ええ、私は電波望遠鏡で未知の星間分子を見つけて暗黒星雲の組成を調べたり、暗黒星雲から星が生まれてくる様子を研究してきました。当時はとても新しい分野で、こうした研究からさらに惑星形成、その先は生命にまで迫ってゆけるのではないかと考えていたんです。そのためには、電波で温度の低い星間物質を、赤外線で温かい生まれかけの星を観測することが重要なんです。そこで佐藤修二さん（現名古屋大学教授）や若い人たちと、野辺山での電波観測とハワイでの赤外線観測（イギリスの4m赤外線望遠鏡UKIRT、マウナケア山頂）を結んでの大がかりな国際共同研究を始めたのです。だから赤外線天文学やマウナケアには大いに関心がありました。林左絵子さんや山下卓也君、田村元秀君など、現在すばる望遠鏡の中核を担っている研究者にはこの国際共同でぐんぐん育った人たちがたくさんいます。

黒田 電波と赤外線による観測が星形成領域の解明に重要なパートナーとしての役割を演じていることはよくわかります。一連の流れの中では単なる観測手段の違いだと言うことなのでしょうね。しかしながら、海部さんと言えば野辺山の顔っていう感じでしたから、正直私たちも驚きました。御自身でもすんなり……というわけにはいかなかったのではないのでしょうか。

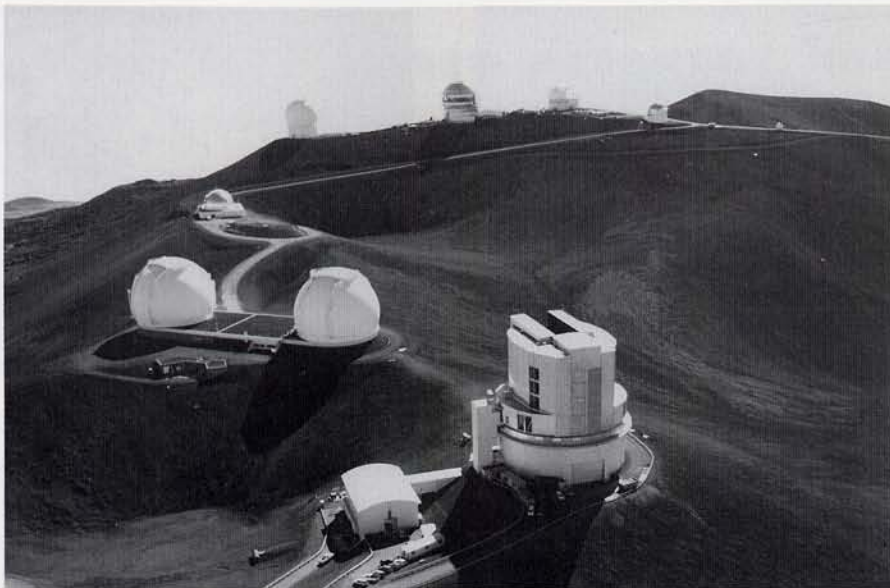
海部 そうなんです。野辺山の電波望遠鏡に

続く日本の天文学の大計画として大型光学赤外線望遠鏡をマウナケアに建設することが紆余曲折の末本決まりになり、大望遠鏡建設の経験を持つ私に参加しないかとの声がかかりました。光赤外の分野では、そうした経験が未だなかったからです。このときは、正直言って迷いました。それまでは、野辺山に骨を埋めるつもりでいましたし、実際、私の骨はかなり野辺山に埋まっているんです。でも森本さんが例によって大いに奨めてくれたことや、赤外線による惑星形成観測への関心もあって、予算がつきはじめる1年前の1990年に光学赤外線天文学の分野へ移りました。でもおそらく最大の理由は、私自身さらに新しい冒険がしたかったのでしょうね。はじめ計画総責任者は小平桂一さんで、私はすばるプロジェクト室長として参加しましたが、小平さんが国立天文台長になられた後を継いで私が計画責任者になりました。

今年は「すばる」ファーストライト

黒田 なにせ日本では初めての外国に設置する研究所、その上、ハワイ島のマウナケア山頂といえば4200mもの高さ、計画推進には大変なご苦労があったと思いますが、いよいよ今年はそのすばる望遠鏡のファーストライトの年ですね。すばる望遠鏡の建設は現在どの程度まで進んでいるのでしょうか。

海部 建設はおおむね順調です。いまマウナケア山頂では、巨大なドームの中で望遠鏡の制御装置と計算機システムの組合わせ試験に入ろうとしています。鏡にきれいなアルミニウム反射膜を真空蒸着する大型真空装置をはじめ、さ



マウナケア山頂のドーム群とすばる望遠鏡
(手前)

(海部さんのグリーティングカードより)

さまざまな周辺装置類も次々に試験が進んでいます。山麓の港町ヒロ(人口4万人の日系移民の町)には「国立天文台ハワイ観測所」の本部建物が出来上がり、6月にはにぎやかに開所式が行われました。すでに30人を超えるスタッフ(半分は日本から、半分はハワイ現地で雇用)が働いていますし、世界最大級のスーパーコンピュータも稼働をはじめました。日本では、国立天文台(三鷹)やいくつかの大学のグループが、すばるに取り付ける7つの観測装置の製作を分担して進めています。

黒田 それはすばらしいことです。後はきれいに磨き上がった鏡を待つばかりというわけですね。

海部 それなんです。ただ一つ、8m主鏡の研磨だけは難物です。出来れば今年の夏に初めての天体の像を撮るファーストライト、そして試験観測へと進みたかったのですが、研磨を進めているアメリカ、ピッツバーグのコントラベス社での工程を洗い直したところ、それは厳しいことがはっきりしました。ファーストライトは今年の秋から、悪くすると冬にまでずれ込んでしまうかもしれませんね。いずれにせよ、ファーストライトとそれに続く試験観測は、私たちにとって正念場。今年は9年の長い計画の中での本当の山場になります。

すばる望遠鏡がめざすもの

黒田 91年に開始されたすばる望遠鏡の建設はすでに8年に及び、計画から数えますと10年以上経過するわけですが、実にたくさんの人々がこの計画に携わってこられましたよね。そして約400億円という予算を使った大プロジェクトなんです。そこまでしてなぜこの大きな望遠鏡が必要なのか、国会答弁ではありませんがいかがでしょうか。

海部 そうですね、一口で言ってしまうと、人間の「自然の事実をより深く、広く知りたい」「理解したい」という要求に答えるのが、こうした大きな望遠鏡の役割だと思います。ハッブル望遠鏡は3000億円、20年をかけました。それを浪費と思うか、素晴らしい人類の仕事と思うか。それは人それぞれでしょうね。すばる望遠鏡も最新技術の塊のようなもので、私自身、「こんなすごいものを作ってもいいの？」と時々思わないわけではありません。一方では、「すばる望遠鏡は日本人一人当たり400円ずつ出してもらっている。400円出してよかったとみなに思ってもらえるような新しい発見や新鮮な驚きを、届けたい」と思っていますし、十分届けられると思うのです。そして、この望遠鏡に関する大勢の人々の熱意と期待はまた大変なものです。ハワイ観測所やすばるプロ

ジェットのスタッフはもちろん、たくさんの関連メーカーの技術者、事務屋さん、お役人、天文ファン……。

すばる望遠鏡は、これまでの望遠鏡にない優れた観測能力を持っています。人類にとっての宇宙の果て、すなわち現在の認識の果てを、多くの領域で広げる力があります。それを、私たち日本人の手で、成し遂げてゆきたいのです。それは、日本に本当の意味での科学を根付かせる一つのステップでもあり、また日本が科学に対してある種の「恩返し」をすることでもあるというふうに思っています。

ハイクラス望遠鏡すばる

黒田 ところで、1948年にパロマ山に口径5mの反射望遠鏡ができ、長い間世界の頂点に立ってきました。それに、もうこれ以上大きな望遠鏡は物理的に無理だろうとさえ言われていましたね。また地上からの観測は空気のゆらぎの影響で大きな望遠鏡を作っても無駄だとも言われてきました。すばる望遠鏡はそれらを克服する様々な新しい技術、工夫がこらされているそうですが、それはどんなものでしょうか。

海部 すばる望遠鏡を、私たちは「新世代望遠鏡」と言っています。世界最大の1枚鏡反射望遠鏡というだけではなく、コンピュータ技術を中心に、これまでの望遠鏡の常識を破るさまざまな試みがつぎ込まれているからなんです。

あげるべき新技術は色々ありますが、第一に何と言っても、口径8.2mという巨大なガラスの鏡を、しかもかつてない精度に保つという点です。これは「能動光学」の技術によって実現しました。巨大な特殊ガラス鏡材の裏に264個の穴を開け、同じ数の精密な支持制御機構（アクチュエーター）で鏡を支えます。それをコンピュータで制御して、いつも鏡面を最良の形に保つのです。

黒田 だから鏡の厚みは20cm程度とずいぶん薄いんですね。264個のいわばロボットの手が、瞬時に鏡を押し下ったり引いたりして理想的な面を作り上げるんですね。理屈ではわかるんですが、これはすごいことなんですよね。

海部 パロマ山天文台の5m望遠鏡の鏡と比べると2.6倍もの面積があるんですね。そんな鏡を、5m望遠鏡の数倍という高い精度に保つ

ことが出来ます。その結果、微かな小さい天体を検出する能力は、パロマの数十倍にもなります。まさにコンピュータのおかげですね。

黒田 いくら鏡が薄くなったといっても図体のでっかい望遠鏡ですから想像以上の重さなんですよね。とても普通のベアリングなどでは支えられない……。

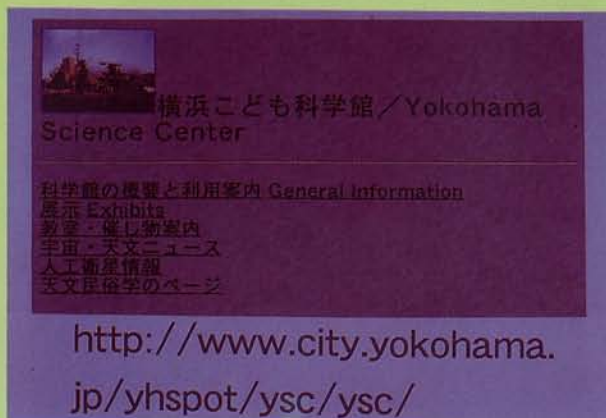
海部 そうです。望遠鏡の機械部分も、日本の精密機械技術の粋を尽くして精密に仕上げられています。機械的な接触部分のない磁気直接駆動（リニアモーターの原理）と油膜ベアリングによって、500トンの望遠鏡が天体を0.1秒角の狂いもなく追いかけることができるんですよ。

黒田 まあスゴイの一語ですね。ところで望遠鏡を入れるドームは、お馴染みの丸屋根ではなくて、円筒形ですね。これも汗と涙の結晶というふうに伺いましたが……。

海部 ドームもまた、すばる望遠鏡の特徴の一つなんです。流体実験やコンピュータシミュレーションにより、観測に支障を来す外気の乱れやダストを押さえ、最良の観測条件を実現する楕円筒形（「お茶筒」と称しています）でベンチレーション窓（換気窓）をたくさん持つドームにしました。内部は夜の予測気温と同じ温度に温度コントロールされます。

黒田 もはや完璧に近いすばる望遠鏡っていう感じですが、この望遠鏡の能力を引き出すのが観測装置、主なものを御紹介ください。

海部 例えば、太陽系外の惑星系を世界に先駆けて検出し、その観測をめざす「CIAO（保障光学を用いた恒星コロナグラフ）」、150億光年かあなたの宇宙初期の銀河誕生など宇宙論的な観測をめざす「IRCS（冷却赤外線分光撮像器）」、また8千万画素という巨大な高感度CCDによって視野30分（ほぼ月の大きさ）を一度にカバーする強力な可視光カメラ「Prime Cam」、未開拓の中間赤外線領域の本格観測を開く分光撮像器「COMICS」など、すばる独特の、あるいは最先端の装置7台が鋭意製作中です。特に、これまで地上望遠鏡の泣き所であった大気の乱れによる像のぼけを自動修正する最新技術「AO（Adaptive Optics=補償光学）システム」の導入は、強力な武器になるでしょうね。（以下次号に続く）



横浜こども科学館は「宇宙と横浜」をテーマに、昭和59年（1984年）の5月に横浜市南部の磯子区に開館しました。科学原理を応用した遊具など、子どもたちが操作を通して、楽しく学習できる展示物を配置するとともに、自然科学および横浜に関する情報を、映像やコンピュータで提供しています。また、サイエンスシアターでは、科学原理を織り込んだ科学実験ショウを行っています。

宇宙劇場では、全天周投映装置（IMAX）、プラネタリウムなどの映像システム

を組み合わせ、約30度傾斜したドーム（直径23m）によって、臨場感あふれる宇宙体験ができます。

またコンピュータ教室、科学工作教室などの教室をはじめ、テレホンサービスやパソコン通信「スペースボード」、およびインターネットのホームページ（urlは<http://www.city.yokohama.jp/yhspot/ysc/ysc/ysc.html>）で天文情報を提供するなど、科学知識の普及啓発を行っています。

このページは「天文台めぐり」なのですが、横浜こども科学館は公共天文台のような機能はありません。狭い屋上で35cm望遠鏡を使った観望会を、月に1回ほど（冬場のみ）行っているにとどまります。そのかわりに、13cmや20cmの小さい望遠鏡を使って、部分日蝕の画像をインターネットにリアルタイムで流したり、ヘール・ボップ彗星などの天体をビデオカメラで撮影して、プラネタリウムで投影したりという活動を行っています。



今、天文の普及事業として館職員が気をいれているのは、インターネットのホームページ（HP）です。当館のHP全体で5000ヒット/日（画像ファイルも1ヒットと数える計測方法）くらいのアクセスがあります。当館のフロントページ（前出のURL）と宇宙・天文ニュースのページだけみても、毎日200-500人が見に訪れてくれます。テレホンサービスは1日3、4呼数くらいですから、この効率のよさはとても魅力的です。インターネットはどんな遠方からでもすぐアクセスできますので、ぜひ見にいらしてくださいね。

《利用あんない》

■交通 JR東日本 根岸線洋光台駅下車徒歩3分

■観覧時間 平 日 午前9時30分から午後5時まで ※入館は午後4時まで
 日曜・祝日 午前9時から午後5時まで ※入館は午後4時まで

■休館日 月 曜 日（月曜日が祝日または振替休日の場合は火・水曜日）
 祝日の翌日（祝日が土曜日の場合は月・火曜日）、年末年始
 ※この他プラネタリウム番組入れ替え時などに、臨時休館します。

■利用料金、宇宙劇場上映時刻等について、詳しくはTEL：045-832-1166までお問い合わせください。

今年も友の会会員のみなさんからたくさんの年賀状をいただきました。ありがとうございます。最初にいただきました年賀状の中から天体写真が出ていたものを2点ご紹介します。上横長の写真が船田智史さん(No. 4)からの年賀状で、ハールボツ彗星ですね。中縦長の写真が宮本敦さん(No. 1395)からの年賀状で、佐治天文台にある極望石を通して見た北極星と日周運動です。この他に、川村雅之さん(No. 2248)、

松本せつさん(No. 28)、末永真由子さん(No. 64)、田淵衛・恵子さん(No. 2041)、武藤康昌さん(No. 1007)、戸次寿一(No. 137)、村田和彦さん(No. 839)、藤川雅康さん(No. 138)、大西浩次・日登美さん(No. 1368)、脇義文さん(No. 1574)、脇和美さん(No. 917)、堀脇朋子さん(No. 8)、若山陽子さん(No. 2274)、立花純夫・雄亮さん(No. 1055)、野村敏郎さん(No. 517)、山崎由香さん(No. 132)、小畑敦彦さん(No. 642)、前田久美子さん(No. 2153)、長尾高明さん(No. 225)



坂本晴美さん(No. 16)、八木愛子さん(No. 1000)、鶴岡誠さん(No. 238)

安田岳史さん(No. 2400)、篠正明・千加子さん(No. 13)、福原直人さん(No. 104)、岩見初美さん(No. 910)(順不同)から年賀状をいただきました。

さて、西はりまから会員のみなさんへの年賀状代わりということで、星景写真を一点掲載いたします。みなさん、今年もよろしく願います。

賀正

平成十年元旦



γ 線バーストのなぞに迫る I : 観測的側面から

吉田 篤正

1. γ 線バーストとは

今はもう昔話となってしまった感があるが、1960年代は米ソを中心とする東西世界の冷戦という構図の下、核兵器の開発が盛んに行なわれていた。このような世界情勢の下、アメリカのVelaと呼ばれる一連の人工衛星は、核実験条約に違反する大気圏内/宇宙空間での核実験を監視するために γ （ガンマ）線・X線検出器を搭載していた。この検出器を担当していたアメリカのロスアラモス国立研究所のRay Klebesadelは、1967年ころから、核実験からのものでない大量の γ 線が爆発的に検出される現象があることに気づいていた。その飛来方向を詳しく調べた結果、地球や太陽以外の宇宙にガンマ線の起源があることを突き止めた。これが宇宙 γ 線バースト（GRB）と呼ばれる現象の発見である。

ところでX線というと、普通の生活で出会う機会は、健康診断のときのレントゲン撮影であろうか。これは、可視光（波長が約0.5ミクロン（ 5×10^{-7} m；編集註：大きい数の場合に0がたくさん並んだり、小数点以下たくさん0が並んだりしている）とわかり

ずらいことがある。こういったときに0の数を使って100を 10^2 、0.01を 10^{-2} などと表現する程度）の500分の1以下の波長の電磁波である。 γ 線ともなるとさらに約3桁以上短波長（ $< 10^{-12}$ m）の電磁波となり、普通の生活の場では、コンクリートなどに含まれる放射性物質から微量の γ 線が放射されているのみで、原子炉とかのあまり普通でない場所ではなければお目にかかるものではない。電磁波のエネルギーは波長に反比例して大きくなるから、 γ 線は可視光よりも100万倍も高エネルギーということになり、多量の γ 線放射は生物にとっても好ましいものでない。実は太陽などからもX線・ γ 線が放射されているのだが、地球の厚い大気の層に吸収されて、幸い地上に住むわれわれのところには届かない。逆に宇宙からのX線・ γ 線を観測するためには、地球大気の外に出ていかなくてはならず、この領域の電磁波を使った天体現象の研究は、人類が人工衛星という道具を使いこなせるようになる1970年代になって、大きく発展することになった。その結果、X線・ γ 線という新しい眼

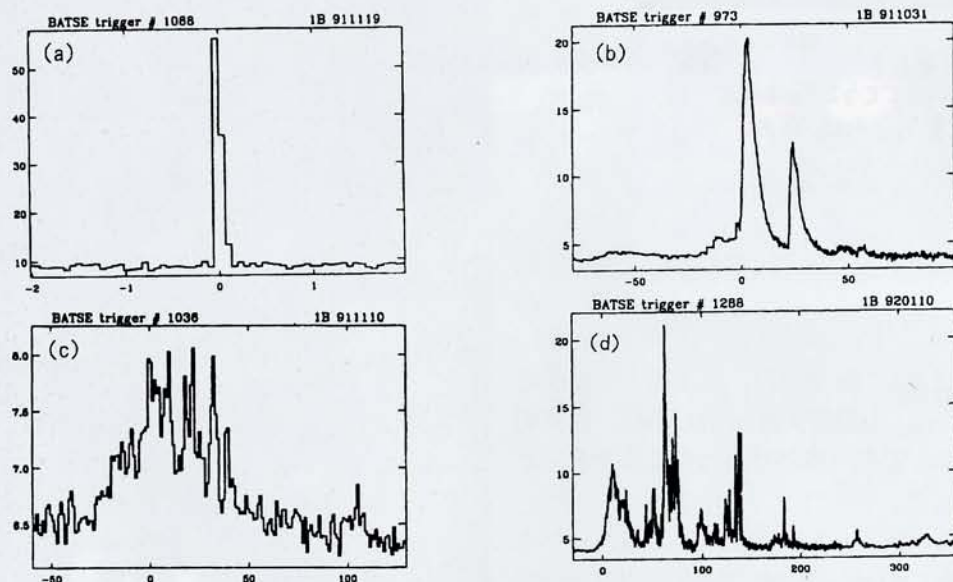
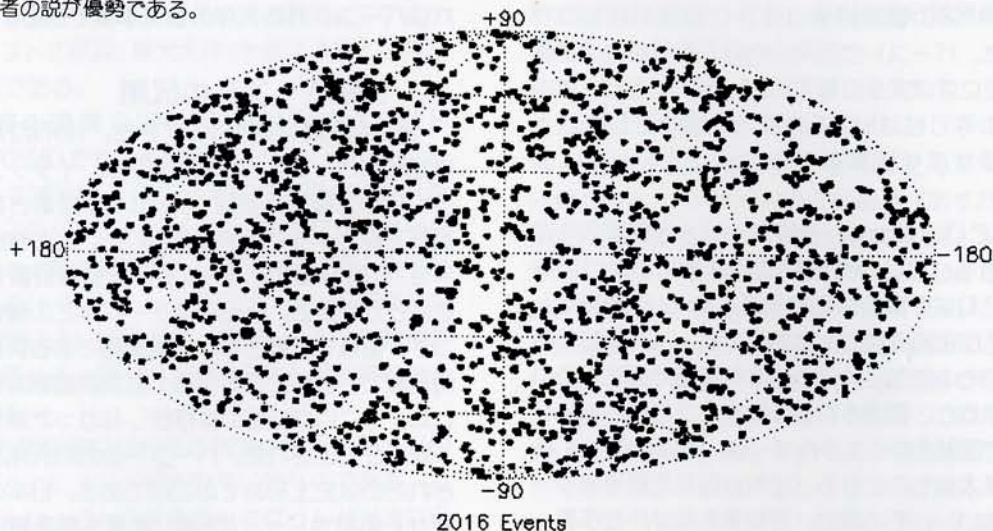


図1：コンプトン γ 線天文台（CGRO）搭載BATSE検出器が記録した γ 線バーストの光度曲線。 γ 線バーストは多様な時間変動を示す。横軸は時間（秒）、縦軸は単位時間あたりの γ 線のカウント数（単位 10^3 カウント/秒）である。(a)単一ピークを見せる単純なバースト；(b) FRED（Fast Rise Exponential Decay）とよばれる、早い立上りと指数関数的な立ち下がりを見せるイベント（この例ではFREDピークが2つある）；(c) 多数のスパイクの重ね合わせのような激しく複雑な変動構造を現す例；(d) ピークが幾つかのグループに分かれ、その間バースト活動が「中休み」しているように見えるものもある。（以上、「The First BATSE Gamma-Ray Burst Catalog」Fishman et al. ApJ Suppl. 92, 229, (1994)より）

図2: 銀河座標にプロットしたBATSE/CGROが観測した2016/バーストの天球分布。これは、BATSEのホームページ(<http://www.batse.msfc.nasa.gov>)に掲載された最新の分布図である。もし γ 線バーストが電波パルサーや連星系X線パルサーと同種の銀河内中性子星起源であるなら、銀河面(図では銀位 0の直線周辺)に集中した分布を示すはずである。しかし、観測結果は等方分布を示唆している。バーストは銀河系外の遠方で起こっているのか。あるいは100キロパーセクにも広がった巨大なハローが銀河には存在し、そこがバーストの巣であるのか。本文に述べたように、現在は前者の説が優勢である。



で見る宇宙は、それまで考えられていたものよりもはるかに活動的で、トランジェントとよばれる短期間で増減光する現象に満ちていた。

γ 線バーストもこのような高エネルギートランジェント現象の一つで、短時間に爆発的に γ 線が放射される現象である。その強度は、電磁波に限ると(もちろん太陽を除いて)われわれの知る限りもっとも明るく、最もエネルギーの高い天体現象であるといえる。実に最大強度が 10^{-7} から 10^{-2} $\text{erg}\cdot\text{cm}^{-2}\text{sec}^{-1}$ にも達するものがあり、18ギガ電子ボルト($18\times 10^9\text{eV}$)にも及ぶ高エネルギー γ 線が観測された例もある。その明るさは0等級の星のフラックスよりも1000倍も明るい。

γ 線バーストはその名のとおり、主に γ 線領域でエネルギーが放射される。そのスペクトルは黒体輻射からは大きく異なり、非熱的な「硬い」特徴を示すものである。バーストの光度曲線は多種多様で、一つのピークしか持たない単純なものから、細かいスパイクを重ねたような激しく複雑な変動を見せるもの、また「バーストの中休み」ともなった複数のピークの集合など種々の多様性をしめす(図1)。しかも、ミリ秒以下の短時間変動を示すものがある。バースト全体の継続時間もミリ秒以下から90分以上に及ぶものまで、広い範囲に分布しているが、典型的には0.1秒程度から数10秒と短いものが多い。しかもどこでいつ起こるか予言することができない。現在では年間約800個も起きる「きわめてありふれた」天体現象であ

ることが分かっているが、このため、その発生場所の詳細観測が可能なほど、精密に位置を決定することができず、その正体は長らく謎のベールに包まれることとなった。

2. γ 線バーストはどこで起こるのか

この問いは、実はこの現象が発見されたときから現在にいたるまで、30年の長期にわたる最大の問題である。激しく短時間での変動を見せること、またそのX線スペクトルに 10^{12} ガウスという強磁場を示唆する吸収線構造があることなどから、電波パルサーや連星系X線パルサーと同じように、銀河系内の強磁場をもつ中性子星(中性子の縮退圧で支えられている高密度星)がその起源であろう、と考える人々が多数派であった。中性子星表面に降着した物質の熱核反応、あるいは中性子星へのコメットの衝突、あるいはまた中性子星の星震によって解放された核/重力エネルギーが引金になって、バーストが生じると考えるのである。これは1980年代の話である。当時、 γ 線バースト源の方向分布を測定できれば、それは銀河面(天の川)に集中したものになるだろうと期待されていた。ところが、この予想は見事に裏切られることになったのである。

コンプトン γ 線天文台(CGRO)は、天文衛星では最大の規模を誇り、17トンもの重量をもつ巨大なもので、1991年4月にスペースシャトルによって打ち上げられた。CGROにはBATSEという高感度の

γ 線バースト検出装置が搭載されており、BATSE 以前の実験に比べれば10倍の感度で暗いバーストまで検出できる。しかも、高々数度の精度ではあるものの、その方向を測定することも可能となった。BATSEの観測結果はまさに衝撃的なものであった。バーストの方向分布は、われわれの予想とは逆にほぼ完全に等方的だったのである。方向分布の等方性はBATSEの観測が進むにしたがって、ますます確実なものになっていった(図2)。

ここにたって、 γ 線バーストは銀河系外現象である、という理論が注目を集めるようになる。これは宇宙のはるか彼方、約10-60億光年という「宇宙論的遠方」においてバーストが起こるというものである。このような遠方で発生しているとなると、観測されるフラックスからバースト全体で放射されるエネルギーは、実に 10^{51-52} erg という莫大なものとなる(これは超新星爆発より一桁大きい)。その源は、連星系をなす中性子星-中性子星の合体によってできた「火の玉」であると考えられる。銀河系内の中性子星-中性子星連星系の観測等から、中性子星どうしの合体頻度は、年800個というバーストの割合を説明するのに十分なものであり、にわかにこの説の支持者が増大した。

一方で、 γ 線バーストは銀河に付随する現象である、と考える研究者もいる。しかしながら、太陽系が銀河系の端に位置しているということを考慮すると、ことは以前程単純ではない。観測された等方性を説明するためには、銀河系のまわりに100キロパーセクほどの大きさの巨大なハロー(もしくはコロナ)があって、バーストはそこで生じていると考えざるをえない。

この2説の論争は、ちょうどアンドロメダ大星雲をめぐる今世紀はじめの論争になぞらえることができる。アンドロメダが銀河系内の星雲であるのか、もしくは系外の別の島宇宙であるのか、1920年にシャープレーとカーチスの間で大討論会(Great Debate)が行なわれたことを想起される方があるかもしれない。それから75年を経た1995年、今度は γ 線バーストが銀河系内現象であるのか、はたまた宇宙論的遠方で生起する現象であるのかをめぐって、新たなGreat Debateが、75年前と同じワシントンDCのスミソニアン自然史博物館を舞台に行なわれた。系内派の論者はシカゴ大学のドン・ラム博士、かたや宇宙論派はプリンストン大学のボーダン・パチンスキー博士であった。

両者は理論家の立場から、種々の観測事実をもとに論を闘わせた。しかし肝心のバースト源自体についての観測事実は、不十分なものしかないという感は、否めないものがあった。必要なもの、それはバースト対応天体の観測事実である。

3. γ 線バーストの尻尾

新たな展開は突然やってきた。1997年2月28日に起きたバースト(GRB970228)は、イタリア・オランダのX線天文衛星 BeppoSAXに搭載された広視野X線カメラで偶然捉えられた。この検出器は半径3分角の精度でバーストの正確な位置を決めることができる。BeppoSAXチームはこの情報に基づき、衛星を反転させ、主観測器である狭視野観測装置で、さらにこの位置の緊急詳細観測を実行した。そこには以前には存在しなかった減光するX線源が見出された。バーストの対応天体が観測されたのは史上初めてのことである。日本の『あすか』衛星やドイツのROSAT衛星も緊急観測を行ない、このX線で輝く γ 線バーストの残光がほぼ時間に反比例して($t^{-1.3}$)、さらに減光し続けていることを明らかにした。カナリー諸島ラパルマにある口径4.2mのウィリアム・ハーシェル望遠鏡は、可視光領域でもこの残光天体を発見し、つづいてハッブル宇宙望遠鏡、ハワイ島マウナ・ケア

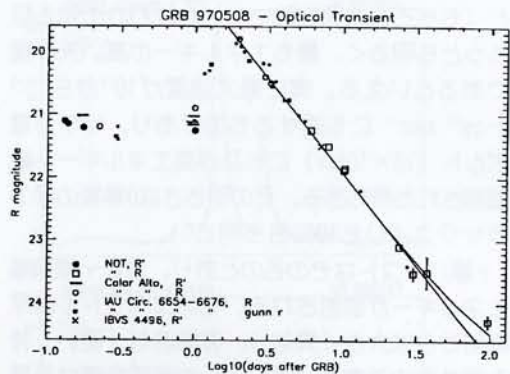


図3: 1997年5月8日に起きた γ 線バーストの可視光残光天体の光度曲線である。横軸はバースト発生からの時間(日)の対数、縦軸はRバンド(光の波長が約580-737nmの帯域)の等級である。光度は最初ほぼフラットで、その後約2日後にかけて増光したように見える。2日後からはデータは、バーストからの経過時間のべき関数 $t^{-1.1}$ を表す直線に乗っていることがわかる。約100日にわたって残光天体は減光し続けている。この図はコペンハーゲン大学のDr. Holger Pedersenの論文(Astrophysical Journal, volume 496, 1998年3月20日号に掲載予定)から引用。

山頂にあるケック望遠鏡といった大望遠鏡を含む多数の観測から、可視光領域でもバースト残光はべき型($t^{-1.1}$)で減光していることが示された。しかも、この減光天体の近傍(0.3秒角)に、銀河と思われる広がった天体が見いだされた。ついに γ 線バーストの尻尾(残光天体)を捉えることに成功したのである。

同様の連携で1997年5月8日のバースト(GRB970508)でも、経過時間のべき($\sim t^{-1.1}$)にしたがって減光する可視光残光が発見された(図3)。このバーストの場合は、赤方変移したマグネシウムと鉄の吸収線と解釈される2組のスペクトル構造($z=0.767$, $z=0.835$)が、ケック望遠鏡の分光観測により発見され、またVLA/VLBIの観測から、対応すると思われる電波天体も見出されたのである。

べき関数的に減光する残光は前記した「火の玉モデル」により予言されていたものである。このモデルは、こちらに向かってほとんど光速に近い速度で膨張している、巨大なエネルギーのかたまり(火の玉)で、ガンマ線バーストが発生するという理論である。膨張する火の玉のエネルギーは、ほとんど光速に近い相対論的速度で広がるバリオン(陽子と違ってよい)が担っている。バリオンは周辺の星間物質と衝突して衝撃波を形成し、そこで電子を加速して残光を放射する。残光の光度は時間のべきで暗くなり、もし、宇宙論的遠方(距離 $\sim 1\text{Gpc}$ (~ 30 億光年))でバーストが起こっているなら、残光の継続時間はほぼ100日のオーダーになり、GRB970228・GRB970508の観測結果と合う。「火の玉モデル」と γ 線バーストの残光の観測はつじつまが合っているように見える。

しかし一方で新たな疑問が首をもたげてくる。まず、 γ 線バーストには可視光残光天体をともしなわれないものが見つかっているという事実。つぎに、GRB970228でみつかった広がった天体には、スペクトルの輝線・吸収線等、正体や距離を直接示唆する観測事実がなく、銀河と断定するには観測的証拠が少なすぎるということ。逆にGRB970508の場合は、見つかったスペクトルの吸収線を生じている銀河が見えていないという点。さらに、最近の遠方銀河の星生成率の研究を考慮すると、観測されているバースト源までの距離が当初考えられていたものより遠くなり、 $z\sim 2$ (~ 70 億光年)以上でないとつじつまが合わなくなる。その結果、今度は中性子星同士の衝突・合体

ではエネルギーが十分ではなくなってしまうおそれがある。

発見から30年経って、どうやら γ 線バーストの尻尾をつかまえることには成功したが、この怪物の正体に肉薄するには、まださらに観測事実を集めることが必要なようだ。

4. 終わりに

γ 線バーストの研究は、今もっともホットな分野である。日本でもX線天文衛星『あすか』や東京大学木曾観測所で、残光天体の発見・追観測がおこなわれている。昨年12月14日に起きたバーストの場合は、木曾観測所の口径1.05mシュミット望遠鏡でいち早く対応天体の検出に成功した(Ito他 IAU 6788)。中小規模の望遠鏡でも、ガンマ線バースト位置情報ネットワーク(GCN)に加入し迅速な情報を得さえすれば、可視光対応天体を発見するチャンスがあると考えられる。

一方、わが国待望の可視光・赤外大望遠鏡『すばる』がいよいよ稼働しはじめる。詳細観測においてもハッブル宇宙望遠鏡やケック望遠鏡に対抗し得る、新たな地上の眼に期待が持たれる。 γ 線バーストは本当に宇宙論的遠方で発生するエキゾチックな天体現象なのか?ゲームはまだはじまったばかりである。

著者紹介

吉田 篤正 (よしだ あつまさ)

プロフィール

1959年東京都渋谷区生まれ。東京大学大学院理学系研究科物理学専攻修了。理学博士。

現在：理化学研究所研究員。専門は高エネルギー天体物理学。

趣味：山歩き。映画を見ること。スチルフィルムの無駄づかい。(以前はカヤックで沈することも趣味であった。)

西はりま天文台日記

《12月》 ダイアリストK

- 1日(月) CCDカメラ真空引き用ポンプ故障、メーカーへ。九州大学・山岡氏他学生3名観測に(5日迄)。鳴澤研究員、九大グループとCCDテスト。小野研究員、スターウイグ実行委員会へ国立天文台へ。
- 2日(火) CCDカメラのイメージおかしい、ハドセットからノイズを拾っているのか。初雪。ヒパルガス・行星表、半年遅れで納品。
- 3日(水) 朝約10cmの積雪。時政研究員、情報処理研究会で大阪へ(4日迄)。
- 4日(木) 台長、加古川市小学校理科研究会講演で加古川市少年自然の家へ。ワムホルンに関してMr. プラツホルン(Mr. うみへびにあらず)から複雑電話、小野研究員お手上げ。30時過ぎ、鳴澤研究員、九大グループと土井スペースシトルを観望。
- 5日(金) 九大・山岡グループ帰還。
- 6日(土) 台長、東亜天文学会役員会で大津へ。友の会写真サークル忘年会。
- 7日(日) Mr. うみへびが盛んに“加速度”電話、重箱の隅をつつく質問にウザリ。
☆ ☆ ☆ ☆ ☆
- 8日(月) 休園日夜に天文台公園忘年会、果たしてスマートな飲み方だったか?
- 9日(火) 小野研究員、大観望会用ソフト作成。南阿蘇財天文台・飯山青海氏来台。
- 11日(木) 神戸新聞総合出版センター、新聞連載の出版化相談で来台。姫工大天文部、友の会学習サークル相談で来台。
- 12日(金) 台長、県労働政策課長の葬儀で明石へ。夕刻、県労働部主催「ゆとりフェスタ」打ち合わせで赤穂ハイムへ、園長も合流。NTTフアリティーズ、ミルヴァネリウム等年末挨拶に来台。
- 13日(土) 赤穂ハイム於「ゆとりフェスタ」で園長は記念講演、台長はトクヨウのジョーイター。
- 14日(日) 天文教室に同志社女子大・高原まり子氏「壮絶なる星の死ー超新星爆発」と題した講演に25名。姫路五軒邸子供会40名時間外観望に、台長対応。友の会・佐藤好之氏より“家宝”の全紙「冬の星座写真」寄贈さる、“台宝”に。

☆ ☆ ☆ ☆ ☆

- 15日(月) 県立科学館計画で台長、県教委へ、園長合流。
- 16日(火) 台長、神戸のクワダ記念国際高校生40名に講話、大志は抱けたのだろうか。
- 17日(水) 光電測光装置の焦点レンズ、リールで(株)イー・イー・エス取り替えに。
- 18日(木) 東京ヨビテ・リサーチ年末挨拶に。三菱電機、大型望遠鏡関連で来台、石田研究員対応。時政研究員、観測室除湿器などを取り付け。台長、県立尼崎稲園高校で特別授業。
- 19日(金) 天文台ヨビテは時政研究員「C14ライによる恒星大気の温度観測について」。
- 20日(土) 朝日加サ「朝日やさしい科学の教室」宿泊実施、台長の話、クイズ、観望、鳴澤、小野研究員は質問回答等。川西浩陽氏、ヨミミ望遠鏡調整に来台。
- 21日(日) 「朝日やさしい科学の教室」で台長、小野研究員、星座早見使用法、望遠鏡操作法、園内施設見学等。鳴澤研究員、南但馬自然学校研修講師に。京大地球・中西氏より電波フェスタの照合依頼、原因不明電波受かり地震前兆かと。
☆ ☆ ☆ ☆ ☆
- 22日(月) 台長、すばる望遠鏡取得画像の公開打ち合わせで国立科学博物館へ。
- 23日(火) 冬の大会観望会に85名、よく晴れて成功、共催のCSR西播磨委員会は紙芝居と豚汁(150人分)の大サービス。
- 24日(水) 台長、高校生のためのサイエンス講演会で京都青年会館へ、名古屋の私立尾関高校特進クラスに話「われら宇宙人」。
- 25日(木) 一部事務組合議会、終了後園長が近況報告、台長が大型望遠鏡計画の現状を講演。大教大・五百蔵君、観測等で来台(27日迄)。
- 26日(金) 仕事納め式、しかしまだまだ仕事は続く。兵庫医大・前田氏来台。
- 27日(土) 友の会会員・脇氏、銀河撮影で来台、鳴澤研究員に付き合わされたのか、付き合わせられたのか???
- 28日(日) 今年最後の一般観望会、小野研究員風邪で台長代打、鳴澤研究員、会員の脇氏と寒空見上ぐ。嗚呼、また年が過ぎゆく……

☆印は友の会会員の皆さん向けのお知らせです

もちと炎の祭典・スターウォッチング

もちと炎の祭典

日時 1月24日(土)～25日(日)

費用 大人3500円 小人3000円

申込 1月20日まで電話にて管理棟まで

内容 もちつき、とんど焼き、下記スターウォッチングへ参加など

スターウォッチング

日時 1月24日(土) 18:30受付 参加無料

スターウォッチングのみの参加申込はTEL:0790-

82-0664佐用町役場企画振興室まで

内容 天文クイズ大会、双眼鏡での「すばる」の観察、観望会

友の会会員募集中!

お知り合いの方を友の会へお誘いしませんか? すぐなグリーティングカードを添えて会員資格をプレゼントすることも! 詳細は天文台まで。

☆お便り、質問、表紙写真をお寄せ下さい

「会員now」では、皆さんからのお便りをお待ちしています。近況やご意見、なんでもお寄せ下さい。「どんなモンダイ!」では、ユニークな質問をお待ちしています。難問、珍問に研究員がお答えします。また、表紙写真を募集しています。撮影データや簡単なコメントを添えてお送り下さい。天体写真以外のものも大歓迎!

天文教室のお知らせ

日時 2月8日(日) 午後2時～3時半

講師 香西洋樹氏(佐治天文台台長)

演題 シェイクスピア星物語

内容 シェイクスピアの作品に織り込まれている数多くの天文現象を調べてみると...

テレホンサービス: 0790-82-3377

毎月の星空のみどころをご案内しています。

☆第48回友の会例会

◇日時 3月14日(土)・15日(日)の1泊2日

受付: 18:30～19:00(グループ棟入り口) 開会: 19:30(天文台スタディールーム)

※19:00以降到着の方は、天文台で受付を行いますので直接天文台へお越し下さい。

◇内容 14日(土): 全体観望会、天文クイズ大会、グループ別観望会 など

15日(日) 朝食申込なしの方も9:20までに起床。グループ棟清掃後、閉会

3月のグループ観望会の内容は、1月例会にて決定します。

◇費用 宿泊: 250円(シタリ-ニング代) ※家族棟宿泊の方は別途12,000円、朝食: 500円(要予約)

◇申込方法

【家族棟宿泊希望の方】申込表をハガキに記入し、「家族棟希望」と明記の上、天文台宛にお送り下さい(申込表

※部は不要)。定員5名。申し込み多数の場合は抽選とさせていただきます。申込締切: 2月21日(土) 必着

【グループ棟宿泊または日帰り参加される方】

(ハガキ) 右下の申込表のように必要事項をご記入の上、天文台宛にお送り下さい。なお、「グループ棟希望」とご明記願います。(電話) 右下の申込表をご参考に必要事項をお伝え下さい。(FAX) 必要事項をご記入の上お送り下さい。電話番号: 0790-82-3886 FAX番号: 0790-82-3514 申込締切: 3月7日(土) 17:00厳守

※宿泊・食事を要しない方も、必ず参加申込をして下さい。

※部屋割をスムーズに行うため、申込時に部屋割の希望をお書き下さい。男性のみの部屋、女性のみの部屋、家族部屋(男女混合)の各部屋に何名宿泊希望かご連絡下さい。特に小さなお子さまの部屋割にご注意下さい。

★電子メールでも参加申込OK★ グループ棟宿泊の方に限り、電子メールでの申し込みが可能です。Subject(題名)にmarと記入してreikai@nhao.go.jp宛に、右下の申込表を参考に必要事項を書いてお申し込み下さい。

◇持ち物: 会員カード、懐中電灯、クイズ大会景品、

オリジナル名札、カップ(お茶用)、防寒着 など

◇グループ棟は休憩・宿泊のための施設です。グループ棟内での飲食、起床時間前の騒音などはご遠慮ください。

スタッフ募集! 会員のみなさんが楽しく例会に参加できるよう、例会のお世話をし下さる方を募集しています。参加申込時にスタッフ希望の旨お知らせ下さい。例会当日は午後4時集合となります。

例会参加申込表 No. 氏名

	大人	子ども	合計
参加人数			
宿泊人数			
シート数			
※部屋割			
朝食			

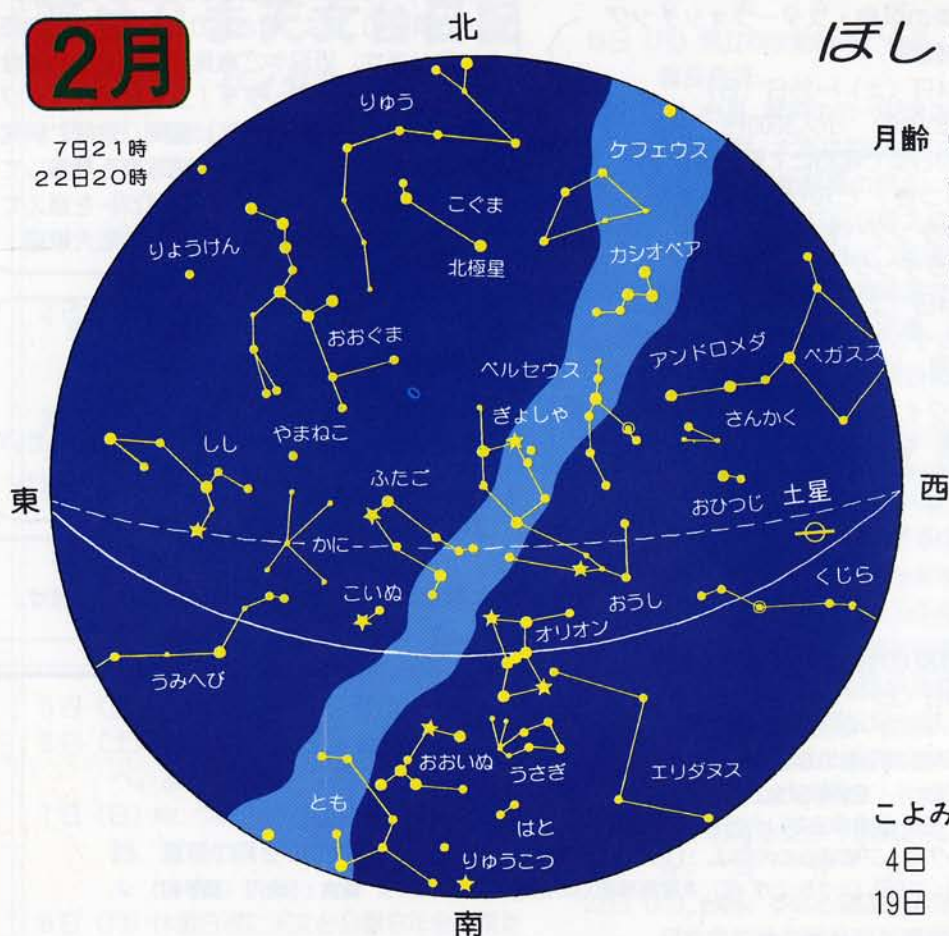
スタッフやります! 家族棟/グループ棟希望等

2月

7日21時
22日20時

ほしぞら

月齢 ● 4日
○ 11日
● 20日
● 27日



こよみ
4日 立春
19日 雨水

《話題》 昨年末には宵の明星として西の夕空に輝いていた金星が、東の明け方に移って20日に-4.6等となり最大光輝を迎えます。金星の形と大きさが変化していくようすを観察してみたい方は、2月の初めごろから5月の末ごろまで観察すると良いでしょう。また、26日から27日にかけては、カリブ海で皆既日食が見られます。

【今月の表紙】 満天の星たちよ！～バラ星雲とオリオン座～

撮影者：佐藤 好之 (No. 10009)

撮影地：西はりま天文台公園 撮影日時：1997年11月9日 3:00

カメラ：キャノン FTb、レンズ：50mm標準、赤道儀：高橋EM-200、フィルム：フジG-400

ひとこと：標準レンズでこんなに素敵な星夜写真が写せるなんて赤道儀の威力を改めて実感させられるショットです。年に一度拝めるかどうかという素晴らしい満天の星空にめぐまれたこの時の例会は、久しぶりに参加された森本園長の「天プラ」も行われ大いに盛り上がりましたが、眠るのが惜しくて夜明け近くまで星たちとともに過ごしたときの貴重な思い出の一枚です。

【編集後記】天文学nowは今回から三回連続でガンマ線バーストのなぞに迫ります。次号以降も、乞ご期待。また、新年号企画として、新春トーク・お年玉ギャラリーのほか、パーセクもお酒が入るお話をお願いしてみました。お酒も観望も楽しんでおられるようすが、よくわかる文章でした。本年も、西はりまと宇宙nowをよろしく願いいたします。(T.I.)