

STELLAR NO.41 LIGHT

ステラーライト



天文学学校で撮像された彗星C/2013 R1。左は通常の写真に近いもの、右は彗星のガスの出す光のみを画像にしたもの。

CONTENTS

- ニュース 地球型惑星の探索
- 天体列伝 ～ベガ～
- 事業報告 天体授業サポート
- 観測レポート Be/X線連星
- ぐんま天文台 What's new ～太陽望遠鏡～
- Hello! 全国の天文台 ～西はりま天文台～
- 世界の天文台 ～ハッブル宇宙望遠鏡～
- 私と天文台
- 事業報告 平成25年度天文学学校～はじめての彗星観測～
- 天界四季折々

GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY
県立ぐんま天文台



ニュース 地球型惑星の探索

「この宇宙のどこかに、地球に似た惑星や、生命が存在するのだろうか?」とは、誰しもが一度は思うことではないでしょうか。そうして、「宇宙はとてつもなく広いのだし、現に地球があって、生命が誕生しているのだから、どこかに似たような世界があっても不思議はないよね」などと、地球と生命が存在するという事実を基に、なんとなく納得していないでしょうか。「どうせ調べようがないもの」と。

でも、天文学者は、うやむやにしません。不思議に思ったら、どうやったら調べられるだろうと頭をひねり、できそうならば手足を動かしてやってみるのです。では、上の疑問の一部でも解決するには、どんなことをすれば良い…良さそうなのでしょうか。

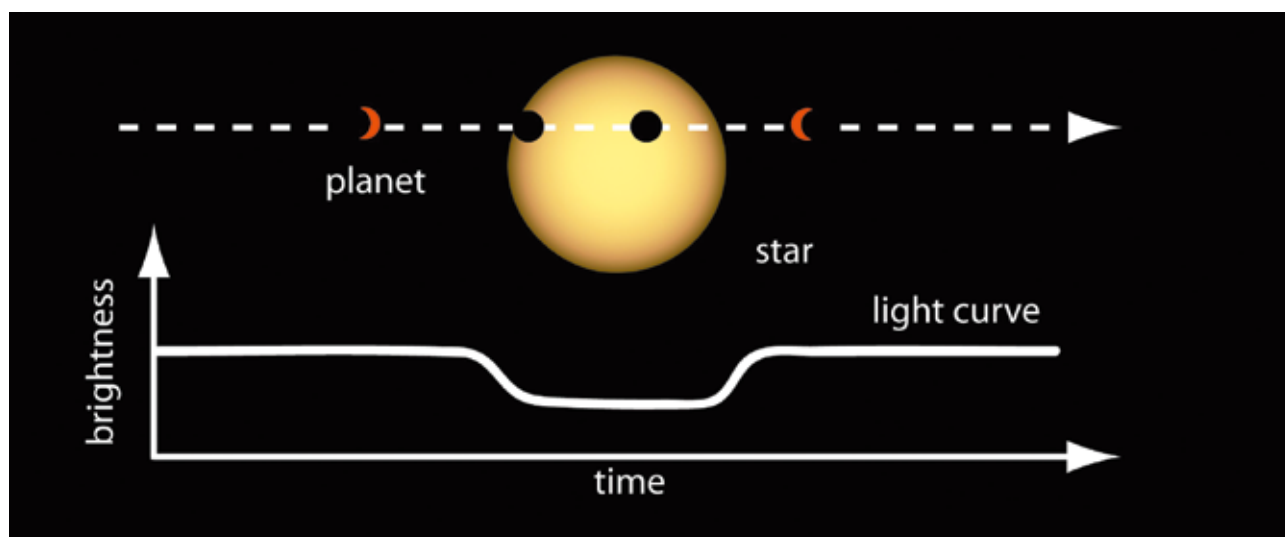
星(恒星)の周りを惑星が回る(公転する)のは、恒星の重力で惑星が引き寄せられるからだと言われます。惑星は恒星に比べればうんと小さくて軽いというので、どっしりと構えた恒星を中心に、惑星がぐるぐる回るという描像になるのですね。ところが、引っ張られれば引っ張り返すというのが世の道理。恒星も惑星に引き寄せられます。同じ強さの力で。ただ、重たいがために、その動きはほんのわずかで、「ふらつく」という描像になります。

この「ふらつき」を見つけるには、連続写真を撮れ

ば良さそうです。ばらばらと写真をめくったとき、惑星があれば、恒星がふらつくはずです。結果を言えば、この方法(位置測定法)はうまくいきませんでした。観測の誤差が無視できなかったのです。

うまくいったのは、「ドップラー効果」と呼ばれる現象を利用する方法(ドップラー法)でした。こちらに向かってきたり遠ざかったりする物体から光が出ている場合、その光を成分分け(分光)して虹(スペクトル)を作ると、物体の速さに応じて、光の全成分が青い側にずれたり赤い側にずれたりするのがドップラー効果です。これを利用して、恒星のふらつきを捉えようというのですが、可視光ならば、10万色ぐらいに分けなければなりません。大きな望遠鏡でたっぷり光を捉え、高精度の機器で分光しなければなりません。観測技術の「壁」と、惑星は数十日以上時間をかけて公転するはずだという「思い込み」を乗り越えて、最初の「系外惑星」が見つかったのは1995年のことでした。それは、木星ぐらいの惑星が、恒星の近く(恒星4つ分程度の距離)を数日で公転している世界でした。(水星は、太陽40個分ほど離れて公転しています。)

その後、この方法で見つかった系外惑星のほとんどは、「重たい惑星」が恒星の近くを公転するというものでした。恒星のふらつきが大きくて見つけやすいか



(c) NASA Ames

らです。

地球に似た惑星を見つけるには、別の方法を使う方が良さそうです。そこで登場したのが「トランジット法」です。地球から見て、恒星の手前を惑星が横切るとほんの少し暗くなる（典型的には0.01%）様子を捉えるのです。この「減光」を少なくとも3回以上同じように観測できたら、公転する惑星をほぼ真横から見ていると考えて良いでしょう。でも、これほどのわずかな減光は、地上での観測では捉えられません。大気の揺らぎにかき消されてしまうのです。そこで、専用の望遠鏡を載せた人工衛星「ケプラー衛星」を打ち上げて、実際に3年以上観測が行われました。太陽と地球を眺めたとすれば、1年に一回、数時間の減光が起こるはずで、これを3回以上捉えるには、3年は必要だったからです。

こうして、2,000個以上の系外惑星が発見され、その

うちいくつかは、地球よりも少し大きめで、表面に大量の水、つまり「海」があってもおかしくないことがわかりました。海は生命の誕生に不可欠と考えられているので、地球に似た惑星は、からからに乾いたり凍りついたりしないように、恒星から適度に離れている必要があります。酷暑や極寒も避けたいので、ほぼ一定の距離（ほぼ円軌道）であることも必要です。見つかった「少し大きめの地球」候補は、2つの条件を満たしています。

さて、次はそこに生命が存在するかどうかですが、これはどのようにして探ればよいのでしょうか。いろいろな方法が提案されていますが、こればかりは未だかつて経験のないことです。この先には、驚くべき結果が待ち構えているのかもしれませんが。まだまだ興味の尽きない星々の世界です。

（観測普及研究員 濱根寿彦）



天体列伝 ～ベガ～

今回は、七夕の織姫星としても知られる、こと座の恒星「ベガ」を紹介します。

●0等星

ベガは夜空で5番目に明るい恒星で、北天に限れば2番目に明るく、見かけの明るさ（等級）は0.03です。0等星と呼ぶにふさわしい星ですが、1等星より明るい星は1等星と呼ばれる場合もあり、小学生の教科書ではベガは1等星と記されています。ベガの明るさは標準的な1等星（等級1.00）の約2.5倍です。

●ベガの姿

ベガは主系列星で、太陽の約2.2倍の質量を持つ、大きく明るい星です。

太陽系からベガまでの距離は、年周視差の測定から 25.03 ± 0.07 光年と分かりました。夜空に見える恒星の中ではかなり太陽系に近く、近いから明るく見える



夏の大三角。写真上の一番明るい星がベガ（織姫）、写真右の明るい星がアルタイル（彦星）。

とも言えます。

ベガの見かけの明るさ（等級）は0.03ですが、距離が25.03光年であることから、本当の明るさ（絶対等級）は0.60となります。これは太陽の約50倍の明るさです。

分光器や干渉計を使った観測から、ベガは太陽のような球形ではないことが分かってきました。太陽の自転周期は25日ですが、ベガの自転周期は0.7日。高速な自転による遠心力で星は赤道方向に膨らみ、潰れた球のような形をしています。北極や南極の表面温度は約1万度あるのに対し、膨らんでいる赤道付近は極よりも千度以上温度が低い。星の明るさは温度の4乗に比例するため、赤道付近は極よりも暗くなっています。私たちの太陽系はベガの極に近い方向にあり、この方向からベガを観測すると、赤道方向から観測する場合よりも明るく見えているのです。

●ベガの周囲

人工衛星を使った観測で、ベガから離れた場所に冷たいリング、ベガの近くに暖かいリングが発見されました。前者は、太陽系で海王星の外側にある小天体群、後者は太陽系で火星と木星の間にある小惑星帯のようなものとも考えられます。ベガを周る惑星も、あるかもしれません。

●未来の北極星

回転するこまの軸がゆっくりと向きを変えるように、地球の自転軸は太陽の重力の影響でゆっくりと向きを変えています。およそ1万2千年後には、今の北極星（こぐま座 α 星）ではなく、ベガが天の北極近くで輝くようになります。

●参考文献など

等級や測光システムについて詳しく知りたい方には、天文月報1997年1月号の市川隆氏の記事「標準測光システム」をお勧めします。インターネット上で閲覧できます。

ベガについての詳細は、Petersonらの論文（nature 2006）やMonnierらの論文（ApJ 2012）などをご覧ください。論文により、温度、自転速度、質量などの推定値に違いがあります。

ベガの周辺のリングについては、2013年1月8日のNASAの発表をご覧ください。

（観測普及研究員 大林 均）



事業報告 天文授業サポート

学校現場における天文分野の学習は、教師にとっては最も学習指導が難しい内容の一つです。夜間の観察が必要になったり、天体望遠鏡等の特別な機材や操作技能が必要になったりすることなどから、最も重視されるべき体験的な学習（「本物の観察」）がなかなかできず、図やシミュレーション等による説明になってしまう恐れも大きいといえます。また、ぐんま天文台の「学校利用」においても、「どう教えていいのか分からない」や「うまい観察の仕方が見つからない」等の声が多く聞かれます。さらに、学習指導要領の改訂に伴い、天文分野では、小学校6年生と中学校3年生で学習内容が追加され、天文分野の学習指導における教師の負担はさらに増えています。

そこで、天文分野における子どもたちへの学習支援や、教師への学習指導支援、指導力向上への支援を

目的として、平成21年度から本事業を続けています。多忙な教師の負担軽減を図りつつ、少しでも多くの子どもたちに「本物の観察」をする機会を提供できればと考えています。

本事業の内容は主に次の3つです。

(1) 天体観察会の支援

学校や宿泊体験学習などでの天体観察会をお手伝いします。天体望遠鏡などの機材はぐんま天文台から持参します。天候不良時のレクチャーなどにも、ご希望により対応します。

(2) 授業の支援

学校の先生とのチーム・ティーチング等により、通常の授業の支援を行います。また、学習指導計画

の立案にかかわる電話相談などにも対応しています。

(3) 天体望遠鏡の操作指導やメンテナンス

天体望遠鏡の出張健康診断や簡単な修理、調整等、天体望遠鏡の操作技能講習などに対応します。また、親子行事や、郡市・市町村単位の理科部会主

催研修会、学校の望遠鏡を使った操作講習会などにも対応します。

本事業の利用は年々増えてきており、平成25年度はのべ100校が利用しました。

平成26年度1学期の授業サポートの事例です。

事例1 吾妻郡中学校3年生（学校にて）

天体望遠鏡で太陽を拡大投影し表面の黒点を観察しました。天文台が用意した前々日の太陽画像と比較し、黒点の位置や形、大きさなどが変化していることを捉えられました。また、専用のH α 望遠鏡でプロミネンスを観察し、太陽のダイナミックな活動を実感しました。さらに、天体望遠鏡で金星の形を観察し、金星が満ち欠けすることを実感。肉眼で太陽と金星の位置関係を確認し、金星は太陽があるほうが光っていることを実感しました。

事例2 前橋市小学校5年生（宿泊体験先にて）

星の動きを観察するための方法をレクチャーし、実際に位置を観察。また、レーザーポインターで指し示しながら星空の目印や星座の探し方を解説しました。その後、天体望遠鏡で、月の表面のクレーターや星の色の違い、二重星や土星の観察をしました。天体望遠鏡をはじめて覗く児童も多く、驚嘆の声が上がりました。最後に星の位置を再度確認。星の動きを実感しました。

（指導主事 倉林 勉）



観測レポート

Be/X線連星A0535+262/V725 Tauの長期継続観測

B型輝線星（Be星）と中性子星とからなる連星系（図1）がBe/X線連星です。1—3万度程度の表面温度を示す恒星がB型星ですが、Be星は高速で自転しており、星の周囲には幾何学的に薄い円盤（Be星ガス

円盤）が回転しています。分光すると、円盤に由来する様々な輝線（emission）が観測されることから、B型輝線星もしくはBe星と呼ばれています。

この種の連星はX線でも観測され、短期的な時間変動を示すことが知られています。X線の強度が静穏期に比べて10倍以上明るくなるアウトバースト現象のほか、頻度は低いものの、さらに一桁程大きく増光する巨大アウトバーストが発生します。このような増光現象は、Be星ガス円盤から中性子星への物質輸送によって生じると

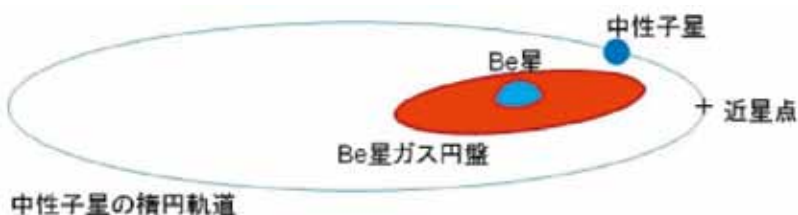


図1 Be/X線連星の模式図

考えられていますが、その詳しい機構については未解明な部分が多く、特に、稀にしか発生しない巨大アウトバーストについては多くの謎が残されたままになっています。

おうし座にあるA0535+262は代表的なBe/X線連星で、可視光でも明るさが変化するため、変光星V725 Tauの別名を持ちます。この天体では、2009年11月に巨大アウトバーストが発生し、その後の2011年2月にもまた巨大アウトバーストが引き続き発生しています。我々は、2回の巨大アウトバーストを含む2009年から今日までの期間、この天体の可視高分散分光観測を継続的に行ってきました。観測には、ぐんま天文台150cm望遠鏡に設置された高分散分光器GAOES（図2）のほか、国立天文台岡山天体物理観測所188cm望遠鏡に装備された同種の観測装置HIDESを利用しています。

観測から得られた長期間を網羅する膨大な高分散スペクトルを解析すると、水素による輝線（バルマー輝線）の輪郭形状に500日程の周期での変動があることが見えてきます。最新の理論研究と連携した精密な分析の結果、Be星ガス円盤の中には非軸対称な構造が存在していて、それが500日程の周期で円盤の中を移動していることがわかりました。直接的な画像ではなく、あくまでも間接的な手法ではありますが、初めて分光観測から対象の空間構造が見えてきたのです。長期間にわたって取得された高精度の観測データと優れた理論との有機的な結び付きによって、画期的

な発見となりました。

時間変動を示す長期間の観測データに対して、我々はさらなる分析を加えています。その結果、アウトバーストの時には、Be星ガス円盤から中性子星へ流れる濃いガス流が存在していることが見えてきました。また、軌道面に対して傾いているBe星ガス円盤には、巨大アウトバーストの時期により曲げられた（warped）形状が発生して変化していることも、より具体的に詳細な姿として明らかになってきています。

高精度な観測データを長期間、しかも緻密な間隔で取得し続ける研究からは、他では得られない情報を獲得することができます。しかし、実際に実行される例は決して多くありません。ある程度以上の規模の望遠鏡では、長期間の観測時間を継続的に確保することが著しく困難だからです。一方、高分散分光観測は、必ずしも恵まれているとは言い難い日本国内の観測環境でも1.5—2m級の望遠鏡の能力を最大限に発揮させることができる数少ない観測手法です。今回の研究は、国内の中小望遠鏡であっても、高性能の観測装置を設置し、柔軟な運用を適切に行えば、世界中の誰にも真似のできない独創的な研究成果が得られることを示しています。

なお、この研究は、京都大学、北海学園大学、兵庫県立大学、広島大学、大阪教育大学、国立天文台などとの共同研究として実施されたものです。また、研究を主導した森谷友由希氏は、その成果から京都大学より博士（理学）の学位を取得しており、教育活動としての実績ともなっています。

（観測普及研究員 橋本 修）

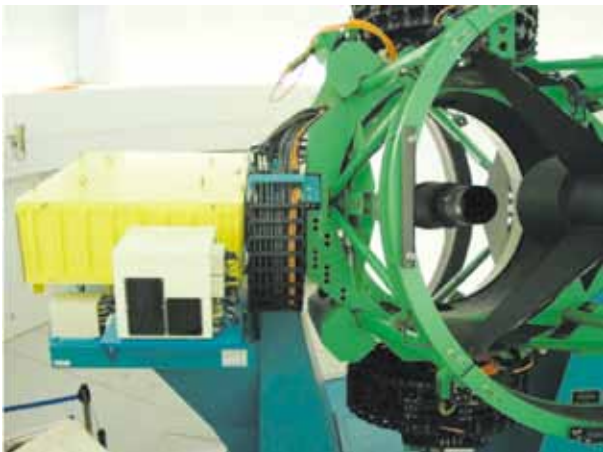


図2 150cm望遠鏡上の高分散分光器GAOES



ぐんま天文台 What's new ～太陽望遠鏡～

天文台開館時から昼間のメインとして活躍している太陽望遠鏡。晴天時には、直径1mの太陽直接投影像と、H α フィルターを搭載した同架望遠鏡でフレアやプロミネンスなどをご覧いただくことができます。太陽望遠鏡も改良を重ね、開館時とは少々違う仕様に進化しています。

【G-band拡大像望遠鏡追加】

同架望遠鏡は1台増えて計6台になりました。G-bandと呼ばれる波長域の拡大像用望遠鏡が追加されています。こちらは、黒点や白斑、粒状斑などのより細かい構造を観察できます。昨年度、フォーカスシステムを改善し、より鮮明に調整できるようになりました。

【オートガイドシステム】

ぐんま天文台の太陽望遠鏡は何度も鏡で反射させて太陽望遠鏡スペースまで太陽光を導いてくるため、調整が難しく、以前は望遠鏡を太陽に合わせると投影像がずれ、投影像に合わせると望遠鏡から太陽がずれるという状態でした。これを改善するためにオートガイドシステムを当初の1系統から2系統に変更しました。

一つは望遠鏡本体をガイドするシステムです。太陽望遠鏡が正確に太陽に向くようにします。もう一つは投影像のずれを解消するためのシステムです。光導管上部にある鏡を可動式にし、投影像のずれを検知して制御します。こうすることで、投影像を太陽望遠鏡スペースの投影板に正確に投影できるようにしています。

【画像取得配信システムの更新】

画像取得システムは、当初のアナログからデジタル化され、カメラ、インターフェイス、PC、ソフトウェアも更新しました。これに伴って展示室の映像がより鮮明

になっています。また、Webへの画像配信もできるようになりました。天文台のWebに「最新の太陽画像」というページを設けて、晴天時には通常5分おきに最新の太陽像を公開しています。ぜひ、学校の授業などでご活用ください。

【分光器の改良】

分光器はイメージローテーターの追加、スリットビューワーの位置やキャプチャーシステムの変更等を行いました。また、コリメーターミラーやカメラミラー等を調整し、吸収線がより鮮明になりました。その鮮明さが分かるように投影スクリーンも改良しました。以前は乳白色の半透明板のみでしたが、これに透明度の高いものと半々にすることにより、吸収線のシャープさが分かるようにしています。さらに、CCDカメラでスペクトルを撮像するシステムを追加しました。

これにより、スペクトル観測も可能となりました。また、以前は回折格子をサポートするユニットは、通常固定されていましたが、角度を簡単に変更できるシステムになりました。CCD撮像する際に、収差の少ない中央部に好きな波長域を持つてくることができます。

【その他】

展示スペースには大型ディスプレイを設置しました。今後、コンテンツを充実させて、動画を含めたよりインパクトのある太陽の姿を来館者の皆様にご覧いただけるようにしていく予定です。

(指導主事 倉林 勉)



Hello! 全国の天文台 ～西はりま天文台～

私が「西はりま天文台」に赴任したのは2年半前。それまでは、私が組織の長になるとは思っていませんでした。天文学についてはある程度の訓練を受けたので「きちんとした天文学の研究をすることができる」という自負は多少あります。が、天文台のトップに課された仕事は研究だけではありません。むしろ「どのように組織を束ね、明確に方向性を示すか」がより重要な任務でしょう。こんなことなら帝王学を学んでおけばよかった、と半ば本気で思います。

西はりま天文台を外部から眺めていた時には、次のような感想を持っていました。「森本さんと黒田さんという、とんでもなく個性的な人がいる」「どういう魔法を使ったのか知らないが、立派な『なゆた望遠鏡』ができた」「しかし、外部の人間が研究で使おうとすると、いろいろと制約があってちょっと使いづらいな」「西はりまにいる人は広報普及活動に力をいれていて、研究主体の大学の人間とは違うベクトルを向いているようだ」。

ところが、黒田さんが退官された平成24年に天文台は兵庫県立大学の所属となり、その環境が大きく変わりました。「なゆた望遠鏡を使って研究成果をもっと出しなさい」というのが兵庫県知事の意向です。そ

して私が採用されました。赴任当初はわからないことだらけでした。職場をまとめるにはどう振る舞えばいいのでしょうか？学長とか事務局長といった「偉いおじさん」とは何を話せばいいのでしょうか？いるか座ってどこにあるのでしょうか？特にわからないことは、次の二つのことです。

1. アマチュアとプロの境界はあるのでしょうか。私は天文学のプロです。一方で、組織の管理者としての訓練は受けてきませんでしたし、「長」のつく役職にいる人からは様々なことを教えられてばかりです。しかし「長」という役職の対価としての給与をもらっています。こんな私は「管理のプロ」なのでしょうか。西はりま天文台では「はりま宇宙講座」という星空案内人の制度を近隣施設と共同で運営しています。この講座では、一定の基準を満たした人に対して、案内人や準案内人という身分を付します。このようにアマチュアを格付けすることは許されるのでしょうか。この講座ではアマチュアが試験官となって、アマチュアを審査することさえあります。アマチュアの人々にどこまで責任を負わせていいのでしょうか。



日本学術振興会の「ひらめき☆ときめきサイエンス」事業の一つとして、高校生を対象とした2泊3日の天体観測実習を行いました。この写真は最終日に撮った集合写真です。

2. 西はりま天文台にいるスタッフの過半数は、任期付きの身分です。どのようにして彼らに業績を積み重ねてあげればいいのでしょうか。任期付きの身分は本当に大変です。遅くとも5年後までには次の職場を見つけなければなりません。そのためには研究業績を積むこと、すなわち一本でも多くの論文を発表することが必要です。しかし、たいいていの場合、上司は無理解です。平気で研究以外の業務を押し付けます。これは西はりま天文台に限らず、どこでも同じです。ただし、国立天文台や他の大学では、研究以外の業務と呼ばれるものは観測装置や解析プログラムの開発だったり、研究会を開催する時の補助業務だったりします。こうした業務は、間接的ではありますが自分の研究に役立つものと捉えることができるでしょう。一方で、西はりま天文台では、展示物の更新や観望会での人の誘導といった純然たる研究以外の業務です。しかも、業務にかかる時間は大学に比べて圧倒的に長いです。

さらに、これらの仕事が業績にカウントされにくいという欠点もあります。展示物の更新は教育普及の論文としてまとめられる可能性はあります。が、天文分野で教育普及の業績が正当に認められているかは、議論のある所でしょう。

赴任して2年半が経ってもまだまだ手探りの状態ですが、良い点もあります。それは天文台が大学の所属になったことです。若い人間の力は絶大です。2, 3人が天文台に常駐するようになると、一気に天文台の空気が変わります。それまでは、少数の人間が山の中に勤務するため閉塞感が漂うこともありました。しかし、学生が元気に活動していれば、そんな空気はどこかに飛んでしまいます。これからも大学生や大学院生の力を借りて、西はりま天文台を発展させようと考えています。

(兵庫県立大学自然・環境科学研究所

天文科学センター長 伊藤 洋一)



世界の天文台 ～ハッブル宇宙望遠鏡～

日本では昨年は午年であった。だからというわけではないだろうが、アメリカ大陸からプレゼントされた(?) 驚異的な馬の画像が図1左である(むろん何か研究の意図があったのだろうが、私にはとんとひらめ

かない)。これはハッブル望遠鏡(図2、次ページ)による近赤外線での馬頭星雲である(脚注1、2)。なぜ驚異的なか。それには、まず可視光での馬頭星雲の見え方を知る必要がある。天文ファンなら一度は望遠



図1 馬頭星雲。左がハッブル宇宙望遠鏡による近赤外線画像(NASA提供)、右が新井寿指導主事による画像で、左の画像は中央下の拡大になっている。



図2 ハッブル宇宙望遠鏡 (NASA提供)

鏡で見てみたい星雲のようである。そして望遠鏡ではまずはずいに見られない星雲である。しかし、もしここでもう一步踏み込んでたとえばデジカメでも使えば、とたんにシルエットが浮かび上がる(図1右)。この星雲は中央右の上端の高温星がなかったらなかなか気がつかなかったことであろう。この星が「カーテン」のような赤い光の原因である。カーテンの部分は「光化学スモッグ」のような状況で、スモッグ表面での光が見えているのである。馬のシルエットはその手前にあってとりわけ「スモッグ」が濃い場所であり、後ろの「カーテン」が見えなくなっている。さて、図1左ではどうか。近赤外線では少々スモッグは見通せる。カーテンの部分はガスはそう濃くはないのでほとんど透明のように背景の星が見える。画像は裏表紙にあるのでこちらでご覧いただく必要があるが、小さく、ゆがんでぼんやりした形状の銀河までみえている。銀河は天の川の外にあり馬頭星雲の一万倍以上遠くの天体だから、カーテンの部分は確実に見通せているのである。問題は馬頭の部分である。くすんだ赤のように見えている部分は、まさに可視でみたカーテンのようになっていられる。と

ころが、その馬の頭をよく見れば、カーテンのところ同様、はるか遠くの銀河の姿が見えている。しかも、スモッグがきびしい部分(馬でいえば胴体に近いところ)ですら、銀河が見え、しかも集団(銀河団)もあるようにすら見える。近赤外線ならばスモッグの向こうでも天体が見える、これは大学で天文を学べばもう百も承知のことである。しかし、馬頭星雲くらいにスモッグが濃いのであれば、さすがに向こうもそんなには見えないのではないか? 結局、まだ可視光の感覚が抜けないのであるが、そんなことを木端微塵にしまう画像なのである。確かに、近赤外線であれば銀河中心をみても光は1/6程度にしか弱まらない(可視光

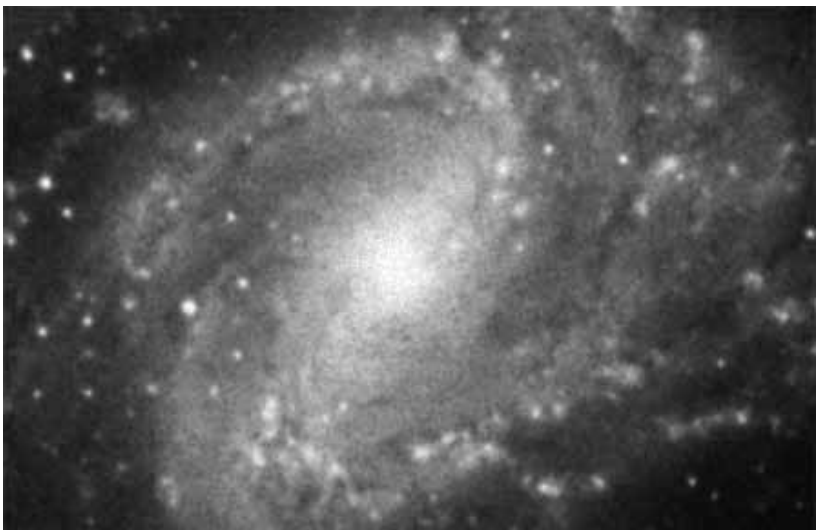


図3 (上) ハッブル宇宙望遠鏡によるM83 (NASA提供)、
(下) 同天体の写真乾板によるもの

なら1兆分の1になってしまう)と知識として百も承知していれば、馬頭星雲程度ならすかさず透明に見えるはずなのは道理であり当然なのであるが、その道理というものをまざまざとみせつけられた画像なのであった。

図3上は同じくハッブル望遠鏡によるM83という銀河である。銀河は天の川の外にある天の川と同じ種類の天体である(脚注3)。天の川は「銀河鉄道の夜」の時代から幾多の星からなることを我々は知っている。大学でも、1960年代の古いぼんやりした(!)白黒の銀河の画像をみて(図3下にサンプル)、それでも星の集団であると思っている。しかし、本当に星からなることはこの目にはしたことはなかった。それをまざまざとみせつけられたのがハッブル望遠鏡である。ステラライト37号でも同様の天体を取りあげた。

この切れ味(解像度)。これはハッブル望遠鏡が宇宙望遠鏡であることが一番の理由である。空気の影響がないため、どのくらい細かいところまで見えるかは、まずは望遠鏡の大きさ、光学系の完成度であるが、これが理想的であれば最終的にはカメラの画素の大きさで決まる(脚注4,5)。これらの銀河の中の個々の星の明るさを調べるのは星のプールを泳ぐような感覚である。測定の際には3000光年の範囲の星が一望のもとにあり、最終的には銀河一つの中の星のデータがまるまる得られる。巨大なかつおあるいはくじらをまるまるさばく料理人、マンモスまるごと一頭の化石を調べる学芸員の感覚といえるだろうか。

この解像度を生かして、ハッブルは次々に成果を出し続けた。そのもとになった印象的な画像は書店にまた図鑑があり、成果も解説本は多いが、1990年の稼働からまもなく四分の一世紀で個人的に印象に残るところでは、オリオン星雲の手前にある原始惑星系円盤の検出(これも背後の星雲の光をシルエットにしている。解像度がよくないととたんに背景光にまぎれたことであろう)、運用初期に宇宙の大きさを決めた観測、最近の超遠方の銀河の発見のすばる望遠鏡とのデッドヒートがある。

指をくわえてみているしかない我々としては、この解

像度や、審美的ですらある、ということをおいておくと、我々にとってのポイントは我々が何を予想しているかにある。暗黒星雲の向こうまで果たしてみえるのか、銀河の星はついに分解されてみえるのか、といった予測や期待があればこそ、ハッブルの画像は時にととうとう到達したかという感慨やときに理解不能な濁流を与えてくれる。これらと向き合う経験を積むことが、天文学に踏み込むことなのである。読者にしても一度そういう感覚をつかめば、天文学に一步入り込んだという感覚が理解できるだろう。そのお手伝いこそ、ぐんま天文台の大切な役回りであるといえるだろう。

(脚注1) この天体は1888年ハーバード大天文台にて発見とのことである。当時は写真乾板の観測だったから、現像して最初にその画像をまのあたりにした人の「wow!」は想像に余りある。もっとも、このような天体はあまたあるから、またこんなのが現れた、程度だったかもしれないが、ほくほく感は察せられるだろう。一般に、天体を初めてみつければそれは業績となる。うらやましい限りである。

(脚注2) その望遠鏡打ち上げに至る経緯はNASAのもっと長い歴史を俯瞰した『NASA』(中公新書)に詳しい。NASAは他にもケプラー衛星(今回の記事でも登場)、コンプトン衛星などを打ち上げており、幅広い天文学の推進に寄与している。

(脚注3) あなたが4年5組の生徒で、そのなんとか小学校が天の川(一般に銀河)だとすれば、別の小学校がM83にあたる。

(脚注4) ハッブル望遠鏡は打ち上げ直後は、鏡がやや平らに磨かれていたため、所期の解像度はでなかった。船外活動で「視力手術」を成功させたその闘志!そのためにガイジン部隊が妥協を排し、最もbriskに、合理的に、どんな議論をして予備試験を行ったのか、その原動力は何であったか、大変興味深い。

(脚注5) 思い出すのは1990年代後半に海外からアンドロメダ銀河の星の明るさの観測依頼が来たことである。この星の明るさは周期的に変わるので、とにかくデータがほしい、なんでもいいから取ってくれ、といわれて、そうはいつでもここ(群馬ではない)の解像度は地上の中でも悪すぎ(て星が分解できず測定に困)るだろうからなあ、と当時の所長さんとぶつぶついいつつデータを渡したら、二度とリクエストは来なかった。

(観測普及研究員 長谷川 隆)



私と天文台

「公開天文台」も「天文台」も、世間一般の人から見れば『天文台』であって、「望遠鏡で星を見るところ」だったり、「夜な夜な天文学者が研究しているところ」だったりする。普段生活している世界からは切り離された、どこか浮き世離れた感を抱く。

「公開」天文台だから誰でも見学できるのだと聞いても、「天文台の説明パネルや、星や宇宙の解説展示があるぐらいだろう」「昼間でも望遠鏡を覗かせてくれるのかな」と思うのがせいぜい。気軽に立ち寄って、宇宙や天文の四方山話に花を咲かせ、時には驚きを、時には感動を味わえ、思わぬ視点の転換を体験することさえできる密度の濃い時間を過ごせる場所だとは、夢想だにしないだろう。

自分が公開天文台に関わるのがなかったら、まったくこの通りだったに違いない。そうして、公開天文台には滅多に寄りつかないだろう。星を見る以外に面白みがなさそうだから、と。

だが、関わってしまった。関わってしまった以上は、上記の印象・先入観は違うんだということを、世の中に発信したい。発信しなければならない。何のために？

入館者数を増やしたい。はい、その通り。だって、そうしなければ天文台は「無駄なハコモノ」だと言われてしまうから。一人ひとりが受け止めたもの、耕されたものの、持ち帰った目に見えないあれやこれや、つまりは、知識や思考や心の充足に目を向けず、「何人来たか」だけで評価されることもそうだが、とにかくそれは、身を振り、歯噛みするほど悔しいことなのだ。悔しさを味わいたくなければ、とにかく世間一般の人に来てもらわなければならない。でも、天文台への先入観があるから、まっすぐに「こんな魅力がありますよ」と言ったところで、誰も耳を傾けてくれない。だから、面白そうな、興味を惹きそうな事柄を題材にしてイベントを打つ。来て見て聞いて、そうして語り合ってくれば、「あれ？思ったのと違うぞ」と感じてもらえるはずだから。

なにしろ、ここには、数値化できない資源・資産があり、一人ひとりに合わせて、それを活用したり、新たな

資源・資産を産み出したりできる人材、「専門職員」がいるのだ。この資源・資産には専門職員自身も含まれる。この部分に関しては、いまや酸素を求めて水面であっぴあっぴし、横倒しにすらなっている金魚のような状態ではあるが。

さて、発信の話に戻ろう。何のために、ありがちな印象や先入観は違うんだということを発信したいのか？

「天文学」を知って、専門家を応援して欲しいから？

日常会話の中に星や惑星や宇宙の話が普通のことのように入ってくる「天文文化」を創造したいから？

そうではない。それは形や行動としての現れではあるが、それが目的なのではない。

世間を見渡せば、衣料、医療、食料生産、食料加工品、住居、電気製品などなど、科学を礎にした技術である「科学技術」やその成果を利用した事物に満ちあふれている。天文学に關係する物理学を基礎にしているのが、たとえばGPS。一般相対性理論がなければ、カーナビで得られる位置情報や、正確な時刻などを、今のように手軽に得るなんてできなかったはずだ。多天体分光を実現した光ファイバーは、所変われば、艶やかなシルク調の繊維に化ける。天然繊維にきわめて近い光沢や感触を得るために、どんな科学技術が使われているか、どんな努力があったか、知って損はないだろう。そうして、微弱な光にも感度があり、入射光量に比例する電気量を記録するCCDカメラは、天体観測で絶大な威力を発揮するが、同様の技術を使ったデジタルカメラは、日常生活に当たり前のように満ちあふれている。天体観測に使うカメラは白黒である。光量を記録するだけだから。デジタルカメラもそのはずだが、カラー写真が簡単に撮れる。いったい、何をどうすれば、白黒の記録からカラー画像が得られるのだろうか？そもそも観測データが白黒だというのが、研究機関からはカラー画像がよく公表される。あれは何なのか？身の回りに、不思議はいっぱいあるのだ。

不思議だけではない。知っていないと身の危険を招くことすらある。酸性とアルカリ性の洗剤を混ぜると、

なぜ危険なガスが発生するのか？化学反応や元素の話もまた、天文学と関係が深い。

公開天文台で何をしたいのかというと、天文学や天文にまつわる諸々の事柄を楽しむ「天文楽」に触れて、今生きている世間に満ちあふれる科学技術を、意識し

たり捉え直したりしてもらいたいのである。それが、世間を生きていくために欠かせない知識と知恵を産み出すから。

(観測普及研究員 濱根寿彦)



事業報告 平成25年度天文学学校～はじめての彗星観測～

「いったい何をやったらいいんだろうなあ。」ご存知のとおり、宇宙にはさまざまな天体があります。惑星からはじまって、太陽、恒星、星雲（散光星雲、暗黒星雲、惑星状星雲）、星団、銀河、ガス、ダークマター、、、。みなさんがいきなりこれらの天体と向かい合ったら、何をどこから調べるかさぞかし途方にくれるでしょう。我々もこれはまったく同じです。平成25年度の天文学学校では、計画段階ではあのISON彗星が満月のように明るくなるとの予想でもちきりでしたが、これまで彗星は観測すらしたことがない担当としては、お決まりの「でも、何を、どのように？」でとたんに？マークだらけになっていました。とりあえず脳裏に浮かんできたのが、倉庫にある狭帯域フィルターというフィルターです。ステラライト39号でも出てきましたが、原子や分子の出す特定の光だけを取り出すことができる魔法のフィルターです。これが別途、彗星用にそろえてあったので、これを活用してみるか。こう思ったきっかけは、広く使われている彗星のスペクトル例のもとになった生画像です（図1）。これからCN（ $\sim 3850\text{\AA}$ ）、 C_3 （ $\sim 4050\text{\AA}$ ）、 NH_2 （ $\sim 6380\text{\AA}$ ）という分子の光（ライン）を考えていきますが、下の虹をみていると非常に青いCNはカメラの感度が悪いはずなのにどうも空間方向（虹の画像では縦方向）に広がり、 NH_2 は真逆。空間方向の広がりとはどんなラインでも同じなのだろうか？

で、運命の11月29日。ISON彗星は太陽近傍にてご存知のまさかやっばりの大崩壊。すばる望遠鏡では近傍通過前の高分散観測などで成果は出たものの、天文学学校では後の祭りでもうどうしようもありません。

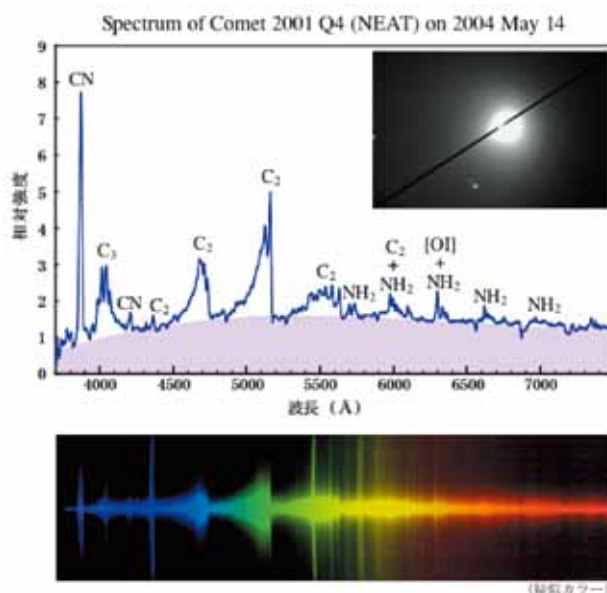


図1 彗星のスペクトルの例

しかしもう広報に回っていましたから、いまから主題まで変えるわけにもいきません。お使いになってみればわかりますが、狭帯域フィルターは極端に写りが悪いのでかなり明るい対象でないと難しいはず。また、逆に明るくて広がりすぎていると彗星の端までカバーできず構造がわからないかもしれない。ということで、急遽、当時接近していた彗星を対象としたものの、設定した事前観測日も次々降雪に敗れ、戦々恐々手探りのまま観測の当日を迎えました。ところが。天体は案外いい塩梅に写り込んだのでした（表紙画像、左）。まずは、ほっ。。。

観測でとれたての画像をみながら、参加者からCNが一番広がっている気がする、という感想が聞かれました。内心、「よしよし!」。こういうところに自分から

気づくようになるのが一番大切なポイントなのです。観測室では、なぜCNが広がるか、諸説が飛び交いました。CNにかぎらずC₃もNH₂も他の分子も太陽の光を受けて光ります。CNは非常に青い光ですからそれを光らせるにはより青い太陽の光を受ける必要があります、これは彗星の頭(コマ、大きさ10000kmくらい)の表面でないと届かないのではないかなど。これは、あとになって、彗星の表面だけ見ているのではなく、向こうまで完全に見通せていることがわかったので、そうではないことがわかりました。その後、やや大変なデータ処理を行い、最終画像(表紙画像、右)にたどりつきました。ここではCN、C₃、NH₂を青(B)、緑(G)、赤(R)に割り当てて着色してありますが、確かにCNの光が広がっている。数値でも広がりスケールは倍くらい違っていました。でも、この種の観測は例があることもわかり、これだけでは天文学は終わらせませんでした。少しでも、何か新しいことをやってみるのが天文学です。あれこれ文献を読むあいだに彗星のコマの状況が担当にもわかってきました。彗星のコマはラインでみる分にはほぼ透明すかすかだと考えてよく、分子の明るさの広がりや違いは本当に光の強度の広がりや違いだと思っていよいよ。各分子は彗星の中心核(数km)から蒸発したあと、分子(例えばHCN)が一度太陽光でCNに分解し、これに再び太陽光が当たって光るのを見ていること(2段階)。各分子は蛍光塗料のように光を浴びてから時間がたつにつれてある時定数でだんだん光が弱まること。Haserという人がモデルを作り(1957年。ベルギーの天文学雑誌に掲載されたらしいが、原文はオンラインにはない。しかも、フランス語で書かれていると思われる)、分子の光の広がりや分子が広がる速度と蛍光の時定数のかけ算で決まり、Haserのモデルで速度や時定数の実測はあること。さあ、どうしよう。

もちろん太陽光は黒点活動の時期に応じて強度も変わりますし、太陽からの距離にもよるので、同じことを今回の観測でやってもよかったのですが、ここですかすかの頭を横切ったのがAbel変換でした。まったく別種の天体であるところの球状星団や楕円銀河で主

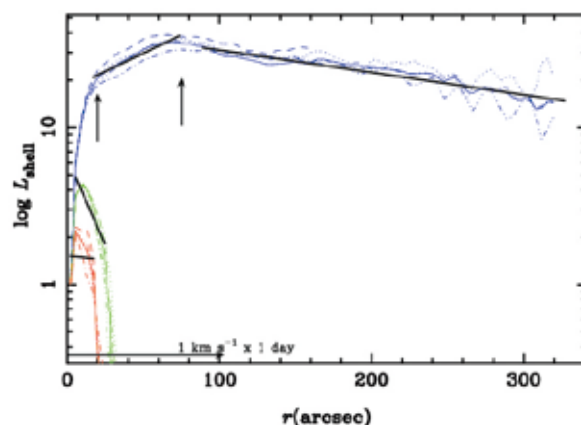


図2 彗星のガスの明るさ。中心(左端)ではまったく光らないが、外(右側)にいくにつれだんだん強くなり(線が高いところに来る)、青線(CN)では80秒角より外側で光は再び弱くなる。

に適用され、観測された明るさ(中心から外側に暗くなる、2次元)から、空間的な天体の明るさ(3次元)を推定する方法です。分子が蒸発して広がりながら光るというHaserのモデルでは、一定の蒸発率かつ2段階のプロセスで光ることが前提になっていましたが、Abelの変換ではそれらを前提とせずに明るさの3次元のプロファイルが観測そのままに描ける。蒸発率が変化した場合でも対応できる方法なのです(もっとも、その先の解析は楽ではないだろうなあ)。ということでやってみた計算が図2。どの分子でも明るさがピークになる部分が見出され、それより彗星に近い部分はHCNからCNなどに壊れるプロセスが優勢な部分、ピークより遠い部分はCNが光を放出するのが優勢な部分、ピークはCNが生産されるのと光ってCNが壊れるのがバランスする部分と考えられます。その距離も簡単に読めますし、その前後の傾きでHCN→CNとCN→CN+の時定数の比もわかる。

で、「それで、何が面白いんでえ」ですか?なかなか追求しだしたらきりがありません。彗星もときに急に明るくなる時がありまして、アウトバーストとよばれるようなのですが、そのときにでも物は試しで一つ観測してみようというのはどんなものでしょうか。

(観測普及研究員 長谷川 隆)

天界四季折々

★季節の主な観望天体

※時期、時間帯によりにより見えないこともあります

惑星：木星

星な ど：冬のダイヤモンド（カペラ、ポルックス、プロキオン、シリウス、リゲル、アルデバラン、ベテルギウス）

星 団：ペルセウス座h-χ、M37（散開星団）

惑星状星雲：NGC2392（エスキモー星雲）

星形成領域：M42（オリオン大星雲）

銀 河：M81、M51

★観望マメ知識

惑星

太陽系の天体で地球もそのひとつ。みな太陽のまわりをまわっており（公転）、その軌道の内側から順に、水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星となる。2006年までは海王星の外をまわる冥王星も惑星と分類されたが、現在では準惑星という分類になっている。可視光では、太陽の光を反射して光っているといってよい。木星から外の巨大惑星には環があるが、観望会では土星の環しかみえない。最大の惑星は木星（地球半径の10倍）。土星の環は半径約20倍だが、厚みは1km程度といわれる。木星、土星の衛星は80個程度が知られるが、まだ暗いものが見つかる可能性もある。

恒星

中心における核反応をエネルギー源として、みずから光る星。太陽は恒星の中では標準的で、半径は地球の109倍、質量は33万倍（密度では何倍になるか?）。一等星は、数百光年以内の太陽のような普通の星も多いが、デネブ、リゲルなどもっと遠くのものもある。望遠鏡でみると二つ以上見えるものが重星であるが、単に同じ方向に見えるが距離はまったく異なるものもある。星の一生のうち最後の短い期間は赤色巨星とよばれる赤く巨大で明るい星として過ごす。

惑星状星雲

太陽系の惑星とはまったく関係がなく、星の一生の最後のステージである。質量により終末現象は異なる。惑星状星雲は太陽程度の軽い星の終末。なんらかの対称性が見えることが多い。なお、重い星の終末は超新星爆発と考えられている。

星団

恒星の集団。あえて大きく分ければ、古い星の大規模（典型的には数十万個）集団の球状星団と、若い星の小規模集団の散開星団となる。散開星団は天の川沿いにあり、夏の空にも冬の空にも見られる。カタログなどで知られる星団は多くは天の川でできたものだが、例外もあって、これらは天の川の形成の歴史の研究には重要である。

銀河

恒星の大集団であるが、他に恒星間の空間に水素や一酸化炭素のガス、暗黒物質などを含む。階層構造としては銀河は上記の諸天体を含んだ一ランク大きな階層になる。楕円銀河、渦巻き銀河、サイズの小さな矮小銀河に大別される。天の川は我々の太陽が所属する銀河で、約1000億個の星を含み、典型的な大きさの渦巻き銀河である。

1光年

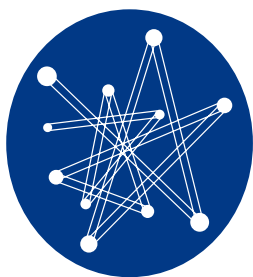
光が一年かけて進む距離。光速は毎秒30万kmであるから一年の秒数をかけると約10兆kmと求まる。

等級

天体の明るさを示す。数字が1つ大きくなるごとに約2.5分の1の明るさになる（暗くなる）。こと座のベガ（織姫星）は（ほぼ）0等級で、明るさはこれを基準に測られる。5等級の違いが明るさの100倍に相当する。



近赤外線でみた馬頭星雲 (NASA提供)。近赤外線で見ると星雲の向こうまで、おそらく何億光年という遠くの銀河まで見通せていることがわかる (本文9ページ)。



GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

県立ぐんま天文台

発行日 ■ 2015年3月

発 行 ■ 県立ぐんま天文台

電 話 ■ 0279-70-5300

F A X ■ 0279-70-5544

所在地 ■ 〒377-0702 群馬県吾妻郡高山村中山6860-86

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。
