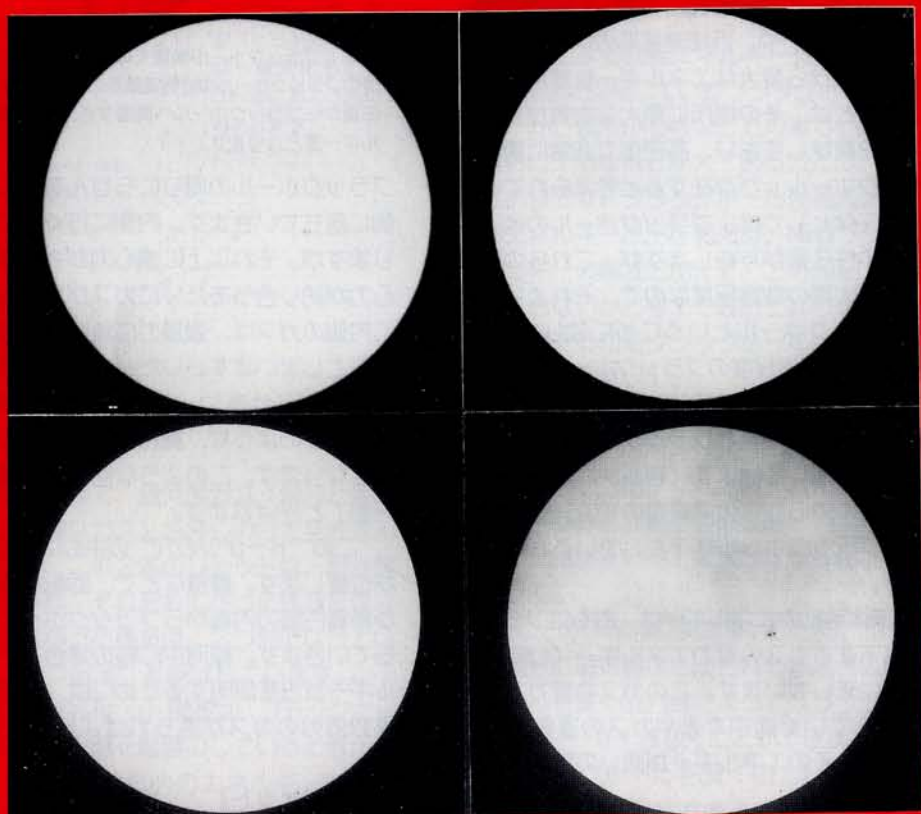


宇宙now

1993 December, No.45

Monthly News on Astronomy and Space Science



高橋真聡：ブラックホールからエネルギーを取り出す方法

バーセク：東修一 ～南の国の天文台オープンの話～

シリーズ「銀河系をさぐる」第9回：生まれ出るところ

ぶらり佐用：星の都づくり「星の都絵本大賞」

わくわく天文ランド：ヒアデス星団（おうし座）

ミルキィウェイ：ケルベルス座「みかけだおし」

前編のおさらい

前編（7月号）では、ブラックホールがその強重力によって周りの空間や時間の進み方を歪めてしまうことについて説明しました。また、「ペンローズ過程」によるブラックホールの回転エネルギー抽出機構を取り上げ説明しました。今回は、ブラックホールの周りに磁気圏を考え、磁場によってブラックホールからエネルギーを取り出す方法について説明していきます。

5. ブラックホールが引き起こす激しい天体現象

活動銀河中心核¹や、近接連星系のいくつかは、非常に狭い領域から莫大なエネルギーを放出しています。このことは、その場所に莫大な物質が集中していることを意味しており、高密度で非常に重い天体「ブラックホール」が存在すると考えられています。高密度天体としては、ブラックホールの他に白色わい星と中性子星が存在しますが、これらの天体の質量は高々太陽の数倍程度なので、それより重い天体だとブラックホールということになります。

太陽の質量の数倍程度のブラックホール候補は数個見つかっています。これらは白鳥座 X-1 に代表されるように、普通の星とブラックホールからなる近接連星系を形成しています（図6）。活動銀河においては、その中心核に太陽質量の100万倍から1億倍もの巨大ブラックホールが存在していると考えられています。

激しい天体活動のエネルギーは、おもにブラックホールに落下するガスの重力エネルギー（位置エネルギー）に由来しています。このガスの重力エネルギーは、落ちていく途中で光やガスの運動エネルギーに転化し、そのエネルギーが周りの空間に放出されます。

近接連星系の場合には、単独で存在するブラックホールと違って、相方の普通の星からブラックホールに降り積もるガスが豊富に存在します。銀河中心核の場合にも中心領域に豊富なガスが集められていて、中心のブラックホールに落ち込んでいると考えられます。

これらのブラックホールへの降着ガスは、次第に加熱し高温のプラズマガス（電離ガス）となって²、

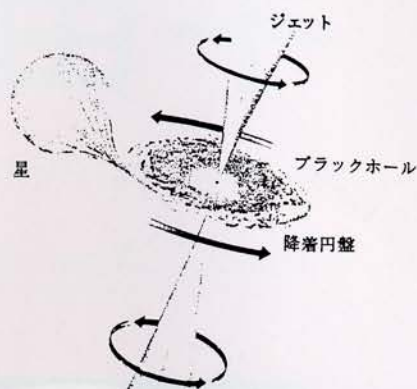


図6：ブラックホール候補天体のモデル。太陽質量の数倍程度のブラックホールは近接連星系のなかに観測されています。主星からブラックホールへ降着するガスが活動のためのエネルギー源となります。

ブラックホールの周りにらせんを描くようにして内側に落ちていきます。内側に行くほど重力が強くなりますが、それ以上に遠心力が強くなり、重力と遠心力が釣り合うあたりにガスがためられます。さらに内側のガスは、強重力に負けてブラックホールに落ちてしまいます。したがって、ブラックホールの周りのガス分布は、ドーナツあるいはコンパクトディスクのような、真ん中にすっぽり穴の開いた構造になります。このような回転円盤構造は、「降着円盤」と呼ばれます。

この“ドーナツの穴”の中心にはブラックホールが位置します。摩擦などで、回転が遅くなったガスが降着円盤の内端からブラックホールへと徐々に落ちていきます。銀河中心核の場合、その膨大なエネルギー放出を説明するためには、一年間におよそ太陽数個分のガスが落ちればよいと考えられています。

【宇宙ジェット】

活動銀河中心核や近接連星系の中心領域からは、「宇宙ジェット」と呼ばれる高速のプラズマガスがビーム状に絞られて放出されている例が数多く見つかっています（図7）。中には、光速の数パーセントにまで加速されているものも存在しています。また、一億光年もの巨大なスケールにわたってそのような構造が見られるものもあります。図7は電波で見た宇宙ジェットです。2本のジェットが、

解説1：通常の銀河の100倍から1万倍ものエネルギーを放出している銀河の中心核。詳しくは、8月号の「宇宙をにぎわす活動銀河中心核」三分一清隆氏を参照してください。

2：重力エネルギーが熱エネルギーに転換するためです。この熱エネルギーは、さらに光のエネルギーとなって放出されます。

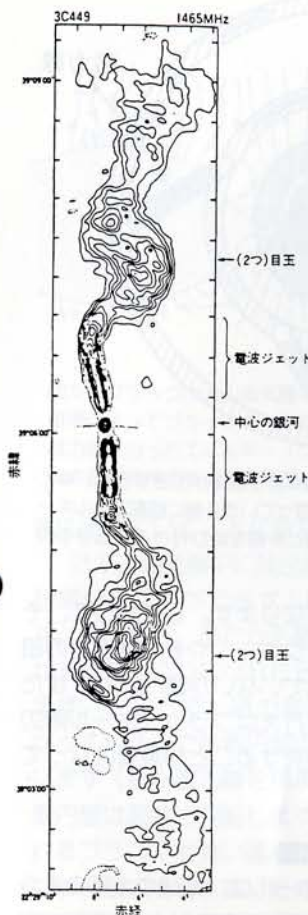


図7：宇宙ジェット（電波銀河3C449）。非常によく絞られた高速のプラズマビーム流。宇宙ジェットのなかには一億光年ものスケールにおよぶものもあります。

中心の銀河から始まって、銀河間ガス（銀河と銀河の間に分布する希薄なガス）を押しつけて突き進んでいます。やがて、この2本のジェットは、銀河間ガスにせき止められ、それぞれ広がった構造を作ります。これらの広がった構造は、2つ対になっていることから、“2つ目玉”と呼ばれています。

このような高速のジェット構造は、ブラックホールとその周りの降着円盤を起源にしていると考えられます。ジェット加速のためのエネルギーは、ブラックホールの近傍で十分生成できますが、どのようにしてプラズマを絞られたビーム状に加速するかの問題は、未解決のままです。

しかしながら、このジェット構造とそのエネルギー放出の問題を解決するカギは、ブラックホールの周りの磁場（磁力線³）の存在にあると考えられて

います。似たようなジェット構造は、星生成領域などでも観測されていて、らせん状に巻きついた磁力線によるモデルでうまく説明されています。

以下では、ブラックホールの周りに磁場を伴う降着円盤が存在し磁場の卓越した「磁気圏」が形成されるとして、活動銀河中心核、とくに宇宙ジェットの問題について考えていきます。まず、6章では、ブラックホールと磁場の相互作用によりブラックホールの回転エネルギーが引き抜けることを紹介します。このエネルギーは、絞られたジェットのエネルギー源として期待できます。次の7章では、磁気圏としての活動性を取り上げ、ジェット構造の形成とプラズマ加速について考えていきます。

6. 磁場による回転エネルギー抽出

最高速に回転しているブラックホールの回転エネルギーが、銀河中心核などでの激しい活動性を説明するのに十分なほど膨大であることは、前編で述べたとおりです。ブラックホール候補天体における激しいエネルギー放出を思えば、降着プラズマの重力エネルギーの解放に加えて、この回転エネルギーが利用できないかと考えてみたくなります。（以下の話に出てくる回転ブラックホールについては前編を参照してください）。

この回転エネルギーの抽出は、“負のエネルギー粒子”をブラックホールに落とすことで可能です（ペンローズ過程）。しかしながら、負のエネルギー粒子が作られるためには厳しい条件があって、実際の天体現象の中では残念ながら起こりそうありません。

ところが、非常に興味深いことに、ブラックホールの周りに磁気圏が形成されている場合には、ブラックホールを貫く磁力線によってブラックホールの回転エネルギーを引き抜くことができます⁴。このことは、ブラックホールを貫く磁力線の回転速度がブラックホールの回転速度よりも小さく、ブラックホールが磁力線を引きずる格好のときに可能となります。

太陽のような星の場合には、星を構成するガスが磁力線ががっちり捕らえてしまうので、磁力線は星の自転にともない、星に張り付いたように一緒に回

3：磁力線の接線方向が磁場の方向を示します。ただし、磁力線といっても、実際に“線”のようなものがあるわけではありません。ここではプラズマを流体として扱っていますが、流体としてのプラズマが磁場の方向にしか運動できず、プラズマの運動が線に沿うように見えるので、“磁力線”みたいなもの考えると便利なのです。磁場とプラズマが引き起こす様々な天体現象については、4月号の「宇宙には磁石がいっぱい」（柴田一成氏）を参考にしてください。

4：ブラックホールから周りの磁気圏へのエネルギー移動が生じるということ。電磁気的な負のエネルギーがブラックホールに落ちると考えるとペンローズ過程と同じ様に理解できます。

転します。すなわち、星の回転角速度と磁場の回転角速度は等しくなります。この場合には、星から磁気圏への回転エネルギー輸送は生じません。

ところで、ブラックホールには星のガスに対応するものではありません。しかしながら、磁場の入れ物である時空（慣性系）そのものが、磁場を引きずります⁵。この場合、ブラックホールの角速度と磁力線の回転角速度は、一般にずれていても構いません。実は、このずれがあるからこそ、回転エネルギーの抽出が可能となっています。

エネルギー引き抜き効率最大になるのは、磁力線の回転角速度がブラックホールの回転角速度の半分の時であることが示されています。ブラックホールと磁力線の回転角速度が等しいときには、両者間でエネルギーの出入りはありません。この状況は、磁化した星の場合と同じですね。また、磁力線が回転していないときにも、磁気圏が回転エネルギーをもらっていないので、エネルギー抽出はありません。一方、磁力線の方が速く回転していると、磁気圏の回転エネルギーがブラックホールに流入し、ブラックホールはより速く回転しだします。ブラックホールと磁力線の回転方向が逆向きであるときには、両者とも回転エネルギーを失い、回転が遅くなります⁶。

磁場による回転エネルギー抽出は、ブラックホールの回転による「時空の引きずり」によって、内側の時空（慣性系）ほど回転方向に強く引きずられる効果に由来します。この効果のため、ブラックホールを貫く磁力線は、引き伸ばされそうになります。しかしながら、磁力線にはゴムのようにもどる力があるので、ブラックホールの回転にブレーキをかけることになります。そして、その反作用として磁力線が回転のエネルギーを得るのです（図8参照）⁷。引き抜かれたエネルギーは、磁力線に沿って遠方に運ばれます。このとき磁力線は、あたかもブラックホールと遠方の領域を結びつけるワイヤーのような役目を果たしています。

さて、こうして電磁気的な機構で引き抜かれたエネルギーの一部（あるいは大部分？）は、磁気圏内部で二次的に光のエネルギーやガスの運動エネルギーに形を変えて、ブラックホールから離れた領域に運ばれます。我々は、このような磁気圏から離れ

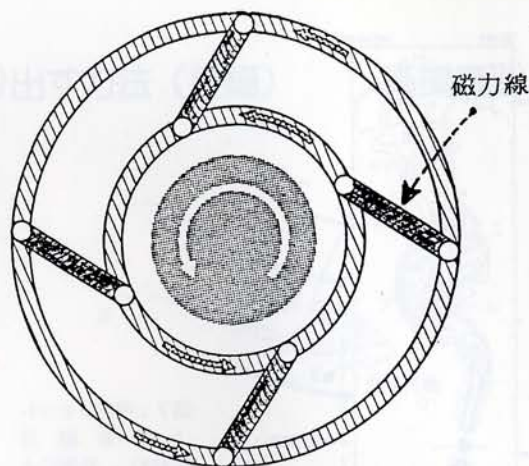


図8：ブラックホールの回転により磁場が引きずられ、早く回っている内側からより遅く回っている外側に回転エネルギーが運ばれる。磁力線は、内側と外側を結び付けるゴムひものように振る舞う。

た領域を観測することになります。したがって、そのデータの中にブラックホールやその近傍での磁場の固有の性質が隠されていないか調べたり、またどのような特別な観測を行えばブラックホール周辺の情報が手に入るかを研究することが重要になってきます。

7. ブラックホール磁気圏

ところで、ブラックホールは、地球や太陽のように自前で磁場を作ることはできません。ブラックホールと相互作用する磁場は、周りの天体（降着円盤など）の作った磁場として用意しなければなりません。

ここでは、ブラックホールの周りに磁化した降着円盤を考えましょう。磁場は、始めにあった弱く分布していたものがガスに張り付いたまま落下し、降着円盤内にかき集められ強められたと考えられます。さらに、この磁場は降着円盤内のガスの運動によって増幅されます（ダイナモ作用といえます）。こうして、ブラックホールの周りに強い磁場が作られ、「ブラックホール磁気圏」として様々な興味深い現象を示すこととなります（図9）。

重力に引かれて落下してきて降着円盤を形成したプラズマガスは、やがて徐々にですが、その大部分が円盤の内端付近からブラックホールに落ちます。一方で、一部のプラズマガスは、ガスの圧力や遠心力によって円盤の表面から吹き出されて、遠くの領

5：例えて言えば、回転している洗濯機の水の中に腕を突っ込むと、水の流れによって腕が回転方向に引きずられ、腕が水と一緒に回りそうになるのに似ています。

6：このとき失われた回転エネルギーは、ブラックホールの質量に転化します。

7：ブラックホールの回転は磁力線に回転力を及ぼし、回転エネルギーが電磁場のエネルギーとして磁気圏に伝播していきます。

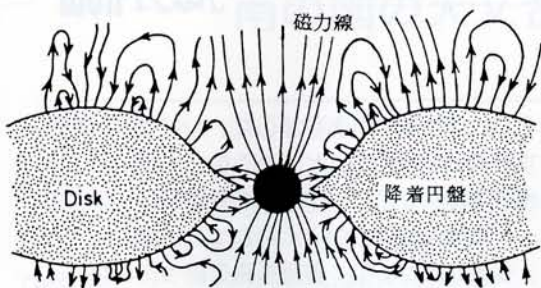


図9：ブラックホール磁気圏のモデル。降着円盤の作り出す磁場によってブラックホールの周りに磁気圏が形成される。磁力線に沿ったエネルギー（プラズマ）放出は、宇宙ジェットの起源を考える上で興味深い。

域に流れていくことになります。

さて、磁気圏中に放出されたプラズマは、磁力線を横切ることができず、磁力線に沿って移動します。すなわち、あたかも磁力線が針金で、プラズマがその針金につながれたビーズ玉のように振る舞います。ところで、磁力線は根元が降着円盤につながっているため降着円盤のガスにがっちり捕まっています（星が磁力線を捕まえていたのと同じ）。降着円盤は高速に回転しますから、磁力線に沿って流れるプラズマは強い遠心力を受け、加速されて遠方に吹き飛ばされます。ただし、あまり内側（円盤の内端部あたり）の磁力線はブラックホールにつながっているため、ブラックホールに向かって加速して落ちていきます。

宇宙ジェットのような構造は、降着円盤の表面からのプラズマの流れと磁場が相互に関係しあった結果形成されたと考えられます。そのメカニズムの詳細については、まだまだ未解決の問題が多いのが実情です。最近の理論的な研究によると、降着円盤等の作る磁力線は円盤の回転軸方向（円盤に垂直な方向）に伸びた形状になる結果が示されています。このことは、プラズマが回転軸に沿って流れることを意味するので、うまいぐあいに宇宙ジェットを説明出来そうです。

宇宙ジェットとして加速されたプラズマのなかには、光速の数パーセントにまで加速されるものがあります。この加速は、第6章の機構によって、ブラックホールの回転エネルギーが磁気圏に引き抜かれることで説明できます。このブラックホールからのエネルギーは、始めに電磁気的なエネルギーの

形をしています。このエネルギーは、いったん降着円盤に与えられますが、円盤の中を經由して、ジェットのエネルギー（運動エネルギー）として放出されと考えられます。加速効率は、磁場の形状に依存しますが、前の段落に出てきた回転軸方向に伸びた形状の場合には、効率良く超高速にまで加速できます。このことも宇宙ジェットを説明するのに都合良いですね。

ところで、このエネルギーの引き抜きに関して、読者の中には“ブラックホールに落ち込むガスがその静止質量エネルギー⁸をブラックホールに与えてしまうため、電磁気的な負のエネルギー⁹をブラックホールに落としたところで、トータルにはブラックホールに正のエネルギーを供給するのではないか？”と考える方がいるでしょう。そのような状況は、降着プラズマの密度が濃い（あるいは磁場が弱い）場合に対応します。活動銀河中心核で考えられるように、ブラックホール近傍での磁場が十分強い場合には、ガスが持ち込む静止質量エネルギー以上に、回転エネルギーをブラックホールから取り出すことが可能です。

磁気圏から放出される全エネルギーは、ブラックホールの回転エネルギーに由来するものと降着ガスが落下に際して解放する重力エネルギーの総和ということになります。観測的にこれらを区別することは、非常に難しい問題です。活動銀河核の中で回転エネルギー抽出が効果的に働いているとして、総エネルギーに対する回転エネルギーからの割合がどれ程になりうるかの見積もりのためには、降着円盤の構造まで含めた総合的な磁気圏モデルが必要であり、現在盛んに研究されています。

8. 最後に

ブラックホールという奇妙な天体が、実は、我々の銀河やアンドロメダ銀河のような銀河の中にもあると指摘されています。活動銀河のような“超”膨大なエネルギー放出はしていないものの、激しい天体現象の舞台を作っていることに変わりはありません。今後、ブラックホール候補として名乗りを上げる天体は、ますます多くなってくることでしょう。ブラックホールが、ありきたりの存在になろうとしています。しかしながら、天体現象という舞台の中でブラックホールが演ずる役割については、まだまだ未知の部分が多いのが現状です。幕はまだ開けられておらず、中の様子をうかがっている段階と言えるでしょう。舞台の幕が開くのはいつのことでしょうか？（たかはしまさあき・愛知教育大学）

8：質量 m の物体は、 $E=mc^2$ のエネルギーを持ちます。

ここで、 c は光速（時速30万km）です。

9：解説4を参照。

ダークマターの正体を暴く？

この秋、小学生から「ダークマターって何ですか？」という質問がありました。もちろん、小学生の間でこんな話題がポピュラーになっているはずはありませんが、とうとう彼らの関心はブラックホールや宇宙の果てだけで納まらなくなっただけですね（なのに、小学校の教科書はいまだに「星の動き」だけしか教えない！）。そのときは、「まだ、何なのかよくわかっていない」と答えましたが、10月14日号の科学雑誌「ネイチャー」を見てびっくり！表紙写真を飾ったのが、「The footprint of dark matter?»（暗黒物質の足跡？）でした。

ダークマターって何？

「ダーク」＝「暗黒」、「マター」＝「物質」と訳されています。この「暗黒」というのは「見えない」と訳した方がいいかもしれません。つまり、私たちの観測ではとらえられなかった（今回の成果次第では過去形になるかも・・・）物質です。では、その「見えない物質」が、どうしてそんなに大切なのでしょうか。

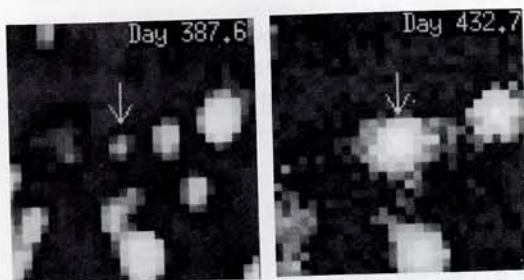
見えなくなっただけで存在感があった

みなさんは、ケプラーの法則をご存じですか？（高校1年でやった？）太陽系の惑星の動きが外にいくほど遅くなるというものです。これは、太陽の重力（引力）が遠くなるほど弱いためです。銀河の星々も銀河の中を回転しているわけで、その速さが観測から求められています。ところがこの回転速度が外にいても少しも遅くならないことがわかったのです。「見える星」は中心ほど多く集まっており、見える物質の重力だけで考えると太陽系のようにだんだん遅くなるはずですが、見えないけど重さ（質量）のある物質があることがわかったのです。それも見える物質の10倍も！いまでは銀河だけでなく銀河集団の間にもこの見えない物質が大量（見える重さの10～100倍）にあることがわかっています。よく、「宇宙が閉じているか、開いているか？」とか「宇宙の膨張は限りなく続くのか、いつか収縮に転じるのか？」という話題が科学雑誌などで取り上げられていますが、この答えは宇宙全体の重さによって決まるものなのです。

では、その正体は？

この候補として大きく分けて2つが考えられました。1つは、あくまでも現在の天文学や物理学の知識の中で考えるというやりかた。もう1つは新しい概念を取り入れるという方法。前者は、何等かの天体で考えるということになります。見えない天体というと、一番に思い出すのが「ブラック

【写真】重力レンズによって明るくなった背景の星



ホール」です。他にも暗すぎて見えない天体があってもおかしくありません。木星のように軽すぎても中心で核融合反応を起こせない星も候補になります。後者は、天体ではなく宇宙に大量にあると信じられている素粒子にその役割を担ってもらう考え方です。例えばニュートリノという粒子は、宇宙誕生の際に大量にできたと考えられています。しかし、この粒子は電荷を持たず（光と相互作用しない）、ほとんど他の粒子と反応しません。地球なんか平気ですり抜けていく変わり者です。ですから、その正体はよくわかっておらず、もし少しでも重さをもっていれば宇宙全体ではかなりの量になるということです。

今回の発見

アメリカのAlcockらとフランスのAubourgらのグループは、それぞれ別々に大マゼラン雲の星を観測し、その中の星が手前にある見えない天体の重力によって明るくなる現象（重力レンズ）をとらえたのです。その明るさの変化から、褐色矮星のような暗い天体が候補にあがっています。もし、このような暗い天体（ハローに分布しているのでマッachョ(MAssive Compact Halo Object=MACHO)と呼ばれている）が多数見つかったら、ダークマターを十分に説明できるのかもしれません。

原稿を書いた後、西はりまでシンポジウムがあったのですが、そこでも話題の中心でした。(MO)

～～南の国の天文台オープンの話～～

東 修一

読者の皆さん、はじめまして。私は、近くオープンを予定している天文台で働く者の一人です。本誌面をかりまして、施設の紹介と、これまで天文台オープンの準備を行ってきたと感じたこと、ならびに今後の抱負を述べさせていただきます。

場所は、宮崎県小林市のコスモスで有名な生駒高原。生駒と言うと、奈良の生駒のことと思う方もいらっしゃると思いますが、宮崎にも生駒がありますので、ひとつこちらの方もよろしくお願い致します。

施設には、観測ドーム、研修棟、プラネタリウム棟、遊具広場、スターウォッチング広場があり、訪れた人々が楽しめる様に配慮されています。まず観測ドームですが、直径7mのドームに、永田光機製60cmカセ・ニュートン式反射望遠鏡、20cmED屈折望遠鏡が据え付けられています。研修棟は、星の勉強・紹介、会議等に、多目的な利用を考え、液晶ビジョンにより観測ドーム内の望遠鏡にCCDカメラを取り付けることで、大型スクリーンに月・惑星等を映し出すことができるようになっています。また、ビデオで撮影した天体を映し出すこともでき、望遠鏡を覗くことなしに、40名程度が一度に見ることができます。

プラネタリウムは、直径8.5m。投影機は、五藤光学製GS-AT、座席数65。環境庁主催「スターウォッチングコンテスト」で5回1位に輝いた星空の実績を持っている当地は、晴れ渡ったときは、プラネタリウムで見た星空がそのまま実際の星空に当てはまる程です。プラネタリウムとしての役目を十分果たすための条件が整っているわけです。

さて、当地で働き始めて約4カ月、自治体の望遠鏡建設が盛んな昨今、施設の立ち上げ、運営には種々の問題があることを痛切に感じました。施設建設までの企画、施設で働く人の勤務条件・人数・待遇、自治体の天文に関する理解度、挙げるときりがありません。内容をご察しただくとして、...、これからは、いろいろ



な立場で働く方々に良き理解者を増やしていくことが施設運営に重要なことと感じています。特に平成不況の折、どれほどの効果をあげられるか分かりませんが、天文スキルの蓄積はもとより、天文に関する活動に微力ながら、できるかぎりの参画をしていくことで、果たしていく所存です。施設に来ていただいた方が、「また訪れたい」と喜べる施設にしていきたいことが施設の限らないテーマであり、従事する者の課題となります。今後、諸天文施設で活動をされているご先輩方々には、何かとお世話になるかと思いますが、どうぞよろしくお願い申し上げます。

ところで、紹介がおくれましたが、正式名称は「北きりしまコスモドーム」と決定いたしました。小林市が霧島屋久国立公園の霧島連山の北に位置すること、コスモは秋の生駒高原を彩るコスモスと宇宙を表現するコスモをかけたものの、ドームは、施設の特徴を表しているといったところから付けられた名前です。

オープン時期は、冬真っ只中。寒いときではありますが、60cmでみる星雲・星団は、すばらしいことでしょう。当地、小林市は、この季節、天候に恵まれることが多いそうです。こちらにおいての際は、土産話のひとつに立ち寄ってみてはいかがでしょうか。

ひがししゅういち（北きりしまコスモドーム）

わくわく天文ランド

ヒヤデス星団——散開星団（おうし座）



晩秋から初冬にかけて宵の東の空を飾っているのはおうし座の星々です。おうし座にすばる（プレアデス星団）と並んで有名なヒヤデス星団があります。距離が149光年と近い（すばるでも408光年）ため「ぎっしり星が集まっている」というようには見えません。オレンジ色で輝くアルデバランの周辺にV字型を描くまばらな星の集団で、特別美しい対象というわけでもありません。

ところがこの星団は天文学にとって、とてもたいせつな役割をもっています。天体の距離を測る上での基準になっているのです。天体までの距離は直接測れないので、正しい値を求めるのがむずかしく、遠くなればなるほど誤差が大きくなります。ですからまずヒヤデス星団の距離をできるだけ正しく測り、それをもとにした新しい距離測定の方法をより遠い天体へと応用します。ヒヤデス星団の距離がまちがっていれば全部コケてしまうのです。つまり宇宙全体の広がりにも影響します。これまでヒヤデス星団の距離は何回も書き換えられ、現在に至っています。

（天文台長・黒田武彦）

星の都づくり「星の都絵本大賞」

宿場町ひらふくを皮きりに、これまで11回にわたって星の都さようの見どころを紹介してきました。佐用町には長い歴史の中で、先人たちが守り、いつくしんできた大切な宝物がたくさんあります。それが、現在に残る旧跡であったり、見どころであったりします。まちづくりは、そうした宝を再発見し、それらを保護し、また、新たな発想で宝を創造していく取り組みです。

1990年、当天文台公園がオープンした5月、佐用町は「星の都」を宣言し、美しい自然と素晴らしい環境を象徴する「星」をテーマとするまちづくりを始めました。星の都づくりです。この取り組みで、古の宝を磨き、また新しい宝を創出しています。それは、天文台公園にほど近い木造音楽堂のスピカホールのような目に見える施設だけでなく、目に見えないソフト活動もあります。

そのひとつに、星の都絵本大賞があります。当公園の家族ロッジの各部屋に、「星の工場」というタイトルの絵本を置いています。東山魁夷の世界を彷彿させるような、青を基調とした



絵本です。「星の工場」は第1回星の都絵本大賞の大賞作品です。青い地球と子どもたちをまもりたい—そんな永遠のテーマに貢献したい—と願って創設した星の都絵本大賞は、今回、第2回の公募を行ない、全国から832編の作品が集ま

りました。大賞は「遠いクリスマス」という作品です。あらすじは紹介しません。出版したあかつきには、ぜひ、お買い求めください。PRはさておき、星の都絵本大賞は、絵本の募集という手段で、全国に向け佐用発の情報を発信しています。この活動を支えているのは、多くの町民ボランティアです。そう考えると、全国に星の情報を発信している当天文台の見どころは、実は、望遠鏡や宇宙の星々以上に、天文台を支える研究員や多くの職員なんだと思います。佐用町の各所である宿場町ひらふくやスピカホールもしかりです。

今回で、この「ぶらり佐用」はしばしお休みしますが、佐用町においでの際は、観光スポットや名所を支えている「人」にぜひ会ってみてください。新たな発見がきっとあります。

(佐用町役場：福地泰弘)

どんなモンダイ！

いん石が落ちるとどうなりますか？

(岡山県津山市・岡本太郎)

イラストがカッコ良すぎて気恥ずかしい天文台長の黒田武彦がお答えします。なおこの似顔絵は兵庫県多可郡中町の小嶋明氏の作。質問とともに天文台職員の似顔絵も送ってくださいね。



最近ずいぶん話題になっているのがい

ん石の落下です。まだ記憶に新しいところでは島根県的美保関に落ちた重さ6kgほどのいん石。屋根をつき破り、2階の床を破り、1階の床をもつらぬいてやっと床下で止まりましたよね。

とても小さな美保関いん石でもこの威力です。直径何百mとか何kmという天体が落ちてきたら……と考えるとこわくなります。

じつは火星と木星の間には、小惑星とよばれる惑星のかけらがたくさんあり、なかには地球にウンと近づくものがあります。昨年西はりま天文台で撮影に成功したトータチスもその一つ。地球にぶつかる確率は小さいのですが、何百万年とか何千万年に一度は大きな小惑星がぶつかるという計算があります。恐竜の絶滅だって、小惑星の衝突が原因かもしれないのです。

地球上の岩石ていどの詰まり具合（密度）の小惑星が秒速20kmで地球にぶつかったとすると、直径1kmのものでナント広島型原爆の500万発分のエネルギーになります。地上では直径10kmほどのクレーターを作り、土砂を上空にまきあげて太陽の光や熱をさえぎるため地球は寒冷化が進んで人類のほとんどが死滅します。海に落ちて高さ数百mの大津波です。直径10kmともなると広島型原爆の50億発分、人類はもちろんのこと、地球上のほとんどの生物が死滅するでしょう。小惑星の監視が必要ですね。

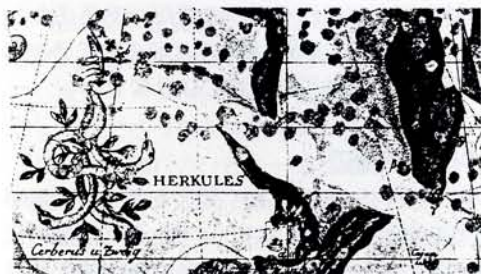
現存しない星座 - ケルベルス座 -

「みかけだおし」

ケルベルス座は、1690年にヘベリウス（ポーランドの天文学者）がヘルクレス座の左手付近に設定した星座です。ケルベルスはギリシャ神話に登場する地獄の番犬で、頭が3つもあって首からは無数にヘビが生えていてドラゴンの尾も持っていたという怪犬なんです。ヘルクレスの冒険物語では彼に捕まえられてしまうのですが……。ケルベルスを退治したヘルクレスは、やっと「12の大冒険」をやり遂げたのですが、休む暇なくヘラの陰謀に苦しめられ続けました（ヘラにとってみれば、ヘルクレスがもっと早く死んでくれるって思い込んでたんですから。それが「あら？ どうして？ ……？ ？ ？ ？」。だから憎悪が増えて当然!?!）。

『怪犬』というかわいそうな呼ばれ方(!?)をしているケルベルスは、ネメアの森に住むライオン（化け獅子と呼ばれる怪物）とレルネ湖に住むヒドラ（9本も首を持つ怪物）とも兄弟だということですから一言では言い表せない“怪物”ですね。ケルベルスの兄弟のライオン（化け獅子）は、ヘルクレスに一番最初の冒険で退治されています。その後にヒドラと続いて最後（12番目）が『怪犬』のケルベルスでした。でもケルベルスの場合は簡単に捕まえられてしまったみたい（だって、星座の絵の中でヘルクレスに片手で握られてるくらいだから）。

ケルベルス座には怪犬のイメージはなくて、おおいぬ座のシリウスの輝きの方がずっと「地獄の番犬」にふさわしいんですって。シリウスをオリオンの獵犬とするだけでは役不足（シリウスがもったいないという方で）なんだそうですが……。ということはシリウスがおおいぬ座にとって不釣り合いで、どちらかといえばケルベルスのイメージにピッタリということになるんですね。でも、ケルベルス座が残っていない今では取り替えっこすることもできない。もしも、ケルベルスという『怪犬』がイメージ通り星座になっていたとしたら、かなり派手に飾られた星座になっていたでしょうね（怖い顔3つ分に、首のまわりの無数の蛇、おまけに龍の尻尾!!）。どのくらいの星たち（星座かな?）が集まってつくられたのかしら……。いくら怪犬のイメージでつくったとしても星座になればとてもきれいなんでしょうね。全天の中で一番の派手な星座っていうのも見てみたかった+



ただ星座になるためには“恐ろしい”というだけじゃダメなのよね。3兄弟の2怪物（もちろんライオンとヒドラね）は、ヘルクレスの冒険の中で結構彼を苦しめているので十分「功績」はあるんだけど、ケルベルスだけはあっけなく捕まっちゃったのよね。星座として生き残れなかったのがその“証拠”じゃないかしら?。

(天文台・内海陽子)

みなさんは、星がどうやって生まれるかご存じですか？今回は、星の生まれるところ、星形成領域をさぐっていきましょう。

1. どこをどうやって？

星がどうやって生まれるかわからないとき、どんなところをさぐれば、星の生まれ方を知ることができるでしょう？たとえば、自動車はどうやってできるのか調べるためにはどうしますか？中古車を置いてあるところに行っても調べられませんよね。まず、新車を並べてある店。その店には、どこから運ばれて来たか。と、さかのぼっていくと、いつか車ができてすぐのところ、車の工場にたどりつけるでしょう。つまり、少しでも新しい車をさがしていけば、いつかは車の作り方がわかるわけです。星だって同じです。生まれて間もない若い星をさがしていけば、いつかは星が生まれるところを見つけることができるはず。これまでに、青い星は若い星だということがわかっています。ですから、青い星をさがせば、その近くに星が生まれるところがあるはず。

では、青い星が見つかったとして、その近くをどんなふうにかがせば、星が生まれるところを見ることができるのでしょうか？星は光っています。なんだ、あたりまえじゃない、と思わないで下さい。つまり、私たちに見えるような光を出してしまおうと、それはもう星になっているということです。それから、星はいくら大きな望遠鏡で見ても、点にしか見えません。宇宙の広がりから比べると、小さくかたまっていて光っているものが星なのです。ですから、まだ星になっていないものは、星より大きく広がっていて、目に見える光を出していないということになります。

広がっているもの、つまり、ガスから、星を作ろうとすると、広がっているガスを小さくかためないといけません。温度の高いガスの中では、ガスを作っている小さなツブ（原子・分子など）が、勢い良く動き回っています。こういった元気のいいツブは大きな力で押し返してくるので、小さくかためるのはたいへんです。これが、温度の低い冷たいガスだと、少ない力でかためることができます。これ以外の条件には、ここでは触れないでおきます。

これらのことをまとめると、星がどうやって生まれるのかをさぐるためには、青い星の近くにある

冷たいガスを、目にみえない光で調べなくてはならないということになります。

2. 目に見えない光

(1) 赤外線

目に見えない光の一つに、赤外線があります。ガスは、その温度によって、いろいろな色の光を出します。赤外線を出すのは、絶対温度で3000K～3Kの温度のガスです。これは、さきほど考えた「冷たい目にみえない光を出すガス」を調べるのにぴったりです。

また、温度が低いガスだけではなく、チリや氷の固体の微粒子からも赤外線が出ます。こういった微粒子は、決まった波長（目にみえる光では、「決まった色」にあたる）の赤外線を吸収したりします。

(2) 電波

電波も、目に見えない光の一種です。電波の出方には、いくつかの種類があります。

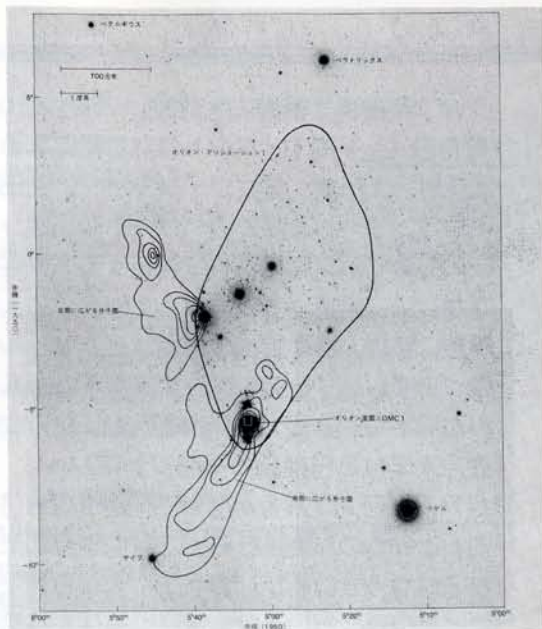
一つ目は、とてもエネルギーの高い電気を帯びたツブが磁場の中で出すもので、非熱的電波と呼ばれているものです。この電波は、偏った性質（偏波）があるのが特徴です。

二つ目は、プラズマの中の電子というツブが、その温度によって出すもので、熱的電波と呼ばれています。この電波は、偏波していません。また、波長によって電波の強さがどう変わるかを調べても、一つ目の非熱的電波とは違っていることがわかります。

三つ目は、低い温度の原子や分子が、決まった波長に出すもので、線スペクトル電波と呼ばれています。この電波として有名なものは、中性水素原子が出す21cmの電波です。また、一酸化炭素などの分子などは、波長1cm以下のミリ波と呼ばれる電波を出します。この線スペクトルを詳しく調べると、中性水素がどれぐらいの速さで動いているのか、一酸化炭素がどれぐらいの量だけあるのかといったこともわかります。星が生まれるところから出るのは、この三番目の電波になります。

3. オリオン周辺

さて、それでは、赤外線や電波を使って、青い星の近くをさぐることにしましょう。冬の星座の代表選手のオリオン座には、たくさんの青い星があり



ます。

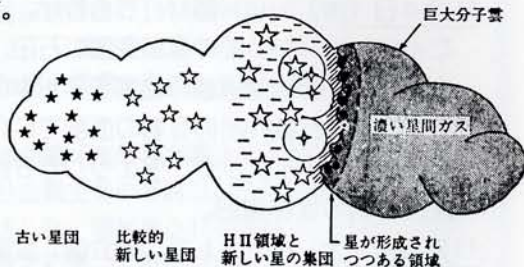
まず、赤外線で見えてみましょう。すると、光で見えるオリオン星雲の周囲に、赤外線を強く出しているところが見つかります。この他に、光では見えていない、つまりまだ星にはなっていない小さな赤外線源が、いくつも見つかります。こういったものは、これからもっと縮んで熱くなって星として光りだすもの、あるいは、すでに星になったものから出た光が、いったん冷たいチリに吸収されて、改めてチリから出た赤外線だと考えられています。

次に電波で見えてみましょう。すると、光で見えるオリオン星雲よりもっと広がった巨大な分子からの電波を出す雲があることがわかります。こういった雲は、巨大分子雲と呼ばれています。オリオン座

の若い星の集まり（アソシエーション）の端っこが、この巨大分子雲とくっついているように見えます。さらに、オリオンのアソシエーションの星の年齢を詳しく調べてみると、巨大分子雲から離れたところにある星ほど、古い星だということがわかりました。

4. 星を作る

このように調べ上げたことから現在では、星は以下のようにして作られていると考えられています。



まず、巨大分子雲ができます。温度が低いので、何かきっかけがあれば、星が作られます。きっかけは、外から来ると考えられるので、最初の星々は、巨大分子雲の端っこでできると考えられます。そうしてできた若い星からは、強烈な光や、強い風がやってきます。そうすると、少し内側の巨大分子雲が押されるので、それが星を作るきっかけになります。ここで、さらに若い星が作られます。あとは、同じことを繰り返していきます。こうして、巨大分子雲に一番近いところには、いつでも生まれたての若い星が見られることになります。そして、少し分子雲に入ったところでは、目には見えませんが、次の出番を待っている星の卵が埋もれているのです。（天文台主任研究員・石田俊人）

会員now

Stardust'93 おつかれさまでした。本当にひどい天気で大変でしたね。でも、今年は初めてだし、あの天気であれくらい盛りあがれば、来年以降とっても期待できますよね。（もちろん来年もあるんだよね？）

私は友の会会員でありながら、一緒に行ってくれた人の都合もあって、3時半頃着き7時半頃帰ってしまう・・・というマズメぶりでした。スタッフしてくださったみなさんホントにゴメンナサイ。

【だーって懂れのひとと一緒にだんだん☆。これはヒミツ！！でも、みんな見てたけど・・・。】

クイズ大会とってもおもしろかったけど、ちょっと黒田先生の負担が大きすぎたんじゃないか

と思います。来年への課題かな。（かと言って、どうしたらいいのかわかりませんが・・・。）

市会がはじまり、毎晩残業続きですが、帰宅時オリオンやふたごを見上げては、幸せな気分になってます。

みなさんも体に気をつけて。ではまた・・・。

(No. 8 小林朋子)

はい。もちろん、来年もあります。しかも、来年は8月の10日から12日の3日間の豪華版に発展するんですよ。今回よりもっとたくさん、友の会会員のみなさんの活躍できる場所がありますので、お楽しみに！（T.I.）

西はりま天文台日記

11月1日(月) ラジオ関西取材。雑誌「CUBE」取材。

11月2日(火) 群馬県教育委員会、新天文台構想の調査に。自然学校に西宮東山台小、曇りのため質問応答。

11月3日(水) 夜よく晴れて東山台小は土星、M15、二重星団、天プラのフルコース。

11月4日(木) NHK取材打ち合わせ。近づいたイベントについての運営会議に石田、尾久土研究員。60cm望遠鏡の追尾テスト中の尾久土研究員とN製作所のS君の面前でCCDカメラダウン、チェック、チェックで3時間、原因不明のまま復旧。

11月5日(金) イベント近づき会議、会議……慌ただしい。老人大学70名の見学。宿泊者対応とNHK取材(22時まで)で尾久土、時政研究員テンテコマイ。

11月6日(土) 水星の日面経過、約60名が観望、毎日放送が取材、時政研究員が対応。大分県佐賀関町役場から天文台新設計画で調査に。イベントのノボリ100本を持って尾久土研究員ら町へ繰り出す。

11月8日(月) 台長、鹿児島大学と国立天文台が鹿児島市錦江湾公園に設置した6mミリ波望遠鏡と市の宇宙学習施設開所を記念した意見交換会のため出張。新大阪から空港まで大渋滞で飛行機乗り遅れ、大遅刻に。古在台長、海部副台長、石黒所長、森本教授、面高教授など豪華顔ぶれ。

11月9日(火) 自然学校に南光町連合小、太陽観察、望遠鏡作り、夜間観望と盛り沢山のメニューをこなす。

11月10日(水) 新設の天文台を運営している石川県柳田村から22名研修旅行に。南光町連合小に質問応答。

11月11日(木) 上郡土木事務所40名、県庁税務課7名など視察。イベントのバザー用テント設営。

11月12日(金) イベント準備本番、舞台ができ雨用大テントが設営されて雰囲気出る。この多忙中に台長は南光町三土中PTAに「宇宙・科学・人間」と題する講演。友の会ス

タッフ深夜まで準備に大活躍。

11月13日(土) 雨! イベントはなぜ雨になる! 紙芝居、人形劇、天文クイズショー、豆田将ミニコンサートと多くのバザー、望遠鏡ショーのためにバスはピストン運転するも乗客わずかなり、嗚呼。でも集まった約500人は熱烈に参加。森本園長の書籍サインセールもまずまず。バザーの販売もまずまず。みんなみんなありがとう。21時終了後に友の会例会。来年は3日連続のイベントだゾ〜。

11月14日(日) 「お金を出して星に名前を付ける」というのが郷ひろみ、二谷由里恵あたりからはやっているが、買った? 人から見たいけどどの星? という質問電話に右往左往の石田研究員、「3万円は高すぎる!」。

11月16日(火) 播磨町、稲美町連合婦人会50名見学、案内。太陽望遠鏡スト突入。

11月17日(水) シューメーカーレビー9彗星が木星に衝突するイベントに関する研究会が宇宙研で開かれ台長出張、来年が楽しみ?

11月18日(木) 平福保育園保護者会70名、県庁土木部40名見学。宮崎県小林市に開設する天文台職員東氏が研修で来台、20日まで。

11月19日(金) 西播磨市町女性議員20名視察研修、台長お説教? じみた話。赤穂塩屋小が自然教室に、星座早見缶と板づくり、話と質問応答の間に晴だして結局観望成功。

11月24日(水) 初積雪、もうすぐ冬ですね。

11月25日(木) 県広報、月刊「ニューひょうご」1月号の取材に。空は曇って星の写真は後日。

11月26日(金) 台長、兵庫県博物館協会の研修会に。

11月27日(土) 西播磨の女性の会「水輪会(皆若い)」40名に話と案内。

11月28日(日) 23時、公園外でキーを入れたまま車をロックした女性2人が助けを求めに。アルバイトの船田君と石田研究員、奮闘するもダメ。JAFが着くまで月を観望させるとは惜いネ。

11月30日(火) 台長、西播磨文化協会総会で「星と文化」と題し講演。(T.K)

☆印は会員の皆さんだけへのお知らせです。

【冬の大観望会】

今年の大観望会はクリスマスイブに行ないます。運試しのクイズに答えれば、来年の運勢がうかがえるかな。

日時 12月24日(金) 17:00~20:00

受付 天文台公園管理棟にて16:00~17:00

内容 観望会(土星, すばる, オリオン大星雲)
講演会、クイズ大会

☆【第23回友の会例会】

12月18日(土)に受付を終了しました。

日時 1994年1月8日(土)~9日(日)

受付 18:45~19:15

内容 <1日目>

17:00~天体カメラ教室

準備物: カメラ、レリーズ、フィルム

iso400程度、ペンライト

観望会・講演・クイズ大会、

母と子のコーナー・会員タイム

懇親会(有志)など 12時頃まで

<2日目> もちつき大会

持ち物

宇宙now7, 12月号、会員カード、例会参加ハガキ、
オリジナル名札(ユニークなものを作ってください)

スタッフ募集

例会のいろいろなお世話をし下さるスタッフを募集しています。申込ハガキに「スタッフやります」の一言をお待ちしています。

【第24回天文教室】

オリオン大星雲に代表される美しいガス星雲。それは新たな星の誕生の場所でもあるのです。光だけでなく電波や赤外線で解明されつつある星の誕生の姿を紹介していただきます。

日時 2月13日(日) 午後2時~3時半

演題 「ガス星雲が語りかけるもの」

講師 磯部 球三

(国立天文台光赤外天文学研究系助教授)

場所 天文台スタディールーム

【新規会員募集】

お友達や知り合いの方に友の会の入会をお勧め下さい。友の会をプレゼントすることもできます。ご連絡いただければ、入会パンフレットをお送りいたします。

☆【お便り・質問募集】

会員NOWのコーナーでは皆さんからのお便りをお待ちしています。ご意見、ご質問、近況報告など何でもお待ちしております。

【一般観望会】

宿泊なしで参加できる観望会です。

日時 毎週日曜日 午後6時半~8時頃

受付 当日管理棟で、午後6時~6時半

悪天中止(午後5時決定)

内容 当日の雲量・月齢・人数で変わります。

【天文台公園「四季の写真コンテスト」】

天文台公園主催の写真コンテストの締切が近づいて来ました。陽光あふれる写真や、元気いっぱいの写真を応募してみませんか。

題材 天文台公園の美しい自然や風景、天体、イベント等、四季を通して撮影されたもの。

サイズ 四つ切り、ワイド四つ切りサイズ
カラープリントに限る。

締切 平成6年2月末日

応募先 天文台公園写真コンテスト係
0790-82-0598

【表紙のデータ】

「水星の面通過」1993年11月6日左上11時8分、右上10分、左下13分、右下17分。ビクセン8cm屈折望遠鏡を5cmに絞る。ND400フィルター。エクステンダーにより焦点距離1820mm。カメラNIKON F4。フィルム フジカラー100G。露出はオートにより1/2000~1/4000秒。

【編集後記】

暖冬とは言うものの、やはり気合いを入れてからでないと、ふとんから出られない季節になってしまいました。今年はもう天文台に雪が積もってしまいました。寒いですね。

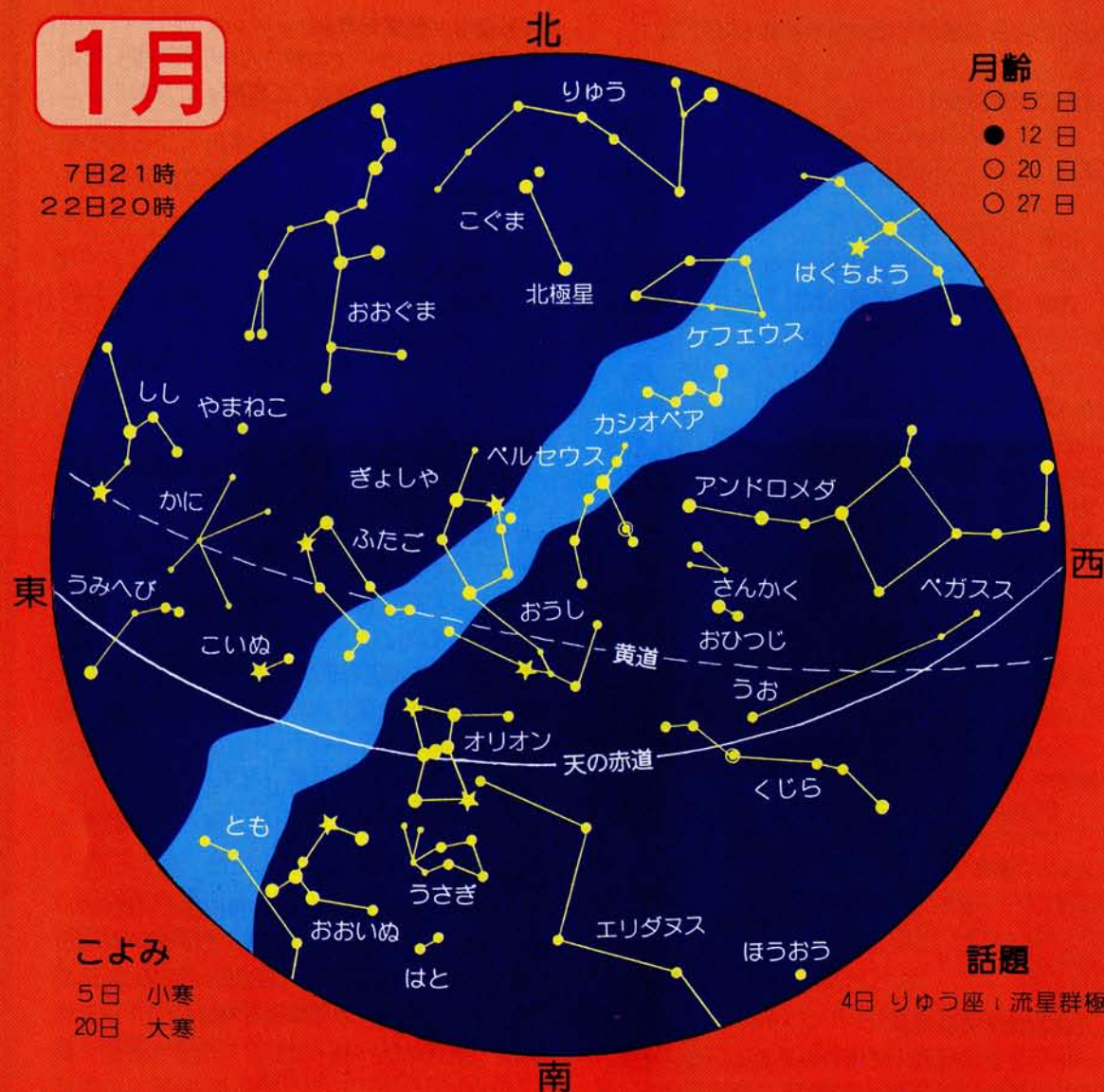
さて、前回と今回で、ぶらり上月と佐用はしばらくお休みとなります。ずいぶんたくさんのスポットを紹介していただきましたね。私自身、この記事を見て訪ねたところもありますし、これから季節を選んで訪ねてみようと思っているところもあります。しかも、この地方の歴史についても知ることができました。本当にありがとうございました。(N.T.)

1月

月齢

- 5 日
- 12 日
- 20 日
- 27 日

7日21時
22日20時



こよみ

5日 小寒
20日 大寒

話題

4日 りゅう座：流星群極大

冬の天の川には、メシエ番号のついた散開星団がたくさんあります。はくちょう座のしっぽあたりからとも座にかけて、10個以上もあります。さらに、天の川から少し離れたところには、すばるやプレセペなどもありますから、双眼鏡でいろいろな散開星団を楽しむにはもってこいの季節です。でも、星座も気温も本格的に冬になっていますから、ちゃんと暖かくして見るようにしましょう。

新年恒例のりゅう座：流星群は4日の明け方にたくさん流れるのですが、この日は夜中を過ぎると月が出て、あまり良い条件ではありません。惑星では、2月5日の東方最大離角を前にした水星が、1月下旬から観望の好機を迎えます。入れ代わりに土星が夕方すぐに沈むようになります。次に天文台の観望会で見ることができるのは、秋ごろになるでしょう。(ISH)