

宇宙now

1993 July, No.40

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（前編）
パーセク：原一夫～白昼の金星を求めて
ぶらり上月：初夏の風物詩“ホタル”
新企画！「どんなモンダイ！」
わくわく天文ランド：ペルセウス座流星群
ミルキィウェイ：マエナルスさん座

1. はじめに

よく晴れた夜に空を見上げると、無数の星を見ることができます。街の中に住んでいると、なかなか星空など見る気にはなりません、たまに郊外にドライブに行くと美しい星空を見る機会にめぐりあうこともあり、宇宙に吸い込まれそうな錯覚さえ覚えます。天体望遠鏡など使って眺めると、赤い星や青い星など様々な色の星や芸術的ともいえる美しさの星雲・星団が見つかることでしょう。さらに、肉眼では見えないけれど電波やX線などで強く光っている天体もあります。しかしながら、これから紹介する「ブラックホール」は、文字どおり「黒い穴」という意味であり我々が直接この天体からの光を調べてあれやこれや議論することができない天体なのです。

ブラックホールといえば、SF小説やSF映画の中でよく取り上げられていることもあってか、名前ぐらいは知っている人が多いようです。ブラックホールの存在は理論的に予言されたもので、その性質は、アインシュタインの一般相対性理論によって理論的に研究されています。その最大の特徴は、非常に強い重力のために「この穴に落ち込んだら最後、何物も光ですらも出てこれない」というものです。また、なにかの本などで「ブラックホールの周りでは、時間や空間が曲がっている」と勉強した人も多いことでしょう（図1）。とても不思議で想像しにくいかもしれませんが、この性質ゆえにSF小説などの中に出てくるブラックホールは何か恐ろしい、不気味な世界を連想させるものが多いようです。

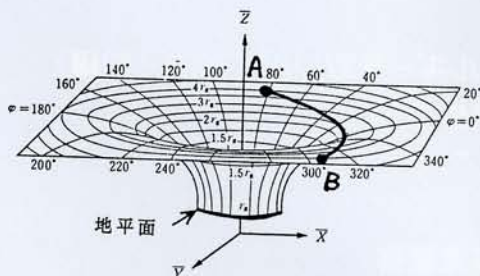


図1：曲がった空間。3次元空間の曲がりは表現しにくいので、ブラックホールの赤道面だけ取り上げ、2次元空間の曲がりを仮想的な3次元空間中の2次曲面と見なしている。線分ABは、この曲がった空間での最短距離である（直線でない）。

現実にブラックホールがあるとしても、単独で存在するものを見つけるのが困難であろうことは、容易に理解できることと思います（なにしろ闇夜のカラスを見つけるようなものですから）。実際のブラックホール探しにおいては、ブラックホールが周りの物質や磁場などに与える影響を調べることが重要となり、理論的研究からの予想と観測による状況証拠とを合わせて考察されています。

その結果、実際に様々な銀河の中心核や近接連星系の中などにブラックホール候補がいくつか見つかってきました。ここで、ブラックホールに「候補」がついているのは、ここで観測された証拠がブラックホール存在のための間接的なものであるからです。つまり、ブラックホールがないとすると、その天体現象がうまく説明できないという理由から「ブラックホール」と判断したことにより

ます。さて、こうして見つかった「ブラックホール」は、死の世界どころか、宇宙の中でもっとも激しい部類の天体現象の中に発見されています。実は、ブラックホールは、周りのガスや磁場を燃料にしてエネルギーを発生する巨大なエンジンとして振舞うことができるのです。つまり、激しい活動天体中のブラックホールは、その活動の張本人となっているわけです。

以下では、まずブラックホールの不思議な性質について解説し、その後ブラックホールがどのようにエンジンとして振舞うのかについて説明していくことにします。

2. ブラックホール候補

ブラックホールの候補として上げられている天体は、大きく2つのグループに分けることができます。一つは、太陽質量の数倍程度のもので、太陽の数十倍の星が一生を終えて重力崩壊して登場したものです。太陽のような恒星は巨大なガスの塊なのですが、内部での核融合反応によって生じた熱の圧力によって自身の重力で潰れようとするのを支えています。このような星は、やがて最終的に燃やすものが無くなると、自分の重力を支えられなくなって中心に向かってどんどん落下していきます（重力崩壊）。この重力崩壊の結果、超

新星爆発として周りにガスを撒き散らし、その芯にブラックホールが残ると考えられています。(最初の星の質量が太陽の数倍から数十倍だと超新星爆発の後に中性子星が形成されます。太陽質量程度の場合には、白色わい星へと進化する。これらの星は、量子力学的な縮体圧力というものによって支えられた非常に高密度な星です。)

もう一方のグループのブラックホールは、銀河の中心核に見られるもので、太陽のおよそ100万倍から1億倍もの質量を持っています。このようなブラックホールがどのようにしてできたかは、宇宙の初期に銀河がどのようにして形成されたかの問題と密接にかかわっているのですが、残念ながら良く分かっていません。銀河中心核に関しては、「宇宙ジェット」と呼ばれる興味深い現象が見つっていますが、これについては次回に紹介しましょう。

3. ブラックホールとは？

〔曲がった時空〕

先にも記したように自分の重力を支えられなくなった物体は、中心に向かって落ち込み、その点での密度は無限大になってしまいます。その周りの重力はとてつもなく強大となり、この世で一番速い速度を持つ光でさえも出てこれなくなる領域を形成します。したがって、我々はこの領域内部からの情報を知ることはできません。例えば、内部にいる人が手を上げているか下げているかの情報は、少なくとも光によって伝達されるべきなのに、その光が出てこれないというのですから、外部にいる我々は手が上がっているか下がっているかを知ることはできないのです。

このような領域の境目のことを「事象の地平面(イベント・ホライズン)」といいます。例えば太陽と同じ質量を持っているブラックホールの場合、事象の地平面の半径はたったの3km程となります。太陽半径は、約70万kmですから、物凄く小さく押し込められている様子が理解できますね。この時の地平面上での重力は、太陽表面での重力の約20万倍にもなります。

このように重力が強いと、周りの空間や時間の進み方は歪められてしまいます。このとき、時間(1次元)と空間(3次元)は切り離して考えることはできなくて、曲がった「4次元時空」として考えなければなりません。ブラックホールの周りでは、光の進路は直線ではなくて曲げられてし

まいますが、その歪められた時空の中で最短距離を進んでいるのです(図1の線分AB)。また、時間の進みかたは遅くなるように見えます。

光の湾曲に関しては、星からの光が太陽のごく表面をかすめて地上にやってくる時、実際に太陽の重力によって、わずかですが曲げられることが確認されています。このことは、日食時に太陽の強力な光が遮られることを利用した星の位置測定の観測で、星の位置が太陽がないときの位置と比べてずれていたことで証明されたのです。時間の遅れに関しても、地上での精密な実験により確認されています。ただし、この時空の歪みの効果は、通常の星においてすら非常に小さく、ブラックホールや中性子星のような高密度で強重力の天体の場合にのみ重要な問題となってきます。

さて、一例としてブラックホール近傍で発せられた光が、時空の歪みのためにどのように伝播するかみてみましょう(図2参照)。我々がこの光の波面を眺めていると、ブラックホールに向かう波の進み方はだんだん遅くなり、詰まってくるように見えます。そして、無限の時間かかって地平面に近づき、ブラックホールを包みこんでしまいます。決して、地平面を横切るところを見ることはできません。

一方で、ブラックホールに向かう当の光波面は、地平面を横切って有限の時間で中心に達してしまいます。我々から見て波面が決して地平面を横切らないように見えるのは大変奇妙ですね。この違いは、観測者の違いによる見掛け上の効果で、情報を伝える光の速さに上限があるためです。事

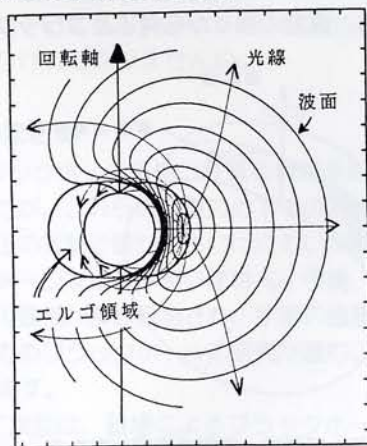


図2：ブラックホールの近傍から発せられた光の波面と光の進路(矢印)。事象の地平面に近づくにつれ光の進み方は遅くなる。波面は詰まってきて、ブラックホールを取り囲むようになる。

象の地平面近傍から発せられた光は、重力によって引き戻されるのを振り切って遠方に向かいますが、川の流れに逆らって上流に向かうようなもので、膨大な時間かかって我々に達するのです。また、光の波長は引き伸ばされ、赤っぽくなります（重力赤方変位）。地平面に近い程、重力による引き戻しが大きいわけですから、少し進むのに随分と時間がかかる、すなわち地平面近くの波面ほど詰まって見えることが理解できるかと思います。地平面からの光は無限時間かかることになるので、地平線は見えない（黒い）ということになるわけです。

【回転ブラックホール】

一般的にブラックホールは自転していると考えられますが、このような回転ブラックホールには、周りの時空を回転方向に引きずる効果があります。ブラックホールの中心に向かってまっすぐ落下していたはずの宇宙船は、ブラックホールの回転方向に曲げられて螺旋を描いて落ちていきます。あたかも、大海原にぽっかり開いた巨大な渦中に小舟がぐるぐる巻きながら飲み込まれていくようです。

この回転方向の「時空の引きずりの効果」は、ブラックホールに近づくほど大きくなります。特に興味深いのは、回転ブラックホールの周りに、回転による引きずりが光速を超えるような領域が必ず存在することです。この領域は、事象の地平面を取り囲むようにして存在し、「エルゴ領域」と呼ばれています（図3）。この領域の内部では、ブラックホールの回転方向と逆方向に放たれた光でさえも、遠方の我々から見るとブラックホール

と同じ方向に伝播して行きます（図4）。

またこのエルゴ領域では、「ペンローズ過程」と呼ばれるブラックホールからのエネルギー抽出が可能になります。これについては、次章に述べることにします。

4. ブラックホール・エンジン

【重力エネルギーの解放】

物体が高いところから下方に落下していくとき、だんだん加速して速くなって行きますが、始めに高いところにあったものほど、地面にぶつかったときの衝撃は大きくなります。高いところにあったものほど大きなエネルギーを貯えていたわけですから。このエネルギーのことを、重力ポテンシャルエネルギー（位置エネルギー）といい、相対論では無限遠方で mc^2 の値を持つと定義します（これは静止している質量 m の物体が持つ質量のエネルギーです）。

ブラックホールに近づくほど、この位置エネルギーの落差は大きくなり、落下するガスは差額分の運動エネルギーを得ます。しかしながら、ブラックホールには星のような固い表面がないので、大部分のガスのエネルギーはブラックホールに飲み込まれてしまいます。一部のエネルギーが、地平面に達する前にガス同士の衝突や電磁気的な相互作用などによって熱や光や磁場のエネルギーに変換され、ブラックホールの周りの空間に放出されるのです。

この機構は、水力発電所で高いところにある水の位置エネルギーを利用して（タービンを回転させることで）電気などのエネルギーに転換できる

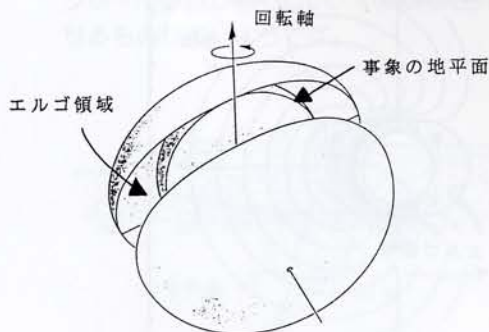


図3：エルゴ領域。内側の球面が事象の地平面。それを取り巻くように分布している領域が「エルゴ領域」である。エルゴ領域では、時空の引きずりが光速以上に上になっている。

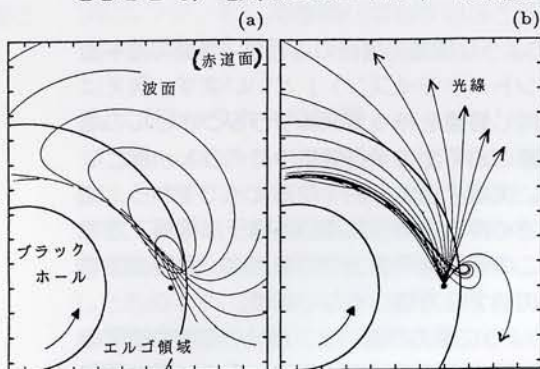


図4：エルゴ領域内から発せられた光の波面（a）と光の進路（b）。波面は、ブラックホールの回転方向に引きずられ引き伸ばされている。回転と反対方向に発せられた光のうち、エルゴ領域から出たものは回転に逆らって伝播できる。その一部は再びブラックホールへと引き戻されている。

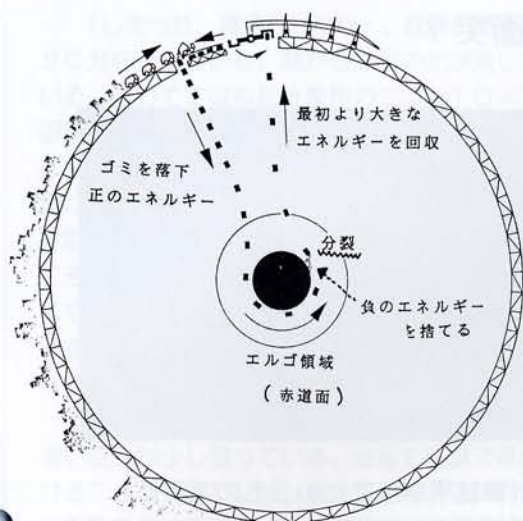


図5：ペンローズ過程。未来の社会においては、ブラックホールにゴミを落下させペンローズ過程を利用することで、ブラックホールのエネルギーを取り出すことができる？

ことと同様です。ブラックホールに落ち込むガスの場合、位置エネルギーの一部とはいえ転換の効率は非常によく、解放されるエネルギーは膨大であり銀河中心核の活動性の源となっています。

【ペンローズ過程】

前章で説明した「エルゴ領域」のもう一つの特徴として重要なことは、この領域で位置のエネルギーが負になっていることです。遠方から落下してきたガスがエルゴ領域内で2つに分裂し、一方がブラックホールの回転方向に、他方が反対方向に打ち出されたとします。このとき、回転と反対方向に打ち出されたガスについて、位置のエネルギーに運動エネルギーをたしても、合計が負である状況が可能となります。

ブラックホールの回転方向に打ち出されたガスは、もともとガス全体が持っていたエネルギー（質量エネルギーも含む）に加えて、分裂した片割れが負になった分の余分のエネルギーを持って、エルゴ領域の外に出てくることができます。負のエネルギーのガスは、エルゴ領域から出ることはできず、ブラックホールに落ちてしまいますから、ブラックホールは負のエネルギーをもらってエネルギーを失うことになります。失われたエネルギーは、外に飛び出したガスが持ち去ったのです。このブラックホールからのエネルギー抽出

機構は「ペンローズ過程」と呼ばれています。

ブラックホールのエネルギーは、質量エネルギーと回転エネルギーに分けられます。ブラックホールに落ちてしまった物（エネルギー）は決して出てこれないので、質量エネルギーは減ることはありません。負のエネルギーの落下によって失われるブラックホールのエネルギーは、回転エネルギーです。したがって、やがて回転が遅くなりエルゴ領域が無くなってしまうと、このエネルギー抽出の機構も止まってしまいます。

最高速に回転している回転しているブラックホールは、銀河中心核の激しい活動性をまかなえるほどの回転エネルギーを持っているので、ペンローズ過程によるエネルギーの抽出が天体現象の中でどのように作用しうかは非常に興味深い問題となっています。

ところで、ペンローズ過程を利用すると、未来社会では人間の社会活動の結果生じた膨大なゴミの処理と社会活動を支えるエネルギーの不足を同時に解消することができそうな気がします。すなわち、不要なゴミをブラックホールに落下させ、ゴミの入っていたコンテナだけを回収します。このとき、ペンローズ過程が有効に働けば、コンテナは最初に持ち込んだより多くのエネルギーをブラックホールからもらって出てくることになります。

残念なことに、もし我々の身近に利用可能なブラックホールがあったとしても、このようなエネルギーの取り出し方には極めて厳しい制限があるため、現実的には利用できないであろうことが指摘されています。やはりゴミは極力出さないようにしなければなりません。

今回のまとめ

ブラックホールの持つ性質の概略を紹介してきましたが、これらの強重力の下での不思議な性質は地上の実験で確かめるわけにもいかず、頭の中でイメージするしかありません。今後、ブラックホール候補が多数観測され、宇宙の強重力実験室としてのブラックホールの研究が進むことが期待されます。

さて次回は、磁場によるブラックホールからのエネルギー抽出を説明し、ブラックホールがどのように激しい活動性を引き起こすかについて考えていきたいと思います。

たかはしまさあき（愛知教育大学）

シューメーカー・レビー彗星が木星に衝突？



今年の初めに発見され、各天文雑誌に紹介された数珠つなぎの彗星、シューメーカー・レビー彗星が、なんと木星に衝突しそうだという。

この彗星は、アメリカのカリフォルニアにあるパロマー山の18インチのシュミットカメラによって、3月24日に発見された。その後、厳密な軌道計算をした結果、この彗星は、以前1992年7月に木星の重心から10万kmの所を通り過ぎ、木星の重力に捕らえられ、分裂してしまったらしい。そして、確率はまだ五分五分だが、来年1994年7月末に木星に衝突すると

いう計算結果が出たというものである。

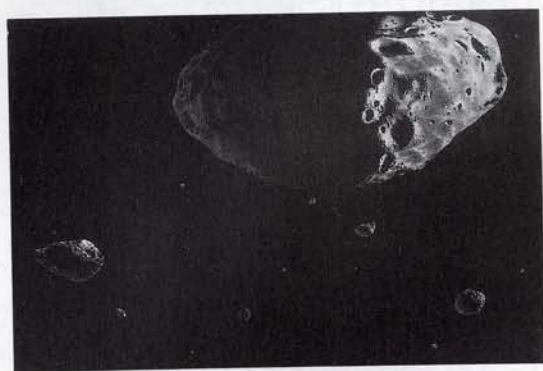
残念なことに、探査衛星ガリレオもまだ到着していないときであるし、衝突場所が夜の部分であるあらし、地球から直接その衝突を見ることはできない。ただし、爆発の光が衛星に反射したり、衝突場所が、自転とともに地球の方へ向いた時にその痕がみられたり、さらには新しい木星の輪がつくられるかもしれないというのである。これら間接的な観測から、彗星の衝突のエネルギーや、土星の輪の形成の謎の解明に大いに役立つであろう。

(Nature, No. 6429 10 June 1993 より)

地球付近に小惑星帯？

小惑星帯と言えば、火星と木星の間にあるものだと思いいになるでしょう。ところが、地球付近にも“小さな小惑星帯”だと思われる小惑星がこれまで40個以上の小惑星が発見されている。

この発見により、これまで計算されてきた地球への小惑星の衝突の確率を、100倍も高くするものである。しかし、最近の研究の結果、ほとんどの小惑星は10メガトン級の高性能核爆弾くらいのエネルギーを持って地球に飛び込んでくるが、地球大気上空で爆発してしまうらしいという結果が出ている。こうなると地球表面には、あまり災害をもたらさないというのだ。恐ろしいことに、20キロトン



級の爆発が1年に数個起こっているらしいのだ。この爆発の回数は、これまで敵国の核爆弾実験を監視していた、軍事衛星によるデータで立証できるかもしれない。

(Nature, No. 6431 24 June 1993 より)

白昼の金星を求めて

「しまった、寝過ごしたか」。枕元の時計は4時50分を示している。窓からは朝の光が差し込んでいる。あわててはね起き愛用のニコン10×70双眼鏡を片手に玄関先へ飛び出した。金星はもう見えなくなっているのではないか。そもそも今回昼間の空に金星を見つけようと思い立ったのも、まず夜明け前の空で金星を見つけ、それを双眼鏡で追いかけてその向いている方向を肉眼で探せば、案に見つかるであろうというアイデアがあつてのこと。寝坊して金星が見つけれないとなれば、何にもならなくなる。

幸い、もう太陽が顔を出すとはいっても、空には濃い空色が少し残っている。金星も肉眼で案に見つけることができた。少し離れて月齢23の月が中天から私を見おろしている。透明度は昨夜の状態が続いていてすこぶるいい。そもそもここ岡山県備前市三石は、数年前まで西はりま天文台公園に匹敵するほどの星空が望める所だったのだ。しかし残念なことに、最近は付近にスーパーマーケットの照明ができたりして空の条件は悪化している。

なんとしても白昼の空に金星を見てみたい。そう思いながらもチャンスはなかなかめぐってこなかった。ご存知のように会合周期584日の中でもっとも明るく輝くのは、最大光輝と呼ばれる4日月のような形が望まれる頃で、-4.5等程の明るさになる。宵の明星と呼ばれる太陽の東側に位置する時と、明けの明星と呼ばれる太陽の西側に位置する時、それぞれに最大光輝は1回ずつある。最近では5月7日にそれを迎えた。今日は5月15日。最大光輝を過ぎてもう1週間にもなるが、明るさはそう衰えていない。そして今回私が着目した明けの明星には、空が明るくなる前にあらかじめ双眼鏡で捕らえて追跡することができるという大きなメリットがあるわけである。

そうこうしているうちに太陽はすっかり顔を出した。前日の午前中まで降り続いた雨のためか、回りの田畑からは盛んに水蒸気が上がってきた。これでは金星が見えなくなってしまうではないか。しかし金星は双眼鏡の視野の中でしっかりとした像を結んでいる。これなら一度視野から見失ったとしても、再び導入するのに苦労しない。私は配達されたばかりの朝刊に目をやるために、時々家の中に引っ込んだりした。この時はまだ余裕であったのだが。

さあいよいよこの目で金星のその光班を青空の中

に見いだしてみよう。「あのへんだ」。双眼鏡の後ろ側から空を見上げる。しかし何も見えてこない。おそらくじっと見つめるのは良くないだろう。視線を小刻みに移動させながらさらに続けて見ていると、チカチカと星が見えているかのような幻が現われた。朝まだ早く体も頭も起きていない。「もっと早く寝るんだった」、とぼやいてみるがしかたがない。首も痛い。双眼鏡を固定したのは背が低い鉄製のピラーで、この時刻高度50度に達した金星を見ようとすると、首ばかりでなく体中が変になってしまう。

なんといっても絶好の条件なのだ。しかし肉眼では何も見えてこないのだ。かつて何かの雑誌で（誰だったか？）大阪駅前で見たとあるという記事を思い出したが、本当だったのだろうか。VDTを見すぎて目が悪くなってしまったのではないだ

ろうか。双眼鏡ではあんなにきれいに見えているので、よけい肉眼で見えないことに腹立たしさをおぼえてしまう。にこやかに学校へ出かけてゆく子供達を横目でらみつけ、私は好条件を生かせないことにイライラしてきた。

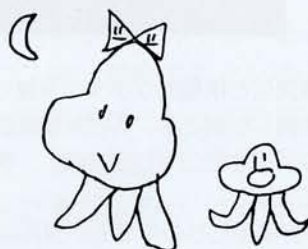
午前8時、ついにあきらめる

ことにした。考えてみれば原因・

反省点などもいくつか考えられる。①睡眠不足による目の疲れがあつた。②搜索時の姿勢の悪さが体の疲労につながった。③大気中に水蒸気が多く、空の透明度が少し落ちていた。④遠方の比較対象物を設定し、そのそばに金星を持ってきて位置の目安にすれば分かりやすかつたのではないかと（たとえば月が接近する時をねらう）。etc...。そして金星の高度がもっと高くなるまで観察を続けるべきだったのではないかと。すべて次の機会までに考慮しておくことにしよう。私は朝飯を食べていないことを思いだし、これで最後というつもりでもう一度双眼鏡をのぞき込んだ。

倍率10倍直径5度余りの視野の中で金星はまことに美しく、そしてかわいく、青空とのコントラストが一段とさえたつていた。細く欠けたその形もはっきりと認めることができる。結局肉眼では見ることはできなかったけれど、青空という美しいキャンバスに描かれた、まるで宝石のような彼女のすばらしさにふれることができた。機会あれば再びチャレンジしよう。私はそう思い、朝のすがすがしい空気を思いっきりすい込んだ。

（はらかずお・相生天文同好会）



初夏の風物詩“ホタル”

上月町には近年数多くのホタルの生息が各地で確認されています。「懐かしく」見る大人や「驚き」の目で見る子ども「ロマンチック」に見る恋人同士など、それぞれの目に楽しませています。

しかし、このホタルたちも昭和30年代には、「合成洗剤の使用、農薬の散布による水質の悪化」、また「河川改修工事によりカワニナ（ホタルの幼虫のエサ）の減少」、そして「心無い人たちによるホタルの乱獲」などにより次第にその姿を見せなくなっていました。こういった状況は上月町だけでなく全国的に見られ、各地でホタルを保護する呼

び掛けや河川浄化運動、カワニナの放流など積極的なホタル保護につながる活動が展開されていきました。町では昭和36年「ほたる保護条例」を制定し、町と地域住民の努力の結果、現在では秋里川（あきさとがわ）をはじめ、金屋（かなや）、小日山（こびやま）、櫛田（くしだ）など町内のいたるところでホタルが見られるようになりました。

自然環境の変化に素早く反応する動植物たちの中でもホタルは「自然のバロメーター」といわれ、ホタルが自然発生しているような川には当然、トンボや小魚、カエルなどが生息し、付近の林には野鳥やセミ、チョウなどいろんな生き物が生息しています。ホタルが生存する環境とは ①きれいな水が流れていること ②エサになるカワニナが多く生息していること ③サナギの時必要な柔らかい土があること ④卵を産みつける草や苔があること などが挙げられます。これらのことからホタルの発生には人間が手を加えていない自然が必要なことがわかります。また、一方でホタルは「人里の生物」といわ

れ主に田園地帯に多く生息します。これは、エサとなるカワニナがある程度の有機物を含んだ川の水に多く生息することからわかります。（一匹のホタルが成長するためには100～200匹のカワニナが必要。）つまり、ホタルは自然を大切にす優しい心の人たちが住んでいる所、人と自然のバランスがうまく調和している環境に多く生息するのです。

6月12日に町では“上月ホタルウォークラリー”を開催し、地元はもちろん遠くは大阪、神戸からの家族連れなど61チーム、350名が参加しました。参加者は笹が丘公園から秋里川沿いのコース（往復8km）を歩き、クイ

ズやゲームを楽しみながら数千匹のホタルの乱舞を鑑賞しました。競技中は参加者からの「うわあー」「すごい」などの驚きの声があちこちで聞こえました。このイベントは町のPRと活性化を目的に今年初めて開催しましたが、当日は予想を上回る参加者の数と、心配されたホタルの数が参加者を歓迎するかのように多かったことにスタッフとして参加した町職員や、秋里川流域の住民からもうれしい悲鳴が聞こえました。ゲンジボタルの乱舞はピークを過ぎましたが、ヘイケボタルは7月上旬から8月中旬にかけてがピークですので「まだホタルを見たことがない」というかたは一度上月町へホタルウォッチングに来てみてはいかがでしょうか。



わくわく天文ランド

流星 ——— ペルセウス座流星群

流れ星に願い事をした小さな日の思い出をみなさんはお持ちでしょうか。夏の夜、夕涼みをしながら空を仰げば、必ず流れ星に出会ったものです。光っている時間はわずかに平均0.6秒、願い事を3回も言えるはずがない、と言ってしまえばロマンがなさすぎるかもしれませんが、ほんとうに一瞬の閃光です。小さな小さな砂粒のような塵が地球と勢いよくぶつかり、大気中で光るもので、塵が多ければ多いほど流れ星の数も多くなります。

太陽系のなかまである彗星は、通っていった後にたくさんの塵をばらまいていきます。ですから太陽系の中には塵の帯がいっぱいあって、時折地球がその帯とぶつかるのです。そうすると流れ星がふだんよりウンと多くなって、流星群とよばれる現象が起きるのです。

昨年、スィフト・タトル彗星が太陽のもとへもどってきましたが、この彗星こそ夏の夜空を彩るペルセウス座流星群のもとなのです。例年たくさんの流れ星が見られるのですが、今年は母彗星がもどってきたばかりですから、ふだんの年より塵が多いはず。そう、流れ星がワンサカ見えるはずなのです。1時間に何百個と見えるのは間違いなさそうなので、わが天文台でも大観望会を実施します。詳しくは15ページで。 (天文台長・黒田武彦)

お詫び：6月号のマゼラン探査機はガリレオ探査機の誤りでした。謝々。

6月号の問題の答：8.7年または9年後が正解です。応募はゼロでした！



1991年8月12日撮影

大西浩次氏提供

どんなモンダイ！

「宇宙は有限だが果てがない」
と思っていたのですが、最近、無
限で果てがないというようなこと
を聞きました。無限に続く宇宙と
いうのはどんな宇宙なのでしょう
か。ほんとうに無限なのでしょう
か。



公園長の森本雅樹がお答え
します。

宇宙人、ブラックホールとならんで、ポピュラーな天文質問ベストスリー
を作るのが「宇宙の果て」の疑問です。

モチロン宇宙には果てなんてありません。だって、果てがあればその外は
宇宙じゃないなんてバカげたことになってしまいますね。でも、それでは説
明された気分にならないのも事実です。

宇宙が無限だか、有限だか、答えているおじさんも余りよくわかっていま
せん。だいたい、無限って何でしょうか？

「どこまで行っても果てがない」が無限とすれば、どこまでも行くために
は、果てしなく時間がかかります。宇宙はもっともっと膨張してしまいます。

「距離で表した数字が無限大になる」が無限だとしたら、宇宙は有限です。
でも、光の速度に近い猛スピードで動く物体は、止まっている我々からは、
ほとんどゼロに近いくらいに縮んで見える、という現象があります。宇宙膨
張のスピードはそれに当たりますね。宇宙の大きさ、距離の数字は200億
光年ですが、だからと言って簡単な有限ではないのです。

「現在見ている宇宙」はもっとややこしいのです。だって、100億光年
の遠方を見ると、100億年の昔の宇宙が見えますね。生まれたばかりの銀
河の爆発、天体も何もなかったノッペリ宇宙、火の玉宇宙の残照、スバラシ
イ景色が展開します。でも、ここはハッキリ有限と言うことができます。

アァーッじぶんでもややこしくて分からなくなっちゃった。この辺でお
しまいにしめよう。

宇宙nowの読者の疑問に何でも答えるページを新設しました。天文台のスタッフが入
れ代わり立ち代わりお答えする予定ですが、「どんな問題？」と後ずさりするのではなく、
「どんなもんだい！」と自信をもってお届けしたいと思います。みなさんもしどし宇宙や
星に関する質問をお寄せ下さい。

マエナルスさん座

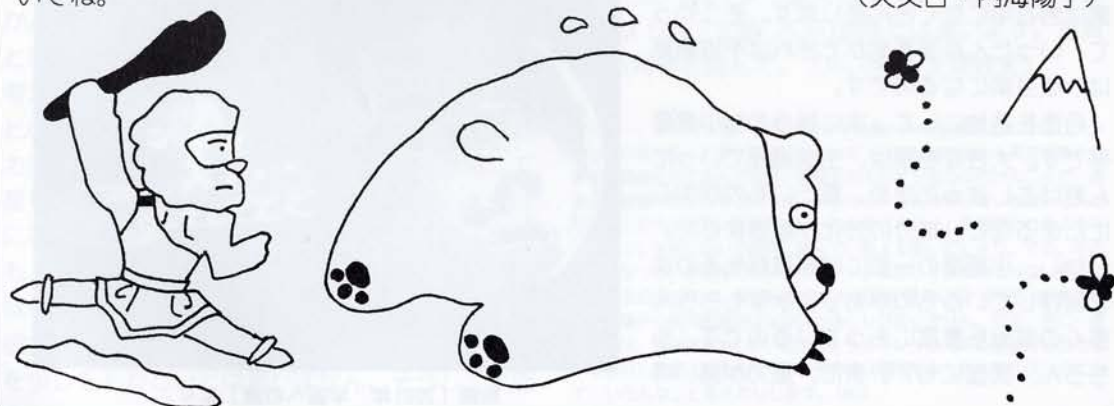
マエナルスさんという“人”ではなく、ギリシアの南部アルカディア地方にある“山”が星座になったものです。ドイツの天文学者ヘベリウスが、現在のうしかい座の南部（足もとにあたる部分）に設定した星座です。この星座がうしかい座の足もとに置かれたのはそれなりの意味があるということなのですが・・・。

うしかい座はもともと熊を追っている男の人の姿で、その追っかけられている熊の片方をアルカスといいました（おおぐま座の神話に出てくる息子の方ですね）。それは彼の出身地がアルカディア（マエナルス山の所在地）だということからきているようですね。でも、「かつて、この辺りで熊狩りが盛んであったのだろうか？」とか「大熊伝説の発祥の地であったのだろうか？」とか「アルカス出身地説」以外にもいろんなことを思いつくというのか、考えつく人もいたみたい（くれだっていいような気がするんだけど）。



マエナルス山は、海拔600メートルくらいの低い山でした。「巨大な“うしかい座”を支えるには少々役不足を感じさせる。」って思われたために（本当のところは知らないけど）、星座として今は存在していません。その方が、良かったんじゃない？だってあんな大きなうしかい座の下敷きにならなかったんだから（「苦しいよー、重いよー、助けてー。」なんてかわいそうなもの）。この絵から見ても踏みつぶされてしまいそうなただの“岩”ですね（全然“山”になんて見えない）。せめてもう少し大きく・・・と思うと、隣の星座をお邪魔することになって大変!!でも、少し違った考え方をすれば、いったん星座になれば、たとえうしかい座の足もとでは小さくても、地球の山と比べたらマエナルスさん座が断然勝っちゃう!当たり前だけど足もとにも及ばないのよね地球にある山なんて（もちろん、あんなに大きな山なんてありっこないけどね）。

「当然、地球にあるものと星座になったものを比べたら、星座の方が勝っちゃう（例えば“ハエ”でも!!）どう考えたってやっぱりマエナルス山は小さいんじゃないの？」なんて追求しないでね。
（天文台・内海陽子）



シリーズ地球外文明を求めて 最終回 銀河クラブ "Are we alone?"

前回、私たち地球文明は壊滅的破局を迎えない限り、将来宇宙へと広がっていく運命にあることをお話しました。今回は、宇宙へ出た人類がおそらく進むであろう道筋についてお話ししましょう。

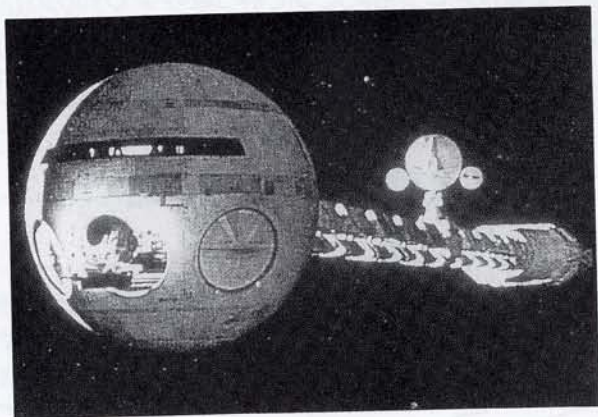
アメリカの宇宙開発計画の大幅な見直しが決まり、日本の無人スペースシャトル計画も今世紀中は断念というニュースを聞いたばかりで、宇宙への進出なんか・・・と思われるかもしれません。しかし前回お話したように、地球上で資源を使いつくした文明は、いつか宇宙へと旅立つはずで、確かに、宇宙に生活空間を構築するには多くの困難をクリアしなければなりません。しかし、現在の科学技術をもってすればほとんどが実行可能だといわれています。一番の問題は、そこにかかる莫大なお金なのです。

私たちは、地球というそれなりの大きさの惑星にいたために、「重力の深い井戸」の中にすんでいます。そのため、宇宙空間に多量の建設資材を打ち上げるのに、莫大エネルギーと労力・資金を使わざるをえないのです。そこで、とりあえず月面に基地を建設してはという案が有望視されています。なぜなら、月面の重力は地球の1/6で、邪魔な（もちろんロケットにとって）大気もありません。ある見積もりでは、地上から材料を打ち上げるのに比べて、1/100の費用で済むといえます。もちろん、月面基地を建設するためにはそれなりのものを必要とします。しかし、いったん作られると、今度はほとんどの材料が月でまかなえるのです。おおざっぱにいうと、月でまかなえないのは水素だけです。水素なんてなくてもいいのでは？と思われるかもしれませんが、これがないと水が作れないのです。ちなみに酸素は岩石中にたくさんあります。そうやって、いったん月面基地ができれば宇宙開発はかなり楽になるのです。

月面を基地にして、次に狙うのが小惑星帯です。大きな惑星は、生成過程でいったん溶けてしまったため、重たいものが中心にたまるなど、成分の分化が起きました。しかし、小惑星の一部には原材料をそのまま保存しているものがあり、水はもちろん多くの成分を豊富にもっているのです（もちろん、表面にも）。また、重力が弱いのでそこから岩石を採ってくるのも簡単です。こ

うやって、小惑星を資源にして、地球軌道上に多くの生活空間が作られることになります。もちろん、エネルギー源は太陽エネルギーです。この状態に達した文明をⅡ型文明と呼んでいます。いったん宇宙へ進出した文明が太陽系全体に広がるまで、数百年もあれば十分といわれます。またもや、資源の枯渇と人口の増加という限界が訪れるのです。

必然的に、人類は太陽系を出ていくことになります。地上に住む私たちにとっては想像のつかないチャレンジですが、その時代の人類はすでに宇宙空間で数世紀生活しているのです。現在のロケットでは、他の恒星系への移動なんて、現実的ではありません。しかし、核融合エンジンを搭載した将来のロケットでは光速の1割程度までの加速が可能であると予測されています。それにしても、数十年で行ける恒星は限られます。これも、一人の寿命の間に到達しなければならないという条件をとってしまえば解決するのです。宇宙空間で生まれ、そこで生活しているその時代の人類にとっては、星間飛行中の巨大な宇宙船の中で世代が代わっていくことに抵抗感はないはずです。こうやって、いったん太陽系を出てしまえば、銀河系全体への拡大は止まらなくなります。数千万年もあれば、銀河系全体に広がってしまうだろうと考えられています。この段階をⅢ型文明と呼んでいます。



映画「2001年 宇宙への旅」より

しかし、皆さんもここで大変なことに気付くはずです。数千万年というのは、宇宙の年齢からすればわずかです。地球の年齢と比べても1/100なのです。ということは、もし、かつて、宇宙に文明があって、そして宇宙へ進出したとしたら、とくに銀河系はその文明によって植民地化されているはずなのです。しかし、そのような形跡はどこにもありません（こんな話をすれば、だからUFOは真実なんだ！なんていわないでくださいね）。このことに気付いた、あのノーベル賞学者のフェルミは「皆はどこにいるのだ？」とつぶやいたといわれています。私たちは、やはり宇宙で唯一の文明なのでしょうか。"Are we alone?"

そこで、こんな考えもあります。実は、すでに多くの文明がⅢ型文明に達し、星間交信網で結ばれた「銀河クラブ」なる超文明社会が存在しているというのです。彼らは、野蛮な私たち地球文明を「保護区」に指定しそっと見守っているのだと。そして、いつか私たちが銀河系へ進出を始めたとき「銀河クラブ」から招待状が届くというのです。

みなさんは、どう考えますか？私たちは宇宙で特別な存在で現在唯一の知的生命なのか？それとも、……。 (終わり)

(主任研究員・尾久土正己)

PS:いかがでしたか。今度は何について書こうかな？ご意見・ご感想お待ちしております。

会員 now

天文はロマンか、サイエンスか？

前略。宇宙now 6月号の会員nowにあったT.I.さんのコメントについて、少し感じたことがあるので書きます。私は、大阪市立科学館の友の会にも入っているし、全くの「天文素人」とは違うかもしれませんが、でも、私にとっては星空はやっぱりロマンティックなものであり、はっきり言って今でもそれだけです。研究をしている方の中には理論をやっている方もおられるのですが、そういう方も星の美しさを感じるものがあるから天文をはじめられたのではないのでしょうか。「ロマンティックであれば、それでよい天文素人」の人、デートのために暗いプラネを利用する人、そういう人たちもあって、また難しい天文の学問をする人、そういう人もあって、でもやっぱりそこには星があつてずっとつながっているのではないのでしょうか。「ロマンティックであれば、それでよい人」というもののイメージの違いかもしれないし、私の考えすぎだとは思いますが、天文素人と天文玄人との間にミゾがあると言われると、私なんかはバカにされてるように思います。はじめて意識して星を見たころ、私はオリオンや北斗七星の大きさに本当に驚きました。すべての天文玄人の人たちも、星がロマンティックだという気持ちを持ってほしい、という考えはおかしいのですか？私は、彼女との話題のために星のことを知ろうとする人を少しもおかしいとは思いません。そうして星空

をキレイだねって見上げてくれればそれでもいいと思います。ミゾがあるなんて思わないで下さい。ロマンティックであると思って、今でも専門的なこと全然わかってなくて、でも星空をぼーっと見上げるのが好きな私なんか、科学館や西はりまの皆さんとはミゾがあるんやなーと、悲しくなりますから……。 (No. 0008: 小林朋子)

よく、「天文をやっておられるのですか、ロマンティックですね」と言われます。こういう天文素人には「いやー」と。しかし人を見て「天文はロマンでなくて、科学ですよ、物理です、数学です」と答えています。その意味で星座神話はほとんど読まなかったのですが、この頃、子供が天文に入る一つの道かなと、少し勉強をしています。しかし、名前が数字より覚えにくくて！天文玄人なののでしょうか？勿論プロの意味とは違います。会員now 6月号を読んで。 (No. 0448: 天筒敏夫)

「いやー、いいですね！」何が？ 会員nowの記事にこんなにリアクションがあつて。この「ロマンかサイエンスか」の件はよく天文教育の世界でも議論されてるんですが、結局その人がどう思うかだけのことで、収拾する話題ではなさそうですね。たしかに、玄人の中には、物理から入ってきた人たちが大勢いますので、いわゆる「キレイ」で表現されるような「ロマン」を感じないで研究に勤んでいる人も多いでしょう。でも、その夢中になっている物理のなかに「ロマン」を感じているのではないのでしょうか。私自身もよく、たまにはゆっくり星を見たいなって思います。でも、仕事や研究観測中はなかなかゆとりがありません。でも、月に一度くらいは、真夜中本当に吸い込まれそうにキレイな（ある意味では恐ろしいほどの）星空に会えるんです。その時は観測を少し休んでベランダに出て、いろんなことを考えたりします。(MO)

西はりま天文台日記

6月1日(火) 台長、にしわき経緯度地球科学館開館式に出席、美星天文台副台長の清水実氏と共に帰台。朝日新聞「余暇学入門」取材に菅井記者。自然学校に伊丹緑丘小、午後に時政研究員が望遠鏡の使い方実習、夜は月、木星等観望。

6月2日(水) 雨のため自然学校の学習指導に石田、時政研究員が宿舍まで出前。

6月4日(金) 皆既月食特別観望会に100名、少し雲があったが皆既前の食の進行と皆既中の赤銅色に歓声があがる。

6月5日(土) 中川県議他2名見学。神戸ホザナ幼稚園児100名にアルバイトのふなりん(船田君)オリオン君の縫いぐるみで登場、人気集中で退場できずダウン寸前に！

6月6日(日) 昨夜の興奮さめやらぬホザナ幼稚園児に台長が星の話。何とか決行できた一般観望会に10名。

6月8日(火) 自然学校に尼崎成徳小、星座早見缶製作指導に時政、石田研究員、夜のお話(もちろん星)は台長、お得意？の質問回答は石田研究員。

6月9日(水) 倉敷科学センターのKさんが……(何？これ、知らん)を連れて来台。自然学校はよく晴れて木星、M13、天プラを楽しむ。

6月10日(木) 綾部市役所総務企画課3名、天文台建設の相談に来台。

6月11日(金) 新宮町教育委員会2名視察。森本園長の電波天文40年を祝うパーティーが東京で、台長出席し一言余分なことをしゃべってしまう。その頃天文台では尾久土研究員が帰宅しようとして芝生広場で頭と肩から転倒して2針縫うけが、頭から突っ込む癖は直さないと致命傷になる。「気をつけよう、暗い夜道と園長の手」

6月13日(日) 天文教室講師に名古屋大の佐藤修二氏、「宇宙を見る新しい眼～赤外天文学の世界」と題し講演。夜遅く倉敷科学センターの天文職員3人乱入？仕事が終わってから遠路はるばるKさんの……(?)を報告旁陣中見

舞。

6月15日(火) 佐用郡警察署長と駐在所長夫人懇談会が天文台であり、その後望遠鏡を案内。この望遠鏡でにらみを利かせれば犯罪が減りますよ、と訳のわからない説明をしたのは台長。コントラバスの大型望遠鏡を売り込みに伊藤忠アビエーション(株)。自然学校に尼崎長洲小、石田・時政研究員が話と質問回答に応じる。

6月16日(水) 神戸市中央区生活大学生100名見学。

6月17日(木) イズミヤの情報誌「バツン」の取材。群馬県教育委員会から天文台建設の相談に来台。自然学校は晴れて木星もM13も見え、天プラもできた。

6月19日(土) 園長、姫路工大の3教官を引き連れレンタカーで見参、その後相生でC2H5OHの誘惑？があり談笑、23時過ぎにC2H5OHを用意したまま待ちくたびれた台長宅へ。

6月20日(日) 園長、台長、東はりま日時計の丘公園竣工式へ。

6月22日(火) 自然学校に宝塚光明小、昼間天文台の見学と話、夜は雨で質問回答で辛抱。

6月23日(水) 大型望遠鏡を売り込みに今度は三菱電機(株)。どうして今売り込みが続くのだろう。

6月24日(木) 関西電気管理技術者協会80名見学。自然学校、何とか晴れたよ、月、木星。

6月27日(日) 今日から設備等の保守点検のため臨時休園、尾久土研究員が出動して指図。休園でも観光バスが数台やってきたという。

6月29日(火) 第2回全国の天体観測施設の会が東京国立科学博物館で開催さる。園長、台長、石田・尾久土研究員が出席、7月1日まで。

6月30日(水) 天体観測施設の会2日目、尾久土研究員は「公共天文台ネットの調査報告」、台長は「これでいいのか公共天文台」と題し口頭発表。国立天文台から海部企画調整主幹その他も出席され、公共天文台の発展のために共同歩調をとる必要性が強調された。(T.K)

☆印は会員の皆さんだけへのお知らせです。

【第11回大観望会】

「ベルセウス座流星群を見る会」

日時 8月12日(木) 午後8時～翌朝
ただし、24時以降は自主観察です。

受付 管理棟前 午後7時～7時45分

内容 講演会
クイズ大会
観望会

今回は、おとしと同じように、ベルセウス座流星群を迎え撃つ大観望会を開催します。9ページのわくわく天文ランドにも出ているように、今年は特にたくさん見えるかもしれないと予想されていますので、みなさん楽しみにしておいで下さい。

なお、当日は休憩室としてグループ棟を開放します。ただし、寝具は使用できませんのでご了承下さい。

【第21回天文教室】

日時 8月8日(日) 午後2時～3時半
演題 「宇宙の大構造はどうしてできたか」

講師 池内 了氏(大阪大学)

場所 スタディールーム

インフレーション宇宙、宇宙のゆらぎ、泡構造など大きな関心を呼んでいるのが現代の宇宙論です。このような宇宙の大規模構造は、いったいどのようにして形成されたのでしょうか。今回の天文教室では、宇宙初期のさまざまな現象を紹介していただきます。

☆【第21回友の会例会】

日時 9月11日(土)～12日(日)

受付 18:45～19:15

以下のような内容を計画しています。会員の皆さんの楽しいアイデアや、この計画に対するご意見などをお願いします。例会への参加の受付は、次号到着時からです。

◇1日目

おはぎ作り(予定、昼ごろから)、スタディールーム開放、写真サロン+写真サークル(以上有志)、観望会、クイズ大会、講演、母と子のコーナー、質問コーナー、ティブレイク、会員タイム、懇親会(有志)など

◇2日目

宝探し(予定)、カレーライス(昼食)

☆【お便り・質問募集】

会員nowのコーナーでは、皆さま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寄せください。

【新規会員募集】

お友達や知り合いの方に友の会への入会をお勧めください。また、友の会をプレゼントすることもできます。入会ご希望の方は天文台までご連絡ください。

【テレフォンサービス】 0790-82-3377

季節ごとの見どころなどをご紹介します。

【一般観望会】

宿泊をなさらない方もご参加いただける観望会を行っています。

日時 毎週日曜日 午後7時半～9時ごろ

受付 当日管理棟(駐車場横) 午後7時～7時半

雨天・曇天の場合中止 当日午後6時決定

内容 当日の雲量・月齢・参加人数などによって変わります。

【表紙のデータ】

会員の川口さんによる、6月4日の月食の写真です。

撮影日時: 1993年6月4日

撮影者: 川口 勉 さん(No.834)

タイトル: 皆既月食と天文台

カメラ: キヤノンFT、50mmF1.4
→F8～F2.8

露出: 月は10分おきに多重露出、天文台は28mmレンズで後から合成

【編集後記】

今月の天文学nowは、愛知教育大学の高橋さんに、ブラックホールのお話しをしていただきました。不思議な天体として名前はよく聞くものの、いったいどんなものなのかは、実はよくわからないという方が多いようです。今回のお話しはいかがでしたか? パーセクは、友の会会員でもある原さんに白昼に金星を見ようしたときの奮戦記をお書きいただきました。お子さんのイラストも楽しいですね。さて、新企画「どんなモンダイ!」は、いかがでしたか? みなさんからの天文台スタッフを困らせるほど、ユニークで楽しい質問をお待ちしております。(T.I.)

北

月齢

2日 ●
11日 ○
18日 ●
24日 ●

8月

7日21時

22日20時



こよみ

7日 立秋

23日 処暑

話題

4日 水星が西方最大離角

13日 ペルセウス座γ流星群極大

20日 土星が衝

今年の梅雨は本当によく降りましたね。おかげで、7月7日のデートはほとんどの場所で見れませんでした。でも、今年の本当(旧暦)の七夕は8月24日(こんなに遅い七夕はめずらしい)。七夕って秋の行事だったんですね。夏休み中に、もし星のきれいなところへ行く機会があれば、双眼鏡を用意されてはいかがでしょう。七夕の星たちの間を流れる天の川を、双眼鏡で南から北へゆっくり探索すれば、ボーッとした星雲や球状星団、バラバラした星の群れ(散開星団)がたくさん見つかるはず。なかでも、さそり座・いて座・たて座のあたりはたくさんの明るい星雲・星団があって、初心者向きです(シリーズ星を見ようを参考にしてくださいね)。また、木星が西に傾いた代わりに、人気者の土星が南東の空に登場です。(MO)