

STELLAR NO. 38 LIGHT

ステラーライト



くれないすむ夕空の天文台ストーンサークルとパンスターズ彗星

CONTENTS

- 大彗星がやって来る? ~2013年は彗星の当たり年になるか?~
- 身体障がい者対応“ユニバーサル天体望遠鏡”の製作 ~すべての望遠鏡をバリアフリーに~
- 矮小不規則銀河NGC 1569 ~銀河研究は総合格闘技!~
- 望遠鏡メンテナンス
- 私と天文学
- 150cm望遠鏡による RV Tau型変光星 U Mon の高分散分光観測

GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY
県立ぐんま天文台



大彗星がやって来る？ ～2013年は彗星の当たり年になるか？～

1. ふたつの彗星

百武彗星 (C/1996 B2)、ヘール・ボップ彗星 (C/1995 O1)、ニート彗星 (C/2001 Q4)、リニア彗星 (C/2002 T7)、シュワスマン-ワハマン第3彗星 (73P/Schwassmann-Wachmann 3)、あるいは、シューメーカー・レビー第9彗星 (Comet Shoemaker-Levy 9 (通称: SL9)、D/1993 F2) というと、このうちのどれかについて、見たり聞いたりした覚えのある方もいらっしゃるでしょう。ここに挙げた彗星は、「世紀の大彗星」「二大彗星」などと言われて肉眼や双眼鏡・望遠鏡で観察する機会が設けられたり、「分裂」や「木星衝突」などでニュースになったりしたものです。今も、インターネットで検索すれば、たくさんの情報が見つかりますし、太陽系の天体を扱う書籍にも硬軟さまざまな情報が掲載されています。

そして、今年。どうやら再び「世紀の大彗星」を目にすることができそうです。ひとつは3月の限られた時間帯に、もうひとつは11月以降しばらくの間。それは、「パンスターズ彗星 (C/2011 L4 (PANSTARRS))」と「アイソン彗星 (C/2012 S1 (ISON))」です。

2. パンスターズ彗星:

仮符合C/2011 L4 (PANSTARRS)

パンスターズ彗星 (C/2011 L4) は、ハワイ・マウイ島のハレアカラ山頂にある口径1.8mのパンスターズ (Pan-STARRS) 望遠鏡によって、2011年6月6日に発見されました。パンスターズとは、地球に近づいて衝突する可能性のある太陽系小天体を発見しようというプロジェクトの名称で、1.8m望遠鏡を4台用意して全天の4分の3を監視する予定になっています。現在は最初の1台が動いていて、目的以外的小天体も続々

見つかっており、C/2011 L4もその一つです。彗星には“発見者”の名称が付けられますから、このプロジェクトで発見された彗星にはすべて「パンスターズ」の名が付いています。彗星の区別は、発見時に付けられる“仮符合”で行います。

さてこの彗星、発見時の等級は19.4等でしたが、その後の増光の様子から、最接近する2013年3月には、0等級 (こと座のベガ程度) の明るさで見えるのではないかと予測されていました。しかし、2013年1月に入ってから増光が鈍り、本稿執筆時点 (2013年1月中旬) では最大でも+2等級程度ではないかと予測されています。彗星の明るさの予想には確かな理論がなく、多数の彗星の明るさの変化に基づく経験的な予想が行われています。この程度の“ふれ”は致し方ないところでしょう。

軌道計算によると、このパンスターズ彗星が地球に最も近づくのは3月5日で、地球からの距離は1.09AU、太陽に最も近づく (近日点通過) のは3月10日で、太陽からの距離は0.30AUとなります。近日点通過後は太陽から遠ざかるばかりで、二度と戻ってきません (注: AUとはAstronomical Unitの略で、日本語表記は「天文単位」です。地球太陽間の平均距離とよく言われますが、これは単位の由来を述べているだけであって、現在の定義は1AU = 149,597,870,700 mです)。

黄道面から見た軌道の傾きを言う「軌道傾斜角」は約84度で、ほぼ垂直となっています。このため、地球から見たこの彗星の動きは南半球の空から北半球の空へと移動していくことになります。したがって、近日点通過までは日本からは観測できません。近日点通過後、日没後間もない西の空に姿を現しますが、低

高度で、わずかな間に地平線下に沈みます。とはいえ、日毎に北の空を北極星付近に向けて移動していくので、少しずつ高度と時間帯に関する観測条件は良くなっていきます。しかし、次第に暗くなるため、肉眼では観測できなくなっているでしょう。この彗星は、近日点通過後の一週間程度の期間のみ、まだ明るさの残る西の空に見ることができる、ということになります。

肉眼彗星（道具を使わずに見える彗星）になれば、これは、歴史上一度きり目撃されるということになり、“稀な出来事”として受け止めてみるだけでも時間を割いて見る価値があると思います。学術的な観測対象としては、たとえ肉眼彗星にならなくても、稀に見る明るさの彗星になるはずですから、“豊富な光量”を活かして、他の彗星ではできない観測が行われることでしょう。この彗星は、木星や土星軌道付近で誕生した氷天体が、巨大惑星の重力で遠方に飛ばされて、長らく太陽から遠くを巡っていたものが“落下”してきたと考えられています。つまりは、太陽系誕生時の物質を保ち続けており、これを調べることによって太陽系が誕生した頃の物質の種類や空間密度、形成温度など様々なことがわかるはずだというわけです。

3. アイソン彗星：仮符合C/2012 S1 (ISON)

アイソン彗星 (C/2012 S1 (ISON)) は、2012年9月21日に、International Scientific Optical Network (ISON) に所属する二人の観測者が口径0.4mの反射望遠鏡を使って発見しました。発見時の等級は18.8等でした。位置観測の積み重ねで判明した軌道は太陽に非常に近づくもので、発見後の明るさの変化の様子からも、この彗星がたいへん明るくなる可能性を示していました。太陽最接近時には満月程度になるとも言われています。尤も、その時には太陽から角度で1度以内の位置にあるので、見たくても見られませんが、肉眼彗星として見るができる頃には、おそらく4等程度ではないかという予想があります。

さて、この彗星、どの程度太陽に近づくかということ、太陽中心からの距離で約0.012AUです。わざわざ太陽中心からと言う理由は、太陽の大きさが約0.01AUという点にあります。近日点距離と太陽の半径をkmで表記するとそれぞれ、180万km、70万kmですから、アイソン彗星は太陽表面から110万kmの距離まで接近するということになります。つまり、太陽の大きさが無視できないくらい近づくということなのです。ここまで近づくと、彗星は太陽コロナの奥深くに突入します。太陽重力と高温環境（ただし低圧）がこの彗星にどのような作用を及ぼすか、それは結果を見なければわかりません。もし、崩壊したり分裂したりせずに“生き残って”太陽から離れる姿が見えれば、明るく見える「大彗星」になるはずですよ。

この彗星は、2013年10月1日に近日点を通過し、12月26日に地球に最も近づきます。この時の距離は地球から0.42AUとなります。軌道傾斜角が約62度であり、北の空に現れるので、11月から2014年2月始め頃まで、一晩中見ることができると予想されています。

なお、彗星が誕生した場所は上記のパンスターズ彗星と同様であろうと考えられていますので、学術的な観測の意義も同じになります。付け加えるとすれば、太陽に非常に近づくので、彗星が太陽から受ける諸々の影響（作用）や彗星そのものの変化について、多様な情報が得られることが期待できます。

4. 家や職場での観察方法

彗星は日々星々の間を動いていくので、ある日のある時刻にどこそこの星の近くに見えるという情報があったとしても、その日のその時刻でなければ役立ちません。

彗星がどこに見えるかは、インターネットや天文雑誌、公開天文台への問い合わせなどで情報を得られます。では、どのような方法で見ればよいかというと、

肉眼彗星であればまずは肉眼でしょう。明らかに星とは違う、独特の姿を目に焼き付けられるかもしれません。道具を使わない肉眼での観察は、広い視野で見られるので、風景と合わせた記憶・記録が残り、印象深いものになるかと思いますが、細やかに見ることはなかなかできません。もっと大きく、もっと明るく、もっと細かく見たい、となると、道具が必要です。

パンスターズ彗星やアイソン彗星は、望遠鏡で見ても面白いかもしれませんが、誰もが望遠鏡を持つてるわけではありません。身の回りにありそうで、あればすぐに使えるのは双眼鏡です。お勧めは倍率が7倍、口径が50mmのものですが、敢えて手に入れる必要はないでしょう。今あるもので構いません。肘をついたり、何かを支えにしたりして双眼鏡ができるだけぶれないようにして、肉眼であるいは得られた情報でわかった彗星が見える方向に向けてみてください。そこ

には思いがけない彗星の姿があるかもしれません。

5. ほんとうに明るくなるか？

二つの彗星がほんとうに明るくなるかどうかと訊かれると、はい、とはなかなか返せません。パンスターズ彗星の項でも説明しましたが、彗星の明るさは経験的に予測するほかないのが現状です。このため、確かなことが言えないのです。

彗星の明るさを予測できるようになること、実はこれ、彗星について解明しておきたい多くの課題を含んでいます。課題の多くが“まあわかったかな”と言える程度にまで解決されたとき、ようやく明るさの予測も確かなレベルにまで達することでしょう。それを成し遂げるのは、これから彗星研究の世界に飛び込もうとしている若い人たちなのかもしれません。

主幹（観測普及研究員 濱根寿彦）



パンスターズ彗星 (3月15日撮影)



身体障がい者対応“ユニバーサル天体望遠鏡”の製作 ～すべての望遠鏡をバリアフリーに～

1. はじめに

2010年秋、群馬県内のある医療機関で天体観察会を実施しました。患者さんたちの安全や健康管理のため、室内から窓ガラス越しの観察でした。その際、ストレッチャーから起き上がることのできない患者さんがいました。天文台から持参した大型の望遠鏡では観察できませんでした。望遠鏡の覗き口まで、目を近づけることができなかつたのです。そこで急遽、筆者の自家用車に載せてあった小型の望遠鏡を、通常とは違った形に組み立て直して観察してもらいました。苦しい姿勢の状態でもうにか月面のクレーターを観察できた時、その患者さんの目が涙で潤んだのです。帰宅し、床に入ってから、その時の光景が幾となくよみがえりました。「どうにかして、楽な姿勢のまま天体観察を楽しんでもらえるようにしたい。」そんな想いから、本機材の開発を決意しました。

2. 天体望遠鏡は人に優しくない!?

ぐんま天文台の150cm望遠鏡や65cm望遠鏡のような公共施設の大型望遠鏡には、接眼部を観察者の目の位置にある程度合わせられるよう、専用の光学装置が装備されている場合もあります。しかしそれらはそれぞれの望遠鏡用の専用品であるため、他の望遠鏡には使用できません。またその一方で、移動可能な組み立て式の望遠鏡に使用できるようなものは市販されていません。つまり現状では、専用品を備えた公共施設に足を運ばない限り、身体障がい者が望遠鏡を覗いて天体の姿を楽しむことは極めて難しいのです。

そこで、市販の天体望遠鏡（作例は高橋製作所製FC-100を利用）に特殊な光学機材を追加することで、観察者の目の位置に接眼部側を合わせられるよう

にした望遠鏡の開発を考えました。車いすを利用している場合や、ベッドに横たわったままでも、無理のない姿勢で天体観察を楽しむことができる望遠鏡。それが“ユニバーサル天体望遠鏡”です。

3. 製作した光学部

追加する延長鏡筒の中には、光路長を延長するためのリレーレンズとして、市販の小型望遠鏡（BORG 45EDII：口径45mm、焦点距離325mm、F7.2）の対物レンズ2個を互いに向い合わせにして配置してあります。2つのレンズ間では星からの光は平行光線となるため、レンズ間の距離は任意で構いませんが、回転装置にかかるモーメントの低減や軽量化のために、可能な限りの最短距離（作例では約2cm）としています。接眼部の位置や向きを自在に調節できるようにするためには、互いに直交する2箇所の反射系と回転系が必要です。望遠鏡のドロチューブと延長鏡筒との接続部にはカメラ回転装置（高橋製作所製）を組み込みました。接眼レンズの取り付け部分にも本来は回転装置を設けたいところですが、重量の増加を抑える必要か



図1 ユニバーサル天体望遠鏡



図2 通常の望遠鏡での観察では、姿勢がかなり苦しい



図3 車椅子に座った状態でも、無理のない姿勢で覗き口を自分の目の位置にもってこることができる。

ら、アイピースアダプター（高橋製作所製）の操作で代替することにしました。同社製のアイピースアダプターはリング締付け固定式のため、小ビス固定式のものに比較して光軸が狂いにくい利点があります。

総金属製のため、延長鏡筒の全重量は1.9kgとなりました。回転装置を緩めたときのバランス保持のためにカウンターウェイトも取り付けました。ウェイト軸を長くすると延長鏡筒の可動範囲に制限が生じるので、



図4 ベッドに横たわったままで観察している様子。

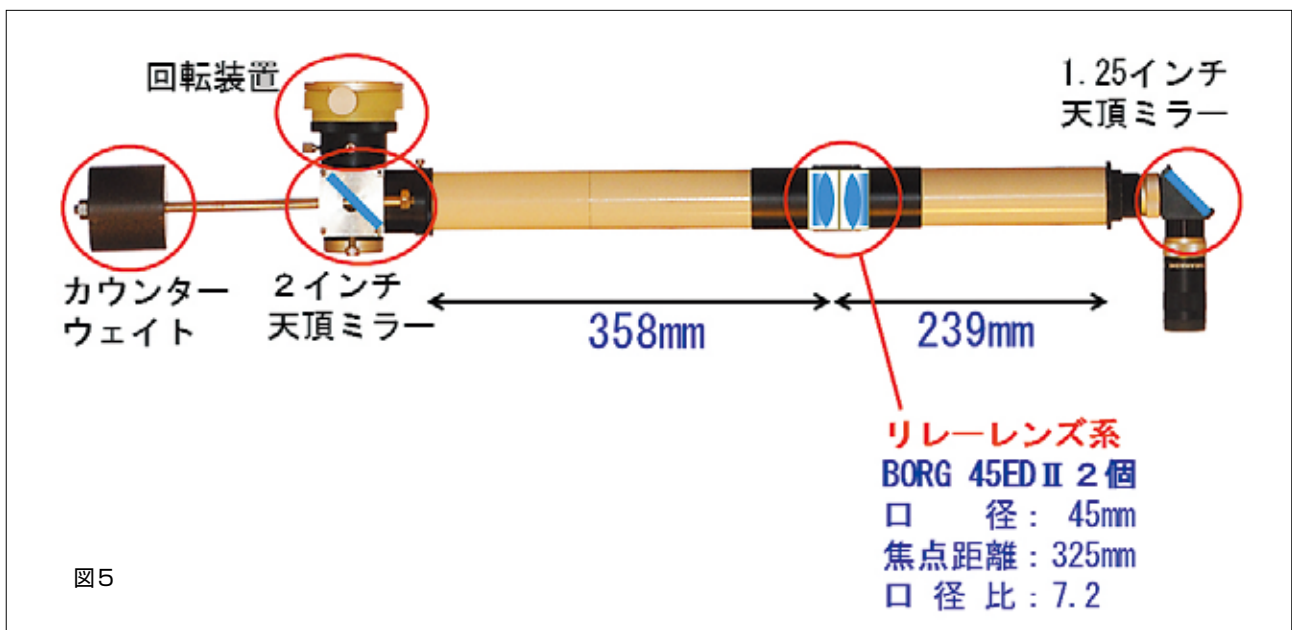


図5

ウェイトの重量は2.4kgとやや重めになっています。なお本機材は、今回試用した望遠鏡（市販品・高橋製作所製FC-100）以外でも、2インチサイズの接眼部を有するものであれば、取り付ける望遠鏡本体側に改造を施すことなく使用可能となっています。また、市販の部品を多用した構造であるため、他施設での製作・普及も容易でしょう。

4. 観察会での実証

2011年11月、前述の医療施設で天体観察会を再度実施しました（図6参照）。室内からの窓越しの観察に限られたので、窓枠や庇による遮蔽を少なくするために、架台部分を低くする低ピラーも製作して臨みました。

この記事の写真中で望遠鏡を操作している人物はぐんま天文台の職員ですが、本機材の操作はこの時が初めてでした。操作に若干の慣れは必要ですが、通常の望遠鏡の操作ができ、本機材の構造を理解し

ていれば、ほとんど問題なく対応できるとの感想を得ています。

5. 今後の課題

現段階での課題は、①コストダウン、②軽量化、③活用・普及・広報の3点です。今回製作した1号機は9万円弱の費用がかかりました。収差の少ないレンズや大型天頂ミラー、カメラ回転装置等を使用しているため、このスペックでは製作費がかさむことを避けられません。また精度の追求から総金属製としたため重くなりました。事前に想定していたことですが、より小型の鏡筒や架台にも対応させるには解決したい課題です。“見え味は多少犠牲にしても…”との考えから、「星の手帖社」の「組立天体望遠鏡」（税込価格1,580円）を2個流用した“廉価版2号機”（重量490g）も製作し、更なる改良に向けて研究を重ねています。（指導主事 新井 寿）



図6 病院での実際の観察会の様子（2011年12月7日上毛新聞掲載）

このパノラマの銀河にはNGC 1569というIDがあります。大きく見えるでしょうが(もちろん大きいのですが)、ぐんま天文台の望遠鏡ではさし絵(図1)程度にしかみえない矮小不規則銀河です。それが宇宙望遠鏡でみるとこのパノラマのとおり。口径は4倍違いますが、「視力」が10倍の大気圏外の望遠鏡の切れ味をまざまざと感じます。さて、矮小不規則銀河という天体には、いや言葉にすらなじみも薄いでしょうが、銀河の中ではうんと小さいもので(NGC 1569の場合、アンドロメダ銀河と比べて大きさが1/10、重さ(星の光の明るさで換算)が1/10000くらい。くじらとコバンザメくらいの感じでしょうか?)、不規則というのはその中でも規則性(例えば対称性)がないグループの銀河です。

世の中を見るとむろん大きな銀河が目立つ中で、なぜそんなちっぽけな銀河が大切か。この天体に眼がくぎづけになったから。こういう動機も原動力として大切ですが、模範解答の一つは、大きな銀河はこのような小さな銀河が過去にたくさん合併した結果と考えられているから、といったところでしょう(人間の社会でも100万年前から早送りしてみたら大都会ができるまでおそらく次々合併して巨大都市化が進むのがみえることでしょう)。でも、本音の動機は別です。研究には、ケース・スタディと普遍的な(どんな対象にもあてはまるような)法則の発見という二つの方向があります。これらは二律背反ではなく相補的ですが、今回はケース・スタディとして、よくぞここまでやったものだ!という論文があったので、とりあげたくなったのでした。



図1

この銀河が目を引くのはなんといっても銀河全体を取り囲む赤い光があるからですが、これは水素原子が陽子と電子に分離(電離)している状態から(再)結合して中性になる際に出す光です。つまり電離水素が銀河を包むようにたくさんある。これは銀河の中の星がまわりの中性水素(ガス)を電離するからです。画像にはむちゃくちゃたくさんの星がみえるので、なるほどと思うかもしれませんが、ただし、画像でみえる星のほとんどは古くて軽い星で電離には関係なく、電離の源として関係するの

は、重たい生まれたばかりの星だけです。パノラマ中心の二つの明るい部分は大規模な新しい星団(super star cluster SSC、*1)でこれはまちがいに電離の原因となっています。この星形成が600万年くらい前に起こったことは、ヘリウムの出す光がO型晩期の温度を示すことや、それより重たくて寿命の短いWR型星がないことなどからわかってきました。

さて、この赤い光はじっとしているのでしょうか。むろん、ノーです。踊る鯉節のような形をみても想像できるように、銀河から吹き出しています(X線でもこのパノラマの範囲をこえた吹き出しが観測されました)。つまり動いている。その中心が星団にあるらしい。盲目的なことに、この銀河を約20年も前の1994年に富田さん(現和歌山大)たちが論文にしていたことを知りました(*2)。目の前の風船が破裂する時を思い浮かべれば、手前に飛んでくる部分もあれば向こうに飛んでいく部分もある。星団から飛び散るガスの同様の動きが明快に示されたのです。矮小銀河から風が吹く、1970年代くらいから想像されていたようですが、それ

～銀河研究は総合格闘技!～

を(少なくともこの銀河で)目に見える証拠を出したことが評価されているのでしょう。今見えている大規模星団SSCによる風の場合は、風が銀河から吹きだし切るか、また重力にひっぱられて舞い戻ってくるかは微妙です。しかし、すでに書いたようにこの銀河には古い星がたくさんあります。銀河の初期にできた星です。これらの星と同時にできた重い星もあったはずでそれらもほぼ同時に風を吹かせたはずです。この時の重い星の数は今の比ではないでしょうから、それは激しい風だったことでしょう。銀河全体で星を作らなくても風は吹くのかどうか、風が吹くにはどのくらい星が生まれる必要があるか、ということは最近のモデルにも関連することだと思われます(*3)。

さて、風が吹くためには、まず生まれたての星が大量に必要です。このためには星の材料となるガスがたくさんこの銀河になければなりません。太古からガスがあれば、相互作用がなければ(*4)いま急に星は生まれられないでしょうから、ごく最近ガスがこの銀河に存在するようになったはずです。つまり、銀河からすれ

ば、天からの授かりもののガスが与えられ、星ができた。ガスはまわりの宇宙空間から落ち込んできたのです(最近ならすぐに連想するこのプロセスが、すでに富田さんの論文の考察には述べられていました)。このガスはどこから来たのか?上に述べた初期の銀河から吹いた風によって流れ出たガスがまた積もってきたのか、それとも、まったく別の空間を漂っていた(初期から銀河に取り込まれたことがない、あるいは、どこかの銀河から吹き出てきた)ガスなのか?図2にガスの広がりを示す最近の電波観測を示します(パノラマでみえる銀河の広がりは中央の小さな黒い部分になってしまいました。電波の感度のすごさ、その広がりには舌を巻くしかありません。我々が見る宇宙は本当に氷山の一角なのです)。ガスは大きく広がって銀河と同様な回転をしています。これなら銀河に附随していたガスだったのかとも思いたくなります。ところが、速度を調べてみると、全体の回転とは似つかない速度のガスがあり、そのガスの速度と大規模星団の星の速度が同様であることから、この回転にはのらないガス成分が銀河本体に落ち込んだのが原因らしいことがわかってきました。どうやら、これからの銀河形成モデルでは、一つの銀河だけではなく少なくとも銀河のグループ単位でガスの流れを(100pc単位で分解して)追う必要がありそうです。

ところで、つい最近の2008年になって、この銀河の推定距離が変わりました(まだ、こんなことも起こるのです)。その結果、NGC1569にはUGCA92という重さにして1/10くらいの弟分が近くにいることがわかりました。はたしてNGC1569の活発な星形成はこの銀河が原因ではなかったのか?そこでNGC1569とUGCA92の星形成の歴史を比べた結果、活発な星形成の時期は異なっていました。相互作用なら、お互い様ですから、どちらの銀河でも同時期に活発になるとすれば、相互作用は否定されて、富田さんのガスの降着モデルはまた生き残ったのかもしれない。

そして直近になって、ややおなじみのM82という銀河で、銀河から4万光年(銀河の大きさ程度)も離れたところにあるガスを、銀河風の衝撃波で光らせていることがわかってきました。M82は100倍以上大きい銀河なので、そう簡単に比べられません、それでも、もちろん、NGC 1569でも同じようなことがおきている

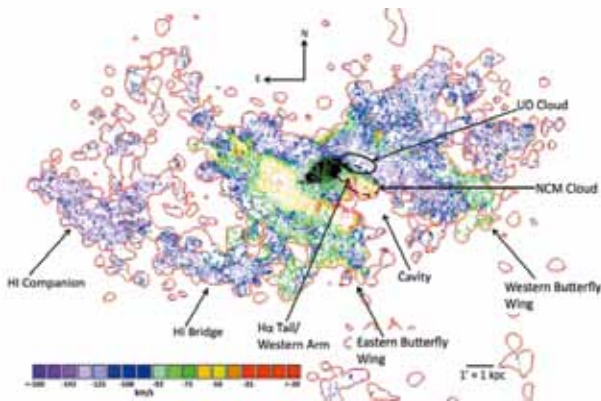


図2

のではないかとと思うのが人間の習性です。また、個人的には、この銀河があと100万年、1000万年、1億年たったらどう姿が変わるかみたいと思います。ムロン、かなわないことです。それでも、それに匹敵することはできないものかと考えるこの頃です。

それにしても、X線、電波、可視光、理論も全部総動員。銀河研究は、総合格闘技！

(*1) 百万個程度の星を含む集団。銀河系内では球状星団相当だが、生まれたばかりの大規模集団は系内ではみつからない。

(*2) この記事を書く上で目を通した十本くらいの論文にもよく引用され、当時の岡山天体物理観測所から出された論文として、明るい空のもとでよくぞここまで、と、同業者(?)がみても感慨深いものがあります。なお、一年後に同様の論文があり、同様の観測から可能な重元素の解析結果もでていました、惜しい！

(*3) 銀河風はモデルとしては1980年代から考えられていました。軽い銀河ほど重元素が少ないことを説明しやすいなどの魅力がありました。おそらく難しいことで有名な理論の論文がいくつかありますが、最近では数値計算がたくさんあります。理論の方が見通しはいいはずなのですが、凡人には必ずしもそうでもないようです。

(*4) 二つの銀河が近くにあると、相互作用と言って、重力でお互いの構造が攪拌されガスも圧縮されてそこで星が生まれやすくなります(子持ち銀河もその例です)。

パノラマ画像はNASA 提供、図2はAASの許可により Astronomical Journal Vol. 144, p.152 (M. Johnson 他)の図19を転載

(観測普及研究員 長谷川 隆)



望遠鏡メンテナンス

県立ぐんま天文台では、天文授業サポート事業を実施しています。天文授業サポートは学校へお伺いして授業や観望会、また先生方の研修など、児童生徒の皆さんが天文分野を学習するうえで必要な支援を、直接または間接的に行う事業です。この天文事業サポートの一つに、学校にある天体望遠鏡の診断やメンテナンス、操作講習があります。

現在の最新の学習指導要領では、小学校第3学年・第4学年・第6学年、中学校第3学年で天文分野の学習があります。このうち、第4学年の星の色の学習や、第6学年の月と太陽の表面の様子の違い、中学校第3学年の月や金星の満ち欠け、惑星と恒星の見え方の違い、太陽黒点の変化などでは天体望遠鏡を使って実際に観察することが大切です。

学校の天体望遠鏡は使われる機会が限られるため、準備室の奥などでほこりをかぶっていることもあります。また、学校によっては詳しい先生がいらっしゃる場合もありますので、使えるのかどうかさえ分からないこともあるようです。昨年、の金環日食の際には、学

校に天体望遠鏡があっても使えるのかどうか分からず、残念ながら使われなかったケースも耳にしています。皆さんは、学校で天文分野の学習の際に、実際に天体望遠鏡を使った授業を受けたことがあるでしょうか。覚えが無い方も多いかもしれません。

このような実態を踏まえ、ぐんま天文台では望遠鏡メンテナンスで主に次の3つを行っています。

- ①実際に望遠鏡が使える状態であるかどうかの診断
- ②レンズや鏡の清掃、光軸調整
- ③簡単な補修

また、希望があれば使い方などの講習も行います。

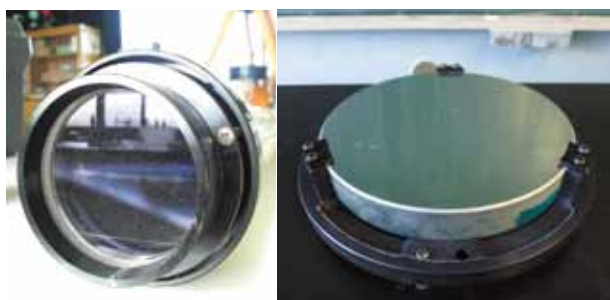
さて、実際のメンテナンスはどのようにしているかというところ。

まずは天体望遠鏡全体の状態を診断します。どのような望遠鏡なのか。部品はそろっているか。破損箇所は無いのか。光学系の汚れ具合はどうか。可動部はきちんと動くかなどです。

よくみられるケースは、部品が足りないというものです。学校の天体望遠鏡は古いものが多く、長年の間に

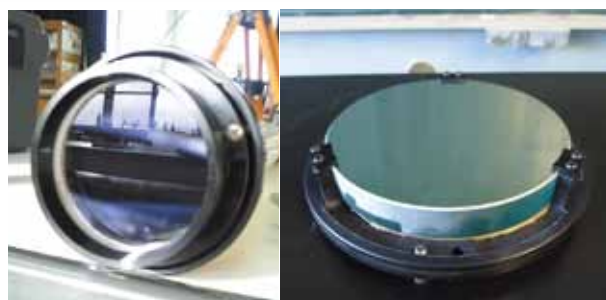
清掃前

清掃後



レンズ清掃

鏡



レンズ清掃

鏡

部品がどこに行ったかわからなくなってしまっているのです。特に接眼レンズや天頂プリズムなどが無い場合が多くみられます。知らない先生がみたら顕微鏡の物か、天体望遠鏡の物かわからないこともあり、顕微鏡の方にまぎれていたり、他の物とごっちゃになっていたりする場合があります。最悪、すでに処分されてしまっていることも多いようです。また、ファインダーが無いケースも多くみられます。時には望遠鏡本体だけだったり、三脚が“二”脚だったり、赤道儀のウェイトが無かったりというケースもありました。準備室をくまなく探すと見つかることもあります。

光学系は汚れていることが多いです。大概是ほこりや汚れだけですので、専用のレンズクリーナーを使ってきれいにします。まず、レンズに傷つかないようにブローアで大まかにほこりなどを飛ばし、その後レンズクリーナーをしみこませた柔らかい不織布などで軽くふきます。汚れがひどかったり、表面のコーティングにカビが出てしまったりしているものについては、水や薄めたエタノールなども使って根気よく汚れを取り除きます。裏側が汚れていたり、内部に汚れが入り込んでしまっていたりする場合には、天体望遠鏡を分解しレンズを外して清掃する場合があります。天体望遠鏡の対物レンズは2枚以上のレンズが重なっている場合が多く、そのすべてをきれいにする必要があるためです。また反射式望遠鏡の場合には分解しないと清掃できませんので、必ず分解します。反射鏡は傷つきやすいのでレンズ以上に気を使いながらの作業となります。本体を分解した場合には、その後に光軸調整も必要になります。特に反射望遠鏡では調整に手間がかかります。

接眼レンズも清掃します。今までの経験からすると、

対物レンズよりも接眼レンズの状態が悪いことが多いです。接眼レンズは見え味に大きく影響しますので、念入りに清掃します。こちらも複数のレンズが組み合わさって一つのレンズになっていますので、分解して清掃することが多いです。ファインダーも同様に清掃します。必要に応じて分解します。

清掃が終了したら元の状態に戻して、実際に見え方を確認します。必要に応じて再度清掃を行います。

架台部分は動作を確認します。スムーズに動くか、ガタは無いか、クランプの緩みは無いかなどを確認し調整します。モーターで駆動できるものは動作確認もします。動きがスムーズでない場合には調整し直します。また、赤道儀式の場合には極軸も調整します。群馬県あたりですと天の北極の水平からの高度は大体36.5度くらいですので、ほぼこれに合わせます。

架台の調整が終わったら組み立て、遠くの景色などで見え方や動作を確認します。月や太陽が使える場合には、導入して見たり投影したりして確認します。また、ファインダーの指向調整も行います。

補修は本当に簡単なことしかできませんが、よく見られるケースがファインダーの十字線の破損です。ファインダー内部に張られていた金線が劣化し、切れていることがよくあります。この場合、ファインダーを分解して構造を確かめ、リード線などを使って十字線を張り直したり、アクリル板に線を入れたもので代用したりします。また、ファインダーを固定するねじ（ローレット）が無いことも多くみられます。このねじは特殊なので、ねじを切りなおし、キャップねじで代用する場合があります。

しかし、どうしても部品が無く、補修できない場合もあります。そこで、天文台では不要になった天体望遠鏡

を収集しています。学校の天体望遠鏡を補修する際、使えるものはそこから流用するためです。学校で不要になった望遠鏡がありましたら引き取りますので是非お声をおかけください。

ご希望があれば、その後に指導する先生方への使い方講習なども行っています。

天文台のメンテナンスの目標は、授業や観測会等で実際に使ってもらうことです。児童生徒の皆さんが本物に触れる機会を少しでも多くできるように、これからも地道に取り組んでいきたいと思います。

(指導主事 倉林 勉)



私と天文学

1972年、東京の下町で生まれる。幼稚園入園時から人付き合いが苦手、冷やかしのいじめもあったのだろうか、小学校に行きたくないと言いつつ泣いた記憶がある。不登校にはならなかったが、人嫌いになり、自分が嫌いになり、高校から大学にかけてはずいぶん悩み苦しんだ。人嫌いでなくなったのは、大学でサークルの部長をしてからである。もしあなたが人嫌い、自分嫌いなら、少しでも早くそれを克服してほしい。それは辛く長い道のりとなるかもしれない。それでも、人として生きていくには、人と関わっていかねばならない。

私は天文少年ではなく、糞真面目な鉄道少年だった。宇宙に関する記憶といえば、宇宙の図鑑と銀河鉄道999くらいで、星を眺めた記憶はない。そもそも都会の空ではあまり星は見えなただろう。10歳で千葉に引っ越した。2校目の小学校でようやく友達ができ、学校に通うのが苦でなくなった。電子ブロックという玩具で遊んだことが、理系、そして物理学を選択したきっかけになったと思う。都内の中高一貫校に進学したので高校受験は経験せず。受験した大学も進学後に学科を選択する制度だったから、受験を機会に将来の職業を考えるとという事が無かった。高校の担任からは、進路を絞り込まず幅広く学べとも言われた。仮に高校生の時点で将来の進路を決めていたならば、天文学ではなく交通工学を選んでいただろう。

国立大学に進学。幅広く学ぼうと、必修でない地学実習も選択し天文分野も学んだが、天文学者になろうとは思わなかった。初めて学ぶ哲学やドイツ語、高校までと全く異なる数学など、様々なことを学ぶのが楽しく、天文はその1つでしかなかった。進路の選択に最も影響したのは、物理学研究会というサークルに入ったこ

とだろう。先輩に教えてもらいながら、J. J. Sakuraiの「現代の量子力学」を輪講した。かなり難しかったが、物理学の魅力に引き込まれた。好きな事を好きなだけ学べることは、いかに幸せな事か。

大学2年は自分の能力の無さを思い知った年だ。大学の成績はほとんど全て「優」であったが、優秀どころか落ちこぼれと感じた。「現代の量子力学」は理解しきれず先輩との実力差を痛感したし、サークルの後輩達は非常に優秀で彼らの数学の議論にもついていけなかった。圧倒的な実力差のある人たちと競争して生き残れるのか、不安になった。それでも、この世界の構造とその奥に潜む基本法則を知りたかった。そして理学部物理学科に進学した。

3年の冬学期に、好きな研究室を選んで行うゼミがあった。ここで最新の宇宙像について学び、将来は宇宙物理の分野に進もうと決めた。私の天文学はここ、二十歳から始まった。4年では、物理学科の授業の合間に可能な限り天文学科の授業を履修したほか、天文学科の研究室のゼミにも押しかけた。

大学院への進学は早くから決めていたものの、研究室の選択では悩んだ。(1) 理論宇宙物理の研究室へ、(2) 人工衛星に搭載する観測機器を開発し観測を行う研究室へ、(3) 物理学専攻から天文学専攻に移籍し観測的宇宙論の研究室へ。結局、3年生の時にお世話になった(2)の研究室を選んだ。

研究生生活を進めるには、学費と生活費が必要だ。いつまでも親に頼るわけにはいかなかった。そこで、大学院では日本育英会の第一種奨学金(予約採用)を受け、これを生活費にあてた。授業料の免除も受けた。ティーチングアシスタントとして学部学生の実験の補助も行い、手当を貰った。

大学院の指導教官は研究でも学生の教育でも優れた先生で、研究室の居心地も良かったが、私の研究生生活は順調でなかった。事情により研究活動を一時停止せざるを得ず、大学院を休学した。この頃、手話サークルに入り、聴覚に障害を持つ人たちと交流した。休学でできた時間でフィールドワークを行うサークルにも入り、山で動植物の観察をしたほか、野鳥調査のアルバイトもした。妻と出会ったのもこのサークルである。

翌春に復学し研究生生活を再開、博士課程に進むこととした。学振のDC1に申し込んだが不採用。当時、研究室の先輩方は概ねアカデミックポストを得ていたが、博士の就職難は年々深刻になっており、将来の就職には不安を感じていた。そこで進路の選択肢として博物館の学芸員も視野に入れ、教育学部の授業を履修し学芸員となるための資格を取得した。国立科学博物館で実習も行った。

博士課程1年の時、ぐんま天文台の公募を知る。できれば博士号を取得してから就職したかったが、就職先としては理想的に思え、この機会を逃せば

次は無いと思った。人生初の公募応募だったが、採用された。

あれからもうすぐ15年。利用者の方々に天文学を題材として感動や満足を提供し、結果として一人でも多くの人に科学的な考え方を身につけていただければと思う。その際に、我々が提供したいことを利用者に押しつけるのではなく、人々が求めているものに答えながら我々の思いを伝えていくことが大切と考える。天文台の運営は厳しい状況にあるが、「行動しない後悔より、行動した後悔。」をモットーに、できる限りのことをしている。

私は子育てをしているただ一人の観測普及研究員でもある。仕事が多忙であっても、育児にはできるだけ関わるようにしている。子育てで苦労し学ぶことは非常に多い。ぐんま天文台では教育、学習支援を行っているので、子育ての経験が役立つことも多い。日本中の職場環境が改善され、大学院生の将来への不安が解消され、多くの人が育児に挑戦できる未来の実現を願う。

副主幹（観測普及研究員 大林 均）



150cm望遠鏡による RV Tau型変光星 U Mon の 高分散分光観測

1. RV Tau型変光星 U Monocerotis

一角獣座のU星（U Monocerotis = U Mon）は、牡牛座RV星（RV Tauri = RV Tau）型変光星のひとつである。変光曲線に大小ふた種類の極小が見られるのがRV Tau型変光星の特徴で、より深い極小を主極小、ふたつの主極小の間に見られるやや浅い極小を副極小と言う。主極小から次の主極小の間が基本周期で、U Monの場合、およそ92日である。U Monでは、基本周期よりも遥かに長い2475日程度の周期変化がさらに観測され、RV Tau型変光星の中でも bタイプ（RVb）と分類されている。

分光学的には、F8-K0型の超巨星として観測され、炭素に比較して酸素が多い太陽と同じ通常の化学組成を持つことが知られている。また、低温度の星周物質が存在することなどから、太陽程度の初期質量を持つ恒星が進化した。赤色巨星の段階を過ぎた

後の極最末期の進化段階にある天体-Post AGB天体-だと考えられている。大小ふたつの極小を持つ変光は、複数の振動モードが複雑に絡み合った大気の脈動に原因があるとされているが、その詳細はほとんど解明されていない。bタイプの変動などから連星である可能性が指摘される一方で、それを否定する単独星としての観測的根拠も存在する。いまだに謎の多い天体である。

変光にともない、光を波長ごとの強度分布として示したスペクトルにも時間的な変化が見られる。U Monのスペクトルでは、高温度の水素によるH α 線と呼ばれる構造に大きな変化が現れることが知られている。内部からの衝撃波の伝達が、その複雑な変化を発生させているものと推定されているが、そのメカニズムについてはほとんど解明されていない状況にある。

ぐんま天文台にある150cm望遠鏡と高分散分光器

GAOESを用いて、U Monを継続的に観測し、H α 線の変化を追跡してきた。過去に行われた観測よりも遥かに高い波長分解能での高精度の観測であり、これまでのどの観測よりも緻密かつ長期間の観測である。

2. GAOESを用いた観測

150cm望遠鏡のナスミス焦点に設置された可視高分散分光器がGAOES (Gunma Astronomical Observatory Echelle Spectrograph) である。エシェル回折格子と呼ばれる特殊な分散光学素子と超大型CCD検出器を用いることによって、極めて高い波長分解能を保ちながら、一度の露出で広い波長域を同時に効率良く観測することができる強力な観測装置である。国立天文台岡山天体物理観測所の188cm望遠鏡に設置されたHIDESと並んで、この種の観測装置として国内では最高度の性能を有しており、日本のみならず極東地域においても非常に貴重な存在である。

必ずしも理想的とは言えない群馬の観測環境であっても、150cm望遠鏡の集光能力を十分に活用し、精度の高い観測データを取得することが可能である。特に、すばる望遠鏡などの超大型望遠鏡では困難な長期間の時間継続が必要な観測では圧倒的な威力を発揮し、他所では真似のできない観測情報を得ることができる。これらの装置によって、ぐんま天文台は世界的に見ても非常に重要な研究観測施設として位置付けられている。

U Monの観測は、2008年1月14日から2010年3月16日まで行われ、46本のスペクトルを取得した。基本周期のほぼ9サイクル分を追跡している。まさに150cm望遠鏡とGAOESの特長を最大限に活用する仕事である。

3. H α 線の形状変化

観測の結果、U MonにおけるH α 線は、その形状を激しく変化させていることが改めて確認された。しかし、以前に報告されているものよりも遥かに複雑な構造を示し、その変化も非常に激しいものであることが明らかになった。やはり、高い波長分解能で、長期間にわたる高密度の観測を実施することの意義は極めて大きい。最も特徴的な例をまとめたのが図1である。GAOESによる観測データからH α 周辺のスペクトルだけを切り出してある。横軸は波長で、縦軸は連続

波成分の強度で規格化した光の強度である。地球の運動による波長変動などは補正してある。

連続的な時間変化の様子からは、3種類の独立した成分が存在することが明確に示唆される。すなわち、(1) 幅の広い放射成分と、(2) 幅の狭い複数の吸収成分、そして時折現れる、(3) 幅の狭い放射成分の3種類である。

それぞれの成分が独立かつ不規則に変化するために全体の形状が激しく変化しているように見えているのである。

幅の広い放射成分の半値幅はおよそ0.5nm程度である。視線速度の分散にして100km/sのオーダーに相当し、かなり激しい現象を反映しているものと考えられる。この放射成分は、非常に強くなる時期がある一方で、極めて弱くなり、ほとんど消滅している時期もある。幅の狭い吸収成分の半値幅は0.2nm以下と非常に狭く、多くの場合複数個存在し、それぞれが独立に変化をしているように見える。スペクトルの形状に見られる鋭いピークは、幅の広い放射成分に幅の狭い吸収成分が複数載ったために形成される見掛けのものであるとして説明できる場合が多い。しかし、そのような解釈が困難になるほど鋭いピークが現れる場合がある。このような時には、恐らく独立した鋭い放射成分が存在している可能性が高いと考えている。このような状況が観測されたのは、特定の周期だけでなく、毎回発生している訳ではない。何か特別な現象が発生していた可能性がある。

幅の広い放射成分の強度を測定し、変光位相との関連をプロットしたものが図2である。ここで位相 (phase) とは、主極小から次の主極小を基本単位の1.0として時

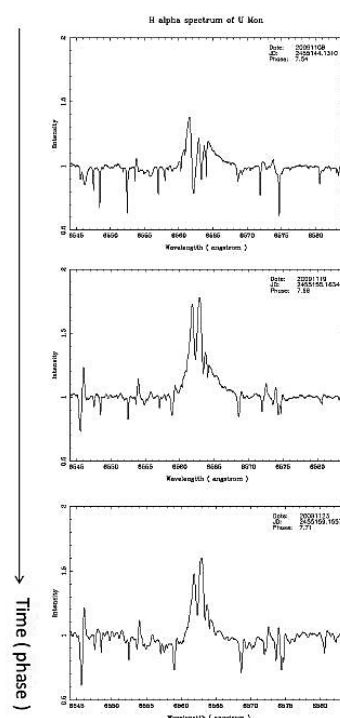


図1 GAOESによるR Hyaに見られるH α 線の形状変化の例

- 幅広の放射成分 -
Dependence on phase

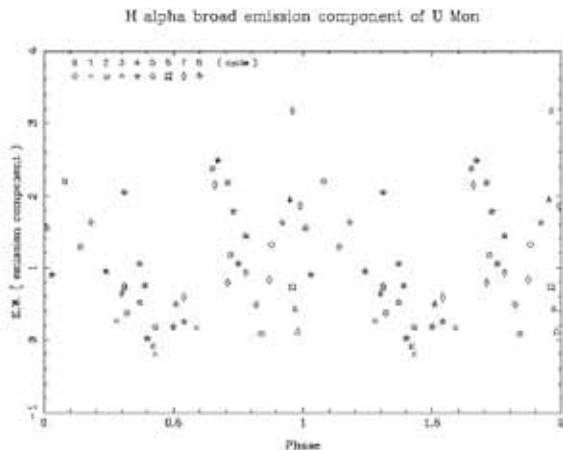


図2 R Hyaの変光位相と幅の広いH α 線放射成分強度の関係

間を測ったものである。この図では、周期性を見易くするため周期を2回繰り返して表示してある。主極小である位相0付近と、副極小を過ぎた後の位相0.6-0.8付近で幅広の放射成分は強くなっている。特に後者では、位相0.7付近で急激に強度を増し、ピークを迎えると直ちに減衰する激しい変化をしているように見える。一方で、主極小から副極小にかけての位相0.2-0.6では弱く、時にはほとんど消え失せてしまったように見える場合もある。

大局的に見た場合、主極小前後の位相0付近での変化は比較的穏やかである。主極小付近では、星全体が暗くなっているため、相対的に放射成分が強くなり、見掛け上強度が強くなっている可能性も排除できない。しかし、位相0.7前後の急峻な増減は、連続波成分も強い時期であり、本質的に強度を増していることは間違いない。

幅の狭い吸収線の吸収強度は、変光の全ての位相においてあまり大きく変化はしていないようである。また、幅の広い放射成分との相関もあまり強くはない。ただし、例外的に位相0.6-0.8付近では総吸収強度がやや弱くなる傾向があるようにも見える。ここは、幅の広い放射成分が急激に強度を増す部分であり、何らかの関係がある可能性は否定できない。

4. 脈動と質量放出

スペクトルをさらに詳しく見てみると、H α 周辺にある細かな吸収線で、位相0.7付近のみにP-Cygプロファイルと呼ばれる形状が見られることがわかった。

P-Cygプロファイルは、恒星大気が膨張して大きく広がる時に現れる独特の形状である。これで明らかになった。位相0.7となる時期に、U Monの大気は大きく膨張し広がって行く。その結果、大気の外層で衝撃波が発生し、そこから強いH α 線が放射されているのである。この膨張が収縮に転じると、放射成分は相対的に弱くなる。しかし、僅かではあるが、膨張した大気の一部の物質は収縮に転じた後も外に広がり続け、宇宙空間に放出される。質量放出と呼ばれる現象である。放出された物質は、外に広がるにつれて次第に希薄になるが、U Monから離れた星周には、位相0.7付近で繰り返される膨張ごとに形成された放出物質の層が幾重にも取り囲むように存在しているに違いない。このような個々の層は、星からの光を吸収するようになる。H α に見られる複数の幅の狭い吸収線は、そのような放出物質の外層を見ている可能性が高いのではないかと考えている。個々の吸収線の独立な振舞をうまく説明できる点も見逃せない。

現在は、放射成分と個々の吸収成分の視線速度の変化を詳細に解析している段階である。今のところ、前記のような脈動と質量放出による解釈が至極妥当と思える振舞に見えるが、まだ確定的なことが言える段階ではない。例えば、幅広の放射成分の視線速度には、大局的に見て非常に長い時間での変化が現れている。RVb型に見られる長周期の変光と関連している可能性が高く、恐らく、U Monが連星であるか否かの問題とも密接に関わっているはずである。分析作業にはかなりの注意が必要である。継続した観測がさらに必要かもしれない。

U Mon以外のRV Tau型変光星の時間継続的な観測との比較も重要である。この種の天体がどのような物理状況にあるのか、天体間での違いや共通点はどのようにして発生しているのか、様々な方向からのアプローチが有益な情報をもたらしてくれるはずである。現在も、150cm望遠鏡とGAOESを用いたU Monおよびその他のRV Tau型変光星の観測は継続中である。そう遠くない将来には、これらの不思議な天体について、さらに詳しい描像をお伝えすることができるであろう。大型望遠鏡は学術観測に用いてこそ本来の価値を発揮する。他所にはないこの貴重な観測研究施設の特長を最大限活用する仕事である。

(観測普及研究員 橋本 修)

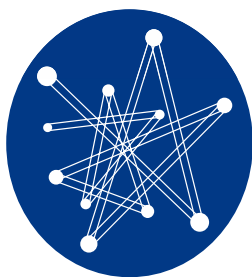
天界四季折々

★これからの主な観望天体

- 惑星：土星
恒星：スピカ、アークトゥルス、ベガ、デネブ、アルビレオ(2重星)
星団：M13、M11
惑星状星雲：NGC2392(エスキモー星雲)、M57(リング状星雲)
星形成領域：M8
銀河：M51、M81、M82

★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。
- 恒星：太陽と同様、みずから光る星。1等星は、ほとんどが数百光年以内である。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こともある。
- 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、夏でも冬でも見られる。
- 惑星状星雲：星の一生の最後のステージである。太陽系の惑星とはまったく関係がない。
- 銀河：恒星の大集団で、他に水素や一酸化炭素のガス、暗黒物質などを含む。星団は銀河の中に含まれ、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。
- 1 光年：光が1年かけて進む距離。光速は毎秒30万kmで1年の秒数をかけると、約10兆km。
- 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、ベガを含んだ数個の星の明るさを基準に、他の星の明るさは測られる。



GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY
県立ぐんま天文台

発行日 ■ 2013年3月
発行 ■ 県立ぐんま天文台
電話 ■ 0279-70-5300
FAX ■ 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。