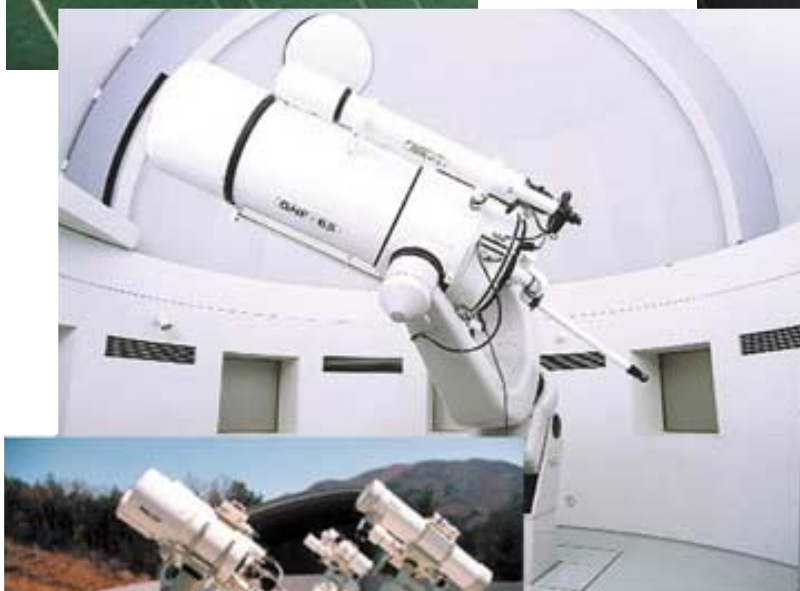


# STELLAR No. 15 LIGHT

ステラーライト



思い出の我が作品 三鷹光器株式会社 土居正雄

インタビュー 清水実参与

天体列伝 一彗星 氷小天体の旅一

ぐんま天文台におけるリモート望遠鏡

観測報告 観測してみようか、誕生したての星

天体観測入門 一カメラの選び方一

GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

県立ぐんま天文台

# 思い出の我が作品

三鷹光器株式会社 土居正雄

県立ぐんま天文台に65cm反射望遠鏡を納入させていただいて既に5年目になりますが、製作当時の事を思い出すと、つい最近の事のように思え、月日がたつのが妙に早く感じます。このクラスの天体望遠鏡は需要の関係上、日本が得意とする大量生産品とはほど遠い、お客様の仕様に合わせた受注生産のハンドメイドであります。つまり世界に1台しか存在しない機械なのです。

科学館などの公開施設の天体望遠鏡は一般の人々に見せていただける、つまり自分達が造った作品を友人や、その他大勢の方々に見ていただけるわけで、この事は製作者からみると何故か愉快で嬉しいことでもあります。そんな事もあり（弊社の製品の中で）公共施設向けの天体望遠鏡は我々職人的スタッフには特別な存在でありビジネスとしては製品ですが、製作担当者には明らかに「作品」として、思い入れが大きいものです。当社には天文愛好家が多いので尚更でしょう。ぐんま天文台の我々の作品は本格的な観測のために自動導入精度の向上やローテータ装置の取付、望遠鏡制御ソフトの新規製作、等を施した特別仕様であります。夜間の調整作業では寒い中、天文台の担当者が常に付き添ってくれていた事に感謝すると共に、天文台スタッフの仕事への熱意を感じました。この天文台で得られた望遠鏡のテスト結果は、その後製作した望遠鏡達に反映させています。

ぐんま天文台には「占有利用」という望遠鏡使用資格を取った方に望遠鏡や撮影装置などの機材を貸し出すシステムがあります。個人で購入することが難しい高価な天文機器を使わせていただける事は天文愛好家にとって夢のようなことですが、その占有利用機材に65cm望遠鏡も入っていて、アマチュア天文家にとっては大口径である65cm望遠鏡を思う存分使う事ができるというのだから素晴らしい。もちろん一般観望会や天体観測などにも大いに活躍しているようで、その稼働率の高さは我々製作者共々、当の望遠鏡自身も非常に喜んでいることでしょう。今まで大きなトラブルも無く無事稼働していることは普段、望遠鏡の操作や面倒を見てくれるスタッフ達の技量と機器への思いやりが有ればこそその事です。一般的な機械と比較して天体望遠鏡の寿命は長い事が多い。これからも、どれだけの人々に宇宙を覗かせてくれるのだろうか。また、観測においてもどれだけの貴重なデータを取得し活躍してくれるのだろうか。素晴らしい機材と優秀な人材をそろえた県立ぐんま天文台のさらなる活躍を期待いたします。



## インタビュー 清水実参与

**角田**：清水先生は小さい頃から天文学に興味を持っていらしたのですか。

**清水**：小さい頃は「子供の科学」などを読んで、自然科学的なものには何でも興味を持っていました。特に天文に限らずね。

**角田**：物を作ったり科学遊びのようなことも良くなってきたのですか。

**清水**：兄弟が多かったので、兄がやっているのはよく見ていました。兄が望遠鏡を作ったりするのを見ていたから、望遠鏡のしくみについては知っていました。どちらかというところ、職人の仕事をみるのが好きでした。

**角田**：そういうことがきっかけになって、天文台に入られたのですか。

**清水**：東京天文台（現国立天文台）に入ったのは、戦後で他に就職口のない時代でした。兄が天文台に就職していたこともあったのですが、私も会社勤めなどはいやだと思っていたところにちょうど採用があったので勤めることになりました。

**角田**：東京天文台で太陽の観測に関わるようになったのはどうしてですか。

**清水**：天文台では、末元先生のもとで塔望遠鏡（アインシュタイン塔）の復元とか、改修の手伝いをしていました。そんなことから、自然と太陽の観測に関わっていったという感じですね。

**角田**：その後、岡山天体物理観測所のお仕事に関わっていらっしゃるようですが。

**清水**：そうですね。岡山では、日本一の望遠鏡を作るということで、場所探しから望遠鏡の立ち上げまでに関わってきました。シーイングチェックに何カ所も回ったり、イギリス人の技師と望遠鏡そのものからいろいろなことを学びました。天文学的な要求が次々としてきたし、技術もどんどん進歩していったから、天文台とメーカーのインターフェースのような役目をしていました。

**角田**：いろいろなご苦労があったでしょうね。

**清水**：はじめの頃は、技術を導入したイギリスでさえ、大戦で使った兵器の素材を使って部品を作ったりしていました。そんなわけで部品の品質が良くないし、今では簡単に手に入る部品も市販していませんでした。だから、ソレノイド一つでも自分たちで作ったし、望遠鏡も、おもりを巻き上げてガバナーで動かしていたのをモーターで動かせるようになった時代でしたので、何でも自分で工夫して作らなければならなかったのです。だけど、それだけに新しいアイデアを入れる余地もたくさんありましたよ。

**角田**：岡山時代のお話をもう少し伺えますか。

**清水**：岡山では、いろいろな分光器や測光器を作りました。当時はインフレがひどくて、作っているうちに予算が足りなくなってしまうので、観測装置を作るための工作室を導

入しました。私も機械が専門でしたし、岡山の人たちはみな器用でした。若い人は、望遠鏡のオペレーターをしながら、必要な機械を作っていました。私は器用ではないんだけど、ポンチ絵や設計図を描いたりしていました。太陽望遠鏡ができてからは、昼も夜も観測で寝る暇がなくて大変でした。

**角田**：その間の進歩で、一番大きなものといったらなんですか。

**清水**：何といってもエレクトロニクスの進歩ですね。望遠鏡でいえば、モーターとエンコーダの発達と、それらをコンピュータで制御できるようになったこと。それと、写真からCCDの時代が変わったことは、画期的な進歩だと思います。

**角田**：技術の進歩にともない、研究者の研究に対する取り組みも変わってきましたか。

**清水**：技術的なものが進歩すると、いわゆるブラックボックスが増えてくるのだが、それを無意識に使うようなことがあるでしょうね。最近の人は、自分で考えればいようなことも聞きに来るんですが、手を抜かずに、自分で一から考えることも大切です。本質的なところでは、ブラックボックスの中身をしっかりと理解してもらいたいですね。そうしないと、大きな間違いを犯すこともあるし、新しいアイデアが出てくることもないんじゃないかな。ブラックボックスの積み重ねが、次の進歩を生むのですね。でも、星を見る機会がなくなって可哀想ですね。

**角田**：これからのぐんま天文台は、どのような活動をしていったらよいのでしょうか。

**清水**：学校では、基礎的なものの見方や考え方を教えますから、先生方が学んできたことと同じことを子供達に教えているでしょう。でも、科学の最先端はずっと進んでいます。だから、こういうところでは、今の科学の見方、考え方を伝えていくべきではないかと思います。そのためにも、ぐんま天文台では、自分たちの研究したことをきちんと伝える努力が必要です。一般の方にわかりやすく伝えるために、ここの職員は伝える訓練が必要でしょうね。

**角田**：先生の経験にもとづいたお話を伺って、たくさんヒントをいただいたような気がします。どうも、ありがとうございました。

（指導主事：登坂一彦・角田喜久雄）







# 天体列伝

## 彗星 氷小天体の旅

5月下旬から6月上旬にかけて、日没後の西の空に、明るい彗星が二つ見られると予想されています。C/2001 Q4(NEAT)とC/2002 T7(LINEAR)です。人類の歴史を遡ると、歴史書や日記などに彗星出現の記録がありますが、二つの彗星が同時に見られたことはないようです。



図1 池谷-張彗星 (2002年3月10日)。(ぐんま天文台 観測用望遠鏡+CCDカメラで撮影)

彗星と言えば、1994年にシューメーカー・レービー第9彗星が木星に衝突し、地球からも望遠鏡で衝突痕を見ることができました。このような衝突は千年に一度とも言われます。また、テンペル・タットル彗星から放出された粒子群が地球大気に飛び込んで生じるしし座流星群の大出現もありました (1999~2002頃)。私たちが生きている間には、このような流星群はもう見られないと言われます。そして2004年の史上例を見ない二つの肉眼彗星の同時出現です。観測機材の進歩や科学の発展を背景に、私たちは人類の天文学史上稀に見る恵まれた時代に生きていると言えるでしょう。

歴史上、彗星は、出現すると災いが起こると怖れられることが多かったようです。正体がわからなかったり、夕方や明け方の低空に長く尾を曳く異様ともいえる姿を見せたりしたからなのでしょう。しかし、現代では、彗星が凍りついた小天体であり、太陽系ができた遠い昔からの生き残りであることがわかってきています。今回は、史上初の肉眼彗星同時出現を機に、彗星という天体を取り上げて、わかっているとされていることが、どうしてそう言えるようになったのかを考えてみましょう。なお、肉眼ではっきりわかる明るい彗星を、その真の大きさに関係なく大彗星と呼ぶことが多いので、本文ではこの二つの肉眼彗星を「二大彗星」と呼ぶことにします。

### 彗星の正体

彗星は星座を形作る星々のようにはっきりした光点ではなく、ぼわっとした光点として発見されるのが普通です。しかし、最近では、はっきりした光点として見つかり小惑星だと思われていた天体が、日が経つとぼわっとした光点として見えるようになって彗星だとわかることもしばしばです。このときは、決まって発見されたときよりも太陽に近づいています。さて、彗星はなぜぼわっとした光点として見えるのでしょうか。また、はっきりした光点として見えるときがあるのは、どうしてでしょうか。

彗星は、さまざまな物質が凍りつくような太陽から遠く離れた場所を、公転周期の大半をかけて動く軌道に乗っています。そこで、彗星は凍った物質(氷)でできている冷たい小天体なのだと考えてみましょう。さらに、氷には大きさが数cm以下の岩石質の粒子(ちり)が混ざっているとしましょう。つまり、彗星は「汚れた氷小天体」であると考えてみるのです。このように仮定すると、問題をうまく説明できるでしょうか。

彗星が氷小天体だとすれば、太陽に近づいたときには、温められて表面の氷が融けるはずですが、宇宙空間の真空中にさらされている表面では、氷が融けると液体にならず、いきなり気体(ガス)になります(昇華)。このようにして出てきたガスは表面を離れ、彗星の本体を取り巻く大気を作り出すでしょう。この大気には、ガスに引きずられて表面を離れたちりも混ざっているはずですが、いま、彗星は小さな天体であると考えていますから、その重力は弱く、ガスの供給が止まれば大気は宇宙空間に広がる一方で、拡散してしまいます。このような一時的な大気が実際に観測されています。大彗星であれば肉眼で見えることもでき、コマと呼んでいます。コマをまとう彗星の本体は、彗星核と呼ばれます。コマは彗星核よりはるかに大きく広がっていて、ちりが太陽の光を散らすなどして淡く輝いています。彗星核はコマに埋もれて見えません。これを遠くから見ると、はっきりとした光点ではなくぼわっとした光点として見えるというわけです。

それでは、はっきりした光点に見える時はどうかというと、もう説明できますね。太陽から遠く離れた氷小天体は表面が融けるほど温められないので、コマがないはずですが、太陽の光をその表面で直接反射することになり、遠くから見るとはっきりした光点に見えるというわけです。この時の彗星は彗星核が剥き出しで、小惑星と区別がつかいません。したがって、コマができてぼわっとした光点になったり、尾(次節で紹介)が出たりするまでは、小惑星として認識されることになります。

このように、彗星が汚れた氷小天体であると考えれば、太陽との遠近と彗星の見かけとの関係をうまく説明できます。ここでは、ちりを含む必要性があまり明らかではありませんが、次に紹介するような二種類の尾ができることや、流星群との関係を説明しようとすると、ちりが重要な存在になってきます。

### 彗星の尾

彗星やその写真を見たことのある人には、彗星といえば尾というくらい、彗星と尾は切り離せないものとして印象に残っていることでしょう(図1)。良く撮れた彗星のカラー写真を注意して見ると、ぼぼまっすぐな細くて青い尾と、ゆるやかに曲がった幅の広い黄色っぽい尾が写っていることがありますが、彗星の尾には二種類あるのです。ところで、彗星の象徴ともいえるこのような尾は、どのようにしてできるのでしょうか。どうして二種類あるのでしょうか。彗星が汚れた氷小天体であると考えればうまく説明できるのでしょうか。こうした疑問を追究することにより、前節で考えた彗星の氷小天体モデルの正否を判定したり精密化したりすることができます。

太陽系内には、太陽から流れ出した電気を帯びた粒子(イオン)の流れである「太陽風」が吹いていることがわかっています。太陽風は太陽系内の磁場に沿って吹いています。一方、彗星核を取り巻くコマには、彗星表面を離れた分子が太陽の紫外線や太陽風の影響でつくられるイオンが含まれています。このようなコマが太陽風に吹かれれば、イオンは磁場に沿って太陽風の下流へ流れ出すことでしょう。こうしてできるのがぼぼまっすぐな細くて青い「イオンの尾」だと解釈されています。イオンの尾は、太陽風に流されたガスですから、常に太陽と反対側に伸びます。

コマに含まれるちりは、どうなるのでしょうか。彗星核表面と異なってガス密度が低いコマでは、ちりはガスとはほぼ独立に振る舞うはずですが、大きさにもよりますが、ちりはガスの影響を受けにくく、したがって、ガスと一緒に太陽風に流されるようなことも起こりにくくなります。ところで、現代物理学では、光が物質に圧力(光圧)を及ぼすことが理論的にも実験的にもわかっています。前節ではちりの大きさは数cm以下であるとしました。このようなちりは、光圧の影響を受けやすく、そのため、太陽と反対方向に飛ばされてしまうはずですが、圧力の効き方はちりの大きさや質量によって違うので、飛ばされ具合もちりによって異なるでしょう。その結果、ゆ

るやかに曲がった幅の広い尾ができることとなります。さらに、ちりは太陽の光をほぼ同じような色合いで反射するので、この尾は黄色っぽくみえることでしょう。これがもう一つの尾である「ちりの尾」です。

### 流星群

イオンの尾やちりの尾として彗星から離れたガスやちりは、その後どうなるのでしょうか。ガスは宇宙空間に広がり薄まって、ちりちりになります。ちりは、それが出来た彗星と似たような軌道を巡る太陽系の微小天体になります。太陽の周りを何度も回るちりの群れになるというわけです。ちりはいつまでも群れのままであるのではなく、惑星や光圧の影響を受けて次第にちりちりになり、惑星間塵として太陽や惑星に落ちていくと考えられています。

ところで、このようなちりの群れと地球が遭遇したら何が起るのでしょうか。ちりは次々に地球大気に飛び込んで、大気との激しい摩擦の結果、光を放つことでしょう。そう、流星群の出現です。近年ではしし座流星群が有名ですが、これは冒頭に紹介したように、テンペル・タットル彗星から出たちりが引き起こすものです。このことは、流星のもとになるちりの軌道を調べるとテンペル・タットル彗星の軌道によく似ていることや、彗星から出たちりの軌道が時間とともに変化する様子を計算してみると、流星群の出現を予想できることからわかります。流星群を引き起こすちりを放出する彗星を「母彗星」と呼んでいます。

このように、彗星が汚れた氷小天体であると考えられると、彗星の見え方の変化だけでなく、二種類の尾があることや流星群がどうして出現するのかを無理なく説明できます。彗星は、その軌道から想像されるとおり、太陽から遠く離れた冷たい場所からやってきた小天体であると言って間違いありません。

### 汚れた雪玉

ところで、冒頭で木星に彗星が衝突した例を紹介しました。このとき衝突したシューメーカー・レビー第9彗星は、実はひとかたまりではありませんでした。20個以上の小さな彗星核が行列をつづっていて、次々に衝突したのです(図2)。この彗星はもともとひとつであったと考えられます。どうして、多数の小さな彗星核になってしまったのでしょうか。



図2

軌道計算によれば、木星に衝突する前、この彗星は太陽の周りを回る軌道を動いていたのですが、ある時木星のすぐ近くを通過し、木星の重力によって軌道が変わりました。次に戻ってきたときには木星に衝突する軌道に入ったのです。木星のすぐ近くを通過したこの時、彗星は木星に近い側の方が遠い側より重力で強く引かれます。その結果、彗星にはこれを引き裂こうとする力(潮汐力)がはたらくこととなります。この力のために、この彗星はばらばらになり、小さな彗星核の行列ができたのだと考えられています。

この軌道を小惑星が通ったとしたら、同じことが起こるのでしょうか。そうはなりそうもありません。なぜなら、小惑星は岩石や金属がしっかりと結びついた堅い天体だからです。シューメーカー・レビー第9彗星が受けた程度の潮汐力では小惑星はびくともしないはずなのです。こうしてみると、彗星はもろい天体であることがわかります。これまで彗星は汚れた氷小天体であるとしてさまざまな現象を考えてきましたが、氷の塊ではなく、もっとふんわりしたものであると考えなければならないということです。つまり、彗星は「汚れた雪玉」と言うのがふさわしいのです。

彗星が汚れた雪玉であるというモデルは、これまで述べてきた事柄の他にも、地上からのさまざまな観測結果や探査機によるその場

での観測の成果を説明することができ、その妥当性は確かなものになっています。

### 彗星の起源

それでは、このような汚れた雪玉はどのようにしてできあがったのでしょうか。彗星の起源を探ってみましょう。まずは、現在の太陽系を眺めてみます。

太陽系には、木星を代表とする惑星、岩石質の小惑星、氷質の小天体(エッジワース・カイパー・ベルト天体)、惑星間塵などが存在し、どれもみな太陽の周りを巡っています。惑星の軌道を図に描いてみると、太陽の周りを輪が取り巻き、ほとんど同じ平面に乗ります。惑星の世界は平盤で、惑星は行儀良く太陽の周りを回っているというわけです。この惑星の世界のはずれは海王星の軌道で、太陽からの距離は約30天文単位(30AU:1AU=1億5000万km)です。この惑星の世界が太陽系の中心部ですが、これを取り巻いて、太陽系はあらゆる方向に数万AUまで広がっていると考えられています。その広がりは惑星の世界よりも遥かに大きく、また、太陽光が弱々しいために冷たい世界となっています。太陽系の大部分は冷たい世界だというわけです。

この冷たい世界のとば口に、氷質の小天体が多数存在する領域が見つかっています。惑星の世界のすぐ外側(30AU)から50AU付近まで、穴あきドーナツのように小天体が分布しているのです。火星軌道と木星軌道の間にある小惑星帯(アステロイド・ベルト)と似ていますね。この領域は、その存在を予測した二人の研究者にちなんで「エッジワース・カイパー・ベルト」と呼ばれています。観測によって確かにここまで広がっていると認識されている太陽系はここまでの平盤状の世界です。どちらかという秩序立った世界ですね。

星は、氷小天体(汚れた雪玉)ですから、冷たい世界から惑星の世界にやってきたと考えられます。その多くは、数年から数万年かけて太陽の周りを回るのですが、惑星とは違って、太陽からの距離が大きく変化します。また、やってくる方向は千差万別です。中には、一回だけ太陽に近づいて永久に去ってしまうものもありますし、太陽の周りを回るものの中でも、ハレー彗星やテンペル・タットル彗星のように、惑星とは逆向きに回るものもあります。そうかと思えば、惑星が巡る平盤(軌道面)からあまりはずれずに回るものもあります。

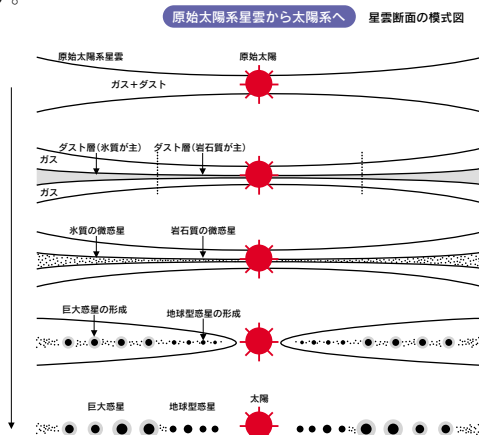


図3 彗星は巨大惑星領域でできた氷質の小惑星の生き残りである。

さて、彗星は公転周期によって二つに分けられています。周期が200年以下の短周期彗星とそれ以上の長周期彗星です。周期が長いほど太陽から離れる最大距離が大きくなります。おおざっぱに言えば、短周期彗星はエッジワース・カイパー・ベルト程度の距離まで、長周期彗星はそれ以上の遠方までその軌道が伸びています。ところで、短周期彗星の多くは、惑星の軌道面に近い軌道を巡っているのに対して、長周期彗星の軌道はばらばらであることが知られています。ここで、次のように考えれば、周期や軌道の特徴をうまく説明することができます。

短周期彗星はエッジワース・カイパー・ベルト天体が何らかの原因で太陽系内部に入ってきたものである。また、太陽系の果て、太



陽から数万AUの距離を巡る水小天体の集団があつて太陽系を包み込んでおり（オールト雲）、長周期彗星はここからやってきたものである。いかがですか。オールトの雲は観測ではまだ見つかっていませんが、実在が予想されているものです。なお、短周期彗星の中には、長周期彗星の軌道が変わって短周期彗星になったものもあると考えられます。これは、惑星の重力の影響を考慮した軌道計算をしてみてわかることです。

隕石などの年代測定によって、太陽系は46億年前に誕生したことがわかっています。彗星の起源を探るには、太陽系の誕生まで遡って、現在の太陽系に矛盾しない形成過程を考える必要があります。太陽系の形成については、Stellar Light 11号の天体列伝で紹介されていますので、ここでは繰り返しません。形成過程から導かれる結論は、彗星は巨大惑星の材料となった微惑星の生き残りであるということです（図3）。つまり、彗星は、太陽系が誕生した頃の様子を伺い知る手がかりを冷凍保存している天体であると言えるのです。



図4 ハレー彗星の核  
(彗星探査機GIOTTO撮影)

### 彗星のガス組成

太陽に近づくとコマができ、尾を出す彗星。このコマや尾からやってくる光を捕らえて波長ごとの光の強度分布（スペクトル）を調べると、コマや尾に含まれるガスの種類や量（組成）がわかります。ガスは冷凍保存されていた（太陽系初期の物質が出てきたもの太陽

紫外線の作用で分解したものも含む）ですから、ガスを知ることは微惑星が誕生した頃の太陽系（原始太陽系）の温度、密度、電離度などを知ることに他なりません。また、原始太陽系の温度や密度などを仮定したモデルを使えば、彗星のガス組成から、彗星が誕生した場所を突き止めることができるかもしれません。

このように、太陽にあぶられると、彗星に冷凍保存されていた過去の情報が、私たちの目の前にもたらされるのです。

### 二大彗星

5月下旬から6月初旬にかけて同時に見えると予想されている二大彗星は、周期が数千年の軌道を巡るものらしいことがわかっています。周期が長いことから、二大彗星はオールト雲からやってきたものであると考えられます。これらは過去何回か太陽に近づいたかもしれないし、今回が初めてかもしれません、いずれにしても彗星としての活動は始まったばかりで、どちらも彗星としては若いものなのでしょう。

彗星の科学は、大彗星がやってくるたびに、格段に進展してきました。1996年の百武彗星、1997年のヘル・ボップ彗星が最近の大彗星として有名ですが、この時も、その当時著しい発展を遂げ安定しつつあった新しい観測装置（CCDカメラ）を活かした観測が多数なされました。その結果、ナトリウムの尾が発見されたり、コマに渦巻き状の構造が発見されたりしました。

今度の大彗星も、彗星の科学の発展に大いに役立ち、また太陽系の起源について、知見を深める役にも立つと期待されています。ぐんま天文台でも、可視低分散分光モニター観測によって、彗星の活動の変化や、化学組成を探ろうと計画しています。

(観測普及研究員 浜根寿彦)

## ぐんま天文台におけるリモート望遠鏡

学校での授業における活用を目的とした、ぐんま天文台 65cm望遠鏡/観察用望遠鏡によるリモート望遠鏡システムを立ち上げました。このシステムの構想は、ぐんま天文台開館以前に遡ります。過去の実践の様子を説明しながら、これまでの経緯を紹介します。さらに、現時点のシステムの特徴とこれからの課題と構想についてお話ししますが、どのようにしてこのようなシステムを活用していくかが今後の大きな課題となるでしょう。

### 1.はじめに

昨年11月、ある中学校の理科室からぐんま天文台の65cm望遠鏡を動かしました。65cm望遠鏡で得られた金星の画像から金星の見かけの大きさや形の変化があることを知ってもらい、このことから金星が内惑星であることに気づくといった授業の一環でした。授業をうけている中学生は、半年ほど前にぐんま天文台を訪れて、金星の大きさや形を観察していたのですが、今度は天文台に出かけるのではなく、一般の理科の授業の時間に金星を観察しようという試みです。

以上は、昨年度のリモート望遠鏡の実践授業の一コマです。昨年度は試験的な実践にとどまりましたが、今年度からは県下の学校等から希望を募り、リモート制御システムの操作、(学校側での)システム接続作業等についての講習会を始めました。しかし、ハードウェアはあっても、それをどのように利用するかというソフトウェアがなければ意味がありません。他の事例を参考に手探りしているような状態です。ここでは、これまでの経緯とこれからどのような利用を行っていくかについてお話ししたいと思います。

お話を始める前に、少しだけぐんま天文台の紹介をしておきましょう。ぐんま天文台は、1999年に開館した群馬県立の公開天文台で

す。群馬県高山村にあり、関東平野の北西部の途切れたあたりに位置しています。口径150cmの150cm望遠鏡をはじめ、65m望遠鏡、口径30cmの太陽望遠鏡、さらには、口径25cm～30cmの6台の望遠鏡（「観察用望遠鏡」と呼んでいます。）などの望遠鏡を配置し、「本物の体験」を題目として、天文学の研究と教育普及を目指している天文台です。詳しくは、天文月報1997年8月の古在先生<sup>1)</sup>、1998年12月の河北氏の記事<sup>2)</sup>を御覧ください。



図1 ぐんま天文台 65cm望遠鏡 (上) と 観察用望遠鏡 (下)

ところで、一口に「望遠鏡のリモート制御」といっても、世の中にはいろいろな目的のものがあ、またそれらの目的にあわせていろいろな形態が存在します。天文教育用としては、みさと天文台で実現されたみさと天文台と和歌山大によるリモート望遠鏡<sup>3)</sup>のほか、東京理科大・慶応高校でのインターネット天文台<sup>4)5)</sup>、最近では科学技術館屋上にある北の丸望遠鏡<sup>6)</sup>など、いろんなところで実現されています。天文雑誌にも(天文月報にも!!)、インターネット天文台といったような記事を見かけます。また、研究用としても、MAGNUMをはじめとして、多くの望遠鏡でリモート制御は可能となってきました。実際、遠隔で操作するぐんま天文台内でも、150cm望遠鏡と観測装置を統合制御するシステム、さらには、ガンマ線バーストなどの突発天体のフォローアップをおこなうためのロボット望遠鏡なども望遠鏡のリモート制御といった範疇に入るかと思われます。しかしながら、ここでは学校からの利用を想定した65cm望遠鏡・観察用望遠鏡(図1)の遠隔操作のシステムにしぼって話をさせていただきます。

## 2. 構想は開館前から

ぐんま天文台におけるリモート望遠鏡システムの構想は、約5年前まで遡ります。あるいはさらに前なのかもしれませんが、著者が就職した時(天文台開館1年前、いまから5年前)にはすでに内部文書では書かれていましたし、開館1年前のパンフレットにはすでに、「A. 150cm望遠鏡 ..... B. 65cm望遠鏡 ..... 将来は、学校からの望遠鏡操作が可能になります。 C. 観察用望遠鏡 ..... 学校等の団体利用のために、...」といった文句がありました。つまり、開館前から65cm望遠鏡、観察用望遠鏡は、近い将来、遠隔制御を実現することを想定した望遠鏡でした。しかし、いつごろ、どんな方法でリモート制御を実現し、どのように公開するかなどについては全く未定の状態でありました。(この頃は開館前ということもあり、望遠鏡の製作がまさになされていたような時期でしたので、リモート制御といっても望遠鏡がないことにはできませんから、後回しにされるのは当然ではありますが。)ただ、遠隔制御を行う計画がすでにありましたので、「外部からのコマンドを受け付けること」といった一文が望遠鏡の仕様書には書いてあったようです。

上のパンフレットの内容を知って知らずか、望遠鏡の遠隔制御についての要請や依頼がいくつかありました。その一つは、天文台開館初年度(1999年)に県内の学校の先生と科学館からの依頼であり、群馬県内の教育文化イベントにおいて、65cm望遠鏡の遠隔制御での観望会を行うというものです。こちらとしては遠隔制御システムが出来ていない(というか、まだ手もつけていない)状態でしたから、「できない」と答えたかったのですが、イベントの方では「回線はNTTさんをお願いしてなんとかする」といつてきたこと、テストケースとしてこれから構築するシステムの参考になるといった理由で、このイベントを引き受けることになりました。システムは至って簡単で、65cm望遠鏡制御PCの操作画面をISDN回線を通してリモートPCに出すことにより、望遠鏡の操作を行うといったものです。画像や音声のエンコード・デコードには、専用のTV会議システム(これは当時、1台100万円程度のもので、送受信側で合計2台必要でした。)を利用しました。これらはすべてNTTから借りたものです。



図2 1999年11月の群馬県内の教育文化イベント「学びの祭典」でのリモート望遠鏡の会場の様子

図2はそのイベントでの会場の様子です。会場のスクリーンに65cm望遠鏡で捕らえた惑星などの動画像を見せたり、回線を通して天文台職員とコミュニケーションをとったりして、イベントとしてはほぼ成功したのですが、やはり問題点が出てきました。「天体画像と操作画像と音声すべてISDN回線で送受信するのはたいへんである」ということです。これはある程度予想はできたことですが、イベント中に音声途切れることは、予想以上にイベント進行に支障が加わることがわかりました。

## 3. 3年計画

上のイベントの効果もあつてか、次の年度の2000年度より3年計画で、「リモート望遠鏡システムの構築」といった予算がつきました。しかし、3年計画ということは、周りの状況を見ながら徐々にやれるといった利点もありますが、1年に使える予算はさほど多くないという大きな欠点があります。このため、3年で何を実現させるのかについては、最初の構想に大きく依存します。

- この最初に考えたリモート望遠鏡システムの基本構想は、
- ・65cm望遠鏡、観察用望遠鏡を対象とする。
  - ・ISDN回線を使用して、天文台側と遠隔地側の閉じたネットワークで行う。
  - (学校側にあわせることと、セキュリティのため)
  - ・遠隔操作側の端末は、ウェブブラウザで制御可能であること。
  - ・遠隔操作側の端末には、特別な(有償な)ソフトウェアは不必要であること。
- 音声込みで動画の双方向通信を行いたい(遠隔授業を行いたい)。というものでした。

これらの基本構想を実現するために、1年目に回線の確保と動画取得と配信系を整備し、2年目、3年目には、それぞれ、65cm望遠鏡、観察用望遠鏡をwebサーバより動かすシステムの構築を行いました。ISDN回線を使うというのは、4年前の構想時には妥当な選択肢だったのでしょうが、今日のブロードバンド時代においては、かなり時代遅れな印象を否めません(ネットワークの進化は何と早いのでしょうか)。しかし、幸か不幸か、ISDN回線で直接つないでしまえばファイアウォールを経由する必要がないために、相手との接続試験でトラブルを起こしたことはほとんどありません。また、セキュリティの面からも安全ですし、どこの学校でも使えることを前提に考えれば、適していたと考えられます。

## 4. システムの簡単な紹介

図3に簡単なシステム概要を示します。回線によって送受信するのは、望遠鏡で得られた天体の動画、望遠鏡操作コマンド、望遠鏡の監視+遠隔授業のためのTV会議動画の3つです。望遠鏡操作コマンドについては、最初のイベント時は画面を送信して回線容量を多く消費していましたが、ウェブで操作できるようにして、回線には単純な文字列しか流れないようにしました。望遠鏡につけたビデオカメラからの天体の動画については、時間のずれ、コマ落ちなどについては多少目をつぶ、できるだけ画像の質を落とさないrealビデオ形式にて送信することとしました。逆に、TV会議動画については、画像の質はあまり問わないけれども、監視の意味もあるので時間のずれがあまりないことを考え、マイクロソフトのNet meeting を使っています。また、同時に2つの動画が必要な場合はあまりないので、その都度切替えて、回線の負担を少なくするように工夫しています。

65cm望遠鏡と観察用望遠鏡は、共に外部からのコマンドを受け付けることができます。65cm望遠鏡は三鷹光器製の反射望遠鏡で、望遠鏡制御PCはRS232C経由で外部コマンドを受信するのですが、観察用望遠鏡は高橋製作所製のTenmaの原型となるもので、望遠鏡制御PCはソケットで外部コマンドを受信します。また、制御コマンド体系がそもそも異なりますので、望遠鏡にあわせて別々のサーバが必要となり、使う側は望遠鏡によって違った回線を使用することになっています。しかし、これらの違いはサーバにあるTelAgentというソフトで吸収することで、どちらの望遠鏡を操作する場合も、同じユーザーインターフェイスとなっており、ユーザーが混乱しないように配慮しています(図4)。



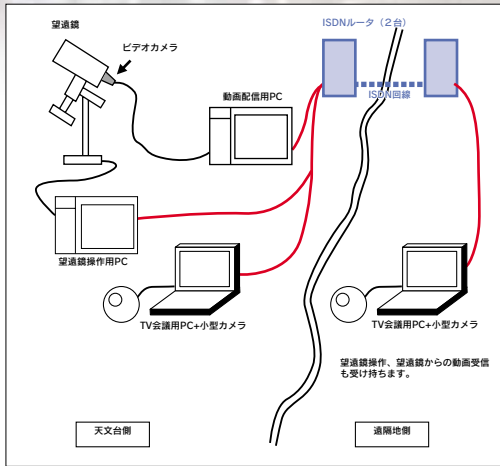


図3 システム概念図



図4 望遠鏡操作画面例と操作の流れ

## 5. 学校での実践

3年計画の最終年度となった昨年（2002年）に、群馬県内の3つの小中学校と連携し、実践授業を行いました。表1には、その授業を行った日時や状況などを示しています。

表1 2002年度における授業実践の状況

日時 時間帯	学校（場所）	内容（対象）	望遠鏡
2002/10/10 昼間授業時間	須川小5年（校内）	月の観察（月・金星）	65cm望遠鏡
2002/11/13 夜間課外授業	伊勢崎南小6年 （東毛少年自然の家）	秋の天体観察 （M57、M15、アルビレオなど）	観察用望遠鏡
2002/11/18 昼間授業時間	小野上中3年（校内）	金星の満ち欠け （金星）	65cm望遠鏡

実践授業のテストケースとして、様々な場合における授業を行いました。須川小と小野上中は昼間の授業時間内のケースですが、一度天文台へ足を運んでおり、彼らが実際に見た望遠鏡で今度は学校内の教室から操作して観察するという方法をとりました。理由は、このようにすることでリモート望遠鏡であることが実感できるといったからです。また、一度見学した望遠鏡であるため、当日はあまり説明なしに授業で使うことができます。また、伊勢崎南小の夜間の課外授業では、施設の小望遠鏡で観察する前の導入として利用してみました。

ここでは、「はじめに」に書いた小野上中の実践について少し述べたいと思います。授業の内容は、「金星が月と同じように満ち欠けをすること、視直径が変化することなどを手がかりに、内惑星であることを追求する」ことでした。昨年の6月に天文台に訪れ、65cm望

遠鏡で金星を観察しました。それほど欠けていない金星はみえていたのですが、リモート望遠鏡では、内合を過ぎてすぐの金星を観察したのです。また、サポートとしてこの間天文台内で撮っていたデータや教科書に掲載されている写真も示し、金星の形と大きさの変化を実感できるようにしました（図5）。これより、金星が内惑星であることを導こうとしたのです。その他、天文台で作成した金星と地球の軌道模型などを使いましたが、準備にも時間をかけただけあって、授業はかなり好評でした（図6）。生徒たちからは、「またやってほしい」との声が聞こえました。また後日、教師からは「授業への取組がよかったため、理解が深まり、試験の結果もよかった」という声をいただき、さらに当日見学された指導主事からは「写真よりも実感がわき、生徒の関心を高めるのに役立った」といった評価を頂きました。



図5 小野上中での実践風景その1。スクリーンに映し出された金星と資料



図6 小野上中での実践風景その2。理科室の全景。説明をする倉林と中学生、それに教師たちの様子。この授業はマスコミの取材もあった

これらの実践の結果、以下のような問題点がわかってきました。

- ・遠隔側のインフラが未知であるため、遠隔地側の配線等、事前の設置作業に時間がかかる。
- ・ISDN回線で行うには、動画の切替え、音声の確保などに神経を使う。
- ・現行だと、天文台職員が双方に必要である。

また、これらのことからぐんま天文台におけるリモート望遠鏡システムの利用法についても、ある程度、具体的な形がみえてきたような気がします。つまり、「ぐんま天文台に直接訪れて行う学習の補助として、学校から天文台機材を使った授業を行う」という方法が、近隣の学校からの利用法としては適当なのではないかと思えます。逆に、ちょっと大がかりな実験装置といった感覚で学校から使ってもらえたらいいのではないかと思います。

## 6. 今年度の計画とこれから

今年度は、昨年の実践の延長として、県内の学校での利用を呼びかけています。昨年と異なるのは、「遠隔側（つまり、学校側）は、回線の接続などのセッティングから授業での使い方まで遠隔側で受け持つ」ということです。必要は機材は天文台から貸し出すことも考えていますが、基本的にはセッティングを行ってもらおうとしています。そのため操作講習会などを行わないといけませんが、こうすることにより天文台側の負担を半分に軽減し、より多くの学校に使ってもらおうことを考えています。現在のところ 3~4校からの要請があり、どのようにして、リモート望遠鏡システムを授業に活用するのかについて検討しているところです。

さらには、ISDN回線ではなく天文台の回線（1.5Mbps）を利用して文字どおりインターネットに接続した望遠鏡としての利用も今年度



中には行いたいと考えています。セキュリティの面において考慮すべきことがあります。今までのような利用であれば十分な回線容量での運用が可能となります。回線の容量に余裕ができるのであれば、将来的には、観察用望遠鏡を複数台使用することや、CCDを制御しての観測なども可能となってくるでしょう。

海外との連携も模索しているところです。ほぼ具体的になっているのが、インドネシア・バンドン工科大、ボツシャ天文台との連携です。昨年7月にぐんま天文台とバンドン工科大との間で、協力提携協定が結ばれました。両者は天体物理学と科学教育の分野で協力していくことを約束しています。この協力関係を通して、こちらで得られた画像をインドネシアでみることはすぐにも可能となるでしょう。さらに、こちらでのシステムをインドネシアで実現することを計画しています。残念ながら時差はほとんど無いので、日本の日中に天体の観測をするということではできませんが、群馬県にいながらマゼラン星雲などの南の星空をみるできるようになると期待しています。さらには、時差を利用して、夜間しか見られない天体をリモート望遠鏡で捕えることにより、昼間の授業における活用が可能となるように欧米の提携先も模索しています。また、今年8月にはリモート望遠鏡を使った教育についての研究会を、ぐんま天文台で開催しようとしています（この記事が出る頃には終わっているでしょう）。リモート望遠鏡を効果的に教育に利用するためのカ

リキュラムについては、まだまだ発展の余地があるのではないかと考えます。こうした新しい試みについては、また、どこかで発表させていただきます。と思っております。

(衣笠健三<sup>1</sup>、河北秀世<sup>1</sup>、倉林勉<sup>2</sup>、田口光<sup>1</sup>) 1.観測普及研究員 2.主任

#### 参考文献

- 1)古在 由秀, 1997, 天文月報, 90(8),388-390
- 2)河北 秀世, 1998, 天文月報, 91(12),608-609
- 3)たとえば、尾久土 正己, 2000, 天文情報処理研究会第42会合収録「望遠鏡の遠隔制御」, 38-41
- 4)佐藤 毅彦,坪田 幸政,松本 直記, 1999, 天文月報, 92(6),312-317
- 5)佐藤 毅彦,坪田 幸政,松本 直記, 2000, 天文月報, 93(6),312-317
- 6)たとえば、木村かおる, 2003, 天文情報処理研究会第49会合収録「天文教育とe-Learning」, 47-56

注1)この記事は天文月報2003年11月号に掲載されたものを転載したものです。

注2)2004年3月5日には、ぐんま天文台とバンドン工科大との接続に成功しました。日中でしたが、互いの望遠鏡を遠隔で操作できること、撮っておいた画像を送受信できることが確認できました。あとは、実際の観測を残すのみとなりました。



## 観測してみようか、誕生したての星

思い返せば2003年2月にさかのぼりますが、一本のメールが入りました。星形成が専門の国学院大学の小倉先生からで、概略、「T Tau型星(誕生直後の星)の観測をしているスペインのグループが今年の秋にメキシコも含めて一週間くらい国際共同観測をする。ぐんま天文台でもやらないか」ということでした(注1)。私は、アンドロメダのような(系外)銀河や天の川(銀河)の星団を研究する機会が多く、T Tau型星のような若い星は研究したことがありませんでした。ただ、ぐんま天文台には星形成を専門に観測している人もなく、かといってこのような大がかりな観測計画を見逃す手はありませんから、ちょっと悩んだだけでお受けしました(注2)。

観測計画をお受けした頃はたいした知識もなく、T Tau型星というのは、星の誕生直後の一時期のことである、太陽の程度の重さの星は十分時間がたつと、星が出来た時のガスや塵はまわりにはほぼなくなるが、誕生直後はT Tau型星のようにまわりに円盤状にガスや塵があり温められて赤外線を出す、円盤がどの位消えているかが進化に対応するらしい、とまあこんな具合でした。円盤の一部がちぎれてガスが星に落ちるモデルを知ったのはこの計画を聞いてからのことです。

実際の観測計画と言えば、ガスが落ち込む部分のモデル化によると、落ちる際には星と円盤をつなぐ磁気に沿ってガスが動き、円盤から剥がれる際には近赤外の光が、星に落ち込む瞬間には可視の光が出る。先に円盤からガスが剥がれてそれから星に落ち込みますから、先に近赤外線で見ると数日後可視で明るくなる時間差があるはずで、それを検出すると言うものでした。

どんな準備をしたかと言えば、可視光では青い色ほど明るくなる予想もあり、青い方から赤い方にU,B,V,R,Iという測定バンドがあり一番青いUバンドで観測したいと言うことになるので、おそらくぐんま天文台では初めて、65cm望遠鏡を使って何等の星まで写るかテストをしました。概してUバンドになると検出器の感度が悪いのですが、今回の天体(U~12等)なら十分だろうということで観測日になり、小倉先生も大学の用事を済ませてやってこられました。

さて、星の明るさが何等というのを測定することは難しいのです。そこで、よく、ある星に比べてこの星はどれだけ明るい・暗いという測定をします。明るさが変わる天体では、画像の視野に入ってい

る星で明るさが変わらないものを基準にして、画像を取るたびに目的の星が基準の星よりどれだけ明るかったかを測定します。ただ、暗い星は精度が悪いですから、目的の星より暗い星を基準にするとその暗い星の精度で決まってしまう面白くないので、目的の星より明るい星を基準にします。逆に言えば視野に目的の星より明るい星がなければ良い精度がでないと言う事情になります。U-バンドでは基準に使える明るい星が視野になく、やむなくB,V,Iというバンドでの観測を続けることにしました。それが曇りながら観測した一晩目の結論でした。

二晩目は晴れました。結果の一例を図1に示します。図2はこのうちの4回の画像の目的の星(上)と基準星(下)の部分の切り出したものです。わずかに数時間の間の観測ですが、3枚目の画像で明るくなる増光がとらえられていました。青いほど増光が大きく、4割ほど明るくなりました。まだ赤外と組み合わせしていませんから、モデルの正否は今後を待つばかりです。これほどでないものの、他にも一例、増光が見られました。6天体しか観測しませんでしたから、それでこれだけの増光に当たると言うことはかなりひんぱんにガスの落下が起きていると言うことなのかも知れません。

こころへんは、後から考えたことです。この星の解析結果を見た瞬間は、正直、モデルのことは吹きとんでいました。何と言うか、これはものになる、久しぶりにそういった新鮮な感覚が湧いたので。今回はT Tau型星の構造は分解して見えていませんから、一点の明るさの変化を頼りにT Tau型星の周りで何が起きているか推測する、その奥深さ、難しさが理解できました。65cmという小口径望遠鏡で題材を探すのは容易ではありませんが、何とかなるようなテーマがまた見つかったらしいのです。もっともこれまでどの程度観測が蓄積され、どのくらい高度なレベルに到達している、今後何ができるのか(言ってみればどれだけ枯れたテーマなのか)考える必要はあるし、理論家の方はたくさんおられるけれども、観測面では案外できることがありそうだし、つまり観測テーマとしての若さも見えたような気がしました。実際面でも明るさの変化がfakeでないこともわかりましたし、どの程度の変光が捉えられるかも把握できたわけです。実質の観測の最初の一晩でこんな感覚をもつとは思いませんでした。熱しやすく冷めやすい性分ですが、今のところは、機会を

捉えては観測を続けています。冬の天の川はそういった天体の宝庫なのです。

個人的には、突き放して言えば、この観測はモデルを組んだ人にとって面白いが、観測する人(私)にとってどれだけ面白いものであり得るか、これは結構微妙な話で、天体観測ではよく出くわすことです。「食わず嫌い」と言う言葉にもあるように、面白みはやってみて初めてわかるものです。実感しました。ならば、毒をも食らわば皿までか。今までの研究範囲から全く違う世界に入ってしまうと、結局自分はこういうスタンスの研究をする、という姿勢がぼやけてしまうところもあり、必ずしも面白だけがいいわけではない。そんな微妙なバランスを(またもや)思い知る観測になったのでした。結

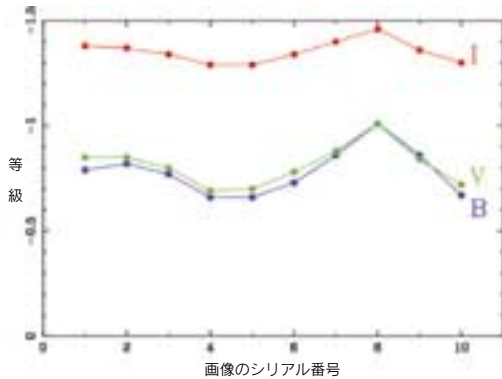


図1 DL TauというT Tau型変光星の明るさ(縦軸)の時間変化(横軸)。横軸は画像のシリアル番号(時間)で、数時間の間に対応する。B,V,Iの順に青い光から赤い光になり、シリアル番号8のところでは明るくなり、青いほどその明るくなり方も大きい。

局のところは今まで自分が過ごして来た世界と新しい世界をどれだけ太いパイプで繋ぐことが出来るか、むしろそれが私にとってのこの観測の今後の課題になることでしょう。

(観測普及研究員 長谷川 隆)

(注1) 天体の変光観測は往々にして24時間継続して観測する必要があり、欧米と日本で観測しないと観測データがとぎれてしまうのです。

(注2) この国際共同観測は近赤外線でも行われ、ぐんま天文台の近赤外線カメラもこの観測に参加していました。

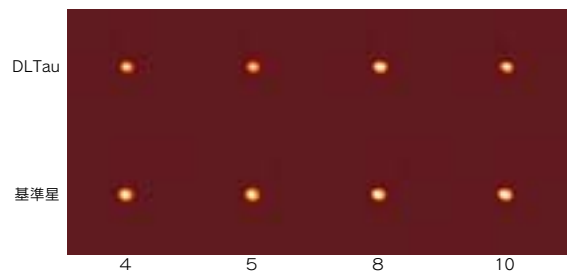


図2 DL Tau(上)と明るさを測定するための基準星(下)の画像。図1のシリアル番号で4,5,8,10回目に対応する画像が横に並べられている。基準星の明るさは4回でほとんど変化していないが、8回目でDL Tauが明るくなっている。

# 天体観測入門

## カメラの選び方

### 1. 写真が撮れる仕組み

一口にカメラといってもさまざまなカメラがあります。プロカメラマンが使うような本格的な大判のカメラ、レンズの交換できる一眼レフカメラ、シャッターを押すだけできれいに撮れるコンパクトカメラ、レンズ付フィルムと呼ばれる簡易式のもの。また、最近では「デジカメ」も一般的になり、ついには携帯電話に内蔵されているものまで…。多種多様ですがどれもカメラです。普通に写真を撮るにはどれも立派に写すことができます。

これらは大きく2種類に分けることができます。一つは従来からあるフィルムを使うカメラ、もう一つはデジタルカメラなどで利用されている半導体素子で画像を記録するカメラです。

フィルムを使うカメラの場合、レンズから入ってきた光はフィルム上に塗られた感光剤に記録されます。感光剤は光が当たると化学反応を起こします。当たった光の波長や強さに応じて反応の仕方が異なり、その違いがフィルム上に記録され、現像するとネガが出来上がり、それを印画紙に焼き付けたのが写真です。

一方のデジタルカメラでは、光があたると電流が発生する半導体素子がたくさん並んだものをフィルムの代わりに使います (CCDやCMOSなどと呼ばれています)。この電流の大きさを光の情報として記録することで、画像を得ることができるのです。

最近では天体写真もデジタル化が進んでいます。天体撮影用に特化

した冷却CCDカメラも利用する方が増えてきています。デジタルカメラやビデオカメラなども活用されており、コンピューターの画像処理を駆使して、素晴らしい画像を公開している方もたくさんいます。

しかし、フィルムで撮影する方法も根強く行われています。星の写真などはフィルムで撮ったほうがきれいに撮れます。本当にきれいな写真を撮るにはかなりの経験と技術が必要ですが、経験や技術がなくてもとりあえず撮影してみることは比較的容易にできますので、初心者が取り組むのには適しています。

そのため、今回は、初心者が初めて使うのに適したフィルムを用いたカメラの選び方を紹介します。

### 2. 長時間露出ができるバルブ機能

さまざまな方式のあるカメラですが、どのカメラで撮っても写真は撮ることができます。しかし、天体写真に限ってはどのカメラでも良いわけではありません。なぜなら、星などの天体からの光は通常の場合と比べて極端に光が弱いからです。太陽や月等のごく一部の天体は光が十分にありますが、ほとんどのカメラで写すことができますが、それ以外の天体は普通に「カシャ」とシャッターを切っただけでは写らないのです。フィルムの感光剤が反応できるだけの光量が無いと光が当たっていないのと同じであるため、結果として真っ黒な写真になるだけです。星の光では弱すぎて、普通に撮



ったのではフィルムが反応してくれないのです。ではどうすればよいのでしょうか。

答えは「シャッターを長く開けて光をため込む」のです。カメラの中にはこのようにシャッターを長く開けておく機能を持ったものがあります。これを「バルブ」といいます。光が弱ければ長く光を当てて光量を増やしたのと同じ効果を与えてフィルムの感光剤が反応できるようにするのです。つまり、天体写真を撮るには最低限バルブ機能をもったカメラが必要となります。人間に目には残念ながらこのような便利な機能はありません。天体が写真のようにカラフルに、はっきりと見えないのは、写真と人間の目では光の受け方が違っているからなのです。



図1 目かバルブ機能

### 3. 機械式シャッターのもの

フィルムで撮影する場合、バルブ機能を持ったカメラを選択せざるを得ませんので、必然的に選択できる範囲は狭くなります。一般的には一眼レフというレンズを交換できるカメラになるでしょう（一眼レフの中にもバルブ機能が無いものもありますので購入の際は確認するようにしてください）。レンズを交換することで星の写真や天体の拡大撮影もできますし、場合によっては天体望遠鏡に取り付けて撮影することもできます。

いわゆるオートフォーカス機能は必要ありません。なぜなら、天体は無限遠にあるのでピントは必ず無限大の位置になるからです（レンズによって個体差があるためそうでない場合もあります）。もっとも、光が弱いとオートフォーカスの仕組みから、あっても働きません。

一眼レフにもさまざまな機種があり、機能も違いますが、天体撮影に適しているのはバルブ機能を利用するのに電気を必要としないタイプです。シャッターを長時間開けておく必要があるため、これに電気を使う機種では電池がすぐなくなってしまうます。撮影の途中で電池がなくなってしまうとそれ以上撮影することができません。それに対して機械的にシャッターを開けておける機種であればこの心配は必要ありません。一般にメカニカルシャッターと呼ばれますが、これを備えているのはマニュアル式カメラに限られています。このようなカメラはピント合わせや露出をすべて自分で設定・調整しなければなりませんので一般の写真撮影には操作が面倒ですが、逆に天体写真ではすべて思うように設定できるのでかえって利点になります。

### 4. レンズを選ぶ

どのような天体写真を撮るかによって選ぶレンズも変わってきます。

空に満天の星がちりばめられた様子や星座などを撮りたい時には広角レンズをします。星座はイメージよりも実際は大きく、写真に撮ろうとするとかなり広角なレンズを必要とする場合があります。また、メシエ天体など、星雲や星団を撮影する場合にはクローズアップできる望遠レンズが適しています。

いずれの場合にもできるだけ明るいレンズを使う方が効率的に光量を得られるので、露出時間を短くできます。具体的には開放F値が

小さいものを選びます。できれば2.8より小さいものが良いでしょう。ただし高価になるのが欠点です。明るいレンズが用意できない場合は、高感度フィルムを用いることである程度はカバーできますが、高感度フィルムは粒状性が悪いので、ややざらついた画像になりやすく、画質的には劣ってしまいます。

いろいろに使えるズームレンズが便利のような気がしますが、ズームレンズはさまざまな焦点距離が得られる代わりに暗いものも多く、天体写真にはあまり適していません。暗いということは露出を長くする必要があるので、赤道儀などで追尾する際にずれが生じやすくなります。ファインダーを覗いても暗い星が見えにくいこととなりますので、微妙なピント合わせも困難になります。また、単焦点レンズに比べて取差（星像が歪んだり、にじんだり等すること）が多くなる傾向があります。したがって、ズームレンズ1本よりは単焦点レンズを数本用意するのが理想です。広角、標準、望遠とそろえられればさまざまな写真を撮ることができます。



図2 機材式シャッターカメラの例

### 5. マニュアル式一眼レフカメラが最適

以上のような理由から、天体写真を撮るには、機械式シャッターのマニュアル式一眼レフカメラが適していることとなります。しかし、新しい一眼レフカメラはほとんどがオートフォーカスなどの機能を備えた電子シャッターのもので、マニュアル式カメラは機種も限られ、入手性も悪くなってきています。多機能なカメラよりもかえって高価な場合も多くなってきてしまいましたが、用途を天体撮影用と限るならば状態のよい中古品でも十分です。

初めからきれいな天体写真を撮るのには難しいことです。しかし、試行錯誤するのもまた楽しみの一つ。機材やフィルムや場所や時期・時間など…。そうして得られたノウハウはさらに大判カメラを使ったりデジタル機器へ移行したりした際にも必ず役に立つことと思います。

初めて自分の手で天体写真を撮影したときの感動は格別です。ぜひ挑戦してみてください。

(主任 倉林 勉)



図3 さまざまなレンズが使えるのも魅力

# 天界四季折々

寒さも峠を過ぎ、春の気配も近づいてきました。星空もだんだんと春の装いを見せています。3月から観望時間は19時から22時の夏時間になっています。

## ●観望天体

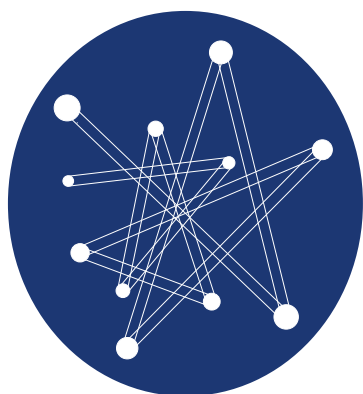
惑星 金星, 木星, 土星

二重星・連星 ふたご座 $\alpha$ 星(カストル), しし座 $\gamma$ 星(アルギエバ),  
かに座 $\iota$

惑星状星雲 NGC2992 (エスキモー星雲)

銀河 M81, M82, M51

星団 M37, M13



GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

県立ぐんま天文台

発行日 ■ 2004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

電子メールアドレス ■ gao@astron.pref.gunma.jp

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。

**R100 SOY INK**

古紙配合率100%再生紙を使用。印刷インキは大豆油インキを使用しています。