

STELLAR No. 18

LIGHT

ステラーライト



台長室から ～天文台の効用～

2003年火星大接近 ～氷雲の観測 坂野井健(東北大)～

天体列伝 ～土星～

天体観測入門 ～フィルター～

天文台の気象のはなし ～天文台に降る雪～

空を見上げてみよう ～こぐま座と北極星～

天文台の素朴な疑問 ～昼間に星は見えないか～

GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

県立ぐんま天文台

台長室から ～天文台の効用～

台長 古在 由秀

天文台を英語に直すとObservatoryですが、それには展望台という意味もあります。高い建物の屋上や、観光地の小高い場所にある展望台も、英語ではObservatoryです。

ところで、県立ぐんま天文台は標高が880mほどの高台にあり、四方に展望が開けているというほどではありませんが、北には谷川岳、天気がとてもよければ、西に富士山の山頂が見られます。そこで、ここはどちらの意味からもObservatoryといえると自賛しています。

高い場所にあるとなれば、山道を登らないと天文台に来られません。そもそも、ぐんま天文台の建物の建設や望遠鏡の据え付けも、そこまでの道があつて可能だったのですから、当然、天文台への道はあります。ところが、ぐんま天文台では、かなり離れた場所に駐車場を作り、来訪者はそこで車を降りて522段の階段を登ってもらっています。もちろん、歩行に困難を伴う方には、事務室に簡単に通じる電話で連絡して、車での送迎のサービスができます。

現在の駐車場でも、天文台の開設直後や2003年8月の火星大接近時には、来館者がとても多く、車があふれてしまいました。開設時のゴールデンウィークの最中は、他にも駐車場を設け、シャトルバスのサービスまでしました。天文台の高さの場所に駐車場をとると、収容できるのは、現在の10分の1以下になります。

それより問題なのは、夜の天文観測には、光が邪魔になるということです。車のヘッドライトが天文台の建物やその上空を照らすということになると、質のよい天文観測はできないのです。こちらの方がより大事な理由で、駐車場を下に置いたのです。

それでも、開設直後から、522段の階段にたいする苦情はよく聞かれます。そもそも群馬県は車社会で、隣の家に行くにも車を使うと聞いたことがあります。その群馬県にも、階段を使わないといけない場所があつてもよいと思うのですが。

ともあれ、ぐんま天文台は、天体を観測するだけでなく、そこに行く途中の階段のある遊歩道で自然を楽しみ、登り切れば天文台の周りの風景を眺めるといった、いろいろな効用のあるObservatoryと考えてもらえれば、とても有難いのですが。





2003年火星大接近～氷雲の観測

坂野井健 (東北大)

1. はじめに

夜空に赤く輝く火星。2003年8月に6万年ぶりの大接近と騒がれたことは記憶に新しいものです。これほど火星が注目される理由の一つとして、環境が太陽系天体中で最も地球に似ていることがあります。しかしながら、火星の大気主成分は希薄な二酸化炭素(CO₂)であること、液体の水(H₂O)をもたないこと、大気中のダストの存在、30kmに及ぶ高低差を持つ地形など、地球との相違点も知られています。

とりわけ、火星におけるH₂Oの存在形態は、生命の存在の可能性を左右する鍵をにぎるために注目を集めています。火星においてH₂Oは、大気中では水蒸気に加えて固体の水雲、地表では極近傍の氷(極冠)、そして地下のレゴリスに水蒸気または氷として吸着した形で存在しています。火星の季節に伴う気温・気圧の変化により、H₂Oは水蒸気、氷雲、極冠、レゴリスの吸着・放出と形態を変化させます(図1)。近年の探査機観測により、極冠やレゴリス内に大部分の水がリザーバーとして存在していることが分かりました。一方、氷雲は大気中のリザーバーとして重要と考えられています。しかし、各リザーバー間の相互作用の量や、どのような条件や領域で顕著な相互作用が起きるかはよくわかっていません。従って、氷雲の観測は火星におけるH₂O輸送や循環を知るために大切です。

過去の観測から、火星の水雲には主に極雲、低緯度氷雲帯、山岳雲の三種類存在することがわかってきました。このうち、極雲のみH₂O氷雲に加えてCO₂氷雲が存在すると考えられています。CO₂氷雲とH₂O氷雲を区別して観測するためには、近赤外波長域におけるCO₂氷雲とH₂O氷雲の吸収の違いを利用するのが有効です。そこで今回は、ぐんま天文台における近赤外分光観測データを用いて、火星のH₂O氷雲とCO₂氷雲と区別し、H₂O氷雲の分布を明らかにすることを目的としています。

2. 観測

観測には、150cm反射望遠鏡(F12.2)とカセグレン近赤外カメラを用いました。近赤外カメラは、グリズムを用いてKバンド(1.959~2.397 μ m)近赤外波長域での分光モード(R~1000)で運用しました。期間は2003年7月28日-8月2日(6晩)、8月29日-9月5日(8晩)、2003年11月11日-12日(2晩)の計3回でした。1回目は天候条件が悪かったため観測できませんでしたが、2回目および3回目の観測で、合計11のデータセットを取得することができました。観測時の火星のジオメトリに関しては、視半径は2回目と3回目でそれぞれ約25"と約13"でした。一方Ls(火星の季節)は、2回目と3回目でそれぞれ約250°から約300°と約2火星月変化しており、氷雲の季節変動を捉えられると期待できます。また、惑理緯度は、2回目と3回目でそれぞれ約-18°と約-24°であり、ともに南半球観測に適していました。

観測手順は以下に行いました。(1)撮像モードで標準星を撮像(焦点合わせとスリットの位置を確認)、(2)分光モードで標準星を撮像、(3)撮像モードで火星を撮像(スリットの位置を確認)、(4)分光モードで火星を撮像、(5)分

光モードでフラットフィールドを取得、(6)各露出時間に対するダークを取得。ここで、(1)、(2)、(3)、(4)を1データセットとし、観測終了時に(5)、(6)を取得しました。(4)の火星観測時には、撮像毎にスリット位置を火星ディスク端から走査していくことで、火星ディスクの2次元分光イメージを得ました。この走査は、2回目の観測時には機械的に視野を動かし、3回目の観測時には火星の公転運動を用いて行いました。この際に、1つの火星イメージ像を得るために必要な時間はそれぞれ5.4分と12分でした。視野は、スリット方向に6.8'なので、2003年の衝の時期における火星の視直径(25.1")を基準にして考えると、32.6火星半径に相当します。また、プレートスケールは0.4"/pixで、スリット幅は最小値の1"としたので、火星ディスクを約25×63分割(スリット垂直方向×水平方向)できます。カメラの最小露出時間は0.8[s]ですが、火星の分光撮像の際に検出器カウントが飽和してしまうため、観測時にはND1フィルターをカメラの窓の外側に取付けて光量を約1/10に減光しました。

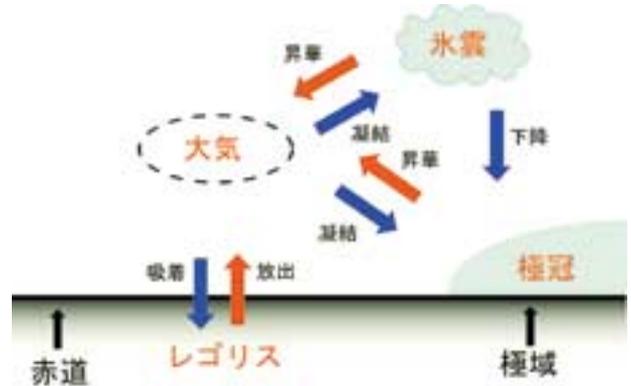


図1: H₂O形態の変化。赤矢印は夏半球、青矢印は冬半球で起きる現象を意味します。

3. データ解析

まず、観測データからH₂O氷雲の情報を導出する原理を説明します。火星観測スペクトルには、火星大気を通過し火星表面で反射した太陽反射光と、CO₂氷雲やH₂O氷雲からの反射光が含まれています。そこで、H₂O氷雲を捉えるには、2つの波長間で火星大気の透過率とCO₂氷雲の反射率が比較的一定で、かつH₂O氷雲の反射率の変化が卓越する組み合わせを選択し、それらの明るさを比較します。つまり、H₂O氷雲のスペクトルで吸収のある波長(H₂Oon)と、ない波長(H₂Ooff)の比をとれば、相対的な氷雲分布が得られるのです。今回は、火星大気とH₂OおよびCO₂氷雲のモデルを用いて、H₂Oonを2.13 μ m、H₂Ooffを2.25 μ mとしました。

データ解析について、観測データには火星の情報に加えて、装置関数(ノイズ、感度非一様性、波長感度特性)や地球大気

の吸収などを含んでいるので、それらをダークフレームやフラットフィールドを用いて補正しました。さらに、火星や標準星のスペクトルに見られる地球大気吸収帯のピクセルと、地球大気モデルによって計算された大気透過率の波長を対応させることで、波長校正を行いました。次に、装置の波長感度特性や地球大気吸収の影響を除去する方法として、一般的な標準星を用いる方法の代わりに、火星フレームをH₂O氷雲は存在しないと考えられる火星の1部分のフレーム（火星リファレンスフレーム）で割ることで、補正しました。そして最後に、1回のスペクトル画像の取得ごとに、波長2.13 μm(H₂Oon)及び2.25 μm(H₂Ooff)のそれぞれの画像を切り出し、その画像をスリット走査した順番に並べることで合成画像を作成しました。

4. 結果

ここでは、比較的天候が安定していた9月データ（2003年8月29日、9月5日）と11月データ（11月17、18日）を用いた解析結果を示します。図2(a)は、9月5日に観測された2.13 μm(H₂Oon)及び2.25 μm(H₂Ooff)の2次元イメージの比を示すマップです。火星大気モデルから、H₂O氷雲が存在する場合はH₂Ooff(2.25 μm)/H₂Oon(2.13 μm)の比の値は1以上になり、一方H₂O氷雲が存在しない場合は1となります。よって、火星ディスク中央付近の赤道よりやや南半球側と、ディスク右側リム付近に氷雲を示唆するパターンが見られます。さらに、注意すると南極域にも比が1以上の分布が見られます。これらの分布に関して、8月29日の観測データからも同様に顕著な赤道付近のパターンが得られましたが、紙面の都合上割愛します。

次に、11月18日に観測された2.13 μm(H₂Oon)及び2.25 μm(H₂Ooff)の2次元イメージの比を示すマップを図2(b)に示します。このマップには、比の値が大きく1以上を表す領域として、赤道付近東西方向の帯状領域と、南極付近の二つが挙げられ、ともに氷雲の存在を示唆しています。これらの分布は、11月17日の観測データにおいても同様に見られました。

5. 考察とまとめ

まず低緯度の氷雲について、9月5日のデータから得られた火星ディスク中心付近の顕著な氷雲の領域は、地形と照らし合わせるとオリンポス山や、その付近の山岳が集中する場所とよく対応しました。同様に、8月29日のデータに見られた氷雲は、エリシウム山の位置に対応していました。過去の衛星や地上観測から、季節に依存しない氷雲現象として低緯度に存在する山岳雲が知られています。山岳雲は高さが約20kmにおよぶ山岳付近の局所的な気流により発生する氷雲です。以上から、今回の9月データにみられた氷雲は、この山岳雲であった可能性が示唆されます。これに対して、11月18日のデータでは、低緯度の広範囲に氷雲が分布していました。この時、山岳地帯に相当する領域は夕方のリム付近にあたり、そこでは氷雲が分布していました。しかし、ディスク中心の赤道近傍に氷雲が帯状に分布している部分には、目立った山岳は存在していません。今回、この領域でみられた氷雲の生成原因はよくわかっていませんが、火星大気大循環に関係してこの領域で上昇気流が発生していたためかもしれません。

一方、南極冠域に見られたH₂O氷雲について、9月データ(L_s=250°；南半球は晩春)からこの時ほぼ極雲は消失し、その後の11月データ(L_s=300°；南半球は夏)からは極雲が南緯60°程度まで分布していた様子が捉えられました。過去の観測から、この時期はともにダストストームの発達しやすい時期であることが知られています。ダストが大気中に巻き上がると太陽放射を吸収するため気温が上昇し、氷雲を消失させます。今回観測された南極冠域の氷雲の変化が、実際にダストストームに対応していたかどうかは、今後の研究課題です。

6. 謝辞

今回の観測や解析の全てにわたって西原英治氏、橋本修氏をはじめとして、ぐんま天文台の皆様にご多大なご協力をいただきました。ここに感謝いたします。

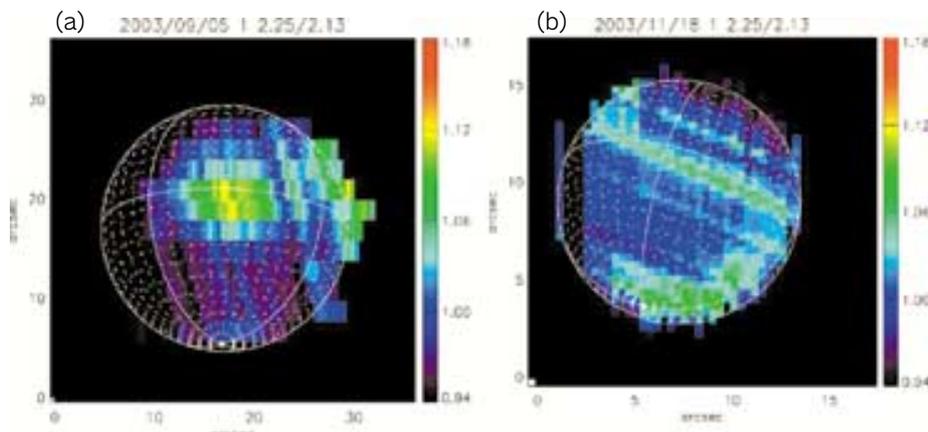


図2： 2003年9月5日(a)ならびに11月18日(b)に観測された[2.25 μm(H₂O off)]/[2.13 μm(H₂O on)]の分布。画面上方が北。

天体列伝

土星

ぐんま天文台では、来館していただいたみなさんに様々な天体を望遠鏡で見させていただきますが、中でも土星は「輪（リング）のある惑星」として、とても人気があります。太陽の周りを回る惑星には、太陽から近い順に水星・金星・地球・火星・木星・土星・・・となっており、6番目の惑星が土星です。太陽から土星までの平均距離は、約10天文単位あります（1天文単位は約1億5千万km）。その存在自体は望遠鏡の発明以前から知られていましたが、輪があることが発見されたのは望遠鏡の発明以降です。宇宙開発時代になり、1979、1980、1981年と、土星にはアメリカが打上げた惑星探査機（パイオニア11号、ボイジャー1号、2号）が行って詳細な観測を行ってきました。

しかし、これらはいずれも探査機が土星の近くを通り過ぎつつ観測するだけだったのです。ボイジャー探査機による観測から10年以上たった1997年、アメリカ航空宇宙局（NASA）はヨーロッパ科学宇宙局（ESA）と共同で土星の周りをめぐりつつ4年間にわたって土星とその衛星を観測する探査計画を実行に移しました。カッシーニ・ホイヘンス計画です。この計画ではカッシーニと名づけられた土星探査機が土星の周りを周回しつつ詳細な観測を行う一方、ホイヘンスと名づけられた小型観測衛星を土星最大の衛星であるタイタンに投入し、タイタンの大気や地表の詳細な観測を行うものです。タイタンは窒素を主成分とする厚い大気に覆われており、化学的な環境は生命誕生以前の原始地球に似ていると言われていました。探査が進めば、初期の地球における大気の進化や生命誕生のメカニズムのヒントとなる情報がもたらされるかもしれません。



図1：土星の衛星タイタンに投入される小型観測衛星「ホイヘンス」の想像図（ESA提供）

すでに、カッシーニ探査機は7年間の旅を経て2004年7月初めに土星を周回する軌道に入りました。その後、この半年にわたって様々な画像・観測結果を地球に送信してきました。土

星本体やリング、それに土星の衛星について様々な新事実が明らかになってきました。また、2005年1月には、いよいよタイタンへの「ホイヘンス」投入が行われ、タイタンの地表の様子が明らかになりつつあります。以下では、カッシーニがとらえた土星の最新情報を紹介します。

図2はカッシーニ探査機が、土星の周りを回る軌道に投入される直前に送ってきた土星の画像です（土星からの距離1570万km）。この後、カッシーニ探査機は土星の輪に接近してから土星をまわる軌道に投入されるのですが、その際、輪の詳細な観測を行っています。図3はカッシーニ探査機の捕らえたリング（Aリングと呼ばれる部分）です。擬似的に合成された色がついていますが、この色の違いはリングを構成している材料の違いを表しています。土星のリングは一枚の薄い板ではなく、小さな塊の集合体なのですが、その成分はリングの場所によって違っていたのです。画像中の青い表示の部分は、主に氷の塊が密に分布したリングを示し、一方、赤いリングは、よこれた（おそらく黒っぽい）小さな粒子がまばらに分布していることを示しています。どうしてこのようなパターンができていたのかは、未だに謎で、土星リングの起源を解き明かすヒントになると考えられています。また、リングの温度も詳細に測られています（図4）。これはリングから出る赤外線を測って求められており、赤い領域が -160°C 、緑が -180°C 、青が -200°C に対応しています。不透明な部分では太陽光を通さないためリング内部が低温となり、透明な部分では多くの太陽光が通るため内部が温かくなると考えられています。さらにカッシーニの間隙と呼ばれるリングの間隙部分（図2などにも見られます）が周囲より低い温度になっている事実は、今回の計測によって初めて明らかになりました。

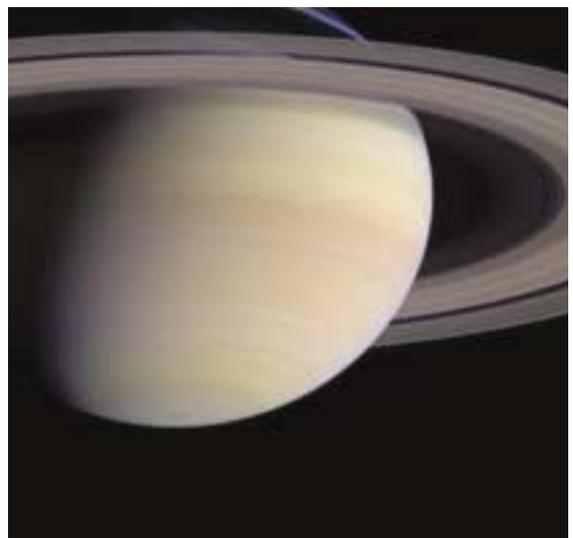


図2：カッシーニ土星探査機が土星周回軌道に入る直前に送ってきた土星の画像。土星のリング（外側からA、B、C）とカッシーニの間隙が見える（AリングとBリングの間）。（画像提供NASA）

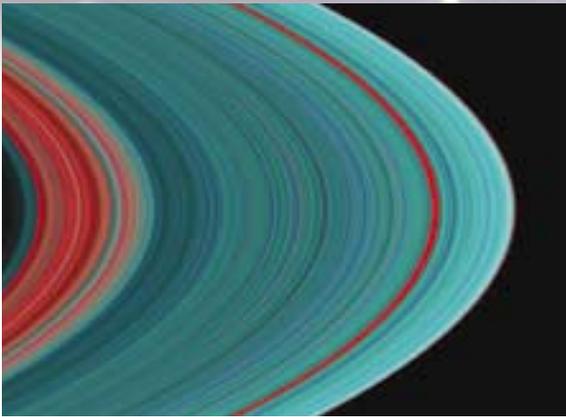


図3：土星のリング（色の違いはリングを構成する成分の違いを表している。）（画像提供NASA/コロラド大学）



図4：土星のリングの温度分布（擬似カラー）（画像提供NASA）

また、リングだけでなく、土星本体についても詳細な観測が進んでいます。図2にあるように土星本体にも木星のような縞模様が見られます。この表面の様子は、木星と同様に雲の模様なのです。雲の詳細な動きを調べることで、土星の気象学についての研究が進められています。これまでも、何度か土星大気中でおきた嵐のようなものがとらえられています。また、土星表面の雲に見られる不思議な渦模様も観測されており（図5）、今後、大気温度についての観測などと合わせて、詳細が明らかになってゆくでしょう。

一方で、土星の衛星についても詳細な観測が続々と送られてきています。カッシーニ探査機は土星に接近する直前に、フェーベという衛星に近づき、表面の様子を詳しく報告してきました。このフェーベという衛星は、他の土星の衛星とは反対方向に土星を巡っており、その軌道も円から大きく歪んでいます。そのため、土星の近くにやってきたカイパーベルト天体（太陽



図5：土星表面の雲の模様（画像提供NASA）

系が形成された46億年前に出来た水の天体）を、土星が捕獲したものではないかと考えられてきました。カイパーベルト天体は太陽から30天文単位以上離れた場所に分布しているため、地上からは表面の様子を詳しく観測することはできません。フェーベの観測は、カイパーベルト天体の表面を詳しく観測することのできる貴重な機会かもしれないのです。カッシーニ探査機が送ってきたフェーベの画像には、無数のクレーターが見られました（図6）。そのクレーターの形や、表面に見られる物質の種類などを詳しく調べると、フェーベが氷と塵とが混じった天体であることが分かってきたのです。やはりフェーベはカイパーベルト天体だったようです。今後、更に詳細な観測から、カイパーベルト天体の正体に（そして太陽系が形成された46億年前の過去に）せまることができると期待されています。



図6：土星の衛星フェーベの表面の様子。右上に巨大なクレーターがある。（画像提供NASA）

また、生命の発生とも関連して注目されているタイタンですが、最近、その地表の様様子についての観測結果が公開されています。目に見える光（可視光線）では分厚い大気と雲に邪魔さ

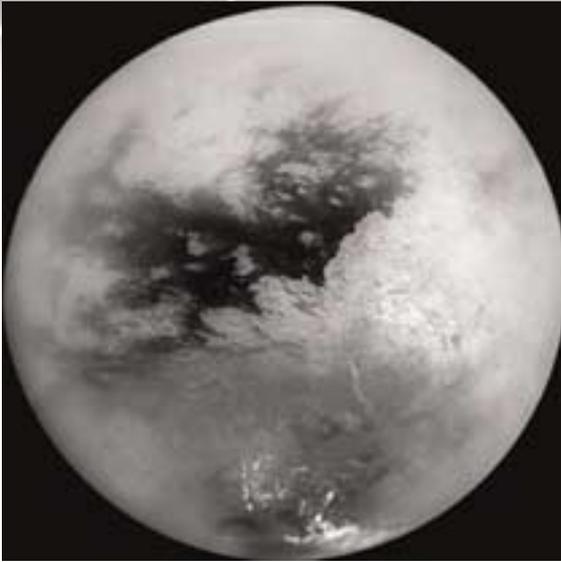


図7：土星の衛星タイタンの地表の様子（画像提供NASA）

れて地表を見ることはできないのですが、カッシーニ探査機は、その大気の下にあるタイタンの地表の様子を伝えてきました（図6）。これは近赤外線と呼ばれる、可視光線よりも波長が少し長い光を使って観測されたものです。地表には暗い部分と明るい部分とがあるようですが、これが何によるものなのか、分かっていません。2005年1月に行われたホイヘンス小型衛星によるタイタンの探査結果からは、液体の流れの跡のような地形が見つかっており、今後の研究の行方が楽しみです。

以上、駆け足で最新の土星情報を見てきました。2005年の冬から春にかけて、地球からも土星が観測しやすくなります。ぜひとも、ぐんま天文台に御来台いただき、望遠鏡でご覧になってみてください。残念ながらカッシーニ探査機の送ってきた画像のような詳細な姿は見えませんが、今回紹介したことを頭において見ていただければと思います。

（主任（観測普及研究員） 河北秀世）

天体観測入門

フィルター

図1の天体を御覧になったことはあるでしょうか。M11という散開星団で、若くて「青い」星の集団です。この画像では実際に観察した様子よりもかなり暗くて「赤い」星まで写っています。図2はM57（リング状星雲）で、リングのように見える部分は赤が強く、中心部分は緑がかかっています。

これらの天体を撮ったCCDカメラは光の強さしか記録できない白黒のカメラです。このカメラの画像を計算機上で処理するとこれらの画像ができるのですが、星や星雲の青や赤といった色はどうやって現れたのでしょうか。



図1：散開星団M11



図2：惑星状星雲M57

光にはいろいろな色があります。光の色は波長で表されます。虹は外側から赤、橙、黄、緑、青、藍、紫の七色並んで見えますが、赤は6500Å、緑は5000Å、青は4000Å（注1）程度です

（図3）。目には見えませんが、紫外線はさらに波長が短く、赤外線はさらに波長が長い光です。天体の光にどんな色の光が含まれるかは多様です。M11の星からはどんな色の光も出て来ます。一方、M57からは特定の色の光しかでてきません。その色は原子固有のもので

もし天体が青い色の光を他の色の光よりとりわけ強く出していたら青っぽく見えるでしょう。逆に全部の色が同じ強さであれば、白く見えます。白黒のカメラでは全部の色の光がまぎってしまうのですが、天体の色を再現した画像を作成するには、ねらった色の光のみの画像を撮ることが必要で、このために使われるのがフィルターです。今回は、どのようなフィルターが用いられるのか紹介しましょう。図4、5にフィルターがどんな波長の光を通すかを示します（透過曲線と呼びます）。一枚のフィルターが一本の透過曲線に対応します。18種類のフィルターの透過曲線が示してありますが、大きな天文台はこのように多彩なフィルターをそろえています（注2）。

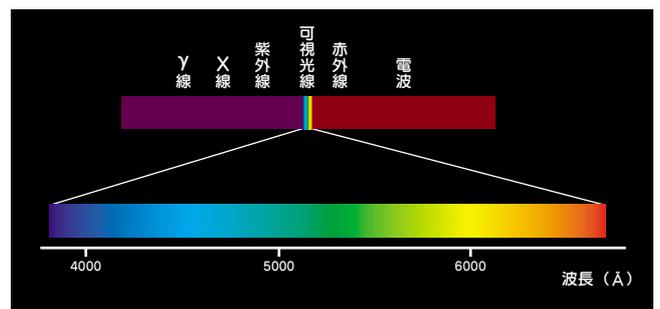


図3：光と色と波長

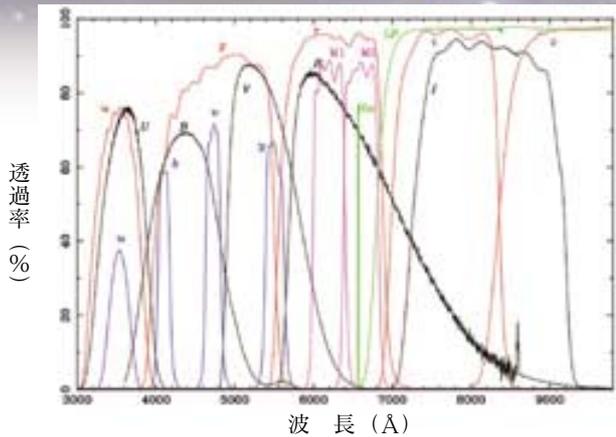


図4：可視光領域のフィルターの透過曲線。本文でふれたフィルターはごく一部で、この図には他のフィルターの例もせてある (u, v, b, y など)。

◆広帯域フィルター

1) ベッセルのフィルター (図4の黒線、U, B, V, R, Iの5色)
 光電測光器が活躍したころはガラスを張り合わせたフィルターで星を観測していました。CCDカメラが使われるようになると、とりわけ赤の感度が高くなりました。光電測光器のデータとなるべく整合性を高めるため、フィルターの透過曲線をCCD用に調節したものがベッセルのフィルターです。

2) ガンのフィルター (図4の赤線、u', g', r', i', z'の5枚)
 上記の二種類に比べ、透過曲線が矩形に近く、幅も広がっています。ベッセルの透過曲線は色ガラスの張り合わせの結果ですが、ガンのシステムでは波長帯のどの波長の光も同じ強度で通すという格段に明快な思想で作られています。

3) 赤外用のフィルター (図5)
 可視光と同様、赤外線観測でもフィルターを使います。図6のJ, H, Kが代表的なものですが、Kバンドでは地球大気の光の影響を最小限にするフィルターも考案されています。

◆狭帯域フィルター (図5の緑線のH α など)
 M57などは原子固有の色の光が出ます。例えば、水素は6563Å、窒素は6584Åと6548Åの光を出すので、水素原子の色の光だけを観測するには6563Åを中心に20Å程度の帯域の光しか通さないフィルターが必要です。天文学では狭帯域といった場合は幅が約50Åかそれ以下のことが多いようです。
 ◆ロングカット/ショートカットフィルター (図4の緑線のLPなど)

ある波長より長い/短い光を通さないフィルターです。分光観測では興味ある波長より短い波長の光をカットするためにショートカットを使います。ガラスを張り合わせただけのフィルターでは非常に赤い光がもれてきてしまうことがあり、そのときは逆にロングカットを使います。色変換フィルターにもなります。

◆減光フィルター

月や木星など、非常に明るい天体は大型の望遠鏡で観察するには明る過ぎるので、光を(例えば)1/1000しか通さないフィルターを入れ、適当な明るさにして観察します。

◆ルゲートフィルター

今までのフィルターは一つの波長帯の光を取り出していました。複数の波長帯を取り出すフィルターも出て来ました。都市の空は水銀の光(5450Åなど)が強いのですが、この波長の光をブロックし、それより波長の短い光と長い光を通すフィルターもその一種です。

フィルターはその表面で光がなるべく反射しないよう表面にコーティングが施してあるものも多く、不用意には表面には触れないようにします。また、干渉膜を張り合わせてあるものは、湿度の高いところに放置すると、透過する波長が変化してしまいます。狭帯域ではねらった波長がまるまるはずれかねないので、乾燥したところに保管することが肝心です。

注1: Å(オングストローム)は長さの単位で1ミリの1億分の1。
 注2: 例えば、<http://www.noao.edu/kpno/filters/filters.html>

(主任 (観測普及研究員) 長谷川隆)

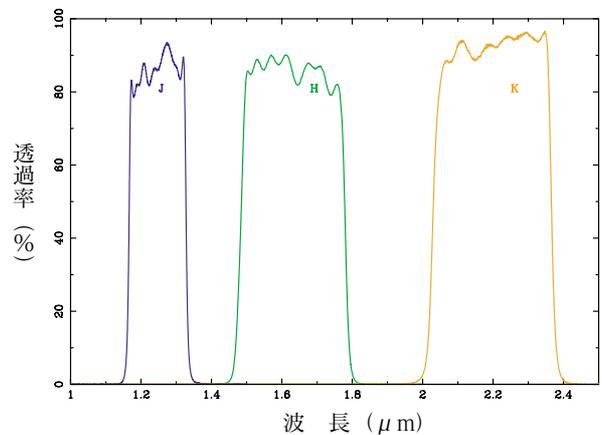


図5：赤外線観測用のフィルターの例

天文台の気象のはなし

天文台に降る雪

ぐんま天文台で星を見るのに適した季節といえ、やはり空気が澄み天候が安定する、晩秋から冬にかけて、ということになります。ただ、天文台がある高山村は群馬県でも北部に位置し、天文台の標高は900m近いので、どうしても冬の寒さは厳

しく、しばしば雪にも見舞われます。もちろんそんな時は残念ながら星を見ることはできません。

毎年、北陸を中心とした日本海側一帯では豪雪に見舞われます。これは天気予報などで良く聞く「西高東低の気圧配置」

(冬型の気圧配置) になったとき、シベリアの冷たい高気圧から流れ出した寒気が日本海を渡る際に水蒸気をたっぷり含んで越後山脈や三国山脈にぶつかって雪を降らせるものです。なぜ山にぶつくと雪が降るのかといえば、そのしくみは次のとおりです。

- 1 湿った空気の塊が山にぶつくと強制的に上空に持ち上げられ温度が下がる。
- 2 温度が下がると、空気が含むことのできる水蒸気の量が小さくなる(相対湿度が上がる)。すると、ある高さで湿度が100%(飽和)となり、さらに高く持ち上げられると余った水蒸気が水の粒(気温が高い場合は水滴)となる(雲の状態)。
- 3 水の粒が成長し、雪となって地表に降る。

雪を降らせたあとで山を越える空気の塊は、水蒸気をたくさん外に出した上に、今度は太平洋側に向かって山を下りることになり、高度が下がるほど湿度が低下しますから、北西の季節風が太平洋側で吹く時は乾いた風(からっ風)になるのです。

ぐんま天文台のある子持山の尾根は、関東平野の北西の端にあり、三国山脈からは離れていますから、気候の区分でいえば太平洋側になります。真冬の良く晴れた日に天文台を訪れ、モニュメント広場から北の景色を眺めると、遠くに見える谷川連峰の上には厚い雪雲が一定の高さで水平にかかっているのがわかります。これは典型的な冬型の気圧配置の時に見られる現象です。つまり、西高東低の気圧配置の時は、太平洋側の気候の特徴が現れる天文台周辺では雪は降りにくいということになります。

では、どんな時に雪が降るのでしょうか。実は大きく分けて2通りの気象条件の時に雪が降りやすいのです。ひとつは西高東低の気圧配置に一定の条件が加わった時です。実は条件によっては西高東低の気圧配置でも高山村あたりで大雪が降るのです。図1は平成15年12月20日の天気図ですが、この日天文台では午後から雪が降り始め、翌朝までに60cmほどの大雪となりました。天気図では西高東低の気圧配置となっていますが、日本の東海上に発達した低気圧、東北地方にも小さな低気圧があって、典型的な冬型の気圧配置(図2)とは少し趣が違ってきます。この時には本州上空には非常に強い寒気が入っており、5500m上空付近では -36°C 以下になっていました(-30°C が

大雪の目安といわれています)。また比較的南寄り東北地方を低気圧が通過したため、本州で等圧線が混んでおり、群馬県内では北西ではなく北寄りの強い風が吹いていました。このため、天文台周辺にも水蒸気を十分に含んだ空気が日本海から三国峠を越えて供給されたのでしょうか。ふだんは新潟側に落ちてしまう「雪のもと」がたっぷり残っていたわけです。そして小野子山や子持山にぶつかって大雪を降らせたのだと考えられます。なお、この日は前橋でも14cmの積雪を記録しています。

冬型の気圧配置でも、このようにまれに大雪が降る場合がありますが、多くは降っても数cm程度、あるいは雪が舞う程度の場合がほとんどです。特に図2のような典型的な西高東低の気圧配置の場合は、まず本格的な雪にはなりません。寒気の勢力が非常に強い場合、群馬県北部地方では、強い季節風に飛ばされて三国山脈を越えて雪が舞うことがあり、地元ではこれを「吹越し」と呼びますが、これは太平洋側山沿い地方の風物詩といえるでしょう。もともと天文台にとっては「吹越し」も大敵で、晴れているのに雪が舞うと、反射望遠鏡の主鏡に悪影響を及ぼすため、ドームを開くことができなくなっています。

さて、天文台に雪が降る場合のもう一つの特徴的なパターンは南岸低気圧(東シナ海低気圧)によるものです。このパターンでは、天文台周辺だけでなく、首都圏を含む関東平野全域で降雪の可能性が高まります。東京都内で雪が積もって交通がマヒするのは、ほとんどの場合がこの南岸低気圧によるものです。

1月下旬あたりから春先になると、東シナ海から本州の南岸にかけて前線が生じやすくなり、しばしば台湾付近で低気圧が発生します。この低気圧が本州の南岸に沿って東に進み、八丈島付近を通過する頃、関東に雪をもたらすことがあります。低気圧の周辺では、反時計まわりの風の流れが生じますが、この時に三陸沖のあたりに高気圧があると、関東には北東からの冷たい湿った空気が流れ込むため、特に雪が降りやすくなるのです。もともと、雪が降るか雨になるか、あるいは雨も雪も降らないかは上空や地上の気温(一般には1500m上空の気温が -6°C 以下、地上の気温が 2°C 以下が雪になる目安といわれます)や低気圧の進むコース(本州から離れて通ると降水が見られず、本州に近づきすぎると雨になります)など様々な条件によって微妙に変わるので、雪か雨かを予報するのはやっかいです。ただ、ぐんま天文台周辺は標高が高いこともあり、降水の条件さえ整えば、雪になるといって間違いありません。図3は平成

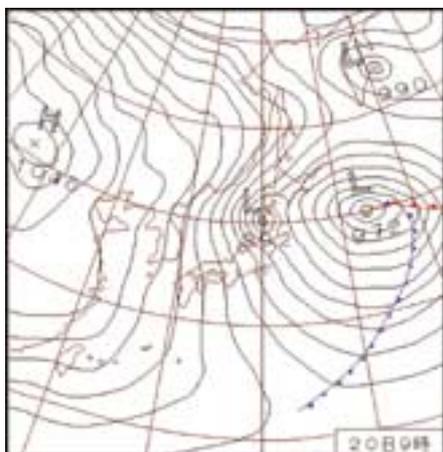


図1：平成15年12月20日午前9時の天気図

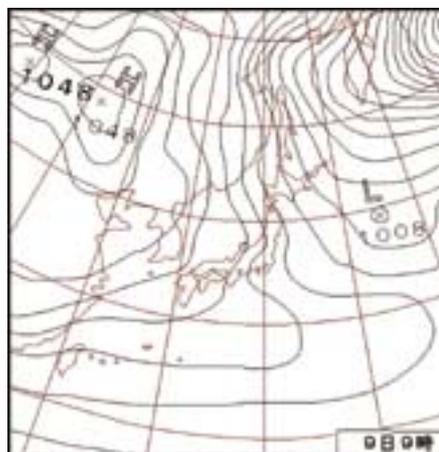


図2：平成15年12月9日午前9時の天気図

16年3月22日の天気図ですが、この日は午後から翌日にかけて天文台では約20cmの積雪がありました。低気圧が本州の近くを通った場合、低気圧に向かって吹き込む風は東から南よりになり、北からの冷たい空気が供給されにくいいため、関東南部では雨になることが多いのですが、低気圧から離れている内陸部では北東ないし北北東の風が吹き込み、冷たい空気が流れ込んで雪になる確率が高くなるのです（逆に低気圧が南岸を離れて通過すると、東京など関東南部で積雪があっても内陸では降らないことがあります）。

このように、太平洋側の内陸に位置する天文台周辺で雪が予想される場合には、天気図に特徴的なパターンが現れます。天文台での天体観望や観測機器の占有利用を予定される場合には、天気図を参考にされると良いと思います。

(総務グループリーダー 佐藤 武夫〔気象予報士〕)



図3：平成16年3月22日午前9時の天気図

空を見上げてみよう

こぐま座と北極星

春の夜空を見上げると、西に華やかな冬の星座が沈んでいくのに代わって東からは春の明るい星々が上がってきます。しし座のレグルス、うしかい座のアルクトゥルス、おとめ座のスピカなど…。でも、いずれの星座も知らないと星座の形をたどるのが難しいでしょう。そんな中で誰もが知っている星の並びが北の空高いところで存在を主張しています。そう、北斗七星です。もっとも北斗七星というのは星座の名前ではなく、おおぐま座の腰から尻尾に当たる部分の明るい星をつないだ形の名称です。その形は昔からひしゃくにたとえられ、ひしゃく星とも呼ばれてきました。

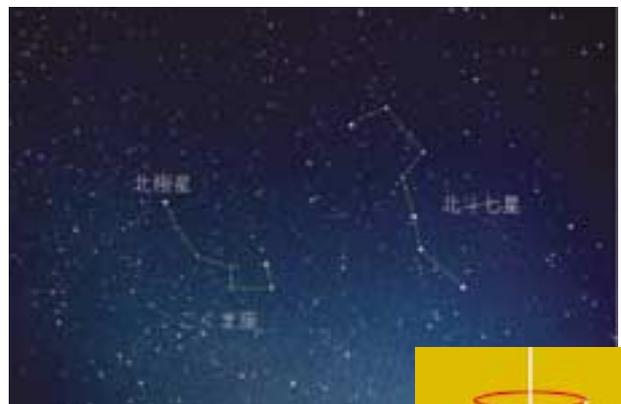
さて、このひしゃくのような星の並びは、春の星座の中にもう一つあるのをご存知ですか。こぐま座です。北斗七星のひしゃく部分の先端の二つの星を結んで、その長さの5倍伸ばすと、明るい星に当たります。これがこぐま座α星です。ここがひしゃくの柄の先端。ここから東のβ星コカブへと暗い星をたどると小さなひしゃくができます。

こぐま座α星は北極星として有名です。いつも北の空で輝いているため、方角を知る手がかりとなります。子の星、北辰、妙見などと呼ばれ昔から親しまれてきました。

歳差運動

星の動きを一晩中観察していると、北極星を中心に回転しているように見えます。これは地球が自転軸をこの方向に向けて自転しているために起こる見かけ上の運動です。北極星はこの運動の中心(天の北極)のすぐ近くに位置しているため、常に同じ場所にいるように見えるのです。

ただ、こぐま座α星が北極星であるのは現在だけで、過去には違う星が北極星の役割をしていました。また、将来も違う星



が北極星の名を受け継ぐことになります。これは地球の自転軸が一定の周期で円錐運動をしているからです。これを歳差運動といいます。地球は完全な球形ではなく、赤道部がやや膨らんだ回転楕円体をしており、かつ地球の赤道面は公転面から約23.5度傾いているので、膨らんだ赤道部分に月や太陽の引力によって赤道面と公転面を一致させるような力が働くためです。これを日月歳差といいます。こまが回転しながら芯を大きく動かすのに似ています。一方、惑星の引力によって黄道面が

回転するために起こるのが惑星歳差です。この二つの歳差を合わせて一般歳差といいます。

歳差運動のため地球の自転軸はおよそ2万6千年の周期で方

向を変えるため、北極星もまた違う星へと移り変わってゆくのです。

(指導主事 倉林勉)



歳差運動による天の北極の変化

天文台の素朴な疑問 ? 昼間に星は見えないか ?

ぐんま天文台の150cm望遠鏡を見てその大きさに驚かれた方も少なくないのではないのでしょうか。中には、これだけ大型で高性能の機械であれば、曇った日や昼間でも星が見えるのではないかと疑問を持たれる方も時々あるようです。確かに、天体望遠鏡は大きな口径で天体からの光を集める道具ですから、150cmもの口径になれば、その性能には素晴らしいものがあります。しかし、雲があると天体からの光は雲で隠されてしまい、透けているような薄い雲で無い限り、全く何も見えなくなってしまいます。

では、昼間の星はどのようなのでしょうか。実は、望遠鏡を使うと昼間でも明るい星は見えてしまうのです。星からの光は天球上のほぼ一点に集中しており、明るい星では空の明るさより明るくなっていて、その場所を望遠鏡で拡大すると見えてしまうということになるのです。

しかし、ぐんま天文台では昼間の星をお見せすることは基本的に行っていません。なぜなら、夜の観測のために望遠鏡を最良の状態に保つためです。夜間の観測で大型望遠鏡の性能を発揮させるためには、望遠鏡とその周囲が外部と同じ温度になっていることが極めて大切です。そうでないと陽炎のような空気のゆらぎが発生して、鋭い像を結ばなくなってしまいます。

ところが、昼間に望遠鏡を利用してしまうと、望遠鏡を高温の外気に曝すことになり、また直射日光も加わって望遠鏡と周辺を温めてしまう結果になります。大型の装置では、一旦温まると冷めるのにとっても長い時間がかかります。夜になって温度が下がるのを待っていたら朝になってしまったと言うのでは、本来の夜の観測が台無しになってしまいます。

そこで、このような事態を避けるために、日中はドームを閉め、夜間の外気温度と一致するように内部を日没時の温度を想定して空調しています。こうしておけば、夜に観測を開始した直後から安定した観測性能を得ることが可能となります。また、望遠鏡や周辺装置の全てが精密な機器で構成されているため、本質的に高温や直射日光には弱く、これらを保護するためにも日中のドームは常に閉じられた状態にしてあるのです。

望遠鏡は夜間に利用してこそその最大の観測性能を発揮します。天文台では日中からも細心の注意が払われているのです。

(専門員(観測普及研究員) 橋本 修)

天界四季折々

冬も半ばを過ぎ、木星・土星が観望の好機となるシーズンを迎えました。星空もだんだんと春の気配が近づいていますが、観望時はまだまだ冷え込みます。暖かい服装でご来館ください。3月からは、夜間観望は夏季時間の19時開始(18時より入館可)となりますので、ご注意下さい。

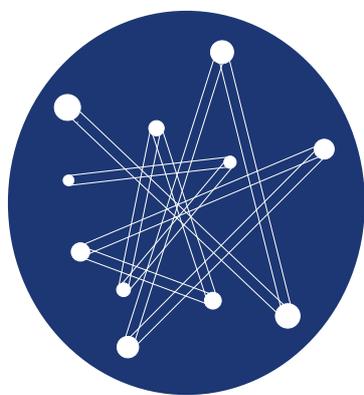
★観望天体

惑星	木星・土星
二重星	かに座 ι ・しし座 γ (アルギエバ)
惑星状星雲	NGC 2393 (エスキモー星雲)
系外銀河	M 82

★イベント・開館情報

4月29日(金)～5月8日(日)はゴールデンウィーク特別開館です。月曜も開館し、月曜～木曜も一般観望を行います。

4月16日(土)、5月21日(土)、6月18日(土)には、ぐんま天文台長等による天文講話を開催いたします。詳細は天文台までお問い合わせください。



GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

県立ぐんま天文台

発行日 ■ 2005年2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。

表紙説明 ■ 天文台から見た冬の谷川連峰と雪のメインドーム。

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。