

STELLAR LIGHT

ステラライト

GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

県立ぐんま天文台

「ぐんま」の誇り—一人が支える科学文化— 小平桂一

施設紹介 エシエル分光器 (GAOES)

いろいろな眼で見た宇宙—電波天文学—

観測報告 食連星 AU Ser の測光学的研究

団体予約利用

天体列伝 私たちの太陽系

イベント報告

No. **10**



「ぐんま」の誇り—一人が支える科学文化

小平桂一（総合研究大学長/元・国立天文台台長）

戦国武将の言葉として「人は石垣，人は城」が知られているが、今の世でも同じである。人の世にあっては何事をするにも、それをする「人」が基本にある。科学でも教育でも行政でも変わらない。県立ぐんま天文台の素晴らしい点はたくさんあるが、私が一番高く評価しているのは、その職員配置である。建設計画の段階で、磯崎新先生が国立天文台を見学にみえたとき、「訪れる人々が、曇った日でも、天文台の佇まいに触れるだけで、人類と宇宙の繋がりが感じ取れるようなものにしてください」と、先生のご業績をよく勉強せずに勝手なことを申し上げてしまった。もちろん、私が願った以上に先生は優れた設計をされた。また、県立ぐんま天文台の望遠鏡群とそれらに装備された観測機器も、抜群のものである。一線の研究ができるだけの装置が揃えてある。これも、「公共天文台だからこそ本物を」という教育精神に支えられて実現されたに違いない。しかし、こうした建物や設備を造り備えるのは、簡単とは言えないが、予算の余裕がある時に措置できない事はない。いわゆる「町村興し」政策で、多くの公共施設が造られたが、往々にして「物はできたが人が付かず、十分に機能していない」という話を耳にする。職員を恒常的に配置するには、予算措置に特別な苦心が要る。従って、造った施設にどのような職員配置をしているかを見れば、設置者がどれほどの意気込みでやっているかが一番良く分かる。県立ぐんま天文台には、古在台長のもとに清水参与、奥田副台長というキャリアのある専門家を配し、倉田氏以下、11名の若い教育研究職員を当てている。ここに挙げた15名のうちには教員が2名、理学博士が9名いて、レベルが非常に高いのも特徴である。教育研究職員と共に欠かせない大切な事務職員も、高橋副台長、佐藤総務課長以下総勢7名が配置されている。このような本格的な人員配置は、県知事の構想を受けて苦心された関係者の熱意の現れであり、初代総務課長の下田明英氏や教員の倉田巧氏の大変なご努力の結果であろうと思われる。これだけの大きな期待と配慮の下に活動している県立ぐんま天文台は、古在台長のご尽力もあって、国際的な啓蒙・普及・教育活動にも大きな役割を果たしつつある。今後も引き続き県当局がこの世界に誇る科学文化施設を大切に守り、また職員の皆さんがこのことを深く自覚して任務に励まれ、期待に応えて成果を挙げられるよう、願って止まない。

施設紹介

エシェル分光器 (GAOES)

150cm 望遠鏡の高度軸の外側(ナスミス焦点)に設置されている大きな黄色い箱が高分散分光器 GAOES (Gunma Astronomical Observatory Echelle Spectrograph)です。光を虹のように多数の色の成分に分けることを分光といいます。様々な色の光は波長と呼ばれる量で区別されていますから、分光とは波長の違いによって光の成分を分離することを意味します。天体からの光を分光し、様々な波長の成分がどのように分布しているのかを測定することが分光観測です。分光観測で得られる波長毎の光の分布はスペクトルと呼ばれていて、天体の温度や成分、運動などの様々な物理状態によって大きく変化します。この性質を利用すると、スペクトルの分析から対象とする天体の詳細な物理情報を知ることが可能です。このような観測に用いる装置が分光器です。



虹は7色といわれますが、GAOESではエシェル回折格子と名付けられたやや特殊な素子を用いて、目に見える光(可視光)を数万から10万色以上に分解します。光を波長毎に細かく分離するこの能力は分解能と呼ばれ、天体観測用の分光器としてGAOESは極めて高い分解能を持っています。しかも、冷凍機で -100°C 以下に冷却した超大型のCCDを検出器に用いているため、膨大な観測情報を高い精度で一度に記録することができます。GAOESを用いた観測からは天体に対する詳細な物理情報を効率良く大量に得ることが可能なのです。

このような特長を持つGAOESは世界的に見ても極めて先進的な観測装置のひとつです。外国の理想的な観測地に設置された超大型の装置と全く同じになることはありませんが、1.5mの口径の威力は相当なもので、比較的明るい天体の観測では超大型の望遠鏡と遜色のない良質なデータを得ることが可能です。極度に精密で高度な装置であるために、全ての要素に於いて最新技術の投入と細心の注意を払う必要があります。その運用には手間がかかっていますが、この冬のシーズンからは本格的な観測を開始する予定です。GAOESを駆使することによって天体の微細な化学組成の測定やそれを基にした星や宇宙の進化、あるいは天体で生じている振動や物質の流れなどのダイナミックな現象の解明が可能になることでしょう。太陽系以外の恒星を回る遠くの惑星を発見することも可能であろうと期待しています。

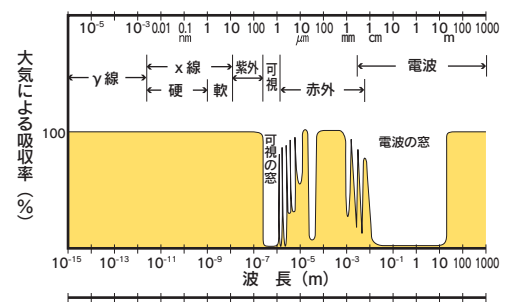
(観測普及研究員 橋本修)

いろいろな眼で見た宇宙—電波天文学—

近年の技術の発達により、電波、X線など新しい天文学の分野が登場してきました。これらは、可視光だけでは見えなかった宇宙の意外な姿を描き出しています。今回は、これらのうち電波天文学の始まりと発展、それから明らかになった宇宙の姿を紹介します。

1. ジャンスキーによる宇宙電波の発見

電波天文学への道は、ある若い一人の無線工学の研究者によって切り開かれました。ベル電話研究所の技師、カール・ジャンスキーは無線通信に入り込むノイズの原因を探りそれを取り除くための研究を行っていました。それらの原因は、飛行機や雷などがありましたが、その中で、彼は周波数20.5 MHz (波長14.6m)



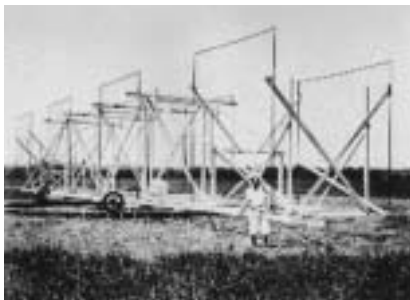
〈図1〉 宇宙からのいろいろな電磁波

の電波の中から、約24時間の周期で同じパターンを繰り返す電波を捉えました。ジャンスキーは、この謎の電波を、地球の外からやってくる「宇宙電波」であると考え、より詳しく調べ始めたのです。

まず、ジャンスキーがこの謎の天体を出している候補として考えたのは、太陽でした。そこで彼は、電波の強弱を記録できる装置を作り、その記録を詳しく調べてみました。1つのパターンの中で最も強くなるピークは1日に4分ずつ早くなっていくことがわかりました。すなわち、この謎の電波のパターンは、1年に24時間ずつずれていくわけです。太陽は恒星に対して1日4分ずつ遅れていくことがわかっています。このことは、この電波は太陽からやってくるのではなく、恒星のように天球上で決まった位置を持つものからやってくることを示しています。ジャンスキーはこの電波源の位置を、赤経18時、赤緯-10°と測定しました。1933年のことでしたが、この電波源の正体についてはわからないままでした。

その後、ジャンスキーの発見に感激したグロート・リーバーが、自作の電波望遠鏡でジャンスキーの宇宙電波の観測に成功し、この電波が天の川に強く集中していること、銀河中心方向で最も強いことなどを発見しました。ジャンスキーの発見した謎の電波は、私たちの銀河系の中心からやってきたものだったのです。その後太陽からの電波の発見などがありましたが、電波天文学の本格的な開花は、第2次世界大戦の終了を待たなければなりませんでした。

ジャンスキーは1950年、44歳の若さで世を去りました。もう少し長生きすることができたら、ノーベル賞を受けていたかもしれません。電波天文学の世界では、彼の業績を記念して、電波の放射の強さの単位として「Jy（ジャンスキー）」を使っています。



〈図2〉ジャンスキーが宇宙電波を発見したアンテナ。アメリカ国立電波天文台のホームページによる。

2. 電波天文学の成立

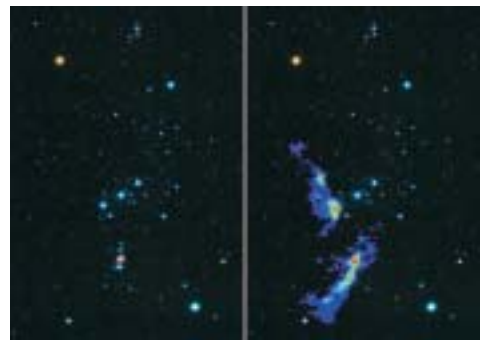
第2次大戦終了後、戦時中レーダー開発に行っていた研究者の多くは、電波天文学の研究へ転身しました。そこで、多くの観測装置が開発され、様々な成果を生み出しました。その一つにマーティン・ライルらによる電波干渉計があります。

望遠鏡の分解能は、波長を望遠鏡の口径で割った値であらわされます。電波では波長が長くなるため、分

解能は可視光に比べて悪くなり、ピンぼけになってしまふのです。そのためかなり大きな望遠鏡が必要となります。しかし、干渉計を用いれば、分解能を大幅に向上させることができます。干渉計ではアンテナの間の距離が望遠鏡の直径に相当するためです。

この電波干渉計を駆使して、ライルとその共同研究者たちは多くの電波源を発見し、その大きさを測定しました。彼らはこれらをもとに電波天体のカタログを発表しました。標準的カタログとして使用される3Cカタログもまた彼らケンブリッジ大学の研究グループによって発表され、現在も続いています。

ライルは、電波天文学への貢献を評価され、パルサー発見に功労のあったヒューイッシュと同時に、1974年ノーベル賞を授与されています。余談ですが、パルサー発見に最も功績のあった当時大学院生のジョスリン・ベル（バーネル）は、この時ノーベル賞を受賞できませんでした。



〈図3〉可視光（左）と電波（一酸化炭素輝線：右）で見たオリオン座。可視光では何もみえないように見える空間にも電波を放射する物質が存在していることがわかる。国立天文台のホームページによる。

3. 宇宙背景放射の発見

ジャンスキーが宇宙電波を発見したベル電話研究所では、その後も重要な発見がされています。ベル研究所のアルノ・ペンジアスとロバート・ウイルソンは、ノイズを押さえた高感度の6mの角型ホーンアンテナを製作し、波長7cmでやってくる絶対温度で約3Kの黒体放射の性質を持った電波の存在に気付きました。この電波は宇宙のあらゆる方向からやってくる等方的で、季節で変化しないものでした。この電波は、実は宇宙からのとても重要なメッセージでした。これは、宇宙がビッグバンによって誕生したということを示す証拠だったのです。

ビッグバン宇宙を提唱したのは、ジョージ・ガモフです。彼は、かつて宇宙がとても熱い、密度の高い火の玉「ビッグバン」だったとすると、現在でも温度は絶対零度にはならず、その名残りの熱がまだあるはず、と考えたのです。ペンジアスらが発見した電波こそ、この「ビッグバンの名残りの熱」だったのでした。ペンジアスらはこの発見によって、1978年ノーベル物理学賞を受賞しました。

4. 電波天文学の現在と将来

ジャンスキーの発見によって獲得された新しい観測手段である電波天文学は、多くの重要な科学的成果をあげ、人類の宇宙への理解を深めました。たとえば、水素の出す波長21cmの電波の観測から水素が渦状腕に集中していることがわかり、私たちの銀河系の渦巻き構造が明らかになりました。その他にも電波銀河の発見、パルサーの発見、多数の星間分子の発見など、枚挙にいとまがありません。これらは、これまで知られていなかった、あるいは予想もされていなかった新しい天体や現象を描き出し、人類の宇宙観をより拡大していくことに大きな寄与を果たしてきたのです。

そして、現在、アメリカ、ヨーロッパ、日本によってチリの砂漠に巨大な電波望遠鏡を建設する計画が進

んでいます。アタカマミリ波サブミリ波干渉計計画（ALMA計画）です。64台のパラボラアンテナをチリの標高5000mの高地の14kmの広さに展開するというこの計画は、これまで見ることでできなかった新しい宇宙の姿を私たちに見せ、さらに豊かな宇宙観を私たちにもたらししてくれることでしょう。

（観測普及研究員 濤崎智佳）



〈図4〉ALMA計画（想像図）。国立天文台のホームページによる

観測報告

食連星 AU Ser の測光学的研究

日本天文学会には内地留学という制度があり、これはアマチュア等を対象に、研究機関に一定期間滞在し研究活動を行う場合、補助をする制度です。群馬県立太田高校教諭の城代貴浩さんはこの制度を利用し、群馬大学で研究、修士号を取得されました。修士論文は、ぐんま天文台65cm望遠鏡を利用した観測に基づいたものです。その内容を紹介します。

1. はじめに

へび座AU（以下AU Ser）は、おおくま座W型（以下W UMa型）の食連星である。スペクトル型はG5で、変光周期が約0.386日である。GSCカタログの番号と座標はそれぞれ、GSC1502.1769、赤経 $15^{\text{h}}56^{\text{m}}49.54^{\text{s}}$ 、赤緯 $+22^{\circ}16'02.31''$ （2000.0）である。見かけのV等級が10.9等～11.8等と比較的明るい変光星なので、今まで多くの観測がなされてきた。

最初に、この星を変光星として特定したのはHoffmeister（1935）である。その後、Soloviev（1951）が眼視観測を行い、Huth（1964）が写真測光を行っている。また、Binnendijk（1972）が1969年と1970年に初めて光電測光を行い、最初の光度周期変化のグラフ（以下光度曲線）と極小時刻の予報式を発表した。その後も、眼視観測による極小時刻の観測や光電測光による観測が盛んに行われてきた。特に、Li et al.（1998）は1991年から1995年にかけて光電観測を行い光度曲線を得ている。これらの光度曲線を比較してみると、光度曲線の変動が明らかに見られる。スペクトル線による視線速度の観測は、Hrivnak（1993）が行っている。

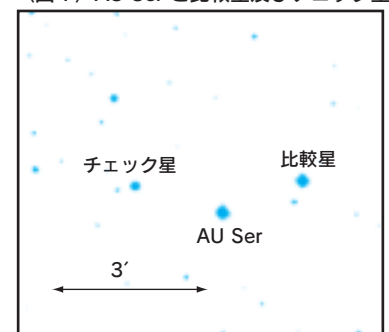
Djurašević（1993）は、自作のプログラムを用いて

AU Ser の光度曲線を合成した。彼は主星の表面にダークスポット（太陽の黒点のように周囲より温度の低い部分）をつくることにより、観測と良く合うモデル

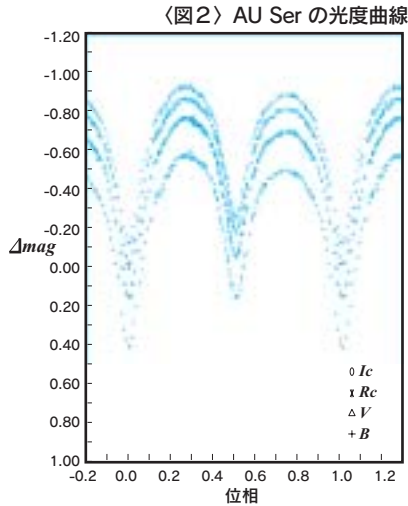
を求めた。しかし、彼のモデルは同じ年に発表されたHrivnak（1993）のスペクトル線による観測による結果と一致していない。また、AU Ser が典型的なW UMa型の変光星であるので、共通の大気が両星をとりまいている接触連星であると考えられるが、Djurašević は両星が完全に分離しているモデルを採用している。以上の理由により、Djurašević によるAU Ser のモデルは改善の余地がある。

本研究では、AU Ser のより精密な測光データを得るために、県立ぐんま天文台の65cm反射望遠鏡を使用し、2001年3月14日から18日にかけてCCD素子による測光観測を行った。特に、Rc、Icフィルターによ

〈図1〉AU Ser と比較星及びチェック星



る観測は本研究が最初である。得られたデータより、最新の光度曲線を求めることができた。また、数式処理システムである mathematica を用いて開発した光度曲線合成のプログラムにより、分光観測による結果とあわせて観測時の



AU Ser のおおまかなモデルを構築することができた。このプログラムは、近接連星における両成分星の表面活動の様子を推測することを可能にするものであり、AU Ser 以外の近接連星の解析にも使用することができる。

2. 測光観測

観測は、2001年の3月14日から18日にかけて行った。望遠鏡は、三鷹光器社製の口径が65cmのカセグレン光学系望遠鏡で、合成F12、焦点距離は7800mmである。

CCDカメラはSITE社製のチップ (512×512, 24 μm/pixel, 電子冷却-40℃) で、フィルターは測光観測における標準であるJohnsonのUBV及び、Kron-CousinsのRc Icの各測光システムに準拠したものを使用した。

3. 結果と考察

観測結果より求めたAU Serの光度曲線を図2に示す。図より主な特徴が2つあることがわかる。1つは、主極小と副極小の等級に差が見られることである。その差はW UMa 型の食連星にしては大きな値である。もう1つは、光度曲線が位相0.5に対して非対称なことである。しかも、第1極大の位相と第2極大の位相は、それぞれ0.25, 0.75からずれている。その傾向は、1969年の観測以来変わっていない。以上のことから、AU Ser 両星の表面の温度分布が一樣でないことが推測できる。

過去の光度曲線を図3に示す。それより光度曲線の形が観測年ごとに違っていることが分かる。特に、Li et al. (1995) の光度曲線は、他の観測年に比べて明らかに形が異なっている。1995年前後において、AU Ser の表面活動に何らかの大きな変化が起きた可能性がある。

4. 光度曲線解析

今回新たに作成した光度曲線合成プログラムは、星の表面はRocheモデルに従い、重力減光、反射効果、周辺減光を考慮したものである。光度曲線合成を行うにあたって、最初に次の条件を与えた。

まず、質量比はHrivnak (1993) のスペクトル線による視線速度の観測結果より $q=0.71$ に固定した。また、AU Ser は典型的な W UMaの食連星であることから主星と伴星が接触しているモデルを与えた。次に、AU Ser のスペクトル型はG5であり対流平衡大気を持つことから主星の温度を5500Kに固定し、両星の重力減光指数を0.08に固定した。さらに、主星の表面には黒点が存在するものとし、その温度は主星の温度の0.70倍に固定した。

表1は、光度曲線合成に使用したAU Serのパラメータと解析結果である。また、図4は観測結果と本研究による数値計算の結果及びO-C (観測値-計算値) である。は、計算値を曲線にフィッティングして求めた。それは、0.013等とほぼ観測精度に近い値となった。

(群馬県立太田高等学校 城代貴浩)

【参考文献】

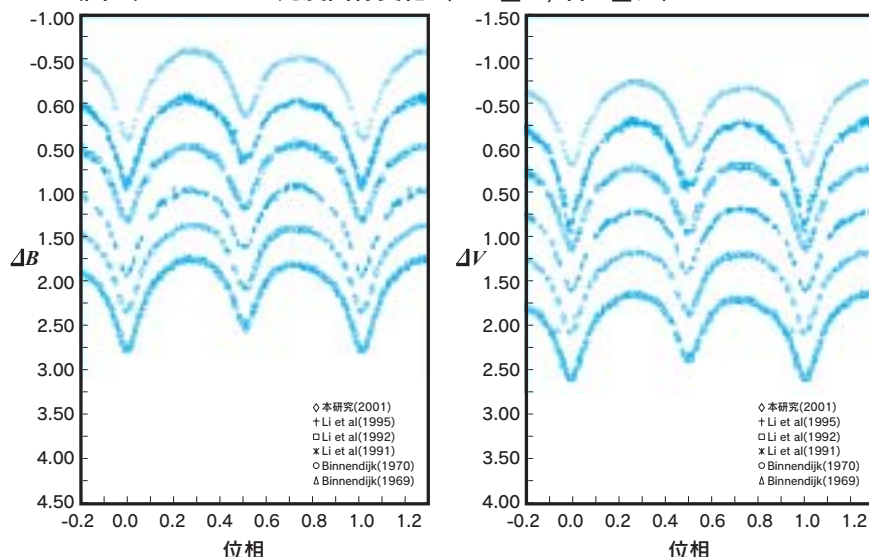
- Hoffmeister C., 1935, Astron. Nachr. 255, 403
 Soloviev A.V., 1951, Variable Star 8, 65.
 Huth H., 1964, Mitt. Sonneberg 2, No.5, 126
 Kennedy H.D., 1985, IBVS 2742
 Binnendijk L., 1972 AJ, 73, 603
 Hrivnak B.J., 1993, ASP Conf. Ser Vol. 38, 269
 Li, Zong-Yun; Ding, Yue-Rong; Zhang, Zhou-Sheng; Li, Yu-Lan, 1998 A&AS 131, 11

パラメータ	V
主星・伴星の充填率 (f)	0.174
軌道傾斜角 (i)	82.3°
主星温度 (T_1)	5500 K *
伴星温度 (T_2)	5400 K
黒点1 角 (ω_1)	48.0°
緯度 (λ_1)	105.0°
経度 (ϕ_1)	-60.0°
黒点2 角 (ω_2)	42.0°
緯度 (λ_2)	-20.0°
経度 (ϕ_2)	60.0°
質量比 (q)	0.71 *
主星の反射率 (A_1)	0.5 *
伴星の反射率 (A_2)	0.5 *
主星の重力減光指数 (β_1)	0.08 *
伴星の重力減光指数 (β_2)	0.08 *
主星の周辺減光係数 (u_1, v_1)	注1 *
伴星の周辺減光係数 (u_2, v_2)	注1 *
黒点の温度比 (T_{ds}/T)	0.70 *
主星の極半径 (r_1)	0.393
伴星の極半径 (r_2)	0.336
主星のロッシュポテンシャル (Φ_1)	3.20
伴星のロッシュポテンシャル (Φ_2)	3.20

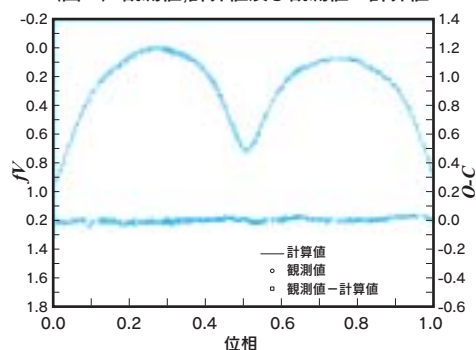
注1) W.Van.Hamme(1993)

〈表1〉 AU Ser のパラメータと解析結果

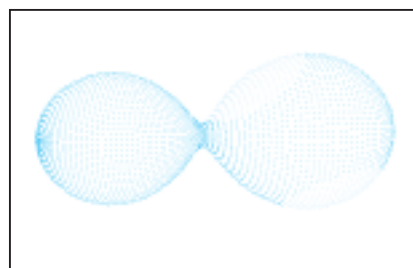
〈図3〉 AU Ser の光度曲線変化 (左が ΔB , 右が ΔV)



〈図4〉 観測値,計算値及び観測値-計算値



〈図5〉 AU Ser のモデル図 (位相=0.80)



団体予約利用

ぐんま天文台では、原則として火曜日～木曜日の昼間、水曜日・木曜日の夜間に団体予約利用を行っています。昼間の利用は職員による館内案内（施設見学）、夜間の利用は150cm望遠鏡や65cm望遠鏡等を使った天体観望を行っています。今回はこの「団体予約利用」について紹介します。

1. 団体予約利用でできること

団体予約のメリットは、昼間の施設見学では職員のご案内により効率的に学ぶことです。夜間の天体観望の場合はゆっくりと天体観望を楽しめることです。

他にも利用者からの要望があれば昼間の場合には、通常の館内案内に加えて、ぐんま天文台にある屋外モニュメントの解説、小型望遠鏡（移動式望遠鏡）を使った操作講習や演習、利用者の要望に合わせた講座などが行われること、及び夜間の場合でも悪天候等で天体観望ができない場合には、職員による館内案内やスライド等を使った最新の天文学の紹介、ぐんま天文台で撮られた天体画像の紹介、星座解説等を受けられるメリットもあります。

さらに、こんな要望にも応えられます。いくつか紹介すると

●望遠鏡を自分たちで操作してみたい。

小型望遠鏡(移動式望遠鏡)を使い望遠鏡の仕組みを学習しながら実際に自分で望遠鏡を動かし天体観察をすることができます。

●天体写真を撮ってみたい。

天文台にあるカメラと望遠鏡を使用し天体写真の撮影もできます。フィルムを持参するだけで星座や星雲や月の写真を撮ってみたいすることもできます。

団体利用風景①



●大きな天体を見てみたい。

アンドロメダ銀河やすばる(M45)を見てみたいという要望もあります。その場合には150cm望遠鏡

や65cm望遠鏡では全体が入りきりません。そんな時には口径15cm大型双眼鏡を使用し天体観察をすることができます。

(上記の場合には、綿密な打合せが必要になってきます。電話等のやりとりでは行き違いも出てきてしまいますので、実際に天文台に来館してのご相談をお願いします。)

2. 団体利用者と利用人数

天文台の団体予約利用は、様々な団体が利用しています。社会教育団体（公民館主催事業、育成会、婦人会、高齢者学級、PTA等）や福祉施設、企業、行政、同好会などがあります。

開館してからの団体予約利用実績は、11年度は296団体10,731人（社会教育団体107その他189）12年度は354団体13,038人（社会教育団体354その他152）、13年度は227団体7,428人（社会教育団体91 その他136）の利用がありました。ただし夜間の団体利用は天候によっては観望を取りやめる団体もあるので、実際には実績数よりも多くの予約を受けています。この3年間を合計すると36,807人となります。13年3月までの入館者数が161,470人ですのでその2割強が団体予約利用です。



団体利用風景②

3. 今後の取り組み

団体予約はとても簡単です。天文台に電話をしていただき、利用予定日の予約状況の確認をさせていただきます。

きます。そして利用が可能であれば、所定の申込書に記入してFAXしていただき予約完了です。あとは当日予約した時間に天文台に来館していただきます。

多くの社会教育施設が建設されいろいろな形で利用・活用が進んでいく中で、ぐんま天文台も開かれた天体観測施設としての役割を果たそうと努力しています。ぐんま天文台にはたくさんの天文観測用の機材があります。その活用をしてみたいかですか？

（観測普及研究員 田口 光）



団体利用風景③

天体列伝—私たちの太陽系—

1. はじめに—太陽系の概観—

今からほんの7年前、1995年に初めて私たちの太陽系の外に、別の惑星系が発見されました。それ以降、様々な星に新しい惑星が発見されつづけています。この宇宙には、私たちの太陽系以外にも惑星が存在することが明らかになってきたのです。これまでは、私たちの太陽と同じくらいの重さの星について惑星を探ることが多かったようですが、惑星が発見されているのは、そのうちの3パーセント程度です。まだ発見され

ていないような小さな惑星も含めれば、もっと多くの星に惑星が存在するかもしれません。今回は、そういった背景を念頭におきながら、私たちが、最も詳しく知っている惑星系である、「太陽系」についてお話します。

私たちの住む地球をはじめとして、水星、金星、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星の9つの惑星が太陽のまわりをめぐっていることは、皆さんもご存知でしょう。これらは太陽の重力に支配されて、太陽の周りをめぐっているのです。このほかにも、多くの小惑星、彗星、太陽系外縁部小天体（海王星以遠にある小天体）、そして惑星間塵と呼ばれる無数のダスト（塵）が太陽の周りをめぐっています。これら太陽を中心とする全体を太陽系と称しますが、これは恒久不変というわけではなく、小惑星や彗星など小天体の軌道は、比較的短い時間スケールで変化することもあります



〈図1〉太陽と9惑星の大きさの比較・太陽から近い順に左から右へと並んでいますが、並んでいる間隔は実際の距離の比にはなっていません。太陽と地球の距離を1天文単位とすると、最も外側の冥王星と太陽の間が40天文単位、また、土星で10天文単位、木星では5天文単位だけが太陽から離れています。

し、特に彗星や惑星間塵については、太陽に近づいて消滅してしまうものもあります。太陽系は、その誕生から今日に至るまで、次第に変化しつづけているのです。地球と太陽の平均距離を1天文単位といますが、最も遠い惑星である冥王星までは、約40天文単位、また、カイパーベルト天体と呼ばれる海王星以遠に存在する小天体については、100天文単位以遠まで太陽から遠ざかるものがあります。また、彗星のもととなる氷天体が無数に存在すると考えられる「オールの雲」が、太陽から1万~10万天文単位付近に球殻状に太陽を取り囲んで存在すると考えられています。光が一年かかって進む距離（1光年）が約6万天文単位ですから、太陽系がいかに広がっているか、お分かりいただけると思います。私たちの地球は、太陽系全体から見れば、本当に太陽の近くにあるわけです。

2. 太陽系の形成

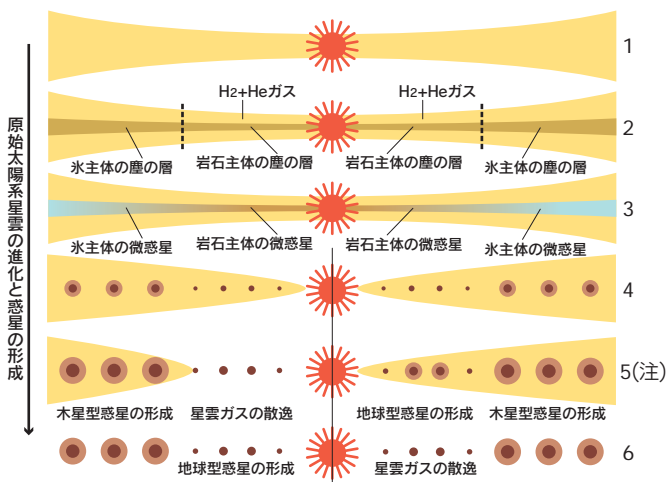
私たちの太陽系の形成については、1970年代に京都大学のグループなどが精力的に研究を行い、現在では、「標準モデル」と呼ばれるものが出来あがっています。標準モデルによれば、私たちの太陽系は、太陽が誕生したときにほぼ同時に誕生したと考えられています。太陽のような恒星は、宇宙空間の中でガスや塵が集まった「分子雲」から誕生します。分子雲の中でガスや塵の濃い部分が周囲のガスや塵を引き寄せ、次第に大きな塊になっていきます。最終的に巨大なガス球ができあがって、その中心部で水素核融合反応が始まると、一人前の恒星が誕生します。一人前になる前の段階を原始星といいます。原始星であった太陽には、まだ、周囲から塵やガスがどんどんと降り積もってきており、原始星の周囲にガスと塵でできた円盤をつくっています。この円盤を「原始惑星系円盤」といいます。私たちの地球や他の惑星などは、この原始惑星系円盤の中で、塵が集積してできたと考えられています。

まず、原始惑星系円盤の中では、比較的短期間で、kmサイズの「微惑星」と呼ばれる塊が無数に形成されます。それらが衝突合体を経て「原始惑星」となり、さらに原始惑星間の衝突で、現在見られるような惑星が形成されたと考えられています。ここで、「微惑星」、「原始惑星」、「惑星」と分けたのは、それぞれができるプロセスが異なるからです。特に「原始惑星」も「惑星」も衝突合体によって形成されますが、原始惑星が太陽からほぼ同じ距離にいた「微惑星」の衝突合体によって形成されるのに対し、惑星は、太陽からの距離が異なる原始惑星同士が、軌道の変化によって衝突をするようになってきたものです。

我々の太陽系の場合、原始惑星系円盤の中での物理条件（温度など）の違いによって、大きく分けて三つのタイプの惑星が形成されました。地球型惑星、巨大ガス惑星、巨大氷惑星の三つのタイプです。

一つ目の地球型惑星は、比較的小型の岩石質な惑星です。地球のように地面があつて、わずかな大気をまとっているというイメージです。水星、金星、地球、火星がこれにあたります。他の惑星と比べると小型で、密度が重くなっています。この中では、地球が一番重くなっています。実は、地球や金星は「原始惑星」が衝突合体したものであると考えられていますが、水星や火星は、ちょうど予想される原始惑星の大きさ程度になっており、あまり衝突合体を経っていないと考えられています。水星にはほとんど大気と呼べるようなものはありませんが、金星、地球、火星には、大気が存在します。金星は非常に分厚い大気にさえぎられていて、地上の様子はまったく見えません。地上の様子を知るには、電波や赤外線などの特殊な波長で金星を観測する必要があります。また、金星の分厚い大気は、金星本体（つまり地面）が回転するよりも数十倍も早く循環しており、金星大気上空は猛烈な強風が吹いています。これを、スーパーローテーションと言いますが、どうしてこんなことが起きるのか、まだよくわかっていません。火星は、地球や金星と比べると質量も小さいので、あまりたくさんの大気を保持できなかったようです。表層では時々猛烈な砂嵐が起こったり、台風のような雲が発生したりと、なかなかバラエティーに富んでいます。火星の気象現象の特徴は、砂嵐や朝霧などのような現象が、非常に広範囲で起きることでしょう。特に砂嵐は、火星の表面をほぼすっぽりと覆い隠すほどのものが生じることがあります。また最近では、ハッブル宇宙望遠鏡によって火星表面が詳しく観測されるようになり、雲の変化などがくわしく観測されるようになってきました。

二つ目は、巨大ガス惑星です。木星と土星がこれにあたり、水素とヘリウムを主成分とするガスの塊です。中心には氷と岩からなる核（コア）が存在すると考え



〈図2〉 林モデル

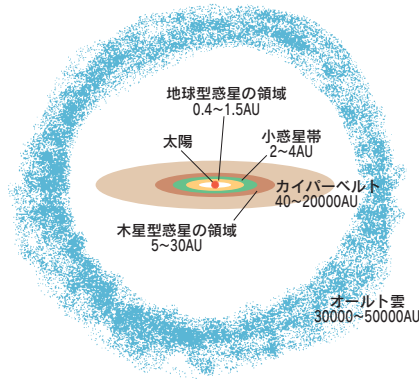
(注) 内側のガスが早くなくなる場合(左)とそうでない場合(右)の2つの説があります。

られています。惑星の質量のほとんどをガスが占めています。質量は巨大で、土星が地球の約100倍、木星にいたっては約300倍もの重さがあります。しかし、ほとんどがガスなので密度は小さく、土星などは水の密度よりも小さくなっています（土星が水に浮くといわれる所以です）。これらガス惑星の表層には雲ができています。木星や土星を望遠鏡で見た時に見られる縞模様などは、すべて、惑星大気表層での雲による模様なのです。これらの大気の運動や物理（つまり、木星や土星の気象現象）については、未だによく分からない部分も多くあります。気象学はもともと地球の気象が対象であり、薄い大気の層が岩石質の固体のまわりにあるような場合については比較的説明ができるのですが、木星や土星の様に非常に深い大気の層がある場合には、何が起きているのか、まだまだわからないのです。これは、地球から観測しているだけでは、木星や土星の大気奥深くの温度や気圧といった基本的な情報が得られないことが原因のようです。ですから、例えば、どうして木星や土星には縞模様ができるのか、といった事も完全には理解できていないのです。

三つ目の巨大氷惑星には、天王星、海王星が相当します。木星や土星は、原始惑星系円盤の中で成長する際に、まわりにあった大量のガスを引き寄せ、巨大なガスの塊になることができました。しかし、天王星や海王星は太陽から遠くにあったため、「原始惑星」の成長にも時間がかかり、また、ガスの量も少ない場所であったために、土星や木星のように大量のガスをまとめることができなかつたのです。結局、氷と岩石質からなる固体コアがあり、そのまわりに大気が存在するという構造になっています。木星や土星にくらべるとガスの割合は少ないのですが、天王星、海王星の表面は雲でおおわれており、地面は見ることができません。これらの惑星は太陽から非常に遠くにあるため、地上からではほとんど詳しい観測ができません。天王星、海王星について現在分かっている多くの事柄も、過去に惑星探査機が近くに接近して観測を行った結果によるものが多いのです。

ここまできて、冥王星は？と思われる方もいるのではないのでしょうか。冥王星は、「惑星」の一つとして数えられていますが、質量は地球の0.2パーセントと非常に小さく（地球の月でさえ1パーセント程度あります）、他の惑星に比べてあまりにも小型です。海王星よりも遠くには、多くの氷小天体（数百km以下）が存在しており、カイパーベルト天体などと呼ばれています。実は、冥王星は、これらカイパーベルト天体の一つであり、その中でも最大のものという認識が今では主流です。これらの氷小天体は、「微惑星」がいくつかが衝突合体した程度のもの（あるいは微惑星そのもの）で、「原始惑星」として十分に成長できなかつ

た残存物であると考えられています。また、こうした残存物が、軌道が次第に変化して太陽に近づくようになると、表面からガスや塵を吹くようになり、「彗星」として観測されるようになります。彗星の一部は、こうしてカイパーベルト天体が太陽に近づいてきたものと、オールトの雲からやってくるものがあります。いずれも、長い間太陽から遠く離れたところにいたため、微惑星が形成されたところの名残をとどめているということから、太陽系の化石と言われることもあります。また、同じような「化石」として、小惑星があります。これは、火星と木星の軌道の間によく分布しており、原始惑星が衝突したときの破片であるとされています。小惑星は、原始惑星が出来た頃、あるいはそれ以前のことを知る手がかりとなるのです。



〈図3〉 太陽系模式図

3. 最後に—太陽系と生命の起源—

さて、最後に、生命の起源ということについても考えてみましょう。生命にとって重要なものとして、液体の水があります。つまり、海の存在が重要であると考えると、太陽に近すぎる惑星では水が蒸発してしまい、太陽から遠い惑星では水が凍ってしまうので海ができないということになります。現在の太陽の出す熱をもとに考えると、太陽から0.8~1.5天文単位程度の距離ならば、液体の水が存在できると考えられています。このような距離にある領域を、居住可能領域 (Habitable Zone) といいます。金星の場合、太陽からの平均距離が0.72天文単位、火星が1.52天文単位ですから、金星はちょっと近過ぎだし、火星はぎりぎりだめといったところですね。さて、同じようにして、他の恒星をめぐる惑星にも、同様にして居住可能領域を考えることができます。残念ながら、これまでに発見されている太陽系外惑星は、ほとんどが巨大なガス惑星が恒星の近くを巡っているもので（「熱い木星」などと形容されたりしています）、居住可能領域にある惑星はあまり見つかっていません。これからの発見に期待したいものです。

話を太陽系に戻すと、火星から飛来した隕石に生命の痕跡があったとか、木星の衛星エウロパの地表下に液体の海が存在し、そこに生命が発生している可能性があるといった話もあります。エウロパは太陽からは

離れているので太陽の光はあまりエウロパを暖めることができませんが、木星の重力によってエウロパ内部に摩擦熱が発生して暖められていると考えられています。そのため内部には海が広がっていて、そこに生命が発生しているのではないかと期待されているわけです。いつか、地球外の生命を発見することができるかもしれないですね。

(観測普及研究員 河北秀世)



〈図4〉池谷・チャン彗星

イベント報告

1. スタンプラリー

昼間に天文台を訪れた人から帰りがけに「ところで、望遠鏡はどこにあったの？」と尋ねられ、愕然とした経験のある職員が実は多いのです。また、昼間は星を見ることができないと知って、がっかりした表情のまま帰られる人を見る度に胸を痛めてきました。そこで、ドームもくまなく見学でき、かつ楽しめる企画として、今年の夏休みからスタンプラリーを実施しています。

各望遠鏡や屋外モニュメントの形をデザインしたスタンプを6種類用意し、台紙に全種類のスタンプを押していただければ、景品として「ぐんま天文台オリジナル天体写真はがき」をさしあげることになりました。景品はがきは4種類を用意し、いずれか1枚を選んでいただいています。スタンプは、各ドームや屋外のサムラート・ヤントラの後ろ（北側）、ストーン・サークルの石の間にも置いたので、本当に、天文台をくまなく巡ることになります。せっかくの機会なので天文知識も身につけてもらおうと、各スタンプ台の前に天文クイズのパネルを置き、次のスタンプ台の所に、前のクイズの解答と解説を書いたパネルも掲示しています。

夏休み中に2500人以上の方にスタンプラリーに参加していただきました。家族連れの方を中心に、幅広い年齢の方が参加されています。やってみると、色とりどりのスタンプを集めること自体が楽しいようです。今まで訪れる人が少なかったサブドームへも足を運ぶ人が増えました。

好評なので9月以降も毎日実施することにしました。今後、クイズの問題やスタンプラリーの方式の変更などを



全種類のスタンプが押された台紙

含め、改良を重ねていく予定ですので、ご意見等がございましたらお知らせください。

2. ペルセウス座流星群説明会・観察会

今年も8月12日(月)に「ペルセウス座流星群説明会・観察会」を開催しました。月曜日は普段は閉館日なのですが、



説明会風景

お盆の時期ということもあり、特別な道具を使わずに観察できる天文現象に親しんでいただこうと開いたものです。午後7時からの説明会では、ペルセウス座流星群が現れる理由や見方の解説を天文台職員が行い、午後8時から翌朝4時までの観察会では、職員とともに流星の観察を行う予定でしたが、あいにくの雨天のため説明会のみ行い、観察会は中止としました。それでも、説明会には130人余の方が参加を希望されました。満席のため会場に入りきれない方も多く、急遽2回目の説明会を行う盛況となりました。

説明会では、流星は太陽系の塵が地球大気に飛び込んで熱せられるために起こる現象であって星が落ちてくるのではないこと、塵の集団と地球が遭遇すると流星がたくさん現れて流星群になることなどの解説がありました。夏休みの宿題のためか、熱心にノートを取ったり、解説画面のコピーを希望したりする子どもたちの姿も見られました。

夜空を見上げての観察はできませんでしたが、一人ひとりの流星へのロマンをかきたて、現象についての理解を深めることができる説明会になったのではないかと思います。

天界四季折々

秋も深まり、朝夕の冷え込みで寒さを感じるようになりました。星空も秋から冬への装いにだんだんと変わってきます。11月からは観望会は、午後6時から9時、施設見学も午後4時までになりますので、ご注意ください。

冬になれば、そろそろ土星も観望時間中に見ることができるようになります。この時期は寒くなりますので、十分な防寒対策をお願いします。

◆主な観望天体

惑星	土星（11月後半以降）
二重星	アンドロメダγ星（アルマク）
散開星団	ペルセウス座二重星団（h-χ）
散光星雲	オリオン大星雲（M42：12月以降）

◆冬休みの開館情報

12月27日（金）の夜から1月3日（金）までは閉館し、1月4日（土）午前10時から開館します。

◆望遠鏡講習会

第4回望遠鏡講習会が、平成15年2月15日（土）、2月16日（日）が開催されます。詳細はぐんま天文台までお問合せください。



GUNMA ASTRONOMICAL OBSERVATORY

県立ぐんま天文台

R100

古紙配合率100%再生紙を使用しています

発行日：2002年11月
発行：県立ぐんま天文台
電話：0279-70-5300 FAX：0279-70-5544
所在地：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》

2002年8月24日に観測されたループ・プロミネンス（①,②）

水素が出す赤い光（H α 線）だけを通すフィルターをつけて太陽を撮影したものです。太陽はガスでできた星なので、写真のように、太陽の縁にプロミネンス（紅炎）が見えることが多いです。プロミネンスは周辺より密度が高く磁場の強いガスの流れて、静かなものもあれば、激しく変化しているものもあります。太陽の縁では暗い背景に対してプロミネンスが明るく輝いて見えます。

写真のプロミネンスはきれいなループ型をしていて、半日の間に形がどんどん変化していきました。

2002年10月10日に観測された大きなプロミネンス（③）

上の2枚の写真と同じようにH α フィルターを装着し、明るい中心部を金属の丸い蓋で隠して撮影したものです。

ぐんま天文台の太陽望遠鏡（④）

口径30cmの主望遠鏡と口径8cm程度と同架望遠鏡5台があります。上の太陽の写真はすべて同架望遠鏡で撮影したものです。