

宇宙 now

1992 March, No.24

Monthly News on Astronomy and Space Science



特集：自然学校 at キラキラランド

湯浅学：太陽系のハーモニー

パーセク：新田伸也～夏の友人たち

ぶらり上月：杉坂史跡

わくわく天文ランド：散開星団－M 6 7

太陽系をさぐる：第3回履歴書

Stardust：小泉博明～本邦地動説漸

自然学校 at キラキラランド



自然学校は県内の小学5年生が5泊6日間を自然の中ですごすというもので、天文台公園では4月から11月までの平日は、子供達のにぎやかな声であふれている。たった今、利用した学校へのアンケートが担当の指導主事の手でまとまった。その中に小学5年生の生の声がのっていたので、そのほんの一部を、今月号で紹介したいと思います。こんな、顔も天文台公園にあるのです。

施設について

- ・天文台がすごかった。天井が開いた。コンピュータがあった。
- ・天文台に60cmの望遠鏡をあと2個ぐらいつけてほしい。
- ・天文台公園は電柱がなくてびっくりしました。

食事について

- ・お母さんの味には勝てなかったけど、おいしかった。
- ・時々きらいなものも出たけど、みんなで食べるとおいしかった。
- ・あそこまでぜいたくなものを出してくれるとは思っていなかった。

自然について

- ・夕日がきれいだった。星が自分の目でピカピカ光って見えた。
- ・朝は雲が下に見えたり、夜は空に星がたくさんあった。
- ・トイレにモスラーが入ってきて、自然じゃないとないことだと思った。

生活について

- ・もう家に帰りたくなかったです。夢を3回も見erくらいよかった。
- ・ふとんがひけなかったけど、ひけるようになった。
- ・みんな学校とどこかちがって、やさしくておもしろかった。

天文学now 太陽系のハーモニー ～1991年12月の天文教室から

近畿大学理工学総合研究所 湯浅 学

太陽系の中の天体の主に運動学的なものをご紹介したいと思いますが、一番最初に太陽系について簡単に概要を見ておきたいと思います。

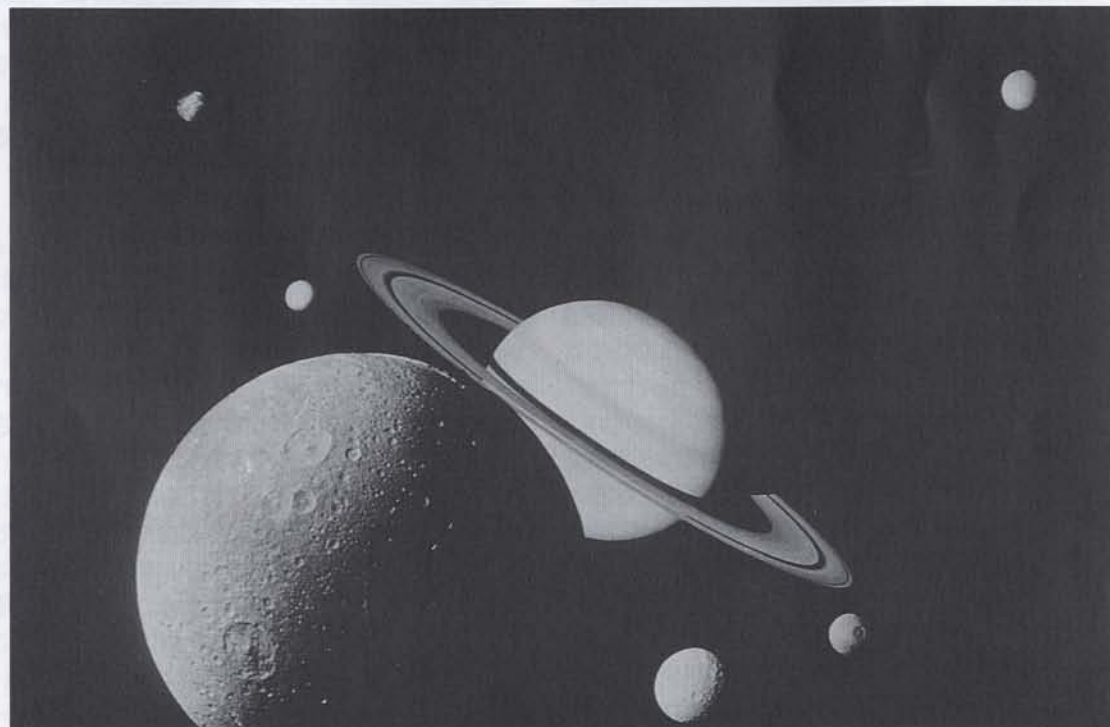
太陽系を構成するものといしましては、もちろん太陽がありまして太陽の周りに水・金・地・火・木・土・天・海・冥と惑星がまわっています。それから惑星の周りを公転している衛星があります。水星にも金星にもありませんが、地球には月があります。火星にフォボスとダイモスという2つの小さな衛星があります。それから木星には16個は確定していますがまだ小さいのはありそうです。土星も17個プラス α （写真1）、天王星も大きいのが5つ、その他に小さいのがすでに確認されているだけでも10個あります。それから海王星にも大きいのが2つと、小さいのが最近ボイジャーによって発見され、少なくとも6個はあります。それから冥王星も1個は確認されていますがまだあるかもしれません。それから木星、土星、海王星という大きな惑星は輪を持っています。

次に小惑星ですが、1990年の6月8日までに4508個が名前が付けられたりあるいは番号が付け

られて登録されています。そのほかに結構ありますからみんな合わせると、この少なくとも2倍にはなるんじゃないでしょうか。

それから彗星、コメットというやつですが出現したのが約1900個で、その中で軌道計算されたのが748個で、周期の短い200年以内のもので135個、200年以上が179個、それから放物線軌道（放物線軌道というのは無限まで行ってしまうわけですが）322個、それから双曲線が112個（双曲線もちろん無限まで行くわけですが）あります。さらに、そのあたりに彗星がまき散らしたようなもの、あるいは太陽系が出来るときに惑星や衛星になることが出来なくて取り残された塵のようなものがたくさんあります。

それから太陽系のモデルとしましては100億分の1の大きさのものぐらいで描くとわりと我々の生活で考えられるような大きさになりますので手ごろかと思います。100億分の1にしますと太陽が直径は14cmぐらい。ですから普通の野球のボールくらいになります。地球だと1.3mmくらいで太陽からの距離が15mのところを直径1.3mmのものがまわっ



【写真1】土星と衛星

【表1】ボーテの法則（1772年）

惑星	n	$(4+3 \cdot 2^n)/10$	実際の値
水星	$-\infty$	0.4	0.39
金星	0	0.7	0.72
地球	1	1.0	1.00
火星	2	1.6	1.52
小惑星	3	2.8	2.77 (セリス・1801年発見)
木星	4	5.2	5.20
土星	5	10.0	9.55
天王星	6	19.6	19.22 (1781年発見)
海王星	7	38.8	30.11 (1846年発見)
冥王星	8	77.2	39.54 (1930年発見)

ていることになります。そういう感じで太陽系全体といいますか一応冥王星（冥王星の外側にも第10番目の惑星があるかも知れませんが）としてもそんなに大きなものではないはず）までといたしますと半径600mぐらいのところを冥王星がまわっているという感じになるかと思います。この100億分の1という縮尺で考えますと光速は毎秒3cmになります。最も近い星ケンタウルス座の α 星は4.3光年ですから4000kmぐらいになります。ですからここら辺に野球のボールを置いて太陽だといったしますと一番近い隣の星というのは赤道直下のあたりにまた一つボールを置いた感じになるかと思います。それから銀河系の直径10万光年が1億kmに相当し、宇宙の地平線150億光年はここでは1.5光年になりますのでちょっとイメージからかけ離れますが、ま、そんな感じになるかと思います。

それから今日は太陽系の中の簡単な規則制について主として話するわけですが、一番よく知られているものでは、ボーテの法則というのがあります。これは各惑星までの距離を表すのに簡単な次の関係で与えることが出来るというもの（表1）。

$$(4 + 3 \times 2^n) / 10$$

で、 n に順に数値を代入すると、太陽から各惑星までの距離（地球までの距離を1とする）が表せるというものです。水星の場合 $n = -\infty$ にしないといけませんが0.4、それから金星には $n = 0$ を代入して0.7、地球は $n = 1$ で1.0、...と。小惑星や天王星の発見も、こういう法則をもとにして行われたわけです。こういうふうに規則的な関係があるというのですが、今日はこのことはあま

り触れませんが、もうちょっと細かい話をしたいと思います。

それは尽数関係というものです。ちょっと難しい話なんですが「じんすう」というのは、約分し尽くされたというような意味があります。分母と分子が両方とも大きな数字になるときは、なるべく上下を共通な数字で割り算して、簡単な数字にします。そういう意味でながめると、太陽系の天体の公転や自転の周期の間に非常に簡単な正数比が成り立っているのです。2つの数の比というのは、どんなものでも観測精度いっぱい表し、桁数をたくさんとればもちろん2つの比になるのですが、そういう大きな数の比ではなくて非常に簡単な正数比で表されるものが太陽系の中にはものすごくたくさんあるのです。もちろん公転、あるいは自転するものがたくさんありますと、その中には偶然そういう簡単な正数比になるものも含まれるわけですが、そういう偶然の確率よりはずっと多い例があります。表2に現在知られているものをあげてみました。

例えば木星の公転と土星の公転、それは2対5、つまり木星が太陽のまわりを5回まわる間に土星が2回まわるという意味です。それからイオ・ガニメデ・エウロパとかは木星の衛星ですが、イオとエウロパが1対2、エウロパとガニメデも1対2になっていて、両方とも1対2になっていますから3つの関係は平均運動で考えて、 n_1 をイオ、 n_2 をエウロパ、 n_3 をガニメデの平均運動とすると

$$n_1 - 3n_2 + 2n_3 = 0$$

という関係になります。それからミマスとテティス、これは土星の衛星ですが、これは1対2になっています。それから昔から有名なトロヤ群と呼ばれる小惑星の一群があります。それらは、太陽からの距離が木星と同じところを、60度離れて木星の前と後ろに分かれてまわっている群をさします。

それから今までは2つの天体の周期の比でしたが、表の11番目は少し変わっています。小惑星は火星と木星との間のある帯状領域に分布して太陽の周りを公転しているわけですが、あるところにあんまり小惑星がないところがいくつかあります。それをカークウッドという人の名前を取ってカー

【表2】 尽数関係(Commensurability)

1. 木星の公転と土星の公転	2 : 5	12. 木星の公転とヒルダ群小惑星の公転	3 : 2
2. 海王星の公転と冥王星の公転	3 : 4	13. 木星の公転と小惑星チュールの公転	4 : 3
3. イオの公転とエウロパの公転	1 : 2	14. ミマスの公転と土星の輪の隙間	2 : 1, 3 : 1
4. エウロパの公転とガニメデの公転 (イオ, エウロパ, ガニメデの平均運動: $n_1 - 3n_2 + 2n_3 = 0$)	1 : 2	15. ヤヌスの公転とエビメテウスの公転	1 : 1
5. ミマスの公転とテティスの公転	1 : 2	16. 水星の自転と公転	2 : 3
6. エンケラドスの公転とディオネの公転	1 : 2	17. フォボスの自転と公転	1 : 1
7. タイタンの公転とハイペリオンの公転	3 : 4	18. ティモスの自転と公転	1 : 1
8. ティオネの公転とヘレネの公転	1 : 1	19. イオの自転と公転	1 : 1
9. テティス・テレスト・カリブソの公転	1:1:1	20. エウロパの自転と公転	1 : 1
10. 木星の公転とトロヤ群小惑星の公転	1 : 1	21. ガニメデの自転と公転	1 : 1
11. 木星の公転と小惑星のカークウッドギャップ 2 : 1, 3 : 1, 5 : 2, 7 : 3		22. カリストの自転と公転	1 : 1
		23. 冥王星の自転とカロンの公転	1 : 1
		24. カロンの自転と公転	1 : 1
		25. 金星の自転と地球の会合周期	1 : 4
		26. 月の自転と公転	1 : 1

クウッドギャップと称しているわけです。もしもそこに小惑星があったらちょうど木星が太陽の周りを1回まわる間に2回まわるようなところ、つまりそれがちょうど2対1の尽数関係になるところなんです。そういうところはあと3対1のところ、5対2のところ、それから7対3のところ、こういうところにも小惑星がありません。それから小惑星っていうのはおもしろくて、ヒルダ群の小惑星の公転これは木星が2回まわる間にヒルダ群の小惑星は3回まわるわけです。その3対2のところというのは逆にその近くには小惑星がないんだけどそこには一群の小惑星があるんです。それから木星の公転周期と小惑星チュールというこれもちょっと特殊な小惑星で、その付近には小惑星がないんだけどそのチュールというのはちょうど4対3のところには存在しています。

表の14番目のミマスというのは土星の衛星ですが、その衛星と土星の輪にも、先ほどのカークウッドギャップと似た関係があります。土星の写真(写真1)をよく見ると輪に黒い筋が入っていて、カシーニの空隙、カシーニのギャップと言っているのですが、そこがちょうどミマスが1回土星のまわりをまわると2回まわるような所々に相当し、同じくそれから3対1のところにも輪の物質が分布していないところがあります。これでもう14個ですね。

さらにそれだけではとどまりません。今まではほとんど公転についての関係でしたが自転と公転の間にもそういう関係があります。16番目、水星

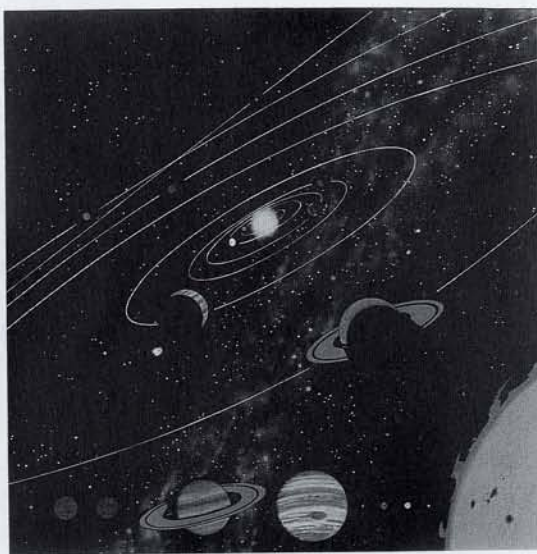
の自転と公転というのは2対3になっています。自転と公転についても簡単な整数比つまり、先ほどこいいましたが英語ではCommensurabilityと言っていますが、そのCommensurabilityの成り立つものがたくさんあります。フォボス、ティモス(ティモスとかダイモスとか人によってちょっと呼び方が違うんですが)つまり火星の衛星は1対1になっています。イオ、エウロパ、ガニメデ、カリストという先ほども出てきましたが木星の比較的内側にある大きな衛星ですね。ガリレオが自分で作った望遠鏡で発見したので、4つ合わせて「ガリレオ衛星」と呼ばれていますが、そういうものがみんな1対1になっています。それから冥王星にも衛星があることが発見されていますが(これは最近そう古い話ではありません)、これがやっぱり冥王星の自転とそのカロンの冥王星のまわりをまわる周期とが1対1になっています。そのカロン自体の自転と公転の周期も1対1になっています。それから25番目はちょっと特殊ですが、金星の自転はちょっと変わっています。普通天体はみんな地球の北極の方から見ると反時計まわりでまわっているのですが、金星の自転だけは逆にまわっているのです。その金星の自転の周期と会合周期(太陽、金星、地球というふうにならぶ一直線上に並んだ時が地球に一番近い所なので、金星が地球に出会ったところであると考えて、一回出会ってから次に会うまでの周期を会合周期という)が1対4になっています。月はいつも地球と同じ面を向けて地球の周りをまわっているというふうになっていますがそれをこういう周期という言葉で言えば自転と公転というのは1対1であるとい

うことになるわけです。

以上あげましたように26個もこういうものがあります。これは偶然と考えるには多すぎる。さらにはっきり知られていない特に木星から外の惑星の衛星については観測がきちんと出来ておりませんので、そういうものがはっきりしてきますとこういう関係はさらにたくさんあるものと考えられます。こういう関係は先ほども言いましたが偶然と考えるには多すぎるので、何らかの理由があって必然的にそうなっていると考えなのです。力学的な面から見ますと最初はそうじゃなかったのが、時間がたつうちに進化してそういう状態に落ち着いていったと考えないと説明がつかないのです。

では、ちょっと私の専門の話を少しさせていだきたいと思います。私は小惑星について主としてやっているわけですが、小惑星の力学的なふるまいについては日本の研究というのは昔から非常に伝統がありました。大正時代ですが平山清次さんという方が1918年、小惑星の「族」という概念を提出されて世界的に今もって有名なことで、しょっちゅうそれに関する研究論文が出ております。これはまたまた難しい話になるんですけども簡単に言うと小惑星の族というのは、次のように言うことができます。小惑星の軌道半長径つまり太陽から小惑星までの距離の平均みたいなものです。半長径というのは楕円軌道の長い方の直径の半分です。長径の半分で半長径と書くんですがそういうものと、それから固有傾斜角、固有離心率、こういう3つの量を考えます。長い間の永年摂動、なんて言葉も難しいですが、非常に長い間に小惑星が太陽の周りをまわっている間に他の惑星、といっても木星が一番質量も大きいし小惑星に近いですから主として木星を指しているわけですが、その影響をうけます。摂動っていうのは乱すっていう意味なので運動を乱されるわけで、その長い時間にわたって軌道を乱すことを永年摂動と称しているのです。こういうのが一定に保たれると太陽の周りを木星が一回まわる周期及び小惑星が太陽の周りをまわる周期について、もちろん木星と小惑星が遠くなる時があるし近くなる時もあるのでそういった細かな影響が周期的に変化することはもちろんあるんですが、そういうものは除いてしまった後の影響という意味です。そういうものにはある平均操作をして消去してしまっ

【写真2】太陽系の構成



ても、さらに時間とともに一方方向に変わって行くような変化があるわけで、そういうものに注目した時にこの3つの量（軌道半長径・固有傾斜角・固有離心率）が保存されるのです。保存されるということを平山先生が提唱されたわけですが。そのうちで一番目の軌道半長径については昔から知られていて、パーソンの定理と呼ばれています。パーソンという人は1781～1840年の今から200年前くらいに活躍した人です。そういうものが保存されるとしますと、次のようなことになります。一つの天体が太陽のまわりをまわっていて何らかの原因で衝突するとか、何らかの原因でいくつかに分かれたとして、それを太陽系から遠く離れて眺めたとしましょう。そういう分かれた天体の初期条件は分かれた時の位置及び速度ですので、あまり変わりません。従って、あまり変わらないということは固有離心率とかもあまり変わらないはずで、そういうものは保存されるので、軌道は見かけ上変わっても、こういうような3つの量に注目するとほとんど変わらないで保存されているということです。そこで、この3つの量が非常に近いものは元々一つのものであったということから「ファミリー」「族」ということになるのです。

一応それだけお話ししようと思ったのですが、もしも時間が余って困るようでしたら、もう1つ別のお話しでもいいのですが、どうでしょうか？
(了)

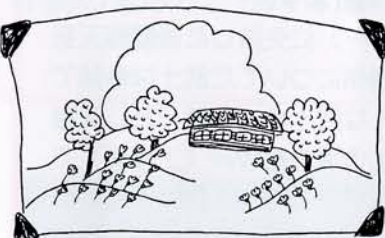
夏の友人たち

名古屋大学理学部 新田伸也

先日、ブラックホール物理学の研究会があって、東京・三鷹の国立天文台に出張した。これが終わったあと、東京地区の研究者仲間と会って新宿で飲むことになった。宇宙研のE氏と立教大のM嬢と僕の3人である。今の季節にはありがちなように、E氏がこの春から数年間渡米して研究者としての武者修行をすることになり、その送別会というのが名目であった。普通、研究者同士の付き合いというのは、同じ研究機関にでもない限りは、常に研究に根ざしたものに限られ、僕から見ると比較的ドライなものであることが多い。ところがこのメンバーの場合は多少違っているらしい。いざ酒を飲み始めると、僕にとってはここ数年来なかったほどの盛り上がりとなった。恋愛談義や人生論を含めプライバシー丸出しの、夜を徹してのハシゴ酒となり、普段「どケチ」で通っている僕が、有り金のほとんどを使いきるほどであった。

先程述べたように大学院生になってからは、友人といえるほどの関係になれる機会はなかなかない。しかし全

くなくいわけでもなく、例えば「夏の学校」と呼ばれるものがそのいい例であろう。大学生の



頃と違って、大学院生になると実質的に夏休みなどの長期休暇はなくなる。形式的には存在するが、遊んでばかりいると仕事（研究）ができないし、自分のやりたいことをやっているわけだから当然ともいえる。この夏休みに当たる期間中に全国の若手研究者が集まって、研究交流と親善をかねた集まりが、いろいろな分野ごとに催される。僕が今まで参加してきたのは「天文・天体物理若手の会夏の学校」というもので、毎年1回行われ、すでに21回の実績がある。例えば昨年7月には僕等名古屋大学の若手が主催者側となって「西はりま天文台」で行われた。4泊5日の日程で、大体サークルなどの「合宿」のイメージで思っていたかとよいと思う。初日は夕方に開会し、レセプションのみだったが、中

3日はなかなかハードな日程で研究交流を行なった。のべの参加人数は220人ほど（大学院生が主体で、若い大学スタッフも少数だが参加している）で、これは全国の、天文・天体物理の分野の大学院生の約2/3に当たる。朝から晩まで食事ははさんでたくさんの発表と討論が行われた。比較的、年齢も立場も近い人達の集まりなので、それこそ自由闊達な議論が行われていた。

これら「昼のセッション」以外にも大切な目的がある。それは「夜のセッション」とでも呼ぶべきもので、毎夜、その日の公式の行事が終わったあと、そこそこで酒を持ち寄った集まりが賑やかに始まる。僕は本気で言うが、「夏の学校」での飲み会は、普段全国に散らばっている若い研究者（特に新人）にとって、自分とこれから同じ世界で励むことになる仲間を得るためにとても大切なことなのである。ここで得た繋がりが自分の研究に幅を与え（1つの大学で全ての分野はカバーできないので）、他にも、例えば研究環境に関する社会的な問題などについて違う環境（大学）にいる人と屈託のない議論をするときの信頼基盤を与えてくれたりもする。これは一般の職場で同期のライバルとの信頼関係に例えると理解していただけるだろうか。実は先のE氏、M嬢とも「夏の学校」で知り合ったのである。こうして出会ったライバル達と切磋琢磨を続け、ある者は仕事を評価されて研究機関のスタッフとなったり、また、ある者は時を経て別の世界に自分の道を求めていったりするのである。

冒頭で述べた飲み会では、最後に頼んだボトルを空けることができずに僕が持ち帰っている。このI. W. ハーバー、何年かあとにあのメンバーが再会できるときまでボトルキープしておくつもりである。そのとき僕等はどうなっているのか、どんな話ができるのか本当に楽しみである。





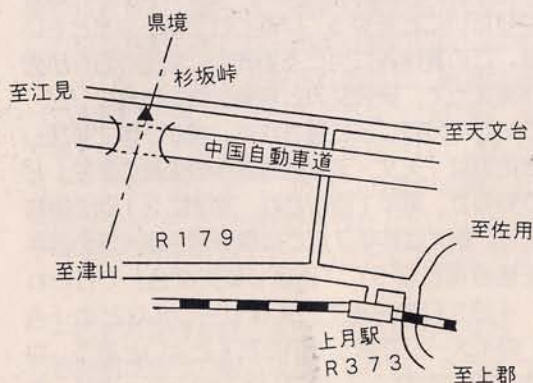
杉坂史跡

すぎさか

近畿地方と中国地方を結んでいる中国自動車道の兵庫県と岡山県の県境に杉坂トンネルがあります。杉坂峠はこのトンネルの真上にあり、そこに杉坂史跡があります。

今から600年前の元弘2年(1332)、3月政変(クーデター)に失敗した後醍醐天皇は隠岐へ流されることになりました。それを阻止しようと後醍醐側についてた武士は各地で待ち伏せしましたが、成功しませんでした。備前の児島高德もそんな武士の一人でした。天皇一行は、山陽道を通って山陰に向かうのだらうと判断、播磨と備前の境の船坂峠(上郡町)で待ち受けていました。しかし、一行は山陽道を通らず、播磨の今宿から山陰道へ抜けるという情報が入ってきました。大急ぎで兵をまとめ険しい山々を駆け抜けて杉坂の関所に着いてみると、一行はすでに院の庄に入ったとのことでした。望み失った高德は計画を断念しました。悔やみきれない高德は自分達の「こころ」だけでも天皇の耳に入れたいと翌晩、単身で院の庄の宿舎へ行きました。そこの庭にあった桜の大木の幹を削り、『天勾踐ヲ空ウスルコトナカレ、時ニ范蠡ナキニシミアラズ』と二行の詩を書きました。それを見た天皇は快げに微笑みました。

これは「太平記」に記されている有名な話です。杉坂には現在、はるばる院の庄から運んだ河石を積み上げた台座の上に「杉坂史蹟」と書かれた碑が建っています。この地に立った高德はどんな想いで美作の山々を見たのでしょうか。(上月町役場広報係)



わくわく天文ランド

散開星団 —— M67 (かに座)

冬の星座ふたご座と、春の星座の代表格しし座には含まれた「かに座」は、暗い星ばかりで目立ちませんが、有名な星団が二つあります。もっとも有名なのはプレセペ星団(M44)で、かに座の中央部にあります。双眼鏡でも十分ながめられる対称です。私たちから580光年の距離にある300個以上の星の集団で、生まれてから6億6千万年ほどたっています。

この星団から9度近く南、アルファ星という4等星のすぐ西にあるのがM67という星団です。一番明るい星でも10等ですから、プレセペ星団にくらべると暗く、大きな双眼鏡が必要です。しかし星の集まりぐあいは密で、ながめて美しさを感じられる星団です。私たちからの距離が約2500光年と遠いため、暗く密に見えるのでしょう。生まれてから40億年ほどたっており、太陽と同じくらいの年齢で、星の材料の構成割合も太陽とほとんど同じであることがわかっています。

この星団のメンバーは約500個の星たちですが、いろいろな重さ(質量)の星から成っています。星は重いものほど進化が速く、寿命が短くなるため、M67の星たちを調べると、死を間近にひかえた星や、壮年期の星、青年期の星、少年期の星など、様々な段階の様子を知ることができるのです。

(天文台長・黒田武彦)



シリーズ太陽系をさぐる 第3回 履歴書

天文台の観望会で月を見てもらっている時に「わー、ホットケーキみたい!」という声をよく聞きます。大小のクレーターをホットケーキの表面のぶつぶつに見立てているのでしょう。クレーターには隕石などがぶつかってできた衝突クレーターと、火山クレーターの大きく分けて2種類があります。今回はそのうちの衝突クレーターについて見てゆきましょう。

クレーターは丸いものが多いのですが、隕石が斜めに当たったら長細いものができそうな感じがしますよね。でも、みなさんが地面にむけておもいきり石を投げつけてできるようなものを想像してはいけません。隕石はあまりに高速で衝突するために、ぶつかった瞬間に高圧と高温が発生し、あたかもそこで爆発が起きたようになります。これは実験室での高速度衝突シミュレーションで確かめられています。また地球上には地下核実験によってクレーターができている場所があります。ホットケーキの場合は焼いている時に中の空気の粒が膨張して、生地を昇ってきて表面で破裂してぶつぶつができますよね。かたやクレーターは地面で大爆発ですから、まあ、できかたも似てないこともないですね?

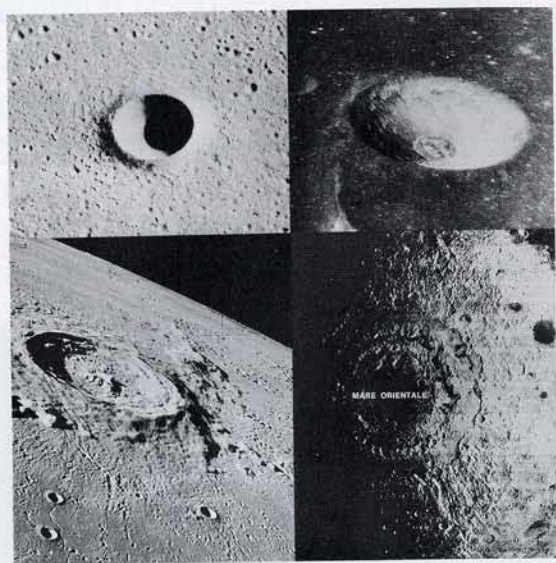
クレーターを最初に観察したのはガリレオです。彼は自作の望遠鏡で月面を見たところ、つるつるだと思われていた月におわんのような地形を発見したのです。クレーターという言葉も彼が名付けたもので、ギリシャ語で「おわん」という意味です。長い間、クレーターは月に特有のものだと考えられていました。ところが惑星探査機マリナーは、クレーターでおおわれている水星の姿を写しました。また、木星、土星の衛星にもクレーターが発見されるにいたり、太陽系内の固い表面を持つ天体はクレーターがあるのが普通で、ないものこそ特別な理由があるのだと考えられるようになりました。

地球には水、空気があり、その表面はさまざまな気象環境にさらされます。また地殻変動などもあることから、クレーターはほとんど保存されません。それに対して月には水も空気もなく、風化作用はきわめて小さいのです。アポロの宇宙飛行士が月面に残した足跡などは現在でも消えずに

残っていることでしょう。その足跡の写真をみると月の表面には細かい土があることがわかります。月面はこのような土や岩のかけらがゆるく固まったレゴリスと呼ばれる層でお



おわれています。レゴリスは月面が固まって以来、地球では流れ星となってしまうようなサイズの隕石から、もっと大きな隕石までいろいろな大きさの隕石が衝突することにより、表面が粉々にされてできたものです。隕石の衝突は絶えず起きており、レゴリスはさらに細かく砕かれたり、まぜかえされたりしています。月を見て「あー、石膏でできているみたい!」言う人もいますが、それはこのレゴリスのせいでしょうね。



衝突クレーターは、その形態によっておわん型、平底型、中心丘型、多重リング型に分類されます。しかもクレーターの直径はこの順に大きくなってゆきます。ただ地質などが異なるので、それぞれの型に移り変わる境目は天体によって違ってきます。クレーターの大きさには限度があり、その天体の直径の1/3~1/5くらいまでのようです。土星の衛星ミマスには自身の直径の1/3の直径をもつハーシエルというクレーターがあります

が、もしこれを作った隕石より大きいものが衝突したら、ミマスは破壊されたことでしょう。それでも中にはタフな奴がいて、一度は破壊されながらも、重力によって再結合したと推定できる天体も見つかっています。



月の海と呼ばれる部分は陸に比べてクレーターが少なくなっています。これは、もともとは陸と同様にクレーターがたくさんあった場所に、隕石の衝突によりマグマがあふれだして、クレーターのうめてしまったからだと考えられています。月の岩石の年代研究から40~50億年前にはクレーターの生成率が何千倍も激しく、月の海がつくられたのは38~30億年前であることがわかっています。

す。このことから現在、月の表面にある大多数のクレーターは月が生まれてから月の海ができるころまでにつくられ、海ができた後はあまり隕石が落ちてこなかったことがわかります。木星の衛星カリストは最も激しくクレーターでうがたれている天体で、太陽系の歴史のなかの、激しい隕石衝突の時期の姿をとどめています。このように表面のクレーターの大きさや個数、その他いろいろな特徴を調べることによって太陽系そのものの歴史を推定することができます。クレーターは、いわば太陽系の履歴書のようなものなのです。(天文台研究員・佐藤隆夫)



海外now

おいしいところ ~国際会議「変光星の非線形現象」参加レポート

新年早々の1月7日から10日の4日間にわたって茨城県水戸市常陽芸文センターで第134回国際天文連合コロキウム「変光星の非線形現象」という国際会議が開催され、筆者も参加してきました。そこで、今回は海外now番外編として、この国際会議のようすをお話しましょう。

☆

1月5日の早朝、宇宙now表紙用の部分日食の写真を撮影。夜、宇宙nowの編集作業。その後、さらに国際会議の準備。しばらく天文台をあげるとなると、いろいろと忙しいのです。

翌6日早朝から出かけた行き先は、水戸ではなくまずは新潟。「独立国家共同体」(旧ソ連)からの参加者を迎えに行きました。国内事情のため、成田空港に着くより新潟空港に着くようにする方が都合がいいとのこと。それでも、参加希望者のうち何名が実際に来ることができるかわからないという、なんとも頼りない話。空港で乗客名簿を確認。アレレ、一人しか見当たらない?なにしろこちら相手の顔など知らないもので、大きな紙に国際会議の名前を書いて、降りてくる人に出口のところで見せて回ります。最後のほうになってようやく一人出てきました。その人と航空

会社に再度確認しましたが、他にはいないようです。まあ、一人でも来ることができたのだから、誰も来ないのよりはマシというものでしょう。

帰省客で大混雑の中、二人で水戸に着いたのは、夜7時過ぎ。すでに6時ごろから、参加受付をすませた人たちが談笑しています。私は、国際会議に参加するのは今回が初めてなので、論文を読んだことはあっても会ったことのない人ばかり。知人に数人を紹介してもらいました。会話はもちろん英語です。読むことと書くことは多少やってきましたが、聞くのとしやべるのはほとんど経験なし。そのためか、なかなかことばが出てこなくて四苦八苦しました。

☆☆

ここで、今回の国際会議のテーマ「変光星の非線形現象」とはどんなものか、少し身近な例を使って説明しましょう。テニスでダブルスというのがあります。二人でペアを組んで競技するわけですが、二人いるんだから二人分の働きができるのがあたりまえです。このあたりまえのことは、線形現象といいます。ところが実際にダブルスをやると、もうちょっというろんなことがあります。たとえば片方が失敗したことを、もう片方が補っ

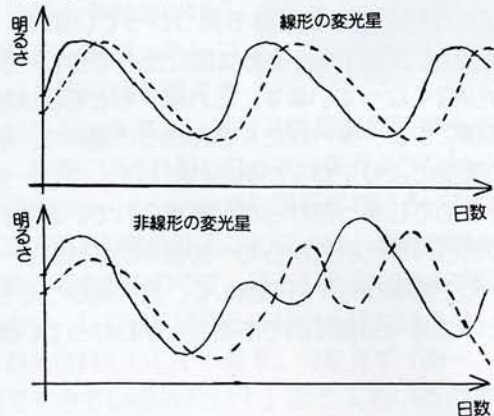
てくれて二人分以上の働きをしたり、逆にお互いに足を引っ張りあって、二人いても一人分ぐらいの働きしかしなかったりすることがあります。このようなことは二人いてお互いに影響（むずかしいことばで相互作用）することではじめて起こることです。この相互作用のせいで、あたりまえ（線形現象）でなくなることを非線形現象とよんでいます。

この非線形現象では、さまざまな興味深いことが起こります。たとえば魚の中に「ふぐ」というのがいます。ふぐの間には、肝のところに毒をもっているものがいます。ところが、ふぐを好きな人の中には、肝のあたりがおいしいということで、好んで食べる人がいます。こういう人が毒をもっているふぐを食べると、どういうことになるでしょう。この人はふつうのところを食べたのでは満足できません。そこで、少し肝に近いところを食べます。さらにもっと肝に近い、おいしいところを食べます。こうしてだんだんと肝に近いところを食べるようになっていくと、ほんの少し食べるところをまちがえても、ふぐの毒にあたって死んでしまうことになります。このように、ほんの少しの違いで結果がまったく別のものになってしまうことがあります。これも非線形現象の一種で、カタストロフと呼ばれているものにあたります。

ここに出した二つの例には、どちらにも人間が出てきますが、これは偶然ではありません。実は、この二つの例では、「非線形」なのは人間なのです。私たちが他の人を見て、複雑で不思議で興味深いなあと思うのも、実は人間が非線形だからなのです。ですから、ことばはむずかしいですけども、非線形現象というのは、ものすごく身近にいくらかでもあるものなのです。

さて、夜光っている星の中には、見ているあいだに明るくなったり暗くなったりして、明るさを変えるものがあります。こういった星を変光星と呼んでいます。このような変光星の中から、まったく同じように見える星を二つもってきたとしましょう。はじめは二つの星の明るさは、ほんの少ししか変わらないように見えました。そのあとしばらくのあいだ、二つの星はどちらも何度か明るくなったり暗くなったりをくりかえしました。さて、そのあと二つの星の明るさを調べたら、どうなっているでしょうか？この二つの変光星の明

るさの変化が線形現象であれば、やっぱり最初と同じくほんの少ししか明るさの違いがないように見えます。ところが非線形現象であれば、ぜんぜん違う明るさになっていることがあるのです。こんなふうに少し違っていったものがぜんぜん違う明るさになってしまうのはどんな星なのか、そういった星はどれぐらいの種類があるのか、などと



いったことを調べようというのが今回の国際会議の目的です。

☆☆☆

初日、二日目と、非線形現象の専門家や、星の観測をして非線形現象を探している人などが、次々と、これまでの研究のまとめや、自分の最新の研究結果を発表していきます。国際会議ですから、こういう発表も質問も回答も、ぜんぶ英語です。そのため、日本人同志が英語で質問と回答をするというちょっと奇妙なことも起こります。それから発表を聞いていて、私たちに一番わかりやすいのは、なさないことに日本人の英語。知っている単語の数や発音が自分とそう変わらないからなのでしょうね。

ひとしきり天文の話をした後は、いっしょに食事に出かけます。そういうときの話題は、この食べ物は何かから作ったかとか、「はし」の使い方、日本食での食べる順番、ふぐを食べてみたい(!) などなど。このあたりは、天文の研究者といってもふつうの海外からの観光客と変わりありません。

10日の夕方、翌日に友の会の例会があるため、最後の日程の晩餐会は欠席して、天文台へ向かう列車に乗り込みました。ほんとうは、今回の国際会議の期間のうちでいちばんおいしい食事を食べられるはずだったのですが、...

(天文台主任研究員・石田俊人)

西はりま天文台日記

2月1日(土) 佐用町、上月町と共催のスターウォッチング、豪雪のため中止。佐用町給食センターのお世話で参加者のために豚汁を作っていたのに無念。しかし、たらふく食することができ大満足。

2月2日(日) 積雪10cm近くに。夜は晴れて一般観望会に13名。

2月3日(月) 兵庫県議会・文教常任委員会の視察。総務企画、商工労働に次いで本年度は3つの常任委員会が視察に来て下さった。ありがたいこと。今日も1.5m望遠鏡の必要性を当然の如く？説く。「ワシらは大賛成やで」の一言に嬉し涙が……単純か？

2月4日(火) NHK神戸放送局の安藤氏、天文台の活動や友の会の現状などを取材に。

2月5日(水) わらび座の広報ウーマン来台。「星の都さよう」でぜひ公演したいとのこと。ドーム内の環境よくなり、外気温とほぼ同じ氷点下に。快晴下、尾久土研究員朝まで観測。

2月6日(木) 県農林水産部次長・和久氏他視察。

2月7日(金) 県土木課長・前田氏、神戸大・西氏ら6名。県農林水産部職員6名。自然学校に神戸市立藍那小・山田小。夜は星の観察。

2月8日(土) 自然学校は昼間太陽観察。夜、尾久土・佐藤研究員が話とクイズ。明日の講師、国立天文台の安藤教授来台。夜は出身地・平福の旅籠へ。

2月9日(日) 天文教室「スーパー望遠鏡をつくる」と題した安藤教授の話。地元出身とあって、挨拶にみえる方があったり、聴講も佐用町長はじめ地元の方がちらほら見えた。でも参加者40名は少ないゾ！今回から天文教室、大観望会、スターウォッチングの各行事参加者のためのイベントカードを発行。参加の度にスタンプを押し、6コたまると世界一周旅行！とはいかないが豪華景品を進呈。

2月12日(水) 佐用、上月両町長に助役、収入役と天文台公園幹部との運営懇談会。ナント開設以来初めてだから驚き！今後は定期的に開くことで合意。夕、神戸女子大の西田氏ら学生を伴って来台。尾久土研究員が案内、22時過ぎから晴れだし観望も！

2月13日(木) 県都市住宅部と自治体の住環境整備関係者60名。台長、カンタンな話。

2月14日(金) バレンタインデー。業界の仕掛けた罠に落ちた哀れな仔羊？よ、とは思うものの内心はみんなソワソワワクワク。こんな価値ある日になぜか自然学校施設利用説明会。そしてなぜか天文台2階と3階の入れ替え作業。3階の暖房で4階観測室

に悪影響を及ぼすため。移動書架の移動が大仕事。

2月15日(土) 2、3階の入れ替え作業2日目。結構な量の書籍である。3階へエッチラオッチラ運んで久々の汗。疲れたところへ昨日のチョコで栄養補給。バレンタイン様々である。

2月16日(日) 台長、日本天文学会春季年会特別企画打ち合わせのため、大阪へ出張。様々な天文教具のうち、当天文台は天体の空間分布教具を担当。

2月18日(火) 台長、国立天文台主催の天文教育普及のための指導者講習会に講師として出張。「公立天文台の運営」について話したが、寝不足と風邪気味で夜、ホテルでダウン。

2月20日(木) 兵庫医大の前田氏、電波望遠鏡設置の件で打ち合わせに来台。神戸新聞奥様手帳の光森氏、取材に。

2月21日(金) 岡山県佐伯町の星を見る会25名見学。台長、施設概要と天文の話。午後1時、太陽望遠鏡ストに突入。ピクとも動かず。夜、雪が舞う。CCDは冷えすぎて-150度！結露する、イメージャーが暴走する、フィルター番号が狂うなどトラブルと寒さで尾久土研究員ギブアップ寸前。しかし0J287天体の明るさが大きく落ちていることを確認。

2月22日(土) 朝の路面、昨日に続き凍結箇所多く、出勤できない車があったという。台長の車でも登ったのに高級車はダメなのかな？ 県立加古川病院部課長会8名見学。宿泊者多い上にスターブラザ凍結で使用できず、急遽待ち時間を講演に変更。尾久土研究員は吹田教職員組合に「星の話」、台長は大東市理科教育研究会に「宇宙と星・人」。

2月23日(日) 太陽望遠鏡、西村製作所の説得でスト解除。要求はコントローラーのボードだった。

2月24日(月) 互助会のボーリング大会。天文台スタッフの成績は、1位尾久土、2位内海、5位黒田、6位時政、11位佐藤だった。石田研究員は天文台でお勉強。やればダイエットしなくていいのに。

2月25日(火) 阪神県民局全体参事会議約40名見学。

2月27日(木) 運営会議。北海道の人が友の会入会を希望。南は沖縄の会員がいるから、全国制覇？！

2月28日(金) 第1回西はりまユースミーティング。今回は西はりま天文台が関与した大阪教育大の修論、卒論の発表と議論。定金氏もホッと一息。

2月29日(土) おまけの1日。揖保郡出納事務連絡協議会研修会で台長「地球の自然環境の大切さ」と題し話。宿泊者に佐藤研究員「閏年の話」。(T.K)

本邦地動説漸

雲雀丘学園高等学校 小泉博明

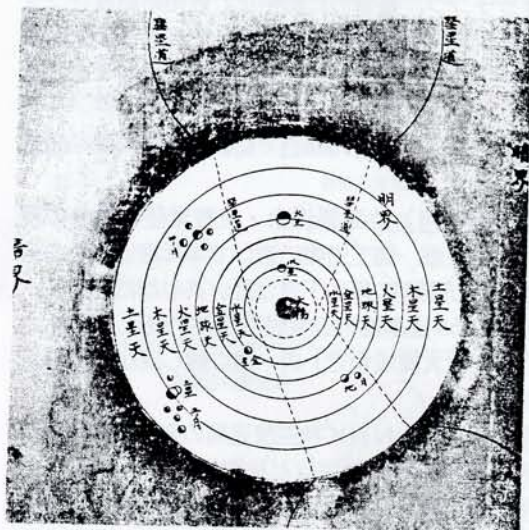
わが国に、コペルニクスの地動説を紹介したのは、皆さんご承知の長崎の阿蘭陀通詞、本木良永(1735-94)です。通詞の仕事は、長崎貿易の業務上の通訳や翻訳であって、本来は学問研究ではありません。ですから、専門学者＝蘭学者のように、訳書を公にすることをしません。本木家は、代々通詞を職とし、良永はその三代目です。今ならば、さしずめ国立翻訳センターのエリート官僚です。地動説と関係ある書として、はじめ『天地二球用法』(1774)を、さらに幕命により『太陽窮理理解説』(1792)を翻訳しました。天文・暦学の専門家以外、きわめて難解と思われる蘭書を、精魂を傾けて、それこそ心血を注いで翻訳したのです。わが国にない、新しい概念に随所でぶつかり、苦心のすえ、惑星・視差・遠点・近点などの造語をうみだしました。通詞という職務上、自ら求めて地動説を紹介して世間に広めようとしたのではなく、下命された翻訳の結果として得た所のものであることを忘れてはなりません。良永の過大評価に対する批判が一部であるようですが、その点を割り引いて考えてほしいものです。

ところで、蘭学者として有名な大槻玄沢も本木良永にオランダ語を学びました。ちなみに、玄沢の蘭学塾の名前は何か。そんなの知らんどう(芝蘭堂)。

地動説を世間に広めたのは、司馬江漢(1738-1818)です。もともと洋画家ですが、蘭学とくに天文学に大変興味をもっていて、平賀源内・前野良沢・大槻玄沢などと親交がありました。良永の『太陽窮理理解説』により地動説を知り、その啓蒙活動を行いました。『地球全図略説』(1793)をはじめ、多くの著作で、地動説の普及に努めました。

『春波楼筆記』では、「われ日本に初めて地転の説を開く」などとまで言っています。このような嘘をつくことは悪いことですが、その啓蒙力は、大きなものがありましたので、その意味では評価してあげなければいけません。ただ、漢籍の「刻白爾」を和訓読みしてコペルニクスと読む間違いをして、その後に、ケプラーとコペルニクスを混同させる原因をつくってしまったのです。ちなみに、コペルニクスは「歌白泥」です。

大坂は懷徳堂出身の山片蟠桃(1748-1821)は、無鬼論＝無神論で有名ですが、地動説を理解した初期の一人です。ライフワークである『夢の代』の



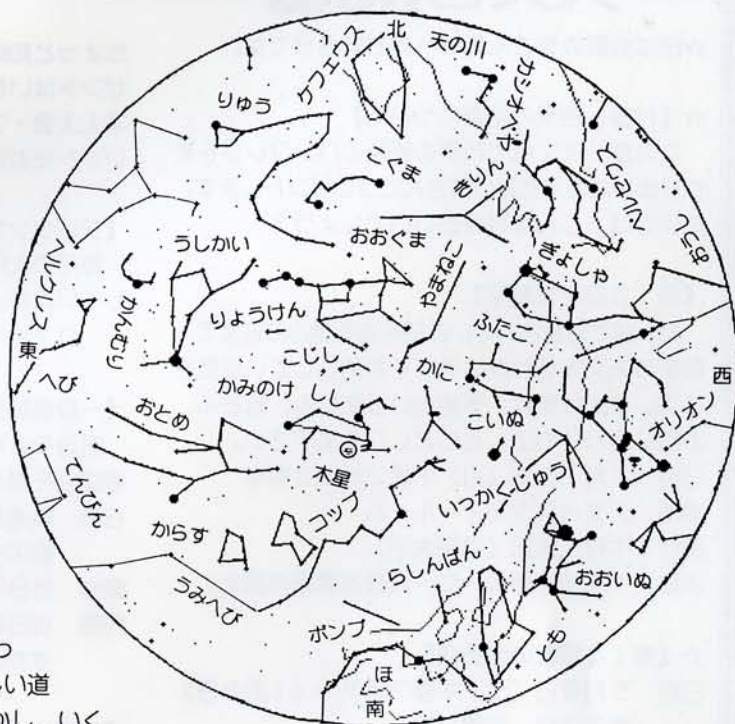
『夢の代』に描かれた地動説を説明する図

「天文第一」には、例の仏教の宇宙観(須弥山説：宇宙now, No. 11参照)を次のように批判しています。原典をほんの少しだけですが、読んでみましょう。

「ツイニ地動儀ノ説ヲ発明ス。ソノ術、日輪中央ニ位シテ永静不動、五星及地ヨリ恒星諸天ミナ日ヲ心トシテ西ニ旋ル。木星・土星ノ如キミナ月四五アリテ、各其本星ヲ心トス。此説出テイヨイヨマスマス天文精微トナル。前説ノ如キハ小兒ノ戯ニモ及バザル也。西洋人ニ見セタランニハ、三歳ノ小兒トイエドモ腹ヲカカヘテ笑フベシ。ソノ一ニココニ挙グ。歐羅巴ノ学者ニ精シキコト、古今万国ニ類ナシ。殊ニ万国ヲ廻視シテ、ミナ実現ヲ以テ発明スルコトニシテ、誰カコレニ敵セン。」(傍点著者)前説とは、つまり仏教の宇宙観のことですが、西洋では三歳の幼児でさえ大笑いするような陳腐な宇宙観とさえ言っています。あるいは、「太陽ハ天地ノ主ナリ。地ハ主ニアラズ。太陽動カズシテ他曜ノ動クハ、其処ナルベシ。(中略)必ズシモ西洋ノ術ヲ疑フ事ナカレ。アツク信ジテ従フベキモノナリ。ユヘニ梵・漢・我邦ノ井蛙ノ愚術ヲ出シ、総ルニ西洋地動ノ術ヲ示シテコレヲ証シ、愚蒙ノ人ヲサトスノミ。」と言っています。

今、誰でもあたり前である地動説も、社会的な同意を得るまでに、長い道のりがありました。先人たちの情熱を忘れないようにしたいものです。

てんびん座



22日20時の空

15

天文台now

☆印は会員の皆さんだけへのお知らせです。

☆【付録・四季の星座について】

この度、天文台で四季の星座のパンフレットを作りましたので会員の皆さんにプレゼントします。たまには、こんな付録もいいでしょう？

【第13回天文教室】

第一線で活躍されている研究者を講師に迎えて、最新の天文学をわかりやすくお話していただきます。参加は無料、予約もいりません。皆さん、お誘い合わせの上、どしどしご参加下さい。
日時 4月12日(日) 午後2時～3時半
場所 天文台スタディールーム
講師 中村泰久氏(福島大学)
演題 「双子の星の一生～近接連星系の進化」

☆【第13回友の会例会】

日時 5月9日(土) 午後7時半～(1泊2日)
悪天決行、日帰り可
内容 未定(次号で詳しくお知らせします)
宿泊定員 グループ棟 120名
家族棟 30名

予約方法

グループ棟 電話で先着順
家族棟 往復葉書で抽選、締切4/25消印有効

【第7回大観望会】

日時 5月3日(日) 開始時刻未定
内容 講演、クイズ大会、観望会(詳細は次号で)

【継続のお願い】

友の会も、いよいよ3年目に入ります。モノクロ、8ページで始まった宇宙nowも、一部カラーの16ページへと、成長しました。これもみな、1000組近い会員数のおかげです。4月には、更新を迎える方(振込用紙の入っている方)が多いはず。なにとぞ、継続の方よろしく願ひします。

会費 ジュニア:1200円、個人:1800円、家族:2500円

【新規会員募集】

友の会、及び宇宙nowをより一層、充実させていくために、より多くの会員を募集しています。みなさんも、お友達や知り合いの方に友の会を勧めて下さい。誕生日や入学、入社のお祝いに、

ちょっと知的でロマンティックな宇宙からのプレゼントはいかがでしょう。ご連絡いただければ、本人入会・プレゼントのどちらにも使えるパンフレットをお送りします。

【テレホンサービス】

毎月の天体情報をテレホンサービスでお知らせしています。是非、ご利用下さい。

0790-82-3377

【一般観望会】

宿泊をされない方のために、毎週日曜日に一般観望会を開催しています。

日時 毎週日曜 午後7時半から
悪天中止(決定は午後6時)
受付 当日午後7時～7時半(管理棟受付)
内容 当日の人数・月齢・雲量によって変わりますが、木星を中心に観望します。

【お便り・質問募集】

会員nowのコーナーでは、お便り、質問を募集しています。採用された方には、ささやかな粗品をさしあげます。

【表紙のデータ】

氷点下の中、朝まで研究観測し朝焼けを見るときの気分は複雑なものです。よく晴れたという満足感と疲労感……。でも、その中に金星が光っていれば、幸せな気分になります。そう、編集子の一番好きな風景です。

天体 朝焼けと金星と朝霧

機材 24mm広角レンズ、ESO100ネガ

日時 2月6日

場所 天文台ドームスリットから

【編集後記】

また、春がやってきました。ここへ来て、3度目の春になります。みなさんお元気ですか。木星の位置を見ていると、ここへ来る前はふたご座にあったのを大阪の空で見たなあって、懐かしく思います。近ごろは、やっとたまりだした大量の観測データをコンピュータに向かって整約する日々が続きます。でも、やっとあの60cm望遠鏡から成果が出ようとしています。これからが本番、頑張ろう!! みなさんも、新しい年度、元気に頑張ってくださいね。(M.O.)