

宇宙 now

1994 February, No.47

Monthly News on Astronomy and Space Science



村上聡：あすかによる宇宙X線の観測

池内了：宇宙の構造はここまでわかった

パーセク：村上泉～トロント便り

新シリーズ！：「天文台めぐり」・「写真サロン」

ミルキィウェイ：ひどけい座



NISHIHARIMA
ASTRONOMICAL
OBSERVATORY

2

えー、始めまして村上と申します。大阪市立大学大学院理学研究科後期博士課程に在籍して、X線天文学を研究している者です。まあ、簡単に言えば学生です。これからX線天文学について、特にそのための道具である宇宙X線観測衛星「あすか」についてお話します。色々な人に「あすか」について知ってもらいたいので、できる限りやさしくお話をしようと思いますが、つつい難しくなってしまうかも知れません。その時は許して下さい。それでは、華麗なる(?)「あすか」の世界へ Let's go !! と、言いたい所ですが、その前に母体となるX線天文学について少し触れておきましょう。

1. X線天文学について...

X線天文学とは、その字のごとく天体からやってくるX線を利用した天文学です。まあ、赤外線を利用したら赤外線天文学etc. と、なるわけです。X線は、私達が目で見ることのできる赤や青の可視光線と同じ仲間、電磁波と呼ばれるグループに属します。違いは単純で、各々が持つ波長が違うのです。すなわちエネルギーが違うのです。それではそのことを天文学に当てはめて考えてみましょう。

まず、可視光線の中で考えてみましょう。赤い星と言うのはその星の表面温度が低く、赤より波

長の短い青い星と言うのは表面温度が高くなっています。それでは青い星より温度が高くなるとうなるのでしょうか？ 答えはより波長の短い紫外線が出てきます。さらに温度が高くなると、もっと波長の短いX線、ガンマ線が出てきます。逆に赤い星より温度が低くなると、波長の長い赤外線、さらには電波が出てくるわけです。ということは、X線は天体の中でも非常に高温な部分からやってくるわけです。ただし、1つの天体の中でも、場所によって温度の高い所、低い所があるので、色々な電磁波が出てくるのです。

X線は高温な所からやってくると言いましたが、



図1：「あすか」の打ち上げ

図2：「あすか」の全体図



高温な所とはエネルギーが高い所になります。したがって、天体の中でもエネルギーが高い、すなわち高温な所の状態を調べようと思うと、X線の観測は重要になってきます。そういう天体の中には超新星残骸や、ブラックホールなどがあります。

2. X線観測衛星「あすか」とは...

「はくちょう」「てんま」「ぎんが」に続く日本の4番目のX線観測衛星「あすか」は1993年2月20日に鹿児島県の大隅半島にある内之浦町の鹿児島宇宙空間観測所から打ち上げられました(図1)。あすかの名前は「飛鳥、flying bird(まさに宇宙を飛ぶ鳥ですね)」とも書きますが、我々X線グループの間では「ASCA」と書いています。これは「Advanced Satellite for Cosmology and Astronomy」の頭文字をとっており、「飛鳥」すなわち「ASCA」が天文学において素晴らしい成果を発揮するよという期待が込められています。

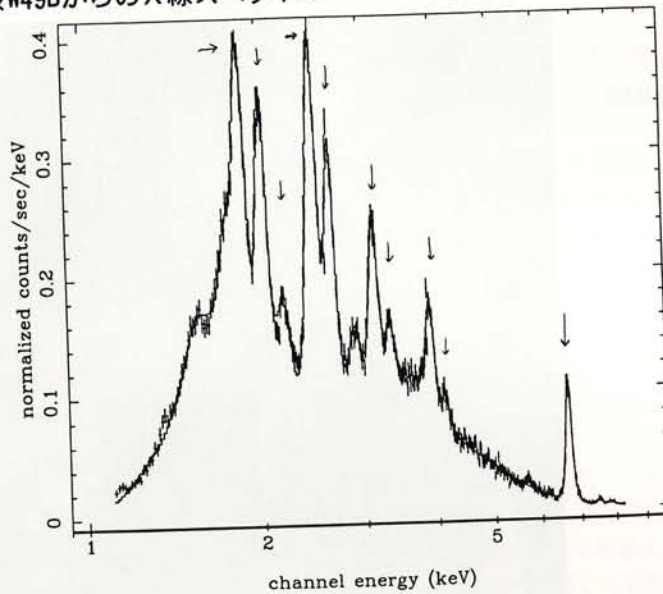
ASCAは日本のX線観測衛星としては初めて望遠鏡を積んだ衛星であり(図2)、極めて精巧なX線画像(X線の強度分布)を得ることができます。さらに、非常に優れたエネルギー分解能でもって天体

を観測することができます。ここでエネルギー分解能という言葉が出てきましたが、これは波長(エネルギー)をどれだけ精度良く測定できるかを表す目安となるものです。

3. 「あすか」でできること...

いままでも天体のX線画像を撮ることのできる衛星はいくつかありました。しかし、それらはエネルギー分解能の点においてはあまり良くありませんでした。X線画像が撮れて、しかもエネルギー分解能が良い検出器を載せたのはASCAが初めてなのです。図3にそのエネルギー分解能の素晴らしさを表している物を示しましょう。これはW49Bと言う超新星残骸からのX線のスペクトルです。スペクトルとは、ある波長(エネルギー)のX線がどのくらいの強度で来ているかを示すものです。矢印で示したようにたくさんの山があります。これは輝線(ライン)と呼ばれる物で、元素に特有な物です。したがって、ある波長(エネルギー)の輝線が見つかれば、そのエネルギーに相当する元素が観測した天体(ここでは超新星残骸)に存在するわけです。さらにその強度を調べることによ

図3：超新星残骸W49BからのX線スペクトル



て元素の存在量を知ることができます。過去の衛星ではASCAほどエネルギーを精度良く調べることができなかったため、これらの輝線が一緒になって観測されていたのです。したがって、ASCAによって始めて分離することができたのです。

図4を見て下さい。皆さんも御記憶だと思いますが、昨年3月30日におおぐま座にあるM81と言う銀河に超新星SN1993Jが発見されました。この

図はその後6日後にASCAによって撮られたX線画像です。これは強度マップなので色の薄い所がX線の強度が強いことを表しています。右下にはM81の中心部からのX線が観測されており、左上では2つのX線天体が観測されています。右側がSN1993Jで左側が他の天体です。この2つはわずか1分しか離れていませんが、ASCAは見事に分離して観測することができたのです。



図4：SN1993Jと周辺の天体のX線像



図5：「あすか」と交
信中の20mアンテナ

しかし、考えてみると日本の衛星と超新星は何かしら結びつける物があるようです。「ぎんが」の時は打ち上げ後に大マゼラン星雲で超新星SN1987Aが発見され、「あすか」ではSN1993Jです。超新星は日本の衛星を祝福してくれるのでしょうか？ ちょっと不思議だと思いませんか？

4. 「あすか」の世話をする...

「あすか」は宇宙科学研究所を中心として国内の大学、海外の研究機関と共同で開発され打ち上げられました。したがって多くの人達によって支えられているわけです。「あすか」一人では何もできないので打ち上げの時はもちろん、日頃もちちんと面倒を見ないとはいけません。そのために、私達X線グループの間から2名、そしてメーカー（コンピュータのメンテナンスetc.）から数名の人達が毎日「あすか」の面倒を見ている（面倒を見ることを運用当番といいます）。運用当番が行われる場所は、先ほど述べた鹿児島宇宙空間観測所です。ここは「あすか」を始めとする日本の科学衛星が打ち上げられる場所で、日本で初めて人工衛星が打ち上げられた場所でもあります。ここでは1日5回「あすか」が上空を通過するので、電波を使って「あすか」が得たデータを受

信したり、「こんな観測を下さいよetc.」という命令を送ったりします。図5が受信に使われるための直径20mのパラボラアンテナです。X線グループの2名は2週間交替で順番が回ってきます（私も、昨年の9月末から10月始めにかけて運用当番を行いました）。

「あすか」が内之浦上空を通過する時刻は毎日変わります。したがって、運用当番が昼間の時もあれば、夜中の時もあります。夜中の運用当番は少し疲れますが、最新の宇宙科学に最初に触れることができるのは、やはり素晴らしいことで疲れもふつとびます。

5. 最後に...

駆け足でしたが、「あすか」による宇宙X線観測についてお話をしてきました。X線を放出する天体は今まで述べた超新星のほかにも色々ありますし、運用当番のことについても色々述べたいと思いましたが、紙面の都合もあり述べるできませんでした。機会があればそれらのことについて重点をおいてお話できればと思っています。

（むらかみさとし・大阪市立大学理学部）

トロント便り

村上 泉

カナダはトロントへ来て早4カ月が過ぎようとしている。運良くCITA（カナダ理論天体物理学研究所）の研究員に採用され、2年間の約束で、はるばる日本と14時間も時差のあるこの地へやってきた。9月中旬、残暑の東京からいっきに秋深まりつつあるトロントへ来て、そしてもう真冬。なんと過ぎゆく時間の速いことか。しかし、4カ月も過ぎたのにまったく英語が上達しない。なんとも情けない限りである。

来た頃は、初めての外国暮らしとすることで、かなり緊張していた。不自由な英語での諸手続きも大変だった。だが、結構慣れるものである。英語が多少へんでも買い物はできるし、生活はなんとかなる。カナダは移民が多い国で、いろいろな人々が同居している国だから、外国人でも暮らし易いのだ、ということを知った。外国人でも誰も気にしない。言葉が多少へんでも気にしないようだ。

ここに来てまず感じたことは、空気が違う、ということだった。大陸の空気とでも言うのだろうか、空気が違い、空が高く、太陽がまぶしい。東京というひどい環境に住んでいたから、いっそう差が感じられるのかも知れないが、違うのである。外を歩いている、研究所の窓から見ても、空は深く、広い。そして、空間が広い。

東京は三鷹の国立天文台にいた頃は、部屋の窓から見えるのは天文台構内の桜の木だった。3階でしかなかったもので、それ以上のものは見えなかった。が、春の満開の桜も夏の緑も秋の紅葉も夕暮れ時の空の色もとても好きだった。

今の部屋は12階で東向きなので残念ながら夕暮れも見られない。公園の木々は遥か下のほう。大学構内には現代建築に混ざって古い石造りの建物、広く平らな土地に背の低い住宅街と様々な教会、中心街に林立する高層ビル、そしてオンタリオ湖が視界に入ってくる。

オンタリオ湖はさすがに大きく、対岸は見えない。夕暮れ時は、ときどき西に窓があるコーヒールームへ行って、日没を眺めたりするのだが、不思議な感覚を覚える。遥か向こうまで平らに続く土地の上に広がる深い空の西側がほんのりと色づく夕暮れ。目の高さが違うせいなのかもしれないが私の知っていた夕暮れとはまったく違う。いや、山がまったく見えないせいもあるだろう。三鷹も山はなかったが、私にとって夕暮れの原風景には山と木立があった。

秋は街路樹のかえでが黄色く色づいていた。あのカナダの国旗のとそのまま同じ形のかえでの葉が至るところに落ちていた。トロント郊外へは出かけなかったもので、残念ながら紅葉した木々は見られず多少物足りなかったが。

そして今は冬。氷点下の気温と強い風が特徴で、トロントは雪が少ないようである。北国育ちの私としては、たくさん雪が降ると嬉しいのだが、こちらでは道路の雪を溶かすために塩を撒くらしく、塩の混じった泥どろの雪が道の上にあるのも困ったものである。1月ですでに最高気温がマイナス10度以下なのに、2月の本格的な冬に向かってもっと寒くなると想像するとぞっとする。育ちはどうであれ、寒いものは寒い。屋外スケートリンクもあるのだが、まだ行ってみてはいない。こういう時は、暖かい部屋の中で研究をするしかなさそうだが、冬の長い夜を、たまには音楽会などに出かけて楽しむぐらいはしてもよからう。

暖かい部屋で暖かいお茶を飲みつつ、雪の降りしきる窓の外をときおり眺め、コンピュータのプログラムと格闘し、英語での談笑に苦笑し、そして、日々は暮れていく。画面の向こうに、色とりどりの花の咲き乱れる暖かい春の訪れを夢見ながら。

むらかみ・いずみ (CITA, トロント大学)

宇宙の構造はここまでわかった

～第21回天文教室「宇宙の大規模構造はどうしてできたか」から

池内 了

1. はじめに

これからお話しする宇宙の大規模構造というのは、1980年代にいろいろな観測によって明らかになってきたものです。これらの構造はまだ完全には説明しきれないし、実はまだほんの一部しか見てないのかもしれない。だから天文学の分野の中で、発展途上の状態であるということです。

私たちは宇宙だけを観ているようだけれども、実は宇宙論なり宇宙の進化を調べるときには、基本的にはいろいろな物質についての知識をもとにして宇宙の進化の謎を解こうとしているんです。単に星なら星、銀河なら銀河の知識だけでは分からない、非常にいろんな状態を宇宙はたどってきております。その中でどのようにして元素ができたか、どのようにして原子ができたか、どのようにして大きな天体ができたか、ということ宇宙論では調べているわけです。ですから、とくに理論的な天文学の研究というのは、ある意味では応用の科学なわけですね。だから、あらゆる知識が必要というのは事実です。逆に言いますと、物質に対する知識が欠けていると、ある程度以上先へは進めないわけですね。その意味では私たちが知っている宇宙というのは、現在の知識に制約されていますから、知ってる部分でしか話ができないわけです。

ですから、もう5年や10年経つとさらに全体の知識が上がって、もっと違う宇宙の見方が出てくるかもしれません。昔の人々が太陽系だけを宇宙だと思っていたのには、こういった理由があるわけです。この時代の知識はそこまでだった。目で見てる限りでちゃんと動いてい

るのがわかるのは、太陽と月と惑星しかなかったわけですね。それが、ガリレオ・ガリレイがたった4cmぐらいの望遠鏡で天の川を見たということで、決定的に宇宙観が変わったわけですね。天の川を見て何を発見したかという、「あ、あそこにも太陽がある。」ということですね。つまり、私たちが目で見てる限りでは、太陽系だけであった宇宙が、いっぺんにあそこにもあそこにも無数に点々と太陽と同じような星が広がっている宇宙へと、一気に広がったわけですね。望遠鏡一つで世界の見方が変わるわけです。

2. CCDの登場

今日は特に宇宙の大構造にしほってお話したいと思いますが、1980年代に、宇宙の非常に大きな構造が発見されました。そのときに非常に大きな力を発揮したものはCCDと呼ばれるものです。これは、光を受けると電子が出て来るような半導体の素子で、写真フィルムなどと違って何度も使うことができます。それと、写真ではいくら時間をかけても写らないような非常に弱い光でも写るんです。

それでまず、これは写真乾板上に撮った「おとめ座」の、非常に広い領域の写真撮ったものです(図1)。シュミット写真というのですが、非常に広い領域の写真が撮れます。CCDは、一番大きいので4cm四方ぐらいと小さいんですが、シュミット写真は乾板自身が36cmぐらいの大きいので、とりあえず広い領域を取るときは写真で撮ります。そうしますと、ほんやり広がっているものが見えると思います。これが銀河です。この



図1: シュミットカメラで撮影したおとめ座付近。たくさんの「ほんやりした天体」(銀河)が写っている。

天文台めぐり

美星天文台



美星天文台は、昨年の7月にオープンしたばかりの美星町立の公開天文台です。目玉は何といても口径101cmの反射望遠鏡。ヒトの目の2万倍の集光力で、月・惑星のみならず、淡いブルーの惑星状星雲、結晶の粉を散りばめたような球状星団、煙たようオリオン大星雲、奇怪な塊のM82銀河など、写真でしか見たことのなかった世界が眼の前の現実として現れるのは、まさに大口径の醍醐味！

101cm望遠鏡を納めるドームは写真のように建物から南に突き出していて、シーイング対策と振動対策に気を配っています。建物を空から見ると子持ち銀河M51のようです。本館には100人近く入れる研修室があり、時々講演会を催しています。1階ロビーでは太陽の表面活動を10cm望遠鏡に付けたCCDビデオカメラからナマ中継、2階ロビーでは気象衛星ひまわりの画像を展示していて、1日の雲の動きも動画で見られます。夜間の一般観望時間中は7.6cm屈折、20cmシュミカセなどが借りられます。さらに35cmシュミカセ望遠鏡も近日公開されます。

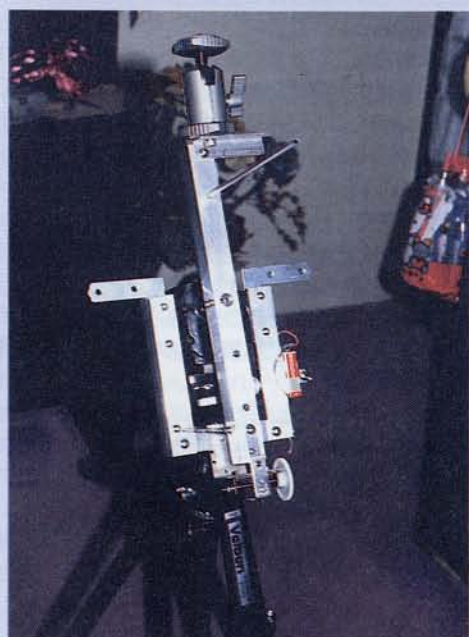
この1月から、101cm望遠鏡の貸出利用が始まり、講習を受けて資格を取った人が土曜日の22時から翌朝午前4時まで使えるようになりました。すでに高校の天文部や天文同好会による観望、アマチュア天文家による写真撮影に利用されています。今後は液体窒素冷却CCDカメラ、光電測光器、分光器も公開し、本格的な研究観測にもアマチュア、研究者を巻き込んでゆきます。

美星町は4年前に「光害防止条例」を制定し、暗い星空をまもってきました。都会では失われてしまったものを大切にしつつ、天文普及の拠点になろうとしているのです。大宇宙とそれが育む生命への愛のために。（綾仁一哉・美星天文台）

【あし】新幹線新倉敷駅より車で45分、バスを乗り継ぐと1時間30分以上 【昼間の施設見学】定休日を除く毎日の9時30分から16時まで、歴史公園「中世夢が原」との共通入場券800円 【夜間の101cm観望】定休日を除く毎週金、土、日、月の18時から22時まで（入館は21時まで）、予約不要、入館料300円 【定休日】木曜日・祝日の翌日・年末年始 【電話】0866-87-4222 【テレホン・サービス】0866-87-4226

自作星野撮影儀による初めての天体写真

西尾能幸(No. 730)



写真上：はくちょう座、レンズ50mm、露出
10分、フジクロームD400
写真下：自作写真儀

3年前、ちょうどレビー彗星で賑わっているときに、天体望遠鏡をもっていない私に、会員の松岡さん(No. 729)が教えてくれたのがタンジェント・スクリュー式の星野撮影儀でした。

極軸合わせには、内径2mmのアルミパイプをつけ、パイプを通して北極星を探しています（しかし、微動装置がないので極軸合わせだけで小1時間もかかりました！）。モーターをつけて自動ガイドしようと思っていたのですが、肝心のモーターが手に入らず、未だ実現していません。ネジに模型の歯車をつけ、10秒あたり30度回転させれば追尾できるようにしています（目盛りの照明には暗めのLEDをつけています）。

このあと、昔の虫が騒ぎだし、30歳を迎えてから天体望遠鏡を購入しました。しかし、自作写真儀でとったときの感激の方が大きかったようです。これからも、お金をかけず、自分の手でどこまでできるか挑戦していきたいと思います。

バチバチ！いいですね。なつかしいですね。いまではお金をかければそれなりの写真がとれる時代ですから。これからも、頑張って手作りの写真をとってください。

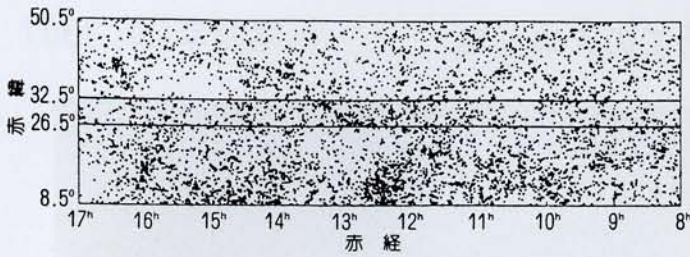


図2： 15.5等以上の銀河の天球上での分布。ハーバード大学天体物理学センターが行った。図中の狭い2本の線の間にある銀河の奥行き分布を調べたのが図3。

一個一個の銀河に星が1千億とか1兆とか集まっているわけですね。私たちの銀河というのもこういうのに似ていて平べったいわけです。私たちはこの中の一つの住人と思ってください。

それで、こうやってあちこちを見てみると、天球上のある領域で、かなり銀河が集まっているように見えるということです。そういう領域を銀河集団と呼んでいます。しかし、これは一つの乾板上に写した銀河の分布ですから、これがほんとにこういうふうに乗って群れをつくっているのかどうかは、すぐには判断がつかないわけです。中には、たまたまこの方向にあるけど、近いところや遠いところにある可能性もあるわけです。そこで、ちゃんと一個一個の距離を調べて、どうゆう構造をとっているかを調べる必要があるわけです。そこで、銀河のスペクトルを一個一個撮ると私たちの銀河系から、つまり地球からどれだけ離れているかを調べることができるわけです。つまり各波長ごとに強さを測り、それを私たちの地上での光と比べて、どれぐらいの速さで運動しているかを調べ、それによってどれぐらい遠いかを知るのです。

そこで、例えば、この図を覗いていただきたいんですが(図2)、今度は横は天を見たときの横方向だと思ってください。この横方向が135度分、縦方向は50度分ですね。この領域にある銀河をプロットしたものです。まず空の広い領域を写真で撮って、15.5等という明るさ以上の銀河だけをずーっと調べていくわけですね。それで、天球上の地図をつくる。これでたぶん7000個ぐらいあるんです。で、この7000個の1個1個のスペクトルを撮って、それぞれの距離を決める。これは現在も続行中なんです、そういうことをやっているわけです。

とりあえず一番はじめに出されたのが、一番よく見えるこの非常に薄い領域なんです、これが6度分です。まあ、

非常に薄い領域ですが、この中に15.5等より明るい銀河が1100個ぐらいあるんですが、その距離を決めていくわけです。そうすると、これは近くにある、これは遠くにあるというふうになります。

それで、先程のCCDがいかに重要かという、例えば15.5等という明るさが選ばれていますが、実はそれより1等だけ明るい14.5等だと、この中には188個しかないんですね。それを1等暗くする。1等というのは明るさでは2.5倍ですから、2.5分の1だけ暗い銀河まで調べるんですが、するといっぺんに数が188から1087と6倍ぐらいいちやうわけなんです。このCCD

Dを使うことによって、これまでより100倍効率が上がったと言われておりますが、効率を上げないという研究はできないわけです。

つまり、1970年代とか1980年代のはじめあたりだと、15.5等ぐらいの銀河1個のスペクトルを撮って距離を測定するような観測をするためには、だいたい望遠鏡を3時間向けたと言われていました。1個で3時間だと、非常に天気が良くて一晩で2個できるぐらいですよ。一晩2個のペースでこれだけやろうと思ったら何日かかるかと言うとですね、600日ぐらい。むろん、毎晩やれるわけじゃないから、だいたい5年以上かかったと言われていました。最近はCCDが良くなってきたことと、大きい望遠鏡も使えるようになってきたことで、効率が良くなったんですが、それでも、1個あたり15分とか30分ぐらい時間をかけてるわけです。

3. 泡の発見

そうするとこうこういう地図ができてくるわけですね(図3)。6度分はこの面上に斜影してあります。そうしますと、先ほどの図をこう拡大してやりますと、こういう図がでできます。この扇型のかなめの丸い印が私た

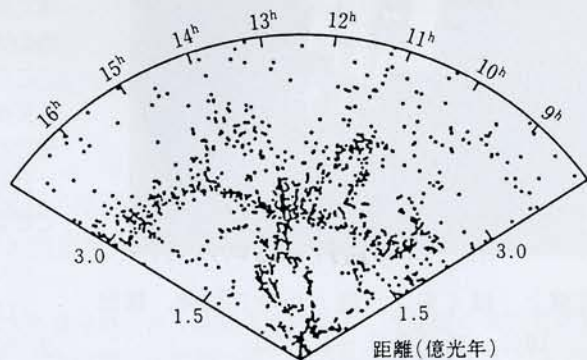


図3： 銀河の奥行き分布。銀河はまんべんなく分布するのではなく、存在しない空洞が泡のように広がっている。私たちは扇の要にいる。

ちの銀河系です。なんか形がありそうである。と言ってもそんなにきれいなかわりではないんですが、まあ、一番印象的なのは何か「人」が立っているように見えるところです。この「人」みたいに見るところの真ん中の胴体あたりが、かみのけ座です。

この観測をしたマーガレット・グラーさんという人（日本でもテレビのNTTの宣伝なんかで見られているかもしれませんが）は、泡構造だと言ったわけです。つまり、銀河が分布している領域をつないでみると、むしろ銀河が見えない領域が大きく丸く広がっていると。銀河と言うのは、その丸い表面上に並んでいるように見えるというわけです。で、これが、1986年に出されたグラーさんの論文に書いてあるんですが、台所で食器を洗ったときの泡が広がっている姿に似ているわけですね。だから、泡構造というふうに言われました。銀河は泡の上の膜の上にこう分布して、銀河が見えない空洞というのがどこかどこかとあると。それで一番遠いところまでが6億光年なんですが、遠くのあたりはまだ観測が不十分ですから、だいたい5億光年くらいまでならほぼ見つかっていて、銀河分布がわかったということです。そうして見つけたこの泡1個の大きさが、大きいもので1億光年くらいです。単純に言うと、1千万光年から1億光年くらいの間の構造が泡構造である、というわけです。先ほど言ったような銀河の集団はあるらしいということは、広い天球上の写真からわかっていました。ただし、その群れ方がよくわかってなかったわけですね。

4. 万里の長城

それで、さらにこういう観測が、世界のあちこちでされるようになりました。と言っても、30分で1個撮るのを数千個の銀河の分だけやらないといけないわけですから、世界でも4ヶ所くらいでしかできません。そのとりあえずの結果が、1989年に出たわけです（図4）。私たちはこの図の中心にいます。と言っても、私たちがぐるっと1周分見回したからこうなっているんで、別に私たちが宇宙の中心にいるというわけではありません。それで、銀河があまり見えないところがあるのは、私たちの天の川が邪魔をするわけです。

先程泡構造の話をしたときに出した部分は、6度分よりももう少し広い領域まで観測が進みました。すると、だんだん泡の形が見えなくなってきました。先ほどの人間の手を広げたような形のところは、ここでも延々と続いているわけです。これには、グレートウォールという名前をが付けました。宇宙の中の「万里の長城」というわけです。まあ、壁というのは要するにある高さがあつて厚みが薄いものですから、これも厚みが薄いわけですね。そういう壁が、宇宙空間をすーつ

と区切っているように見えるわけです。この先は私たちの天の川が邪魔するために見えないわけですから、6億光年よりは長い可能性があります。それから南の方にもつながっているように見えるところがありますね。1個1個は小さい泡構造の全体を含み込むように、大きな壁が並んでいる。それで、たとえば、この1つの壁の中で現在測られている銀河の数は千個くらいです。これ、明るいものを主にピックアップして測っていますから、ほんとは、もっともっとたくさんあります。この壁の構造は、まあ6億光年から10億光年の間くらいなんですが、それくらいの泡構造よりもっと大きな構造が見えてきたわけです。

5. より深く

そういうわけで、銀河の地図作り、人間で言えば日本列島での人口の分布を調べているようなものですが、それが、非常に広い領域で、奥行きの方はせいぜい5億光年で、現在のところはここまで来たというふうに思っただけであればよいわけです。これは幅の広い領域を調べたのですが、もう一つ違う調べ方がありまして、今度は非常に狭い領域だけでも、奥行きを深く調べようという観測がされています。ペンシルベニアサーベイと呼ばれているんですが、これはだいたいお月さん半分くらいの大きさのところに見える銀河でスペクトルが取れるもの全部の距離を調べようということです。

これはだいたい22等くらいまでになるんですが、この中に200個くらいの銀河の距離が測れます。それを図にしたのがこれです（図5）。ここでは、60億光年くらいまで、まあ非常に正確なのは50億光年くらいまでだと思いますが、そこまでの銀河の奥行き分布が見えます。すると、銀河が非常に集まっている所や、見えない所があり、非常にはっきりした凸凹分布になっていま

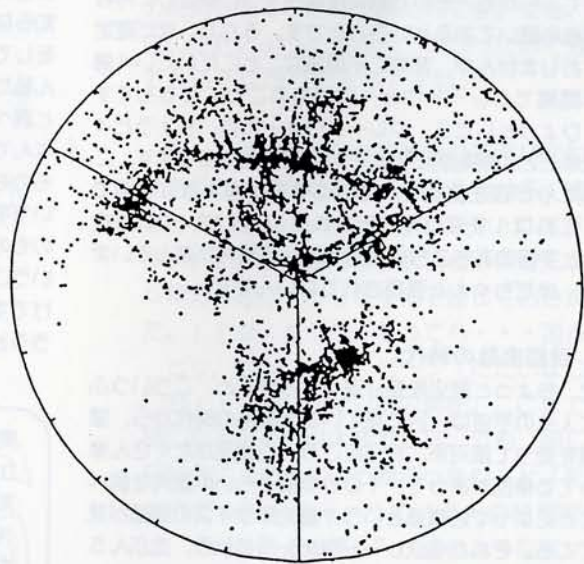


図4： 全方位の銀河の分布。円の大きさは約6億光年。私たちは円の中心にいる。

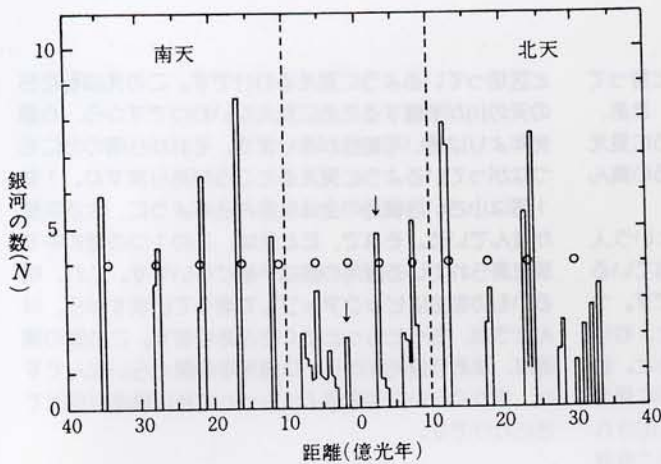


図5： ペンシルビームサーベイで明らかになった多数の壁。4億光年間隔で13枚も並んでいる（○印）。
↓はグレートウォールと一致している。

す。本来は、先ほどの広い範囲で奥行きが50億光年くらいまでを全部やりたいわけですね。むしろ、それをやろうとはしておりますが、現在の技術では1000年くらいかかるんです。

先程のグレートウォールの部分では銀河がたくさん集まっていますから、奥行き分布ではびゅつと山になるわけですね。非常に細いビームですから、たまたまその中にある見えるんですが、ほとんどは見えない。そう考えていくと、ペンシルビームサーベイでの凸は、グレートウォールみたいなものだと思うのが自然であろうということです。そうしますと、宇宙のあちこちにグレートウォールが点々とあるというわけです。この図では、だいたい1個の長さが5億光年の大きな壁みたいに銀河が集まったところが13枚並んでいることになりました。だから先程言った泡構造よりもさらに大きな万里の長城があって、しかも、その万里の長城が1つじゃなしに何枚も何枚も続いておるといことです。それで、まだ確定していませんが、非常に不思議なことにだいたい4億光年間隔でグレートウォールがあることになるんです。ひょっとしたら、グレートウォールは、ちょうど4億光年ごとに規則的に並んでいる可能性があります。このあたりが現在認識されている中で1番大きな構造です。これは1990年に出されたんですが、それ以後もずっと宇宙のあちこちの方向を調べる研究が進んでいますが、まだちゃんと発表されてないんです。

5. 伊能忠敬の時代

で、ちょっと歴史を振り返ってみますと、こういうふうに人々の宇宙は、目で見ていた太陽系の時代から、望遠鏡を使って銀河系、さらにこういう銀河がたくさん集まっている集団があって、1000個ぐらいの銀河を調べることによって泡構造という1億光年サイズの構造が見えてくる。それからグレートウォールという、たぶん5

000個くらい連なっていると思いますが、6億光年、もしくはそれ以上の大きい構造が見えてくる。さらにグレートウォールが、少なくとも10枚以上並んでる。ですから、サイズとしては、6億光年以上のスケールで構造が広がっていることになります。人間の宇宙に関する認識は、このようにずーっと大きくなってきてるんです。それは、とりもなおさず、宇宙を見る技術が進んできたからです。でも我々は、その一部しか知らないというの事実なんですね。

それじゃあ、さらに大きい構造はあるんだろうかということなんです。僕はたぶんもっとも大きい構造が潜んでいると思うんです。というのは、現在私たちが地図を作ることができている範囲は、だいたい5億光年です。それで、この宇宙の原理的に観測できる大きさは150億年くらいと言われてお

りますから、地図ができて5億光年くらいということ、30分の1くらいなんです。これを地球の1周にたとえますと、地球の赤道の30分の1は、1300キロになります。これは、日本列島の本州の大きさくらいなんです。まだ、日本列島より小さい。だから、我々は宇宙の地図作りをやってるけれども、せいぜい伊能忠敬の時代ですよ僕はよく言うんです。「4000万歩の男」という本もありますが、彼の仕事で日本列島の形がわかってきたわけですね。あれは1700年代のおわり、今からほぼ200年ほど前で、我々の宇宙の認識は、この伊能忠敬さんにたとえられるぐらいの領域しかまだ見ていないわけですね。

で、もっと広い領域でもっといいに観測すると、グレートウォールがどのように分布しているか、さらにグレートウォール自身が何か構造を持っているかもしれません。そういう意味では、我々はまだ、その一部しか知らないということです。たとえば泡構造はなぜ泡の形をしているかということは全然わかっておりません。たぶん私たちは残念ながら全部を見極めてないのいろいろと調べた上でないと結論は出せないんですが、まあ理論なんてまだちゃんもんです。それから、観測事実そのものも、先程言ったように伊能忠敬の時代である。そういう宇宙をもっと調べて、実際問題どれぐらいの大きさのものまで構造があって、どういう格好をしているかということが、おそらくこれから20年ぐらいの仕事なわけですね。若い人たちが多分どんどんやっていく仕事だろうと思っています。

(いけうちさとる・大阪大学理学部)

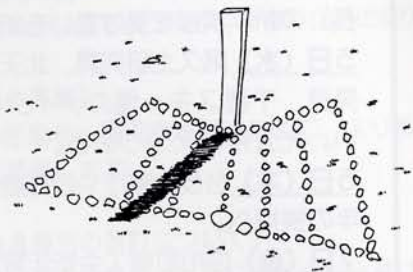
実は、このあといいよ「どうしてそうなるのか？」という理論的な話が登場します。しかし、天文教室の内容をすべて収めるには16ページすべてを使っても足りないのです。物足りない人は本屋さんで池内さんの本を買つか、それともこれからは天文教室に参加するかですね。

現存しない星座 — ひどけい座 —

「今、何時？、何分？」

現在の時計は腕時計にしても置き時計、掛け時計・・・なんでも正確な時間を教えてくれます（電池が切れてたとかそういうのはナシにして）。でも、その時間はどうやって決めたの・・・？

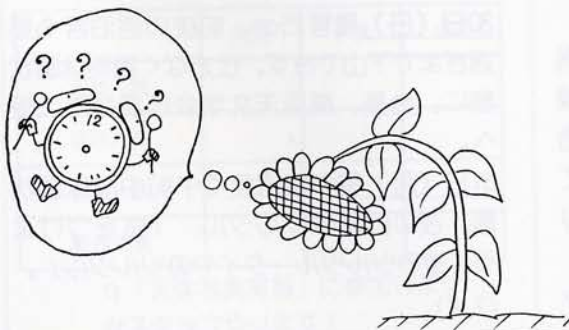
あの手、この手とかなり大変だったようです。昔の時計には、日（太陽）、水、火、砂、ローソク、水晶・・・とたくさんの種類がありました。長さを測るためには物差しを使いますよね。物差しがあれば同じ物を何回だって測れます。でも、時間は計り直すことが出来ません。今日の何時から何分間というのは計れても、昨日の時間は1秒だって戻ってこないんだから（今からの5分も昨日の5分も“5分は5分”だけだね）。



時計のない部屋ってすごく不安。1日を「夜明け」「日暮れ」といったような、おおまかな感覚ですごすことは、出来ないと思う（と言い切れる!!）。腕時計がないと落ち着かない方ではないんです（どちらかといえば「着けない」方かな?）。でも、案外、時刻ってわかるものなんですよ（近くの掛け時計、TVの画面、もちろん人にも聞いたり・・・）。



逆に『時計のない所』へ行くほうが難しいんです。地球も、いわゆる“腹時計”とは違いますが“体内時計”をもっています。空にだって「とけい座」があるくらいなんだから。その「とけい座」の隣には、日時計座という星座が並んでいました。日時計が長い間人の役にたってきたからというので設定された星座でしたが、今は姿を消しています。最も原始的な日時計形は、棒を地面に立てただけのものでした。その影の動きからだいたい時刻を知ることが出来たのです。でも、現在の時計のように実用的でなかったので残してもらえなかったようですね。



もし、何十年かたって時間の基準が変わり「あなたは現在の年齢より、5年分多く歳をとっていましたのでこちらで引いておきます。」とか、「誠に申し訳ございませんが、5年分不足しておりますので足しておきました。」とか、どっちになっても・・・困る。

ピツ、ピツ、ピツ、ピーン「ただいま〇時〇分・・・」が当たり前の現在。ここまで正確になるためには大変でした。でも、同じ1日なのに「あつという間だったね」と「死にそうだった・・・」っていう人の時間感覚は、“時を計る物差し”が違うような気がします。

（天文台・内海陽子）

西はりま天文台日記

《1月》

4日(火) 仕事始め。石堂管理者(上月町長)の新年挨拶を受け思いも新たに船出。

5日(水) 尾久土研究員、北天に「光柱」発見、千種スキー場のナイターの灯らしい。光公害増えつつある。

6日(木) 台長、県庁や西播磨県民局へ新年の挨拶へ。

7日(金) 佐用町商工会新年賀詞交換会に台長出席。

8日(土) 快晴の友の会例会。60余名の会員は、友の会始まって以来!と感嘆の声、声。次回からは少し天体写真実習をやろう……晴れるかな?

9日(日) 友の会例会2日目はトランプ大会ともちつき。つきたての餅はホントにうまい、アレヨアレヨという間に幕。

11日(火) 毎日新聞記者、時政・定金の研究報告「西はりま天文台周辺における夜間の人工灯火の現状」に関心を示して時政研究員を訪問。

12日(水) 嘱託研究員枠が正規の研究員へ変更OKとの通知を県より受ける。さっそく研究員公募、天文学専攻の30歳以下の人の応募待つ! 2月19日応募締切、まだ間に合うかな?

13日(木) 京都科学、展示品修理と改造打ち合わせに。和歌山県美里町から視察、ここでも大きな望遠鏡を計画。佐用・上月町担当者と夏のイベントの下打ち合わせ。

15日(土) 石田研究員、尿管結石で共立病院へ緊急入院。グループ棟宿泊者40名、観望不参加を急に参加に変更したあげく集合時間守らず20時半から21時過ぎにかけてソロソロ天文台へ、尾久土研究員とふなりんアルバイターぶんぶんヘトヘト。

16日(日) 一般観望会に14名、曇り時々

晴でナントカ観望できた。

17日(月) 台長、天文教育普及研究会近畿地区役員会で大阪へ。尾久土研究員、国立天文台岡山でテスト観測のため出張。

18日(火) 上月町総務課長、佐用町企画振興室長らに集まってもらい、天文台公園との関係協議機関設置を話合う。

19日(水) 電子メール特有の受信音が全く今日は聞こえず物足りないとい内海主事、ナルホド接続不良で鳴っていなかったのだが、習慣は不良発見の母?!

21日(金) 森本園長來台、上月町中央公民館から講演依頼に。夜は園長と台長の音頭で大新年会! 台長、発熱で音頭の役割果たせず、でも金では果たせたハズ。

22日(土) 石田研究員転院のため退院。

23日(日) 21時前から大雪、みるみる積雪。尾久土研究員、ツルツルタイヤのふなりんアルバイターと脱出作戦、佐用坂を越すのに1時間、相坂峠は事故で不通、迂回しようにもR373はバス同士の事故で不通、普段の3倍の時間をかけて姫路へ。

25日(火) 黒田庄町文化協会20名視察。

28日(金) 内海主事風邪(というより扁桃腺炎? 切った方がいいよ!) でダウン。2/5のスターウォッチング打ち合わせ。石田研究員、神戸市民病院へ再入院、衝撃波で結石を破壊するという。

29日(土) またもや大雪、ふなりんアルバイターのツルツルタイヤカーは山の途中までしか登れず、車を捨てて御出勤。降り続く雪、尾久土研究員、下山あきらめる。

30日(日) 積雪25cm、前夜の宿泊客も昼過ぎまで下山できず。仕方なく臨時休園状態に。台長、東亜天文学会理事会で大阪へ。

31日(月) 雪の後遺症で午前中は休園状態。夜の山道はツルツル、「気をつけよう、道のツルツル、タイヤのツルツル」。

(T.K)

☆印は会員の皆さんだけへのお知らせです。

☆【第24回友の会例会】

前回は、星空を飽きるほど堪能できましたが、今回はどうでしょう。今回は新月です！

日時 3月12日（土）～13日（日）昼

受付 天文台ホールにて、18時45分～19時15分

内容

1日目 観望会、クイズ大会、会員タイム等

特別企画「天体写真に挑戦！」 要申込！

撮影から現像まで体験してもらいます。いつもの写真サークル参加者以外の参加もOK。フィルムはこちらで用意しますが、カメラ・三脚・レリーズをお持ちの方は持参下さい。

2日目 バードウォッチング（双眼鏡を持っている方は持参して下さい。多少はこちらで用意します）、野外炊飯（例会名物「豚汁」等）

費用

- ・宿泊（シーツクリーニング代）；250円
（家族棟希望者は別途通常料金12000円が必要）
- ・朝食；500円
- ・野外炊飯；数百円

申込方法

下のような申込表を往復ハガキの往信に記入の上お送りください。ここでの人数には、宿泊の場合親と同じ布団で寝る子供、野外炊飯には乳幼児は含みません。写真実習の希望者は欄外に明記、スタッフも大募集！（当日16時打ち合わせあり）

締切（家族棟は2/19で締切です）

- ・グループ棟：2月28日（月）必着

持ち物

会員カード、例会参加証（返信ハガキ）、防寒具、懐中電灯、寝具、洗面用具（浴衣、タオル、せっけん等はありません）

例会申込表

No.	氏名		
	大人	子供	合計
参加人数			
宿泊人数			
朝食人数			
野外炊飯			

☆「天体写真実習」に参加します

☆スタッフやります！

【天文台公園・四季の写真コンテスト】

寒いといっても日差しはすっかり春めいてきました。早春の光あふれる作品もいいのでは？

題材 天文台公園の美しい自然や風景、天体、イベント等、公園内で撮影されたもの

サイズ 四つ切、ワイド四つ切のカラープリント

締切 2月28日

応募先 天文台公園写真コンテスト係（82-0598）

【新規会員の募集】

友の会の活動を一層充実させるために、より多くの会員を募集します。

【会費・会員種別の改訂について】

前号のこの欄で会費値上げをなるべくなら避けたいということを書きましたが、検討の結果一部の会費を値上げしなければ次年度予算が立てられないことがわかりました。詳しくは、別紙付録に書きましたが、よろしくお願いします。

【写真サロン投稿大募集】

今月号から（先月の大西さんのパーセクもある意味では）始まった新シリーズ「写真サロン」では皆さんからの投稿をお待ちしています。このコーナーでは**天体写真に限らず**、皆さんの体験談・作品をカラー写真と短い文章でお届けします。

【日食ツアーの申込】

先月号でご案内しました日食ツアーもあとわずかです。参加ご希望の方はお急ぎ下さい（詳細は先月号）。

【表紙】

黄昏の太陽望遠鏡：この場所から見る夕焼けは刻々と色を変えていきます。印刷でもきれいに色がでるかな？【撮影データ】テッサー45mm(2.8)、ベルビア、露出は適当（いいかげんですみません）

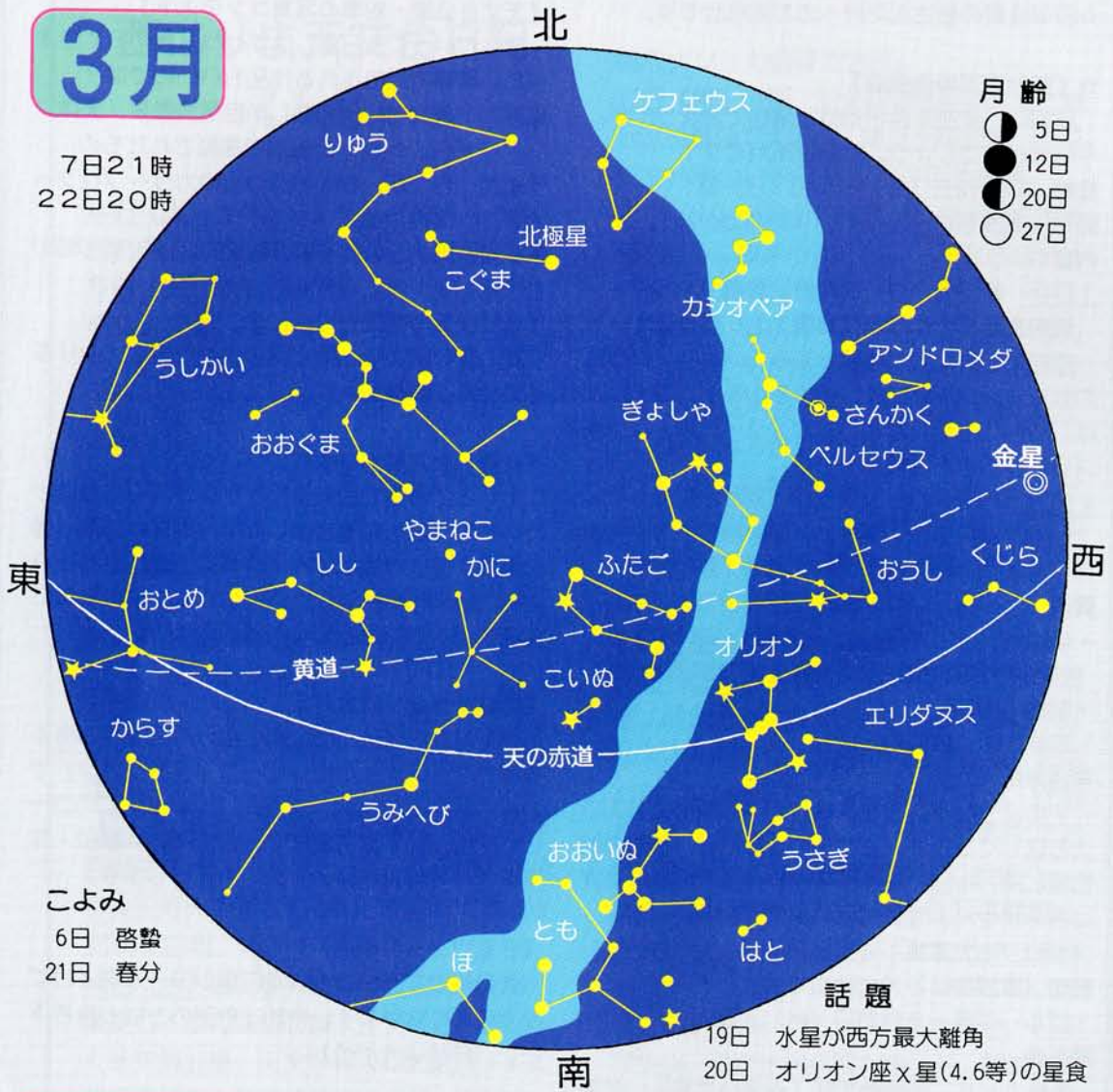
【編集後記】

今月は、新シリーズ2本、天文学now2本の豪華版をお届けします。天文台めぐりでは全国各地の公開天文台をめぐるついでにいきます。リクエスト等にもお答えしたいと思います。「どんなもんだい」等の、今までのシリーズも続けますのでよろしくお願いします。それにしても、今年はよく雪が降ります。風邪などひかないように！（MO）

3月

7日 21時
 22日 20時

月 齢
 ● 5日
 ● 12日
 ● 20日
 ○ 27日



こよみ
 6日 啓蟄
 21日 春分

話題
 19日 水星が西方最大離角
 20日 オリオン座α星(4.6等)の星食

寒い日が続きますが、暦の上ではもう春であるように、星空も少しずつ春めいてきています。北東の空に昇ったばかりのひしやくを立て掛けたように並ぶ7つの星、「北斗七星」。この様子を日没後に見ることができると、「もうすぐ春だな」とうれしくなります。しかし、本当の春になれば、霞のかかる日が多いので、春の星座の星の輝きを楽しむには、この時期がいちばんよいでしょう。

西の空には、まだ冬の明るい星座が輝いていますが、その輝きに負けんばかりの明るい星が、月の後半から見えてきます。ほぼ1年ぶりに宵の明星として西の空に見え始める「金星」です。これからしばらく、1番星の座をゆずれないほどの明かるい輝きですので、西の空にすぐに見つけられることでしょう。(N.T.)