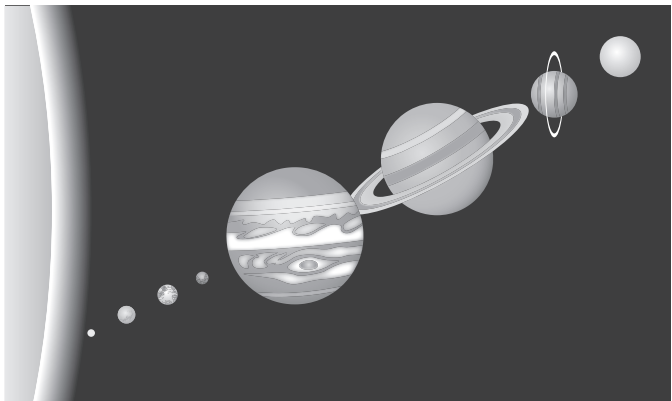




1・1 太陽系の概略図。内側の水星、金星、地球、火星は小さな惑星で、その外側の木星、土星、天王星、海王星は大きな惑星です。ここに描いていないさまざまな小天体も、太陽系の一員です。

た、地球のまわりを月が回っているのと同じく、惑星のまわりを回る「衛星」もたくさんあります。地球の衛星は月ただひとつですが、木星や土星のまわりにはそれぞれ70個以上の衛星が見つかっていて、現在も続々と新しい衛星が発見されています。このほか、2006年に惑星の座から降りた冥王星や、数多くの小惑星・彗星も太陽のまわりを巡っています。

直接その場に行って調べることができるという意味で、太陽系の天体たちは天文学の対象のなかでも特別な存在です。人類が足を踏み入れた天体はまだ地球と月の2つしかありませんが、無人探査機はそのほかに金星と火星、土星の衛星タイタン、さらに小惑星や彗星に着陸しています。また着

「地球から出発して、夜空をどんどん進んでいく」といっても、目的地も到着時間もわからない長旅に連れていかれるのは、誰だって不安なもの。非日常が渦巻く宇宙ではなおさらです。そこで第1章では、宇宙の地図をざっくりと順番に把握することにしましょう。出発地点は、あなたが今いるその場所です。それぞれのステップのいろいろなお話は、後の章でじっくりと紹介します。

1・1 地球の家族——太陽系の世界

普段はあまり意識することはないかもしれませんが、私たちの足下を支えてくれる地球も、宇宙に浮かぶ天体のひとつです。そう、私たちも、文字通り宇宙の一員なのです。この地球は、日ごろ私たちを照らしてくれる太陽のまわりを回っています。太陽のまわりを回ること、地球には豊かな四季が生まれますし、四季折々の星座が夜空を彩ります。

母なる星・太陽のまわりには、地球のきょうだい星である惑星たちが回っています。「水金地火木土天海」という覚え方で有名なように、太陽は8個の惑星を従えています。ま

陸しないまでも上空から探査したという意味では、すべての惑星と多くの衛星、小惑星、彗星を人類は「訪れた」ことになります。そこで見たものは、火星の巨大な峡谷、木星の油絵のような雲、水蒸気を吹き上げる氷の衛星など、とても豊かな世界でした。そして、生命存在の可能性やその痕跡を地球以外で真剣に探るといって、SFでしかなかったような試みも実際にこなわれつつあります。日進月歩のこうした探査の様子は、第2章で詳しく紹介します。

太陽系のなかで距離を測るときに便利な単位が「天文単位」です。なんだか身も蓋もない名前ですが、地球と太陽の間の平均距離（約1億5000万キロメートル）を1天文単位とし、英語（astronomical unit）を略してauとも表記します。太陽から最も内側の惑星である水星までが0・4天文単位、太陽から木星までが約5天文単位、最も外側の惑星である海王星までが約30天文単位です。また、太陽系の果てに広がるオールトの雲までがおおよそ1万から10万天文単位といわれています。こうしてみると、太陽系のなかでも惑星が回っているのはごくごく中心の部分で、その外側にも太陽系は大きく広がっていることがわかります。人類が宇宙に送り出した数々の探査機のうちで最も遠くまで飛んでいるボイジャー1号は、2021年10月の時点で、地球から154天文単位（230億キロメートル）のところにいます。打ち上げから44年の間に途方もない距離を飛んでいます。宇宙から見ると、まだまだ「庭先」をゆっくり歩んでいる、というところでしょうか。

1・2 夜空を彩る星々の世界

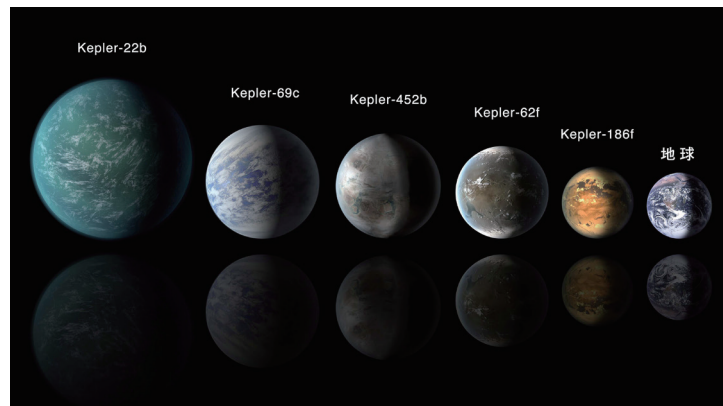
私たちの住む太陽系を抜けると、次は夜空に輝く星たちの世界が待っています。こうした星たちは、太陽と同じように燃え盛って自分で明るく輝いている天体です。星占いでおなじみの星座たちを形作る星たちも、ひとつひとつが太陽のような存在なのです。

夜空に見える星が太陽と同じような天体ということは、そうした星たちのまわりにも惑星が回っているのでしょうか？ 20世紀の天文学者は、この問いに「YES！」と明確な答えを出しました。そしてこの話題は、現代天文学で最もホットといってもいいほど盛り上がりを見せています。太陽以外の星を回る惑星、「太陽系外惑星」は、2021年10月現在で4800個以上が見つかっており、毎日のようにその発見数は増え続けています。地球に似た惑星も見つかり始めている一方で、太陽系では見られないタイプの惑星も数多く見つかっており、太陽系は決して宇宙の「標準」ではないことを教えてくれます。

残念ながら生命の兆候を示す惑星はまだ見つかっていませんが、その可能性を科学的に探るにはどのような観測を行えばよいか、という議論も真剣に進められています。望遠鏡の技術はどんどん進んでいますから、「第2の地球」と呼べるような太陽系外惑星が見つ

てつくられるのか。宇宙空間に生命の素になるような物質は漂っていないか。こうした謎にヒントを与えてくれるのが、星間物質です。星と星間物質が織りなすさまざまな物語については、第3章で詳しく紹介します。ここに、「私たちのルーツ」の一端が隠れています。

星の世界で距離を測るときは、太陽系世界で使っていた「天文単位」ですら小さすぎるので、別の単位、「光年」を使います。「年」という文字が入っているので時間の単位と勘違いされることも多いのですが、「光年」は距離を表す単位で、文字通り光が1年かけて進む距離のことです。光は1秒間に約30万キロメートル（地球を約7周半）進むので、1年間で進む距離は約9兆5000億キロメートルになります。先に出てきた天文単位と比べると、およそ6万天文単位が1光年に相当します。まさに「天文学的数字」という表現がピッタリの、巨大な単位です。



1・2 これまでに発見された地球に似たサイズの太陽系外惑星の想像図。雲や海や陸地の模様が描かれていますが、現在の観測技術では太陽系外惑星の表面を撮影することはできないため、その模様は純然たる想像です。

Credit: NASA/JPL-Caltech

かる日も、近いうちにやってくることでしよう。太陽系内で生命を探す試みだけでなく、太陽系を超えた広い宇宙での生命探しですら、もはやSFではなく科学の領域に入りつつあるのです。

天文学は、星々の間に広がる闇のなかに華やかな物語が隠されていることを教えてくれます。宇宙は真空だとはよくいわれますが、完全な真空ではなく、実際には薄いガスや細かな砂粒のようなものが漂っています。「星間物質」と呼ばれるこれらの物質は、じつは星の材料であったり死んだ星の名残（なごり）であったりする、宇宙の歴史を語るうえでは欠かせない存在なのです。星はどのように生まれ、どのように一生を終えるのか。惑星はどうやっ

2・1 太陽系のスケールをつかむ

地球を出発した長い長い宇宙の旅で最初に見えてくるのは、太陽系の景色。太陽系の天体は、光り輝く太陽と、そのまわりを回るさまざまな天体たちからなる、いわば地球の家族たちです。宇宙全体から見れば本当にちっぽけな存在ですが、人間にとっては太陽系ですら巨大な空間。まずは、そのスケールを把握するところから始めましょう。

太陽系の配置をつかむために、太陽系をぎゅっと200億分の1に縮めます*。すると、太陽は直径およそ7センチメートルの球になります。野球のボールくらいの大きさです。このとき地球は直径0・64ミリメートル。ちよつと太めのボールペンの先くらいです。そのほかの惑星たちの大きさは、図2・1のようになります。木星は地球のおよそ10倍の大きさなので、この縮尺では直径7ミリメートル、イクラくらいです。

では、この惑星たちはどんなふう to 太陽のまわりを回っているのでしょうか。直径7センチメートルの太陽が野球のボールくらいなので、ここでは野球場を例にとって説明してみしましょう。太陽を、ホームベースに置きます。すると、ボールペンの先ほどの大きさの地球はホームベースとピッチャーの中間より少し手前にあり、イクラサイズの木星がちょ

うど2星ベースのあたり（ホームベースから39メートル）に浮かんでいることになります。その外側、土星までの距離は72メートル。ホームベースから外野フェンスまでは約100メートルですから、外野手が立っているあたりに相当します。その外側の天王星・海王星は、野球場外になってしまいます（図2・2）。

太陽を中心に惑星が回る太陽系のイラストを見たことのある方は多いと思いますが、ここでは、各天体がそれなりの大きさで描かれていたことでしょう。しかし野球場のたとえでわかるように、太陽系全体のスケールから見ると、惑星たちはとても小さく、そして全体はとてもスカスカなのです。今では太陽系内をいくつもの探査機が飛び交う時代になりましたが、ボールペンの先ほどの大きさの地球を飛び出して、はるか彼方に漂う小さな目標天体にたどり着くことがいかに難しいか、この200億分の1の太陽系で実感できるのではないのでしょうか。

広大な太陽系の全体像を、ぎゅつくりつかめたでしょうか。それでは、その中心にどっかりと座る太陽から旅を始めていきましょう。

※この縮尺は、東京の科学技術館で毎週行なわれている科学ライブショー「ユニバース」の人気コーナー「実感太陽系」で使われているものです。著者は大学生のころ、ここでアシスタントをしていました。今も案内役としてときどき登場します。

2・2 すべての源、太陽

毎日地平線から顔をのぞかせる太陽は、地球に生きるほぼすべての生き物の活力の源といってもよいでしょう。暑さや寒さも、風も水の循環も、植物の光合成も、太陽が放つ莫大なエネルギーあつてこそのもので、太陽とはどんな星なのでしょう。

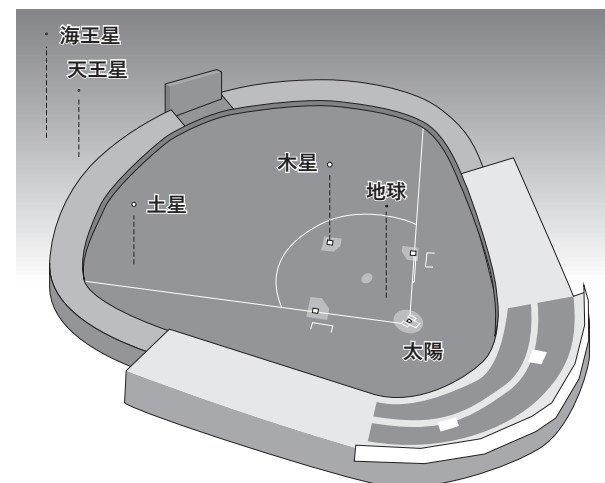
太陽の直径は約140万キロメートル。地球の109倍です。太陽には地球のような硬い地面はなく、水素を主成分とするガスが、自らの重力によってボールのように集まった天体です。表面温度はおよそ6000℃もあります。

では、太陽はいつたいどうしてあんなに輝いていられるのでしょうか。エネルギー源は何でしょう？ 石炭でも石油でも、これほど膨大なエネルギーを生み出すことはできません。どんな化石燃料よりも効率のいいエネルギー源、それは原子の力です。これが星の活力の源ではないかと最初に提唱されたのは、20世紀初めごろのこと。この世が原子でつくられていることが明らかになり、そのふるまいが徐々にわかってきた時代でした。

膨大な量のガスが集まった太陽の中心では、温度約1600万℃、圧力約2500億気圧という途方もない環境がつくられています。こうした環境では、水素の原子核（陽子）

天体	実際の直径	200億分の1 での直径	太陽からの 実際の距離	200億分の1 での距離
太陽	1,392,000 km	70 mm		
水星	4,879 km	0.24 mm	5900 万 km	2.9 m
金星	12,104 km	0.61 mm	1.1 億 km	5.4 m
地球	12,756 km	0.64 mm	1.5 億 km	7.5 m
火星	6,792 km	0.34 mm	2.3 億 km	11 m
木星	142,984 km	7.1 mm	7.8 億 km	39 m
土星	120,536 km	6.0 mm	14 億 km	72 m
天王星	51,118 km	2.6 mm	29 億 km	140 m
海王星	49,528 km	2.5 mm	45 億 km	220 m

2・1 太陽系の実サイズと縮尺200億分の1のサイズ



2・2 200億分の1に縮小した太陽系を、野球場に置いてみると……。

4つがくっついてヘリウムの原子核（陽子2個、中性子2個）がつくられます。これを「核融合反応」と呼びます。小さな小さな原子サイズの現象ですが、私たちが受け取るすべての太陽エネルギーは、この小さな反応から生み出されているのです。巨大な球体に満ちる水素を燃料にして、太陽は100億年の間、輝き続けると考えられています。

太陽で忘れてはならないのは、表面に見える「黒点」です。その温度はおおよそ4500℃。まわりよりも1500℃も低いので、黒く見えます。黒点は数日～数か月の寿命をもち、現れたり消えたりしますが、その数はおおよそ11年周期で増減することが知られています。太陽活動が活発な時期には黒点が多く、逆に太陽活動が穏やかな時期には少なくなります。直近では、2014年に黒点数が最も大きくなる「極大期」を迎え、現在は太陽活動の「極小期」を超えて、次の極大期に向かっていきます。

太陽活動が低調なときには、何日にもわたって黒点がひとつも現れないこともあります。活動極小期には、地球に届く太陽のエネルギー量は、極大期よりも0・1%ほど減少します。太陽活動が低調と聞くと、「地球が寒くなるの？」と思う方がいるかもしれませんが。例えば、1645～1715年には黒点が非常に少ない状態が続いたことが当時の黒点観測からわかっていて、「マウンダー（モウンダー）極小期」と呼ばれます。このころには地球の平均気温が0・5度ほど下がったようですが、地球の気温は温室効果ガスなどほかの要

因も複雑に関わってくるので、太陽活動が静かだからといって、寒冷化に直結するわけではないようです。

私たちに最も身近な星である太陽ですが、まだまだたくさん謎が残っています。例えば、先ほどの黒点数の11年周期。なぜ周期が11年なのかは、まだわかっていません。ただし、太陽内部の「磁場」が重要な役割を果たしているのだろうと考えられています。地球全体が巨大な磁石になっているのは、方位磁針を使うことで確かめることができます。地球と同じように、太陽全体も巨大な磁石です。

しかし太陽の場合は状況がもっと複雑です。磁石のまわりに砂鉄をまぶすと、N極とS極を結ぶ線（磁力線）を見ることができですが、太陽の内部や表面にも、磁力線が複雑に広がっています。太陽表面に現れる黒点は、じつは磁力線の束が太陽内部から表面に飛び出してくる断面です。黒点のまわりで起きる大爆発「太陽フレア」も、磁場がエネルギー源になっています。

太陽フレアが発生すると、高いエネルギーを持ったプラズマのガス粒子が噴き出し、太陽系内を駆け抜けます。太陽から噴き出したプラズマガスの流れを「太陽風」と呼びます。太陽風が地球にぶつかるとう磁気嵐を引き起こし、GPSの精度が落ちたり、通信障害を引き起こしたりします。太陽は遠くにあるとはいえ、私たちの便利な現代社会と切っても切