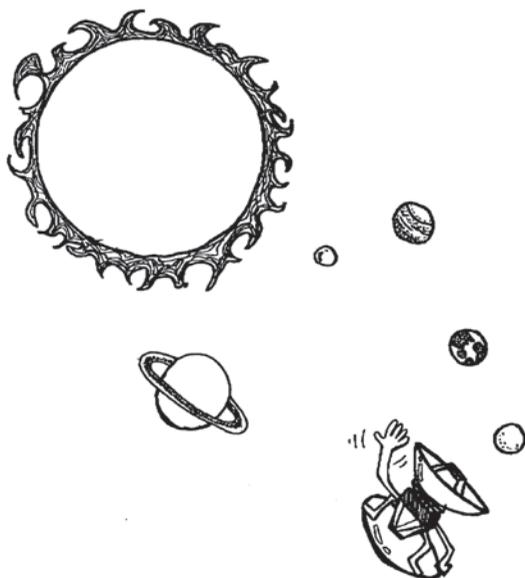


惑星 50のなぜ

制作
名古屋大学宇宙地球環境研究所
りくべつ宇宙地球科学館
豊川市ジオスペース館

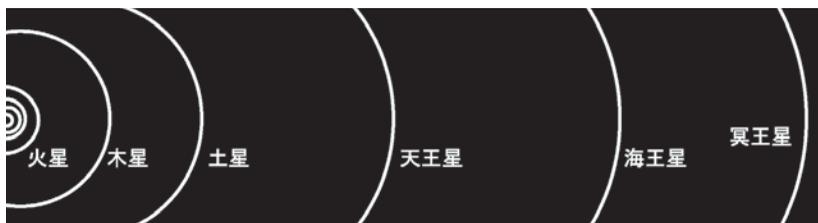


ご存知のように、太陽系には8つの惑星があります。太陽は8つの惑星を支えています、と言った方がいいかも知れません。

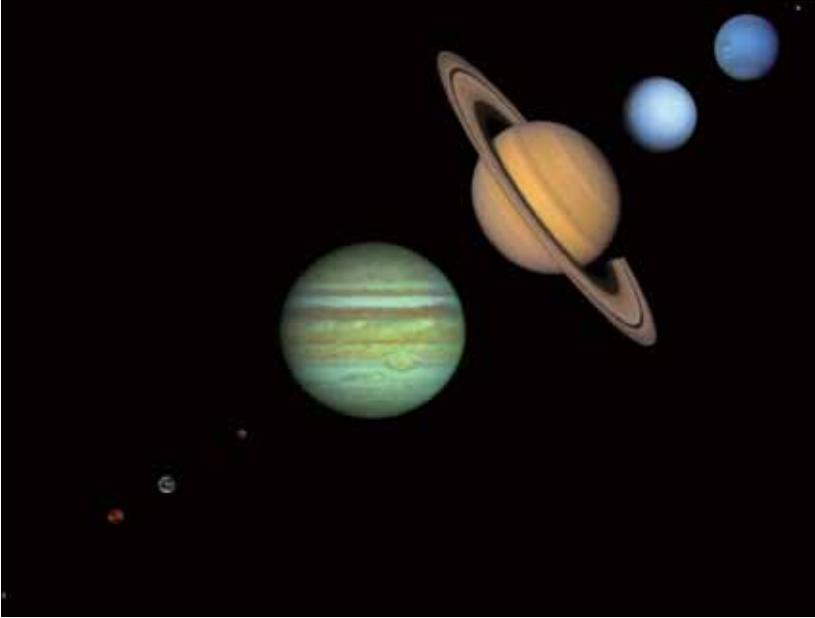
兄弟同士というのが信じられないくらい、8つの惑星にはそれぞれユニークな特徴があります。個性は、サイズや重さだけのものではありません。昼側と夜側で温度差が600度もある水星、気圧が地球での100倍もある金星。次々と衛星が発見されている木星と土星。自転軸が大幅にずれている天王星・・・。

なぜ、このようないろいろな顔をもつ惑星ができるに至ったのでしょうか。さまざまな角度から、惑星のようすを見ていきましょう。

| | 軌道長半径 a (天文単位) | 離心率 e | 太陽からの距離 10^8 km | | |
|-----|------------------------|------------|-------------------|------------|----------------|
| | | | 最小 $a(1-e)$ | 長半径 a | 最大 $a(1+e)$ |
| 水星 | 0.3871 | 0.2056 | 0.460 | 0.579 | 0.698 |
| 金星 | 0.7233 | 0.0068 | 1.075 | 1.082 | 1.089 |
| 地球 | 1.0000 | 0.0167 | 1.471 | 1.496 | 1.521 |
| 火星 | 1.5237 | 0.0934 | 2.066 | 2.279 | 2.492 |
| 木星 | 5.2026 | 0.0485 | 7.405 | 7.783 | 8.160 |
| 土星 | 9.5549 | 0.0555 | 13.501 | 14.294 | 15.087 |
| 天王星 | 19.2184 | 0.0463 | 27.419 | 28.750 | 30.081 |
| 海王星 | 30.1104 | 0.0090 | 44.640 | 45.044 | 45.449 |



この図は、8つの惑星と冥王星の軌道の位置を示しています（水星、金星、地球の軌道には名前が書かれていません）。すべての惑星の軌道は、大体同じ平面上にあります。たとえば、地球の軌道面は黄道面と呼ばれ、太陽の赤道面から7度傾いています。冥王星の軌道は、黄道面から最も傾いています。それでもわずか17度です。すべての惑星は同じ方向に公転していますが、金星と天王星の自転の向きは他の惑星の自転と逆を向いています。



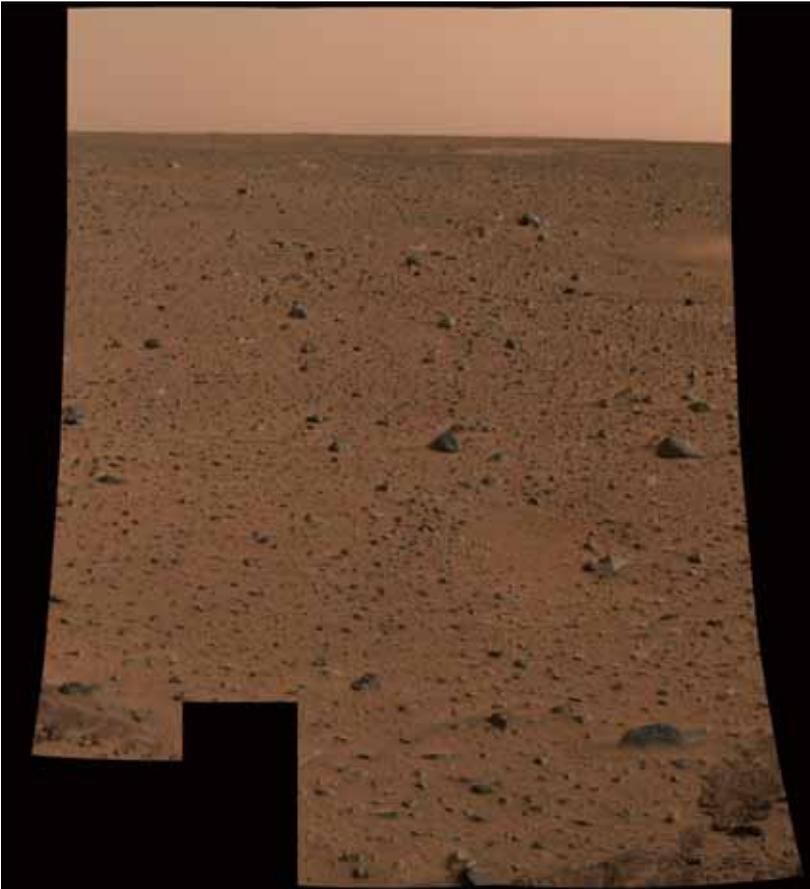
8つの惑星と冥王星の合成写真。フィルターを通して撮影しているため、肉眼で見ると若干異なる色に見えるかもしれません（8を参照）。＜NASA 提供＞



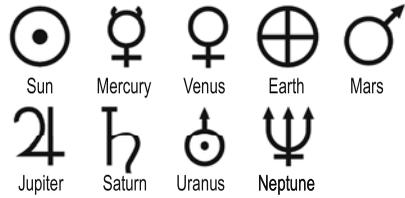
NASAの火星探査車「スピリット」が撮影した火星表面の写真。火星に軟着陸後に行った高解像度パノラマカメラによる撮影で、これまでになく詳細な地表の様子が明らかになりました（13を参照）。＜NASA 提供＞

火星ラッシュ

2003 年末から2004 年にかけては「マーズラッシュ（火星への駆け込み）」と呼ばれたほど、火星への探査機到着が相次ぎました。NASA の火星探査車「スピリット」から送られてきた火星表面の画像は、皆さんの記憶に新しいと思います。残念ながら、日本の火星探査機「のぞみ」や、ヨーロッパの探査機「マーズ・エクスプレス」から送り込まれた小型着陸船「ビーグル2」は失敗に終わりましたが、今後も続々と探査機が火星に到着する予定です。ちなみに、過去40 年間に30 数機の火星探査機が送り込まれましたが、20 機以上が失敗に終わっています。火星探査は難しい！



「スピリット」から見た火星の表面。小さな岩石がゴロゴロしている平原から、モグラが顔を出しそう！ 2004 年1 月撮影。<NASA 提供>



も く じ

— 惑星の世界へようこそ！ —

1. 惑星って何？
2. 惑星は「惑う星」？
3. 惑星っていくつあるの？
4. 惑星はどれくらい大きいの？
5. 惑星はどれくらい遠くにあるの？
6. 惑星に人は住めるの？

— 惑星の素顔を見てみよう！ —

7. 惑星もいろいろ？
8. 惑星ってどんな色をしているの？
9. 惑星ってどんな形をしているの？
10. 水星って暑いのか？
11. 金星はなぜ厚い雲でおおわれているの？
12. 地球は水の惑星？

13. 火星人はいるの？
14. 木星は太陽になり損ねた惑星？
15. 地球型惑星？ 木星型惑星？
16. 土星の環はどれくらい厚いの？
17. 天王星の自転軸はなぜ横を向いているの？
18. 海王星では強風が吹き荒れてるって本当？
19. 冥王星は惑星なの？
20. 小惑星ってどれくらい小さいの？
21. ボーデの法則って何？
22. いん石はどこからやってくるの？

— 惑星と神話の世界 —

23. 金星は女神？ 火星は戦いの神？
24. 木星は女性好き？ 天王星は文学的？
25. 衛星の数ってどれくらいあるの？
26. 神々と惑星の動き？
27. 一週間は9 曜日？

— 太陽は惑星にどんな影響を及ぼすの？ —

28. 太陽風って何？
29. 太陽風は地球にどんな影響を及ぼすの？
30. オーロラをもっている惑星は？
31. 金星にもオーロラはあるの？
32. 金星はなぜ強い磁場をもっていないの？
33. 惑星が磁場をもっていないとどうなるの？
34. 水星にもオーロラはあるの？
35. 太陽風に大気のはぎとられるってどういうこと？

— 惑星の磁場と大気はどんな役割をしているの? —

36. 木星の衛星イオは巨大な発電機?
37. 木星に旅行すると危険?
38. 水星では遠くの人と短波通信できないの?
39. 火星では伝書鳩は方向オンチになる?
40. 水星はあばただらけ?
41. 金星のひまわりははるか彼方に?
42. 水星に夕焼けはあるの?
43. 火星の夕焼けは何色?

— 太陽系の果てはどうなってるの? —

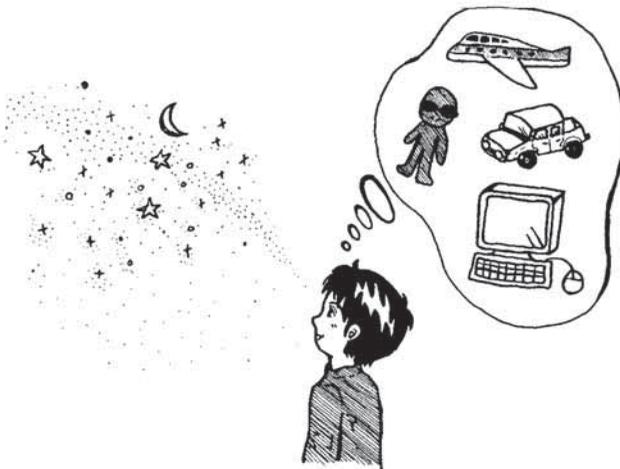
44. 蛇のとぐろの上の世界は?
45. ヘリオポーズって何?
46. ボイジャーはどこまで行くの?
47. 惑星は太陽系以外にもあるの?
48. 近い将来ほかの惑星に人類は住めるの?
49. SETI プロジェクトって何?
50. 宇宙人はいるの?

1. 惑星って何?

夜空を見上げると、空をおおいつくさんばかりのたくさんの星が見えます。これだけたくさん星があるのだから、地球のように植物が生い茂り、宇宙人が快適に暮らしている星が一つぐらいありそうなものだと思ったことがある人いることでしょう。

しかし残念ながら、夜空に光輝く星では人は住むことはできません。太陽のように明るい光を放つ星では、生物にとって危険な核融合という反応が起こっていて、星全体が超高温の状態になっているからです。そのような星たちは恒星と呼ばれていて、地球とは大きく異なった性質をもっています。

けれども夜空に輝く星の中には、地球とよく似た性質をもつ、それほど高温ではない星も存在するのです。それらの星たちは、自らは明るい光を放たないのですが、太陽からの光を反射することで夜空でも明るく輝くことができるのです。それらは地球と同じように太陽の周りを公転していて、惑星と呼ばれています。



2. 惑星は「惑う星」？

惑星は英語で言うとプラネット (planet) です。このプラネットという言葉の響きに対して、なんとなく美しいイメージをもつ人が多いのではないのでしょうか。しかしこのプラネットということばの語源は、ギリシャ語の「さまよう人」、「放浪者」(planetai)で、あまり綺麗なものではありません。

夜空に輝く恒星たちは、互いの位置関係をほとんど変えることなく天空を回っていますね。ずっと遠くにあるからです。ところが、惑星は恒星たちの動きから外れ、フラフラと「惑い」、移動していきます。火星や木星は地球上から見ると逆行さえします。惑星が地球と同じように太陽のまわりを公転していることによるのですが、その姿が夜空をさまよっているように見えたのでしょう。

プラネットという言葉は、日本には江戸時代に入ってきました。その時に日本語での呼び名「惑星」ができたのですが、惑星には他にもいくつかの呼び名があり、「遊星」や「行星」とも呼ばれていました。三者は入り乱れて用いられていましたが、明治末期から大正時代にかけては「遊星」がよく使われ、第2次大戦の後からは「惑星」の方が多く使われていたようです。どうやら惑星は、日本での呼び名でもフラフラとさまよっていたようですね。



3. 惑星っていくつあるの？

私たちが住む地球は、太陽系と呼ばれる集団に所属していることはご存知ですね。太陽系とは、太陽や太陽の重力が大きな影響を及ぼしている天体の集まりのことを言います。

太陽系には太陽に近いものから、水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星と、全部で8つの惑星があります。2006年8月までは冥王星も惑星の仲間に加えられていましたが、今は矮惑星*と呼ばれる別類の天体に分類されています(19, 20を参照)。これまでは、水・金・地・火・木・土・天・海・冥(すい・きん・ち・か・もく・どっ・てん・かい・めい)とリズムよく覚えたものですが、今後は「・・・土・天・海」となるのは、何となく物足りない気がしませんか？

太陽系には、太陽、8つの惑星と矮惑星、そしてそのまわりを回る合計156個以上の衛星のほか、小惑星や彗星などの小天体、惑星間物質が存在しています。

*準惑星：「じゅんわくせい」と読みます。2007年4月、英語の dwarf planet の正式な日本語訳に決定されました。



4. 惑星はどれくらい大きいの？

| | 赤道半径 | 体積 (地球=1) | 質量 (地球=1) |
|-----|---------|--------------|--------------|
| | km | | |
| 太陽 | 696 000 | 1304000 | 332946 |
| 水星 | 2 440 | 0.056 | 0.05527 |
| 金星 | 6 052 | 0.857 | 0.8150 |
| 地球 | 6 378 | 1.000 | 1.0000 |
| 火星 | 3 397 | 0.151 | 0.1074 |
| 木星 | 71 492 | 1321 | 317.83 |
| 土星 | 60 268 | 755 | 95.16 |
| 天王星 | 25 559 | 63 | 14.54 |
| 海王星 | 24 764 | 58 | 17.15 |
| 冥王星 | 1 137 | 0.006 | 0.0023 |
| 月 | 1 738 | 0.0203 | 0.012300 |

私たちが住んでいる地球は半径およそ 6000 キロメートルと、太陽の 100 分の 1 程度の大きさをもっています。惑星の大きさはさまざまで、地球の 10 倍以上もある木星から、月よりも少し大きな水星まで、色とりどりの惑星が存在しています。

惑星の大きさは、私たちの日常からかけ離れた大きさをしていきますので、わかりやすくするために身近なものに例えてみましょう。例えば、太陽の大きさを大玉ころがしの大玉程度（半径約 1 メートル）だとすれば、地球の大きさは巨峰一粒ほど（半径約 9 ミリメートル）になります。太陽系で最も大きな惑星である木星は、ハンドボールぐらい（半径約 10 センチメートル）の大きさです。一方、太陽系で最も小さな惑星の水星は、ダンゴムシ程度（半径約 3.5 ミリ）で、矮惑星である冥王星は、スイカの種程度（半径約 1.6 ミリメートル）しかありません。

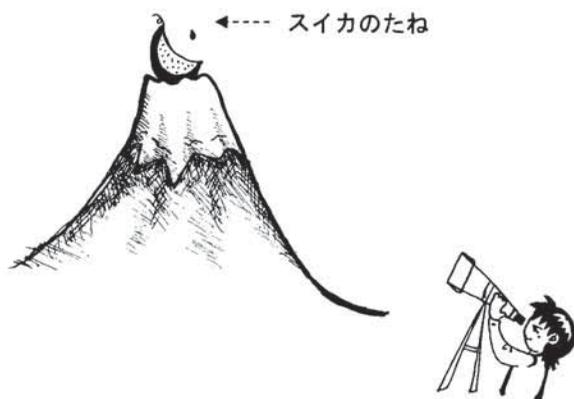
こうして見てみると、太陽がとても大きいことがわかります。その質量も大きく、太陽系にある物質の全質量の、なんと 99.8% を占めているのです。地球を含む惑星たちの運行が、太陽の影響を大きく受けているのもうなずけますね。

5. 惑星はどれくらい遠くにあるの？

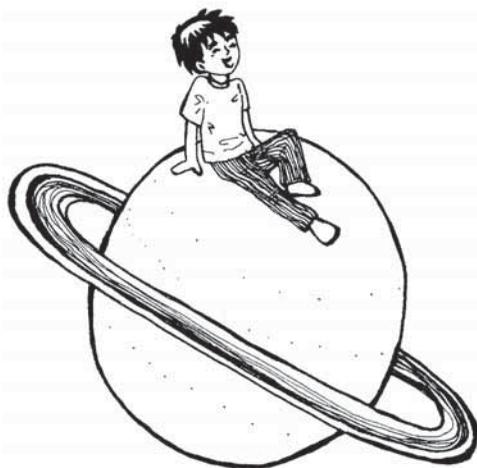
地球と太陽の間の距離は、およそ 1 億 5000 万キロメートルで、太陽の半径の 200 倍程度あります。この距離は、地球を半径 9 ミリメートルの巨峰一粒の大きさとする、210 メートルの距離に相当します。210 メートルと言えば、名古屋テレビ塔の高さ（180メートル）より少し長い距離です。

この例えを続けると、地球から最も近くにある金星の公転軌道は名古屋港ポートビルの高さ（63 メートル）程度離れており、次いで近くにある火星の公転軌道は大阪の通天閣の高さ（103 メートル）ぐらいの距離、最も遠くにある海王星の公転軌道は富士山の高さのおよそ 2 倍（7552 メートル）も離れた位置にあることになります。矮惑星の冥王星は、海王星よりもさらに遠くにあります。地球の大きさが巨峰一粒程度でしたので、冥王星がいかに遠くにあるのかがおわかりでしょう。

海王星が発見されたのが 1846 年で、冥王星が発見されたのは 1930 年。天文学の長い歴史から考えるとつい最近のことです。確かに、7000 メートル級の山頂にあるスイカの種を地上から望遠鏡で捜し出すわけですから、それは大変なことだったのでしょ



6. 惑星に人は住めるの？



惑星は、太陽のまわりを地球と同じように公転していて、太陽（恒星）のような超高温状態にはありません。このように聞くと、どの惑星でも地球のような穏やかな気候をもち、人が快適に住める環境にあるのではないかと思ってしまうかもしれません。しかし現実の惑星は、極寒の世界や灼熱の世界が広がっていたり、ある惑星においては空気が足りないかと思うと一方では大気が濃すぎたりと、残念ながら太陽系の（地球以外の）惑星では人が生活できるような環境は存在していません。

そもそも木星や土星などはガスのかたまりで出来ているので、人は表面に立つことすらできません。特に土星のガスは密度が小さく、大きなプールに浮かべればプカプカと水に浮くと言われていいます。一言に惑星と言っても、それぞれが大きく異なった性質をもっているのです。

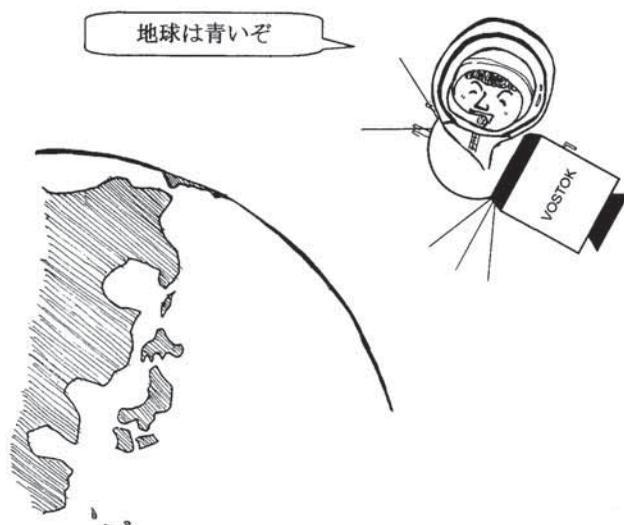
7. 惑星もいろいろ？

人生いろいろ♪ 男もいろいろ♪・・・という歌がありますように、人は十人十色。容姿も性格も生き方もそれぞれ異なります。

惑星も例にもれず、それぞれが異なった性質をもっています。惑星はその大きさや質量だけでなく、温度や大気組成、磁場の強さなどの全ての性質がそれぞれ異なります。見た目の色もさまざまで、大きさ（直径）は最大のもものと最小のものでは30倍の差があります。また、あるものは環（リング）をもっていたりと、まさに8惑星8色です。ここではその8つの惑星の素顔を一つ一つ見ていきます。それでは、惑星の素顔を探っていきましょう！



8. 惑星ってどんな色をしているの？



「地球は青かった」 旧ソ連の宇宙飛行士ガガーリン（Y. A. Gagarin）の有名なことばにあるように、地球は宇宙空間からは青く見えます。では、他の惑星はいったい何色をしているのでしょうか。

例えば金星は黄色に輝いて見えます。これは濃硫酸（11 を参照）の雲が、太陽の光をよく反射することによります。天王星はちょっと変わっていて、緑がかった青色。これはメタンの割合が多いせいで、大気の上方にあるメタンが赤色の光を吸収してしまうことによります。一方、火星は大気が薄いので、大気によって見かけの色は決まらないのですが、地面が褐色なので赤っぽく見えます。地球が青く見えるのは大気と海の色のためです。

9. 惑星ってどんな形をしているの？

これはさすがに丸（球形）でしょう・・・と答えたいところですが、そうではありません。惑星は自転をしていますので、ほとんどの惑星が赤道方向に伸びた形をしています。自転速度の速い木星や土星などはとくに、赤道方向に大きく膨らんでいます。例えば土星では、極方向に測った半径の54400 キロメートルに対して、赤道方向の半径は60300 キロメートルと一割程度も大きな値になります。

惑星ではありませんが、半径が100 キロメートルより小さい小型の衛星や小惑星は、重力が小さいので球形ではなくデコボコの不規則な形をしています。



10. 水星って暑いのか？



季節が変わるにつれて、寝苦しいほど暑くなったり、吐く息が白くなるほど寒くなったりします。これは、地球の自転軸が公転面に対して 23 度ほど傾いているために起こります。太陽光が当たる角度が少し変わるだけで暑くなったり寒くなったりするなんて、自然の仕組みは偉大だと思いませんか？

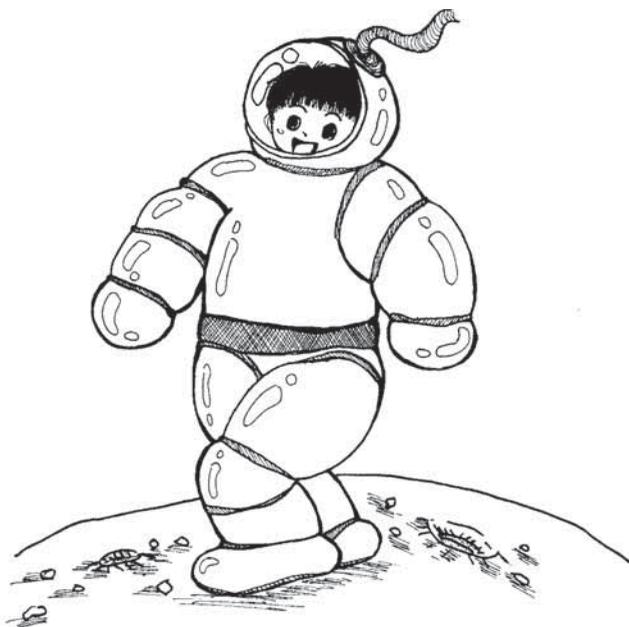
水星は太陽からもっとも近くにある惑星です。太陽からの距離は、地球と太陽の間の距離の 3 分の 1 ほどしかありません。ご想像のとおり、水星表面の昼間の温度はとても高く、最高で 430 度にも達します。でも、夜になると一転して、 -160 度と超低温の世界になってしまうのです。こんなにも気温の変化が激しいのは、水星の自転がゆっくりで、一回転するのに 59 日もかかるから。長く続く夜の間に、表面がどんどん冷え込んでしまいます。

ちなみにこの 59 日というのは、水星での 1 年の 3 分の 2 にあたります。このことから水星の 1 日を計算してみると、太陽が水星の空を一周するのに、なんと水星での 2 年もかかってしまうことがわかります。つまり水星では、朝起きてその日の夜をむかえるころには、もう 1 年が過ぎてしまっているのです。水星では、毎日 2 回ずつお正月行事をすることになるのでしょうか。

11. 金星はなぜ厚い雲でおおわれているの？

金星の空は濃硫酸の厚い雲でおおわれています。この濃硫酸の雲は金星の空全体を切れ目なくおおっているので、金星の表面にはほとんど光がさしません。また、金星の大気は高温高圧で、表面での圧力はなんと 90 気圧にも達します。これは地球の海底 900 メートルでの圧力に相当する、とてつもなく高い圧力です。素もぐりの世界記録が 100 メートルそこそこですから、人間が金星で生活するには潜水服が必要になるのでしょうかね。

一説によると、金星がこのような厚い雲と高温高圧の大気をもつようになったのは、温室効果が暴走したためとされています。遠い昔には、金星は地球と同じような環境にあったと推測されて



いますが、太陽に近いために海が蒸発してしまい、水に溶けこんでいた二酸化炭素が大気中に放出されてしまいました。この二酸化炭素が温室効果を生んでさらに金星の表面温度が上がり、その結果、さらに海の蒸発と二酸化炭素の放出が起こり温室効果が進み・・・と、金星の大気の温度はどんどんと高くなってしまったと考えられています。今では、鉛も溶けてしまう 400 度以上の苛酷な世界がひろがっています。金星の表面は高温なため、黄鉄鉱などが二酸化炭素や水と反応して、大気中に亜硫酸ガスを増やします。この亜硫酸ガスが高度 50～70 キロメートルに厚い濃硫酸の雲をつくると考えられています。

濃硫酸の雲は太陽の光をよく反射するので、夜空で輝く星々の中でも金星はとくに明るく見え、「明けの明星」や「宵の明星」として親しまれています。

<濃硫酸>

硫酸、しかも濃いやつと聞けば、身の毛がよだつ人がいるでしょう。硫酸とは硫黄と酸素と水素が化合した、強い酸性を示す化合物です。

<黄鉄鉱>

硫黄と鉄からなる鉱物。金とよく間違われる風貌をしています。黄色は、温泉でお馴染みの硫黄の色。岩石や鉱床中に広く存在し、かつては硫酸の原料として使われていました。

<亜硫酸ガス>

硫黄を燃やす時に出るガスのことを言います。線香花火の煙の臭いはまさにこの亜硫酸ガスの臭い。鼻をさすような臭いがします。別名で二酸化硫黄とも言い、酸素や水と反応して硫酸になります。

12. 地球は水の惑星？

地球は、液体の水が流れる河川、湖、そして広大な海が存在する太陽系で唯一の惑星です。地球表面の実に約 70%が液体の水でおおわれています。この液体の水が生命の誕生に重要な役割を果たしていることは、言うまでもありません。

地球は、太陽系で絶妙な位置を占めています。地球がもう少し太陽に近かったり、太陽がもう少し活発に活動していたら、地球は金星のように灼熱の惑星となっていたのかもしれない。もしもう少し遠くにいたならば、氷の惑星となっていたことでしょう。

地球の気温は、微妙なバランスで成り立っているのです。例えば、何らかの作用で大気中におよそ 0.03%しか含まれていない二酸化炭素が無くなったとすると、平均気温は -20 度と、極寒の世界になっていたはず。私たちが今日のように豊かな水をたたえ穏やかな気候をもつ地球上で生活を営むことができるのは、幸運と言うべきかもしれませんね。

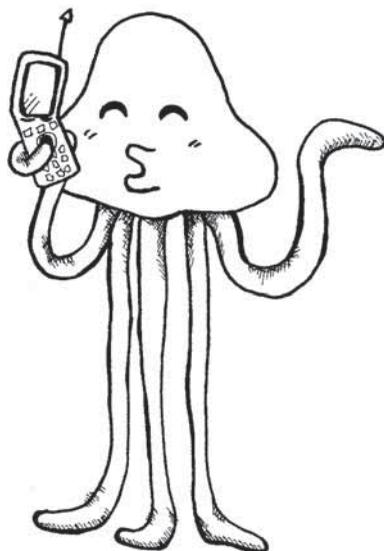


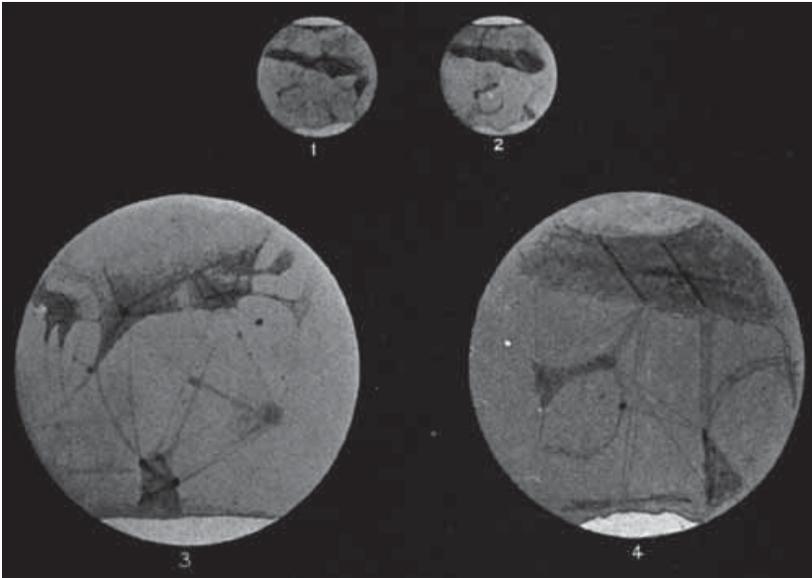
13. 火星人はいるの？

空気が薄く、気温の寒暖の変化が -130 度 ~ 25 度もある過酷な世界ながら、地球に最も近い環境をもつ火星は、地球外生命体が存在する可能性のある星として注目されてきました。頭が大きくて手足が長いタコに似た火星人がいると信じられ、火星人が運河を建設しているに違いないと想像されていた時代もありました。

その後 1976 年にバイキング 1、2 号が火星に着陸し、火星に微生物がいるかどうかの実験を行いました。火星表面の写真をたくさん撮ったほか、土を採取して各種の実験を行いました。しかし、残念ながら生命の痕跡は見つけれませんでした。

1996 年に火星起源と考えられるいん石から、40 億年前のバクテリアの化石かもしれない物体が発見され（22 参照）、火星の





アメリカのアマチュア天文家ローウェル (P. Lowell) が描いた火星地図。筋状の様子は、人工的に作られた運河と考えられましたが、そうではないことがのちにわかりました。

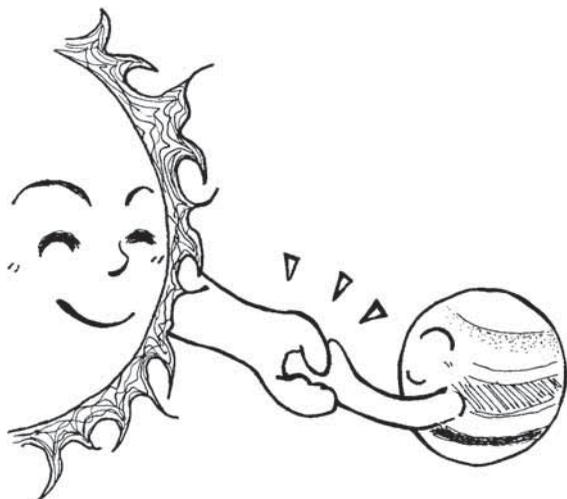
生命の発見に再び興味が高まっています。イギリスのウェルズ(H. G. Wells) の SF 小説「宇宙戦争」(1898) に出て来たような、高等知能をもった火星人の存在は否定されていますが、バクテリアのような原始的な生命なら存在するかもしれません。

14. 木星は太陽になり損ねた惑星？

木星は太陽系最大の惑星で、よく「太陽になり損ねた惑星」と言われていますね。木星は太陽とよく似た密度をもっており、組成もよく似ています。大きさ（体積）は地球の1300倍以上ありますし、その重さは、なんと太陽系内のすべての惑星の重さの3分の2以上を占めています。

それではなぜ、木星は太陽のように自ら光り輝かないのでしょうか？ それは、太陽の内部で活発に行われている「核融合」という反応が起きるほど、木星内部の温度は高くないからなのです。木星が太陽のように輝くには、少なくとも今の100倍の重さが必要と言われてています。

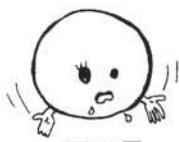
もし、木星が今よりもっともっと重かったなら、地球は2つの太陽に照らされていたのかもしれないね。



15. 地球型惑星？木星型惑星？

木星は表面がガスでできています。硬い表面ではないので、もし、木星の表面に立とうとしたならば、その人はズブズブと沈んでいってしまうでしょう。実際には、立つどころか、どこが表面かを判断することも難しいと思います。この様子は地球とはずいぶん違いますね。では、他の惑星の表面はいったいどのようになっているのでしょうか。

太陽系の惑星は、大きく分けて地球型惑星と木星型惑星に分類することができます。太陽に近い惑星である水星、金星、地球、火星は、比較的密度が高くて、硬い表面をもっています。これらの惑星は、地球型惑星とよばれています。一方、太陽から遠い惑星である木星、土星、天王星、海王星は、水素とヘリウムを主とするガスからできています。密度が低く、ガスの表面をもつこれらの惑星は、木星型惑星とよばれています。矮惑星である冥王星はちょっと特殊で、木星型惑星の領域にいるのに硬い表面をもっていて、ほとんど氷でできています。



冥王星



地球



木星

16. 土星の環はどれくらい厚いの？

土星と聞いて、美しい環（リング）を思い浮かべる人が多いのではないのでしょうか。木星型の惑星はいずれも環をもっているのですが、土星の環は太陽系の環の中でもっとも大きなものです。土星の環は遠くからは円盤の形に見えますが、実は数千個もの細い環が集まったものです。その半径は外側のもので30万キロメートルと、惑星半径の5倍にもおよんでいます。

では、土星の環の厚みはいったいどれくらいなのでしょう。外側のよじれた部分などを除くと、驚くことに、その厚みは最大で数十メートルほどしかありません。身近なものに例えると、土星の環がコンパクトディスク（CD）の大きさだとすると、厚みは100万分の1センチメートルという、とんでもない薄さに相当するのです。

自然とは、かなり不自然なものを作り出してしまふものなのですね。

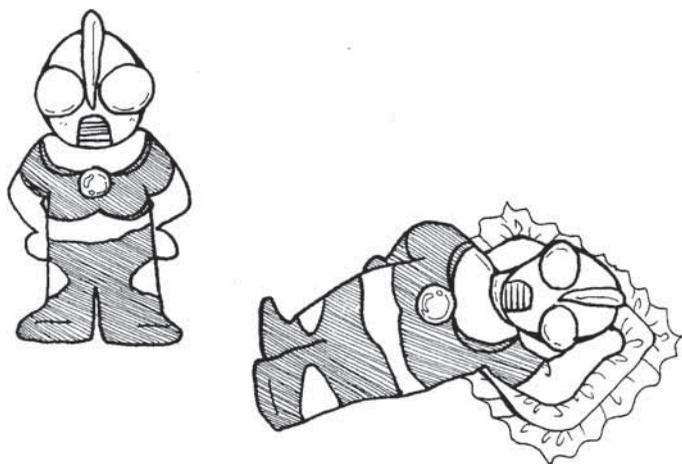


ボイジャー2号が撮影した土星

17. 天王星の自転軸はなぜ横を向いているの？

天王星は自転軸が公転面に対して98度傾いています。そのために、ほとんど横倒しの状態でごろごろところがるようにして、太陽のまわりを回っています。天王星の北極と南極は、42年間ずつ交互に太陽に照らされています。このように自転軸が奇妙な方向に向いてしまったのは、天王星が形成される初期の段階に、惑星程度の大きな天体が衝突したためではないかと考えられています。しかし、本当のことはよくわかっていません。

1986年、ボイジャー2号は天王星に接近し、その性質を調べました。その時、天王星の南極はほぼ太陽の方向を向いていました。普通に考えると、太陽からのエネルギーを多く受け取るので、南極はほかの部分より高い温度をもつはずですが、実際には極よりも赤道ふきんの方が温度が高かったという、不思議な現象が報告されています。

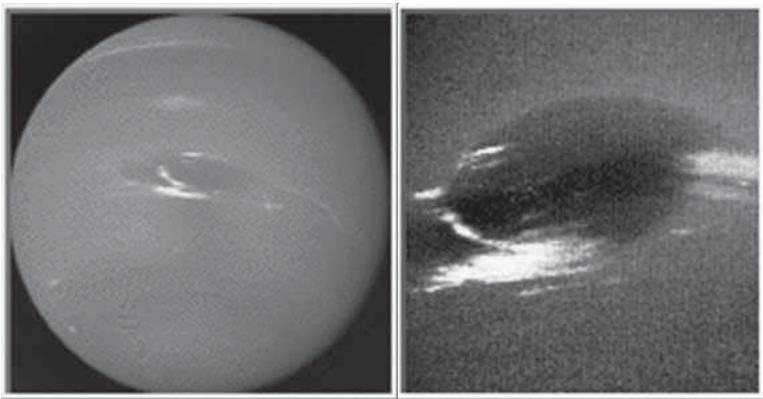


18. 海王星では強風が吹き荒れてるって本当？

海王星の表面には、大きな渦もようが見えますね。「大暗斑（だいあんはん）」と呼ばれています。大暗斑は地球の大きさほどもあり、その正体は、時速 2000 キロメートルにも達する嵐です。太陽系で最も速い嵐が吹き荒れていることになります。

このような強い風や巨大な嵐は、ガス惑星に共通する特徴です。たとえば木星には「大赤斑（だいせきはん）」と呼ばれる、地球がまるまる 2 つも入る巨大な渦がありますし、土星には「大白斑（だいはくはん）」があります。

大暗斑は、1989 年にボイジャー 2 号が海王星に接近した時に初めて撮影されましたが、数年後に行われたハッブル望遠鏡による撮影では、その姿は消えていました。けれども、数ヵ月後にはまた新しい暗斑が発見されています。この暗斑の変化は、海王星の大気がダイナミックに変動しているという証拠です。海王星は太陽から遠く離れているので、太陽から受け取るエネルギーはほんのわずかしかなかったりありません。それなのに大気がダイナミックに変動しているというのは、不思議ですよ。



海王星と大暗斑の拡大写真

19. 冥王星は惑星なの？

2006年8月、冥王星の扱いをめぐる大騒動が起こりましたね。それまでは、どのような天体を「惑星」と呼ぶかははっきりと決められていませんでしたが、国際天文学連合（IAU）が惑星の定義を決定したことにより、冥王星は惑星とは別の種類の天体である「矮惑星」の仲間に入ることになったのです。

冥王星はもともと、他の惑星と比べて特異な存在でした。軌道は他の惑星と異なり、やや長細い楕円軌道で、黄道面から17度も傾いています。その特異な軌道のために、冥王星は海王星よりも太陽に近づくとときもあります。大きさも小さく、表にあるように、太陽系最小の惑星である水星の半分ほどしかなく、ガニメデを始めとしたいくつかの衛星よりも小さいのです。

冥王星をめぐる騒動の始まりは、近年の自然科学の進歩や、観測技術の大幅な向上によってもたらされたものです。1992年に、海王星より遠くで冥王星以外の天体が初めて発見され、その後1000個以上の太陽系外縁天体(TNOs)が次々と発見されました。その中には、冥王星ほどの大きさをもつものも多数あったので、冥王星だけを特別扱いするわけにはいかなくなってしまったのです。

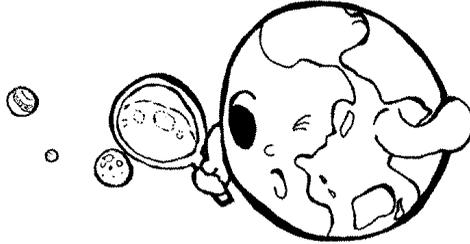
冥王星は、「自身の公転軌道の周辺から、他の天体を排除しきれしていない」という点でも、水星などの他の惑星と違っていています。この違いは、天体の形成過程の差を反映している可能性もあり、冥王星が所属する「準惑星」と「惑星」とを区別する基準としても用いられています。



| | | |
|------------|----------------------------|--|
| 地球の衛星 | 月 | 3476 km |
| ● 木星の衛星 | イオ エウロパ ガニメデ カリスト | 3630 km 3138 km 5262 km 4800 km |
| 土星の衛星 | タイタン | 5150 km |
| 海王星の衛星 | トリトン | 2720 km |
| 冥王星周りの小天体 | カロン | 1270 km |
| 冥王星 | | 2302 km |
| 水星 | | 4878 km |

さまざまな天体の直径

20. 小惑星ってどれくらい小さいの？



太陽系には惑星や矮惑星や衛星のほかに、小惑星や TNOs などの小天体も存在しています。小惑星はその名のとおりにサイズが小さく、100 キロメートルを超える大きさのものは数えるほどしかありません。小惑星の大部分は火星と木星の軌道の間を集まっており、その数は数十万個ととても多いのですが、全部足し合わせても 4×10^{18} トン、つまり、月の 20 分の 1 程度の重さです。

このように小惑星は確かに小さいのですが、最も大きな小惑星であるセレス（直径 910 キロメートル）が 1801 年に発見されたときには、待望の新惑星が発見されたのかと大騒ぎになりました。海王星（1846 年発見）や冥王星（1930 年発見）の発見より前のことです。しかし、セレスが発見された翌年にはパラスという天体が見つかり、その後続々と数多くの天体が、その天体たちの周辺で発見されていきました。そしてセレスはいつしか惑星とみなされなくなり、小惑星の集団にくくられてしまいました。

1990 年代に入ると冥王星の近くにも次々と小天体（TNOs）が発見され、2006 年には、セレスと同じ運命が冥王星にも襲いかかることになりました。冥王星は惑星ではなく、矮惑星の仲間になりましたが、その一方で、冥王星を多数の TNOs を率いるリーダーとみなす動きもあります。TNOs は今後もどんどん発見されるでしょうし、太陽系の全体像の理解に大きく貢献することが期待されています。そして、冥王星は TNOs のリーダーとしても、今後も注目を集め続けることでしょう。

21. ボーデの法則って何？

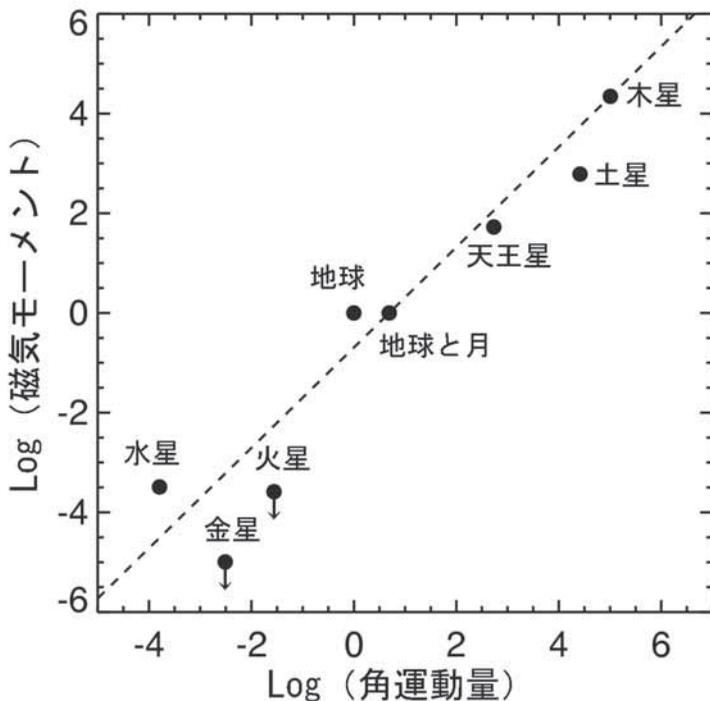
太陽系に存在する惑星や小天体は、それぞれが異なる性質をもっていることを紹介してきましたが、これらの天体の間には共通する法則も存在しています。

太陽からそれぞれの惑星までの距離のあいだには、一見何の秩序も無いように見えます。でも実は、2 倍ずつ増えていく数列から生成される数と惑星の距離はピッタリと一致するということが、1766 年にチチウス (J. D. Titius, ドイツ) によって発見され、次いでボーデ (J. E. Bode, ドイツ) によって公表されました。この経験法則は「チチウス・ボーデの法則」、または「ボーデの法則」と呼ばれ広く知られています。

1781 年に天王星が発見された際、天王星の距離がチチウス・ボーデの法則によく一致していたことから注目が集まりました。そして、この法則から惑星の存在が予測される火星と木星の間を

ボーデの法則

| | 惑星の距離 (天文単位) | 数列 | ボーデの法則 (数列+0.4) |
|-----------|-----------------|------|--------------------|
| 水 星 | 0.4 | 0.0 | 0.4 |
| 金 星 | 0.7 | 0.3 | 0.7 |
| 地 球 | 1.0 | 0.6 | 1.0 |
| 火 星 | 1.5 | 1.2 | 1.6 |
| セレス？ | 2.8 | 2.4 | 2.8 |
| 木 星 | 5.2 | 4.8 | 5.2 |
| 土 星 | 9.6 | 9.6 | 10.0 |
| 天王星 | 19.2 | 19.2 | 19.6 |
| 海王星 | 30.1 | ?? | ?? |
| 冥王星 (矮惑星) | 39.5 | 38.4 | 38.8 |



磁気ボーデの法則

くまなく探索した結果、なんと小惑星セレスが発見されたのです。その後に見つかった海王星には法則が当てはまらず、何の因果関係もないことが判明したのですが、肉眼では見ることができない小惑星の発見に一役かったという点で、チチウス・ボーデの法則は重要な役割を果たしたと言えます。

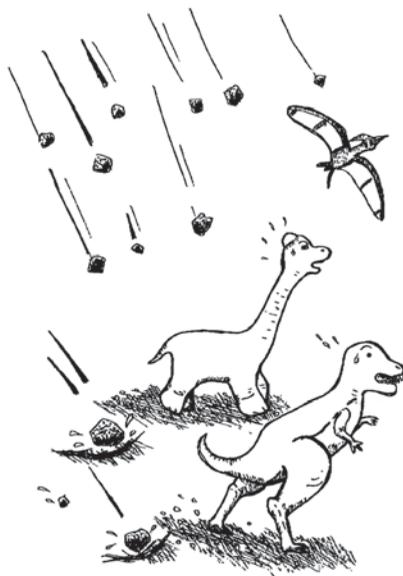
よく似た法則に、「磁気ボーデの法則」というものもあります。これは、惑星のもつ磁力の大きさが惑星の角運動量に比例するという法則です。

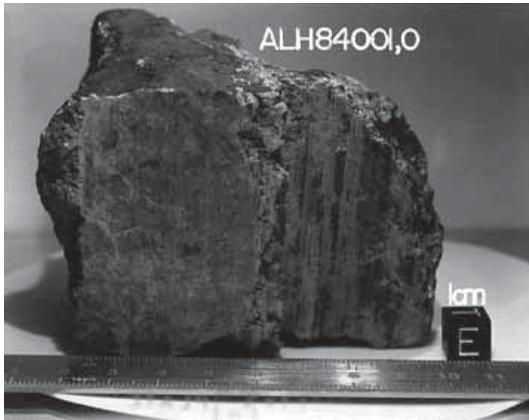
22. いん石はどこからやってくるの？

いん石の大部分は、火星と木星の軌道間の小惑星帯からやってくると考えられています。小惑星どうしが衝突してできた破片の一部が軌道を変え、その軌道がたまたま地球の軌道と交わり、地球に衝突すると考えられています。地球の大気に突入するものは、ほとんどが数ミリグラム程度と小さく大気中で燃え尽きてしまうのですが、とくに大きいものは地上に到達し、いん石となります。

約6500万年前、メキシコのユカタン半島に直径10キロメートルほどの巨大ないん石が衝突しました。衝突の衝撃で大量の砂やほこりが舞い上がり、太陽の光が遮られて気候変動が起こり、植物が枯れ、まず草食恐竜が、次いで食物連鎖のために肉食恐竜が絶滅しました。・・・このストーリーは、恐竜の絶滅を説明する有力な説と考えられています。幸いこのような巨大ないん石の衝突は非常にまれで、1億年に1回程度しか起こらないのですが、全地球的な被害をもたらし得ますので人類にとっても大きな脅威です。

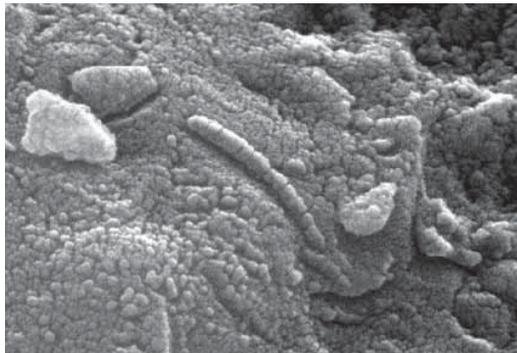
いん石の中には、月から来たことが確かなものも発見されています。また、「SNC いん石*」と呼ばれるいん石群は火星から来たのではないかと、多くの科学者が信じています。





火星からやってきたと
考えられているいん石。

顕微鏡写真では、バクテ
リアの化石かもしれない
物体が見られます。



* SNC いん石とは、シャーゴッティーいん石 (Shergotty)、ナクラいん石 (Nakhla)、シャシニーいん石 (Chassigny) の3つのいん石の頭文字をとって付けられた分類グループ名です。それぞれ、発見された場所 (インド Shergahti, エジプト El-Nakhla, フランス Chassigny) から名付けられました。火星から来たと考えられるいん石の大部分は、SNC いん石に属しています。写真の ALH84001 は SNC いん石に分類されませんが、火星に生命がいるのではないかと騒ぎのもとになりました。

23. 金星は女神？ 火星は戦いの神？

天文学は歴史が古いために、天体の名前にはローマ神話やギリシャ神話に由来するものがたくさん用いられています。例えば水星（Mercury）は、ローマ神話の商業と盗賊の神メルクリウスにちなんだ名前です。水星が天空を素早く移動することから、名付けられたと考えられます。金星（Venus）は愛と美の女神ビーナスに由来しています。金星がこのように名付けられたのは、おそらく天空で最も明るく輝く惑星だったからでしょう。ビーナスは、火星（Mars）の由来である戦いの神マルスの恋人でもあります。

惑星の中でも地球（Earth）だけは、ローマ神話やギリシャ神話をもとにしていません。ギリシャ語では地球のことをガイア（Gaia）と呼びますが、ガイアはギリシャ神話に登場する大地の女神、神々の母です。

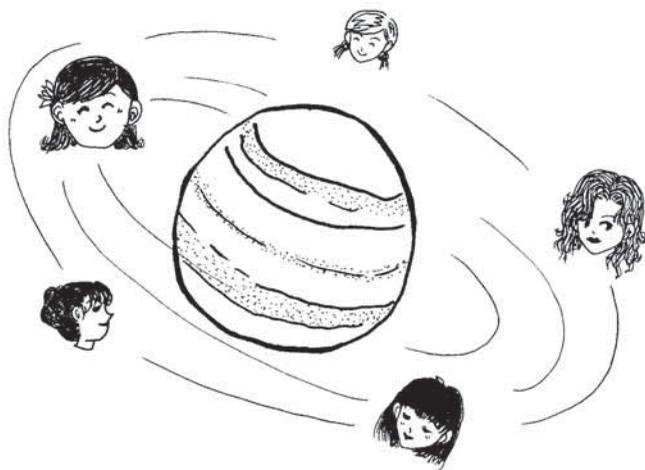
惑星名とローマ神話の神様の名前の対応

| 日本名 | 英語名 | ローマ神話の神様の名前 |
|-----|---------|-------------------|
| 水 星 | Mercury | メルクリウス（商業、盗賊の神） |
| 金 星 | Venus | ビーナス（愛と美の女神） |
| 火 星 | Mars | マルス（戦いの神） |
| 木 星 | Jupiter | ユピテル（全知全能の神） |
| 土 星 | Saturn | サトゥルヌス（農業の神） |
| 天王星 | Uranus | ウラノス（ギリシャ神話の天空の神） |
| 海王星 | Neptune | ネプチューン（海の神） |

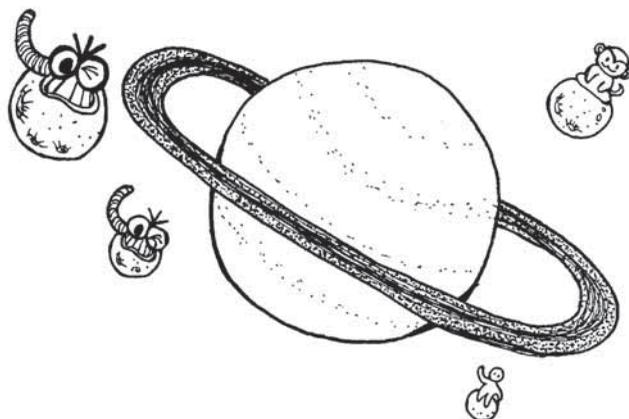
24. 木星は女性好き？ 天王星は文学的？

地球を回る月のように、惑星のまわりを回る天体を衛星といいます。木星には 48 個の命名された衛星があります。衛星の名前は、イオ、エウロパ、ガニメデ、カリスト、アマルテア、ヒマリア・・・。実はこれらは、女性好きで知られる最高神ゼウス（ローマ神話ではユピテル）の一生に出てくる人物の名前です。そしてその多くが、彼の恋人なのです。

一方、天王星は、女性好きの木星とは違って、どうやら文学的なようです。ほとんどの惑星の衛星の名前は古代神話に由来していますが、天王星の衛星だけは異なり、文学的な命名がなされています。ティタニア、オベロン、ウンブリエル、アリエル・・・これらは、シェイクスピア（William Shakespeare）とポーブ（Alexander Pope）の作品中の人物名からとられています。



25. 衛星の数ってどれくらいあるの？



水星と金星には衛星はありません。地球には1個、火星に2個、木星に48個、土星に34個、天王星に21個、海王星に8個の衛星と、合計114個の衛星があります。

これらは、既に軌道が決まり、命名をされている衛星の数です。最近の観測からさらに、木星に15個、土星に16個、天王星に6個、海王星に5個の小型の衛星が発見されていますが、まだ命名されていません。すべて足し合わせると、木星は63個、土星は50個、天王星は27個、海王星は13個の衛星をそれぞれ従えていることになります。

これら多くの衛星の中には、水星より大きなものや、水や大気をもつものもあります。木星の衛星であるエウロパやガニメデには、液体の水の層が存在する可能性が高いことが、アメリカのガリレオ探査機によって報告されています。生命の痕跡はまだ見つかってはいませんが、ひょっとしたら、衛星に地球外生命体が発見される日がやって来るかも知れません。

26. 神々と惑星の動き？

西洋占星術では黄道 12 星座が主役と一般に思われがちですが、実際には惑星を含めた 7 つの天体（太陽、月、水星、金星、火星、木星、土星）も大切な役割を担っています。

この 7 つの星がなぜ大切であるかと言うと、これらは季節によって見えなくなる星座とは異なり、一年中見える星なので、神々を表すものであると考えられてきたからです。惑星は「惑う星」とありますように、天球に固定された星座のあいだをフラフラとさまよい移動します。今ではこの動きの規則性は理解されていますが、古代のバビロニアの人々にはきわめて不規則に見えたようです。それはまるで、神々の意志を伴ったものであるかのように思えたのでしょう。

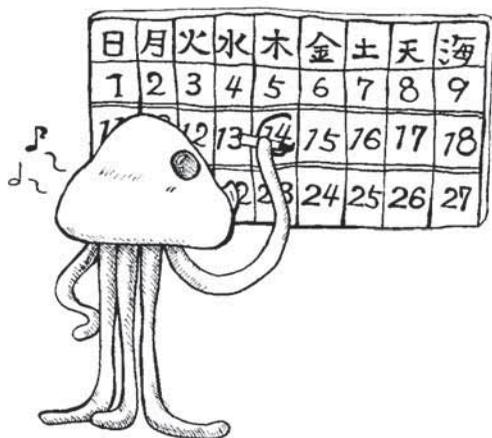
なお、天王星、海王星の 2 つの惑星は、1700 年代以降の近代になって発見されたので、7 天体には含まれていません。



27. 一週間は9曜日？

有史以前のメソポタミアから、太陽と月、そして水星、金星、火星、木星、土星は7曜日に対応して考えられてきました。例えば土曜日は、土星に関連するローマのサトゥルヌス神（Saturni）から Saturday となりました。水星に関連するゲルマン神話のオーディン神（Woden）から、水曜日は Wednesday となり、木星に関する北欧のトール神（Thor）から、木曜日は Thursday となっています。

1781年にウィリアム・ハーシェル（W. Herschel, イギリス）によって天王星が発見され、続いて1846年にガレ（J. G. Galle, ドイツ）が海王星を発見しました。有史以前から数千年の間、空に輝く太陽系の星は太陽と月と5つの惑星（水星、金星、火星、木星、土星）の合計7つの天体と考えられていましたので、それに対応する形で7つの曜日となっていました。もし、天王星などの発見がもっともっと早かったなら、一週間は9曜日になっていたのでしょうか？ とすると、天曜日？ 海曜日？ があっても・・・。



28. 太陽風って何?



太陽系には、太陽、8つの惑星とそれらの衛星、準惑星、そして小惑星や彗星などの小天体が存在しています。では、これらの天体の間の宇宙空間は、何も無い真空の状態でしょうか？実は惑星間の空間は、非常に希薄ながらも電気を帯びた高温の粒子（プラズマ）や、磁場で満ちているのです。

惑星間空間を満たすプラズマや磁場は、太陽から吹き出してきたものです。太陽は光を放つだけでなく、「太陽風」と呼ばれる高速・高エネルギーのプラズマの流れを絶え間なく吹き出しているのです。太陽風は1秒間に数百キロメートルという超高速のスピードで惑星間空間を流れています。そして、惑星の勢力範囲と衝突し、惑星環境にさまざまな影響を及ぼします。

太陽は私たちの目に見える波長帯で特に強い光を放っていますので、その光に目を奪われがちです。しかし、太陽は私たちに見えないところでも、さまざまな形で惑星環境に影響を及ぼしています。太陽のことを母なる太陽と呼ぶことがありますが、太陽は我々に陽の恵みを与えてくれるだけでなく、時には恐ろしい災厄をもたらすこともあります。まさに、怒らせると恐〜い、偉大な母親なのです。

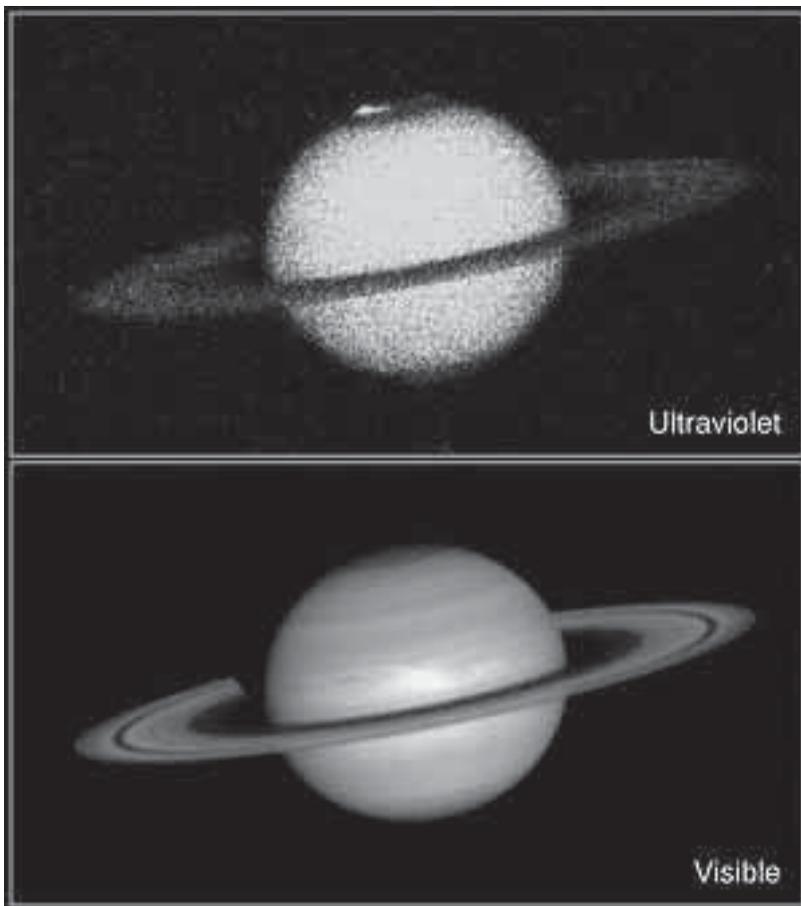
29. 太陽風は地球にどんな影響を及ぼすの？

太陽風は、秒速数百キロメートルというとても速いスピードで地球に吹きつけています。このような超高速の太陽風が地球に激突すると、いったいどのようなことが起こるのでしょうか？ 時速数十キロメートルの車と衝突しただけでも酷い事故が起きるのに、その1万倍以上の速度の太陽風が常に地球に激突しているなんて、想像しただけで恐ろしくなってしまいます。

しかしご安心下さい。実は、太陽風は地球には直接激突していません。地球は大きな磁石に例えられますように、立派な強い磁場をもっています。この磁場が、太陽風の危険な粒子から、地球を守ってくれているのです。電気を帯びた粒子（プラズマ）で構成される太陽風は、地球の磁場によって地球の手前でせき止められています。

しかし、残念ながら、この地球の磁場による防御は完全ではありません。太陽風の危険な粒子の一部は、地球の磁場の勢力範囲（地球磁気圏といいます）に入り込み、磁場を乱したり、地球の上空に降り注いだりします。この磁場の乱れによって、通信障害や送電線の遮断など、地球上でさまざまな影響が出るのです。幸か不幸か、人類は磁場の乱れを感じとることができません。イルカや鳩などの動物は磁場の乱れを敏感に感じとり、移動に混乱が生じたりするのに、人類はほとんど何も感じとることができないのです。異常事態が生じているのに何も感じとれないというのは、ある意味で危険な状態と言えます。

けれども、（鈍感な）人類が知覚できる磁気圏現象も存在しています。それはオーロラです。人類は、高緯度地方の上空に描き出される美しいオーロラの光のカーテンの舞いを、直接目で見る事が出来ます。オーロラは、地球の磁場に沿って流れ込んできた高エネルギーのプラズマ粒子が、地球の大気と衝突することによって上空100～500キロメートルの高度域で発光現象を引き起こすことで生じる現象です。



ハッブル望遠鏡で撮影した土星のオーロラ

このように、オーロラの発生には磁場と大気が必要です。木星や土星も、強い磁場と十分な大気をもつ惑星ですので、地球と同じようにオーロラの出現が期待できます。実際に、ボイジャー探査機やハッブル望遠鏡によってオーロラの発生が確認されています。

30. オーロラをもっている惑星は？

天王星も磁場と十分な大気をもっていますので、オーロラの発生が期待できます。しかし、天王星の場合は地球や木星などとは状況が少し異なっています。

オーロラは、惑星の磁場に沿って流れるプラズマ粒子が惑星大気に衝突することによって発生します。そのため、惑星の磁場が集まる高緯度領域（地球の場合は65～70度の地磁気緯度帯）で、オーロラの発生頻度が最も高くなることが知られています。一方で、天王星の磁場は奇妙な配置をしています。磁場の軸が、自転の軸からおよそ60度も傾いているのです。さらに磁場の中心は、惑星の中心から大きく外れています。ですから、天王星でのオーロラは高緯度地方でみられるのではなく、自転の極から大きくずれた場所を中心とした領域で発生することが期待されます。

海王星も同じく、奇妙な磁場をもっています。海王星の磁場は、軸が天王星と同様に傾いている上に、形状も複雑で、一本の棒磁石から作られる磁場形状とは大きく異なった形をしています。このために、海王星では、低緯度地方などのさまざまな場所でオーロラが発生します。



31. 金星にもオーロラはあるの？



夜空一面に光の束が広がり、光のカーテンがうねり波立つ。地球の高緯度地方でしばしば見られるオーロラ現象は、金星の上空では見ることが出来ないと考えられていました。それは金星が磁場をほとんどもたないからで、オーロラ現象が発生するためには惑星が大気と磁場の両方をもつことが必要だからです。

しかし、1978年から14年間にわたって行われたアメリカのパイオニア・ビーナス衛星の観測によって、金星の夜側にも紫外線の発光が微弱ながらときおり見られることが報告されました。この発光現象が生じるメカニズムはまだよくわかっていませんが、この現象をオーロラと呼ぶ科学者もいます。

金星のオーロラの解明には、今後の探査機による十分な調査が必要です。金星では、プラズマ粒子が上空大気に降り込む経路が磁場をもつ惑星と異なりますので、地球のオーロラに見られるような光のカーテンのうねりは期待できないかもしれません。また、金星の発光現象は、他の惑星のように固定された地域（固定された地磁気緯度帯）でしか見られないというものでは無い、という違いも考えられます。

32. 金星はなぜ強い磁場をもっていないの？

地球や木星などとは異なり、金星は強い磁場をもっていません。惑星の磁場がどうやってできているかについては、解明されていないことが多くあり、金星がなぜ強い磁場をもっていないのかはよくわかっていません。

地球に強い磁場があるのは、地球が磁石になっているからです。ただし、地球の内部はキュリー点を超える高温で磁性が失われてしまいますので、永久磁石をイメージすると間違いになります。少し難しい話になりますが、地球内部の磁力の発生原因としては、流体ダイナモと呼ばれるメカニズムが有力視されています。地球の内部にある誘電性の流体が回転し流れることによって、磁場を生んでいると考えられています。

数年前、“The core”という映画が上映されたのをご存知でしょうか。この映画は、「地球内部の誘電性流体の運動が止まって地球の磁場がなくなってしまうと、いったいどういうことが起こるのか？」という内容を扱ったパニック映画です。映画では地球の磁場がなくなることによって、動物が方向感覚を失い、スペースシャトルが制御不能になり、超高エネルギーの粒子が地球上に降り注ぎ、巨大なカミナリが多発する（カミナリが多発するかどうかは難しい問題で、専門家の間で意見はまとまっていません）などの災害が描かれていました。これらの災害（現象）のいくつかについては、実際に磁場をほとんどもっていない金星を研究することによって、知識を得ることができます。ただし“The core”にあるように、近い将来に地球内部の運動が止まってしまうかどうかは、よくわかっていません。

33. 惑星が磁場をもっていないとどうなるの？

金星には強い磁場が無いと言いましたが、では、惑星が磁場をもたないといったいどういうことが起こるのでしょうか。惑星間の空間には、秒速数百キロメートルもの超高速の太陽風が吹き流れているのに、金星は磁場のバリアが無くて大丈夫なのでしょう？ 太陽風の危険な粒子が金星の表面に直接激突して、危険なことが起こったりしないのでしょうか？

実は、磁場をもたない金星にもバリアは存在するのです。金星はたしかに磁場のバリアをもちませんが、電離圏の上端（イオノポーズ）をおおうように層状の電流が流れており、このイオノポーズがバリアとして、太陽風の流れをせき止める役目をします。しかし残念ながら、このバリアは磁場のバリアと比べて極めて不完全で、多量の太陽風の危険な粒子がもれだし、大気に降り込んでいると考えられています。ですから、金星では太陽風の影響は深刻です。まさに“The core”にあるような、数々の災害が起こっていると考えられています。



34. 水星にもオーロラはあるの？

繰り返しになりますが、地球のようなオーロラ現象が発生するためには、惑星が大気と磁場をもつ必要があります。水星には磁場はあるのですが、大気が極めて希薄ですので通常のオーロラは起こりません（ごく弱いオーロラや、X線領域でのオーロラが発生している可能性はありますが）。

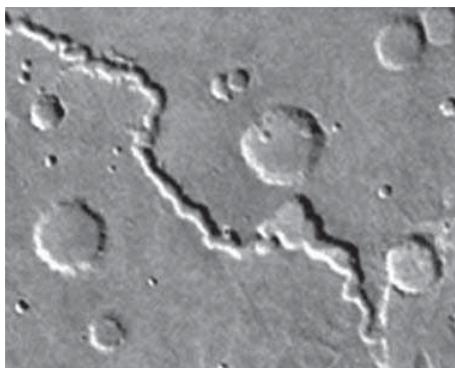
水星の磁力は地球の磁力の1600分の1程度と弱く、地球磁気圏のミニチュア版の磁気圏が形成されていると考えられています。水星では通常のオーロラこそ起こりませんが、水星の磁気圏現象はさまざまな点で注目を集めています。例えば、地球での「オーロラ爆発」現象に深い関係をもつ「サブストーム」と呼ばれる現象が、水星でも起きているのではないかという指摘があります。サブストーム現象において、大気や電離圏が果たす役割を調べる上で、地球と水星の磁気圏現象の比較は、貴重な情報を与えてくれると考えられています。



35. 太陽風に大気のはぎとられるって どういうこと?

惑星の上空は宇宙空間とつながっているため、大気の一部が惑星の重力を振り切って宇宙空間に流れ出す現象が起こります。そのように流れ出す大気の中には、太陽風の影響によってはぎとられるものも多く存在するのです。太陽風のはぎとりの効果は、地球のように磁場をもつ惑星でもありますが、金星など磁場のバリアをもたない惑星では、超高速の太陽風が地表近くにまで直接吹き流れ、大気の底深くまではぎとりの効果を及ぼし、多量の大気構成要素を宇宙空間に持ち去っていきます。

火星も金星と同じく、全球的な強い磁場をほとんど持っていません。火星は誕生してからしばらくの間（10億年ほど）は、強い磁場をもっていたと推測されていますが、その後失われてしまいました。火星の磁場が失われてから現在までの35億年の間に、太陽風によって持ち去られた水の量は、惑星表面を数十メートルの海でおおうほどの量にも達するという予想がなされています。もしその大量の水が液体として存在していたとすると、過去の火星には生命体があったのではないかという期待が高まります。

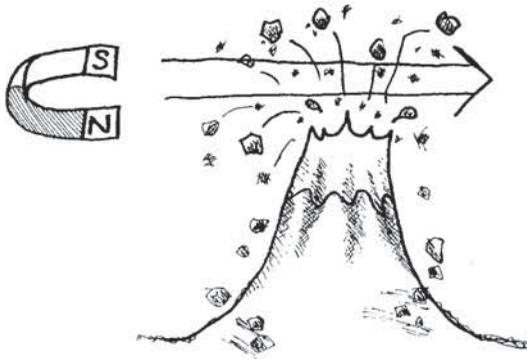


火星表面に見られる筋状の模様。過去に水が流れていた跡の可能性がります。

36. 木星の衛星イオは巨大な発電機?

木星の衛星イオには、ロキ火山を始めとした活発な火山が多数存在しています。イオの火山は硫黄や二酸化硫黄（11 を参照）のガスを吹き出し、一部のガスは宇宙空間にまで漂い出しています。漂い出た硫黄などのガスは太陽の紫外線で電離し、イオの軌道沿いに「イオ・トーラス」と呼ばれる直径 80 万キロメートルもの巨大なドーナツ状のプラズマ塊を形成します。このイオ・トーラスが木星の磁場の作用を受けて、巨大な発電機となるのです。

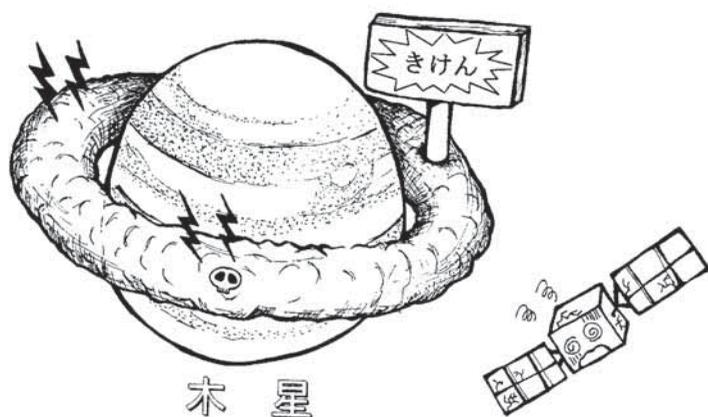
少し難しい話になりますが、電離した気体（プラズマ）が磁場を横切ると電場が生成され、発電が起こります。イオ付近のプラズマは秒速 50 キロメートルという、超高速のスピードで移動しています。このイオ・トーラスのプラズマが木星磁場を横切るときに、2 兆ワットというとても大きなエネルギーの発電を起こすのです。2 兆ワットというのは、原子力発電機 1 台の発電量のなんと 2000 倍にもあたり、日本国内での全発電量の 20 倍にもなります。ちなみに、イオ・トーラスで発電した電力の一部は、木星の極付近でのオーロラの発生に使われています。



37. 木星に旅行すると危険？

木星の磁気圏には、木星磁場に捕らえられた超高エネルギーの電離粒子が存在しており、それらが数多く存在する領域は「放射線帯」と呼ばれています。地球にも同様の領域がありますが、木星は地球のおよそ1万倍以上の強い磁力をもっているため、木星の放射線帯の方がずっと激しく危険な影響を及ぼします。もし、うかつにも放射線帯への対策を行わずに木星を訪れた宇宙旅行者がいたとしたら、その人は命を失ってしまうでしょう。

地球の放射線帯は木星のものより危険が少ないとはいえ、人類や人工衛星にとっては十分に危険な領域です。ときおり人工衛星が故障を起こし、莫大な被害が出ています。そのような事故を防ぐためにも、世界中で科学者たちが放射線帯を含む「太陽-地球間の環境」の研究を進めているのです。



38. 水星では遠くの人と短波通信できないの？



できません。地球は「電離層」と呼ばれる、電離した大気の層をもっていて、その電離層がちょうど鏡の役目をし、電波を反射してくれるのです。その反射を利用して、地球の反対側にいる人と短波通信を行えるのですが、電離層の無い水星では、電波が直接届く範囲でしか通信ができません。

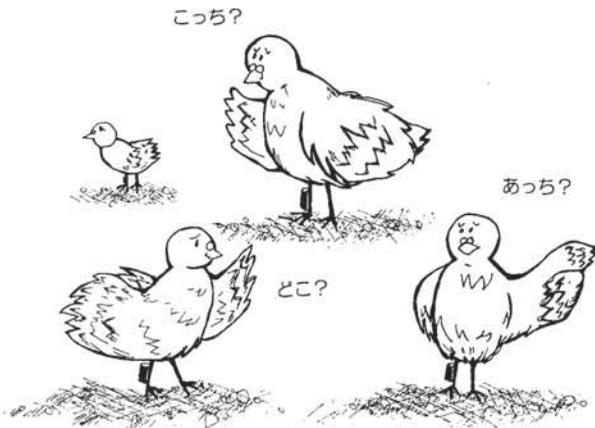
電離層が存在するためには、十分な大気をもつことが必要となります。大気がほとんど無い水星では、通信ができないばかりか、通常のオーロラの発生も期待できません。

39. 火星では伝書鳩は方向オンチになる？

生物はふだんから磁場を感じています。例えば、伝書鳩や渡り鳥などは地球がもつ磁場をたよりに移動をしていると考えられています。その証拠に、オーロラ中を流れる電流などによって地球磁場が乱れたときには、伝書鳩は方向を見失い迷子になってしまいます。

火星や金星は、地球と違って、惑星全体としては強い磁場をもっていません。ですから、地球からやってきた伝書鳩は火星では方向オンチになって、目的地に迷わずに到着することは難しくなるでしょう。

火星探査衛星マーズグローバルサーバイヤーの最近の観測によると、火星の南半球の一部では、局所的に異常に強い磁気を示す現象(magnetic anomaly)がみられることがわかってきました。伝書鳩も、火星の南半球なら迷わずに飛べるかもしれませんね。ただし、火星南半球の磁場は複雑な分布をしているので、ひょっとしたら局所的な磁場が無いときよりも、もっと迷ってしまうかもしれません。・・・



40. 水星はあばただらけ？

水星の表面は、誰かのほっぺのようにクレーター（いん石衝突孔）でデコボコとしていて、その姿は月ととてもよく似ています。では、なぜ水星にはたくさんのクレーターが残っているのでしょうか。

水星表面のクレーターは、無数の天体が衝突してできたものです。大小さまざまな無数のクレーターが 40 億年もの長い年月のあいだ、風化によってその形を失うことなく残り続けているのは、一見不思議な印象を受けます。それは実は、水星の大気が薄かったため、大気による風化がほとんど働かなかったおかげなのです。水星には、ずっと昔から大気がほとんどなかったと考えられています。水星は太陽に近いために、大気が高温・高エネルギーとなり、惑星の重力から逃げだしてしまったのです。

金星と地球にはクレーターはほとんどありません。小さいいん石は濃い大気中で燃え尽きてしまい、地表に到達しないからです。たとえ到達したとしても、大気や水の浸食によってどんどんと風化されていってしまいます。また地球の地表は、プレートテクトニクスによって壊され作り直されたりもします。木星型の惑星は表面がガスでできているので、クレーターはもちろん存在しません。



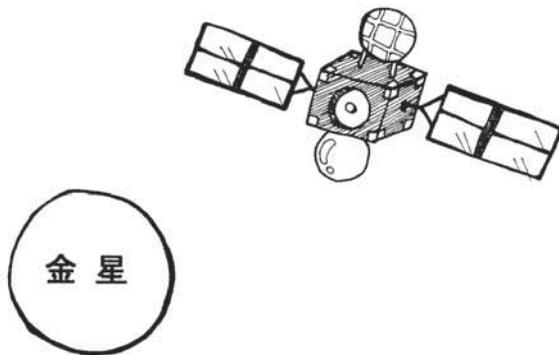
水星の近接写真

41. 金星のひまわりははるか彼方に？

地球の静止軌道に位置する気象衛星「ひまわり」をご存知でしょうか。上空 36000 キロメートル、東経 140 度に固定された「ひまわり」から送られてくる地球の雲画像データは、天気予報を始め、さまざまな分野で利用されています。

「ひまわり」のように、地球の自転と同じ 24 時間で周回し、地球上のある地点から見て静止しているように見えるためには、地球表面から地球半径のちょうど 5.6 倍の上空に人工衛星を配置する必要があります。この位置は静止軌道と呼ばれていますが、静止軌道の位置は惑星の自転速度に大きく依存しています。

金星の自転はとても遅く、一回転するのに地球の 243 倍もの時間がかかります。もし、金星に「ひまわり」のような静止軌道衛星を配置しようとする、金星半径の 250 倍という、はるか上空に打ち上げることになってしまいます。この高度は、金星と「ひまわり」の間を往復するのに光の速度でも 10 秒もかかってしまうという「遠い」距離です。



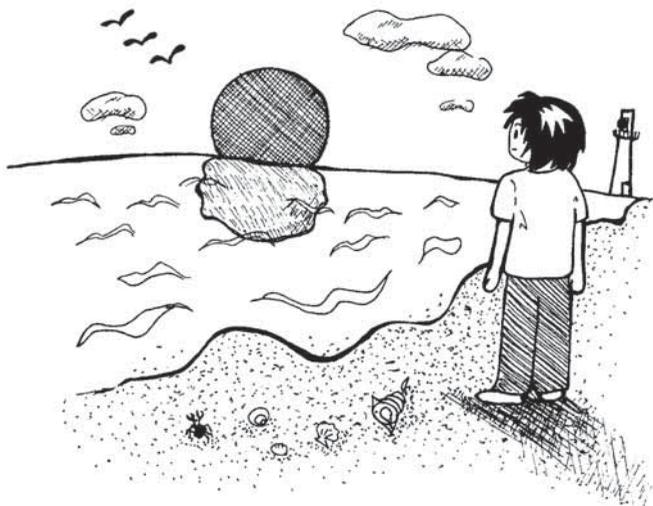
*2003 年 5 月から 2005 年 6 月までの間は、アメリカの静止気象衛星「ゴーズ9号 (GOES-9)」が「ひまわり」の代役を果たしました。

42. 水星に夕焼けはあるの？

地球の空が青いのは、青色の光が大気中でもっとも散乱されやすいからです。たとえば赤色の光にくらべて、青色の光は 16 倍ほども強く散乱されます。

では、夕焼けが赤いのはなぜでしょうか。夕方には、太陽の光は地平線に沿ってななめに進んできます。ですから、昼間よりも長い距離、大気の中を通過することになります。大気の間を長く通る間に青い光はどんどん散乱されていきますので、青い光は地表にはほとんど届きません。逆に赤い光はたくさん届きますので、地表に近い空は赤っぽく見えるのです（夕焼けの鮮やかさにはエアロゾルというの関係しているのですが、ここでは省略します）。

大気をほとんどもたない水星には、そもそも青空がありません。宇宙船から外を見たときと同じように、真っ暗な空がひろがっているだけです。もちろん夕焼けも存在しません。



43. 火星の夕焼けは何色？

それでは、薄いながらも大気をもつ火星の空は、いったい何色に見えるのでしょうか。火星の空は、実はオレンジ色をしているのです。火星の大気中には、ダストと呼ばれる砂塵が舞い上がっています。このダストの粒子の大きさは、赤色の波長に近く、太陽の光の赤の色を強く散乱します。ですから火星の空の色は赤っぽく、オレンジ色の空がひろがっているのです。

では、火星の夕焼けの色は何色なのでしょうか。火星に降り立ったマーズパスファインダー探査機が、火星の表面から撮影した夕焼けの色は、なんと「青色」でした。大気層をななめに長く通過する間に、波長の長い赤色の光は散乱を強く受けてしまい、波長の短い青色の光だけが地表に届いたためであると考えられます。ただしこの色は、大気の状態によって多少は変化することが予想されています。



マーズパスファインダーの火星着陸イメージ図

44. 蛇のとぐろの上の世界は？



昔のインドでは、私たちが住む地上は広く平らで、大きな亀の背中に乗っていて、その大きな亀は大きな象に乗り、大きな象はさらに大きな蛇のとぐろの上に乗っていると考えられていました。

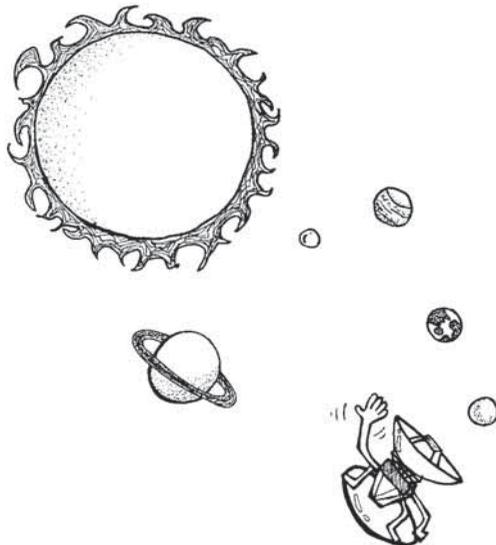
現在では、このような宇宙論を唱える人はいませんが、現実の宇宙はどことなく「蛇のとぐろの上の宇宙論」と似通っているところがあります。私たちは、地球上の世界に住んでいますが、その外には太陽が支配する世界 - 太陽系 - があります。その外には銀河系というさらに大きな世界があり、銀河系は宇宙を構成する銀河のうちの一つにしか過ぎないのです。

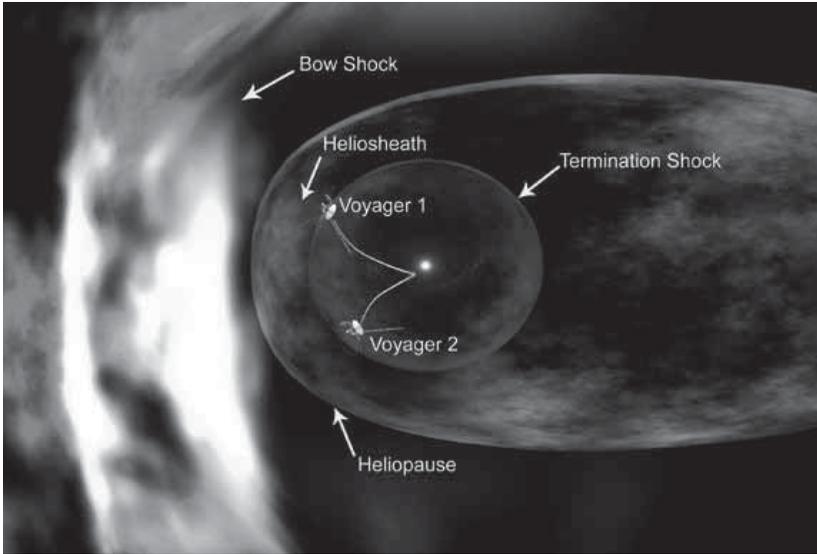
このように、宇宙はいくつもの階層からなる構造をもっています。宇宙を研究する者にとって、宇宙の世界が難しくて面白いのは、まさにその多段の階層構造のために、小さなものから大きなものまでが複雑に絡み合っているからなのです。この階層間の絡み合いの重要性は、巨大なロケットを建造するために、微小なネジまわりの緻密な設計が大切になることと似ています。

45. ヘリオポーズって何？

では、太陽系の果てはいったいどの様になっているのでしょうか。太陽から絶え間なく吹き出している太陽風は、あらゆる方向に超音速で流れています。この太陽風の流れの影響がおよぶ範囲はヘリオスフェア（Heliosphere, 太陽圏）と呼ばれていますが、一方でヘリオスフェアの外側は銀河系の恒星間ガスで満たされています。太陽風の流れは、恒星間ガスと衝突することによりせき止められ、このせき止められる境目で、ヘリオポーズ（Heliopause, 太陽圏界面）と呼ばれる太陽圏の果てが形成されています。

ヘリオポーズの位置は、太陽からおよそ 110~160 天文単位（1 天文単位は太陽と地球の間の距離）にあると考えられています。2005年5月、ボイジャー1号が太陽圏の果て近くにある、ターミネーションショック（Termination shock, 末端衝撃破面）





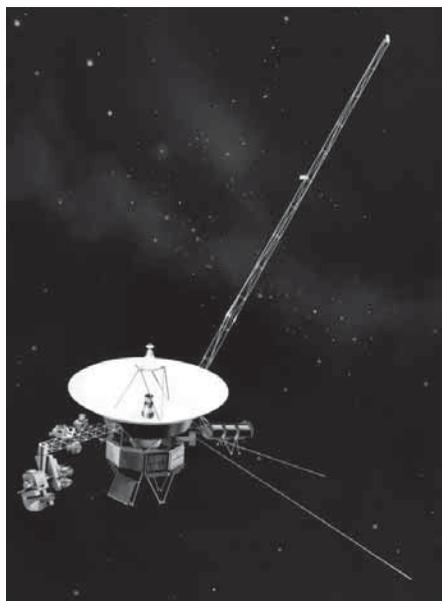
ヘリオスフェアの想像図。中央の小さな点は太陽を表します。

と呼ばれる領域を通過したと報じられました。またボイジャー1号は2012年8月にヘリオポーズを初めて通過したと報じられています。ヘリオポーズの位置は一定ではなく少々移動したりするのですが、ボイジャー1号と同様に現在も飛行を続けているボイジャー2号は、あと数年程度でヘリオポーズに到達すると予想されます。

46. ボイジャーはどこまで行くの？

アメリカの探査機ボイジャー1号・2号は、1977年の打ち上げ以来さまざまな惑星の探査を行い、惑星たちの素顔を伝えるたいへん貴重なデータを送ってくれました。特にボイジャー2号は、木星の探査に続いて、土星、天王星、海王星と、グランドツアー（大旅行）と呼ばれる惑星探査の旅を行いました。残念ながら、冥王星の探査は軌道の関係から行えませんでした。

ボイジャーは原子力電池をエネルギー源としていて、打ち上げから30年近くたった今もなお健在です。順調にいけば、2020年ごろまでは貴重なデータを送り続けてくれることでしょう。その時点でのボイジャー1号の位置は、太陽から150天文単位と予想されています。地球との通信ができなくなったその後も、ボイジャーの旅は続きます。



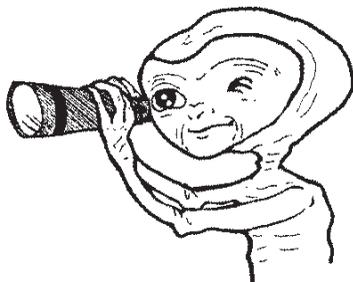
ボイジャー1号

47. 惑星は太陽系以外にもあるの？

太陽系以外にも惑星はあるの？ あるとしたらどんな性質をもっているの？ 本書を手に行っている好奇心豊かなみなさんは、このような疑問をもたれているのではないのでしょうか。太陽系外の惑星の存在は、ET(地球外生命体)への興味とあいまって多くの人々の関心を惹いています。

私たちの太陽系が所属している銀河系には、2000億個もの恒星が存在していると言われていています。銀河系のような銀河は宇宙全体で1000億個以上ありますので、太陽のような恒星は2000億個×1000億個以上、それこそ無数に存在しています。その中で惑星を従えているものは、膨大な数にのぼると予想されます。

1995年10月、ペガサス座51番星で太陽系外で初めて惑星が発見されました。この発見を皮切りに、他の恒星を周回する惑星の存在が次々と確認され、今では太陽系から数十光年の領域で発見された惑星の数は200個以上にのぼります。現在確認されている太陽系外惑星は、ほとんどが巨大なガス惑星です。というのも、発見は主に「ドップラー法」と呼ばれる手法によるものであり、この手法は、質量の大きな惑星ほど発見しやすいという特徴があるからです。しかし近年、地球の数倍くらいの大きさで、固体の表面をもつ可能性が高い惑星が発見されました。地球とそっくりの大きさと軌道をもつ惑星が見つかるのは、そう遠くはないでしょう。



48. 近い将来ほかの惑星に人類は住めるの？

みなさんは「テラフォーミング (Terraforming)」という言葉をご存知でしょうか。テラフォーミング(惑星地球化計画)とは、太陽系などにある天体を改造して、人類が定住できる環境に作り変えるという計画です。人類の生存拠点の拡大にとっては、スペースコロニー (Space colony) と並んで重要な計画です。テラフォーミングの候補としては、火星が最も有望視されています。

いかにして、火星の環境を人類が快適に生活できる状態にするか、その具体的な方法については、既にいくつかが検討されています。一つの例として、火星の極に存在する氷を溶かし、大気中に水蒸気と二酸化炭素を増やす、という方法があります。これにより、温室効果で気温が暖かく保たれることが期待できます。どのようにして極の氷を溶かすかということ、太陽の熱を集めるための大型の反射鏡を宇宙空間に設置するとか、爆弾を落して氷を溶かすという過激なものまであります。また、火星表面をおおっている炭素質物質を破碎してまきちらしたり、黒い微生物や藻類を用いることによって、太陽の入射光の吸収率を上げる方法も提案されています。

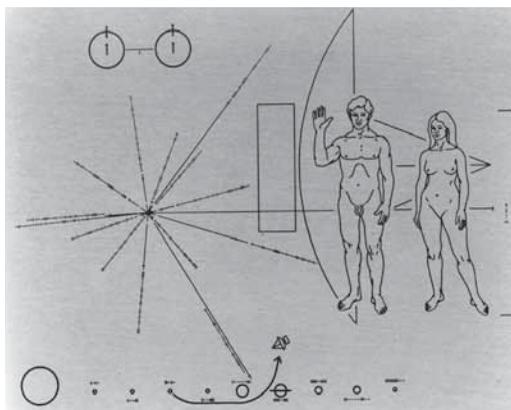
探査機によって火星の素顔が明らかになるにつれ、以前に考えられていた以上に火星は地球に近い素顔をもつことがわかってきました。それに伴い、火星のテラフォーミングの研究も進んでいます。



49. SETI プロジェクトって何？

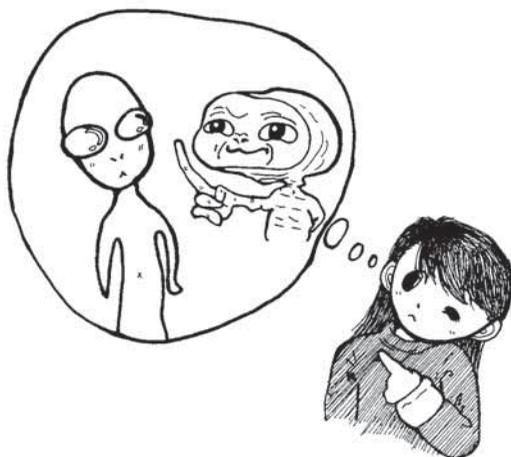
SETI(セティ)とは Search for Extra Terrestrial Intelligence (地球外知的生命体の探索)の略です。宇宙空間から地球に届く電波を解析し、文明をもった ET (地球外生命体) が発していると考えられる信号をとらえようという、ロマンに満ちた ET 探索のプロジェクトです。電波の解析には膨大な量の計算が必要なため、一般の人が所有するコンピュータにも協力してもらおうと、SETI@home プロジェクトという計画が 1999 年から動き出しました。しかし残念ながら、今のところ、ET から送信されているという決定的な信号は得られていません。

一方、現在太陽系のはるか彼方を航行しているパイオニア 10 号・11 号には、ET に向けたメッセージが彫られた金メッキの銘板が取り付けられています。パイオニア 11 号はアルファケンタウリの D 星の方向に向かっており、パイオニア 10 号は牡牛座の赤色巨星アルデバランに向けて航行中で、順調にいけば数百万年後に到着することになっています。遠く彼方にある ET が、人類から送られたメッセージを手にしたときにどの様に驚くのか・・・想像が膨らみますね。



パイオニアに取り付けられた銘板。「地球には、こんな生き物が棲んでいますよ」と、ET に教えています。

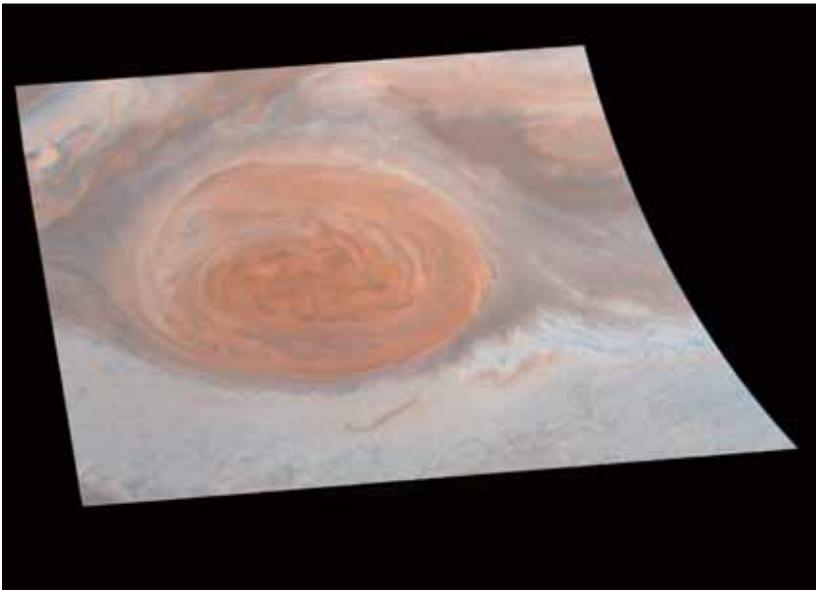
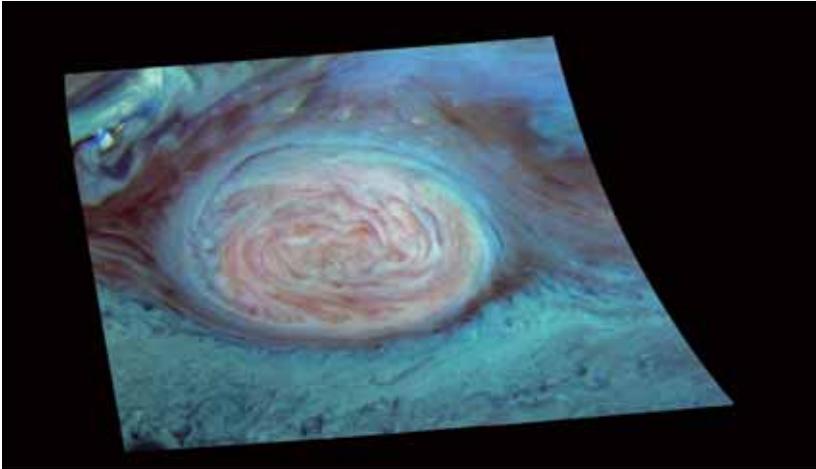
50. 宇宙人はいるの？



私たちが棲んでいるこの地球は、水も空気もふんだんにあり、木々が緑に生い茂る、とても美しい星です。太陽の光がさんさんと大地を照らし、人間を含むたくさんの生物が快適に暮らしています。

「あなたは宇宙人の存在を信じますか？」この質問は、古くから幾度となく繰り返されてきました。はるか数万年前の古代壁画に、UFO や宇宙人らしきものが数多く登場していることから、人類がいかに宇宙人に対して大きな関心を抱いてきたかがわかります。

現時点では残念ながら、宇宙人が存在するという決定的な証拠はありません。しかし、太陽系以外でも惑星が続々と発見されていることを考えると、宇宙人の存在を否定する根拠もまた無いのです。宇宙人はいるのかどうか……。その答えは、みなさんのご想像におまかせすることにします。



NASA のガリレオ衛星が撮影した木星の大赤斑。上は近赤外線フィルターで撮影したオリジナルの画像で、下は肉眼で見た色に近づくように補正したものです（18 を参照）。〈NASA 提供〉



ハッブル望遠鏡が捉えた木星のオーロラ（29 を参照）。＜NASA and the Hubble Heritage Team 提供＞



マーズパスファインダーが撮影した火星の夕焼け（43 を参照）。＜NASA 提供＞

～ 惑星のたなびく尻尾 ～

太陽系外でも、惑星が続々と発見されています。ペガサス座の恒星の周りを回る惑星には、ナトリウムや水素などを含む大気が存在することが、ハッブル宇宙望遠鏡によって観測されました。この惑星の大気は高温で、まるで彗星のように、たなびく尾を作りながら宇宙空間に逃げ出していると考えられています。面白いことに、この尾のたなびきは恒星から見て斜めの方向を向いています。なぜ斜めにたなびいているのかはまだよくわかっていないのですが、恒星から吹き出すプラズマ流が関係しているという説もあります。

地球などの太陽系の惑星の磁気圏も、すこし斜めにたなびいています。太陽から常時吹き出しているプラズマ流（太陽風）は太陽から放射状に流れているのですが、地球などの惑星は太陽風の流れに対して横方向に公転していますので、磁気圏はすこし斜めにたなびくのです。

資料／イラストの提供・出典

表紙裏, 4 : 国立天文台編「理科年表」丸善株式会社

13 : P. Lowell, <http://www.exploringmars.com>

16, 18, 22 : NASA

29 : J. T. Trauger 他

35, 40, 43, 45, 46, 49 : NASA

惑星 50のなぜ



第 4 版

| | |
|--------------|---|
| 発行日 | 2012年7月26日 |
| 企画・制作 | 名古屋大学宇宙地球環境研究所 りくべつ宇宙地球科学館 豊川市ジオスペース館 |
| 文 絵 編集 | 寺田 直樹 大村 純子 野田ゆかり |
| 発行 | 名古屋大学宇宙地球環境研究所 (〒464-8601 名古屋市千種区不老町) http://www.isee.nagoya-u.ac.jp/ |
| 印刷・製本 | 株式会社 T. P. O. (〒441-8077 豊橋市神野新田町中洲3番) |

本冊子は、平成18年度名古屋大学地域貢献特別支援事業の一環として制作されました。

All rights reserved.