

## 第9章 太陽系

### 9-1 太陽系全体像

太陽系とは、われわれが住む地球を惑星として持つ恒星・太陽が、その重力で拘束している天体群、あるいは天体が存在する範囲を指す。われわれの太陽系は、太陽を中心に8つの惑星、惑星になりかけたものの成長できずに終わった準惑星、小天体群や衛星、それに広大な空間に存在する惑星間塵や主に太陽から放出されているプラズマ、高エネルギー粒子などで構成されている。

太陽系のほとんどの質量(99%)は、太陽が担っており、惑星を含めた他の天体をすべてあわせても太陽の質量の100分の1にも満たない。太陽系に属する天体は、基本的には太陽の重力の支配下にある。惑星や小天体、惑星間塵にいたるまで、その強大な重力に支配されており、太陽をめぐる軌道にある。

太陽系の天体は、惑星、準惑星、太陽系内小天体の三種類に分類される。

惑星は国際天文学連合により、(1)太陽を周回し、(2)十分な質量があって重力が強いために、固体に働く種々の力を上回って平衡形状(ほとんど球形)となり、(3)自分の軌道の周囲から、衝突合体や重力散乱によって、他の天体をきれいに無くしてしまったものと定義されている。公転軌道が太陽に近い順から水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星の8つである。水星がもっとも小さく、木星が最大である。このうち太陽に近い4つの惑星、水星、金星、地球、火星は岩石質からなり、外側の4つの惑星、木星、土星、天王星、海王星はガスの割合が多い。前者を地球型惑星、後者を木星型惑星と呼ぶ。しばしば後者をさらに細分化し、木星と土星を巨大ガス惑星、天王星と海王星を巨大氷惑星と分けて呼ぶ場合も多い。これは同じ木星型惑星でも、木星や土星が太陽とほぼ同じ水素やヘリウムからできているの対し、天王星や海王星は中心に巨大な岩石を含む氷の核をもつという、内部構造のちがいによる。

8つの惑星の軌道は、ほぼひとつの平面に沿っている。地球の軌道面を黄道面と呼ぶが、ほとんどの惑星の軌道面は、黄道面からの傾きは10度未満である。これは第10章でも紹介されるように、惑星系の形成シナリオを考えると、自然に納得できるものである。

またそれぞれの軌道はほぼ円に近く、お互いに交差するようなことはなく、数値計算によっても太陽系の年齢のオーダーできわめて安定である。

惑星に準じるほど大きな天体だが、惑星の定義のうち(3)を満たさないものを準惑星と呼ぶ。その代表が冥王星である。冥王星は、発見当初はほぼ単独で、その軌道領域にあると考えられ、第9惑星とされていた。しかし、1992年以後、同じ領域に続々と小天体(太陽系外縁天体)が発見され、冥王星の大きさを超える天体も見つかったため、その軌道領域の付近から、他の天体をきれいに無くしてしまったとはいえない状況にあり、惑星に含めないことになっている。準惑星は、2006年の国際天文学連合で策定された新しい種別である。準惑星は2012年現在、小惑星帯のなかでもっとも大きなケレス、および太陽系外縁天体の中では冥王星とエリス、ハウメア、マケマケの五天体となっている。

ところで、太陽系外縁天体であり、なおかつ準惑星とされた天体群は、特に冥王星型天体と呼ばれている。

準惑星よりも小さく、(2)の条件も満たせない天体群が、太陽系小天体である。その成分や特徴によって小惑星や彗星などに分類されている。

小惑星は主に地球型惑星の存在領域と木星型惑星の存在領域の間、つまり火星と木星の間に小惑星帯と呼ばれる主に岩石質からなる小天体である。その数は軌道が決まったものだけでも、すでに二十万個を超えている。さらに、木星型惑星の存在する領域の外側、つまり海王星の外側には、氷を含んだ小天体群が存在する領域があり、太陽系外縁天体と呼ばれている。(エッジワース・カイパーベルト天体、あるいはカイパーベルト天体または海王星以遠天体とも呼ばれることがある)。これらの小天体群は、主に黄道面に沿って順行軌道を描いているものが多数を占めているが、なかには大きく傾いた天体も存在する。

彗星は、氷をはじめとする揮発性物質が含まれる小天体で、太陽に近づくとそれらが蒸発し、質量放出をする。彗星は一般に軌道が細長く、ほとんど放物線や弱い双曲線軌道を描くものもある。周期が200年以下のものを短周期彗星、それ以上のものを長周期彗星と便宜的に呼んでいる。短周期彗星の大部分は、惑星と同じ黄道面に集中し、惑星のめぐる向きに公転しているが、長周期彗星は黄道面とはほぼ無関係で、ランダムに分布している。このことから、短周期彗星は太陽系外縁天体が、また長周期彗星はオールトの雲と呼ばれる、太陽系を大きく取り巻く球殻状の小天体群が、それぞれ起源と考えられている。ただし、後者のオールトの雲については、実在が間接的に示されているにすぎない。天文学的には、観測されたときに、その小天体に質量放出の兆候があるものを彗星、それが確認されずに恒星状のものを小惑星と定義している。ただ、最近では明らかに小惑星帯に存在しながら、彗星的な質量放出がみられるものや、彗星のような軌道を持ちながら質量放出がみられない小惑星などが発見されており、その境界は曖昧になりつつある。

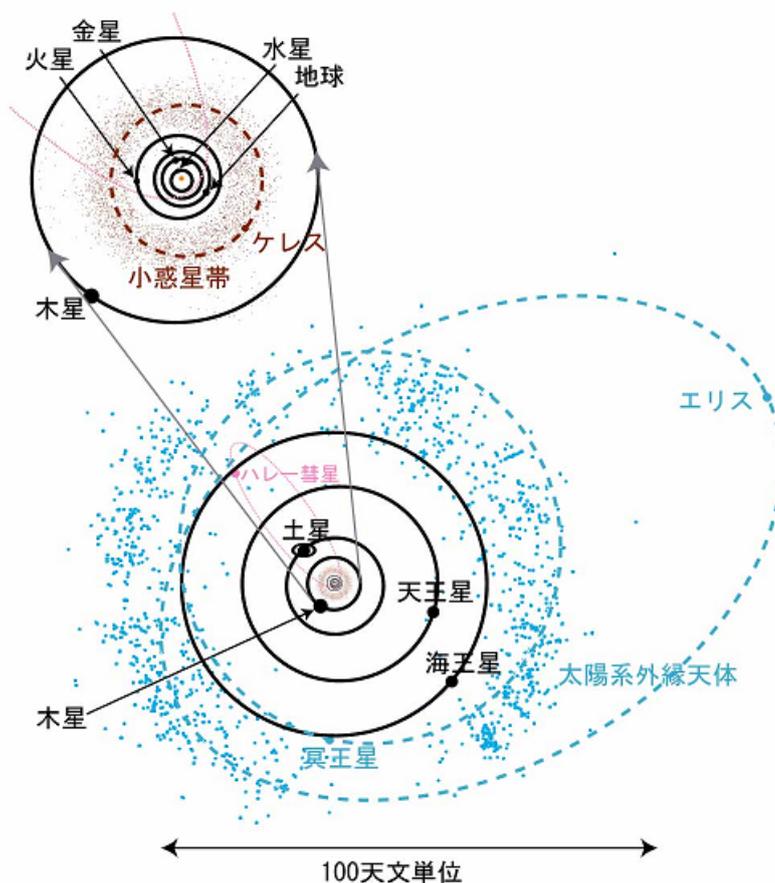
衛星は、惑星や小天体の周りを回る軌道にあり、その母天体に対して小さく、なおかつ一般的には、その重力圏を離れるだけのエネルギーがないものとされる。木星型惑星の衛星については、母惑星に近い軌道を同じ向きに回るものと、相当に外側を逆向きで回る逆行衛星群が知られている。木星などの周囲では、惑星である水星よりも大きな衛星が存在する。

太陽系には、そのサイズが小さな砂粒や塵も黄道面を中心に多数存在している。これらは惑星間塵と呼ばれ、やはり太陽を公転しているが、これだけ小さいと太陽からの放射圧(光の圧力)や、電磁気的な力など、重力以外の力が働くようになる。惑星間塵の力学的寿命は太陽系の寿命に比べて圧倒的に短く、重力以外の効果のために、次第に軌道が小さくなっていき、太陽の近づいて融けてしまう。そのため、彗星や小惑星が、その供給源と考えられている。

太陽系空間は、常に太陽から吹き付ける太陽風と呼ばれる、プラズマの風が吹いているが、これについては太陽の項目を参照されたい。ちなみに、この太陽風が星間空間の電磁気的な風(銀河風)とせめぎあう場所までの範囲を太陽圏(ヘリオスフェア)と呼んでいる。太陽から約90億kmから150億kmのあたりに境界があるといわれているが、境界面はヘリオポーズと呼ばれる。太陽活動によって、この場所は変動している。電磁気的には、

太陽風が星間風とせめぎ合う場所が太陽系の範囲とする考え方もあり、そういう意味で太陽系の果ては、ヘリオポーズといっても構わない。ただ通常、太陽系の果てといえば、太陽がその重力の影響を保ち、他の恒星などの重力に打ち勝って、天体を重力圏内にとどめておける範囲で、一般にはオールトの雲までと考えられる。一方、惑星が存在する黄道面付近の延長上で考えると、太陽系外縁天体の端あたりが太陽系の果てと呼ぶ場合もあり、明確な定義はない。

(\*) 太陽系の主な構成要素である主な天体の各種データについては、まとめておく。  
(この表が必要か否か編集判断を)



太陽系の概観図。上が木星までの軌道図で、木星と火星の間に無数の小惑星が存在している。下は、その外側の軌道図で海王星の軌道の外側には太陽系外縁天体が分布しているのがわかる。薄く書いた楕円形の三つの軌道は、彗星の代表例としてハレー彗星、準惑星のケレス、冥王星型天体でもあるエリス、冥王星の軌道図を示す。(日本学術会議・対外報告「国際天文学連合における惑星の定義及び関連事項に関する取扱いについて」より)

## 9-2 地球型惑星

### 9-2-1 水星

水星は、太陽系の惑星の中では最も太陽に近い惑星である。太陽からの距離は、平均して 0.39 天文単位だが、軌道の中がみ具合である離心率はやや大きい。太陽に近ければ近いほど、太陽を巡るスピードが速くなるため、水星は太陽を駆け足でまわっている。そのスピードは、惑星の中でも最速で秒速 47.4 キロメートルである。公転周期は約 88 日である。また、水星は太陽系の中では最も小さい惑星である。重さも大きさも 8 つの惑星の中では最小であり、直径は約 4900km と地球の半分以下である。木星や土星の衛星群の中には、この水星よりも大きな衛星がある。水星には衛星はなく、惑星の中では唯一、大気がほとんどない。

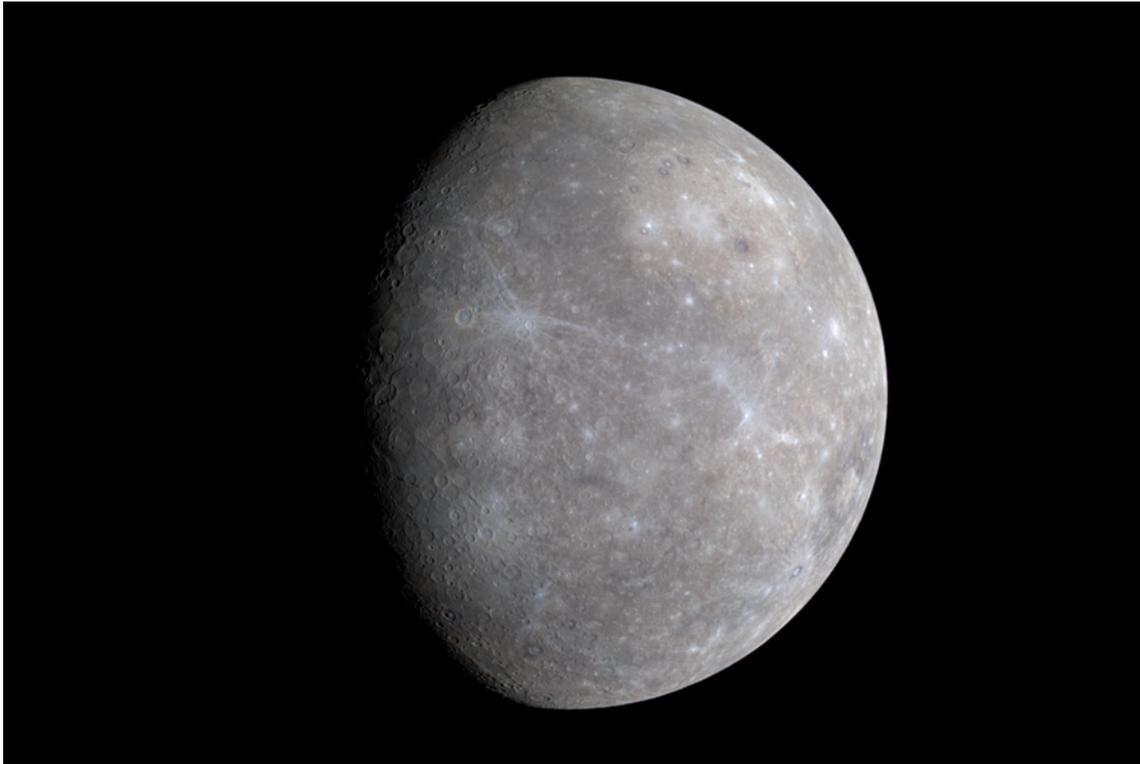
水星の自転は特殊な状況になっている。太陽に近いため、その重力の影響で、公転周期と自転周期が整数比の関係にあるからである。月の自転周期は、その公転周期と 1 : 1 になっているが、水星の場合は 3 : 2 となっている。水星の自転周期は 58.6 日、つまり公転周期 88 日の 3 分の 2 である。水星表面に降り立つと、太陽が東から昇り、西に沈むまで 88 日、夜も 88 日続くことになる。これがちょうど公転周期に相当する。これだけ昼も夜も長い上に大気がないので、昼の表面は熱く、夜は冷えて冷たくなり、その差は 500 度にもなる。

肉眼で見える惑星の中でも、水星は最も観察しにくい対象である。かなりのベテランの天文ファンでも、見たことがない人もいる。その理由は、最も太陽の近くを回る惑星であるためだ。地球より内側を巡る惑星を内惑星、外側を回る惑星を外惑星と呼ぶ。外惑星は適切な時期になると、太陽と反対方向の深夜の夜空に輝くのに対して、内惑星は地球から見ると太陽のそばから大きく離れることがない。したがって夕方か、明け方にしか見えない。内惑星が太陽から見かけ上、最も大きく離れるときのことを「最大離角」と呼ぶ。地球のすぐ内側の惑星・金星の場合、最大離角の時には太陽から 50 度も離れるので、誰でも簡単に眺められが、水星はもっと内側なので、最大離角の頃でも、せいぜい 28 度どまりである。そのため日没後すぐの西の地平線か、あるいは日の出前の東の地平線の近くにしか見えない。金星よりも低く、なおかつ暗いので、よほど大気が透明で、低空まで雲がない条件でないと観察できない。

この観察しにくさによって、長い間水星は謎の惑星で、情報が得られなかった。アメリカの水星探査機マリナー10号が初めて接近し、その表面が月のようにクレーターに覆われていることが明らかになった。大気がないために天体衝突の痕跡がそのまま残されているのである。

大小のクレーターに混じって、直径 1300 km にも及ぶカロリス盆地と呼ばれる巨大な地形がある。大きな小惑星の衝突と、その溶岩流出によって形成されたと考えられる。おもしろいことに、この盆地のほぼ正反対の部分（対極点）には、たくさんの直線状の丘陵が複雑に錯綜する地域がある。これは衝突の衝撃が水星の内部を伝わって、ちょうど正反対の場所で集中したために形成されたと思われる。また、ところどころにリンクルリッジと呼ばれる崖のような地形が見られる。これは水星が収縮したときにできた”しわ”のようなものと考えられている。

水星は、小降りの割には密度が大きい。内部の中心核にはぎっしりと鉄が詰まっていて、その大きさも半径の4分の3を占めている。水星形成時の衝突によって、外側の軽い部分が飛ばされたのではないかとシナリオが提案されているが、よくわかっていない。マリナー10号から30年ほど探査が行われていなかったが、アメリカの探査機メッセンジャーが2008年から新たに探査を行っており、2014年に日本とヨーロッパ共同の探査機ベピ・コロomboが新しい知見をもたらすに違いない。



「水星探査機メッセンジャーによって撮影された水星 (Credit: NASA/Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory/Carnegie Institution of Washington)

---

## 9-2-2 金星

金星は太陽から2番目の距離、そして地球のすぐ内側をまわっている内惑星である。太陽からの距離は平均して0.72天文単位で、地球よりも3割ほど太陽に近い場所を公転している。公転周期は224.7日である。

金星は、地球の双子といわれている。赤道半径は地球が6378kmに対して、金星は6052kmとほぼ同じだからである。質量は金星は地球の82%と微妙に軽めである。ちなみに金星には衛星はない。

金星の大きな特徴は、自転が他の惑星とは異なり、逆向き、すなわち北からみて右回りであることだ。自転周期はきわめて長く243日である。自転軸が横倒しの惑星としては天

王星があるが、完全に逆向きに回っている惑星は金星だけである。金星の自転は惑星が生まれてから、次第に変化して、この状態に落ち着いたと考えられている。この自転周期には地球の影響も残されている。金星が地球に近づく会合周期は584日である。金星の表面の一地点から空を観察したとすると（実際には厚い雲に覆われて見えないのだが）、太陽は西から上って東へ沈む。自転と公転が重なり、金星の一日（太陽が金星の一地点から見て一周する周期）はちょうど116.8日となる。この値を5倍すると会合周期の584日となる。つまり、地球と会合するとき、まるで月のように、金星は必ず同じ面を地球に向けているのである。

金星は非常に厚い雲が全面を覆っているので、表面を観測することはできない。この雲は、地球のように水や氷ではなく、硫酸の雲である。その下は、灼熱地獄となっていて、表面の温度は470度、大気も濃くて90気圧もある。そのために、硫酸の雲から落下する硫酸の雨は、途中で蒸発してしまい、表面まで届かない。地球型惑星でも最も熱い惑星といえるだろう。これだけ熱くなっているのは、金星の大気の大部分を占める二酸化炭素が、温暖化ガスとして、いわゆる「温室効果」をひきおこしているからである。

この厚い雲は太陽の光を効率よく反射する。この雲の反射率は0.78、つまり入ってきた光の78%を反射する。太陽系の惑星の中では海王星について2番目に高い反射率である。地球に近いことと相まって、地球から見える夜空に輝く天体の中では、金星は太陽と月に続いて3番目に明るい天体である。日の出のときに東にあらわれる金星を「明けの明星」、日没のときに西にあらわれるのを「宵の明星」と呼ぶ。水星と同じ、内惑星なので、太陽から最大離角46度までしか離れないので、せいぜい日の出の3時間前から、あるいは日没の3時間後までしかみることができない。その輝きはマイナス4.6等に達し、美しさから、英語では美の女神ビーナスの名前がつけられている。金星が最も明るくなったときを、天文学用語では最大光輝あるいは最大光度と呼ぶ。そのときの金星の明るさは、あたりに街灯などが無い暗い場所であれば、影ができるほどである。

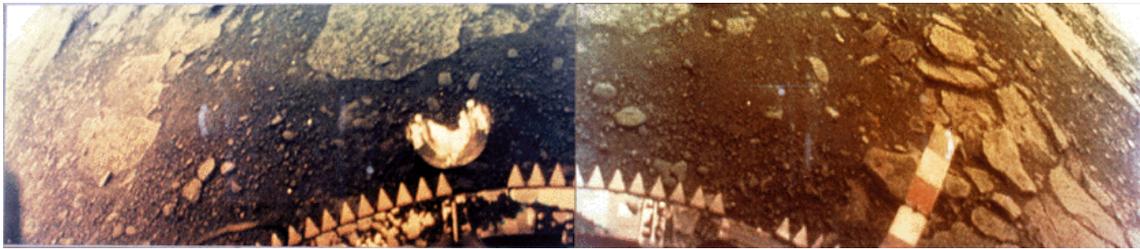
金星の気象現象は謎に満ちている。スーパーローテーションと呼ばれる、超高速の風が吹いているからだ。この風は、わずか4日で金星を一周するほど強く、風速は秒速100mに達している。どうして、これほど早い風が吹いているのかについては、未だに謎のままである。

#### 図：ベネラ号の撮影した表面の写真

この厚い雲のために、表面の様子はよくわからなかったが、1990年に金星に到着し、周回する軌道に乗ったマゼラン探査機のレーダー観測によって、広大な高地や、火山活動によると思われる火山や溶岩地形の詳細が明らかになった。特に、直径2200kmもあるアルテミス峡谷と呼ばれる外堀状の環状地形は、コロナと呼ばれ、あちこちに存在している。マグマのように上昇してくる熱い液体塊が、地表面を押し上げてできたといわれている。高さ8kmの火山・マート山は、地球の楯状火山に似て、長大な溶岩流が流れ出した痕跡が認められる。直径が数十km程度の小規模の火山では、「ドーム」と呼ばれる地形や、「コ

ーン」と呼ばれる小さな噴火口地形もある。金星の火山活動は、その地形から判断すると、地球のものに似ているが、大陸移動はないと考えられる。

これらの火山活動は、現在も続いているかどうかについては、わかっていない。少なくともマゼラン探査機は数年ほど探査を続けたが、時間間隔をおいて同じ領域を観測した結果からは明確な火山活動に伴う地形の変化は見つかっていない。ただ、火山活動をうかがわせる証拠もいくつかある。ひとつは、厚い雲の主成分である硫酸の量である。硫酸は硫黄を含んでいるが、この硫黄はカルシウムを含む金星の岩石に吸収され続けるので、火山活動で供給してやる必要がある。また、パイオニア・ビーナス探査機の観測中に、金星の雲の上の二酸化硫黄と硫酸微粒子が減少していったことも報告されている。観測前に大規模な噴火活動が起こり、金星大気中に大量の硫黄を放出して、それが減少していったとも考えられる。近い将来、金星の火山がまだ生きていることがわかるかもしれない。



金星探査機ベネラ13号が撮影した金星表面 (NSSDC/NASA)



金星探査機マゼランがレーダー観測で明らかにした金星の地形（NASA/JPL）

---

### 9-2-3 地球と月

地球は内側から数えて3番目の惑星である。太陽系の中では唯一、生命の存在が確認されている惑星で、太陽からの距離は平均して1天文単位、1億5千万kmで、公転周期は365.24日である。地球型惑星の中では、唯一、たいへん大きな衛星である月を持っている。

正確に言えば、地球の軌道は完全な円ではない。円からの歪み具合である離心率は0.017という楕円軌道であるため、太陽からの距離が遠いときと近いときとで、約500万キロメートルほどの差がある。通常、地球が最も太陽に近づくのは新年の1月4日頃、遠くなるのは7月6日頃である。

自転はほぼ1日だが、月の影響で少しずつ遅くなっている。この遅くなるのを放っておくと、市民生活を送る基準となる時刻と昼夜が次第に合わなくなる恐れがあるので、しばしばうるう秒をいれて調整している。また、自転軸が公転面に対して約23度ほど傾いているために、公転に従って太陽光の当たり方が変化し、季節が生じている。この自転軸の傾きを保ったまま、自転軸の方向はゆっくりと変化している。これはちょうど回転するコマの傾いた回転軸が、みそすり運動するのと同じで、歳差運動と呼ぶ。歳差が一周する周期は約2万6千年である。現在の自転軸の北極方向に北極星があるが、歳差によってみかけの天の北極はどんどん動いていきますから、北極星は次第にはずれていく。エジプトのピラミッドが造られた頃、天の北極に近かったのはりゅう座の $\alpha$ 星ツバーンという恒星であり、ピラミッドの中に作られた北向きの穴は、この星に向けられたとされている。一方、1万2千年後には、天の北極はこと座のベガ、すなわち織り姫星に近づくことになる。

また、市民生活を送る上で、地球の公転周期が正確に自転周期の倍数になっていないことが、暦を作る上で工夫が必要になる。自転周期だけで暦を考えてしまうと、季節と暦がずれていく。公転周期は、365.2422なので、端数を4倍すると1に近くなるので、4年に一度うるう年として、2月29日を挿入して調整する。それでも端数が積算され、100年ほど経過すると、やはり約1日程度ずれてしまう。これを調節するために、400年に3回ほど閏年を抜くことにしている。400で割り切れる1600年や2000年を閏年とし、残りの100で割り切れる年は閏年にしないというやり方で調整しているのである。

地球は、われわれ自身が住んでいる惑星なので、その内部構造や特徴は他の惑星に比べて、かなり詳しくわかっている。固体部分は、外側から軽い岩石成分の地殻、やや重い岩石成分でできた流動するマントル、高温で溶けている鉄などの金属質の核（コア）に分けられる。地殻の一部は大陸をつくるプレートと呼ばれる板状のものに分かれ、マントルの対流などによって少しずつ動いている。これをプレート運動と呼ぶ。そのために大陸の配置は次第に変化していく。

こうした地質学的な活動は、地球内部の放射性壊変元素が壊れて熱を出すことが主な原因である。火山活動や地震だけでなく、こうした内部流動によって地球には磁場が生まれ、強さや極性も変化していく。この磁場によって、地球の周囲には磁気圏が生じ、太陽風や高エネルギーの宇宙線などが直接、地上に到達するのを防いでいる。

地球は窒素が77%、酸素が21%という極めて珍しい成分の大気を保持している。この大気成分のうち、酸素は活性が強く、通常は岩石などと容易に結びついてしまうが、生命活動のために生まれ続けており、大気として主要な割合を占めています。大気には水蒸気が微量に含まれ、約70%を海が覆っている。地球の温度は、太陽からほどよい距離であるために、水が、気体としての水蒸気、液体としての水、そして固体としての氷の三つの状態を実現できる温度となっている。そのため、水が蒸発して水蒸気となり、大気中で雨となって降り注ぎ、川になって海に流れるという循環が、地球の気象現象の特徴となっている。これらの気象現象が起こる領域は、地表から十数kmまでで、これを対流圏と呼ぶ。その上に薄い大気が層状に流れている成層圏、そして中間圏、熱圏と宇宙へ続いている。

20~60kmの上空では、酸素の大気のもとになって太陽の紫外線を吸収するオゾン層が

ある。また地上 80km よりも上では、大気成分の原子が電子と分かれて電離層をつくっていて、特定の電波を反射し、長距離の電波通信に重要な役割を果たしている。ちなみに、オーロラや流星は、中間圏と呼ばれる領域で起こる現象である。



アポロ 17 号から撮影された地球 (NSSDC/NASA) (これは不要かもしれませんがね。編集判断で。)

---

<月>

月は私たちの住む地球の唯一の衛星である。大きさはほぼ地球の 4 分の 1 と、惑星と衛

星の比率では圧倒的に大きな天体である。地球から平均して約 38 万 km のところを約 27 日で公転し、同時に同じ周期で自転している。地球から見て肉眼でも大きさがわかる天体で、太陽との位置関係により大きく満ち欠けする。重力は地球の 6 分の 1 で、ほとんど大気がない。月の公転周期は約 27 日だが、その間に地球も月も太陽の周りを公転していくため、太陽の反射光の受け方、つまり実際に月が満月を迎えてから、次の満月までの周期はやや長くて 29.5 日になる。月の満ち欠けの周期を朔望月、前者の周期を恒星月と呼ぶ。

月の自転周期は、この公転周期に等しくなっているため、月は常に地球に同じ面を向けている。表面には無数の天体衝突の跡であるクレーターがある。高地（陸）あるいは山岳地帯と呼ばれる、衝突による破片に覆われた明るい領域に多い。大きなクレーターでは、衝突時に飛び出した噴出物が再び月面上に落下し、副次的なクレーターができるが、満月近いときには、四方八方に光の筋が伸びているのがわかる。これは光条（レイ）とも呼ばれている。また溶岩の流出によってできた滑らかな海と呼ばれる、やや暗い領域もある。こうした明暗の地形が、肉眼でも見える明暗模様となって、日本ではウサギの餅つきに見立てられてきた。

ウサギの模様のある半球を通常は”表”と呼び、地球から見えない半球を裏と呼ぶ。地球から裏側を見ることはできないが、月の軌道が楕円であることなどによる秤動という現象によって、地球から月の表面の 6 割弱が見える。月のように、自転周期が地球を周回する公転周期と一致している状態を、自転と公転が”同期”しているという。このように、月の自転と公転が同期しているのは、地球の重力の影響が大きかったためと考えられている。生まれたばかりの月は、現在よりも地球の近くをまわっており、その影響も大きかったのである。起きあがりこぼしを考えるとわかりやすい。起きあがりこぼしのお尻は、頭に比べて相当に重くなっている。そのため、お尻が地球の重力に引かれるので、お尻を下にして（つまり地球に向けて）、立ち上がった状態が最も安定である。実は月の表側は、裏側に比べて、やや重くなっており、起きあがりこぼしのように、月はお尻を（つまり表側を）地球に向けて、安定した状態になった末に、そのまま公転周期と自転周期が一致したのである。

地球型惑星のなかで、どうしてこれほど大きな衛星が地球にだけ生まれたのかは謎であった。その起源に関しては、諸説あったが、現在では、地球が生まれつつある頃に、火星サイズの天体が斜めに衝突して、その破片が地球のまわりで寄り集まって地球になったという、ジャイアント・インパクト説（巨大衝突説）が有力である。このモデルだと、月の岩石と地球の岩石が似ていることや、月だけに蒸発しやすい成分が少なく、強く熱せられたことなどがうまく説明できる。また、月がかつて地球の近くにあり、次第に遠ざかっていったこととも矛盾しない。

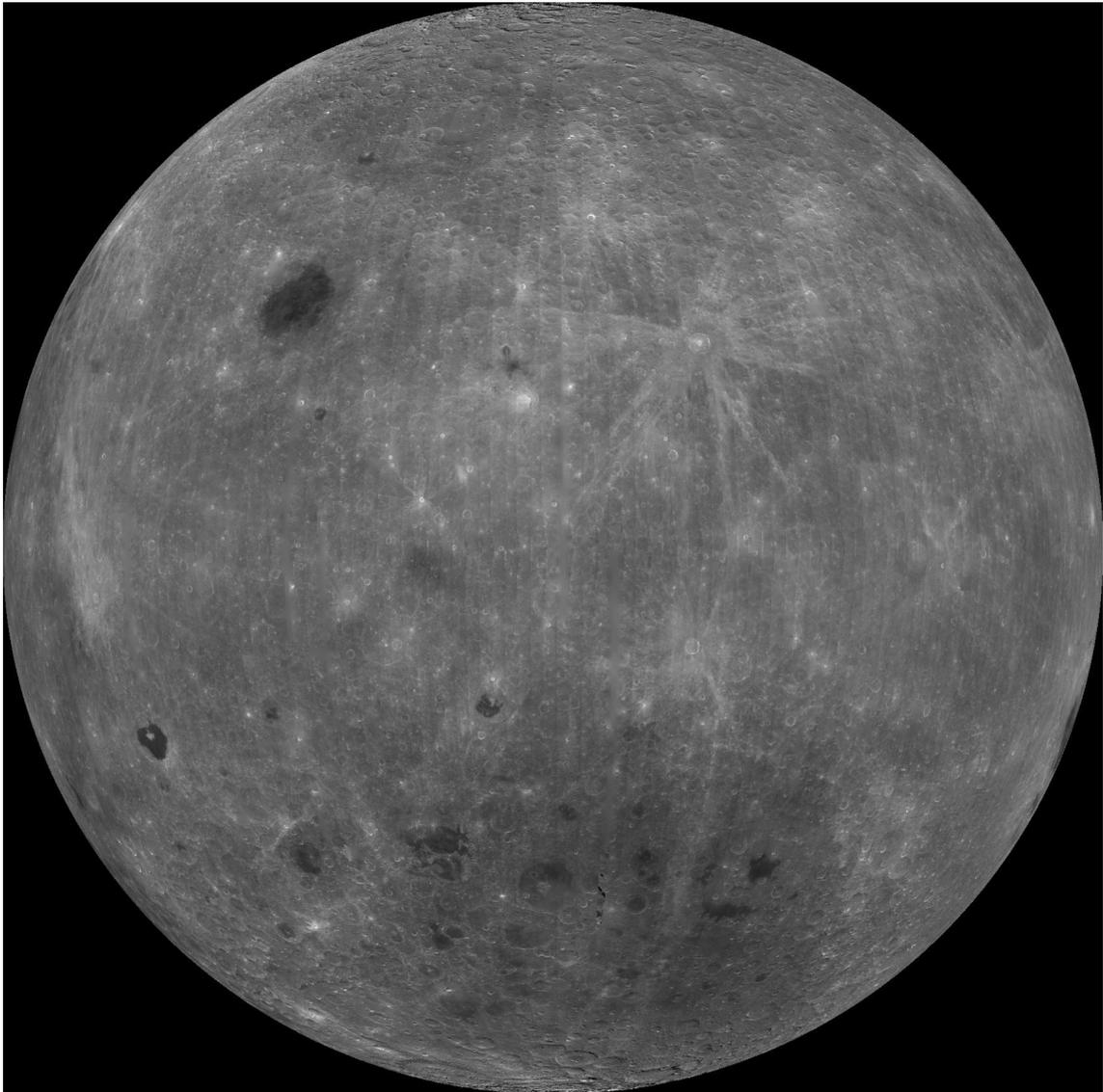
月は、地球にも大きな影響を及ぼしている。一日に 2 回海面が上下する潮の満ち干（潮汐）は、月の重力が引き起こす代表的な現象である。この満ち干によって、地球の自転は次第に遅くなり、その代わりに月はエネルギーをもらって遠ざかっている。平均的に、月は一年に 3-4 センチメートルほど遠くなっている。

ところで、月の直径は太陽の約400分の一なのですが、地球と月の距離は、地球と太陽の距離の約400分の一となっています。この偶然が、月と太陽の見かけの大きさをほぼ同じにしているために、日食という天文現象が起こる。特に月がすっぽりと太陽を覆い隠す皆既日食は、あらゆる天文現象の中でもっとも感動的な現象である。しかし、月は次第に遠ざかっていますので、遠い未来には月は太陽を覆い隠せなくなり、金環日食しか起こらなくなる。

逆に地球の影に月が入り込んで、満月が欠けるのが月食である。月食を起こす地球の影は、地球のいわば断面ともいえる。満月が欠けていくときの輪郭を見ると、丸いのがわかる。月食は、そういう意味では、月を投影スクリーンとして地球のシルエットを写し出している、壮大な影絵ともいえるのである。この影は、月よりもかなり大きいので、月が遠ざかる影響は日食よりも小さい。

日食や月食は、地球と月、太陽が一直線に並ぶような条件が必要である。月の軌道面が、地球の軌道面と5度ほどずれているので、二つの軌道面が交差する場所でしか起こらない。したがって、その頻度は、一年に2回から多くて3回となる。





月探査機クレメンタインのデータによる月の表と裏。裏は表に比べて海がほとんどないことがわかる。( NASA/JPL/USGS)

---

#### 9-2-4 火星

火星は地球のすぐ外側を公転している太陽系の第4惑星である。赤道半径は約3400キロメートルと、地球の半分以下と小振り、重力も地球の3分の1ほどである。そのため、これまで大気の相当量が宇宙に逃げてしまったと考えられている。現在の気は薄く、地球の100分の1以下の気圧しかない。成分は二酸化炭素が主成分だが、わずかに水蒸気も存在する。

地球の外側の惑星を外惑星と呼ぶ。内惑星とちがって、深夜の夜空に輝くことがある。特に火星は、約2年2か月ごとに地球に接近するが、その軌道がかなり歪んだ楕円なので、

接近距離が毎回ちがう。火星が夏から秋にかけて接近する場合には、接近距離が小さい「大接近」となる。冬から春にかけての接近時の距離は大きく、「小接近」と呼ばれている。小接近時の距離は1億キロメートルほどだが、大接近時には5600万キロメートルにまで近づくので、それだけ明るく輝くことになる。

肉眼では不気味なほど赤く見えるために、血の色を連想させ、ローマ神話の軍神マルスの名前が付いている。この色は、火星表面の鉄分を含む岩石が赤くさびた色である。慣れれば天体望遠鏡で、表面に明暗模様が見えるが、表面の明るく赤い部分には大陸や高原の、逆に暗く見える部分には海や湖の名前が付けられている。これまでの探査機によって、クレーターや火山、峡谷などが見つかっている。

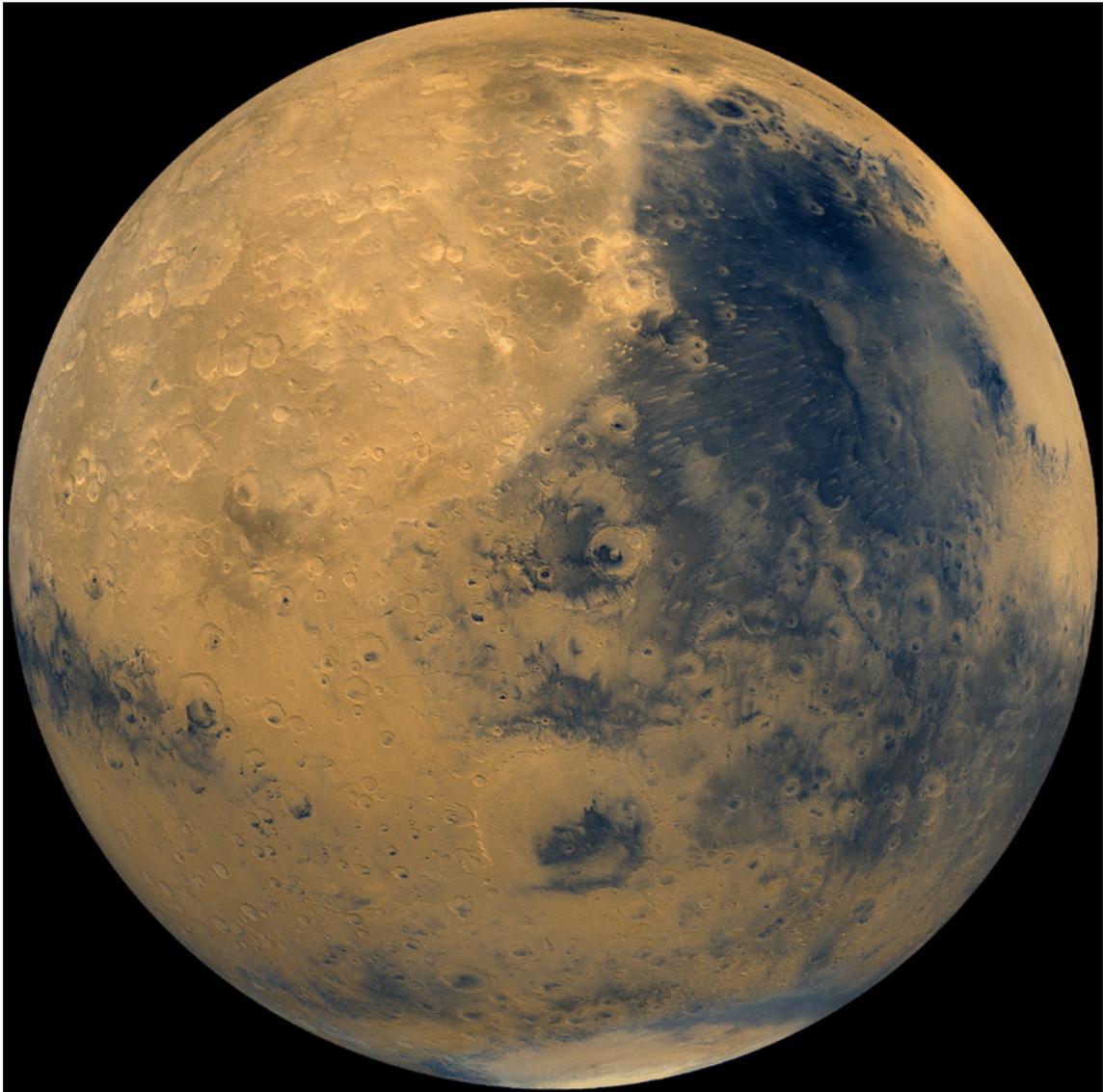
特筆すべきは水が流れたような川や洪水の跡などがあることで、かつて大気が豊富だった頃には、海があったとされている。表面からは、水中でしかできないような物質、たとえば硫酸塩鉱物（海の中の”にがり”のようなもの）や、地球では強酸性の水中や鉄泉のような熱水環境で生成する「鉄みょうばん石」などが見つかっており、堆積層などの様子からも火星の少なくとも一部は、かなりの年月にわたって海があったことは確実である。

火星の自転軸は地球と同じように傾いているために、四季がある。両極のドライアイスと氷でできた極冠という白く輝く領域は、四季に応じて大きさが変化する。気象現象も顕著で、わずかな水蒸気の雲や砂嵐も発生する。

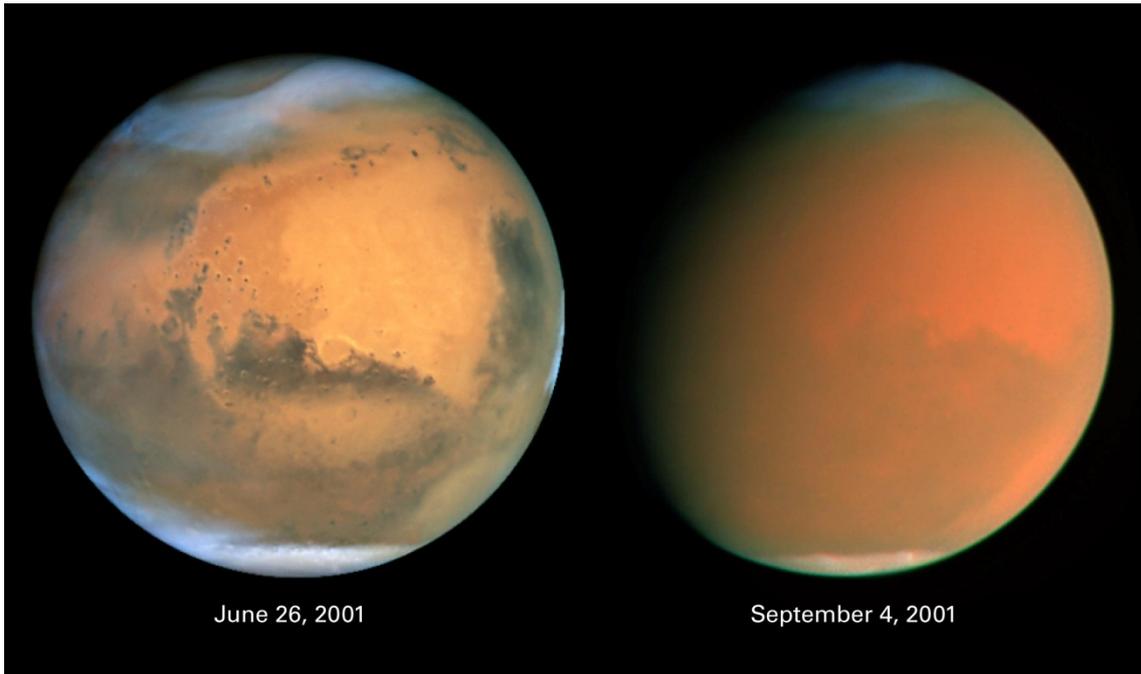
特に砂嵐は、しばしば全面を覆うほど発達する。全面を覆って、表面模様が見えなくなってしまう砂嵐を「黄雲」と呼ぶ。これは火星の大気が薄く、水蒸気も極端に少ないために起こる現象である。一度、強い砂嵐が起きると、巻き上げられた塵が太陽の熱を吸収して、上昇気流を加速し、どんどん大規模になっていく。地球の場合は、大量に水蒸気が含まれているので、雨になって上昇気流のエネルギーが吸収されてしまうのだが、火星の場合には水蒸気は0.1%以下なので雨が降らない。そのため、一旦砂嵐が大きくなるとととめどなく大規模になるのである。大接近の時に起きれば、小さな望遠鏡でも砂嵐が一週間に渡って表面を覆っていく様子がわかる。

火星の表面や大気現象を考えると、ある意味で太陽系惑星の中で地球にもっとも近い環境といえる。そのために、火星の大気を変化させて、地球のような環境にするテラ・フォーミングなども研究されている。

火星にはふたつの小さな衛星フォボスとダイモスがある。どちらも、じゃがいものようなびつな形で、おそらく小惑星が衛星になったものと考えられている。



バイキング 1 号が捉えた火星の半球。右上に大シルチス平原が緑色に見える  
(NSSDC/NASA)



ハッブル宇宙望遠鏡が捉えた通常の火星（左）と大規模な砂嵐（黄雲）に覆われた火星（NASA, James Bell (Cornell Univ.), Michael Wolff (Space Science Inst.), and the Hubble Heritage Team (STScI/AURA))

### 9-3 巨大ガス惑星

木星から外側の四つの惑星（木星、土星、天王星、海王星）は、これまで紹介した内側の岩石質の惑星たちとは性質が全く異なっている。固い地面が無く、巨大で、表面はガスが厚い層を作っている。これらをまとめて木星型惑星と呼ぶことがあるが、特に木星と土星は水素やヘリウムが多く、太陽の成分と似ていること、氷や岩石の中心核が比較的小さいことから、巨大ガス惑星と呼ぶ。

#### 9-3-1 木星

木星は太陽系最大の惑星である。直径は地球の約 11 倍、赤道半径は約 7 万 1 千キロメートル、重さは太陽のほぼ 10000 分の 1、地球の 317 倍もある。木星の成分は水素が多いので、もし現在の重さの 50 倍から 100 倍ほどの質量があれば、中心部で核融合反応が起こり、光り輝くもう一つの太陽になっていたはずである。

また、木星は木星型惑星の中では最も内側を公転する惑星である。そのため、太陽からかなり離れているにもかかわらず、夜空でもマイナス 3 等弱と、金星に次いで明るい。また外惑星なので深夜の夜空にどっしりと輝くこともあり、その風格からギリシャ神話の最高神ユピテル（ジュピター）と命名されている。

木星は公転周期は約 12 年である。地球からみた木星の位置は、黄道上を 1 年に約 30 度ずつ、東へ進むことになる。黄道上には 12 の星座があり、黄道十二宮と呼ばれていて、ほぼ 30 度毎に並んでいるため、木星はこれらの星座をほぼ 1 年毎に巡ることになる。古代中国でも、黄道を同じく十二に分けて、十二次と呼んでいたせいもあり、木星は歳を表すと言う意味で歳星とも呼ばれていた。

木星の表面にはアンモニアの厚い雲に覆われていて、東西方向に平行な縞模様が特徴である。これは東西方向の風による模様で、暗く見える部分を「縞」、明るい部分を「帯」と呼ぶ。縞模様が、しばしば突然に淡くなったり、その淡い部分に暗い柱状の模様が現れ、東西流の流れに載って急速に縞全体に広がって、元に戻る「攪乱（かくらん）」と呼ばれる現象も起こる。また、ところどころに渦を巻いた斑点のようなものも存在する。特に、南半球の中緯度帯には、まわりよりも赤みを帯びた巨大な「大赤斑」と呼ばれる斑点がある。東西 2 万 6 千キロメートル、南北 1 万 4 千キロメートルもある巨大な楕円形の模様で、周期約 6 日で回転する巨大な大気の渦である。大赤斑は、一説には 17 世紀に発見されて以降、300 年以上も見え続けているとされているが、どうしてこれだけ長く継続しているのか、よくわかっていない。

木星の中心部には重い鉄と岩石などの成分からなるコアがあり、そのまわりに厚く液体金属水素の層がとりまいている。この中心部からは、まだ相当量の熱が発生していて、木星は赤道も極もほとんど温度が変わらない。これは地球型惑星の表面温度が太陽光に支配されているのと対照的である。

木星の自転周期は、赤道付近とそれ以外の緯度では異なる。赤道付近で 9 時間 50 分、それ以外で 9 時間 55 分程度だが、このような早い自転のために、遠心力によって赤道部が膨らみ、極方向がつぶれている。また、この自転も縞模様が生じる原因のひとつである。

木星は太陽以外での太陽系最大の強力な電波源でもある。その原因は地球よりも数十倍も強力な強い磁場である。この磁場が作る磁気圏の中に、後述する活火山を持つ衛星イオが公転している。イオから放出されるガスが磁力線を横切って、巨大な電流を発生させている。その発電量は10億キロワットとも推定されているほどで、いわば巨大な発電所ともいえるだろう。その電流が粒子として木星の極地方に衝突し、オーロラが発生させ、また同時に強い電波を発生させているのである。

木星型惑星には規模の差があるものの、すべて環が存在する。木星の環の幅は6400キロメートル、木星半径の1.72倍から1.81倍に至る狭い環である。この環の近くにはふたつの小さな衛星（J15 アドラスティアとJ16 メティス）があり、その重力作用によって環を構成する小さな粒子が広がらないように保っている。これらの衛星は、環に粒子を羊にみたくて、それが散らばらないように見張っているという意味で、羊飼い衛星とも呼ばれている。

木星には60個あまりの衛星がある。一般に木星や土星には衛星が多数あるが、共通した特徴がある。母惑星に近い衛星群はサイズも大きく、その赤道面付近に軌道面を持ち、木星の自転方向の向きに公転している。これに対して、木星からかなり離れた衛星群はサイズが小さく、軌道面もばらばらで逆行しているものも多い。こうしたことから、内側の衛星群を規則衛星、外側を不規則衛星と呼ぶことがある。規則衛星は、木星などが生まれるときに形成された周惑星円盤の中で成長したもので、外側の不規則衛星群は惑星の重力に補足されたものと考えられている。木星の場合、次に述べる4大衛星を含む内側の衛星は、周期260日以下で公転する規則衛星、周期600日以上の衛星群が不規則衛星となっている。

木星の規則衛星は巨大である。特に、ガリレオによって発見された4つの衛星（イオ、エウロパ、ガニメデ、カリスト）は4大衛星（ガリレオ衛星）として、小さな望遠鏡でも簡単に観察できる。これらの衛星は興味深い現象も多い。

ガリレオ衛星のうちで、最も内側を回るイオにはたくさんの活火山がある。木星に近く、潮汐力が強く働いているために、衛星そのものが形を歪められ、内部で発生する摩擦熱によって火山活動が起きている。

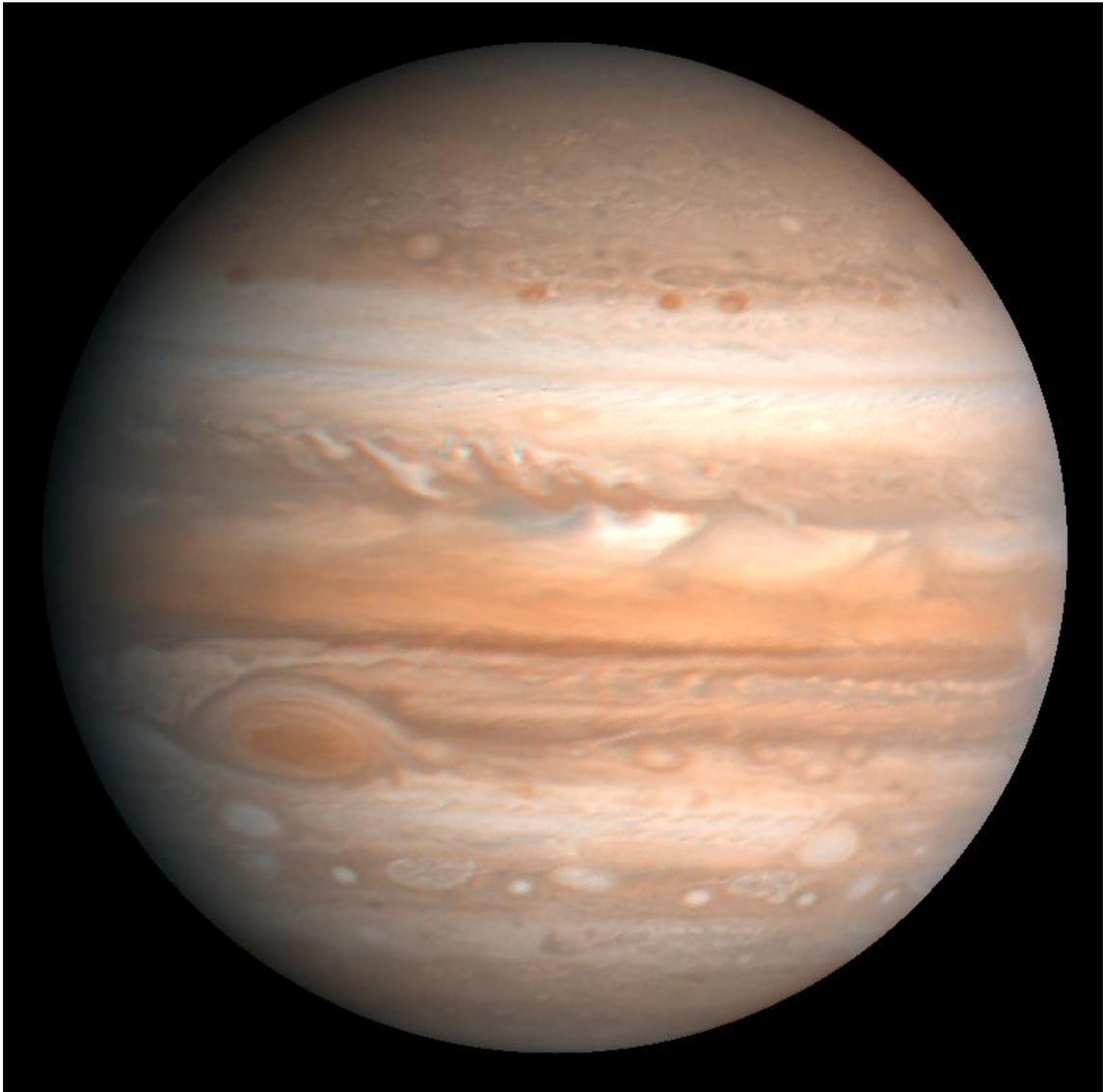
その外側を巡るエウロパは、アストロバイオロジー的視点では最も注目される衛星である。一見つやつやの氷の表面に数多くの筋が縦横無尽に走っている様子は、まるで宇宙に浮かぶマスクメロンのようなのだが、こうした模様にはクレーターが少ないことは、かなり新しい地形であることを示唆している。表面の氷の厚さは数十キロメートル以上はありとされ、氷の地殻が内部の熱で膨張し、諏訪湖の御神渡りのように盛り上がった筋をつくったり、あるいはクレバスをつくったりしつつ、しばしばいちど融解して、ふたたび凍りついたように氷の板が折り重なっているような模様も存在する。この氷の地殻の下は高圧になっていて、海が存在していると考えられる。このユウロパ地下の海では、生命が発生している可能性がある。

三番目のガニメデは太陽系で最大の衛星で、惑星である水星よりも大きい。表面は不純物の混じった氷で、ユウロパよりも黒っぽい。ガニメデの地形は古いクレーター地域と新しい地質活動の証拠と思われる溝地域とに分かれる。この溝は地下から沸き上がってきた

新しい水のマントルがあたかも地球でいう溶岩のように表面を覆いながら凍ったものと思われている。

ガリレオ衛星で木星からもっとも遠いのがカリストである。この衛星はクレーターが多いことから、地質活動は形成初期に終わったと思われる。ガリレオ衛星中いちばん軽く、その分水の比率も多い。地質活動の熱源となる放射性元素を含む岩石も少なかったとかがえられる。カリストの地形で目を引くのは多重環クレーターである。一つのクレーターを中心に幾つもの大きさの違う円形構造が同心円を成し、最外部まで 3000 キロメートルもあるものさえある。月や水星にも規模は小さいながら同じ様な構造はみられるので、一般にこれは大規模な衝突によるものと思われているが、氷の地殻が陥没してできたカルデラ状地形であるとか、水火山の湧き出し口地形であるといった説もある。

ガニメデとカリストの表面には直線状にならんだクレーター列が見つかる。クレーター・チェーンと呼ばれる、この地形は、木星の強い潮汐力で引き裂かれた彗星の破片群が衝突した跡である。



ボイジャー2号が捉えた木星と大赤斑 ( NASA/JPL/USGS )



木星のガリレオ衛星 : 左からイオ、エウロパ、ガニメデ、カリスト ( NASA/JPL/DLR )

---

### 9-3-2 土星

木星の外側を巡る太陽系の第6惑星が土星である。木星に次ぐ、太陽系では2番目に大きな巨大ガス惑星で、赤道半径は約6万キロメートルである。ただ、極半径は一割ほど短く、惑星としての扁平率は太陽系一である。これは10時間39分と短い自転周期とともに、1立方センチメートルあたり、わずか0.7グラムという太陽系最小の平均密度であることが要因である。この密度だけを見ると、水に浮くほど軽いということになる。公転周期は約29.5年である。

大気表面は、アンモニアの雲で覆われていて、木星と同様に縞模様が見られる。嵐のような擾乱現象もときどき観測されるが、木星ほど変化は激しくない。木星と同様に、土星もかなりの熱を自ら出している。土星内部では、ヘリウムが水素の中を落下し、金属水素のあたりで雨のように液滴となって、さらに落下していくといわれている。この「ヘリウムの雨」による運動エネルギーの解放が発熱のひとつの原因ともいわれている。

土星の特徴はなんといっても大規模な環を持つことである。木星型惑星の環の中で、小型の望遠鏡で眺めることができるのは土星だけである。環ははっきりしたところでも、本体の倍以上の約14万キロメートル、希薄なところまで含めれば8倍の約48万キロメートルにまで広がっている。環は氷や岩石でできた粒子からなり、数十万キロメートルという拡がりに対して、その厚みはわずか数百mといわれている。

土星の環は、発見されていった順番にアルファベットが付けられている。外側からE、G、F、A、B、C、D環と並んでおり、それぞれの環の間には、粒子が少ない隙間がある。特にA環とB環は小さな望遠鏡でもよく見える土星の環の主要部分で、その隙間は太くて、目立つ。ここは発見者の名前から「カッシーニの空隙」、またA環の内部に見える隙間を「エンケの空隙」と呼んでいる。F環、G環、そしてE環は探査機によって発見された希薄な環で、F環などには捻れた複雑な構造があることが知られている。実際には、ひとつの環といっても、衛星群との力学的作用によって数百から数千本の細かな筋構造をもっている。

環の成因については、まだよくわかっていない。ざっくりといえば、かつて土星の周りをまわっていた衛星の破片か、あるいは彗星か小惑星などの天体の破片とされている。破片同士も、お互いに衝突を繰り返しながら、次第にこのような美しい形を整えていったのだろう。環の中の細かな構造は、比較的小さな衛星が及ぼす重力の微妙な影響が作り出しているが、衛星から環へ粒子が供給されていることもわかっている。

環は土星の赤道面上にあるが、土星の自転軸が軌道面に対して約27度ほど傾いているので、地球から見ると公転周期の半分、つまり約15年ごとに環を真横から見る位置関係になる。このときには環は薄いために見えなくなる。土星の環は明るいので、この環の消失現象時には、土星の本体の近くの衛星を観測するには好都合となり、1995年にもいくつかの衛星が発見されている。

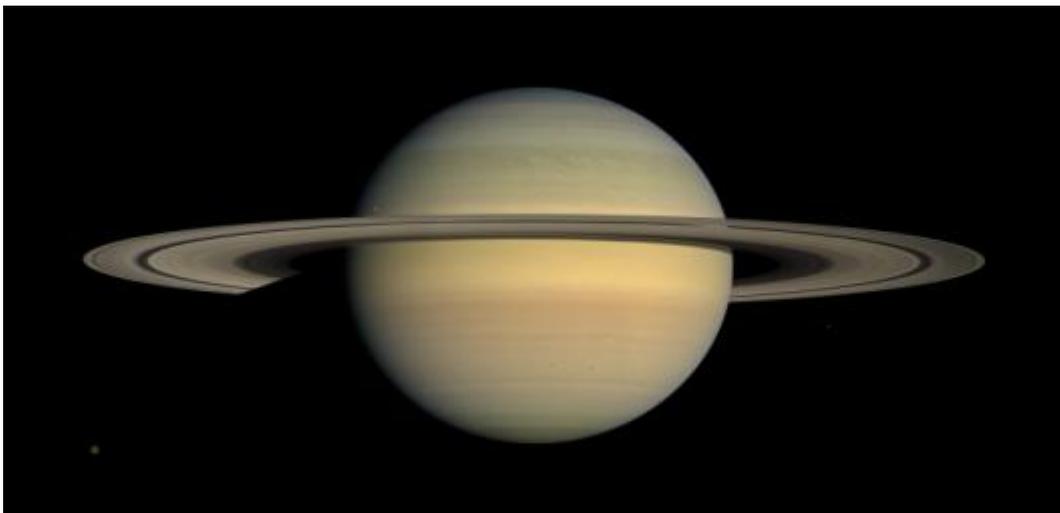
最近では、外側を巡る衛星フェーベが原因と思われる環も発見されている。この環の半

径は 1800 万 km、幅は約 600 万 km、厚さ約 120 万 km もある、環というよりドーナツ状の粒子による構造だが、フェーベの軌道面に沿っているため、赤道面と 27 度も傾いている。おそらくフェーベが長い間、彗星のように放出した塵や氷が原因であると思われる。

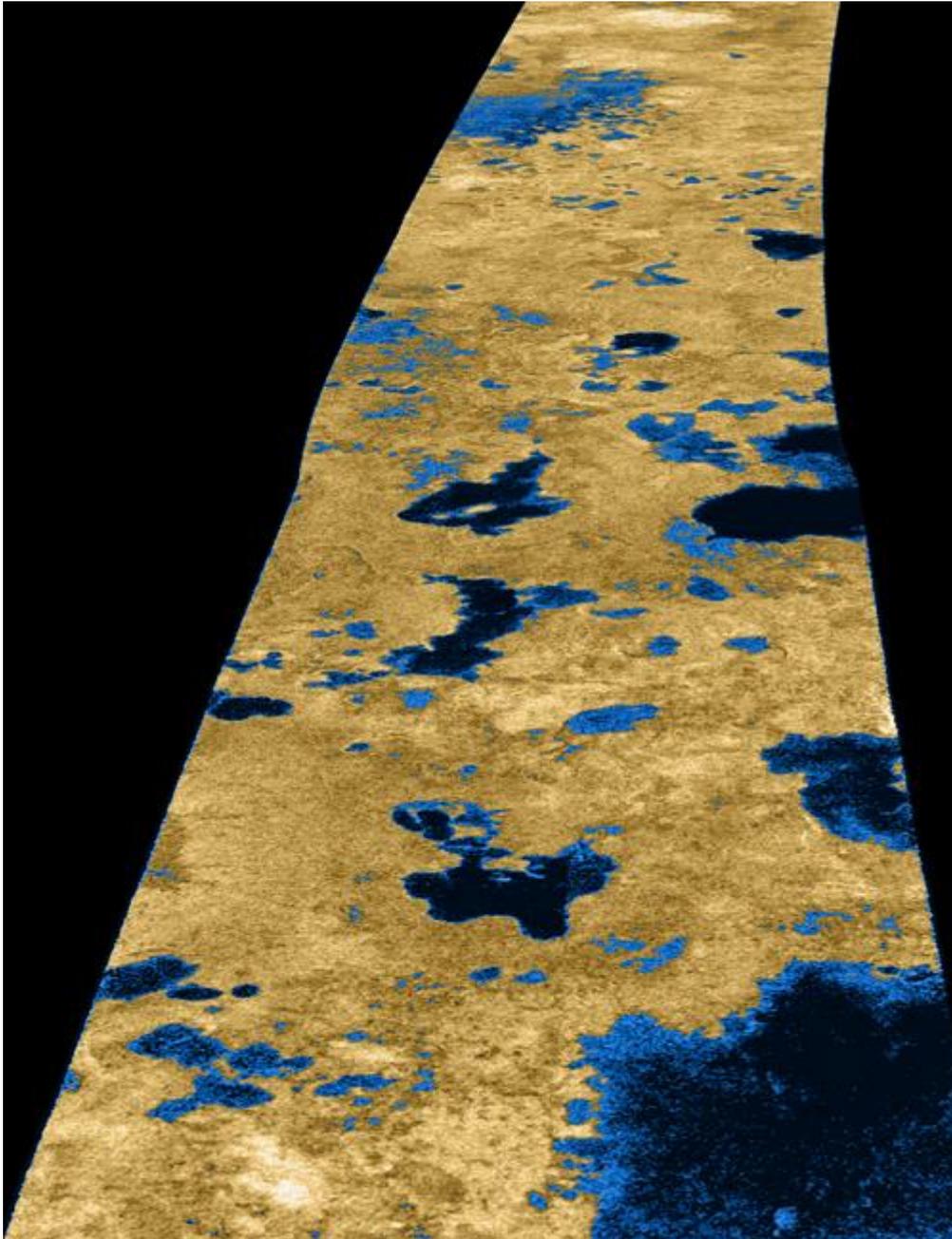
土星には 60 個余の衛星があるが、やはり内側の規則衛星と外側の不規則衛星群に分かれている。なかでも注目されているのは、規則衛星の中でも最大のタイタンである。直径 5 千キロメートルと最大で、水星よりも大きく、厚い大気を持っている。その表面の大気圧は地球大気の約 1.5 倍の 1500 ヘクトパスカル、表面温度は約絶対温度で約 90 度（つまり摂氏マイナス 180 度）、主成分は窒素という、地球によく似た大気成分であることも驚きである。地球より小さなタイタンに、どうしてこれほど濃い大気が存在するのか、また主成分がどうして窒素なのか、まだよくわかっていない。

さらに驚くべきことに、タイタンには地球と同じように雨が降り、湖や海を作るといふ循環系があることだ。もちろん、水は大地として凍り付いているので、かわりにメタンやエタンなどの炭化水素がちょうど地球の水の役割をしている。カッシーニ探査機は、孫探査機ホイヘンスを 2005 年にタイタンに着陸させ、まるで地球の川のような地形を撮影した。雨が降り、氷の大地をえぐった形跡である。また、タイタンの火山活動は水がマグマになって噴き出してくる。水の溶岩が流れ、それが凍って大地を作っている。タイタンでは水が、地球の岩の役割をしているのである。

液体が表面に存在すれば、そこで生命が発生しているかも知れないとも考えられる。なにしろ、液体の主成分そのものが生命の材料である、炭素を多く含む物質である。ただ、低温なので、化学反応のスピードが遅いのが難点といえるだろう。



土星探査機カッシーニが捉えた土星とその環（NASA/JPL/Space Science Institute）



カッシーニ探査機がレーダーで捉えられたタイタンの極地方にある炭化水素の湖沼群（NASA/JPL/USGS）。

---

#### 9-4 巨大氷惑星

天王星と海王星は、肉眼時代にはその存在が知られていなかった惑星である。見かけが木星や土星の本体に似ていたことから木星型惑星に分類されていたが、内部に岩石を含む氷の大きな中心核があることがわかり、木星や土星の巨大ガス惑星とは異なる巨大氷惑星と細分されている。

#### 9-4-1 天王星

天王星は土星の外側を、約84年の周期で公転する太陽系の7番目の惑星である。肉眼では見えない明るさだったため、1781年にイギリスの天文学者ウィリアム・ハーシェルによって発見された。

天王星は赤道半径2万6千キロメートルと地球の約4倍ほどの大きさを持ち、木星、土星に次いで、太陽系第三の大きさの惑星である。ガスの多い木星型惑星だが、内部に岩石を含む氷の大きな中心核があることから、海王星と共に巨大氷惑星と分類される。

天王星の大きな特徴は、その自転軸が軌道面に対して約98度も傾いていることである。つまり、ほぼ横倒しの状態で公転しているのである。このため、ある時期には南極や北極を太陽に向け続けることになる。北極や南極では昼夜が42年間も続くことになる。こんな奇妙な惑星は天王星だけである。

どうして自転軸がこれほど傾いているのか、よくわかっていない。一説では、惑星形成時期、大きく成長した原始惑星同士が衝突して合体していくときに、たまたまひとつの原始惑星が原始天王星に斜めに衝突して、自転軸が傾いたのではないかとされている。

面白いことに、天王星に接近したボイジャー2号の観測によると、天王星の磁場の軸(磁軸)は、自転軸に対して60度も傾いていて、その軸の中心は惑星の中心を通っていなかった。むしろ、磁軸の方が軌道平面に垂直に近かったのである。木星型惑星の磁場は太陽と同じように逆転する可能性もあり、天王星の磁場は惑星の磁場も、いままさにその逆転が起きつつあったのかもしれない。いずれにしても、天王星は太陽系で最もへそ曲がりの惑星といえるだろう。

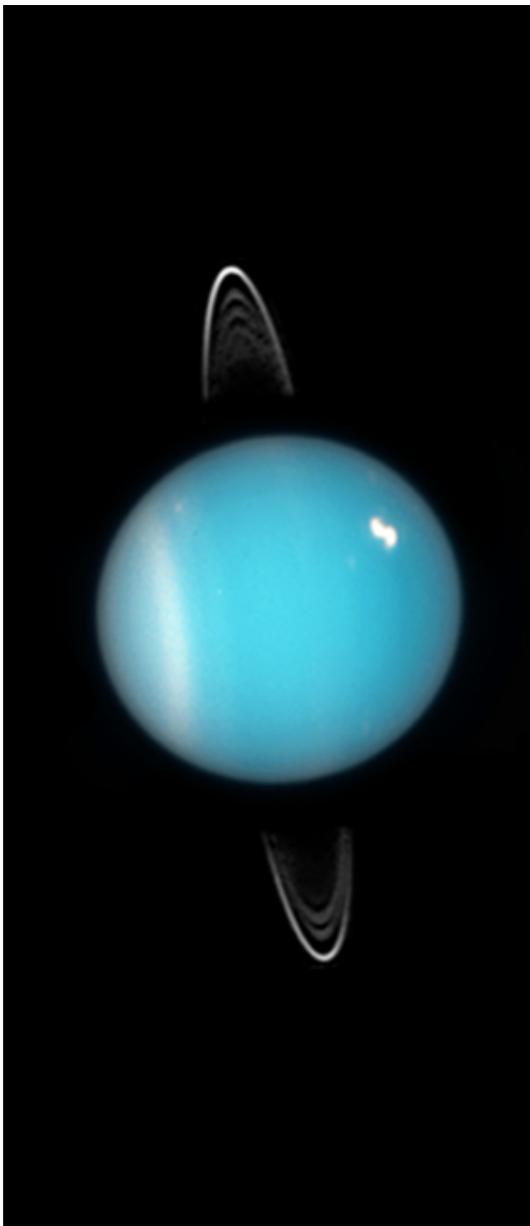
天王星を望遠鏡で見ると、やや緑がかった青色に見える。これは天王星の大気中に含まれるメタンが赤色の光を吸収しているためである。表面そのものは、余り特徴がなく、のっぺりとした構造で、ほとんど特徴的な模様は見えません。メタンの一部が凍って雲になっていることが土星や木星と異なるところである。17時間ほどの自転周期は、これだけ大きな惑星にとってみると相当に早いので、木星や土星で同じように縞をなすアンモニアの雲も存在していても、メタンの雲に覆い隠されている可能性がある。

天王星には、11本の細いリングと、27個の衛星がある。環と本体に近い規則衛星群は、どちらも天王星の赤道面に沿っているため、地球から見るとほぼ垂直にまわっているように見える。

天王星の環は、20世紀後半に、恒星が隠される現象によって偶然、発見された。天王星に隠される前後、ほぼ同じように恒星が減光されたことから、環の存在が明らかになったのである。内側から $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 、 $\delta$ 、 $\epsilon$ と命名され、 $\alpha$ の内側に3本、 $\beta$ と $\gamma$ の間に1本( $\eta$ )、それに探査機が発見した2本(1986U1R、U2R $\epsilon$ )が追加され、合計11本という事になっている。

環の中でも、天王星の最も外側にある $\epsilon$ 環は、数ある環の中でもとりわけ細いことが知られている。環を構成しているのは大小の氷や岩のかげらや砂粒ほどの小さな粒子なので、長い年月の間、お互いに衝突を繰り返しながら、幅は自然に広がってしまうはずである。

どうして細いままでいられるのか、非常に不思議であった。その謎を解いたのは 1986 年のボイジャー 2 号探査機であった。ε 環のすぐ外側と内側とに、ほぼ同じような大きさの衛星が発見されたのである。コーデリアとオフィーリアと命名された、これらのふたつの衛星は、その間にある環の粒子がひろがらないような重力作用を及ぼし、中間の環を細いまま保つ役割を担っている。あたかも群れを離れる羊を群れに引き戻すべく見張っている羊飼いの犬に似ているので、こういった衛星を「羊飼い衛星」と呼んでいる。こうした小さな衛星の絶妙なコントロールの上に、細い環は成り立っているのは、土星の F 環でも同じ状況で、両側にパンドラとプロメテウスというふたつの羊飼い衛星が作用していることがわかっている。まだ未発見ながら、こういった羊飼い衛星のような役割をはたしている小さな衛星が、まだたくさんあるのかもしれない。



ハッブル宇宙望遠鏡が捉えた横倒しの天王星と、その環 ( NASA, ESA, and M. Showalter

(SETI Institute)

---

#### 9-4-2 海王星

海王星は太陽系最遠の惑星である。天王星の運動の観測から、天体力学を駆使した理論的な予測に基づき 1846 年に発見された惑星で、イギリスの天文学者アダムスとフランスのルベリエ、それに実際に観測をしたベルリン天文台の天文学者ガレが発見者とされている。明るさは天王星よりも暗く、約 8 等級なので、天体望遠鏡でしか見ることはできない。

太陽からの距離が約 30 天文単位、実に 45 億キロメートルも離れている最遠の惑星であり、そのぶん足が遅く、太陽を巡る公転周期は約 165 年であり、発見されてから、やっと一周したところである。

本体は赤道半径が 24800 km と太陽系では 4 番目の大きさで、天王星と同じく、中心に岩石を含む氷の中心核を持つ巨大氷惑星である。海王星は極寒の世界と思われがちだが、意外にも表面の温度は予想よりも高い。赤外線ですべて計測してやると、絶対温度 50 度（摂氏マイナス 220 度）と、表面温度だけなら、ほとんど内側の天王星とほぼ同じである。地球や金星のように温室効果があるはずもないので、海王星内部に重力収縮による発熱か、あるいは放射性物質によるかなりの熱源があると考えられている。海王星の密度は 1 立方センチメートルあたり 1.76 グラムと、木星型惑星にしては最も高い。氷と岩石質のコアが比較的大きいはずで、そこに含まれる放射性元素の量も他と比較して多い可能性はある。

その内部発熱のせいか、海王星は天王星と比較しても表面に見える大気の活動が活発である。探査機の接近時には、緯度マイナス 20 度付近に巨大な大黒斑（暗斑）があつて、それを取り巻くようにして輝くメタンの白い雲や、スクーターと名付けられた高速で移動する雲、絹雲のような雲など、大小さまざまな種類の模様が存在していた。全体として青く見えるのは、大気中のメタンが赤色の光を吸収するためである。

海王星にも環があり、衛星も本体の近くの衛星群と、外側の逆行衛星に分かれている。海王星で最大の衛星であるトリトンは、内側にも拘わらず逆行している衛星である。これだけ惑星に近く、かつ大型の衛星で逆行軌道を持つのは、太陽系ではトリトンだけである。

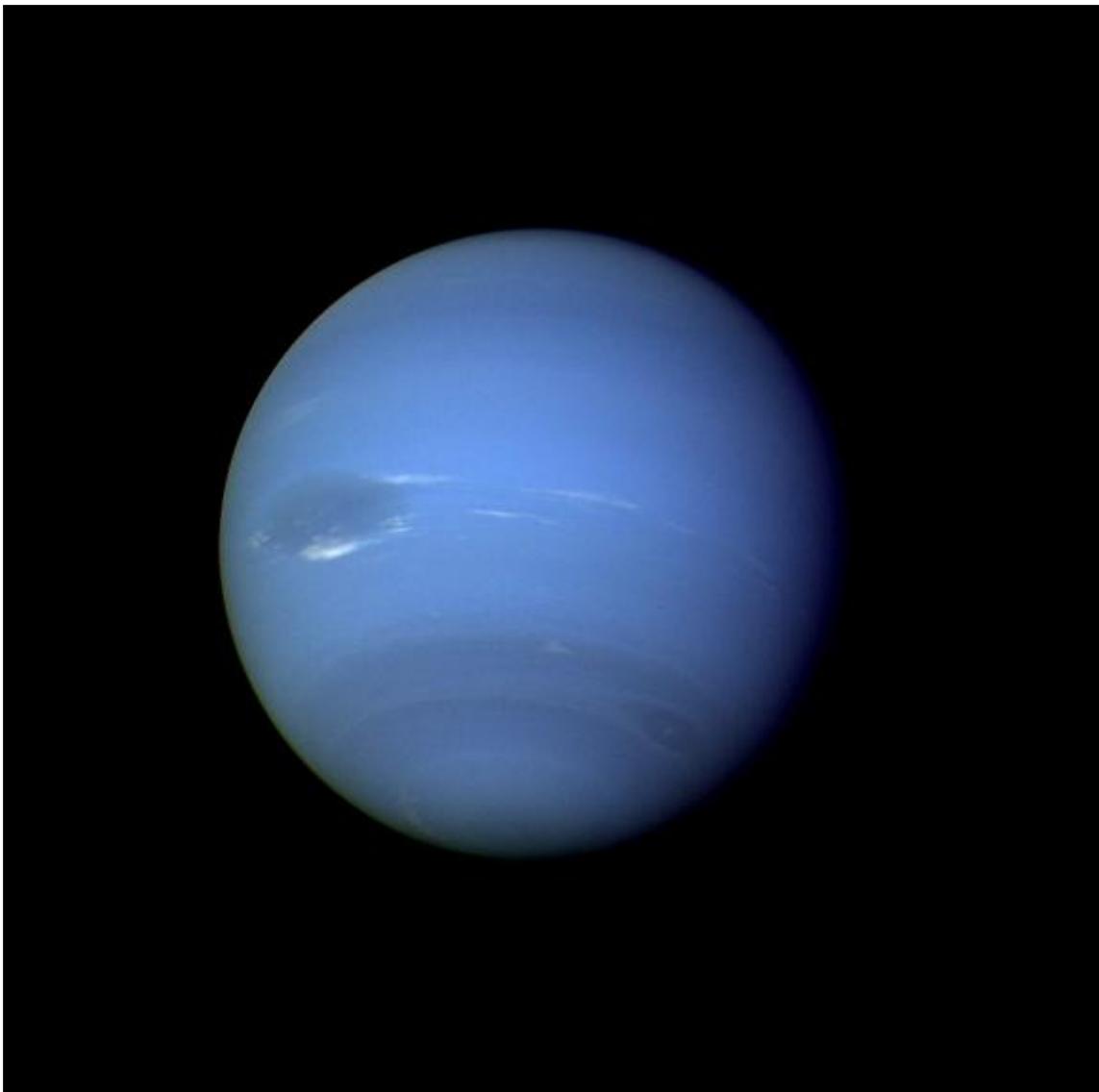
トリトンは木星の衛星イオと同じく、氷の火山がある。探査機の撮影した画像には、トリトン表面から何らかの物質が局所的に噴出している様子が映し出されている。黒っぽい噴煙や、それがトリトンの希薄な大気に流される様子から、噴出物は窒素と考えられている。また、赤道部には、マスクメロンの皮のようなモザイク模様が見られる。氷の地殻が膨張と収縮を繰り返したときにできたもので、クレーターがそれほど見られないため、かなり新しい地形と考えられる。トリトン全体には非常に希薄な大気を取り巻いているが、その主成分は窒素と考えられている。太陽系外縁の極寒の地でも、こういった地質学的あるいは気象学的な活動があるのは驚くべきことである。

ところで、地球の月は順行軌道のために次第に地球から遠ざかっているが、トリトンは逆行軌道のために次第に海王星に近づいている。いずれトリトンは海王星に近づき、その強い潮汐力で引き裂かれてしまうだろう。そうすると、その破片が海王星をとりまく見事な環になるにちがいないが、もちろん、そんなことが起きるのは何億年以上もの遠い未来

の話である。

海王星の第二の衛星ネレイドも奇妙である。トリトンと違って軌道は順行だが、細長い楕円軌道を持ち、その離心率は0.75 ととても歪んでいる。これだけ細長い軌道を持つ内側の衛星は、やはりネレイドだけである。どうして、このような衛星系ができあがってしまったのか、よくわかっていない。もともと衛星ではなかったトリトンを海王星が補足したとき、かなり激しい重力相互作用が起きて、もともと円軌道に近かったネレイドが歪んだ楕円軌道になってしまったのかも知れない。

なお、海王星の外側の不規則衛星群は、日本のすばる望遠鏡による発見がほとんどである。



ボイジャー 2 号が接近して撮影した海王星。大暗斑と白いメタンの雲が見える。(NASA/JPL)。

## 9-5 準惑星と冥王星型天体

太陽系天体は現在、惑星、準惑星、太陽系小天体の3つのカテゴリーに分類されているが、このうち中間のカテゴリーである準惑星は、2006年に国際天文学連合が定めた惑星の定義の中で三番目の条件、すなわち「軌道の周囲には、同じような大きさの他の天体をきれいになくしてしまったような状況」が満たされていないものである。つまり、ある程度の大きさに成長して、自己重力が強くなり、全体として球状の形をなすという惑星としての二番目の条件までは満たすものの、同じ軌道領域に同じような天体が存在する場合、準惑星となる。

火星と木星の間にある小惑星帯に属する小惑星ケレス、海王星以遠にある太陽系外縁天体群の中の冥王星などが、これに相当する。現在(2012年夏)のところ、準惑星に登録されているのはケレス、冥王星、エリス、マケマケ、ハウメアの5つである。

この定義は、主に重力と軌道だけからの基準で考えられたものであるが、同じ準惑星でも、火星と木星の間にある小惑星帯の天体と、海王星の外側にある太陽系外縁天体を一括してしまうには問題が多いという指摘がある。第一の問題は、太陽からの距離が大きく異なるので、その成分が全く違うことである。小惑星帯のあたりでは岩石質が多く含まれ、氷は少ないが、太陽系外縁天体あたりになると氷が多い。第二に、それぞれの生まれ方・育ち方にも違いがあるといわれている。小惑星帯は、太陽系初期においてはかなり惑星形成へと進んだが、木星などの影響もあって、衝突が合体よりも破壊へとつながり、小さな天体を生んだ。小惑星の一部は、準惑星レベルの天体が破壊されたものと考えられる。しかし、太陽系外縁天体では、衝突による合体があったことは確かだが、破壊された証拠はそれほど多くは見られない。したがって、この両者をおなじ準惑星と呼ぶのは、抵抗がある研究者が多いのである。

そこで、国際天文学連合では、冥王星がそれまで長く惑星と呼ばれてきたことにも鑑みて、準惑星のうち、太陽系外縁天体に属するものだけを取り出した、いわばサブカテゴリーである「冥王星型天体」を設定している。現在、小惑星帯に属する準惑星ケレスを除く、冥王星、エリス、マケマケ、ハウメアの4つが、このサブカテゴリーに属する。冥王星型天体に属する天体は、今後も新しい天体が発見され、増えていくことが予想される。

---

### 9-5-1 小惑星帯の準惑星

ケレス、ベスタ(2012年夏登録予定)

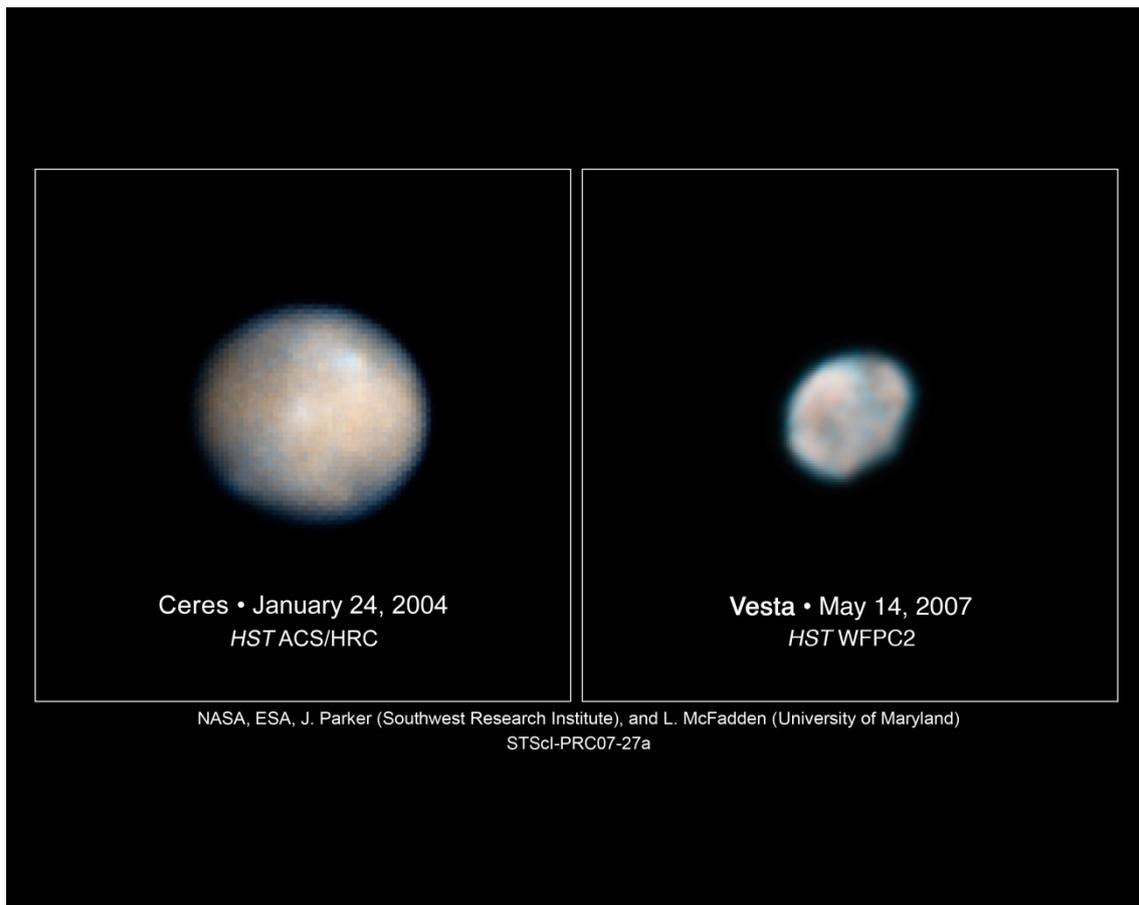
小惑星帯の天体の中で、準惑星に分類されているのは、小惑星で最初に発見されたケレスである。イタリアの天文学者ジュゼッペ・ピアジが1801年の元日の夜に発見した。もともと、火星と木星の間があまりにも間隔が空いていることから、未知の惑星があるのではないかとされていたため、当初は新惑星の発見と考えられた。しかし、翌年には同じような場所にパラスが、さらに1804年にジュノー、1807年にはベスタと続々と発見されていった。明るさから予測される大きさも小さかったこともあり、天王星の発見者であるハーシェルによって、Asteroid(恒星状に見える天体)という総称を提案された。日本語名

の小惑星は、その後、使われるようになった minor planet に由来する。最初に見つかった4つの小惑星は他と比較しても、とりわけ半径が大きいので、四大小惑星と呼ばれている。

ケレスは小惑星の中でも直径が 950km と最大で、それだけで小惑星全体の総質量の 2 割以上を占めている。探査機がまだ接近したことはないが、地上観測でもかなり球形をしていることがわかっている。おそらく内部は分化しており、地殻、氷を含むマントル、岩石からなる中心核にわかれていると可能性が高い。アメリカの探査機「ドーン」が、2015 年にケレスに接近する予定である。

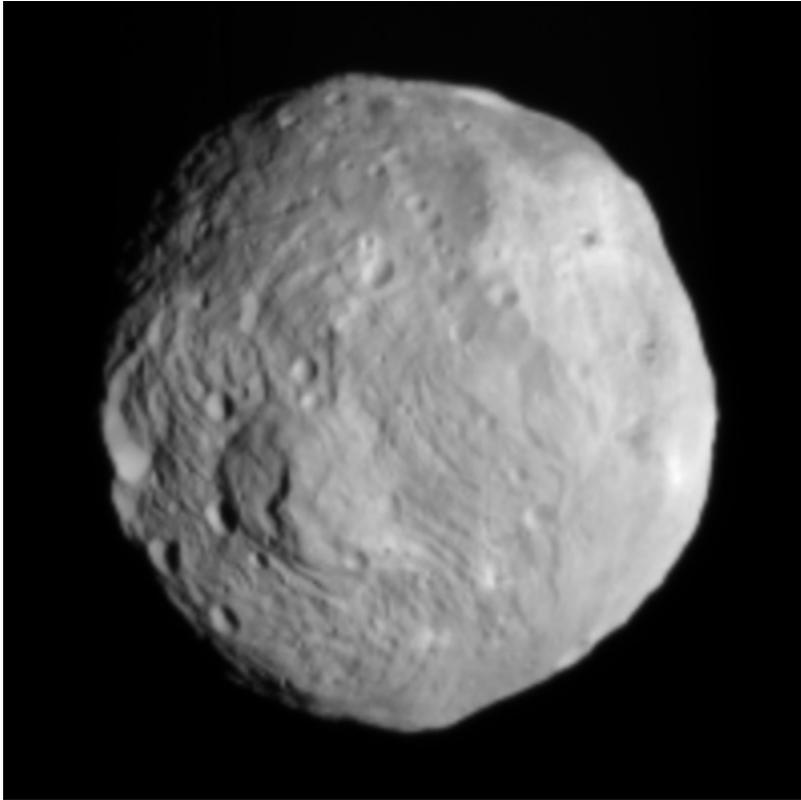
小惑星番号 4 をもつベスタも、準惑星候補である。1807 年 3 月 29 日にドイツの天文学者ハインリヒ・オルバースによって発見された。ベスタの直径は 468 - 530km で、小惑星帯の小惑星としては 3 番目の大きさである。ベスタの表面の反射率が他の小惑星に比べて高いこと、そのスペクトルも特異で、金属成分が多いベスタ型とされている。

大小のクレーターも存在し、特に、南半球には直径 460km もある巨大なクレーターが存在する。2011 年 7 月、アメリカの探査機ドーンがベスタへ到着し、周回軌道を維持しながら詳細な観測を行い、多数のクレーターと共に、赤道周辺の溝状の地形などを発見している。



ハッブル宇宙望遠鏡が撮影した準惑星ケレス（左）およびベスタ（右）。

(NASA, ESA, J. Parker (Southwest Research Institute), and L. McFadden (University of Maryland))。



小惑星探査機 ドーンが接近して撮影したベスタ (NASA/JPL-Caltech/UCLA/MPS/DLR/IDA)

---

### 9-5-2 冥王星型天体

冥王星、マケマケ、ハウメア、エリス

冥王星は、1930年にアメリカ・ローエル天文台のトンボーによって発見され、2006年まで第9惑星とされていた準惑星である。冥王星型天体の代表でもあり、太陽系外縁天体としても最初に発見されたものである。公転周期は248年あまりで、離心率が0.25というゆがんだ軌道を持つ。そのために海王星よりも太陽に近づくこともある。この公転周期は海王星の周期のちょうど1.5倍の公転周期を持つ共鳴状態にあり、また軌道傾斜角も17度と傾いているために、海王星と一定の距離以下に接近することはない。

探査機が近づいたことがないために、表面の様子はあまりよくわかっていない。冥王星にはメタンが主成分の希薄な大気があるが、それが太陽から離れるにつれて、霜のように表面に凍り付いていき、反射率が高くなるようである。

冥王星は3つの衛星を持っているが、特筆すべきは衛星カロンである。冥王星の半分もの大きさがあり、密度は両者とも一立方センチメートルあたり約2グラムと推定されている。太陽系の外縁部の天体にしては氷とともに、岩石にも富んでいるといえるが、その結果、冥王星と衛星カロンの重心は、冥王星上空1200キロメートルの場所にある。そのため、

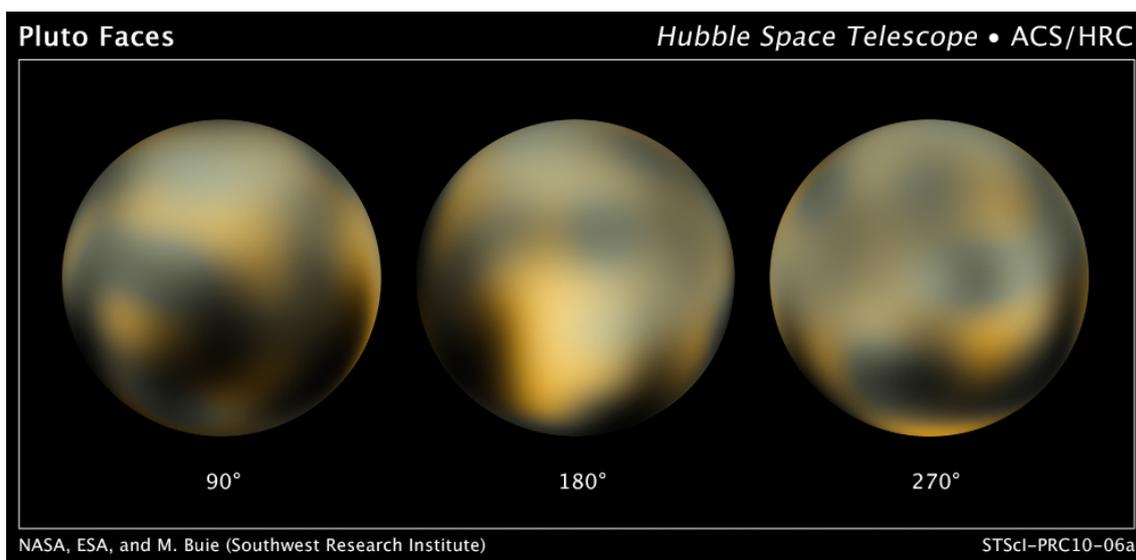
連天体とも見なされることがある。

2015年にアメリカの探査機ニュー・ホライズンズが接近して、観測する予定である。

エリス (136199) は、2003年に撮影されたデータから発見された冥王星とほぼ同じサイズの冥王星型天体である。黄道面に対して、44度も傾いた楕円軌道を、約560年かけて公転している。また、ディスノミアとよばれる衛星をひとつ持っている。

マケマケ (136472) は、2005年に発見された冥王星型天体である。イースター島の創造神に因む名前で、22度ほど傾いた楕円軌道を、307年で公転している。

ハウメア (136108) は、スペインのシエラ・ネバダ天文台で発見された天体で、2個の衛星を持っている。ハワイ諸島の豊穡の女神に因んだ名前で、衛星も神話上の子どもからヒアカ、ナマカと命名されている。28度ほど傾いた楕円軌道を、約282年で公転している。他の冥王星型天体と異なり、自転周期が4時間と早く、長軸が2000kmあるのに対して、短軸が1000km、もうひとつの軸が1500kmという三軸不等の形状とされている。



ハッブル宇宙望遠鏡の観測から推定される冥王星表面の明暗模様 (NASA, ESA, and M. Buie (Southwest Research Institute))

## 9-6 太陽系小天体

太陽系天体のうち、惑星、準惑星の条件を満たさすことがない、すべての小さな天体を太陽系小天体と呼ぶ。衛星は、惑星のまわりをまわっているため、通常は含まない。この太陽系小天体は、さらにその物理的・力学的特徴などによって彗星、小惑星、太陽系外縁天体、惑星間塵などに細かく分類されている。

### 9-6-1 彗星

彗星は、本体に氷を主成分として含む小天体である。本体である彗星核は、巨大な雪の塊と呼んでもいいだろう。大部分の彗星は、80%ほどが水（ $H_2O$ ）、残りの20%には二酸化炭素（ $CO_2$ ）、一酸化炭素（ $CO$ ）、それに微量成分として炭素、酸素、窒素に水素が化合した種々の物質が含まれていて、さらに砂粒のような塵が混ざっている。雪の少ないときにつくった雪だるまのように、表面に土や砂がついて黒くなったような「汚れた雪だるま」などと呼ばれているが、その塵成分と揮発成分の比率はさまざまである。大部分の彗星核は、数キロメートルからせいぜい数十キロメートルほどの大きさである。

太陽に近づくと、その熱で氷や揮発成分が少しずつ融けていく。すると、まわりが真空ゆえに、液体にならずに、揮発成分が気体となって蒸発する。こうして、彗星核からガスが放出される。このガスに引きずられるように、細かな砂粒や塵も一緒に宇宙空間に吐き出される。こうして彗星は核のまわりが、ぼやっとした薄いベールに覆われたように見える。これを頭部あるいはコマと呼ぶ。

コマの主成分は電気を帯びていない中性のガスである。一方、飛び出したガスの一部は電気を帯びたイオンとなり、太陽から吹き付ける電氣的な風である太陽風に吹き流され、太陽と反対側に伸びた細い尾、「イオンの尾（別名プラズマの尾）」を作り出す。一部、ナトリウムなど電気を帯びない中性原子も、太陽の光圧を受けて吹き流され、中性原子の尾をつくる。さらに細かな塵は、太陽の光圧を受けて、ゆるやかに反太陽方向へたなびく「塵の尾（別名ダストの尾）」をつくる。塵の尾はサイズに応じて、たなびき方がちがうために太い幅を持った扇型の尾となるが、これがほうきのように見える。また、大きな砂粒は、彗星の軌道を回り続けて、流星群の原因になることがある。

彗星核からの放出物が多ければ多いほど、彗星のコマは明るくなり、尾も伸びるが、ほとんどの彗星は小さいので天体望遠鏡でもコマしか見えないことが多い。

彗星の軌道は、他の太陽系天体とは大きく異なっている。ほとんどの太陽系天体は、小惑星帯の小惑星も含めて、円に近い軌道を描いているのだが、彗星は大部分が大きく歪んだ軌道で、いくつかの惑星軌道を横切っている。そのため、惑星を横切るときに惑星の引力の影響を受けて、大きく軌道が変わるものも多く、中には惑星に衝突してしまうものさえある。そのため、彗星の力学的寿命も、また揮発成分を放出し続けるという意味での物理的寿命も短い。

周期が200年を境にして、周期的に何度も太陽への接近を繰り返すものを短周期彗星、200を超え、いちど太陽に近づいてそのまま太陽系から脱出して二度と帰ってこないものも含めて長周期彗星と呼ぶ。前者は主に黄道面にそった順行軌道をもつものが多いが、後者は、黄道面とは無関係に太陽に近づく軌道を持つ。例外もあって、有名なハレー彗星で

は、約 76 年周期の短周期彗星なのだが、軌道が逆行である。こうした短周期彗星を特別にハレー型彗星と呼ぶこともある。

短周期、長周期彗星に対応した、彗星のやってくる故郷があるといわれている。ひとつは、後述する海王星の外側にひろがる太陽系外縁天体の群れである。ここからやってくる天体が、短周期彗星となると考えられている。この領域から、何らかの原因で太陽系外縁天体が内側へと軌道を変える。すると、すぐ内側の海王星の重力で、その一部はさらに内側へと軌道を変える。さらに、今度は天王星の重力で、その一部がさらに内側へ、という具合にバケツリレー式に太陽系の内部へ落ち込んでいく。こうして、最終的に木星の強い重力によって、地球あたりまでやってくるようになり、太陽熱を受けて揮発成分を蒸発させることで、短周期彗星となる。太陽系外縁部から、内側へと軌道を変えつつある途中と思われる、ケンタウルス族という天体群も見つかっていて、一部はすでに揮発性の高い成分の蒸発による彗星活動を示している。

もうひとつの故郷は、もっと遠方で、太陽を球殻状にとりまくオールトの雲である。その半径は数万天文単位（1 天文単位は地球と太陽との距離）、つまり約 5-10 兆キロメートルである。もちろん、雲とはいっても、彗星が広大な空間にぼつんぼつんと浮かんでいるだけだから、すかすかの構造である。長周期彗星の大部分は、ここからやってきている。どちらも太陽から遠く、冷たい場所なので、雪や氷が長い間、融けずに残っていたわけである。どちらも太陽系ができたときの物質をそのまま閉じこめているという意味では、太陽系の過去の情報がそのまま氷に閉じ込められた化石といえるだろう。

彗星に分類するか、小惑星に分類するかは、観測時に質量放出があるかどうかで決められている。彗星のようにガスや塵を出している場合のみを彗星として、そうでない恒星状にしか見えない天体は小惑星として、小惑星番号を付けて分類する。彗星は主に氷、小惑星は主に岩石質の天体だが、太陽から遠いところだと、彗星であっても蒸発しないことが多く、区別ができない。したがって、おそらく氷が主成分と思われる太陽系外縁天体も、小惑星番号が付けられている。まれに小惑星として発見・登録された後に、彗星活動が見つかった場合、彗星としての番号もつけられることが多い。このように両方に登録された、二重国籍を持つ天体は増えつつある。

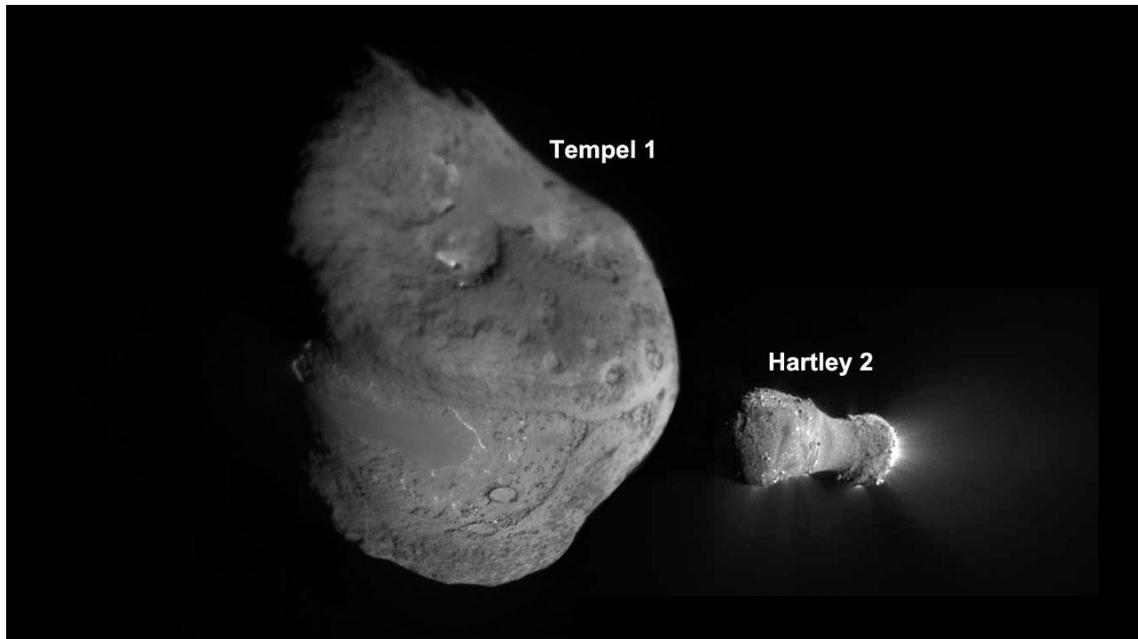
最近では、大きく歪んだ彗星としての軌道を持つのに、彗星活動が見つからない小惑星や、小惑星帯の中で、明らかに彗星活動をしている小惑星（メインベルトコメット）がみつかったりしている。これらは枯渇した彗星核であったり、氷や水を含む小惑星である可能性がある。実際には小惑星と彗星とは、本質的に明確な区別があるわけではなく、つながっている可能性がある。



2002 年に出現した池谷・張彗星の三色合成画像。塵の放出量がまだ少ないため、イオンの尾と頭部の緑色のコマがよくわかる（東京大学木曾観測所撮影、要・許諾）。



2007年に南半球で大彗星になったマックノート彗星。塵の量が多く、扇形に広がった尾が見られた (S. Deiries/ESO)。



二つの彗星核：テンペル第一彗星とハートレイ彗星第2彗星の核の同一スケールによる比較。最も長いところでは7.6 kmおよび2.2 kmである (NASA/JPL-Caltech/UMD)。

---

## 9-6-2 小惑星

小惑星は、主に火星と木星との間に存在する小さな岩石質の天体である。小惑星が数多く見つかる、この領域を小惑星帯（メインベルト）と呼んでいる。19世紀の初めにイタリアの天文学者ピアッジが、最初の小惑星ケレスを発見してから、現在までに軌道が確定した小惑星は30万個に達している。大きさはケレスが最大で、直径1000 kmほどだが、小さいものほど数が多く、ほとんどは数 km 以下である。500m サイズまで含めると全部で約160万個もの小惑星があると推定されているが、全体の質量をあわせても、せいぜい月の質量の約15%程度に過ぎない。

小惑星帯に属する小惑星は、一般には黄道面にそって、ほぼ円の順行軌道を描いている。ただ、その分布は一様ではなく、土星の環の間隙のように、ところどころに小惑星が少ない領域がある。この空白域は、小惑星の公転周期が木星の公転周期と1:3という整数比になっていて、木星の重力的影響を受けやすいところに相当しており、小惑星が軌道から追い出されてしまった場所である。これらの空隙をカークウッド・ギャップと呼んでいる。ちなみに、小惑星帯の外側と内側の端は、その周期の比が1:2、1:4になる場所に対応している。小惑星は、小惑星帯だけでなく、火星軌道を越え、地球に接近する地球近傍

小惑星や、木星軌道より遠方にも存在しているが、それらの特異な軌道を持つ小惑星は、このカークウッド・ギャップから木星の重力的影響を受けてはね飛ばされてきたと可能性が高いと考えられる。

こうした整数比でも、逆に軌道を安定させ、多くの小惑星が生き残っているケースもある。トロヤ群と呼ばれる小惑星は、木星と同じ軌道周期、つまり1：1の状態、木星の前方60度、後方60度の場所を中心に、相当数が発見されている。これらの太陽と木星と正三角形の点はラグランジュ点と呼ばれる、安定な場所になっている。

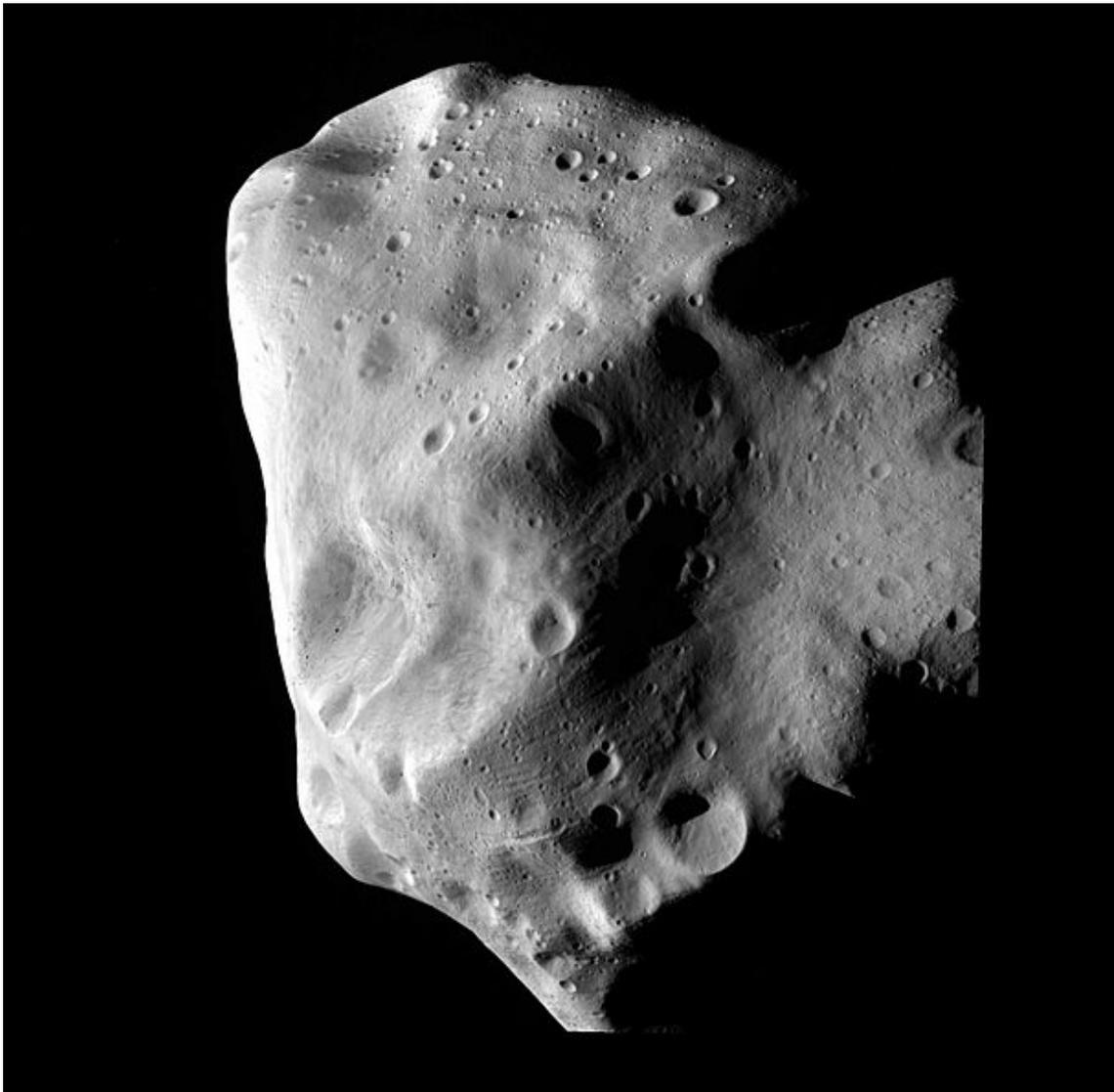
小惑星帯の中を細かく眺めると、小惑星の軌道の性質が似たものが多数見つかることがある。これらは小惑星同士が衝突した結果、それらの破片が同じような軌道をたどっている結果とされており、「族」と呼ばれている。もともと、小惑星の発見数が数百個に上った20世紀初等に、東京帝国大学東京天文台の天文学者・平山清次によって発見されたもので、平山族 (Hirayama Family) とも呼ばれる。族は、小惑星の数が増えるにつれ、たくさん発見されるようになり、今では族の中で最大の小惑星の名前をとって、テミス族、コロニス族、エオス族などと呼ばれている。最も新しいカリン族は約580万年前に衝突が起って、その衝突で生まれた惑星間塵が地球にも降り注いだことがわかっている。

小惑星は太陽光を反射しているので、その表面の物質によってスペクトルが違って見える。スペクトルや色によって、全体に青っぽく、炭素が多そうなC型、赤っぽい色のS型、いかにも金属反射のようなM型などと分類されている。小惑星帯でも太陽に近いほどS型が多く、遠いとC型が多くなる。日本の小惑星探査機はやぶさがサンプル採取をした小惑星イトカワはS型である。地球に落下する隕石のほとんどは小惑星起源と言われているが、はやぶさ探査機で立証されたといえる。

小惑星帯で惑星ができなかった理由は、木星の強大な重力で成長途中の天体群がかき乱されたためとか、あるいは水が氷になる境界線だったためなど、いろいろな説があるが、はっきりとはわかっていない。



日本の小惑星探査機はやぶさが到達、着陸に成功し、表面からサンプルを持ち帰った小惑星イトカワ (JAXA、要・許諾)



ヨーロッパ宇宙機関の彗星探査機ロゼッタが接近・撮影した小惑星ルテティア。最長で120kmの大きさがある大型の小惑星である。(ESA 2010 MPS for OSIRIS Team MPS/UPD/LAM/IAA/RSSD/INTA/UPM/DASP/IDA)

---

### 9-6-3 太陽系外縁天体

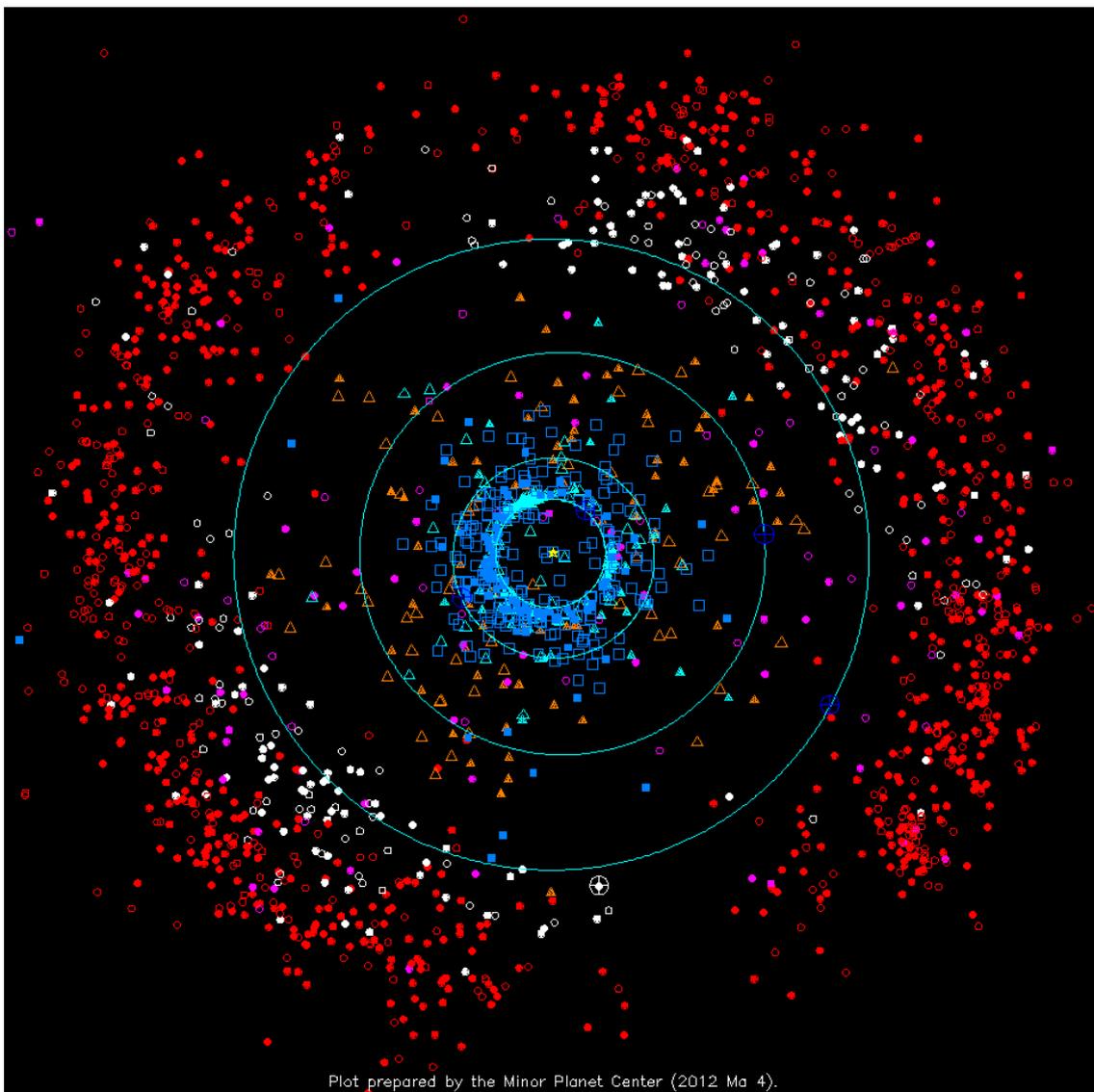
太陽系小天体のうち、海王星の軌道よりも外側を周回している天体、正確に言えば軌道長半径が海王星の軌道長半径を超える天体を太陽系外縁天体と呼ぶ。英語では、海王星よりも遠い天体という意味で、トランス・ネプチュニアン・オブジェクト (TNO) と呼ばれる。太陽から遠方にあるために、明確な彗星活動を示しているものはないが、成分としては彗星のように氷が主成分であると思われる。実際、いくつかの天体の表面で、氷の反射スペクトルが見つかっている。1992年に冥王星以外の太陽系外縁天体が発見されて以後、その数が急激に増えている。

大きさとしては冥王星やエリスが最大級で、その直径は 2000km を超えるが、いまのところそれらを超える天体は見つかっていない。なお、大きな天体になると、前述したように冥王星型天体にも分類される。しかし、なにしろ遠方に存在していて、暗いため、まだまだ未発見の天体があるかもしれない。

太陽系外縁天体は、30天文単位からせいぜい50天文単位までの帯状の領域に集中している。この帯状領域を、こういった小天体の存在を予想していた天文学者の名前から、エッジワース・カイパー・ベルト（あるいはカイパー・ベルト）と呼ぶ。小惑星帯と同じように海王星の影響が強く、この帯は海王星の公転周期の比率が3：2から2：1の間になる。ただし、小惑星よりも軌道が大きく傾いていたり、離心率が大きく歪んだ楕円軌道の天体も多い。ちょうど、公転周期比が海王星と3：2や2：1の場所にも天体が集中している。これらは共鳴天体と呼び、特に3：2の場所には冥王星が含まれるので、特別にプルチノ（小さな冥王星という意味）族と呼ぶ。ベルトの中間にある天体群は、海王星と特別な関係にはなく、古典的外縁天体と呼ばれる。ここには冥王星型天体のハウメアやマケマケが含まれる。50天文単位よりも外側には、エリスなどに代表される、大きく伸びた楕円軌道の外縁天体が散在していて、散乱円盤天体（SDO）などと呼ばれている。

散乱円盤天体は、衝突や接近遭遇、あるいは海王星の影響などで外側にはじき飛ばされた天体と考えられている。もちろん、そのような影響で、内側にはじき飛ばされる天体もあるはずだが、それが海王星に捕まって、さらに内側へと落ち込みつつあるケンタウルス族で、木星以遠で海王星の軌道より近い場所を巡る小天体である。

太陽系外縁天体は、惑星成長のスピードの遅かった領域だったため、成長途中で材料であるガスや塵がなくなってしまう、それ以上に成長できなかった天体群である。ただ、その外縁天体の軌道は、小惑星よりも乱れていて、大きな傾きや歪んだ楕円軌道のものが多く存在する。これは太陽系形成初期に海王星がじわじわと外側に移動してきて、軌道を乱されたためと思われる。



木星以遠の太陽系小天体の分布。軌道線は内側から木星、土星、天王星、海王星で、その外側に太陽系外縁天体が帯状に分布しているのがわかる。三角形はケンタウルス天体、四角形は彗星である。(IAU Minor Planet Center)

#### 9-6-4 惑星間塵

太陽系空間にはかなりの小さな固体微粒子（塵）が存在していて、惑星間塵あるいは惑星間空間塵と呼ばれている。小惑星と惑星間塵とのサイズの境界は明確に決められていない。多くは1ミリの10分の一から100分の一ほどで、サイズが小さいものほど数は多くなる。

月明かりのない、よく晴れた春の夕方の日没後、薄明が終わった西の空や、秋の早朝の薄明前の東の空に、黄道にそって極めて淡い光の帯が見えることがある。これらは惑星間塵が太陽の光を反射して、全体として光っているもので、黄道光（こうどうこう）と呼ばれる。黄道光は、黄道から離れるにつれ暗くなる。これは黄道面付近に塵が集中してい

るからである。また、また太陽から離れるにつれて暗くなるのだが、太陽とちょうど正対の場所では、塵が太陽の光をたくさん反射するため、再び明るくなる。これは対日照と呼ばれていて、人工灯火の影響のない、理想的な夜空でないと見ることはできない。いまでは幻の天文現象といってもよいだろう。

こうした惑星間塵は、重力に従って太陽を公転しているが、太陽の光の影響が大きいため、次第に円軌道となると同時に黄道面に集中していき（？）、せいぜい数千万年ほどで太陽に向かって落下し、途中で蒸発してしまう。サイズによって異なるものの、その物理的な寿命は太陽系の年齢（46億年）に比べれば短いので、供給源が必要である。供給源としては、太陽系外縁天体や小惑星などの小天体の衝突現象による放出や、彗星からの放出が考えられている。

惑星間塵は、地球にも普段から降り注いでいる。大きな惑星間塵の一部は流星などとなって目撃されるが、過去に地球に落下した惑星間塵は深海底や南極の氷床からも採取される。



チリのヨーロッパ南天天文台VLT望遠鏡サイトで撮影された黄道光（ESO/Y. Beletsky）

---

#### 9-6-5 流星と流星群

流星は、主に砂粒程度の大きさの惑星間塵が地球に秒速10-70kmという猛スピードで衝突し、大気中で短時間だけ光る現象である。一般に地上高度約120kmから80kmの間の大気との衝突で発生する衝撃波加熱で、大気や流星から蒸発した物質が熱いガス（プラズマ）となって発光する。このガスは電離して一時的に電波も反射するので、可

視光だけでなく、レーダーでも観測することができる。また、流星によっては途中で分裂したり、爆発的に明るくなったりすることもある。

流星のもとになる惑星間塵の粒の大きさは、せいぜいセンチメートルで、これらを流星体と呼ぶことがある。サイズが大きいほど、また大気に突入する速度が速いほど、明るく光る。一般に暗い流星ほど数は多い。

流星のうち、きわめて明るく光るものを「火球」と呼んで区別することもあるが、明確な定義はない。燃え尽きずに地上まで落下すると隕石となるが、そのような火球は満月クラスにまで明るくなる。隕石落下を伴う火球では、超音速で低空まで落下してくるので、その時の衝撃波が音波として地上に到達し、広範囲で爆発音のような音が聞こえる。

実際の流星はさまざまな色に輝いて見えるような個性があります。これは流星が発光するガスの種類によって色合いが異なるからです。一般に遅い流星だとオレンジ色が強く、速い流星になると青白くなる傾向があります。

流星が出現した後、煙のようなものを残ることがあり、「流星痕」と呼ぶ。多くはほんの数秒程度で消えてしまうが、明るい流星だと数分から数十分も残って、光り続ける場合もある。これを特別に「永続痕」と呼ぶ。永続痕がなぜ長時間、光り続けるか、まだよくわかっていない。

上空で融けてしまった塵粒から放出された物質の一部は、冷えて直径0.1ミリ以下の固体の球粒となり、次第に大気中を降下し、地上に達する。これが流星塵あるいは宇宙塵で、比較的、簡単に採取できる。ただ、最近では工場からの煤煙などが同じ形状をしているので、見た目だけでは区別できなくなっている。

なお、こういった流星現象は木星や火星でも観測されている。また月への大きな流星体の衝突による発光現象も、特定の流星群の時期に観測されている。月の場合は、固体表面への衝突による発光なので、地球とはメカニズムは異なる。

流星は、毎夜のように出現しているが、しばしば特定の時期に数が急激に増えることがある。これを流星群と呼び、流星群に属する流星を群流星、属さない流星を散在流星と呼ぶ。

流星群は、同じ母親から生まれた流星体の群れである。母親は彗星か小惑星である。流星体の群れ、母親とほぼ同じ軌道にそって、太陽を巡っている。この流星体の群れを地球に突入する前に捉えることは難しいが、しばしば彗星の軌道に沿って、流星体に相当するようなサイズの塵粒が赤外線や可視光で観測されることがあり、ダスト・トレイルと呼ばれる。実際の流星群を引き起こすトレイルは、さらに細かなトレイルの集合体だが、天文学的な観測手法によって、そこまでは空間的に分離することはできない。

地球に突入するトレイルに含まれる流星体は、地球大気にほぼ並行に突入してくるので、地上から見ると、あたかも星座の一点から放射状に流れ出るように見える。これを天文学では「放射点」と呼んでいる。この放射点の近くの星座や恒星の名前をもとに、XX座XX流星群という名前が付けられることになる。国際天文学連合では、(2012年現在)64の流星群について、その名称を決めている。流星群の放射点が、太陽の方向にある場合には、夜間に観測することはできない。こういったレーダー観測などで見つかる昼の流星群を「昼間群」あるいは「昼間流星群」と呼んで、区別することもある。

流星群には、毎年コンスタントにほぼ同じ出現数を見せる定常群、母親の彗星の回帰に伴って出現数が大幅に増加する周期群がある。三大流星群と呼ばれる、しぶんぎ座流星群、ペルセウス座流星群、ふたご座流星群は前者、10月りゅう座流星群やしし座流星群は後者である。また、かつては見られたのだが、現在はそれほど観測されなくなってしまったものを衰退群と呼ぶこともある。周期群、定常群、そして衰退群は、この順番に流星群の進化の度合いを示していると考えられる。流星体はサイズが小さいので次第に拡散し、長い間には流星群と認識できなくなり、散在流星になっていくとされている。

流星群の活動度、つまり流星の数の多さは、一時間当たりの流星数が指標となる。いわゆる三大流星群の極大時には一時間当たり100個程度である。同じ流星群でも、月明かりや天候状況、空の暗さ、視野の広さ、流星群の放射点の高度などの観測条件の差が流星数に影響する。数が多いときには、流星雨あるいは流星嵐などと呼ばれることもあるが、明確に定義されているわけではない。



しし座流星群 2001年11月19日 03:10から10分露出 x 3 35mmF4.5魚眼レンズ ISO800 カラーネガ(67) 海南高原で撮影

2001年に日本で大出現したしし座流星群（津村光則、要許諾）。