

月の起源を探る

小久保 英一郎

はじめに

空を見上げれば、あたりまえのように浮かんでいる月。月は、私たちにとって、最も身近な天体の一つだろう。古来、日本では美しい自然の風物を「花鳥風月」「雪月花」とよび、めでてきたが、月はそのどちらにも入っている。日本人は月が好きだ。

月を眺めながら、誰もが一度は思ったことがあるのではないだろうか。なぜ、そこにあるのか。天文学的にいえば、月は、惑星である地球の衛星であり、地球半径の約六十倍の所を約二十七日かけて公転している(図1)。また、地球に最も近く、地球外で唯一、人類が到達した天体でもある。これまでに、



探査機から撮影した地球と月 (撮影: NASA)

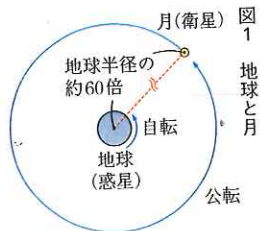


図1 地球と月
9 惑星 太陽のように自ら光る星(恒星)の周囲を一定の周期で回る比較的大きな天体。
9 衛星 惑星の周囲を一定の周期で回る天体。
10 公転 別の天体の周囲を一定の周期で回ること。

さまざまな探査も行われてきた。アメリカの月探査計画・アポロ計画で持ち帰られた岩石の分析により、月の表面がどんな物質でできているかが明らかになった。また、探査機による重力の測定によって、月の内部構造も推定できた。しかし、月の組成や構造が明らかになればなるほど、その起源についての謎は深まるばかりであった。

月とは、いったいどのような天体で、どのようにして誕生したのだろうか。

不思議な衛星・月

月の起源を考えるには、月がどのような天体なのかを知っておく必要がある。月は、実は特異な天体なのだ。

まず、太陽系の他の衛星と比べ、惑星(地球)に対する質量が非常に大きい。他の衛星は、最大でも惑星質量の約三千分の一にすぎないのに、月は地球質量の八十一分の一もある。月の惑星に対する質量比は、太陽系で最大なのだ。

また、岩石でできた天体の中では、鉄の割合が極端に少ない。地球をはじめ、岩石でできた天体の中心には主に鉄から成る「核」があり、それを岩石の層が包んでいる。普通、核は天体の全質量の二十〜三十パーセント程度を占めるが、これに対し、月の核は全質量の僅か三パーセント以下だろうと推定されている(図2)。

岩石の塊である巨大な衛星、月。地球には、なぜこのような衛星が存在するのだろうか。

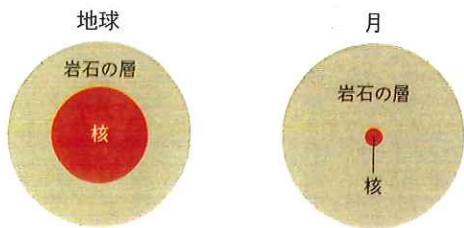


図2 地球と月の断面 (地球と月を同じ大きさとして比較した場合)

目標

科学的なものの見方や研究方法を知り、それらについて自分の考えをもつ。
文脈の中での語句や図の使い方などに注意して読み、筆者の論理の展開のしかたを捉える。

1 アポロ計画 一九六〇年代に始まった、アメリカの有人月探査計画。一九六九年のアポロ十一号によって、人類初の月面着陸に成功。その後、一九七二年のアポロ十七号まで、月に関する調査が続けられた。

2 重力 物体と物体が引き合う力。全ての物体間に作用する。万有引力ともいう。

9 太陽系 太陽と、太陽を中心に公転する天体の集まり。太陽系には、水星・金星・地球・火星・木星・土星・天王星・海王星の八個の惑星が存在する。

特異

14 核 占める

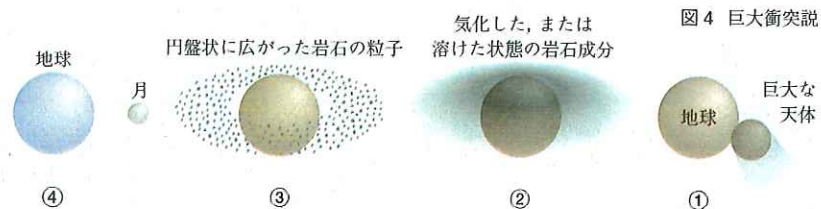


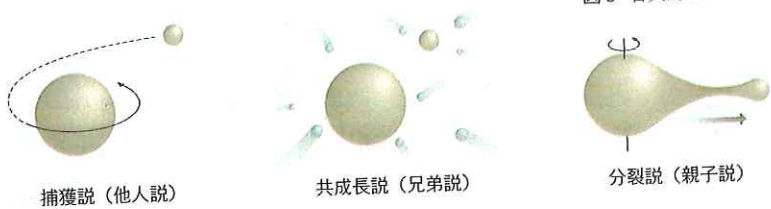
図4 巨大衝突説

- ① 地球の質量の約十分の一（火星程度）の天体が、地球に衝突する。
- ② 地球の周りに、気化した、または溶けた状態の岩石成分が飛び散る。
- ③ 冷えて粒子となった岩石成分が、地球の周りに円盤状に広がる。
- ④ 岩石の粒子が衝突と合体を繰り返すことで、月が形成される。

衝突から月へ

巨大衝突説は、アポロ計画終了後、アメリカの研究者により提唱された。地球への巨大な天体の衝突を仮定した説だ。巨大衝突説では、月の形成を次のように説明する（図4）。

図3 古典的な三つの仮説



親子か兄弟か、それとも他人か
月の探査により、その特徴が明らかになるはずと前から、人々はさまざまな仮説を立て、月の起源を説明しようと試みてきた。主な古典的仮説には、「分裂説」「共成長説」「捕獲説」の三つがある（図3）。

分裂説は、形成されたばかりの地球が高速で自転することで、地球の一部がちぎれ、月になったというものだ。地球から月が生まれるので「親子説」ともよばれる。共成長説は、地球と月が初めから惑星と衛星として形成されたという説だ。これは、生まれたときからともに成長するため「兄弟説」ともよばれる。捕獲説は、別の場所で作られた月が、地球の近くを通ったとき、重力の作用で捕獲されたとするものだ。月が地球とは関係のない所で生まれたということ、他人説ともよばれる。しかし現在、これらの説はいずれもほぼ否定されている。主な理由を説明しよう。まず分裂説は、地球が高速で自転することを前提にしている。地球から月が分裂するには自転周期が約二時間以下にならないなければならないと推定されるが、研究の結果、形成時の地球の自転は、これほど高速にならないことがわかってきた。分裂したと考えるには無理がある。また、共成長説と捕獲説には致命的な欠陥がある。どちらも月に鉄が少ないことを説明できないのだ。天体が主にどんな物質で形成されるかは、周辺にある材料物質と、温度や圧力などの条件で決まる。太陽系でいえば、岩石の天体が形成されるのは太陽に近いごく限られた範囲の中だけ

5 自転 天体が、その直径の1/2を軸として回転すること。一回の自転にかかる時間を、自転周期という。

だが、そもそも、このように巨大な天体が地球に衝突することはありえるのだろうか。現在支持されている標準的な理論では、地球は、微惑星とよばれる直径数キロメートルの天体が衝突と合体を繰り返すことで誕生したと考えられている。最近の研究により、微惑星どうしの合体により、まず原始惑星とよばれる火星ぐらいの大きさの天体が形成されることがわかった。さらに、原始惑星どうしが衝突、合体して最終的に地球が形成される。つまり、地球が形成される最終段階においては、巨大衝突は自然に起きるものと考えられているのだ。

巨大衝突説は、ほぼ完成した地球に、地球質量の約十分の一、直径でいえば約二分の一の巨大な原始惑星が衝突することを想定している。このとき、ぶつかってくる原始惑星の内部も、鉄の核を岩石が包む二層構造になっていると考えられる。微惑星の衝突による熱で原始惑星が溶けると、重い鉄は沈み、軽い岩石成分が浮き上がるため、結果として天体の中心に鉄が集まるのだ。このように二層に分かれた原始惑星が、地球をえぐるような角度で斜めにぶつかってきたとすればどうだろう。重い核はそのままの勢いで地球に合体し、外側の岩石の層だけが衝撃でまき散らされるはずだ。この岩石成分が月の材料となる。このため、そこから形成される月の鉄は少なくなりうる。また、大きな天体の衝突によって、多量の材料がまき散らされれば、そこから大きな月を作ることできるだろう。

このように巨大衝突説は、月の重要な特徴を説明できるように組み立てられている。

月を作る実験

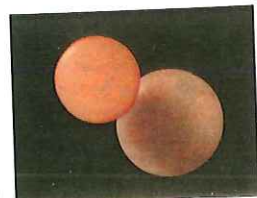
確かに巨大衝突説は有力である。しかし、近年までは希望的な仮説にすぎなかった。今、この仮説の検証がコンピュータシミュレーションによって進められている。シミュレ

ションとは模擬実験という意味で、コンピュータシミュレーションでは、実際には実験できないことをコンピュータを使って実験する。巨大衝突説の検証では、コンピュータに重力や天体の物理法則をプログラムすることで、コンピュータの中に宇宙を再現し、月形成の実験をする。検証は二段階に分けて行われている。

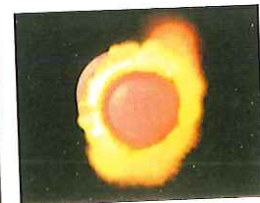
まずは巨大衝突、つまり地球と原始惑星の衝突の実験が行われた。さまざまな条件で地球と原始惑星を衝突させ、何が起きるかを調べる。実験の結果、火星ぐらいの原始惑星が、地球に対して四十五度ぐらいの角度で衝突した場合、月を形成するのに十分な質量の材料物質がまき散らされることが確かめられた。また、やはり原始惑星の核のほとんどは地球に合体してしまい、主に原始惑星の岩石成分だけが残って、月の材料になることもわかった。

次に、巨大衝突によってまき散らされた月材料物質から、月が形成されるかどうかの実験が行われた。地球の周りに、円盤状に広がった岩石の粒子を配置し、そこから衝突、合体によって月が形成されるかどうかを調べるのだ。筆者らの実験により、巨大衝突でまき散らされた岩石の粒子からは、確かに月質量程度の衛星が一つ、形成されることがわかった。驚いたことに、月の形成にかかる時間は、一か月から一年という、天文学的にはとても短い時間であった。最短で見積もった場合、図らずも一月(時間)で一月(個数)ができるのである。また、生まれたいばかりの月は、当初、地球半径の約四倍の所にあったこともわかった。距離でいえば現在の十五分の一、見た目でいえば今より二百倍以上も大きな月が、空に浮かんでいたことになる。誰も見るものはなかったが、さぞ壮大な眺めだったことだろう。

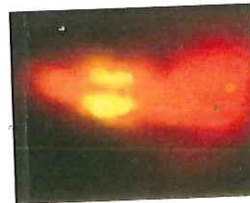
シミュレーションをもとにした月の起源の映像



① 地球に原始惑星が衝突する。



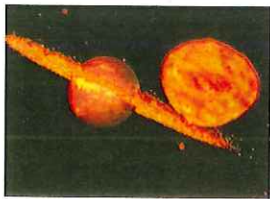
② 衝突の瞬間。



③ 地球の周りに岩石成分がまき散らされる。



④ 地球の周りに冷えて粒子となった岩石成分が円盤状に広がる。



⑤ 岩石の粒子が、互いに衝突、合体することで月ができる。

3 プログラム ここでは、コンピュータ専用の言語を用いて、作業のための手順や条件を入力すること。

15 図らずも

新たな研究へ

日頃眺めていた月が、どのような天体で、どのようにして生まれたと考えられるか、理解してもらえただろうか。月は、衛星として特異といえるほど、惑星に対する質量比が大きく、鉄が極めて少ない。そのような特徴をもつ月は、地球に衝突した原始惑星の破片から形成されたと考えられる。ただし、これはあくまで現段階での理解である。巨大衝突説は、今なお「最も有力な仮説」という位置づけであり、新たな研究の成果を受け、これから改訂されるかもしれないし、あるいは否定されることもあるかもしれない。研究は今日も続いている。

月は、おそらくその起源から地球とともにあり、地球の形成、進化の過程に深い関わりをもってきた。だから、月を知ることが、地球を知ることにもつながる。今、再び月が注目を集め、日本をはじめ世界各国で、さらなる月探査が計画されている。今後の研究や探査により、どのような秘密が明らかにされるか、楽しみだ。

月を見るときには、思い出してみしてほしい。今から約四十六億年前、巨大な天体が地球に衝突し、月が誕生したということ。月がいつもとは違って見えるかもしれない。



筆者 小久保英一郎 一九六八（昭和四三）——宮城県出身。理論天文学者。
 著書 「二億個の地球——星くすからの誕生」（共著）「宇宙と生命の起源——ビッグバンから人類誕生まで」（共著）など。
 出典 本書のための書きおろし。

「新出漢字」

43 核 カク 核心 43 占 セン うらなう 占有 45 盤 バン 基盤

学習

目標

- 科学的なものの見方や研究方法を知り、それらについて自分の考えをもつ。
- 文脈の中の語句や図の使い方などに注意して読み、筆者の論理の展開のしかたを捉える。

1 確認しよう

図を活用しながら本文を読み、月や地球の起源について初めて知ったことや興味をもったことなどを確認しよう。

2 読みを深めよう

小見出しや図などを参考に、筆者の論理展開のしかたを読み取ろう。

① それぞれの図が、本文のどの部分に対応しているかを確認し、図の役割や効果について考えよう。

② 本文中で紹介されている種々の仮説の内容を簡単にまとめ、それらのもつ欠陥や有力な点などを整理しよう。

3 自分の考えをもとう

本文を読み、自然に対する新しい見方が生まれる過程を知り、そのおもしろさや意義について話し合ってみよう。

次へつなげよう

- 筆者の論理の展開に注意して、種々の仮説を読み取ったか。
- 小見出しや図の役割、効果などについて理解したか。

言葉を広げる

本文には、論理的に物事を考えるうえで効果的な漢語が多く使われている。次の漢語を本文中から探し、意味を調べてみよう。

- ・ 仮説
- ・ 検証
- ・ 前提
- ・ 推定
- ・ 条件

学習の窓

小見出しから本文の内容を読む

専門的な内容をわかりやすく説明する文章には、小見出しが効果的に使われていることが多い。小見出しによって、文章の大体の内容や流れがわかったり、読者の興味を引きつけたたりすることができる。小見出しの効果について、次の観点で確認してみよう。

- 「月の起源を探る」の小見出しが、どのように効果的に本文の内容を表しているかについて考える。
- 本の小見出しや新聞の見出しの効果について考える。

6 改訂

広がる読書

「二億個の地球——星くすからの誕生」
 井田茂・小久保英一郎



白尾元理



白尾元理