

なぜ惑星は恒星の「そっくりさん」になれないのか？

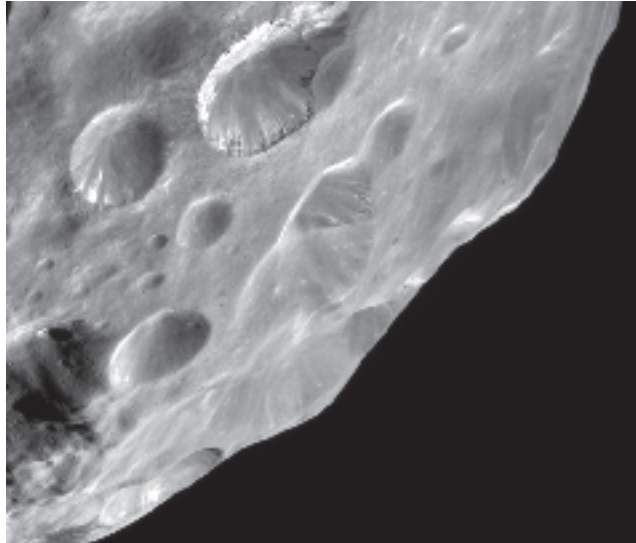
惑星学：惑星の研究には、地質学者の推論的な技術と天体物理学者の数学的なアプローチの両方が必要だ。

原文：Why can't planets be like stars?

Nature Vol.430(509)/29July 2004; www.naturejpn.com/digest

Stuart Ross Taylor

惑星は、確率過程によって生まれた、バラバラで多様性をもつ天体だ。私たちの太陽系には8つの惑星があるが、そのすべてが、異なった質量、密度、組成、自転速度、軌道傾斜角度をもっている。8つの惑星に共通する特性といえば、円に近い軌道と地球-太陽面に対する小さい傾斜角だけなのである。この特性から、Pierre-Simon Laplaceは1796年に、惑星が回転円盤（太陽星雲）から生じた、という結論を下すにいたったのであるが。



月の話題：フェーベの映像が惑星形成に光明を投じた。

わが太陽系にはまた、120個以

上の月と多数の天体があるが、その大部分に特有の組成と動きが見られる。惑星や衛星が、原始星雲のガスや氷や岩の組成から形成される過程には、統一性がみられない。惑星はまた、もとの位置から移動することもあるので、星雲の化学的性質の初期の（半径の位置による）変動を事実上かきまぜてしまう。

私たちの太陽以外の恒星の周囲を巡る惑星が100個以上も発見され、惑星の起源と進化の問題がにわかに注目を浴びようになった。このような太陽系外の惑星は、限られたサンプリングにすぎないが、それでも、惑星の質量と間隔に大きな差があることが明らかになった。こうした新しく発見された惑星の多くは、著しい楕円軌道をもっており、問題はさらに複雑になってしまった。結局のところ、若い恒星の周りを回る円盤から生まれる惑星は、宇宙化学的な元素の存在比と、物理学や化学の法則によって制限される範囲内で、あらゆる、存在可能な状態になりうるということが判明するのではあるまいか。

惑星と違って、恒星は相対的に均一な組成をもっており、おもに質量に差がみられる。恒星進化の基本特性はすいぶん昔から理解さ

れており、ヘルツシュプルング・ラッセル図によって記述される。この図は、表面温度と光度の関係をあらわしたもので、本質的には、恒星の内部で起きている核反応を反映している。

これと対照的に、惑星は、バラバラで、系統的な関係性をほとんど示さず、分類や定義への試みにさえ逆らってきた。このことは、冥王星の状態についての大論争にもみられる。冥王星は惑星とみなすには、あまりに「風変わりな小人」（＝軌道が楕円形でサイズも小さい）といわざるをえず、むしろ、カイパーベルトの多くの氷の天体の中の王様と言ったほうが合っている。これまでのところ、惑星については、ヘルツシュプルング・ラッセル図に相当するものは見当たらない。たとえ、私たちの太陽系の惑星の形成と進化について満足のいく説明に達したとしても、それが他のどこにでも適用されるという保証はない。おそらくこれが、Stephen Brushが述べたように、私たちの太陽系の起源が、科学における最も古い未解決問題の1つとされる理由だろう。

惑星を研究する際に立ちはだかる問題については、地球を理解する試みの歴史を振り返ってみればよい。地質学は科学の中でも新参

者だ。1788年にJames Huttonは地質学的時間について深い洞察を示したが、プレートテクトニクスが地球表面の構造を支えるメカニズムだと理解されるに至るまで、さらに150年もの歳月を要した。プレートテクトニクスには、大陸を造るだけでなく、進んだ文明に役立つ鉱床を形成するという有益な特性がある。プレートテクトニクスのおかげで、今、私たちはこのような議論ができる訳なのだ。しかし、このプロセスは太陽系の惑星の中でも地球だけに存在するものであり、かなり後になってから、偶然、わずか数百ppmという

分量の水が含まれるようになって、初めて可能となった。月の進化を理解しようとする上での問題点の多くは、汗水垂らして、湿気が多い地球岩石から手に入れた経験を、あまり深く考えもせず、干からびた衛星の岩石にも適用しようとして生じたものだ。

自然が、ようやくのことで似た惑星を造ってみたら、せいぜい、地球と金星が生まれただけである。この双子の質量、密度、全体の組成、熱発性元素（カリウム、ウラン、トリウム）の存在比はよく似ている。しかし、金星は、月を持たない一枚プレートの惑星で、おそらく10億年に1度程度、玄武岩による惑星全域の「表面改装」が行なわれるらしい。この双子の地質学的歴史の違いの原因は何だろう？ 端的に言えば水であるが、かなりの部分は、初期の歴史における惑星降着の際の衝突のちがいに起因していると思われる。似ているからといって同じというわけではない。地球は、なるほど金星に似ているが、ジキル博士だってハイド氏に似ているのだ。太陽系以外の地球型惑星を捜し求める際には、こうしたちがいの原因と、そもそも、何がこうした多様な天体の形成を許したのか、その条件をみつけない

NASA/JPL SPACE SCIENCE

くてはならない。

ちょうど19世紀に地質学がそうだったように、惑星の研究は、科学的な探究の新しい分野の代表だ。直観的には、岩質の惑星は地質学者の手にゆだね、ガス質の巨大惑星は天文学者に任せればよいように思われるが、どちらのグループも単独では総合的な結論にたどりつぐのに充分とはいえないだろう。地質学者は、主に表面の観察を行なっているが、惑星の地殻はその内部とは大きく異なっている。対照的に、天文学者は、ずっと星の内部的な進化に

係わってきた。惑星系の多様性と、恒星、地球、種々の太陽系および太陽系外惑星を扱う上で、の哲学的な問題を処理するには、単一の専門家グループだけでは対応しきれないように思われる。「群盲象をなでる」のジレンマを避けるには、統一されたアプローチが必要なのだ。ちょうど、天体物理学、地化学、生化学、地球物理学が古典的な科学の狭間から生まれたように、惑星学も今や新しいタイプの研究者を必要としている。そうした研究者たちには、惑星を恒星と同じように数学的に扱いたがる天

文学者と、地球で生まれた探偵のごとき経験をあてはめたがる地質学者の中庸をゆく、独自の思考様式が必要なのだ。 ■

筆者の **Stuart Ross Taylor** は、オーストラリア国立大学の地球海洋科学部 (the Department of Earth and Marine Sciences, Australian National University, Canberra ACT 0200, Australia.) に所属している。

FURTHER READING

Brush, S. G. *A History of Modern Planetary Physics* Vol. 3 (Cambridge Univ. Press, 1996).

Stevenson, D. J. *Phys. Today* 57, 43–48 (2004).

Taylor, S. R. *Destiny or Chance: Our Solar System and its Place in the Cosmos* (Cambridge Univ. Press, 2000).

books and arts

消えゆくゾウが物語る中国の自然環境悪化

森林破壊と都市の発達は農業の拡大によりもたらされたのだった。

原文: *The decline of China's environment*

Nature Vol.430(505-506)/29 July 2004; www.naturejpn.com/digest

The Retreat of the Elephants: An Environmental History of China

by Mark Elvin

Yale University Press: 2004. 547 pp. \$39.95, £25

Crispin Tickell

か わいそうな中国のゾウたちには同情の念を禁じ得ない。かつてゾウは中国全土に生息していた。しかし、今から4,000年以上も前から徐々に住みかを追われ、今ではビルマとの国境に近い数ヶ所の保護区で見ることができない。そうなった主な理由は、人間が森林を切り倒して、農業を始めるようになり、ゾウの生息環境が破壊されたからだ。数が減り始めていたゾウの群れでさえ農民にとっては厄介な存在だった。農作物を踏みつけ、奪い取っていくのはゾウの仕業だったからだ。また一方で、ゾウの利用に価値を認める人々もいた。軍事、輸送や儀式に役立ったからだ。象牙は珍重され、鼻の肉は美食家の舌を楽しませた。中国のゾウは減り続け、ほとんどの中国人にとって、思い出程度の存在となってしまっている。著者のMark Elvinは、中国のゾウの個体数減少をたとえ話

に使い、工業化を迎えるまでの中国国内での自然環境の変貌を説明している。その一部は、現代のアフリカにも見られる話である。

本書は、中国の自然環境史というよりも、むしろ歴史の断片の寄せ集めといえる。著者は、さまざまな中国語文献からの豊富な引用を駆使して、各地で起こった事象とその原因を示している。これと似た事象が中国以外でも起こったことは考古学研究によって判明しているが、文書による記録が残っているのは中国だけで、それぞれの時代を生き抜いた人々が感じていたことを伝えるユニークな記録となっている。ただしそれは、心地よい、教訓が得られるといった類のものだけではなく、そして常として、自然環境破壊の影響を最も大きく受けたものたちの声を聞くことは決してできない。

中国における自然環境の変容は、地域によってペースが異なっていたが、大きく見ると、いくつの特徴があった。すなわち、森林破壊によって農業が拡大していったこと。そして開発ラッシュで資源が搾取され、多くの種が

絶滅した結果、人口が増大。これによって町、都市や省が発達し、それに伴って社会的階層の分化が始まり、都市や省の間の競争が激化し、戦争がそれに拍車をかけ、その際には、環境が武器として利用されることもあったこと。すぐれた技術もあったが、資源の不適切な管理のために、効果は減殺されたこと。人々は、身の回りで起こる局所的な状況にとらわれ、変化の影響を受けやすくなったこと。そして、社会全体に影響を与える社会や経済の崩壊の危険が高まったことだ。著者は、中国の3つの地域を例にとり、地域による明らかなきがいを示した。その3つの地域とは、揚子江の南側に位置する嘉興、漢族が苗族を徐々に駆逐していった華南地方の貴州、そして東北地方の山岳地帯にある遵化だ。

いずれの地域でも、治水は極めて重要だった。「hydraulic despotism (水利権の掌握による専制政治)」という言葉では、すべてを説明し尽くせないかもしれないが、それでも、時には気まぐれを起こしもあるが貴重なこの水資源を管理する必要性が一因となって、地元