

いまなぜ惑星地質学か

- 発刊にあたって -

小森長生

Chosei Komori

月や惑星の探査がすすみ、また地球を宇宙的な視野から研究することが可能になって「惑星地質学 (Planetary Geology)」という新しい学問分野がクローズアップされる時代になってきた。地質学は長いこと地球そのものを研究対象としてきた。いいかえれば、地質学という学問は、地球という 1 つの特殊な惑星の上で発展してきた学問であったといえる。

しかし、ここ 20 数年の間に事情は大きく変わってきたのである。月に人間が降り、火星や金星に探査機が着陸するにおよんで、これらの天体を従来の地質学と同じ方法で研究できるようになった。惑星地質学が、いよいよ自己の存在を主張できる時代になったわけである。われわれにとって月や惑星は、南極大陸に次ぐ新しい大陸、いわば開拓を待つ未開の領域である。この新しい世界へ人類が進出する意義は、学問的にもきわめて大きい。

新しい大陸は、さまざまな点で地球にはない魅力をそなえている。月や水星のように大気のない世界は、地球上ではとうの昔に消えてしまった原始の姿をとどめている。希薄な大気と寒冷な世界の火星には、月とも地球ともちがった独特の活動の跡がある。焦熱地獄の金星でおこる地質活動には、何か妖しい秘密が隠されていそう。木星や土星の水衛星も面白い。

地球の地質学の方法を適用するといっても、これらの世界にそれをそっくりあてはめることはできない。重力のちがいといった物理現象や、大気の水の有無、大気や地殻の組成のちがいといった環境などの相違が、地球とは異なったさまざまな地質現象を生み出す。こうした千差万別の地質現象を広い視野で見つめていくことによって、地球の地質学という、ある意味では”特殊”な学問であった従来の地質学を、より普遍的な学問に高めていくことができるだろう。マグマの概念 1 つをとっても、珪酸塩から硫黄、水へと、われわれは視野の拡大をせまられているのである。惑星地質学は、アメリカやソ連ではすでにそれなりの市民権を獲得し、一般の地質学者がごく日常的に議論しあっているという。自前の探査手段と成果を手に行っている者の強みといってしまうとそれまでであるが、彼らがわれわれより数歩も先を歩んでいることは否定できない。

ひるがえってわが国の現状をみると、惑星地質学への関心はまだきわめてうすい。日本の月探査計画も本格化しようとしている今日、地質学者は惑星地質学に無関心ではいられなくなっている。それにもかかわらず、地質学者たちの目は依然として地球の重力の鎖につながれている。この状況を何とかして打開したいという気持ちが、このたび「惑星地質研究会」を新たに発足させることになった。

惑星地質学はまだ若い学問であり、その体系化はこれからの課題である。探査の進展とともに、テーマは無限に出てくるだろう。そして、多くの分野の人たちの関心と努力で、新しい学問体系が確立されていくであろう。それとともに惑星地質学が、行きづまった資源・環境問題をも打開する、人類にとって最も実践的な学問としての役割もはたすだろう。惑星地質学が、21 世紀に花開く希望に満ちた学問になることを願って、発刊のことばとしたい。

.....

書籍紹介

Floyd F. Sabin, Jr., 1987: Remote Sensing--Principles and Interpretation (Second Edition). W. H. Freeman and Co., New York, 449p, 286x220x28mm, 1390g

本書は、1977 年に出版された同名の本の改訂版である。著者の肩書きは Cevron Oil Field Reserch Company と Univ. of Califolnia となっており、実務経験の豊かな研究者と思われる。著者によると初版以降の 9 年間のリモートセンシングの進歩により、新たにランドサット 3 の Return Beam Vidicon System、ランドサットの Thematic Mapper、スペースシャトルの Imaging Radar と Large Format Camera、シーサットのレーダなどの解説が付け加わったそうである。

全体は 13 章からなり、各章のタイトルとページ数は次の通りである。1. Fundamental Consideration(21p)、2. Aerial Photographs and Multispectral Images(25p)、3. Manned Satellite Images(51p)、4. Landsat Images(51p)、5. Thermal Infrared Images(51p)、6. Radar Images(47p)、7. Digital Image Processing(43p)、8. Resource Exploration(37p)、9. Environmental Application(29p)、10. Land-Use and Land-Cover Analysis(19p)、11. Natural Hazards(23p)、12. Comparison of Images Types(18p)、13. Summary(3p)。

まず第 1 章では電磁波の性質、散乱、吸収、空間分解能、コントラスト、画像のスキャンシステムなどの基本事項を解説している。第 2 章では飛行機からの空中写真を材料として縮尺や波長による写りの違い、実体視の理論を解説している。続く第 3～6 章ではさまざまな方法による地球のリモートセンシングを解説している。特に 4 章と 5 章ではランドサットの画像について詳しい。第 6 章のレーダ画像は、従来まとまった解説がなかっただけに役に立つ。第 7 章ではデジタル画像の回復、強調、情報の抽出についての基本的解説がある。第 12 章ではさまざまな方法でえられた同一地域（カリフォルニア州の Death Valley や Pissgah Crater）の画像を比較することによって、それぞれの方法の限界と可能性を明確にしている。

著者の定義によるとリモートセンシングとは、"Remote sensing is broadly defined as collecting and interpreting information about target without being in physical contact with the object."としているが、この本の中心は、人工衛星やスペースシャトルからの地球に関するリモートセンシングである。飛行機からの空中写真についてはわずかししか触れていないし、また地球以外の天体のリモートセンシングについても全く触れていない。それにもかかわらずあえてここで紹介するのは、私を含めて地質研究者が日常的にランドサット画像を目にしているにもかかわらず、空中写真のように十分に判読し、理解できないからである。本書はこうした私たちに、ランドサット画像がどのように撮影され、処理され、どのように判読したらよいかの明確なアウ

トラインを示してくれる。ひとたび衛星画像に熟知してしまえば、対象が月・金星・火星であっても、判読の方法は同じである。1990年に金星を周回する Magellan の撮影システムはスペースシャトルの合成開口レーダとほぼ同一のものであるとし、1990年代半ばに火星に到着する Mars Observer の撮影システムはランドサットの TM 画像システムの延長上にあると考えてよい。そのときまでに私たちは地球という ground truth を通じて衛星画像の判読に十分熟知していたいものである。日本でもリモートセンシングに関する本は幾つか出版されているが、それらはいずれもリモートセンシングの技術そのものに大部分のスペースを割いたものである。本書は、地質や地形の判読にも重点が置かれ、惑星地質判読のための優れた教科書となるだろう。 (白尾元理)

.....

文献紹介

イオにおける 1986 年の珪酸塩火山活動の事実

Johnson, T.V., et al., 1988: Io : Evidence for Silicate Volcanism in 1986.
Science, 242, 1280-1283

ボイジャーによるイオの火山活動の発見以来、ボイジャーのデータと地球からの赤外線望遠鏡観測によって、イオの熱的活動の性質が継続して研究されてきた。イオの disc からの全赤外線放射量をいろいろな波長で時間を変えて測定することによって、イオからの熱放出の時空的変動を知ることができる。

1986年8月7日、著者らがマウナケアの赤外線望遠鏡をつかっておこなった観測によると、経度 50° ~ 89° W の $8.7\ \mu\text{m}$ と $4.8\ \mu\text{m}$ での熱放射量は、それぞれ通常の約2倍と4倍であった。この観測をもとに、放射の源は 70° W 近くの赤道付近にあり、直径 30km の火口から 900K の火山噴出があったものと推定される。この event は、1978年に Witteborn らによって記載された 68° W での event や、Sinton によって観測された Surt カルデラ (338° W、 45° W) の event の規模に匹敵する。

McEwen と Soderblom は、Pele タイプの高温火山活動は trailing 半球 (経度 180° ~ 360° W) に限られるとのべたが、1978・1986の両 event は、leading 半球 (経度 0° ~ 180° W) にも高温火山作用があることを示している。ただし両半球では噴出物の性質は異なっており、trailing 半球の Pele 型ではアルベドの低い放出物を出す、leading 半球の 1986 event などとはそうでない。

1986 event の 900K という温度は、これまでに報告されたどの噴火よりも温度が高い。真空中での硫黄の沸点は 715K なので、この噴火は硫黄マグマのものではあり得ない。900K 以上の沸点をもつ硫黄化合物も考えられるが、潮汐加熱が珪酸塩を溶かすほどの効果を示すと考えられることから、著者らは、1986年8月7日の高温 event は、珪酸塩マグマの火山作用のつよい証拠であると結論づけた。イオの火山作用では硫黄が主役を果たしているものも多いが、珪酸塩の火山活動もあり、両者がイオのいろいろな場所と時間でおこっていると思われる。

〔紹介者註〕イオの火山活動については、硫黄-SO₂ モデルと珪酸塩-硫黄モデルの2つが考えられている。前者は小規模で持続的な活動をする Prometheus 型の火山に、後者は大規模で継続時

間の短い活動の Pele 型の火山に対応するとされている。しかし、両者の中間的な Loki 型の噴火などについては、まだ十分な説明がなされていない。イオの表面が硫黄を主とする物質でおおわれていることは否定できないが、さまざまな火山地形や、平均密度の値 (3.57g/cm^3) から Masursky や Carr は、イオ表面の地形の形成には、珪酸塩の火山活動が主な役割をはたすと主張している。

(小森長生)

衝突による水星マントルの引き剥がし

Benz, W., Slattery W.L., and Cameron A.G.W., 1988: Collisional Stripping of Mercury's Mantle. *Icarus*, 74, 516-528.

水星は、金星や地球の 10 分の 1 の質量しかないにもかかわらず、平均密度が著しく大きい。このことは水星の鉄/シリケート比が、他の地球型惑星の約 2 倍であることを示している。原始水星が他の天体と衝突したことによりシリケートの大部分を失い、鉄に富んだ惑星になったという仮説を 3 次元の smoothed particle hydrocore による数値シミュレーションをもちいて調べた。原始水星は現在の 2.25 倍の質量、コンドライト組成であると仮定した。また、衝突天体の質量は原始水星の 6 分の 1、衝突の速度は $10\sim 38\text{km/s}$ 、正面衝突と斜め衝突（原始水星の中心から 2/3 半径分オフセットした位置に衝突）の場合を計算した。正面衝突では 20km/s 、斜め衝突では 35km/s が現在の水星質量とコア/マントル比を作り出すのに適当な値である。

衝突で飛散した破片が水星に再び捕獲されたならば衝突の効果は無効になるので、筆者らはこのことを検討するために他の惑星の摂動と太陽からの放射圧力 (Poynting-Robertson 効果) の影響を考えた。原始水星が衝突後、さらに別の天体に衝突されて起動が変化する可能性が高いので正確な推定はできないが、もし衝突後の水星軌道が現在の水星と同一ならば、衝突で飛散した物質の大部分は水星に再び捕らえられてしまう可能性がある。しかし、飛散した破片がセンチメートルサイズ以下ならば、水星がこれらの破片を掃き集める前に、Poynting-Robertson 効果によって水星の軌道から取り除かれる。水星から飛散した破片は岩石中の音速 (4km/s) をこえるものが多いため、十分に細かく破碎されていた可能性が高く、この効果によって飛散した破片は水星軌道から取り除かれた可能性が大きい。

(白尾元理)

編集後記：惑星地質ニュースの第 1 号をおとどけします。わが国では、惑星物理学者、惑星化学者と呼べる人達が増えつつあるのに、惑星地質学の研究者はほとんどいないのが現状です。これはわが国がまだ月・惑星探査機をもたず、独自のデータがないことが原因の 1 つと考えられます。しかし、1990 年代なかばには宇宙研からは月の極軌道衛星の打ち上げも予定されていますので、惑星地質の研究者の需要は今後高くなると考えられます。日本にも惑星地質学に興味をもつ地質研究者が多いにもかかわらず、情報が少ないために互いに孤立していました。このニュースの発行は、それらの方々への情報提供と連携を深めるきずなとなるのが目的で、年 4 回発行の予定です。皆様の周辺でこのニュースに興味のある方には当分、無料でお送り致しますので、住所と名前を事務局までお知らせください。