

# Under Jupiter's pulsing skin

## 木星の脈打つ表面の下で

クニオ・M・サヤナギ

木星の表面を取り囲む特徴的な縞模様に沿って、高速のジェット気流が吹き荒れている。このジェット気流の中で嵐が発生し、それを乱すようすを観察することで、雲の下にあるものを深く見通すことができる。

Nature Vol.451 (409-410) / 24 January 2008

医師たちは、患者の体表に現れている徴候を利用して、その体内の状態を診断する。惑星科学者たちも同様に、惑星の表面の様子を観察することにより、その下にある人体と同じくらいダイナミックな観測対象を探っていく。太陽系で最も大きな惑星である木星の表面下を深く覗き込むことは非常にむずかしい。木星は厚い雲の層に覆われているため、望遠鏡では下層の大気を観察できないからである。Sánchez-Lavegaら (Nature 1月24日号 437 ページ)<sup>1</sup>は、木星の可視表面における巨大な嵐のふるまいを研究し、その下の大気圏の風と温度の垂直構造を解明しようとしている。

鮮やかな縞模様をもつ木星は、太陽系の中で最も見ごたえのある天体の1つである。NASAの惑星探査機ボイジャー1号と2号が1979年に木星の近くを通過した際に行った観測により、こうした雲の帯が大気中のジェット気流と関係していることが明らかになった<sup>2</sup>。地球のジェット気流が絶えず経路と速度を変えているのに対して、木星のジェット気流ははるかに安定しており、基本的に一定の緯線に沿って流れている。土星をめざすカッシーニ探査機が2000年に木星の近くを通過した際に行った観測では<sup>3</sup>、ボイジャーによる観測以来、ジェット気流の大規模構造はまったく変化しておらず、その位置と最高速度がわずかに変化しているだけであることが明らかになった。

しかし、この厚い雲の層の下についての観測記録は不足している。これまでに行われた直接測定は、1995年のガリレオ・ミッションでの大気圏突入プローブによる観測だけである<sup>4,5</sup>。このプローブは、

雲の中を140キロメートルの深さまで突入できるように設計されていたが、たまたま雲が異常に少ない区画に突入してしまった。こうした区画は小さいため、唯一の直接観測から得られた断片的な情報を木星全体に当てはめるのは容易ではない。

冥王星をめざすNASAのニューホライズン探査機は2007年の初めに木星でスウィングバイを行ったが、その時期に繰り上げられた観測キャンペーンの一環として、Sánchez-Lavegaらはハッブル宇宙望遠鏡を使って木星系の観測を行った<sup>1</sup>。2007年3月下旬に、彼らは偶然、木星の北緯23°のジェット気流の中で2つの大きな対流性の嵐が発生するのを捕らえた。北緯23°のジェット気流は木星で最も速い気流として重要であり、近年は秒速140～180メートルで流れている<sup>6-8</sup>。

著者らは、ハッブル望遠鏡のほかに各種の地上望遠鏡も使用して、嵐の発生を観察した。嵐の際の雲の動きは、その下にある大気の構造を解明するための手がかりとなる。画像を解析した著者らは、対流性のプルームが圏界面を大きく突き抜けていることを発見した。圏界面は大気の境界面であり、気象現象を押さえ込む安定な蓋のような役割を担っているため、ほとんどの雲はこれより低いところにある。嵐のプルームは、厚い雲の層の下から始まって100キロメートル以上の高さがあり、極めて大きなエネルギーをもつと考えられている。これに対して、地球上の積雲の高さは10キロメートル程度にしかならない。

観測結果を検討するために、Sánchez-Lavegaらは、背景のさまざまな熟成層化にもとづく数値シ

ミュレーションを行った<sup>1</sup>。その結果、嵐がこれだけ大きなエネルギーをもつためには、圏界面の下の温度は、カッシーニが2000年にフライバイの際に測定した温度よりも2～5ケルビン低くなければならないことがわかった<sup>9</sup>。この差が局所的な違いであるのか、その緯度における温度の垂直構造の時間変化であるのかは、まだ不明である。しかし、時折の嵐の発生を可能にする熱力学的条件を絞り込めたことは、それ自体が重要な成果である。

著者らの分析から、北緯23°のジェット気流が嵐による擾乱を受けても大きく乱れることはなかったこともわかった。Sánchez-Lavegaらは、別の数値モデルを使って雲の下の風につきさまざまな形の鉛直分布を考え、今回観察されたようなジェット気流のふるまいを再現しようと試みた結果、ジェット気流は下に行くほど速くなっているはずだという結論に達した。この結論は、1990年に発生した、今回と非常によく似た擾乱の研究<sup>10</sup>により得られた結果を裏づけるものである。

2007年の観測シーズンを通じて、木星の全域で大変動が起きており、いくつかの緯度の縞模様の色が変わった。北緯23°のジェット気流の擾乱は、この大変動のクライマックスだった。これまでも1975年と1990年に、今回の変動によく似たパターンが観測されている (ref.11)。この変動を脈動に喩えることは魅力的である。ただし、この脈動は不規則であり、その原因も不明である。同様の現象が、同程度の時間間隔をおいて、2020年以降に再び観測されるかどうかを確認するのは興味深い。土星でも、巨大な対流性の嵐が繰り返し起きている<sup>12</sup>。木星と土星の対流圏には垂直方向に大量の熱を運ぶ積雲対流があり、どちらの惑星も太陽から受けとる熱よりも多くの熱を宇宙空間に放射している。木星と土星の巨大な嵐が示す脈動は、惑星の奥深くで生じた熱が表面まで伝わるしくみを解明するための手がかりとなるかもしれない。

Sánchez-Lavegaらの報告<sup>1</sup>には、もう1つ、注目すべき点がある。それは、今日の惑星観測キャンペーンにおいてアマチュア天文家が果たしている役割の大きさである。今回は、世界中のアマチュア天文家たちがほとんど途切れることなく木星を観測したことで、個々の大規模な嵐の雲の成長と運動を45日間も追跡することができた。これに対してハッブル望遠鏡は、微細な特徴を不定期に約10時間ずつ観測していた。ハイレベルのアマチュア天文家たちは、近年、安価なデジタルカメラと、地球の大気に起因す

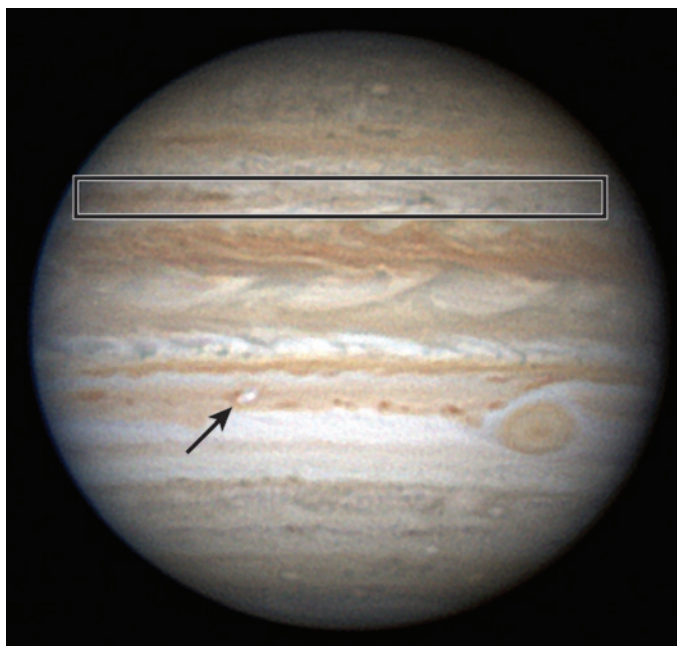


図1 カメラが捕らえた嵐。2007年5月17日にアマチュア天文家がフィリピンで撮影した写真は、この年に木星の全域で起きていた大変動のピークを捉えている。四角形で囲んだ部分は、北緯23°のジェット気流がある領域を示している。その中の濃い灰色をした部分は、Sánchez-Lavegaら<sup>1</sup>が調べた嵐による擾乱の残骸である。矢印で示した明るい点は、これとは別の嵐の始まりである。アマチュア天文家による観測の頻度と柔軟性が、多くの重要な大気現象を観測できるだけの空間分解能と結びついたことで、彼らの貢献は木星観測キャンペーンにとって欠かすことのできないものになった (写真はC.Goの厚意による<sup>1,13</sup>)。

るぶれを補正する高度な画像処理技術を手にしたことで、大型望遠鏡がなくても、多くの大気現象を観測できるだけの高い分解能で惑星を観測できるようになった (図1)。世界中のアマチュア天文家による連続的な観測は、地上や宇宙の大型望遠鏡を使った、より強力ではあるが柔軟性に欠ける観測をうまく具合に補っている。今後、惑星の表面の下を深く探っていく惑星科学者の傍らに献身的なアマチュア天文家たちが寄り添って、「診断」に必要なツールを補充してくれるようになるのは確実である。 ■

クニオ・M・サヤナギ、ルーイビル大学 (米)

1. Sánchez-Lavega, A. *et al. Nature* **451**, 437-440 (2008).
2. Limaye, S. S. *Icarus* **65**, 335-352 (1986).
3. Porco, C. C. *et al. Science* **299**, 1541-1547 (2003).
4. Atkinson, D. H., Pollack, J. B. & Seiff, A. *Science* **272**, 842-843 (1996).
5. Seiff, A. *et al. Science* **272**, 844-845 (1996).
6. Rogers, J. H., Metting, H.-J. & Peach, D. *Icarus* **184**, 452-459 (2006).
7. Flasar, F. M. *et al. Nature* **427**, 132-135 (2004).
8. Simon, A. A. *Icarus* **141**, 29-39 (1999).
9. Garcia-Melendo, E. & Sanchez-Lavega, A. *Icarus* **152**, 316-330 (2001).
10. Garcia-Melendo, E. *et al. Icarus* **176**, 272-282 (2005).
11. Rogers, J. H. *The Giant Planet Jupiter* (Cambridge Univ. Press, 1995).
12. Sanchez-Lavega, A. *Chaos* **4**, 341-353 (1994).
13. www.christone.net/astro/jupiter