

# 火星ダストストーム拡大地域周辺における大気現象

小郷原一智 (ISAS/JAXA) 里村雄彦 (京大院理)

## 1. 次第にわかってきた火星の地域特性

### 1.1. 温度

[1] は Mars Global Surveror (MGS) Thermal Emission Spectrometer (TES) の温度データを解析し、温度の時間平均からの偏差の標準偏差を使って、[3] や [?] によって予言されていた storm track の存在を明らかにした。北半球に関しては、西風ジェットが北半球にある時期は概ねその領域が storm track となる。特に、北半球初春の Tharsis 北端から Acidalia 平原、Utopia 平原にかけて擾乱活発であった。南半球に関しては、同じく春に Tharsis 南端の、Solis/Daedalia/Sirenum 地方で擾乱が活発になった。

### 1.2. ダストの広がり

我々は、数値シミュレーションによって、火星におけるダスト拡大地域を特定してきた。あるダストソースから人為的にダストを注入しその後の拡大面積を比べる実験を、火星上にちりばめた 576 個のダストソースについて独立に行い、どの領域にあるダストが広範囲に広がりやすいかを特定した。その結果、北半球秋分 ( $L_s=180^\circ$ ) に関しては、Acidalia、Arabia、East of Elysium、Eastern Tharsis、Sirenum-Aonia region であった。これらの地域は、 $L_s=160^\circ \sim L_s=220^\circ$  における regional dust storm の発生位置と驚くほど一致する [2]。また、Sirenum-Aonia region と Eastern Tharsis は、ダストの放出時刻を 12 時間ずらすと拡大地域ではなくなったため、これらの地域におけるダストの拡大には日周期の現象が大きく影響していると考えられる。

### 1.3. ダストストームの発生

[6] は北半球における前線状ダストストーム (frontal dust storm) を MGS Mars Monitoring Camera (MOC) の画像から検出し、その空間分布、季節分布を明らかにした。彼らの研究によると、frontal dust storm は、地域で言えば Acidalia 平原と Utopia 平原で、季節で言えば、年によって多少の前後はあるが北半球の冬 ( $L_s=240^\circ \sim 300^\circ$ ) 以外で多く発生する。北半球の冬 ( $L_s=240^\circ \sim 300^\circ$ ) は一個たりとも発生しなかった。北半球中緯度の西風ジェットは

北半球冬にもっとも強くなることを考えれば、これは不思議なことである。

以上のように、火星には大気場にしてもダスト関連の現象にしても顕著な地域性と季節性が存在することが明らかになってきた。

## 2. Regional dust storm から global dust storm へ

2001 年に発生した global dust storm の拡大フェイズにおいて、ある regional dust storm が Hellas 盆地北端から東へ向かって拡大を開始し、その後 Solis や Acidalia で発生した regional dust storm と結合するように規模を拡大し、最終的に全球規模となった。過去に観測された global dust storm についても同様に、いくつかのダストのもやが複数箇所で発生し、結果的に全球規模になった例がある。したがって、global dust storm はいくつかの regional dust storm がほぼ同時多発し合体することで出現するように思われる<sup>1</sup>。では、これらの regional dust storm はたまたまほぼ同時に発生したのだろうか？我々は、これら複数の regional dust storm は互に関連しあい、一つのダストストームが他のダストストームの引き金になったのではないかと考えている (そちらのほうがおもしろい)<sup>2</sup>。同様の概念は地球の気象学ですでによく知られており、tele-connection と呼ばれる。

## 3. Tele-connection

[5] は静止気象衛星の雲画像を用いて得られた雲頂高度 400 hPa 以上の雲の被覆率、またジオポテンシャルハイト、地表気圧分布を用いて、太平洋西部における相関を調べた。その結果、フィリピン海周辺における対流活動やその他の物理量と、太平洋西岸地域のそれらとは極めて顕著な相関が見られた。このような相関係数のパターンは PJ パターンと呼ばれ、海洋大陸における大きな非断熱加熱を励起源とするロスビー波と理解されている。地球における tele-connection は、PJ パターンのように季節スケールの現象である。しかし、地球と異なり時定数が極端に短い火星においては、数日で火

<sup>1</sup>もちろん、統計的に有意ではない。

<sup>2</sup>もちろん、統計的に有意ではないためたまたまなのかもしれない。

#### 4. 将来の火星大気観測

global dust storm の出現機構、またそれにつながる regional dust storm の発生拡大機構を研究するためには、それらの時空間スケールを考えれば、ひまわりのような静止気象衛星による観測がもっとも単純な解である。1日1回の可視光撮像、1日2回の温度の nadir 観測では、とうてい数日の間のダストストームの拡大、合体をモニターすることは不可能である。火星大気の常時モニタリングによって、ダストストームがいつどこで発生しやすいかを突き止めることができるだけでなく、その生涯にわたってどこからどのように拡大し収束していくか、年によってどのような変化があるのか、を観測し、ダストストームの統計的・平均的描像を構築することができる。それだけでなく、各地の相関をとるといふ新しい手法によって、ダストストーム研究をもう一歩進めることができる。

#### 参考文献

- [1] Banfield, D., B.J. Conrath, P.J. Gierasch, R. J. Wilson and M. D. Smith (2004), Traveling waves in the martian atmosphere from MGS TES Nadir data, *Icarus*, 170, 365–403.
- [2] Cantor, B. A., P. B. James, M. Caplinger, and M. J. Wolff (2001), Martian dust storms: 1999 Mars Orbiter Camera observations, *J. Geophys. Res.*, 106(E10), 23653–23687.
- [3] Hollingsworth, J. L., and J. R. Barnes (1996), Forced stationary planetary waves in Mars's winter atmosphere, *J. Atmos. Sci.* 53, 3, 428–448.
- [4] Hollingsworth, J. L., R. M. Haberle, and J. Schaeffer (1997), Seasonal variations of storm zones on Mars, *Adv. Space Res.*, 19, 8, 1237–1240.
- [5] Nitta, T. (1987), Convective Activities in the Tropical Western Pacific and Their Impact on the Northern Hemisphere Summer Circulation, *Journal of Meteorological Society of Japan*, 65, 3, 373–390.
- [6] Wang, H., R. W. Zurek, and M. I. Richardson (2005), Relationship between frontal dust storms and transient eddy activity in the northern hemisphere of Mars as observed