

火星大気の循環構造：種々の混合過程と大規模場への影響

The circulation structure of the Martian atmosphere: mixing processes and their effects on the planetary scale fields

林 祥介[1], 高橋 芳幸[2], 小高 正嗣[1], 石渡 正樹[3]

Yoshi-Yuki Hayashi[1], Yoshiyuki Takahashi[2], Masatsugu Odaka[1], Masaki Ishiwatari[3]

[1] 北大・理・地球惑星, [2] 東北大 理, [3] 北大・地球環境

[1] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ., [2] Science, Tohoku Univ., [3] Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University

<http://www.gfd-dennou.org/arch/mars/>

火星大気の惑星規模での循環場は、大気の温度分布から温度風の関係式を用いて推測されてきた。地球からの観測や火星探査衛星などによって火星の大気放射のデータが得られてきており、この放射データを逆解きすることから火星大気の温度分布が得られる。これと温度風(静力学平衡 + 地衡風平衡)の式とを組み合わせることにより、流れ場の推測が得られる。火星大気の大循環モデル (General Circulation Model; GCM) の開発は、このようにして得られた温度分布や風速分布との照合を通して進められて来た。平均子午面循環のような非地衡風のな流れ場の描像は GCM の計算結果として得られている。

問題なのは、流れ場がそれなりに得られてしまうので、火星大気の大循環構造が理解されているかのように錯覚してしまうという点にある。GCM のような流れ場を計算する数値モデルが完成しているわけではない。火星大気の運動散逸構造は、実は、まだほとんど知られていないという点に注意しなければならない。現在の GCM の結果は、散逸構造のモデルとして無批判に地球大気のそれを適応することによって得られているに過ぎない。いわゆる乱流混合の定式化、すなわち、GCM では表現することのできない格子点間隔スケール以下のスケールを持った風の場の効果を繰り込むことには地球大気での経験が導入されている。火星大気が地球大気と同様の散逸構造を持っているとは限らないし、実際、かなり異なるものであることが想像される。

火星大気の熱および循環構造は大気中に存在するダストにともなう放射加熱の影響を大きく受けることはよく知られている。しかしながら大気中のダストの存在量を予言的に計算することは、これまでのところうまくできていない。従来の GCM によるシミュレーションでは、火星において特徴的な現象である全球規模のダストストームをモデル内で自己完結的に再現することには成功していない。大気中のダストが十分多い場合には大規模場の風が強くダスト供給を維持することができるが、大気中にダストが存在していない、もしくは少ない場合には大規模場の風が弱く地表面での風応力が足りないため、ダストを地表面から巻き上げることができない。大気中のダスト量が少ない状態からダスト量の多い状態へ自発的に遷移することができないのである。

この原因は、GCM に組み込まれている地球大気で定式化された乱流輸送モデルが火星大気の乱れの構造をうまく表現していないためであると考えられる。地表面からダストを巻き上げるのに必要な風応力を決める地表風速は、GCM で表現される風速に、格子点スケール以下の擾乱に伴う風速を重ねあわせたものである。後者の寄与がうまく表現されていなければ、地表面からの運動量輸送が推測できない。ところが、火星大気の大気対流や波や乱流といった、地衡風としては推測できないミクロな流れ場の様相は、探査機による地表風を除いては、これまで観測されておらず、鉛直構造に到っては全く未知といって過言ではない。

火星と地球とでは対流圏を構成する鉛直対流の構造が全く異なっているだろうと想像される。地球大気の鉛直構造は水の凝結と降水を特徴とする湿潤対流によって決められており、その存在が地表面付近の風速、惑星境界層のサイズ、乱流の強度、対流圏成層圏の波動のサイズや強度などを定めており、地表面からの運動量や物質の大気への輸送量を決定している。これに対して、火星大気は乾燥対流であり、対流圏成層圏においては境界層と対流圏中層とを区別する理由がない。また、乾燥対流では湿潤対流に比べてその風速は強く、励起する波動の強度も強い (Odaka et al. 2001)。したがって、対流に伴う乱流強度や波の碎破による鉛直混合も強いだろう。湿潤対流が支配する対流圏を持つ地球大気で定式化された散逸構造モデルは火星大気ではうまく働いていない可能性が高いわけである。

今日においても地球大気に関しては、その運動散逸の微細構造を観測し掌握することが数値モデルの改良にとって本質的であると認識され、衛星観測やあるいは地球シミュレータ実験の主要テーマのひとつとなって

いる。火星大気に関しても微細な運動構造の観測を何らかな方法で進めることができれば、その循環構造全体の理解にとって大きな寄与となるだろう。

Reference

Odaka et al. 2001: <http://www.nagare.or.jp/mm/2001/odaka/>, Nagare Multimedia 2001.