

火星大気大循環の数値シミュレーション：季節変化と地形による影響

*高橋 芳幸 [1], 渡部 重十 [2], 藤原 均 [1], 小高 正嗣 [3], 福西 浩 [1]

東北大学大学院理学研究科地球物理学専攻[1]

北海道大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻[2]

東京大学大学院数理科学研究科[3]

A Numerical Simulation of Martian Atmosphere General Circulation: Seasonal Variations and the Effect of Topography

*Yoshiyuki Takahashi[1], Shigeto Watanabe [2], Hitoshi Fujiwara [1]

Masatsugu Odaka [3], Hiroshi Fukunishi [1]

Department of Geophysics, Tohoku University[1]

Department of Earth and Planetary Science, Hokkaido University[2]

Graduate School of Mathematical Sciences, University of Tokyo[3]

A coupling among the lower, middle and upper atmospheres is much more important in a general circulation of Martian atmosphere rather than that in the terrestrial atmosphere due to the lack of the stable stratosphere at Mars. To understand the coupling processes, we have developed a Mars general circulation model which covers the altitude range from the ground up to about 120 km. Using this model, we have investigated the seasonal variations of the meridional circulation in the Martian lower and middle atmosphere. The result shows that an asymmetric circulation with respect to the equator is formed in the lower atmosphere even during equinoxes while a symmetric circulation is set up in the middle atmosphere. It is speculated that the effect of topography on the atmosphere causes such an asymmetric circulation.

火星は自転周期・赤道傾斜角の点において比較的地球と良く似た惑星である。しかし、海がないこと、起伏の大きな地形、公転軌道の大きな離心率、希薄な大気、および放射活性なダストの存在は地球とは異なる点である。火星大気には地球大気とは異なるエネルギー収支や物理過程が存在し、その影響は火星の大気構造に現れている。特に、地球の中層大気ではオゾンの紫外線吸収による温度上昇によって非常に安定な成層圏が形成されるが、火星ではそのようなことは起こっていない。このことは火星下層大気と中層大気、さらにはより高高度の超高層大気との間の結合は地球のそれとは異なるであろうことを予想させる。実際に、近年の Mars Global Surveyor をはじめとするいくつかの火星探査機によって、下層大気起源と考えられるような超高層大気中の様々な変動が

観測されている。我々の研究の目的は、上記のような火星下層大気の中層・超高層大気に及ぼす影響の物理過程を数値シミュレーションによって解明することである。

上記の目的のために、我々は現在までに地表から高度約 120 km までの高度範囲を含む 3 次元火星大気大循環モデルを開発した。このモデルはプリミティブ方程式を用いた格子モデルであり、比較的簡単な放射過程と実際の観測に基づく表面地形が考慮されている。放射過程としては大気放射・太陽近赤外による加熱・冷却を扱い、ダストの放射に対する効果は含めていない。高度 95 km 以上にはレイリー摩擦を入れている。これまでこのモデルを用いていくつかの条件下での風と温度の場を計算し、子午面循環とその熱バランスについての考察を行ってきた。計算された風と温度の場は互いに整合的であること、他のグループの 3 次元モデルによって得られた結果と大きな違いは存在しないことが確認された。本研究ではこのモデルを用いて、等温 (200 K)、静止の初期状態から火星の 1 年間分計算を行い、火星下層・中層大気中における子午面循環の高度による違いとその季節変化について調べた。

シミュレーションの結果、直接循環・関節循環セルの季節変化が再現された。直接循環セルは季節によらず下層大気から中層大気まで結合したものが形成される。一方、循環パターンは季節によって大きく変化する。夏至・冬至には両半球に及ぶひとつの直接循環セルが卓越し、春分・秋分には夏半球・冬半球にひとつずつ比較的対称な循環セルが卓越する。これらは他の 3 次元モデルによる結果と整合的である。春分・秋分における循環を詳しく見ると、太陽に対して火星自転軸の傾きはほとんどないにも関わらず主に低高度 (< 20 km) において南北の直接循環は赤道に対して非対称となっていた。それ以上の高度ではほぼ赤道に対して対称に近い循環となった。この子午面循環の赤道非対称性の原因を調べるために、地形を変えたシミュレーションを行った。この非対称性は経度平均した地形を用いた計算においても見られたが、地形を含めない計算においては見られなかった。そのため、この非対称の原因のひとつとしては、火星の地形における北半球と南半球との平均約 3.8 km の高低差であると考えられる。