

火星大気対流の数値計算:日変化的強制に対する応答

A numerical simulation of the Martian atmospheric convection: response to diurnal forcing

小高 正嗣 [1], 中島 健介 [2], 林 祥介 [3]

Masatsugu Odaka [1], Kensuke Nakajima [2], Yoshi-Yuki Hayashi [3]

[1] 東大・数理科学, [2] 九大・理・地惑, [3] 北大・理・地球惑星

[1] Mathematical Sciences, Univ. Tokyo, [2] Dept. of Earth & Planetary Sci., Faculty of Sci., Kyushu Univ., [3] Earth and Planetary Sci., Hokkaido Univ.

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

日変化的熱強制を与えた場合に実現する火星大気対流の様子を、対流を陽に表現できるような空間分解能の高い2次元モデルを用いて数値的に調べた。モデルで与えた熱的強制は観測及び鉛直1次元モデルの結果に基づいている。計算された対流の時間発展の様子は鉛直1次元モデルのそれと定性的に同じであった。典型的な対流セルの縦横比は2:1となった。対流が活発な時点において対流層内の温度偏差は約1 Kであり、鉛直風にして10 m/sec、水平風にして5 m/sec程度の値を持つ流れが定常的に見られた。これらの風速値は火星における現実的な熱的強制によって容易に形成される値であると想像される。

1. はじめに

火星大気における主要な熱的強制源は大気・地表系の放射過程と地表面からの顕熱輸送である。放射時定数が小さいことと、熱容量の小さい岩石で地表を覆われていることから、放射強制と地表面温度の日変化振幅は非常に大きい。Vikingの観測によれば地表面温度の日変化はおよそ100 Kである。Savijarvi (1991)の鉛直1次元モデル計算によれば、放射強制は地表面直上に極大が存在するような鉛直分布を持ち、日変化の振幅は高度5 km付近でおよそ10 K/day、地表付近では約100 K/dayに達する。

地表面温度および地表付近の放射強制の大きな日変化により、火星の下層大気における対流活動には大きな日変化が存在すると考えられる。しかし対流場の日変化の様子がどのようなものであるかはよくわかっていない。Savijarvi (1991) や Haberle et al. (1993) の鉛直1次元モデルではパラメタライズされた対流による熱輸送は評価されているが、対流場の時間発展の様子を記述することはできない。そこで本研究では放射対流を陽に表現できるような空間分解能の高い2次元モデルを用いて、日変化的熱強制を与えた場合に発生する対流の様子を調べることにする。

2. モデルと実験設定

大気は非弾性方程式系でモデル化する。乱流混合係数の計算はKlemp and Wilhelmson (1978)に従う。地表面からの運動量・熱フラックスはバルク法で与え、バルク係数はLouis (1979)のパラメタリゼーションから求める。モデルの計算領域は51.2 km × 10.0 kmとした。格子間隔は水平、鉛直ともに100mである。地表面温度はバイキングの観測を基にして日変化させる。放射強制は高度5km以下に与え、鉛直プロファイルと日変化の振幅はSavijarvi (1991)の1次元計算結果を参考にした。以上の設定の下、温度一定(220K)、静止状態から計算を始め3日間計算を行った。

3. 計算結果

対流による温度構造の時間発展の様子はSavijarvi (1991) や Haberle et

al.(1993) の鉛直 1 次元モデルのそれと定性的に同じであった。対流の成長は早く、その速度はおおむね放射強制の変化する速度に追従する。熱強制が次第に減少するに従い対流は減衰し、日没時には終息する。典型的な対流セルの縦横比は 2:1 である。対流層内の温位偏差は対流がもっとも活発な時点で約 1 K である。対流の発達した LT=12:00 ~ 16:00 においては鉛直風にして 10 m/sec、水平風にして 5 m/sec 程度の値を持つ流れが定常的に見られた。

対流層内の温位偏差は熱境界層内の温位差にほぼ等しいものであった。計算された風速値は温位偏差から見積もられる値と整合的である。これらの風速値は火星における現実的な熱的強制によって容易に形成される値であると想像される。