

3次元非静力学モデルによる火星大気対流の数値計算: 2次元モデル計算との比較

* 小高 正嗣 (北大・理), 山下 達也 (北大・理), 杉山 耕一朗 (国立天文台),
中島 健介 (九大・理), 石渡 正樹 (北大・理), 林 祥介 (神戸大・理)

1. はじめに

近年の計算機能力の向上とともに、従来の解像度(水平格子間隔 300 km 程度)に比べ高い水平解像度を与えた火星大気大循環の数値計算が行われるようになってきた。高橋 他 (気象学会 2007 年度春季大会 D204) による切断波数 T319 (水平格子間隔 22 km 程度) の高解像度大気大循環モデル計算では、太陽直下点の地表付近に日変化にともない数十 km サイズの渦が多数発生していること示されている。これらの渦の生成には日変化にともない生じる鉛直対流などの km スケールの循環が寄与していると想像されるが、実体はよくわかっていない。このようなスケールの渦の成因を考察するためには、鉛直対流を陽に表現可能な 3 次元非静力学モデルを用いて、日変化にともない生成される渦の特徴やそれに対する水平領域や分解能の影響を調べる方法が有効であろう。我々はこれまでに 3 次元火星大気非静力学モデルの開発に取り組み、開発したモデルの性能試験を兼ねた予備的な数値計算を行ってきた(小高 他, 気象学会 2007 年度秋季大会 B302)。本研究では、上記の日変化にともなう数十 km サイズの渦の成因を明らかにすることを目標とし、まず定常な熱強制を与えた場合の鉛直対流の強度と生成される渦のスケール、ならびに 3 次元系と 2 次元系との間での対流の強度の違いについて調べる。

2. 数値モデルと計算設定

モデル方程式として準圧縮系方程式を用いる。乱流混合は Klemp and Wilhelmson (1978) の 1.5 次のクロージャ表現し、地表からの熱と運動量のフラックスはバルク法で評価する。バルク係数は 0.01 とした (Odaka *et al.*, 1998)。放射過程は陽には計算せず、その代わりに鉛直 1 次元モデル (Haberle *et al.*, 1993) で得られた対流加熱量に等しい水平一様な 50 K/day の冷却を高度 5 km 以下に導入する。計算領域は水平に 20 km、鉛直に 10 km、格子間隔は水平鉛直ともに 100 m とする。水平境界は周期的とし、上下境界で鉛直流なしとする。地表面温度は一定 (270K) とする。初期の鉛直温度分布は高度 5 km までは等温位 (245 K)、それより上空では等温度 (220 K) とする。この初期温度場に最大振幅 1 K の温位擾乱を地表付近に与え対流を発生させる。積分時間は 12 時間である。

3. 計算結果

図 1(上段) に 3 次元モデルで得られた計算開始後 12 時間後の鉛直風分布を示す。鉛直風速は上昇域では 10~15 m/sec となるのに対し下降域では約 5 m/sec 以下である。地表付近には、水平スケール 200-400 m 程度、鉛直スケール 1-2 km の孤立渦が多数発生していた (図は示さない)。一方、同じ設定を与えた 2 次元計算では、上昇域の鉛直風速は 15~20 m/sec であり、下降域でも 10 m/sec を越える (図 1 下段)。3 次元モデルで得られる下層の水平風速の大きさは 2 次元モデルのおよそ半分程度であり、これにともない地面からの熱フラックスも 3 次元モデルの方が小さい。これらの違いは日変化を考慮した場合には日中時に発達する対流層の厚さの違いをもたらすと想像される。

謝辞

数値計算は、宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部宇宙科学企画情報解析センターの NEC SX6 を用いて行った。

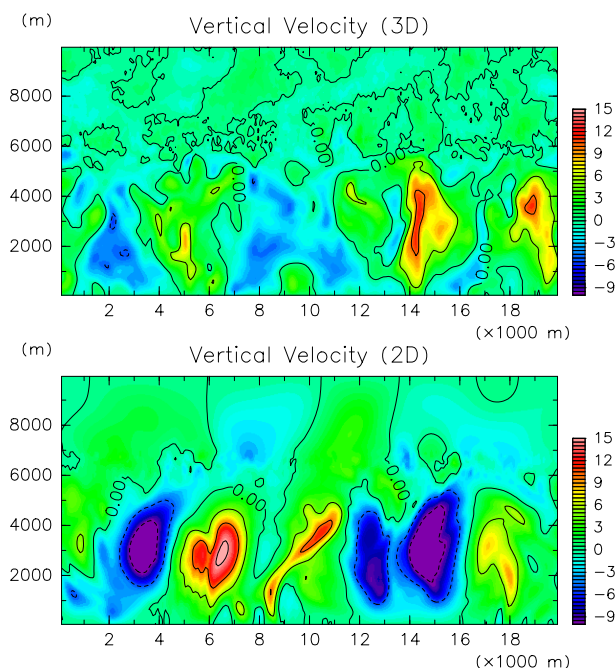


図 1: 計算開始後 12 時間後の鉛直風 (m/sec) の鉛直断面。(上段) 3 次元モデル計算の結果。(下段) 2 次元モデル計算の結果。等値間隔は 5 m/sec である。