

大気主成分の凝結を考慮した二次元湿潤対流の基礎的数値実験

Basic numerical experiments on two dimensional moist convection including condensation of major atmospheric component

山下 達也 [1]; 小高 正嗣 [1]; 杉山 耕一朗 [1]; 中島 健介 [2]; 石渡 正樹 [1]; 林 祥介 [3]

Tatsuya Yamashita[1]; Masatsugu Odaka[1]; Ko-ichiro SUGIYAMA[1]; Kensuke Nakajima[2]; Masaki Ishiwatari[1]; Yoshi-Yuki Hayashi[3]

[1] 北大・理・宇宙理学; [2] 九大・理院・地惑; [3] 神戸大・理・地球惑星

[1] Department of CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [2] Dept. of Earth & Planetary Sci., Faculty of Sci., Kyushu Univ.; [3] Department of Earth and Planetary Sciences, Kobe Univ.

本研究では主成分凝結を考慮した二次元雲対流モデルを用い、理想化された現在の火星大気中で次々と対流を発生させる数値実験を行なった。

現在の火星では極域や赤道上空において大気主成分である CO_2 が凝結し、氷雲を形成する (Petteingill and Ford, 2000; Montmessin et al., 2006)。過去の火星においても CO_2 が凝結し、広範囲で CO_2 氷雲が形成されていたと考えられている (Kasting, 1991)。また過去の火星はその温度が H_2O の凝固点を上回るほど温暖であったと言われており、その温暖化のメカニズムの1つとして CO_2 氷雲の散乱温室効果が提案されている (Forget and Pierrehumbert, 1997; 光田, 2007)。散乱温室効果は雲粒のサイズや雲の分布に強く依存するので、 CO_2 氷雲の形成過程と流れ場の直接計算は散乱温室効果の実現可能性を推定する一助となりうるだろう。主成分が凝結する系での雲形成や流れ場に関する先行研究として Colaprete et al.(2003)、北守 (2006) が挙げられるが、いずれも流れの平均的な状態を調べるまでには至っていない。Colaprete et al.(2003)の研究では鉛直流・エントレイメント・放射過程を考慮した一次元雲微物理モデルを用いており、対流を陽に解いてはいない。また北守 (2006) の研究では二次元雲対流モデルを用いているものの、単独のプリュームを浮力で上昇させるテスト計算を行なったのみである。

モデルでは支配方程式として二次元準圧縮方程式に主成分凝結の効果を考慮したものを用いる (小高他, 2005)。簡単の為 CO_2 のみから成る大気を考える。雲粒は拡散成長により成長するものとし、雲粒の重力落下は考慮する場合と考慮しない場合の2通りについて考える。凝結核半径・凝結核数濃度は一定とする。過飽和の実現を許容し、臨界飽和比は 1.0, 1.35 の2通りについて考える (Glandorf et al., 2002)。計算領域は水平 50 km、鉛直 20 km とし、格子間隔は 200 m とする。境界条件は水平方向に周期境界条件、鉛直方向に応力無し条件を適用する。初期温度分布は極冠周縁で観測される分布 (Colaprete and Toon, 2002) を参考に、地表から高度 4 km までを等温位 (165 K)、高度 4 - 15 km は飽和温度、高度 15 km 以上を等温 (135K) とする。放射強制は高度 0 - 1 km で一様加熱、高度 1 - 15 km で一様冷却を与える。またモデルの最下層に振幅 1.0 K のランダムな初期温位擾乱を与える。時間積分は各々 10 日分行なった。

本実験により以下の結果が得られた。第一に臨界飽和比が 1.0, 1.35 のいずれの場合も、個々のプリュームが雲内部に侵入しにくい。第二に対流の成長は雲の蒸発に伴う下降流の強化により促進される。本研究の計算設定の下では上昇気塊と環境の間での温度差が生じず、上昇気塊が浮力を得にくい為、雲内部の対流は弱くなると考えられる。また下降流が地表面に達すると重力流が形成され、それらが衝突することにより上昇流が強められ、対流の成長が促進されると考えられる。しかし今回の計算では特定の初期温度分布や放射分布しか考慮していないので、計算結果の一般性を保証する為には様々な設定の下で計算を行なう必要があると考えられる。