

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

* 山下 達也 (北大理), 小高 正嗣 (北大理), 杉山 耕一朗 (北大理),
中島 健介 (九大理), 石渡 正樹 (北大理), 林 祥介 (神戸大理)

1. 序

火星の極域では主成分である CO_2 が凝結し、雲を形成する (Pettengill and Ford, 2000). これらの雲は対流によって生成されることが観測により示唆されている (Colaprete et al., 2003). 地球のように微量成分が凝結する系では上昇気塊が環境に比べ湿潤であるのに対し、主成分が凝結する系では上昇気塊が環境に比べてさほど湿潤ではない。従って対流の振舞いが環境に依存することに注目すると、主成分凝結系での湿潤対流の描像は微量成分凝結系のそれとは異なったものになることが想像される。

主成分の凝結を伴う対流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には至っていない。そこで本研究では主成分凝結を考慮した 2 次元雲対流モデルを用いて次々と対流を発生させる数値実験を行なった。

2. モデルと計算設定

支配方程式として準圧縮方程式に主成分凝結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。雲粒は拡散により成長するとし、凝結核の半径と数濃度は一定とする。雲粒の重力落下は無視する場合と考慮する場合の 2 通りについて考える。過飽和を許容し、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). 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。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。境界条件として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。モデルの最下層に最大振幅 1.0 K のランダムな初期温度擾乱を与える。時間積分は各々 10 日分を行なった。

3. 計算結果と考察

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 のいずれの場合でも個々のブリュームは雲内部に侵入しにくい (図 1)。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。

ブリュームが雲内部に侵入しにくい原因は以下のように考えられる。凝結高度より上の環境の温度は飽和温度となっている為、気塊が湿潤断熱的に上昇する際に気塊と環境の間に温度差が生じず、気塊は浮力を得にくい。

対流の成長が下降流の強化で促進される際の流れの特徴を以下に述べる。対流の下降域では雲が下方へ移流されて蒸発し、周囲を冷却する。冷却により下降流が強化され地表に達する。地表での下降流の分流により形成された重力流が収束し強い上昇流を形成、対流成長を促進する。

今回の計算では特定の初期温度分布や放射分布を与えているに過ぎない。以上の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。

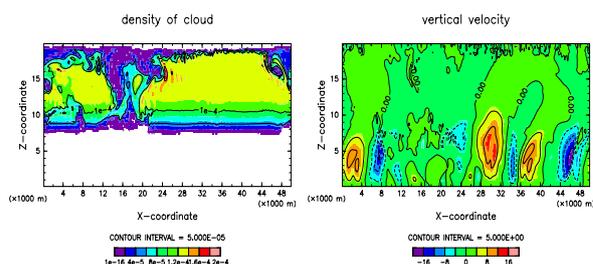


図 1: 臨界飽和比が 1.0 の場合の計算開始約 2 日後の雲密度 (左) と鉛直流速 (右)。