

PPS002-04

会場:103

時間:5月25日 09:15-09:30

主成分の凝結を伴う大気対流

Atmospheric convection with condensation of the major 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, 高橋 芳幸³, 西澤 誠也³, 林 祥介³
Tatsuya Yamashita^{1*}, Masatsugu Odaka¹, Ko-ichiro SUGIYAMA¹, Kensuke Nakajima², Masaki Ishiwatari¹, Yoshiyuki O. Takahashi³, Seiya Nishizawa³, Yoshi-Yuki Hayashi³

¹北海道大学, ²九州大学, ³神戸大学

¹Hokkaido University, ²Kyushu University, ³Kobe University

火星大気では、主成分である CO₂ が凝結する。

現在の火星では、極域に CO₂ の氷雲が存在することが知られており、これらの雲は対流によって生じている可能性がある (Colaprete et al., 2003).

一方過去の火星では、厚い大気の下で多量の CO₂ 氷雲が存在し、その散乱温室効果が気候に大きな影響を及ぼしていたと考えられている (Forget and Pierrehumbert, 1997; Mitsuda, 2007).

主成分が凝結する系では過飽和が生じない場合に熱力学の変数に関する自由度が1つ少なくなる。

自由度が減ることで、雲層における上昇域と下降域の温度プロファイルが等しくなってしまう、空気塊は浮力を得られなくなってしまう。

その為、湿潤対流は発達できないと考えられてきた。

Colaprete et al.(2003) は鉛直1次元モデルを用いた数値計算により、臨界飽和比 Sc_r が 1.0 を超える場合には温度分布が熱力学的平衡状態からずれる為、湿潤対流が生じることを示した。

しかし、鉛直1次元モデルでは、エントレインメントなどに関するパラメトリゼーションに不確実性が含まれている。

そこで本研究では、 $Sc_r = 1.0$ の場合の流れ場と雲の分布の特徴を掌握することを目的として、2次元の雲対流モデルを用いた主成分凝結系の雲対流の直接数値計算を実行する。

用いるモデルは様々な惑星大気の大気構造の理解を目指して我々が開発してきたものである (小高他, 2006; Sugiyama et al., 2009;

<http://www.gfd-dennou.org/library/deepconv/>).

モデルの基礎方程式は、準圧縮方程式 (Klemp and Wilhelmson, 1978) に主成分凝結の効果考慮したもの (Odaka et al., 2005) である。

雲粒の落下および雲粒の荷重の効果は考慮されていない。

雲微物理過程は、Tobie et al. (2003) と同様に、雲粒の拡散成長の式を用いて定式化する。

この定式化では、蒸気から雲への変換は有限のタイムスケールで生じる。

放射過程は陽に解かず、地表面付近に水平一様加熱、対流圏に水平一様冷却を与える。

初期状態として、下層で乾燥断熱、上層で飽和蒸気圧曲線に沿った温度分布を与える。

さらに、対流を駆動するために、モデル最下層に温位のランダムノイズを与える。積分時間は10日である。

計算結果は、Colaprete et al. (2003) の主張とは異なり、 $Sc_r = 1.0$ の場合においても湿潤対流が生じることを示す。

準平衡状態において、CO₂ 凝結高度の下方 (乾燥域) と上方 (雲層) の鉛直運

動は連続的である。

乾燥域からの上昇流は CO₂ 凝結高度を超えて雲層上端まで達し、雲層上部からの下降流は下部境界まで達する。

上昇・下降流の最大値はともに約 15 m/sec である。

上昇する気塊は乾燥域では温度が高いために正の浮力を受け、雲層内では温度が低いために負の浮力を受ける。

下降する気塊は上昇する気塊とは逆に、雲層内では温度が高く、乾燥域では温度が低い。

雲層内の温度分布が飽和温度からずれているのは、蒸気から雲への変換に有限の時間がかかるためである。

湿潤対流が発達する理由は、上昇流に対して乾燥域で働く正の浮力が雲層内で働く負の浮力よりも十分大きいためと考えられる。

キーワード: 大気主成分の凝結, CO₂ 氷雲, 雲対流モデル

Keywords: condensation of major atmospheric component, carbon dioxide ice cloud, cloud convection model