Meteorological Society of Japan

B163

木星大気の雲対流と大気構造

* 杉山 耕一朗 (宇宙研), 中島 健介 (九大・理), 小高 正嗣 (北大・理),
倉本 圭 (北大・理), 林 祥介 (神戸大・理, CPS)

1. はじめに

木星大気には活発な積雲が存在することが知られている. 木星の雲対流は, 地球大気の場合と同様に, 大気の成層構造と物質分布の決定に重要な役割を担っていると考えられている. しかし, 厚い雲に覆われた木星の雲層を遠隔観測するのは困難であり, 雲対流と平均的大気構造との関係については未だ明らかとなっていない点が多い.

これまでの良く知られている研究では, 木星大気の平均的大気構造は断熱的に上昇する気塊中の化学熱平衡を仮定した鉛直 1 次元の平衡雲凝結モデル (例えば Weidenschilling and Lewis, 1973; Atreya and Romani, 1985; Sugiyama et al., 2007) によって推定されてきた. しかし, 対流運動の存在や放射・雲微物理などの非保存的過程の存在も考えると, 大気全体の平均構造が平衡雲凝結モデルの結果と一致する保証は無い.

この問題に対し我々は, 複数成分の凝結および化学反応を考慮した雲対流モデルを開発し, 放射の効果を取り入れつつ長時間計算を実行することで, 雲の生成消滅が繰り返された結果として実現する大気構造を調べてきた (Nakajima *et al.*, 2000; Sugiyama *et al.*, 2009, 2011, 2014). 得られた結果は, 平衡雲凝結モデルに基づいた大気構造の描像を大きく修正するものであり, 従来は説明困難であったいくつかの観測結果を説明するものとなっている. 本発表では, これまでの数値実験によって得られた結果を総合的に報告する.

2. 雲対流と成層構造

雲の生成消滅は, 凝結における潜熱解放や降水に伴う分子量変化によって大気の成層構造を変化させる. 木星大気が地球大気と大きく異なる点は, 降水に伴う分子量変化が成層を強化する向きに働くことである. 凝結性成分気体である H_2O, NH_3, H_2 の分子量は, 主成分である H_2 の分子量に比べておおよそ 10 倍以上大きいためである. 平衡雲凝結モデルより得られた温度勾配と分子量勾配を大気の平均的な勾配と見なした静的安定度の見積もり (Sugiyama *et al.*, 2006) では, それぞれの凝結物・化学反応生成物の持ち上げ凝結高度 (LCL) において安定層が形成されることが示された. これらの安定層は主として分子量変化に起因する. これら全ての安定層が対流運動に対する境界として作用するか否かは, 雲解像モデルを用いた数値実験によって確かめることの 1 つである.

3. 雲対流の数値実験によって得られた大気構造

得られた結果は, 各凝結性成分の LCL が対流運動の境界として作用することを示すものであった. 間欠的に現れる雲対流が活発な時期では, H_2O LCL が対流運動に対する境界として働き, H_2O LCL を境に流れ場は上下に二分される. H_2O LCL 付近で生じた積雲は NH_4SH LCL と NH_3 LCL を超えて発達する. その一方, 対流活動が静穏な時期では, NH_3 と NH_4SH LCL も弱い境界として働く. 各成分の雲は基本的に鉛直方向に分かれて存在し, 各成分の LCL をまたいだ鉛直混合は弱い. なお, 雲対流活動の間欠性は対流活動が活発な時期に積雲内で発生する H_2O の凝結加熱が放射冷却よりも十分に大きいという事実に起因するものであった.

時間平均した雲と凝結性成分気体の鉛直分布は平衡雲凝結モデルの結果と異なる特徴を示す. H_2O 雲と NH_4SH 雲が NH_3 凝結高度より上空に存在し, NH_3 蒸気と H_2S 蒸気の混合比はそれぞれの LCL ではなく H_2O LCL 付近より高度と共に減少を始める (図 1 a, b). これらの特徴は, 間欠的に生じる NH_3 LCL と NH_4SH LCL の両方を突き破るような強い鉛直輸送に起因するものである. 図 1 (c) は, H_2O 凝結高度に N^2 の明瞭な最大値が存在することを示す. この最大値は平衡雲凝結モデルで得られた値に比べて 2/3 倍程度の大きさではあるものの, H_2O 凝結高度が力学的・物質的境界として定常的に作用するには十分な大きさであったと考えられる.

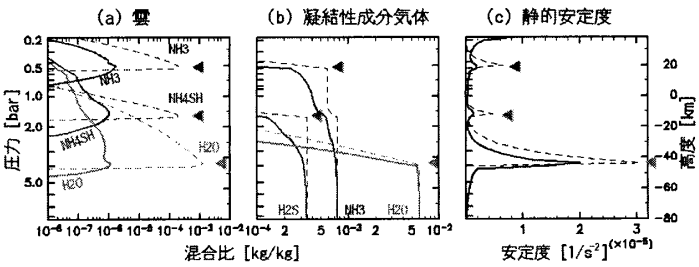

図 1: 間欠性の時間スケールで平均した雲の混合比 (a), 凝結性成分気体の混合比 (b), および静的安定度 (c) の鉛直分布. 破線は雲解像モデルに含まれる熱力学コードを用いて行った平衡雲凝結モデル計算の結果である.

NII-Electronic Library Service