

木星大気の雲対流構造に関する数値的研究

杉山耕一郎 (北海道大学 低温科学研究所)

利用カテゴリ XT4B

木星大気雲層の平均的な大気構造は、長らく鉛直 1 次元の熱平衡大気モデル (ECCM) によって得られた結果を元に考えられてきたが (Weidenschilling and Lewis, 1973; Atreya and Romani, 1985; Sugiyama *et al.*, 2006), 近年では雲微物理過程を考慮した水平鉛直 2 次元の数値流体モデル (雲対流モデル) を用いて調べられるようになった (Sugiyama *et al.*, 2009, 2011). 我々はこれまで開発してきた木星型惑星大気の雲対流モデルを 3 次元に拡張することで、多数の雲の生成消滅が繰り返された結果として決まる統計的平衡状態での物質・温度分布および流れ場の特徴を掌握することを目指している。

平成 23 年度は、雲対流モデルの 3 次元拡張を進め、予備的な数値実験を行った。系の設定の設定は Sugiyama *et al.* (2011) に従うが、放射の代替として与える熱強制の大きさを現実の木星大気で想定される値の 100 倍大きくする。対流運動を加速し、統計的平衡状態に至るまでの積分時間を短縮するためである。

得られた鉛直構造は、2 次元計算で得られた対流運動が活発な時期の結果 (Sugiyama *et al.*, 2011) と定性的に同じであった。定常的に活発な積雲が発達し、 H_2O 凝結高度に形成される安定層のために、その高度が流れ場と物質分布に対する境界として作用する (図 1)。平均的な凝結物と凝結性成分気体の鉛直分布は、活発な積雲に伴う鉛直混合によって ECCM の予想から外れる。 H_2O と NH_4SH の凝結物は対流圏界面まで移流され、凝結性成分気体の混合比はそれぞれの持ち上げ凝結高度ではなく H_2O 持ち上げ凝結高度から高度と共に減少を始める (図 2)。

図 2 において、雲層上端での各凝結物の混合比が 2 次元計算より大きいことは、3 次元計算で得られる上昇流速が 2 次元計算でのそれに比べて大きいことを反映している。本実験では鉛直速度の最大値は $w_{\max} = 77 \text{ m/s}$ であったのに対し、2 次元計算では $w_{\max} = 43 \text{ m/s}$ である。

今後の課題としては、MPI 並列化の改善を含むプログラムのチューニングを進め、広い水平領域を確保した数値実験の実施することが挙げられる。本実験で得られた対流運動の水平構造を図 3 に示すが、大規模には準 2 次元構造 (y 方向に弱い並進対称性) が見られる。この理由は y 方向の領域が狭いためかもしれない。また、土星・天王星・海王星についても同様の数値実験を進める予定である。

参考文献

- Weidenschilling, S. J. and Lewis, J. S., 1973, *Icarus*, 20, 465.
Atreya, S. K. and Romani, P. N., 1985, in *Recent Advances in Planetary Meteorology*, 17.
Sugiyama, K. et al., 2006, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L03201, doi:10.1029/2005GL024554.
Sugiyama, K. et al., 2009, *Nagare Multimedia*, <http://www2.nagare.or.jp/mm/2009/sugiyama/>.
Sugiyama, K. et al., 2011, *Geophys. Res. Lett.*, 38, L13201, doi:10.1029/2011GL047878.

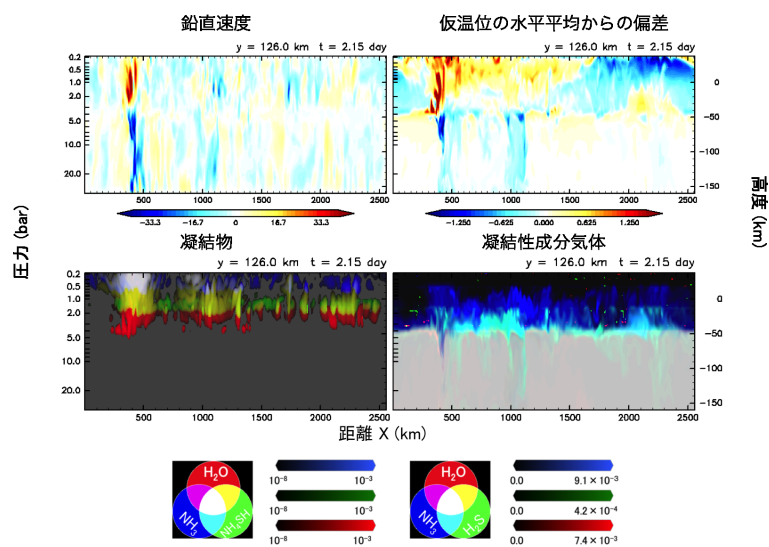


図 1: 鉛直速度, 仮温度の水平平均からの偏差, および凝結物と凝結性成分気体の空間分布のスナップショット (x-z 断面). H_2O 雲と蒸気の混合比を赤色の濃淡で, NH_4SH 雲と H_2S 蒸気の混合比を緑色の濃淡で, NH_3 雲と蒸気の混合比を青色の濃淡で表現し, 複数成分の雲が共存する領域はそれぞれの色の合成色で表現する. 高度は 1 bar 面高度を基準とした.

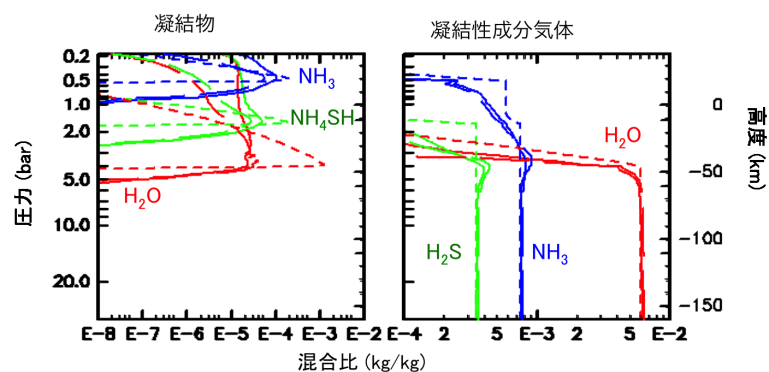


図 2: 時間平均した凝結物と凝結成分気体の混合比の鉛直分布空間分布. 実線は本計算結果, 破線は 2 次元計算で得られた対流活動が活発な時期の結果, 点線は鉛直 1 次元の熱平衡計算 (ECCM) の結果である.

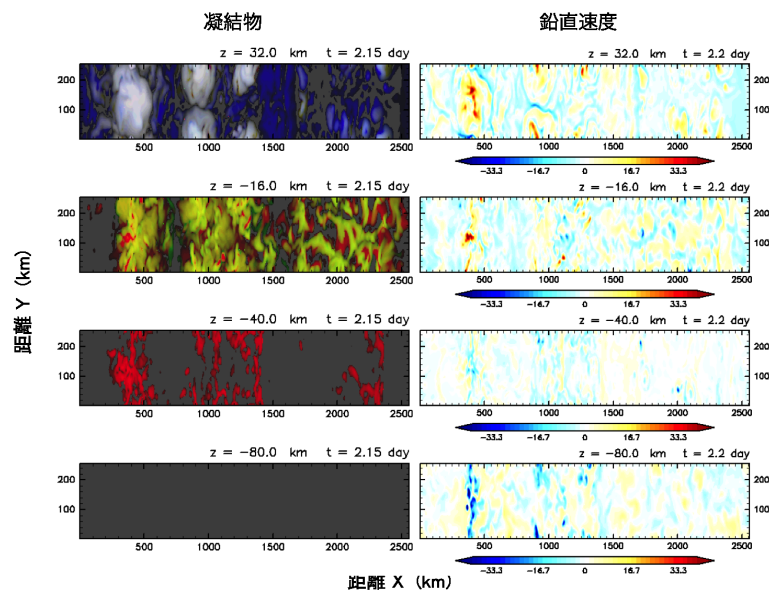


図 3: 凝結物および鉛直速度の空間分布のスナップショット (x-y 断面). 凝結物の混合比の表現方法は図 1 と同じである.