

木星大気対流圏における静的安定度の水存在量に対する依存性

* 杉山 耕一郎 (北大・理), 小高 正嗣 (北大・理), 倉本 圭 (北大・理), 林 祥介 (北大・理)

1. はじめに

静的安定度 N^2 は大気の基本パラメタの 1 つであり, 地球大気の種類より, 惑星大気の雲層での N^2 は擬湿潤断熱減率と乾燥断熱減率との差から見積もられてきた. 木星大気においては Achterberg and Ingersoll (1995) が見積もりを行ったが, 可凝縮成分量が十分に少ないという近似を用いたので, その静的安定度は水のモル比に比例している. 実際, 彼らの用いた可凝縮成分のモル比の範囲は太陽組成のごく近傍のみであり, また, 木星に存在すると考えられる全ての可凝縮成分を考慮したわけでもない.

本研究では, 木星に存在すると考えられる主要な化学種の全てを考慮し, また, 可能とされる存在量をおおむねそのモル比の範囲を従来の研究より 1 桁大きくして静的安定度の評価を行った. 擬湿潤断熱減率を求めるために, 我々がこれまでに開発したギブス自由エネルギー最小化法による平衡組成計算手法を利用する (2001, 2002 年春季気象学会). この手法により, 従来の計算方法では困難であった組成の多様性とその存在量の大きな変化を可能とするパラメタ研究が実現した.

2. 静的安定度の計算手法

静的安定度の式は理想気体を仮定することで以下のよう書ける.

$$N^2 = \frac{g}{T} \left(\frac{dT}{dz} + \frac{Mg}{c_p} \right) - \frac{g}{M} \frac{dM}{dz}, \quad (1)$$

ここで g は重力加速度, M は平均分子量, c_p はモル当たりの平均比熱である. (1) 式中の dT/dz と dM/dz は Achterberg and Ingersoll (1989) と同様に, 擬湿潤断熱減率に従って得られるものと仮定する.

3. 結果と考察

木星大気の静的安定度の分布を, 可凝縮成分のモル比が太陽組成の 1, 5, 10, 30, 50 倍の場合について計算した. 図 1 は可凝縮成分のモル比が太陽組成の 1, 5, 10 倍の時の分布を示したものである. 水の凝縮に伴う静的安定度の大きさが最も顕著である.

図 2 の星印は水雲下部において得られた静的安定度 N^2 を水のモル比 x_{H_2O} の関数としてプロットしたものである. x_{H_2O} が十分小さい場合には N^2 は x_{H_2O} に比例する形式で近似でき (図 2 の一点鎖線), この解析解は Achterberg and Ingersoll (1989) が与えた評価に対応する. $x_{H_2O} = 7.0 \times 10^{-3}$ (太陽組成の 5 倍に相

当) の時には既にこの線形近似は成立しない. x_{H_2O} が増えるにしたがって N^2 の増加の割合はしだいに小さくなる. 図 2 の破線と点線は, 可凝縮成分として水のみ考慮した場合の解析解であり, それぞれ温度を 272 K (太陽組成の 1 倍の場合の水雲下部の温度), 423 K (太陽組成の 50 倍の場合) に固定している. 温度上昇の効果によって x_{H_2O} の増加に伴う N^2 の増加はさらに抑えられる.

Ingersoll and Kanamori (1995) は, SL9 衝突波の位相速度を水雲層に捕捉された内部重力波で説明するためには, $N^2 = 5 \times 10^{-4} \text{ s}^{-2}$ であればよく, その値は N^2 と x_{H_2O} の比例関係を仮定すれば $x_{H_2O} = 1.4 \times 10^{-2}$ (太陽組成の 10 倍に相当) に対応し, 木星で予想される元素存在度と無矛盾であると主張した. しかし, 本研究の結果 (図 2) が示していることは, x_{H_2O} を太陽組成の 50 倍にまで増加させても SL9 衝撃波の説明に必要とされる N^2 を得ることはできず (図 2 参照), Ingersoll and Kanamori (1995) の主張が成り立たないということである.

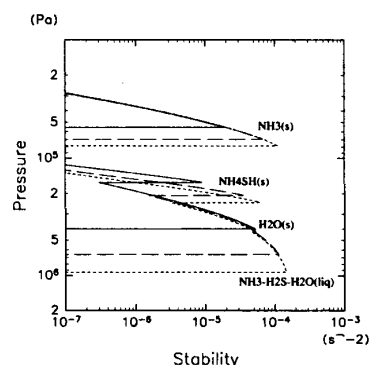


図 1: 木星大気の静的安定度の鉛直分布. 実線, 破線, 点線はそれぞれ凝縮成分を 1, 5, 10 倍にした場合.

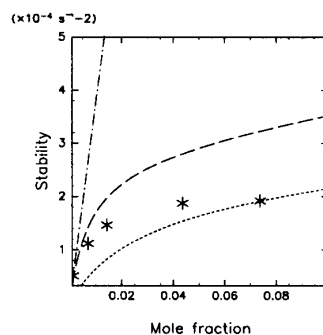


図 2: 静的安定度と水のモル比との関係. 星印は実際の計算値, 破線, 点線, 一点鎖線は可凝縮成分として水のみ考慮した場合の静的安定度の解析解 (詳細は本文参照).