

木星大気大規模渦の数値モデリング

Numerical modelling of Jovian atmospheric largescale vortices.

加藤 亮平 [1]; 杉山 耕一郎 [2]; 中島 健介 [3]

Ryohei Kato[1]; Ko-ichiro SUGIYAMA[2]; Kensuke Nakajima[3]

[1] 九大・理・地惑; [2] 北大・理・宇宙理学; [3] 九大・理院・地惑

[1] Earth and Planetary Sciences, Kyushu Univ.; [2] Department of CosmoSciences, Hokkaido Univ.; [3] Dept. of Earth & Planetary Sci., Faculty of Sci., Kyushu Univ.

<http://gfd.geo.kyushu-u.ac.jp/~katon/>

1. はじめに

木星大気には大赤斑・永続白斑などの大規模な渦が存在する。Williams(1996) は三次元モデルを用い、基本場の鉛直構造等のパラメータを広く変えつつ多数の数値実験を行い、大赤斑に匹敵する大きさの渦の生成と安定性について調べた。その実験の一つにおいては、東西風速が南北方向に交互に変わるジェット的不安定によって小規模な波動が生じ、大赤斑のような大規模な孤立渦へと徐々に成長していく様子が再現された。しかし、長時間計算すると、大規模渦の風速や温度偏差は小さくなっていった。その原因の一つとして、ジェットの風速や温度構造などの東西平均場が初期状態から変化していたことが考えられる。そこで本研究では平均場を維持するための強制を導入し、その種類と緩和時間が統計的定常状態における大規模な孤立渦の振る舞いに対して、どのくらい影響するのかについて調べた。

2. 数値モデルと実験設定

ブジネスク近似をした球面上のプリミティブ方程式系に基づく3次元数値モデルを作成した。計算領域は経度方向に180度(周期境界)、緯度方向に赤道(南北対称性を仮定)から40°S、鉛直方向に深さ10000kmとした。支配方程式は差分法で離散化した。格子点は(経度×緯度×高度)=(100×40×20)とし、また解像度は、 $\lambda=1.8^\circ$ 、 $\phi=1.0^\circ$ とし、鉛直格子点間隔は上部で細かく、下部で粗くした。基本場の鉛直構造は、安定成層した厚さ500kmの'weather layer'と深部の厚さ9500kmの中立層から成ると仮定した。

初期の南北に交互に変わるジェットは、'weather layer'に限定されると仮定した。また、ジェットの鉛直構造は、速度が $z=0\text{km}$ でゼロ、 $z=-100\text{km}$ で最大、 $z=500\text{km}$ より下でゼロになるような双曲線正割関数(sech)を用いた。南北温度構造は、温度風の関係を満たすように与えた。

以上の実験設定は、Williams(1996)のケースA4と同じであるが、我々はさらに基本場を維持するための強制を導入する。強制に関しては、1. 強制を加えない場合、2. 東西平均風速を初期の風速に戻すような強制として運動量を加える場合、3. 東西平均温度場を初期の温度場に戻すような強制として熱を加える場合、4. 運動量と熱の両方の強制を加える場合、の4種類を想定した。強制の緩和時間については30日、100日、300日、1000日の4種類を用いた。時間積分は6000日間行なった。

3. 結果

基本場を維持するための強制の種類と緩和時間の違いによって、渦の振る舞いに違いが見られた。緩和時間が1000日の場合は、どの強制を加えた場合についても大規模渦が形成され、長期間持続した。一方、緩和時間が短い場合は大規模渦は維持されなかった。具体的には、以下の2つの振る舞いが見られた: 1. 大規模渦が多数できるが寿命は短い(運動量強制を緩和時間30-300日で加えた場合、(運動量強制のみを緩和時間300日で加えたケースを除く)) 2. 大規模渦が形成されなくなる(熱強制のみを緩和時間30-300日で加えた場合)。

平均場は、両方の強制を短い緩和時間で加えた場合は、ジェット・温度構造ともに初期の構造を維持していた。しかし、熱強制のみを短い緩和時間で加えた場合は、温度構造は維持されたがジェットの構造は大きく変化してしまった。一方、運動量強制のみを短い緩和時間で加えた場合は、ジェットの構造は維持されたが温度構造が大きく変化してしまった。これらの東西平均場の違いが、渦の振る舞いに影響を与えた可能性がある。