

恒星・ガス惑星・氷惑星内部を念頭においた非弾性球殻対流モデル Anelastic convection model in rotating spherical shells for stars, gas and icy giant planets.

佐々木 洋平^{1*}, 竹広 真一², 中島 健介³, 林 祥介⁴

Youhei SASAKI^{1*}, Shin-ichi Takehiro², Kensuke Nakajima³, Yoshi-Yuki Hayashi⁴

¹京大・数学, ²京大・数理研, ³九大・理・地球惑星, ⁴惑星科学研究センター/神戸大・理・地球惑星

¹Department of Mathematics, Kyoto University, ²Research Institute for Mathematical Sciences, Kyoto University, ³Department of Earth Planetary Sciences, Kyushu University, ⁴Center for Planetary Science/Department of Earth and Planetary Science, Kobe University

回転球殻内の対流問題は、恒星・木星型惑星の深部大気や地球型惑星のマントル・中心核内で生じている大規模な対流現象の最も基本的なモデルとして研究されている。これまでの研究では主に流体としてブシネスク流体が用いられている。しかしながら、恒星や木星型惑星の深部対流運動を考える際には、対流層の厚さがスケールハイトの数倍～数十倍にもおよび、系の圧縮性を考慮する必要があるだろう。これまでも、系の圧縮性を考慮した、いわゆる非弾性系を用いた研究は幾つか行なわれている。しかしながら、それらの研究ではブシネスク系との比較が十分に行なわれておらず、回転球殻中の圧縮性流体の運動に関する理解は未だ断片的である。また、近年の天文観測技術の発達により太陽系外の惑星系が多数発見されている。現在観測されている太陽系外の惑星の多くは木星型惑星であり、回転球殻中の圧縮性流体の運動は、これら天体の深部大気の運動を考える際の基礎となる。

そこで本研究では、恒星・木星型惑星の深部対流運動を念頭においた回転球殻中の圧縮性流体の数値モデルを構築し、得られた対流構造とブシネスク系との比較を行なった。支配方程式系は基本場としてポロトロップ大気を仮定した非弾性方程式系である。モデルの構築は、我々がこれまで開発してきた階層的地球流体スペクトルモデル群 SPMODEL の一プログラムである回転球殻ブシネスク対流モデルを非弾性系に拡張することで行なった。

計算設定は、無次元パラメータとして内径外径比を 0.35、プラントル数を 1、エクマン数を 10^{-3} 、レイリー数を臨界値の 1.2 倍に固定し、密度スケールハイトの逆数 N を 10^{-5} , 1, 2, 3, 5 と変化させた。初期値として静止場に微小なエントロピー擾乱を加え、統計的平衡状態まで時間積分を行なった。 N が 10^{-5} の場合には、ブシネスク系の場合と同様に、回転軸に沿った螺旋渦柱が球殻内側境界付近に形成される。これに対して N を大きくすると、渦柱が形成される位置が球殻外側境界へ移動し、対流運動は球殻上層付近でのみ発生するようになる。

キーワード: 回転球殻対流, 圧縮性対流, 非弾性方程式系

Keywords: Convection in rotating spherical shells, Compressible convection, Anelastic equation