様々な粘性構造を仮定したスタグナントスラブの数値シミュレーション

Numerical simulations of stagnant slabs assuming various mantle viscosity structures

鳥井 翼 [1]; 吉岡 祥一 [2]
Yoku Torii[1]; Shoichi Yoshioka[2]

[1] 九州大・理・地球惑星; [2] 九大・理・地球惑星
[1] Earth and Planetary Sci, Kyushu Univ.; [2] Dept. of Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.

１．はじめに

近年の地震波トモグラフィーによると、沈み込んだスラブはマントル遷移層で水平方向に滞留するものやそのまま下部マントルへ貫入するものなど多様な形状を示している。ここで特に 660km 境界でスラブを滞留させるメカニズムの解明が問題となる。その要因の一つとして、これまでは 660km 境界でのリングウッダイトからペロブスカイトとマグネシオウスタイトへの相転移によってスラブ内に発生する正の浮力が重要であるとされてきた。しかし、最近の高温高圧実験によると、この相転移のクラペイロン勾配の値は－１ MPa/K 程度と言われており (Fei et al., 2004)、このような値が正しければ浮力による効果はほとんど期待できない。そこで本研究ではマントルの粘性構造に着目し、クラペイロン勾配の値を 0～－ 1MPa/K に設定し、様々なマントル粘性構造を仮定して数値シミュレーションを試みた。

２．方法とモデル

本研究では、Yoshioka and Sanshadokoro[2002] のモデルを使用した。熱と流れの二次元箱型モデルで、660km 境界での相転移による密度ジャンプを考慮した。スラブは厚さ 100km とし、深さ 400km までは予め与えられたガイドに沿って動くものとしスラブに強制的な速度を与え、それ以深は自由に振舞うように設定した。また、背弧側の上部には大陸地殻に相当する固定された厚さ 50km の伝熱層を設けた。初期温度は海洋性プレートの冷却を考慮した成層状態とし、右側境界からは常にこの温度を持った物質が流入してくるものとした。左側と下側境界には熱流量が 0 という境界条件を与えた。また、左右及び、下側境界に垂直応力が 0 という条件を与えた。計算方法としては差分法を用い、ブジネスク近似の下で運動量保存、エネルギー保存の式を連成問題として解いた。粘性率を与える式としては、Christensen[1996] の温度と深さ依存の式を用いた。

３．結果と考察

Christensen[1996] の粘性率の式をベースとして、マントルに局所的な粘性率ジャンプを与えて数値シミュレーションを行った。例えば、アセノスフェアや、660km 直下の低粘性層などをモデルに組み込み、下部マントルの粘性を上げるなど様々な粘性構造を仮定し数値実験を試みた。その結果、マントルの粘性の効果だけでは、地震波トモグラフィーが示すようなスラブの滞留は実現できなかった。しかし、下部マントルの粘性率を上げるとスラブは 660km 境界で曲がりやすくなり、例えば下部マントルの粘性を二桁上げると、スラブはしばらくの間 660km 付近に溜まることがわかった。ただし、スラブを 660km 境界で曲げるには単に上下マントル境界に粘性ジャンプを与えるだけでなく、下部マントルの粘性率をスラブの粘性率に近いオーダーにまで上げる必要があった。この結果から、660km 境界に粘性率ジャンプが存在し、さらにスラブ自身の粘性率を下げるようなメカニズム（相転移後の結晶の細粒化など）があれば、マントルの粘性構造のみの効果によりスラブを上部マントル最下部で曲げる、もしくはしばらくの間 660km 境界に溜めることは可能であると考えられる。