

マントル遷移層における海洋地殻とスラブの挙動の数値シミュレーション

Numerical simulations of the behavior of the oceanic crust and the slab in the mantle transition zone

橋本 達樹 [1]; # 吉岡 祥一 [1]; 中久喜 伴益 [2]
Tatsuki Hashimoto[1]; # Shoichi Yoshioka[1]; Tomoeki Nakakuki[2]

[1] 九大・理・地球惑星; [2] 広大・理・地球惑星
[1] Dept. of Earth and Planetary Sci., Kyushu Univ.; [2] Dept Earth Planet Syst Sci, Hiroshima Univ

1. はじめに

Irifune and Ringwood (1993) や Hirose et al. (1999) の高温高圧実験により、上部マントルでは海洋地殻の密度がスラブの密度より大きいものに対し、下部マントル最上部（深さ約 660km ~ 720km）では、両者の密度逆転が起こることが示され、海洋地殻がスラブから剥離する可能性が示唆されている。本研究では、マントル遷移層~下部マントル最上部におけるスラブと海洋地殻の振る舞い、特に海洋地殻のスラブからの剥離の可能性を定量的に明らかにするため、数値シミュレーションで行ったので、その結果について報告する。

2. 方法とモデル

我々は、拡張ブジネスク近似を用いた Tagawa et al. (2007) の 2 次元箱型の熱対流モデルをさらに発展させ、自発的に沈み込むスラブと海洋地殻の層構造モデルを構築した。海洋地殻の標準の厚さは 6km とし、海洋地殻が存在しうる領域（水平距離 4000km、深さ 1000km）では、250m の超高分解メッシュを設定した。スラブは海洋地殻直下の厚さ 34km のハルツバージャイト層とその下のスラブ本体から構成されるものとした。海洋地殻、ハルツバージャイト層、スラブ本体のそれぞれに対し、異なる密度・粘性率の深さ分布や相転移に伴うクラペイロン勾配の値を与えられるようにした。ハルツバージャイト層とスラブ本体に対しては、深さ 410km 付近、660km 付近でのオリビンとその高圧相の相転移を取り入れ、海洋地殻に対しては、深さ 40km 付近、400km 付近、700km 付近でガーネットの相転移を取り入れた。3 つの層のダイナミックな振る舞いは、輸送方程式を CIP 法 (Takewaki et al., 1985) を用いて解くことにより追跡できるようにした。モデル領域は水平距離 8000km、深さ方向 2000km である。流れの境界条件は、モデル上面と下面で自由すべり、左右の側面で反射とし、温度の境界条件は、モデル上面で温度一定、他の 3 つの境界面で断熱とした。初期条件は、流れなしで、マントルの温度分布は水平成層構造とし、モデル最上部の左側にプレート冷却モデルから計算された海洋プレート、右側に大陸プレートを配置し、両者の境界面は降伏応力に達すると粘性率が低下し、海洋プレートの沈み込みが自発的に起こるように設定した。

3. 結果

海溝の後退速度、深さ 660km での粘性ジャンプ量、ハルツバージャイト層の粘性率、海洋地殻の相転移に伴うクラペイロン勾配の値などのパラメータを変えた計算を行った。3 層に対して現実的な密度の深さ分布を与え、粘性率など他のパラメータなどに変化を与えない場合、海洋地殻がスラブから剥がれる現象は見られなかった。この結果はこれまでの数値シミュレーションの結果と同様である（例えば、Gaherty and Hager, 1994）。さらに、ハルツバージャイト層の粘性率を一様に 1~4 桁落とした計算を行ってみたが、この場合も、海洋地殻の剥離は起こらなかった。このことはこれまでの数値シミュレーションや理論的考察における結果 (van Keken et al., 1996; Karato, 1997) とは異なる。両者の違いの原因はモデルの違いにあると考えられ、例えば van Keken et al. (1996) では境界条件がスラブ及び海洋地殻の振る舞いに影響を与えている可能性があり、Karato (1997) では定常状態を仮定していることなどが、海洋地殻の剥離に影響していることが挙げられる。我々のモデルではより広い対流層の幅を設定し、またスラブの沈み込みをダイナミックに解いているため、より現実的なモデルであると考えられるが、今のところ、海洋地殻がスラブ本体から剥離する現象は見られていない。