

プレート・マントル結合系におけるプレート沈み込み開始の動力学的モデル：原動力と沈み込み帯の温度場について

Dynamical models for initiation of subduction in the mantle convection: driving force and temperature in the subduction zone

中久喜 伴益[1], 濱田 智穂[1]

Tomoeki Nakakuki[1], Chiho Hamada[2]

[1] 広大・理・地球惑星

[1] Dept Earth Planet Syst Sci, Hiroshima Univ, [2] Earth and Planetary Sci., Hiroshima Univ

1. はじめに

沈み込みの開始から、沈み込むスラブの形成に至る沈み込みのダイナミクスを明らかにするために、プレートがマントル対流系の一部として実現される動力学的な沈み込みのモデルを開発した。このモデルを用いて、沈み込みの開始時にプレートに働く力の大きさを求め、沈み込み開始に必要な原動力は何であるのかを考察した。また、沈み込みの開始時の短い時間だけではなく、長時間積分を行い、モデルで実現される沈み込みの安定性および沈み込み帯の温度場についても調べた。

2. 沈み込みのモデリング

これまで、マントル対流の数値シミュレーションにおいてプレート運動を内部に整合的に含む形で実現しようとする試みがなされてきたが、以下のような問題点があった。

- (1) プレート沈み込みの形状が地球と異なり、プレート境界両側から起きる。
- (2) (1)の結果、プレート境界付近の歪み速度が大きくなり、沈み込みが安定に起きない。
- (3) (2)により、プレート運動が起きるレオロジカルなパラメータの範囲が狭く、岩石実験で得られている強度よりかなり小さい必要がある。

従って、地球で起きているプレート沈み込みの形状をモデルで実現できれば、(2) (3)が改善される可能性がある。

プレートの沈み込みが始まるためには以下のような2つのイベントが起きなければならないと考えられる。

- (1) プレート境界となる結合強度の弱い断層領域が出来る。
- (2) 沈み込む側のプレートが下方に屈曲し、マントル中に沈んで行く。

本研究では、リッジプッシュ力およびマントルドラッグ力による圧縮をプレート沈み込み開始を考える。主として、(2)の過程について考察する。すなわち、ほとんどのモデルで初期条件におけるプレート境界の断層の存在を仮定する。一部のモデルでは、断層がない初期条件の場合も考える。

3. モデルの設定

我々は降伏応力が過去の応力履歴に依存するというレオロジーのモデルを構築してきた (Honda et al. 2000)。これまでのモデルでは、プレート部分の粘性変化が温度変化に対して少なかったことなどから、プレート内の変形が大きく、プレート的な運動が実現されているとは必ずしも言えなかった。これらの欠点をなくすため、以下のような点を改良した。

- (1) 温度依存性をアーレニウス型とした。
- (2) 履歴を持つ層をプレートの年代が古く低温の部分とした。

モデルは2次元の箱中の流体で、海洋に対応する領域、大陸に対応する領域の2つの部分からなる。また、初期条件として海洋側のプレートは半無限体冷却モデルに従う温度場を持つものとした。この形状により、リッジプッシュ力が発生する。なお、大陸側プレートの年代は接する海洋プレートと同じであるとした。

4. 結果

プレートの沈み込みは、初期に weak zone を与えた場合ほとんどのパラメータで起こった。初期に weak zone を仮定しない場合は降伏応力が最大でも 200 MPa 以下の時のみに見られた。

計算結果からモデルのプレート部分(表面の粘性の高い箇所)に働く力を求め、プレート運動の原動力およびその時間変化を調べた。リッジプッシュ力とマントルドラッグ力はプレートを下方に曲げる力よりも大きく、プレートは沈み込み始める。プレートが沈み込み始めるに従って、スラブの負の浮力によるスラブプル力が増えるが、プレートを下方に曲げることに対する抵抗も増大する。プレートが約 150 から 200 km 程度に沈み込むとスラブプルがプレートの下方曲げに対する抵抗よりも大きくなる。このことは、沈み込みの開始にはマントルドラッグのような水平な力がプレートに働くことが必要であることを意味する。これ以降はスラブプル力が最大となり、スラブプルはマントルからスラブに働く抵抗と釣り合って沈み込むようになる。

沈み込みの安定性および沈み込み帯の温度場の時間変化を調べるため、長時間積分の計算を行った。沈み込むスラブからの脱水によりマントルウェッジの粘性を小さくする効果も考慮した。その結果、沈み込みが少なく

とも数億年以上安定して起きることが分かった。また、水の効果によりウェッジ側の流れは厚く冷たい大陸プレート削り取り、高温のアセノスフェアをウェッジ側に作り、高温に保つことが分かった。