

弾性を取り入れたプレート・マントル対流系の数値シミュレーション

Numerical simulation of plate-mantle convection system including viscoelasticity

中久喜 伴益[1], 濱田 智穂[1], 本多 了[2]

Tomoeiki Nakakuki[1], Chiho Hamada[2], Satoru Honda[3]

[1] 広大・理・地球惑星, [2] 広大・理・地惑シ

[1] Dept Earth Planet Syst Sci, Hiroshima Univ, [2] Earth and Planetary Sci., Hiroshima Univ, [3] Dept. Earth Planet. Syst. Sci., Hiroshima Univ.

弾性の影響ははこれまでマントル対流の計算ではほとんど考慮されたことがなかった。しかし、プレートのマックスウェル時間は1千万年にも及び、弾性変形が影響している可能性がある。そこで、本研究では弾性の影響を取り入れたプレート・マントル対流系の数値モデリングを試みた。粘弾性体のモデルとしてマックスウェルモデルを採用し、応力の移流項・時間微分には2段階半陰解法を用いた。沈み込みの始まりに問題について、開発したコードを適用した。純粘性流体の時と比べて、沈み込みが起きやすいことが分かった。

弾性の影響ははこれまでマントル対流の計算ではほとんど考慮されたことがなかった。これは以下のような理由である。タイムスケールは弾性と粘性変形が釣り合うタイムスケールはマックスウェル時間(=粘性率/剛性率)で表される。マントルの平均的粘性率 10^{21} Pa sec を当てはめるとマックスウェル時間は数千年から1万年となる。これはマントル対流のタイムスケールと比べて無視出来るほど短いので、マントルは良い近似で純粘性体として扱えることになる。しかしプレートの粘性率は 10^{24} Pa sec 以上であると考えられ、この場合、マックスウェル時間は1千万年にも及び、弾性変形が影響している可能性がある。そこで、本研究では弾性の影響を取り入れたプレート・マントル対流系の数値モデリングを試みた。

粘弾性体のモデルとしてマックスウェルモデルを採用した。このモデルの基礎方程式は歪み(速度)の合計がバネによるものとダッシュポッドによるものの和で表される。離散化は時間・空間とも有限体積法に基づく差分法を用いた。数値計算をする上で純粘性流体と異なる点は以下の通りである。(1) 応力の移流が起きること、(2) 応力の時間微分項があること。応力の移流項・時間微分には2段階半陰解法を用いた。この方法では構成方程式を移流項と時間微分項を計算する2段階に分け、移流項をCIP法による陽解法で計算し、時間微分を計算する段階を運動方程式に組み込む。弾性の影響は粘性率と外力項に表れる。

沈み込みの始まりに問題について、開発したコードを適用した。純粘性流体の時と比べて、沈み込みが起きやすいことが分かった。これは以下のような理由による。弾性が変形の一部を分担するため、プレートが変形しやすくなることが1つの理由である。また、弾性変形に一旦エネルギーを貯めることが出来るので、破壊をより集中的に引き起こすことが出来るからである。現実的なレオロジーパラメータを用いてプレート運動を再現しようとすると、プレートを動かすのが難しいが、粘弾性を取り入れることにより可能になるかもしれない。