

環太平洋プレート沈み込みによるプル - ム活動の数値計算，およびその球殻マン トル流動への意義

Numerical Simulation of Plumes due to Plate Subduction at the Circum-Pacific Ocean and
its Implications for Spherical Mantle Flow

江口 孝雄 [1], 石田 瑞穂 [1]

Takao Eguchi [1], Mizuho Ishida [1]

[1] 防災科研

[1] NIED

環太平洋の「大円状」プレート沈み込み帯からマントル層へのスラブ物質供給の影響等を解明するため、差分法を用いた3次元マントル対流計算プログラムを開発した。そして、赤道直下の上部マントルの底に大円状の冷たいプリューム源を置くという初期条件等を設定して3次元球殻マントル対流計算を行った。その結果、赤道に沿った大円状下降流による主要な「応答函数」としての大規模「上昇流」は、緯度30度から40度の領域で励起されることが確認できた。また、極地域にも僅かながらマントル物質の上昇が認められた。この数値計算結果は、大規模マントル物質流動の素過程を反映していると言えよう。

環太平洋の「大円状」プレート沈み込み帯からマントル層へのスラブ物質供給の影響等、リソスフェアを含むマントル物質循環に関するダイナミクス全般を研究するため、3次元球殻マントル対流計算プログラムを制作した。基本方程式は、連続の式、並びにブジネ近似した非圧縮性粘性流体運動方程式、(熱)エネルギー保存方程式である。粘性率には温度依存性等を取り入れた。これらの式の離散化にあたり差分法を用いた。時間積分では、Newton法による陰解法を採用した。陰解法での連立方程式は、CG-STAB法を利用して解いた。なお、以下の計算では、マントル層での相転移と内部発熱は無しとした。

Richards and Engebretson (1992)による環太平洋プレート沈み込みの歴史を基にすると、(地中海からトンガ・ケルマデック海溝域にかけての海溝系を別にすれば)過去1億年余の期間では環太平洋のほぼ同一領域でマントル層へ海洋プレートスラブが供給されてきたと推定される。これを反映するように、ジオイドやマントルトモグラフィ、ホットスポット分布等を球面調和函数で展開すると、環太平洋にほぼ大円状の「長波長成分の異常」が認められる。このような特徴を参照すると、環太平洋での環太平洋のマントル層中には大円状の「冷たいマントルドーナツ」が形成されていると考えられる (Eguchi, 1994)。

今回は、冷たいマントルドーナツがマントル物質循環にどのような影響を与えるかに関して、我々の3次元球殻マントル対流計算プログラムにより実施した数値計算結果を紹介する。問題を簡明にするため、計算用の球殻マントルモデルでは、実際の冷たいマントルドーナツが赤道に一致するように座標系を変換をした。地表付近とコア・マントル境界付近に熱境界層を含み、水平方向には一様な温度構造を採用し、そして次に赤道直下の上部マントルの底部にのみ同心円の「冷たいプリューム源」を置くという初期条件、等を仮定した。なお、冷たいプリューム源の大きさを幾つか変化させた場合も計算した。今回の計算結果をみると、赤道に沿った冷たいプリューム源の落下で励起される大円状下降流による主要な「応答函数」としての大規模「上昇流」は、緯度30度から40度の領域で引き起こされることが確認できた。また、高緯度地域での僅かな下降流と、極地域での弱い上昇パターンが認められた。このような数値計算結果は、大円状の下降流のみによるマントル物質循環の性質を反映しているであろう。また、広義の「大規模3次元マントル物質流動に関する素過程」の一つを反映していると言えよう。なお、我々の計算条件では、応答函数としての大規模上昇流は、局所的なホットスポットのように分散してはいかない。上昇流を地表付近で局在させるには別の計算条件を取り入れる必要がある。これは今後の課題である。