

マントル対流による大陸移動の数値モデリング

Numerical modeling of the continental drift driven by the mantle convection

岩瀬 康行[1], 本多 了[2]

Yasuyuki Iwase[1], Satoru Honda[2]

[1] 広大・理・地惑, [2] 広大・理・地惑シ

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

マントル対流による大陸移動の影響を、3次元球殻マントル対流数値シミュレーションにより調べた。マントルの表層に周囲のマントルに対して10倍の粘性率を持つ領域(HVL)をマントル表層部に2個設置した。HVLは変形はしないが、HVL内部の水平方向平均流速で水平方向にのみ移動可能とした。HVLの熱遮蔽効果によりHVL下に上昇ブルームが発生するが、それを起源とする流れによってブルームが成長する前にHVLは移動してしまい、残されたブルームは比較的短い時間で消滅してしまう。つまり、熱遮蔽効果により発生したブルームにより大陸が分裂し、移動を開始する可能性はあるが、別の大陸の再集合には定常的にマントル流を起こすメカニズムが必要である。

地球上の大陸は数億年周期で分裂・移動・集合を繰り返しているが、その原動力はマントル対流であると考えられている。地球上に超大陸が形成されると毛布効果により超大陸下に大規模な上昇ブルームが発生し超大陸を分裂させ、さらに、大陸下から海洋下への水平流により分裂した大陸が移動をする可能性がある。我々はマントル表層に超大陸を模した高粘性領域(HVL=High Viscosity Lid)を設けたときのマントル対流への影響を数値シミュレーションによって示した(1999年合同大会; Yoshida et al. 1999)。前研究では大陸部分の位置は空間的に固定し、超大陸の分裂の元となり得る大規模上昇流の発生に着目して研究を行ったが、今回は大陸がマントルの流動に対応して移動可能な場合について大陸とマントル対流との相互作用を調べた。

本研究で用いた数値シミュレーションの方法は以下の通りである。マントルはプラントル数無限大の非圧縮性流体であると仮定し、3次元球殻内での対流の基礎方程式の時間発展を有限体積法により計算を行った(Iwase 1996)。地球のマントルを想定し、対流層(つまりマントル)の厚さは2900km、レイリー数は 10^6 とし、コンドライトから推測される内部加熱を与えた。また、上下の表面は温度一定・自由滑べりの境界条件を与えた。まず、全マントルで粘性率を一定として長時間計算を行い、安定した状態を初期値とし、その後、瞬間的にマントルの表層に周囲のマントルに対して10倍の粘性率を持つ領域(HVL)をマントル表層部に2個設置し、対流の様相の時間変化を追跡した。個々のHVLの面積は外殻表面の約1/12、深さは約200kmとした。HVLは変形はしないが、HVL内部の水平方向平均流速で水平方向にのみ移動可能とした。計算は2つのHVLの中心同士の角距離が60度、90度と180度の3ケースについて行った。また、比較のためHVLを空間的に固定した計算も行った。

HVLを固定して行った計算では、HVL設置直後から約10億年後までHVL下のマントル部分の温度がその他のマントル部分の温度より顕著な上昇が見られ、その後温度差はほぼ一定に達した。HVL間の角距離が60度、90度のときは球面調和関数の次数1の温度構造が発達(1本の巨大な上昇ブルームが発生)したが、180度のときは次数2の温度構造が発達した。HVLが移動可能な場合もHVL設置直後からHVL下マントルとそれ以外のマントルの平均温度の上昇が見られたが、その2つの領域での温度差はHVL固定の場合と比べて小さく、また、10億年経つと顕著な平均温度差はなくなった。HVLが移動可能な場合は、HVLの初期角距離が60度、90度の場合は5億年程度でHVL下に1本の巨大な上昇流が発生し、すぐにこれに伴う外向きの流れのためにHVLはそれぞれ反対方向に移動を開始し、温度構造は次数2に変化した。HVLの初期位置に依らず、HVL間の角距離は広がる傾向を示し、最終的に角距離が180度付近を保ち続けた。この状態ではHVL下とそれ以外とで平均温度に顕著な差は見られなかったが、温度構造は次数2が卓越した。

本モデルで得られた結果をまとめると以下ようになる。HVLが移動可能な場合でも、その熱遮蔽効果により上昇ブルームを発生させることができるが、ブルームが成長する前にHVLは移動してしまう。つまり、HVLの熱遮蔽効果によるブルーム発生に要する時間スケールは対流によるHVLの移動の時間スケールより短い。また、HVL下に発生した上昇ブルームがその位置を維持できる時間スケールはHVLが移動する時間スケールより短い。このことは熱遮蔽効果により発生した巨大ブルームは大陸分裂させ、大陸同士を引き離す原動力とはなりうるが、大陸の再集合には寄与しないことを意味する。大陸の集合には、例えば、中央海嶺からの流れによる押しや冷たい下降ブルームによる引き込み等の準定常的なマントル流が必要と考えられる。