

摩擦熱を考慮した剪断変形のシミュレーション

Numerical experiments of shear deformation with frictional heating

亀山 真典[1], 堀 高峰[2], Phil Cummins[3], 平野 聡[3], 馬場 俊孝[2], 金田 義行[1]

Masanori Kameyama[1], Takane Hori[2], Phil Cummins[3], Satoshi Hirano[3], Toshitaka Baba[1], Yoshiyuki Kaneda[4]

[1] 海技センター・フロンティア, [2] 海洋センター・フロンティア, [3] 海洋科学技術センター・地震フロンティア

[1] FRPSD, JAMSTEC, [2] Frontier, JAMSTEC, [3] Front. Res. Prog. Subduct. Dynam., JAMSTEC, [4] JAMSTEC, Frontier

海溝域での地殻の変形を例にして、摩擦熱が変形に及ぼす影響を調べるシミュレーションを行なった。粘性率が温度に依存する Maxwell 粘弾性体を満たした 2 次元矩形領域の剪断変形を考える。温度変化は摩擦熱と熱伝導により起こるとする。温度擾乱を与えることで領域内に強度の異なる物質を挿入した。剪断速度が十分大きいと、変形は薄い層内に集中して起こるようになる。この層では摩擦熱の量が大きく、周囲より数百度以上の高温が得られる。また、変形の集中は強度の高い領域を避けるように起こることがわかった。この結果から、変形に伴う摩擦熱が、沈み込んだ海山の周りに発達するデコルマン面の形成に寄与していることが示唆される。

物体が非弾性的に変形するときには摩擦熱が発生する。摩擦熱の蓄積により温度が上昇すれば、物体の強度が低下する。摩擦熱の発生を考慮すれば、物体の変形様式が大きく異なる可能性がある。本研究では摩擦熱が地殻物質の変形に及ぼす影響を調べるために、海溝域での地殻の変形を例にとって剪断変形シミュレーションを行なった。

Maxwell 粘弾性流体で満たされた、厚さ 100km、幅 200km の 2 次元長方形領域の剪断変形を考える。領域の外側境界を一定の剪断速度で動かし、内部の流れと温度分布の変化を追跡する。流体の粘性率は温度に指数関数的に依存するとする。温度の変化は(1)粘性散逸(摩擦熱)による発熱と(2)熱伝導による冷却、の双方で決まるとする。境界条件として外側境界の温度を固定し、剪断方向には周期境界条件を課す。初期条件として、温度分布は一様と置く。ただし、プレート境界沿いの狭い領域内に温度の擾乱を与えておき、これにより強度の異なる物質を置く。

予備的な数値シミュレーションの結果、剪断速度が十分大きいとき、変形はほとんど中心付近の薄い層の中でのみ起こるようになることが示される。これは摩擦熱による温度上昇と、温度上昇による強度低下の間に正のフィードバックがはたらくことによる。この層の中では摩擦熱による発熱量が大きく、温度は周囲よりも数百度以上も高くなる。また、初期条件として与える温度擾乱の大きさを变化させた計算を行なったところ、計算初期の段階で最大の摩擦熱が発生する場所に変形の集中した層ができることもわかった。プレート境界に強度の低い物質を置いたときは、プレート境界面上に変形が集中するが、強度の高い物質を置いたときは、プレート境界から離れたところに変形が集中する。この計算の結果から、変形に伴う摩擦熱が、沈み込む海山の周りに発達するデコルマン面の形成に大きく寄与していることが示唆される。講演では、摩擦熱による変形の集中と地震発生メカニズムの関連についても議論する予定である。