

境界要素法を用いた月裏側衝突盆地の応力解析

State of stress in lunar farside basins: Analysis of boundary elements method

佐藤 麻里^{1*}, 並木 則行²

Mari Sato^{1*}, Noriyuki Namiki²

¹九州大学大学院理学府地球惑星科学専攻, ²千葉工業大学 惑星探査研究センター

¹Kyushu University, ²Chiba Institute of Technology

2007年に打ち上げられた月探査衛星「かぐや」によって月全球の詳細な重力データが得られた。これをもとにNamiki et al.(2009)は月の衝突盆地を大まかに三つのタイプ (primary mascon basin, Type I basin, Type II basin) に分類した。このうち月の裏側・辺縁部に位置するType II basinに関しては、地形と重力異常の観測結果から、1. 盆地中央部で何らかの地形補償が起こっていること、2. 盆地中央部の地下に何らかの正の質量異常があること、が考えられている。地形は一般に、波長が長いほど粘性緩和しやすいことが知られている。しかし、波長の長いリムや盆地全体の凹みはクレーターの半径-深さ比から粘性緩和していないことが分かっている。そのためさらに波長の短い盆地中心部が粘性緩和しているとは考えにくく、代わりに地形補償メカニズムとして脆性破壊による盆地中央部の落ち込みの可能性が提唱されている。月の衝突盆地周辺の応力解析の先行研究としては、Freed et al.(2001)がある。彼らは軸対称粘弾性体有限要素法を用いて計算を行った。この研究は月表側の玄武岩が噴出している衝突盆地を対象にしている。Freed et al. (2001)は盆地内部に噴出した玄武岩溶岩の量、玄武岩溶岩によって隠されている盆地内部の形、リソスフェアの厚さ、月の曲率、初期応力状態などを考慮した計算を行った。本研究では、これに対して、軸対称弾性体境界要素法 (boundary element method; BEM) による月裏側・辺縁部の衝突盆地付近の応力解析を目指し、そのためのプログラム開発を行う。応力解析に用いる数値シミュレーションの手法としてBEMを取り上げたのは、脆性破壊を取り扱う場合に利点があるからである。破壊が起きて断層が生じたとき、BEMの場合は新たな境界面を作り、それを断層面とみなすことで断層面を考慮した応力計算を続けることができる。計算には体積力を考慮した円筒座標系の軸対称弾性体モデルを用いる。r軸は地表面に一致するように取り、z軸は盆地中心に対して鉛直方向に立てる。また、r軸は盆地中心からリムに向かう向きを、z軸は下向きをそれぞれ正とする。リソスフェアがアセノスフェア上に浮いていると考え、境界条件は、rが盆地から十分離れた位置で水平・鉛直方向の変位がゼロ、z=0で自由表面であるとする。zがリソスフェアの下面に位置するときの境界条件は、座標ごとに鉛直方向の変位に応じたアセノスフェアからの静水圧を受けるとする。隕石衝突によってえぐれたexcavation cavityは、上向きの浮力に換算して上側表面の境界条件に与える。先行研究との相違として、モデルに作用する主な荷重が、表面に噴出した玄武岩ではなく地殻-マントル境界 (モホ面) の上昇によるマントルアップリフトであるとした点が挙げられる。マントルアップリフトは隕石衝突によって地表面がえぐられたとき、その凹みを補償するために地下のモホ面が上昇することで起こると考えられている。計算に使用するパラメータは、月の重力加速度を 1.62 m/s^2 、リソスフェアのヤング率が 10^{11} Pa 、ポアソン比が0.25、地殻密度が 2800 kg/m^3 、マントル密度が 3360 kg/m^3 とした。内部の弾性率は一定とし、地殻とマントルの密度もそれぞれ一定とする。せりあがったモホ面の高さは

Ishihara et al. (2009)によって得られた地殻厚を参考にする。円筒座標系を使用しているので、月の曲率を計算に取り入れるときは境界の形状を変えることで対応する。