

iSALE に基づいた月のスミス盆地の形成

石山 謙¹

¹宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所

我々の身近な天体である月は 45 億年前に形成され、激しい衝突史を経験している。約 40~38 億年前の後期重爆撃期に月の主な盆地が形成され[Ryder, 2002]、その内部では約 15 億年前まで火山活動が起こっていたことがクレータ年代学により明らかにされている[e.g., Morota et al., 2011]。Nice モデルに基づく、後期重爆撃期は、木星と土星の軌道共鳴によって、海王星の軌道がより外側に移動してしまうことが原因である[Gomes et al., 2005]。海王星が太陽系外縁天体の領域に侵入することで、それらが散逸され、約 21km/s の速度で月面に衝突することが明らかにされた。

スミス盆地は、月の表側と裏側の境界上（緯度 1.3°N, 経度 87.5°E）に位置しており、Pre-Nectarian（約 39.2 億年前以上）に形成されている[Hiesinger et al., 2010]。スミス盆地は、5 つのリング構造を持っていることが指摘されているが[Spudis, 1993]、そのほとんどは不明瞭である。明瞭なリングは、半径が約 180km のものである。盆地の大きさは、例えば、衝突天体の大きさや、月内部の温度勾配が寄与しており、温度勾配が大きいほど、大きな盆地ができる[e.g., Potter et al., 2012]。月では、盆地の直径と深さにはある経験的な関係があり[Williams and Zuber, 1998]、それに基づく、スミス盆地の深さは約 5km である。スミス盆地のまわりの地殻の厚さは、かぐや重力場観測に基づく [Ishihara et al., 2009]、約 40~60km である。

しかしながら、スミス盆地は、どのような衝突条件で形成されたのかは、よくわかっていない。本研究では、2 次元の衝突シミュレーションコード (iSALE [Amsden et al., 1980; Ivanov et al., 1997; Wünnemann et al., 2006]) を利用して、スミス盆地（半径 180km, 深さ 5km）が形成できる衝突条件（衝突天体の直径・月内部の温度勾配）を推定した。

iSALE の計算領域では、1km/cell で、x 軸方向に 450km、y 軸方向に 250km の空間を準備した。y 軸上では、真空 (100km)・地殻 (60km)・マントル (90km) を想定した。衝突天体の物質は Dunite であり、衝突速度は 21km/s、直径は

10・20・30kmである。月地殻は Basalt、月マントルは Dunite である。これらの物質パラメータは、Miljković et al. [2013]に基づいた。月内部の温度勾配は、10・20・30・40K/km を考えた。月の表面温度を 300K として、月内部で 1300K 以上ならば、対流して温度が一定になると考える。計算時間は、盆地形成から 2 時間までとした。

本研究では、衝突天体の直径の増加と共に、盆地の半径・深さが大きくなる傾向を確認した。加えて、温度勾配の増加と共に、盆地の半径は大きくなり、盆地の深さは浅くなった。これは、地温勾配が高いと、表層付近が柔らかい状態になっており、盆地の構造が緩和し、盆地の深さは浅くなるためである。特に、温度勾配が 10~20K/km、衝突天体の直径が 10~20km の場合、スミス盆地の半径 (180km) と深さ (5km) を説明することができることが明らかとなった。この温度勾配から、スミス盆地付近のリソスフェア厚を推定すると、スミス盆地が形成された時代 (約 39.2 億年前以上) に、約 50~100km であったことを示唆している。Solomon and Head [1980]による盆地のたわみの解析に基づくと、38~36 億年前のスミス盆地付近のリソスフェア厚は 75km 以上である。したがって、本研究から推定されたリソスフェア厚とも整合的である。スミス盆地の衝突条件調査を様々な盆地に適用することで、盆地形成時における月内部の温度勾配分布を全球的に推定することができてくるだろう。

本研究では、将来的に、iSALE の計算領域の分解 (1km/cell) をあげ、さらに盆地形成から 2 時間以上の計算を実施することで、より高い精度で盆地の衝突条件を探ることを目指していく。