

数値シミュレーションによる大型クレーター形成とその形態

Formation of Complex Crater and its Morphology: Numerical Approach

高田 淑子[1]

Toshiko Takata[1]

[1] 宮教大・地学

[1] Geology, Miyagi U. Edu.

中央丘クレーターやリングクレーター等の複雑な形態のクレーターの形成の数値計算モデルをレビューするとともに、我々の計算結果を議論する。

中央丘やリングクレーターの形成モデルについては、(1)熱流動化モデル、(2)弾性振動モデル、(3)岩石塊振動モデル、(4)弾・塑性モデル等が提唱されている。

(4)のモデルは、実際には標的の岩石は脆性的な性質を持つが、弾性限界を超えれば、マクロな岩石集合体の運動は金属と同等の流体として振る舞うと考える。Von Mises 降伏条件下で岩石が流動化し、中央丘・リング形成を実現できる数値計算結果を紹介する。

衝突型クレーターの形態は、一定重力下、すなわち、1天体表層上では、直径が大きくなるに従い、ボール型クレーター、中央丘クレーター、リングクレーター等、複雑な形態に変化する。最も単純な形態のボール型クレーターは、初期の衝撃波伝播により形成する半球状の孔であるが、クレーターが大型化すると、クレータリングに天体重力の影響が無視できなくなる。ボール型のトランジェントクレーターは、重力作用によりクレーター壁付近の岩石が下降し、かつ、中央付近でクレーター底が上昇し、中央丘の形成に至る。さらに、これが崩壊することにより、リングクレーターへと発展する。このような中央丘付近の地層の上昇は、地球の衝突型クレーターの地質調査でも確認されている。

現在、このような中央丘クレーターやリングクレーター等の複雑な形態のクレーターの形成機構を明らかにし、数値計算によって再現しようとする試みがなされている。特に、中央丘の形成・リングクレーターの形成については、いくつかのモデルが提唱されている。ここでは、これらのモデルをレビューするとともに、我々の計算結果を議論する。

まず、中央丘やリングクレーターの形成モデルについては、(1)熱流動化モデル、(2)弾性振動モデル、(3)岩石塊振動モデル、(4)弾・塑性モデル等が提唱されている。基本的には、すべて一定重力項を含む連続体モデルである。(1)熱流動モデルでは、温度変化によって岩石強度を変化させ、高温では岩石強度無し、すなわち流体として扱う(O'Keefe and Ahrens, 1993)。さらに、地下の温度勾配を考慮に入れている。このモデルでは、熱エネルギーを得た岩石は流体的に振る舞い、津波のように波面が伝播し、中央丘の形成からリングクレーターの形成を促す。しかし、岩石強度が大きい場合、大型クレーター特有の形態が形成できないという難点がある。

(2)の弾性振動モデルでは、岩石をピンガム流体として扱う。クレーター孔周囲の岩石塊体は強振動すると考え周期的な圧力変化の項を導入し、中央丘・リングクレーターの形成させる(Melosh, 1989)。 (3)のモデルは、本質的には(2)のモデルと同様、非線形の振動のレオロジーを考えている(Ivanov, 1999)。しかし、実際には、これらのモデルは岩石移動に有効な強振動の波長・周期が不明である点等、議論の余地が残る。

(4)のモデルは、実際には標的の岩石は脆性的な性質を持つが、弾性限界を超えれば、マクロな岩石集合体の運動は金属と同等な流体として振る舞うと考える。Von Mises 降伏条件下で岩石が流動化すると、(1)のモデル計算と同様の条件下、かつ、熱流動無しで、中央丘・リング形成を実現できる数値計算結果を紹介する。

今後の展望として、数値技法が複雑になるが、現実的なモデルとして、亀裂・破壊過程も考慮したクレータリングシミュレーションが必要になると考えられる。