

火星巨大隕石盆地の内部構造

The internal structure of the large impact basins on Mars

藤原 大二[1], 栗田 敬[2]

Taiji Fujihara[1], Kei Kurita[2]

[1] 東大・理・地球惑星, [2] 東大・地震研

[1] Earth and Planetary Sci., Univ of Tokyo, [2] ERI, Univ. of Tokyo

惑星の進化を考える際には内部の温度構造の理解が欠かせない。物質の粘性率には温度が大きく反映されるため硬いリソスフェアと柔らかいアセノスフェアという物性境界を求めることで温度構造を推定することができる。

しかし現在外部からの情報しか得ることのできない火星においてはこの物性境界を直接求めることはできない。したがって観測可能な地形・重力データから地下の密度異常を代表する地殻 - マントル間の物質境界(モホ面)を求め、その粘性緩和の進行状況から間接的に推定することになる。

直径 1000km 以上もの巨大なクレーターを形成する衝突は惑星深部まで影響を及ぼすため、そのクレーターは内部構造を強く反映している。表面の地殻物質は掘削と蒸発で失われ、残された地形は負の重力異常を引き起こす。しかし実際には、巨大クレーターでは正の重力異常が観測されている。これは衝突の過程でマントルが上昇していることを表している。

本研究では Mars Global Surveyor によって観測された火星の詳細な地形・重力データを用いて、巨大隕石衝突によって引き起こされたクレーター周辺のモホ面変化量を計算し、クレーター形成当時のリソスフェアの状態を見積もった。

本研究では火星の3大クレーター (Hellas, Isidis, Argyre) に注目した。地下構造の密度異常はモホ面の起伏のみに起因すると仮定して、観測を満たすモホ面変化量を計算した。表面地形として MOLA の球面調和関数で 90 次まで、重力異常として MGS75D の 60 次までを使用した。

解析においてクレーターを軸対称と仮定して高度・重力データを形状中心からの距離の関数としてプロットし平均化した。そして観測された重力異常を説明するモホ面の変化量を求めた。その際、地殻・マントルの密度は 2900kg/m^3 , 3500kg/m^3 で一定とし、高度 170km における重力異常を計算して実際の観測とフィッティングさせた。

3つの巨大クレーターは半径に相関した高低差であり、中心部が僅かに盛り上がっただけで比較的平らな floor を持っている。つまり表面地形がほとんど緩和していない。これはクレーター形成当時の地形を維持していることを示唆する。

しかしクレーター中心付近でのフリーエア異常、ブーゲー異常はクレーター半径と相関しない。特に Isidis では両者とも中心付近で急上昇している。

それぞれのブーゲー異常を満たすモホ面変化量はやはり半径と相関しない。中心付近の上昇量は Hellas で約 50km, Isidis・Argyre で共に約 90km である。これは3クレーターが存在する南半球の平均地殻厚の下限が 90km であることを示唆する。また Hellas のモホ面はなだらかな上昇であるのに対し、Isidis・Argyre のモホ面は中心付近に集中した上昇である。

中心付近のフリーエア重力が大きな正異常を示していることから、マントルリバウンドはクレーター形成過程で起こったことがわかった。もしマントルが徐々に上昇したのだとすれば、上昇はフリーエア異常が 0 になったところで止まるはずである。

Hellas でアイソスタシーが成立しているのはマントルが粘性緩和したからだと考えられる。粘性緩和にかかる時間はだいたいクレーター半径に反比例する。また衝突によって暖められたリソスフェアが冷却する時間は半径の2乗に比例する。粘性緩和にかかる時間よりも冷却にかかる時間のほうが短ければ構造は凍結されるが、逆であれば粘性緩和が進む。つまり半径が大きくなれば粘性緩和が進みやすいことを表している。Hellas と Isidis・Argyre の違いから、これらのクレーターが形成された 35~40 億年前の火星ではマントルリバウンド構造が維持できる境界は直径 2000km あたりにあった可能性がある。月の代表的なマスコンである Orientale, Imbrium, SP-Aitken で同様の考察を行うと、この境界が直径 500km あたりに存在する。これらのクレーターも火星巨大クレーターとほぼ同時期に形成されたと考えられている。このことが示唆することは、当時火星よりも月の方が柔らかかった、言い換えれば表面温度は月の方が高かったということである。