

粉粒体天体構成粒子の圧縮特性に関する実験的研究

Experimental study on compression property of granular material

*大村 知美¹、中村 昭子¹*Tomomi Omura¹, Akiko Nakamura¹

1.神戸大学大学院理学研究科

1.Graduate School of Science, Kobe University

微惑星や再集積天体、彗星といった、粉粒体より構成される天体は普遍的であるといえる。天体内部の空隙率構造は強度、熱的性質に影響するため、衝突進化や熱進化に影響する重要な要素である。この空隙率は自己重力、岩塊の存在、衝突、振動、熱進化によって変化する。この中でも自己重力による空隙率構造は全てに先立つ要素であり、他の要素の影響を見積もるためには、自己重力によって、深さにより土圧が異なることで生じる空隙率分布を評価することが必要である。土圧の差による空隙率分布を見積もるためには天体構成粒子の圧縮特性の理解が不可欠である。圧縮特性に影響する要素としては粉粒体層の初期空隙率、粉粒体層構成粒子の組成、粒子径、粒子径分布幅、粒子形状が考えられるが、これらの特性は各天体で様々である。さらに、真空中では粉粒体層構成粒子の表面エネルギーは100倍程度大きくなると考えられている(Kimura et al., 2015)。表面エネルギーは粒子間力に影響する要素であり、圧縮特性にも影響すると考えられる。そのため、様々な環境下にある構成粒子に適用可能な一般則を構築する必要がある。

初期空隙率については、Kiuchi and Nakamura (2014)において、重力によって堆積した均一粒径より成る粉粒体層の空隙率は粒子間力と重力の比より表せるとした経験式が導かれている。ただしこれはあくまでも天体表面にのみ適用可能であり、ある深さよりも下の粉粒体層は土圧による圧縮を受けていると考えられる。

また、粉粒体層の圧縮過程において、粉粒体層の空隙率は始め構成粒子の再配置によって減少するが、この再配置メカニズムは構成粒子の配位数によって異なる。粒子の配位数が6以下の場合、粒子は主に転がりによって再配置される。しかし、粒子の配位数が6を超えると粒子はすべりを伴って再配置されるようになる。配位数は空隙率の減少と共に増加し、配位数が6に達するのは空隙率が0.7のときである(Wada et al., 2011)。

我々はこれまでに、様々な組成、粒子径、粒子径分布幅を持った試料で圧縮実験を行ってきた。試料の主成分は Al_2O_3 と SiO_2 、試料の粒子径は100 μm 以下のものを用いた。これらの試料を容器にふるい入れゆるみ充填し、圧縮試験機による圧縮実験を行った。圧力範囲は 10^4 - 2×10^6 Paである。

圧縮前試料の空隙率は0.54-0.86と試料により異なった。この結果とKiuchi and Nakamura (2014)で提案された経験式より得られる値を比較すると、粒子径分布幅を持つ粉粒体についても粒子径としてメジアン径を用いることでこの式はおおむね適用可能であることが分かった。また、 10^4 - 2×10^6 Paの圧力範囲において試料の空隙率は ~ 0.7 以下であったが、このとき試料構成粒子の持つすべり摩擦力が大きいほど、粉粒体層の圧縮曲線の傾きが小さくなる傾向が分かった。さらに、試料構成粒子の粒子径分布幅も圧縮特性に大きく影響しており、粒子径分布幅の大きい試料はより圧縮されやすいということが分かっている(Omura et al., ISTS, 2015)。

我々はさらに圧縮を行う圧力範囲を 10^2 Pa以下まで広げた実験を行った。すると粉粒体層の圧縮過程は次のような領域に分けられることがわかった。(1)圧力が粉粒体層の強度を下回っており、粉粒体層は圧縮されない領域。(2)圧縮は起こるが、空隙率の減少が緩やかである領域。(3)(2)の領域に比べ、空隙率の減少が急であるような領域。これらの領域を分ける原因についてさらなる調査と考察を行い、結果を報告する。

キーワード：小天体、空隙率、内部構造、粉粒体

Keywords: Small body, Porosity, Internal structure, Granular material