

天体表面の固体粒子の付着力：塑性変形や重力の影響

○長足友哉（工学院大学）、中村昭子（神戸大学）

背景：付着力は小天体上の粒子に働く支配的な力と考えられており[1]、ラブルパイル天体の形状[2]や高速自転[3]、表層粒子の可動性[4,5]の議論に重要と考えられている。我々はこれまでに、隕石粒子の接触点当たりの付着力は小さく、サイズによらないことを示した[5]。一方、粒子間の接触点の数は状況によって変わる可能性がある。粒子の塑性変形が起これば接触点の数が増加する可能性があり、低重力下や小さい粒子の場合は重力に比べて付着力が十分に大きいため、接触点が少ない可能性がある。そこで本研究では、それらの効果を評価するため、4–8 μm と 40–80 μm サイズの隕石粒子と、強度の弱い sub- μm サイズのシリカ球からなる 100 μm サイズの凝集体の付着力測定を行った。

実験：粒子として、Allende 隕石を砕き、ふるいでふるって作成した 4–8 μm サイズおよび 40–80 μm の隕石粒子と、直径~0.5 μm のシリカ球をふるいでふるって作成した 100 μm サイズの凝集体を用いた。付着力は遠心法[5–7]を用いて、平板から粒子を離すのに必要な遠心力に基づき測定した。また、地球重力とは異なる重力下での付着力を評価するため、遠心力で平板を押し付けた後に遠心法で付着力を測定する実験[5]も行った。

結果と議論：地球重力の 8×10^4 倍の遠心力で押し付けると 4–8 μm サイズの隕石粒子の付着力は約 3 倍となり、40–80 μm サイズの隕石粒子の付着力に近くなった。これは、重力（遠心力）と付着力の比に依存して、接触点が 1 点（不安定）から 3 点（安定）に遷移したためと考えられる。これは、押し付けなかった 100 μm サイズの凝集体の付着力が、先行研究[8]に基づくシリカ球の付着力予測値の約 3 倍であったことからも支持される。一方、地球重力の 5×10^3 倍の遠心力で押し付けると凝集体の付着力は約 10 倍となった。この原因を塑性変形による接触点の数の増加と仮定すると、その予想される接触点の数（~30）から予期される実効的な接触面積に押し付けた力がかかったときの圧力は、Rumpf の式[9]から予測される凝集体の引張強度に近い。このことから、凝集体は、押し付けることで塑性変形して接触点が増加し、付着力が増加した可能性が高い。km サイズの小天体上でも、凝集体のような強度の弱い cm サイズの粒子であれば、塑性変形による接触点と付着力の増加が起こる可能性がある。

参考文献

- [1] Scheeres et al. (2010) *Icarus* **210**, 968–984. [2] Sugiura et al. (2021) *Icarus* **365**, 114505. [3] Sánchez and Scheeres (2014) *Meteorit. Planet. Sci.* **49**, 788–811. [4] Bierhaus et al. (2021) *Icarus* **355**, 114142. [5] Nagaashi & Nakamura (2023) *Sci. Adv.* **9**, eadd3530. [6] Nagaashi et al. (2018) *Prog. Earth Planet Sci.* **5**, 71. [7] Nagaashi et al. (2021) *Icarus* **360**, 114357. [8] Heim et al. (1999) *Phys. Rev. Lett.* **83**, 3328. [9] Rumpf (1970) *Chem. Ing. Techn.* **42**, 538–540.