

天体表面でのレゴリス粒子の摩耗を模擬した隕石及び鉱物粒子の摩耗実験

山口 裕貴 (京大 地球惑星科学専攻)

はじめに

Tsuchiyama et al. [1] や Sakurama et al. [2] は、小惑星イトカワや月の表面から持ち帰ったレゴリス粒子にエッジの丸い粒子を見出した。水などの流体が存在しない天体における粒子の摩耗では、機械的な運動により粒子同士が擦れ合うことが必要である。現在考えられている小惑星イトカワの摩耗プロセスとして隕石衝突による地震波 [1] や YORP 効果 [3] が考えられている。このような摩耗プロセスを詳細に理解するために、摩耗実験が行われている [4]。

先行研究 [4] は、鉱物サンプルとして石英、カンラン石、コランダム、カルサイト、また隕石サンプルとして Sayh al Uhaymir001 (L5)、Murchson (CM2) を用いた。これらを 1–2 mm に粉碎し (コランダムを除く)、振動容器 (10 mL) に充填率が 50 % となるように入れ、マルチビーズショッカー (YASUIKIKAI Co.) を用いて摩耗実験を行なった。摩耗量 ΔP は、 $<250 \mu\text{m}$ の粒子質量を初期質量で規格化した値とした。特に初めの 1 分間の摩耗量を ΔP_1 とした。

しかし以下のような問題点が挙げられる。(1) 振動容器中の粒子充填率が摩耗速度に影響するのかわ不明 (2) 粒子サイズやサイズの異なる粒子の混合率の摩耗速度への影響が不明 (3) 天体表面での摩耗への応用では、振動速度が 1000–3000 rpm のデータを低速度側に外挿している。天体に対応するような振動速度 (イトカワだと ~ 100 rpm) での実験が必要であること。

摩耗実験

先行研究 [4] と同様の実験を、上記のパラメータを変えて行なった。サンプルは石英とカンラン石を用いた。以下に行なった摩耗実験を挙げる。

[実験 1] 充填率を変えた実験 [実験 2] 粒子サイズを変えた実験 [実験 3] サイズの異なる粒子を混合した実験 [実験 4] 低振動速度 (≤ 1000 rpm) での実験

実験結果

[実験 1] 充填率が 67 % のときを除いて、 ΔP_1 はほぼ一定となった。(図 1)

[実験 2] 粒子サイズが大きくなるほど ΔP_1 は大きくなった。 $\Delta P_1 \propto d$ ($\Delta P_1 = 0.86 d^{0.98}$)。(図 2)

[実験 3] 大きな粒子の混合率が 25 % 以上では ΔP_1 は大きい粒子のみの ΔP_1 にほぼ等しくなった (図 3)

[実験 4] 低振動速度 (100–300 rpm) の ΔP_1 は 1000–3000 rpm からの外挿値よりも大きい (図 4)

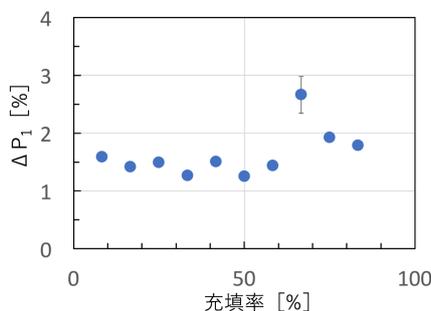


図 1

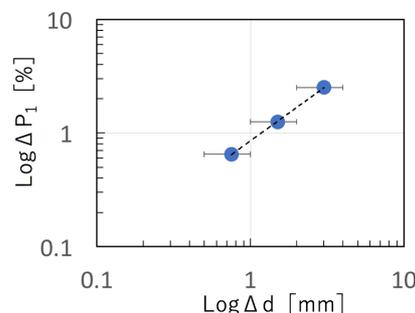


図 2

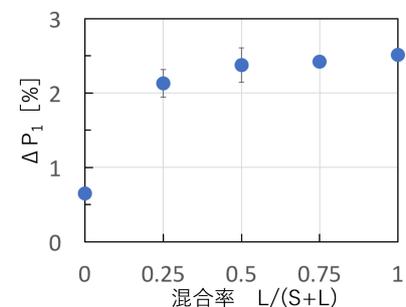


図 3

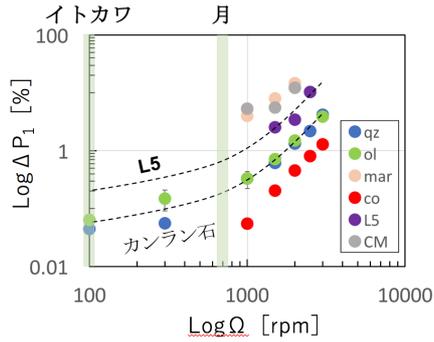


図 4

考察

隕石衝突時、天体表面に生じる加速度によってレゴリス粒子がどの程度摩耗するのかを今回の実験をもとに考察した。Yasui et al. [5] は衝突誘起地震波の最大加速度 g_{\max} を衝突体の半径 r と衝突点からの距離 x の関数で表し、 π -スケール則 [6] を用いて、月やイトカワでの衝突によるレゴリス粒子の g_{\max} を見積もった。今回の摩耗実験での容器の運動を単振動とみなしたときの粒子の平均加速度を求め、各天体の g_{\max} に対応する振動速度を見積もった（イトカワで ~ 100 rpm、月で ~ 700 rpm）。その結果、サイズ効果 ($\Delta P_1 \propto d$) を考慮（イトカワ粒子は数 $100 \mu\text{m}$ サイズ）すると、イトカワでは $\Delta P_1 \sim 0.01\%$ 、月では $\Delta P_1 \sim 0.1\%$ となる。これらより月だけではなくイトカワでも摩耗する可能性があることが分かった。

- [1] Tsuchiyama et al.(2011).Science,333,1125-1128 [2] Sakurama et al.(2016).JpGU,Abstract,PPS03-13 [3] Connolly et al.(2015).Earth Planet and Space,67:12 [4] Tsuchiyama et al.(2018).LPSC,Abstract#1844 [5] Yasui et al.(2015).Icarus,260,320-331 [6] Holsapple et al.(1993).Earth Planet.Sci.21,333-373