

ダストアグリゲイトのクレーター衝突破壊： イジェクタの速度・サイズ分布

田中秀和（東北大学理学研究科）

概要

高空隙率ダストのクレーター衝突におけるイジェクタの速度やサイズの分布を、ダスト衝突数値計算を多数行うことにより調べた。破壊に着目するため、付着限界速度（ $\sim 80\text{m/sec}$ ）を上回る高速衝突について調べた。得られた速度分布は従来のクレータースケーリング則とおおよそ調和的だった。また、放出速度が 20m/s 以上の破片はほとんどがアグリゲイトではなく単一の構成粒子であることも示された。

はじめに

惑星成長の最初のステップはダスト成長である。最近の我々のグループのダスト衝突の数値計算によって、(1)付着合体の結果、非常に空隙の多い構造となることや(2)氷ダストの場合 80m/s 程度の高速な衝突でも付着することが示された。付着性の高い高空隙率ダストは微惑星の形成においても有利だと考えられている。

本研究では、付着限界速度（ 80m/sec ）を上回る高速衝突におけるダスト破壊に着目し、放出されるイジェクタの速度やサイズの分布を、ダスト衝突数値計算を多数行うことにより調べた。ダストが集積した結果つくられた数十 km サイズまでの微惑星は、自己重力が弱いため比較的高空隙率な構造を保っていると考えられる。本研究の結果は、このような高空隙率をもつ微惑星にも応用できる。

計算手法と条件

$0.1\mu\text{m}$ の氷粒子からなるダストアグリゲイトの衝突を数値計算により調べた。高空隙率なアグリゲイトとして、BPCA(Ballistic-Particle-Cluster-Aggregation)構造を採用した。空隙率は 85%程度で BCCA に比べると密なものであるが、高速衝突が起きる状況では、この程度の空隙率が想定されている。また、クレータースケーリング則と比較するため、衝突する 2つのアグリゲイト（ターゲットとインパクター）の間で質量比 100 倍の場合を考え、ターゲットの一部が破壊される、クレーター破壊について調べた。ターゲットは氷粒子 10 万個からなるとした。

計算結果

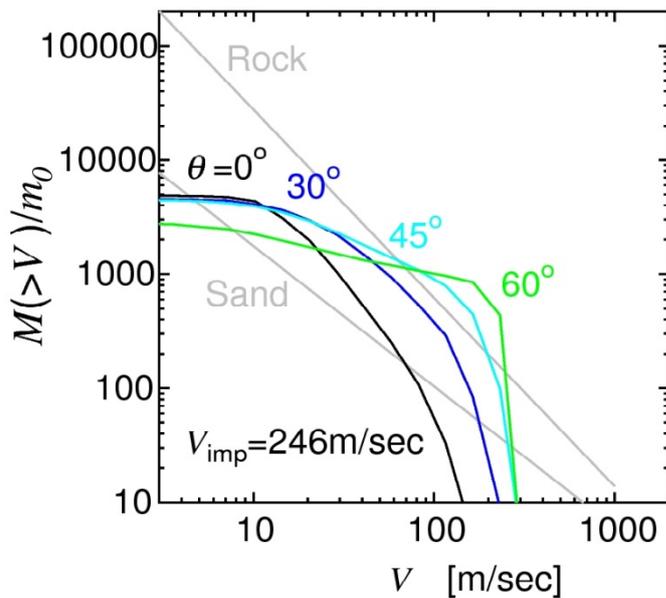


図1：クレーター衝突における破片速度分布。衝突速度は246m/sで、正面衝突と斜め衝突の結果を示した。縦軸はある速度(横軸)より速い破片の総量を示している。比較のためクレータースケーリング則(Housen and Holsapple 2011)におけるRockとSandの場合も示した。

計算結果の1例として、衝突速度246m/sの場合の破片速度分布を図1に示した。正面衝突と斜め衝突の結果が示されている。Housen and Holsapple (2011)のRockやSandの場合の速度分布と調和的な結果となっている。より詳細な比較のためにはより質量比が大きい計算が必要であろう。また、速度10m/s以下の破片は少ないことがわかる。これは付着力により、低速の破片は放出されないためである。一方、破片の最大速度は衝突速度程度である。

破片のサイズ分布を調べると、速度20m/s以上の破片は、殆どがモノマー粒子(0.1μmの氷粒子)であることが分かった。高速破片では粒子間の結合が切断されたため大きな破片は含まれないのだと考えられる。以上の速度とサイズ分布に関する結果は、他の衝突速度の場合においても同様であった。

微惑星破壊への応用

高空隙率な構造をもつ微惑星のクレーター破壊に対して、この得られた結果は応用できる。半径20kmの高空隙率な微惑星では脱出速度は20m/s程度である。これより大きな微惑星では、その自己重力圏の外に放出されるためには20m/sよりも速い速度が必要とされる。放出される総破片量は従来のクレータースケーリング則でおおよそ見積ることができる。放出される破片はほとんどがアグリゲイトではなくモノマー粒子であると予想できる。氷微惑星でなく岩石微惑星の場合には、上記の20m/sという値を2m/sと読み替えばよい。その場合、より小さな微惑星の場合でも、イジェクタは主にモノマー粒子となる。