

## 天体スケールにおける衝突破壊モデルの再検討 Revised fragmentation model of planet-sized collisions

藤田 智明<sup>1\*</sup>, 玄田 英典<sup>1</sup>, 小林 浩<sup>2</sup>, 田中 秀和<sup>3</sup>, 阿部 豊<sup>1</sup>

Tomoaki Fujita<sup>1\*</sup>, Hidenori Genda<sup>1</sup>, Hiroshi Kobayashi<sup>2</sup>, Hidekazu Tanaka<sup>3</sup>, Yutaka Abe<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学理学系研究科地球惑星科学専攻, <sup>2</sup> 名古屋大学理学系研究科, <sup>3</sup> 北海道大学低温科学研究所

<sup>1</sup>Department of Earth and Planetary Science, Graduate School of Science, The University of Tokyo, <sup>2</sup>Department of Physics, Nagoya University, <sup>3</sup>Institute of Low Temperature Science, Hokkaido University

惑星形成過程において、微惑星同士または微惑星と原始惑星の衝突はかなり頻繁に起こる。そして、その様な衝突を繰り返しながら天体は成長し現在の惑星系を形成するとされているが、最近の研究(例えば、Kobayashi and Tanaka 2009)によると、天体衝突によってばら撒かれる小破片の量やサイズ等により、形成される惑星のサイズの上限が変わることが示唆されている。すなわち、衝突によって天体がどの程度破壊もしくは削られるのかを詳細に調べることは、より正確な惑星形成論を構築する上で重要な課題となっている。これまでに、衝突前の質量の半分が飛び散ってしまう様な破壊的な衝突を引き起こす衝突エネルギー値  $Q_D^*$  は、様々な条件で調べられており(例えば、Benz and Asphaug 1999)、惑星形成を論じる際にはそのエネルギー値以上の衝突のみが重要視されてきた。しかし、解像度の悪さや解析手法の不明確さから、 $Q_D^*$  の値の正確さには疑問が残る。また実際に惑星形成を考える上では、破壊ほどエネルギーが大きくないような小規模な衝突も重要な影響を及ぼすことがわかっている(Kobayashi and Tanaka 2009)。先行研究では、破片総質量が衝突エネルギーに対して線形に変化することを仮定しているのだが、そのようなエネルギー範囲での衝突については、実際には詳しく調べられていない。

そこで本研究では、物質強度が無視できるような天体スケールにおける様々な衝突エネルギーでの衝突シミュレーションを SPH 法を用いて行い、 $Q_D^*$  の値の再確認、並びに衝突エネルギーに対する破片総質量の系統的調査を行った。具体的には、直径 100km, 10km サイズの天体に対して様々な質量の天体を様々な衝突速度で衝突させ、それぞれ飛び散る破片の総質量を求めた。この際、結果の解像度依存性を調べた上で、十分に認められる解像度をもって検証した。また、先行研究では不明確であった破片総質量の解析に関しては、客観的評価が可能となる独自の解析手法を確立し、それを用いて解析を行った。

まず  $Q_D^*$  の値を再評価した結果だが、先行研究(Benz and Asphaug 1999)の結果よりも 1 桁近く小さくなることがわかった。センスとしては、衝突破壊の際天体はこれまで考えられてきたよりも破壊されやすい結果となった、と言える。

また、衝突エネルギー値が  $Q_D^*$  より小さい様な小規模衝突領域では、破片総質量は衝突エネルギーに対して線形とはならず、水平面に対する衝突から考えられる予想に反する結果となった。これは、ターゲット天体の曲率が影響しているためと結論付けることができた。一方、衝突エネルギーが十分小さい様な領域では、曲率の効果は小さく、水平面衝突で近似できることが考えられる。従って小規模衝突の破壊モデルは、水平面衝突と曲率の効果で評価できることがわかった。

また、既存の SPH コードに改良を加え、直径 1km サイズ以下の衝突のような、物質強度が支配するスケールの衝突についても同様に評価できることが可能となったため、その結果についても発表をする予定である。

キーワード: 惑星形成, 衝突破壊, 微惑星

Keywords: planet formation, fragmentation, planetesimals