

惑星形成における衝突破壊の再検討

河合航佑 (名古屋大学大学院理学研究科)

利用カテゴリ XC-Trial

星形成の副産物として形成される原始惑星系円盤の中で、固体天体が衝突をくり返し成長し、固体核が 10 倍地球質量程度となる惑星形成後期では、惑星は周りの微惑星と衝突して成長する。

惑星が成長して重くなると、周りの微惑星を重力散乱するようになり、微惑星同士が衝突すると破壊が起こる。様々なサイズの微惑星同士の衝突・破壊が次々に起こる(この現象を衝突カスケードという)が、衝突カスケードにおいて小さな破片が生成される (Tanaka et al. 1996[1])。この衝突・破壊により小さくなった破片は円盤中のガスの抵抗を強く受け、角運動量を失って中心星へ落下する。つまり、衝突・破壊により固体物質が枯渇するため、原始惑星の成長を阻害される。

この破壊現象において、衝突天体の質量に比べて衝突によって生じる破片の総質量が半分以上になるような大規模破壊と、総質量が 1% 以下となる様なずっと小さな局所破壊があるが、Kobayashi & Tanaka (2010)[2] では所破壊の方がより重要であることを導いた。しかし、この破壊モデルの特に局所破壊について、べきは実験事実と一致しているが、ファクターに関してはまだ不確実であり、そのような小規模な衝突・破壊のシミュレーションは十分にされていない。そこで私は局所破壊において、この破壊モデルの妥当性を確かめたい。

まずそのような計算をすることができるコードの開発を目指し、開発中である。特にテスト計算として 2 つの球体の衝突を計算させ、その解析を行ないつつ、バグの修正をしている。

コード開発

本研究では、現実的な固体天体衝突現象を研究するため、自己重力・相転移を考慮した三次元の衝突シミュレーションを行う。シミュレーション方法は SPH (Smooth Particle Hydrodynamics) 法を用いる。これは粒子に分布関数を持たせることで、密度分布などをその粒子の重ね合わせで表現することができる。使用するコードは大規模並列粒子シミュレーションコードである FDPS (Framework for Developing Particle Simulator) のサンプルコードを自身の研究に合わせて、状態方程式を固体物質用の Tillotson 方程式 [3, 4] に、カーネル関数を Gauss 関数に書き換えたものを用いる。

FDPS では相互作用力を計算する際、ツリー構造とネイバーリストを形成してから相互作用を計算する。長距離力である自己重力において、ネイバーリストに入っていない粒子は複数の粒子をまとめてその寄与を計算することで、計算コストを抑えることができる。さらに MPI を用いて、高い並列化効率の計算を実現できる。

このコードを用いて 2 つの球体の衝突を十分計算できるかテスト計算を行う。自己重力なしで 100km サイズの球体二つを用意し (図 1)、これらを衝突させる計算をし、バグを取り除いている。

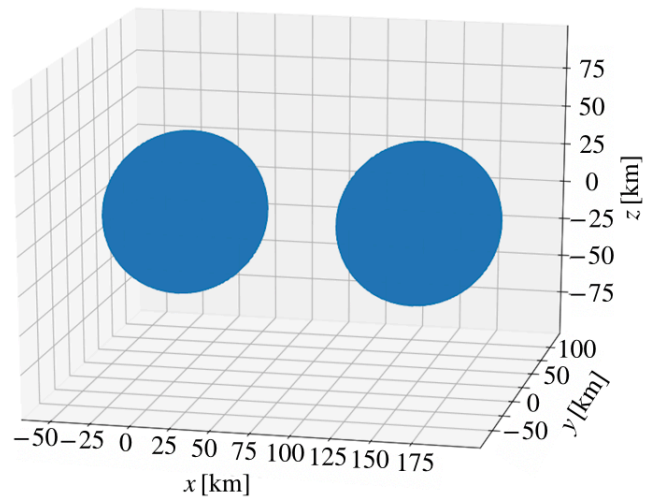


図 1: 直径 100km 同士の球を衝突させる計算での初期位置. 衝突速度は 1.0km/s で球の中心は 150km 離れている. また, この計算では自己重力は入っていない.

参考文献

- [1] Tanaka, H., Inaba, S. & Nakazawa, K., 1996, Icarus 123, 450-455.
- [2] Kobayashi, H. & Tanaka, H., 2010, Icarus 206, 735 - 746.
- [3] Tillotson, J. H., 1962, GA-3216.
- [4] Bentz, W. & Asphaug, E., 1999, Icarus 142, 5-20.