

iSALE を用いた重力支配域での衝突計算

末次竜¹、田中秀和²、小林浩³、玄田英典⁴

1.産業医科大、2.東北大、3.名古屋大、4.東京工業大・ELSI

太陽の周りの公転している惑星や小天体は天体同士の衝突による合体、及び破壊で形成された。そのため衝突現象は太陽系形成において非常に重要な過程といえる。

これまでに衝突現象は、数多くの先行研究で室内実験や数値計算などの手法で調べられてきた。例えば、数値計算では SPH 法、N 体計算、メッシュ法等の衝突シミュレーションを用いて天体の衝突破壊過程について研究されてきた。特に天体がどの程度破壊されるかは初期の衝突エネルギー Q_D (初期のインパクターの運動エネルギーを標的天体の質量で割った単位質量あたりのエネルギー) に依存するため、大規模衝突への境界となる標的天体の質量が元の半分となる時のエネルギー Q_D^* の値は精力的に調べられてきた(e.g., Benz & Asphaug 1999)。しかしながら、近年の高解像度の SPH 法による数値計算結果から Q_D^* の値が計算解像度に依存することが明らかとなった(Genda et al. 2015)。高解像度の SPH 計算の場合、 Q_D^* の値が従来の約 1/10 となり、これは天体が従来よりも破壊されやすいことを示唆しており、天体形成に大きな影響を与える可能性がある。一方でこの結果が SPH 法という計算手法に依存している可能性もあるため、本研究では異なる計算手法(メッシュ法)によって Q_D^* の解像度依存性を調べ、高解像度の SPH 法で求められた Q_D^* の値と比較する。

本研究では、多くの研究者に利用されている iSALE(Amsden et al. 1980, Ivanov et al. 1997, Wunnemann et al. 2006) を使って調べる。標的天体の半径は 30, 100, 300km の三つの場合で、インパクターの衝突速度は 3km/s で固定し、インパクターサイズをパラメータにすることで様々な衝突エネルギーでの天体の破壊の様子を調べる。天体の組成は basalt で状態方程式は Tillotson を使用する。また自己重力は考慮するが、空隙率や破壊などは考慮しない。計算解像度は 1 格子が 1km, 500m, 250m の三つの場合で調べる(標的天体半径が 100km の場合のみ 1 格子が 125m の場合も行った)。

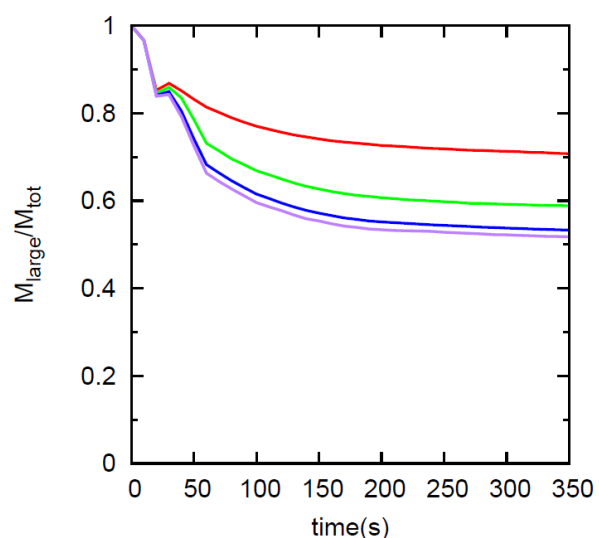


図 1: 衝突後の最大破片の質量変化: 標的天体の半径が 100km、インパクターの半径が 16km の場合。赤、緑、青、紫は解像度の違い。

図 1 は衝突計算の一例で最大破片の質量の時間変化を示している。色の違いは解像度の違い(赤、緑、青、紫の順に解像度が高くなる)であるが、計算条件が同じ場合でも解像度の違いだけで最大破片の質量が異なることが明らかとなった。また、最大破片の質量も解像度が高くなるにつれて収束していくことがわかった。このような計算を数多く行い Q_D^* を見積もった結果、Genda et al.(2015)の結果とほぼ同じような値となり、メッシュ法においても天体は従来よりも壊れやすいという結果となった。今後、物質強度などを考慮して Q_D^* がどのように変化するか調べていく予定である。