

SPH法を用いた氷衛星形成計算

中島美紀（東京工業大学）

利用カテゴリ GRAPE-B

地球の衛星である月は、惑星形成過程の最終段階で頻繁に起こったと考えられる原始惑星同士の衝突(巨大衝突)によって作られたと考えられている。原始惑星が原始地球に斜めに衝突することによって、原始地球周回上に物質がばらまかれ、円盤が形成され(Ids et al. 1997)、円盤物質が再集積することによって月が形成されたと考えられている(Canup and Asphaug 2001)。巨大天体衝突による衛星形成は、地球-月系だけでなく、太陽系ではプルート-カロン系や、太陽系外の惑星形成過程でも普遍的に起こりうるのだと考えられている(e.g. Canup 2001)。

近年、巨大天体衝突による月形成に関する詳細なプロセスが再検討されるようになってきて、形成される円盤の蒸発率が最終的にできる衛星の質量に強く影響を与えることがわかってきた。例えばMachida and Abe(2004)では、部分蒸発した円盤内での月形成プロセスに注目し、円盤の蒸発率が大きい程、形成される衛星の質量が小さくなること、また円盤の蒸発率が60-70%を超えると衛星が形成されなくなることを示した。また、Wada et al.(2006)は、巨大天体衝突の高解像度シミュレーションを行い、円盤形成プロセスと円盤の初期進化を調べ、円盤が気体的に振る舞えば、円盤は数日程度で地球に降着し、大きな衛星が形成出来ないことを明らかにした。

原始惑星を構成する物質の蒸発の潜熱と衝突時のエネルギーの大小関係が形成される円盤の蒸発率を左右すると考えられる為、原始惑星の組成や天体衝突の規模(衝突天体の質量等)が円盤の蒸発率に大きな影響を与えるはずである。しかし、そのような観点で円盤の蒸発率について調べた研究はない。

そこで本研究では、M-ANEOSなどの物質の相変化を扱える状態方程式を用いて、岩石原始惑星(岩石+鉄)同士、氷原始惑星(氷+岩石)同士の巨大衝突を、SPH法を用いて系統的にシミュレーションを行った。図1において、x軸は原始惑星の質量(赤:岩石、青:氷)を地球質量で規格した値、y軸は円盤の質量蒸発率をあらわしている。図1から分かるように、原始惑星の質量が大きい方が、また岩石惑星よりも氷惑星の方がより蒸発しやすい。岩石惑星の場合、その質量が地球質量の5倍程度以上、また氷惑星の場合はその質量が地球質量以上の場合、円盤の蒸発率がMachida and Abe(2004)の閾値(60-70%)を超えることが分かった。この結果は、以下のことを示唆する。プルート-カロン系質量程度では組成(岩石、氷)に依らず蒸発は殆ど起こらないが、地球の5倍以上の質量を持つ太陽系外岩石惑星や、地球質量以上の氷惑星は、巨大衝突によって形成される円盤の大部分が蒸発する。このような系では、地球の月形成と同様のメカニズムによって、巨大衛星が形成出来ないと考えられる。

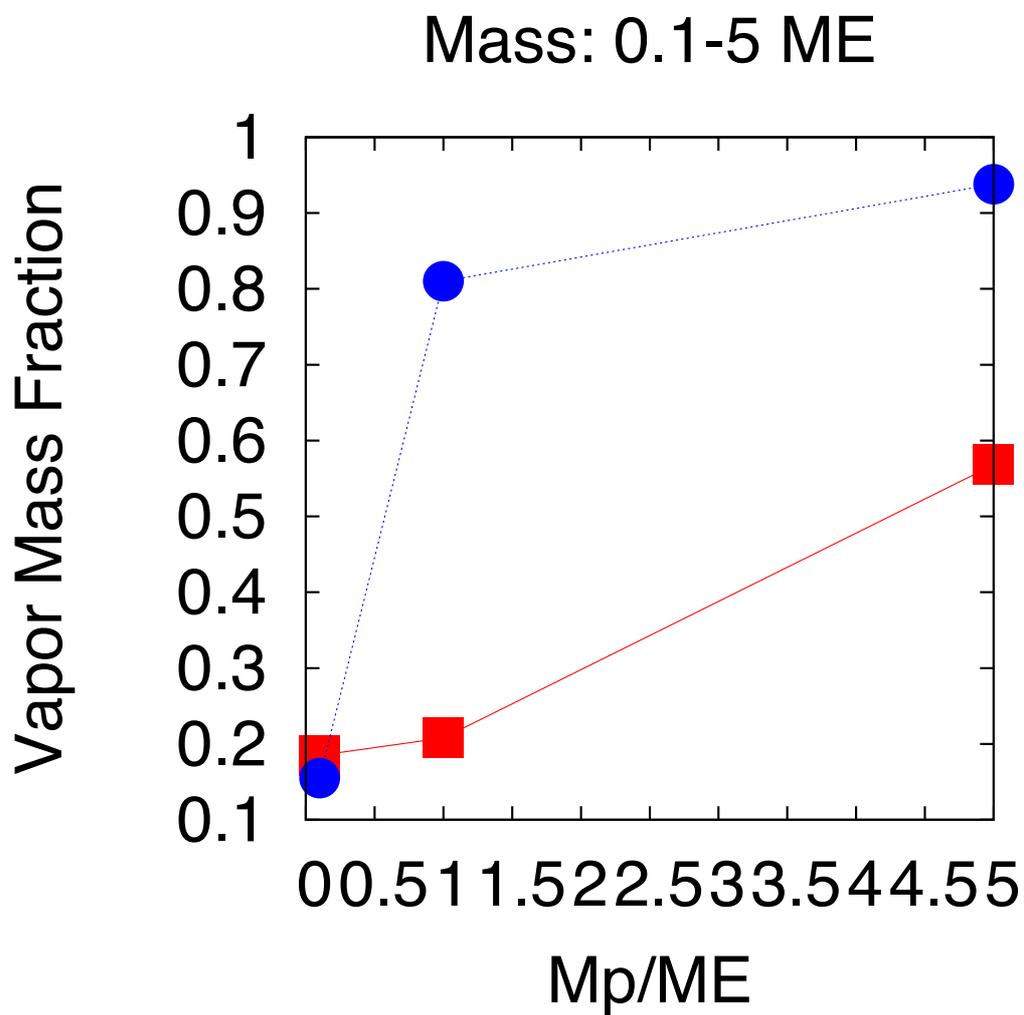


図 1

参考文献

- Ida, S., Canup, R. M., and Stewart, G. R., *Nature*, (1997), 389, 353.
 Canup, R. M. and Asphaug, E., *Nature*, (2001), 412, 708.
 Canup, R. M., *Science*, (2005), 307, 546.
 Machida, R. and Abe, Y., *ApJ*, (2004), 617, 63.
 Wada, K., Kokubo, E., and Makino, J., *ApJ*, (2006), 638, 1180.