FDPSを用いた巨大衝突の高解像度計算

◯細野 七月[1], 岩澤 全規[1], 谷川 衝[1], 似鳥 啓吾[1], 村主 崇行[1], 牧野 淳一郎[2,1,3]
[1]理研 AICS [2]神戸大 地惑 [3]東工大 ELSI

Abstract

巨大衝突とは、2つの原始惑星どうしの衝突の事であり、惑星科学においては月の起源として重要な意味を担っている。そのため、これまで様々な巨大衝突の数値計算がSmoothed Particle Hydrodynamics (SPH)法と呼ばれる流体数値計算手法を用いて、なされてきた。一方近年、このSPH法による計算結果の妥当性を調べるため、巨大衝突の数値計算の解像度収束性が調べられ初めて来たが、最高解像度としては現在の所10^6粒子程度であり、それ以上に関しては今だ詳しく調べられてはいない。SPH法の計算結果の妥当性を調べるためには、更なる高解像度化が必要であるが、そのためには大規模な並列計算が必要である。そのような大規模並列コードは開発に多大な時間と労力が必要であり、簡単では無い。そこで近年、我々はFramework for Developing Particle Simulator (FDPS)と呼ばれる、粒子的数値計算用の大規模並列計算Frameworkを開発した。このFDPSは、ユーザー側に大規模並列計算に特有な複雑な処理などを一切記述させることなく、大規模並列計算コードの開発を可能にさせる。そこで、本研究ではこのFDPSを用いたSPHコードを開発し、先行研究よりもより高解像度な巨大衝突の数値計算を行った。その結果、衝突後に形成されるクランプが中心惑星に落下する時刻などが、解像度に即して変化していくという傾向が見えた。これは、衝突時にやり取りされた角運動量が、未だに収束していない事を示唆している。

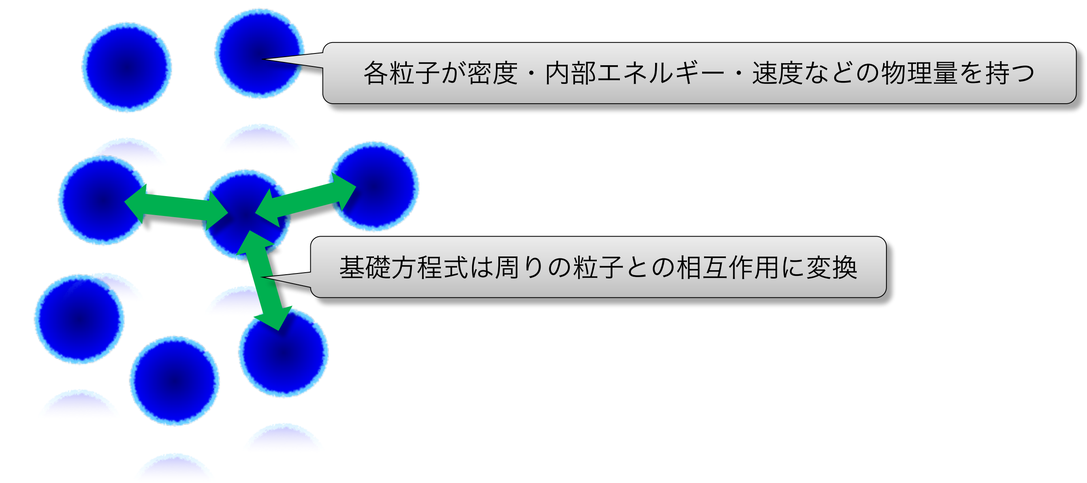
(1)巨大衝突説

巨大衝突説とは、Hartmann & Davis (1975)とCameron & Ward (1976)によって提唱された月の起源の最有力候補であり、
2つの原始惑星同士の衝突の事である。

このシナリオが実際に月を形成可能かを調べるため、
過去に様々な数値計算が主にSmoothed Particle Hydrodynamics (SPH)法と呼ばれる手法を用いて行われてきた。

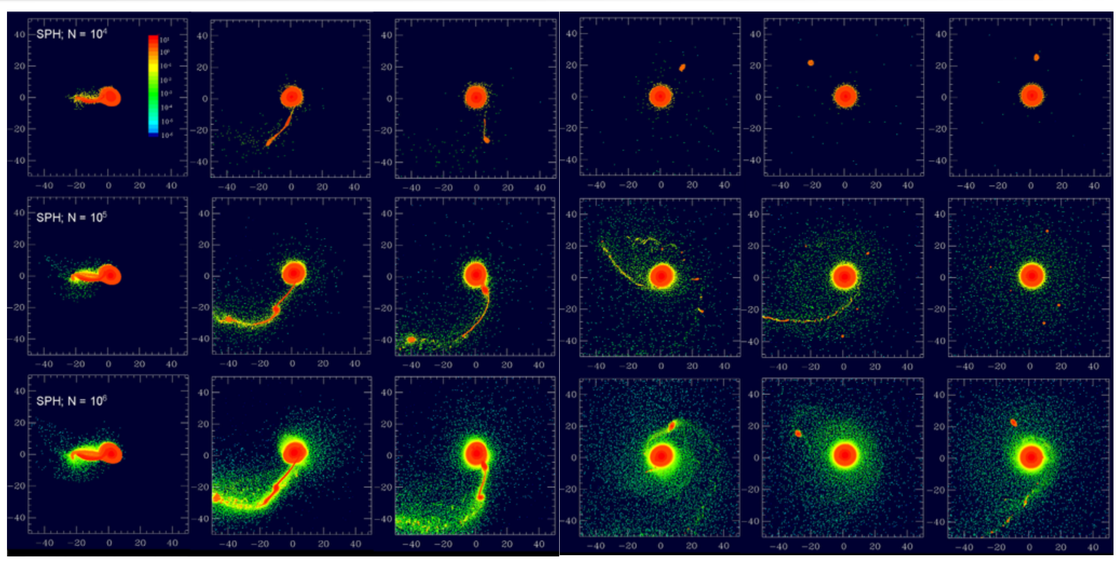
(2)SPH法

Gingold & Monaghan (1977)とLucy (1977)によって開発された、
粒子法流体数値計算手法。



近年、色々な改良版が開発されているが、
本研究ではとりあえず最も広く使われてきた、標準SPH法を用いる。

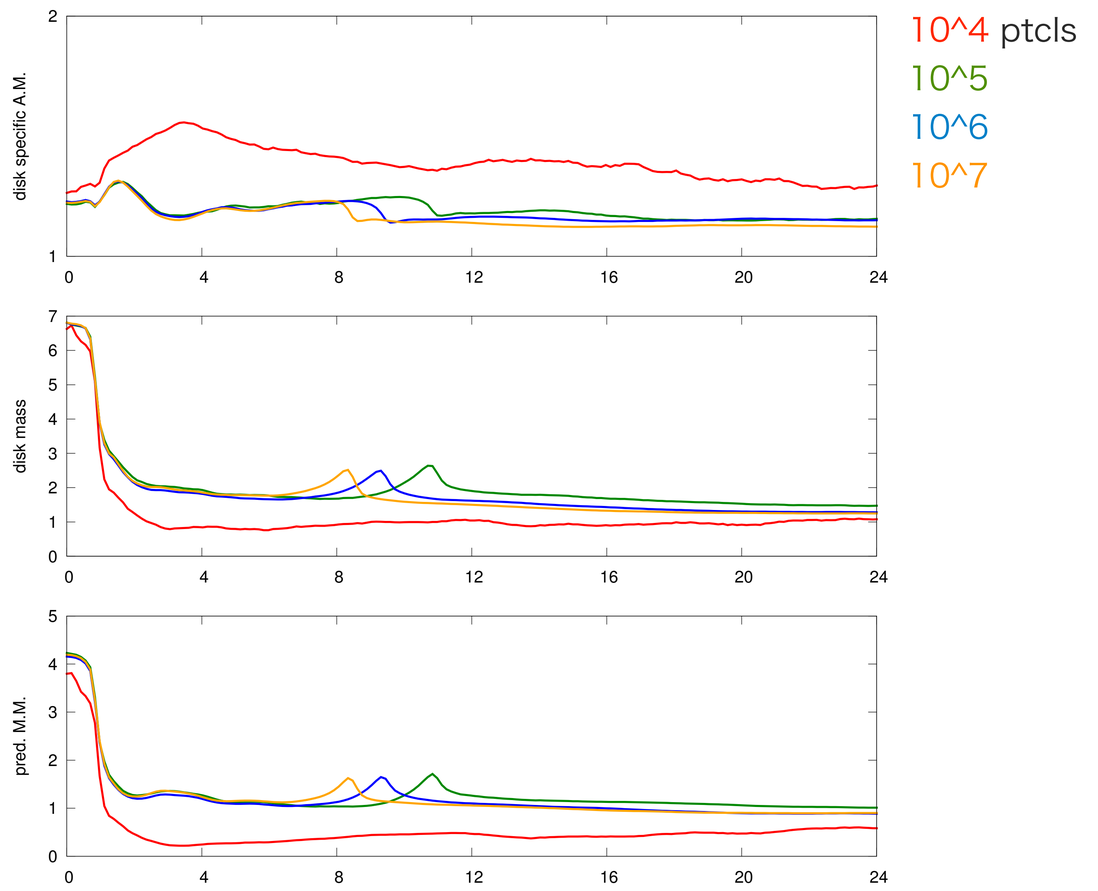
(3)Validation of the results

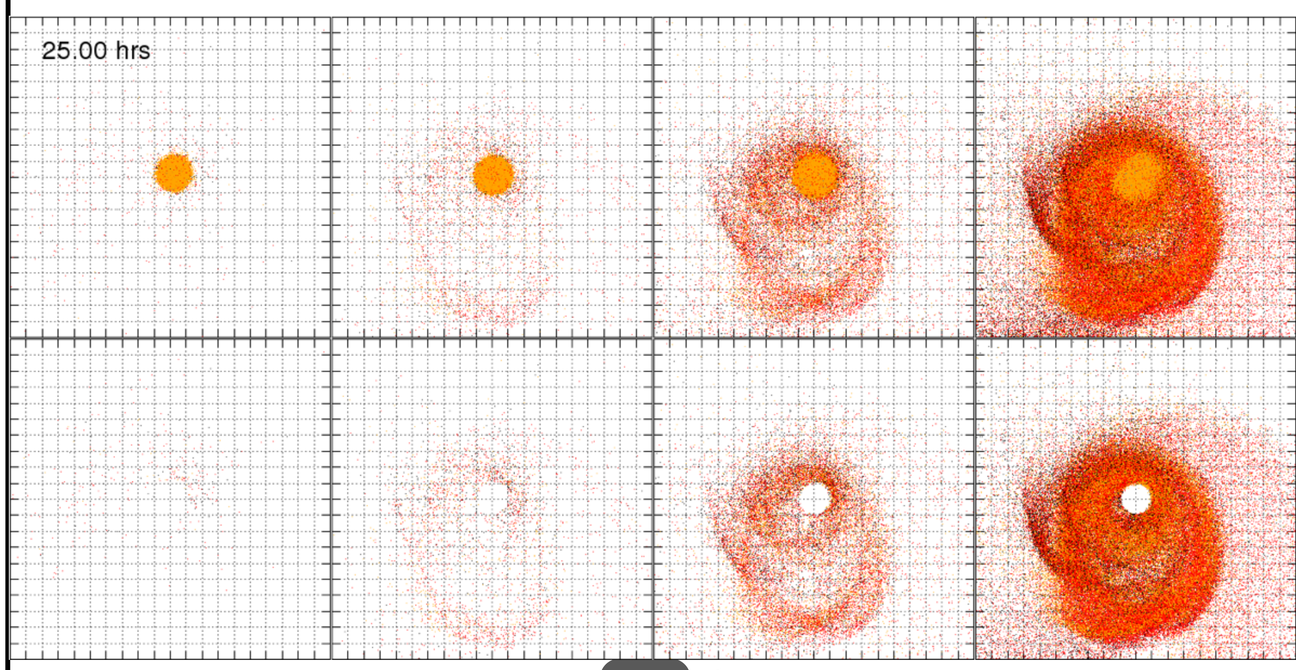


Canup+ (2013)で行われた解像度収束のテスト。
Canup+ (2013)では解像度収束の指標として、
predicted moon mass (Ida+, 1997; Kokubo+, 2000)を用いており、
10^4-10^6の間で収束したと結論付けた。
しかしながら、円盤の細かい構造の収束性に関しては不明であり、
また、調べたパラメーターレンジも限られている…。

(4)High resolution runs of GI

Kコンピューターと FDPS (Iwasawa+, 2015, accepted to WOLFHPC15)を用いて、巨大衝突のSPHによる大規模計算を行う。





こちらのコンテンツには、動画があります。
見たい方は著者までご一報ください。

(5)結論

●10^4以上の解像度のrunsに関しては、predicted moon massは似てる。
しかし、クランプの再衝突時間などが違うなど、
細かいところで違いが見られる…。

●恐らく角運動量のやり取りなどがまだ収束していない。
円盤粒子の熱履歴などを見てみると面白いかも…？

●1億粒子実施中。1億まで行くと粒子サイズが100kmを割るので、
100km程度のスケールの物が解像できるようになってくるはず。
※1億粒子の結果はポスターに載せていないので、
見たい方は著者にお問い合わせください。