

天の川創成プロジェクト Origin of the Milkyway

- 斎藤貴之, 国立天文台, 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1, saitoh.takayuki@nao.ac.jp
 台坂博, 国立天文台, 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1, hiroshi.daisaka@nao.ac.jp
 出田誠, 国立天文台, 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1, makoto.ideta@nao.ac.jp
 岡本崇, 国立天文台, 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1, okamoto@th.nao.ac.jp
 小久保英一郎, 国立天文台, 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1, kokubo@th.nao.ac.jp
 和田桂一, 国立天文台, 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1, wada.keiichi@nao.ac.jp
 富阪幸治, 国立天文台, 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1, tomisaka@th.nao.ac.jp
 牧野淳一郎, 国立天文台, 〒181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1, makino@th.nao.ac.jp
 吉田直紀, 名古屋大学, 〒464-0034 愛知県名古屋市千種区不老町, nyoshida@a.phys.nagoya-u.ac.jp
 Takayuki SAITOH, National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1, Osawa, Mitaka, Tokyo, 181-8588, Japan
 Hiroshi DAISAKA, National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1, Osawa, Mitaka, Tokyo, 181-8588, Japan
 Makoto IDETA, National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1, Osawa, Mitaka, Tokyo, 181-8588, Japan
 Takashi OKAMOTO, National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1, Osawa, Mitaka, Tokyo, 181-8588, Japan
 Eiichiro KOKUBO, National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1, Osawa, Mitaka, Tokyo, 181-8588, Japan
 Keiichi WADA, National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1, Osawa, Mitaka, Tokyo, 181-8588, Japan
 Kohji TOMISAKA, National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1, Osawa, Mitaka, Tokyo, 181-8588, Japan
 Junichiro MAKINO, National Astronomical Observatory of Japan, 2-21-1, Osawa, Mitaka, Tokyo, 181-8588, Japan
 Naoki YOSHIDA, Dept. of Phys., Nagoya Univ., Furo-cho, Chigusa-ku, Nagoya, Aichi, 464-0034, Japan

In this paper, we introduce Project "Origin of the Milkyway". This project aims at reliable modeling of the formation history of our Galaxy (i.e., the Milkyway), as a typical spiral galaxy, with the mass resolution 2-3 orders of magnitude higher than what has been achieved so far. In order to achieve such state-of-the-art simulations, we construct two beowulf type PC-clusters with GRAPE-6A/7, and we develop a new N -body/SPH code for parallel computing.

1. 天の川創成プロジェクト概要

銀河は宇宙の最も基本的な構成要素であり、その形成・進化を明らかにすることは現代天文学の課題のひとつである。銀河形成では、ガス・星(バリオン)とCDMが複雑に絡み合い進化する。ここでは、重力相互作用・流体力学的相互作用ばかりでなく、ガスの放射冷却や星形成、様々なガスの加熱過程等の熱的相互作用、さらにバリオンの化学進化等が互いに密接に関連し重要な役割を果たす。これらは非線形現象であり、数値的な取り扱いが必須であるが、宇宙論的(数百Mpc)から星間物質(数pc)までを含むため、包括的な扱いには多くの困難を伴う。

本プロジェクトの目標は、超大規模高分解能銀河形成シミュレーションを手法として、これまでの研究では明らかにされていない銀河形態の多様性の起源、つまりハッブルタイプの起源を明らかにすることである。我々は、これを重力多体問題専用計算機(GRAPE)と高速のPCクラスタを結合したシステムで世界最高分解能銀河形成シミュレーションを実現することをめざしている。このような専用計算機による重力多体問題シミュレーションは、わが国の得意とするものであって他の追随を許さない。

2. GRAPE クラスタ構築 シミュレーションコード作成

我々は2004年度よりGRAPEを搭載したPCクラスタの構築(現在までのところ4ノード、4GRAPE-6Aからなる番号機、8ノード、8GRAPE-7からなる番号機の二つのクラスタが存在する)、分散並列クラスタ上で動く大規模銀河形成シミュレーションのためのコードを開発している。シミュレーション法として、銀河形成シミュレーションで広く用いられている N S-body/SPH法を採用した。これはSPH法が流体粒子法の一つであり、大きなダイナミックレンジを伴う天体形成過程の表現に適していること、また

GRAPEとの親和性に優れているからである。計算空間はORBを用いて分割し、それぞれの分割された空間に対応する粒子情報は異なる計算機上に分散させる。重力計算では、他の計算ノードに含まれる粒子からの寄与を計算するために、ツリーを用いて遠方の粒子の集まりを一つの粒子に置き換えてから転送することで通信負荷を減らす。SPHの計算では境界粒子だけ物理量の通信を行う。一般に重力計算がもっとも計算負荷の高い部分であるが、ここではツリー法とGRAPEを組み合わせることで高速な重力計算を実現する。

国立天文台に存在する16台のGRAPEをもちいて行った100万粒子からなる系における重力計算で並列加速率約14倍(Fig. 1)、流体計算で並列加速率約12倍と、高い並列性能を発揮することを確認した。このほか、いくつかの標準的なテスト問題に対して良好な結果を出しており、それらについても報告する。また、今年度の目標としている1000万粒子規模の銀河形成シミュレーションについて、進行状況を報告する。

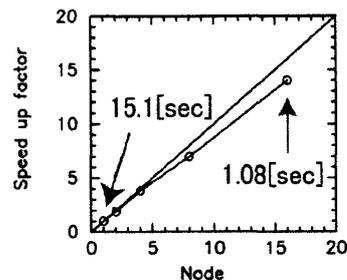


Fig. 1 Speedup factor of gravitational calculation as function of the node number. The number of particle is 1M with a uniform distribution.