

並列Tree+GRAPE SPHコードの開発

斎藤貴之(国立天文台)+天の川創成プロジェクトメンバー

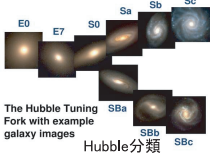
概要

天の川創成プロジェクトではPCクラスター+GRAPEで大規模銀河形成シミュレーションを行うことを想定し、現在分散メモリ並列コードの開発を行っている。銀河形成シミュレーションで一般にもっとも計算負荷が高いのは重力計算である。並列実行では力の計算にはすべての粒子情報が必要になるため通信量が多い。そこで、Makino2004で提案された並列Tree+GRAPEを実装した。その性能を報告する。

参考文献: Makino, J. 2005 PASJ 56 521-531

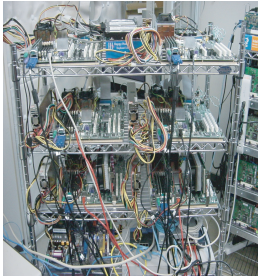
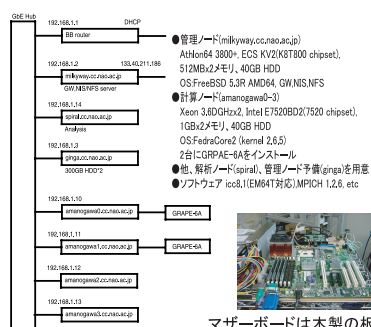
1. 天の川創成プロジェクト

- 世界最高精度の理論シミュレーションにより、
- 1) 天の川銀河の**現在・過去・未来**の姿を示す天の川銀河の形成進化のプロセスを世界で初めて示す
 - 2) 銀河形態の**起源**を探る
 - 3) 巨大ブラックホール等、**銀河と共進化する構造の形成過程**の解明



天の川実験装置

天の川零子機構成

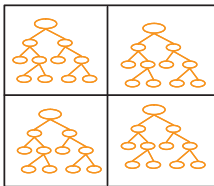


零子機

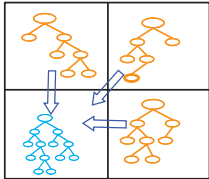
マザーボードは木製の板にねじ止めしてある

3. 重力計算

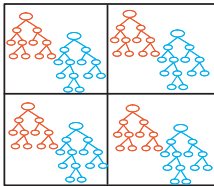
- 重力計算には、全粒子の空間分布が必要になる。通信を軽減するため、事前にツリーを用いて十分遠方にある粒子の集合を一つの粒子にまとめてから通信する。これにより通信量が軽減する。
詳細はMakino 2004。



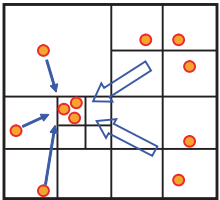
1. ローカルにツリーを構築する



2. 通信相手の計算ノードに対して、ツリー法を用いて遠方の粒子をまとめた一つの粒子に置き換えてから通信。



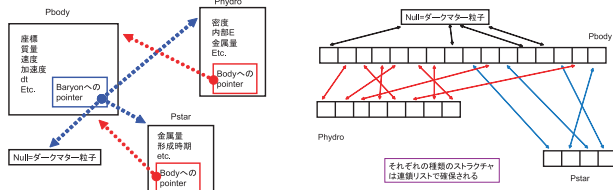
3. 他の計算ノードからもらってきた粒子情報を元にツリーを構築。各計算ノードは二つのツリーをもつ。



4. ローカルツリー+他のノードの粒子からなるツリーを用いて重力計算をおこなう。一旦ツリーを用いて相互作用リストをつくりGRAPEで計算する。

2. データ形式、領域分割

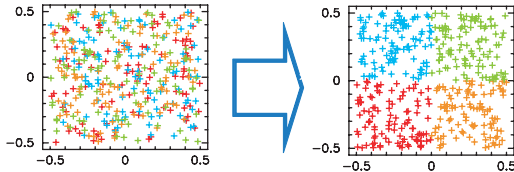
データ形式



- ・データは各粒子ごとに構造体の形で確保される。
- ・領域分割で他の計算ノードにデータを通信するときは構造体ごと送る。

領域分割

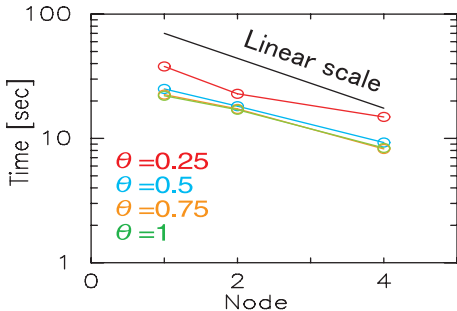
- 領域分割方法として実装が非常に簡単なBisection法を用いる。
- ・Sampling method: Blackston and Soul (1997)、Makino (2004)→Pre-samplingで境界を決定。
 - ・ここでは粒子数が等しくなるように再帰的に空間を分割。



- 一辺1の立方体にランダムに粒子を分布させたのち、Bisection法による領域分割をおこなった。色がそれぞれのPEが持つ粒子情報を表す。

4. TestRun

- 200万粒子からなる一様球での重力計算にかかる時間を計測する。
- ・計算ノードはamanogawa[0-4]
 - ・相互作用リストを共有する粒子の最大数は5000
 - ・重力ソフトニング/球の直径 ~ 0.0009



	ツリー作成	ローカル生成	通信用リスト生成	通信	他ノードからのツリー作成	重力計算	合計	加速率
1node	4.0	0	0	0	17.6	21.6	—	—
2node	2.0	0.04	0.16	0.05	15.2	17.5	1.2	—
4node	1.0	0.08	0.40	0.18	6.3	8.0	2.7	—

$\theta = 0.75$ の時の、各処理にかかる時間(単位はsec)

まとめ

- Makino 2004 で提案された並列Tree+GRAPE を実装した。
- 通信を軽減するため、事前にツリーを用いて十分遠方にある粒子の集合を一つの粒子にまとめてから通信する。これにより通信量が軽減する。
- 2M粒子の重力計算にかかる時間は、 $\theta = 0.75$ のとき、21.6秒/17.5秒/8.0秒(1,2,4ノード)。