

X01a MDGRAPE-2 クラスタ上の並列ツリーコード

川井 敦、戎崎 俊一 (理化学研究所)

我々は多体シミュレーション専用計算機 MDGRAPE-2 を接続したワークステーションクラスタ上に並列ツリーコードを実装した。本発表ではハードウェアの構成とコードの実装法、実行性能について報告する。

ツリーコードは粒子間重力を計算するアルゴリズムの一つであり、遠方の粒子からの重力をまとめて扱うことで、粒子数 N の場合の計算量を $O(N^2)$ から $O(N \log N)$ に減らす。GRAPE を使うとツリーコードを 10 ~ 50 倍程度高速化できる (Makino 1991, 1999 年秋季年会 X02a 川井ら)。

GRAPE を典型的な PC やワークステーションに接続して使用する場合、GRAPE を 1 ~ 2 枚使用するだけで、粒子間重力の計算時間がそれ以外にかかる時間と同程度以下になる。このため、それ以上使用枚数を増やしても大幅な速度向上は得られない。計算速度を増すためには、ホスト計算機や、ホスト計算機と GRAPE 間の通信速度を高速化する必要がある。

我々はワークステーションクラスタを用いてホスト計算機および通信を高速化した。ホスト計算機として COMPAQ 社 DS20E (Alpha 21264/667MHz \times 2, メモリ 1 GB) 16 ノードを用い、これに MDGRAPE-2 を 16 ボード接続した。接続には Myricom 社の Myrinet ネットワークを用いた。MDGRAPE-2 は理化学研究所が開発した専用計算機であり、ボード当り毎秒 6.4×10^9 ペアの粒子間相互作用を計算できる (192 Gflops 相当)。

このシステム上で並列動作するツリーコードを開発した。並列化の手法は基本的には Warren & Salmon (1993) によった。テスト計算を行い、粒子数 8×10^6 以上で 16 ノードまでノード数にほぼ比例した計算速度が得られることを確認した。例えば 2.4×10^7 体 1 ステップの計算時間は 22 秒であり (見込み角 $\theta = 0.75$)、 10^3 ステップの宇宙論的シミュレーションを 6 時間で終わらせる。現状ではメモリ使用量がネックとなっており 4×10^7 粒子を超える計算は難しいが、この問題を解決すれば 10^8 粒子以上での計算を現実的な時間で行えるようになる。