

R12a GRAPE-DR 制御プロセッサの開発

藤野 健(東京大学)、福重 俊幸(K & F Computing Research)、牧野 淳一郎(国立天文台)

我々は 2004 年度から 5 年計画で GRAPE-DR システムの開発を進めている。GRAPE-DR は重力多体問題専用計算機 GRAPE シリーズの後継にあたるが、汎用計算機である点が従来と比べて大きく異なる。これは、512 個のプロセッサエレメントを並べた SIMD 型のチップ、制御プロセッサおよび外部メモリからなるボードを装備した x86 アーキテクチャコンピュータのクラスタによって構成される。最終的なボードの構成では、1 ボードあたり 4 プロセッサチップを搭載し、ホストとの通信を PCI-Express で行う予定である。

制御プロセッサはホストコンピュータとプロセッサチップの間に立って命令およびデータの送受信をスケジューリングし、かつバスコントローラとして機能する。スケジューリングの効率は演算性能に直接影響を与えるため、精密な設計を必要とする。制御プロセッサは書き換え可能な LSI である FPGA (Field Programmable Gate Array) で実装した。このため開発費を抑え、しかも回路変更を短期間で容易に行うことが可能となっている。

今回、制御プロセッサの開発および試作版ボードでの数種類のアプリケーション動作に成功した。試作版ボードは最終版ボードと比べボードあたりのプロセッサチップ数が 1 個である点、ホストとの通信に PCI-X を採用している点および外部メモリを FPGA 内メモリで代用している点が異なる。アプリケーションに関しては、1024 体の低精度重力計算で約 50 Gflops の性能を達成し、また Hermite 法を利用した高精度重力計算にも成功した。加えて、分子動力学シミュレーションで使われる Lennard-Jones 型の粒子間相互作用計算にも成功し、GRAPE-DR の汎用性を実証した。粒子間相互作用で記述できる SPH (Smoothed Particle Hydrodynamics) のような流体計算手法も実装する予定であり、銀河形成など広範囲の理論研究へ寄与できると期待している。