

X04b 多体シミュレーション専用計算機 PROGRAPE-2 での SPH 法の実行

福重 俊幸、濱田 剛(東大総合文化)、牧野 淳一郎、中里 直人(東大理)

SPH 法 (Smoothed Particle Hydrodynamics) は広がりを持った粒子の重ね合わせで流体を表現する方法で、宇宙流体シミュレーションでは非常によく用いられる。本来、流体相互作用は近距離力であるが、相互作用する粒子が少なくはないので比較的計算量が多くなる傾向にある。

この SPH 法の計算を重力多体シミュレーション専用計算機 GRAPE を用いて加速しようという試みは以前からあり、ある程度の加速は実現された (Umemura et al. 1991, Steinmetz 1996 など)。しかしながら、これまでに加速できているのは自己重力計算と近接粒子探索の部分で、流体計算部分が加速できておらず、現在の GRAPE を用いた SPH 法の計算では全体としての加速率はあまり大きくない。

今回、我々は再構成可能多体シミュレーション専用計算機 PROGRAPE-2 上に SPH 法でのすべての粒子間相互作用計算のためのパイプラインを実装した。PROGRAPE-2 は重力専用 LSI のかわりに再構成可能な LSI である FPGA(Field Programmable Gate Array) を用いた GRAPE である。FPGA 1 個 (アルテラ社 EP20K400) と SRAM からなるモジュールを PCI カードに 1 個 載せたものが最小構成になる。また、GRAPE-6 用のプロセッサボードを転用することで並列にモジュールを動作させることもできる。

実装したパイプラインでは、密度、圧力・人工粘性、エネルギーの変化率を求めるための粒子間相互作用を計算する。人工粘性には、比較的簡単である Hernquist, Katz(1989) のものを用いたが、より標準的に使われている形のもの (具体的には Nakasato (2000) のもの) も現在設計中である。これらすべてのパイプラインを 1 個の FPGA の中に納めることができた。講演・ポスターでは実際の SPH シミュレーションでの性能を議論する。