

X61a 四重極項計算のSIMD化によるツリー法の高速化

児玉哲史 (千葉大学), 石山智明 (千葉大学)

重力多体系とは、粒子同士が相互にニュートンの万有引力を及ぼしあう系である。重力多体系の N 体シミュレーションでは、各粒子の運動方程式を数値的に解くことで、その時間発展を追う。 N 体シミュレーションは、球状星団や銀河、銀河団などの天体や、宇宙の大規模構造を理解するのに有用な手段である。

ツリー法は、計算量が $O(N^2)$ の直接計算法よりも劇的に少ない計算量、 $O(N \log N)$ で重力を近似的に計算するアルゴリズムであり、広く用いられている。ツリー法では、近傍の粒子からの重力は直接計算して、遠方の粒子群からの重力は多重極展開による近似計算で求める。重力計算はCPUの各コアに備わっているSIMD演算器 (Single Instruction Multiple Data: 1命令で複数データの演算を並列に行う) を利用することで高速化される。これまで報告されている高性能なツリー法のコードでは、CPUのSIMD命令を最大限利用し、単極子項の重力計算を大幅に高速化する Phantom-GRAPE (Tanikawa et al. 2012, 2013, <http://code.google.com/p/phantom-grape/>) という高度にチューニングされたライブラリが用いられることが多かった。

我々のコードでは Phantom-GRAPE を拡張し、四重極項を含めた重力相互作用の計算をSIMD並列化した。単極子項のみを用いる場合に比べ、より近くの粒子群からの重力も高速に近似計算できるようになり、粒子が一樣に分布している条件では、単極子項のみを用いた場合に比べて重力計算が約10%高速化された。本講演では、我々のコードの詳細について報告すると共に、擬似粒子法や他のコードとの比較を行う。