

R01a ペタ・フロップス専用計算機による天文学

杉本大一郎、牧野淳一郎、泰地真弘人、福重俊幸 (東大教養・広域システム科学系)

特別推進研究「超高速多体問題専用計算機による星団・銀河・銀河系の進化の研究」で、テラ・フロップス計算機 GRAPE-4 を製作し、シミュレーションを進めている。一例をあげると、球状星団の重力熱力学的崩壊後に重力熱力学的振動が起こることを解明した。この過程が離散的な粒子系でも起こるかどうかは、ここ 10 年来の疑問であったが、それまでの N 体計算ではとり扱える粒子数が少なく、統計的ゆらぎのためにはっきりした結論が出せなかったものである。GRAPE-4 を使って 32,000 体を扱ったが、500 Gflops・month の計算量を要した。

一方、恒星系の観測は、HST や CCD と画像処理のおかげで急速に進歩し、星の種類まで判別して観測されるようになった。シミュレーションがそれに対応するためには、系を構成する星の進化や質量分布まで考慮する必要がある。そこでは、それぞれの質量範囲を代表する星がある程度の数ずつ必要になり、全体として 300,000 体問題程度の計算になる。衝突系では計算時間は粒子数の 3 乗に比例するから、1,000 倍速い計算機が必要となる。

こうした事情に鑑み、GRAPE-4 をさらに 1,000 倍速くして、Peta-flops (10^{15} flops) の計算速度にする可能性を検討した。その結果、新しい技術を使うと、今世紀中に到達可能であることが分かった。まず LSI の集積度を上げ、GRAPE 方式で力を計算するパイプラインを 1 個の LSI あたり 20 倍にする。クロック周波数を 5 倍にする。そして 10 倍の個数の LSI を並列接続する。こうして速度は GRAPE-4 の 1,000 倍になる。消費電力については、ルールの細かい LSI を採用することと、低い電圧で駆動することで 100 倍低減する。その結果、GRAPE-4 の 10 倍程度、すなわち 100 kW でおさまる。ちなみに、企業が汎用計算機によって Peta-flops に到達するのは 2010-2015 年頃と考えられている。

この案についてはアメリカ、イギリスの研究者とも討論し、しかるべき機関から共同研究をしたいという考えが示されている。