

課題名 (タイトル) :

スケーラブルな粒子法コードによる天体物理シミュレーション

利用者氏名 : ○中里 直人, 松本 和也, 酒井 智哉

所属 : 和光研究所 基幹研究所 戒崎計算宇宙物理研究室

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

粒子法は、有限要素法や有限体積法等と並んで、幅広い分野のシミュレーションで利用されており、計算科学における最も重要な手法の一つである。特に宇宙のシミュレーションにおいては、自己重力のために密度分布が非一様に進化するため、粒子法は幅広く利用されてきた。一方で、大規模な並列計算機上で、効率がよくスケーラブルな並列粒子法コードを実現することは容易ではない。本研究では、大規模並列計算機でも効率が良くスケーラブルな並列シミュレーションコードを新規に開発し、それにより天体物理シミュレーションをおこなう。

2. 具体的な利用内容、計算方法

本研究では、粒子法の中でも特に天体物理シミュレーションで重要な、粒子間の自己重力相互作用計算及び Smoothed Particle Hydrodynamics (SPH)法による流体シミュレーション計算をターゲットとし、ノードが CPU と GPU の組み合わせからなる並列クラスターのための最適化をおこなう。今年度の簡易利用では、RICC 計算機における最適な実装を調査するため、演算に必要なコアルーチンの最適化と並列化をおこなった。

3. 結果

天体物理シミュレーションでの自己重力相互作用を効率よく計算する手法として、離散フーリエ変換(DFT)を応用して Poisson 方程式を解く方法がある。我々は、演算の並列性を最大限活かすための新たな DFT アルゴリズムについて研究してきた。通常の 3 次元 DFT アルゴリズムでは、並列化のためのデータ分割は 1 次元(スラブ)または 2 次元(ペンシル)であるが、我々のアルゴリズムは、データ分割を 3 次元(キューブ)でおこなうことが特徴で

ある。これにより、ノード数をできるだけ大きく取ることが可能となる。RICC では最大 64 並列までの DFT を実装と最適化その性能評価をおこなった。8 並列の場合の演算効率率は 50 - 65%、64 並列の場合には 35 - 43%となった。我々のアルゴリズムは行列乗算(GEMM)を利用するものであり、より効率のよい GEMM ルーチンの適用が今後の課題である。

4. まとめ

本年度はスケーラブルな粒子法シミュレーションを実現するために、重力相互作用の計算に必要なコアルーチンの実装と最適化をおこなった。これにより、我々の提案している新規 DFT アルゴリズムの有効性を確認した。

5. 今後の計画・展望

今後、RICC または別の大規模並列計算機において、より高並列での演算性能の評価をおこなう予定である。

平成 24 年度 RICC 利用研究成果リスト

【国際会議などの予稿集、proceeding】

T.Sakai, N.Nakasato, S.Sedukhin, “3-Dimensional Linear Transforms with Cubical Data Decomposition in Torus Network”, 28th International Conference on Computers and their Applications, March 4-6, 2013, Honolulu, Hawaii.