

課題名 (タイトル) :

## 高並列アプリケーションプログラムの研究開発

利用者氏名 : 井上 俊介

所属 : 本所 次世代スーパーコンピュータ開発実施本部  
開発グループ アプリケーション開発チーム

## 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

現在開発中の次世代スーパーコンピュータに向けて、様々な重要アプリケーションの開発を行っている。次世代スーパーコンピュータ向けのアプリケーション開発においては、数万のオーダーの並列数でのスケラビリティの確保と高性能 CPU の持つ性能を極限まで引き出すチューニングが必須となる。数千並列で実行可能な RICC をテスト環境として利用し、各種チューニングを試行・検証する。

## 2. 具体的な利用内容、計算方法

次世代スーパーコンピュータにおける重要アプリケーションである Seism3D を用いて、演算コスト、通信コスト。多並列時のスケラビリティの検証を実施した。本アプリケーションは不均質な地下構造における地震波動の伝播を、運動方程式(応力の釣り合いの式)と応力-歪みの構成方程式の2つの方程式から差分法計算(時間2次、空間4次精度)により陽的に求めるものであり、コードにおいては以下の特徴がある。

- ・演算部はストリーム変数が多く存在し、比較的高いB/F値を要求する。

- ・通信部は1タイムステップあたり2回、各プロセスが隣接6プロセスに通信を実施し、数タイムステップに1回、全体通信(mpi\_reduce)が実施される。

本利用期間では、他のアーキテクチャを用いてチューニングされたコードが、RICC 上ではどういった振る舞いをするかの評価を中心に検証した。なお、計算モデルは、並列数が上がっても各プロセスの演算コストは変化しないウィークスケリングにて評価を行った。

## 3. 結果

- ・演算部に関しては、他のアーキテクチャ上にて、

主に局所性を高めるキャッシュチューニングを施しており、キャッシュサイズやレイテンシの異なる RICC では、逆に性能が悪化する傾向が見られた。

- ・隣接通信部に関しては、派生型による非同期通信が行われており、送信時にデータがパックされるタイミングにて不連続なメモリアクセスが発生する面があり、この箇所が通信のボトルネックになっていた。本問題への対処として、自前でバッファリングをする、不連続なメモリアクセスが発生する面の面積を他の面に比べて小さくする、等を試行し、コストを減らすことに成功した。

- ・全体通信に関しては、当初は全プロセスにて実施していたが、自由表面を担当するランクのみが実施するように変更することにより、最適化を実施した。

## 4. まとめ

通信部に関しては、上述したチューニングにより8000 並列までは想定内のコストに納めることができ、どのアーキテクチャにおいても有効な手法であることが確認された。演算部に関しては、逆にアーキテクチャに合わせたチューニングを施す必要がある。

## 5. 今後の計画・展望

引き続き、次世代機向けのコード開発を実施中であり、アルゴリズムの見直し等も行っている。

## 6. RICC の継続利用を希望の場合は、これまで利用した状況(どの程度研究が進んだか、研究においてどこまで計算出来て、何が出来ていないか)や、継続して利用する際に行う具体的な内容

次世代機向けのコードにて、多並列時のスケラビリティの確認や通信部のチューニングなどを実施予定である。