

これで我々のアプリケーションプログラムは速くなるか？

- マルチコアクラスタ性能 WG 成果報告 -

高木 亮治

宇宙航空研究開発機 宇宙科学研究所

[アブストラクト]

マルチコアクラスタ性能 WG では、会員が開発した各分野のアプリケーションプログラムを対象に、FX1、次世代スーパーコンピュータ「京」、PRIMEHPC FX10 上での性能分析・評価およびチューニングを実施することで、マルチコアクラスタマシンに向けた並列プログラミングモデルや高速化手法の検討およびノウハウの共有を行った。ここでは本 WG 活動を通じて得られた実践的な成果について報告する。はたして我々のアプリケーションプログラムを速くすることができただろうか？

[キーワード]

マルチコアクラスタ、アプリケーション、性能評価、高速化

1. はじめに

次世代スーパーコンピュータ「京」(以下、単に「京」)は、ノード内マルチコアおよび大規模ノード数を特徴とした並列計算機であり 2012 年に本格稼働を開始した。このようなマルチコアかつ大規模ノード数といった特徴を有する並列計算機を有効活用するためのノウハウは「京」開発当時は十分ではなく、そのため既存のスーパーコンピュータユーザがすみやかに「京」に移行し、「京」の潜在能力を有効活用するためのノウハウを蓄積することを目的に、2010 年 12 月にマルチコアクラスタ性能 WG が設立された。ここでは本 WG の活動概要とその成果について紹介する。

2. WG の活動概要

WG は 2010 年 12 月から 2013 年 5 月までの 2.5 年間に全 10 回の会合を持った。WG では会員が開発/保有する各分野のアプリケーションプログラム(流体解析が多く、他に構造解析、プラズマ解析など)を対象に、まずはノードアーキテクチャが「京」に似た FX1 での性能分析や評価を行った。その後稼働した「京」、更に WG 活動の後半で利用可能となった PRIMEHPC FX10(以下、単に FX10)を用いて性能分析・評価およびチューニングを実践することで、マルチコアクラスタマシンに向けた並列プログラミングスタイルや高速化手法の検討およびノウハウの共有を行った。また、PA ツールや会員から提供されたツールなど性能分析ツールの紹介や利用方法、ノウハウの共有も実施した。WG の活動を通じて得られた成果である各アプリケーションプログラムの性能測定結果及びその評価、高速化チューニングの各種ノウハウなどを実践的事例として成果報告書「実践、アプリ高速化に向けて」(約 180 ページ)にまとめた。また「PRIMEHPC FX10 チューニングチュートリアル」(約 300 ページ)にも反映された。

3. 活動の総括

WG で扱った会員のアプリケーションプログラムとしては流体、構造など連続体系のものが多く、そ

のためメモリアクセス性能を向上させるチューニングが主となった。その中で特にプリフェッチの有効利用に関する議論を行った。プリフェッチの有効活用ではハードウェアプリフェッチ (HWPF) とソフトウェアプリフェッチ (SWPF) の使い分けがポイントとなるが、その判断や効果が結局のところ試行錯誤である場合が多く、一般的なユーザーが取り組む手法としてはハードルが高いものと感じられた。この様に性能評価および高速化チューニングにおいて、性能評価や分析のためのデータを取得するツールが色々と整備されてきており、以前に比べて性能評価や分析が効率よくできる様になった。しかしながら、ユーザーの何故こうなるのか？ どうすれば良いのか？ の質問に的確に答えられないのが現状である。これはユーザーだけではなく専門家？ でさえ試行錯誤を行っているためであり、このような現状は、はなはだ憂慮すべきことであると感じた。同じ実装でもデータサイズが異なただけで正反対のチューニングを実施するような状況では、WG の求める汎用化、共有化は非常に困難となり、ややもすると個別ケースに関する各論になりがちであった。もっとメタな議論が必要とされるが、そのためには、ハードウェア開発者、コンパイラ開発者、ユーザーの三者間での密接な議論が必要 (所謂 Co-design) と痛感した。不十分であったかもしれないがそういった場を提供できた本 WG の活動は有意義であり今後も継続していくことが望まれる。特に、今後想定されるより高いハードル (さらに使いにくいマシンへの対応) に向けては Co-design と呼ばれるより密な議論が必要と思われ、そういった活動をどう実現していくかが喫緊の課題である。

4. おわりに

マルチコアクラスタ性能 WG では FX1 や「京」、FX10 などマルチコアクラスタを対象として会員のアプリケーションプログラムの評価および高速化チューニングを実施し、その成果やノウハウの共有を試みた。しかしながらアプリケーションプログラムの開発者にとって自分のプログラムの高速化チューニングはますます困難な状況になっていることを痛感したのではないかと思われる。今後のエクサスケール計算機では、更に危機的状況になると予想されており、ハードウェアおよびシステム、コンパイラなどの開発者の支援の下、ユーザーが主体的に性能評価・高速化チューニングを実施する本 WG の様な活動は貴重であり、今後も継続されることが期待される。

本講演のタイトルである「これで我々のアプリケーションプログラムは速くなる (なった) か？」であるが、(少なくとも WG に参加すれば) 速くなったと回答したい。WG に参加することで、計算機の専門家、先達ユーザーから貴重なアドバイスをもらえ、それらが高速化の役に立ったと思う。皆さん是非 WG に参加しよう！！

最後になるが、貴重な時間を割いて 2.5 年間の WG 活動に参加していただいた会員の皆さま、富士通の担当者、至らないまとめ役を全面的にバックアップして WG の円滑な運営に尽力していただいた SS 研事務局のみなさまに感謝する。また、WG では以下の環境を利用した。改めてここに感謝の意を表す。

スーパーコンピュータ「京」試験利用枠、一般公募枠
宇宙航空研究開発機構 JSS
日本原子力研究開発機構 BX900, FX1
国際核融合エネルギー研究センター Helios
名古屋大学 FX1
東京大学 FX10
九州大学 CX400, FX10
理化学研究所 RICC
富士通社内機