

ポストペタスケールシステム向けの並列計算モデルの開発と評価

上原 均 (海洋研究開発機構 地球情報基盤センター)

1. はじめに

近年、計算機ユーザからの計算性能向上に対する強い要望に応じて高性能計算機の性能は著しく向上しており、総 Core 数で示される計算機システムの並列度は数万から数十万に達している。さらに 3~5 年後に登場すると予測されるポストペタスケール級計算機の並列度は 100 万に達する事が見込まれる。

一方で、そのような高並列計算機を活用するために不可欠な高並列プログラムの開発は、開発に要する人的コストの高騰や技術的難易度の上昇、開発期間の長期化などから、現在の並列プログラム開発よりも遥かに難しくなる事が専門家らによって予測されている。

そこでポストペタスケール時代を見据えて、高並列プログラム開発に資する次世代並列モデルの研究が世界的に進められている。なかでも区分化大域アドレス空間 (Partitioned Global Address Space、以下 PGAS と略記) モデルは普及が見込まれており、Fortran2008 の言語規格にも導入され、ECMWF などの地球科学の研究機関でも検討が進められている。

そういった背景をふまえて本研究では、ポストペタスケール級計算機における高並列プログラム開発に資するための並列計算モデル (並列プログラミング言語) として、理化学研究所が開発している PGAS 言語 XcalableMP に注目し、地球シミュレータへの移植および性能評価・分析などを通じて、その利用可能性を検討する。XcalableMP 言語は既存のソフトウェア資産からの移行容易性などで国際的にも評価されており、QCD シミュレーションなどでの評価も進められているが、一方で地球シミュレータのようなベクトル型計算機での実績は乏しく、地球科学分野での評価事例もないと思われる。

なお本研究は海洋研究開発機構と神戸大学、理化学研究所による共同研究「ポストペタスケールシステム向けの並列計算モデルの開発と評価」の一環として実施した。

2. 研究計画

本研究は以下の二つの段階に大別される。

1. XcalableMP 言語処理系 (コンパイラ) の地球シミュレータへの移植
2. 1. で移植したコンパイラで得られる実行ファイルの性能測定・分析
 - A) 姫野ベンチマークでの基本的性能評価 (Fortran+MPI 版と XcalableMP 版の比較)
 - B) 実アプリケーションへの適用を見据えた、実用的性能評価としての NICAM-DC カーネルでの性能評価

なお XcalableMP 言語の言語仕様は策定済みであるが、コンパイラの実装には日々改良が加えられているため、1. の移植では安定版より改良が進められている開発版を用いる。

3. 今年度の研究成果

3.1. XcalableMP コンパイラの移植

地球シミュレータへの移植には開発版 (Nightly build 2014 年 10 月 16 日版、2015 年 11 月 4 日版) を用いた。当初は前者の 2014 年版を用いて進めていたが、研究実施中にコンパイラの内部処理へ大幅な改良が加えられたため、後者の 2015 年版に切り替えた。後述の性能計測では 2015 年版を用いた。

XcalableMP コンパイラの移植では、その内部で用いられる各種フリーソフトウェア群をインストールする手間のほか、若干の問題点も散見されたが、最終的には問題を解決でき、移植は完了した。

3.2. 性能評価

基本的性能評価として、地球シミュレータに移植した XcalableMP コンパイラでコンパイルした姫野ベンチマーク XcalableMP 版と、地球シミュレータの Fortran90 コンパイラ (sxmpif90) でコンパイルしたオリジナルの姫野ベンチマーク (Fortran+MPI 版) の実効性能を比較した。問題サイズは XL (1024×512×512) とし、繰り返し回数を 2000 回に固定した。また XcalableMP 版と Fortran+MPI 版のメ

モリレイアウトを共通にするために袖領域の調整を行った。この条件下での Fortran+MPI 版と XcalableMP 版による性能評価結果を図 1 に示す。縦軸が実効性能 (GFLOPS)、横軸がノード数である。

32 ノードまでの性能面での差は大きくないが、64 ノードでは XcalableMP 版の性能と Fortran+MPI 版の性能は明らかに乖離しており、後者が優位である。64 ノード時のピーク性能比は Fortran+MPI 版が約 22.5%、XcalableMP 版が約 17.4%であった。

XcalableMP コンパイラで処理されたコードとその性能を精査したところ、XcalableMP コンパイラでは、姫野ベンチマークの実行上で最も高コストな計算部分を内部副プログラムとしており、それ以外の点では殆ど Fortran+MPI 版と差異がなかった。よって内部サブルーチン化が性能低下の原因といえる。

そこで内部副プログラム化を改良した場合の性能も計測し、図 1 に修正版として示す。修正版のピーク性能比は 64 ノード時で約 21.5%であった。これにより XcalableMP 版でも内部副プログラム化方法を改善する事で Fortran+MPI 版とほぼ同等の性能が出せる事が確認できた。

なお、当初懸念していたベクトル処理と XcalableMP コンパイラ内部処理の齟齬による実効性能低下は、この評価では確認されなかった。

次に実用的性能評価の事前調査として、オリジナルの NICAM-DC を幾つかのケースで性能評価したところ、全ケースで特定のサブルーチンがコスト上位に来た。そこで実用的性

能評価では、このサブルーチンをカーネル化して性能評価する事とした。現在、カーネル化および XcalableMP 言語への書き換えを進めている。

4. おわりに

本研究ではポストペタスケール級計算機に向けた高並列プログラム開発に資する並列計算モデルとして XcalableMP 言語に着目し、地球シミュレータでの検討を行った。Nightly build 2015 年 11 月 4 日版のコンパイラを移植することができ、それを用いた姫野ベンチマークでの基本的性能評価で XcalableMP 版はオリジナルの Fortran+MPI 版の約 8 割の性能を出せることが確認できた。また内部副プログラム化方法の改良により Fortran+MPI 版とほぼ同じ性能を出せる事も確認できた。この改良案については XcalableMP コンパイラの開発にフィードバックする予定である。これらの詳細は NICAM-DC カーネルでの評価結果と併せての論文投稿を予定している。

今後は、本研究で判明した問題点が改善された XcalableMP コンパイラを再評価しつつ、さらに実用的な性能評価、ひいては実アプリケーションそのものの実装・評価を行いたい。

