

課題名 (タイトル) :

## Coarray Fortran プログラムの開発および評価

利用者氏名 :

○岩下 英俊\*  
 中尾 昌広\*\*  
 村井 均\*\*

所属 :

\*計算科学研究機構 フラッグシップ 2020 プロジェクト アーキテクチャ開発チーム  
 \*\*計算科学研究機構 研究部門 プログラミング環境研究チーム

## 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

Coarray Fortran (CAF)は並列プログラミング言語であり、標準の Fortran2008 仕様の一部となっているが、まだ多くのベンダではサポートされてなく、公開されているアプリケーションプログラムもほとんどない。近年、高並列計算には Message Passing Interface (MPI) ライブラリを使うことが一般的となっているが、CAF は MPI に匹敵する性能が出せる可能性があるプログラミング言語として期待されている。我々のプロジェクトでは、CAF の実用性と性能について検証している。

我々が開発中の XcalableMP コンパイラ (Omni XMP) は、Coarray 機能を含んでいる。これを新しいプラットフォームである FX100 (HOKUSAI) 上に実装し、動作と性能を確認していきたい。また、富士通の Fortran コンパイラは基本的には Fortran2003 仕様までのサポートだが、FX100 から Fortran2008 仕様である Coarray 機能について先行してサポートしている。その有効性も確認したい。

本課題研究では、CAF プログラムの作成と性能評価を行う。コンパイラとして富士通 Fortran と XMP を用いる。これらの作業を通して、CAF 言語について記述力・生産性を評価し、コンパイラについて動作を検証し性能を評価する。

## 2. 具体的な利用内容、計算方法

CAF プログラムは公開されているものがほとんどなく、本課題に適切なものがないので、MPI プログラムからの移植によって独自に作成した。ASIS の MPI ベンチマークプログラムと、それを忠実に移植した CAF

プログラムを比較することで、MPI と比べた CAF プログラムの書きやすさと性能を評価することができる。対象として、MODYLAS-MINI、NASParallel などの CAF プログラム化を試してきたが、FX100 上では Himeno ベンチマークについて評価した。

## 3. 結果

## (1) CAF 言語の生産性

MPI 版プログラム himenoBMTxpr.f90 を元として MPI の通信・同期を等価な Coarray 記述に置き換えて CAF 版プログラムを作成し、実行結果を確認しつつ性能チューニングを施した。コメント行を除くソース行数は MPI 版 610 行に対し CAF 版 457 行である。MPI 版では実行文中の改行が多いなどスタイルが違うので単純には比較できないが、MPI では再帰的な派生型によって表現されている通信パターンが CAF 版では triplet 添字に対応するなど、簡潔な表現に代わることで行数が減る傾向は見られた。

サポート範囲には Omni と富士通で若干の違いがある。Omni 向けに作成した CAF プログラムは、富士通版では co\_sum, co\_max など組込みサブルーチンの制限を回避するための修正 (#ifdef 切り分け) が必要だった。しかしエラーメッセージの適切さなどの点では、製品版の方が信頼できる。

## (2) FX100 における実行結果

図 1 に、Himeno の L サイズと XL サイズについて、MPI 版、Omni XMP 版、富士通版の 3 者の性能を比較する。縦軸は逐次実行に対する加速率を示し、逐次版 Himeno を FX100 の 1 スレッドで最も高速になるように翻訳し実行した結果を 1 としている。スレッド並列は使っていない (Flat-MPI)。32 プロセスまでの Omni

と Fujitsu の性能は殆ど変わらず、MPI とほぼ同等と言える(32 プロセスでそれぞれ MPI の 96%と 95%)。ノードを跨ぐ 64 プロセス以上になると三者で少し差が開く傾向がある(256 プロセスでそれぞれ MPI の 83%と 68%)。問題サイズが小さくなると 3 者の差が開く傾向がある。

ノードに 2 プロセスずつを割り当て、各プロセスを 16 スレッドの自動並列とした場合(階層並列)も、ほぼ同じ傾向が見られた。Flat-MPI よりも階層並列の方が、Omni と Fujitsu の CAF の性能差は縮まる傾向があり、図 2 に見られるようにサイズ XL ではわずかに逆転している(256 スレッドでそれぞれ MPI の 94%と 97%)。

4. まとめ

Omni XMP について、これまで京コンピュータや Linux クラスタ型の計算機上で動作と性能を確認してきたが、今回新しいプラットフォームである FX100 上での動作と性能を確認することができた。

FX100 上の富士通 Fortran について、Coarray 機能が正常に動作し、プログラムによっては MPI と同等な性能を出すことが確認できた。

5. 今後の計画・展望

実行結果から得られた様々な傾向をさらに調査し、Omni XMP と Fujitsu コンパイラ双方の Coarray 機能の課題抽出と改善に結びつける。

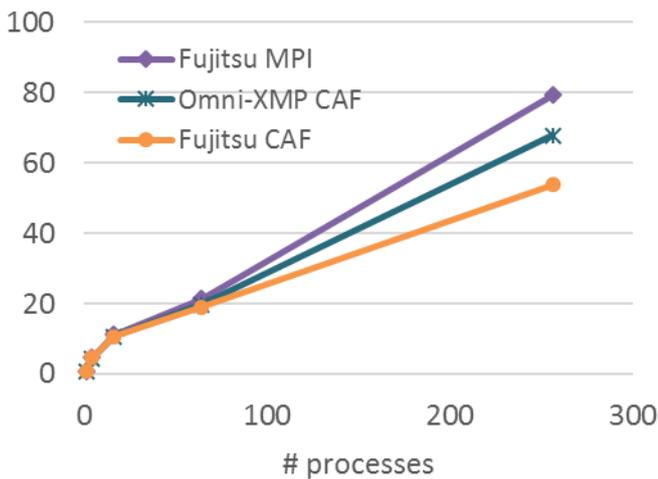


図 1 Himeno-L Flat-MPI/CAF

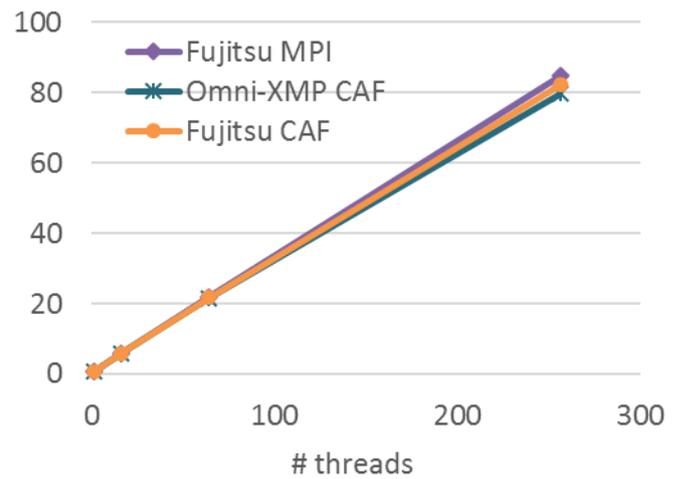


図 2 Himeno-XL Hybrid (16threads/process)