

## 高い性能可搬性を持つ並列言語 XcalableMP 2.0 の開発 (2)

### Development of parallel language XcalableMP 2.0 with high performance portability (2)

中尾昌広

理化学研究所 計算科学研究センター

#### 1. 研究背景と目的

Oakforest-PACS (OFP) や Cygnus のようなメニーコアやアクセラレータを搭載した HPC クラスタが広く用いられている。HPC クラスタにおけるアプリケーション開発では、その HPC システムの構成によって、異なるプログラミング言語が用いられる。例えば、OFP では OpenMP と MPI の組合せが、Cygnus では CUDA と MPI の組合せが用いられることが多い。このため、HPC クラスタ間におけるコードの移植性が問題となっている。さらに、同じ製造会社のプロセッサを用いた HPC クラスタであっても、その世代によってアーキテクチャは大きく変わる場合があるため、ポーティングの際の性能チューニングは必須である。

これらのコードの移植と性能チューニングに要するプログラミングコストを小さくするため、本研究では 1 種類のコードから作成されたバイナリを様々な HPC クラスタにおいて高い性能で実行可能にする並列言語 XcalableMP 2.0 (XMP) およびそのコンパイラを開発を行う。

#### 2. 研究成果の内容

##### 2.1. 多重複合型計算機のための統合プログラミング環境 MHOAT

CPU・GPU・FPGAから構成される多重複合型計算機のための、OpenACCに基づく統合プログラミング環境MHOAT (Multi-Hybrid OpenACC Translator)を開発した。MHOATにより、単一のアプリケーションプログラミングインターフェイス (API) で書かれた一つのプログラムから、CPU, GPU, FPGA で連携して演算を行う単一の実行ファイルを生成することができる。

##### 2.2. メタプログラミング機能

メタプログラミング機能を既存言語 (Fortran と C) に組み込むことにより、通常のコンパイラでは不可能なアルゴリズムの変更を伴うような性能チューニングを可能にした。具体的には、ループ・アンローリングおよび構造型のデータレイアウト最適化を簡易に行える機能を開発した。この機能により、コンパイル時評価による性能向上および定形コード抽象化による生産性向上を達成できた。

#### 3. 学際共同利用が果たした役割と意義

本研究は CPU・GPU・FPGA から構成される多重複合型計算機のための高性能並列プログラミング環境をターゲットとする。したがって、そのような多重複合型計算機である OFP および Cygnus を用いることは、研究を進める上で不可欠であった。

#### 4. 今後の展望

XMP のさらなる高性能化を達成するため、オートチューニング機能を追加する予定である。メニーコアやアクセラレータにおけるスレッド数などを、アーキテクチャに応じて最適な数値を自動選択することを考えている。また、メタプログラミング機能の拡張により、多重複合型計算機における生産性および性能の強化を目指すとともに、オートチューニング機能との連携を進める。

#### 5. 成果発表

- (1) 学術論文：0 件（国外・査読あり）
- (2) 学会発表：0 件（国外・査読あり）、3 件（国内・査読なし）
- (3) その他：なし

使用計算機	使用計算機 に○	配分リソース※	
		当初配分	追加配分
Cygnus	○	1,000	
Oakforest-PACS			
※配分リソースについてはノード時間積をご記入ください。			