

# Approximate Computing による HPC アプリケーション間のデータ共有軽量化

## Lightweight Data Sharing among HPC Applications with Approximate Computing

和田康孝  
明星大学情報学部

### 1. 研究目的

ハードウェア資源や消費電力などの制約がある中、従来の限界を超えてシステムの性能を引き出す方法として、近年、演算結果にある程度の誤りが含まれることを許容し、その誤差と引き換えに実行性能や電力効率を向上させる Approximate Computing (AC) 技術が活用されるようになった。これまで、Approximate Computing の手法は、単一のアプリケーションを対象に検討されており、複数のアプリケーションを連携させる状況においては効果を得ることが未だ難しい。

このような状況を鑑み、本研究課題においては、HPC アプリケーション間でデータを共有・授受する際のオーバーヘッドを削減し、使いやすさと性能の間でトレードオフを最適化するために Approximate Computing の手法を活用することを目的として研究開発を実施した。アプリケーションの実行結果として必要十分な精度を保ちつつ、共有するデータの精度をコントロールしてデータ授受およびそのためのメモリ領域に対するオーバーヘッドを削減することを目指す。

### 2. 研究成果の内容

上記で示した目的に向けた研究開発を実施するにあたり、本研究課題では、特にノード間の通信において、データ型変更を伴う際のオーバーヘッド削減に関する検討を実施した。MPI を用いた HPC アプリケーションに対して Approximate Computing を適用することを想定した場合、まず、データ精度の変更 (Cast) に要するオーバーヘッドと、データ精度の低減による通信量削減効果のトレードオフを考慮する必要がある。このことから、データ精度変更のオーバーヘッドを削減し、通信量削減による高速化効果を最大化するために、データ精度変更処理と通信のオーバーラップによるオーバーヘッド隠蔽について検討を実施した。

その結果、多くの MPI 実装において、通信データ量に応じて通信プロトコルが動的に選択・変更されることから、その影響を受けないように通信タイミングを調整する必要があることがわかった。通信を請け負うヘルパースレッドを用いた送信先ノードの状況確認によりこれを実現し、通信とデータ精度変更処理あるいは演算処理のオー

バラップの効果を向上させることができる。

また、アプリケーション実行時に動的に演算精度を変更するためには、データ精度の変更前後のデータをそれぞれ保持できるだけのメモリ領域を用意した上で変更処理を行う必要がある。NPB-CPP CG 等のベンチマークを対象に実施した評価では、このデータ精度変更の処理がアプリケーション全体に対して与える影響は、比較的少ないことがわかった。ただし、実際には、精度変更の頻度やデータサイズ、キャッシュメモリの構成、SIMD 幅等の影響を複雑に受ける要素であることから、今後、さらに詳細な評価と解析を要する。

Pegasus に搭載された不揮発性メモリの特性を活用した取り組み、複数アプリケーションを対象とした取り組みには至らなかったものの、通信やメモリの利用状況によるオーバーヘッド等について知見を得ることができた。

### 3. 学際共同利用プログラムが果たした役割と意義

本学際共同利用プログラムにおける取り組みを通じ、Cygnus, Pegasus および Wisteria という異なる特性・構成を持った複数のシステム上で研究開発、評価・解析等の作業を行うことができた。また、本課題に参加した研究者間で議論を継続して実施しており、より高度な研究開発・共同研究へと発展させたいと考えている。計算機環境の利活用のみならず、研究者間の連携、およびより発展的な研究課題への基盤形成、等の面で本学際共同利用プログラムの果たした役割は大きい。

### 4. 今後の展望

HPC システムに求められる演算性能とそれを制約する消費電力その他の物理的制約はトレードオフの関係にある。将来にわたり引き続き HPC システムの性能・効率を向上させるためには、このトレードオフを最適化する AC は有効な手法の一つと考えられる。本プログラムでの取り組みから、特に通信や演算精度変更のオーバーヘッドの影響とその削減について基礎的知見が得られたが、今後はこの成果を活用し、適用範囲の拡大やそのためのライブラリ実装、AC 適用のサポートを行うフレームワークの実現など、より有用性・有効性を向上させられるように研究開発を継続したい。

### 5. 成果発表

#### (1) 学術論文

該当なし

#### (2) 学会発表

- [1] 森江 義之, 和田 康孝, 小林 諒平, 坂本 龍一, "Cast と通信の並列実行のための予備実験", 情報処理学会研究報告 ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC) , Vol. 2023-HPC-191, No. 14, pp.1-6, Sept., 2023.

- [2] 和田 康孝, 森江 義之, 小林 諒平, 坂本 龍一, “細粒度な Approximate Computing 適用に向けた演算精度変更による影響の評価”, 情報処理学会研究報告 ハイパフォーマンスコンピューティング (HPC) , Vol. 2023-HPC-191, No. 13, pp.1-7, Sept., 2023.

(3) その他

- [3] Yasutaka Wada, Yoshiyuki Morie, Ryohei Kobayashi, Ryuichi Sakamoto, “Preliminary Performance Evaluations toward Dynamic Approximate Computing for HPC Applications”, The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage, and Analysis (SC23), Exhibition, Nov., 2023.
- [4] Yasutaka Wada, “Toward Rank-level Approximate Computing for HPC Applications”, The launch of the Association for Computing Machinery’ s (ACM), Cairo professional Chapter, Oct., 2023.

使用計算機	使用計算機に ○	配分リソース※		
		当初配分	移行*	追加配分
Cygnus	○	10,000	0	0
Pegasus	○	10,000	0	0
Wisteria/BDEC-01	○	50,000		0
※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。 *バジェット移行を行った場合、「+2000」「-1000」のように記入				