

FPGA-GPU 混載プラットフォームにおける HPC アプリケーションと システム・ソフトウェアの開発

HPC application and system software development on FPGA-GPU combined platform

朴 泰祐
筑波大学

1. 研究目的

本研究提案では、FPGA の持つ潜在能力を HPC システムに最大限適用するため、これを GPU 等の演算加速装置と連携させ双方を相補的に利用し、さらに最新 FPGA の持つ高性能通信機能も含めた統合的な複合演算加速システムを実現する。ここでは、GPU や CPU では性能不足となる処理の FPGA オフローディングと、高速並列通信を組み合わせた新しい FPGA の利用方法を提案し、具体的な実アプリケーションを適用することにより、次世代の統合的演算加速並列システムの枠組みを構築しその有効性を実証する。

2. 研究成果の内容

2019 年度研究では以下の研究を行った。

- 1) Cygnus 上の並列 FPGA 間高速リンクをユーザレベルの OpenCL カーネルから直接利用し、並列 FPGA アプリケーションを容易に記述可能とするシステム CIRCUS の基本部分の実装を行い評価した。
- 2) FPGA と GPU を連携させる多重複合演算加速アプリケーションとして、宇宙物理学アプリケーションである ARGOT を実装し、GPU コードを CUDA、FPGA コードを OpenCL で記述した単一ノード用プログラムを実装、小規模問題では GPU だけの実装に比べ最大 10 倍の性能が達成できることを示した。
- 3) FPGA と GPU の連携プログラミングを OpenACC のみで実現可能とするフレームワークである MHOAT のプロトタイプを実装し、既存の GPU 向け及び FPGA 向け OpenACC コンパイラ（後者は米国 ORNL で開発中のものを本共同研究で利用）を用いて評価した。
- 4) 演算加速装置未対応のアプリケーションである地域気象シミュレーションコード City-LES（筑波大学 CCS で開発）を GPU 化し、従来の CPU による OpenMP+MPI 実行に比べ最大で 10 倍の性能を実現した。

3. 学際共同利用が果たした役割と意義

先進的多重複合演算加速クラスタである Cygnus を用いることで、多重複合演算加速プラットフォーム向けのシステム・ソフトウェア及びアプリケーション開発を推進す

ることができ、次世代の演算加速システム開発を大きく推進することができた。

4. 今後の展望

今年度研究では FPGA 間並列通信機構 CIRCUS と、GPU・FPGA 連携アプリケーションは独立に開発され、後者については並列 FPGA 化ができていない。2020 年度はこれらを融合し、さらにアプリケーションを増やして評価を行いたい。

5. 成果発表

(1) 学術論文

・藤田 典久, 小林 諒平, 山口 佳樹, 朴 泰祐, 吉川 耕司, 安部 牧人, 梅村 雅之, "宇宙輻射輸送コードにおける OpenCL による FPGA 演算加速最適化", 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム (ACS), Vol. 12, No.3, pp. 64-75, 2019.

(2) 学会発表

・Norihisa Fujita, Ryohei Kobayashi, Yoshiki Yamaguchi and Taisuke Boku, "Parallel Processing on FPGA Combining Computation and Communication in OpenCL Programming", Proc. of AsHES2019 (Int. Workshop on Accelerators and Hybrid Exascale Systems) in IPDPS 2019, Rio de Janeiro, May 2019.

・Ryohei Kobayashi, Norihisa Fujita, Yoshiki Yamaguchi, Ayumi Nakamichi and Taisuke Boku, "GPU-FPGA Heterogeneous Computing with OpenCL-enabled Direct Memory Access", Proc. of AsHES2019 (Int. Workshop on Accelerators and Hybrid Exascale Systems) in IPDPS 2019, Rio de Janeiro, May 2019.

・Ryohei Kobayashi, Norihisa Fujita, Yoshiki Yamaguchi, Ayumi Nakamichi, Taisuke Boku, "OpenCL-Enabled GPU-FPGA Accelerated Computing with Inter-FPGA Communication", Proc. of IXPUG Workshop HPC Asia 2020, Fukuoka, Jan. 2020.

(3) その他

情報処理学会 HPC 研究会研究報告 6 件。

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	○	1000	0
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。			