（博甲）

氏　　名	池井　満
学 位 の 種 類	博　士（工学）
学 位 記 番 号	博　甲　第　7697　号
学位授与年月日	平成　28 年　3 月　25 日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科
学位論文題目	PGAS 言語によるデータ並列計算のメニーコアプロセッサ向け最適化の研究
主　　査	筑波大学　教授（連携大学院）（理化学研究所）　理学博士　佐藤　三久
副　　査	筑波大学　教授　工学博士　朴　泰祐
副　　査	筑波大学　教授　博士（工学）　櫻井　鉄也
副　　査	筑波大学　准教授　博士（工学）　前田　敦司
副　　査	東京大学　特任准教授（東京大学情報基盤センター）　博士（工学）　塙　敏博

論　文　の　要　旨

近年、高性能計算を行うためのプロセッサとして、多数のコアをチップ上に搭載したメニーコアプロセッサが注目されている。本研究ではプログラミングの対象をデータ並列計算として、メニーコアプロセッサ単体上と、これをノードとして用いたクラスタシステム上で、この計算プログラムを効率よく実行するためのPGAS言語の実行時システムの検討を行った。PGAS言語は、グローバルなアドレス空間を持ち局所性を意識して最適化できる並列プログラミングモデルである。データ並列計算としてステンシル計算を対象とし、メニーコアプロセッサとしてはインテルのXeon Phiを取り上げる。クラスタシステム全体にわたる高い並列性を記述するPGAS言語として、XcalableMP(XMP)を用いる。このXMPは、グローバルビューを用いてコア間だけでなく計算ノード間にまたがるグローバルな配列を記述することができる。XMP のプログラム並列実行単位のプロセスをコアに割り当て、ステンシル計算の袖領域を交換するreflect 処理を同じノード内においては共有メモリを用いて行うこととした。コアごとにプロセスを割り当てるようにすることにより、配列データへのアクセスの局所性が向上する。また、共有メモリを用いることにより、従来の実装のMPIを用いる実装よりも、効率的にデータ交換ができる。この結果、これまでのMPIを用いた実装と比較して、1 ノードの性能ではLaplace の1 次元分割で4.9%、姫野ベンチマークで62.9%の性能向上が得られ、また16ノードの実行では、Laplace方程式解法プログラム の2 次元分割で18%、姫野ベンチマークでは2.46 倍の性能向上が得られた。XMPを用いることにより、ノードの内外を同じグローバルビューで記述することができ、かつ本研究の実行時ルーチンによりコアでのデータアクセスでの局所性と効率的な通信により、メニーコアプロセッサのクラスタシステム上で、データ並列計算を効率的に実行できるPGAS言語の実行時システムを実現できた。

審　査　の　要　旨

【批評】

本研究はメニーコアを用いた並列システムのためのプログラミングモデルとして PGAS 言語である XcalableMP を用いて、その実行時システムをメニーコア向けに設計することによりテータ並列プログラムの実行を最適化するものである。XMP の実行単位であるノードを各コアに割り当て、プロセッサ内のコア間の通信を共有メモリを用いることにより、局所性の向上と通信の効率化を行ったことは評価できる。メニーコアプロセッサでは OpenMP と MPI のハイブリッドでプログラミングされることが多いが、PGAS 言語を用いて統一的に記述でき、効率的な実行ができることは利点が多い。また、メニーコアプロセッサでは通常用いられる OpenMP よりも MPI のほうが性能が良い場合があり、局所性の高いプログラミングが必要なことを指摘しているのは興味深い。本論文はデータ並列プログラムに限定されていることや、結論に指摘されているようにコアに MPI プロセスを割り当てることについては問題もあるが、これからの HPC システムの主流となると思われるメニーコアの並列システムのための一つのプログラミングモデルとして、貢献できるものと期待できる。

【最終試験の結果】

平成 28 年 2 月 5 日、システム情報工学研究科において、学位論文審査委員の全員出席のもと、著者に論文について説明を求め、関連事項につき質疑応答を行った。その結果、学位論文審査委員全員によって、合格と判定された。

【結論】

上記の学位論文審査ならびに最終試験の結果に基づき、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。