

氏名	津金 佳祐		
学位の種類	博士（工学）		
学位記番号	博甲第8518号		
学位授与年月日	平成30年3月23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モデルに基づく大規模並列クラスタ向け 高生産並列プログラミングモデルに関する研究		
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)	亀山 幸義
副査	東北大学 教授	博士(情報科学)	滝沢 寛之
副査	筑波大学 准教授	博士(工学)	前田 敦司

論文の要旨

高性能計算の分野では、エクサスケールに向けて並列システムの大規模化や、使用可能な消費電力量の制限から消費電力性能比の良いメニーコアプロセッサが使われるようになってきた。本論文では、このような動向に対して2つの研究について述べている。一つは大規模化する並列システムを利用する場合のプログラミングの生産性を向上させるプログラミングモデルの研究である。従来のMPIによるプログラミングに対して、見通しのよい記述が可能なPartitioned Global Address Space (PGAS) モデルを持つ言語 XcalableMP (XMP) を用いて、データ並列によるグローバルビューと Coarray 記述によるローカルビューを組み合わせたプログラミングモデルを提案し、それを融合シミュレーションコード GTC-P に適用し、その有効性を検証した。連続体の場の計算にはグローバルビューを用いて、粒子の移動の計算にはローカルビューを用いることにより、MPI と同等な性能をより簡便でわかりやすい記述で可能であることを示している。次に、メニーコアプロセッサの大規模システムの性能を引き出すためのプログラミングモデルとして、PGAS モデルによるタスク並列プログラミングモデルの提案を提案した。XMP をベース言語として、タスクの記述とノード内/間を含むタスク依存に基づく並列実行を可能とする指示文を提案し、提案指示文によるベンチマークプログラムを用いてメニーコアプロセッサ Intel Xeon Phi によるメニーコアシステム上で性能と生産性を評価した。従来のループレベルの並列記述よりも、タスク並列により性能が向上することを示し、同時に PGAS を取り入れることによりわかりやすい記述を可能とした。以上、両方の研究において、PGAS モデルをベースにすることにより、大規模化かつメニーコアが利用されるようになってきた並列システム向けに高性能かつ高生産性を持つプログラミングモデルの有効性を検証している。

審査の要旨

【批評】

本論文は、まず、大規模並列システムにおいて多く用いられている MPI に対して、PGAS 言語である XcalableMP を取り上げ、ステンスル計算に代表されるデータ並列の簡便な記述が可能なグローバルビューと遠隔メモリアクセスの簡便な記述を提供するローカルビューを組み合わせたハイブリッドビューのプログラミングモデルを提案した。これを実際に核融合シミュレーションのアプリケーションに適用し、その有効性を検証したことは高く評価できる。データ並列はわかりやすい並列モデルとして多くの典型的な並列アプリケーションで見られるパターンであるが、実際にはこれに留まらない通信パターンや他の複雑な通信パターンを持つ操作が必要となることが多く、結局は MPI で面倒なプログラミングを強いられるケースが多かった。本提案は、データ並列を使いつつ、その他の操作についてはローカルな通信を併用するものであり、並列プログラムの生産性の向上に寄与するものである。

また、本論文の後半では最近の高性能並列システムに利用され始めたメニーコアプロセッサによる並列システムのプログラミングに関するものである。このようなプロセッサをプログラミングするモデルとして、同期の削減と通信と計算のオーバーラップを可能とするタスク並列モデルが注目されつつある。本論文では、このモデルにいち早く注目し、タスク並列を XCALABLEMP の PGAS モデルに統合する新たなタスク並列モデルを提案した。コンパイル方法を検討の上、実行時システムを設計・実装し、その有効性について検証している。その結果として、従来のループ並列よりもタスク並列のほうが性能が高く、かつ、MPI を直接組み合わせるモデルと同等な性能と高い生産性を提供できることを示したことは評価できる。電力等の制限からメニーコアの利用が進むと考えられ、本論文で提案されたモデルはこれからの大規模並列システムの性能とプログラミングの生産性の向上に寄与することが期待される。但し、コンパイラについては一部が未実装となっており、また、このモデルでの高性能化が可能なアプリケーションのさらなる開拓が必要であり、今後を期待したい。

全体として本論文で行った研究は、それぞれの課題についてアプリケーションを実装し有効性の検証が行われており、これからの高性能計算機システムの並列プログラミングの生産性に大きく貢献するものと高く評価できる。

【最終試験の結果】

平成 30 年 2 月 1 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。