

氏 名	かま ち つね ひこ 蒲 池 恒 彦
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	論 情 博 第 79 号
学位授与の日付	平 成 19 年 11 月 26 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	高性能並列分散コンピューティングのためのプログラミング支援システムおよび実行環境に関する研究

論文調査委員 (主 査) 教 授 富 田 眞 治 教 授 湯 淺 太 一 教 授 中 島 浩

論 文 内 容 の 要 旨

TOP500に代表される高いピーク性能を持つ分散メモリ型の高並列計算機システムや、複数の並列計算機を相互結合した異機種並列分散システムが多数開発されているが、これらのシステム性能を十分に引き出し、高い実行性能を達成するプログラムを如何にして効率よく開発するかが大きな課題となっている。また、異機種並列計算機が混在する分散システムにおいては、複数の計算機システムを跨ったプログラムの高速実行を可能にする実行環境を如何にして構築するかが実用化の鍵となる。

これらの課題を解決するため、本論文では、単体の分散メモリ型並列マシンから複数の並列計算機をネットワーク接続した異機種並列分散システムに渡り、これらのプラットフォームを対象にした高性能な並列プログラムを短時間で効率よく開発するための言語処理系とプログラミング支援システム、および並列分散システム上で複合プログラムの構築を可能にする実行環境の実現方式を提案している。研究成果は、これらの技術を用いることにより、複雑な並列分散システムを容易に利用可能とすると共に、高性能プログラムの生産性向上が可能であることを示したことにある。

本論文は以下の5章から構成されている：

第1章 緒論

本研究の背景、目的、ならびに、本論文の構成について述べている。

第2章 データ並列型言語処理系の研究開発

本章では、まず、標準のデータ並列記述言語であるHPF (High Performance Fortran) の概要を紹介し、配列の分散配置方法が記述されたHPFプログラムから、分散メモリ型並列マシン用の並列プログラムを自動生成する言語処理系の実現方式について述べている。特に、分散配列データの情報管理方式、計算処理のプロセッサへのマッピング方式、プロセッサ間通信の検出方式および最適化方式、実行時ライブラリの構築方式の提案を行い、評価結果によりその有効性を示している。

第3章 シームレス異機種並列分散プログラミング支援システムの研究開発

本章では、複数の異なる並列マシンがネットワーク接続された異機種並列分散システムを対象としたプログラミング支援システムの実現方法について述べている。本システムは、グラフィカルユーザインターフェースを介して逐次Fortranプログラムの並列化作業を支援する並列分散化支援ツール、並列プログラムを自動生成する拡張HPFコンパイラ、異機種システム間の通信を実現する並列分散ライブラリからなる。本システムを用いることにより、ユーザは異機種並列分散システム向けのプログラムを容易に開発することができる。

第4章 並列CORBAによる高性能並列分散コンピューティング環境の研究開発

分散コンピューティングためのミドルウェアとして標準化されているCORBA (Common Object Request Broker Architecture) をベースとした高性能並列分散コンピューティング環境の実現方式について述べている。本方式では、オブジェクトにカプセル化したSPMD (Single Program Multiple Data Stream) プログラム内での通信はMPI (Message

Passing Interface), 並列プログラム間 (オブジェクト間) の通信は ORB (Object Request Broker) という異なる通信インターフェースで行うことにより, 複数の並列プログラムを分散環境下で容易にカップリングすることを可能にしている。また, 異なる SPMD プログラム間でパラメータ配列を送受信する際に必要となるパラメータ配列の再分散問題に対しては, これをシステムが自動的に行う方式を提案している。

第 5 章 結論

本論文で得られた主要な結論について要約している。

論文審査の結果の要旨

現在主流の分散メモリ型並列マシンや異機種並列分散システムは, 高並列・高性能なシステムを構築しやすい反面, データの分散配置, 計算処理のマッピング, プロセッサ間通信などを考慮せねばならないことから, システム性能を十分に引き出すプログラム開発は容易ではない。本論文は, これらの課題を解決するための言語処理技術とこれをベースにしたプログラミング支援システム, および実行時環境に関する研究の成果についてまとめたものである。得られた主要な成果は以下のとおりである:

1. 分散メモリ型並列マシン向け自動並列化技術の開発と評価

データ並列記述言語 HPF を対象にした分散メモリ型並列マシン向け自動並列化コンパイラにおいて, イタレーション空間を擬似的な配列とみなしたイタレーションテンプレートという概念を導入し, 配列の分散配置と同じ手法で行う DO ループのイタレーションマッピング手法, プロセッサ間通信をデータの再マッピングとみなして検出する解析手法および通信最適化手法を提案した。この手法により, 通信の検出が容易になるだけでなく, コンパイル時に分散配置方法が不明な配列に対しても, 既知の場合と全く同じ方式で通信解析を行うことができ, 結果としてデータ分散配置方法が既知/不明のいずれの場合でも同じ通信コードの生成が可能となった。

2. 異機種並列分散システム向けプログラミング支援システムの実現と評価

並列プログラミング支援システムにおいて, GUI (Graphical User Interface) を介したツールへの指示操作, コンパイル, プログラムの実行を計算機の区別や物理的な場所を意識せずに容易に行えるようにすると共に, プログラム構造, 解析結果, 実行結果の情報を直感的で容易に理解可能な形で取得できるようにした。特に, 性能予測機能により, 指示の効果を適宜確認しながら最適化作業を行うことができるため, 並列プログラム開発期間が飛躍的に短縮されると期待できる。さらに, 実行時再コンパイルや動的負荷分散などの実行時最適化機能の実現により, コンパイル時には不明なプログラムの振る舞いや, 負荷変動などのシステム環境変化にも動的に対応可能なプログラムの開発が可能となった。

3. 複数のデータ並列プログラムをカップリング可能な分散システムの実現と評価

異なる並列プログラムのプロセス間で直接通信可能なカプセル化方式, およびプログラム間で送受信される分散配列の再分散機能の実現により, プログラムが明示的に再分散を記述する必要のない, 複数並列プログラムの効率的なカップリングを実現した。

以上要するに本論文は, 並列処理におけるコンパイル技術, ユーザに対するフレンドリーなプログラミング支援技術, 分散システムにおける実行制御技術およびそれらの評価に関するもので, 学術上, 実際上寄与するところが少なくない。よって, 本論文は博士 (情報学) の学位論文として価値あるものと認める。また, 平成19年10月25日実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。