

氏名(本籍)	佐藤裕幸(神奈川県)
学位の種類	博士(工学)
学位記番号	博乙第1954号
学位授与年月日	平成15年9月30日
学位授与の要件	学位規則第4条第2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	分散メモリ型並列処理環境における効率的な並列性制御・負荷分散に関する研究

主査	筑波大学教授	理学博士	佐藤三久
副査	筑波大学教授	Ph. D.	田中二郎
副査	筑波大学教授	学術博士	和田耕一
副査	筑波大学助教授	工学博士	朴泰祐
副査	筑波大学助教授	博士(理学)	加藤和彦
副査	法政大学教授	理学博士	中田育男

論文の内容の要旨

本研究の目的は、近年の並列処理環境の大規模化に鑑み、オーバーヘッドを抑えた並列性制御・負荷分散方式を提案することである。さらに、並列処理環境の構成形態および並列処理の適用範囲の拡大を考慮し、逐次処理環境から移行容易性を考慮した方式を提案する。

まず、多くのプログラムが高並列に動作している大規模な並列処理環境において、その能力を最大限に引き出すためには効率的なシステム制御、不正なプログラムからの保護が必要となる。第五世代コンピュータプロジェクトにおいて開発された大規模並列推論マシン PIM の OS である PIMOS においては、このシステムでのプログラミング言語である並列論理型言語 KLI において、システム制御保護機能が実現されている。複数のプログラムから同時に1つのデータにしかアクセスできないようにするために、「プロセス」というプログラミング・スタイルを導入しており、入出力装置などの資源を「資源木」と呼ばれるストリームで互いに結合されたプロセスの木構造を作ることによって、分散管理できる。また、不正なプログラムを検知するために、PIMOS へのストリームには「保護フィルタ」と呼ばれるプロセスがユーザタスク内に挿入されている。入出力装置を模擬した評価実験を行い、言語で提供されるプロセスを用いたこれらの機構のオーバーヘッドが十分小さいことを示した。

次に、大規模並列処理環境において効率的に負荷分散を行う場合にはプロセッサ数が多いため、負荷分散そのものが大きな負荷にならないように考慮しなくてはならない。そのために、大域的な情報を用いず、近隣プロセッサの局所的な負荷情報を用いる負荷分散方式 LLS-G を提案している。OR 並列型探索問題を例にとり、負荷の見積もりとして世代を考慮した負荷分散方式を提案し従来の大域的な情報を用いる方式に比べて効率的であることを示した。

並列処理環境において、既存プログラムからの継続性あることが望ましい。そのために、データアクセスの局所性等の並列実行可能性を考慮し、オブジェクト指向におけるオブジェクト群単位の並列制御が容易に行え、かつ、逐次プログラムからの変更を最小限に抑えた、C++ 言語をベースにした並列処理言語 ANUFO

を提案している。トランスレータにより通信同期を行うライブラリ呼び出しを含む C++ に変換し評価した結果、通信ライブラリを用いる場合に比べプログラム量が 25% で済み、実行時のオーバーヘッドがほとんどないことを確認した。

近年、クラスタ技術が注目されているが、クラスタにおける効率的な並列性制御、負荷分散のために、分散型並列処理支援ツール ParaJET を開発した。このシステムは計算領域を複数に分割化して並列化できるようなアプリケーションを支援する。ParaJET を応用例として、医用放射線量分布計算を取り上げ、性能評価を行っている。この例ではプロセッサ間のデータ通信が大量になるため、データの精度を抑えて通信量を削減する、対象問題の特性を考慮した最適化を行っており、10 台の PC において 7 倍以上の高速化を確認した。

最後に今後の展望・課題についてまとめている。特に、これまで行った研究について、現在の並列処理環境における位置付けについて考察を加えている。

審 査 の 結 果 の 要 旨

第 5 世代コンピュータプロジェクトで開発された PIM における大規模並列環境での研究から近年の PC クラスタでの並列処理技術に至る、広範囲の並列処理環境における効率的な並列性制御・負荷分散に関する研究を含んでいる。PIM における研究は並列処理環境としては今日と大きく異なっているものの、述べられている大規模並列処理環境における資源の分散管理および局所性を考慮した負荷分散方式など、今日においても多くの知見を含むものである。並列処理言語については既存言語からの継続性は重要な問題であり、実際に実装され性能評価が行われていることは評価できる。さらにクラスタにおける並列処理支援システムは実際の応用を用いて、その有用性が示されている。

よって、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。