

氏 名	湯 川 高 志
学位(専攻分野)	博 士 (情 報 学)
学 位 記 番 号	論 情 博 第 18 号
学位授与の日付	平 成 13 年 3 月 23 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	人工知能システムの疎結合型並列コンピュータによる高速化の研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 石 田 亨	教 授 富 田 眞 治	教 授 湯 淺 太 一
--------	--------------------	-------------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、人工知能システムを疎結合型並列コンピュータによって並列処理して高速化する技術の確立を目的とし、プロダクションシステム、ニューラルネットシステムおよび概念ベースシステムの並列化方式について論じたもので6章から構成されている。

第1章は序論で本研究の目的および得られた成果の概要を述べている。

第2章では、プロダクションシステム(PS)の条件照合の並列化方式と、解析的な性能評価手法とを提案している。PSでの推論処理は、条件照合・競合解消・実行の3つのフェーズの繰返しであるが、処理時間のほとんどが条件照合によって占められる。本章では、条件照合に用いられる RETE マッチ・アルゴリズムに対し、制御の並列性とデータ処理の並列性とを巧妙に組合せることにより、通信オーバーヘッドと負荷ばらつきの両者を小さく抑えた並列化方式“TWIN 方式”を提案している。並列化方式の性能を広範な条件下で比較するためには、方式や問題の特性をパラメータとして速度向上を解析的に推定する手法が必要である。このために本章では、RETE マッチ・アルゴリズムのモデルとそれに基づく速度向上の推定式を構築し、これを用いた解析的性能評価手法を提案している。提案した評価手法によって並列化方式の比較評価を行い、TWIN 方式が、低廉に構成可能なバス結合型並列コンピュータを用いた場合に、広範な条件下で既存の並列化方式よりも良好な性能が得られることを示している。

第3章では、第2章で提案した TWIN 方式を実装するのに適したバス結合型並列コンピュータ“Presto”を提案し、実験的に性能を評価している。Presto では、TWIN 方式における通信・同期の特性の考察に基づき、これらを効率的に実装できるよう放送、同期、プロセッサ間割込の各機能をバスに持たせている。さらに、条件照合フェーズの TWIN 方式による並列化に加え、競合解消・実行フェーズも並列処理する PS 推論全体の並列化方式を提案している。本並列化方式に基づき推論システムを実装し、10台のプロセッサで最高7倍程度の速度向上を得られたことが示されている。

第4章は、ニューラルネットシステムにおけるバックプロパゲーション学習(BP)の並列処理について論じ、2次元アレイ型並列コンピュータとバス結合型並列コンピュータとに対する並列化方式をそれぞれ提案している。まず、BPの並列化時の演算量と通信量とを定式化し、それらの下限値を導出している。次に、2次元アレイ(トラス)型並列コンピュータに適用する並列化方式を提案し、この方式の演算量と通信量が下限値を達成していること、すなわち、提案した方式が最適な並列化方式であることを証明している。更に、バス結合型並列コンピュータに対して、従来得られていたよりもオーバーヘッドが小さい方式を提案している。通信オーバーヘッドがプロセッサ数に比例していた従来方式に対し、提案した方式ではプロセッサ数の平方根オーダに抑えられることが示されている。

第5章では、概念ベースシステムにおける類似概念検索の並列化方式を提案している。概念ベースは、日常的に用いられる概念に関する知識を格納し、文脈や状況を表す観点のもとでの概念間の類似性を扱うシステムであり、文書や WWW ページの類似性に基づく検索や自然言語処理に応用されはじめている。概念ベースシステムにおいて、与えられた観点のもとで与えられた概念との類似度がもっとも大きい概念を検索する類似概念検索は、これら応用に欠かせない処理であるが、概

念ベースに格納される概念数が非常に大であるため低速となる。本章では、概念ベースでの類似度計算法について考察し、その特性を利用して見込みのない概念に対する類似度計算を省くとともに、バス結合型並列コンピュータによって処理を並列化する方式を提案している。本方式により原始的な全数検索手法に対して1万倍台の速度向上が得られること、そのうち並列化による速度向上が10倍程度であることが示されている。加えて、意味ネットを直接処理するのに適した並列コンピュータである SNAP (Semantic Network Array Processor) 上に概念ベースをマッピングして、類似度計算を高並列処理する方式を提案し、シミュレータによってその動作を確認している。

第6章は結論で、本稿を総括している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、並列コンピュータを用いて人工知能システムを高速化する技術の確立を目的として、プロダクションシステム、ニューラルネットシステムおよび概念ベースシステムの疎結合型並列コンピュータによる並列処理に関して研究した成果をまとめたものであり、得られた主要な成果は以下の通りである。

- (1)プロダクションシステム (PS) に対し、並列化方式の性能をプログラムの実行なしに解析的に評価する手法を提案した。本手法により、様々な並列化方式の広範な条件下での性能比較を可能とした。
- (2)PS 推論に用いられる RETE マッチ・アルゴリズムの制御の並列性とデータ処理の並列性とを適切に組合せることにより、通信オーバーヘッドと負荷ばらつきの両者を小さく抑えた並列化方式“TWIN 方式”を提案した。解析的評価手法により既存方式との比較を行い、バス結合型並列コンピュータでは本方式がもっとも良好な性能を与えることを示した。
- (3)TWIN 方式の潜在性能を十分に引出し、かつ、廉価に構成することを目指して、汎用マイクロプロセッサを放送・同期・割込みの各機能を付加したバスで結合した並列コンピュータ“Presto”を提案した。Presto 上に TWIN 方式に基づいた PS 推論システムを実装して性能を実験的に評価し、良好な性能が得られることを示した。
- (4)ニューラルネットシステムのバックプロパゲーション学習について、並列化時の通信量、演算量を定式化して並列処理による性能の限界を明らかにした。また、限界性能を達成できる2次元アレイ型並列コンピュータ向け並列化方式を提案した。さらに、従来はプロセッサ数に比例していた通信オーバーヘッドをプロセッサ数の平方根オーダに抑えることが可能な、バス結合型並列コンピュータ向け並列化方式を提案した。
- (5)概念ベースシステムにおける類似概念検索を、バス結合型並列コンピュータで高速に処理する方式を提案した。類似度の上界関数を用いて探索空間を絞り込み、Presto のバス機能を利用して並列処理する方式であり、従来の全数検索方式に対し1万倍程度の速度向上を得た。
- (6)上記類似概念検索を意味ネット向け高並列コンピュータである SNAP で処理する方式を提案し、その動作をシミュレータにより検証した。

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13年1月30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。