

2 並列記号処理技術

2.1 主要技術

第五世代プロジェクトで開発された並列記号処理の主要技術には、以下のものがある。

(1) 並列論理型パラダイムによる一貫した技術体系

並列記号処理技術のすべての階層の共通基盤として並列論理型パラダイムを設定し、並列処理を前提とした一貫した技術体系を構築した。

(2) 並列記号処理言語設計・実装技術

並列記号処理ソフトウェアの構築を難しくしている要因を同定し、それを取り除くために必要なプログラム言語機能を備えた、簡潔で高機能なプログラム言語 KL1 を設計した。また、KL1 の効率的実装に必要な諸技術を確立し、実用的な高性能の並列記号処理システムを設計・実装、ソフトウェア研究開発の共通ツールとして提供した。

(3) 並列記号処理ハードウェア技術

並列ソフトウェアの研究開発に向けた世界最大級規模の並列処理ハードウェアを設計・実装し、高性能並列記号処理言語システムのためのハードウェア技術を確立した。

(4) 並列記号処理ソフトウェア開発環境技術

世界初の実用的な大規模並列記号処理ソフトウェア開発環境であるオペレーティング・システム PIMOS を設計・実装し、ソフトウェア研究開発に提供・評価した。

(5) 並列記号処理ソフトウェアのプログラミング技術

並列論理型言語による大規模並列システム向きのプログラミング技法・ソフトウェア構成技法を開発、オペレーティング・システムや応用プログラムの構築において実践した。

2.2 従来技術に比しての優位点

第五世代プロジェクトで開発された並列記号処理技術は、以下の各点で従来技術に優れているといえる。

(1) 並列処理を前提としたポリシーの一貫した記号処理システム

逐次処理技術の漸時改良による従来技術は複雑で統一性に欠け、並列ソフトウェアの開発は困難を極めた。これに対し第五世代技術は、並列処理を前提とした並列論理型パラダイムに基づく一貫した技術体系であり、大規模並列ソフトウェアの開発を飛躍的に容易にした。

(2) 並列記号処理言語設計・実装技術

逐次処理言語に必要な応じて並列機能を追加した従来の並列プログラム言語に比べ、並列処理を前提とした設計による並列論理型言語 KL1 は、大幅な機能向上と簡潔な仕様を同時に実現した。また、知識情報処理に不可欠な非定型的処理や、負荷分散の容易な細粒度並列処理の効率を大きく向上させる実装技術を開発し、ソフトウェアの負担を大幅に軽減させた。

(3) 並列記号処理ハードウェア技術

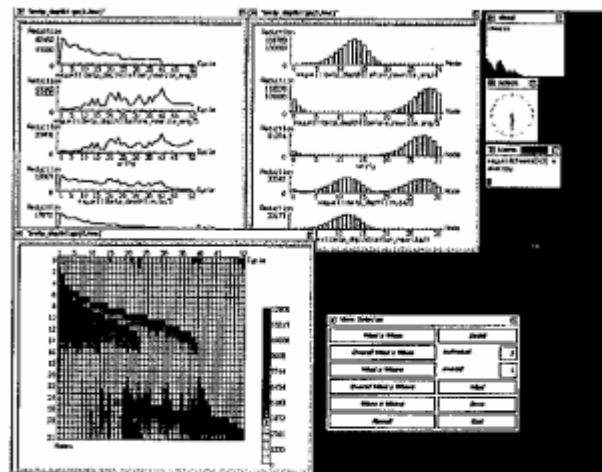
従来の定型的な並列数値処理に向きの技術とは異なる、並列論理型言語の細粒度並列処理向きのハードウェア技術を確立した。

たとえば、512 台のプロセッサを持つ PIM モデル p ではピーク性能で 156 MLIPS (1 秒間に 1 億 5600 万回の推論処理を行なう速度)、256 台のプロセッサを持つモデル m では 153 MLIPS という、汎用大型機の約 100 倍に当たる世界最高の推論処理速度を達成している。実際の応用システムでの利用でも、アルゴリズムの工夫とあいまって、512 台にいたるまでほぼプロセッサの台数に比例する並列処理効果を得ている。

(4) 大規模並列記号処理向きソフトウェア環境

従来技術での並列処理ソフトウェア環境は、小規模な並列処理や定型的な並列数値処理のためのソフトウェアの開発のみを対象としたものであった。これに対し、第五世代プロジェクトで開発したオペレーティング・システム PIMOS は、徹底した分散管理と並列処理向きの開発ツール群の提供によって、大規模並列ソフトウェア研究開発を快適に行なえるプログラミング環境を実現した。

たとえば、PIMOS が提供するデバッガは、KL1 言語処理系の機能を利用した自動的なデッドロックの検出や、任意のプログラム部分の実行の一時停止・再開、別ウィンドウを用いてのプロセス別のトレース、次第に生成されて行くデータの監視などができる。同じく PIMOS が提供するプロファイラは、プログラム実行中あるいは実行後に、どのような計算がいつ、どこで (どのプロセッサで) 行なわれているのかをグラフィックに表示し、負荷分散状況の容易な把握を可能にしている。



PIMOS のプロファイラによる表示例

(5) 並列記号処理プログラミング技術

従来のプログラミング技術は、逐次処理を前提とした記号処理技術や、処理の単純性・定型性に依存した並列処理技術であった。これに対し第五世代技術は、並列記号処理言語の高い機能、その効率的な大規模並列実装、その上のオペレーティング・システムが提供する快適な開発環境を利用し、複雑で非定型な問題を効率的に並列処理できる。

たとえば、プロジェクト内で開発された互いに通信し合うプロセスを並列論理型言語で表現する技法は非常に汎用性が高く、PIMOSを始めとするほとんどのKL1言語によるソフトウェア・システムで用いている。この技法をプログラム言語として再構成したKL1の上位言語AYAも開発された。また、特定の問題ではなくプロセス構造に着目した汎用性の高いさまざまな負荷分散技法を設計、負荷分散ライブラリとして応用システムの開発者に提供した。このライブラリを用いた負荷分散は、多くの応用システムの並列化の基礎となった。

2.3 並列記号処理技術についての当初目標の達成度

並列記号処理技術については、プロジェクトの当初目標ではソフトウェアとしての問題解決・推論メカニズムとハードウェアとしての問題解決・推論マシンが開発テーマとして挙げられていた。

問題解決推論メカニズムについては、KL1、PIMOS等により、当初目標が十分に達成されている。また、問題解決・推論マシンについては、PIMにより、当初目標の100 MLIPS (LIPS: Logical Inference Per Second、1秒間に何回の推論処理が行なえるかの単位) を大きく上回る、150 MLIPS以上の処理能力を達成している。

2.4 第五世代の並列記号処理技術の意義

従来の並列コンピュータシステムの研究開発は、定型的な数値処理が必要な分野を主たる問題領域として設定して進められてきた。その結果近年では、この分野については逐次型を基本とする処理方式に取って代わらんとする勢いを示している。しかし、非定型的な処理を必要とする記号処理についての並列処理の研究開発は、第五世代プロジェクト以外では多くの努力を払われてこなかった。このため、記号処理が必要な応用分野の研究開発については、逐次処理方式を取り続けてきたため、計算処理速度の壁にぶつかって十分な進捗が得られない局面も多くなってきた。

第五世代の技術は世界に先駆けて並列記号処理技術体系を確立し、実験的な応用システムを通して、その有効性を実証的に示した。この並列記号処理技術は、将来発展が見込まれる本格的な大規模知識情報処理に必要な、並列処理の容易な記述と十分な性能とを提供する、欠くべからざる基礎技術となるものである。これはまた、数値処理等の他分野に応用しても、新たな技術展開の基礎となり得る技術である。