

5P-5

TOP-1における流体問題解析

大澤 暁

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

1. はじめに

TOP-1はCPUを10台使用した共有メモリ型マルチプロセッサ・ワークステーションで、ソフトウェアの開発・移植の容易性を考えたシステムとなっている^[1, 2]。このようなシステムを用いて並列に実行できるアプリケーション・ソフトウェアの研究・開発を行うことは、今後の並列処理システムの開発にとって意義がある。本稿では、アプリケーションの一例として流体問題解析をとりあげ、TOP-1を用いて並列に実行した結果について報告する。

2. システム構成

TOP-1にはプロセッサカードが10枚あり、その各々にはIntel 80386の他、FPUとしてIntel 80387およびWeitek 1167が用意されている。また、128kBのキャッシュメモリを各プロセッサが有している。共有メモリは32MBあり、それらが64ビット幅・2ウェイのバスでつながれた共有メモリ型密結合単一バスアーキテクチャとなっている。

現在のTOP-1オペレーティングシステムは、UNIX[®]をベースに、マルチプロセッサ用に拡張したものであり、次のような特徴がある。

- 1) ある特定のプロセッサは、カーネルコードのみを実行し、もうひとつ別のプロセッサはシステムのモニタリングのために使用される。
- 2) 残りのプロセッサは、ユーザプロセスを実行する。従って同時に並列実行できるプロセスの数は、最大8となる。

今回のアプリケーションプログラムは上記のシステムを用いて行ない、実行時のプロセス数を1ないし8に変えることにより処理時間等を測定した。

3. 並列プログラミング・並列実行環境

IBM[®]では、Parallel FORTRANという言語がIBM 3090上に用意されている。この言語には明示的に並列構造を記述できるシンタックスがあり、プログラマはこの言語を用いて並列プログラムを実行することができる。TOP-1ではこの言語のサブセットが使用できるようになっている。実際には図1のように、Parallel FORTRANで記述されたプログラムを普通のFORTRANに変換するトランスレータが用意されている。変換されたプログラムには、並列実行のための各種ライブラリルーチンをコールするような記述が埋め込まれており、通常のFORTRANコンパイラでコンパイルすることができる。

また使用するプロセス数は、プログラムの実行時に、環

境変数を用いて指定できるようになっている。従って、プロセス数を変えてもコンパイルしなおす必要がなく、デバッグ等を効率良く行うことができる。

4. 流体問題プログラム

今回TOP-1上で実行した流体問題プログラムは、2次元非圧縮性粘性流体問題で、次に示す方法で離散化・計算を行っている。

- 1) 対象とする物理領域をスタッガード・メッシュにより分割する。
- 2) 運動方程式を差分近似により陽的に解く。
- 3) 反復計算により、連続の式を満たすように圧力と速度を修正する。

対象とした問題は、いわゆるCavity Flowである。これは図2のように、流れの底にくぼみがあった時に上方を流れる水流によって、くぼみの中の水流がどのように誘発されるかをシミュレートするものである。このとき、次に示す条件を用いた。

- 1) 計算対象領域はくぼみの部分の正方領域とする。
- 2) メッシュサイズは48×48とする。
- 3) 時間ステップ幅は0.005秒、計算終了時刻は10秒とする。
- 4) レイノルズ数は400とする。
- 5) くぼみ部分の境界条件は“スリップせず”とする。

5. 性能評価方法

現在TOP-1上にはいくつかの言語コンパイラが用意されている。FORTRANおよびC関係では次のものが使用できる。

- 1) IBM AIX[®] VS FORTRANコンパイラ
- 2) IBM AIX Cコンパイラ

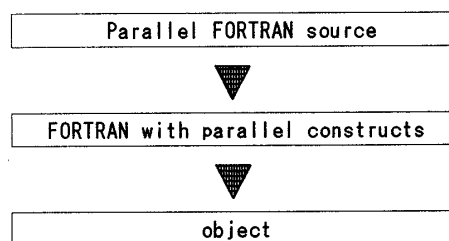


図1 FORTRANプログラム並列実行環境

3) GNU Cコンパイラ

FPUとしてWeitek 1167をサポートするのは3)のみである。そこでFPUの差による性能の違いを測定するために、トランスレータから得られたFORTRANプログラムと同種のCプログラムを作成し、そのプログラムでも実行してみた。それぞれにおいてプロセス数を1ないし8に変えて実行し、処理時間を測定した。

評価測定に使用したコンパイラおよびFPUをまとめると次のようになる。

- A) AIX VS FORTRANおよび80387
- B) GNU CおよびWeitek 1167
- C) GNU Cおよび80387
- D) AIX Cおよび80387

また参考のために、FORTRANプログラムをホスト計算機でも実行したが、これについては6章で述べる。

6. 性能評価結果

図3は、上記A)すなわちFORTRANプログラムを80387を用いて実行した時の処理速度向上比を示したものである。この図ではプロセス数1の時の処理時間を1とした。プロセス数が増えるに従い性能の劣下が見られるが、主に次の原因によるものである。

- 1) 並列実行できない部分(Serial section)の存在
- 2) 並列実行に伴う各種オーバーヘッド

今回Serial sectionは、プログラム全体の6.5%であることが実測された。図3には、この値から計算できる最大性能向上比をあわせて示した。

図4は、Cプログラムにおける速度向上比を示したものである。C)の場合に多少、良好な結果が得られたが、いずれの場合でもFORTRANプログラムと同様に、プロセス数の増加に伴い性能劣下が見られる。

図5は、コンパイラおよびFPUの性能の違いを比較するた

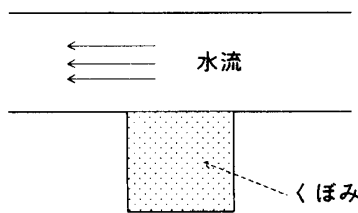


図2 Cavity Flow

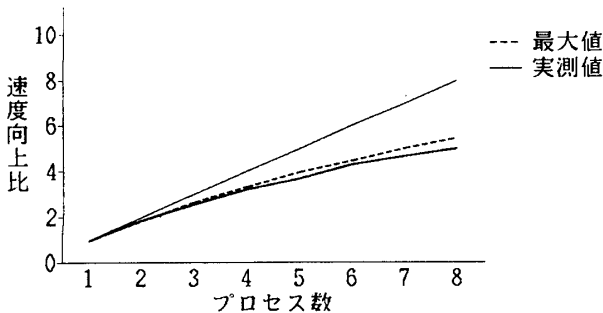


図3 FORTRANプログラム処理速度向上比

めに、処理時間をグラフにしたものである。参考までに、オリジナルなFORTRANプログラムをホスト計算機IBM 3081およびIBM 3090で実行した時の所要時間をあわせて示した。このグラフから、A)の場合が一番速いが、B)およびC)から、FPUとしてWeitek 1167を使うと1.5~2.0倍程度速くなることもわかる。

7. おわりに

本稿では、TOP-1を用いて流体問題を解いた時の性能結果を簡単に報告した。並列実行を行うと各種の要因に伴う性能劣下が見れる。プログラム内の処理の流れ、キャッシュによるさまざまな原因等については[3]で報告されている。

[参考文献]

- [1] 清水, 他: 「高性能マルチプロセッサ・ワークステーションTOP-1」, 並列処理シンポジウムJSPP'89, pp.151~162, 1989
- [2] 穂積, 他: 「TOP-1オペレーティングシステム-基本方針」第39回情報処大論文集, pp.1199~1200, 1989
- [3] 大澤: 「TOP-1における流体問題解析」, 第75回情報処計算機アーキテクチャ研究会資料, 1990

*IBMは米国IBM社の登録商標、AIXは米国IBM社の商標です。

*UNIXはAT&T社が開発、ライセンスしています。

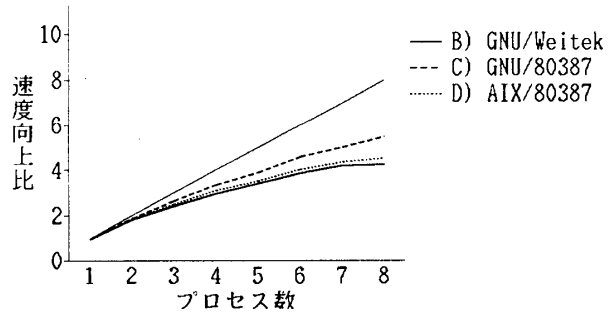


図4 Cプログラム処理速度向上比

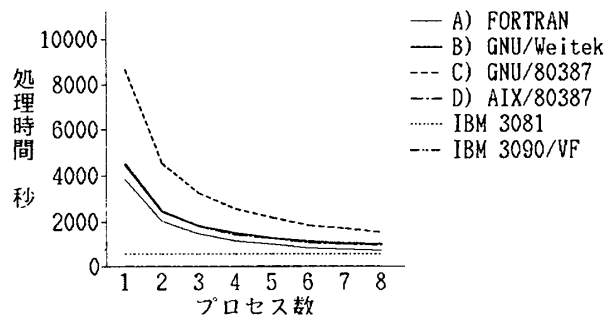


図5 プログラム処理時間