

DOループによるベクトル計算機の性能評価

4 P - 8

中村 紘 彦

航空宇宙技術研究所

1 はじめに

本研究はベクトル計算機の主要な性能強化策、

(1)パイプライン多重度の増大による演算器性能の強化策

(2)パイプライン演算器に対するデータ供給能力強化策

の有効性をベクトル計算機のDOループ処理動作のソフトウェアシミュレーションにより研究したものである。

2 研究の手法

仮想的に種々の計算機モデルを設定し、これらの計算機モデルのDOループの処理速度を推定することにより上記2つの性能強化策の効果を明らかにする。そのための手段としてはソフトウェアシミュレーションを使用するのが最適の方法である。

このシミュレーションのためには、ベクトル計算機のベクトル処理性能強化策の有効性の評価のためのワークロードが必要である。そのため、航技研の計算空気力学プログラムから1000個弱のDOループを集め、その中からDOループに含まれる算術演算命令数の大小、算術演算命令数とロード/ストア命令数の比率等の幾つかの選択基準に従って、18個のDOループを選出した。

種々のベクトル計算機モデルにおけるこれらのDOループの命令処理動作をソフトウェアシミュレータVTAPを用いてシミュレートし、その性能（処理速度）を予測する。予測値によりベクトル計算機

の性能強化策がDOループの処理速度に及ぼす影響を分析する。

3 シミュレーション結果の検討

3.1 パイプライン多重度と処理速度

パイプライン多重度（PM）増大による演算器性能を考察するために、本小節の対象となる計算機モデルはマシクロック時間等の各種パラメータを表1のように固定した上で、PMを1、2、4、8、16と変化させた5種類の計算機モデルを考える。

図1及び図2にベクトル長（VL）が64及び128の場合の18個のDOループの処理速度（単位：MFLOPS）とパイプライン多重度の関係を示す。いずれの図においてもPMを増大すると各DOループの処理速度も向上するが、VL=64ではPM=4、VL=128ではPM=8を超えると処理速度の向上比率は低下する様子がわかる。これらのパイプライン多重度におけるPM1当たりのパイプライン多重度の相対的処理効率を求めると平均値でそれぞれ83%、81%であり、満足すべきパイプライン効率であることを示す。従って、ベクトル長が64ではPM=4、ベクトル長が128ではPM=8が効率的パイプライン多重度であることが得られた。

表1 計算機モデルとパラメータ

マシクロック時間 (τ)	10 ns
ベクトルレジスタ個数	128個
主記憶アクセスタイム	30 τ
パイプライン構成	
加算パイプライン	1本
乗算パイプライン	1本
除算パイプライン	1本
ロード/ストア 兼用パイプライン	1本
パイプラインの立上り時間	
加算パイプライン	10 τ
乗算パイプライン	10 τ
除算パイプライン	26 τ
パイプライン多重度	1, 2, 4, 8, 16

Performance Evaluation of Vector Computers

by a DO loop-package

Kinuyo NAKAMURA

National Aerospace Laboratory

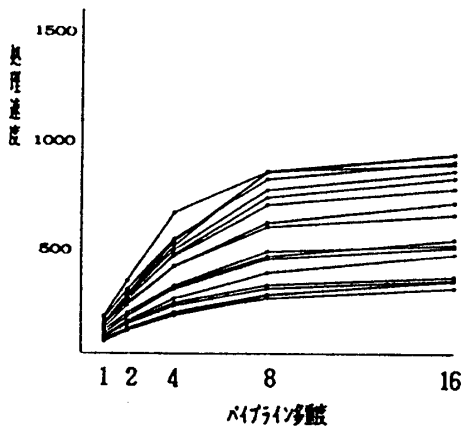


図1 パイプライン多重度と処理速度 (VL=64)

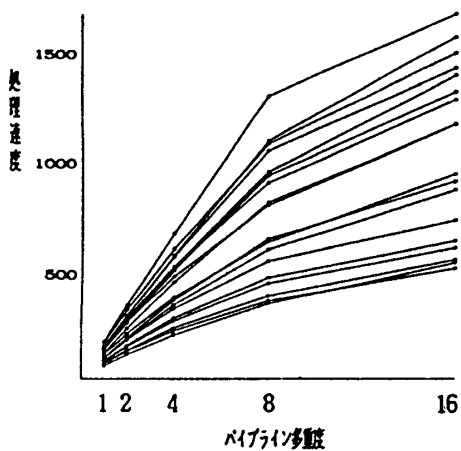


図2 パイプライン多重度と処理速度 (VL=128)

表2 計算機モデルとパラメータ

モデル	原型	I	II	III
ベクトルレジスタ数	128	8	8	128
パイプライン数				
ロード・ストア兼用パイプライン	1本	1本		
ロードパイプライン			2本	2本
ストアパイプライン			1本	1本
パイプライン多重度	8	8	8	8

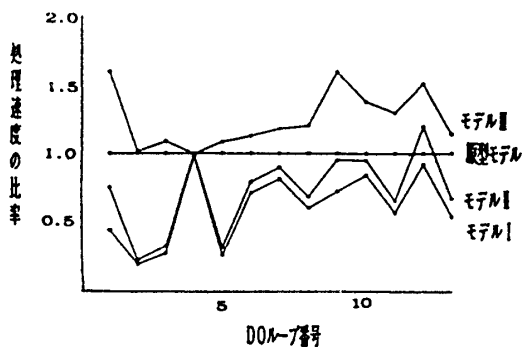


図3 データ供給能力と処理速度

3.2 データ供給能力と処理速度

パイプライン演算器に対するデータ供給能力を考察するために、PM=8に固定した表1の計算機モデルを原型モデルとする。原型モデルに対して、ベクトルレジスタ個数 (VR) を8に減らしたモデルI、モデルIに対してロード・ストアパイプラインを3倍に強化したモデルII、モデルIIに対してVRを128に増やしたモデルIIIを考える (表2)。

図3は13個のDOLープの各々について、原型モデルのDOLープの処理速度を1にした場合の各計算機モデルのVL=128のDOLープの処理速度倍率を図示したものである。図3からは原型モデルに対してモデルI、モデルIIとも処理速度倍率は小さく、VRを大幅に小さくすると性能も低下すること及びVRが小さいとパイプライン本数を強化しても性能は上がらないことを示している。しかし、原型モデルに対してパイプライン本数を強化したモデルIIIでは、原型モデルより処理速度倍率が全てのDOLープで大きくなることを示している。この結果によりモデルIIIの強化策は性能の向上に有効であり、その向上の程度を求めると、DOLープの処理速度の向上は平均値で24%である。

4 おわりに

本研究では、DOLープのソフトウェアシミュレーションにより、各種計算機モデルにおけるDOLープの処理速度を予測し、その予測値を分析することにより、ベクトル計算機の二つの性能強化策の有効性について考察した。その結果、各ベクトル長に対する効率的パイプライン多重度を示すことができた。また、ベクトルレジスタが大なることの有効性及びロード・ストアパイプラインの強化による有効性を示した。

本発表ではベクトル計算機の性能強化策について論じたが、ベクトル計算機の性能を表すDOLープの処理速度はDOLープ特性と深く関係するので、DOLープ特性とベクトル計算機の性能に関する分析が必要であると考えられる。