

筑波大学理工学研究科○学生員 東 康夫
筑波大学工学研究科 学生員 三宅敏之
筑波大学構造工学系 正 員 椎貝博美
筑波大学構造工学系 星野 力

1. 緒 言

洪水流の解析においては不定流の計算が重要となるが、ここでは並列計算機を用いて不定流を数値的に解析する手法の紹介を行う。不定流の計算には風上差分を応用したスキームを用いた。その結果、差分格子における時間きざみを距離きざみに比べて比較的大きく取ることができ、計算時間の短縮とともに、非線形方程式を数値的に取り扱う場合に起こりがちな計算全体としての不安定性を抑制することに、かなり有効な方法であることがわかった。さらに、他の計算機と計算時間を比較したところ、並列計算機は性能/価格に優れ、水工分野の計算においても、汎用大型計算機に匹敵しうる能力をもつことが確かめられた。

2. 並列計算機PAX

並列計算機PAXはN台のプロセッサユニット(PU)を前後左右のPUと通信用メモリ(CM)を介して、2次元格子状に並べた並列処理部、これらを制御するコントロールユニット(CU)及びホスト(HOST)で構成される。一例としてN=6の場合をFIG. 1に示す。各PUはMC6800とAM9511の2個のCPUをつマイクロコンピュータで、0.03MFLOPSの演算速度をもつ。PUはCMを介して前後左右のPUから読み出しと書き込みができる。CUはプログラムとデータをPUに送受し、PUの状態を監視して同期を取るのに用いられる。またPUはCMを経由してHOST(T1990)とつながっている。HOSTプログラムはFORTRANでアレイプログラムはPASCAL的なSPLMで記述する。

これまでPUを最高128台まで並列させたPAX-128が筑波大学で製作されている。

3. 基礎方程式

基礎方程式は次の運動方程式と連続の式である。

$$\frac{\partial V}{\partial t} + \left[\frac{\partial z}{\partial x} + n^2 V |V| / R^{\frac{4}{3}} \right] / g + V \frac{\partial V}{\partial x} = 0 \quad \dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} / B = 0 \quad \dots\dots (2)$$

ここに、V：河床から水面までの平均流速、n：Kutter係数、R：動水半径、Q：流入量、z：ある基準面から水面までの高さ、g：重力加速度、t：時間、B：水路幅である。方程式の差分には、(1)式第4項には風上差分、他の項には、(3)、(4)式で示される差分形を用いた。

$$\frac{\partial f}{\partial x} \rightarrow (f_{i,j} - f_{i-1,j}) / \Delta x \quad \dots\dots (3)$$

$$\frac{\partial f}{\partial t} \rightarrow (f_{i,j} - f_{i,j-1}) / \Delta t \quad \dots\dots (4)$$

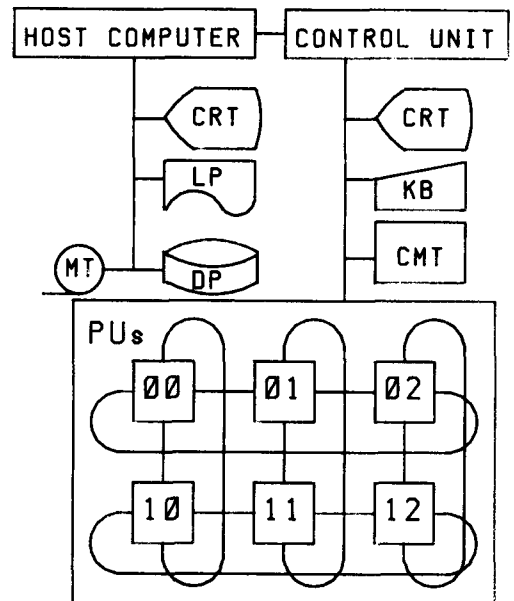


FIG.1 SYSTEM OF PAX

(1) 式第4項については(5)式に示すように風上差分¹⁾を応用したスキームを用いた。

$$f \partial f / \partial x \rightarrow (f_{i+2,j}-1 - 2f_{i+1,j}-1 + 9f_{i,j} - 10f_{i-1,j} + 2f_{i-2,j}) f / 6 \Delta x \quad \dots\dots (5)$$

計算には矩形断面をもつ幅100mの水路を想定し、初期条件として一定水深4m、河床勾配1/1000の等流状態を仮定した。また境界条件は上流端のみで与え、水位を時間に関して二次関数的に増加させるものとした。そこで、基礎方程式(1)、(2)式を連立させ、上流から下流へ向かって順次計算を行い、距離きざみ Δx を一定にし、時間きざみ ΔT の変化による下流域での水位変動状況を求めた。

4. 結果及び考察

FIG. 2に $\Delta x=1000\text{m}$ 、 $\Delta T=380\text{sec}$ のときの、上流端から5000m、10000m、15000m地点における水位変動を示す。これは数値計算から得られた波の移動速度と長波の波速の理論値がほぼ一致した場合であって、 $n=0.03$ 、底勾配(BS)=0.001である。

図より各地点における最高水位は上流端からの距離が大きくなるにつれて小さくなっていることがよみとれる。これと同様な傾向は ΔT を変化させて行う一連の計算においても見られた。

計算結果は図2に見られるように安定であり、これは、より大きな ΔT の値に対しても同様であった。

PAXと他の計算機で、演算処理部分のみの計算速度を比較したものをTABLE 1に示す。

言語やコーディングが計算機によって異なるため単純な比較はできないが、PAXのコストが部品代だけで5万円/PUであることを考え合わせ、性能/価格の観点から計算時間をみると、PAXの能力が大型計算機に比肩し得ると判断される。

5. 結 論

並列計算機PAXを用い、移流項の差分に工夫をした不定流計算を行った。その妥当性は、実測値との比較により今後検討する必要があるが、計算全体として安定性の保たれた解を得ることはできた。並列計算に最適なアルゴリズムではなかったが計算速度は性能/価格の点から満足のいくものであった。二次元、三次元不定流計算においては、並列計算機の優秀性がさらに発揮されるものと予想される。

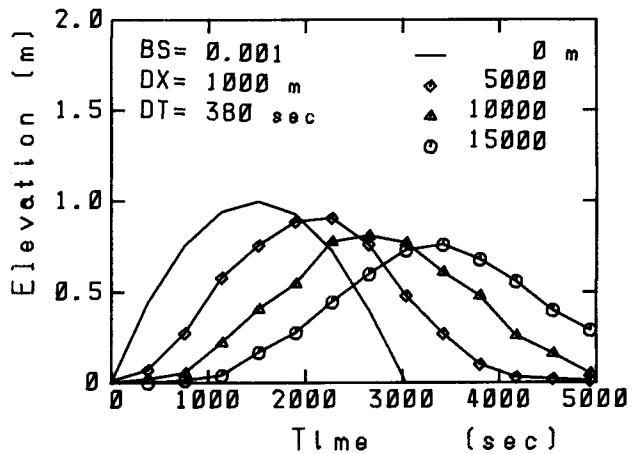


FIG.2 FLOOD ROUTING

TABLE 1 EXECUTION TIME
(sec)

	GRID NUMBER		
	66	100	131
PAX(N=16)	0.527	0.819	1.098
M-200	0.025	0.035	0.057
TI-990	2	4	4
PC-8001mkII	63	109	132