

関西大学工学部 正会員 三 上 市 蔵
 関西大学大学院 学生員 ○ 山 科 純
 関西大学大学院 学生員 田 中 克 弘

1. まえがき 近年ベクトル計算機 (VP) は長大計算を必要とする様々な科学・技術の研究分野において不可欠なものになりつつある。土木工学の分野においても構造物の弾塑性解析や有限変位解析などの非線形問題の解析には大容量、長大時間の計算が要求されており、VPへの関心が高まっている。しかしながら、VPは従来の汎用機と性格が異なり、ピーク性能が高いが、そのピーク性能を引き出すのは容易ではなく、計算機を限界に近い性能で駆使するには解法上、プログラム上の工夫が必要である¹⁾。著者らは先に、Dynamic Relaxation Method (D.R.M.)を用いた円筒パネルの有限変位解析を行った²⁾が、この解法は多元連立方程式を直接解く必要がなく、微小時間間隔で順次数値を代入計算してゆく反復法であり、解法上VP向きであると考えられる。本報告は、円筒パネルの有限変位解析を例にD.R.M.のVPへの有用性を明らかにするものである。

2. VPとD.R.M. ベクトル長が大きく、かつ並列処理が可能のように仕向けるのがVPに適応する根本であるから、反復法が望ましいものと考えられる。D.R.M.は反復法であり、計算手順を多くのproceduresに分けて各々のprocedureでは既知ベクトルによる代数計算によって別のベクトルの値が求まるので、極めてVPに適していると予測される。D.R.M.の反復計算の手順を図1に示す。未知ベクトルとして、断面力 N_x, N_y, N_{xy} , 変位 u, v, w , 変位速度 $\dot{u}, \dot{v}, \dot{w}$ を考える。図からも明かなように、D.R.M.の反復計算は3つのproceduresに大別できる。図中実線の運動方程式は、従来の静的な基礎方程式に慣性項と減衰項を付加したものであり、時刻 t における断面力、変位、変位速度を用いて、時刻 $t+\Delta t$ における変位速度を求めるprocedureに相当する。変位-変位速度関係式は、時刻 t における変位と時刻 $t+\Delta t$ における変位速度とから、時刻 $t+\Delta t$ における変位を求めるprocedureである。最後に断面力-変位関係のprocedureより時刻 $t+\Delta t$ の断面力を求めると、1サイクルの反復計算が完成する。上記の手順を用いると、従来のD.R.M.の反復計算で考慮されていた変位速度と、変位、断面力との間の $\Delta t/2$ の時間のずれ³⁾を気にしなくてもよく、反復計算も簡素化される。各procedureの内容の詳細は文献2), 4)に譲る。

3. 数値計算例と考察 VP効果に関する数値計算例を示す。計算には、京都大学大型計算機センターのFACOM VP100を用いた。まず、FACOM VPのプログラムチューニングツールFORTUNEと会話型ベクトライザを用いて分割数 $n_x=n_y=24$, $\Delta t=0.0001$, 反復回数10000を例にVP効率を調査した結果を図2に示す。変位、変位速度、断面力を求める10個のproceduresのベクトル化率が94.4~99.6%であり、また、V-EFFECTも3.7~6.9%となり、D.R.M.は極めてVPに適していることがわかる。

表1に分割数とVP効率との関係を示す。表には処理全体のCPU時間とI/O関係ルーチンを取除いたproce-

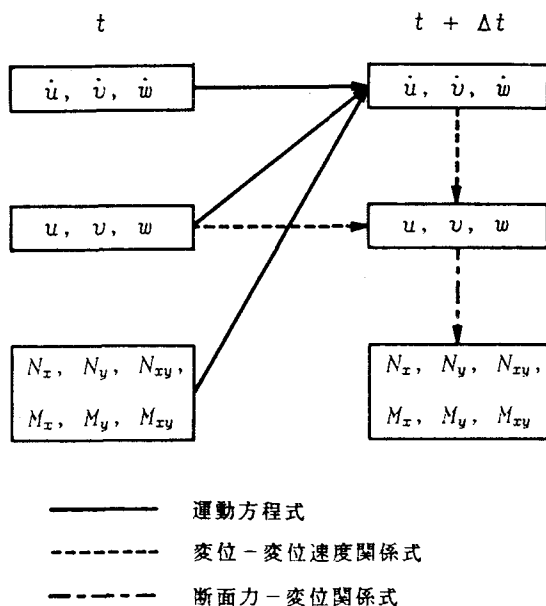


図1 反復計算手順

dures の 1 サイクル当りの CPU 時間

INTERACTIVE VECTORIZER V10L10

DATE 85.03.04 TIME 22.16.09

を、汎用計算機FACOM M382の値と

もに記した。分割数はベクトル長（

最内側D0ループ長）に対応している

ため、分割数を上げるとVP効率も上

がり、 $n_x=n_y=36$ で1サイクル当りの

CPU時間は対 M382 比24.1倍となっ

た。また、全体の CPU時間も22.3倍

と上がり、1/0によるVP効率の低下

はさほど大きくないことがわかる。

つぎに、D.R.M.と三上・矢部⁵⁾の

反復法との比較を行ってみる。三上

・矢部は当モデルを差分法を用いた

連立非線形代数方程式に直し、反復

的に解を求めている。その際、加速

Jacobi法とAitken外挿法を適用するなどの種々の

工夫をして解の収束を早めている。表2は、D.R.

M.と三上・矢部の反復法との CPU時間を比較した

ものである。荷重stepは5段階である。表中の増

分型は、一つ前の荷重stepで求めた変位を初期値

にとり、次の荷重stepの値を求めることをいう。

直接型は、初期値0から一気に第5荷重stepの値

を求めるものである。三上・矢部の反復法は、

M382上でも VP100上でも CPU時間にはほとんど差が

なく、ベクトル化されていない。逆にD.R.M.は、

M382上に比べてVP100 上の方が CPU時間は短くなり

り、分割数が上がるほどその差は大きくなる。両

者を比較すると、M382上では三上・矢部の反復法

の方が早い、VP100上ではD.R.M.の方が早く、増

分型 $n_x=n_y=12$ で三上・矢部の反復法に比して約

3.5倍の速度となった。

4. あとがき D.R.M.はVP向きの解法であり、分

割数を上げてベクトル長を伸ばせば、従来の反復

解法よりも早く安定した解が求められることが明

らかとなった。なお、個々の図表で使用したパラ

メータの詳細については、講演会当日述べる。

VECTORIZE - TOTAL INFORMATION (DYNAMIC FEATURE)									
ROUTINE FLAG	MSG	EXECUTIONS	V-COST	S-COST	V-RATE	V-EFFECT			
(TOTAL)	W	96	1988372875	1173977E04	99.6	3.9- 6.8			
DDTW	W	5	10000	428921664	2563577E03	99.9	3.9- 6.9		
DDTV	W	4	10000	371528330	2200219E03	99.7	3.9- 6.8		
NYVO	W	6	10001	305830576	1796379E20	99.5	3.9- 6.8		
NXKO	W	6	10001	290237349	1723122E25	99.7	3.9- 6.8		
DDTU	W	5	10000	224694996	1305120000	99.3	3.9- 6.7		
NXKO	W	6	10001	180718067	1081708160	99.9	3.9- 6.9		
MYVO	W	7	10001	57150712	334003397	99.4	3.9- 6.7		
NXKO	W	6	10001	55972261	329582955	99.6	3.9- 6.8		
MYVO	W	6	10001	48303159	284318429	99.6	3.9- 6.8		
WUV	W	5	10000	19441666	106800000	98.1	3.7- 6.2		
PRINTP	W	4	10001	2961458	12282736	94.9	3.0- 4.8		
STRESS	W	6	1	857274	857274	0.0	1.0- 1.0		
PRINTV	W	5	1	650388	650388	0.0	1.0- 1.0		
PRINTD	W	5	1	650388	650388	0.0	1.0- 1.0		
MAIN	W	3	1	187022	187022	0.0	1.0- 1.0		
MIDAS1	W	1	41	164328	164328	0.0	1.0- 1.0		
AVLOAD	W	6	1	34219	38219	12.5	1.1- 1.1		
INIT	W	5	1	15744	93351	99.7	3.9- 6.8		
PGSKIP	W	1	1875	13194	13194	0.0	1.0- 1.0		
HEADV	W	1	13	13026	13026	0.0	1.0- 1.0		
HEADD	W	1	13	13026	13026	0.0	1.0- 1.0		
HEADS	W	1	13	13026	13026	0.0	1.0- 1.0		
HEADP	W	1	1	1002	1002	0.0	1.0- 1.0		

図2 会話型ベクトライザによるベクトライズ情報

表1 分割数とベクトル効率

分割数	12 x 12	24 x 24	36 x 36
ベクトル長	11	23	35
1サイクル当りの CPU (msec) A: M382 B: VP100 A/B	10.84 1.37 7.9	45.87 2.49 18.4	102.84 4.27 24.1
Totalの CPU (msec) A: M382 B: VP100 A/B	21809 2846 7.7	92153 5326 17.3	206568 9271 22.3

表2 D.R.M.と三上・矢部の反復法との比較

分割数		6 x 6	12 x 12
D. R. M.	増分型 (msec)		
	M382	106550	376620
	VP100	33930	35590
	直接型 (msec)		
	M382	27650	113820
	VP100	8870	14290
三上・矢部の 反復法	増分型 (msec)		
	M382	24090	128230
	VP100	23780	126270

- 1) 島崎：京都大学大型計算機センター広報，Vol.16(1983)，No.6，Vol.17(1984)，No.1，No.5. 2) 三上・田中・山科：土木学会関西支部年次学術講演会，(1985)，I-78. 3) 馬場・成岡：土木学会誌，Vol.58(1973)，No.9. 4) 渡辺・三上・谷口・野邑：京都大学大型計算機センター「ベクトル計算機応用シンポジウム」論文集，(1985). 5) 三上・矢部：構造工学論文集，Vol.31A(1985).