固有値計算のベクトル化と並列化 II
— ANALYZER-P/SX の使用例 —

奈良県立医科大学　平井國友
khirai@nmu-gw.naramed-u.ac.jp

前年度に引続き，スーパーコンピュータ SX-4 での固有値計算のベクトル化と並列化について報告する．また，今年度の報告には ANALYZER(正確には ANALYZER-P/SX) の使用例という側面もある．前年度の報告[1] では，大きな次元 (1000 程度) の行列の固有値計算の並列化は有効であること，また，並列化をより有効にするには各自がプログラムコードを改良する必要があることを結論として述べた．ただし，ここで述べる並列化はマイクロタスク機能，すなわち，ベクトル長を 1 個の CPU のベクトル長である 256 の 4 倍や 8 倍に実質上長くする機能を意味している．SX-4 の FORTRAN コンパイラのマイクロタスク機能に関する自動並列化はかなり有効であり，ワークステーションなどで使っている計算プログラムコードを “ほとんど変更しなくても”，十分に並列化の恩恵を得ることができる．これは SX-4 の非常に優れた点であり，ユーザーの多くが望んでいる性能である．しかしながら，並列化の恩恵をさらに増大させるには，プログラムコードをある程度は改良しなければならない．

このような観点から，今年度はプログラムコード改良の手法について報告する．SX-4 にはプログラムコードのベクトル化や並列化に関する解析のためのツールが備わっている．しかし，これらのツールを利用することはこれまでほとんどなく，ツールの具体的な使用法についての知識は十分ではなかった．そこで，これらのツールの一つである ANALYZER について少し調べてみた．ANALYZER の使用法について不案内なユーザーが多いと思うので，簡単な使用例として紹介する．実際のところ，ANALYZER をある程度使えるまでに少々時間を費やした．必要な情報がマニュアルのどこに記述されているかを捜し当てるのがそれほど容易ではないからである．ここで紹介する使用例は試行錯誤の結果として得られたもので，模範例とは異なっているかもしれないが，多くのユーザーの参考になれば幸いである．

表 1: CPU 数と並列化の効率

CPU 数	MFLOPS 値	平均ベクトル長	ベクトル演算率	CPU 時間	
1	1040.9	192.4	99.0	48.4	
4	1898.7	208.3	99.2	26.5	(6.2)
8	2132.5	208.3	99.2	23.6	(3.3)
16	2260.2	208.3	99.2	22.3	(1.9)

ANALYZER の説明の前に，固有値計算の結果についてもう一度見てみよう．表 1 は前年度の報告の表 3 と同じで，同じ計算 (行列の次元は 1600) を CPU 数を変えて実行した結果

[1] 大阪大学大型計算機センターニュース Vol. 28, No. 1, p. 84

である．表中の数値は‘setenv F_PROGINF DETAIL’を指定して得られるプログラム情報による．この表でのCPU時間(単位は秒)は課金対象CPU時間，すなわち，1台以上で実行した時間である．また，CPU時間の括弧内の数字は2台以上で実行した時間であり，3台以上で実行した時間などはこれとほぼ同程度である．表より，CPU数を2倍にすると2台以上で実行した時間がほぼ半減すること，また，1台以上で実行した時間から2台以上で実行した時間を差し引いた時間はほぼ20程度で変化しないことが分かる．おそらく，2台以上で実行した時間がループ長の長い部分の計算時間であり，並列化が有効に機能していると考えられる．一方，1台以上で実行した時間から2台以上で実行した時間を差し引いた時間はループ長の短い部分の計算時間であり，並列化はほとんど機能していない．

ここで，問題となるのは，プログラムのどの部分で並列化が機能していないのかという点である．実は，前回の報告では，誤った先入観から不正確な推測をしてしまった．そこで，今回は，ANALYZERの解析に基づいて正確に推測する．ANALYZERの機能には実行時間解析(‘-tm’)，実行回数解析(‘-ct’)，静的解析(‘-st’)がある(括弧内はそれぞれの機能を選ぶためのオプション)．通常は実行時間解析あるいは実行回数解析が主であるが，静的解析はプログラムコード作成時のデバッグなどにも有効である(詳細についてはマニュアル「ANALYZER-P/SX利用の手引」を参照)．ANALYZERはfanpコマンドで起動でき，ベクトル化の解析だけであれば(CPU数が1の場合)，tss接続のもとで

```
fanp -tm prog.f /usr/lib/asl < input.dat > output.dat
```

とすると，実行時間の解析が行われる(プログラムファイルprog.fや入出力の指定は適当に変更しても良い)．ここでは，ASLライブラリ中の実対称行列の全固有値・全固有ベクトルを求めるDCSMAAサブルーチンを用いているので，/usr/lib/aslをリンクしている．解析の結果はfanp.Lというファイルに書き込まれ，出力例1のように，各プログラム単位毎のCPU時間やMFLOPS値などが出力される(より詳しい出力も可能であるが，そのオプションについてはマニュアルを参照)．

並列化についての解析もほぼ同様であるが，CPU数が複数なので，バッチ処理する必要がある．また，通常は，並列化に関するf77sxコマンドのオプションを‘-tm’オプションの後に指定する．ここで，注意しなければならない点は‘-fopp’以下のオプションが無効になってしまうことである．この‘-fopp’は自動並列化のための最適化プリプロセッサを起動させる重要なオプションであるが，この最適化プリプロセッサはANALYZERと同時には起動できないようである．このため，自動並列化を使用する場合は，以下のように2段階に分ける必要がある．まず，f77コマンドで最適化プリプロセッサを起動してプログラムコードを展開し，その展開したプログラムコードを保存する．すなわち，tss接続のもとで

```
f77 -EO -F -P auto -Wf"-reserve=4 -fopp par for=4" prog.f
```

とする．オプション‘-EO’(大文字のO)は最適化プリプロセッサを起動し，展開したプログラムコードをv.入力ファイル名(今の場合はv.prog.f)というファイルに保存すること，‘-F’は最適化プリプロセッサ起動後のコンパイルとリンクは行わないことを意味する．また，‘-P’

以下は自動並列化のためのオプションである．次に，バッチ処理で，その保存してあるプログラムコードを ANALYZER を起動して実行する．バッチジョブスクリプトの例を示すと，

```
#!/usr/bin/csh
#@$-q p4
#@$-lt "1:00:00"
#@$-lm "512MB"
#@$
setenv F_PROGINF DETAIL
setenv F_RSVTASK 4
fanp -tm -multi v.prog.f /usr/lib/asl < input.dat > output.dat
```

となる．出力例 2 にあるように，解析の結果には並列化に関する情報が追加される．最適化プリプロセッサによってプログラム単位が分割され，それらは元のプログラム単位名$1 などで表されている．また，出力例 2 にはプログラム情報の一部も付け加えてあるが，このプログラム情報と ANALYZER の解析結果の情報とが異なっていることもある (基準となる CPU 時間が異なるため?)．少し注意が必要である．

表 2: ANALYZER の結果 1 (DCSMAA サブルーチン使用)

PROG.UNIT	EXCLUSIVE CPU TIME(	%)	MFLOPS	V.OP. RATIO	AVER. V.LEN	MICRO RES%	
TRNSEV	22.491(	47.1)	612.6	98.51	194.9		
HMLEVV	20.388(	42.7)	1787.2	99.60	217.1		
STRCHK	4.590(	9.6)	20.8	72.81	14.7		
EQIPAT	0.234(	0.5)	51.0	96.53	177.5		
TRNSEV$1	22.631(	51.7)	608.8	98.49	194.9	22.1	5.90
HMLEVV	20.297(	46.3)	1795.1	99.60	217.1		
STRCHK	0.356(	0.8)	0.7	0.10	71.3		
STRCHK$1	0.235(	0.5)	424.7	99.68	165.8	0.2	0.05
EQIPAT$1	0.218(	0.5)	47.6	96.09	177.0	0.2	0.05

ANALYZER 出力中の重要な数値を表 2 に示す．上半分が CPU 数が 1 の場合 (出力例 1)，下半分は CPU 数が 4 の場合 (出力例 2) であり，各プログラム単位毎の CPU 時間 (正確には排他的 CPU 時間)，MFLOPS 値，ベクトル演算率，平均ベクトル長を表にしている．ただし，CPU 時間が全体の 0.5%未満のものは省いている．また，並列化に関する情報として，マイクロタスクレジデンス時間 (ほぼ課金対象 CPU 時間と考えて良い) の全体に対する割合が示されている．全体のマイクロタスクレジデンス時間は明示されていないが，性能の MFLOPS 値からほぼ 26.7 sec と見積られるので，割合の後に時間の推定値も示してある．この割合が

表示されていないプログラム単位ではCPU時間がマイクロタスクレジデンス時間となる．表より，プログラム単位TRNSEVとHMLEVVがCPU時間の大部分を占めていることが分かる．プログラム単位STRCHKのCPU時間は，CPU数が1の場合には全体の10%程度であったが，CPU数が4の場合には自動並列化によって効率良く計算され全体の1%程度にまで小さくなっている．プログラム単位TRNSEV$1などの自動並列化で分割されたものは，CPU時間のほぼ1/4がマイクロタスクレジデンス時間となっており，並列化が機能していることが分かる．

この結果はプログラム単位HMLEVVを改良し並列化に対応させるのが適当であるということを意味する．ところが，HMLEVVはほぼASLライブラリのDCSMAAサブルーチンそのものといってよく，ANALYZERによる解析の前は，並列化に十分配慮されていると考えていた．これが，上で述べた誤った先入観であり，並列化についての知識不足のなせるわざである．実は，DCSMAAサブルーチンは並列化には全く配慮されていないのである(ベクトル化に配慮されていることは，高いMFLOPS値から推測できる)．より正確にいえば，/usr/lib/aslをリンクする方法では並列化の恩恵を得ることはできない．ASLライブラリの原始プログラムコードを読み込んで，それに最適化プリプロセッサを起動させた後，コンパイルとリンクを行うような手続きでなければならない．

このような手続きを行うオプションは現在のところ見あたらない(私の調べた範囲では)．しかし，調べているうちに，マニュアル「ASL/SX利用の手引<並列処理機能編>」から，DCSMAAの並列版であるQCSMAAサブルーチンの存在に気がついた．早速，以下のようにして，DCSMAAからQCSMAAへと変更し，計算を行った．

```
c      call dcsmaa(a,lna,n,e,w1,ierr)
*PDIR RESERVE=4
       ntask=4
       call qcsmaa(a,lna,n,e,w1,ntask,ierr)
*PDIR RELEASE
```

ここで，ntaskはタスク数で，通常，CPU数に一致させる．出力例3はその計算の解析結果であり，重要な数値を表3に示す．

表3: ANALYZERの結果2 (QCSMAAサブルーチン使用)

PROG.UNIT	EXCLUSIVE CPU TIME(	%)	MFLOPS	V.OP. RATIO	AVER. V.LEN	MICRO RES%	
TRNSEV$1	22.771(	72.5)	605.1	98.48	194.9	41.1	5.78
HMLEVV	7.877(	25.1)	1159.2	99.07	167.0		
STRCHK	0.268(	0.9)	1.0	0.11	71.2		
STRCHK$1	0.236(	0.8)	422.4	99.68	165.8	0.4	0.05
EQIPAT$1	0.224(	0.7)	46.4	95.96	177.0	0.4	0.05

表3より，HMLEVVのCPU時間(マイクロタスクレジデンス時間でもある)がかなり小さくなったことが分かる．さらに，出力例3のプログラム情報から，1台以上で実行した時間と4台以上で実行した時間とがほぼ同程度になったことが分かる．これらのことから，QCSMAAサブルーチンは並列化に十分対応しているといえる．ただし，MFLOPS値はかなり低下している．また，全体の課金対象CPU時間は27.2から14.5(53%程度)に減っている．

さて，本題のプログラムコード改良という観点に戻る．マイクロタスクレジデンス時間の大部分はやはりHMLEVVとTRNSEVであるが，HMLEVVのこれ以上の改良はもはや望めない．しかし，TRNSEVでは，そのMFLOPS値が600程度とそれほど良くない．そこで，TRNSEVについて，DOループの順番を変えて最内のループ長が最も大きくなるように改良を試みた(およそ10分の作業)．その改良したTRNSEVを用いた計算の解析結果を表4に示す．

表4: ANALYZERの結果3 (TRNSEVの改良後)

PROG.UNIT	EXCLUSIVE CPU TIME(	%)	MFLOPS	V.OP. RATIO	AVER. V.LEN	MICRO RES%	
HMLEVV	7.786(	56.3)	1171.0	99.08	167.2		
TRNSEV$1	5.245(	37.9)	1874.4	99.21	228.5	14.5	1.34
STRCHK	0.259(	1.9)	1.0	0.11	71.2		
STRCHK$1	0.258(	1.9)	387.1	99.62	165.8	0.7	0.07
EQIPAT$1	0.234(	1.7)	44.3	95.64	177.0	0.6	0.06

表4より，TRNSEV$1のMFLOPS値が1900程度にまで向上し，CPU時間とマイクロタスクレジデンス時間がかなり小さくなっていることが分る．全体の課金対象CPU時間は14.5から11.1(79%程度)に減っており，TRNSEVの改良がかなりの成果をあげたといえる．ここまでの改良の結果をまとめたのが表5であり，表1と同じように，プログラム情報からの数値を，改良前，DCSMAAからQCSMAAへの変更後，TRNSEVの改良後の順で示してある．CPU数が4の場合よりは，CPU数が8の場合のほうが改良の成果は高くなる．しかし，CPU数を16にしても改良の成果はそれほど上がらないので，最適なCPU数は8となる．

以上のように，プログラムコードを少し改良することによって，並列化が効率良く行われることが分かった．また，改良を行う場合に，ANALYZERの使用が有効な手法となることも実感した．結論として，固有値計算のベクトル化と並列化がSX-4で有効に機能していることを述べる．最後に，要望を一つ付け加えておく．今回の場合，DCSMAAの並列版であるQCSMAAサブルーチンが用意されていたために，並列化が有効に機能したといえる．しかし，ASLライブラリのすべてのサブルーチンに並列版があるわけではない．一方，最適化プリプロセッサはマイクロタスク機能に関する自動並列化をかなり効率良く行うことができる．もし，ASLライブラリの原始プログラムコードを読み込んで，それに最適化プリプロセッサを起動させた後，コンパイルとリンクを行うような手続きが可能ならば，多くのユーザにとって朗報になるであろう．なんらかの対策をお願いしたい．

表 5: 改良の成果

CPU 数	MFLOPS 値	平均ベクトル長	ベクトル演算率	CPU 時間	
4	1853.1	207.9	99.2	27.2	(6.4)
8	2078.7	207.9	99.1	24.2	(3.6)
16	2221.9	207.9	99.1	22.7	(2.0)
4	3460.2	175.2	98.9	14.5	(14.0)
8	5434.7	147.9	98.6	9.3	(8.8)
16	6558.5	103.2	97.8	7.7	(7.3)
4	4190.5	175.5	99.0	11.1	(10.5)
8	6559.7	142.9	98.7	7.1	(6.7)
16	6804.5	94.3	97.7	6.8	(6.4)

出力例

出力例 1: CPU 数が 1 の場合

```
*-------------------------*
  SUMMARY LIST
*-------------------------*

ANALYZER-P/SX REVISION :  REV.260
ANALYZED DATE          :  Mon Mar  1 12:18:04 1999
FANP OPTIONS           :  -tm

EXECUTION TIME         :  CPU TIME      =   0 : 00 ' 47 " 712 (    47.712 sec)
                          ELAPSED TIME   =   0 : 00 ' 48 " 403 (    48.403 sec)

INSTRUCTION INFORMATION:  INSTRUCTION COUNT           =     1439017582
                          FLOATING POINT ELEMENT COUNT =    50325952355
                          VECTOR INSTRUCTION COUNT     =      481001288
                          VECTOR ELEMENT COUNT         =    92564925786

PERFORMANCE            :    1960.140 MOPS   1054.777 MFLOPS (BY CPU TIME)

MEMORY INFORMATION     :  BANK CONFLICT : NONE

VECTOR INFORMATION     :  VECTOR OPERATION RATIO =  98.98 %
                          AVERAGE VECTOR LENGTH  = 192.4


*-------------------------------------------------------------------------*
  PROGRAM UNIT SUMMARY LIST
*-------------------------------------------------------------------------*

PROG.UNIT  ATR.  CODE  FREQUENCY  INCLUSIVE          EXCLUSIVE          MOPS   MFLOPS  V.OP.  AVER.  BANK
                                  CPU TIME(   % )    CPU TIME(   % )                    RATIO  V.LEN  CONF

TRNSEV     SUB                3   22.491( 47.1)      22.491( 47.1)   1486.4   612.6  98.51  194.9
HMLEVV     SUB                3   20.392( 42.7)      20.388( 42.7)   2904.7  1787.2  99.60  217.1
STRCHK     MAIN               1   47.712(100.0)       4.590(  9.6)    176.5    20.8  72.81   14.7
EQIPAT     SUB                3    0.234(  0.5)       0.234(  0.5)    220.9    51.0  96.53  177.5
FATREV     SUB                1    0.005(  0.0)       0.005(  0.0)   1774.9   778.7  99.33  163.5
EKBLBC     SUB              960    0.004(  0.0)       0.004(  0.0)     55.4    25.9   0.00    0.0
TRAPAR     SUB                1    0.000(  0.0)       0.000(  0.0)     23.1     0.4   0.95   10.4
LMMTBL     SUB                1    0.000(  0.0)       0.000(  0.0)     22.9     0.0   1.75    5.0
```

出力例 2: CPU 数が 4 の場合 (DCSMAA サブルーチン使用)

```
*-------------------------*
  SUMMARY LIST
*-------------------------*

ANALYZER-P/SX REVISION :  REV.260
ANALYZED DATE          :  Mon Mar  1 11:11:31 1999
FANP OPTIONS           :  -tm

EXECUTION TIME         :  CPU TIME       =   0 : 00 ' 43 " 815 (    43.815 sec)
                          ELAPSED TIME    =   0 : 00 ' 28 " 064 (    28.064 sec)

INSTRUCTION INFORMATION:  INSTRUCTION COUNT            =     1201268311
                          FLOATING POINT ELEMENT COUNT =    50330585490
                          VECTOR INSTRUCTION COUNT     =      443947643
                          VECTOR ELEMENT COUNT         =    92462088141

PERFORMANCE            :    2127.593 MOPS   1148.720 MFLOPS (BY CPU TIME)
                            3492.052 MOPS   1885.412 MFLOPS (BY MICROTASK RESIDENCE TIME)

MEMORY INFORMATION     :  BANK CONFLICT : NONE

VECTOR INFORMATION     :  VECTOR OPERATION RATIO =  99.19 %
                          AVERAGE VECTOR LENGTH  = 208.3

PARALLEL INFORMATION   :  EXECUTED BY MICROTASKING
                          PROCESSOR UTILIZATION          =  1.69
                          CONCURRENT USAGE       ( 1CPU) = 76.3%
                                                 ( 2CPU) =  0.2%
                                                 ( 3CPU) =  1.6%
                                                 ( 4CPU) = 21.9%

MICROTASK INFORMATION  :  PARALLELIZATION RATIO =  52.6 %
```

```
*-----------------------------------------------------------------------*
  PROGRAM UNIT SUMMARY LIST
*-----------------------------------------------------------------------*
```

PROG.UNIT	ATR.	CODE	FREQUENCY	INCLUSIVE CPU TIME(%)	EXCLUSIVE CPU TIME(%)	MOPS	MFLOPS	V.OP. RATIO	AVER. V.LEN	BANK CONF	MICRO RES%	PROC. UTIL.	MICRO PARA.
TRNSEV$1	SUB.M	MUL	12	22.631(51.7)	22.631(51.7)	1477.5	608.8	98.49	194.9		22.1	3.84	99.7
HMLEVV	SUB		3	20.329(46.4)	20.297(46.3)	2916.5	1795.1	99.60	217.1				
STRCHK	MAIN		1	43.815(100.0)	0.356(0.8)	30.3	0.7	0.10	71.3				
STRCHK$1	SUB.M	MUL	12	0.235(0.5)	0.235(0.5)	2077.8	424.7	99.68	165.8		0.2	3.98	99.4
EQIPAT$1	SUB.M	MUL	88	0.218(0.5)	0.218(0.5)	207.6	47.6	96.09	177.0		0.2	3.91	97.7
EQIPAT$2	SUB.M	MUL	12	0.033(0.1)	0.033(0.1)	206.0	48.0	96.35	180.5		0.0	3.39	98.2
HMLEVV$2	SUB.M	MUL	12	0.016(0.0)	0.016(0.0)	960.8	0.0	98.37	228.6		0.0	3.05	65.0
HMLEVV$1	SUB.M	MUL	12	0.009(0.0)	0.009(0.0)	892.3	0.0	96.64	219.9		0.0	3.14	62.1
FATREV$1	SUB.M	MUL	4	0.007(0.0)	0.007(0.0)	1181.3	516.5	98.99	163.5		0.0	3.53	81.2
EKBLBC	SUB		960	0.006(0.0)	0.006(0.0)	52.8	16.3	0.00	0.0				
EQIPAT	SUB		3	0.253(0.6)	0.002(0.0)	38.5	4.5	2.93	16.0				
TRNSEV	SUB		3	22.633(51.7)	0.002(0.0)	10.6	0.0	2.15	19.5				
TRAPAR	SUB		1	0.001(0.0)	0.001(0.0)	20.0	0.3	0.70	10.4				
LMMTBL	SUB		1	0.000(0.0)	0.000(0.0)	19.2	0.0	1.15	5.0				
FATREV	SUB		1	0.007(0.0)	0.000(0.0)	10.0	0.2	10.72	19.5				

```
      ******    プログラム  情報    ******
経過時間 (秒)                :        28.505054
ユーザ時間 (秒)              :        45.724596
システム時間 (秒)            :         0.282501
ベクトル命令実行時間 (秒)    :        41.563588
全命令実行数                 :      1236662866.
ベクトル命令実行数           :       444820758.
ベクトル命令実行要素数       :     92483979173.
浮動小数点データ実行要素数   :     50332780216.
MOPS 値                      :      2039.948506
MFLOPS 値                    :      1100.781300
MOPS 値   (実行時間換算)     :      3434.148894
MFLOPS 値 (実行時間換算)     :      1853.108974
平均ベクトル長               :       207.912912
ベクトル演算率 (%)           :        99.151075
メモリ使用量 (MB)            :       184.000000
最大同時実行可能プロセッサ数 :               4.
   1台以上で実行した時間 (秒) :        27.161263
   2台以上で実行した時間 (秒) :         6.369951
   3台以上で実行した時間 (秒) :         6.316731
   4台以上で実行した時間 (秒) :         5.876567
```

出力例 3: CPU 数が 4 の場合 (QCSMAA サブルーチン使用)

```
*-------------------------*
  SUMMARY LIST
*-------------------------*

ANALYZER-P/SX REVISION :  REV.260
ANALYZED DATE          :  Mon Mar  1 11:29:50 1999
FANP OPTIONS           :  -tm

EXECUTION TIME         :  CPU TIME      =   0 : 00 ' 31 " 425 (    31.425 sec)
                          ELAPSED TIME  =   0 : 00 ' 14 " 414 (    14.414 sec)

INSTRUCTION INFORMATION:  INSTRUCTION COUNT            =     933655940
                          FLOATING POINT ELEMENT COUNT =   23024460429
                          VECTOR INSTRUCTION COUNT     =     265556048
                          VECTOR ELEMENT COUNT         =   49066364626

PERFORMANCE            :    1582.644 MOPS    732.682 MFLOPS (BY CPU TIME)
                            3537.739 MOPS   1637.789 MFLOPS (BY MICROTASK RESIDENCE TIME)

MEMORY INFORMATION     :  BANK CONFLICT : NONE

VECTOR INFORMATION     :  VECTOR OPERATION RATIO =  98.66 %
                          AVERAGE VECTOR LENGTH  = 184.8

PARALLEL INFORMATION   :  EXECUTED BY MICROTASKING
                          PROCESSOR UTILIZATION          =  3.93
                          CONCURRENT USAGE       ( 1CPU) =   1.3%
                                                 ( 2CPU) =   0.1%
                                                 ( 3CPU) =   2.6%
                                                 ( 4CPU) =  96.0%

MICROTASK INFORMATION  :  PARALLELIZATION RATIO =  73.5 %
```

```
*-----------------------------------------------------------------------*
  PROGRAM UNIT SUMMARY LIST
*-----------------------------------------------------------------------*
```

PROG.UNIT	ATR.	CODE	FREQUENCY	INCLUSIVE CPU TIME(%)	EXCLUSIVE CPU TIME(%)	MOPS	MFLOPS	V.OP. RATIO	AVER. V.LEN	BANK CONF	MICRO RES%	PROC. UTIL.	MICRO PARA.
TRNSEV$1	SUB.M	MUL	12	22.771(72.5)	22.771(72.5)	1468.5	605.1	98.48	194.9		41.1	3.94	99.6
HMLEVV	SUB		3	7.883(25.1)	7.877(25.1)	1997.6	1159.2	99.07	167.0				
STRCHK	MAIN		1	31.425(100.0)	0.268(0.9)	37.4	1.0	0.11	71.2				
STRCHK$1	SUB.M	MUL	12	0.236(0.8)	0.236(0.8)	2066.7	422.4	99.68	165.8		0.4	3.97	99.2
EQIPAT$1	SUB.M	MUL	88	0.224(0.7)	0.224(0.7)	202.6	46.4	95.96	177.0		0.4	4.07	96.8
EQIPAT$2	SUB.M	MUL	12	0.032(0.1)	0.032(0.1)	208.6	48.6	96.48	180.5		0.1	3.86	98.7
EKBLBC	SUB		960	0.007(0.0)	0.007(0.0)	50.3	15.5	0.00	0.0				
FATREV$1	SUB.M	MUL	4	0.006(0.0)	0.006(0.0)	1396.5	611.7	99.16	163.5		0.0	3.46	90.0
EQIPAT	SUB		3	0.258(0.8)	0.002(0.0)	39.4	4.6	2.93	16.0				
TRAPAR	SUB		1	0.001(0.0)	0.001(0.0)	19.9	0.3	0.70	10.4				
TRNSEV	SUB		3	22.772(72.5)	0.001(0.0)	10.6	0.1	6.94	19.5				
LMMTBL	SUB		1	0.000(0.0)	0.000(0.0)	18.8	0.0	1.15	5.0				
FATREV	SUB		1	0.006(0.0)	0.000(0.0)	9.5	0.2	10.68	19.5				

```
      ******    プログラム  情報    ******
経過時間 (秒)                :        14.826453
ユーザ時間 (秒)              :        56.260034
システム時間 (秒)            :         0.325829
ベクトル命令実行時間 (秒)    :        45.289560
全命令実行数                 :      1652654094.
ベクトル命令実行数           :       544119871.
ベクトル命令実行要素数       :     95336405533.
浮動小数点データ実行要素数   :     50336967067.
MOPS 値                      :      1714.270911
MFLOPS 値                    :       894.719812
MOPS 値   (実行時間換算)     :      6629.770790
MFLOPS 値 (実行時間換算)     :      3460.239125
平均ベクトル長               :       175.212137
ベクトル演算率 (%)           :        98.850604
メモリ使用量 (MB)            :       184.000000
最大同時実行可能プロセッサ数 :               4.
   1台以上で実行した時間 (秒) :        14.547251
   2台以上で実行した時間 (秒) :        14.044997
   3台以上で実行した時間 (秒) :        14.025884
   4台以上で実行した時間 (秒) :        13.641852
```