

# 各種計算機基本性能調査

平成25年度第3四半期

## 目次

1.はじめに

2.SR16000/M1 システム

2.1 実数変数行列積計算

2.2 複素数変数行列積計算

2.3 性能モニターの注意点

3.XM1システム

3.1 smt=4の効果検証

3.2 32smpでのsmt=2,smt=4の性能比較

4.量子モンテカルロ法による物性スペクトル  
計算での6倍精度演算の改良

4.1 SR16000/M1 システム

4.2 BG/Q システム

4.3 x5570,e5430,T2Kシステム

# 1. はじめに

**使用しました主な計算機の論理最大性能は以下の様なものです。**

SR16000/M1	1ノード	980.48GFLOPs
BG/Q	1ノード	204.8GFLOPs
XM1	1ノード	844.8GFLOPs

**扱ったプログラムは,サイズが数十から数百の実数型及び複素数型変数の行列積で,演算量の少ないプログラムの測定方法として性能モニターの使用上の注意点とsmt=4の効果検証として,SR16000/M1,XM1システムを使用しています。**

**また前四半期での量子モンテカルロ法による物性スペクトル計算で6倍精度演算の改良ができたので,前回との比較で,上記3つのシステム以外でx5570,e5430,T2kシステムを使用しています。**

## 2.SR16000/M1 システム

行列積計算を行う場合、行列のサイズNが小さい場合、3つの行列すべて合わせてもキャッシュに収まる範囲にあります。

行列積計算で $C = A^T B$ を実行する場合の  
総メモリ所要量

N	実数型	複素数型
32	24KB	48KB
64	96KB	192KB
96	216KB	432KB
128	384KB	768KB
256	1536KB	3MB
512	6MB	12MB
768	13.5MB	27MB

赤色 L1D内に収まる。

緑色 L2内に収まる。

紫色 L3内に収まる。

**$N > 100$  (3桁) でキャッシュチューニングが重要となる。**

キャッシュチューニングの際、内積型計算を使用する場合  
主要演算時の所要メモリ量  $N(N+2) \times 8$  or  $16$  が  
2MB以下に抑える事が重要になります。

### 主要演算時の所要メモリ量

実数型  $N \times (N + 2) \times 8$  バイト

複素数型  $N \times (N + 2) \times 16$  バイト

N	実数型	複素数型
31	8KB	16KB
63	32KB	64KB
64	33KB	66KB
100	80KB	160KB
192	291KB	582KB
256	516KB	1032KB
289	657KB	1314KB
384	1158KB	2316KB

## SR16000/M1 1ノードで内積型行列積計算で 性能が出る条件

- (1) *simd*命令が適用される。
- (2) 最内側ループ( $k$ )内の演算で24の乗加算命令が適用される
- (3) 最外側ループ( $j$ )のループ長が $4 \times 32 = 128$ の倍数
- (4) 中間のループ( $i$ )のループ長が $6 \times 2^n$ の倍数
- (5) 主要演算時の所要メモリ量が2MB以下

**実数型では $N=384$ が上記すべての条件を満たす。  
複素数型ではすべてをみたすサイズはないので  
 $N$ に応じて最適なものを探します。**

**これらの事から $N$ が3桁でも実数型では $N=504$ ,  
複素数型では $N=360$ を境にチューニング手法を  
変える必要が出てきます。**

## 2.1 実数型行列積計算

実数型行列積計算性能一覧表

内積タイプとは,以下の3重DO ループで

DO  $j = 1, n, lj$

DO  $i = 1, n, li$

DO  $k = 1, n$

$lj * li$ で示しています.

1ノード smt=off,smp=32 実行結果一覧

N	内積タイプ	GFLOPs
32	1*16	425.109
64	2*8	645.747
96	3*8	725.319
128	4*4	807.875
128	4*8	807.924
192	6*6	827.583
288	3*6	800.614
384	4*6	860.561

定義式どうりのソースでの結果(lj=1,li=1)

N	32smp	64smp
31	105.78	91.080
61	145.624	221.050
67	210.445	211.297
97	253.611	320.202
127	333.003	424.066

## 性能向上要件 (5) のテスト

$$N \times (N + 2) \times 8 \text{バイト} \leq 2 \text{MB}$$

での実数型行列積計算  
の性能

1ノード`smt=off,32smp

内積タイプ	N=480	N=504
4*6	819	833.002
6*6	739	780.324
4*8	813	849.898
4*4	827	831.878

## 2.2 複素数変数行列積計算

複素数型行列積計算性能一覧表

内積タイプとは、以下の3重DO ループで

DO  $j = 1, n, lj$

DO  $i = 1, n, li$

DO  $k = 1, n$

$lj * li$ で示しています。

1ノード smt=off,smp=32 実行結果一覧

N	内積形式	GFLOPs
32	1*16	227.796
64	2*4	454.764
64	2*8	451.572
96	3*4	602.258
128	4*4	470.995
192	3*6	677.963
192	3*4	719.704
192	6*3	817.149
288	9*1	774.796
288	3*6	739.758
288	3*4	809.752

定義式通りのソースでの結果(lj=1,li=1)

N	32smp	64smp
31	86.505	76.377
61	254.475	305.272
67	191.442	182.165
97	206.989	262.580
127	273.559	348.667



## 2.3 性能モニターの注意点

性能モニターの値はプロセスが同時に実行された  
としたCPU時間の和ですので、実際の経過時間と異なる  
場合がありますので、チェックが必要です。

```
setenv HF_BINDPROC_STRTDE 2  
-F'prunst(threadnum(32),bind(1))'
```

```
Load module name  : ./multin  
CPU time          : 13.170277[s]  
MFLOPS           : 860561.556  
MIPS              : 335694.039
```

MATRIX MULTIPLY

ELAPSE= 13.1857359409332275 SEC

RESULT

384 0.230037D+05

性能モニターのCPU時間と  
プログラムの経過時間  
が同じ。

```
setenv HF_BINDPROC_STRTDE 1  
-F'prunst(threadnum(96),bind(0))'
```

```
Load module name  : ./multin  
CPU time          : 10.833379[s]  
MFLOPS           : 1017702.113  
MIPS              : 397755.436
```

MATRIX MULTIPLY

ELAPSE= 20.9652042388916016 SEC

RESULT

384 0.230037D+05

性能モニターのCPU時間が  
プログラムの経過時間  
の約半分。

## 3.Xm1システム

### 3.1 smt=4の効果検証

検証は複素数変数行列積と実数変数行列積計算で  
*simd, nosimd*で行いました。

(1) 複素行列積  $C = (A^T B)^T \bar{A}$  を28000回計算する。

定義式どりに計算する複素数変数プログラム *CMULT*

実数変数で定義どりに計算するプログラム *RMULT*

*RMULT*は *simd, nosimd* で計算

(2) 実行列積  $C = A^T B$  を計算する。

実行回数は  $N = 288,384$     100,000回

$N = 480,504$     10,000回

アンローリング数は最外側4, 中間6

プログラムは *MULTIN*

複素変数行列積計算  $C = (A^T B)^T \bar{A}$

N=289,演算量=10814GFLOP  
実行時間(秒)一覧表

smp数	rmult	rmult	cmult	cmult
simd	on	off	on	off
32	44.887	193.428	71.381	50.786
64	39.372	206.027	58.254	60.995
97	46.455	84.652	62.35	51.837
128	64.086	84.476	72.36	52.887

N=288,演算量=10702GFLOP  
実行時間(秒)一覧表

smp数	rmult	rmult	cmult	cmult
simd	on	off	on	off
32	31.299	87.594	56.235	87.081
64	36.029	107.324	58.964	67.362
96	30.183	159.467	46.902	48.036
128	34.372	110.544	55.66	86.615

N=31,演算量=13.346368GFLOP  
実行時間(秒)一覧表

smp数	rmult	rmult	cmult	cmult
	on	off	on	off
32	0.124	0.176	0.189	0.193
64	0.155	0.205	0.212	0.212
96	0.195	0.236	0.395	0.219
128	0.321	0.219	0.434	0.261

**Smp数32,96が良い値となっています。**

# 実数変数行列積計算 $C = A^T B$

multin 4\*6タイプ simd

N=384, 演算量=11325GFLOP  
実行時間(秒)一覧表

smp数	実行時間	GFLOPs
32	16.436	689
64	34.195	331
96	24.207	468
128	25.639	442

N=288 演算量=4478GFLOP  
実行時間(秒)一覧表

smp数	実行時間	GFLOPs
32	10.116	443
64	18.239	246
72	14.379	311
96	13.047	343
128	17.722	253

N=480 演算量=2212GFLOP  
N=504 演算量=2560GFLOP  
実行時間(秒)一覧表

smp	n=480	n=480	n=504	n=504
	実行時間	GFLOPs	実行時間	GFLOPs
32	3.477	636	3.802	673
64	5.626	393	5.816	440
96	6.898	321	7.566	338
128	6.055	365	6.650	385

最高性能一覧表

N	GFLOPs	実行効率(%)
288	443	52
384	689	82
480	636	75
504	673	80

**最高性能はSR16000/M1と同じN=384で達成**

### 3.2 32smpでのsmt=2,smt=4の性能比較

smt = 2とsmt = 4での32smp性能比較

内積タイプ 4\*6

N	smt=2			smt=4		
	演算量	実行時間	性能	演算量	実行時間	性能
	(GFLOP)	(秒)	(GFLOPs)	(GFLOP)	(秒)	(GFLOPs)
288	4478	11.301	396	4478	10.116	443
384	11325	17.645	643	11325	16.436	689
408	1358	2.651	512	1358	2.771	490
432	1612	2.838	568	1612	2.927	488
456	1896	3.626	523	1896	3.394	559
480	2212	3.638	608	2212	3.599	615
504	2560	4.02	637	2560	3.802	673
528	2944	5.39	546	2944	5.351	560
768	9060	66.18	137	9060	58.292	155

内積タイプ 3\*4

N	smt=2			smt=4		
	演算量	実行時間	性能	演算量	実行時間	性能
	(GFLOP)	(秒)	(GFLOPs)	(GFLOP)	(秒)	(GFLOPs)
192	1416	3.269	433	1416	3.008	471
288	4478	12.048	372	4478	8.869	505

# 4量子モンテカルロ法による物性スペクトル計算 での6倍精度演算の改良

## 4.1 SR16000/M1 システム

6倍精度高速版			
	SR16000		
	プログラム	64smp	32core
	従来	23.743	28.837
	新規	22.568	27.539

**5%程度の性能改善**

## 4.2 BG/Qシステム

6倍精度高速版						
	BG/Q					
プログラム	8smp	10smp	16smp	32smp	64smp	
従来	332.4	307.402	282.699	270.78	262.615	
新規	318.926	294.745	270.525	258.317	251.187	

**5%程度の性能改善**

## 4.3 x5570,e5430,T2K システム

6倍精度高速版					
	x5570				
	プログラム	1smp	2smp	4smp	8smp
	従来	504.082	340.412	225.124	179.839
	新規	496.772	333.329	220.467	171.822
	e5430				
	プログラム	1smp	2smp	4smp	8smp
	従来	740.754	436.694	300.571	235.009
	新規	696.412	426.883	290.324	224.645
	t2k				
	プログラム	16smp			
	従来	320			
	新規	306			

**5%程度の性能改善**