

# 各種計算機基本性能調査

---

平成25年度第4四半期

## 目次

1.はじめに

2.SR16000/M1 システム

2.1 複素数変数行列積計算

2.2 性能モニターの注意点

3.XM1システム

3.1複素数変数行列積計算

4.BG/Qシステム

4.1複素数変数行列積計算

# 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複素数型変数の行列積です。**

前4半期での実数変数での行列積 $C^T = A^T B$ を  
今回は複素変数の行列積とし, SR16000, XM1  
では複素変数を2つの実数変数として計算し  
BG/Qでは複素変数のまま計算して拡張された  
SIMDの効果を見ています。

# 複素変数行列積計算

$$C^T = A^T B$$

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。

## 実数変数の場合

### 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

## 複素数変数の場合

### 性能が出る条件

- (1) *simd*命令が適用される。
- (2) 最外側ループ(*j*)のループ長 $N / l_j$ が32の倍数
- (3) 中間のループ(*i*)のループ長が $N / l_i$ が $2^n$ の倍数
- (4) 主要演算時の所要メモリ量が2MB以下
- (5)  $N(2 \times l_j + l_i) \times 8B \leq 32KB$

$$N = 384 \text{ は } N(N + 2) \times 16B = 2.25MB \geq 2MB$$

$$N = 192, 288 \text{ はともに } N(N + 2) \times 16B \leq 2MB \text{ をみたす.}$$

$$l_j = 3, l_i = 6, N = 288 \text{ では } N(2 \times l_j + l_i) \times 8B = 27KB$$

$$N = 384 \text{ では } l_j = 3, l_i = 6 \text{ で } N(2 \times l_j + l_i) \times 8B = 36KB$$

$$N = 384 \text{ では } l_j = 3, l_i = 4 \text{ で } N(2 \times l_j + l_i) \times 8B = 30KB$$

これらから、 $N = 288, l_j = 3, l_i = 6$ で861GFLOPs(実行効率87.8%)  
となっています。

## 2.SR16000/M1 システム

### 2.1 複素変数行列積計算

複素変数行列積計算

$$C^T = A^T B$$

SR16000/M1 性能測定結果

smt=off 32smp

N	タイプ	プログラム			性能モニター		
		演算量	実行時間	性能	演算量	実行時間	性能
		GFLOP	秒	GFLOPs	GFLOP	秒	GFLOPs
32	16*1	734	1.685	436	745	1.683	443
64	8*2	587	1.079	544	591	1.079	548
96	3*6	1982	2.449	809	1990	2.447	813
128	4*4	4698	6.100	770	4726	6.092	776
192	3*6	1585	1.925	823	1585	1.919	826
288	3*6	5351	6.212	861	5359	6.205	864
384	3*4	12684	15.234	833	12700	15.217	835

複素変数行列積計算

$$C^T = A^T B$$

SR16000/M1 性能測定結果

smt=on 64smp

N	タイプ	プログラム			性能モニター		
		演算量	実行時間	性能	演算量	実行時間	性能
		GFLOP	秒	GFLOPs	GFLOP	秒	GFLOPs
32	16*1	734	2.923	251	745	2.918	255
64	8*2	587	1.847	318	592	1.845	321
96	3*6	1982	4.819	411	1992	4.815	414
128	4*4	4698	11.660	403	4737	11.652	407
192	3*6	1585	1.965	807	1590	1.964	810
288	3*6	5351	10.178	526	5360	10.171	527
384	3*4	12684	19.178	661	12702	19.164	663
(注) smt=off,64smp,bind							
192	3*6	1585	1.950	813	1585	1.943	816

## 2.2 性能モニターの注意点

キャッシュミスが発生するサイズでは64smpではプログラムと性能モニターでの演算量が大きく異なる場合があります。

性能モニター検証 (SR16000/M1)

実行列積計算

```
32smp  setenv hf_bindproc_stride 2
        - F'prunst(threadnum(32),bind(1))'
64smp  setenv hf_bindproc_stride 1
        - F'prunst(threadnum(64),bind(0))'
        - F'prunst(threadnum(64),bind(1))'
```

N=768

プログラムでの測定

smp	bind	演算量 (GFLOP)	実行時間 (秒)	性能 (GFLOPs)
32	1	9060	71.930	125.956
64	0	9060	41.305	220.787
64	1	9060	40.128	225.778

性能モニターの値

smp	bind	演算量 (GFLOP)	実行時間 (秒)	性能 (GFLOPs)
32	1	9070	71.294	127.213
64	0	12431	41.158	302.016
64	1	12299	39.978	307.642

### 3. XM1システム

#### 3.1 複素数変数行列積計算

xm1 複素行列積性能測定結果							
	$C^T = A^T B$			smt=4			
	実行時間(秒),演算量(GFLOP),性能(GFLOPs)						
N	32	64	96	128	192	288	384
演算量	734	587	1982	4698	1585	5351	12684
タイプ	16*1	8*2	3*6	4*4	3*6	3*6	3*4
32smp	1.984	1.360	2.870	7.718	2.473	8.004	19.954
性能	370	432	691	609	641	669	636
64smp	4.630	3.101	7.982	22.277	3.644	15.478	30.317
性能	159	189	248	211	435	346	418
96smp	5.168	3.377	7.898	21.491	4.155	11.202	40.646
性能	142	174	251	219	381	478	312
128smp	10.637	6.571	9.649	37.58	7.379	16.438	34.771
性能	69	89	205	125	215	326	365
					32core	32core	
			(注)smt=2		2.567	8.274	
					617	647	

- 1.N=96で最速なのは,主要演算時のメモリがL2キャッシュ内に入る事によります。
- 2.smt=4の方がsmt=2の場合より性能が良い。

xm1 複素行列積性能測定結果

複素変数行列積

$$C = (A^T B)^T \bar{A}$$

smt=4

実行時間(秒),演算量(GFLOP),性能(GFLOPs)

N	32	64	96	128	192	288
演算量	14.68	117.44	396.36	939.52	3170.89	10701.77
タイプ	16*1	8*2	3*6	4*4	3*6	4*3
32smp	0.057	0.277	0.767	2.396	4.842	17.751
性能	258	424	517	392	655	603
64smp	0.127	0.62	3.29	5.222	13.77	32.405
性能	116	189	120	180	230	330
96smp	0.174	0.708	3.255	6.523	13.07	23.282
性能	84	166	122	144	243	460
128smp	0.265	1.258	3.89	9.001	23.852	39.163
性能	55	93	102	104	133	273
			32core			32core
			0.813	(注)smt=2		18.907
			488			566

1. 主要演算時のメモリ容量が増えるため、最速なサイズはN=96からN=192に変わっています。
2. smt=4の方がsmt=2の場合より性能が良い。

## 4.BG/Qシステム

### 4.1複素数変数行列積計算

$$C^T = A^T B$$

の計算を複素数変数のままと、実数変数に直した場合を実行。

SIMD命令を適用させるため、

–qstrict オプションは外しています。

測定条件は

1ノード openmpによる並列化

bg 複素変数行列積

$$C^T = A^T B$$

-O5 -qarch = qp -qtune = qp -qcache = auto  
-qhot = level = 2 -qipa = level = 2 -qsimd = auto  
-qsmp = omp

複素数型

実行時間一覧表(秒)

n	演算量 (GFLOP)	タイプ	16smp	32smp	48smp	64smp
32	734	1*16	78.359	97.998		
64	587	2*8	25.179	22.174		
96	198	3*4	4.094	3.930	3.831	
128	470	2*4	10.283	11.250		8.200
192	1585	3*4	32.378	25.078	22.773	22.917
288	5351	3*4	102.125	64.950	70.568	
384	12684	3*4	231.934	154.786		156.162

(注)48smpでは,96,192はタイプ2\*4にしている。

**最高性能は82GFLOPs**

bg 複素変数行列積

$$C^T = A^T B$$

-O3-qarch = qp -qtune = qp -qcache = auto -qhot = level = 1  
-qipa = level = 1  
-qsimd = auto -qsmp = omp

複素数型

実行時間一覧表(秒)

n	演算量 (GFLOP)	タイプ	16smp	32smp	48smp	64smp
96	198	3*4	4.075	3.448	3.673	
128	470	2*4	10.155	7.928		8.123
192	1585	3*4	32.373	20.034	22.314	20.523
256	3758	2*4	81.983	49.812		57.069
288	5351	3*4	100.029	63.432	70.078	
384	12684	3*4	238.699	153.374		155.539

(注)48smpでは,96,192はタイプ2\*4にしている。

**性能は84GFLOPs,83GFLOPsと-O5の場合より少し良くなっています。(誤差の範囲)**

bg 複素変数行列積

$$C^T = A^T B$$

-O5 -qarch = qp -qtune = qp -qcache = auto  
-qhot = level = 2 -qipa = level = 2 -qsimd = auto  
-qsmp = omp

実数型

実行時間一覧表(秒)

n	演算量 (GFLOP)	タイプ	16smp	32smp	48smp	64smp
32	734	1*16	125.247	124.539		
64	587	2*8	19.187	20.635		
96	198	3*4	4.894	4.909	5.200	
128	470	2*4	10.513	10.522		10.205
192	1585	3*4	43.199	33.340		24.860
288	5351	3*4	123.406	106.704	87.407	
384	12684	3*4	263.06	256.902		187.866

(注)48smpでは,96,192はタイプ2\*4にしている。

**ソースはSR16000/M1, XM1と同じものを使用。  
性能は64GFLOPs, 61GFLOPs, 68GFLOPsと  
複素変数の場合に比べて有意に劣っています。**