各種計算機アプリケーション性能比較

平成２５年度第4四半期

目次

各種計算機

アーキテクチャの相違は性能のみならず,精度,コンパイラの最適化機能,互換性にも影響が出てきます。主に使用した計算機は以下の2つです。

(ア)SR16000/M1

プロセッサ:power7
周波数:3.83GHz
1ノード当たり
CPUコア数 32(物理的),64(論理的)
理論最大性能　980.48 GFLOPs
メモリ容量 256GB
メモリアーキテクチャー　NUMA,(16論理コア単位でflat)
SIMD(Single Instruction Multiple Data)をサポートするVSX機構付き
L3キャッシュ　On-Chip 32MB/8コア
演算器/物理コア　乗加算器4つ

(イ)BG/Q

周波数　1.6GHz
1 ノード　16core　論理性能　204.8GFLOPs
L1 キャシュ　16/16KB (Core)
L2　32MB (node)
Main storage　16GB　(Core)
Smt=1,2,4

これらのほかに

x5570 8コア　2.93GHz　キャシュ　8MB/コア

e5430 16コア　2.66GHz　キャシュ 12MB/コア

などとも比較しています.

1.はじめに

今回の比較は
（1）SR16000でのdd形式とieee形式の比較を
　-ieeequad オプションを使用して行って
います。またx5570,e5430システムとの
比較も行っています。
（2）SR16000/M1,XM1,BG/Qシステムでは
行列積計算でSIMD,SMT数,拡張SIMDでの
結果に関して行っています。
（3） x5570,e5430システムでは
ヒルベルト行列と、量子モンテカルロ法による
物性スペクトル計算で,整数演算法式の多倍長
演算の結果に関して行っています。

2.-ieeequad オプション

X5570,e5430などではDD形式とieee形式の比較は行われるが、SR16000システムでは-ieeequadオプションにより,
DD形式とieee形式の比較が行えます。

2.1 行列積

4倍精度実行列積計算

SR16000　ieee形式　– ieeequad　– F'PORT(IEEE)'

N = 256

x5570, e5430　– O3　– parallel

CPU	smp数	ミリ秒	QMFLOPs	備考	性能モニター	GFLOPs
SR16000	32	3.042	11029	DD	3.024	188.648
SR16000	1	8554	3.9	IEEE		
SR16000	2	5203	6.4	IEEE		
SR16000	4	5144	6.5	IEEE		
SR16000	8	5228	6.4	IEEE		
SR16000	16	6795	4.9	IEEE		
SR16000	32	7492	4.5	IEEE		
SR16000	64	8467	4.0	IEEE		
x5570	1	734.7	45.7			
x5570	2	378.9	88.6			
x5570	4	217.7	154.1			
x5570	8	107.4	312.4			
e5430	1	1128.4	29.7			
e5430	2	574.2	58.4			
e5430	4	283.6	114.3			
e5430	8	162.3	206.7			

SR16000システムではieee形式は３桁遅くなっています。

シングルジョブ性能比較

N=256の行列積		ミリ秒
CPU	精度	実行時間
SR16000	QUAD	8683
x5570	4倍精度	738
	8倍精度	3214
	10倍精度	4645
	12倍精度	6983
	14倍精度	9095
	16倍精度	10982
e5430	4倍精度	1146
	8倍精度	4611
	10倍精度	6216
	12倍精度	9536
	14倍精度	12492
	16倍精度	14987

シングルジョブでは,SR16000はx5570,e5430に比べ一桁性能が悪い。

加算及び乗算の原因調査

CPU	演算	精度	サイズ	実行時間（ミリ秒）
SR16000	加算	QUAD	4096	3655
SR16000	乗算	QUAD	4096	4586
x5570	加算	4倍精度	4096	280
x5570	乗算	4倍精度	4096	349
x5570	加算	8倍精度	4096	1266
x5570	乗算	8倍精度	4096	2056
e5430	加算	4倍精度	4096	476
e5430	乗算	4倍精度	4096	564
e5430	加算	8倍精度	4096	1749
e5430	乗算	8倍精度	4096	3194
SR16000	加算	QUAD	2048	925
SR16000	乗算	QUAD	2048	1162
x5570	加算	12倍精度	2048	403
x5570	乗算	12倍精度	2048	1345
x5570	加算	16倍精度	2048	531
e5430	加算	12倍精度	2048	587
e5430	乗算	12倍精度	2048	1963
e5430	加算	16倍精度	2048	788
SR16000	加算	QUAD	1024	231
x5570	加算	32倍精度	1024	253
x5570	加算	68倍精度	1024	493
e5430	加算	32倍精度	1024	393
e5430	加算	68倍精度	1024	758

SR16000では加算と乗算を比べると加算に問題があると言えます。

2.2 infra box計算

$$I=\int_0^1\int_0^{1-x}\int_0^{1-x-y}\frac{1}{D^2}dzdydx$$

$$D=-sxy-tz(1-x-y-z)+(x+y)\lambda^2+(1-x-y-z)(1-x-y)m_e{}^2$$
$$+z(1-x-y)m_f{}^2$$

$s=-500^2, t=-150^2, m_f=150,$
$m_e=0.0005, \lambda$(仮想光子)$=10^{-30}$

解析解

$$\mathrm{I}=\frac{1}{-\mathrm{s}(-\mathrm{t}+\mathrm{m_f}^2)}\ln\left(\frac{-\mathrm{s}}{\lambda^2}\right)\ln\frac{(-\mathrm{t}+\mathrm{m_f}^2)^2}{\mathrm{m_e}^2\mathrm{m_f}^2}$$

```
ramda=  0.1000000D-24  kai= 0.301711158275871064D-06
ramda=  0.1000000D-25  kai= 0.312603662879061759D-06
ramda=  0.1000000D-26  kai= 0.323496167482252453D-06
ramda=  0.1000000D-27  kai= 0.334388672085443148D-06
ramda=  0.1000000D-28  kai= 0.345281176688633843D-06
ramda=  0.1000000D-29  kai= 0.356173681291824538D-06
```

結果

N=595

SR16000 DD
0.35618655748035129508261132595182729E-006
SR16000 IEEE
0.356170836834502830636804593240496615E-0006
X5570
0. 35617083683450283063680459324O4959E-0006
e5430
0.35617083683450283063680459323O7048E-0006

N=1024

SR16000 DD
0.35620644023753572785188778601106367E-006
SR16000 IEEE
0.356173440437069598553187511979059631E-0006
X5570
0. 3561734404370695985531875119278656E-0006
X5570 gcc DD+IEEE
0.35617366319278651 9e-06
e5430
0.3561734404370695985531875119278656E-0006
e5430 gcc DD+IEEE
0.356173663192786519e-06
e5430 icc DD+IEEE
0.356173663192786518e-06

実行時間

infra box 実行時間一覧表(秒)				
	N=595			
CPU	smp数	形式	実行時間	
SR16000	32	DD	0.809	
SR16000	32	IEEE	653.990	
x5570	1	IEEE	160.328	
e5430	1	IEEE	249.593	
	N=1024			
CPU	smp数	形式	実行時間	
SR16000	32	DD	4.033	
SR16000	32	IEEE	3408.843	
x5570	1	IEEE	864.658	
e5430	1	IEEE	1252.250	
x5570	1	DD+IEEE	332.079	gcc
e5430	1	DD+IEEE	407.156	gcc
e5430	1	DD+IEEE	340.088	icc
e5430	8	DD+IEEE	51.564	mpicc

指数部の拡張が必要な場合,cの拡張倍精度をつなげるのが有効。

3.行列積計算

3.1 実変数行列積計算

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

行列積最大実行効率比較表		
	（%）	
N	SR16000	xm1
96	74	55
192	84	56
288	82	60
384	88	79

実効効率はSR16000システムが良い。
これは周波数比は3..3／3.83=0.86に対し
メモリ性能が1／2になる事によります。
またxm1はsmt=4が性能が良い。

3.2 複素変数行列積計算-1

複素変数行列積を実数演算で実施した場合。

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

行列積最大実行効率比較表（%）

N	SR16000	xm1
96	83	82
192	84	76
288	88	79
384	85	75

実行中の主要部分の所要メモリ量は
N=96で147KB.
xm1でのメモリ速度の遅さがカバーされる。
N=384で2.26MB
N=288でL3キャシュの有効利用が図れるため,SR16000ではN=288で最高性能となる。

3.3 複素変数行列積計算-2

複素変数行列積を複素変数のままで計算する場合と実数計算にして計算する場合ではXm1は実数計算にした場合,BG/Qは複素変数のままで計算した場合が高速となります。

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

rmult　:実数演算　cmult:複素数演算

xm1				
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	55.660	86.615

bg 複素変数行列積

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

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	4.094	3.930	3.831	
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

実数型

実行時間一覧表(秒)

n	演算量(GFLOP)	タイプ	16smp	32smp	48smp	64smp
96	198	3*4	4.894	4.909	5.200	
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。

4.量子モンテカルロ法による物性スペクトル計算

4.1 ヒルベルト行列計算

ヒルベルト行列実行時間		(N:可変、精度:可変)	
		実行時間	
N	x5570（秒）	e5430（秒）	精度
400	591	920	128倍精度
500	1205	1792	128倍精度
600	2002	3096	128倍精度
700	3212	4899	128倍精度
800	4693	7312	128倍精度
		実行時間	
N	x5570（秒）	e5430（秒）	精度
1000	11906	30274	188倍精度
1100	28899	40311	188倍精度
1400	94509	142204	248倍精度

x5570/e5430=1.5~2倍の性能比

ヒルベルト行列のN=400の実行時間一覧表

単位: 秒

方式	精度	x5570	e5430
浮動型	64倍精度	540.603	743.938
浮動型	96倍精度	1551.696	2165.918
浮動型	128倍精度	3467.115	4280.500
整数型	68倍精度	179.059	277.818
整数型	128倍精度	652.896	918.142
整数型	188倍精度	1235.567	1945.560
整数型	248倍精度	2125.342	3337.811

32倍精度変数をつなげる方式に比べ,
整数演算方式の性能が非常に良くなっています。

N=100でのヒルベルト行列計算

	実行時間（秒）	
精度	x5570	e5430
8	0.081	0.101
68	2.890	4.404
128	9.331	14.746
188	19.793	31.171
248	33.997	53.564
308	50.298	81.123
368	70.468	115.572
428	95.133	156.090
488	123.253	205.404

x5570/e5430=1.5~2倍の性能比

4.2 超多倍長精度演算によるパラメータ領域拡大

最終的に求められた各精度での結果

測定結果一覧　x5570

測定条件　N＝100, U＝10, L＝448

βと絶対温度Kとの関係

絶対温度(K)＝10000/β

β	精度	絶対値最小値		実行時間
		実測値	理論値	(秒)
730	68倍精度	0.824D-384	0.269D-383	57642
1600	128倍精度	0.170D-582	0.214D-582	185097
2500	188倍精度	0.773D-728	0.462D-728	403155
10000/3	248倍精度	0.292D-840	0.978D-841	673631
3770	308倍精度	0.156D-893	0.397D-894	975735

限界確認精度での実行時間

308倍精度,368倍精度実行時間(秒)一覧表						
β	N	U	L	精度	x5570	e5430
3770	12	10	448	308倍精度	3287	5369
3770	20	10	448	368倍精度	15841	26269

x5570/e5430の性能比はおよそ5/3。