

各種計算機アプリケーション性能比較

平成26年度第2四半期

目次

1.はじめに

2.各種問題

2.1 量子モンテカルロシミュレーション

2.2 3次元積分

2.3 4次元積分

2.4 5,6次元積分

3.rump's 例題

4.N体問題計算

5.3次元反復法

5.1 対称行列計算

5.2 非対称行列計算

6. インフラテスト計算

1.はじめに

今までと少し性質の異なるグラフィックボードが使用できる様になったので従来のアプリケーションで性能比較を実施しました。

主に使用した計算機は以下のものです。

(1)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

(2) GPGPU

GPU カード型番:ATI RadeonHD5870

メモリ: GDDR5, 1 GB, 153.6 GB/s

ホストインタフェース: PCI Express 2.1 x16stream
processing unit: 3200個 (演算プロセッサ)

動作周波数: 850 MHzピーク性能 (単精度):
5440 Gflops

(=3200x2x850MHz) ピーク性能 (倍精度):
1088 Gflops

(3) グラフィックボード

HOST

E5-2670 2.60GHz 1cpu = 8core

キャッシュ 20MB

$2.6\text{GHz} \times 8 \times 8 = 166.4\text{GFLOPs}$ 2cpu

2cpu = 332.8GFLOPs

Xeon Phi5110P 1.053GHz

60コア,4スレッド/1core

$1.053\text{GHz} \times 60 \times 4 \times 4 = 1010.88\text{GFLOPs}$

尚,Phi5110Pではオプションの変更で1桁の性能向上が見られたため前四半期の問題も扱っています。

GPUとして新たにカタログ性能806GFLOPsのW8000,1050GFLOPsのHD7970,HD7980の結果も示しています。

各種問題ではH26年第1四半期の名称をそのまま使用していますので問題の詳細はそちらを見てください。

2.各種問題

2.1 量子モンテカルロシミュレーション

E5-2670	16smp	Phi5110P	240smp(60core)		
モンテカルロシミュレーション					
				E5-2670	Phi5110P
精度	β	U	L	実行時間 (秒)	実行時間 (秒)
6倍精度	10	6	448	127.5865	1088.6992
8倍精度	20	8	448	261.7628	1762.0854
10倍精度	20	10	448	619.8694	3727.0650
DQ(8倍精度)	20	9	448	1961.2144	16287.9011

ループ長が $N = 100$ のため, Phi5110Pはその性能が出せていない。

また, E5-2670では演算量の大きいDOループの最適化がSR16000に比べて劣り及び並列化のオーバーヘッドがSR16000に比べて大きい。

参考SR16000 1ノード64smp実行時間
6倍精度 24秒, 8倍精度42秒, 10倍精度91秒

2.2 3次元積分

E5-2670	16smp	Phi5110P	240smp(60core)	
4倍精度演算一覧表				
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"> box $s = -500^2, t = -150^2$ $m_e = 0.0005, m_f = 150$ $\lambda = 10^{-30}$ </div>				
DD形式			IEEE754-2008形式	
	E5-2670	Phi5110P	E5-2670	Phi5110P
N	実行時間 (秒)	実行時間 (秒)	実行時間 (秒)	実行時間 (秒)
	1024	17.4562	10.1315	23.5742
	2048	138.9034	69.7646	186.9867
	4096	1106.8755	551.6485	1477.4764
GPU実行時間 (秒)				
dd形式C	HD5870(一面)	HD5870(二面)	HD7980	HD7970
N	実行時間 (秒)	実行時間 (秒)	実行時間 (秒)	実行時間 (秒)
	1024	1.820935	1.147727	1.122087
	2048	12.918737	7.007548	8.192639
	4096	99.304728	51.558245	63.584876
HD6970 実行時間(秒)				
n	1面	2面	3面	4面
	1024	1.523832	0.993770	0.869986
	2048	10.451297	5.816215	4.314544
	4096	79.616533	42.191253	29.643070
				23.456077

4倍精度演算でのDD形式とieee754-2008形式の差は、E5-2670で約30%に比べ、Phi5110Pで4-5倍と大きい。これはPhi5110Pでsimdが効いていない事が原因と言えます。

2.3 4次元積分

S²²¹ テスト
 S²²¹ (-1,100 ,100 ,0,0,100)
 N = 576

演算量	GFLOP
倍精度	4568
4倍精度	42187

SR16000 実行時間(秒)

精度	32core	64smp
倍精度	30.395169	24.126208
4倍精度	550.758631	330.429147

E5-2670 16SMP

精度	実行時間(秒)
倍精度	26.9587
拡張倍精度	108.6355
4倍精度	4008.4746

HD5870 実行時間(秒)

精度	1面	2面
倍精度	27.1903	13.8147
4倍精度	453.6240	232.0790

Phi5110P 実行時間(秒)

精度	1smp /core	2 smp/core	3smp/core	4smp/core
倍精度	42.0126	27.6116	23.3237	20.6132
拡張倍精度	335.2602	258.8425	255.4137	249.6453
4倍精度	3364.0728	1822.1579	1683.9084	1488.7508

HD6970 実行時間(秒)

精度	一面	二面	三面	四面
倍精度	11.443008	5.923182	4.036383	3.196938
4倍精度	322.827294	162.131639	107.290817	82.046807

グラフィックボード性能比較表

精度	HD7970	W8000	HD7980
倍精度	9.164966	9.455362	9.963973
4倍精度	267.937949	305.351604	304.181516

倍精度演算に関しては, GPU, GPUホスト
ともにSR160001ノードの性能に匹敵または
凌駕しています。

またE5 – 2670の拡張倍精度は速く, Phi5110P
SR16000の4倍精度に比べれば高速だが,
E5 – 2670に比べては遅い。これは, 4smp / core
だが1smp / coreに比べて性能向上率が悪い
のが原因です。(simdが効かない)

4倍精度演算ではPhi5110PはSR16000に比べて
遅く, 他のGPUはSR16000に比べて非常に速い。

2.4 5,6次元積分

5次元積分は2ケースで

case1 : laporta d

case2 : laporta f

6次元積分は3ケースで

case1 : laporta g

case2 : laporta h

case3 : laporta i

**です。サイズはすべて $N = 120$ に統一し
演算精度は倍精度演算です。**

**このため, GPUではSR16000に比べて非常に
高速な性能が得られています。**

laporta 計算結果一覧表

演算量 (N=120)

プログラム	GFLOP
LAPORTA D	2514
LAPORTA F	2638
LAPORTA G	312064
LAPORTA H	243328
LAPORTA I	232896

実行時間一覧表(秒)

SR16000

プログラム	32core	64smp
LAPORTA D	8.404	5.426
LAPORTA F	9.841	6.373
LAPORTA G	2223.744	1418.553
LAPORTA H	1929.049	1256.823
LAPORTA I	2212.909	1408.712

E5-2670 HOST 16smp

プログラム	c	fortran
LAPORTA D	27.756	27.621
LAPORTA F	28.275	27.921
LAPORTA G	2385.352	2907.167
LAPORTA H	2096.437	2717.488
LAPORTA I	2467.079	4071.100

Phi 240smp(60core)

プログラム	c	fortran
LAPORTA D	7.474	7.665
LAPORTA F	7.324	7.462
LAPORTA G	962.356	943.418
LAPORTA H	925.742	959.321
LAPORTA I	888.431	1063.900

laporta 計算結果一覧表			
演算量 (N=120)			
プログラム	GFLOP		
LAPORTA D	2514		
LAPORTA F	2638		
LAPORTA G	312064		
LAPORTA H	243328		
LAPORTA I	232896		
実行時間一覧表(秒)			
HD5870 GPU			
プログラム	一面	二面	
LAPORTA D	11.279	5.868	
LAPORTA F	11.405	5.928	
LAPORTA G	1176.917	589.471	
LAPORTA H	1138.444	568.483	
LAPORTA I	1213.668	606.803	
HD6970 GPU			
プログラム	一面	二面	四面
LAPORTA D	11.051	5.679	3.138
LAPORTA F	11.189	5.765	3.154
LAPORTA G	998.764	499.845	346.624
LAPORTA H	966.052	483.466	362.633
LAPORTA I	1042.374	521.604	261.547

laporta	Phi5110P	実行時間(秒)一覧表		
プログラム	1smp /core	2smp /core	3smp /core	4smp /core
laporta d	15.894091	8.930061	8.245382	7.477543
laporta f	15.883854	9.015369	7.781932	7.302511
laporta g	1567.222350	947.766614	956.547483	893.604456
laporta h	1475.760124	890.712335	840.753795	794.503370
laporta i	1682.613524	973.251626	936.788364	908.041320

グラフィックボード性能比較表

	実行時間(秒)			
プログラム	HD7970	W8000	HD7980	
laporta d	7.541418	7.764761	8.173080	
laporta f	7.600745	7.821768	8.249741	
laporta g	718.902868	738.792693	745.477537	
laporta h	684.978227	710.901497	745.486218	
laporta i	766.602135	788.137704	834.070693	

3.rump's 例題

rump's例題とは,四則演算からなる簡単な計算で,有効ビット数が121ビット以上を要求する計算のため,多倍長の精度、性能の検証によく使用されるものです。

$$a = 77617.0, b = 33096.0$$

$$f = 333.75b^6 + a^2(11a^2b^2 - b^6 - 121b^4 - 2) + 5.5b^8 + \frac{a}{2b}$$

$$a^2 = 5.5b^2 + 1 = 6024398689$$

$$a^2(11a^2b^2 - b^6 - 121b^4 - 2) = -5.5b^2 - 333.75b^6 - 2$$

$$\text{より, } f = -2 + \frac{a}{2b} = -\frac{54767}{66192} = -0.827396059946$$

rump's 例題実行結果一覧

100,000,000回実行

実行時間(秒)

	C		FORTRAN	
精度	E5-2670	Phi5110P	E5-2670	Phi5110P
	16smp	240core	16smp	240core
拡張倍精度*2	1.949568	2.993835		
6倍精度	2.391048	3.373063	2.3545	3.3367
8倍精度	5.514834	5.949745	5.3994	5.8646
10倍精度			17.7158	15.0406

rump例題実行時間(秒)一覧表

整数演算方式

精度	E5-2670	Phi5110P
5倍精度	6.7659	20.3040
6倍精度	8.2706	24.5392
7倍精度	10.0500	28.9972
8倍精度	12.9452	35.6017
10倍精度	17.0668	52.6718
12倍精度	25.2205	78.2484
14倍精度	32.5928	102.1592
16倍精度	39.9565	127.1153

Phi5110Pのthreads/core実行時間(秒)

改良版

threads	10倍精度	12倍精度
1	81.3013	124.3947
2	60.6723	92.7562
3	57.7494	86.7546
4	52.6718	78.2484

DD形式(一般サブルーチン使用)

精度	E5-2670	Phi5110P
	16smp	240core
10倍精度	15.8159	27.9302
12倍精度	27.7419	46.7320
14倍精度	46.8211	70.7831
16倍精度	72.6414	107.0264

**E5 – 2670とPhi5110Pの性能に
関しては, DD形式では, 8倍精度
演算で性能が逆転する。**

**またDD形式と整数演算方式では
E5 – 2670において10倍精度演算で
性能が逆転しています。**

**Phi5110Pでは, 最適化オプションで
opt3とoptsで使用メモリ量が大きく変わる
ので, 基本的にはopt3で実行するのが良い。
またレジスタの問題で整数演算方式では
演算量が多くなると, 最適化が妨げられる
事があります。**

4. N体問題計算

粒子数 $N = 1000, 4000, 10000$ で
タイムステップ数はそれぞれ, 10000,
625, 100として演算量を同じにして
(平方根計算あり270GFLOP, なし580GFLOP)
性能を比較. 演算は倍精度演算。
 $N = 1000$ の場合, 並列化オーバーヘッドにより
SR16000の性能が勝っているが,
 $N = 4000, 10000$ ではGPUの性能が勝っています。

N体問題実行結果一覧表(秒)				
粒子数=1000,タイムステップ=10000				
演算量(ソース)=500GFLOP				
SR16000 1ノード				
32core	64smp	最適化		
4.7332	4.7668	OPT3		
2.6379	2.6471	SOPT		
E5-2670	16smp	16.0409		
各種加速装置実行時間一覧表				
GPU	1ボード (1smp/core)	2ボード (2smp/core)	3ボード (3smp/core)	4ボード (4smp/core)
HD5870	24.0556	32.9047		
HD6970	30.4342	42.0839	52.2729	64.2911
HD7970	41.0905			
W8000	41.0614			
HD7980	47.1802			
Phi5110P	4.2137	3.1891	2.8292	2.6806

N体問題実行結果一覧表(秒)				
粒子数=4000,タイムステップ=625				
演算量(ソース)=500GFLOP				
SR16000	1ノード			
32core	64smp	最適化		
4.2597	4.3365	OPT3		
2.6304	2.7826	SOPT		
E5-2670	16smp	4.6922		
各種加速装置実行時間一覧表				
GPU	1ボード (1smp/core)	2ボード (2smp/core)	3ボード (3smp/core)	4ボード (4smp/core)
HD5870	4.6126	5.2407		
HD6970	5.2541	6.0501	6.8695	7.7215
HD7970	7.8925			
W8000	8.0438			
HD7980	8.7800			
Phi5110P	3.1736	1.9231	1.6821	1.3974

N体問題実行結果一覧表(秒)

粒子数N=10000,タイムステップ=100
 演算量(ソース)=500GFLOP

SR16000 1ノード

32core	64smp	最適化
4.1637	4.5797	OPT3
2.5880	2.6867	SOPT

E5-2670 16smp 4.5523

各種加速装置実行時間一覧表

GPU	1ボード (1smp/core)	2ボード (2smp/core)	3ボード (3smp/core)	4ボード (4smp/core)
HD5870	2.7480	1.9917		
HD6970	3.0483	2.1885	2.3725	2.5931
HD7970	3.0059			
W8000	3.0796			
HD7980	3.2465			
Phi5110P	3.1736	1.8653	1.5618	1.3542

5. 3次元反復法

5.1 対称行列計算

演算は倍精度演算.Phi5110PはSR16000の約半分の性能が出ています。

sor	陰解法	並列化	不可
sor 2	陽解法	並列化	可
sor 3	odd – even	並列化	可

プログラム	32core	64smp	反復回数
cg	14.4999	16.2941	1104
sor2	233.2875	362.1883	61382
adi	106.03893	171.7138	7632
sor3	15.3201	16.7317	1780

sor	523.7610		4626
-----	----------	--	------

陰解法なので並列化せず。

反復法グラフィックボードテスト

反復回数と実行時間(秒)

プログラム	E5-2670	Phi5110P	反復回数
cg	107.7789	45.7709	1104
sor2	2149.3058	661.9518	61382
adi	917.4382	394.5854	7632
sor3	97.1657	37.0767	1780

sor	806.8850		4626
-----	----------	--	------

陰解法なので並列化せず。

5.2 非対称行列計算

反復法性能比較		(実行時間: 秒)				
sr16000	1node	64smp				
E5-2670		16smp				
Phi5110P		60core	240smp			
bcg						
精度	sr16000		E5-2670		Phi5110P	
	実行時間	反復回数	実行時間	反復回数	実行時間	反復回数
4倍精度	4.1678	316	47.8155	308	92.7816	314
cgs						
精度	sr16000		E5-2670		Phi5110P	
	実行時間	反復回数	実行時間	反復回数	実行時間	反復回数
6倍精度	76.5859	288	395.0839	290	568.5634	281
8倍精度	118.5751	217	604.7195	217	747.9113	217
再並列化強化後						
cgs						
精度	sr16000		E5-2670		Phi5110P	
	実行時間	反復回数	実行時間	反復回数	実行時間	反復回数
6倍精度	29.1450	281	47.6010	278	202.3778	290
8倍精度	33.5245	217	70.0802	217	250.8400	217

cgs法ではE5-2670はSR16000の約半分の性能になっています。

**整数演算方式では,E5-2670では
7倍精度演算,Phi5110Pでは
6倍精度演算が最速となっています。**

cgsの反復回数と実行時間(秒)		
E5-2670	16smp	
精度	反復回数	実行時間
5倍精度	368	571.8766
6倍精度	240	391.0776
7倍精度	217	378.2957
8倍精度	217	410.6659
Phi5110P	240smp(60core)	
精度	反復回数	実行時間
5倍精度	368	1357.8895
6倍精度	240	966.1143
7倍精度	217	971.8785
8倍精度	217	1072.9550
(注)-O1 -openmp でないと収束しない。		

6. インフラテスト計算

5次元積分を変数変換で3次元積分にして, $\lambda = 10^{-n}$ ($n = 16, 17, \dots, 30$)として, 数値積分を行い, 積分値 y_n が

光子の場合, $(\log(\frac{1}{\lambda^2}))^2$ の項を含む,

M_z, M_h の場合 $\log(\frac{1}{\lambda^2})$ の項を含む事

を確認するプログラム.二重指数関数型積分で

$N = 2912, h = 0.5^8$ (刻み幅), 変数変換区間

$[\varepsilon, 1 - \varepsilon], \varepsilon = 10^{-200}$ 。

指数部の大きさから c の拡張倍精度変数を2つつなげた演算(指数部15ビット, 仮数部160ビットの演算)で実施。

インフラテスト結果

case 1 光子

case 2 ウィークボソン (M_z)

case 3 ヒッグス粒子

x5570 周波数 2.93GHz

E5 - 2670 周波数 2.60GHz

実行時間(秒)一覧表

粒子	x5570 1smp	E5-2670 16smp
光子	192628	7877
ウィークボソン	193515	7870
ヒッグス粒子	194190	7872

E5 - 2670の性能がカタログ性能比より向上しているのは、x87アーキテクチャー
物理アドレス x5570 40ビットに対し46ビット
キャッシュメモリ x5570 8MBに対し20MBの
効果によるものと考えられます。