各種計算機基本性能調査

平成26度第4四半期

目次

1.はじめに

今四半期でのテーマは以下の4項目

（1）ファインマン積分で赤外発散を扱う場合，反復回数が多くなり計算に時間がかかったり数値表現の制限で計算が出来なかったりする場合がありその回避策としてmasslessにして計算する方法があり、これまでの測定結果のまとめと、その意味について考察しています。

（2）GPGPU及びMICアーキテクチャーの効果を見るために倍精度演算で対称行列の反復解法の効果をみました。この過程で,いままで4倍精度超の演算精度を必要とした非対称行列の反復法が4倍精度演算で行う方法が見つかり,合わせてその効果をまとめました。

（3）倍精度と拡張倍精度の差異とアクセラレータの効果を見るためにN対問題を使用した効果をまとめました。

（4）GPGPUでは単精度演算が倍精度より効果があるため,元は単精度演算であった姫野ベンチでその効果を調べまとめました。

これまでのSR16000/M1 システムと、アクセラレータ,E5-2670,Phi5110Pシステムに加え,E5-2660システムを使用しました。X5570は1CPUとの比較のため,またe5430はE5-2660システムの並列用プログラム及びオブジェクト作成に使用しています。尚,他の問題にかんしては適宜最適と思われるGPGPUなどを使用しています。

2 SR16000システム

2.1 massless 計算

扱った問題は

$$I=\int_0^1\int_0^{1-x}\int_0^{1-x-y}\frac{1}{D^{2-\eta}}dzdydx \qquad D=xz+y(1-x-y-z)$$

$$\eta=\frac{1}{\log(\frac{1}{\lambda^2})}$$

4倍精度演算，分点数1024の、二重指数型積分法

ひとつのλに対して，$\varepsilon-$算法で45回反復。

1ノード64smpで実行時間526秒

15のλによる計算から$I=\frac{a_{-2}}{\eta^2}+\frac{a_{-1}}{\eta}+a_0$

を求めます。比較的大きなλに対する結果を

次ページに示しました。

ramda=10^{-16}~10~[-30}
a2=4.00000344724677645844034046757416
a1=3.99861407619387554668745765583265
a0=-12.26394534024060000000000000020020
ramda=10^{-31}~10~[-45}
a2=4.00000099577869056434484930528836
a1=3.99939509233538395973479843855165
a0=-12.32699051279899999999999999759162
ramda=10^{-46}~10~[-60}
a2=4.00000041264201279800645140064705
a1=3.99966395945103743579061852729121
a0=-12.35819628182299999999999999796046
ramda=10^{-61}~10~[-75}
a2=4.00000019676625921874246419452751
a1=3.99979490092391388668793381657374
a0=-12.37814748087400000000000001848136
ramda=10^{-76}~10~[-90}
a2=4.00000014459869220092907590162562
a1=3.99983240900972265003642249066011
a0=-12.38486900230400000000000001603800
rambda=10^{-91}~10^{-105}
a2=4.00000003694782985017339116664484
a1=3.99996494892422507975597908036244
a0=-12.41545871332175260000000000000001

理論的には $\eta -> 0$ で $a_{-2} -> 4, a_{-1} -> 4$

$$a_0 -> -\frac{5}{3}\pi^2 + 4 = -12.44934067........$$

2.2 反復計算

2.2.1 対称問題

ポアソン方程式

$$\Delta u = -f \quad (\Omega), u = 0 \quad (\partial\Omega)$$

$$\Omega = [0,1] \times [0,1] \times [0,1]$$

$$N = 200 \times 200 \times 200$$

収束判定値: 共役残差 10^{-12}

$$u = \sin(\pi x)\sin(\pi y)\sin(\pi z)$$

$$f = 3 \times \pi^2 \times \sin(\pi x)\sin(\pi y)\sin(\pi z)$$

反復回数

サイズ 200*200*200

adi法	34195
sor2	141799
sor3	4275
bcg	704
cg	690
cgs	640
scg	621
bicgs	495
cgsilu	272
cgsmil	241
gpbicg	445
cgsm	288
cgsmm	306

陽解法
odd-even法

(注)
初期値は x(i) = 1.0
cgs , cgsilu , cgsmil **は収束しない**
ので x(i) : (0,1)**の一様乱数値** .
cgsm **は** cgsilu **を** , cgsmm **は** cgsmil **を**
並列化して初期値
x(i) = 1.0**としたもの。**

対称行列実行時間一覧表(秒)

プログラム名は解法に3dを付加
(3次元と言う意味で)

プログラム	32smp	64smp
d3sor3	18.4587	15.9792
d3sor2	285.6998	300.2200
d3adi	291.1860	281.3099
d3bcg	12.9068	13.1204
d3cg	7.8468	7.7593
d3cgs	14.0279	15.7210
d3scg	9.1910	11.4737
d3bicgs	10.2689	11.7728
d3cgsilu	60.3351	61.4112
d3cgsmil	53.7503	53.3771
d3gpbicg	13.3188	12.8016
d3cgsm	27.0258	27.2273
d3cgsmm	34.3474	42.1951

SOR法のodd-even法は反復解法と同等の効果が得られます。

2.2.2非対称問題

対称問題で前処理付きcgs法の並列化の改善により,反復法が収束する事になったので、非対称問題をbcg法と同じ条件で4倍精度演算で性能測定を実施しました。

問題は3**次元ポアソン方程式**

$$\Delta u + R\frac{\partial u}{\partial x} = -f$$

領域$[0,1]\times[0,1]\times[0,1]$

解析解$u(x,y,z) = e^{xyz} \times \sin(\pi x) \times \sin(\pi y) \times \sin(\pi z)$

非対称問題。

解法

bcg(biconjugate gradient)**法**

$R = 100, nx = ny = nz = 129$

cgs(conjugate gradient square)**法**

$R = 100, nx = ny = nz = 129$

収束判定値は共役残差10^{-12}

初期値$u(x,y,z) = 0$

非対称行列反復計算一覧表(秒)

サイズ	129*129*129	
解法	反復回数	64smp
bcg	316	4.1678
cgs	142	7.4054
参考	cgs改善前	
サイズ	113*113*113	
精度	反復回数	64smp
6倍精度	281	29.1450
8倍精度	217	33.5245

不完全LU分解付きcgs法の並列化の改善効果が良く見られています。

2.3 姫野ベンチ

**サーバーおよびアクセラレータとの比較用に
すべて単精度演算で実行しました。**

姫野ベンチ性能測定結果		
SR16000 1ノード,単精度		
	(MFLOPs)	
サイズ	32smp	64smp
small	32553	20912
middle	42886	37962
large	36198	33964

このプログラムはsmt=off の効果がでています。

3. E5-2660システム

反復計算,姫野ベンチはSR16000と同じ
条件の問題を扱っています。またN対問題
では,倍精度演算と拡張倍精度演算を扱って
います。これは,micアーキテクチャーのもの
との比較で,コンパイラはe5430で並列化
オブジェクトを作成しています。
また場合により,32smpと16smpで性能差
がでていますので,その値も掲載します。

3.1 反復計算

扱った問題での反復回数はSR16000と
同じなので,反復回数は省略しました。

3.1.1 対称問題

対称行列実行時間一覧表(秒)

プログラム名は解法に3dを付加
（3次元と言う意味で）

プログラム	16smp	32smp
d3sor3	81.5021	85.1895
d3sor2	1523.1281	1658.2993
d3adi	774.8730	1005.3324
d3bcg	41.5801	38.4800
d3cg	20.9102	19.2947
d3cgs	37.1193	34.9020
d3scg	24.6104	23.9617
d3bicgs	25.8810	24.5952
d3cgsilu	92.6816	93.9379
d3cgsmil	81.9387	82.9746
d3gpbicg	30.8516	33.7076
d3cgsm	45.3634	42.8455
d3cgsmm	73.7438	62.3460

d3cgs,d3cgsilu,d3cgsmilは収束しないので
初期値を変更していますのであくまで、
参考データです。

3.1.2　非対称問題

非対称行列反復計算一覧表(秒)

サイズ	129*129*129	
解法	16smp	32smp
bcg	75.5405	54.6095
cgs	77.4960	59.7968

解法による有意な実行時間の差は見られません。

3.2 姫野ベンチ

姫野ベンチ性能測定結果		
E5-2660 性能一覧表		
	(MFLOPs)	
サイズ	16smp	32smp
small	30261	25576
middle	22612	18908
large	16567	19745

メモリサイズが小さい程性能が良くなっています。
メモリサイズが大きくなると,16smpより32smpの性能が良くなっています。

3.3 N体問題

nbody 倍精度 E5-2660 実行時間一覧表				
				(秒)
n	反復回数	16smp	20smp	32smp
1000	10000	13.886804	12.592505	16.027013
4000	625	4.678481	5.600622	6.890157
10000	100	4.015434	5.657119	3.514142

nbody 拡張倍精度 E5-2660 実行時間一覧表				
				(秒)
n	反復回数	16smp	20smp	32smp
1000	10000	20.689309	17.050437	22.766498
4000	625	18.469659	15.652377	18.045990
10000	100	11.161288	15.834282	14.011398

演算量の目安は500GFLOP
倍精度ではN=10000で32smpがもっとも速くなる。
拡張倍精度ではN=10000では16smpが最も速い。またN=1000,4000では20smpがもっとも速くなる。

3.4 rump’s例題

	E5-2660 rump's 例題実行時間一覧表				
		100,000,000回実行の実行時間			
		(実行時間:秒)			
smp数	拡張倍精度*2	6倍精度	6倍精度	8倍精度	8倍精度
	c	c	F	c	F
1	27.615	38.205	33.162	96.057	78.723
2	13.852	19.391	16.626	48.815	39.568
4	7.248	10.081	8.607	25.221	20.414
8	4.315	5.367	4.643	13.546	10.986
16	3.038	3.729	3.517	7.131	8.288
32	2.257	3.562	2.755	7.803	6.412

拡張倍精度*2 及び6倍精度FORTRANで32smpの場合の性能が良い。

3.5 行列積

E5−2660 行列積計算一覧表

倍精度,実行回数1000回

倍精度は16smp
多倍長で演算量が
多くなると32smpの
性能が良い。

N=4800

smp数	GFLOPs
1	4.741
2	9.341
4	17.723
8	33.553
16	41.143

N=9600

smp数	GFLOPs
10	40.599
16	61.714
20	49.637
32	61.168
64	51.011
128	50.269

N=19200

smp数	GFLOPs
16	61.101
32	57.750

多倍長行列積

N=240,1000回　　実行時間(秒)

精度	32smp	16smp
6倍精度	46.8526	49.6151
8倍精度	92.3489	88.7324
10倍精度	209.8599	222.2432

N=480,1000回　　実行時間(秒)

精度	32smp	16smp
6倍精度	317.6178	339.5063
8倍精度	638.1059	733.6308
10倍精度	1507.8917	1730.1052

3.6 QDR積

E5-2660 QDR積一覧表

N=240,1000回 実行時間(秒)

dd形式

精度	32smp	16smp
6倍精度	77.1354	59.8233
8倍精度	121.4598	126.9355
10倍精度	307.0269	326.7449

ieee形式 default

精度	32smp	16smp	32smp	16smp
6倍精度	208.4963	216.7321	190.2673	228.1730
8倍精度	231.5800	274.8962	218.7897	272.2514
10倍精度	328.2482	386.7758	309.1260	366.2028

N=480,1000回 実行時間(秒)

dd形式

精度	32smp	16smp
6倍精度	422.5261	463.3007
8倍精度	913.2564	1044.0123
10倍精度	2304.2786	2614.7962

ieee形式 default

精度	32smp	16smp	32smp	16smp
6倍精度	1471.1889	1700.1501	1428.9876	1683.5883
8倍精度	1749.0418	2163.3999	1637.8647	2122.1884
10倍精度	2459.6270	3009.1390	2327.1777	2973.8502

dd形式ではN=240では16smp,N=480では32smpの性能が良い。
ieee形式では32smpの性能が良い。