

課題名 (タイトル) :

3次元地盤地震動シミュレーションの FX100 上での性能評価

利用者氏名 : 藤田航平

所属 : 計算科学研究機構 総合防災・減災研究ユニット

1. 本課題の研究の背景、目的、関係するプロジェクトとの関係

将来起こりうる地震に対する都市被害推定の高度化のため、京に向けた 3 次元地盤地震動シミュレーションが開発されてきた。ポスト京や Intel Knights Landing などの将来環境では SIMD 長やコア数などが変化すると考えられ、これらの計算機の高い計算能力を有効活用するには地震動プログラムのアルゴリズム・実装の変更を行っていく必要がある。本研究では、将来環境に近い FX100 システムおよび Haswell EP CPU 環境において地震動シミュレーションコードの性能評価を行い、将来の計算機環境におけるアルゴリズム開発・実装に関する示唆を得る。

2. 具体的な利用内容、計算方法

京では SIMD 長が単精度・倍精度浮動小数点演算ともに 2 であるのに対し、FX100 や Haswell クラスタでは SIMD 長が単精度で 4、倍精度で 8 となるために SIMD を使えない場合の性能低下が大きくなる。地盤地震動解析コードにおける主要な計算は反復法ソルバー内の行列ベクトル積の計算となるが、従来の京用のコードではこの部分では SIMD が利用できない形となっていた。そこで、SIMD が利用できるようにアルゴリズム変更をした上で、地盤の地震動問題において FX100 (32 core per node x 1 node) と ASCG (Haswell EP 2 socket per node x 2 nodes, GPU は未利用) の性能を比較した。図 1 に計測環境をまとめる。

3. 結果

主要な計算区間となる単精度マトリクスベクトル積区間では、FX100 で倍精度ピーク比 26.7%, Haswell-EP で倍精度ピーク比 20.5%の性能がでた。また、アプリケーションの大部分を占めるソルバー部全体では、FX100 で倍精度ピーク比 19.4%, Haswell-EP で倍精度ピーク比

16.3%という性能を得た。これは、SC15 にて京において報告済みの性能である全系 1.97 PFLOPS (倍精度ピーク比 18.6%) と比べても高い性能であることがわかる。ここから、SIMD アーキテクチャの変化を考慮して適切に地震動解析プログラムのアルゴリズムを変更することで、京より SIMD 幅の長い FX100 や Haswell アーキテクチャでも高い性能が得られることがわかった。

4. まとめと今後の計画・展望

Intel Xeon Phi Knights Landing は既に 512 bit SIMD が実装されており、次世代 Xeon サーバやポスト京も 512 bit SIMD で採用されると発表されている。これら 512 bit SIMD アーキテクチャでは、単精度で 16 要素を同時計算することとなるため、演算器の有効利用には non-SIMD 計算の割合を少しでも減らすことが重要となる。マトリクスベクトル積カーネルでは、random read/write 部分がこの non-SIMD 計算部分に該当するため、今後 L1-register 間の random access を減らすことができるアルゴリズムを開発していく計画である。

システム	FX100	ASCG
CPU	SPARC64 Xlfx	Xeon E5-2670 v3
クロック周波数	1.975 GHz	2.30 GHz
クロックあたり演算数(倍精度)	16	16
ソケットあたりコア数	32	12
ノードあたりソケット数	1	2
ノード数	1	2
理論性能(倍精度)	1011.2 GFLOPS	1766.4 GFLOPS
ジョブ実行形態	4 MPI x 8 OpenMP	4 MPI x 12 OpenMP



図 1 計測環境