

## 京コンピュータを使った地盤震動シミュレーションの現状

藤田 航平

理化学研究所 計算科学研究機構・日本学術振興会特別研究員 PD

### [アブストラクト]

広域かつ経過時間が長く、複雑形状を持つ地震災害問題のシミュレーションには高性能計算が不可欠となる。地震災害問題の中でも特に計算量が大きい地表面に近い柔らかい地盤の震動問題を正確に計算するため、非構造メッシュを使った非線形有限要素法による地盤振動シミュレーション手法を開発した。本報告では地盤震動シミュレーションの疎行列ソルバーで使われているアルゴリズムと、京コンピュータ上での性能を示し、東京を対象とした地盤震動シミュレーションの適用例を示す。

### [キーワード]

地盤震動シミュレーション, 大規模計算, 有限要素法, 非構造メッシュ

地震災害は既往の物理法則に沿うものの、対象領域が広大かつ継続時間が長いため、物理法則に則った数値シミュレーションには大規模計算が必要となる。HPCI 戦略プログラム分野 3 では、京コンピュータを使った詳細・大規模計算により、観測データを使った断層状態の推測や、地殻中の地震波動伝播、地表付近の地震動の増幅、構造物群の応答の評価による次世代型の地震ハザードマップの基盤構築に取り組んできた。これにより、経験的手法や次元を落とした簡易解析に基づく従来型の地震ハザードマップの高度化が期待されている。地震災害問題における物理法則はシンプルであるものの、複雑な形状を持つ。そのため地震災害問題を解く際には形状を解析に正確に反映することが重要となり、大規模な非構造メッシュを使った 3 次元有限要素解析が基盤的な手法となる。形状の正確なモデリングにより断層から都市までの地震解析の精度が高まるだけでなく、断層状態の推定精度が上がることで地震解析と津波解析の入力の信頼性を高めることができると期待されている。

地表面に近い柔らかい地盤の震動問題は非線形挙動を示すため、地震災害の問題のうち特に計算量が多い問題となる。京コンピュータなどの超並列計算機を使った非構造メッシュ・非線形有限要素解析による地盤震動解析を実現することで、断層から都市までの一連の地震シミュレーションが可能となり、ハザードマップの科学的合理性を飛躍的に高めることができると期待される。そこで、地盤震動問題に着目し、この問題に適した高速・スケーラブルな疎行列ソルバーを開発してきた[文献 1]。また、地盤の大規模な有限要素モデルをロバスト・高速に作成する手法もあわせて開発してきた[文献 1, 2]。本報告では、地盤震動シミュレーションで使われている疎行列ソルバーのアルゴリズムと、京コンピュータ上での性能を説明し、都市地震シミュレーションの一例を紹介する。ここでは、東京の数 km 四方の領域の表層地盤をモデル化し、京コンピュータ 36,864 ノードを使って計算した。あわせて、領域内の 1.3 万棟の建築構造物に対し、地盤特性を踏まえた地震応答を計算した。このような都市地震シミュレーションは、地震災害現象の理解を促進し、将来の地震に対する対策の高度化に役立つと期待される。

### [参考文献]

- (1) Ichimura, T., Fujita, K., Tanaka, S., Hori, M. Madgededara, L., Shizawa, Y. and Kobayashi, H.: Physics-based urban earthquake simulation enhanced by 10.7 BlnDOF x 30 K time-step unstructured FE non-linear seismic wave simulation, Proceedings of the 2014 ACM/IEEE conference on Supercomputing (SC '14), (ACM Gordon Bell Prize Finalist), 2014, in press.
- (2) Ichimura, T., Hori, M., Bielak, J.: A Hybrid Multiresolution Meshing Technique for Finite Element Three-Dimensional Earthquake Ground Motion Modeling in Basins Including Topography, Geophysical Journal International, Vol.177, 2009.