

極低頻度巨大地震の被害予測に向けた 日本列島標準モデル構築のための基礎研究

東京大学 学生会員 ○縣 亮一郎
東京大学 正会員 市村 強
東京大学 正会員 堀 宗朗

1. はじめに

極低頻度巨大地震に対して必要十分な強度を持った土木構造物を整備するためには、地震時の構造物の挙動をより定量的に予測することが必要である。その方法の一つとして、理学と工学を融合した、プレートの運動、断層破壊による地震の発生、地震波の伝播、構造物の応答を含んだ統合的な 3D 数値シミュレーションが考えられる。そのためには、これまでに蓄積された地殻データや観測データ、さらに最新のシミュレーション技術を活用した、研究者が共有できる地殻構造の標準モデルが必要となる。一方で、これまでに使われてきた地殻構造モデル⁽¹⁾などは物性の均質化や表面のフラット化などによって単純化されており、いずれも標準モデルとなる品質には至っていない。そこで本研究では、日本列島地殻構造の標準モデルとして、物性の不均質性・形状を考慮に入れた High-fidelity な有限要素モデルを構築する。また構築した標準モデルを用いた解析例を提示する。

2. 手法

(1) 有限要素解析手法

High-fidelity なモデルを用いた解析の基本的な枠組みを作るため、非線形・粘弾性などへの拡張は今後への課題とし、本研究では対象を線形弾性体とした有限要素解析を行った。境界条件を考慮し、整理すれば、対象とする問題は以下の連立一次方程式を解くことに帰着する。

$$\mathbf{Ku} = \mathbf{f},$$

ここで、 $\mathbf{K}$, $\mathbf{u}$, $\mathbf{f}$ はそれぞれ全体剛性マトリクス、変位ベクトル、外力ベクトルである。

(2) 解析モデル構築手法

本研究では、地殻構造の地表面・各層境界面の数値標高モデル (DEM) データ及び各層の物性値を入力とした、FEM 解析モデルの自動生成手法を開発した。具体的には、形状の複雑な部分に四面体要素を用い、それ以外の部分に立方体要素を用いてメッシュを自動生成している²⁾。

3. 適用例

標準モデルを用いることの重要性を示すことを目的として、標準モデルと従来モデルによる東北地方太平洋沖地震の推定すべり分布に対する地殻変形解析の結果を比較した。東日本の標準モデルを図 1 の黒線の範囲に生成した。概観を図 2 に示す。地殻構造は異なる物性値を持つ 4 層構造でモデル化されており、モデルの分解能は 1km としている。生成したモデルの自由度は 157,232,985、四面体要素の数は 49,676,574、立方体要素の数は 43,358,358 となった。比較のために、同じ範囲に物性が均質で表面がフラットなモデルを生成し、これを「従来モデル」とする。入力として八木による東北地方太平洋沖地震の推定すべり分布³⁾ (図 1 参照) を用いた。

図 3 に変位のピークを通る側線 (図 1 側線 A-A') における変位分布を示す。ピークの値や変形モードが標準モデルと従来モデルで変化している。これより、物性の不均質性と地表面形状を考慮することが解析結果に大きく影響することが分かった。本研究ような High-fidelity なモデルを標準モデルとして用いることの重要性が示唆される。

キーワード: 日本列島標準モデル, 極低頻度巨大地震, 有限要素法, 地殻変形解析

連絡先: 〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1 東京大学 大学院工学系研究科 社会基盤学専攻, Email: agata@eri.u-tokyo.ac.jp

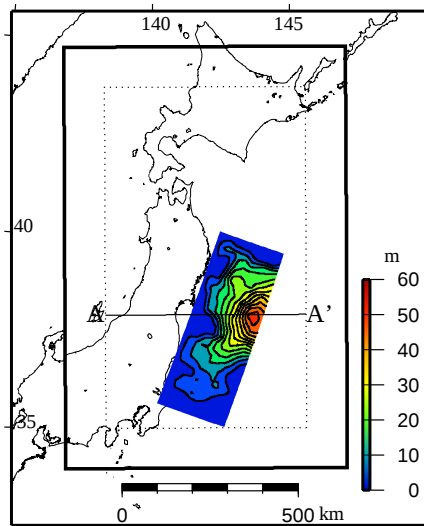


図-1 モデルの生成範囲(黒線)・八木による東北地方太平洋沖地震の推定すべり分布・変位のピーク値を通る側線(A-A')。(点線は精度1%保証範囲)

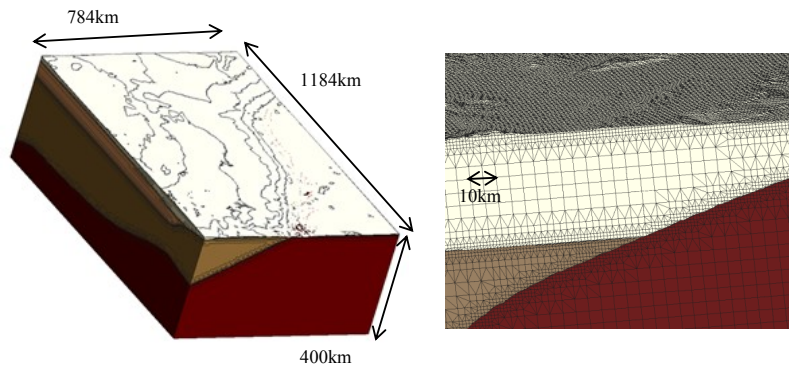


図-2 東日本標準モデルの概観．左図は全体図，右図は詳細図．分解能1kmのメッシュにより地表面形状が細かく再現されている．

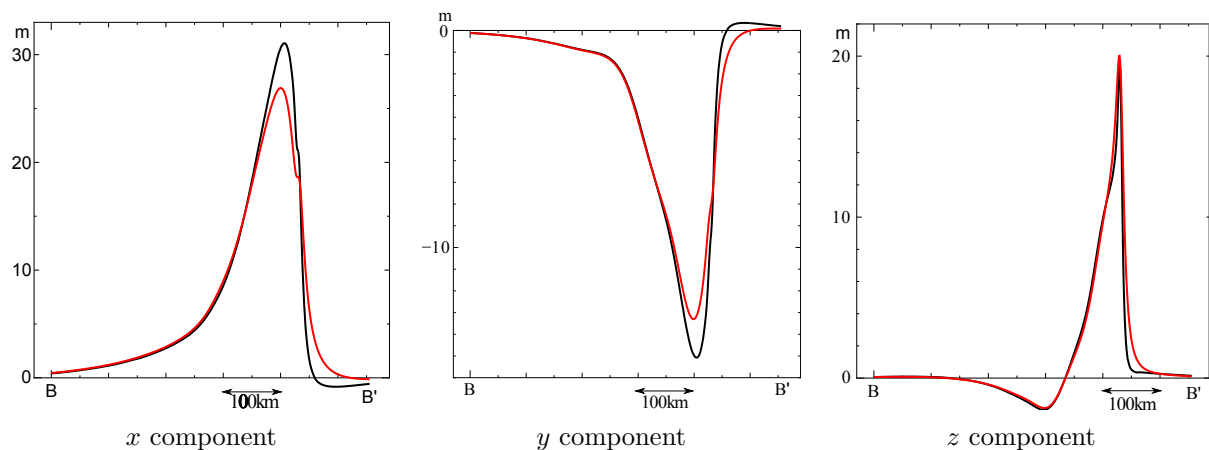


図-3 側線での変位(mm)．黒：標準モデル，赤：従来モデル．モデルによって変位のピーク値やモード形状に違いが出る．

4. おわりに

本研究では、日本列島地殻構造の標準モデルとして、物性の不均質性・形状を考慮に入れた High-fidelity な有限要素モデルを構築した。地殻変形解析への適用例から、標準モデルと従来のモデルで変位のピーク値やモード形状に違いが出ることを示した。統合的な地震シミュレーションに地殻・観測データやシミュレーション技術の蓄積を活かした標準モデルを用いることの重要性が示唆される。

今後の課題は、本手法の地殻の状態推定への適用と、分解能をさらに高めた地震波動場解析への適用である。

謝辞： 京都大学の平原和朗教授，海洋研究開発機構の堀高峰研究員には数多くの助言をいただいた．東京大学の前田拓人特任助教には地殻構造のデータを提供していただいた．ここに感謝の意を表する．

参考文献

- 1) Sato, K., Baba, T., Hori, T., Hyodo, M. and Kaneda, Y.: Afterslip distribution following the 2003 Tokachi-oki earthquake: An estimation based on the Green's functions for an inhomogeneous elastic space with subsurface structure, *Earth Planets Space*, Vol.62, pp.923-932, 2010.
- 2) Ichimura, T., Hori, M. and Bielak, J.: A hybrid multiresolution meshing technique for finite element three-dimensional earthquake ground motion modelling in basins including topography, *Geophys. J. Int.* Vol.177, pp.1221-1232, 2009.
- 3) 八木勇治：2011年3月11日東北地方太平洋沖地震(Ver.4)，<http://www.geol.tsukuba.ac.jp/yagi-y/EQ/Tohoku/>，2011.