

# 深層および浅層の3次元構造を考慮した2009年駿河湾の地震の強震動シミュレーション

## Simulation of strong ground motions during the 2009 Suruga-bay earthquake with 3-d structure of deep and shallow soil layers

佐口浩一郎<sup>1)</sup>, 倉橋奨<sup>2)</sup>, 正木和明<sup>2)</sup>, 入倉孝次郎<sup>2)</sup>

1) 株式会社日本アムスコ, 2) 愛知工業大学

Koichiro Saguchi<sup>1)</sup>, Susumu Kurahashi<sup>2)</sup>, Kazuaki Masaki<sup>2)</sup>, Kojiro Irikura<sup>2)</sup>

1) Nihon Emsco Co., Ltd, 2) Aich Institute of Technology

### 1. はじめに

2009年8月11日に発生した駿河湾の地震の際、中部電力浜岡原子力発電所構内において図1に示すよう5号機では他の観測点に比べ2倍程度の地震動が観測された<sup>1)</sup>。本研究では、鉛直アレイ観測点である3号機の中観測点における中小地震記録から経験的グリーン関数法により2009年駿河湾の地震の本震時における浜岡原子力発電所直下の入射地震動の推定を行い、中部電力の調査による浅層地盤を反映させた地下構造モデルを用いて3次元FEM解析による強震動シミュレーションを実施することにより、特に地震動の大きかった5号機における本震記録の再現を試みる。

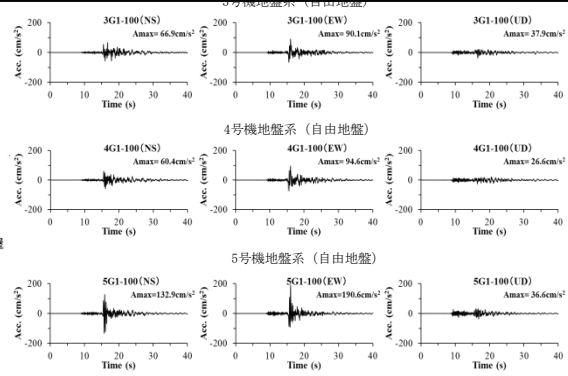


図1 浜岡原子力発電所内におけるボアホール観測点<sup>1)</sup>と各観測点における観測波形(加速度記録)

### 2. 経験的グリーン関数法による入射地震動の推定

既往の震源モデル<sup>2)</sup>では、原子炉建屋に設置されている観測波形の特徴から、アスペリティ1の解析には8月13日12:42の余震を、アスペリティ2の解析には8月13日18:11の余震をグリーン関数として用いた波形の合成が行われている。本研究においても、同様に図2に示す2つの余震を用いて原子力発電所敷地直下の地震基盤内(深度7km)における入射地震動の波形合成を行った。なお、グリーン関数として用いる余震記録は3号機地下150mの記録からHaskell法により地震基盤における入射波を算出し使用した。

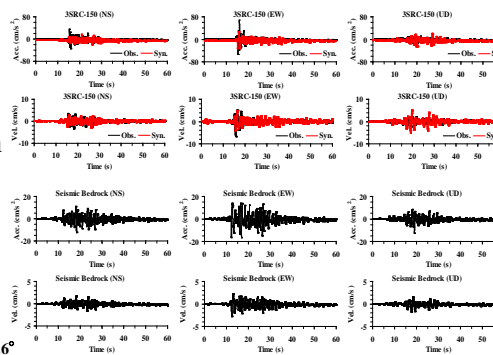
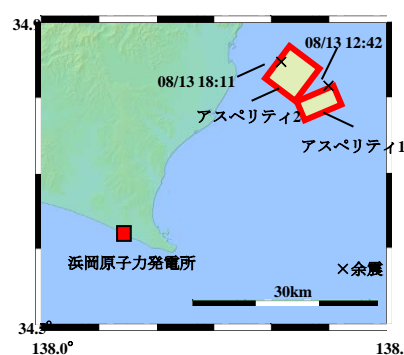


図2 駿河湾の地震の震源モデルと経験的グリーン関数による波形合成結果(右上:観測点:3SRC-150)および地震基盤内(深度7km)における入射地震動(右下)

### 3. 3次元有限要素法による深部地盤構造モデル

2009年駿河湾の地震の後、中部電力浜岡原子力発電所の敷地内および周辺地域では、反射法による地下構造探査が実施されている<sup>3)</sup>。本研究では、この反射法探査結果から図1に示す浜岡原子力発電所を中心とした30km×30km程度の領域を3次元地下構造モデルとして新たに構築した。モデル化に際しては、反射法探査結果による浅部地下構造が存在する部分については、反射法探査結果をそのまま用い、探査結果のない部分についてはNIED (J-SHIS) モデルにて補完することによりモデル化を行った。

### 4. 3次元有限要素法による強震動シミュレーション

3次元有限要素法による強震動シミュレーションでは、計算機能力の制約から発電所を中心とした5km×5km程度の局所的な対象領域のみをモデル化し、遠方の震源による地震力と等価な地震力を入射境界面から入力する手法<sup>4)</sup>を用いる。浜岡原子力発電所直下の地震基盤内(深度7km)における入射地震動の3成分を、各アスペリティからの合成波形としてモデル下部境界および震源側の側方境界において平面波として入射させ解析を行った。対象とする周期帯域は0.2秒以上とし、入射角は各アスペリティから入射地震動の合成位置(3号機直下7km)に対しての入射角とした。モデルの外側領域においては吸収領域を設けた。解析の結果、各観測点における観測記録との整合性は概ね調和的であった。

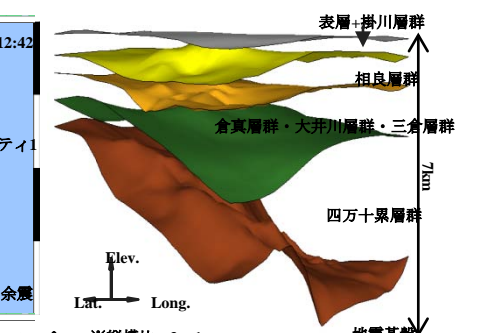
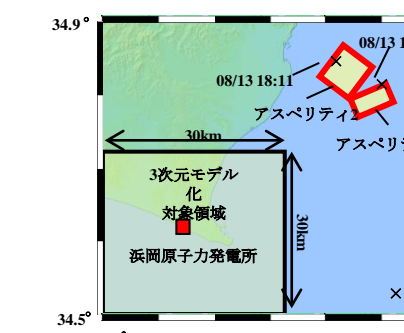


図3 浜岡原子力発電所周辺における深層および浅層の3次元地下構造

### 5. まとめ

本研究では、2008年駿河湾の地震の余震記録を用いて、経験的グリーン関数法により中部電力浜岡原子力発電所直下の地震基盤内における本震時の入射地震動の推定を行った。J-SHISによる深部地盤モデルに中部電力の調査による浅層の褶曲構造を反映させた3次元地盤構造モデルを構築し、3次元地盤構造モデルと推定した入射地震動を用いて強震動シミュレーションを実施した。強震動シミュレーションの結果、各観測点における観測記録との整合性は概ね調和的であった。

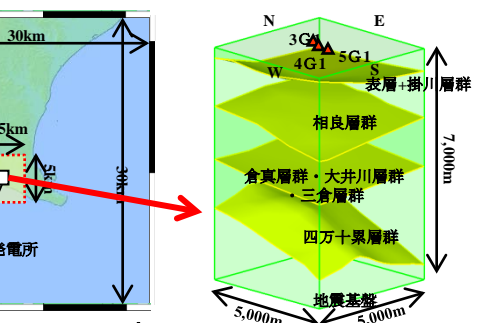
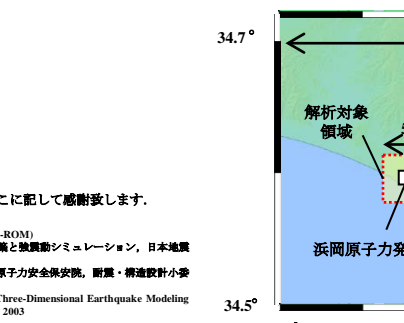


図4 3次元FEM解析による強震動シミュレーションのための局所モデル

謝辞: 本研究では、中部電力(株)から提供された地震観測記録を使用しています。ここに記して感謝致します。

- 参考文献:
- 1) 中部電力(株): 中部電力(株)浜岡原子力発電所における「2009年8月11日駿河湾の地震」の観測記録等(CD-ROM)
  - 2) 倉橋奨, 入倉孝次郎, 首藤研: 近接観測記録を用いた2009年駿河湾を震源とする地震の震源モデルの構築と強震動シミュレーション, 日本地震工学会・大会-2009秋版, 216-217, 2009
  - 3) 中部電力(株): 地下構造調査結果を踏まえた解析用地盤モデルに基づく検討について(検討資料集), 原子力安全保安院, 調査・構造設計委員会, 地震・津波・地質・地盤合同WG資料, 合同W42-1-1, 2010.1
  - 4) Jacobo Blich, Kostas Loukakis, Yoshiaki Hishiki, Chiaki Yoshimura: Domain Reduction Method for Three-Dimensional Earthquake Modeling in Localized Regions, Part I: Theory, Bulletin of the Seismological Society of America, 93, pp.817-824, 2003

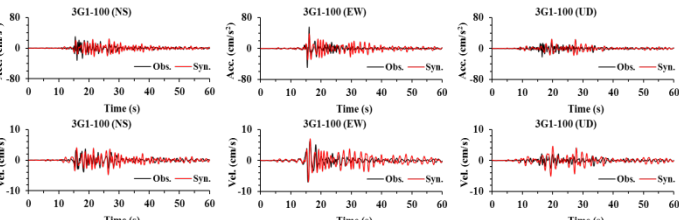


図5 3G1-100における3次元強震動シミュレーション結果(上:加速度波形 下:速度波形)

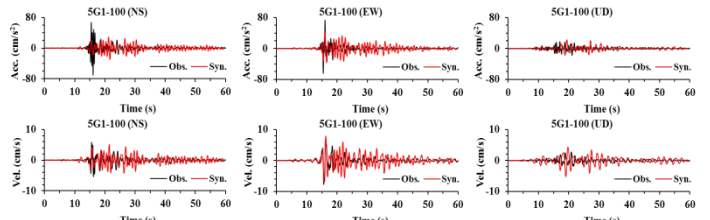


図6 5G1-100における3次元強震動シミュレーション結果(上:加速度波形 下:速度波形)