# 地震災害予測のための大都市圏強震動シミュレータの開発

## - 深部構造のモデル化及び強震動シミュレーション-

○池上泰史<sup>1)</sup>・秋山伸一<sup>1)</sup>・山根裕之<sup>1)</sup>・井上哲也<sup>1)</sup>・アフニマル<sup>2)</sup>・纐纈一起<sup>2)</sup>

正会員 (株)CRCソリューションズ,〒136-8581 東京都江東区南砂 2-7-5, y-ikegami@crc.co.jp
2) 正会員 東京大学地震研究所,〒113-0032 東京都文京区弥生 1-1-1, koketsu@eri.u-tokyo.ac.jp

## 1. はじめに

本研究では、東京など大都市圏における地震災害 の軽減を目的として、巨大地震を対象とした強震動 シミュレータを開発した.本シミュレータは大規模 で複雑な3次元地下構造を高精度でモデル化するモ ジュール、高精度かつ現実的な計算規模で強震動シ ミュレーションを実行するモジュールおよび結果を 分かりやすく表示するモジュールから成り立つ.

3次元広域地盤の地震波伝播解析には少ない計算 メモリと演算時間で結果が得られることから,現状 では差分法が普及している.一方,通常の有限要素 法にはこうした利点はないが,差分法では難しい地 形の影響を考慮できる特長がある.そこで,本研究で はボクセル型有限要素<sup>1)</sup>を用いることで大幅な計算 の効率化を図り,より現実的なモデルを用いたシミ ュレーションを可能にした.

ここでは、1923 年関東地震を対象に、地下構造の モデル化と強震動シミュレーションについて述べる.

# 2. 深部地下構造のモデル化

地下構造モデル化モジュールは工学的基盤面以深 の深部構造をモデル化する部分と地形分類図から表 層地盤の地震動増幅率を求める<sup>2)</sup>部分に分けられる. このうち,深部地下構造は屈折法探査データと重力 探査データの両者の逆解析<sup>3)</sup>によって設定される.

関東地方で行われた屈折法探査(図 1)と重力探査 (図 2)の結果から逆解析により求められた地層境界 面の深度分布を図3に示す.地層境界面は関東平野 西部の山地から東に向かって深くなり,特に相模湾, 千葉県中部および都心付近で大きく落ち込んでいる 点がこの地域の地下構造の特徴となっている.

図3に示した地層境界面に基づき作成したシミュ レーションモデルを図4に示す.また,1923年関東 地震の断層モデル<sup>4</sup>を図5に示す.この断層モデル は小田原北部を震源とし,小田原付近および三浦半 島付近の2箇所にアスペリティを持つ.

#### 3. 強震動のシミュレーション

ボクセル型有限要素法による長周期地震動のシミ ュレーションによって得られた速度応答のスナップ ショットを図6に示す.図6によると,小田原付近 で現れた地震動は相模湾を東に進み三浦半島付近で 勢力をさらに強め房総半島館山に向う.一方,関東 地方南部や西部の山地際では表面波が発生し、都心 に向かって伝播する.先に述べたように、関東平野 では堆積層が都心部から千葉県中央部にかけて深く なっている.こうした地下構造の影響を受けて表面 波は平野内部に留まり続け、その結果、地震動の継 続時間が長くなると考えられる.

つぎに,統計的 Green 関数法を用いて算出した短 周期地震動を工学的基盤面において長周期地震動と ハイブリッド合成し,広帯域地震動を求める.なお, 両者の接続振動数は 0.5Hz である.さらに,地形分 類図から得られる工学的基盤よりも浅い表層地盤の 増幅率をこの広帯域地震動に掛け合わせ,地表面に おける地震動を求める.

図7には関東地方各地の速度波形を示す.これらの波形では主要動部分に短周期成分が見られるが, 全体として周期2,3~10秒にかけての長周期成分が 卓越している.このような震動特性は先に示した地 下構造の影響によって現れる.

また,断層直上の関東地方南部では大きな振幅を 示す.さらに,この地震では震源である小田原付近 から三浦半島に向かって断層破壊が進むため,破壊 方向に当たる房総半島では特に大きく揺れる.

### 4. まとめ

1923年関東地震を対象に、地下構造のモデル化お よび強震動シミュレーションの結果を示した.本シ ミュレータの中核を成す地震波伝播モジュールには、 これまで実用化が困難と考えられていた有限要素法 を採用し、並列化などの改良を加えることにより実 用的な地震波解析が可能となった.今後は、このシ ミュレータを用いて様々な強震動予測を行う予定で ある.なお、本研究は(独)科学技術振興機構 JST-ACT 13C-2の一環として実施した.

#### 参考文献

- Koketsu, Fujiwara, Ikegami: Finite-Element Simulation of Seismic Ground Motion with a Voxel Mesh, Pure Appl. Geophys., 161, 11-12, 2463-2478, 2004.
- 2) 鄭、久保、久田、畑山、座間:地震災害予測のための大都市圏強震動 シミュレータの開発-50mメッシュ地形地盤分類と周波数帯別増幅率 マップー、日本地震工学会年次大会、2004.
- Afnimar, Koketsu, Nakagawa: Joint inversion of refraction and gravity data for the three-dimensional topography of a sediment-basement interface, Geophys. J. Int. 151, 243-254, 2002.
- 4) Kobayashi, Koketsu: Source Process of the 1923 Kanto Earthquake Inferred from Historical Geodetic, Teleseismic, and Strong Motion Data, in press, 2004.





第1層(Vs=550m/s)

図 5 1923 年関東地震震源モデル 4) (震源における最終すべり量)





10 秒後

図3 関東地方の地下構造モデル



50 秒後



図6 波動伝播(速度波形)のスナップショット



図7 地表面での広帯域速度波形(単位:cm/s)