

関東地方の地下構造のモデル化と強震動シミュレーション

CRC ソリューションズ	正会員	秋山 伸一
CRC ソリューションズ		池上 泰史
東京大学		アフリマル
東京大学		瀧 一起

1. はじめに

東京などの大都市圏における地震災害の軽減を目的に、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な3次元地下構造を高精度でモデル化するモジュールと高精度で現実的な計算規模の強震動シミュレーションモジュールを中核に持つ。現在、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¹⁾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

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²⁾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³⁾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箇所にあすぺリティを持つ。

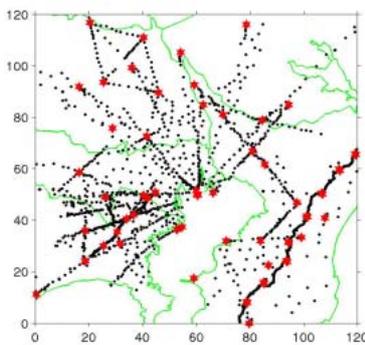


図-1 屈折法探査概要
(震振点・受信点)

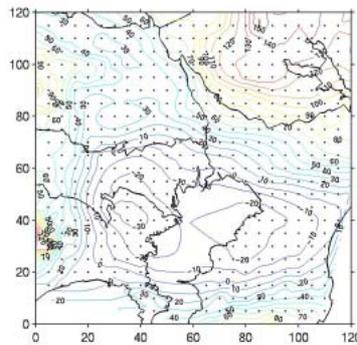


図-2 重力探査データ

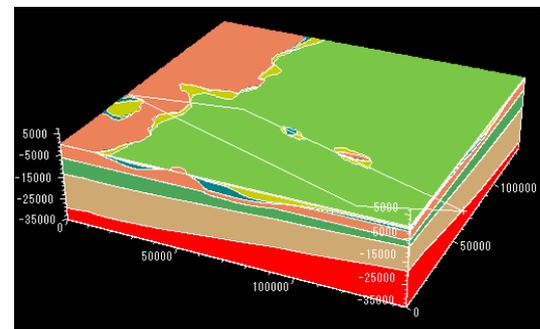
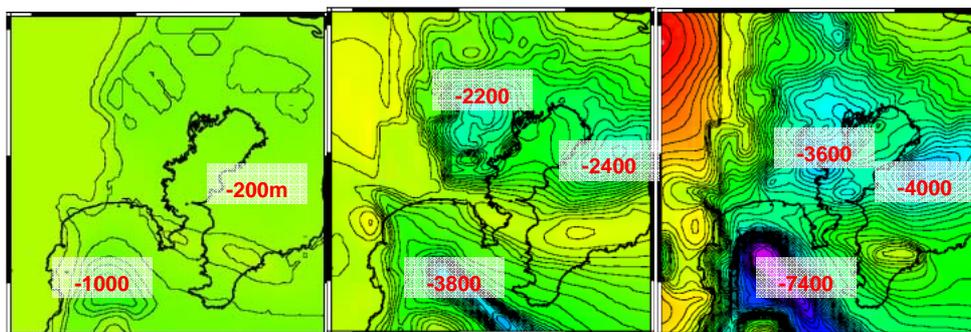


図-4 シミュレーションモデル
(東西150km×南北140km×深さ35km)



第1層(Vs=550m/s)

第2層(Vs=900m/s)

第3層(Vs=1500m/s)

図-3 地下構造の推定結果

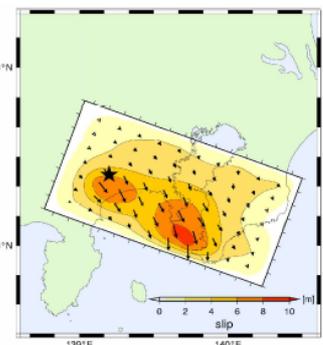


図-5 1923年関東地震震源モデル⁴⁾
(震源における最終すべり量)

キーワード：強震動，シミュレーション，ボクセル型 FEM，広帯域地震動，深部地下構造

連絡先：〒136-8581 東京都江東区南砂 2-7-5 (株)CRC ソリューションズ，TEL 03-5634-5793

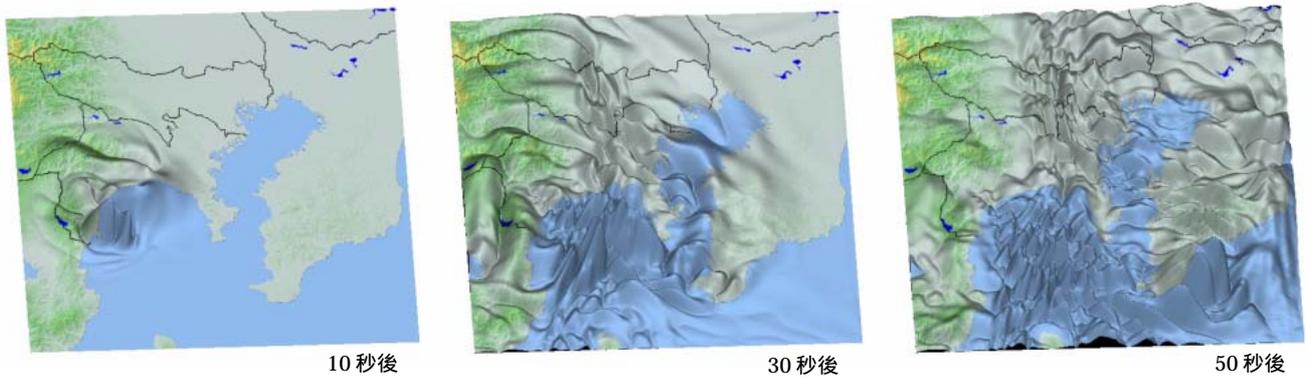


図-6 波動伝播(速度応答)のスナップショット

3. 強震動シミュレーション

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の結果を図-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。前述のように、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るため、地震動の継続時間が長くなる。

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⁴⁾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。

東京大手町における短周期と長周期地震動のハイブリッド合成、さらに地表面地震動の算出過程までを図-7に示す。ハイブリッド合成した工学的基盤面における広帯域地震動は、主要動が励起され始める 30 秒から 40 秒付近で短周期地震動の影響が見られるが、全体的には長周期地震動によって支配されており、両者の特徴を兼ね備えていることが見て取れる。さらに、この地震動に表層地盤の増幅率を掛け合わせて求められる地表面地震動では特に短周期成分の増幅が著しい。

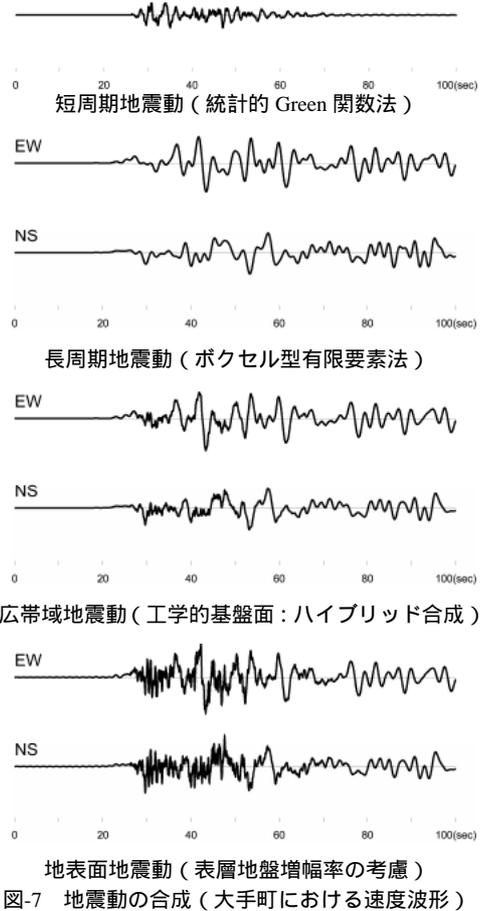


図-7 地震動の合成(大手町における速度波形)

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。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。強震動シミュレーションでは共同研究グループである(独)消防研究所および工学院大学で作成された表層地盤増幅率データベースを用いた。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) Koketsu, Fujiwara, Ikegami: Finite-Element Simulation of Seismic Ground Motion with a Voxel Mesh, Pure Appl. Geophys., 161, 2463-2478, 2004.
- 2) 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.
- 3) Kobayashi, Koketsu: Source Process of the 1923 Kanto Earthquake Inferred from Historical Geodetic, Telesismic, and Strong Motion Data, in press, 2005.
- 4) 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 -, 日本地震工学会・大会-2004 梗概集, 386-387, 2004.