

首都直下地震を対象にした強震動予測手法に関するベンチマークテスト
 -その1：都心南部地震を対象とした統計的手法を用いた強震動予測-

正会員 ○久田嘉章* 同 石川理人* 同 野畑有秀**
 同 山本 優*** 同 眞鍋俊平****

ベンチマークテスト 強震動予測手法 統計的手法
 首都直下地震 都心南部地震 ω2 モデル

はじめに

2009 年度より著者らは、強震動予測手法に関する研究者・実務者の参加を募り、代表的な 3 手法（理論・数値・統計的手法）を用いて、同じ震源・地盤の条件下で様々な手法・計算コードによる結果の比較を行い、その適用範囲やバラツキなどを検討する「強震動予測手法に関するベンチマークテスト」を実施している¹⁾。2013 度まで（ステップ 1~6）は主に手法の検証（verification）を主な検討対象とし、2014 度（ステップ 7）には実際の観測記録との比較検討による手法の妥当性（validation）を主眼にして実施した²⁾。今回（ステップ 8）は、内閣府による首都圏の想定直下地震である都心南部地震³⁾を対象として、統計的手法（その 1）と理論・数値解析手法（その 2, 3）によるベンチマークテストの結果を報告する。

ベンチマークテスト・ステップ 8（想定・都心南部地震）

図 1 に対象地震の震央と計算対象の出力点（25点）、表 1 に統計的手法によるステップ 8 の検討モデル一覧を示す。対象とする地震は、都心南部地震であり、内閣府による地震動計算と同様に想定震源断層（Mw7.3）の中心にある強震動生成域（SMGA；Mw7.0、深さ37~45.2 km）のみを対象に実施した³⁾。ステップ 8 では、参加者が共通の震源・地盤モデルを用いる SS81（点震源）・SS83（面震源）と、参加者独自による SS82・SS84 とで実施した。

SS81&83での地盤モデルでは、工学的基盤（Vs=500 m/s）より深い地盤モデルは、内閣府と同じモデルとする³⁾。一方、表層地盤は、工学的基盤までデータが使用できる場合はそのまま深部地盤データに接続するが、K-NET など 20 m の深さで Vs 値が打ち切られている場合は、20 m 以深を単純に工学的基盤と仮定して深部地盤モデルと接続する。SS82&84では、参加者独自の地盤モデルの使用を期待する。

SS81&83における計算手法は統計的グリーン関数法を基本とする。対象波はSH波のみで、震源から観測点直下の地震基盤までは直線に伝わり、堆積層と表層の増幅率を乗じて地表の地震動を計算する。経時関数は佐藤ほか⁴⁾とし、SS83の要素地震波の重ね合わせは入倉ほか⁵⁾を基本とした。対象振動数は20 Hz以下とした。

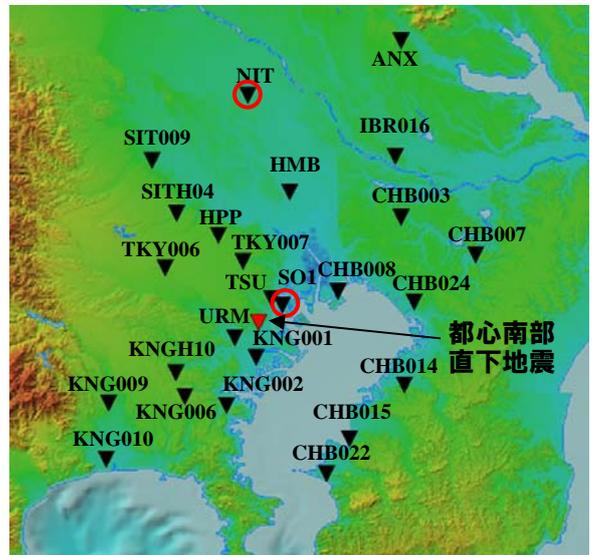


図2：計算地点と震源位置

表 1 統計的手法によるベンチマークテスト STEP8 の概要

STEP8				
都心南部地震(内閣府)				
対象地震	SS81(必須)	SS82(任意)	SS83(必須)	SS84(任意)
モデル名	鉛直	鉛直/斜め	鉛直	鉛直/斜め
入射角	点震源		面震源	
震源	内閣府	任意	内閣府	任意
地盤	任意		任意	
放射特性	S波の一様分布 (放射係数は0.63)	任意	S波の一様分布 (放射係数は0.63)	任意
波動	SH波	SH,SV波	SH波	SH,SV波
減衰	振動数依存			
振動数	対象は0~20Hz(ただし、計算は25Hzまで行う。)			
出力点	25点(K-NET、KIK-NET、UR都市機構、建築研究所、戸田建設株式会社、株式会社鴻池組のデータより設定) 必須13点、任意12点とする。			
出力成分	水平2成分	水平、鉛直3成分	水平2成分	水平、鉛直3成分
出力波形	工学的基盤 (入射波)	地表面 (表層の増幅を考慮)		

表 2 は SS81 & 83 の参加チーム一覧であり、工学院大の久田・石川、大林組の野畑、大成建設の山本、応用地質の眞鍋による、合計 4 チームである。

SS83 の計算例

ここでは SS83 の計算例として、図 2 に S01 と NIT における加速度波形と速度応答スペクトル (h=5%) を示す。結果には 20 Hz までのローパスフィルターを通し、波形の上から観測波、HISADA (経時関数は Boore 型と佐藤型の双方使用)、野畑、眞鍋 (2 乱数)、山本による結果である。佐藤型による計算波は互いにはほぼ等しい値を示している。観測点直下の地震は一般に直達実体波が卓越するため、波形形状は佐藤型より Boore 型の方が現実的である可能性があるが、継続時間は短い両者のフーリエ振幅には差が出ないが、応答スペクトルでは Boore 型の応答値が 2~3 割程度大きい結果となった。

おわりに

大会当日はより詳細な検討結果を報告する予定である。また得られた結果は全て文献 1) に公開する予定であり、首都直下地震を対象とした強震動計算を行う上でのベンチマークとして参照されたい。

謝辞: 本プロジェクトは文部科学省・科学研費・基盤研究 (B) 「大都市圏で想定される広帯域強震動と超高層建築の減災対策」(平成 24-26 年度) の研究助成で行われ、日本建築学会・地盤震動小委員会、UR 都市機構、建築研究所、国総研、戸田建設、鴻池組、および工学院大学・総合研究所・都市減災研究センター、および、民間 7 社 (㈱安藤・間、㈱熊谷組、佐藤工業㈱、戸田建設㈱、西松建設㈱、㈱フジタ、前田建設工業㈱) による平成 24 年度共同研究「来るべき巨大地震の強震動予測に関する研究」との連携のもとに行われています。

参考文献

- 1) 工学院大学・久田研究室: ベンチマークテストホームページ、<http://kouzou.cc.kogakuin.ac.jp/test/home.htm>
- 2) 石川ほか: 首都直下地震を対象とした強震動予測手法に関するベンチマークテスト、その 1 千葉県北西部地震を対象とした観測記録との比較、第 14 回日本地震工学シンポジウム, 2014
- 3) 内閣府: 首都直下モデルにおける強震動に関する考え方 (H26.05.14)
- 4) 佐藤ほか: 日本建築学会構造系論文集, 461, 19-28, 1994
- 5) 入倉孝次郎ほか, 経験的グリーン関数を用いた強震動予測方法の改良, 日本地震学会講演 予稿集, No.2, B25, 1997

表 2 ステップ 8 の参加チーム一覧 (2015/4/1 現在)

参加者	久田・石川	野畑	山本	眞鍋*
SS81	○	○	○	○
SS83	○**	○	○	○

* 地殻内の波線伝播は笠原(1985)の球殻モデルを使用

** 要素地震波の重ね合わせは、Irikura(1986)を使用

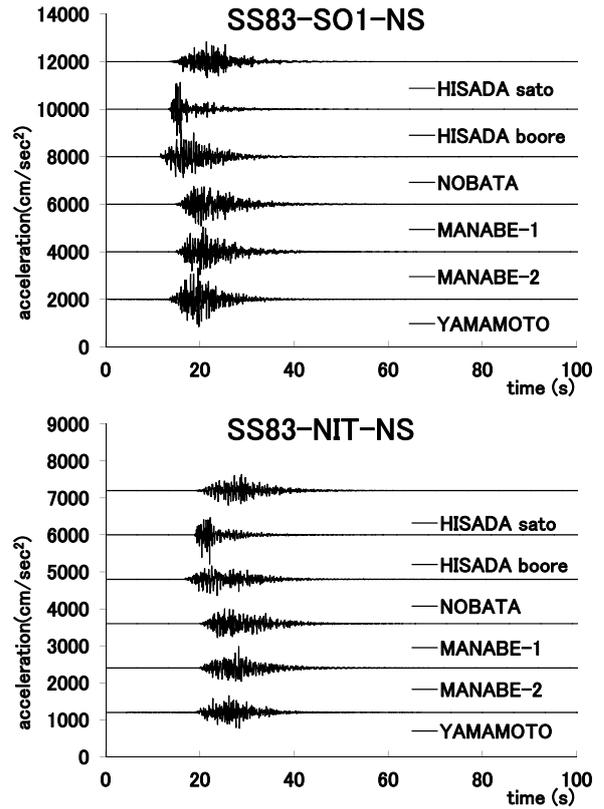


図 2 SS83 における加速度波形の比較例

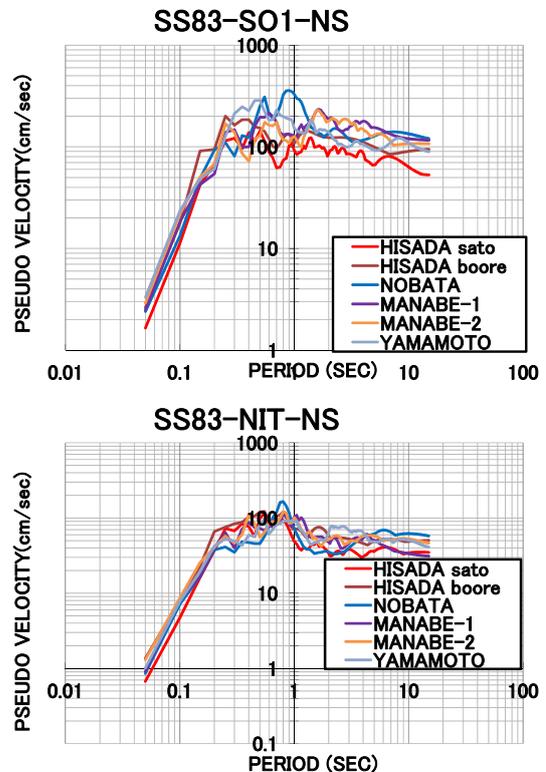


図 3 SS83 における速度応答スペクトルの比較例