

4.4 地震動予測結果の考察

ここでは、後述する被害想定に利用される地震動予測結果（ハイブリッド法）について考察を加える。

図 4.4-1(1)～図 4.4-1(2)に中央防災会議(2005)²⁶による東京湾北部地震で、千葉県側にアスペリティがある場合の地震動予測結果との比較図を示した。中央防災会議(2005)の地震動予測は、経験的グリーン関数法による計算結果、基本メッシュが 1km^2 である、浅層地盤モデルが微地形区分から求めたものである、深部地盤モデルは千葉県域でチューニング前のものであり、今回の千葉県の計算方式、メッシュの大きさ、浅層地盤モデルとは大きく異なる。図 4.4-1(2)に示すように、今回の千葉県の地震動予測結果は、中央防災会議(2005)と比較して以下のような特徴がある。

県中南部で千葉県の予測震度分布が大きくなる地域がある
銚子付近また県南端付近で千葉県の予測震度分布が小さくなる
浦安地区などで千葉県の予測震度分布が小さくなる

については、図 4.4-2 および図 4.4-3 に示すようにハイブリッド法を用いた影響であり、特に図 4.4-3 の右上の波形のように、差分法計算によるやや長周期地震動波形の方位性の影響が顕著である。

については、今回、深部地盤モデルをすべて見直し、中央防災会議(2005)のものとは、銚子付近および県南端付近で、地震基盤までの深さが全く異なるものとなっている影響である。

については、浦安付近では、深度 40m 付近に軟弱な粘土が 15m 以上の厚さで分布しており、地震波が減衰している影響が出ている。千葉県の結果は、このような表層地盤の地震動増幅の非線形性を考慮した地震応答解析を用いており、中央防災会議(2005)の最大速度倍率をかける手法との差が現れたものと考えられる。

次に、過去の被害地震の強震記録と今回の予測地震動を比較した。図 4.4-4 には、応答スペクトルの一般的な説明図を示し、図 4.4-5 には過去の被害地震の強震観測点の位置図を示した。図 4.4-6(1)～(4)に既存波形とその応答スペクトルを示し、図 4.4-6(5)に東京湾北部地震の千葉市の予測波形および応答スペクトルを示した。予測した波形の擬似速度応答スペクトル(pSv)では、固有周期 1 秒付近で $pSv=400\text{cm/sec}$ を越えており、図 4.4-6(1)に示す 1995 年阪神・淡路大震災の神戸海洋気象台の記録を上回っている。

これらのことから、今回、予測した東京湾北部地震の地震動は、過去の被害地震と同等以上の大きさを持ったものであることが分かる。

最後に、図 4.4-7 に今回予測した東京湾北部地震の予測波形と加速度応答スペクトル上に、林(2002)による性能等価応答スペクトルを重ねて示した。これら図の C_y は建物の強さ（耐力）を表しており、 R は最大層間変位角を表している。図 4.4-7 の千葉市では、一般的な建物の耐力を $C_y=0.6$ 程度とすると $R=1/20 \sim 1/10$ 間で加速度応答スペクトルの内側に入っており、層間変位角が $1/20 \sim 1/10=0.05 \sim 0.1$ 程度となることを表している。

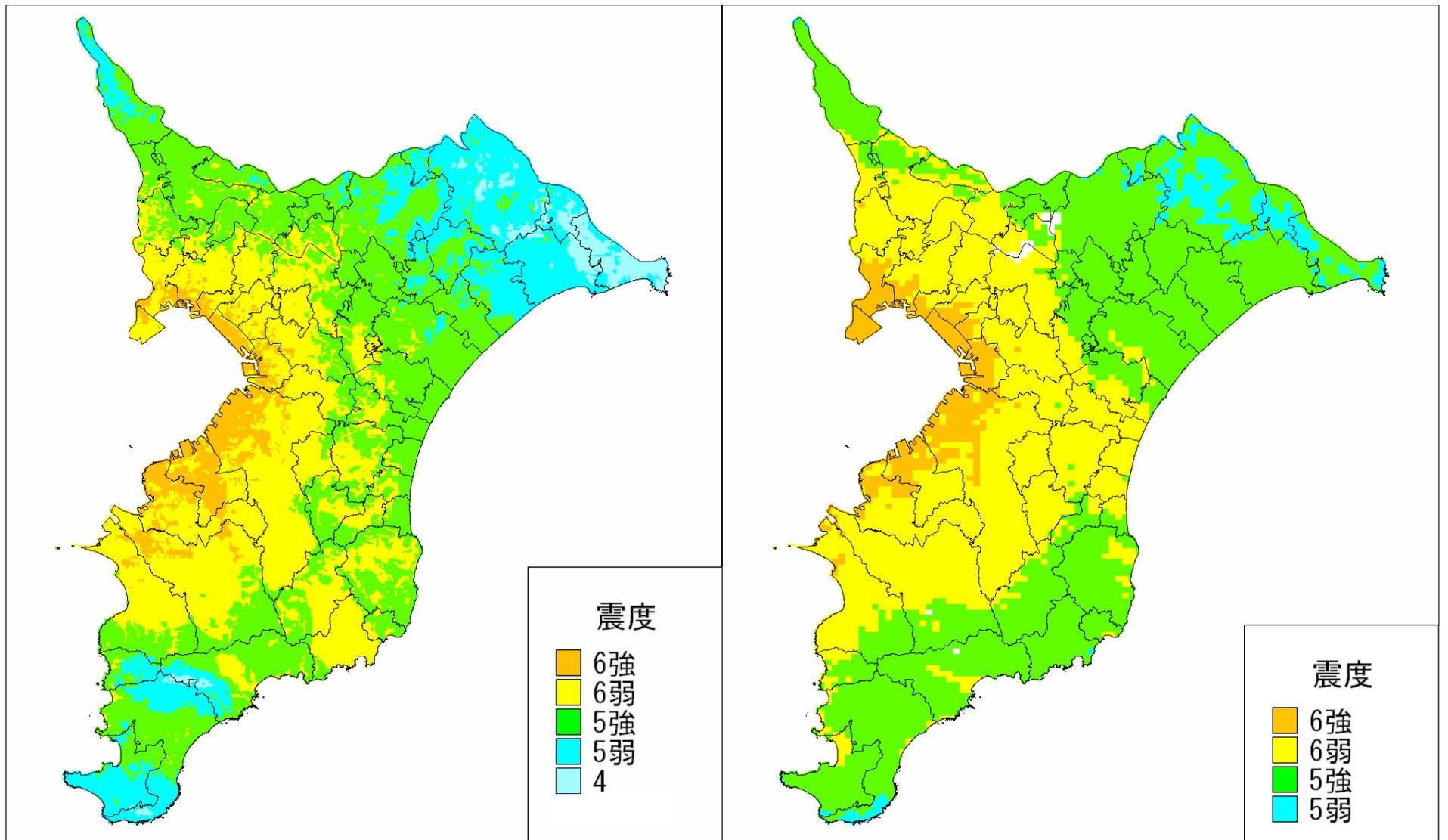


図 4.4-1(1) 震度分布図 (東京湾北部地震)
(左: 千葉県・右: 中央防災会議 (千葉県側にアスペリティがある場合))

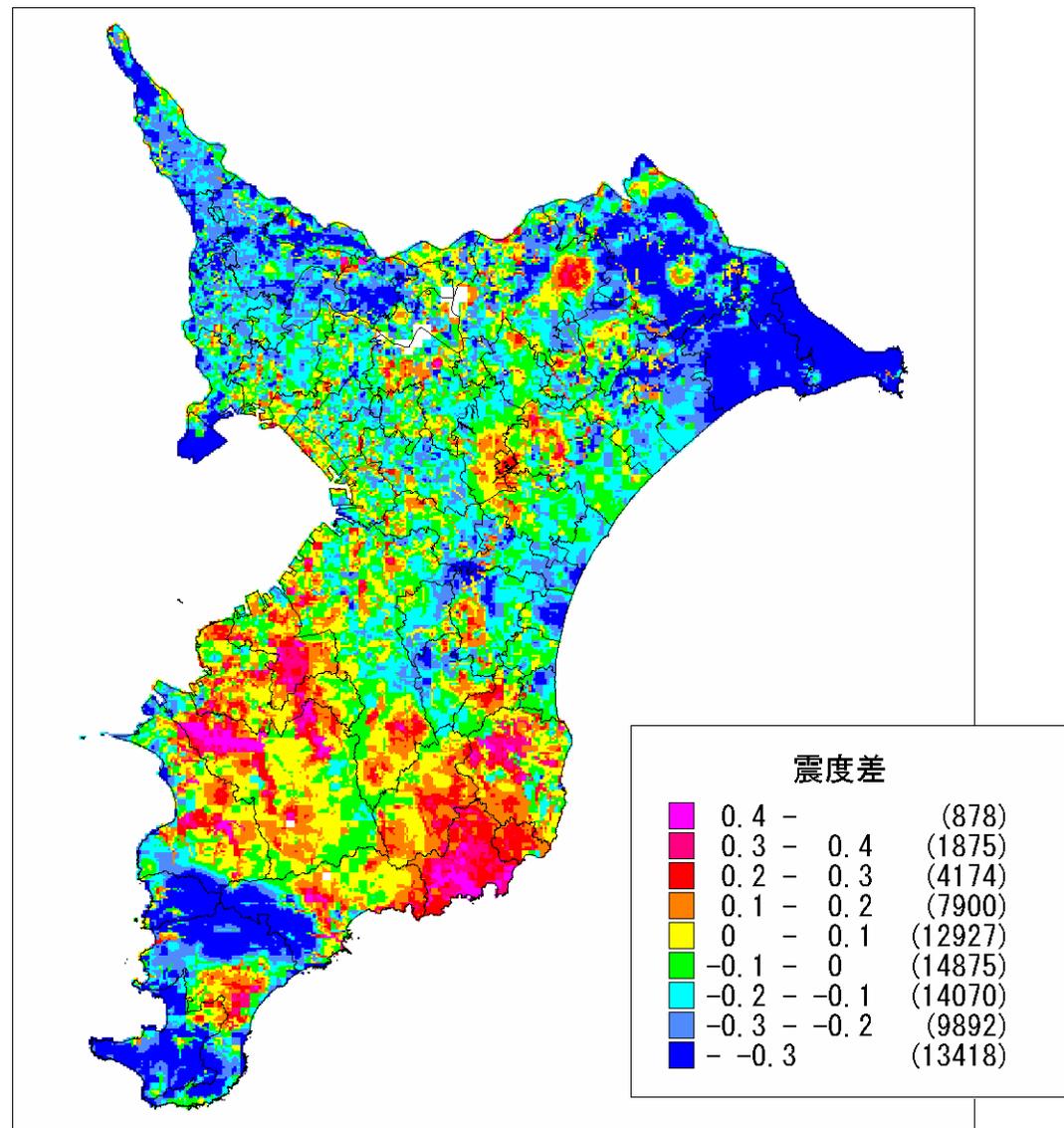
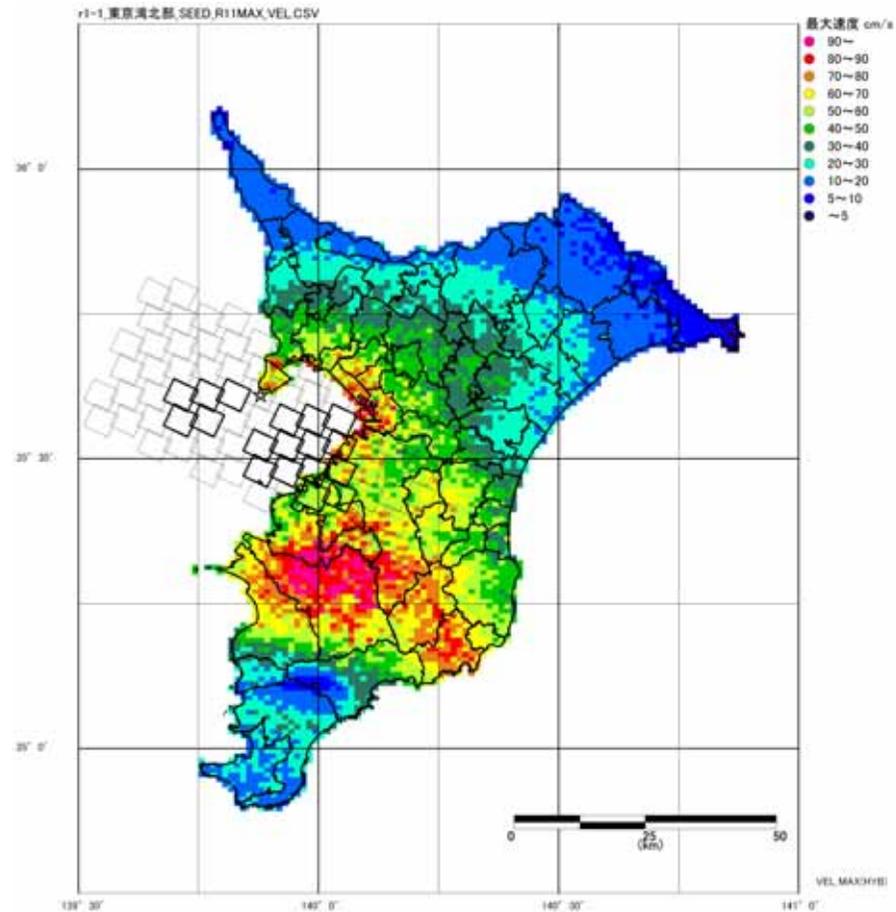
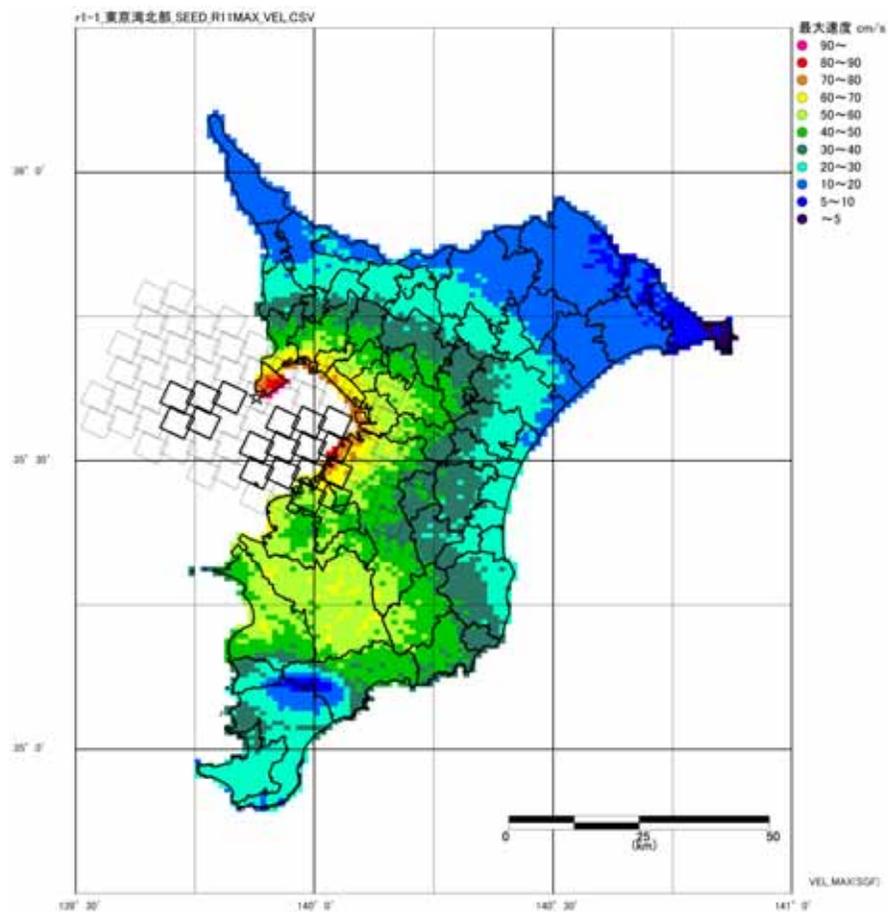


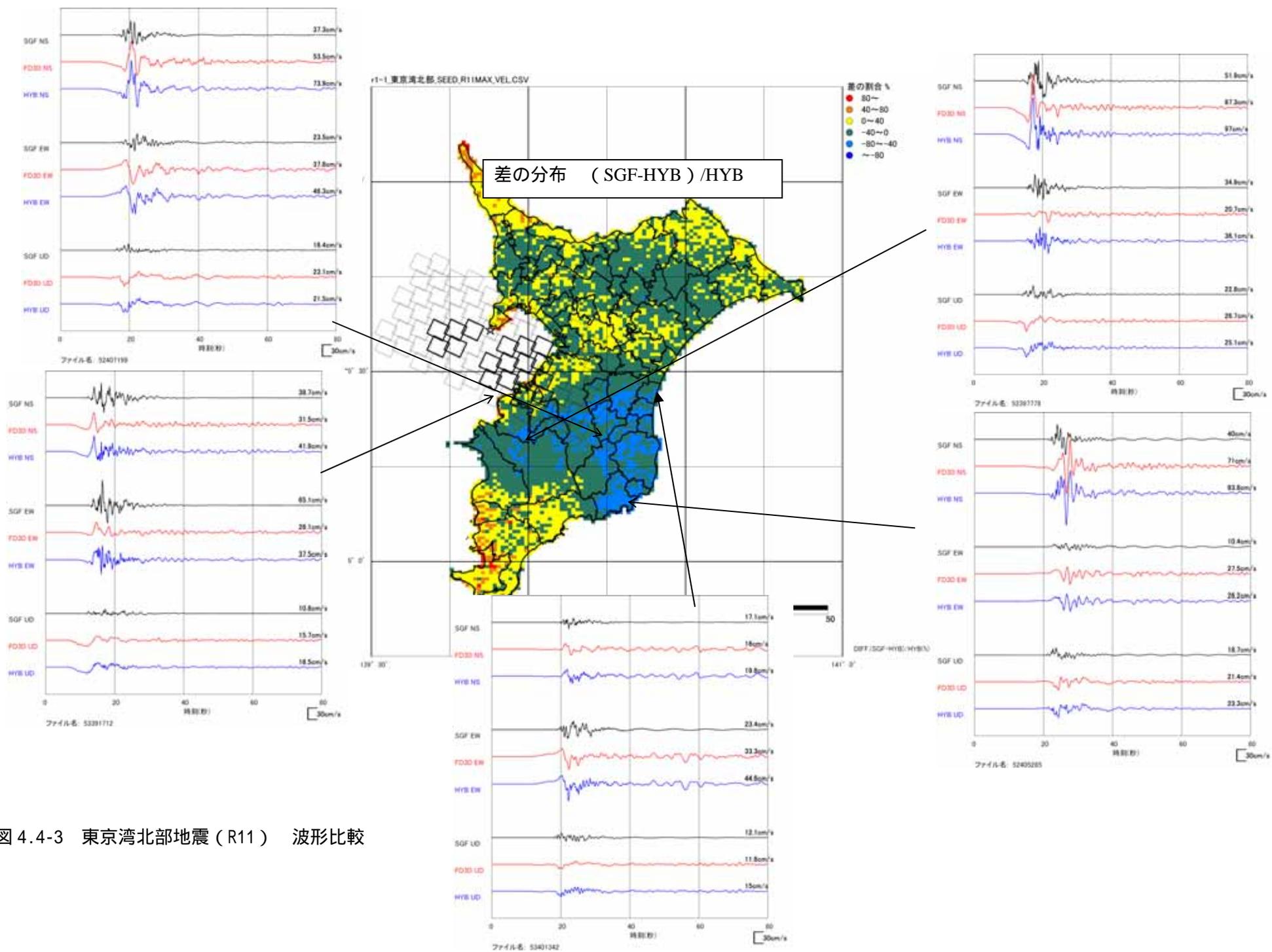
図 4.4-1(2) 震度差 (東京湾北部地震・千葉県 - 中央防災会議 (千葉県側にアスペリティがある場合))



最大速度分布 (S G F)

最大速度分布 (H Y B)

図 4.4-2 東京湾北部地震 (R11) 統計的グリーン関数法とハイブリッド法の最大速度の比較



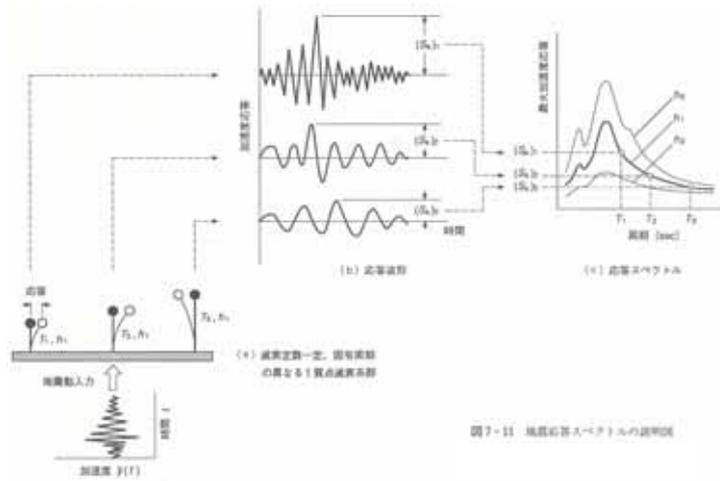


図 4.4-4(1) 応答スペクトルの説明図

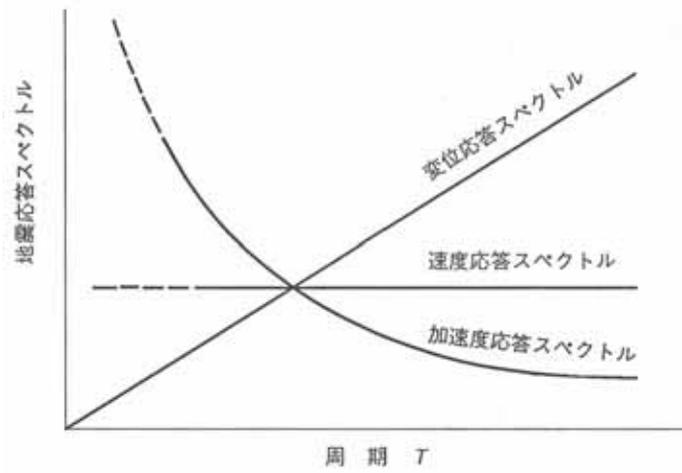


図 4.4-4(2) 地震応答スペクトルの概略の形

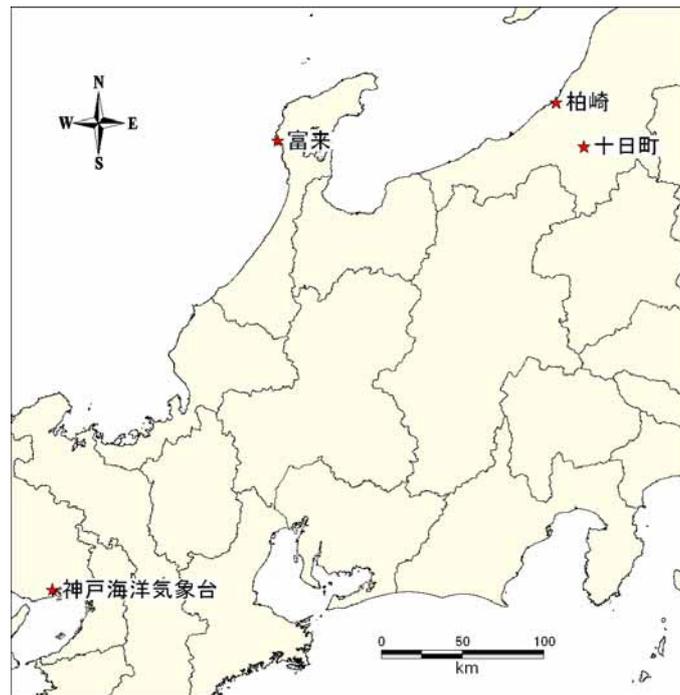
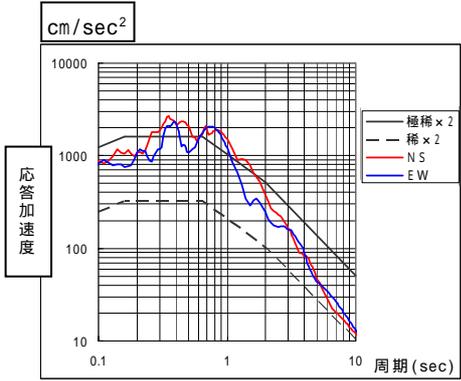
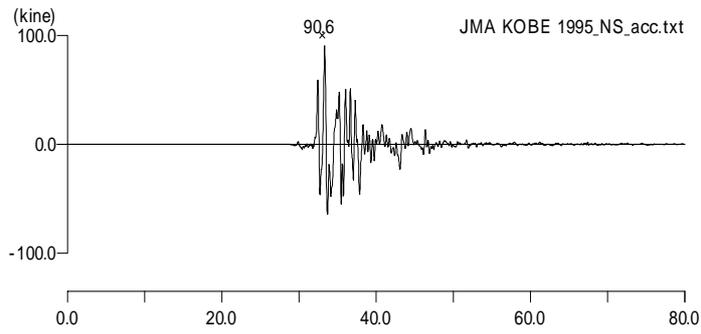
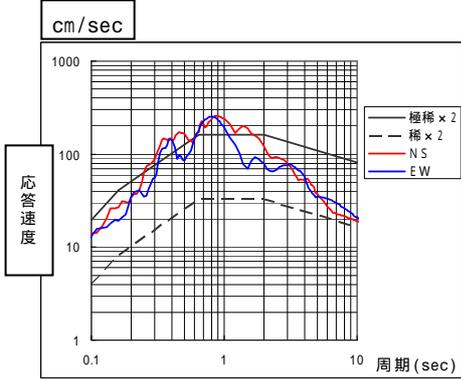
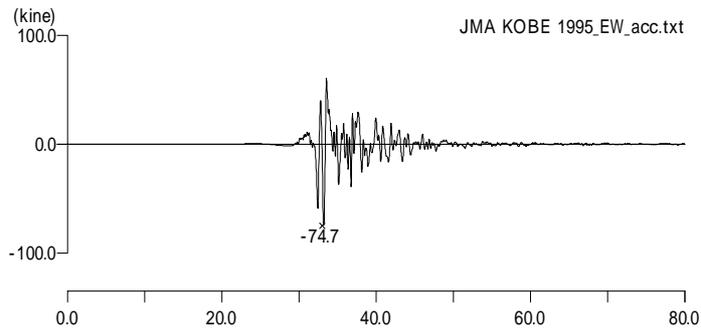


図 4.4-5 既存の強震観測点の位置図



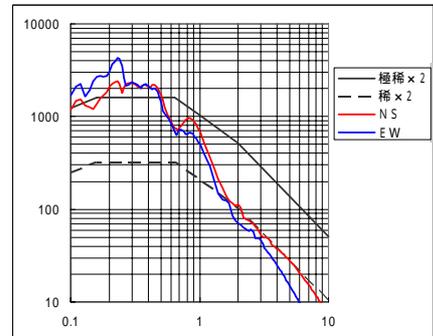
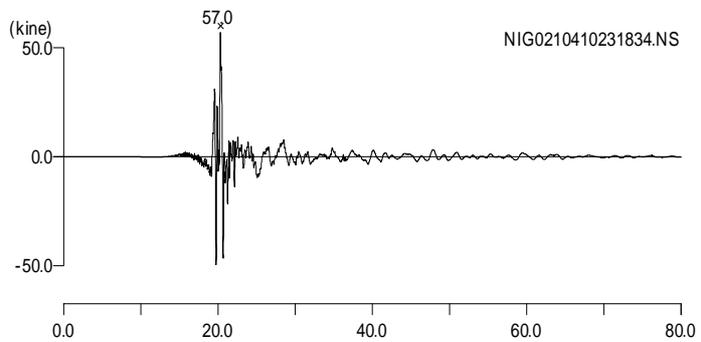
加速度応答
スペクトル



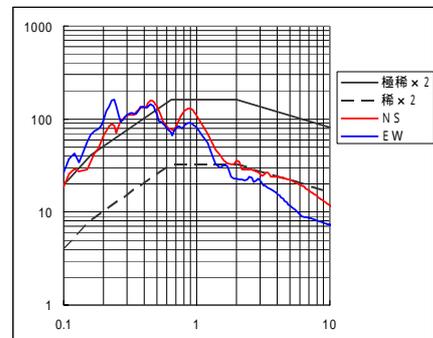
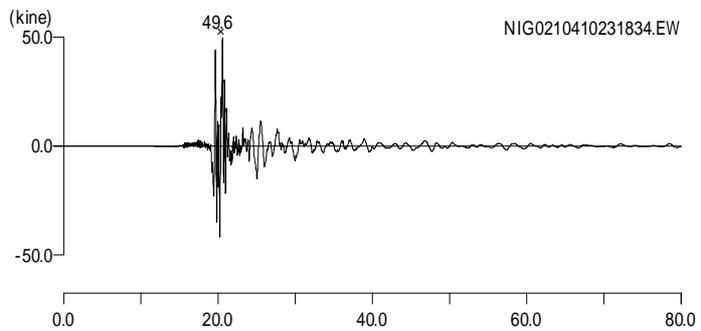
擬似速度応答
スペクトル

図 4.4-6(1) 既存波形と地震応答スペクトル

1995 年阪神・淡路大震災 神戸海洋気象台



加速度応答
スペクトル



擬似速度応答
スペクトル

図 4.4-6(2) 既存波形と地震応答スペクトル

2004 年中越地震 K - N E T NIG021 十日町

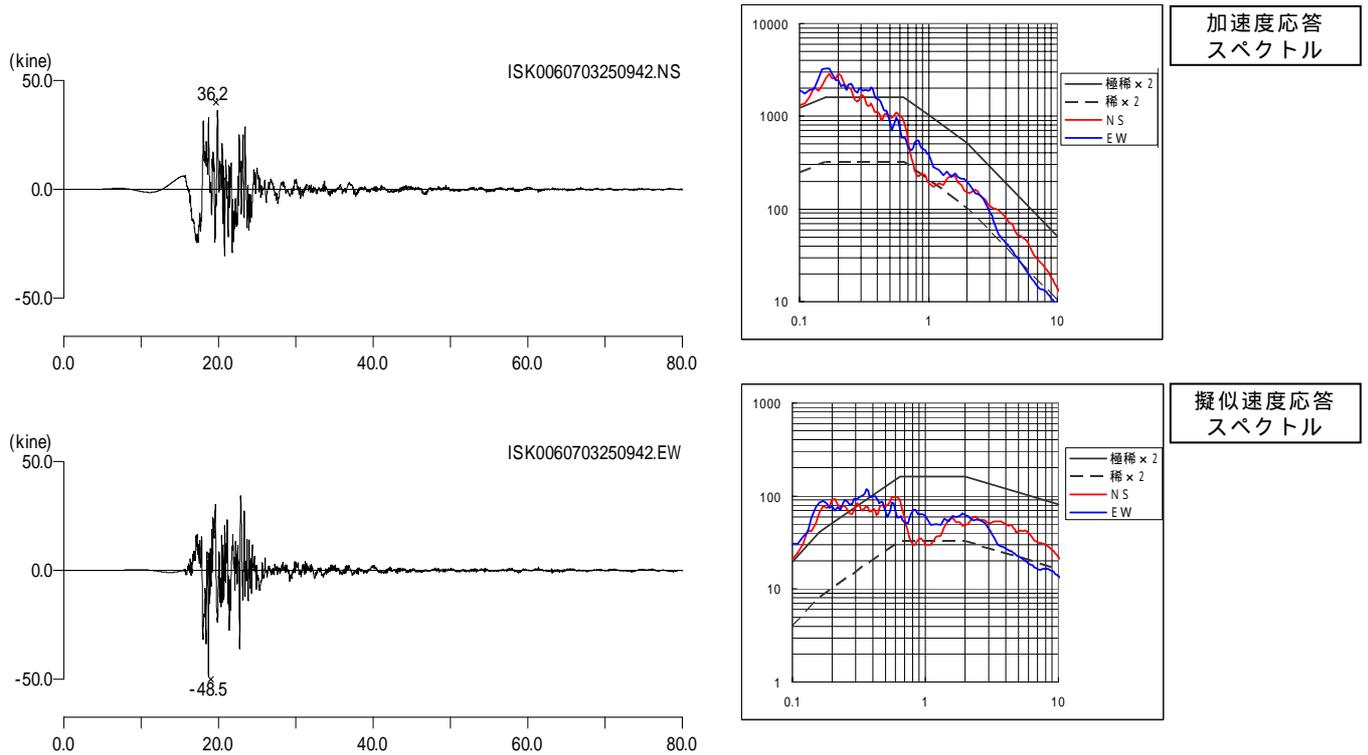


図 4.4-6(3) 既存波形と地震応答スペクトル
2007年能登半島沖地震 K - N E T ISK006 富来

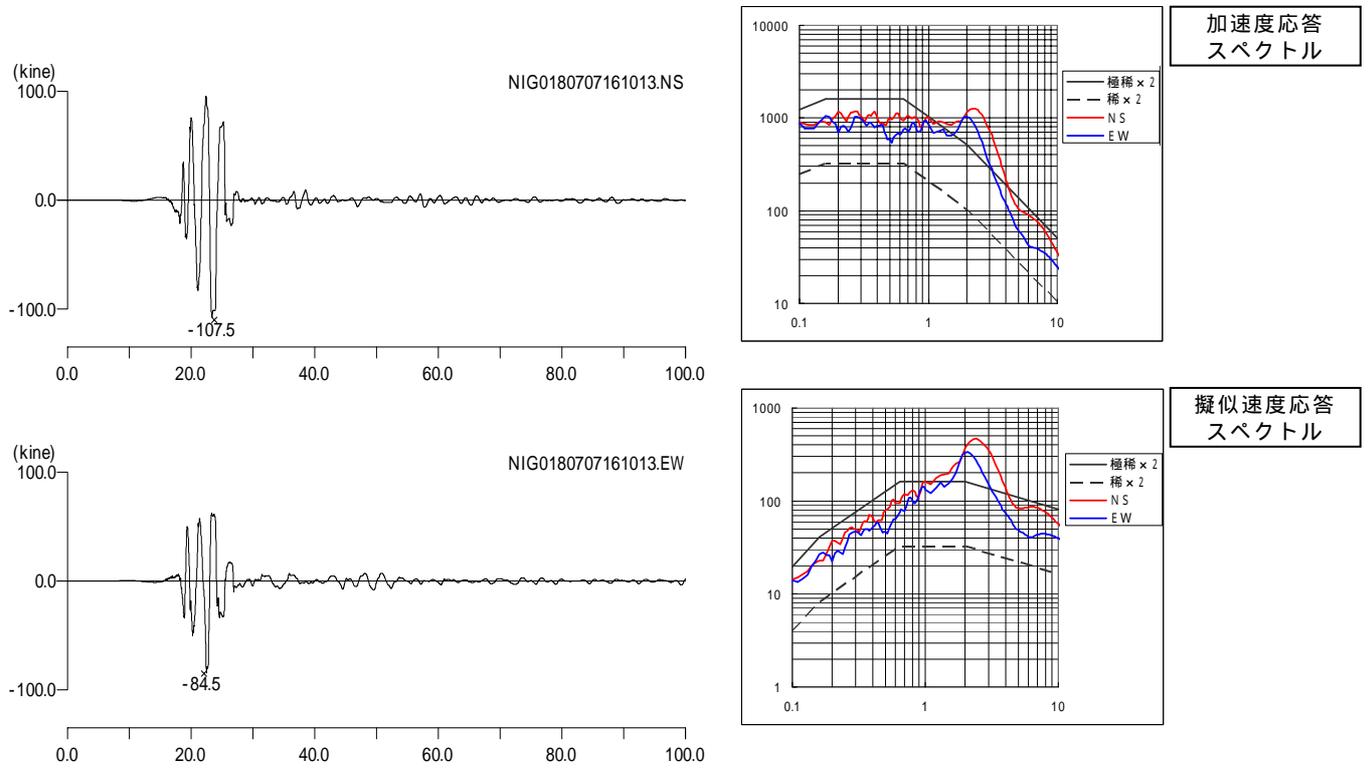
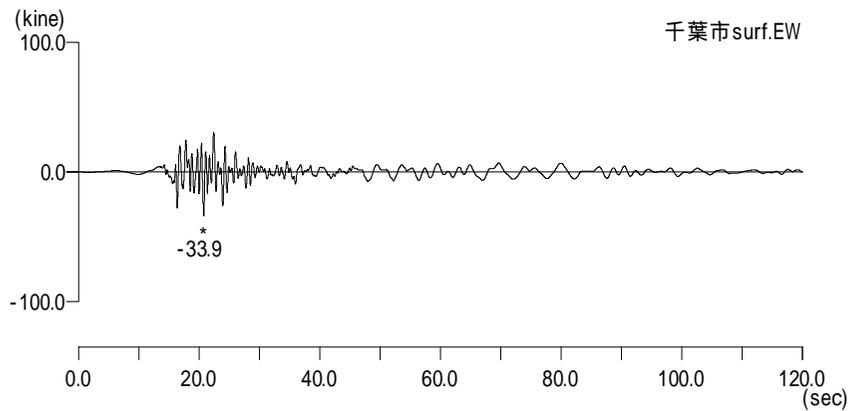
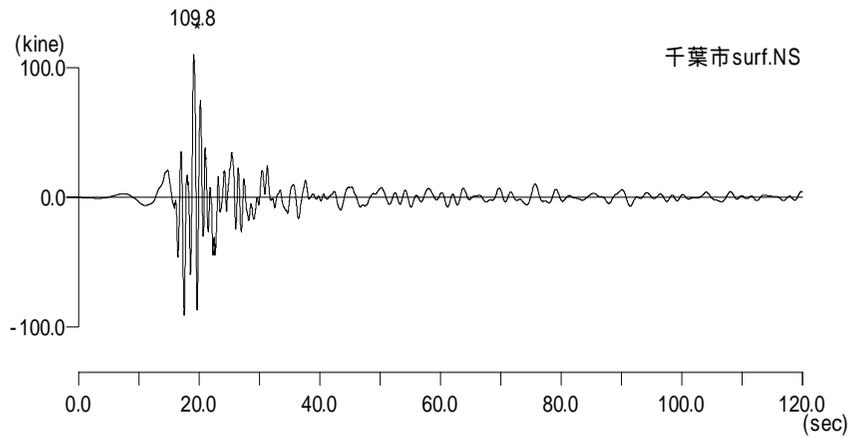
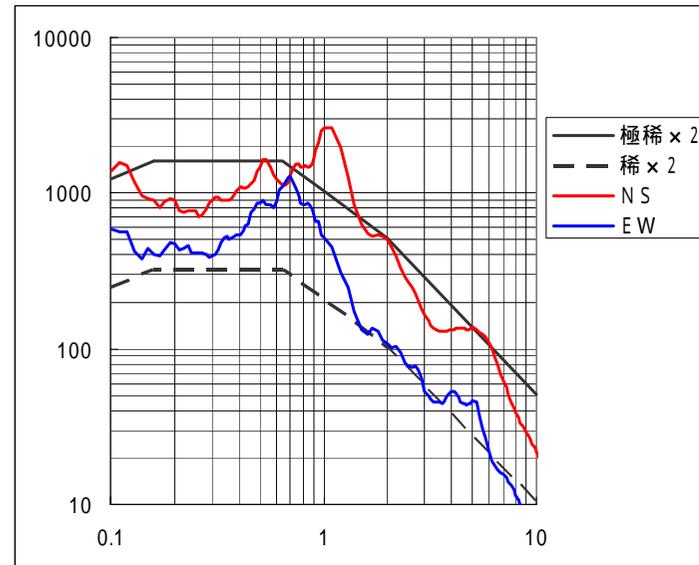


図 4.4-6(4) 既存波形と地震応答スペクトル
2007年中越沖地震 NIG018 柏崎

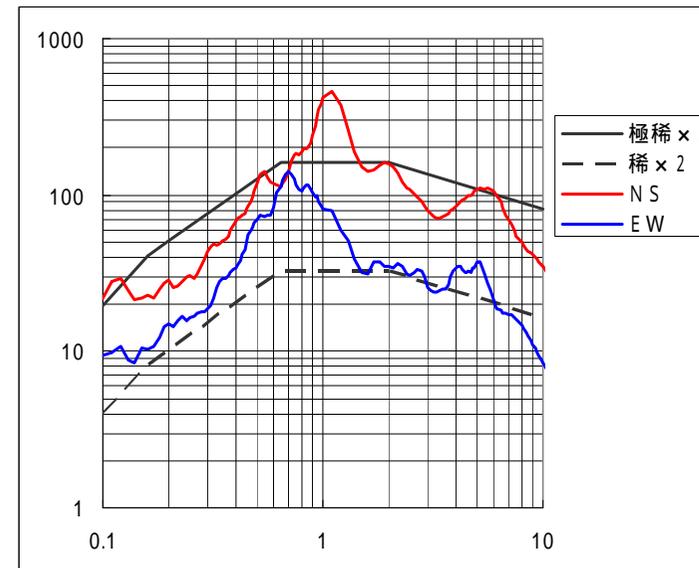


4-54

図 4.4-6(5) ハイブリッド合成後の地表における速度波形
 および 5%加速度応答スペクトルと擬似速度応答スペクトル
 千葉市



加速度応答スペクトル



擬似速度応答スペクトル

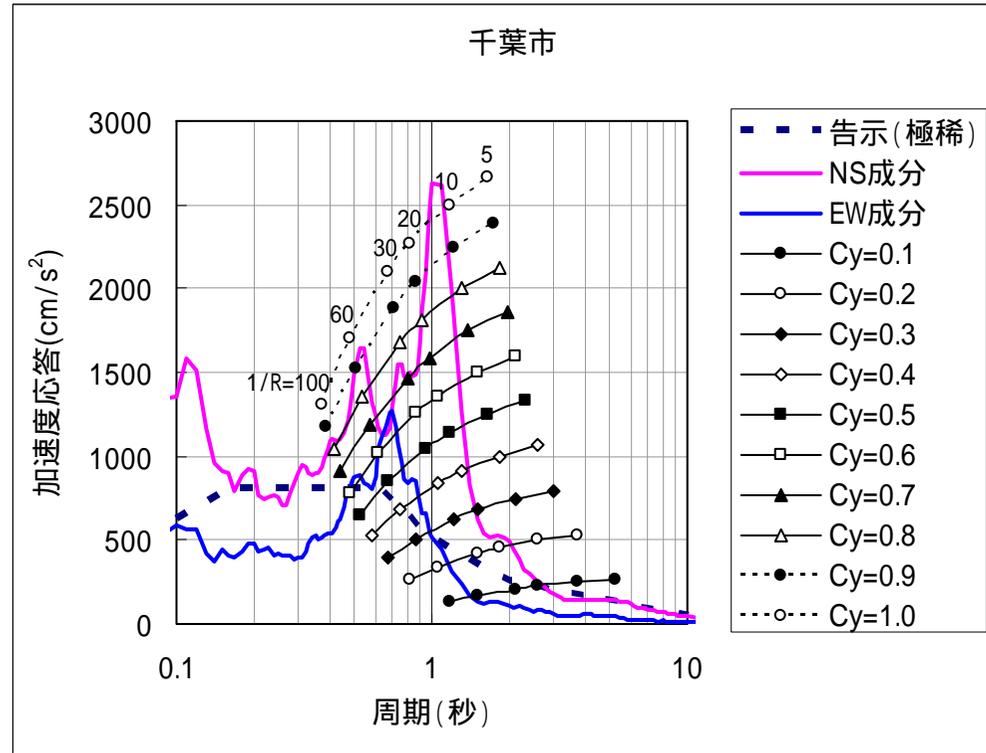
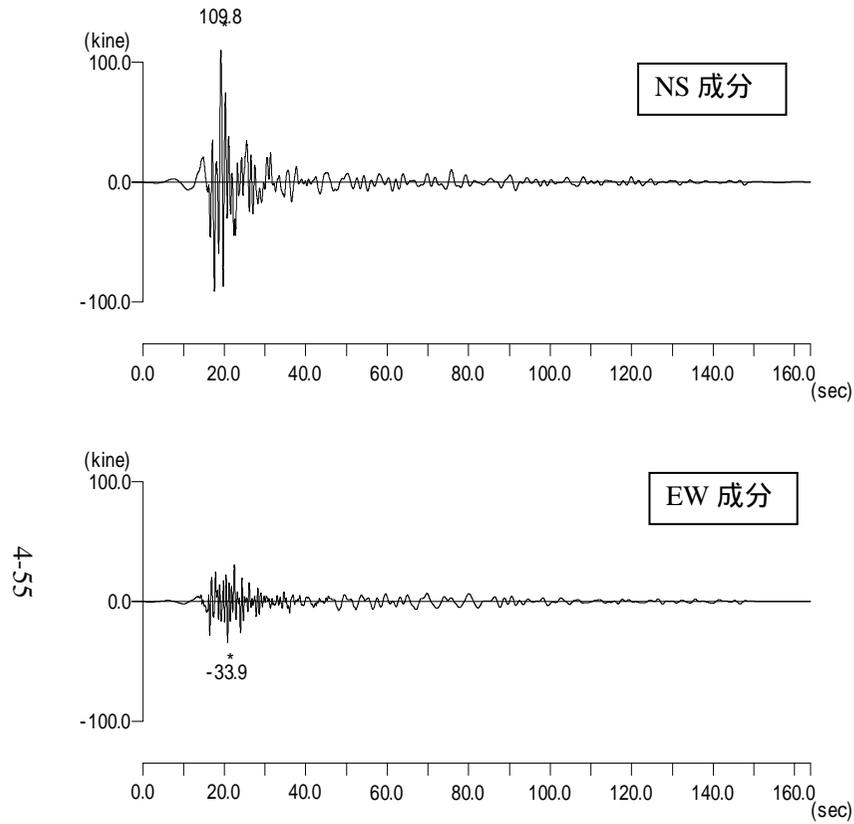


図 4.4-7 ハイブリッド合成後の地表における速度波形および 5%加速度応答スペクトル，性能等価応答スペクトル（千葉）

謝辞

東京工業大学大学院の瀬尾和大教授には、ハイブリッド法による地震動予測結果を検証するために、1987年千葉県東方沖地震の観測波形を提供していただいた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1 山中浩明編著，武村雅之・岩田知孝・香川敬生・佐藤・俊明著(2006)：地震の揺れを科学する みえてきた強震動の姿，東京大学出版会
- 2 文部科学省（2007）：大都市大震災軽減化特別プロジェクト 平成18年度 成果報告書 地震動（強い揺れ）の予測 「大都市圏地殻構造調査研究」，3．1．7 房総半島での自然地震観測による構造調査
- 3 中央防災会議（2006）：日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会報告参考資料1，<http://www.bousai.go.jp/jishin/nihonkaikou/houkoku/sankou1.pdf> .
- 4 地震調査研究推進本部 地震調査委員会（2003），三浦半島断層群の地震を想定した強震動評価について，http://www.jishin.go.jp/main/kyoshindo/03oct_miura/index.htm .
- 5 地震調査研究推進本部地震調査委員会（2005）：宮城県沖地震を想定した強震動評価（一部修正版）について，http://www.jishin.go.jp/main/kyoshindo/05dec_miyagi/index.htm .
- 6 畑山 健・座間 信作・西 晴樹・山田 實・廣川幹浩・井上涼介（2005）：2003年十勝沖地震による石油タンクの被害と長周期地震動，海溝型巨大地震を考える - 広帯域地震動の予測 シンポジウム論文集，15-26.
- 7 座間信作・井上涼介（1994）：1993年北海道南西沖地震による石油タンクのスロッシング，消防研究所報告，77，1-9.
- 8 Boore, D.M. (1983): Stochastic simulation of high-frequency ground motions based on seismological models of the radiated spectra, Bull. Seism. Soc. Amer., 73, 1865-1894.
- 9 Haskell., N. A.(1964):Radiation pattern of surface waves from point sources in a multi-layered medium, Bull. Seism. Soc. Amer., 54, 377-393.
- 10 Irikura, K.(1986):Prediction of strong acceleration motions using empirical Green's function, Proc. 7th Japan Earthq. Eng. Symp., 151-156
- 11 Kamae and Irikura (1992): Prediction of site-specific strong ground motion using semi-empirical methods, Proc. 10th WCEE, Vol.2, 801-806
- 12 木下繁夫(1993)：地震観測に基づく観測点特性と経路減衰特性の評価，地震2，46，161-170.
- 13 入倉孝次郎・香川敬生・関口春子(1997)：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.

- 14 吉田望, 末富岩雄 (1996): DYNEQ: 等価線形法に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム, 佐藤工業(株)技術研究所報, pp.61-70
- 15 盛川 仁 (2005): 非線形地震応答解析と SHAKE の使い方, 強震動予測 - その基礎と応用, 日本地震学会強震動委員会.
- 16 Kausel, E. and Assimaki, D. (2002): Seismic simulation of inelastic soils via frequency-dependent moduli and damping, J. Eng. Mechanics, vol. 128, January, 34-47.
- 17 山本明夫・笹谷努(2007): 2003年十勝沖地震における地盤の非線形応答: KiK-net 鉛直アレー記録の活用, 日本地震工学会論文集, 第7巻, 第2号(特集号), pp.144-159.
- 18 中央防災会議(2001): 東海地震に関する専門調査会(第11回)
- 19 今津雅紀・福武毅芳(1986): 砂礫材料の動的変形特性, 第21回土質工学研究発表会, pp.509-512
- 20 童華南、山崎文雄、佐々木裕明、松本省吾(1994): 被害事例に基づく地震動強さと家屋被害率の関係, 第9回地震工学シンポジウム論文集, Vol.2, 2299-2304
- 21 司 宏俊・翠川三郎(1999): 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式, 日本建築学会構造系論文集, 第523号, 63-70.
- 22 松岡昌志・翠川三郎(1994): 国土数値情報とサイスミックマイクロゾーニング, 第22回地盤震動シンポジウム資料集, 23-34.
- 23 童華南・山崎文雄(1996): 地震動強さ指標と新しい気象庁震度との対応関係: 生産研究, vol. 48-11. 31-34.
- 24 中央防災会議(2005): 首都直下地震対策専門調査会報告