

図 5. 4-1 (2) 基礎資料の重ね合わせ図 (拡大図)

表 5.4-1 土地条件図による液状化可能性の評価

表 5.5.1 地形から見た判定基準

地盤表層の液状化可能性の程度					微地形区分
グレード 1	グレード 2				
	レベル 1 地震動		レベル 2 地震動		
液状化の検討を要する地域	大	液状化の可能性は大きい	極大	液状化の可能性は非常に大きい	埋立地、盛土地、旧河道、旧池沼、ポイントバー、砂泥質の河原、人工海浜、砂丘間低地、堤間低地、湧水地
	小	液状化の可能性は小さい	大	液状化の可能性は大きい	自然堤防、湿地、砂州、後背低地、三角州、干拓地、緩扇状地 デルタ型谷底平野
	極小	液状化の可能性は極めて小さい	小	液状化の可能性は小さい	扇状地、砂礫質の河原、砂礫州、砂丘、海浜 扇状地型谷底平野
要しない地域	無	可能性無し	無	可能性無し	台地・段丘、丘陵地、山地

- (注1) ・ここで言う盛土地とは、崖・斜面に近接した盛土地、低湿地・干拓地・谷底平野の上の盛土地をさす。これ以外の盛土地は、盛土前の微地形区分と同等に扱う。
- (注2) ・自然堤防のうち、自然堤防縁辺部、比高の小さい自然堤防等、地下水位が高い部分(G.L.-2m ~ G.L.-3m 以浅)は液状化の可能性を1ランク高く評価する。
- ・砂丘のうち、砂丘末端斜面や切土地など、地下水位が高い部分(G.L.-2m ~ G.L.-3m 以浅)は液状化の可能性を2ランク高くする。
  - ・台地・段丘上でも凹地部分などで地下水位が高い場合は、液状化の可能性がある。

(出典) 液状化地区ゾーニングマニュアル (平成10年版)

平成11年1月 国土庁防災局 震災対策課



## 6. 液状化しやすさマップ作成のための解析結果

### 6.1 地盤モデルの変更

新規に収集したボーリングデータ及びその他の既存資料を用いて、地盤モデルの修正を行う。

ここでは、千葉市美浜区付近の地盤モデルの修正を行ったので、その結果を示す。

図 6.1-1 に、モデルを修正した範囲および 250m メッシュ微地形区分、モデルの修正に用いたボーリングデータを示す。

モデルの作成方法は、従来の方法と同様の地質層序を考慮した手法を採用した。新規に収集したボーリングデータについて、沖積層下端深度コンター等の地盤情報を参考にしつつ、地質層序区分を行った。作業結果を基に、各地質層序について等深度面データを作成した。図 6.1-2(1)に、従来モデルの cl-5500 層下端深度（沖積層下端深度）を、図 6.1-2(2)に新規モデルの cl-5500 層下端深度を示す。

等深度面データを用いて、従来と同様の手法で、各メッシュについて地質層序速度構造モデルを作成した。図 6.1-3(1)に、従来モデルから求めた AVS30 を、図 6.1-3(2)に新規モデルの AVS30 を示す。

また、図 6.1-1 に示す断面線について、従来のモデルと新規モデルの断面図を比較して、図 6.1-4～5 に示した。

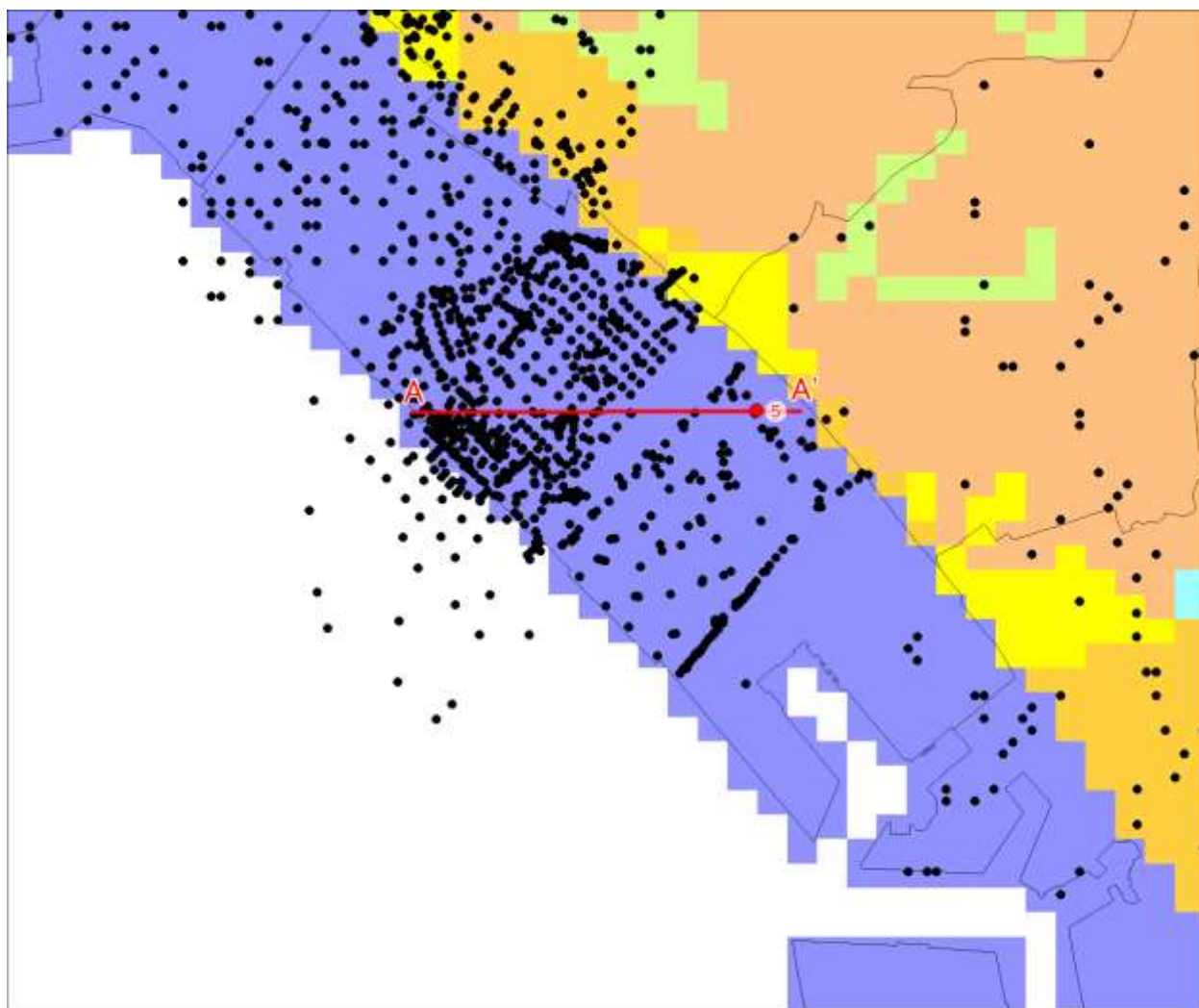
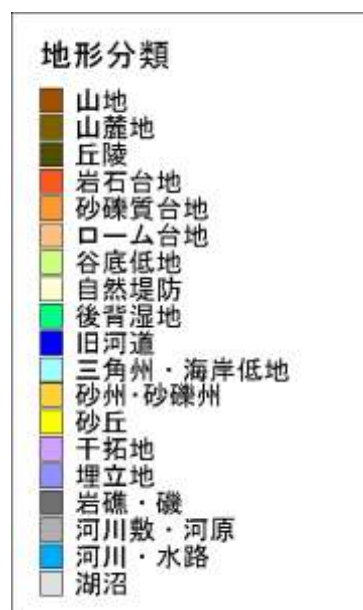


図 6.1-1 美浜区周辺の微地形区分と断面線の位置



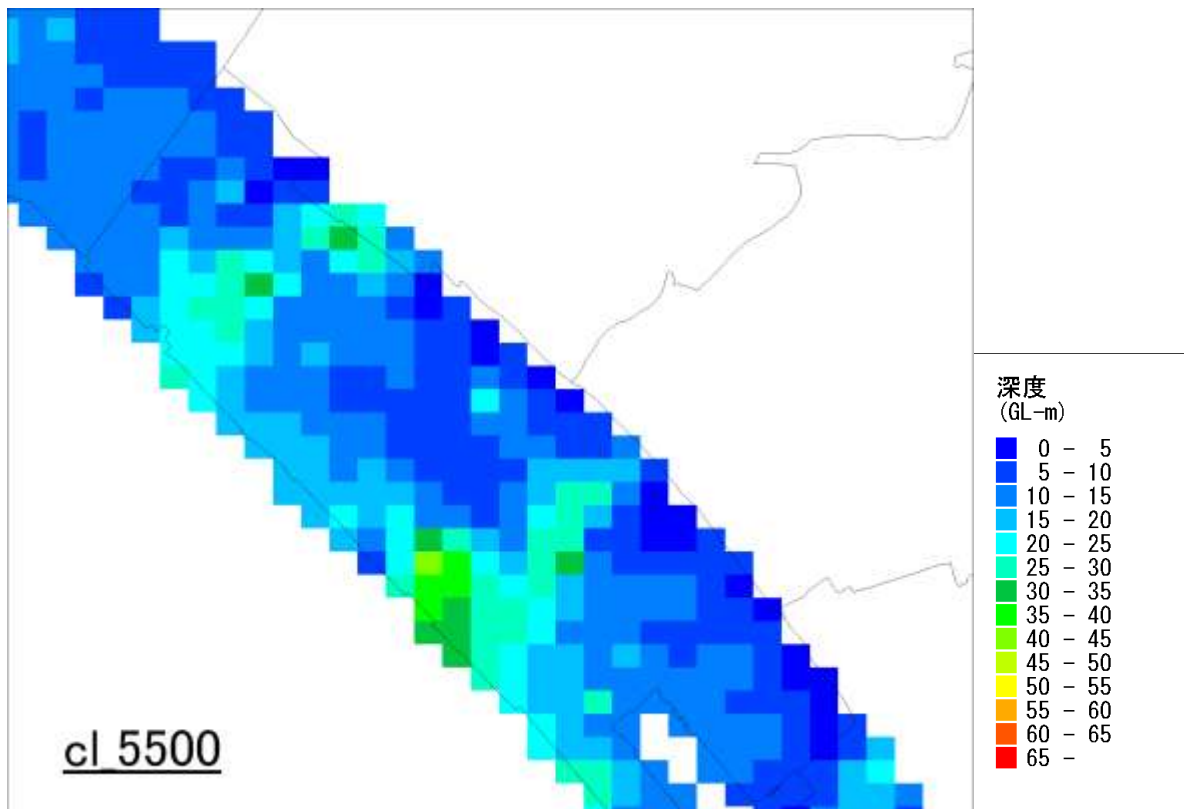


図 6.1-2(1) 従来モデルによる cl-5500 層下端深度 (冲積層下端深度)

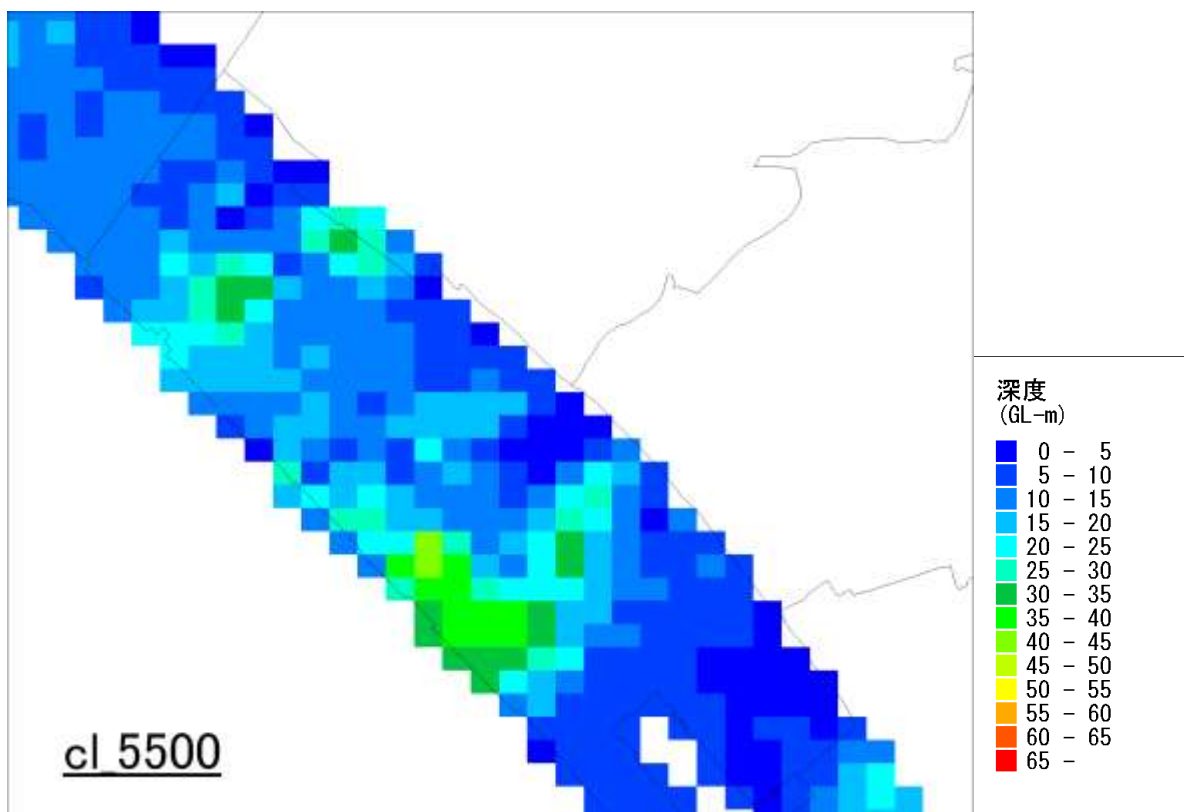


図 6.1-2(2) 新規モデルによる cl-5500 層下端深度 (冲積層下端深度)

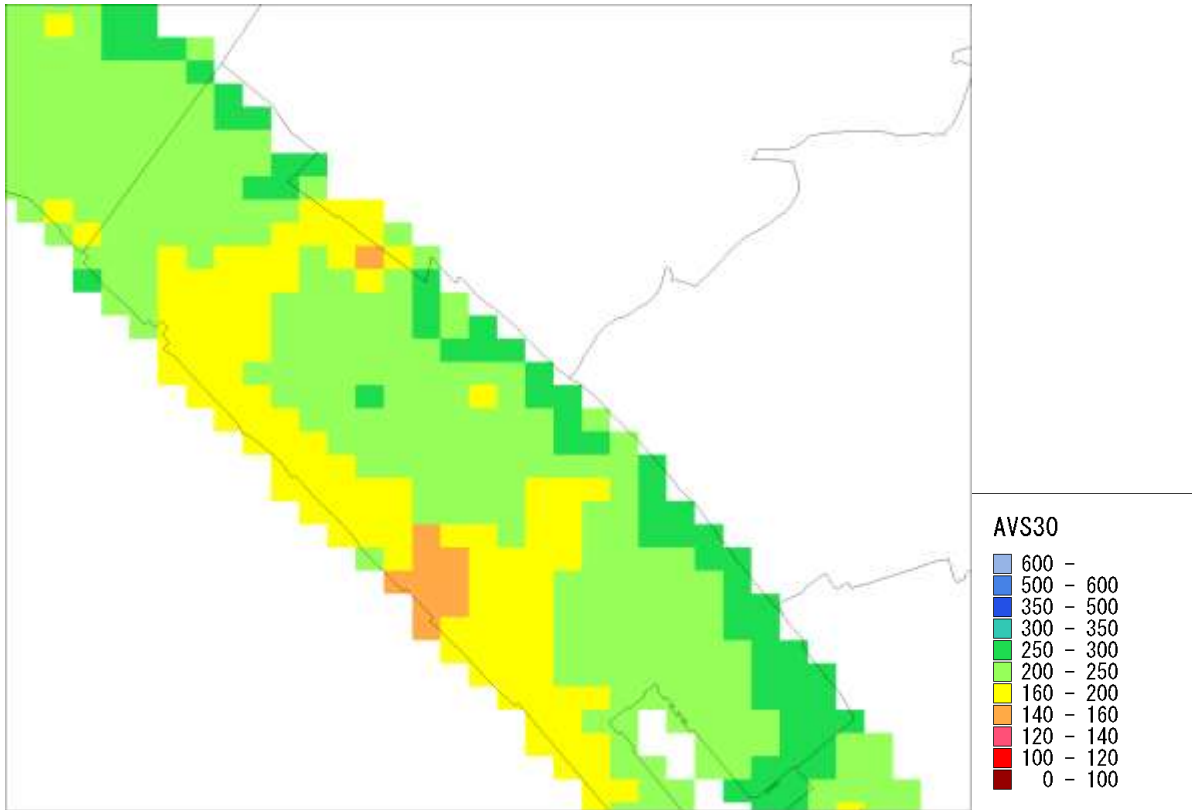


図 6.1-3(1) 従来モデルの AVS30

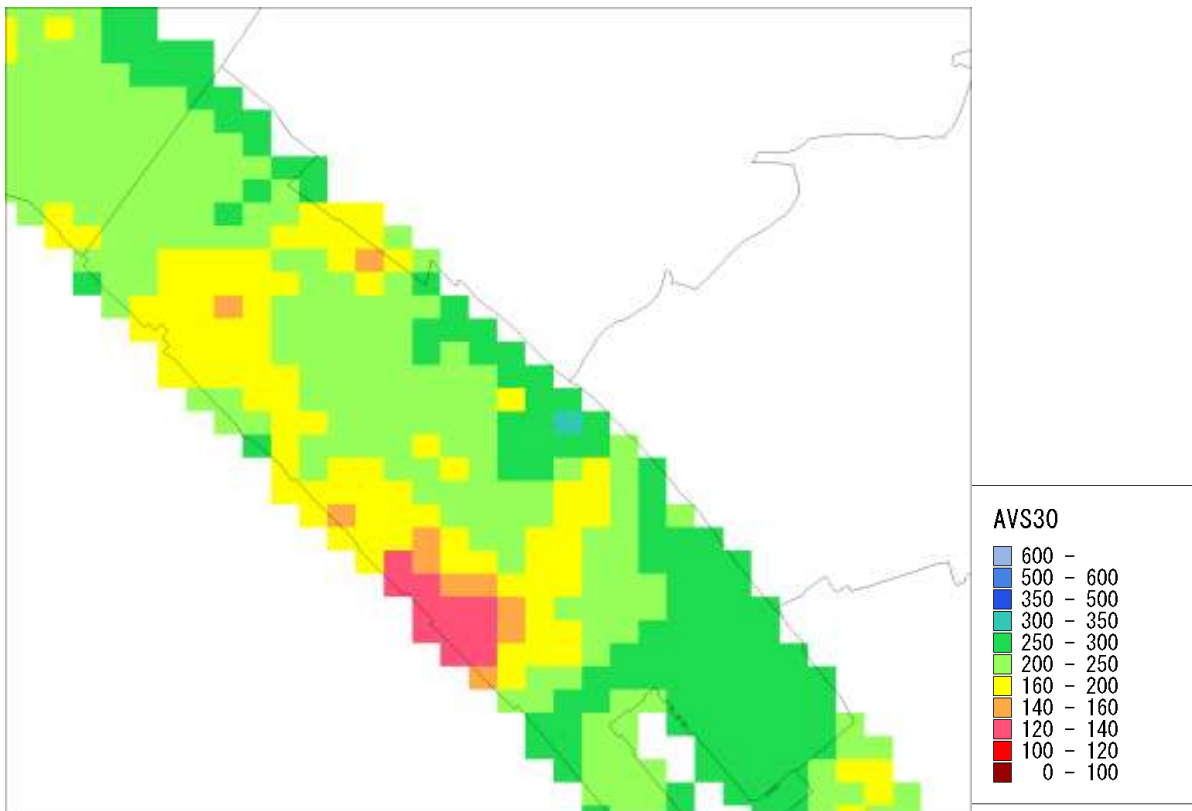


図 6.1-3(2) 新規モデルの AVS30

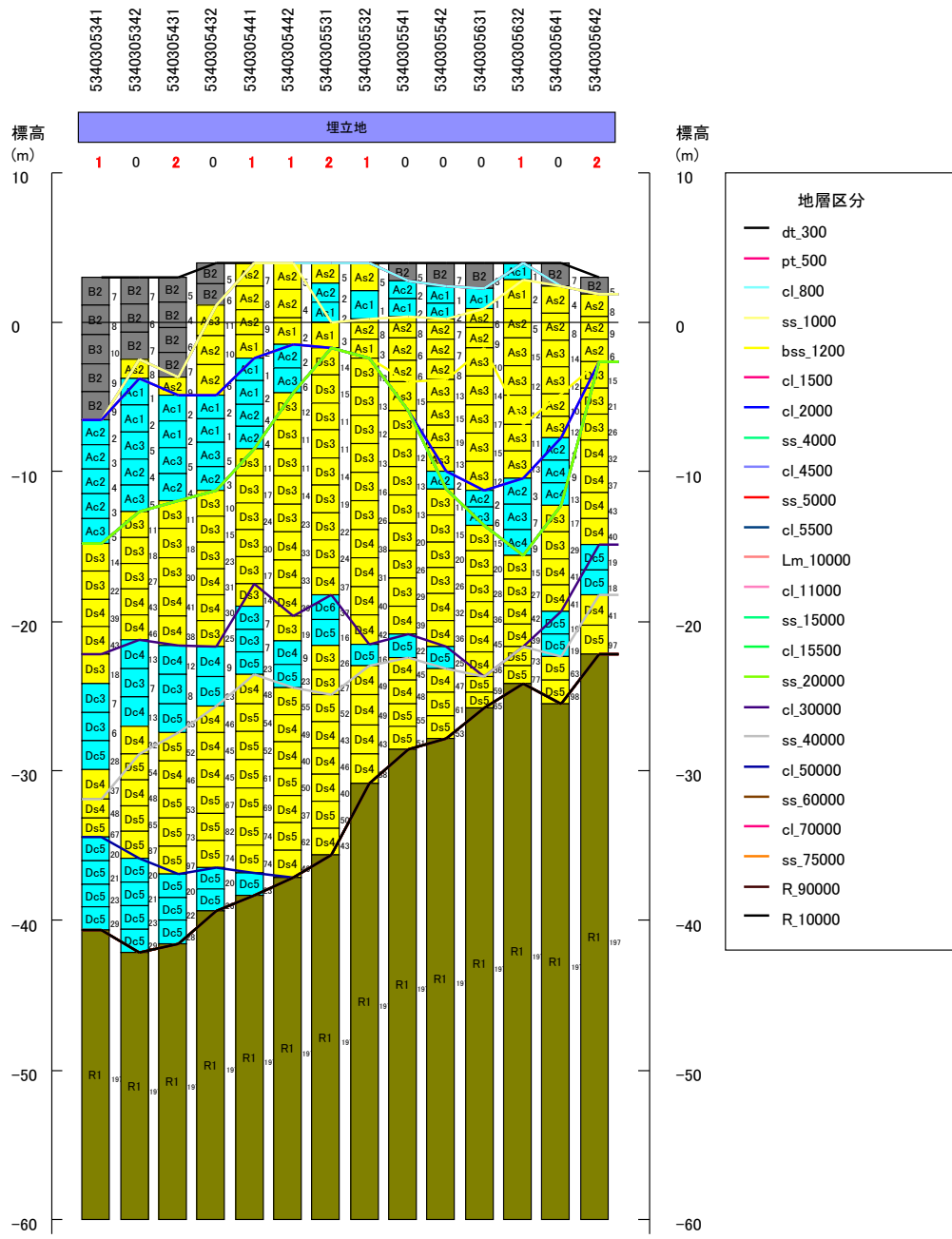


図 6.1-4(1) 従来モデルによる土質断面図 (A-A' 断面)



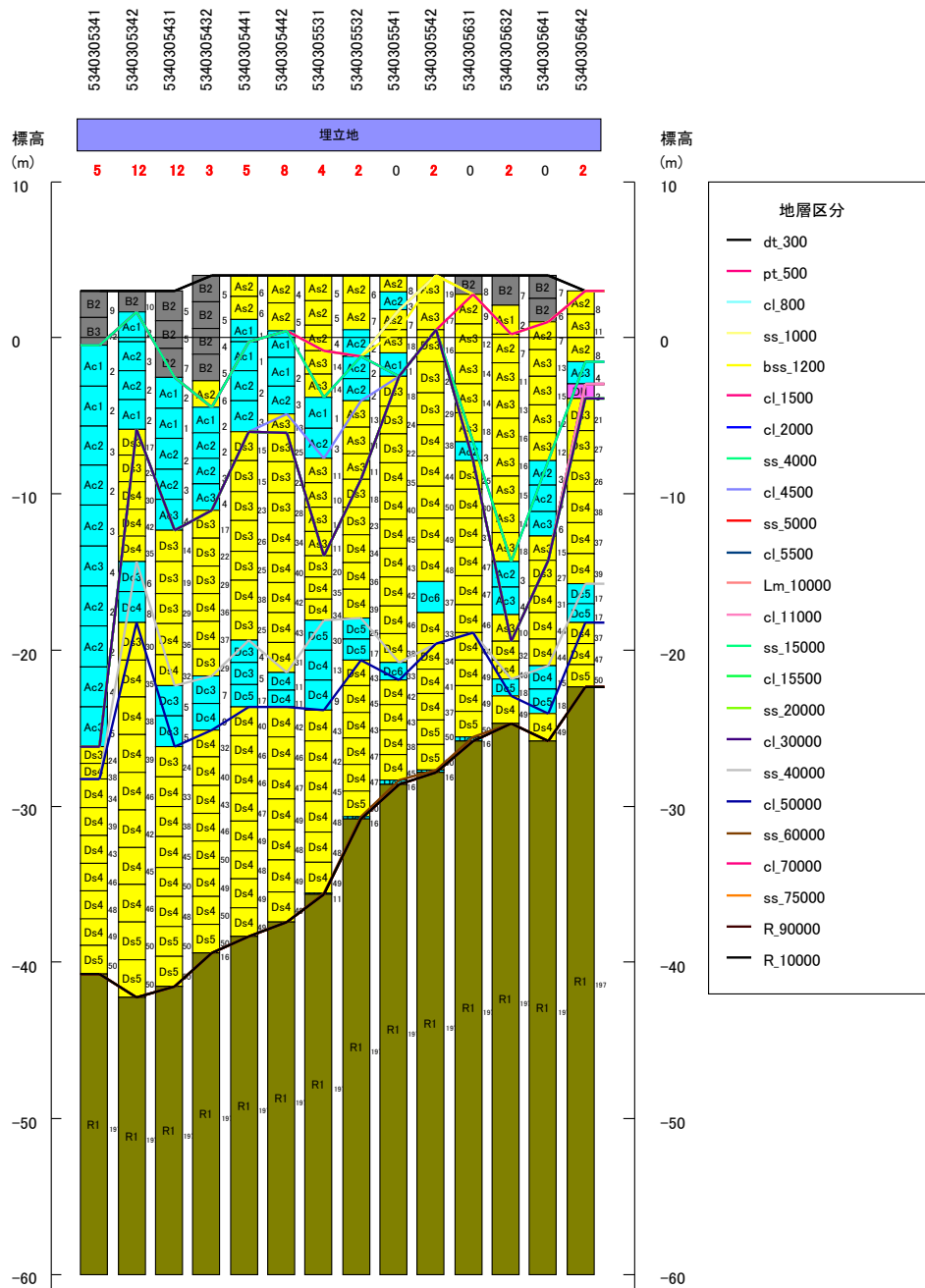


図 6.1-4(2) 新規モデルによる土質断面図 (A-A' 断面)

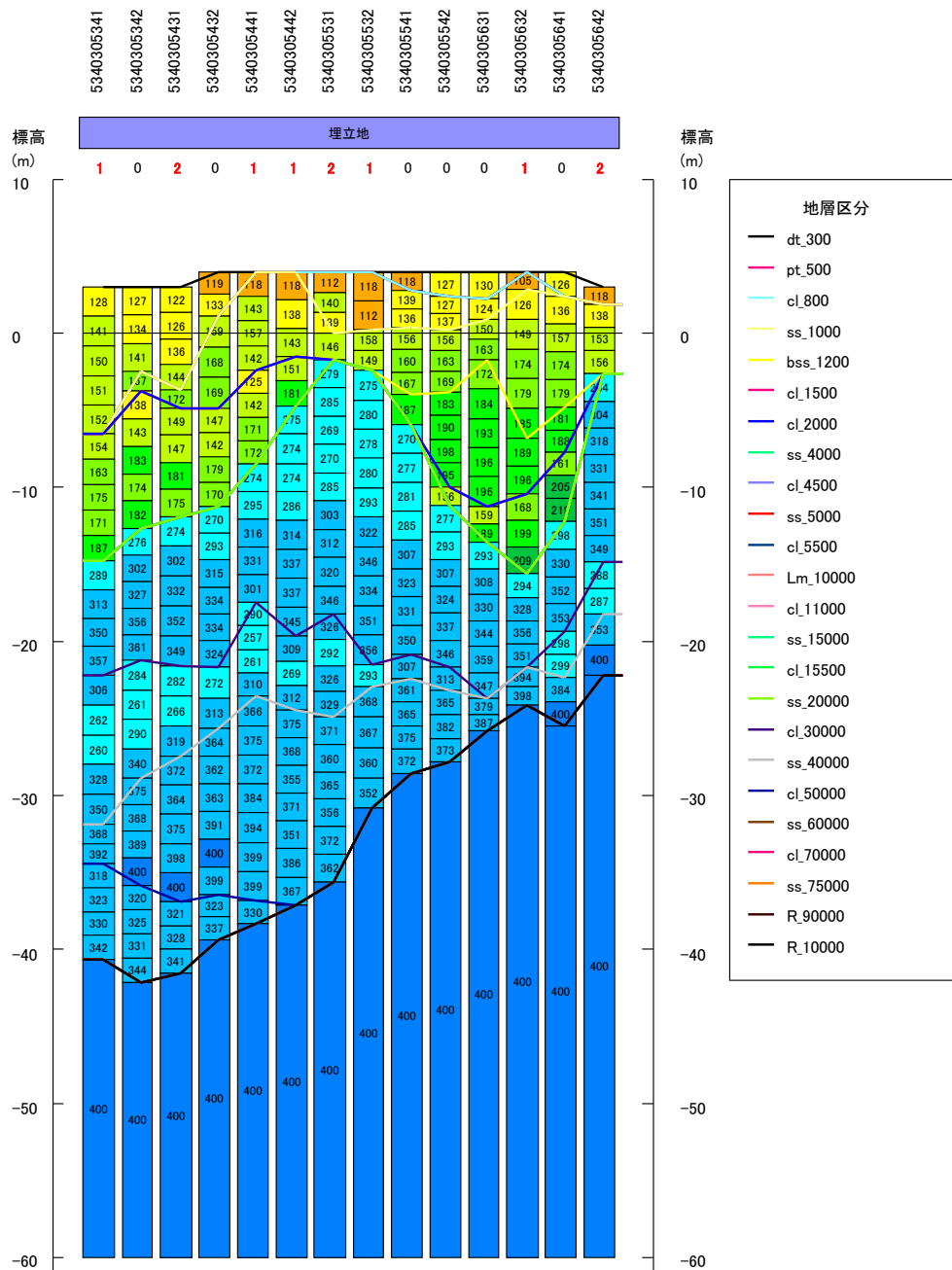


図 6.1-5(1) 従来モデルによる土質断面図 (A-A' 断面)

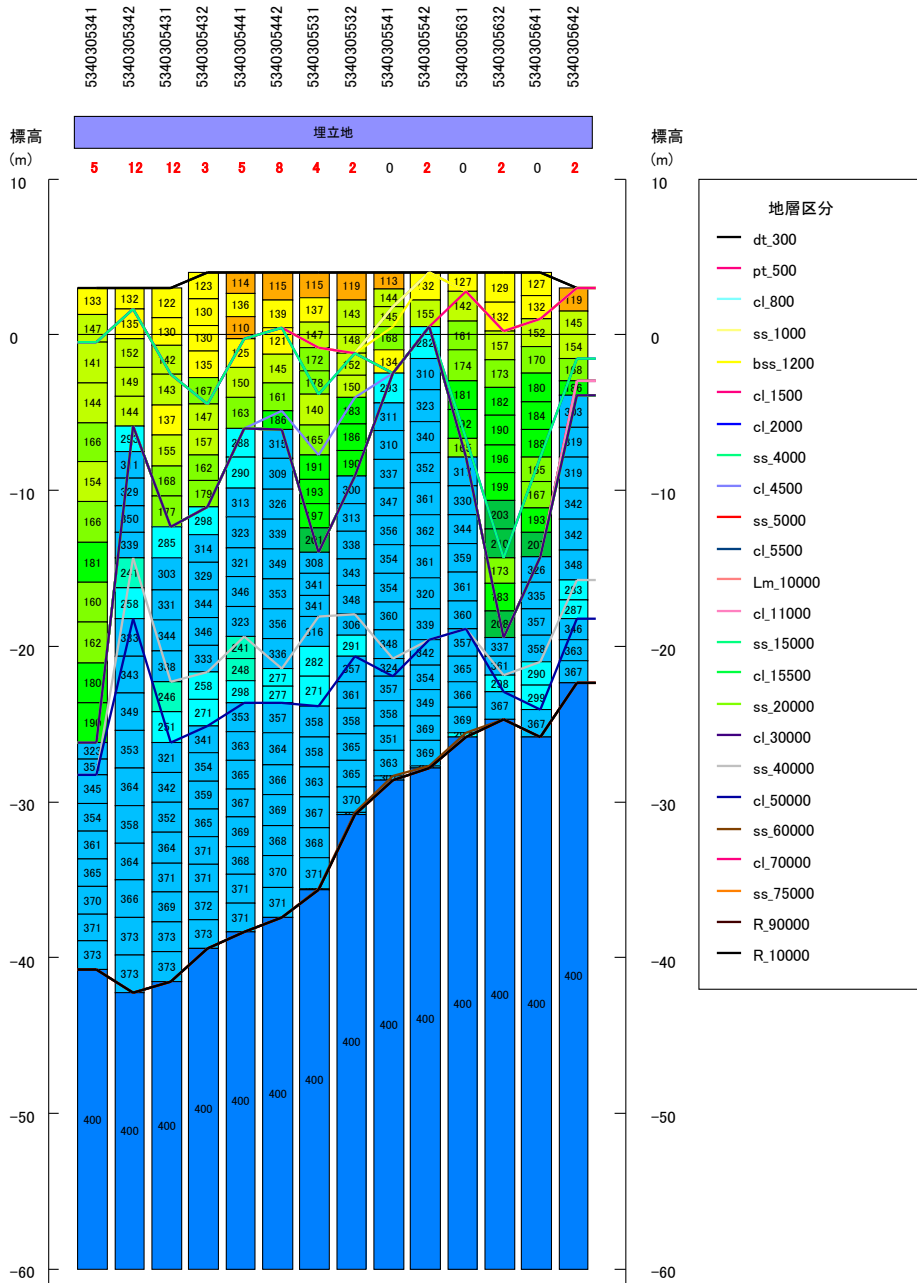


図 6.1-5 (2) 新規モデルによる土質断面図 (A-A' 断面)



## 6.2 東北地方太平洋沖地震の地震動予測（観測記録による方法）

### (1) AVS30 による概算

ゆれやすさマップ作成のための参考資料として、平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震について、強震観測点での観測値を用いて、以下の手順により観測値を空間補間して千葉県内の地表震度の推定を行う。

- 1) 強震観測点のデータから、位置情報（経度、緯度）、最大速度値のデータを取得。
- 2) 各観測点において AVS30 の値を設定する。各観測点における AVS30 の設定方法は下記の通り。
  - a) 深度 30m 以上の S 波速度構造が把握されている場合は、そのまま AVS30 を計算。
  - b) 深度 20m まで S 波速度構造が把握されている場合は、次式による AVS20 と AVS30 の関係式から AVS30 を推定。

$$AVS30 = 1.13 \times AVS20 + 19.5 \quad (\text{Kanno et. Al., 2006})$$

- c) 深度 20m まで S 波速度構造が把握されていない場合は、観測点上の 1km メッシュで推定されている AVS30 を利用。
- 3) 各観測点の地表での最大速度の値を工学的基盤面（S 波速度 600m/sec 層上面とする）での値に引き戻す。ここでは、次式に示す Midorikawa et. al. (1994) による AVS30 と最大速度の地盤増幅度の式から地盤増幅度を算出し、地表最大速度から地盤増幅度を割ることで、S 波速度 600m/sec 層での基盤最大速度を推定した。

$$\text{Log}G = 1.83 - 0.66 \text{Log}AVS30$$

AVS30 : 表層 30m の平均 S 波速度 (m/s) の推定値

ただし、 $100\text{m/s} < AVS30 < 1500\text{m/s}$

G : S 波速度 600m/s 基盤の最大速度に対する表層地盤の最大速度の増幅度

- 4) 各観測点の基盤最大速度より、空間補間により各メッシュの基盤最大速度を推定した。空間補間の方法は、観測点が存在しない断層近傍でも地震動が大きくなるように、観測地点の基盤最大速度より最小 2 乗法で推定した距離減衰式（次式参照）をトレンド成分とした simple Kriging 法を用いた。その際、相関距離は 20km として計算した（澤田・ほか，2007）。

$$\text{Log}PGV_{600} = a - \text{Log}(X + 0.0028 \cdot 10^{0.50M_w}) - k \cdot X$$

PGV<sub>600</sub> : S 波速度 600m/s の工学的基盤上の最大速度 (cm/s)

M<sub>w</sub> : モーメントマグニチュード

X : 断層最短距離 (km)

a, k : 回帰係数

なお、simple Kriging 法の計算プログラムは、防災科学技術研究所川崎ラボラトリーより公開された“rasmo”（前述の条件で計算できるように一部コードを修正）を使用した。

- 5) 各メッシュの AVS30 の値より、Midorikawa et. al. (1994) による AVS30 と最大速度の増幅度の式から、各メッシュの基盤最大速度と増幅度を掛け合わせて、各メッシュの地表最大速度を予測した。
- 6) 各メッシュの地表最大速度より、童・山崎 (1996) による以下の式を用いて、各メッシュの震度を予測した。

$$I=2.30+2.01*\log(V) \quad I: \text{計測震度、} V: \text{速度(m/s)}$$

4.2 節で収集した波形の観測記録を用いて求めた地表加速度の分布を図 6.2-1 に示す。

### 従来モデル・精査中

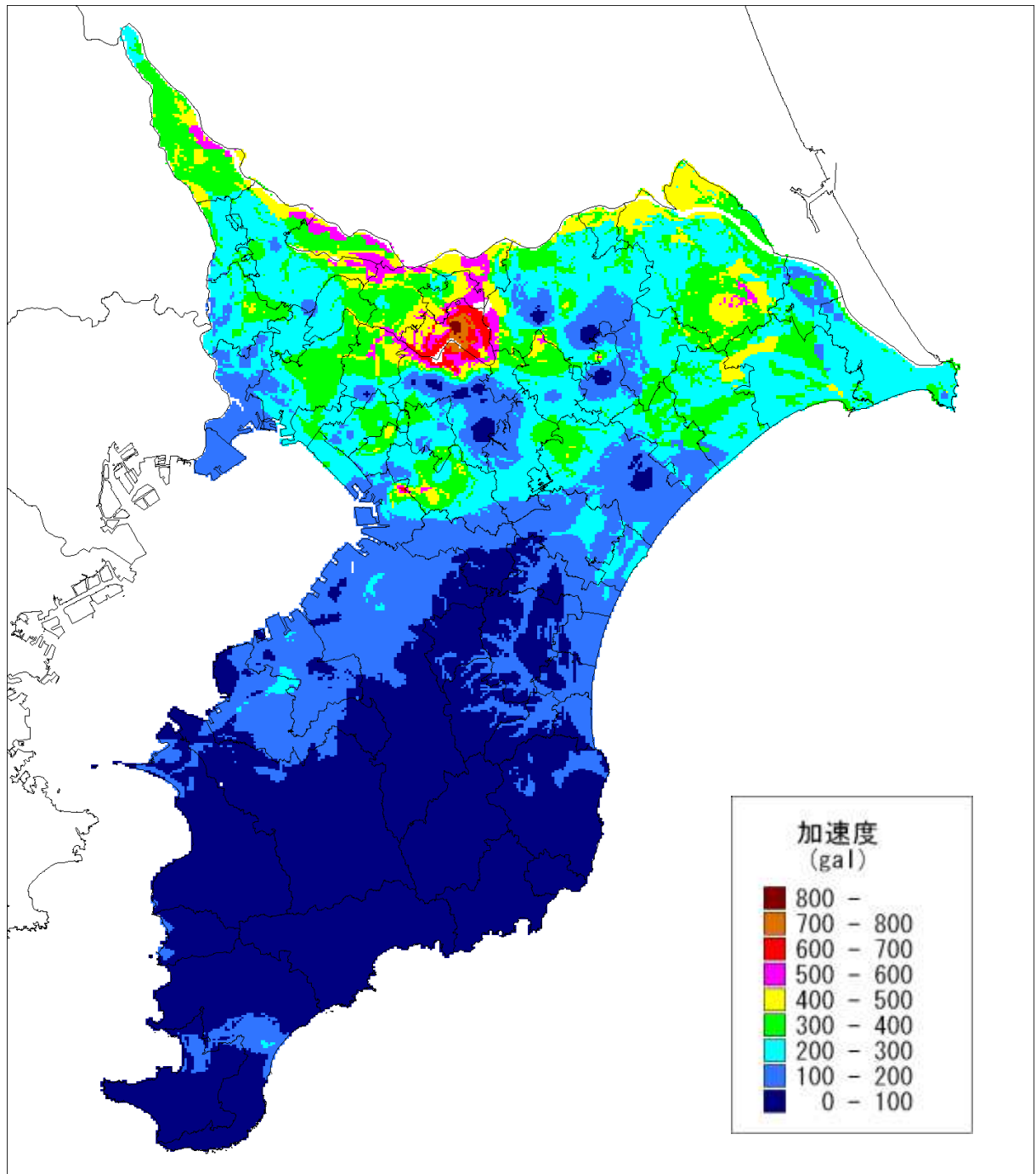


図 6.2-1 各観測点のデータを補間して求めた東北地方太平洋沖地震の地表最大加速度分布

## (2) KiK-net 波形を用いた詳細計算

(1)より詳細な検討として、表-6.2.1 に示す KiK-net 観測地点における基盤波形を観測地点の地盤モデルを用いて基盤に立ち上げた波形を入射波として、各メッシュについて一次元の応答計算を行った。計算に用いた KiK-net 観測点の分布については、図 4.2-1 を参照されたい。

各メッシュの計算に用いる波形については、各メッシュから最も距離の近い KiK-net 観測点の波形を用いた。また、入射加速度については、(1)の計算で求められた各メッシュの基盤最大加速度で正規化した。

従来モデルを用いた全県の計算結果を図 6.2-2 に示す。また、美浜区について新規モデルを用いて計算した結果を、従来モデルと比較して図 6.2-3 に示す。

表-6.2.1 計算に用いた KiK-net 観測点の設置位置

Site Code	設置地点	LAT	LONG
CHBH10	千葉	35.5425	140.245
CHBH11	養老	35.2834	140.1562
CHBH12	富津	35.3412	139.8586
CHBH13	成田	35.8275	140.3013
CHBH14	銚子中	35.7309	140.8263
CHBH16	鴨川	35.1351	139.9681
CHBH17	勝浦東	35.1681	140.3431
CHBH20	鴨川南	35.0848	140.1029

従来モデル・精査中

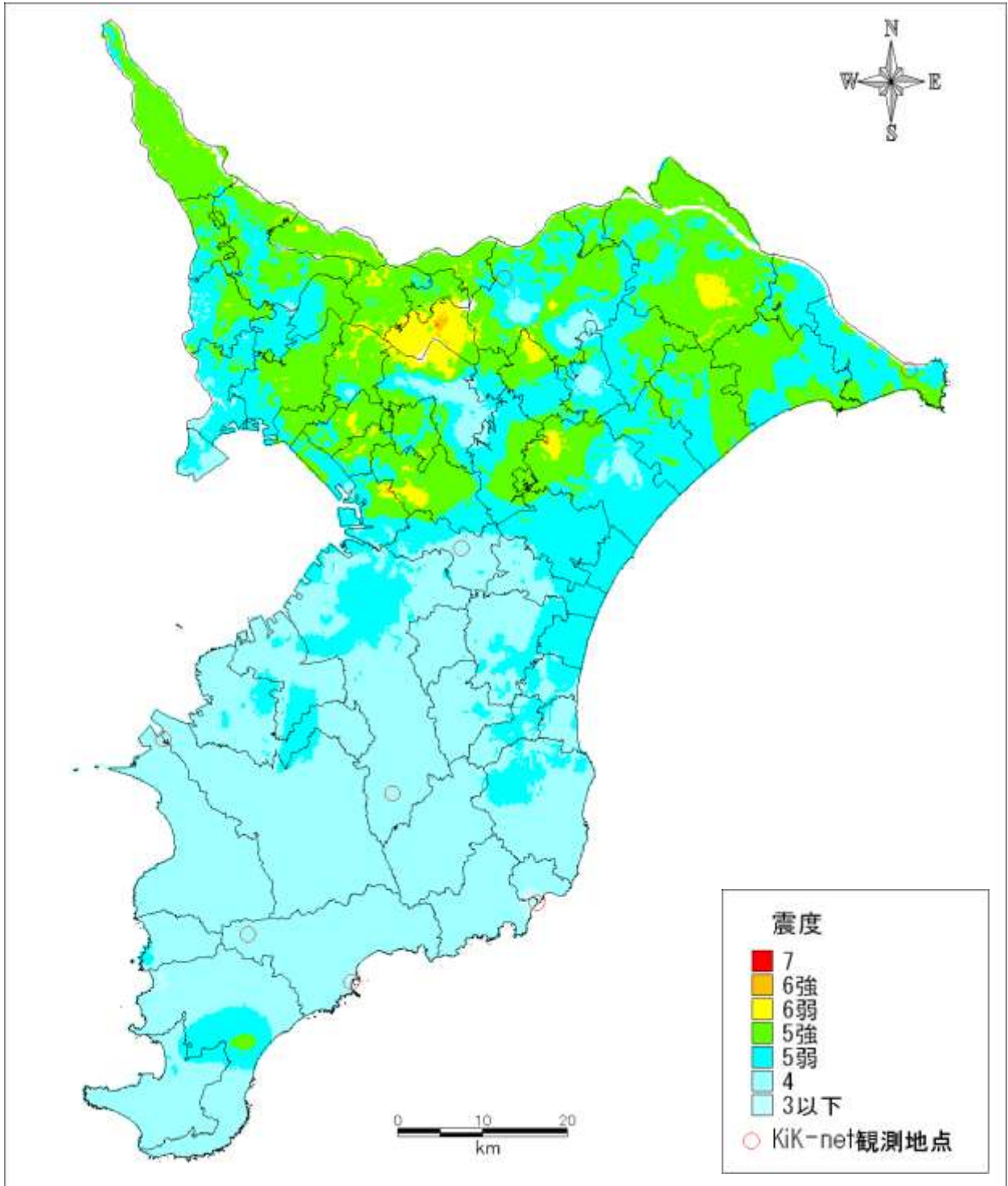


図 6. 2-2(1) KiK-net 観測波形を用いて計算した地表震度分布 (従来モデル)



従来モデル・精査中

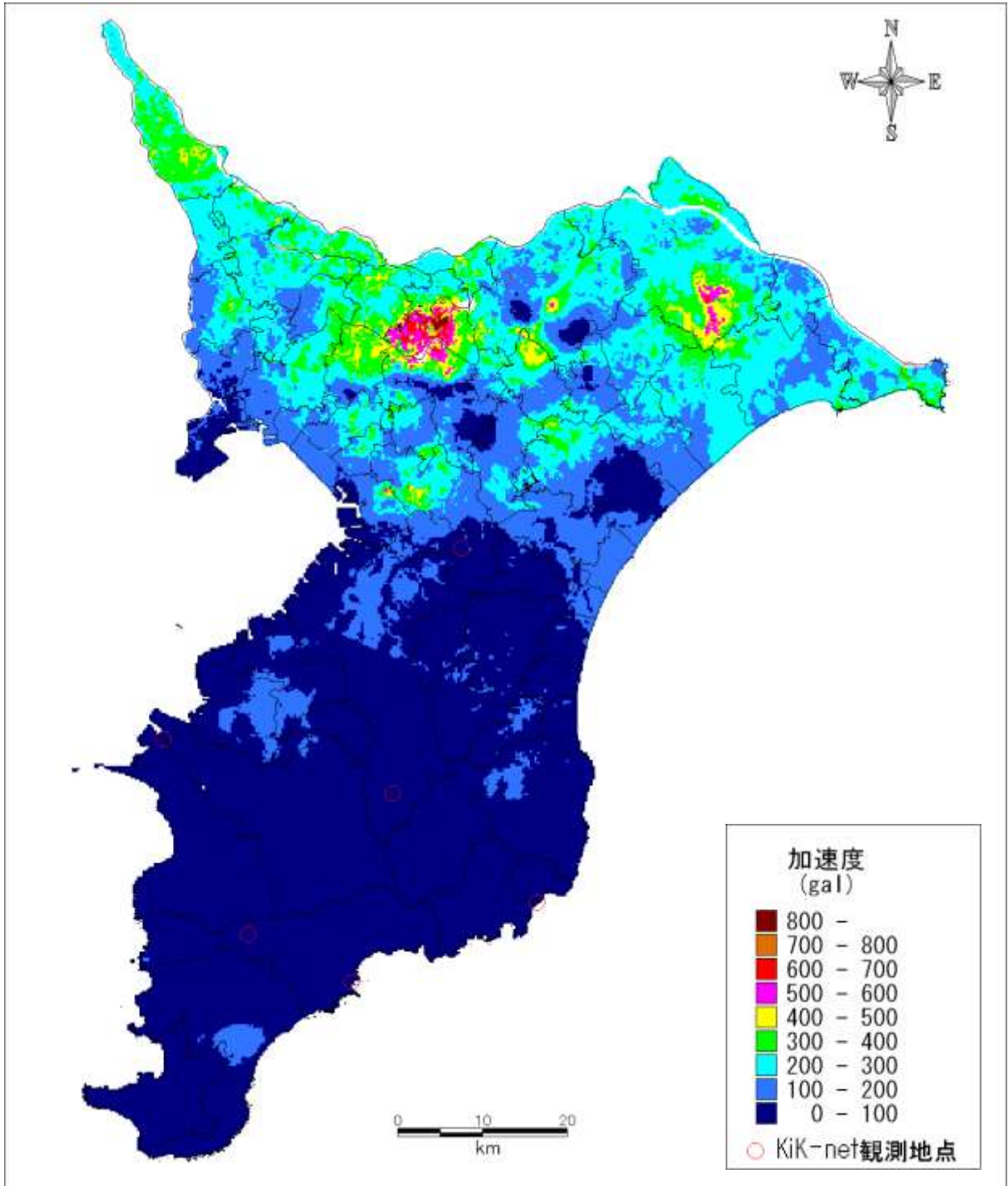


図 6.2-2(2) KiK-net 観測波形を用いて計算した地表加速度分布 (従来モデル)

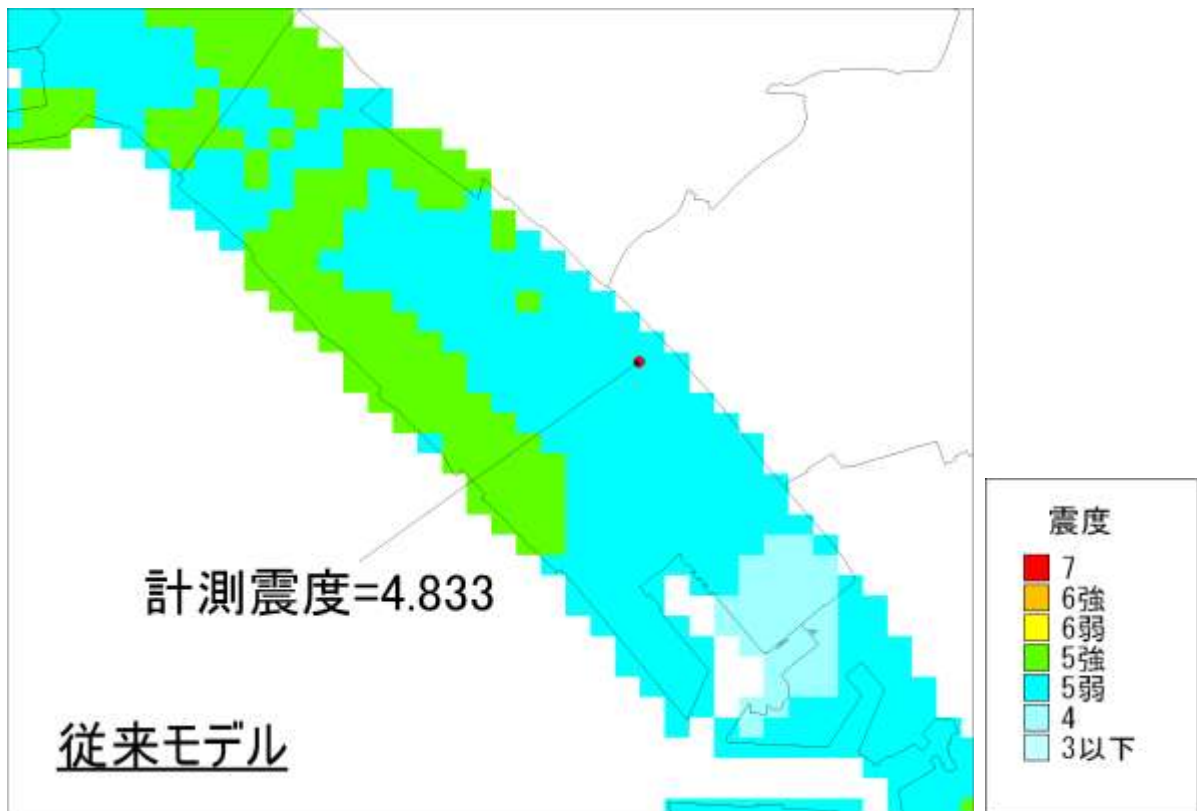


図 6.2-3(1) KiK-net 観測波形を用いて計算した地表震度分布（従来モデル）

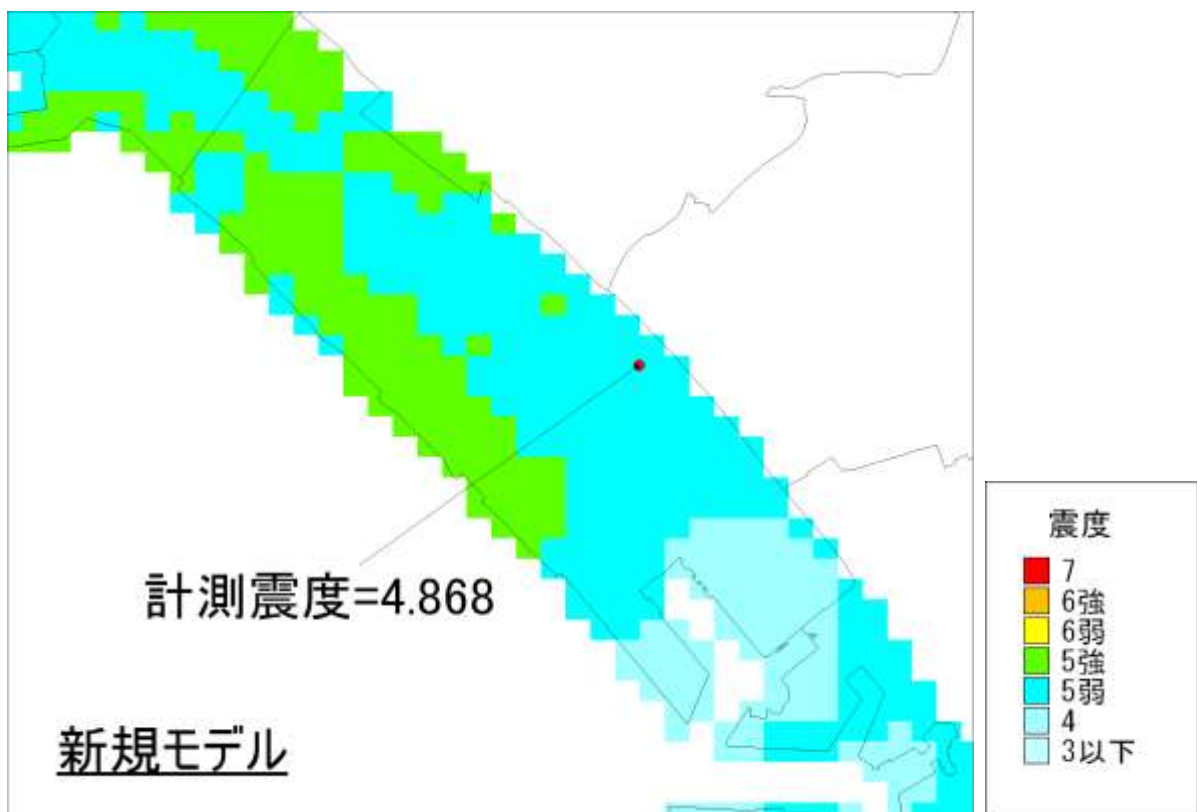


図 6.2-3(2) KiK-net 観測波形を用いて計算した地表震度分布（新規モデル）

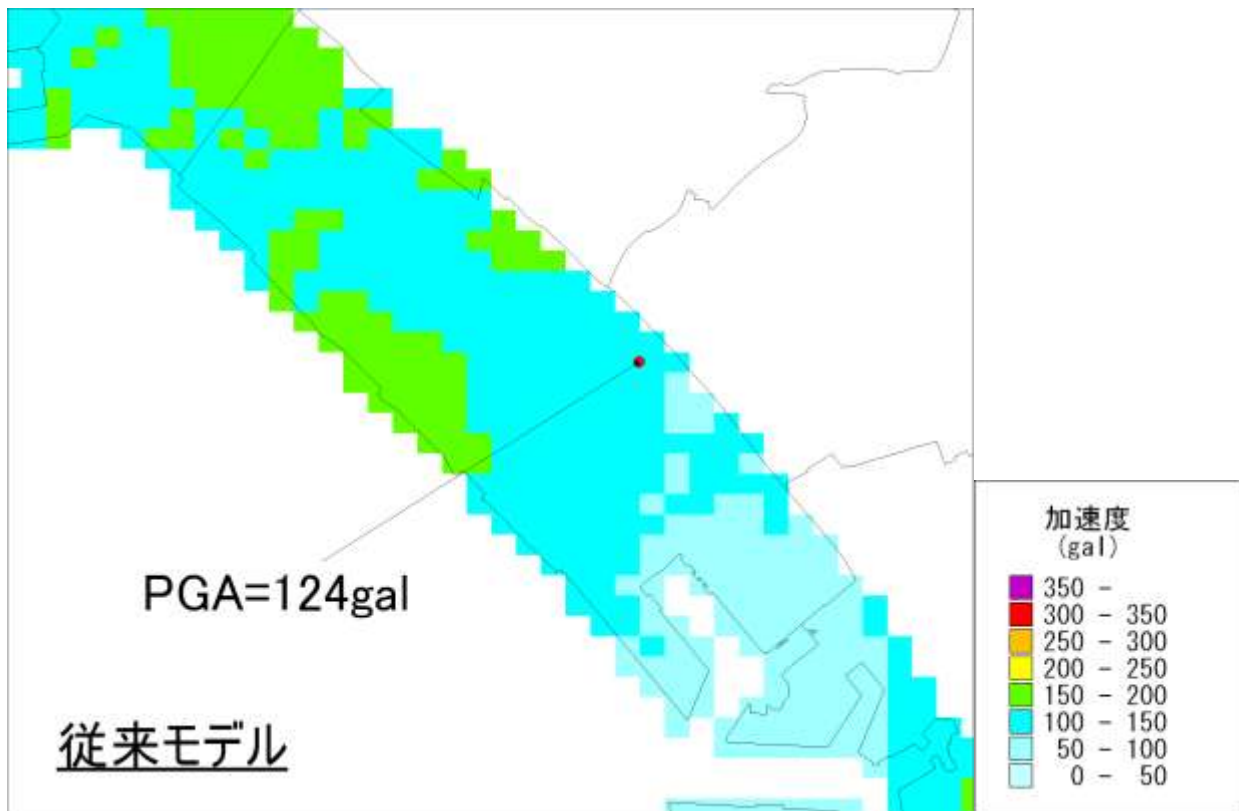


図 6. 2-3(3) KiK-net 観測波形を用いて計算した地表加速度分布 (従来モデル)

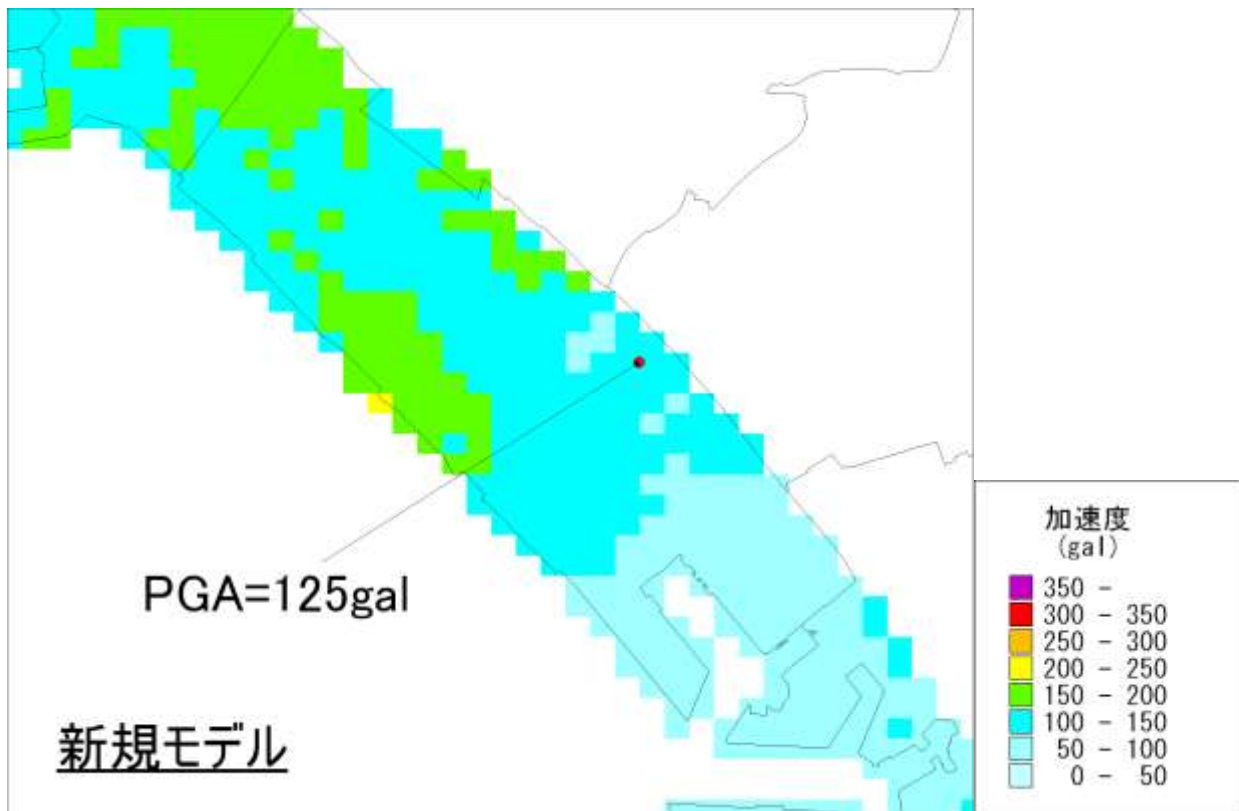


図 6. 2-3(4) KiK-net 観測波形を用いて計算した地表加速度分布 (新規モデル)

### 6.3 東北地方太平洋沖地震の地震動予測（統計的グリーン関数法による）

本節では、平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震の本震の地震記録について、Kurahashi and Irikura<sup>6)</sup>による断層モデルを利用して、統計的グリーン関数法により、KiK-net 千葉(CHBH10)の地下の地震動記録の再現を試みる。

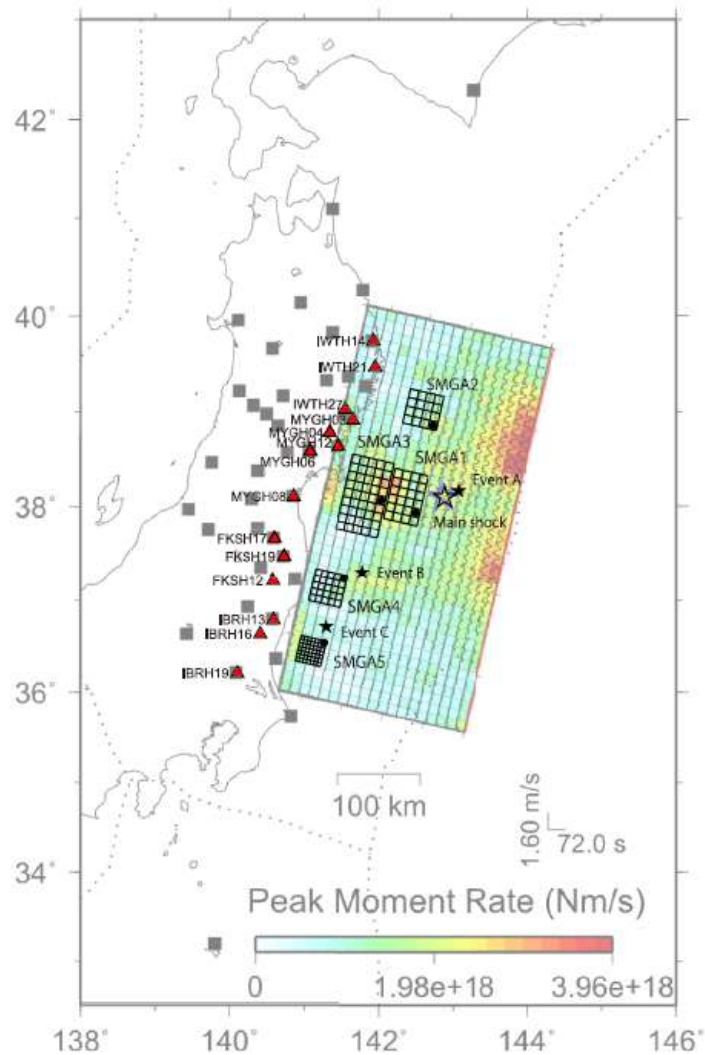


図-6.3.1 Kurahashi and Irikura (2011)による断層，及び，強震動生成領域(SMGA)の位置

表-6. 3. 1 Kurahashi and Irikura (2011)による断層パラメータ

	$L$ (km)	$W$ (km)	$M_0$ (N m)	Stress drop (MPa)	Delay time from origin time (sec)
SMGA 1	62.40	41.60	2.31E+21	41.3	15.64
SMGA 2	41.60	41.60	7.05E+20	23.6	66.42
SMGA 3	93.60	52.00	4.34E+21	29.5	68.41
SMGA 4	38.50	38.50	3.83E+20	16.4	109.71
SMGA 5	33.60	33.60	3.99E+20	26.0	118.17

6) Kurahasi, S.and K. Irikura: Source model for generating strong ground motions during the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake,Earth Planets Space, 63, 571–576, 2011.

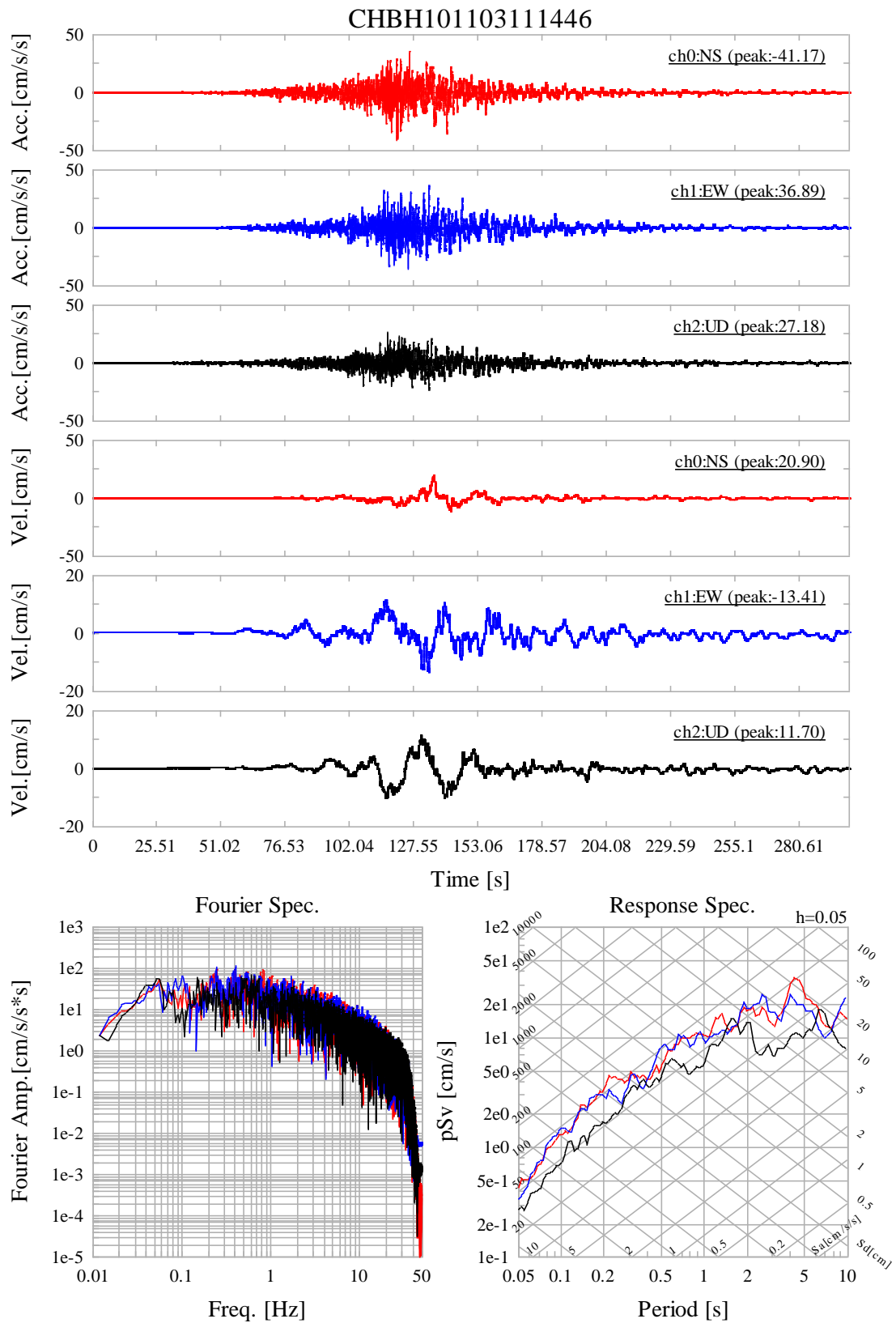


図-6.3.2 KiK-net 千葉(CHBH10)地下における観測加速度波形と速度波形，及び，フーリエ・スペクトルと疑似速度応答スペクトル

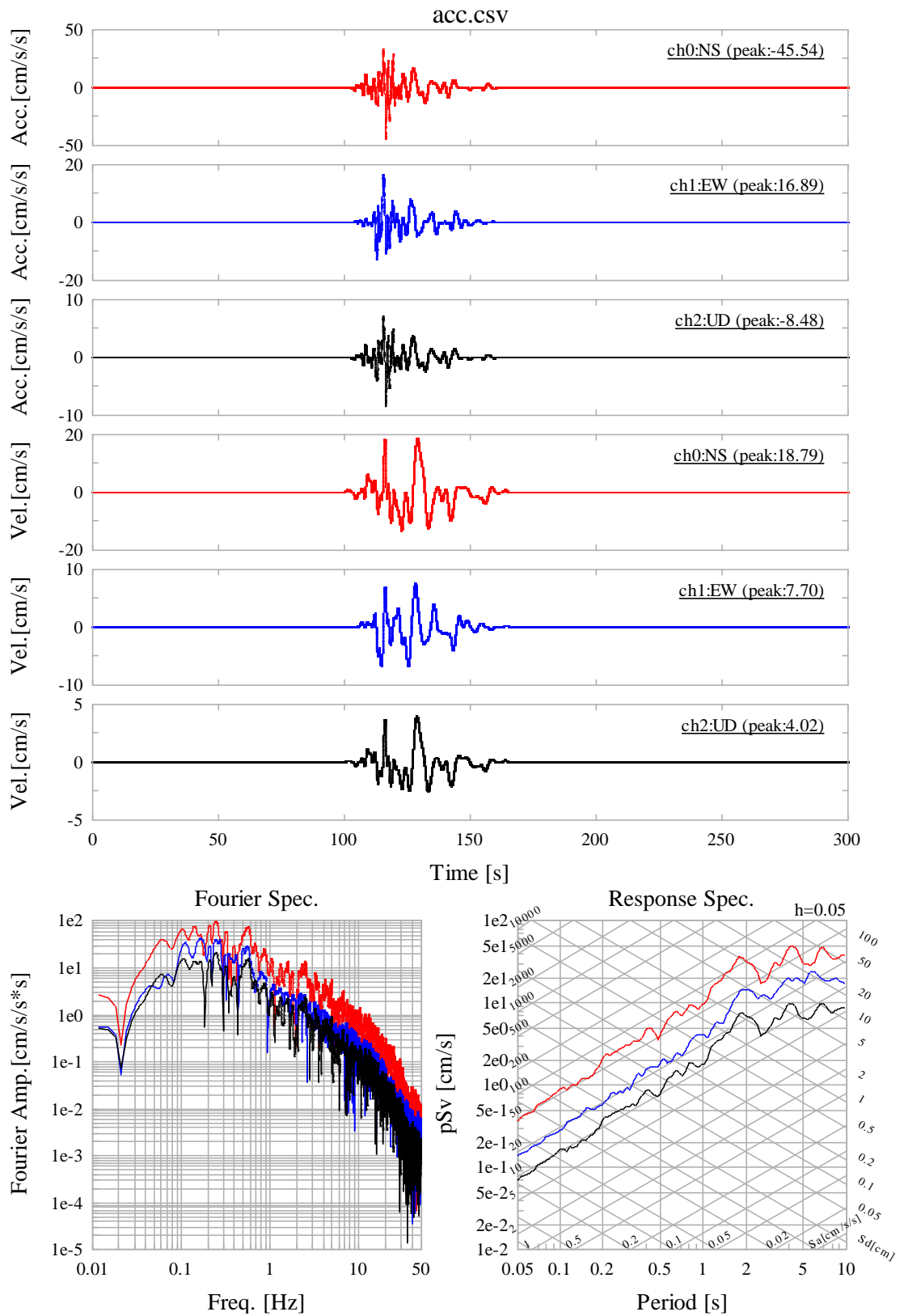


図-6.3.3 KiK-net 千葉(CHBH10)地下における計算加速度波形と速度波形，及び，フーリエ・スペクトルと疑似速度応答スペクトル

## 6.4 液状化しやすさマップの検討

平成 19 年度千葉県地震被害想定調査で作成した地盤モデルを用いて、全県で一律震度 5 弱 / 5 強であった場合の液状化しやすさを試算した。

液状化しやすさの計算手法は、被害想定と同様に、道路橋示方書の FL 値及び PL 値による手法を用いた（5 章参照）。地震のタイプは、海溝型地震（タイプ I）とした。

地表最大加速度については、平成 23 年東北地方太平洋沖地震の際に K-NET、KiK-net 観測点で得られた観測記録より、計測震度と最大加速度の関係式を作成して、震度 5 弱 / 5 強に対応する最大加速度を有効数字 2 桁で求めた。（表 6.3-1、図 6.3-1）。

液状化しやすさの試算結果を、図 6.3-2(1)～(4)に示す。

表 6.4-1 観測記録から求めた各震度階に対応する最大加速度

震度階	震度5弱	震度5強
計測震度	4.8	5.3
最大加速度	170	340

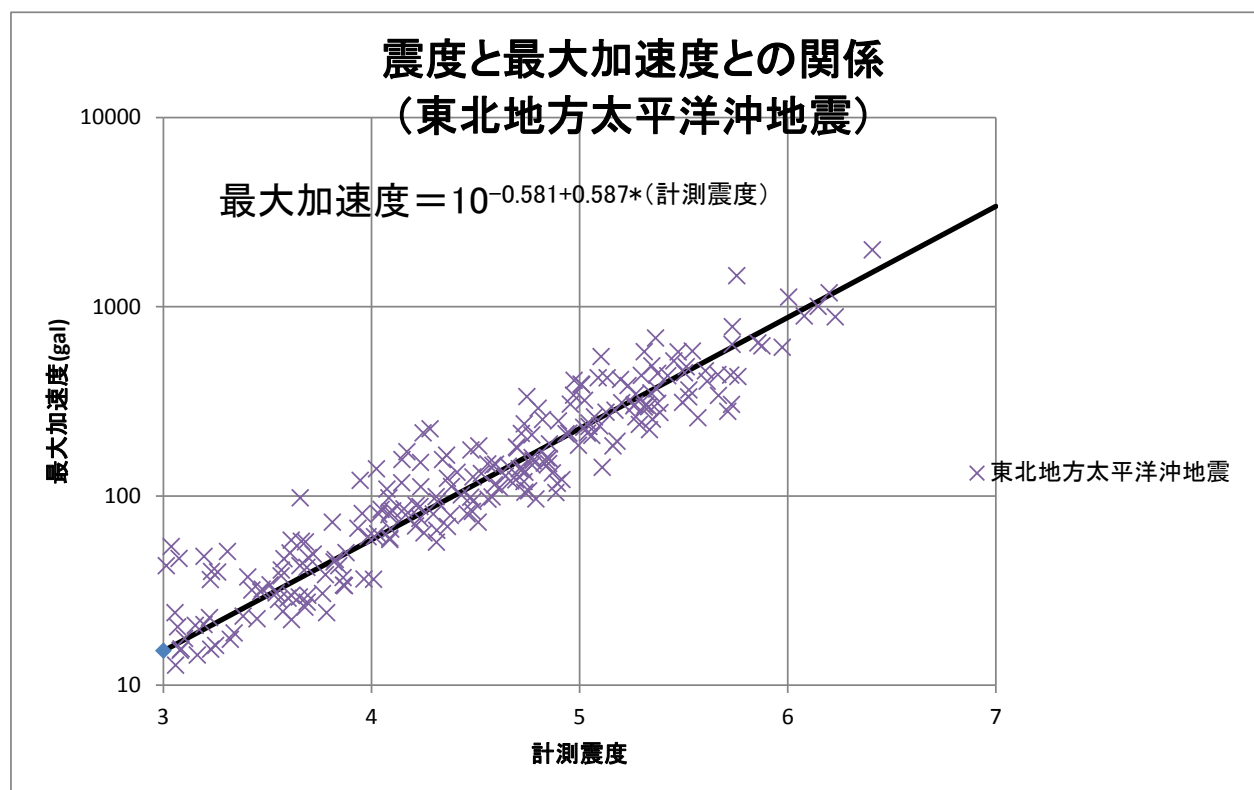


図 6.4-1 計測震度と最大加速度の関係（東北地方太平洋沖地震）



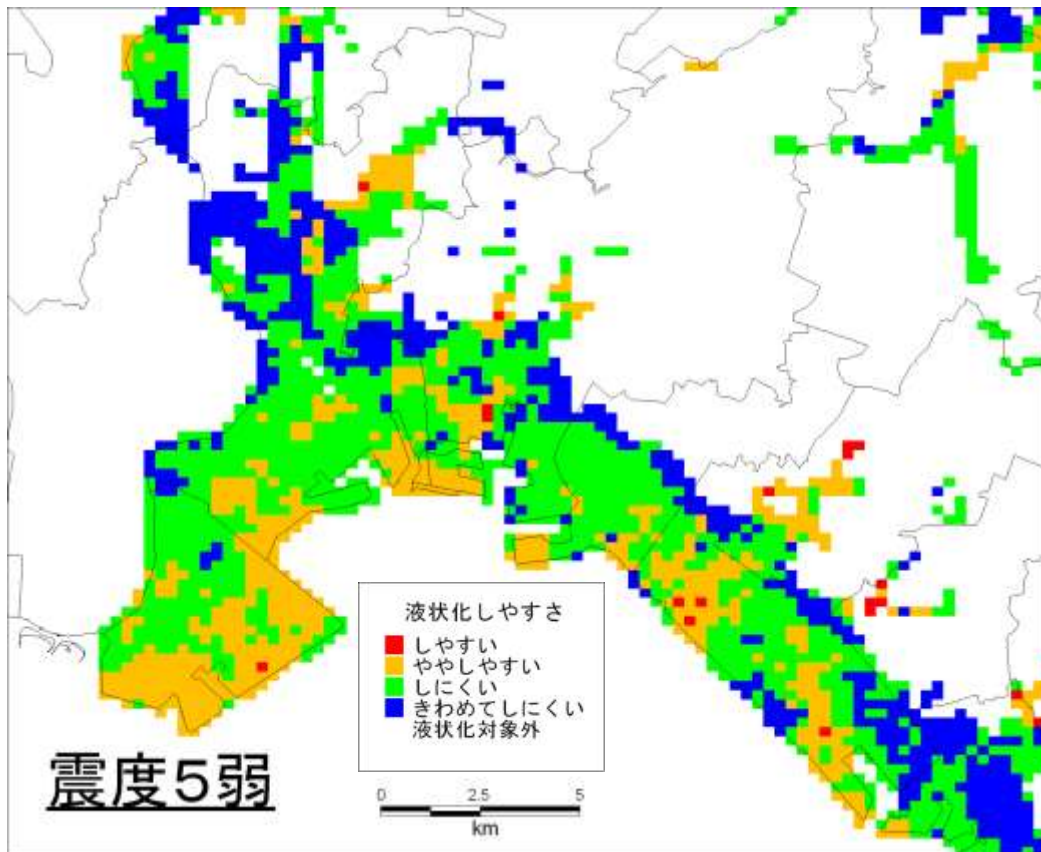


図 6.4-2(1) 液状化しやすさ試算結果 (震度5弱・地表加速度 170gal)

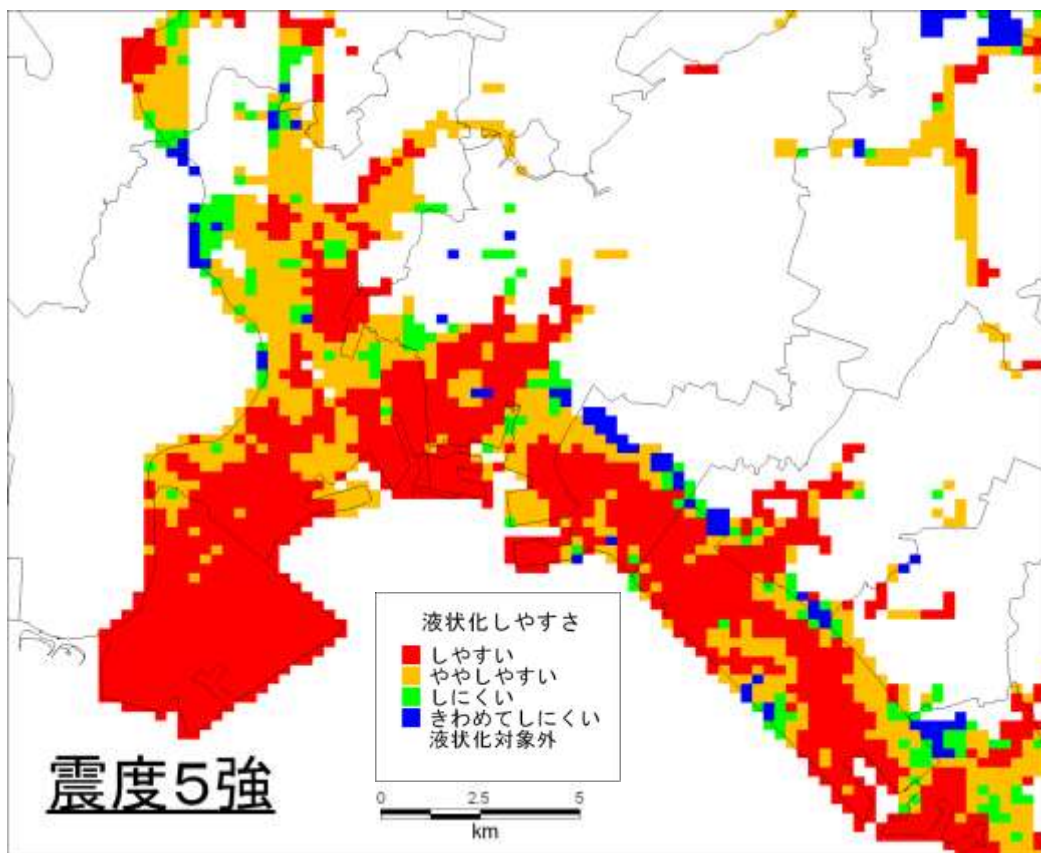


図 6.4-2(2) 液状化しやすさ試算結果 (震度5強・地表加速度 340gal)

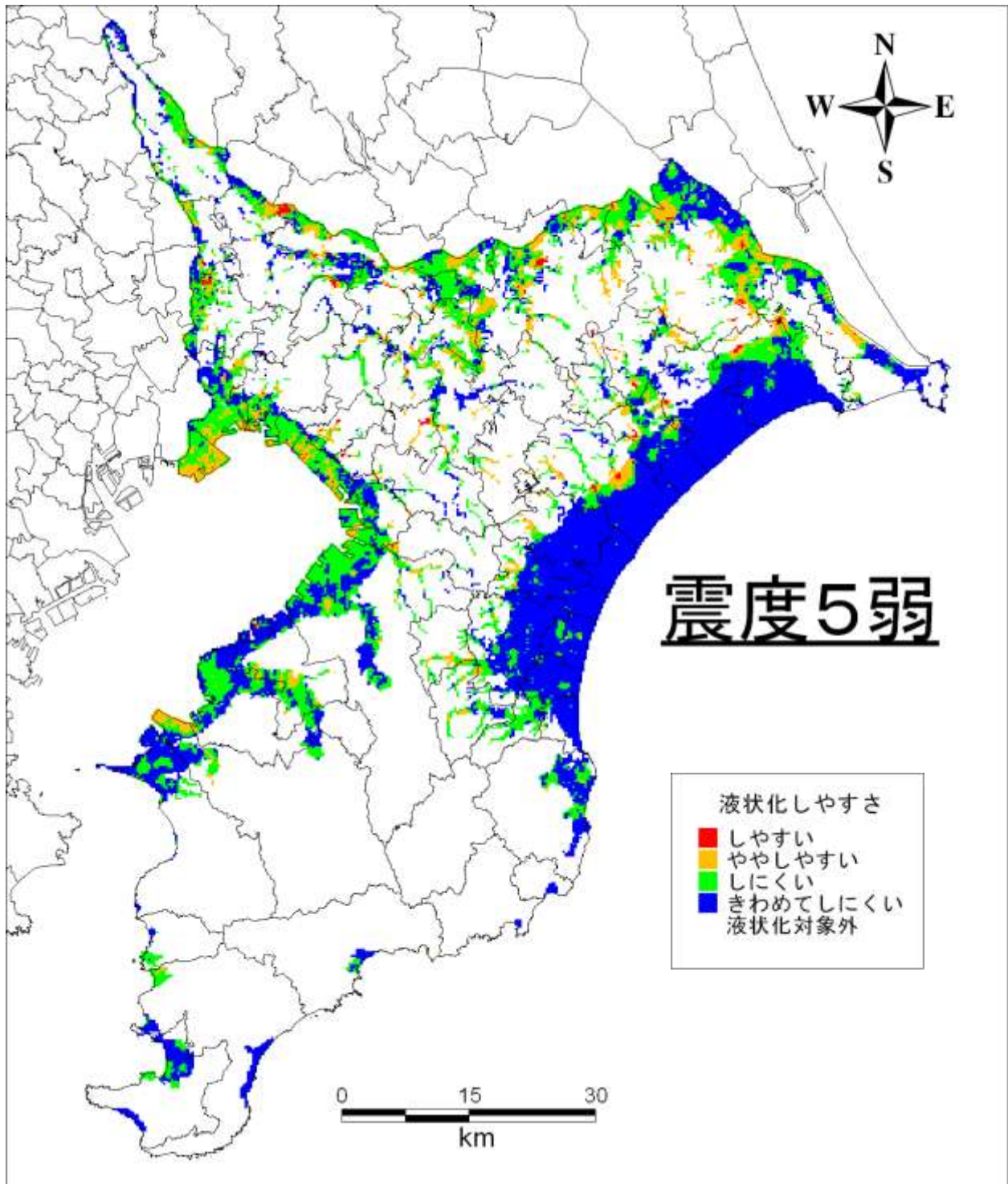


図 6.4-2(3) 液状化しやすさ試算結果（震度5弱・地表加速度170gal・全県）

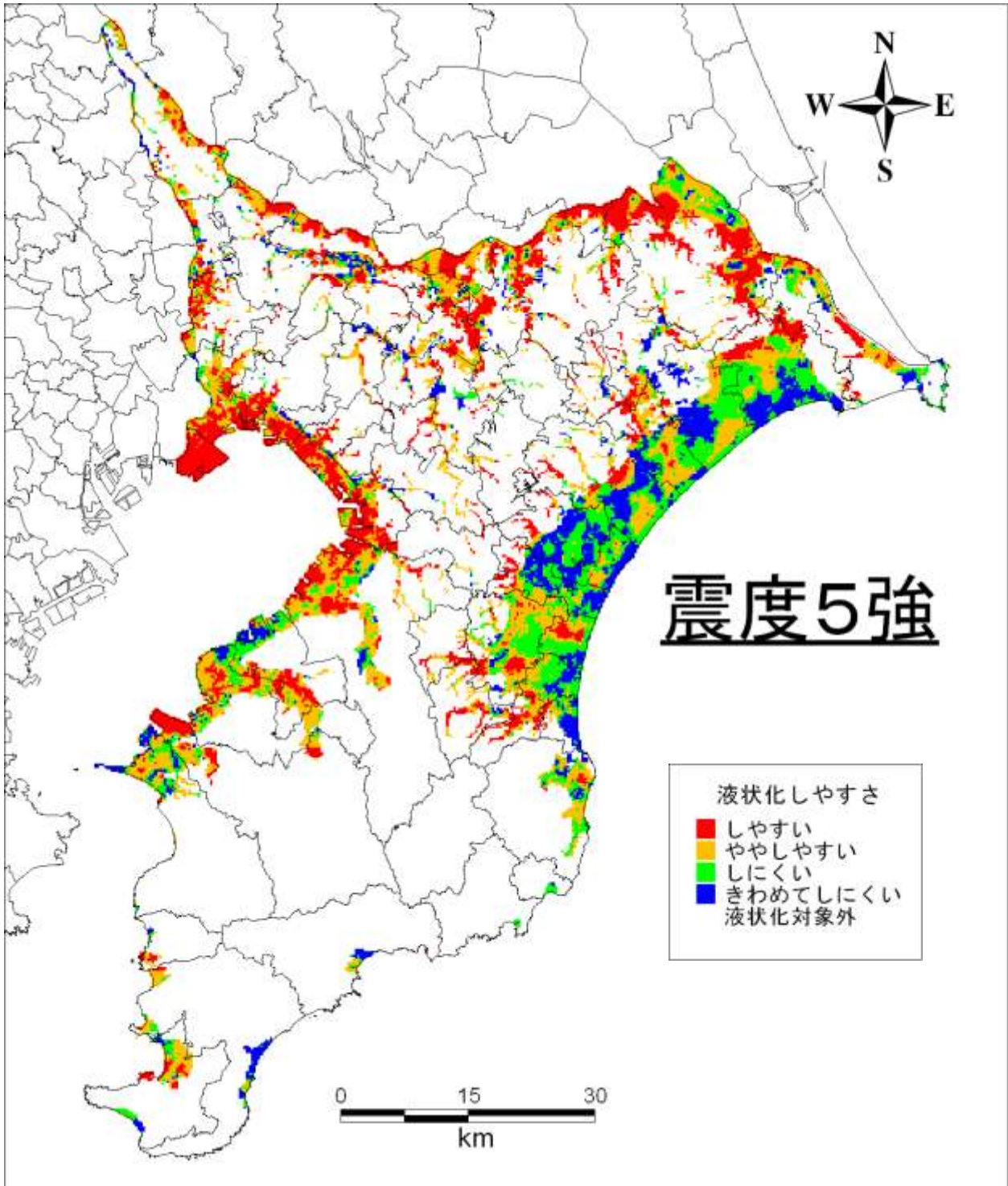


図 6.4-2(4) 液状化しやすさ試算結果（震度5強・地表加速度 340gal・全県）



## 7. ゆれやすさマップについて

地震基盤上面以深 2km を震源として、距離減衰式により工学的基盤 ( $V_s=400\sim 600\text{m/s}$ ) の最大速度を求めた。その最大速度と表層地盤モデルの AVS30 (深さ 30m までの平均 S 波速度) から求めた表層地盤の増幅率より地表最大速度を算出した。この工学的基盤および地表の最大速度を計測震度に変換し、地表と工学的基盤の差をとって工学的基盤から地表への震度増分を求めた。

この震度増分の分布を揺れやすさの分布として示したのが、図 7.1-1 の揺れやすさマップである。また、浦安～千葉地域の東京湾沿岸部を拡大して図 7.1-2 に示した。この結果は、表層地盤による揺れやすさの程度を示している。表層地盤が軟らかく、軟らかい層が厚いほど、平均 S 波速度が遅く揺れやすくなっている。たとえば浦安市、市川市の東京湾沿岸は埋立地が広がり、かつ軟らかい沖積層が厚く堆積することから揺れやすくなっている。千葉県内で揺れやすい地域は、東京湾沿岸の埋立て地、印旛沼・手賀沼などの利根川低地および九十九里平野などの平野で地盤が軟弱な地域である。また逆に千葉県内で揺れにくい地域は、上総丘陵、安房丘陵などの丘陵地、下総台地の一部などの山地、丘陵を中心とした地盤が固い地域である。

今回の検討では、地盤モデルの修正結果及びそれに基づく地震動の評価結果を用いて、揺れやすさマップの修正を行う。

平成 19 年度調査では、地盤の AVS30 という簡易的な指標を用いて揺れやすさを評価したが、今回の検討では、250m メッシュの速度構造モデルを用いて、例えばモデルの伝達関数により評価するなどして、さらに詳細な揺れやすさの評価を行う予定である。

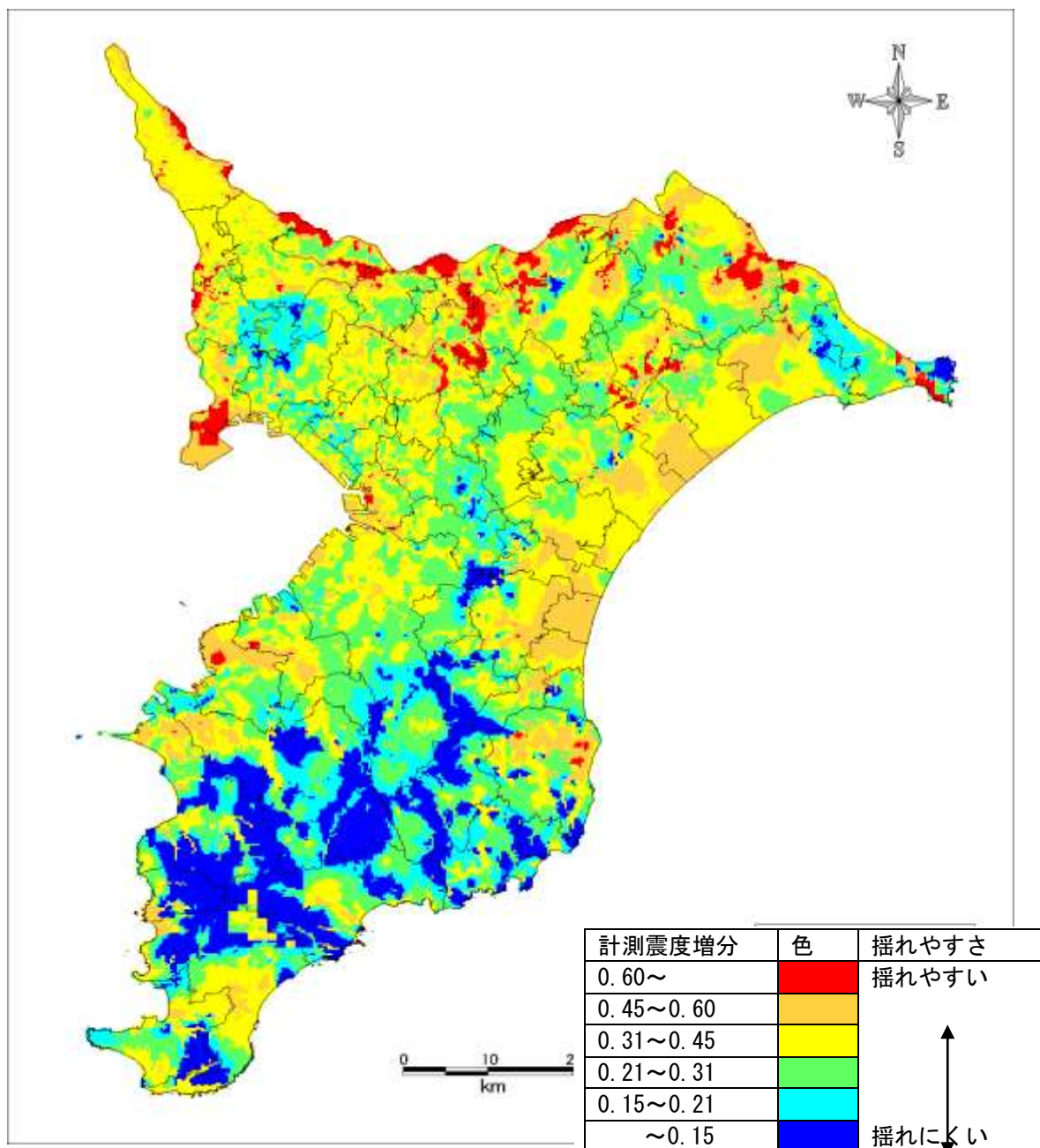


図 7.1-1 ゆれやすさマップ（平成 19 年度調査による）  
 （地震基盤以深 2km を震源とした場合で、AVS30 より算出した  
 工学的基盤から地表への震度増分をもとに作成）