

2. 千葉県内で観測された地震動と地震被害

2.1 地震波形収集状況及び地表最大加速度分布について

本調査で収集した地震波形は、千葉県強震観測網・震度観測ネットワーク（KKnet）、防災科学技術研究所全国強震観測網（K-NET）、同基盤強震観測網（KiK-net）、東京ガス超高密度リアルタイム地震防災システム（SUPREME）、及び、千葉大学中井教授と千葉県の提供による記録である。

図 2.1-1 に 2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震本震の地表最大加速度分布（PGA 分布）を、図 2.1-2 に千葉県内の KiK-net 観測点で得られた観測記録を示す。

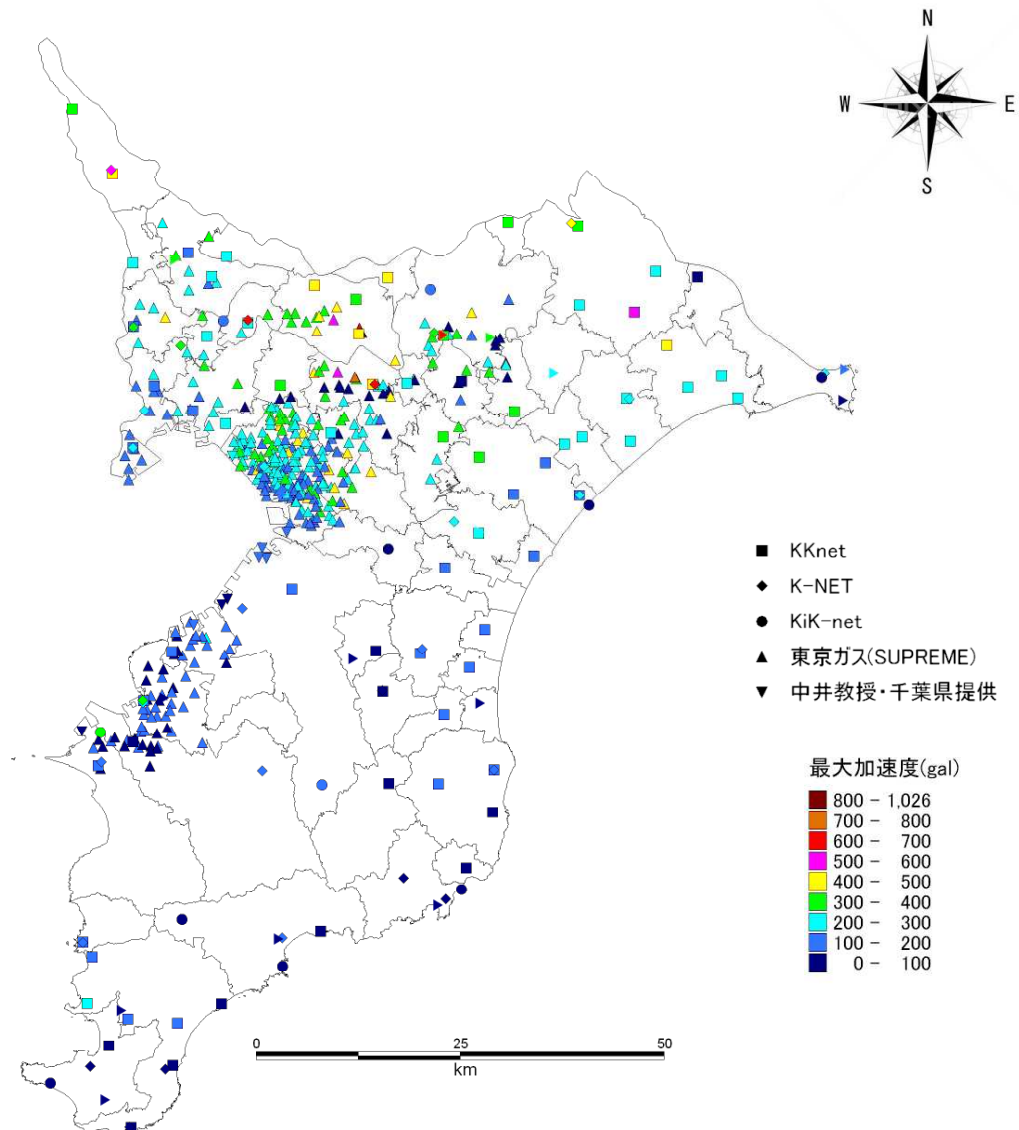


図 2.1-1 千葉県内の地表最大加速度（PGA）分布

2011/03/11 14:47:02.000

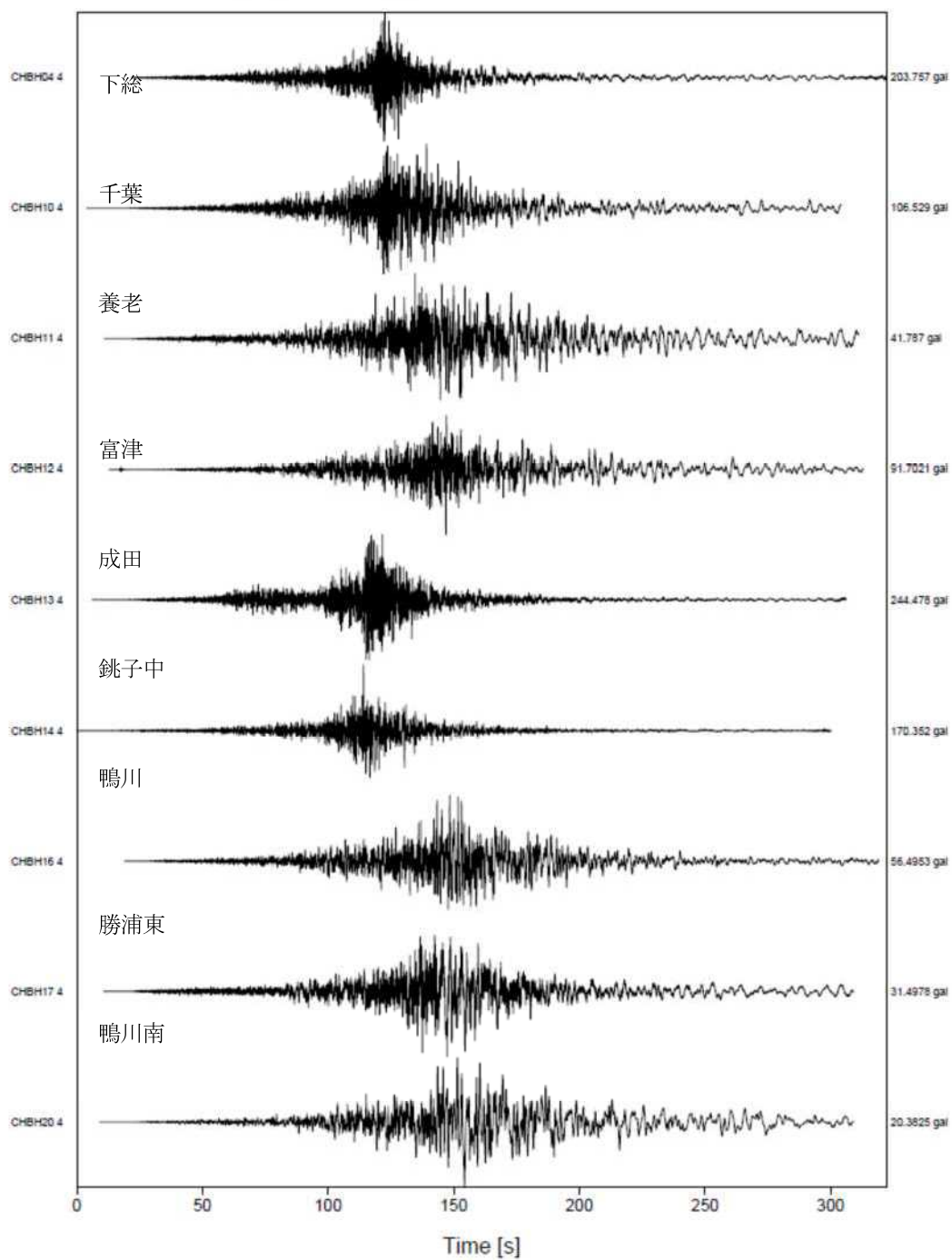


図 2.1-2 千葉県内の Kik-net（地表・NS 成分）の加速度記録

2.2 千葉県内の地震動の再現

千葉県内における本震の地震記録を再現するため、前節で収集した地震観測記録及び千葉県全域で今回新たに作成した 250m メッシュ地盤モデルを用いて、地震動の再現計算を試みた。

再現計算の手順は、以下の通りである。

- 1) 前節で収集した地震記録のうち加速度波形が得られている地点について、工学的基盤^{*}への引き戻し計算を行い、観測地点における工学的基盤での加速度波形を求めた。ただし、液化化現象がみられる波形及び近接する地震計と比べて著しくピークの異なる波形については除外した。
- 2) 1) で得られた基盤加速度波形から基盤最大加速度を求め、これを空間的に補間して、工学的基盤での 250m メッシュ最大加速度の分布を求めた。空間補間については、防災科学技術研究所川崎ラボラトリー（2006）によるプログラム“rasmo”を用いた。
- 3) 工学的基盤での 250m メッシュ加速度波形を作成した。波形については、250m メッシュから最も近い地震観測点で得られた 1) の波形を採用し、振幅を調整して、2) で求めた最大加速度と一致するようにした。
- 4) 3) で得られた工学的基盤の地震動を 250m メッシュ地盤モデルに入射して、応答計算^{*}により地表地震動を求めた。

求められた地表最大加速度^{*}分布（NS 成分及び EW 成分の最大値）、及び、震度分布図を図 2.2-1 と図 2.2-2 に示す。

^{*}**工学的基盤**：建築物の杭基礎の支持層となる、ある程度の硬さを持った地盤のこと。県内の平野部では地表から数 10m 程度の深さである。

通常ボーリング調査は工学的基盤面まで実施されるため、工学的基盤以浅については詳しいモデル化が可能である。このため、工学的基盤以浅と以深とを分けて解析することがよく行われる。

^{*}**（地震）応答計算**：基盤層に入力した地震波形が、地盤をどのように伝播して地表ではどのような波形として出力されるかを、数値シミュレーションにより行う計算。

地盤のモデル化手法などにより、いくつかの手法がある。

^{*}**（地表）最大加速度**：地震動の強さを示す単位のひとつ。速度が時間を追って大きくなる（または小さくなる）度合いが加速度で、Gal(ガルと読む)=cm/sec²を単位として使う。その最大値が最大加速度である。

人間が感じることができるのは加速度で、例としてはアクセルを踏んだ自動車で感じる感覚があげられる。被害の大きさは加速度だけではなく、速度や地震動が続く長さなどとも関係する。

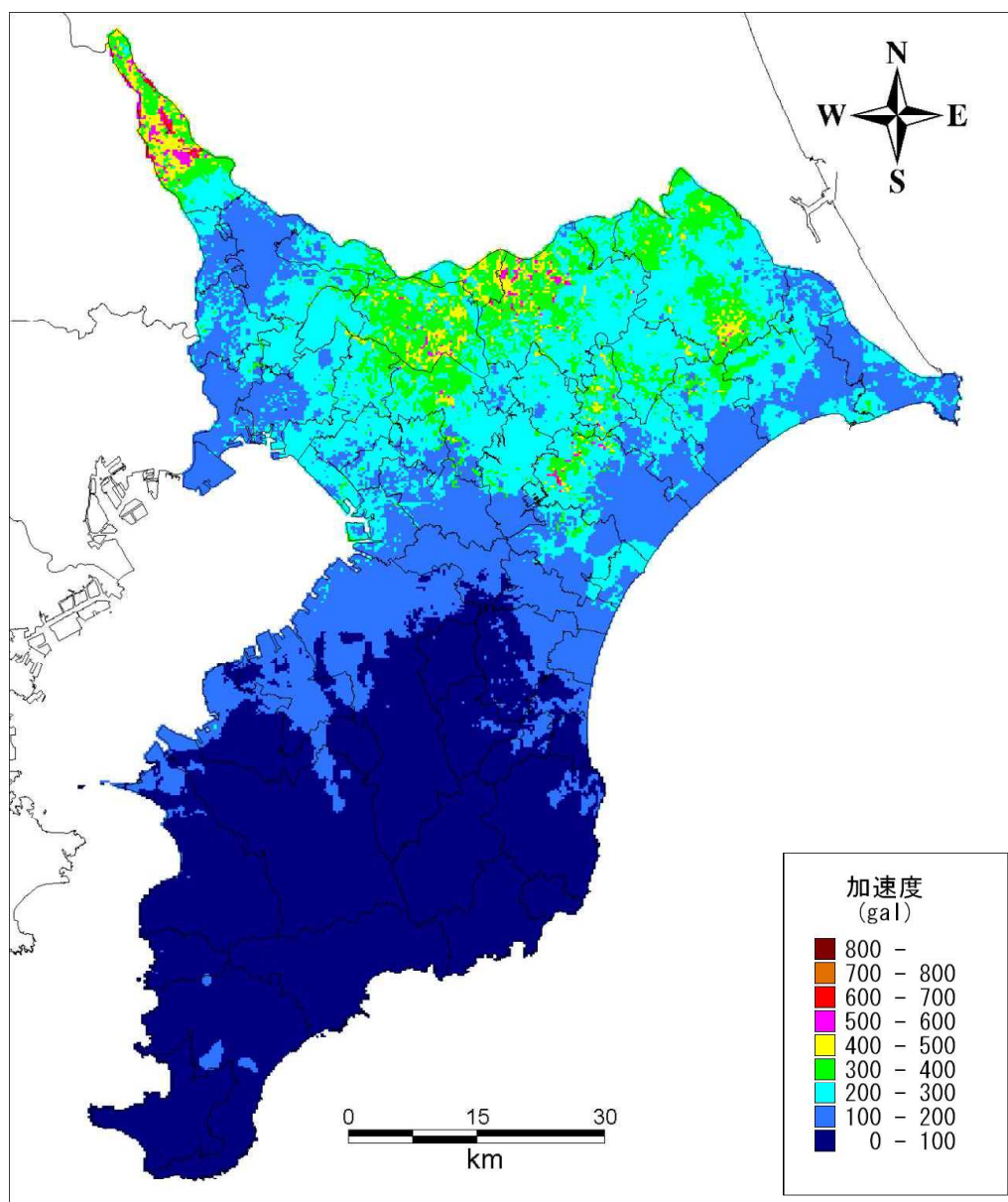


図 2.2-1 東北地方太平洋沖地震の再現計算により求めた地表最大加速度分布

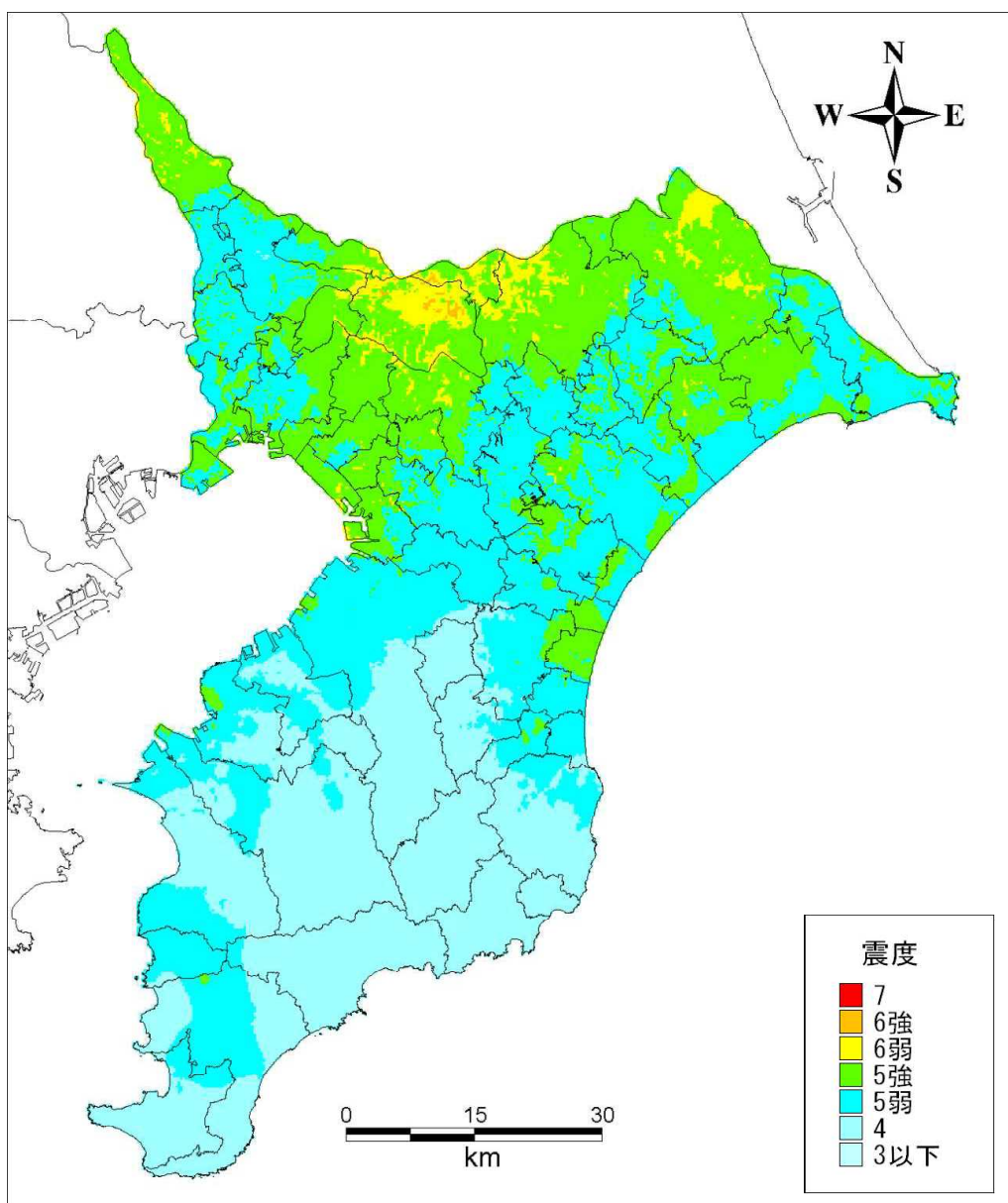


図 2. 2-2 東北地方太平洋沖地震の再現計算により求めた地表震度分布

2.3 千葉県内の液状化発生地域について

2011年3月11日14時46分に発生した東北地方太平洋沖地震（M9.0）によって、関東地方で液状化した都道府県と市町村をまとめたのが表 2.3-1 である。国土交通省関東地方整備局及び地盤工学会の調査によれば、千葉県で液状化が発生した市町村数は25市町村で、茨城県の36市町村の次に多い。

図 2.3-1 に東北地方太平洋沖地震と千葉県東方沖地震の液状化範囲を重ねて図示する。

表 2.3-1 関東地方で液状化した都道府県と市区町村数
(国土交通省関東地方整備局、公益法人地盤工学会(2011)による)

都道府県	市区町村	液状化が発生した市区町村数
茨城県	水戸市、日立市、土浦市、古河市、石岡市、結城市、龍ヶ崎市 下妻市、常総市、常陸太田市、北茨城市、取手市、つくば市 ひたちなか市、鹿嶋市、潮来市、守谷市、那珂市、筑西市、坂東市 稲敷市、かすみがうら市、神栖市、行方市、銚田市、つくばみらい市 茨城町、大洗町、東海村、美浦村、阿見町、河内町、八千代町 五霞町、境町、利根町	36
栃木県	栃木市、真岡市、大田原市	3
群馬県	館林市、板倉町、邑楽町	3
埼玉県	さいたま市、熊谷市、川口市、行田市、加須市、春日部市、羽生市 越谷市、戸田市、鳩ヶ谷市、和光市、久喜市、八潮市、幸手市 吉川市、宮代町	16
千葉県	千葉市、銚子市、市川市、船橋市、木更津市、松戸市、野田市 成田市、東金市、旭市、習志野市、柏市、八千代市、我孫子市 浦安市、袖ヶ浦市、印西市、南房総市、匝瑳市、香取市、山武市 栄町、神崎町、東庄町、九十九里町	25
東京都	中央区、港区、墨田区、江東区、品川区、大田区、北区、板橋区 足立区、葛飾区、江戸川区	11
神奈川県	横浜市、川崎市	2
総 計		96

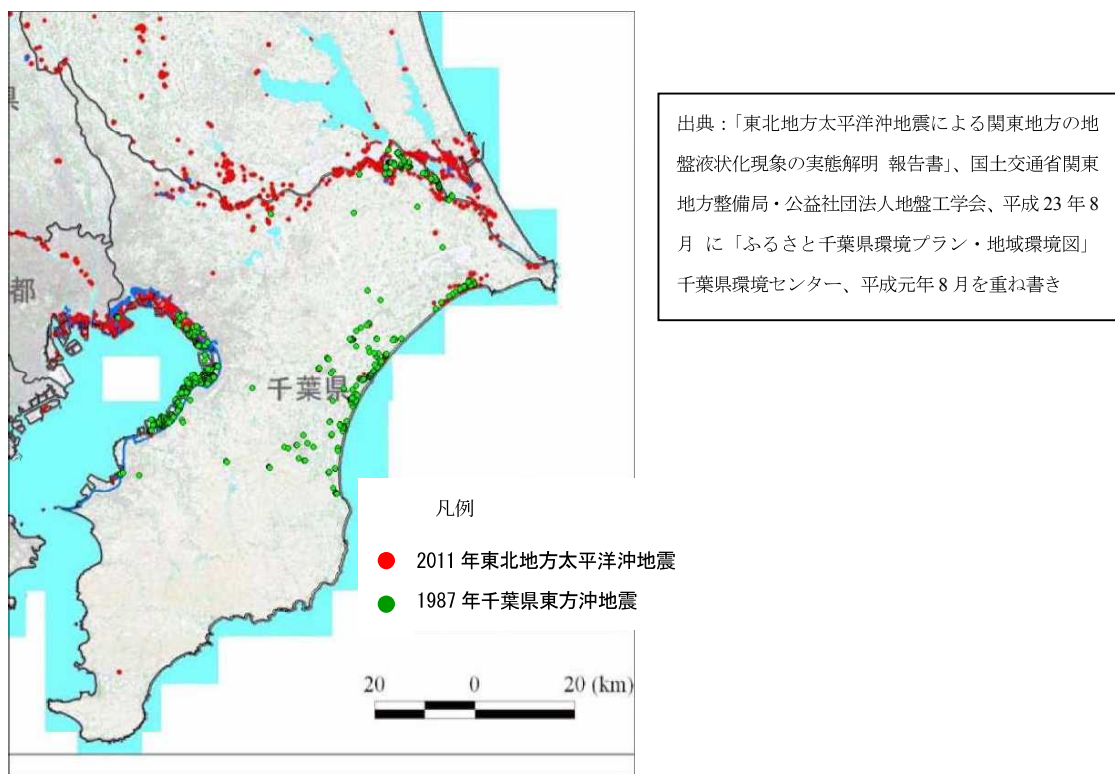


図 2.3-1 東北地方太平洋沖地震と千葉県東方沖地震の液状化範囲の比較

2.4 千葉県内の液状化の再現

2.2 節で求めた 250m メッシュ地表加速度分布と、新しく作成した地盤モデルを用いて、千葉県全域について液状化の再現計算を試みた。

再現計算の手法については、FL 法により 1m 毎の FL 値^{*}を求め、これを深さ方向に重み付けして積分した値である PL 値^{*}を求めた。

FL 値の計算手法は、道路橋示方書（2012）の N 値^{*}に、森本ら（2002）が提案した細粒分含有率^{*}を考慮した方式とした。

計算条件を以下に示す。

- ・細粒分の影響を補正する N 値（ ΔN ）：森本ら（2002）による式を採用した。
- ・地震のタイプについては、長継続時間地震とし、地震動特性による補正係数^{*}（ C_w ）は 0.8 とした。

物性値については、N 値と F_c （細粒分含有率）^{*}の関係については、今回の現地調査で得られた知見を元に関係式を新たに設定した（3 章参照）。それ以外の値については、平成 19 年度の地震被害想定調査による値を採用した。

森本ら（2002）の方式による液状化の分布を図 2.4-1 に示す。

^{*}**FL 値（液状化抵抗率）**：地中のある深度において、液状化しやすさを示す値。地盤の液状化に対する強さを示す指標である動的せん断強度比 R と地震動の強さを示す指標である地震時せん断応力比 L との比で表わされる。小さいほど液状化しやすく、1 を下回ると液状化が生じると判定する。

^{*}**PL 値**：FL 値を深さ方向に重みづけして合計した、ある地点における液状化しやすさを示す値。（表 3.2-1 参照）

^{*}**N 値**：特定の重さのハンマーを決まった高さから杭の上に落として、地盤に 30cm 打ち込むのに要する打撃回数。地盤の固さの指標として用いられ、小さいほど液状化しやすい。

^{*}**細粒分含有率(F_c)**：土を構成する粒子を粒子の大きさによって小さい順に粘土、シルト、砂、礫に分けたときに、粘土とシルトが全粒子に占める割合。この値が小さいほど液状化しやすい。

^{*}**地震動特性による補正係数（ C_w ）**：道路橋示方書（2012）の液状化危険度の計算式で用いられる、地震動の継続時間についての補正係数。この値が小さいほど継続時間が長く、液状化しやすくなる。

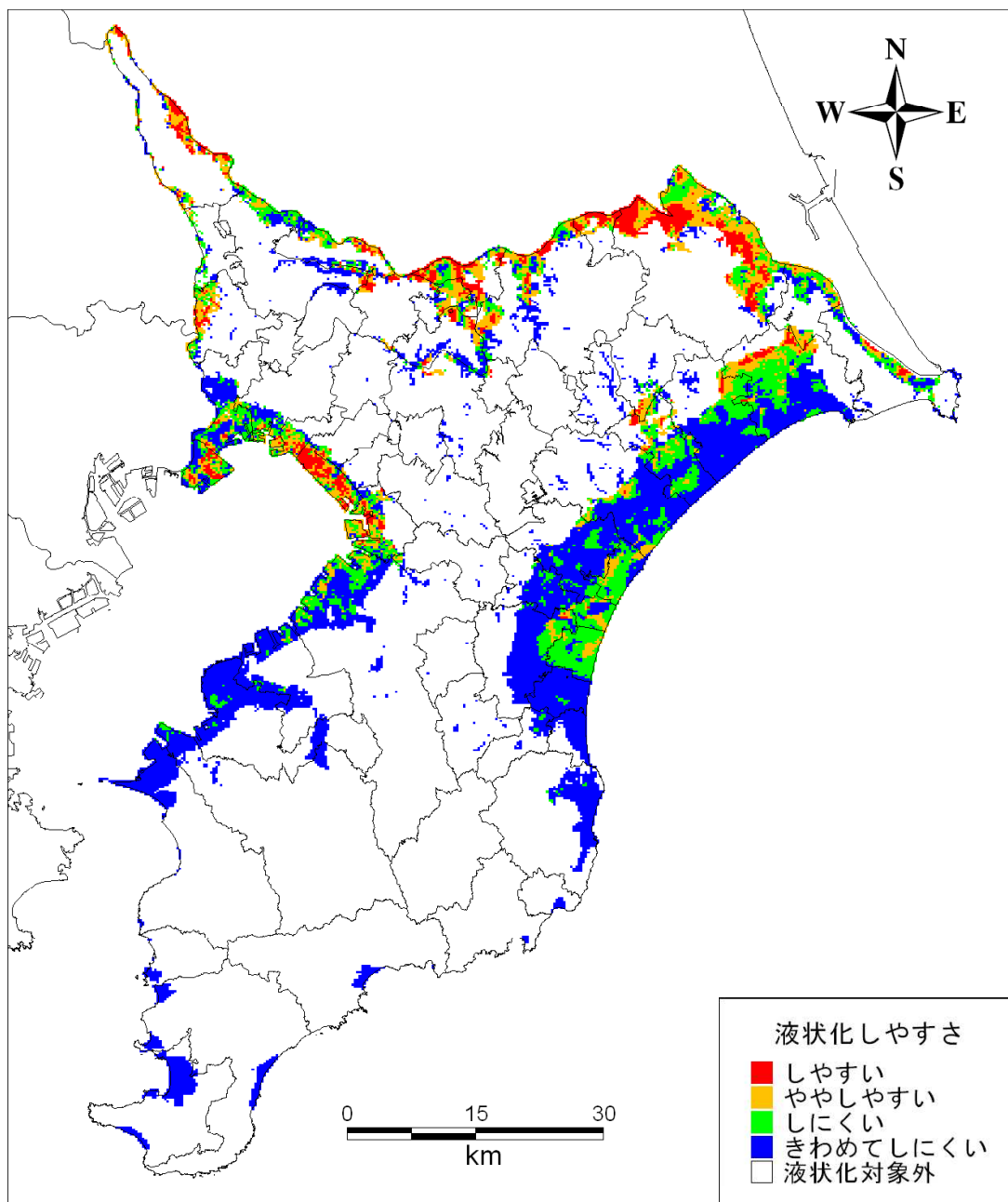


図 2.4-1 東北地方太平洋沖地震の液状化再現計算結果