

広範囲な周期領域を対象とした各種最大震度レベルの分布特性

佐賀大学大学院 学生会員 井芹祐哉
佐賀大学大学院 正会員 坂井晃

1. まえがき

我が国の気象庁における震度の表現としては、計測震度による 10 階級の震度が用いられ、また長周期地震動に対しては 4 階級の長周期地震動階級¹⁾が試行されている。本研究は、移動実効値法を用いた最大震度レベル²⁾³⁾⁴⁾の分布図を気象庁の震度分布図と比較するとともに、各種最大震度レベルの分布特性について検討する。

2. 各種の震度レベル^{2),3),4)}

計測震度と同一の周波数補正加速度を用いた震度レベル L_{Fs} は、加速度実効値 A_{Fcom} によって表わされ ($L_{Fs}=2\log A_{Fcom}+1.25$)、その最大値 $(L_{Fs})_{max}$ は計測震度にはほぼ一致する²⁾。ただ、この計測震度は主に 1 秒程度までの短周期の周波数帯域に対応するものと見なされることから、それ以上の周期帯も考慮できる震度表現として速度・変位に対応した震度レベル L_{Fav} と L_{Fad} を提案している³⁾。また、最大速度応答スペクトル $(S_v)_{max}$ を用いた長周期地震動階級(気象庁)に対しては、 $(S_v)_{max}$ と $(L_{Fav})_{max}$ 、 $(L_{Fad})_{max}$ との関係から、それぞれ速度・変位対応の長周期地震動レベル $L_{Lv}(=0.132(L_{Fav})^2)$ 、 $L_{Ld}(=0.132(L_{Fad}-1.0)^2)$ を提案し、速度と変位の中間的なレベルとして長周期地震動レベル $L_{Lp}(=0.132(L_{Fap}-0.5)^2)$ を定義した⁴⁾。

3. 対象地震波と各種震度レベルの分布図

対象地震波は、(1)観測地震波(地表面):東北地方太平洋沖地震(2011年3月11日,K-NET:500箇所)と(2)設計用長周期地震動波形(工学的基盤):想定東海地震(M_w 8.0)⁵⁾(ARTEQ-LP(構造計画研究所)を使用)である。各種震度の分布図作成には、ArcGIS(ESRI)を使用し、データの補間法として Natural Neighbor 法、メッシュサイズ 1km を用いた。

4. 最大震度レベル $(L_{Fs})_{max}$, $(L_{Fav})_{max}$, $(L_{Fad})_{max}$ の分布特性

東北地方太平洋沖地震における $(L_{Fs})_{max}$ は、図-1 に示すように $(L_{Fav})_{max}$ と変位対応の $(L_{Fad})_{max}$ に対して震源に近いところでは大きく、それよりも離れるにしたがって減少する傾向が見られる。これらの傾向は最大速度応答スペクトル $(S_v)_{max}$ に着目して比較すると 1.6 秒程度より長周期側において

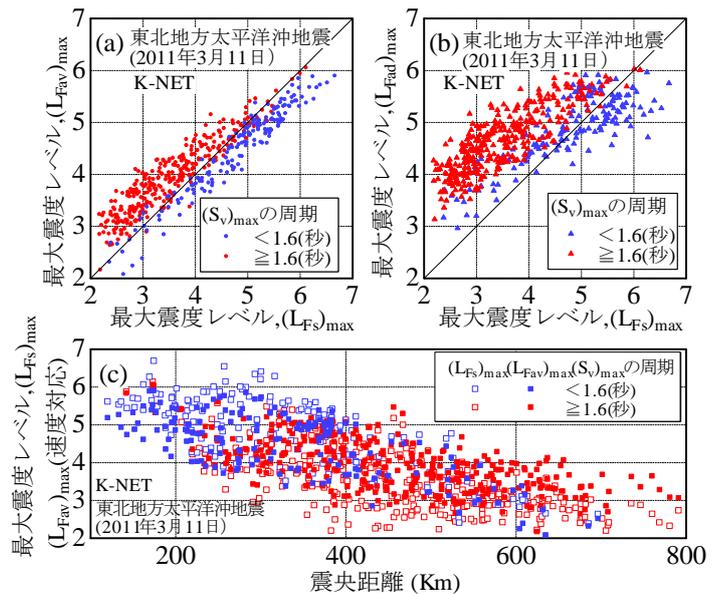


図-1 最大震度レベル $(L_{Fav})_{max}$, $(L_{Fad})_{max}$ と $(L_{Fs})_{max}$ の関係

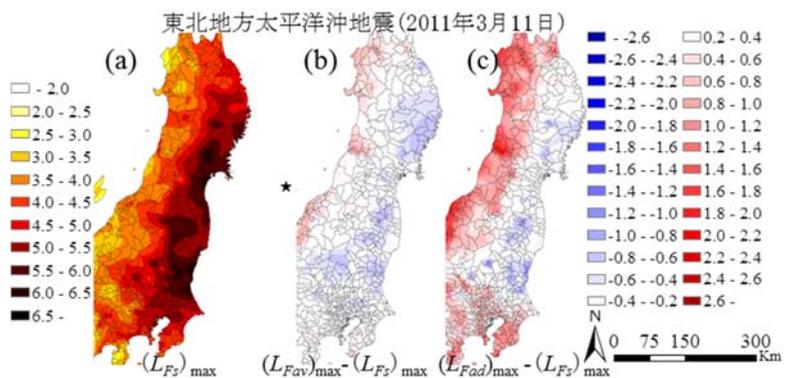


図-2 各種最大震度レベルの分布比較(東北地方太平洋沖地震)

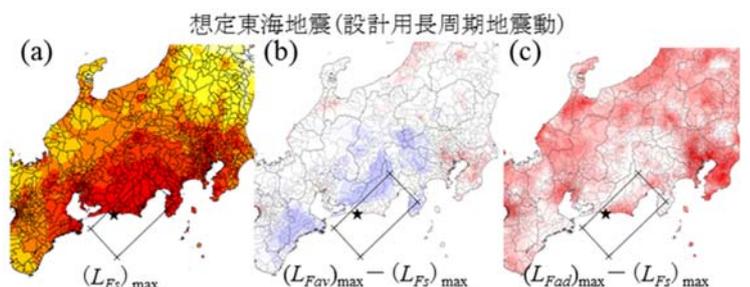


図-3 各種最大震度レベルの分布比較(想定東海地震)

速度対応の $(L_{Fav})_{max}$ が $(L_{Fs})_{max}$ よりも大きくなり、変位対応の $(L_{Fad})_{max}$ においてその傾向がより顕著になっている。図-2(a)は、このときの最大震度レベル $(L_{Fs})_{max}$ の分布図であり、(b)(c)にはそれぞれ $(L_s)_{max}$ との差 $(L_{Fav})_{max}-(L_{Fs})_{max}$ 、 $(L_{Fad})_{max}-(L_{Fs})_{max}$ を示している。東北地方の太平洋側では $(L_{Fs})_{max}$ の値が大きく、逆に東北地方の日本海側および関東南部の領域では $(L_{Fs})_{max}$ よりも $(L_{Fav})_{max}$ 、 $(L_{Fad})_{max}$ の方に大きな値が見られる。一方、設計用長周期地震動波形の $(L_{Fs})_{max}$ に対する震度分布(図-3)は震源に近い領域において、関東・名古屋・大阪地域を除いて、速度対応の $(L_{Fav})_{max}$ よりも大きな値を示すが $(L_{Fad})_{max}$ に対してはすべて小さな値となっている。

6. 最大長周期地震動レベルの分布特性

図-4は、東北地方太平洋沖地震を対象に、4階級で表される気象庁の長周期地震動階級と最大長周期地震動レベル $(L_{Lp})_{max}$ を用いた階級を比較したものである。 $(L_{Lp})_{max}$ の分布は、気象庁による階級よりも1階級もしくは2階級低い階級となっている。これらは図-5に示すように、 $(S_v)_{max}$ を用いた気象庁の階級区分と $(L_{Lv})_{max}$ 、 $(L_{Ld})_{max}$ 、 $(L_{Lp})_{max}$ の関係に見られるように、速度対応の $(L_{Lv})_{max}$ の分布は気象庁による階級と比較的良好一致を示している。しかし、 $(L_{Ld})_{max}$ は $(L_{Lv})_{max}$ と比べてその値が大きくなるほどより低下する傾向にあるために、速度と変位の中間的なレベルである $(L_{Lp})_{max}$ も低下することになる。ここでは、 $(L_{Lv})_{max}$ と $(L_{Lp})_{max}$ の地域的な差異を明らかにするために、図-6に両者の分布を比較した。全体的に $(L_{Lp})_{max}$ が低下している傾向に変わりはないが、関東北部ではその低下が他に比べて大きく、東京湾沿岸では $(L_{Lp})_{max}$ による低下があまり見られないことからその差は小さくなっている。設計用長周期地震動(想定東海地震)の $(L_{Lp})_{max}$ 分布は、図-7に示されるように工学的基盤の加速度応答スペクトルの算出に用いられるサイト増幅係数が大きい関東・名古屋・大阪に大きな値が見られる。また、 $(L_{Lv})_{max}$ と $(L_{Ld})_{max}$ の分布についても $(L_{Lp})_{max}$ 分布との間に大きな差異は見受けられなかった。さらに、関東地方の $(L_{Lp})_{max}$ 分布について、詳細に示したものが図-8である。大きな $(L_{Lp})_{max}$ を示す地域は、東京湾沿岸だけでなく、台東区・千代田区・新宿区・杉並区付近にもあらわれているのがわかる。

7. まとめ：計測震度では表現することができない中・長周期帯の影響を

速度・変位対応の最大震度レベルの分布により明らかにした。また、 $(L_{Lp})_{max}$ を用いた長周期地震動階級は、速度だけでなく変位の影響も考慮しているところに特徴があり、一般に気象庁の長周期地震動階級よりも小さな値を示している。

参考文献: 1) 気象庁:長周期地震動階級および長周期地震動階級関連解説表について、2)3)4) 坂井晃:土木学会論文集 A1, Vol.68(2012), Vol.69(2013), Vol.70(2014), 5) 国土交通省:超高層建築物等における長周期地震動への対策試案について。

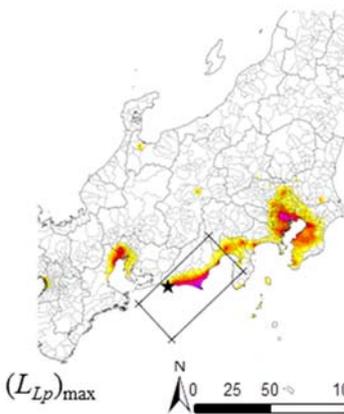


図-7 最大長周期地震動レベル $(L_{Lp})_{max}$ の分布比較(想定東海地震)

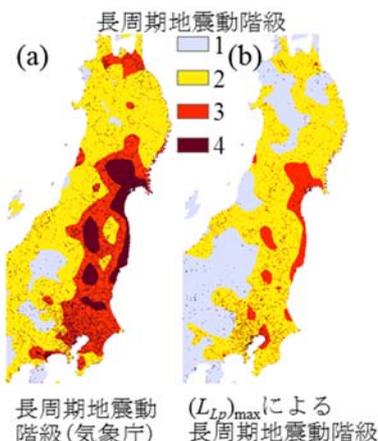


図-4 長周期地震動階級の分布比較

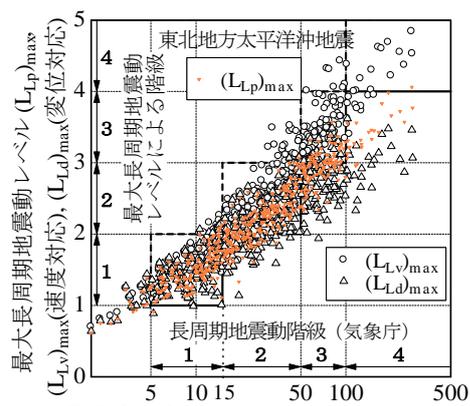


図-5 最大速度応答スペクトルと最大長周期地震動レベルの関係

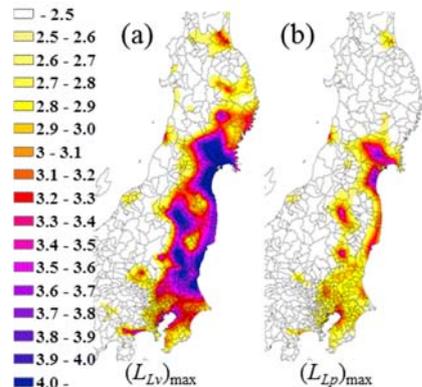


図-6 最大長周期地震動レベル $(L_{Lv})_{max}$ 、 $(L_{Lp})_{max}$ の分布比較(東北地方太平洋沖地震)

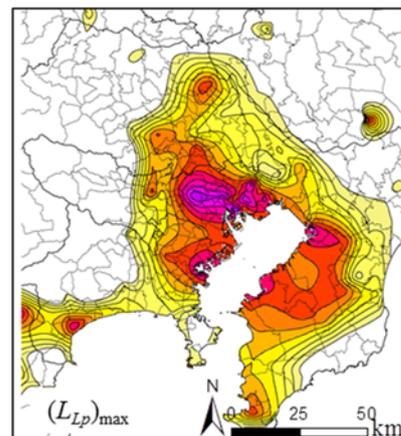


図-8 関東地方における $(L_{Lp})_{max}$ 分布