

深部地盤増幅特性を考慮した新しい距離減衰式の基本特性

岐阜大学大学院工学研究科 学生会員 ○王 棟
岐阜大学工学部 正会員 能島暢呂

1. はじめに

地震動予測を簡便に行うための手法として距離減衰式が用いられている．一般的に使われているのは司・翠川式¹⁾であるが，最大加速度および最大速度を予測対象としているため，震度の予測には最大速度と計測震度の経験的關係式²⁾を用いて換算する必要がある．一方，近年では，強震度観測網が全国展開され，強震記録が多数蓄積されるようになり，2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9)の強震記録も記録された．これらの膨大な強震記録を基に，最大速度・最大加速度・加速度応答スペクトルに加えて，震度を直接推定できる距離減衰式(MF2013式³⁾)が提案された．MF2013式³⁾はMwと断層最短距離Xの二つのパラメータを変数とする基本式として，深部・浅部の地盤増幅特性を考慮する形となっており，本研究ではその基本特性について考察する．

2. 基本モデル

MF2013式³⁾には，マグニチュードの2次式で表現されたモデル1と，1次式で表現されたモデル2があるが，今回は震度を対象としたモデル1について述べる．予測震度を I_{pre0} と表すと，基本モデルは式(1)で表される．

$$I_{pre0}/2 = a_1 (Mw'_1 - Mw_1)^2 + b_{1,k} X + c_{1,k} - \log(X + d_1 \cdot 10^{e_1 Mw'_1}) \pm \sigma_1 \quad \dots (1)$$

$$Mw'_1 = \min(Mw, Mw_{01})$$

ここで，Mwはモーメントマグニチュード，Xは断層最短距離[km]， a_1 ， $b_{1,k}$ ， $c_{1,k}$ ， d_1 ， e_1 は回帰係数， σ_1 はばらつき， Mw_1 は定数， Mw_{01} は振幅が飽和するモーメントマグニチュードである．また， k は地震のタイプ(I：地殻内地震，II：プレート間地震，III：プレート内地震)を表す．

3. 地盤増幅特性の考慮

式(1)は地盤条件を考慮しない基本モデルとなっている．MF2013式では，式(1)による予測値 I_{pre0} と観測値 I_{obs} の残差分析を適用して，深部地盤および浅部地盤による増幅効果を検討した上で，地盤条件を表す2種類のパラメータを追加的に導入している．深部地盤増幅については平均S波速度1400m/s相当の地盤の深さ D_1 ，浅部地盤増幅については表層30mの平均S波速度Vs30が採用された．

$$G_d (=I_{obs}/2 - I_{pre0}/2) = p_d \cdot \log[\max(D_{lmin}, D_1)/D_0] \quad \dots (2)$$

$$G_s (=I_{obs}/2 - I_{pre0}/2) = p_s \cdot \log[\min(V_{smax}, Vs30)/V_0] \quad \dots (3)$$

ここで， G_d ， G_s はそれぞれ深部・浅部による震度増分， I_{pre0} は深部地盤増幅特性により補正済みの予測震度， p_d ， p_s は回帰係数， D_1 は平均S波速度1400m/s相当の地盤の深さ[m]， $Vs30$ は表層30mの平均S波速度[m/s]である．また， D_{lmin} ， V_{smax} はそれぞれ D_1 の下限値[m]と $Vs30$ の上限値[m/s]， D_0 と V_0 はそれぞれ $G_d=0$ と $G_s=0$ を満たす時の値である．以上により深部・浅部地盤増幅特性を考慮した予測震度 I_{pre} は，式(1)～(3)を用いて次式で表される．

$$I_{pre} = I_{pre0} + 2G_d + 2G_s \quad \dots (4)$$

上記の式を用いて，日本全土の推定震度に関する地盤による震度増分マップを作成した．深部地盤による震度増分を図-1，浅部地盤による震度増分を図-2，それらを合わせたものを図-3に示す．

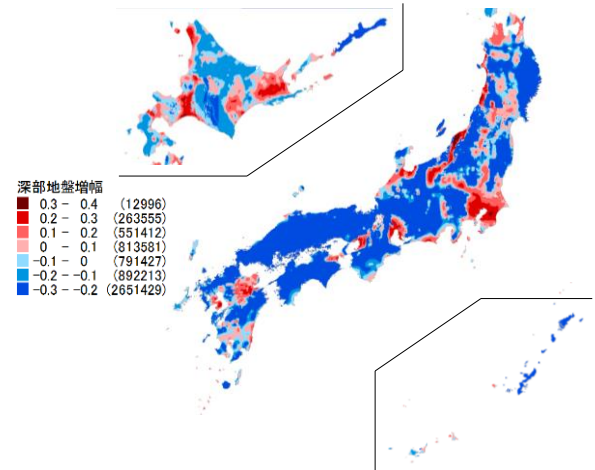


図-1 深部地盤による震度増分 $2G_d$

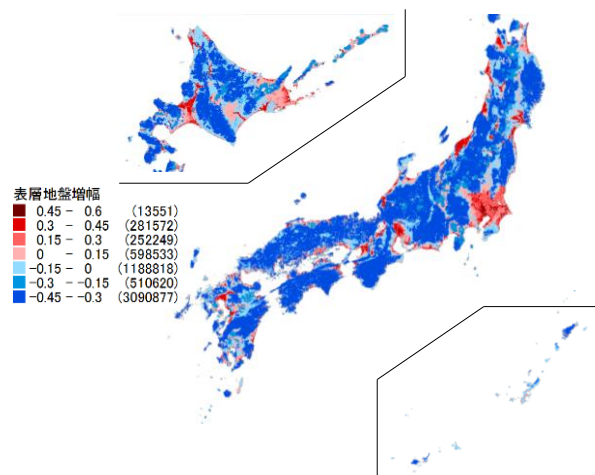


図-2 浅部地盤による震度増分 $2G_s$

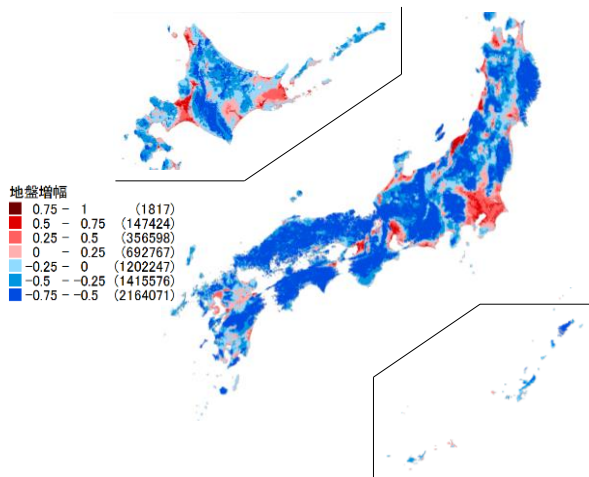


図-3 深部地盤および浅部地盤による震度増分 $2G_d+2G_s$

4. MF2013 式³⁾と司・翠川式¹⁾の比較

MF2013 式³⁾と司・翠川式¹⁾の基本的傾向を比較するため、プレート境界地震の設定で、 $M_w=6, 7, 8, 9$ とし、断層最短距離 1km~300km の範囲で推定震度を算出した結果を図-4 に示す。地盤増幅特性は考慮せず、前者は $V_s=350\text{m/s}$ 相当の地盤での評価値であり、後者については $V_s=600\text{m/s}$ から $V_s=400\text{m/s}$ 相当の地盤に変換した評価値である。図-4 から、いずれの M_w に関しても、震源のごく近傍では、司・翠川式¹⁾の推定震度がやや高いが、距離の増加に伴う減衰は強く、概ね 10~100km においては MF2013 式³⁾を下回る。ただし 100km を超える遠距離においては MF2013 式³⁾の距離減衰が強く、再び司・翠川式¹⁾が大きな震度を与えている。このように両式による距離減衰の傾向には違いがある。図-4 の MF2013 式³⁾の $M_w=9$ と $M_w=8$ のカーブがほぼ重なっているのは、 $M_{w01}=8.2$ での頭打ちによるものである。

次に、地盤増幅特性も含めた比較を行うため、内陸型活断層地震である立川断層帯による地震 ($M_w=6.8$) の地表面における推定震度を算出して図-5 に比較した。高震度領域では両者の差は小さいが、低震度領域では MF2013 式³⁾がやや低めの値を与えている。図-6 は MF2013 式³⁾による推定震度から司・翠川式¹⁾による推定震度を引いた差分のマップである。ここで見られる震度の違いには、図-4 で見たような距離減衰式そのものによる違いに加えて、地盤増幅特性に関する扱いの違いが表れている。特に MF2013 式³⁾では図-1 に示す深部地盤の増幅特性が反映されており、図-6 の震度差分に大きく影響していると考えられる。

5. 今後の課題

浅部地盤の増幅特性のメッシュデータは 250m メッシュであるのに対して、深部地盤のデータは 1km メッシュである。このため MF2013 式³⁾の空間解像度は 1km となっていることに注意が必要である。このため、深部地盤データの空間補間を行う必要がある。

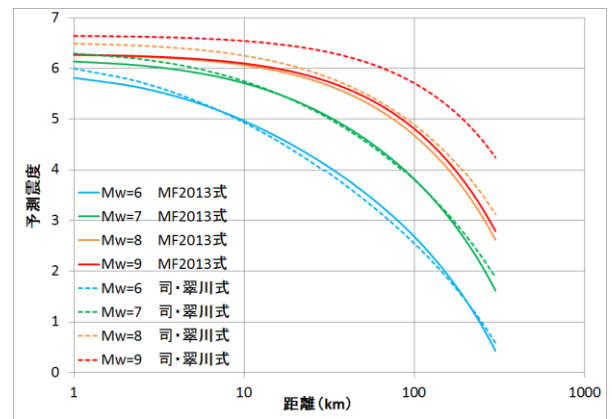


図-4 MF2013 式³⁾と司・翠川式¹⁾の推定震度 (地盤増幅考慮なし)

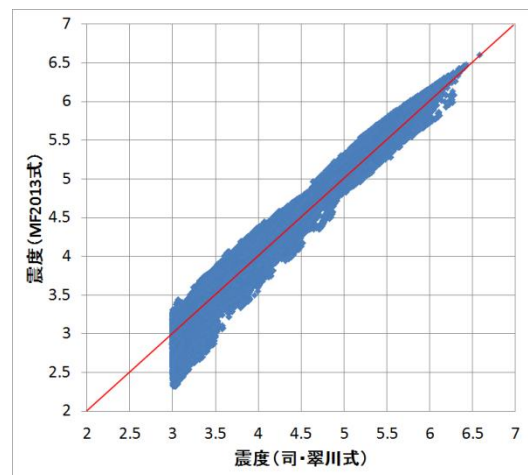


図-5 MF2013 式³⁾と司・翠川式¹⁾の推定震度 (立川断層帯)

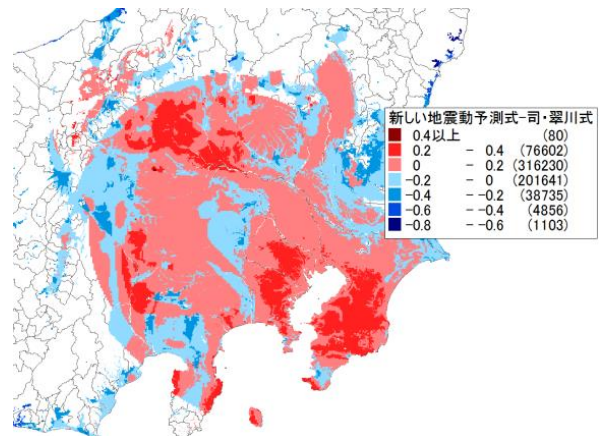


図-6 推定震度差 (MF2013 式³⁾-司・翠川式¹⁾) 立川断層帯

参考文献

- 1) 司 宏俊・翠川三郎：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，No.523，pp.63-70，1999.9.
- 2) 藤本一雄・翠川三郎：近年の強震記録に基づく地震動強さ指標による計測震度推定法，地域安全学会論文集，7，1-6，2005.
- 3) Morikawa, N. and Fujiwara, H.: A New Ground Motion Prediction Equation for Japan Applicable up to M9 Mega-Earthquake, Journal of Disaster Research, Vol.8, No.5, pp878-888, 2013.