

震央方位を考慮した距離減衰式の高精度化の試み

芝浦工業大学大学院 学生員 ○大貫 隆輔
 芝浦工業大学 正会員 紺野 克昭

1. はじめに

気象庁の緊急地震速報により、地震波の到来前に震度予測が可能となった。一般に、震度予測は距離減衰式と震度予測地点の増幅倍率の組み合わせで推定される¹⁾。距離減衰式は既往の式が用いられるが、これらは複数の地震、観測点のデータセットより統計的に得られているものである。予測地点の増幅倍率は、表層の平均S波速度から間接的に得られたものを使用する。以上の手順は、震度予測としての汎用性は高いが、予測地点の情報が十分に反映されていない可能性がある。本研究では震度予測地点で距離減衰式を構築し、更に、震央方位を考慮することを試みたので報告する。

2. 地震記録の概要

免震構造である豊洲校舎は、2005年7月に免震層上下および地盤上、内に14台、2010年3月以降に上部建屋、地盤上、内に19台の加速度型地震計が設置され、観測が行われている²⁾。本研究では基礎土(SGL-10.36m)の地震計101の地震記録を用いて距離減衰式を構築する。使用した地震の諸元は文献2)で公開している2011年11月5日から2019年1月18日の地震計112で震度2以上を計測した177個の地震である。図1に各年に観測した地震数を示す。2011年3月の東北地方太平洋沖地震以降の2~3年間は、地震は多かったが、近年は10個前後となっている。したがって、特定の地震計だけで距離減衰式を構築するには長期間の観測が必要であることを付け加えておく。

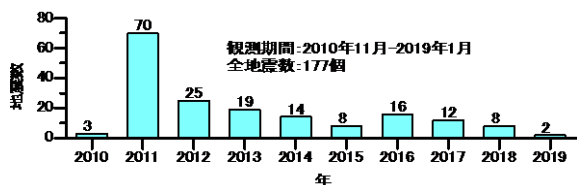


図1 豊洲で観測された震度2以上の地震

図2には解析に使用した地震の震源距離と計測震度の関係、図3には使用した地震の震央位置を震源深さ毎に示す。さらに北軸から右回りに45度毎で方位を8等分し、順に θ_1 、 θ_2 、・・・とし、方位毎の地震数も同

時に示す。なお図中の d_i 値は後述の距離減衰式の構築の際に算出された各方位における回帰係数である。図4には方位毎の震源深さを示す。

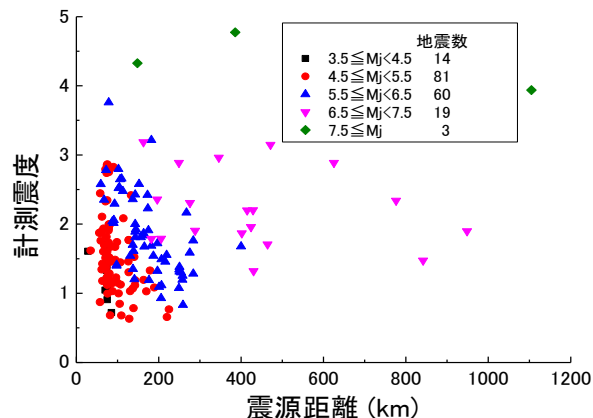


図2 使用した地震の震源距離と計測震度の関係

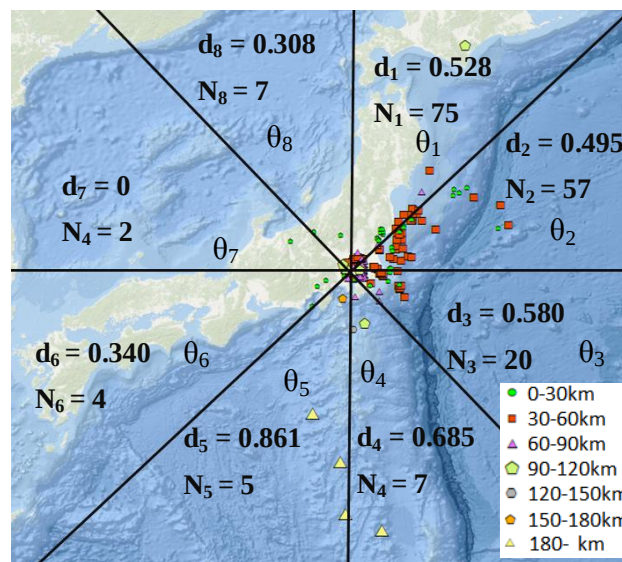
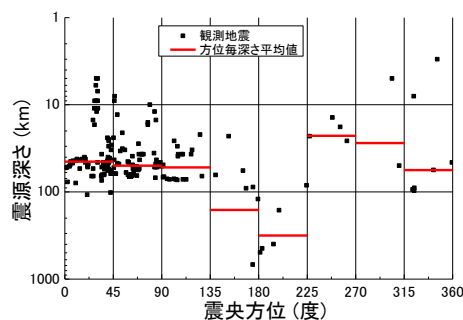
図3 地震の震央位置と各方位における d_i 値

図4 方位毎の震源深さ比較

キーワード 距離減衰式、計測震度、地震記録、震央方位、緊急地震速報

連絡先 〒135-8548 江東区豊洲 3-7-5, Tel 03-5859-8357 me18022@shibaura-it.ac.jp

3. 距離減衰式の構築

モデル式には松崎らの式³⁾と同じ関数形を用いた。
なお震源深さが100kmを超える地震に関してはすべて100kmとして計算した。回帰分析結果を以下に示す。

1) 震央方位を考慮しない場合

$$I = 0.950M_j - 2.29\log_{10}(X - 0.5L) + 0.0032h + 1.14 \pm 0.398 \quad (1)$$

ここで、

I:計測震度, M_j :気象庁マグニチュード, X:震源距離,

L:断層長さ $L = 10^{0.5M_j - 1.94}$ (km), h:震源深さ(km)である。

2) 震央方位を考慮した場合

$$I = 1.06M_j - 2.30\log_{10}(X - 0.5L) + 0.0088h - 0.200 + \sum_{i=1}^8 d_i \times D_i \pm 0.394 \quad (2)$$

震央方位を距離減衰式の新たなパラメータとするために本研究ではダミー変数を使用した。(2)式において、 D_i がダミー変数、 d_i は回帰係数である。以下では d_i を方位係数と呼ぶことにする。

式(1),(2)を用いて算出される推定震度と観測震度の関係を図5,6に示す。同図より震央方位を考慮しない場合、相関係数は0.817、考慮した場合には0.832となり、若干ながら向上した。

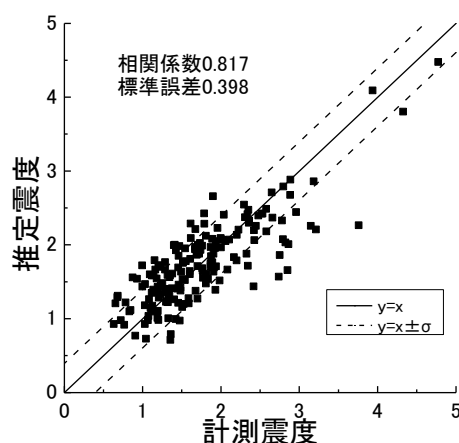


図5 観測震度と推定震度の関係(震央方位考慮無)

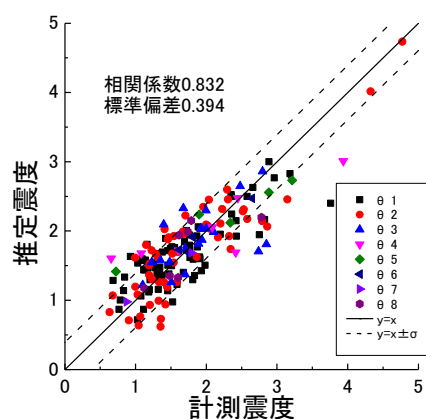


図6 観測震度と推定震度の関係(震央方位考慮有)

4. 方位係数と地下深部の減衰構造との関係

図7に各方位毎の平均震源深さ、 Q^{-1} 値、方位係数の値を示す。 Q^{-1} 値は方位毎に各地震の震央距離・震央方位・深さの平均値を算出し同位置における中村ら⁴⁾の Q^{-1} 値を引用した。本研究の回帰分析の結果では平均深さが深くなるだけ、方位係数の値が大きくなっていることから、日本国土の地盤の三次元減衰構造が影響していると考えられるが、 Q^{-1} 値との相関は見られなかった。

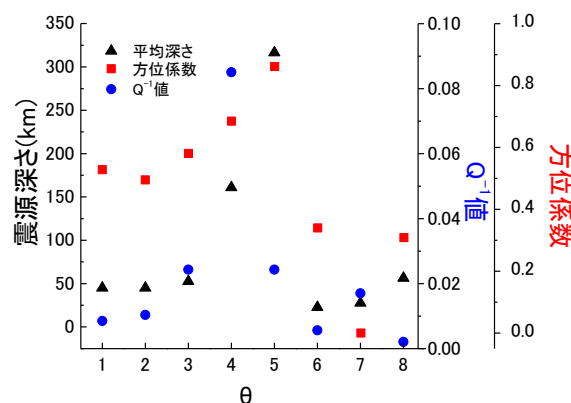


図7 方位毎の震源深さ平均値、 d_i 、 Q^{-1} 値の関係

5. まとめ

本研究では既往研究の距離減衰式に震央方位を新たなパラメータとして加えた場合の推定震度と計測震度の比較をおこなった。推定結果は震央方位を考慮していない場合と比較して若干ながら向上したが、大きな変化は無かった。本研究では試験的に真北から45度ごとに右回りで震央方位を区分したが、震央方位ごとに使用した地震数のデータの偏りが有ったことや、全データの数が177と非常に少なかったことなどが結果に大きな影響を与えたことが考えられる。また Q^{-1} 値と方位係数との比較を行ったが相関は見られなかったために、今後は地盤の三次元減衰構造を考慮した方位区分を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 気象庁火山本部:緊急地震速報の概要や処理手法に関する技術的参考資料,2016.
https://www.data.jma.go.jp/svd/eew/data/nc/katsuyou/refere_nce.pdf
- 2) 芝浦工業大学豊洲校舎(免震構造)における地震観測, <http://www.eq.db.shibaura-it.ac.jp/Mensin/index.shtml>
- 3) 松崎, 久田, 福島:断層近傍まで適用可能な距離減衰式の開発,日本建築学会論文集,第604号,2006
- 4) 中村,島崎,橋田:震度データトモグラフィによる日本列島下の三次元減衰構造および広域震度予測,地震,第2輯,47,1994