

I - B 428

距離減衰特性を考慮した地震動最大値指標の補間について

佐藤工業(株) 正会員 ○末富 岩雄

1. はじめに 近年, 地震時即時被害推定システムに関する研究が多く行われている。その中で, 大きな課題の1つは, 観測値を用いて地震計が設置されていない地点の揺れの大きさを推定する手法である。形状補間関数を用いる方法¹⁾や Kriging 法による方法²⁾が提案されているが, 空間を確率場として扱い, 震央から離れるにしたがって地震動は小さくなるというトレンド(距離減衰特性)は考慮されていない。観測点が多ければ結果的には反映されるが, 観測点間の距離が大きいくほど, 誤差が大きくなることが予想される。本研究では, 簡単なケーススタディに基づき, 距離減衰特性を考慮しない線形補間による誤差を評価し, 距離減衰特性を考慮した簡単な補間法を提案する。

2. 距離減衰特性を考慮する必要性

距離減衰特性を考慮しないことによる誤差を評価するために, 川島・他の式(1種地盤)³⁾

$$A_{max} = 1073 * 10^{0.221M} * (\Delta + 30)^{-1.251} \quad (1)$$

を用いて, 図-1に示すように2点 x_1, x_2 における観測値 A_1, A_2 を用いて2点間の任意の点 x における最大加速度を推定する。観測値 A_1, A_2 を式(1)により与え, 2点間を線形補間により推定した値と式(1)による値を比較する。線形補間による座標 x での最大加速度 $A(x)$ は次式で与えられる。

$$A(x) = \frac{(x-x_1)A_2 + (x_2-x)A_1}{x_2-x_1} \quad (2)$$

得られた結果を図-2に示す。震央に近い場合の方が誤差が大きく, また2点間の距離が長い方が誤差が大きい。この場合, 最大で誤差は1.25倍に達しており, 無視できない大きさである。

3. 距離減衰特性を考慮した補間法 図-3に示すように, 3点の観測値から推定対象地点における地震動最大値を補間により推定する場合, 以下の手順で簡単に距離減衰特性を考慮することができる。

- 1) 推定地点の震央(震源)距離 R_0 および観測点の震央(震源)距離 R_i ($i=1\sim3$) を算出する。
- 2) 次式により各観測点の値 $A_{obs, i}$ を震央(震源)距離 R_0 における値 $A_{cal, i}$ に補正し(トレンド成分を除去), 震央(震源)距離 R_0 におけるランダムな確率場を生成する。

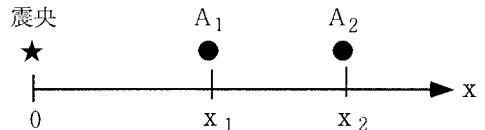


図-1 2点の観測値による線形補間

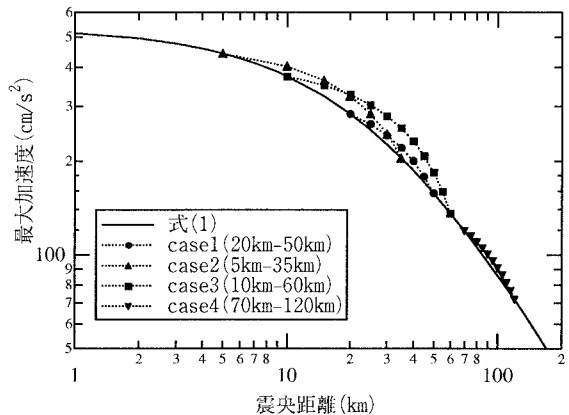


図-2 線形補間の精度

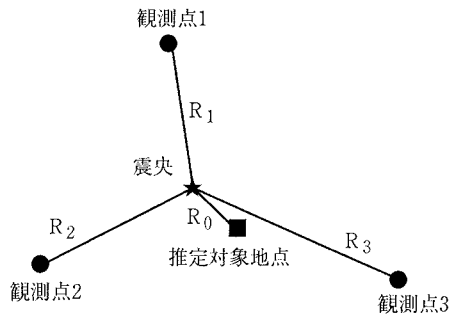


図-3 3点の観測値を用いた距離補正

キーワード: 地震防災, 補間法, 加速度分布, 距離減衰

連絡先: 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-20, TEL 03-3661-2298, FAX 03-3668-9481

$$A_{cal,i} = \frac{f(R_o)}{f(R_i)} A_{obs,i} \quad (3)$$

3)有限要素法で用いられる形状補間関数を用いる方法やKriging法等により、 $A_{cal,i}$ を用いて推定地点における値を推定する。

例として、1997年3月26日に鹿児島県北西部で発生した地震（M=6.3）において、K-NETの川内、宮之城、日吉、蒲生の4点での最大加速度を用いて、形状補間関数を用いた式(4)²⁾により任意地点の最大加速度を推定する。

$$A_{max}(\xi, \eta) = N_1(\xi, \eta)A_1 + N_2(\xi, \eta)A_2 + N_3(\xi, \eta)A_3 + N_4(\xi, \eta)A_4 \quad (4)$$

$$\text{ここに、} N_1(\xi, \eta) = 0.25(1-\xi)(1-\eta), \quad N_2(\xi, \eta) = 0.25(1+\xi)(1-\eta)$$

$$N_3(\xi, \eta) = 0.25(1+\xi)(1+\eta), \quad N_4(\xi, \eta) = 0.25(1-\xi)(1+\eta)$$

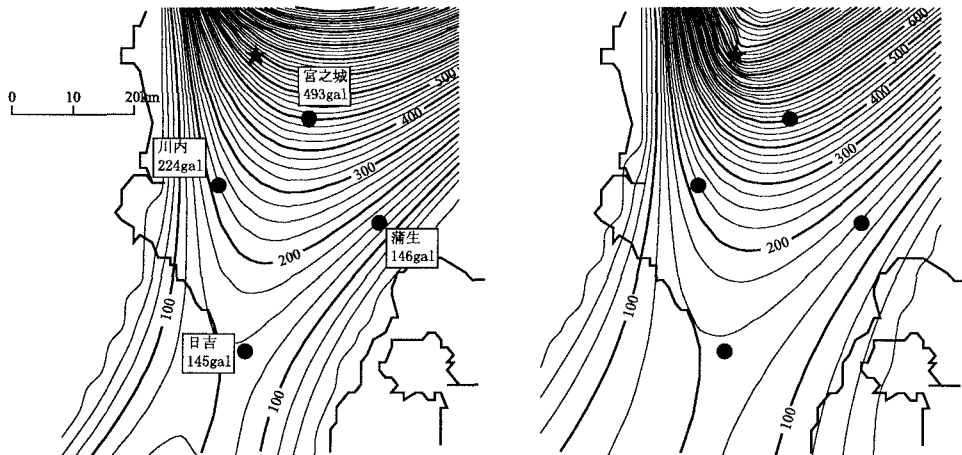
A_i (i=1~4) ; i番目の観測点における最大加速度値

従来の方法（距離減衰補正を行わない）と提案手法（上述の手順で距離減衰補正を行う：ここでは式(1)を用いる）により、観測点近傍の等高線図を作成した例を図-4に示す。震央近傍での等高線の形状は明らかに異なっており、4点の内側でも等高線の間隔等が異なっている。

本報では震源を点として扱ったが、佐藤ら⁴⁾が行ったように断層モデルのシミュレーションに基づく推定値を用いて観測値の補正を行えば高い精度が期待される。アスペリティ分布まで地震直後に推定することは困難と思われるが、余震分布等から断層面を推定することができれば、震源を断層面として扱い、断層からの最短距離や等価震源距離を用いることにより、断層近傍での距離減衰補正の精度を高めることができると思われる。また、本報では簡単のために地盤特性を考慮しなかったが、4点の地盤条件は大きく異なっており、実際の問題では地盤特性の評価の誤差の方が大きく、重要な問題である。

4. おわりに 簡単な距離減衰特性を考慮した地震動最大値指標の空間分布推定法を提案した。今後、実際の観測記録に対して提案手法を適用し、推定精度に関して検討を行う予定である。本研究では、科学技術庁防災科学技術研究所の強震ネット（K-NET）の記録を使用しました。記して感謝いたします。

参考文献 1)高田至郎・高谷富也・小川安雄・福井真二；モニタリングシステムにおける地震動補間法と精度の検証，構造工学論文集，Vol.40A，pp.1151~1160，1994年3月， 2)野田茂・星谷勝；条件付対数正規確率場の同定，第9回日本地震工学シンポジウム，pp.247~252，1994年12月， 3)川島一彦・他；最大地震動及び地震応答スペクトルの距離減衰式，土木研究所報告，第166号，pp.86~103，1985年， 4)佐藤忠信・北勝利・前田知就・山下典彦；兵庫県南部地震で発生した強震域での加速度応答スペクトルの推定，京都大学防災研究所年報，第39号，B-2，pp.1~14，1996年



(a)距離減衰補正なし (★：震央，●：観測点) (b)距離減衰補正あり

図-4 1997年3月26日に鹿児島県北西部で発生した地震（M=6.3）の最大加速度分布の推定例