

I-574 最大加速度推定式のばらつきについて

東電設計（株）正会員 安中 正
東京電力（株）正会員 加藤 保治

東京電力（株）正会員 竹内 信次
東京電力（株）正会員 須田 嘉彦

1. まえがき 最大加速度推定式は通常データに基づき設定されるが、それは平均的なものであり、実際のデータはそのまわりに分布している。地震危険度解析において最大加速度推定式は通常確定的なものではなくばらつきをもったものとして扱われる。そして、よく知られているように、ばらつきの大きさは解析結果にかなり影響する。図-1は Annaka and Nozawa のモデル¹⁾を用いた場合の計算結果であり、ばらつきが大きいほど超過確率は大きくなる。推定式のばらつき（残差）の原因は様々であるが、基本的には推定式で考慮されていない要因によるものと考えられる。現状の推定式で考慮できていない要因としては、震源での方位依存性、伝播経路の減衰の違い、地点近傍での増幅特性の違いなどが考えられる。ばらつきの分布形、ばらつきの大きさの地点による変化、地点特性に関係したばらつきの大きさについて検討し、全体のばらつきの中で地点特性に関係したばらつきが占める割合を推定した。

2. 残差 ($\log O - \log C$) の分布 検討に用いたデータは安中・他²⁾と同じであり、用いた推定式もその中で提案した下記の式である。

$$\log A = 0.614M + 0.00501H - 2.023\log D + 1.377$$

$$D = \sqrt{\Delta^2 + 0.45H^2} + 0.220\exp(0.699M)$$

ここで、 Δ は震央距離(km)、 H は震源深さ(km)、 M はマグニチュードである。全データに対する残差の分布を図-2に示す。残差は基本的に対数正規分布していると考えられる。どの程度まで対数正規分布に一致しているかを調べるために、各データの標準偏差に対する倍率とデータの大きさの順番から対数正規分布により期待される位置の関係を図-3に示す。データが対数正規分布をしている場合には図中に示した直線上にのる。大きい方へ大きくはずれている2つの地震を除くと直線からのずれはそれほど大きなものではない。データ数からの限界である $\pm 3.0\sigma$ (σ は標準偏差)の範囲では対数正規分布がほぼ成立していると考えられる。

地点によるばらつきの大きさの違いを検討するためにデータ数が20以上の19地点に対して地点毎に標準偏差を求めた。標準偏差の頻度分布を図-4に示す。標準偏差はほぼ0.15～0.30の範囲に分布している。S波速度が大きい基盤の上に表層が

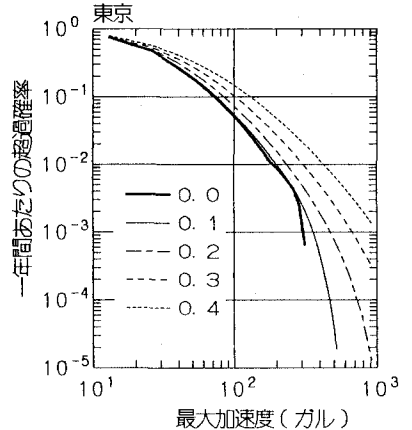


図-1 ばらつきの大きさによるハザード曲線の変化

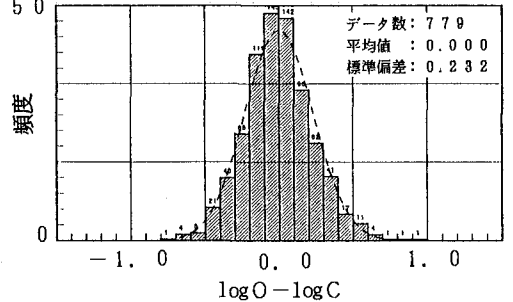


図-2 残差 ($\log O - \log C$) の頻度分布

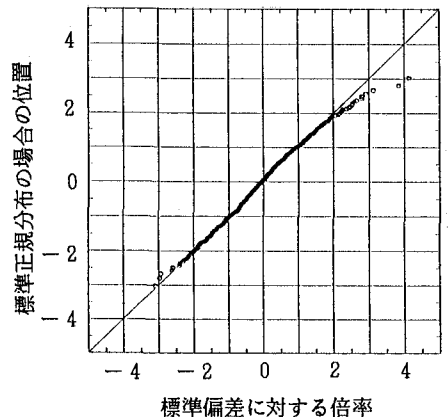


図-3 正規確率紙へのプロット

存在し、表層地盤による増幅率が大きい山地側の地点の標準偏差が大きく、表層地盤の厚い東京湾岸地点が小さい傾向がある。

3. 地点特性に関するばらつきの分離 近接した2地点の残差について考えると、震源から地点近傍までの経路はほぼ共通しており、その間のばらつきは2地点で共通していると考えられる。従って、2地点の残差の差をとると共通している部分はキャンセルされ、残るのは各地点の地点特性に関するばらつきが合成されたものと考えられる。2地点の地点特性に関するばらつきが独立と仮定すると下記の式が成立する。

$$\sigma_{A-B}^2 = \sigma_A^2 + \sigma_B^2$$

ここで、 σ_{A-B} は2地点の残差の差の標準偏差、 σ_A と σ_B は地点A及び地点Bの地点特性に関するばらつきの標準偏差である。また、地点特性に関するばらつきと他の原因によるばらつきが独立と仮定すれば各地点の全体的なばらつきに関して次の式が成立する。

$$\sigma_t^2 = \sigma_1^2 + \sigma_2^2$$

ここで、 σ_t 、 σ_1 、 σ_2 はそれぞれ全体、地点特性、地点特性以外に関するばらつきの標準偏差である。

上記の考え方を適用すれば、地点特性に関するばらつきと他の原因によるばらつきを分離することができる。近接した2地点の残差の関係を図-5に示す。地点AとBの距離は9km、CとDの距離は5kmである。2地点の残差の間にはかなり明瞭な相関が存在しており、2地点間の残差の差の標準偏差は各地点の標準偏差に比べかなり小さくなる。このような関係を多数の地点間で決定し、最小2乗法により各地点の地点特性に関するばらつきの大きさを決定した。地点特性に関するばらつきの大きさの頻度分布を図-6に示す。平均的にみると σ_1 は約0.10である。 σ_2 の平均は約0.15であり、 σ_1 に比べ大きい。全体のばらつきの中で地点特性に関するばらつきの占める割合はあまり大きくない。

4. あとがき 最大加速度推定式のばらつき（残差）に関する検討から、ばらつきの分布は対数正規分布でかなりよく近似できること、地点間のばらつきの大きさの違いは0.15～0.30程度であること、地点特性に関するばらつきの大きさは0.10程度であり、他の原因によるばらつきの大きさよりも小さい傾向があることを示した。

文献 1) Annaka and Nozawa(1988)9WCCE, II, 107-112.

2) 安中・他(1990)土木学会第45回年次学術講演会, I, 1072-1073.

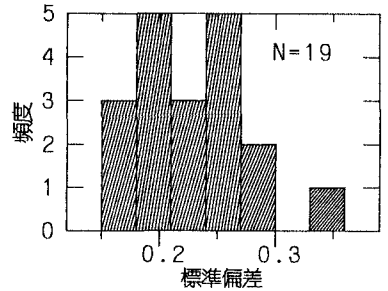


図-4 各観測点の標準偏差の頻度分布

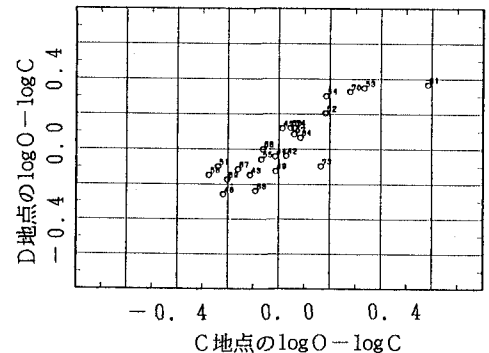
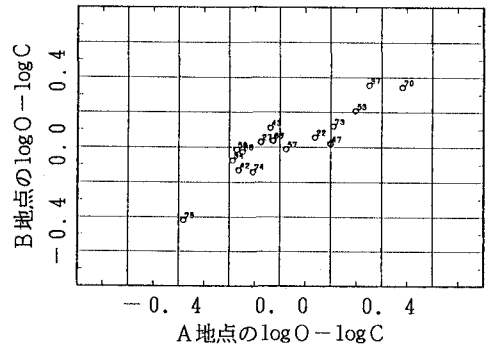


図-5 近接した2地点の残差の関係

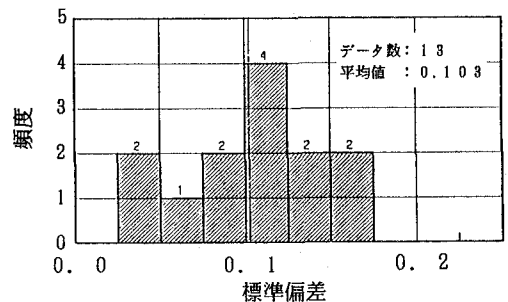


図-6 地点特性に関するばらつきの標準偏差の頻度分布