

シナリオ型地震動推定における不確定性に関する基礎的検討

岐阜大学工学部

○酒井 陽

岐阜大学工学部 正会員

能島暢呂

岐阜大学流域圏科学研究センター 正会員

杉戸真太

岐阜大学流域圏科学研究センター 正会員

久世益充

1. はじめに

平成 17 年 3 月, 地震調査研究推進本部 (以下「推本」) により「全国を概観した地震動予測地図」が公表された¹⁾. この地図は, 「確率論的地震動予測地図」(確率論的地震ハザード評価) と「震源断層を特定した地震動予測地図」(シナリオ型地震動評価) の 2 種類の地図で構成されている. しかしそれを受けて, 予測精度の向上や, 地震防災面での有効活用方法などの新たな課題も指摘されており, より高精度で実用的な地震動予測地図の作成が求められている.

本研究では, シナリオ型地震動推定におけるさまざまな不確定性を検討する事によって精度を高め, 更には距離減衰式のばらつきを常に一定とする確率論的地震ハザード評価の高度化を図る事を目的としたものである.

2. シナリオ型地震動評価における不確定要因

2.1 検討の意義

詳細な地震動予測手法に基づいてシナリオ型地震動評価を行う場合, 限定的な条件下での個々のシミュレーション結果の精度向上が期待される. 異なる条件下での予測結果は, 大きなばらつきを示すことになるが, 将来発生する地震動予測を行う上で, そのばらつきの定量的評価は不可欠である.

確率論的地震ハザード評価の高度化を図るには, 地震動分布の物理的背景を考慮し, 地震動の空間的変動特性や空間的相関性について検討する必要がある. 本研究ではまず, シナリオ型地震動推定における地震動評価の詳細法を用いて, 地震動分布の空間特性に及ぼす様々な不確定要因の影響を明らかにし, それに基づき, 確率論的地震ハザード評価において, シナリオ型地震動評価による地震動分布の予測結果を活用するための基礎的検討を行う.

2.2 震源パラメータの条件設定

本研究では, 岐阜県北部の国府断層帯 (長さ約 27km) を対象とした. 効率的にばらつきを評価するために, アスペリティの平均滑り量・アスペリティの位置・震源位置・破壊伝播速度の 4 因子を考え, それぞれ 5 水準を設定した (表 1, 図 1). 4 因子 5 水準の全ての組み合わせを考えると $5^4 = 625$ 通りとなるが, 広域 (対象地点: 数千~数万) を対象とした地震動シミュレーションを行う場合, シミュレーション時間がきわめて長く実行可能性が乏しい. そこで, 実験計画法のグレコ・ラテン方格法を適用してシミュレーションの効率化を図ることで, 試行回数を 25 回にした. まず, そ

の震源パラメータ設定のもとで地震動シミュレーションを実施し, 25 ケースの震度分布と, それらの平均震度分布, 標準偏差分布を求める. さらに震度分布の空間的変動の相関性を示す相関係数マップ, および標準偏差への 4 因子の影響度を求める. なお, 地震動予測手法については, EMPR²⁾ モデル (非正常スペクトル合成法) を用いた.

表 1 因子・水準の組み合わせ (4 因子 5 水準)

因子\水準	1	2	3	4	5
アスペリティの平均滑り量 (cm)	94.5	114.8	135.0	155.3	175.5
アスペリティの位置	(a) 左上	(b) 左下	(c) 中央	(d) 右上	(e) 右下
震源位置	右上	右下	中央	左下	左上
破壊伝播速度 (km/s)	2.20	2.35	2.50	2.65	2.80

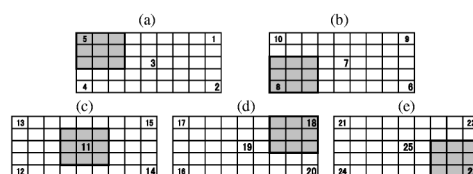


図 1 アスペリティの位置 (ハッチ部) と震源位置 (数字)

2.3 設定条件の相違による地震動分布の変動

(1) 震度分布の平均値と標準偏差

図 2 は, 25 ケースの地震動シミュレーション結果に基づく平均震度分布と標準偏差分布である. 平均震度分布は断層からの距離減衰特性を明確に反映した結果となっている. 一方, 標準偏差分布をみると, 断層の両端付近から断層走向に沿って大きな値が分布している. すなわち, 距離減衰特性のばらつきは空間的に一様ではなく, 断層との相対的な位置関係に強く依存することがわかる.

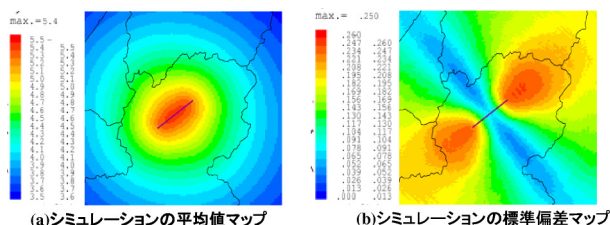


図 2 震度の平均値と標準偏差の分布

(2) 各因子が震度分布の変動に与える影響

地震動予測を行う際のパラメータには, 表 1 に示すようなアスペリティの平均滑り量・アスペリティの位置の設定など, 不確定性を多く含んでいる. そのため, 条件を変化させたパラメータのケーススタディを行い,

どの因子が地震動に影響を及ぼすかを知る事は、将来的にパラメータ設定を行う際に非常に重要である。本研究ではグレコ・ラテン方格法による分散分析を行う事により、各因子の影響度を算出した。

図3に各因子が地震動の空間変動に与える相対的な影響度(全分散に対する因子の分散の寄与率)を示す。この結果より「震源位置」が広域で最大の影響度を示している。その主要因としては、断層の破壊進行方向に強い震度の分布が偏る傾向を示す指向性(ディレクティビティ)効果が考えられる。なお、シミュレーションを行う際に対象とした断層の長さがさらに長いものであった場合は、「アスペリティの位置」がより大きく影響したものと推測できる。また、断層直交方向に沿って影響度が弱まっているが、これはディレクティビティの影響を受けない領域であるためと考えられる。

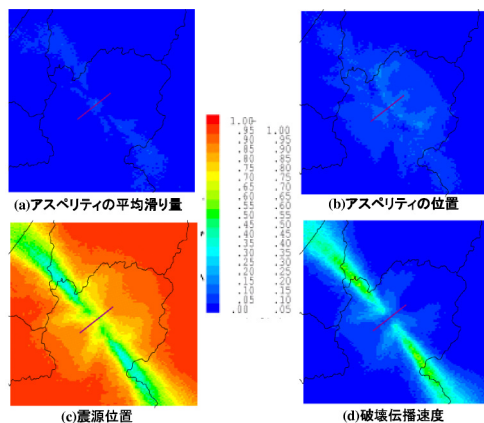


図3 空間変動に対する各因子の影響度

3. 震度分布の空間的相関関係

確率論的地震ハザード評価では、地震動強さの評価に距離減衰式を用い、そのばらつきを空間的に一様かつ完全相関として扱っている。震度分布の空間的相関関係を検討することは、より高精度で実用的な地震動予測を行う上で必要不可欠である。この章では、震度分布の空間的相関関係とばらつきの検討をする。

3.1 着目地点による相関の違い

まず始めに空間的な相関関係について検討する。図4は、特定の着目地点(図中の○印)とその他の地点との間の相関係数を示したものである。(a)では、断層直交方向を境に相関の正負が完全に分離している。つまり、着目地点を含む南西側の領域では、震度の大小が完全相関に近く、北東側では強い負相関を示す。一方(b)では、着目地点に近い距離の範囲では相関が強く、遠くなるにつれてほぼ無相関となる。このように、パラメータの設定条件の相違による地震動分布の変動は、着目地点と断層との相対的な位置関係、さらには、地点間の相対的な位置関係に強く依存することが明らかとなった。

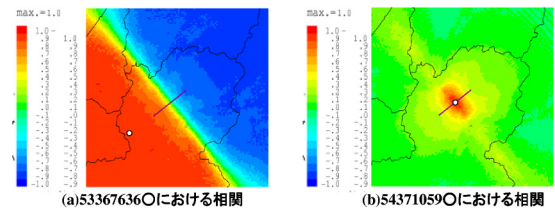


図4 相関係数の分布

3.2 各ケースの震度分布の平均震度からの差

各地点における25ケースの震度と、当該地点における平均震度との差を算出し、各ケースの震度分布の空間的なばらつきについて具体的に検討する。

図5は、特徴的な2ケースを示したものである。(a)では、ディレクティビティの影響が見られ、断層直交方向を境に正と負の値に分離している。一方、(b)では、アスペリティ近傍の領域とディレクティビティ効果が現れる領域が重なるため、きわめて高い震度レベルとなっている。ちなみに、このような25ケースの偏差の2乗和平方根をとったものが図2(b)の標準偏差であり、2地点における相関係数を面的に示したものが図4である。

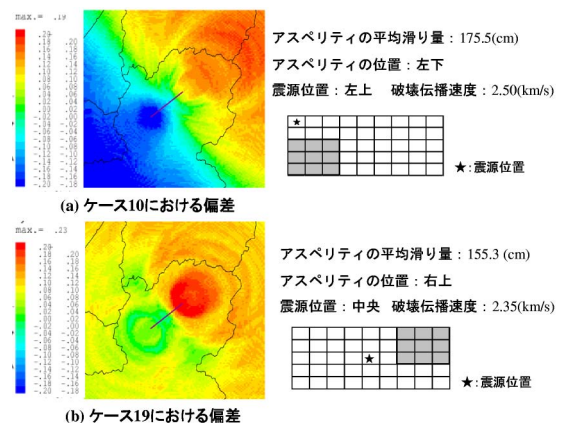


図5 平均震度(図2(a))からの各ケースの偏差

4. まとめ

本研究では、設定条件の相違による地震動分布の変動とその影響因子、および、地震動分布の空間的な相関関係について検討した。その結果、(1) 震度が示すばらつきは空間的に一様ではなく、主としてディレクティビティに起因する不均質な空間変動特性が認められること、(2) 震度分布の空間的相関関係は、位置依存性が非常に強く、完全相関として扱うことが不適切であることが分かった。今後、確率論的地震ハザード評価の高度化と、さらには高精度な地震動予測地図の作成を目標として検討を進める方針である。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部ホームページ:「全国を概観した地震動予測地図」報告書, <http://www.jishin.go.jp/main/>, 2005.3.23
- 2) Sugito, M., Furumoto, Y. and Sugiyama, T.: Strong Motion Prediction on Rock Surface by Superposed Evolutionary Spectra, 12th World Conference on Earthquake Engineering, 2111/4/A, CD-ROM, 2001.