

地震動分布の多様性を網羅するための予測シナリオの設定方法

岐阜大学大学院・日本学術振興会 学生会員 ○高橋 幸宏
 岐阜大学 正会員 能島 暢呂
 鳥取大学 正会員 香川 敬生
 岐阜大学 非会員 片山 大修

1. 目的

任意の活断層が引き起こしうる地震を想定する際には、例えば、断層モデルの標準的な設定基準である「強震動予測のレシピ」(以下、レシピ)に基づき断層パラメータ(以下、予測シナリオ)が設定され、その地震動分布が予測される。しかし、レシピによって設定される限定的な予測シナリオでは、多様な地震動分布の可能性をカバーしきれていない。そこで本研究では、レシピにおける予測シナリオの設定条件を拡張し、地震動分布の多様性を網羅することを目的とする。まず、レシピの設定条件にばらつきを与えて生成された600ケースの横ずれ断層の予測シナリオを対象に空間特性の多様性を可視化する。次に、レシピに準拠および拡張した予測シナリオ(以下、レシピケースおよび拡張ケース)によって、600ケースが示す多様性を効率的に表現することを試みる。

2. 地震動分布の多様性の可視化

まず600ケースの地震動分布をモード分解し、地震動分布の空間特性を反映した「モード形状」と、各ケースの特徴を表す「主成分得点」を抽出する²⁾。次に、主成分得点を特徴ベクトルとして扱い、特徴ベクトル間のユークリッド距離に基づく非類似度行列に非階層的クラスター分析(k-means法)を適用し、ケースごとのモード間の関係性を明確化し、地震動分布の特徴と多様性を把握する。

本稿では、最大速度分布の分析結果を示す。図-1(a)は、モード2,3の主成分得点を軸にとり、クラスター分析(分割数 $k=60$)の結果をプロットしたものである。図中の数字は各クラスターの中心(以下、中心ケース)の位置を示している。ここで、モード2は「全域での地震動の一様な変動とバイラテラルな破壊進展」を表し、モード3は「南北での地震動強さの違い(ユニラテラルな破壊進展)」を表しており、これらのモードによって地震動分布の特徴が規定されている²⁾。図-1(b)は、図-1(a)の60クラスターのうち外周付近に位置する7つ(赤丸)と中心付近の1つ(青丸)で示した計8クラスターに属する全ケースの主成分得点を示したものである。いずれのクラスターも類似した傾向のケースが分類されていることがわかる。図-1(c)に中心ケースの地震動分布を示す。各ケースの地震動分布は、モード2,3の値に対応した分布傾向が見られる。これより、多数ケースが示す地震動分布の空間特性の多様性を可視化することができた。

3. 「強震動予測のレシピ」に基づく予測シナリオと拡張ケースによる空間特性の多様化

(1) レシピケース

600ケースの地震動分布は、レシピの設定値とその周辺値で想定される多様な地震動分布を網羅していると想定

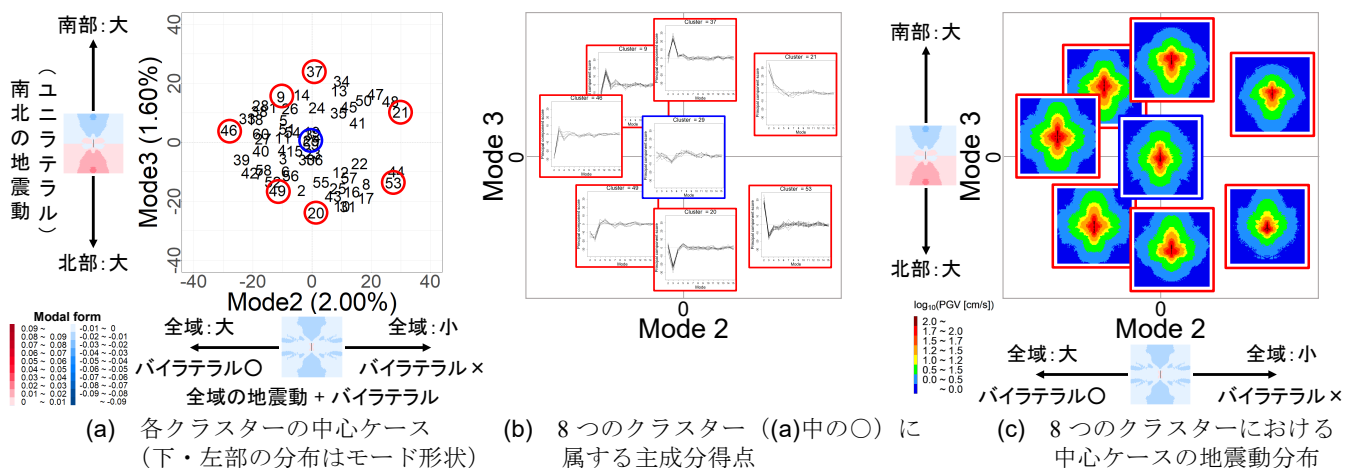


図-1 600ケースの地震動分布のクラスター分析結果

する。まず、レシピに準拠した予測シナリオ（図-2のR1～R4：赤色）を想定し、その地震動分布（図-3(a)）を図-4(a)にプロットした。レシピケースでは、モード2の値は全て0付近であり、モード3の値は絶対値が大きいかつ正負に分かれている。これは、R1～R4における全域での地震動強度レベル（モード2）が平均的であり、これらの地震動分布がユニラテラルな破壊進展による影響（モード3）を反映していることを示している。これより、レシピケースが表す空間特性が平均的かつ限定的であり、モード2の広がり十分に表現できていないといえる。

(2) 破壊開始点の水平位置を拡張したモデル

次に、レシピの設定条件を多様化させ、レシピケースでは表現しきれなかったモード2の多様性を拡張することを試みる。図-2に示すように、R1～R4ではアスペリティ底辺の断層端部側に破壊開始点が設置されているのに対し、ここでは破壊開始点の水平位置を拡張したケース（H1～H4：緑色）として、断層中央側に破壊開始点を設定したモデルを想定する。この地震動分布を図-3(b)に示し、600ケースおよびレシピケースとの相対的な関係性を図-4(a)に示す。H1～H4の地震動分布にはバイラテラルな破壊進展の影響が現れており、R1～R4と合わせることでモード2の多様性を拡張できた。

(3) レシピ・拡張ケースによる空間特性の多様性

最後に、地震動レベルの面での拡張を試みる。R1～R4とH1、H4に対して地震モーメントと破壊伝播速度の値を標準値より大小にそれぞれ拡張したケースについて検討した。図-4(a)にこれらの拡張ケースを加えた、計36ケースの地震動分布（レシピ：4ケース、拡張：32ケース）を図-4(b)にプロットした。地震モーメント（M：図中のオレンジ色）と破壊伝播速度（V：青色）の拡張ケースによって、600ケースにおけるモード2,3の広がりをより再現できた。さらに、「破壊開始点の拡張パターン」と「破壊伝播速度の値を大きくした拡張パターン」とを組み合わせた拡張ケース（V(L)H：紫色）は、全域の地震動レベルが大きく、バイラテラルな破壊進展を反映した地震動分布であり、モード2の空間特性を顕著に反映している。これより、複数の震源パラメータを組み合わせることで、効率的に空間特性の多様性を表現できることがわかる。

4. 今後の予定

レシピ・拡張ケースにより600ケースの多様性を効率的に表現できた。一方で、モード2が正值の場合やモード2,3の値がともに0である場合など、一部表現しきれない地震動の空間特性がある。今後、アスペリティの配置条件など、レシピの拡張方法について検討を進める。また、多様な予測シナリオを設定する際に有効なサンプリング手法であるラテン超方格法（LHS）を用いて予測シナリオを作成し、空間特性の多様性を効率的に網羅するために必要なケース数を判断する方針である。

参考文献

- 1) 香川敬生：多数の断層破壊シナリオによる強震動周期特性の空間分布，日本地震工学会論文集，Vol.15，No.70，pp.90-99，2015.
- 2) 高橋幸宏，能島暢呂，香川敬生：地震動分布のモード分解と機械学習による周期・成分別の空間特性の分析，土木学会論文集A1(構造・地震工学)，Vol.78，No.4，pp.I_478-I_493，2022.

