

P19. 断層プロセスゾーンを考慮した断層運動シミュレーションによる活断層の連動性 - 中国地方西部を例に -

Successive Movement of Active Faults by the Fault Motion Simulation Incorporating a Fault Process Zone
: Case Study of the Western Chugoku District of Southwestern Japan.

○山口祐貴子, 金折裕司 (山口大学)
Yukiko Yamaguchi, Yuji Kanaori

1. はじめに

中国地方西部の活断層分布を図-1に示す. 中国地方西部には, 西から菊川断層帯, 大原湖-弥敷山西断層系, 岩国-上根断層系が分布している¹⁾. 菊川断層帯はNW-SE方向に延び, 左横ずれの運動センスを示す. 一方, 大原湖-弥敷山西断層系と岩国-上根断層系はNE-SW方向に延び, 右横ずれの運動センスを示す.

山口県中部から島根県西部にかけて, NE-SW方向に震央が帯状配列する山口-出雲地震帯が分布している³⁾. 山口県で発生した3つの被害地震, すなわち1987年山口県中部の地震(Mj5.2), 1991年周防灘の地震(Mj6.0), 1997年山口県北部の地震(Mj6.6)は, 山口-出雲地震帯に含まれ, この地震帯沿いの地域は歪速度が速いことが指摘されている. 大原湖-弥敷山西断層系を構成する活断層群は, この山口-出雲地震帯の南西部に沿って分布していることから, 地震活動と関連している可能性が指摘される.

本研究では, まず, 有限要素法を用いた二次元断層運動シミュレーションにより起震断層の定義⁴⁾を調べ, この定義がシミュレーションに適応できるか否かを検討する.

次に, 中国地方西部に実在する活断層群を対象として断層運動シミュレーションを行い, 断層運動に伴う変位量および震度分布を求める. その結果から, 活断層の連動性を考察する.

本研究では, 断層プロセスゾーンの存在を組み込み⁵⁾, 有限要素法を用いた断層運動シミュレーション・プログラム⁶⁾を使用した.

2. シミュレーションでの断層プロセスゾーン

有限要素法を用いた二次元断層運動解析によって地震動を解析する手法では, 断層及びその近傍地盤を有限要素法によりモデル化して, 断層の破壊現象のシミュレーションを行う. 同時に, 任意の地点における地震動を予測することができる. シミュレーションでは, 断層面上の応力-すべり関係を与え, 各節点の加速度, 速度, 変位などが解析結果として得られる⁶⁾. このプログラムを使って, 地震発生に伴う地盤変位と震度を求め, 活断層の連動性を検討する.

断層周辺には断層の形成や活動に関わって形成されたプロセスゾーンが存在する⁷⁾. プロセスゾーンの

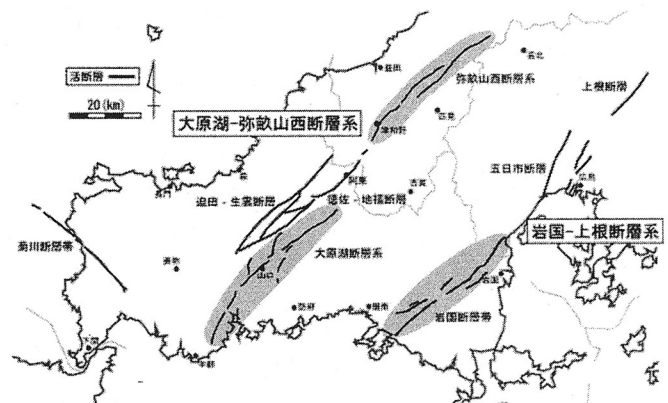


図-1. 中国地方西部の活断層分布
(上根断層, 五日市断層は地震調査研究推進本部²⁾,
その他の活断層は金折・遠田³⁾に基づく)

片側幅は断層長さの約1/100であるとされており, 微細な割れ目が無数に含まれるため, その剛性は母岩よりも低下していることが想定される. この研究では, プロセスゾーンを地盤モデルに組み込み, シミュレーションを行った. シミュレーションの条件はメッシュのサイズを200m, 岩盤のS波速度を3500m/sとし, プロセスゾーンのS波速度を2500m/s, 応力降下量は5MPaと仮定した.

3. 起震断層の5kmルールの検討

起震断層は, 次の4つの5kmルールによって定義されている⁴⁾. すなわち, (1)周辺5km以内に他の活断層のない孤立した長さ10km以上の断層, (2)互いに相互関係が5km以内であるほぼ同じ走向の断層群, (3)断層線の中心の位置が主断層から5km以上離れている走向を異にする断層, (4)走向方向に5km以内の分布間隙をもって, ほぼ一緒に並ぶほぼ同じ走向の複数の断層, である.

本研究では上記4つの定義によって活断層の分布をモデル化し, シミュレーションを行った. 図-2に示すように断層に直交する方向の距離(Dn), 平行な方向の距離(Dp)の値を変えて各ケースのシミュレーションを行った.

定義(2)のシミュレーション結果の一例を図-2に示す. 変位図に基づくと, 断層がオーバーステップしている場合, Dn=2.2では連動して破壊は起こらないの

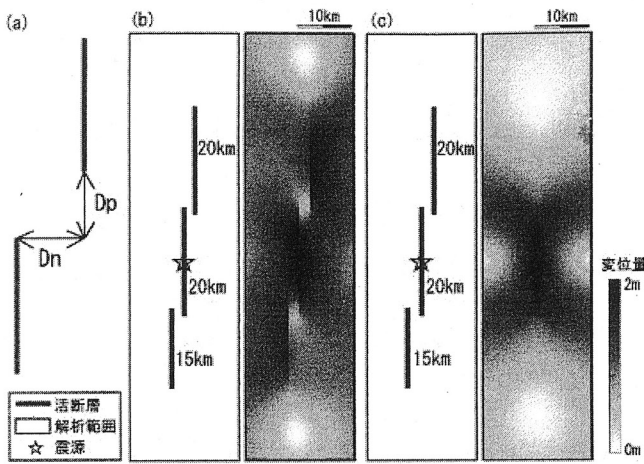


図-2. 定義(2)の断層モデルと変位図

(a)断層モデル, (b) $D_p=-1.0\text{km}, D_n=2.0\text{km}$ のケースの変位量, (c) $D_p=-1.0\text{km}, D_n=2.2\text{km}$ のケースの変位量

に対して, $D_n=2.0$ では連動したことがわかる.

断層運動シミュレーションの結果では4つの定義のうち, (1)は定義を満足したが, (2), (3)および(4)は定義と異なった. そこで, 断層間が何 km 以内になると連動して破壊が発生するのかが計算した. オーバーステップまたはステップした断層では距離を 2.0km まで近づけると連動した. 一方, ほぼ一列に並ぶ同走向の断層の場合, 断層間距離を 7km 離しても連動することがわかった.

以上の結果より, 5km 以内の分布間隔をもつ全ての活断層が起震断層といえないことがわかった. このことから, 地域防災のための被害想定をするには, 対象とする起震断層に属する各活断層が一連のもので同時に活動するのか, 性格が異なり別々に活動するかについて, 個々に検討することが必要である.

4. 岩国断層帯の断層運動シミュレーション

岩国断層帯を構成する6つの活断層を対象とした断層運動シミュレーションを行い, 活断層の連動性を検討した. 解析範囲と対象となる活断層を図-3に示す.

1) 大竹断層を起震断層とし, レシーバ断層をそれぞれ小畑断層(ケースI), 岩国断層(ケースII), 熊毛

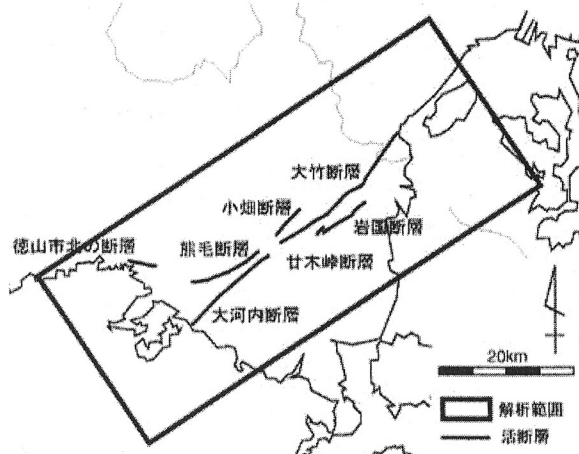


図-3. 岩国断層帯のシミュレーションモデル

断層(ケースIII), 大河内断層(ケースIV)および熊毛断層と大河内断層(ケースV)とした5ケースのシミュレーションを行った. ケースI, IIは, 破壊は連動しなかった. 一方, ケースIII, IVおよびVでは, レシーバ断層に沿って変位が認められ, 連動したことがわかる.

2) 熊毛断層(ケースVI)と大河内断層(ケースVII)を起震断層とし, レシーバ断層を徳山市北の断層とした場合のシミュレーションを行った. その結果, これら2つの断層で地震が発生した場合, 徳山市北の断層へ破壊は伝播せず, 連動しなかった.

5. 弥岐山西断層系の断層運動シミュレーション

弥岐山西断層系の活断層を対象とした断層運動シミュレーションを行った. 解析範囲は $28\text{km} \times 84\text{km}$ であり, 現在計算中である.

6. まとめ

①断層運動シミュレーションの結果では起震断層の定義の4つのうち, (1)は定義を満足したが, (2), (3)および(4)は定義と異なった.

②岩国断層帯の二次元断層運動シミュレーションの結果より, 大竹断層で破壊が発生した場合, 小畑断層と岩国断層へは伝播せず, 熊毛断層と大河内断層へ破壊が伝播することがわかった. 次に熊毛断層と大河内断層で地震が発生した場合を調べると, 南西に分布する徳山市北の断層へ破壊が伝播しないことがわかった.

③弥岐山西断層系の活断層を対象とした断層運動シミュレーションの結果については, 発表に反映させる.

文献

- 1) Kanaori, Y. (1997): Seismic risk assessment of active fault system in the western Chugoku district of southwestern Japan. *Jour. Nat. Disas. Sci.*, Vol.9, pp.9-29.
- 2) 地震調査研究推進本部(2004): 五日市断層帯の長期評価について. <http://www.jishin.go.jp/main/>
- 3) 松田時彦(1990): 最大地震規模による日本列島の地震分帯図. 地震研究所集報, Vol.65, pp.289-319.
- 4) 金折裕司・遠田晋次(2007): 中国地方西部に認められるプレート内山口-出雲地震帯の成因と地震活動. 自然災害科学, Vol.25, pp.507-523.
- 5) 照屋京子(2008): 断層運動シミュレーションと応力変化の解析: 山口県中部の活断層系. 山口大学大学院理工学研究科修士論文, 80p.
- 6) Toki, T. and Miura, F. (1985): Simulation of a fault rupture mechanism by a two-dimensional finite element method. *Journal of Physics of the Earth*, Vol.33, pp.485-511.
- 7) Vermilye, J. M. and Scholz, C. H. (1998): The process zone: A microstructural view of fault growth. *Journal of Geophysical Research*, Vvol.103, pp.12223-12237.