

断層セグメントの多重破壊とスケーリング則

Contradiction and consistency between multiple-segment ruptures and fault scaling laws

遠田 晋次[1]

Shinji Toda[1]

[1] 産総研 活断層研究センター

[1] Active Fault Research Center, GSJ/AIST

精度の高い地震規模予測、またそれによる強震動予測を行うためには、断層パラメータと地震規模の関係についての詳細な検討が必要である。本講演では、断層スケーリング則、特に断層長と変位量の関係について、既存の文献・データを簡単にレビューし、多重破壊地震との関係を断層間相互作用の観点から考察する。その際、断層長に対して想定変位量の大きなマスターセグメントの重要性について述べる。

既知の活断層から地震規模を予測するには、地震スケーリング則から経験的に導かれる式を用いる場合が多い（例えば、松田、1975）。一般に地震の規模（ M もしくは M_0 ）は、震源断層の長さ、幅、すべり量で決められる。これらの3つのパラメータは近似的にはスケーリング則がなりたっていると考えられている。特に断層破壊長と変位量の関係に着目すると、応力降下量が地震によらずほぼ一定であれば、断層の長さ・変位量をそれぞれ横軸・縦軸に描いた形は自己相似形になる（ $\sim L$ -model, Scholz, 1982）。しかし、実際に観測された変位量分布はそう単純なものではない。地質学・古地震学的には1つの地震断層（系）は複数の断層活動によるものであり、変位量も個々の断層特有の分布を示す。地震波インバージョンからも、多重破壊が上記のセグメントと一致すると示されている場合がある。この考え方は、カスケード地震モデルとして、カリフォルニア州では地震確率予測に実際に用いられている（WGCEP, 1995）。カスケード地震モデルではむしろ W -model を考える必要がある。

ところで、従来のクラックモデルでは、震源から破壊が開始して断層端に達するまで、震源付近では破壊が停止しないものと考えられてきた。この場合、断層全体の破壊継続時間と断層沿いのある地点での立ち上がり時間の比が1となり、破壊が停止した情報が震源付近に伝えられて初めて変位が完了することになる。すなわち、断層長と変位量に関して単純に自己相似形となる。しかし、近年の波形インバージョンから得られた破壊過程像は、立ち上がり時間は破壊継続時間に比べてきわめて短いものである（例えば、Heaton, 1990）。この場合、断層末端に破壊が到達するはるか前に最終変位が決まってしまう。これは報告されている地震断層発生時の目撃談と一致する。これは Scholz (1982) の L -model とは明らかに矛盾し、断層沿いの不均質性と断層強度回復過程、断層パッチ間の相互作用が重要な要素となる。

このような断層面沿いの不均質性（アスペリティ分布など）は地震動予測に重要な意味を持つ。しかし、実際に地表の活断層情報から、地下のミクロな不均質性を予測することは極めて難しく、現時点ではマクロ的検討が最善であるように思える。その場合、ステップなどの不連続によって区切られた断層セグメントの持つ意味は大きい。その中でも、断層長に比較して変位量の大きなセグメント（以下、マスターセグメント）の存在と断層間相互作用が重要と考える。これは、全体としては L -model で、個々には W -model が妥当である事実とも関係する。例えば、震源となるセグメントの固有変位量が小さいものであれば、応力降下量が小さく、その分周辺断層への応力変化量が小さい。この場合、最初のセグメントの破壊が周辺の断層セグメントの活動をトリガーすることは考えにくい。一方、同じセグメント長でも固有変位量が多い場合、周辺への応力変化が大きくなり、自然に隣のセグメントを巻き込んで多重地震となることが考えられる。この地震では、全体の破壊長も長くなるとともに最大・平均変位量も大きくなり、結果的に全体としては L -model にしたがうものとなることが予想される。このようなマスターセグメントは、例えば濃尾地震断層系の根尾谷断層、糸魚川-静岡構造線活断層系の牛伏寺断層などが考えられる。特に牛伏寺断層は特異なセグメントで、長さが約10kmであるにもかかわらず、地震時の変位量は6-9mと予想されている（奥村・他、1994）。したがって、牛伏寺断層が活動すると、松本盆地東縁断層、諏訪湖断層、岡谷断層などに急激な応力増加が期待され、破壊が進展する可能性が高くなることが容易に予想される。