

地震活動静穏化の「局所的滑り説」の定量化の試み

A quantitative expression for the local slip model of seismic quiescence

吉川 澄夫^{1*}

Sumio Yoshikawa^{1*}

¹吉川澄夫

¹Sumio Yoshikawa

地震活動静穏化を説明する既存の物理的モデルに関して、現象の再現性（起り易さ）と不安定滑りに直結することを条件として比較検討してきた。その結果、主破壊直前の断層固着部分周囲の局所的な滑りによる応力低下が原因であるというモデル（局所的滑り）（例えば、Wyssほか,1981）が条件に合うことを示した（吉川,2008; Yoshikawa,2008）。一方、直ちに不安定滑りに結び付かないものの、比較的広域における応力増加とともに既存の大小の断層面に働く摩擦力の増加によって滑りが拘束される結果、地震活動が静穏化するというモデル（摩擦拘束）も再現性（起り易さ）の点から説明可能であることを示した（Yoshikawa,2008）。

以上のモデルは静穏化現象を定性的に説明するものではあるが定量的な説明には至らない。地震予知への適用を考える上では定量的に説明できるモデルが必要である。Yoshikawa(2008)によれば、全国のM7以上の地震に対して静穏化を伴う地震の割合は23例中13例(0.56)であったが、比較的短い繰り返し間隔で地震が起きている北海道-東北日本の太平洋側のプレート境界型地震に関しては10例中8例(0.80)と比較的高い割合を示すのみならず、静穏化期間（ T_q ）と静穏化領域（ L_q : 部分断層長）には地震規模（ M ）との間で一定の対応関係が見られた。このことが確かであれば静穏化現象を説明するモデルは地震規模依存性を同時に説明できなければならないことになる。

一方、吉田・青木(2002)により指摘された1983年日本海中部地震（M7.7）発生前の列島日本海沿岸域の静穏化現象は出現領域が1000km以上と震源断層の長さに対して数倍に亘っており、広域応力場における応力レベルの増加によって既存の断層面間の摩擦力の増加がもたらされたことが原因と見られることから「摩擦拘束」による説明が可能である。しかし上述の地震規模依存性を求めることには限界がある。

そこで「局所的滑り」による静穏化現象について定量的なモデルを提案する。局所的滑りの出現は安定滑りから巨視的破壊が開始する直前までの過程である。そして一部の低強度部分が滑ることにより法線応力とせん断応力（速度）が低下し、その周辺における地震活動が減少するのが静穏化現象と考えられる。ここで滑り量依存性構成則のモデル（例えば、Ohnaka,1992）は以上の過程を説明する上で適切と考えられる。すなわち破壊の成長（ X ）は破壊核臨界サイズ（ L_c ）によって特徴づけられるとする。 $X \leq L_c$ である内は安定滑りが継続するが、破壊の成長が臨界サイズ（ L_c ）を超えると滑りの加速が生じる。臨界サイズ（ L_c ）は断層面の凹凸（ λc ）と密接に関わっており、それらは一次式で結ばれる（Ohnaka&Shen,1999）。さらに臨界サイズ（ L_c ）と震源断層の大きさ（ S ）とは地震モーメント（ M_0 ）を通して関連付けられる。すなわち、 $M_0 = a * L_c^{**3} = \mu * D * S$ （ a は定数、 μ は剛性率、 D は平均変位量）（Ohnaka,2000）。さらに、 $M_0 = \mu * D * L * W$ （ W は断層の幅で一定とする）であることから、 L_c と λc と L の間にスケーリング則が成り立つことが重要な点である。

ここで局所的滑りが起こる領域（ L_q ）が断層面の凹凸（ λc ）によって支配されると仮定すると、断層面の凹凸（ λc ）は断層長（ L ）と関連付けることができるため、局所的滑りが起こる領域（ L_q ）も断層長（ L ）との間で対応関係が成り立つことが想定できる。そこで $L_q = b * L$ とする

と、明らかに $0 < b < 1$ となる。係数 b が 0 となるのは静穏化現象が出現しない場合である。係数 b は個々の震源断層の状況によって異なると考えられるので常に同じ値を取ることはありえない。しかし繰り返し地震が起きている震源断層であれば地震の度に大きく違うことも考えにくい。北海道-東北日本の太平洋側のプレート境界地震において静穏化現象の捕捉率が高いのは、 b の値がほぼ一定であるばかりでなく、無視できない大きさであるからに他ならないのではないだろうか。さらに静穏化期間 (T_q) と地震規模あるいは断層長 (L) との間に関係が成り立つことは、地震の繰り返し間隔 (T) を考慮し、 $T_q = (L_q/L)T$ と考えれば説明が可能である。

キーワード:地震活動,静穏化,物理モデル,構成則

Keywords: seismic activity, quiescence, physical model, constitutive law