

# ETASモデルで測る地震活動の静穏化・活発化とストレス変化との符合

## Seismicity anomalies measured by the ETAS model and stress changes

# 尾形 良彦[1]  
# Yoshiko Ogata[1]

[1] 統数研  
[1] Inst. Stats. Math.

<http://www.ism.ac.jp/~ogata/JAPINDEX.html>

### 1. 地震活動の変化の意味と余震活動の統計モデルの意義

ここで言う地震活動の変化というのは、地震活動がETASモデルで予測した理論的活動度から、ある時点で有意に逸脱することを意味する。地震活動の活発化・静穏化はこの意味で予測活動度を基準にした相対的なものである。なぜ余震の経験則をもとに構成した統計的モデルが必要なのか。それは余震を予測する物理的モデルが難しいためである。たとえば余震の連鎖性・集中性は断層内の破壊に伴う急激で局所的なストレス変化による誘発のためであるが、余震の断層群がフラクタル的で複雑なため膨大な個別的断層運動の記述は難しい。これに対して、統計力学の様にマクロなアプローチをとる事が有効である。かくして、データに適合した統計モデルによって余震効果を見込んで相対的に地震活動を解析する。このことによって外的な原因による広域的なストレス変化が見易くなるからである。

### 2. 相対的静穏化現象と近辺の断層内のプレスリップ

地震活動が順調に推移しているか否かはMT図や累積関数などの目視では良く分からないことが多いので、理論的累積地震関数（ETAS発生強度関数の積分）を物差しにして余震の実際の累積数との偏差を測る。有意な変化が認められ、その後の地震発生がモデルによる発生率に比べて少ない場合、「相対的静穏化現象」と呼ぶ。これまでの統計的解析の経験から、一般に余震や群発地震のように活発な場合は、相対的静穏化は見易い。

いったん大地震が起きると、その近辺に同程度以上の地震が起きる確率（単位面積当たり）は遠方のどこかに起きる場合よりも大きい [1]。これらはストレスの急変による地震の誘発現象を示唆している。さらに、ある地震の余震活動が相対的に静穏化した場合には、予測どおりに活動が推移している場合より、この先新たな断層破壊を伴う大きな余震が起きる可能性が高い [2]。相対的静穏化が長期間（たとえば数ヶ月以上）に及ぶと、日本においては、余震域近辺（たとえば200km以内）で、6年以内の期間に、本震と同規模以上の地震が起きる発生確率が、その他の場合より数倍以上も高い [3]。

このような前兆的静穏化現象の仕組みとして次の様な仮説が考えられる。すなわち、1つの破壊すべりが起こったときにその近傍の断層に破壊を促進させることが起こると思うが、そこで前駆的に非地震性滑りも起こり易くなる。その滑りのために元の地震の余震域が Stress-shadow になる場合がある。それに伴い自然な余震減衰活動が急激に低下すると考える。実際、発震機構に基づいて計算したクーロンの破壊応力が低下した領域と余震活動が静穏化した領域の対応が付く場合が数多く見られるからである [4, 5]。

### 3. 最近の地震活動からのいくつかの実例 [5, 6, 7]

本報告では2003年十勝沖地震とそれ以来の最近の余震活動や内陸部の常時微小地震を例にとって上記の観点を議論する。

#### 参考文献

- [1] Kagan, Y.Y, and L. Knopoff, Geophys. J. Roy. Astron. Soc., 67, (1980), 303-320.
- [2] Matsu 'ura, R.S., Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, 61 (1986), 1-65.
- [3] Ogata, Y., J. Geophys. Res., 106, (2001), 8729-8744.
- [4] Ogata, Y., L. M. Jones, and S. Toda, J. Geophys. Res., 108 (2003), 2318, 10.1029/2002JB002009.

[5] 統計数理研究所（尾形良彦），予知連会報，72 卷（2004），110-117.

[6] 統計数理研究所（尾形良彦），予知連会報，73 卷（2005）.

[7] 統計数理研究所（尾形良彦），第 162 回地震予知連絡会報告 .