

余震活動異常の時空間パターンとストレス変化

Anomalies of aftershock activities in space and time measured by the ETAS model and relations to stress changes

尾形 良彦 [1]

Yosihiko Ogata[1]

[1] 統数研

[1] Inst. Stats. Math.

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

1. 余震活動の経験則統計モデルを基準とすることの意義

地殻中の断層群は不均質・非一様・フラクタル性などの極端な複雑性があり、地震活動・発震機構のパターンは場所によって異なる。それゆえ余震群に内在する断層運動と応力変化の詳細な物理学的メカニズムの研究を進めるのは難しい。しかし、余震活動に ETAS モデルをあてはめ、マクロ的で精度の良い予測を得ることは出来る。

地震活動が順調に推移しているか異常性があるかは 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。そこで、ETAS による理論的累積数（発生率の積分）を物差しにして余震の実際の累積数との偏りを見る。有意な変化が認められ、その後の余震発生がモデルによる理論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。この様に ETAS モデルによる予測を基準とし、実際の余震活動を比べ、その異常性を測ることによって、微弱な応力の変化を見ることを考える。

2. 相対的静穏化現象と近辺の断層内のプレスリップ

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、本震の断層境界周辺で新たな断層破壊を伴う大きな余震が起きる可能性が高くなる [1]。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 [2]。

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、本震の破壊すべりが起こったときに、クーロン破壊ストレスの増加した近傍の断層群では断層破壊が促されることだけでなく、非地震性滑りも加速される。そこで、そのストレス変化が逆向きに伝わり、元の本震の余震域の受け手としての断層群でクーロン破壊ストレスが減少し、そのために自然な余震減衰活動が異常に低下すると考えられる。実際、クーロンの破壊応力が低下した領域と余震活動が相対的に静穏化した領域の対応が付き合う場合が数多く見られる。

3. 余震活動の時空間的異常とストレス変化の空間分布 [3 & 8]

震源データの一元化によって、微小地震の検知率が飛躍的に高まっただけでなく、深さを含めて震源間の相対的な位置の精度が向上した。このため余震分布から震源断層などの輪郭が明確化するだけでなく、余震活動の時空間的異常を見ることができるようになった。この為には以下のような統計的性質に依拠して考える。すなわち理論的累積地震関数（発生率の積分）が直線になるように時間を変換すると、順調に経過した余震活動は変換された時間のもとで一樣な発生分布になっているはずである。言い換えると、余震発生の時空間パターンの非一様性は統計モデル ETAS と実際の偏り（異常性）が何処にあるかを見ることができる。

本報告では最近の余震活動を、ETAS モデルの変換時間をもとに、余震分布パターンの時空間的異常を検出し、これらと大きな余震断層の前駆的または事後的非地震性すべりを仮定したストレス変化のパターンとの関係を議論する。

参考文献

- 1) Matsu 'ura, R.S., Bull. Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo, 61 (1986), 1.
- 2) Ogata, Y., J. Geophys. Res., 106, (2001), 8729-8744.
- 3) Ogata, Y., L. M. Jones, and S. Toda, J. Geophys. Res., 108 (2003), 2318.
- 4) O gata, Y., Geophys. Res. Let., 33 (2006).
- 5) 統計数理研究所（尾形良彦），予知連会報，71 巻 (2004), 260.
- 6) 統計数理研究所（尾形良彦），予知連会報，73 巻 (2005), 327.
- 7) 統計数理研究所（尾形良彦），予知連会報，74 巻 (2005), 83 .
- 8) 統計数理研究所（尾形良彦），予知連会報，74 巻 (2005), 529 .

