

Natural Time の概念を用いた臨界現象の時系列解析 ~ 1995年 M7.3 兵庫県南部地震への応用例

Natural time analysis of 1995 Kobe Earthquake

富澤 祐樹 [1]; 長尾 年恭 [2]; 上田 誠也 [2]; 鴨川 仁 [1]

Yuki Tomizawa[1]; Toshiyasu Nagao[2]; Seiya Uyeda[2]; Masashi Kamogawa[1]

[1] 東学大・教育・物理; [2] 東海大・予知研究センター

[1] Dep. of Phys., Tokyo Gakugei Univ.; [2] Earthquake Prediction Res. Center, Tokai Univ.

<http://www.u-gakugei.ac.jp/~kamogawa/>

地震を臨界現象とみる立場の研究は Bak and Tang (JGR, 1989), Turcotte (Fractals and Chaos in Geology and Geophysics, 1997); Sornette, (Critical Phenomena in Natural Sciences, 2000); Rundle et al. (Rev. Geophys., 2003); Keilis-Borok and Soloviev (Nonlinear Dynamics of the Lithosphere and Earthquake Prediction, 2003) をはじめ数多いが、最近 Natural Time という新しい時間概念を用いた時系列解析を行なうことによって、地震活動が臨界点に達する時期が推定できることが示唆された (Varotsos et al., PRE, 2002)。いくつかのギリシャ地域での地震について、地震に関連する地電位差変動 (Seismic Electric Signals) 発生時を起点とした地震時系列を解析することにより、臨界状態への到達時期、すなわち大地震の発生時期を的確に認識すると主張している。すなわち、彼らは予め非平衡 dynamic system の臨界点では無限大の時間相関が成立するとして、Natural Time での時系列一般について、そのパワースペクトルの長周期成分を理論的に定式化し、地震活動がそれに達する時期を求めた。また、Natural Time 解析はいくつかの臨界現象にも適用されたが、心電図の場合に通常区別不可能な健康者の心拍記録と、突然死にいたる人の心拍記録の違いを事前に認識できることが示されたのはその著例である (Varotsos et al., PRE, 2004, 2005)。

Natural Time の概念は、事象はその過程に固有の "self clock あるいは internal clock" とも言うべき時間によって進行するのであって、天体の運行、水晶発振、原子時計などで測られる通常の時間 (conventional time) に支配される理由はないという考えに根ざしており、時間は事象が起こったときに進むとする。地震過程についていえば、時間は地震 (閾値を決める必要はある) が起きたときにのみ進む。N 個の地震をふくむ時系列は、k 番目の地震 (エネルギー E_k) が Natural Time ($\tau = k/N$ で定義される) に起きたと記述される。

本研究では、1995年 M7.3 兵庫県南部地震 (神戸地震) に先行した地震活動に Natural Time の概念を用いて、時系列解析を行い、臨界点である本震の前兆を捉えることを目的とした。すなわち Natural Time で表現したある時期 (計算出発時) からの地震活動時系列のパワースペクトルの長周期成分が、臨界現象モデルから求められた臨界点のパワースペクトルの長周期成分に一致する時期 (coincidence) が、本震発生前に起きるかを検討した。さらに Coincidence が起きるとすれば、それが臨界点での付帯条件である scale invariance を満たすか (採用する地震の閾値、対象とする地域などの大きさによらないか) をも検討し、これらの条件がみたされる場合を真の一致 (True coincidence) とした。解析の起点 (Starting date) は、本震から 2 年前以降とし、次の 3 つのパラメータを変化させた。

(1) Area: 震央を中心とした円形の解析対象領域。本解析では半径を 10km ごとに变化させた。

(2) Starting date: 解析開始日。

(3) Threshold Magnitude: 解析対象地震のマグニチュードの下限。本解析では、M 2.4, 2.7, 3.0 の 3 つを閾値とした。

上記のパラメータを変化させ解析を行い、Coincidence 時に、上記の付帯条件も満たす場合、その日時を True coincidence として選んだ。解析した結果、いくつかの True coincidence が確認された。Starting date が 1993 年 9 月以降において数多くの True coincidence が本震 2 ヶ月から直前まで確認された。故に、本 Natural Time 解析の手法を用いた場合、兵庫県南部地震の先行地震活動が 1993 年の 9 月ごろに臨界状態に入った可能性がある。