

GEONET データを用いた地殻変動時系列解析

（株）復建技術コンサルタント 正会員 荘司 雄一

1. はじめに

地震は、蓄積されたひずみが、非常に短い時間で解放される自然現象であると理解することができる。しかしながら、ひずみの蓄積プロセスや、ひずみの解放プロセスが、よくわかっていないのが現状である。地震に至るプロセスを理解するためには、観測による事実を積み重ねるしかないと思われる。土木の大先輩が言われた「土木の基本は、防災を先取りすることにある」との視点から、次のような仮定、仮説をたて、地震前の GEONET¹⁾ 時系列データを調べたので報告する。①GEONET の時系列データは、直接的あるいは間接的にひずみの蓄積過程、ひずみの開放過程を現わしているだろう。

②概ね地震の数か月から 1 年前には、ひずみの蓄積および開放過程において、“変化点”，あるいは“潮目”，“ターニングポイント”，みたいなものがあるだろう。

2. 局所定常 AR モデル

本稿では、時系列データにおける変化点の検出並びに地殻変動を把握するために、Ozaki and Tong²⁾ の巧みなアイデアである局所定常 AR モデル (locally stationary AR model), AIC (Akaike's information criterion) を、GEONET の時系列データに適用した。GEONET における日々の座標値 F3 解から、局所座標における前日に対する変動量 (差分 $\Delta y_n = y_n - y_{n-1}$), dN(NS 方向), dE (EW 方向), dU (UD 方向) を算定した。本稿では、dE (EW 方向) 時系列データに対して、局所定常 AR モデル, AIC を適用した。

本稿と同様の研究に大内・高橋³⁾がある。大内・高橋は、Ozaki and Tong の方法を、気象庁が石廊崎に埋設した体積歪計のデータに適用している。それによると、1978 年伊豆大島近海地震 (M7.0) 前にスペクトルの変化が見られたことが報告されているが、それ以上のことは述べられていない。

3. 時系列解析結果

(1) 2016 年 4 月 16 日熊本地震 (M7.3)

Ozaki and Tong における詳細に変化点を求める Procedure2 を実行した結果を示す。図 1 に、2016 年熊本地震における菊池 (021070) と、熊本 (950465) の結果を図 2 示す。いずれも地震発生 3 日前までのデータを使い、2015 年 2 月 7 日から 2016 年 3 月 13 日までをプロットしてある。上段は、dE (EW 方向) 時系列データ、下段は、縦軸に AIC、横軸に時系列データ番号を示している。同図には MAICE (Minimum AIC Estimation) を検出した日付を付してある。

(2) 2003 年 9 月 26 日十勝沖地震 (M8.0), 2003 年 5 月 26 日宮城県沖地震 (M7.1)

根室 4 (960519) における地震発生 3 日前までのデータを使い、2002 年 7 月 20 日から 2003 年 8 月 25 日までをプロットしたのが、図 3 である。図 4 には、気仙沼 (950172) の結果を示す。2002 年 9 月 1 日から 2003 年 11 月 30 日までをプロットしてある。この期間宮城県沖では、比較的にな大きな (M6.3~M7.1) 地震が集中していることがわかる。さらに、図 3 と図 4 から、2003 年には十勝沖と宮城県沖で M7 を超える地震が起きたことが注目される。十和田 (950153) の結果をプロットしたのが図 5 である。図 5 から、2003 年 9 月 26 日十勝沖地震 (M8.0) と 2003 年 5 月 26 日宮城県沖地震 (M7.1) の両方をとらえることができ、加えて変化点位置 (MAICE) と、地震との関係が理解できる。

それに関連して、図 6 には北見枝幸 (950103) と、図 7 には大船渡 (950171) の 2002 年 1 月 1 日から 2003 年 11 月 30 日までをプロットした。これらの図から、2002 年 3 月 16 日、10 月 11 日のスパイク状の地殻変位が顕著であることが見てとれる。調べた限りではこの変位は地震による変位でないことと考えられる。

キーワード 地殻変動, 時系列解析, GEONET, 局所定常 AR モデル

連絡先 〒980-0012 仙台市青葉区錦町 1 丁目 10 番 11 号 (株) 復建技術コンサルタント E-mail:syouji@sendai.fgc.co.jp

(3) 2011年3月11日東北地方太平洋沖地震(M9.0)

先行過程のようなスパイク状の地殻変位が認められた例として、利府(940037)を図8に示す。上段に、dE(EW方向)時系列データ、下段は、経度時系列データを、2010年1月1日~2011年8月31日までクローズアップして示している。図を丹念に見てみると、8月30日に、これまでと異なり西方へ大きく変位するが、弾性的に回復している。続いて9月8日さらに大きく西方へ変位し、またすぐ回復している。10月20日から11月21日は、西方への変位に対する反動のような連続した挙動が見てとれ、東方へ凸状に変位していることが特徴的である。同様に、図9に礼文(950102)をプロットし、図10に石垣2(960750)をプロットしてある。8月30日から地震までの地殻変動は、東方への凸状の変位を含め相似の様相が見てとれる。2010年8月30日、9月8日のスパイク状のこれらの地殻変位は規模が大きだけでなく、日本列島規模であることが確認できる。

図11に両津1(950232)での変化点の検出結果を示す。データが一部欠損(3/13~3/15)しているが、宮古(940028)の結果を図12にプロットした。2010年8月30日の先行過程のようなスパイク状の地殻変位が、変化点であることが示唆される。

4. むすび

国土地理院の“地殻変動を観測した地震(地殻変動カタログ)”で示された地震を中心に調べた結果は、以下のとおりである。

- ① 複数の観測点で、同じ日に特徴的な“変化点”(MAICE)が検出でき、地震との関係はVタイプまたは、V+タイプで分類が可能であることが知れた。
- ② M7を超えるような地震は、変化点から地震まで時間が長い傾向がある。
- ③ M7クラスの地震の前には、日本列島規模のスパイク状の地殻変位が顕著に見られる。

参考文献

- 1) 国土地理院測地観測センター：電子基準点1,200点の全国整備について、国土地理院時報,第103集,pp.1-51,2004.
- 2) Ozaki, T. and Tong, H. : On the fitting of non-stationary autoregressive models in time series analysis, *Proceedings of the 8-th Hawaii International Conference on System Science.*, pp.224-226, 1975.
- 3) 大内徹, 高橋亨：地震学で扱う非定常時系列データの解析—予測と異常検出の試み—, 地震2, 第34巻, pp.455-464, 1981.

