

東北工業大学 フェロー会員 ○神山 眞
 々 フェロー会員 小出英夫
 々 沢田康次
 々 正会員 秋田 宏
 々 正会員 千葉則行

1. はじめに

近年にわが国で発生し、被害を与えた M6 以上の 4 個の内陸地殻内地震について、本震発生前の 6 ヶ月程度の期間で地殻変動に活発期、静穏期、直前活発期という特徴的な地殻変動の活性度変化がみられたことを GEONET データの解析結果に基づき報告した¹⁾。GEONET は陸域に展開される地殻変動観測システムであることから、内陸地殻内地震に比して海溝型地震に対する検知能力は相対的に劣ると考えられるが、本稿は海溝型地震への GEONET の適応能力を検討する一環として、2011 年東北地方太平洋沖地震 (3.11 巨大地震と略称) Mw9.0 について GEONET データによる本震前の約 1 年の期間における地殻変動の活性度変化について考察したものである。

2. サイズミシティにみられる地震発生の活発期、静穏期、直前活発期

被害地震に先行するサイズミシティの活性度変化は以前から指摘されているが、3.11 巨大地震の発生領域近辺における地震発生の活性度変化を地殻変動のそれとの関連から最初に確認してみる。図 1 は気象庁地震カタログのデータにより北緯 38.0~38.5 度、東経 141.5~144.0 度の範囲における 2000 年 1 月 1 日~2014 年 12 月 31 日の期間における地震発生の時空間変動をプロットしたものである。図 1 では、横軸は東経、縦軸は時間 (年. 月. 日) であり、地震規模 M がマーカーの大きさと、地震深さがマーカーの色でそれぞれ識別されている。また、図 1 の左側に各日の地震数も描かれている。図 1 から多くの興味深い現象が指摘できるが、2005 年 8 月 16 日の宮城県沖地震 M7.2 の発生を期して以前と以後で地震数が大きく異なることが明瞭である。また、規模の大きい地震の発生前に極端に地震発生が少ない静穏期の期間が先行することも認められる。すなわち、3.11 巨大地震の発生領域ではサイズミシティに活発期、静穏期などの活性度の変化が明確に存在したことが指摘できる。その他、図 1 では地震発生が極端に少ない部分領域 (アスペリティもしくはバリアとも呼べる領域) が存在したことが、それが 3.11 巨大地震で壊れたことが示唆される変動も認められる。

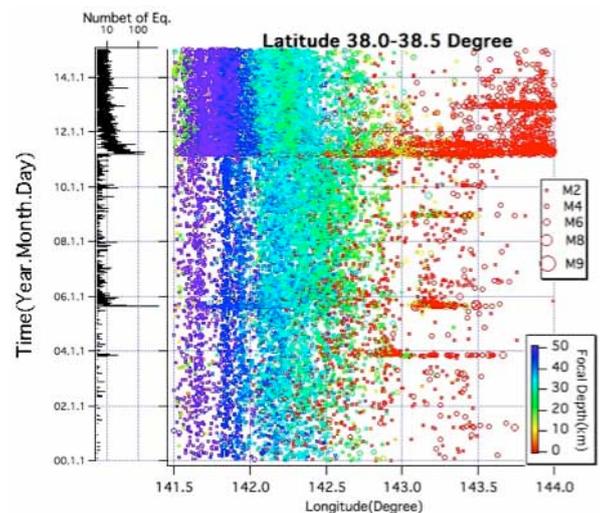


図 1 地震の時空間分布

3. GEONET の RINEX データによる地殻変動の活性度解析

地殻変動の日々の活性度を評価するため GEONET による生の衛星観測データの RINEX データ (30 秒サンプリング) を用いて S-PPP (Static-Precise Point Positioning) 解析を行った。S-PPP 解析は静的条件で観測点の絶対座標を評価する高精度単独測位法である。ここでは、ソフトウェア gLAB を用いて、解析に必要な衛星軌道データ SP3 および 30 秒サンプリングのクロック修正データは IGS (International GNSS Service) から入手して実施した¹⁾。gLAB による実施解析では PPP 解析を各日の 0 時 0 分 0 秒 UTC の時刻からカルマンフィル

タリングの操作をサンプリング時間ごとに繰り返して最適値を推定する。したがって、時刻 00:00:00UTC から初期の解は安定しないが、300 回 (9000 秒) 程度以降の時間では安定解となる (例: 図 3 の時間 9000 秒程度以降)。被害を与えた内陸地殻内地震に対する GEONET データへの適用結果から S-PPP 解析は時間的安定性と異常変動の把握という背反する要請に適する解析であることが確認されている。図 2 に S-PPP 解析を実施した 3.11 巨大地震に近い宮城県内の代表的な 4 個の GEONET 観測点を示す。これらの 4 観測点のうち代表例として Shizukawa 観測点での北緯成分の S-PPP 解析結果を図 3 に例示する。図 3 では 2010 年 4 月 1 日~2011 年 3 月 31 日の期間における代表的な日にちの S-PPP 解析の 24 時間にわたる北緯成分の変動が 30 秒間隔でプロットされている。図 3 に示すように S-PPP 解析結果の 24 時間変動は日にちによって異なるが、変動の大きさを総合的に単一値で定量化するため次式の活性度係数 I_a を定義した。



図 2 検討した GEONET 観測点

$$I_a = \frac{1}{N-300} \sum_{i=300}^{N-1} \sqrt{\{d_x(t_{i+1}) - d_x(t_i)\}^2 + \{d_y(t_{i+1}) - d_y(t_i)\}^2 + \{d_z(t_{i+1}) - d_z(t_i)\}^2}$$

ここに、 $N = \text{RINEX30s}$ の 1 日 24 時間におけるデータ総数、 d_x, d_y および d_z は x, y, z 成分の変位 (x :EW 成分, y :NS 成分, z :UD 成分)、 t_i は 30 秒間隔の i 番目の時刻。

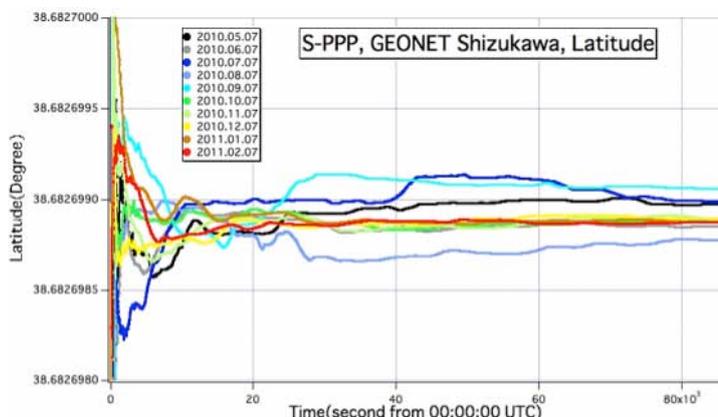


図 3 S-PPP 解析結果の例

図 4 は上記 4 観測点の I_a を地震発生の約 1 年前から 2011 年 3 月 9 日の最大前震 M7.3 発生日まで求めて、日々の履歴としてプロットしたものである。複雑な日々の変化履歴が観測点ごとに観察されるが、4 観測点に共通した興味深い変化がみえる。 I_a の大きい期間が本震発生の 9 ヶ月前頃から約 3 ヶ月間続き、それが約 3 ヶ月前頃から小さくなり、活性度の小さい期間 (静穏期) が 3 ヶ月ほど継続して本震発生に至る。図 4 の下部分にプロットされているグレイ色の棒グラフは Shizukawa 観測点から水平距離で 300km 圏内における各日に発生した地震の最大規模 M_{\max} を右縦座標を尺度にしてプロットしたものである。この M_{\max} と I_a の時間変動には相関性が認められる。すなわち、内陸地殻内地震と同様な地殻変動の活性度変化が 3.11 巨大地震にもみられる。

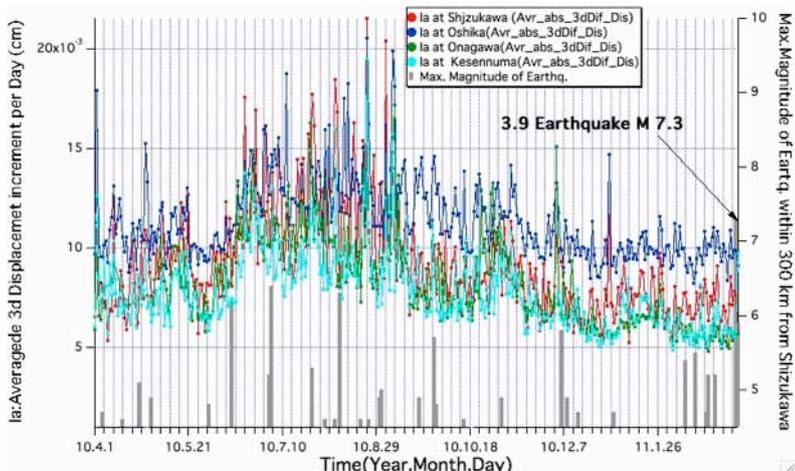


図 4 4 観測点の I_a の日にち変化と最大 M の時刻歴

4. むすび

被害を伴う内陸地殻内地震でみられた先行性地殻変動の活性度変化は 3.11 巨大地震のような海溝型地震にも共通する同一パターンの特性をもつ現象と考えられる。謝辞: 本研究は JSPS 科研費 (15K06190) の助成によるものであることを付記して謝辞とする。参考文献: 1) 神山他, 長野県神城断層地震の地殻変動 - PPP 特性値の日変動と地震発生 -, 日本地震工学会・大会—2015 梗概集 CD, pp. 1-10, 2015. 10.