8-6 新宮ボアホール観測点で検出された短期スロースリップに伴う歪み変化

Strain changes associated with short-term slow slip events detected at the Shingu borehole station

名古屋大学大学院環境学研究科·東濃地震科学研究所 Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University Tono Research Institute of Earthquake Science

名古屋大学と東濃地震科学研究所は、和歌山県新宮市において、深度 500m のボアホールに石井 式総合観測装置を設置して地殻変動の連続観測を実施している(図1).他の南海トラフ沿いの地 域と同様に、紀伊半島においても深部低周波微動や深部超長周期地震の発生が報告されているが (0bara, 2002, Ito et al., 2007)、これまで紀伊半島の南部においては低周波微動に伴う地殻 変動の検出がなされておらず、低周波微動活動に伴うスロースリップイベントの発生が確認され ていなかった.そこで、我々は、スロースリップイベントの発生について検証する目的で、新宮 における歪み・傾斜記録を精査した.

図2は2005年6月から2006年6月までの13ヶ月間の歪み・傾斜記録にトレンド補正のみを施 した結果である. 潮汐や気圧応答の補正を行っていないが, 特に歪み記録において規模は小さい ながらも有意な変化が発生していることに気付く.そこで,2005年11月から2006年3月までの 4ヶ月間について、Baytap-G (Tamura et al., 1990)を用いて潮汐・気圧応答を除去した結果を 図3に示す.この期間中,図中にⅠ-Ⅲで示す3回の歪み変化が発生している.各歪み成分の変 化は高々3×10⁻⁸程度であるが、大深度のボアホール歪み観測においては有意な変化として認識可 能である. このうち, IおよびⅢは, 奈良県南部で発生した深部低周波微動活動と同時に発生し ている. 歪み計3成分観測値から得られた歪み変化の主軸は図4のようなパターンを示す. この ひずみパターンが、他地域で報告されているような短期スロースリップイベントとして解釈可能 かどうか検討するため、断層モデルの推定を行った。解析では、まず、震源断層がプレート境界 面上に位置し、フィリピン海プレートの運動方向に逆断層すべりが生じるものと仮定し、新宮観 測点の周辺で等間隔に配置した試験断層についてボアホール歪み計の変化を計算した. そうして 得られた最適なモデルを非線形最小二乗法で最適化することにより、最終的な断層モデルの推定 を行った. イベントⅠおよびⅢについて推定した断層モデルは, 図1に示すように, 低周波微動 の発生域とほぼ一致した.このことから、紀伊半島南部においても深部低周波微動に同期した短 期スロースリップイベントの発生が確認されたと言える. ほぼ 30km 四方の断層面を仮定すると、 イベントⅠ, Ⅲの断層のすべり量は 2-4cm 程度と推定され, Mw5.7-5.8 に相当する.

次にイベントⅡについては, 歪み変化に対応する深部低周波微動が発生していない. 試みに, この歪み変化のパターン(図4)を他の2つのイベントと同様に解析したところ、断層モデルは 他の2つの断層モデルよりもやや東寄りに推定される.空間的な解像度は必ずしも十分ではない が、断層モデルの位置は奈良県南部と三重県側の2つの微動活動域の間のギャップに相当するよ うに見える.さらに興味深いのは,このイベントⅡの発生直後に三重県南部で深部低周波微動活 動が開始し、その後約1ヶ月をかけて北東方向へ移動し、伊勢湾を越えて愛知県側にまで到達す る大規模な活動となった点である(Ito et al., 2007).この低周波微動活動の移動速度は1日あ たり約 10km であったが、Hi-net の宮川観測点で傾斜変化が記録され初めた1月7日から微動活 動の伝播とは逆の南西方向に 10km/日でたどると,新宮観測点で歪み変化が終了する1月2日頃 に、推定された断層モデル付近から一連の活動が開始したという解釈が可能である.この観測結 果は,2006 年 1 月の大規模な低周波微動・スロースリップのイベントが,実際には 2006 年 12 月 末に三重-和歌山県境付近でスロースリップとして開始し,北東方向へ伝播しながら1月4日頃か ら低周波微動活動を伴い始め、さらに拡大した、という可能性を示す。すなわち、この大規模な 低周波微動活動の先行現象として微動を伴わないスロースリップが発生したこと、深部低周波微 動や短周期スロースリップにおいて本質的なのはスロースリップの発生および伝播であり、微動 はスロースリップにより誘発されている二次的な現象であるという可能性が示唆される.

最後に、今回新宮観測点で検出された歪み変化は10⁻⁸のオーダーであり、Hi-net 傾斜計におい て検出されている他地域の短期スロースリップイベントに伴うシグナルより1桁小さい.このた め、Hi-net 傾斜計でこれまで検出できなかったのは理解でき、大深度での精密な地殻変動観測が、 これらの現象の理解を進める上で必要不可欠であることが分かる.また、図4に示すように、こ れらのイベントに伴う歪み変化は、主として剪断歪みの変化であり、体積変化は殆どない.従っ て、体積歪み計ではなく、多成分の歪み観測を行うことが本質的に重要であると言える.

(福田真人・鷺谷威・伊藤武男・山内常生・浅井康広・石井紘)

参考文献

Ito, Y., K. Obara, K Shiomi, S. Sekine, and H. Hirose, (2007), Slow earthquakes coincident with episodic tremors and slow slip events, Science, 315, 503-506.

- Obara, K. (2002), Nonvolcanic deep tremor associated with subduction in southwest Japan, Science, 296, 1679-1681.
- Tamura, Y., T. Sato, M. Ooe, and M. Ishiguro, A procedure of tidal analysis with a Bayesian information criterion, Geophys. J. Int., 104, 507-516, 1991.



図1 新宮観測点 (SNG)、低周波地震の分布 (○印)、および本研究で推定した短期的スロースリップの断層モデル。

Fig.1 Location of the Shingu Borehole Station (SNG), low frequency earthquakes (circles), and fault models for the short-term slow slip events estimated in this study (rectangles).



- 図2 新宮観測点における2005年6月から2006年6月までの歪み・傾斜記録。棒グラフは紀伊 半島における深部低周波微動の活動度を表す。矢印の部分で歪み変化が見られる。
- Fig. 2 Strain and tilt records from June 2005 to June 2006 at the Shngu station. Vertical bars denote activity of low frequency tremors in the Kii Peninsula. Arrows indicate strain steps.



- 図3 2005 年 11 月から 2006 年 3 月までの歪み・傾斜記録を Baytap-G で処理した結果。Ⅰ 〜Ⅲの 歪み変化が認定される。背景の棒グラフは紀伊半島における深部低周波微動の活動度。
- Fig. 3 Strain and tilt records from November 2005 to March 2006 after processing with Baytap-G. 3 strain change events are identified. Vertical bars denote activity of low frequency tremors.



図 4 各イベントにおける歪み変化のパターンと断層モデルによる計算値の比較。 Fig. 4 Comparison of observed and calculated strain changes associated with 3 events

simulation in which earthquakes occur randomly.