

日本列島の詳細な地殻変動をとらえる～GEONETの観測結果を用いて～ Visualizations of crustal deformation of Japan using GSI GEONET data

加藤 忠義^{1*}, 原田 靖¹, 長尾 年恭², 加藤 照之³
Tadayoshi Kato^{1*}, Yasushi Harada¹, Toshiyasu Nagao², Teruyuki Kato³

¹ 東海大学 海洋学部 海洋資源学科, ² 東海大学地震予知研究センター, ³ 東京大学地震研究所
¹ School of Marine Science and Technology, Tokai University, ² Earthquake Prediction Research Center, Tokai University, ³ Earthquake Prediction Research Center, Earthquake Research Institute, The University of Tokyo

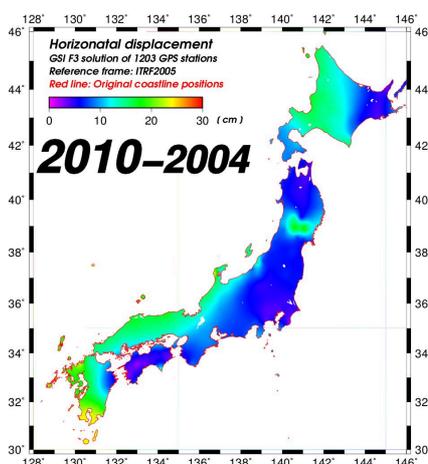
日本列島は変動を繰り返している。この地殻変動を監視するために日本列島には1300点以上のGPS連続観測点が配置されている。国土地理院の管理運営するGPS連続観測システム(GEONET)の観測結果を用いて、日本列島の地殻変動を「対象となる物理量・期間・地域・表示方法」などを自由に選択して可視化することに成功した。

地殻変動アニメーションでは、日本列島の長期的な地殻変動や2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動を詳細に可視化することに成功した(加藤他, 2012年合同大会)。しかし、地殻変動アニメーションでは日本列島のどの地域で内部変形が蓄積されているかといったことをとらえることが難しい。今回は、各電子基準点の変位アニメーションやDelaunay三角網を用いた内部変形アニメーションをいくつか作成した。また、日本周辺の震央分布と合わせて地殻変動アニメーションを作成することで、地殻変動と地震の関係性がみられるようなアニメーションの作成も行った。そして、アニメーションの時間解像度を細かくすることで、いくつかの地震後の局所的な地殻変動をとらえることができた。

各アニメーションでいろいろな特徴があるが、様々な表現方法で日本列島の地殻変動をアニメーション化することは、異常な変動をしている地域や観測点を特定する助けになるに違いない。そして、これらのアニメーションを定期的に更新して行くことでリアルタイムでの日本列島の地殻変動をみることが出来る。さらに、これまでのGEONETの観測結果から得られた地殻変動と日本列島周辺域で発生した地震活動等の諸観測量と動画の中で直接比較することで、各地域における変形量と地震の起こりやすさや周期性等の関係を再発見できる可能性があるだろう。

<http://kutty.og.u-tokai.ac.jp/~harada/> に本研究で作成されたアニメーションを公開するので参照・活用されたし。

キーワード: 日本列島, 地殻変動, GPS, GEONET, 可視化
Keywords: Japan, Crustal motion, GPS, GEONET, Visualization



東北地方太平洋沖地震に伴う粘弾性緩和による変動の見積もり Estimation of the viscoelastic relaxation following the 2011 off the Pacific coast of Tohoku earthquake

水藤 尚^{1*}
Hisashi Suito^{1*}

¹ 国土交通省 国土地理院
¹ GSI of Japan

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震以後大規模な余効変動が広範囲に観測されている。この余効変動の発生原因は余効すべりによるものと考え、そのすべり分布が推定されている。しかしながら、長期間に渡って継続する余効変動の原因には、余効すべり以外に粘弾性緩和というメカニズムがある。震源域近傍の数年度程度の時定数をもつ余効変動は余効すべりによる変動として解釈されることが多いが、震源域から数百 km 離れた場所の変動や数十年以上継続する変動は粘弾性緩和による変動として解釈される。本稿では、三次元有限要素法を用いて、東北地方太平洋沖地震に伴う粘弾性緩和による変動の見積もりを行い、どの程度の大きさで、どの程度の範囲まで、どの程度の期間継続すると見込まれるかについて報告する。粘弾性緩和による変動の計算には三次元有限要素法を用いることで、地下の不均質構造を考慮した。過去の研究から東北日本下の粘性率は $10^{18} \sim 10^{19} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ 程度と見積もられており、本稿では粘性率を $10^{17} \sim 10^{20} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ の範囲での計算結果について報告する。

粘弾性緩和による変動は粘性率の値に大きく依存する。粘性率の値を 10^{18} 以下にすれば、東北地方太平洋側において観測されている余効変動の大部分を定量的に説明することが可能であるが、日本海側では観測値を大きく上回る変動が見込まれる。粘性率が 10^{19} の場合には、地震後 1 年間で東北地方では東向きに最大 5cm 程度、中部地方では北東向きに数 cm 程度と見込まれる。さらに、東北地方では 10 年後でも東向きに年間数 cm の変動が見込まれ、少なくとも 30 年以上に渡って年間数 cm の東向きの変動が見込まれる。

キーワード: 東北地方太平洋沖地震, 余効変動, 粘弾性緩和
Keywords: Tohoku-Oki Earthquake, postseismic deformation, viscoelastic relaxation

南海前弧スリバーの地殻変動と中央構造線 Deformation of the Nankai forearc sliver and Median Tectonic Line

田部井 隆雄^{1*}, 久保 篤規¹, 一谷 祥瑞², 田中 幹人², 中村 保彦², 長谷川 雄一²

Takao Tabei^{1*}, Atsuki Kubo¹, Shozui Ichitani², Mikito Tanaka², Yasuhiko Nakamura², Yuichi Hasegawa²

¹ 高知大学理学部, ² 高知大学大学院総合人間自然科学研究科

¹ Faculty of Science, Kochi University, ² Graduate School of Integrated Arts and Sciences, Kochi University

南海トラフと中央構造線 (MTL) によって区切られた南海前弧スリバーは、フィリピン海プレートの斜め沈み込みによる弾性圧縮変形を受けながら、MTL を境にわずかであるが西向きに横ずれ運動する。より広域に見ると、南海前弧の東方では東北日本弧と西南日本弧が衝突しており、前弧の西向き運動が加速される。一方、前弧の西方の日向灘ではプレート境界が反時計回りに回転し、プレート境界に対するプレート進行方向の斜交性がなくなることから、前弧を横ずれ運動させる原動力が失われる。結果として、九州東部から南部にかけて前弧の横ずれ運動は反時計まりの回転運動に転換し、九州中央部では伸長場が卓越する。このように、前弧スリバーの横ずれ運動は西南日本の長期の地殻変動場を特徴づけるものであり、MTL は主要な変動要因のいずれにも深く関係している。加えて、MTL はそれ自身が将来に内陸大地震を発生させる可能性を有しており、MTL の深部構造と現在の運動様式の解明はきわめて重要である。

近年の反射法地震探査によると MTL 周辺の地質構造は北傾斜を示し (Ito et al., 2009)、微小地震の震源も MTL から北へ向かって深くなる (大崎, 2010)。MTL を横断する稠密 GPS 観測 (Tabei et al., 2002) からは、MTL の北側ブロックに対する南側ブロックの西向き相対運動と、MTL 北側の幅 20-30km の領域に相対運動の遷移帯が存在することが明らかにされた。それらを説明するため、北傾斜した断層面の上部が固着し、深部で 5 mm/yr の速度で定常的右横ずれが起きているというモデルを得た。一方、MTL の北側に位置する讃岐平野、燧灘、高縄半島では、高角断層面上の右横ずれを示す地震が MTL と平行に帯状に発生し (久保・岡田, 2007)、上記の北傾斜構造と整合しない。こうした問題点の解明には MTL 周辺、とくに MTL 北側での地震・地殻変動観測が重要であるが、瀬戸内海が存在により定常観測点の密度は低い。我々は、全国観測網を補完する目的で、燧灘上の伊吹島と魚島、およびその周辺に計 10 点の短周期・高感度地震計、3 点の 2 周波 GPS 受信機を設置し、2010 年 11 月より連続観測を実施している。

これまでの観測結果を総合して、MTL 周辺の大局的な北傾斜構造と、讃岐平野・燧灘・高縄半島に連なる高角断層面/右横ずれメカニズムの地震分布の両方を説明するものとして、以下のモデルを提唱する。北傾斜した MTL 断層面の上部に、MTL と平行に複数の高角/右横ずれ断層系が存在し、南海前弧スリバーと西南日本内帯の間のシアーゾーンを形成している。MTL を横断する稠密 GPS 観測からシアーゾーンの幅は 20~30 km と推定され、地震浅発地震の特徴的 P 軸方位から区分けた帯状分布とも整合する。地質学的観点から提唱されている瀬戸内剪断帯 (佃, 1992) と比較すると、幅は半分程度である。

キーワード: 中央構造線, 南海トラフ, 地殻変動, GPS

Keywords: Median Tectonic Line, Nankai Trough, crustal deformation, GPS

稠密 GPS 観測による最近の東海地方の地殻変動

Recent crustal movements obtained by dense GPS network in the Tokai District

里村 幹夫^{1*}, 松本 祐樹¹, 松本 恵太¹, 生田 領野¹, 島田 誠一², 加藤 照之³, 原田 靖⁴

Mikio Satomura^{1*}, Yuuki Matsumoto¹, Keita Matsumoto¹, Ryoya Ikuta¹, Seiichi Shimada², Teruyuki Kato³, Yasushi Harada⁴

¹ 静岡大学理学部地球科学科, ² 防災科学技術研究所, ³ 東京大学地震研究所, ⁴ 東海大学海洋学部海洋科学科

¹Faculty of Science, Shizuoka Univ, ²NIED, ³ERI, Univ Tokyo, ⁴Marine Sci and Tech, Tokai Univ

東海地震の発生が危惧されている東海地域において、スロースリップが国土地理院の GEONET 観測で発見されたため、GPS 大学連合も 2004 年から東海地域で GPS 観測を展開し、非常に稠密な GPS 観測網を形成した。この観測により得られた結果については、地球惑星科学連合大会においても、長期スロースリップ発生時と終了後の地殻変動の違いや短期スロースリップの微小変動検出等の報告を行ってきた。

今回改めて 2004 年以降のデータを統一的に再解析し、最近の東海地方の地殻変動について検討したので、その結果を報告する。

1. 2005 年夏の長期スロースリップ収束前後に、各地の変位速度だけではなく面積歪速度の傾向が大きく変わった。フォワード計算により、これ結果から沈み込むフィリピン海プレートの表面のアスペリティが推定できることをすでに報告しているが、インバージョン計算でも同様の結果が得られた。

2. 長期スロースリップ終了から東北地方太平洋沖地震発生までの 5 年強の期間を 2 つに分けて、ITRF2008 絶対座標系での地殻変動の様子を比べたところ、後半のほうが変位速度の南向き成分が小さかった。このことは、長期スロースリップ終了から時間がより多く経過したほうが、沈み込むフィリピン海プレートとのカップリングが強まったことを示唆する。

3. 2011 年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動を、時間に対して指数関数で表される項と直線的な傾斜の項に分けて求め、地震発生時の地殻変動量と比較した。いずれも地震時地殻変動量に比べ南北での変動量の差が小さかった。指数関数で表される項を余効変動、直線傾斜勾配の地震前からの変化を粘性緩和による影響と考え、このことは、地震時の地殻変動の原因となった断層運動より、地震後の余効変動を起こしている範囲や粘性緩和を起こしている範囲のほうが広いという解釈と調和的である。

4. 2011 年東北地方太平洋沖地震後の地殻変動から面積歪速度を求めると、静岡北部から長野県にかけては面積増加がみられるが、静岡県南部地域は面積減少がみられた。このことは、研究地域の北部は余効変動や粘性緩和による東向きの変位速度が東ほど大きいため面積増加を示しているが、フィリピン海プレートと固着している南部の内部変形は東北地方太平洋沖地震の影響が小さいと考えられる。

キーワード: GPS, 東海地域, 稠密観測, スロースリップ, 東北地方太平洋沖地震

Keywords: GPS, Tokai District, dense, slow slip, Tohoku Earthquake

精密水準測量で検出された台湾台東縦谷断層中部の浅部スリースリップイベント Shallow slow-slip event detected by leveling survey at the central part of the Longitudinal Valley fault, eastern Taiwan

村瀬 雅之^{1*}, 松多信尚², Cheng-Hong Lin³, Wen-Shan Chen⁴, 小泉直嗣⁵
Masayuki Murase^{1*}, Nobuhisa Matsuta², Cheng-Hong Lin³, Wen-Shan Chen⁴, Naoji Koizumi⁵

¹ 日本大学文理学部地球システム科学科, ² 名古屋大学環境学研究科, ³ Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan, ⁴ National Taiwan University, ⁵ 産業技術総合研究所

¹ Department of Geosystem, College of Humanities and Sciences, NIHON University, ² Graduate School of Environmental Studies, Nagoya University, ³ Institute of Earth Sciences, Academia Sinica, Taiwan, ⁴ National Taiwan University, ⁵ The National Institute of Advanced Industrial Science and Technology

Precise leveling survey was conducted across the central part of the Longitudinal valley fault, eastern Taiwan to discuss the detail deformation of the transition zone between the fault creeping area and asperity area. In order to focus on the relationship between the fault creeping area and rich melange distribution in the transition zone, we have established three leveling routes at the Yuli, Chike-san and Reishuei areas. The Yuli route is just located in the northern end of the rich melange distribution, but both Chike-san and Reishuei routes were established in the area where no rich melange exists. In the Yuli route, an uplift rate of about 30 mm/year has been detected from 2010 to 2012, suggesting the aseismic fault creep might be continuing with long-term. In the Chike-san route, the vertical deformation rate of about 8 mm/year was detected in the period from 2010 to 2011. However, there was the huge deformation with uplift rate of about 40 mm/year detected in the period from 2011 to 2012. In the Reishuei route, we detected the deformation of about 8 mm/year in the period from 2011 to 2012.

As explanations for the huge change of the deformation rate in the Chike-san route, we believe that the detected deformation has been resulted from a slow-slip event. Also since the significant deformations were not detected in leveling and GPS around Chike-san route, the slow slip event was localized to a small region just around the Chike-san route. Such a slow slip event might be triggered by the M 5.3 earthquake on June 14, 2012 because the number of micro-earthquakes in the Chike-san area rapidly increased after the M 5.3 earthquake.

We propose that the northern limit of the stable creeping area may be in the Yuli area and the slow slip event occurs in the transition zone between the fault creeping area and asperity area. The boundary between the creeping area and the slow slip area is basically consistent with the northern limit of the rich melange distribution.

キーワード: 台湾, 台東縦谷断層, スロースリップ, 精密水準測量, 断層クリープ, メランジェ
Keywords: Taiwan, Longitudinal Valley fault, slow-slip, Precise leveling, fault creep, rich melange