

## 1 (8) データベースとデータ流通

「データベース・データ流通」計画推進部会長 鶴岡 弘（東京大学地震研究所）

副部会長 大見士郎（京都大学防災研究所）

データベースおよびデータ流通は、本計画を実行して行く上での、多点・多項目の観測データを安定的かつ継続的に生産し、かつ、それらの連続データをリアルタイムで流通させる研究基盤の運用・維持・管理を実現している。また、観測データ解析アルゴリズムの高度化も継続して実施している。さらに、研究成果をコミュニティで効率的に共有するシステム開発に着手した。

## 2. 平成28年度成果の概観

以下、平成28年度の主な成果について概観する。

### 1. 地震・火山現象の解明のための研究

#### (1) 低頻度大規模地震・火山現象の解明

気象庁は、火山噴火予知連絡会で中長期的に観測体制の充実が必要とされた47火山（平成28年12月に3火山が追加され50火山）について、地震計、空振計、GNSS等の観測データを常時収集するとともに、熱観測等の調査的な機動観測も実施し、観測データを蓄積した。そして、これらの蓄積された観測データを用いてデータ解析を行った。平成28年度に噴火が発生した阿蘇山及び桜島のほか、火山活動の高まりがみられた霧島山（えびの高原周辺（硫黄山））および薩摩硫黄島において、緊急観測により収集した火山活動の詳細なデータを解析し、蓄積した。これらのデータの蓄積にあたって、今後の活火山総覧の改訂に活用できるようにデータベースを構築した[課題番号7001]。

産業技術総合研究所においては、静岡県の一部（浮島ヶ原、掛川、元白須賀など）、三重県の一部（志摩市、南伊勢町など）、和歌山県の一部（新宮市、御浜町、日高町など）について柱状図のデータを整理しウェブを通して公開した[課題番号5001]。公表されている論文・報告書の中から活断層の活動性評価に関する重要な情報を含む資料を選定し、陸域8断層帯及び海域2断層帯についてのデータ化と入力作業を実施し、データベースのセキュリティ向上のための開発言語改修作業と、操作性・表示機能強化のための改善作業を実施した[課題番号5002]。さらに、監視・観測体制の充実が必要な活火山の地質図整備では、富士山地域の地質図を出版し、八丈島火山で地質図をとりまとめた。恵山及び御嶽火山で噴火履歴調査を引き続き実施し、日光白根火山では調査を開始した。阿蘇火山・始良火山のカルデラ形成期噴火に至る噴火履歴の詳細化のため、噴出物の分布・層序調査および岩石学的分析を行い、阿蘇カルデラにおいては複数の大規模噴火の間の噴火様式やマグマ組成の変化を解析した[課題番号5003]。

#### (5) 火山現象のモデル化

海上保安庁により、海上保安庁のGPS観測点において通年の観測を実施し、得られた成果について地震調査委員会、地震予知連絡会および火山噴火予知連絡会に報告した[課題番号8004]（図1）。

## 4. 研究を推進するための体制の整備

### (2) 研究基盤の開発・整備

気象庁により、全国地震カタログの作成が実施されているが、「高感度地震観測データの処理方法の改善に関する報告書」(平成26年2月地震調査委員会、以下「報告書」)を踏まえた震源の決定等の処理の改善については、これまでのトリガ方式の地震検知に加えて新たな地震検知手法であるPF法(溜淵・他、2016)を取り入れ、自動処理による地震検出結果を検測処理の基本とする作業手順を確立した。新たな作業手順では、自動処理による地震の規模の推定値が、あらかじめ定めたMth以上であれば、これまでと同様に人手により精査した結果を地震カタログに登録する。一方、Mth未満では波形を確認したうえで地震の相・振幅が正しく検出され良好に震源決定されていれば自動処理結果をそのまま、そうでなければ人手による簡易的な検測作業を行った結果を登録する。さらに、震源が決まらない場合も、地震検知の情報は登録する。波形を確認した結果、地震ではないと判定した場合には登録はしない。こうした作業手順により、必要十分な品質を確保しつつ、地震として検知されたイベントはもれなく登録されることになり、地震カタログの充実が図られる。この新たな処理を平成28年4月1日より開始した。この改善により、地震カタログに登録される地震数は改善前の約2倍となり、自動震源の活用により地震直後に気象庁が発表する防災対応のための資料や地震調査委員会での評価に寄与した[課題番号7019]。また、地震観測、地殻変動観測、潮位観測、全国の火山観測が継続的に進めた。潮位データの伝送においては二重化(衛星回線によるバックアップ)や、予備電源による稼働時間の長時間化(72時間以上)が実施された[課題番号7014, 7015, 7016, 7017]。柿岡、女満別、鹿屋、父島の4地点に、祓川を加えた5観測点における地磁気4成分連続観測データを、引き続き統一的な形式に整理し、月毎に地磁気観測所データベースに登録、公開した。さらに、活動的な火山を対象とする全磁力精密観測データについて、継続してデータベースに登録した。過去の紙媒体による地磁気アナログデータをスキャナでデジタル画像に変換し、計算機で利用可能な高時間分解能のデジタルデータに変換する作業を進めた[課題番号7018]。

国土地理院により、GEONETによる地殻変動連続観測が実施され、日本列島全域の地殻変動・火山活動のモニタリングが着実に行われた。地震については、東北地方太平洋沖地震後の継続的な余効変動、2016年4月14日以降に発生した平成28年(2016年)熊本地震に伴う一連の活動(M7.3, M6.5など)(図2)、2016年10月21日に発生した鳥取県中部の地震(M6.6)、2016年11月22日に発生した福島県沖の地震(M7.4)、2016年12月28日に発生した茨城県北部の地震(M6.3)等に伴う地殻変動を検出した。火山についても、硫黄島、桜島周辺等における火山活動に伴う地殻変動を検出する等、防災や地震発生・火山活動のメカニズムに関する研究等に寄与した。また、これらのモニタリング結果は、速やかにホームページ等で公表するとともに、地震調査委員会、火山噴火予知連絡会等に報告した[課題番号6005]。全国25験潮場の潮位連続観測を安定的に実施し、観測データをホームページで公開した。また防災情報の発信への活用のため、潮位データの共有化を進めた[課題番号6006]。地殻変動の観測結果(GNSS、水準、験潮)を地殻活動総合解析システムのデータベースに追加し、地図表示及びデータベース更新機能の改良を行った。GNSS連続観測データに関する所在情報検索システムの更新を実施した[課題番号6011]。火山性地殻変動の力源について、粒子フィルタないしはアンサンブルカルマンフィルタにより、力源の状態変化(位置、形状、圧力等)を逐次推定するソフトウェアを作成した。また、リアルタイムキネマティックGNSS時系列から火山性地殻変動の力源の状態変化を逐次推定するシステムを構築した[課題番号6012]。また、重力測量については、南海・東南海地域を含む全国で基準重力3点の絶対重力観測、一等重力点等146点で相対重力観測を実施し、日本重力基準網の基準となる重力値を得るとともに重力値の時間的な変化を把握した。日本重量基準網2016(JGSN2016)を構築し、約300点の基準・一等重力点の重力値を公開した。地磁気測量については、鹿野山測地観測所、水沢測地観測所、江刺観測場及び全国11点の地磁気連続観測点で地磁気連続観測を実施した。また、地磁気連続観測点10点及び一等磁気点3点で地磁気絶対観測等を実施し、日本全国の地磁気の時間変化及び地理的分布を把握した。さらに、富士山中腹において、全磁力の連続観測を実施し、「磁気図2015.0年値」を2016年12月1

日に公表した [課題番号 6007]。だいち 2 号の SAR データを用いて北方四島を含む国土全域を対象に SAR 干渉解析を行い、平成 28 年熊本地震をはじめ複数の地震において変動を検出した。平成 28 年熊本地震では、地震前後のデータを解析した結果、地殻変動が布田川断層帯と日奈久断層帯を中心に広域に及んでいたことがわかった [課題番号 6008] (図 3)。2016 年熊本地震を撮像した ALOS-2 データに MAI 法を適用することにより、標準的な SAR 干渉解析では得られない衛星進行方向 (準南北成分) の地震時変位を抽出することに成功した [課題番号 6013] (図 4)。さらに、VLBI 観測を継続することで、東北地方太平洋沖地震前後の長期的な地殻変動を捉えた [課題番号 6008] (図 5)。火山基本図「秋田焼山」「焼岳」「桜島」「八丈島」「新島」の数値データを整備した [課題番号 6009]。屏風山・恵那山断層帯及び猿投山断層帯、鈴鹿西縁断層帯、別府一万年山断層帯、布田川・日奈久断層帯の調査を実施した [課題番号 6010]。

海上保安庁は、国土交通省水管理・国土保全局及び港湾局、国土地理院、気象庁と連携し、インターネットによるリアルタイム験潮データの公開を継続した [課題番号 8005]。沿岸海域での海底地形の調査が実施された [課題番号 8006]。

防災科学技術研究所は、Hi-net、F-net、KiK-net など基盤的地震観測施設を安定的に運用した。日本海溝海底地震津波観測網(S-net)の構築に関して、平成 28 年度については、海溝軸外側 (北海道沖～千葉県) の敷設工事を行った。平成 27 年度までに整備を行った海溝軸外側以外の 5 海域 125 観測点については、試験運用を開始し、気象庁にもデータの配信を開始した。海洋研究開発機構によって整備された地震・津波観測監視システム (DONET) は、平成 28 年 4 月 1 日より防災科研に移管された。重点的に観測を強化すべき火山に整備した基盤的火山観測網(V-net)に関しては、故障、老朽化した観測機器の更新を行い安定運用に努め、観測データの大学や気象庁への流通を図り、関係機関の研究や火山監視業務等に貢献した。熊本地震で被害を受けた阿蘇山の火山観測施設については速やかな復旧を行った [課題番号 3004]。

産業技術総合研究所は、東アジア地域地震火山災害情報図の作成を行い、2016 年 5 月に出版した (図 6)。この災害情報図には完新世火山の分布、大規模火山噴火 (VEI6 以上) の噴火による降下テフラ分布域、主要カルデラの位置、大規模火砕流の分布、大規模火山噴火による犠牲者数、M6 以上の地震の震源分布、大規模地震の震源域、主要活断層の分布、大規模津波の分布、津波の最大到達高度、地震の犠牲者数等が取りまとめられた [課題番号 5009]。

東京大学地震研究所において、長期連続データ解析のための大規模解析システムが構築され、過去の地震波形連続データの保存が進められた [課題番号 1518]。研究成果共有サーバにおいて、プレート構造モデルの公開を含むホームページコンテンツのアップデートを実施した [課題番号 1519]。北海道大学においては、地殻変動連続観測等データの全国流通・公開を継続した。傾斜計データの時系列表示の座標軸を任意の方向に回転できる機能を組み込んだ。また、歪観測値から面積歪を計算できるルーチンを実装し、CMT 解の情報から理論ひずみ波形を計算できるプログラムをシステムに搭載し、遠地地震のひずみ地震動波形の観測値と理論値の比較機能を加えた [課題番号 1009]。京都大学防災研究所においては、阿蘇の火山研究センターで保管されているウィーヘルト地震計の 1925 年～1935 年に記録された煤書き記録 450 枚をスキャンして、ハードディスクに格納した [課題番号 1915]。

## これまでの課題と今後の展望

データベース・データ流通部会における課題は、(1) 各研究機関において蓄積されているそれぞれのデータおよびデータベースを有機的に統合化すること、(2) 研究成果共有システムの開発、(3) 安定かつ多点・多項目連続データのリアルタイム集配信システムの基盤整備である。今後はさらにオープンデータポリシーに対応した大規模・大容量のデータを効率的に公開できるシステムの開発の検討も必要である。また、データを公開する際の公開ポリシーの検討も重要な課題となってくると考えられる。

基礎データベースの GIS を活用した可視化システム, 地震解析ソフトウェアの整備・解析基盤の開発は, 着実に進められる項目であるので, これらの課題へ積極的に取り組むべきであろう。また, 情報学等の研究分野の進展に伴う斬新的なシステムの開発に着手すべき時期に差し掛かっており, 新システムの構築に関する議論を重ねていくことが必要であろう。日本海溝海底地震津波観測網(S-net)のデータを活用し, 海域の震源の精度向上を引き続き進める必要がある。

#### 成果リスト

- Matsubara M., H. Sato, T. Ishiyama, and A. D. Van Horne (2016) Configuration of the Moho discontinuity beneath the Japanese Islands derived from three-dimensional seismic tomography, *Tectonophysics*, in press, doi:10.1016/j.tecto.2016.11.025.
- Nakano, M., T. Hori, E. Araki, N. Takahashi and S. Kodaira (2016) Ocean floor networks capture low-frequency earthquake event, *Eos*, 97, doi:10.1029/2016EO052877
- Suzuki, K., M. Nakano, N. Takahashi, T. Hori, S. Kamiya, E. Araki, R. Nakata and Y. Kaneda (2016) Synchronous changes in the seismicity rate and ocean-bottom hydrostatic pressures along the Nankai trough: A possible slow slip event detected by the Dense Oceanfloor Network system for Earthquakes and Tsunamis (DONET). *Tectonophysics*, 680, p. 90-98, doi:10.1016/j.tecto.2016.05.012
- Takaesu, M., H. Horikawa, K. Sueki, N. Takahashi, A. Sonoda and S. Tsuboi (2016) Development of a Web Application System for Seismic Waveform Data Observed in Real Time With the Seafloor Seismic Network DONET, *Marine Technology Society Journal*, 50, 3, 87-91, doi:10.4031/MTSJ.50.3.14
- Yamamoto, N., S. Aoi, K. Hirata, W. Suzuki, T. Kunugi and H. Nakamura (2016) Multi-index method using offshore ocean-bottom pressure data for real-time tsunami forecast, *Earth, Planets and Space*, 68(1), 128, doi:10.1186/s40623-016-0500-7
- Yamamoto, N., K. Hirata, S. Aoi, W. Suzuki, H. Nakamura and T. Kunugi (2016) Rapid estimation of tsunami source centroid location using a dense offshore observation network, *Geophysical Research Letter*, 43(9), 4263-4269, doi:10.1002/2016GL068169
- Oikawa, T. et al., 2016, Reconstruction of the 2014 eruption sequence of Ontake Volcano from recorded images and interviews. *Earth, Planets and Space*, 68: 79. doi:10.1186/s40623-016-0458-5.
- Kobayashi, T. (2017), Earthquake rupture properties of the 2016 Kumamoto earthquake foreshocks (Mj 6.5 and Mj 6.4) revealed by conventional and multiple-aperture InSAR, *Earth Planets Space*, 69: 7, doi:10.1186/s40623-016-0594-y.
- Fujiwara, S., H. Yari, T. Kobayashi, Y. Morishita, T. Nakano, B. Miyahara, H. Nakai, Y. Miura, H. Ueshiba, Y. Kakiage and H. Une (2016), Small-displacement linear surface ruptures of the 2016 Kumamoto earthquake sequence detected by ALOS-2 SAR interferometry, *Earth Planets Space*, 68: 160, doi:10.1186/s40623-016-0534-x.
- Morishita, Y., T. Kobayashi, and H. Yari, 2016, Three-dimensional deformation mapping of a dike intrusion event in Sakurajima in 2015 by exploiting the right- and left-looking ALOS-2 InSAR, *Geophys. Res. Lett.*, 43, doi:10.1002/2016GL068293.
- Miyahara, B., Y. Miura, Y. Kakiage, H. Ueshiba, M. Honda, H. Nakai, T. I. Yamashita, Y. Morishita, T. Kobayashi and H. Yari, 2016, Detection of Ground Surface Deformation Caused by the 2016 Kumamoto Earthquake by InSAR using ALOS-2 Data, *Bulletin of the GSI*, Vol. 64.
- 小林知勝, 2016, 数値気象モデルを用いた干渉 SAR の大気遅延誤差の低減効果について～2015 年桜島マグマ貫入イベントの解析を例に～, *測地学会誌*, 62, 79-88.

- Munekane, H., J. Oikawa, and T. Kobayashi (2016): Mechanisms of step-like tilt changes and very long period seismic signals during the 2000 Miyakejima eruption: Insights from Kinematic GPS, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1002/2016JB012795.
- 川元智司・檜山洋平・古屋智秋・佐藤雄大・太田雄策・西村卓也・等々力賢, 2016, 電子基準点リアルタイム解析システム (REGARD) プロトタイプの開発, *国土地理院時報*, 128.
- Kawamoto, S., Y. Hiyama, Y. Ohta, and T. Nishimura, 2016, First result from the GEONET real-time analysis system (REGARD): the case of the 2016 Kumamoto Earthquakes, *Earth, Planets and Space*, 68, 190.
- Kawamoto, S., Y. Ohta, Y. Hiyama, M. Todoriki, T. nishimura, T. Furuya, Y. Sato, T. Yahagi, and K. Miyagawa, 2017, REGARD: A new GNSS-based real-time finite fault modeling system for GEONET, *J. Geophys. Res.*, in press.
- Yamamoto, K., M. Nosé, N. Mashiko, K. Morinaga, and S. Nagamachi (2016), Estimation of magnetospheric plasma ion composition for 1956-1975 by using high time resolution geomagnetic field data created from analog magnetograms, *J. Geophys. Res. Space Physics*, 121, 5203-5212, doi:10.1002/2016JA022510.
- 溜淵功史・森脇健・上野寛・東田進也, 2016, ベイズ推定を用いた一元化震源のための自動震源推定手法, *験震時報*, 79, 1-14.

DGPS局等の水平変動 - 1年間 -

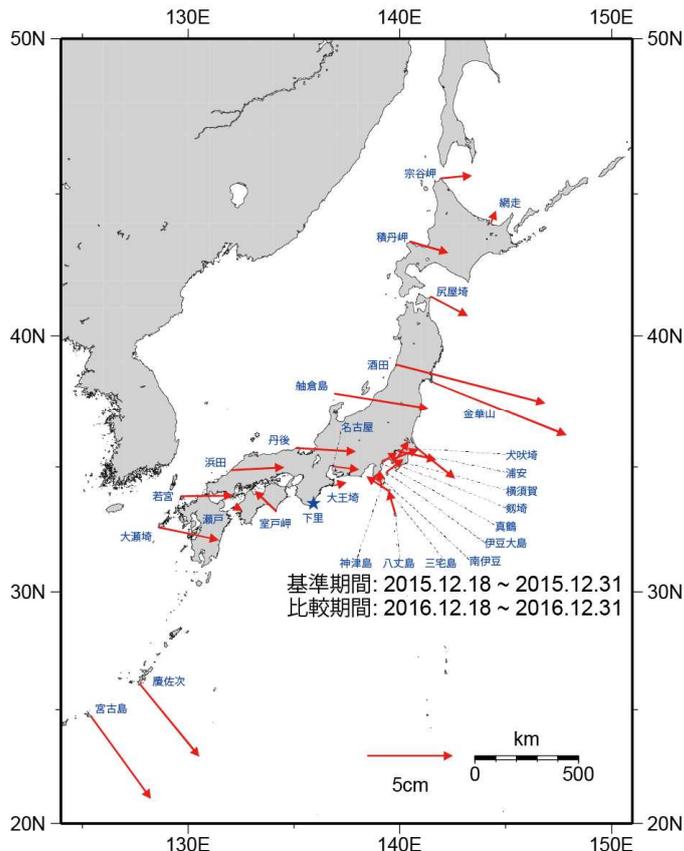
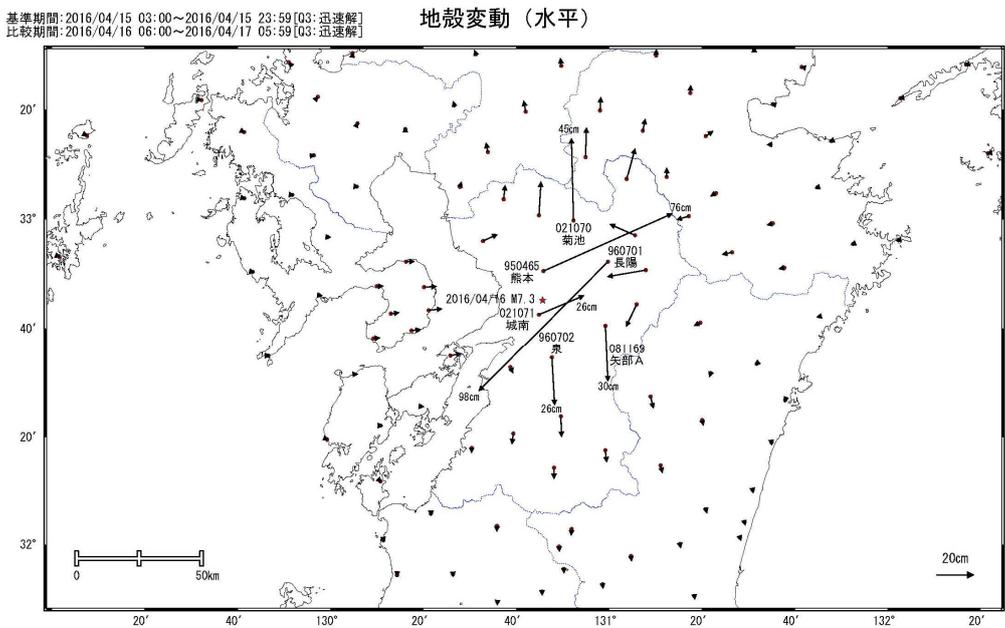


図1. DGPS局等のGPS連続観測から求めた水平変位(下里局固定)。海上保安庁「課題番号8004」



☆ 固定局: 三隅 (950388)  
 ※4月16日以降の余震活動に伴う変動を含むと推測される。

図2. 平成28年(2016年)熊本地震(4月16日 M7.3)前後の地殻変動観測データ(水平成分)。国土地理院「課題番号6005」

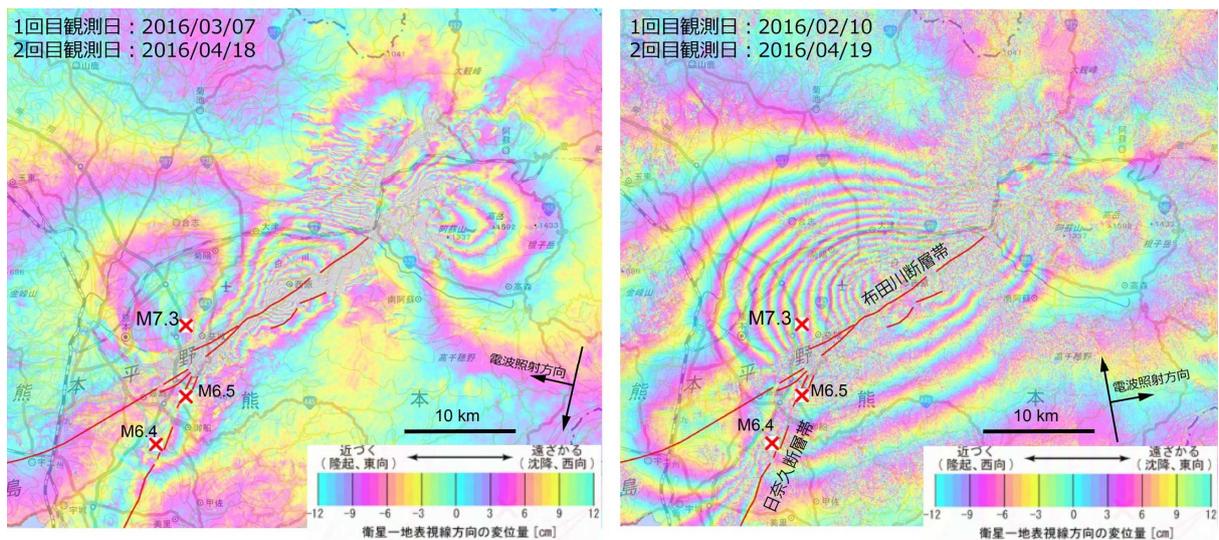


図3. SAR 干渉解析で捉えた平成 28 年熊本地震に伴う地殻変動。国土地理院 「課題番号 6008」

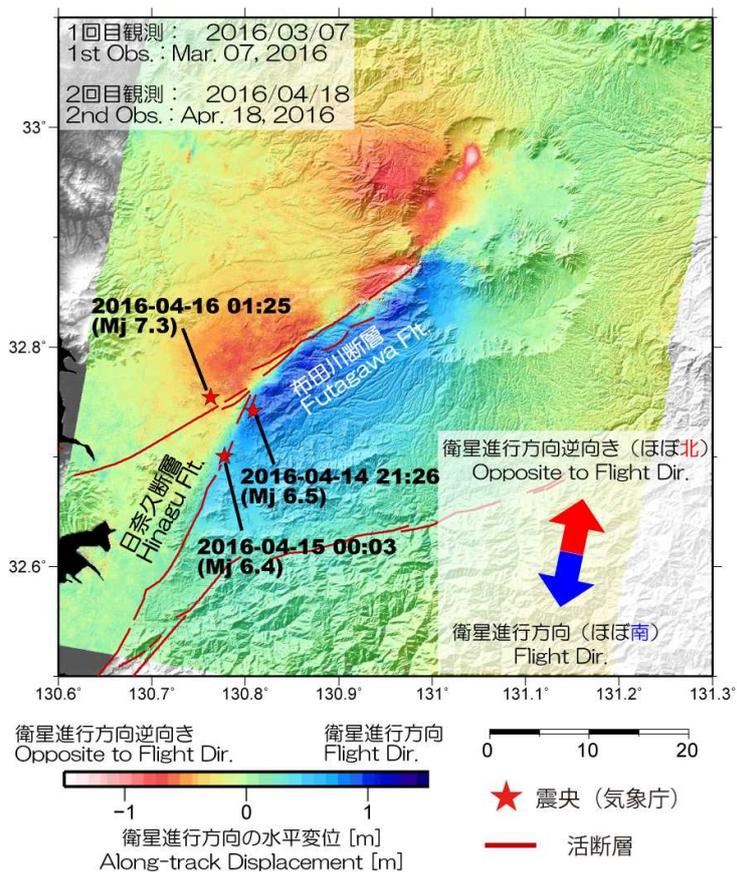


図4. MAI 法により捉えられた準南北方向の地表変位。国土地理院 「課題番号 6013」

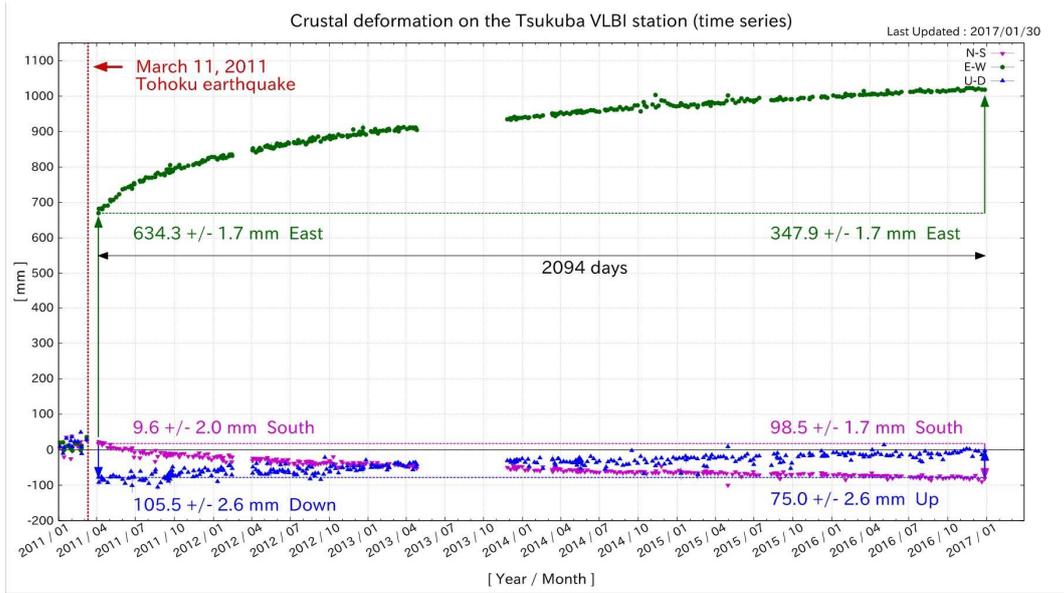


図5. 平成23年東北地方太平洋沖地震前後のつくばVLBI観測局の位置の変化。国土地理院「課題番号6008」

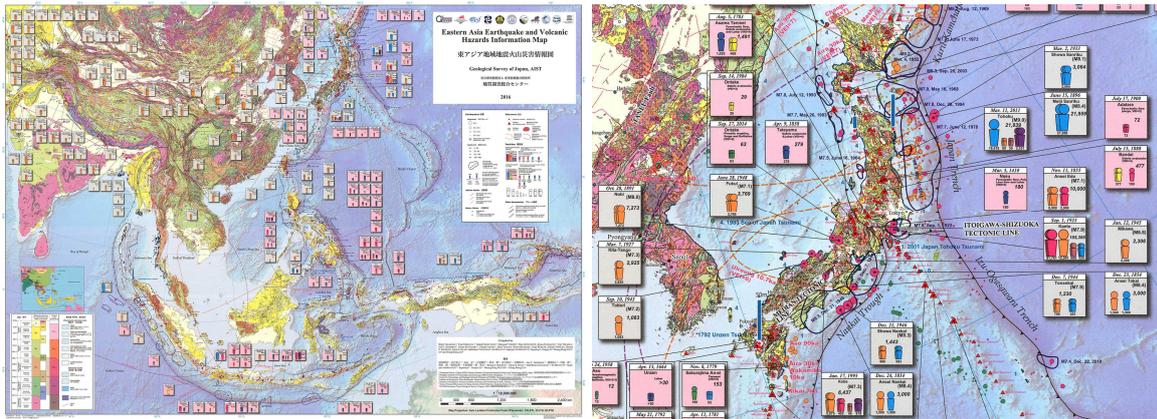


図6. 東アジア地域地震火山災害情報図。産業技術総合研究所「課題番号5009」