

災害軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 平成30年度年次報告

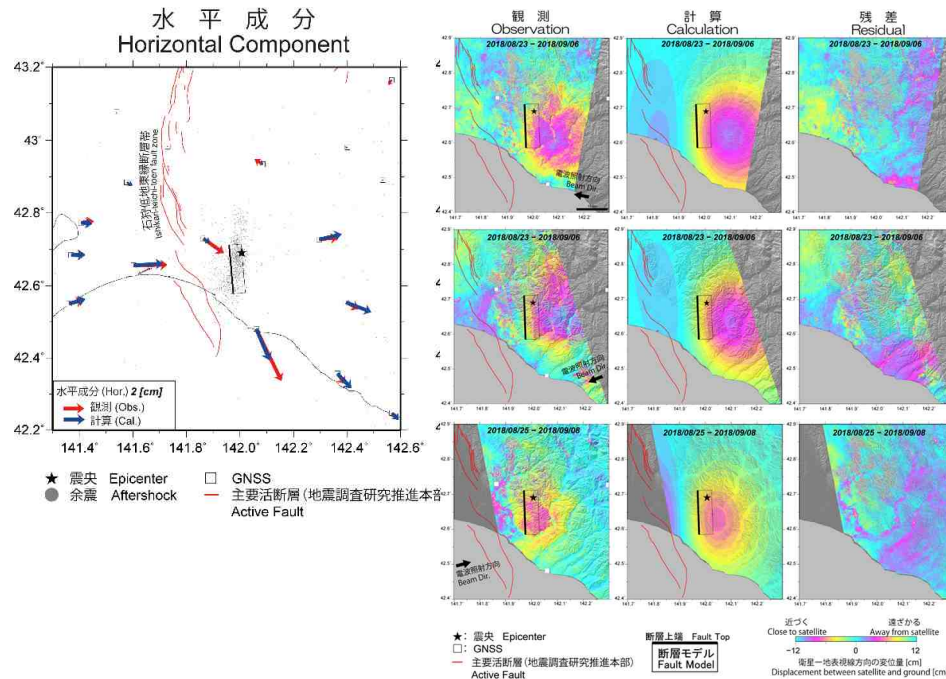
国土交通省 国土地理院

- 6001 内陸の地殻活動の発生・準備過程の解明
 - 6002 火山地域のマグマ供給系のモデリング
 - 6003 プレート境界面上の滑りと固着の時空間変化の広域的な把握
 - 6004 GNSSを用いた震源メカニズム即時推定技術の開発
 - 6005 GNSS連続観測(GEONET)
 - 6006 地形地殻変動観測
 - 6007 物理測地観測
 - 6008 宇宙測地技術による地殻変動監視
 - 6009 火山基本図・火山土地条件図整備
 - 6010 都市圏活断層図整備
 - 6011 地殻活動データベース整備・更新
 - 6012 GNSS観測・解析技術の高度化
 - 6013 SAR観測・解析技術の高度化
- 地震予知連絡会

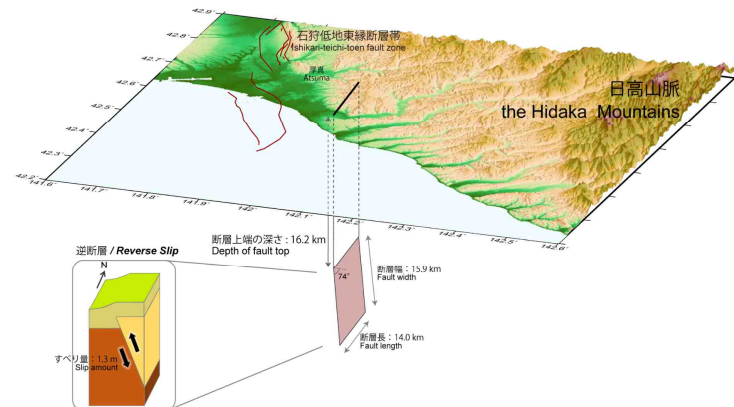
6001:内陸の地殻活動の発生・準備過程の解明

平成30年北海道胆振東部地震

GNSS観測およびSAR観測により検出された地殻変動から震源断層モデルを推定した。断層上端の深さが約16kmと、一般的な内陸の地殻内地震よりも深い位置に断層面が推定された。

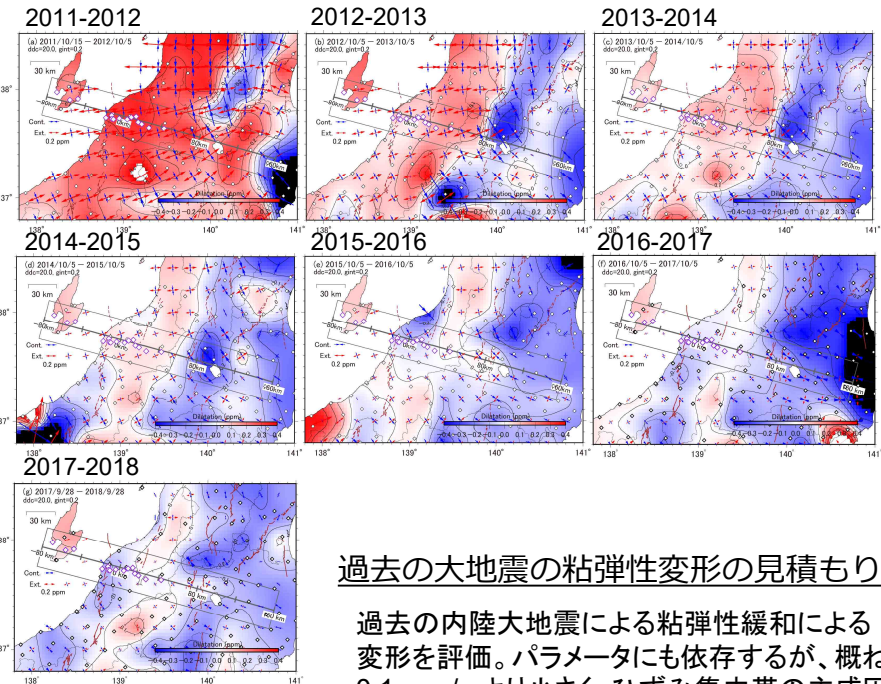


【概念図 / Schematic view】



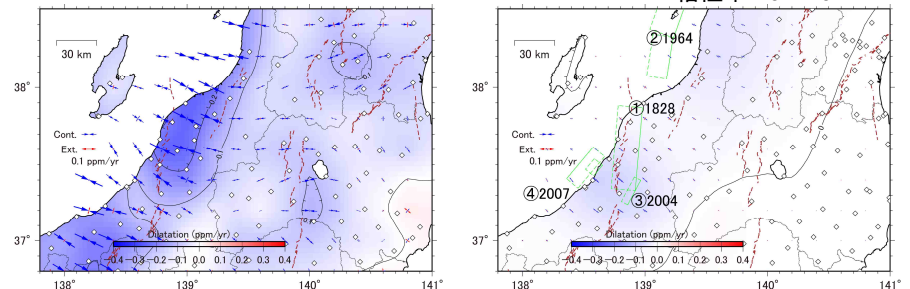
新潟ひずみ集中帯

- 新潟県佐渡市から阿賀町においてGNSS繰り返し観測を毎年11月に実施。
- 新潟県周辺では、東北地方太平洋沖地震の余効変動により東西方向の伸張が卓越していたが、時間と共に伸張は小さくなってきている。
- 2016年以降は北西-南東方向の短縮が卓越しつつある。



過去の大地震の粘弾性変形の見積もり

過去の内陸大地震による粘弾性緩和による変形を評価。パラメータにも依存するが、概ね0.1ppm/yrより小さく、ひずみ集中帯の主成因と考えることは難しい。



2009年1月～2011年1月のひずみ速度分布

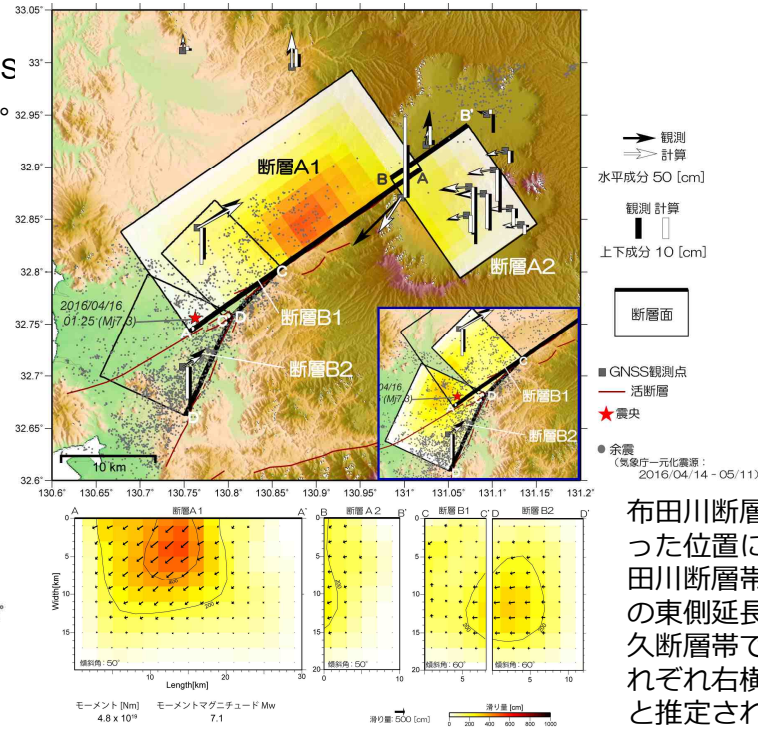
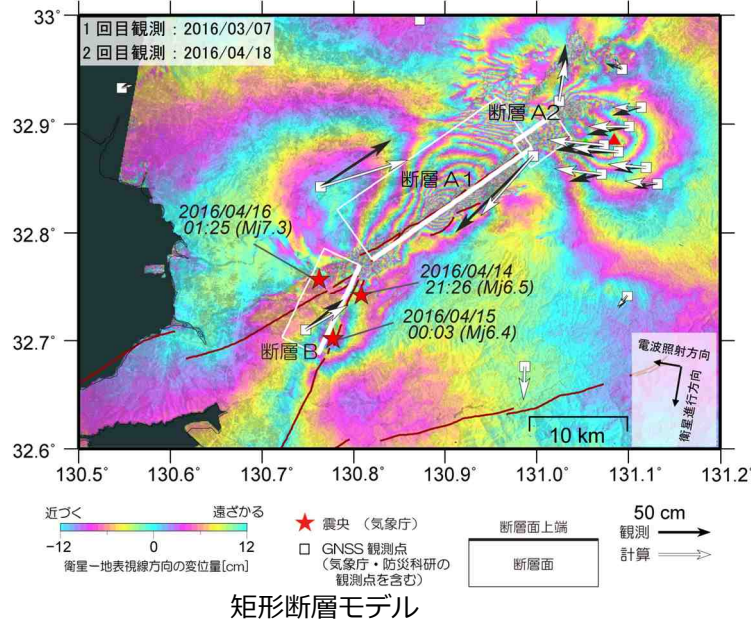
過去の内陸大地震の粘弾性緩和による変形のひずみ速度分布(計算値)

粘性率 $2.0 \times 10^{18} \text{Pa}\cdot\text{s}$

6001:内陸の地殻活動の発生・準備過程の解明

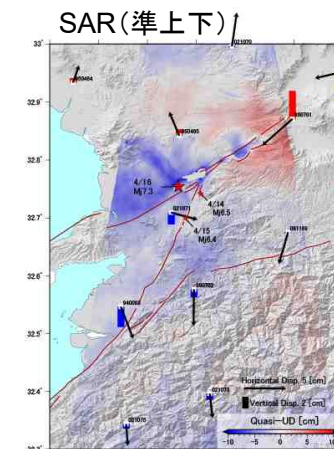
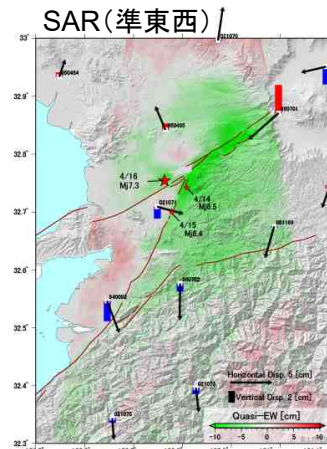
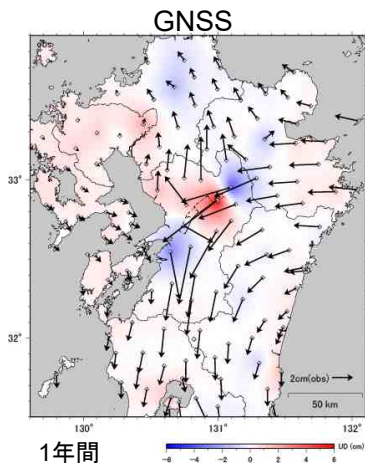
平成28年(2016年)熊本地震

熊本地震の一連の地震に伴う地殻変動および余効変動をGNSS連続観測およびSAR干渉解析により捉え、モデル化を実施した。



布田川断層帯および日奈久断層帯に沿った位置に震源断層が推定された。布田川断層帯では北西傾斜の断層面とその東側延長に南東傾斜の断層面、日奈久断層帯では北西傾斜の断層面、それぞれ右横ずれの断層運動が生じたと推定された。

余効変動

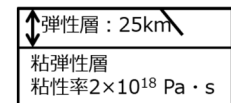


2方向のSAR干渉データを用いて、地表変動の準東西成分、準上下成分を抽出

- 布田川断層周辺で西向きおよび隆起、それより西側の宇土区間周辺では東向きおよび沈降
 - GNSSデータで検出された余効変動と概ね一致
- 地震時に大きく滑った布田川断層を境にして変位の食い違いが見られない
 - 断層の南北側とも隆起および西に変位

GNSSデータの時系列解析から、地震直後60日程度は急激な変動が続いたが、その後はゆっくりとした変動が続き、変動速度は小さいものの2019年3月現在も継続している。

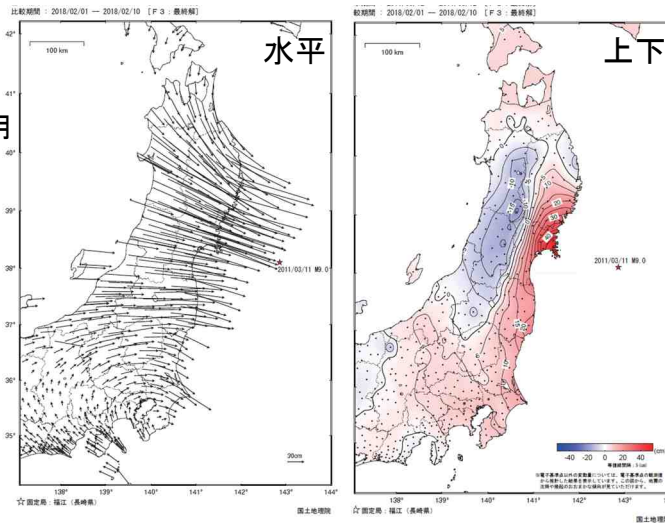
水平二層構造のモデリングから最適な弾性層の厚さは25km、粘性率は $2.0 \times 10^{18} \text{ Pa} \cdot \text{s}$ と推定された。



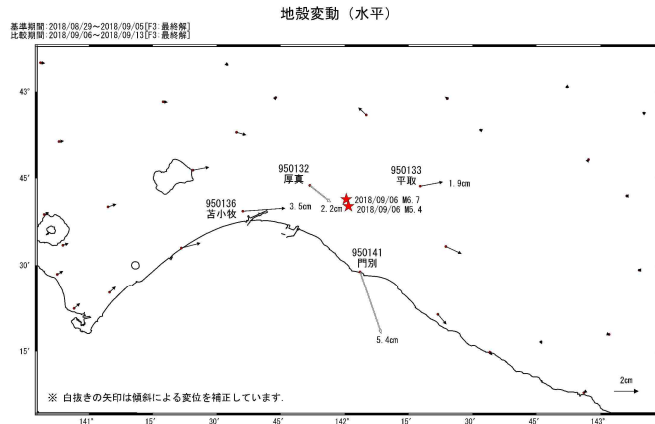
GEONETによる地殻変動モニタリング

東北地方太平洋沖地震の余効変動、平成28年(2016年)熊本地震や平成30年北海道胆振東部地震などの地震活動、箱根山や霧島山、硫黄島などの火山活動、房総半島や豊後水道でのスロースリップイベントに伴う地殻変動を検出。

東北地方太平洋沖地震の余効変動 地震翌日~2018年2月



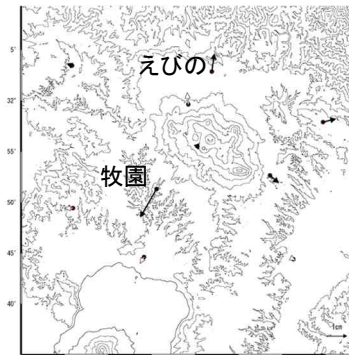
平成30年北海道胆振東部地震に伴う地殻変動



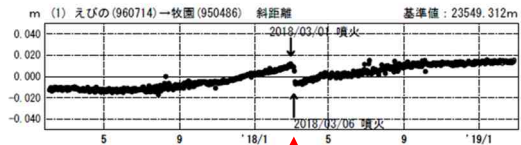
モニタリング結果は、速やかにホームページなどで公表するとともに、地震調査委員会、火山噴火予知連絡会などに報告し、評価に活用

霧島山:2018年3月噴火前後の地殻変動

2017年6月~2018年2月:膨張



えびの-牧園間の基線長変化
(2017年2月~2019年2月)



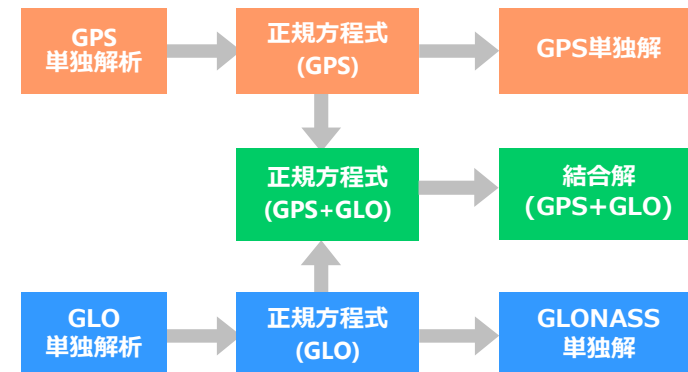
2018年3月6~7日:収縮

新解析戦略(第5世代解析ストラテジ)の検討

現行の解析戦略(F3)は2009年に運用開始している。それ以降、解析ソフトウェアのバージョンアップやGPS以外のGNSSの運用開始等の環境の変化があり、それらに対応した新たな解析戦略を検討。

第5世代解析ストラテジの概要

- マルチGNSS解析を実施
 - GPS単独解, GLONASS単独解, 結合解
- 解析座標系の更新
 - ITRF2014への対応
- 解析ソフトウェアの更新
 - Bernese 5.2の使用 大気モデルにVMFが使用可能に



6008:宇宙測地技術による地殻変動監視

干渉SAR

だいち2号のデータを用いて国土全域を対象にSAR干渉解析を実施し、地震や火山活動に伴う地殻変動を検出した。

地震活動

- ・2014年長野県北部の地震
- ・平成28年（2016年）熊本地震
- ・2016年鳥取県中部の地震
- ・2016年茨城県北部の地震
- ・平成30年北海道胆振東部地震 など

火山活動

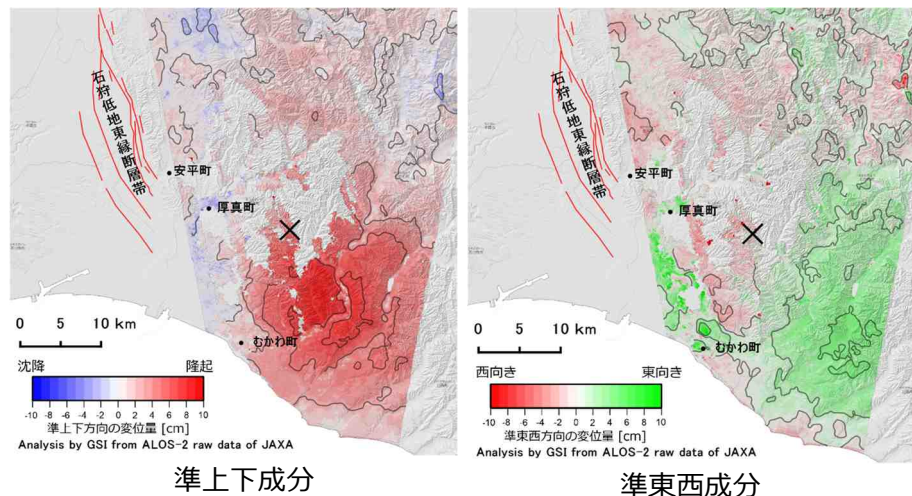
- ・御嶽山
- ・箱根山大涌谷
- ・桜島
- ・雌阿寒岳、雄阿寒岳
- ・霧島山新燃岳、硫黄山
- ・硫黄島 など

これらの解析結果は、地震予知連絡会、地震調査委員会や火山噴火予知連絡会に迅速に提供され、地震・火山活動の評価や噴火警戒レベルの検討等に活用された。

平成30年北海道胆振東部地震

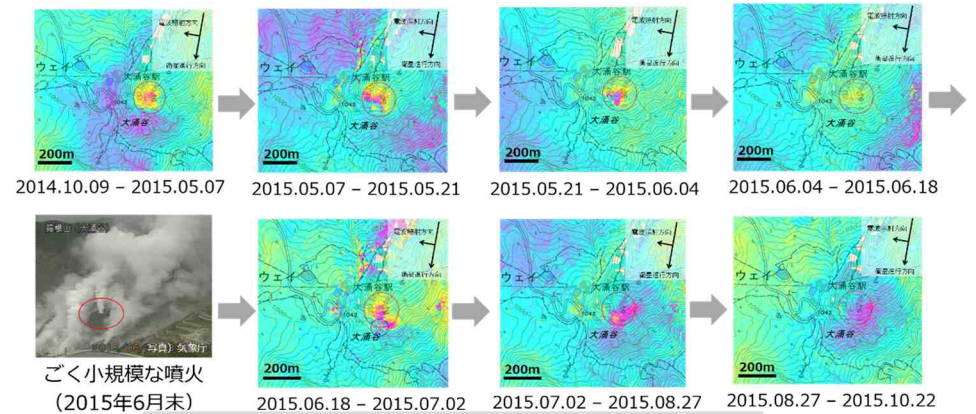
地震発生直後に実施された緊急観測データを解析

- ・震源周辺で最大7cm程度の隆起及び、隆起域の東側で最大4cm程度の東向きの変動を検出
- ・むかわ町から厚真町にかけての平野部における局所的な変動を検出



箱根山大涌谷の火山活動（2016年）

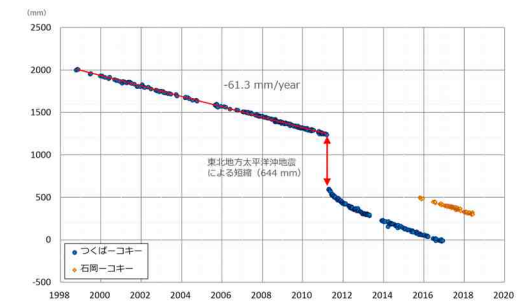
大涌谷内の直径200m程度の範囲における変動を検出し、時間変化を把握
 ▶ 地上の観測機器では検出することが難しい極小規模な変動域の変化を検出した初のケース



累積変動量と噴火警戒レベルの推移

VLBI

18年間観測したつくば局が2016年12月運用を終了し、石岡局がその役割を引継いだ。石岡局のデータを含む世界各国で行われているVLBI観測データを全地球的に解析し、観測局位置とその変化、基線長変化等を求めた。

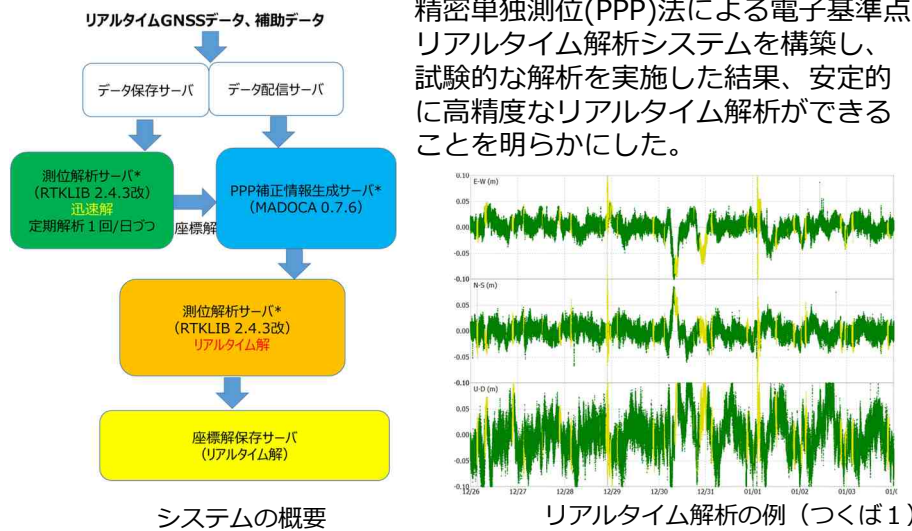


VLBIで得られた日本（つくば局・石岡局）-ハワイ（コキー局）間の基線長変化

6012:GNSS観測・解析技術の高度化

6004: GNSSを用いた震源メカニズム即時推定技術の開発 の内容も含む

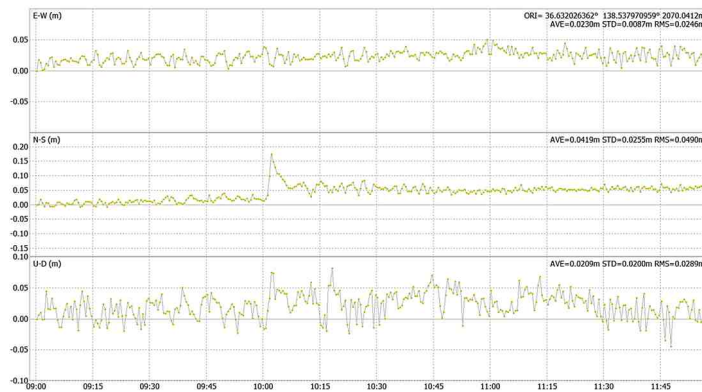
電子基準点PPPリアルタイム解析システムの開発



精密単独測位(PPP)法による電子基準点リアルタイム解析システムを構築し、試験的な解析を実施した結果、安定的に高精度なリアルタイム解析ができることを明らかにした。

電子基準点PPPリアルタイム解析システムの開発

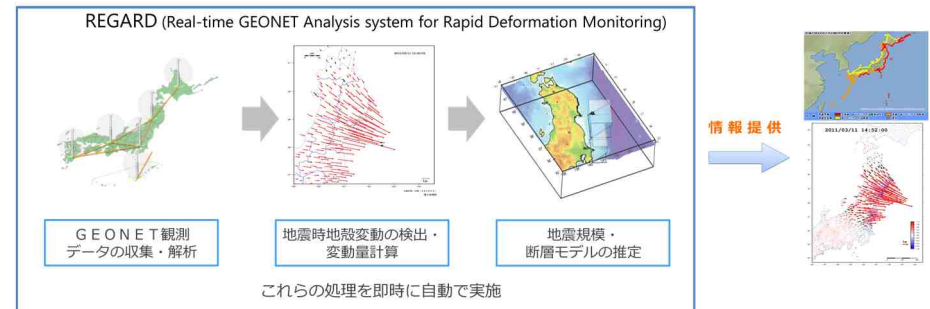
精密単独測位 (PPP) 法による電子基準点後処理キネマティック解析システムを構築した。さらに他機関が保有するGNSS観測点についても定常解析を行えるようシステムを拡張した。



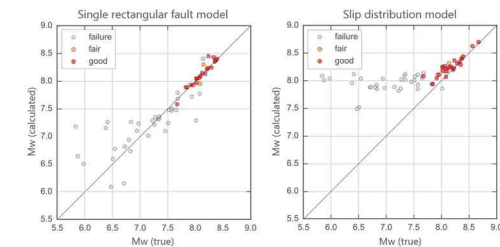
2018年1月に発生した草津白根山の噴火時における気象庁観測点のキネマティック座標時系列(J421;逢ノ峰南東)

電子基準点リアルタイム解析システム(REGARD)の開発

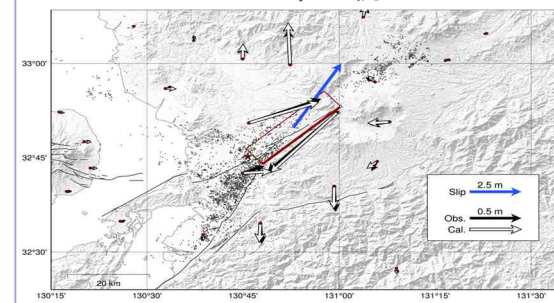
GEONETリアルタイム解析システムを構築し、平成28年度から試験運用を開始した。



推定された断層モデルの信頼性を評価する指標として、モデルの観測値再現性 (Variance Reduction) を用いる。VRの閾値を設定するため、日本の地震断層パラメータ・ハンドブック (佐藤ほか、1989) を用いて、擬似的な観測データを作成し、REGARDで断層推定をした結果と、その際のVRの値を評価した。その結果、**VR>80%**であればおおむね断層モデルの信頼性が高いことが明らかになった。



熊本地震 (本震: 2016年4月16日, M7.3) の例



REGARDによって検出されたリアルタイム変動は国土地理院が定常的に算出している迅速スタティック解 (Q3) の結果と概ね一致した。

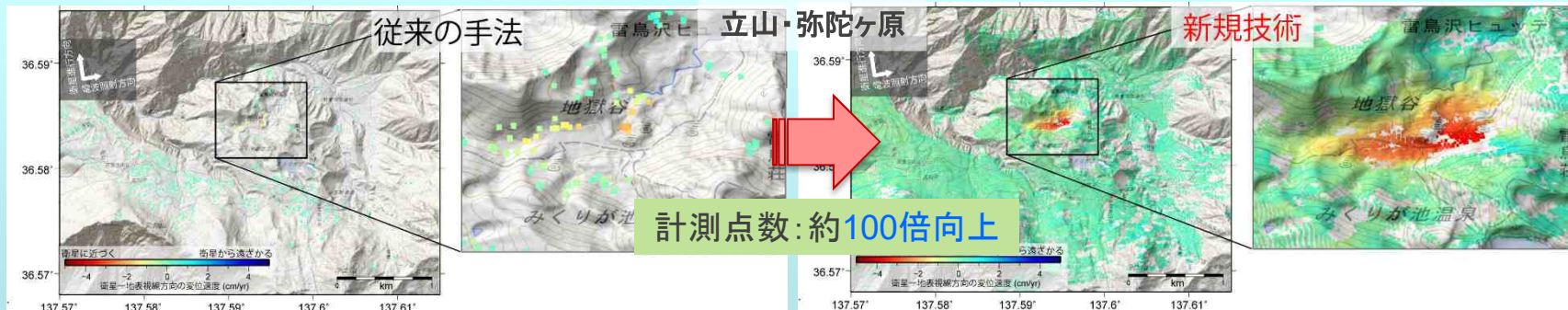
断層モデルは、地震発生後58秒で気象庁のCMT解と一致する結果が得られ、6分以内には長さ26km、幅10kmの布田川断層沿いに右横ずれ断層が求まった。

6013:SAR観測・解析技術の高度化

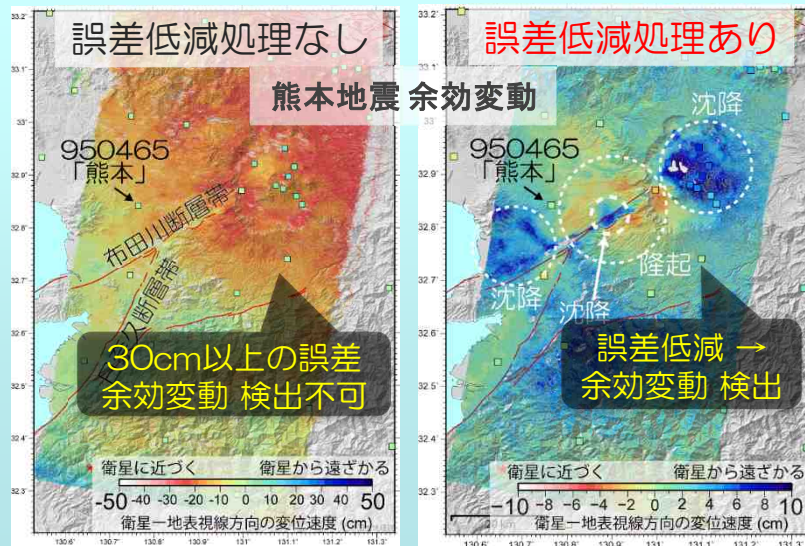
干渉SAR時系列解析技術の高度化

- ・干渉SAR時系列解析の誤差要因(植生、大気、電離圏の影響)を低減する技術を開発
- ・GUI操作による時系列解析専用処理システムを開発
- ・電離圏起因の誤差低減技術(周波数分割処理, GPS-TECの利用)を開発

■植生の影響低減：位相最適化処理による計測点抽出技術



■電離層の影響低減：周波数分割法の開発



■GUIソフトウェアの開発

【データ入力】

- SAR 画像 (SLC)
 - ※1 新 GSISAR による再生画像対応
 - ※2 各種 SAR 衛星対応
 - ALOS, ALOS-2 (ALOS-4)
 - Satellite-1, RADARSAT-1/-2
 - COSMO-Skymed, TerraSAR-X 等
- 標高データ (DEM)
- 誤差低減処理用データ
 - 数値気象モデル
 - GNSS

【解析手法の選択】

シングルマスター処理 (例) PGI 法

マルチマスター処理 (例) SEBAS 法

地震予知連絡会

- 「**地震予知連絡会**は、地震活動・地殻変動などに関する[モニタリング結果](#)や地震の予知・予測のための研究成果などに関する情報交換を行うことにより、[モニタリング手法](#)の高度化に資する役割を担う。」
- 「**地震予知連絡会**は、議事公開、重点検討課題などの検討内容のWeb配信などを通じて、[モニタリングによる地殻活動の理解の状況](#)、関連する観測研究の現状を社会に伝える。また、地震活動の予測手法の現状を報告、検討することで、[地震発生の予知予測に関する研究の現状を社会に伝える](#)。」



- 観測結果の報告、情報交換、検討（「モニタリングに関する議題」）と、注目すべき最近の研究成果に関する報告と討議（「重点検討課題」）で議事を構成し、年4回の定例会を実施
- 議事は公開（事前申し込みにより隣接会議室での傍聴が可能）

平成30年度の重点検討課題

地震予知連	コンビーナ	課 題 名
第219回(2018/05)	今西委員	地震と水
第220回(2018/08)	佐竹委員	千島海溝・北海道東方沖と三陸北部における巨大地震
第221回(2018/11)	橋本委員	予測実験の試行05
第222回(2019/02)	中尾委員	南西諸島の地殻変動