

災害軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 平成28年度年次報告

国土交通省 国土地理院

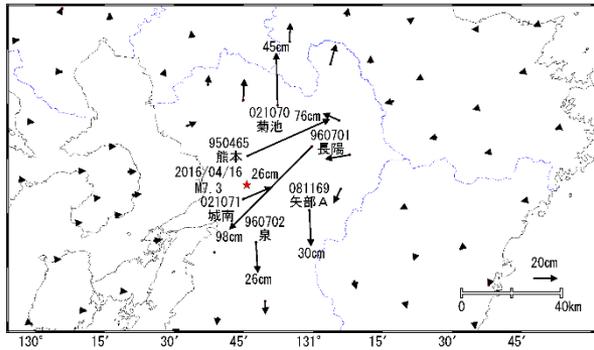
- 6001 内陸の地殻活動の発生・準備過程の解明
 - 6002 火山地域のマグマ供給系のモデリング
 - 6003 プレート境界面上の滑りと固着の時空間変化の広域的な把握
 - 6004 GNSSを用いた震源メカニズム即時推定技術の開発
 - 6005 GNSS連続観測(GEONET)
 - 6006 地形地殻変動観測
 - 6007 物理測地観測
 - 6008 宇宙測地技術による地殻変動監視
 - 6009 火山基本図・火山土地条件図整備
 - 6010 都市圏活断層図整備
 - 6011 地殻活動データベース整備・更新
 - 6012 GNSS観測・解析技術の高度化
 - 6013 SAR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

6005: GNSS連続観測 (GEONET)

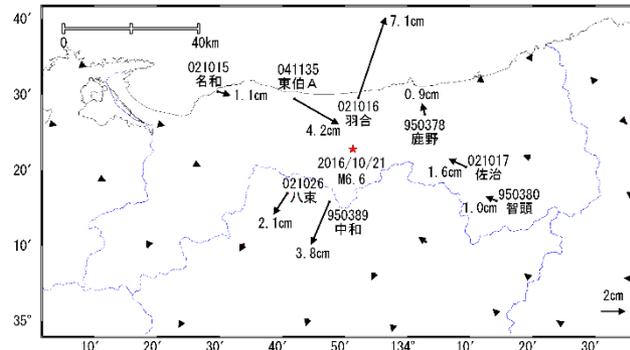
- 全国に展開しているGNSS連続観測点の維持及び観測を継続した。
- 国際GNSS事業 (IGS) に参加し、IGS観測局の運用を行うとともに、観測データをIGSデータセンターへ提供した。
- GEONETによる地殻変動連続観測を実施し、日本列島全域の地殻変動・火山活動のモニタリングを着実にを行った。

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

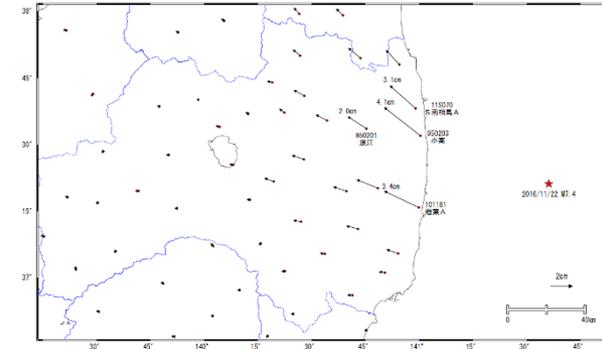
平成28年 (2016年) 熊本地震 本震



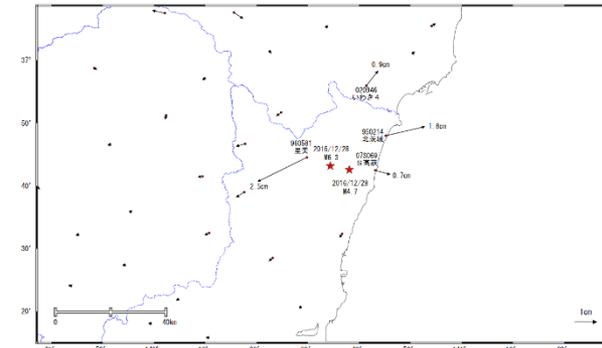
鳥取県中部の地震 (2016/10/21 M6.6)



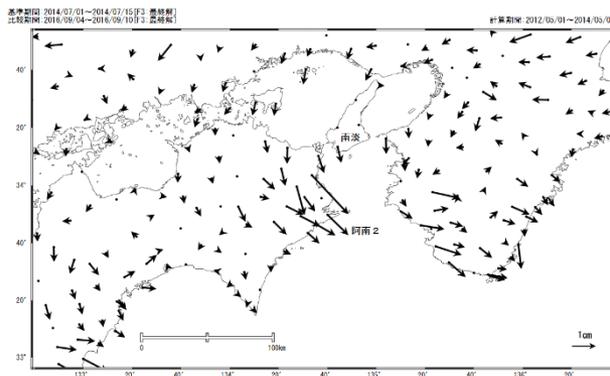
福島県沖の地震 (2016/11/22 M7.4)



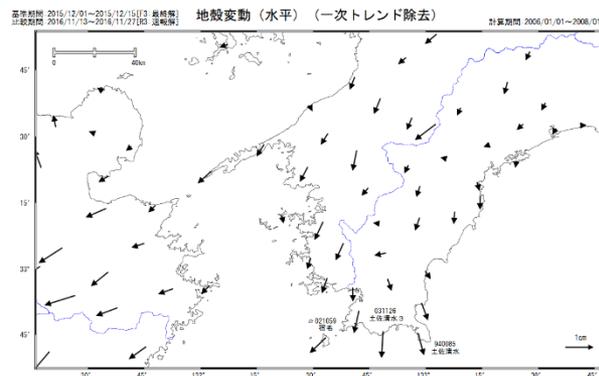
茨城県北部の地震 (2016/12/28 M6.3)



紀伊水道周辺の非定常的地殻変動



豊後水道周辺の非定常的地殻変動

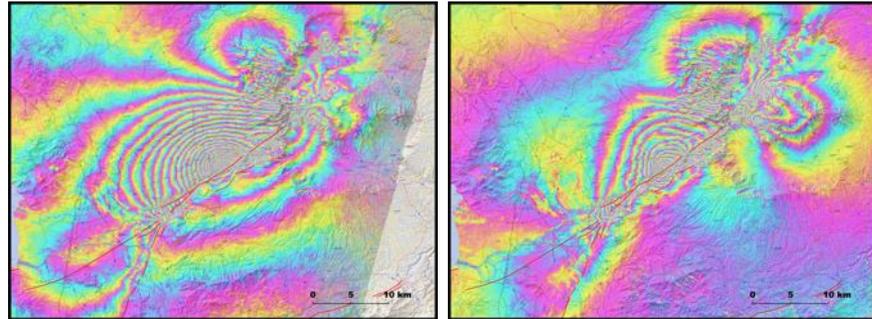


6008: 宇宙測地技術による地殻変動監視

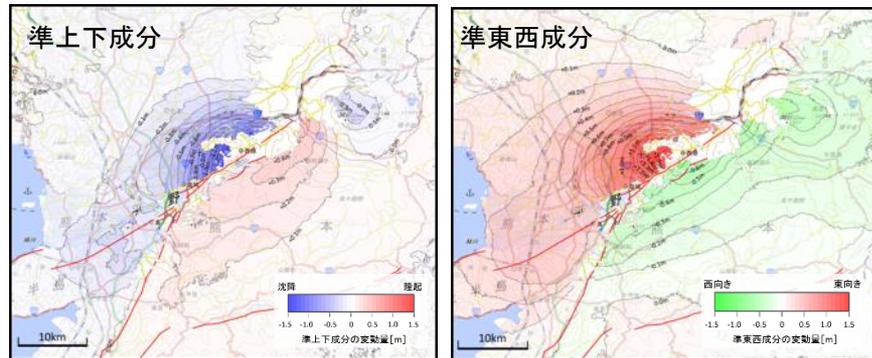
干渉SAR

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。

熊本地震(2016/4/16 M7.3)



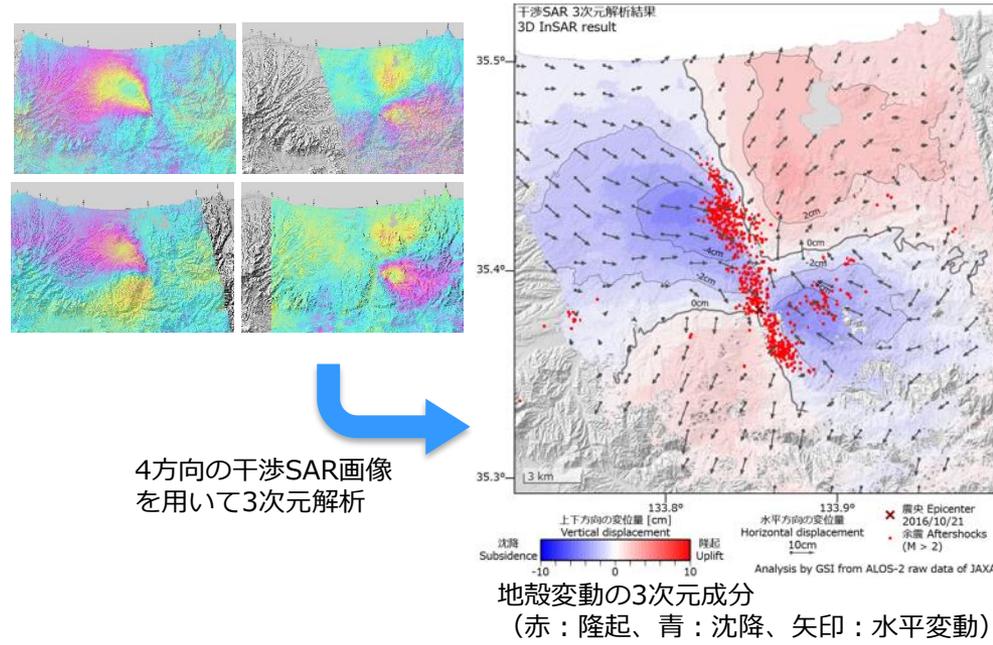
SAR干渉解析結果



2.5次元解析結果

地震直後から様々な方向からの観測が実施され、それらのデータをもとに布田川断層・日奈久断層帯周辺の地殻変動が詳細に捉えられた。2方向からの解析結果を組み合わせた解析により、断層帯の北側では沈降、東向きの変動、南側では隆起、西向きの変動であることが明らかとなった。

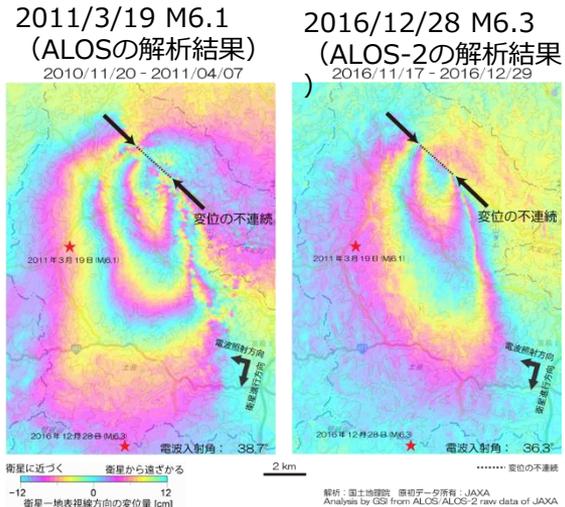
鳥取県中部の地震(2016/10/21 M6.6)



4方向の干渉SAR画像
を用いて3次元解析

地殻変動の3次元成分
(赤：隆起、青：沈降、矢印：水平変動)

茨城県北部の地震(2016/12/28 M6.3)



2016/12/28の地震では、2011/3/19の地震とほぼ同じ場所で同様の地殻変動が生じた。

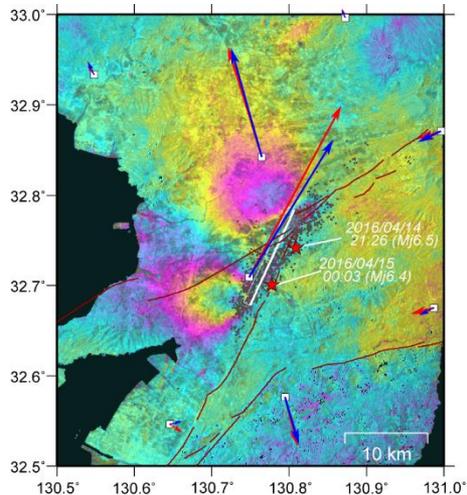
6001: 内陸の地殻活動の発生・準備過程の解明

平成28年(2016年)熊本地震

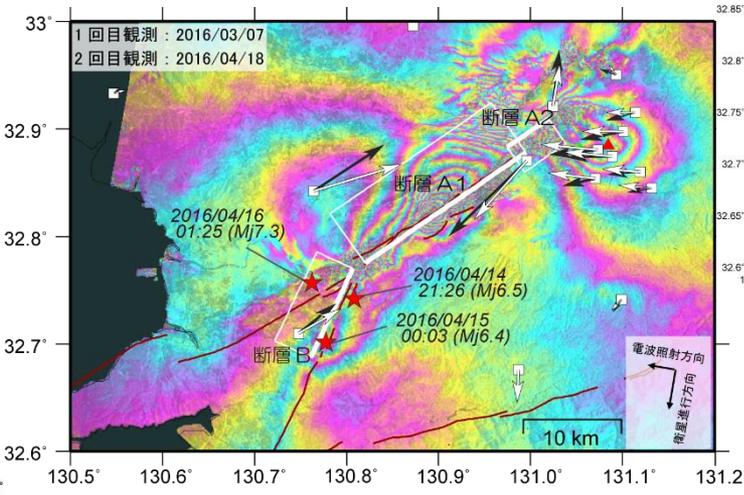
一連の地震に伴う地殻変動をGNSS 連続観測、緊急GNSS観測および SAR干渉解析により捉えた。また、得られた地殻変動から断層モデルの推定を行った。

前震(2016/4/14 M6.5, 4/15 M6.4)

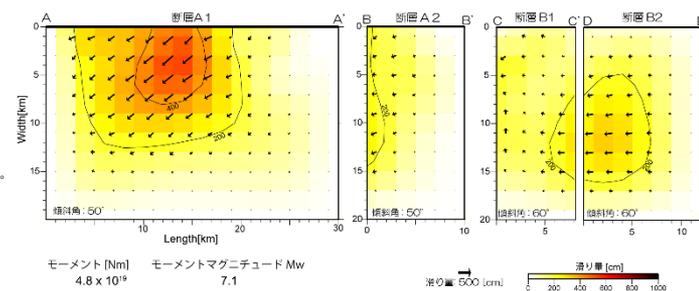
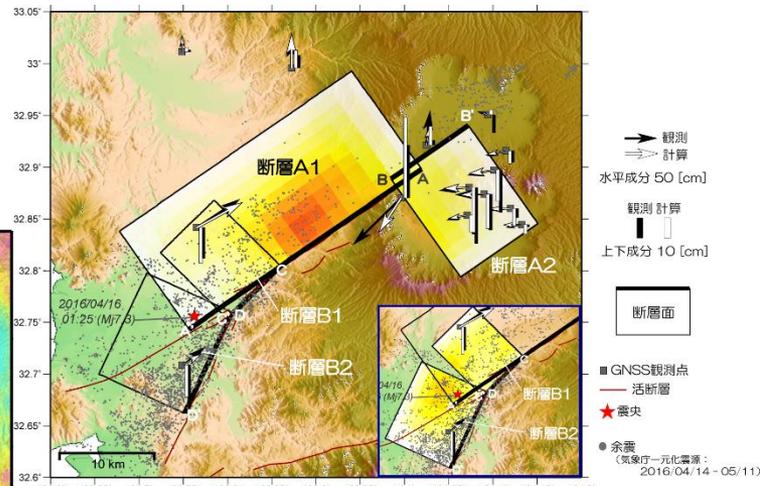
本震(2016/4/16 M7.3)



前震(2016/4/14 M6.5および4/15 M6.4)の震源断層モデル

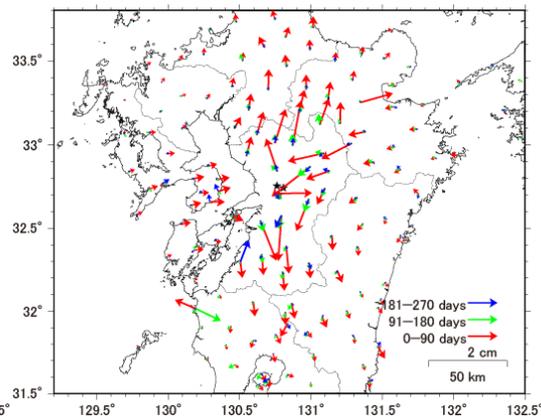
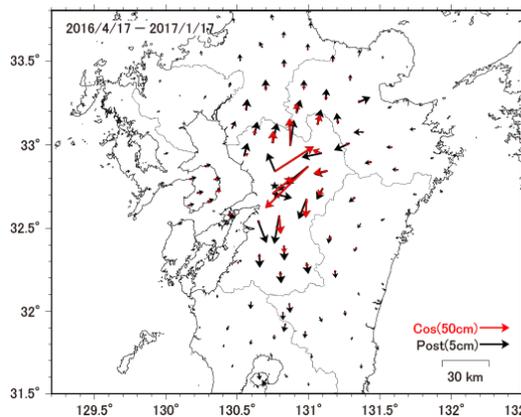


本震(2016/4/16 M7.3)の震源断層モデル (矩形断層モデル)



本震の震源断層モデル (滑り分布モデル)

余効変動



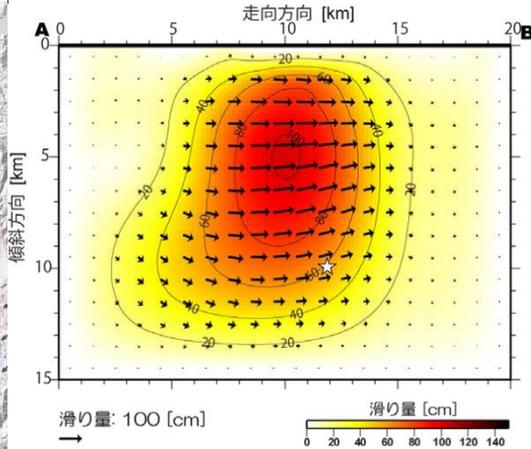
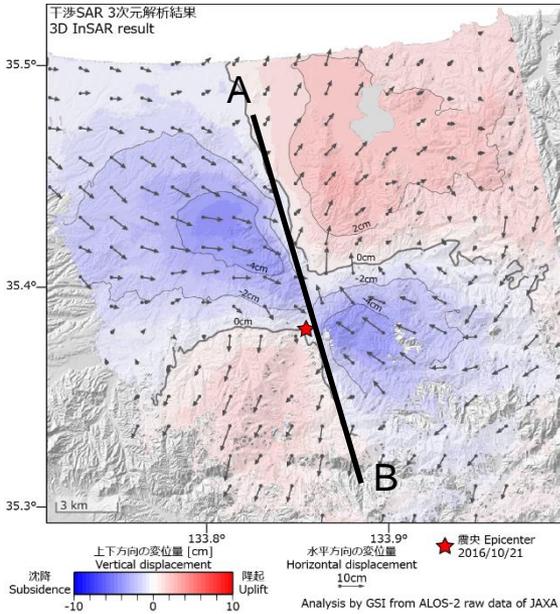
本震では、布田川断層帯および日奈久断層帯に沿った位置に震源断層が推定された。布田川断層帯では北西傾斜の断層面とその東側延長に南東傾斜の断層面、日奈久断層帯では北西傾斜の断層面で、それぞれ右横ずれの断層運動が生じたと推定された。

一連の地震に伴い余効変動が観測されている。震源近傍では地震時と若干異なる変動を示す観測点があるが、その他は地震時とほぼ同じ変動パターンが観測されている。

6001: 内陸の地殻活動の発生・準備過程の解明

鳥取県中部の地震(2016/10/21 M6.6)

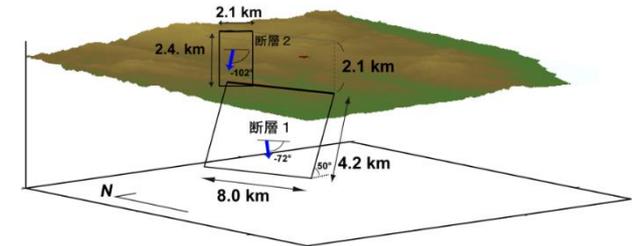
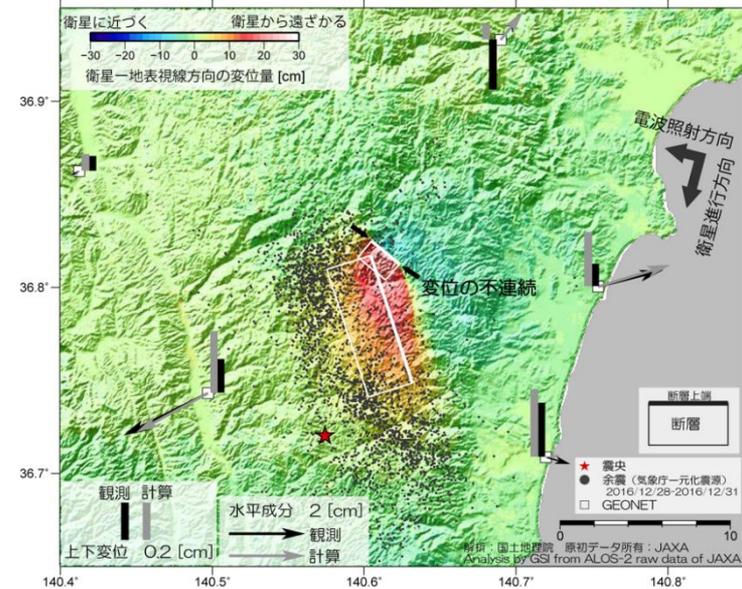
SARおよびGNSSで観測された地殻変動を基に滑り分布を推定した結果、北北西-南南東走向の垂直な断層面上における左横ずれ運動が推定された。



推定された断層面上の滑り分布

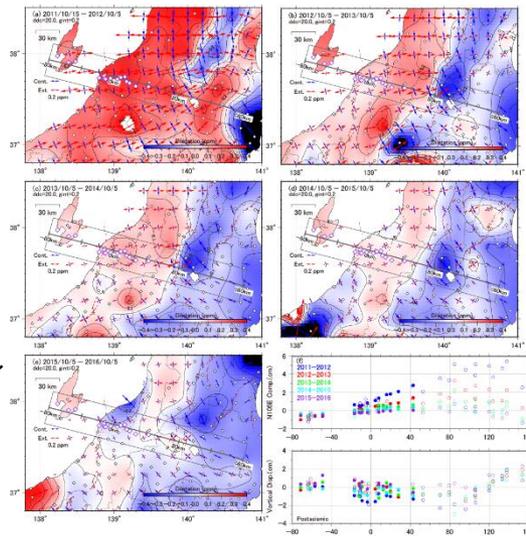
茨城県北部の地震(2016/12/28 M6.3)

GNSS連続観測およびALOS-2衛星によるSAR干渉解析により地震に伴う地殻変動を検出した。最大の地殻変動が観測される領域では、長さ約2kmの変位の不連続が認められた。矩形断層一様滑りの震源断層モデルを推定した結果、南西傾斜の断層面上における正断層運動が推定された。変位の不連続が見られた最大変位域では、直下のごく浅部に局所的な滑りが求まった。



ひずみ集中帯(新潟県中部)の地殻変動特性

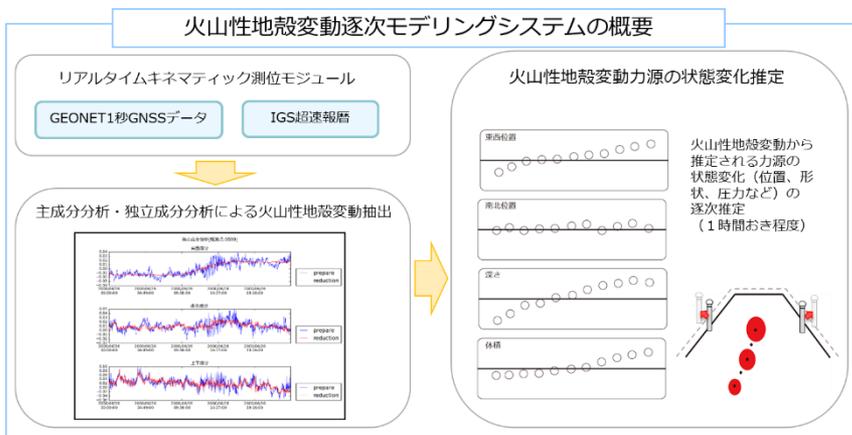
新潟県佐渡市から阿賀町におけるGNSS繰り返し観測を実施した。新潟県周辺では、東北地方太平洋沖地震の余効変動により東西方向の伸張が卓越していたが、時間と共に伸張は小さくなってきている。2015年10月~2016年11月の1年間では、一部の場所において北西-南東方向の短縮が卓越し、面積歪では短縮になっている場所もある。



6012: GNSS観測・解析技術の高度化

火山性地殻変動逐次モデリングシステム

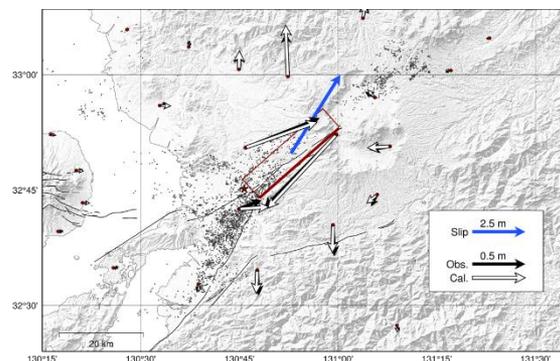
火山性地殻変動の力源の状態変化（位置、形状、圧力等）を逐次推定するソフトウェアを作成した。また、開発したソフトウェアをもとに、リアルタイムキネマティックGNSS時系列から火山性地殻変動の力源の状態変化を逐次推定するプロトタイプシステムを構築した。



GEONETリアルタイム解析システム(REGARD)の開発

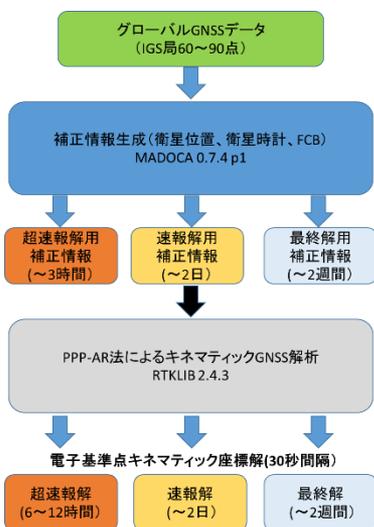
平成27年度から試験運用を開始しているGEONETリアルタイム解析システムについて、結果の検証及びシステムの安定性向上に向けた開発を行った。

試験運用での解析結果

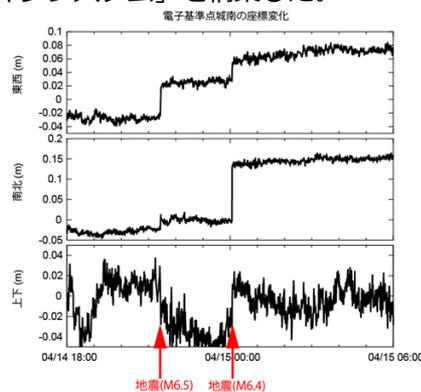


熊本地震（本震：2016/4/16, M7.3）

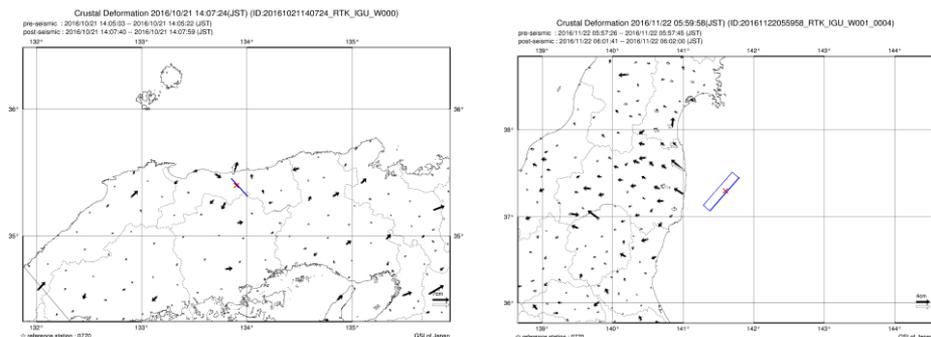
電子基準点精密単独測位キネマティック解析システム



後処理で30秒間隔のキネマティックGNSS座標時系列を定常的に生成する「電子基準点精密単独測位キネマティック解析プロトタイプシステム」を構築した。



熊本地震（前震）時の時系列（城南観測点）



鳥取県中部の地震
(2016/10/21, M6.6)

福島県沖の地震
(2016/11/22, M7.3)

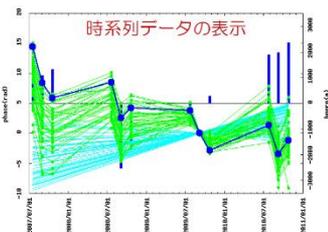
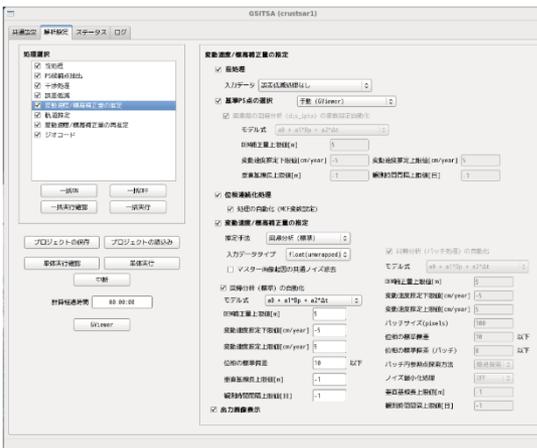
リアルタイム変動については、上記の地震でQ3解と概ね一致した結果が得られた。断層モデルについては、熊本地震、鳥取県中部の地震で、地震のメカニズム解と概ね一致する結果が得られた。

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時系列解析ソフトウェアの改造

干渉SAR時系列解析をGUI操作で行うソフトウェアの改造を実施し、GNSS電離層モデルを用いて干渉画像内の誤差を低減する機能等の実装、ビューアソフトの改造等を実施した。



干渉SAR時系列解析ソフトウェアの画面例

DS点の位相最適化技術の改造

干渉SAR時系列解析における山間部の計測点密度を向上させるために、DS点の位相をPS点と同等の精度に変換する技術の開発・改造を進めている。計算に膨大な時間がかかることが本技術の欠点の一つであったが、並列計算による処理を可能とした結果、計算速度を5～10倍程度向上することが出来た。

＝ 計算時間の比較 ＝
データ：立山ALOS12枚
Rng: 600 pix / Azm: 1200 pix

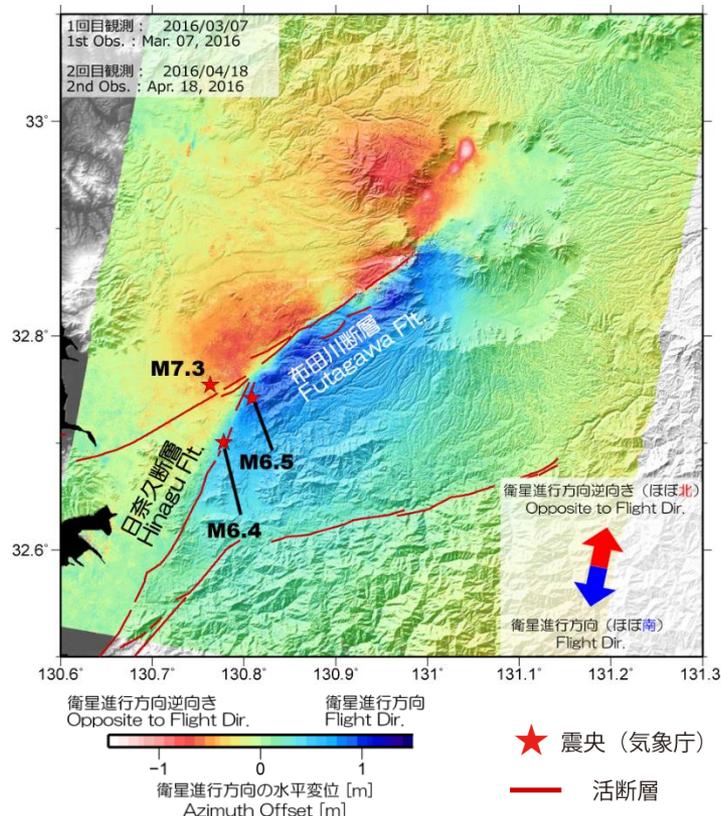
Estimation Window	Single Computing	Parallel Computing
5x5	5min 30sec	1min 38sec (分割10)
9x9	8min 14sec	1min 59sec (分割10)
11x11	8min 31sec	2min 15sec (分割10)

データ：東京駅TerraSAR-X 8枚
Rng: 2800 pix / Azm: 2000 pix

Estimation Window	Single Computing	Parallel Computing
5x5	19min 56sec	5min 38sec (分割50)

MAI解析による衛星進行方向(準南北方向)の地殻変動抽出

MAI (Multiple Aperture Interferometry) は、2時期に観測された2枚のSAR画像から、その間に発生した衛星進行方向 (アジマス) の変位を計測する技術である。熊本地震に適用した結果、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。



布田川断層帯を境に、北側では北向き〔赤色〕、南側では逆に南向き〔青色〕の変位が生じている。また、布田川断層帯に沿った変位の向きの変化は、西側では日奈久断層帯との接合部付近まで、東側では阿蘇カルデラの西縁から数km東までほぼ直線状に見られる。

地震予知連絡会

「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画の推進について（建議）」での記述

- 「**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28年度の定例会での重点検討課題

地震予知連	コンビーナ	課 題 名
第211回(2016/05)	平田 委員	平成28年(2016年)熊本地震
第212回(2016/08)	平原 会長	余効変動と粘弾性－日本列島広域地殻活動予測に向けて－
第213回(2016/11)	山岡副会長	南海トラフ地震
第214回(2017/02)	松澤副会長	予測実験の試行03