

# 災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画 (第2次) 令和元年度年次報告

国土交通省 国土地理院

- GSI\_01 内陸の地殻活動の発生・準備過程の解明
  - GSI\_02 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
  - GSI\_03 火山地域のマグマ供給系のモデリング
  - GSI\_04 GNSS連続観測(GEONET)
  - GSI\_05 地形地殻変動観測
  - GSI\_06 物理測地観測
  - GSI\_07 宇宙測地技術による地殻変動監視
  - GSI\_08 GNSS観測・解析技術の高度化
  - GSI\_09 全国活断層図整備
  - GSI\_10 火山基本図・火山土地条件図整備
  - GSI\_11 地殻活動データベース整備・更新
- 地震予知連絡会

## 2019年6月18日山形県沖の地震

2019年6月18日に発生した山形県沖の地震について、GNSSで観測された地殻変動を基に震源断層モデル（矩形断層一様滑り）を推定した。主な特徴は以下の通り。

- ・北東\_南西走向で上端深さ約8kmの断層面上における逆断層運動が推定される。
- ・推定された断層面の水平位置は、震源分布と整合している。
- ・推定されるモーメントマグニチュードは6.4。

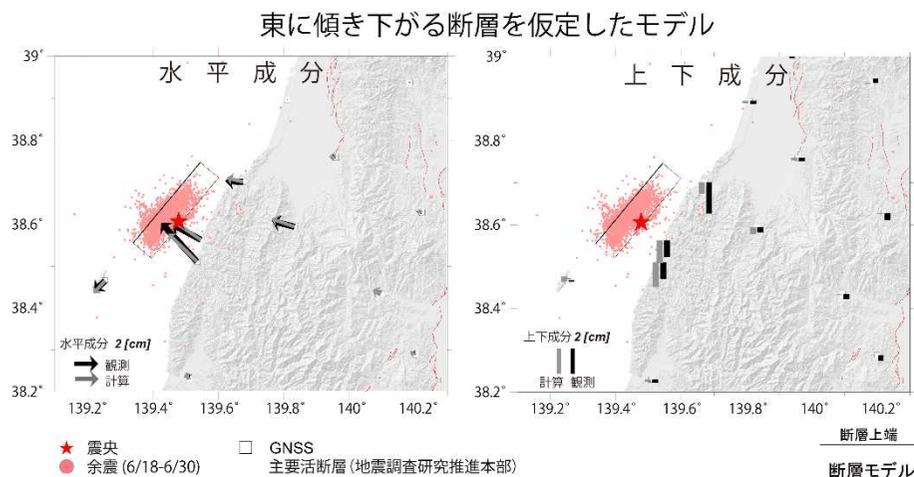


図1 東に傾き下がる断層面を仮定した場合の震源断層モデル。  
(左) 水平成分、(右) 上下成分。

※★印は震央、点は余震分布（気象庁一元化震源を使用）。  
※矩形は震源断層モデルを地表に投影した位置で、太い実線が断層上端。

経度 [°]	緯度 [°]	上端深さ [ km ]	長さ [ km ]	幅 [ km ]	走向 [°]	傾斜 [°]	滑り角 [°]	滑り量 [ m ]	M <sub>w</sub>
139.339 (0.028)	38.556 (0.018)	7.6 (2.2)	27.7 (4.9)	7.4 (2.3)	40	32 (7.4)	95 (5.2)	0.7 (0.3)	6.36

表1 東に傾き下がる断層面を仮定した場合の震源断層モデルパラメータ

- ※1 矩形断層1枚での推定結果。位置は断層の左上端を示す。  
( )内は誤差を示す (1σ)。
- ※2 断層走向は震源分布を基に固定
- ※3 剛性率は30GPaを仮定

## 新潟ひずみ集中帯

ひずみ集中帯内部の詳細地殻変動分布の解明と地殻変動の特徴的パターンを生み出す地下の変形過程の解明のため、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10-11月に実施し、ひずみ速度分布を計算した。

- ・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。
- ・2016年以降は北西\_南東方向の短縮が卓越しつつある。

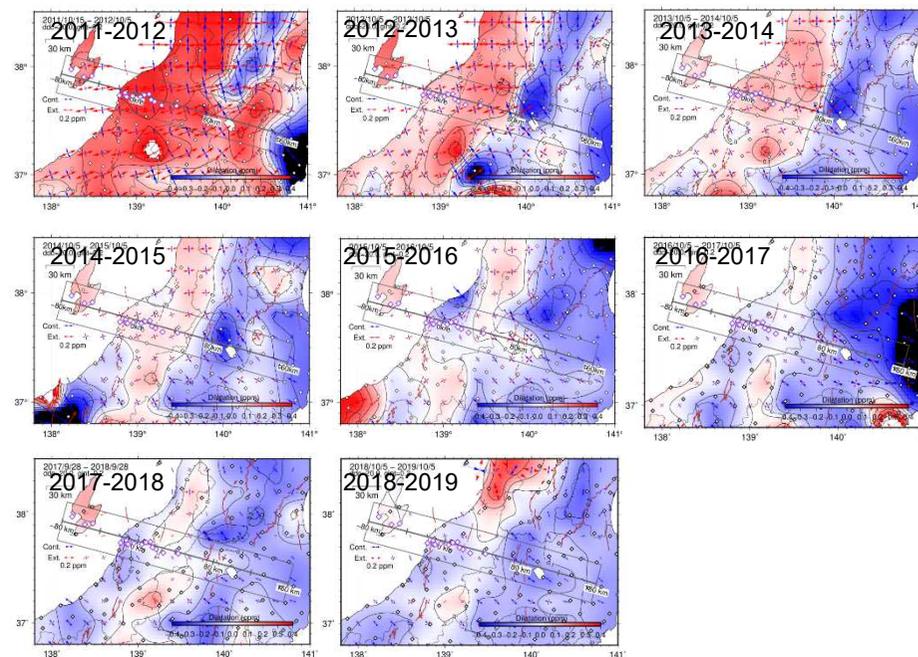
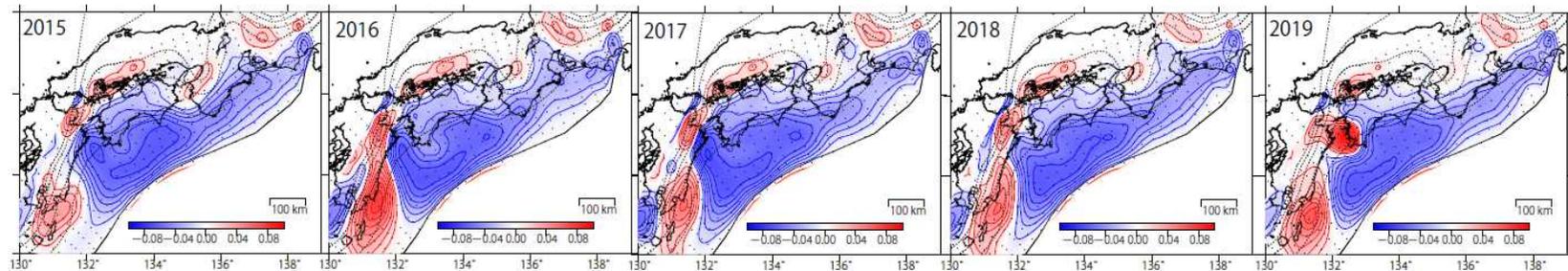


図2 東北地方太平洋沖地震発生半年後から1年間毎に計算した新潟県周辺のひずみ速度分布

- ※ 計算期間は図中左上に記載。
- ※ 2018年～2019年の新潟県北部の伸張ひずみは、2019年6月18日山形県沖の地震の影響によるもの。

## フィリピン海プレート・アムールプレート間の滑りと固着

フィリピン海プレート・アムールプレート間の滑りと固着の推定を最新のデータまで含めて行った。その結果、2019年の豊後水道のSSE等のプレート間固着の変化が検出された。また、九州・四国の遷移変動から、2018年6～10月に日向灘北部でSSEが発生し、2018年10月以降に豊後水道でSSEが発生した。1996-1997、2003、2009-10年の豊後水道のSSEでは滑りの速度が最大時に四国側から九州側に滑りが移動しているが(e.g. Yoshikoka et al 2015)、2018-2019年のSSEは日向灘北部で滑りが始まり、豊後水道に滑り域が移動し、滑りの速度が最大時に、豊後水道から、四国南西部及び日向灘北部に滑り域が拡大している。特に日向灘北部のSSEは2回発生したように見える。この滑り過程の違いは、2016年熊本地震の応力変化の影響を受けている可能性がある。



コンター間隔1 cm 赤：滑り、青：固着

図1 フィリピン海プレート・アムールプレート間の滑りと固着の推定結果。赤が滑り、青が固着を表す。

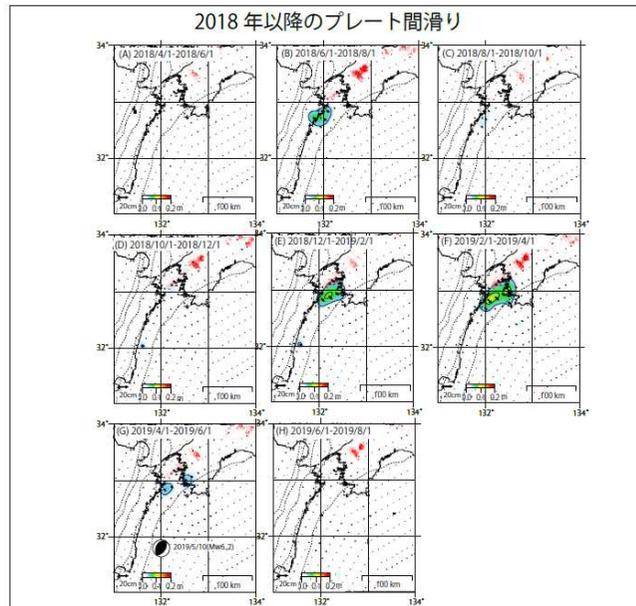


図2 2018年以降の非定常滑り

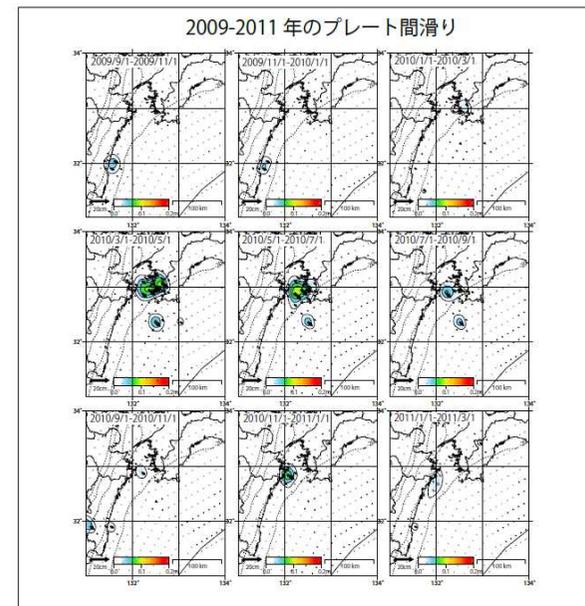
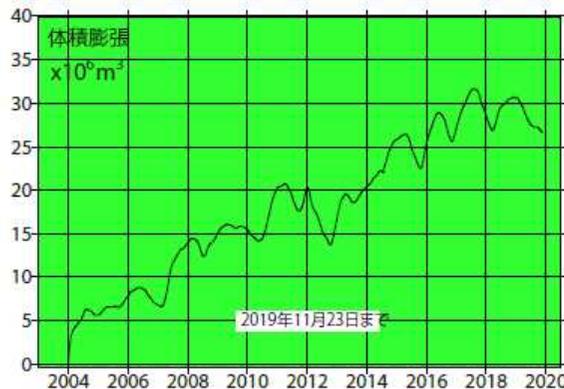


図3 2009-2011年の非定常滑り

## 時間依存インバージョンによる、火山地殻変動力源の推定

伊豆大島および桜島・霧島を対象に、時間依存インバージョンによる火山地殻変動力源の推定を行った。その結果、伊豆大島では膨張・収縮を繰り返しながら体積増加が継続していることが確かめられた。最近の伊豆大島は体積減少が継続している。桜島では、膨張収縮を繰り返しながら体積増加が継続していることが確かめられた。霧島では、2011年、2018年の噴火時に収縮し、その前後で体積増加が起きていることが示された。

### ■ 伊豆大島



### ■ 霧島・桜島

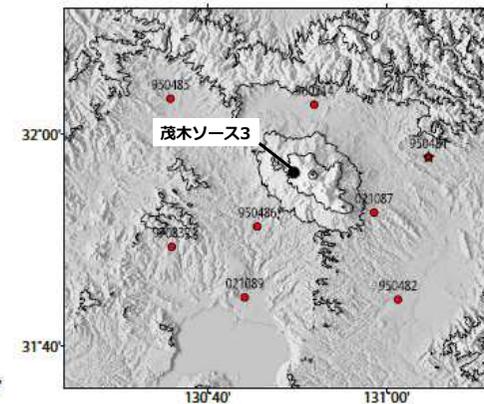
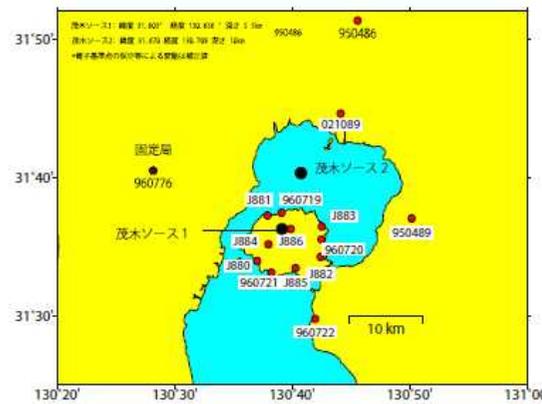


図1 (上) 観測点配置および推定された力源の位置  
(下) 力源の堆積膨張量  
力源としては、球場圧力源（茂木ソース）を仮定

図2 (上) 観測点配置および推定された力源の位置  
(下) 力源の堆積膨張量  
力源としては、球場圧力源（茂木ソース）を仮定

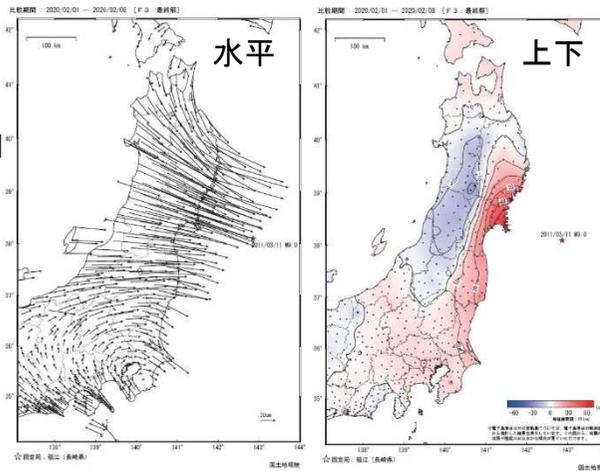
# GSI\_04:GNSS連続観測(GEONET)

## GEONETによる地殻変動モニタリング

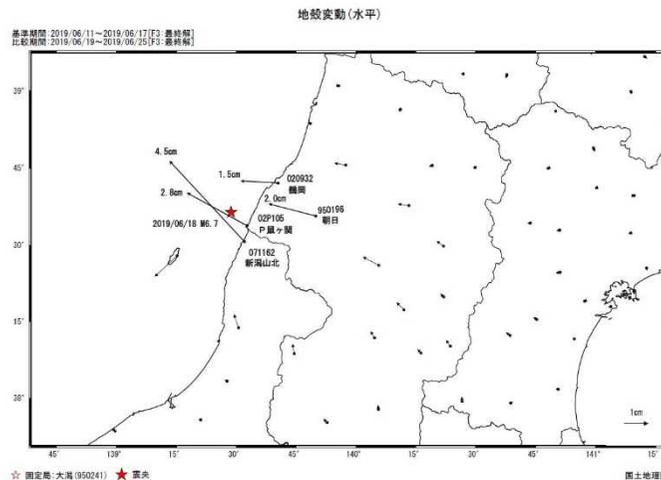
東北地方太平洋沖地震の余効変動、平成28年（2016年）熊本地震や平成30年北海道胆振東部地震などの地震活動、箱根山や霧島山、硫黄島などの火山活動、房総半島や豊後水道でのスロースリップイベントに伴う地殻変動を検出。

### ■ 東北地方太平洋沖地震の余効変動

地震翌日～2020年2月



### ■ 2019年6月18日 山形県沖の地震（M6.7）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。

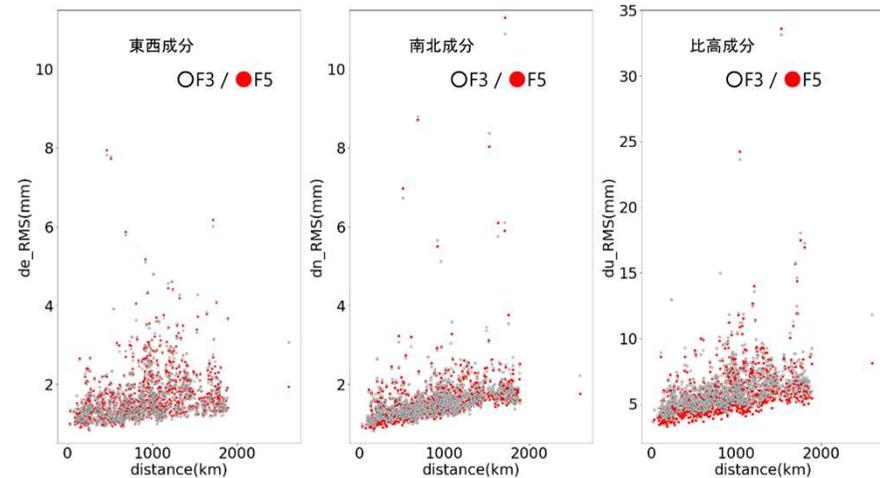
## 新解析戦略（第5世代解析ストラテジ）の検討

現在のF3に代わる新しい解析ストラテジ（F5）を開発、得られた解を2020年3月24日から試験公開中。

### 主な更新点

- ・ 基準座標系をITRF2014 (IGS14) へ更新
- ・ 解析固定点算出手法の変更 ・ IGS解への整合性、安定性が向上
- ・ 対流圏遅延モデルに用いるマッピング関数を更新

### F3解およびF5解の基線安定性



- ※ 電子基準点「福江」（長崎県五島市）を固定した各電子基準点間の基線ベクトルの成分（東西・南北・上下成分）について、時間に対する直線トレンドからの残差のRMSを計算したもの。（期間は2018年の通算日001-090）
- ※ F5解は、東西・南北成分はF3解と大きな差は無いが、比高（上下）成分で安定性が向上。

# GSI\_07:宇宙測地技術による地殻変動監視

## 干渉SAR

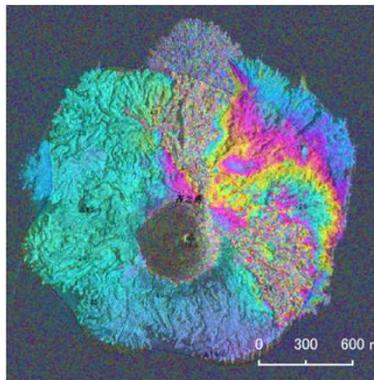
だいち2号のデータを用いて国土全域を対象にSAR干渉解析を実施し、地震や火山活動に伴う地殻変動を検出した。

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。

### ■西之島の火山活動

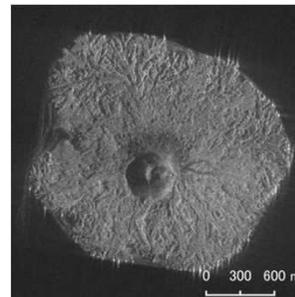
2019年12月からの火山活動の活発化に伴い、高頻度に観測されたSARデータの解析を実施した。

- ・溶岩の堆積等によるとみられる非干渉領域（砂目の場所）が見られ、海岸線まで到達している。また、堆積した溶岩の経時変化等によるとみられる複雑な変動が見られる。(図1)
- ・西側及び北側から東側で溶岩等によるものとみられる地形及び海岸線の変化が見られる。(図2)

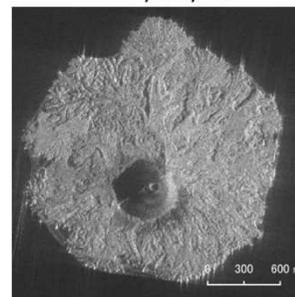


2020/02/28-2020/03/13  
近づく(陸地、東向) ← → 遠ざかる(沈没、西向)  
衛星-地表視線方向の変位量 [cm]

図1 西之島のSAR干渉画像  
(2020/02/28-2020/03/13)



2019/12/06



2020/03/13

図2 西之島のSAR強度画像

### ■アメリカ・カリフォルニア州の地震

地震発生直後に観測されたSARデータの解析を実施した。

- ・北西-南東方向の長さ約40kmの変位の不連続が検出された。
- ・局所的な変位不連続を複数捉えるなどの複雑な変動が観測された。

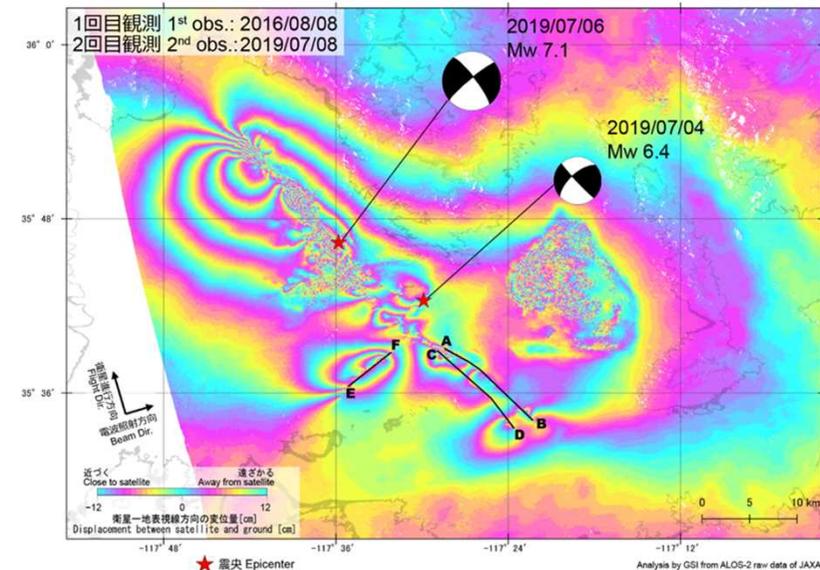


図3 2016/08/08-2019/07/08のSAR干渉画像

## 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。

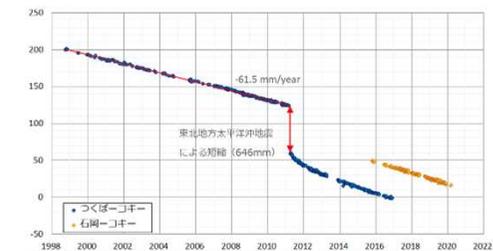


図4 VLBIで得られた日本(つくば局・石岡局) \_ハワイ(コキー局)間の基線長変化

## 汎用的な機器を用いたGNSS観測点のデータを活用した地殻変動観測システムの開発

低価格GNSSアンテナと低価格GNSS受信機を用いたシステムで試験観測を実施した結果、マルチGNSS観測及び設置環境に応じた位相特性の補正を実施しなければ性能が不十分であることが判明した。さらに、GNSSアンテナの位相特性を算出し、これを考慮した上でGPSとGLONASSを用いたキネマティック解析(2日間、30秒間)を実施した結果、約30kmの長距離基線での標準偏差が水平20mm以内、上下45mm以内となった。



使用した低価格受信機 (4以外; 4は一体型)



図1 使用した低価格GNSSアンテナおよび受信機



No.	受信機・アンテナ構成	FIX率 [%]	標準偏差 [mm] (FIX解のみ)		
			南北	東西	上下
1a	Zephyr (測)	100.0	6.9	5.8	19.9
1b	Zephyr (低)	100.0	10.2	8.3	29.5
2	小峰 (低)	95.3	20.0	13.7	43.1
3	TOP (低)	99.8	14.9	8.9	23.7
4	Tallys (低)	94.5	17.5	11.9	40.6
5	小峰 (一体)	100.0	11.7	10.2	32.3
参考	Zephyr (測) GPSのみ	99.1	9.7	6.4	24.1

図2 使用した基線および機種毎の座標再現性

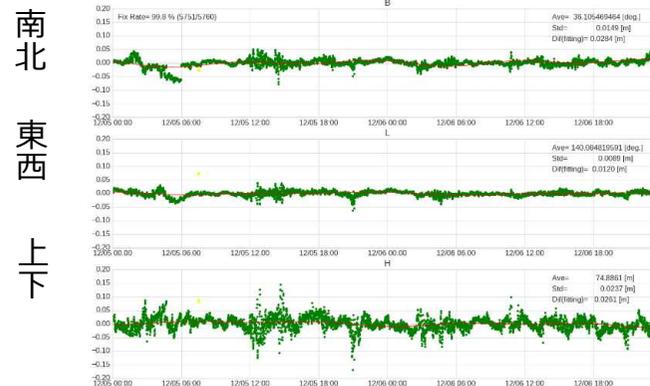


図3 キネマティック座標解の例 (No. 3)

## 電子基準点リアルタイム解析システム (REGARD) の高度化

電子基準点リアルタイム解析システムの変動点検知機能を強化した。令和元年6月18日に発生した山形県沖を震源とする地震において、震源近傍の観測点で約5cmの地殻変動をリアルタイムに検知し、後処理解析と整合する結果を得た。

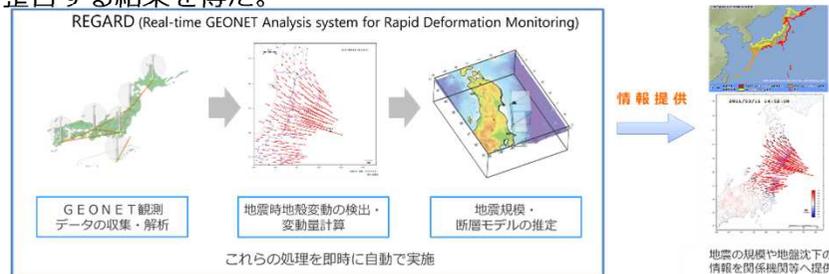


図1 REGARDの概念図

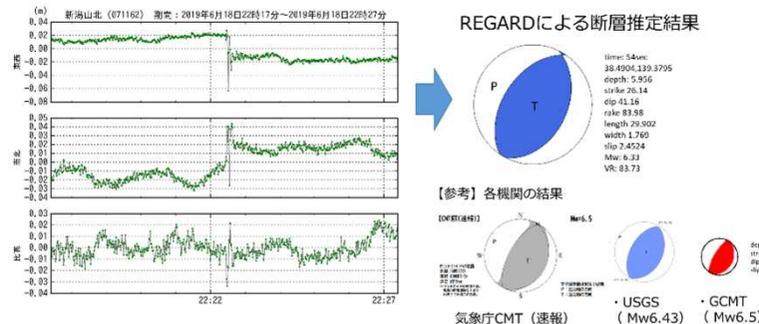


図2 REGARDによる電子基準点リアルタイム解析結果および断層推定結果

# 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）

## 令和元年度の重点検討課題

地震予知連	コンビーナ	課 題 名
第223回(2019/05)	篠原委員	西南日本日本海側の地殻活動
第224回(2019/08)	松澤委員	日本列島地殻・上部マントルのレオロジーと地震活動
第225回(2019/11)	尾形委員	地震発生の予測実験の試行06
第226回(2020/02)	高橋委員	地表に痕跡を残さない地震